

**DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDEN ÖRNEKLENEN
İSTİLACI TÜR *Zaprionus tuberculatus*'da
(DIPTERA:DROSOPHILIDAE) EŞLEŞME BAŞARISI
KARAKTERLERİ ve ARALARINDAKİ İLİŞKİLERİN
SAPTANMASI**

**DETERMINATIONS and CORRELATIONS OF MATING
SUCCESS COMPONENTS IN AN INVASIVE SPECIES,
Zaprionus tuberculatus (DIPTERA:DROSOPHILIDAE)
FROM EASTERN MEDITERRANEAN**

BAHAR PATLAR

**Doç. Dr. ERĐİ DENİZ ÖZSOY
Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Biyoloji Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2013

BAHAR PATLAR'ın hazırladığı “Doğu Akdeniz Bölgesinden örneklenen istilacı tür *Zaprionus tuberculatus*'da (Diptera:Drosophilidae) eşleşme başarısı karakterleri ve aralarındaki ilişkilerin saptanması” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BİYOLOJİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

(Prof. Dr. Hacer ÜNLÜ)

Danışman

(Doç. Dr. Ergi Deniz ÖZSOY)

Üye

(Prof. Dr. Selim Sualp ÇAĞLAR)

Üye

(Doç. Dr. Zafer AYAŞ)

Üye

(Yar. Doç. Dr. Hakan GÜR)

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

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Sergili Ailem

ve

Alper'e

ETİK

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

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

beyan ederim.

08 / 11 / 2013

BAHAR PATLAR

ÖZET

DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDEN ÖRNEKLENEN İSTİLACI TÜR *Zaprionus tuberculatus*'da (DIPTERA:DROSOPHILIDAE) EŞLEŞME BAŞARISI KARAKTERLERİ ve ARALARINDAKİ İLİŞKİLERİN SAPTANMASI

Bahar PATLAR

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ergi DENİZ ÖZSOY

Kasım 2013, 79 sayfa

Zaprionus tuberculatus Malloch, 1932, Afrotropikal ve Palearktik bölgelerin, ılıman ve tropik iklim özelliği gözlenen kısımlarında geniş yayılım gösteren, istilacı bir (Diptera; Drosophilidae) türüdür. *Z. tuberculatus*'ün Adana-Türkiye'de bulunduğu ilk kez 2012 yılında rapor edilmiştir. Geçen bu süre içinde, popülasyonun birey sayısı katlanarak artmış ve bol bulunur hale gelmiştir. Bu çalışmada ilk kez *Z. tuberculatus* türünün eşleşme başarısı bileşenleri (eşeyssel olgunluk yaşı, yumurta verimi, vücut büyüklüğü, kopulasyon süresi ve testis uzunluğu) araştırılmış ve hem eşeyler, hem de farklı coğrafi yükseklikten toplanan iki popülasyon arasında değerlendirilmiştir. Fenotipik verilere göre popülasyonlar, vücut büyüklüğü, kopulasyon süresi ve testis uzunluğu açısından anlamlı derecede farklıdır. Ek olarak, her iki popülasyonda ayrı ayrı, eşleşme başarısı karakterlerinin dar-anlamlı kalıtsallıkları (h^2), evrimleşebilirlikleri (I_A) ve birbirleri arasındaki fenotipik (r_p) ve genetik (r_G) korelasyonları hesaplanmıştır. Testis uzunluğu dışında kalan özelliklerin kalıtsallıkları ve evrimleşebilirlikleri açısından popülasyonlar arasında fark saptanmamış veya oldukça düşük oranda gözlenmiştir. Her iki popülasyonda da en yüksek genetik korelasyon oranı testis uzunluğu ve kopulasyon süresi arasında bulunmuş ($p < 0,001$), ayrıca testis uzunluğu ve her iki eşeyin vücut büyüklükleri arasında da yüksek derecede anlamlı korelasyon olduğu tespit edilmiştir. *Zaprionus* cinsi içinde yüksek oranda farklılaşma gösterdiği bilinen bir özellik olan testis uzunluğunun, *Z. tuberculatus* türünün üreme başarısı üzerinde önemli bir rolü olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Zaprionus tuberculatus*, kantitatif karakterler, eşleşme başarısı, dar-anlamlı kalıtsallık, fenotipik ve genetik korelasyon

ABSTRACT

DETERMINATIONS and CORRELATIONS OF MATING SUCCESS COMPONENTS IN AN INVASIVE SPECIES, *Zaprionus tuberculatus* (DIPTERA:DROSOPHILIDAE) FROM EASTERN MEDITERRANEAN

Bahar PATLAR

Master of Science, Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Ergi DENİZ ÖZSOY

Kasım 2013, 79 pages

Zaprionus tuberculatus Malloch, 1932 is an invasive dipteran (Drosophilidae) with a wide distribution throughout the tropics and temperate Afrotropical and Palearctic regions. The first record of *Z. tuberculatus*, Turkey was reported in 2012 in Adana, but it is supposed that the introduction of the species in that region was in 2010. During this period, the species has exponentially increased in number and become very abundant. This study is the first to characterize some mating success components (age of sexual maturity, fecundity, body size, copulation duration and testis length) of *Z. tuberculatus* in both sexes and across two different altitudinal populations. Phenotypic data shows that significant between-population differences exist in some traits such as body size, copulation duration and testis length. In addition, narrow-sense heritability (h^2), evolvability (I_A), phenotypic (r_p) and genetic correlations (r_G) between mating success components were estimated in both populations. There is no detectable differences (or very little) between heritabilities and evolvabilities of populations except testis length. Moreover, the highest genetic correlations occurred between testis length and copulation duration ($p < 0,001$) in both populations, also there are highly significant correlations between testis length and body size of both sexes. It seems that testis length, which exhibits high among-species differentiation in *Zaprionus* genus, may have an important role in mating success of *Z. tuberculatus*.

Key words: *Zaprionus tuberculatus*, quantitative traits, mating success, narrow-sense heritability, phenotypic and genetic correlations

TEŞEKKÜR

Canlılığın muazzam gizemi ve bu gizemin en yalın gerçeği olan evrim kuramının ayrıntılarına duyduğum sonsuz merak ile başlayan bilimsel kariyerimin ilk basamağında bana önderlik eden, bu alanda çalışmanın önemini ve çeşitliliğin temellerini anlamamı sağlayan sevgili danışmanım Doç. Dr. Ergi Deniz ÖZSOY'a çok teşekkür ederim.

Bilgi birikimlerini, yeteneklerini, sevgilerini, dostluklarını kimi zamanda komşuluklarını esirgemeyen, hem iyi hem zor günümde destekleriyle hep yanımda olan sevgili hocalarım Ar. Gör. Dr. Banu Şebnem ÖNDER ve Uzman Dr. Güzin EMECEN'e çok teşekkür ederim.

Güler yüzünü, ilgi ve çabasını hiç esirgemeyen, her konuda güç veren ve destek olan değerli hocam Prof. Dr. Hacer ÜNLÜ'ye çok teşekkür ederim.

Şimdi çok uzaklarda olsa da kalbi ve aklının yanımda olduğunu bildiğim, enerjisine ve yeteneklerine imrendiğim canım arkadaşım Çiğdem TUNÇKANAT'a sonsuz teşekkür ederim.

Teorik ve pratik paylaşımlarımızdan keyif aldığım Dr. Murat YILMAZ ve Esra DURMAZ'a çok teşekkür ederim. Arazi çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Dr. Murat YILMAZ'a özellikle teşekkür ediyorum.

Arazi çalışmaları sırasında bizi kilometrelerce taşıyan ve yardımlarıyla katkısını esirgemeyen Yavuz TURAN arkadaşşıma, yoğun laboratuvar işleri sırasında yardıma koşan ve laboratuvarımızda birlikte olmaktan keyif aldığım çalışkan arkadaşlarım Özge SEZER, Başak KOÇ, Nazlı AYHAN ve Pınar GÜLER'e çok teşekkür ederim.

Benimle her zaman akademik tecrübelerini paylaşan ve iyi birer dinleyici olan, örnek aldığım değerli hocalarım Prof. Dr. Bülent ALTEN ve Doç. Dr. Zafer AYAŞ'a çok teşekkür ederim.

Bilimsel anlamda tezime yaptığı katkılardan dolayı Yar. Doç. Dr. Hakan GÜR'e çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her anlamda en büyük destekçim olan, deneysel çalışmalarımın en zor anlarında gece gündüz demeden koşan ve sonsuz sabır gösteren, her günümün tek şahidi şansım, dostum, sevgilim Alper ORHAN'a sonsuz teşekkür ederim.

En önemlisi, on yıldır yılmadan maddi ve manevi olarak destek olan, her zaman bana güvenen ve güç veren canım Annem, Babam ve Kardeşime sonsuz kere teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2. 1. Genel özellikleriyle <i>Zaprionus</i> cinsi ve <i>Zaprionus tuberculatus</i>	3
2. 2. Kantitatif Karakterler ve Bu Karakterlerin Birbirleriyle İlişkilerinin Evrimsel Önemi.....	7
2. 2. 1. Kantitatif Özelliklerin Doğası	7
2. 2. 2. Varyans Bileşenleri, Kalıtsallık ve Hesaplama Yöntemleri	8
2. 2. 3. Kantitatif Karakterlerde Fenotipik ve Genetik Korelasyonun Anlamı ve Hesaplanması.....	13
2. 3. Böceklerde Eşleşme Başarısı Bileşenleri ve Önemi.....	15
2. 3. 1. Eşeyssel Olgunluk Yaşı.....	16
2. 3. 2. Vücut Büyüklüğü.....	17
2. 3. 3. Yumurta verimi (Fekundite).....	19
2. 3. 4. Testis uzunluğu.....	20
2. 3. 5. Kopulasyon süresi.....	22
2. 3. 6. <i>Zaprionus tuberculatus</i> Türünün Eşleşme Başarısı Bileşenleri Açısından Değerlendirilmesinin Önemi	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM	25
3. 1. Arazi Çalışması	25

3. 2. Kendileşmiş İzosoy Hatlarının Kurulması	27
3. 3. Tür Tayini	27
3. 4. Deneysel Çalışmalar	29
3. 4. 1. Eşeyssel Olgunluk Yaşının Saptanması	29
3. 4. 1. 1. Dişi Bireylerin Eşeyssel Olgunluk Yaşının Saptanması	30
3. 4. 1. 2. Erkek Bireylerin Eşeyssel Olgunluk Yaşının Saptanması	31
3. 4. 2. Yumurta Veriminin Saptanması	31
3. 4. 3. Kopulasyon Süresi, Testis Uzunluğu ve Vücut Büyüklüklerinin Saptanması	32
3. 5. İstatistiksel Analizler	33
4. BULGULAR	36
4. 1. Eşeyssel Olgunluğa Ulaşma Yaşına İlişkin Bulgular	36
4. 1. 1. Ceyhan Populasyonu Eşeyssel Olgunluğa Ulaşma Yaşına Ait Veriler	36
4. 1. 2. Horzum Populasyonu Eşeyssel Olgunluğa Ulaşma Yaşına Ait Veriler	39
4. 1. 3. Ceyhan ve Horzum Populasyonlarında Eşeyssel Olgunluk Yaşının Eşeyler Açısından Karşılaştırılması	41
4. 1. 4. Eşeyssel Olgunluk Yaşı Değişkeninin Populasyonlar Arasında Karşılaştırılması	43
4. 2. Yumurta Verimine İlişkin Bulgular	44
4. 2. 1. Ceyhan Populasyonu Yumurta Verimine İlişkin Veriler	45
4. 2. 2. Horzum Populasyonu Yumurta Verimine İlişkin Veriler	47
4. 2. 3. Populasyonlar Arası Yumurta Verimi Karşılaştırması	49
4. 3. Vücut Büyüklüğü Açısından Eşey ve Populasyonların Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular	51
4. 4. Testis Uzunluğu ve Kopulasyon Süresi Değişkenlerinin Populasyonlar Arası Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular	54
4. 5. Ölçülebilir Karakterlerin Kalıtsallık, Varyasyon Katsayısı ve Evrimleşebilirliklerine İlişkin Bulgular	56
4. 6. Ölçülebilir Karakterlerin Birbirleri İle Karşılaştırıldıkları Fenotipik ve Genetik Korelasyon Bulguları	57

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	59
5. 1. Eşeyssel olgunluk yaşı sonuçlarının değerlendirilmesi	59
5. 2. Yumurta verimi sonuçlarının değerlendirilmesi	60
5. 3. Vücut büyüklüğü sonuçlarının değerlendirilmesi	62
5. 4. Testis uzunluğu sonuçlarının değerlendirilmesi	64
5. 5. Kopulasyon süresi sonuçlarının değerlendirilmesi	65
5. 6. Genel değerlendirme	67
KAYNAKLAR	68
EKLER	77
Ek 1. Ceyhan popülasyonu nokta grafikler ve regresyon denklemleri	77
Ek 2. Horzum popülasyonu nokta grafikler ve regresyon denklemleri	78
ÖZGEÇMİŞ	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2. 1. <i>Zaprionus tuberculatus</i>	3
Şekil 2. 2. <i>inermis</i> tür grubunda, ön bacak çiftinin femur segmentinin dorso-ventralinde yer alan tüberkül yapısı ve bu yapıdan uzanan duyu kılı	5
Şekil 2. 3. <i>Z. indianus</i> türüne ait testis illüstrasyonu.....	21
Şekil 3. 1. Arazi çalışmasında izlenen rota ve seçilen bölgeler	25
Şekil 3. 2. <i>Z. tuberculatus</i> erkeğinin kıvrımlı testis ve aksesuar bezleri yapısı	28
Şekil 3. 3. <i>Z. tuberculatus</i> erkeğinin kıvrımlı testis yapısının açılmış hali	29
Şekil 3. 4. <i>Z. tuberculatus</i> dişi ve erkeklerde doğrusal toraks ölçüm illüstrasyonu	33
Şekil 3. 5. <i>Z. tuberculatus</i> erkeklerde doğrusal testis ölçüm illüstrasyonu	33
Şekil 4. 1. Ceyhan popülasyonu dişilerinin yaşa göre yavrudöl verme yüzdeleri	38
Şekil 4. 2. Ceyhan popülasyonu erkeklerinin yaşa göre yavrudöl verme yüzdeleri	38
Şekil 4. 3. Horzum popülasyonu dişilerinin yaşa göre yavrudöl verme yüzdeleri.....	40
Şekil 4. 4. Horzum popülasyonu erkeklerinin yaşa göre yavrudöl verme yüzdeleri.....	41
Şekil 4. 5. Ceyhan popülasyonu eşyelerinin yaşa göre ortalama yavrudöl verme yüzdeleri	42
Şekil 4. 6. Horzum popülasyonu eşyelerinin yaşa göre ortalama yavrudöl verme yüzdeleri	43
Şekil 4. 7. Dişi ve erkek eşyelerin Ceyhan ve Horzum popülasyonlarında ortalama yavrudöl verme yüzdeleri değişimi	44
Şekil 4. 8. Ceyhan popülasyonuna ait izosoy hatlarının bir haftalık yumurta sayıları.....	46
Şekil 4. 9. Ceyhan popülasyonu izosoy hatları günlere bağlı ortalama yumurta sayısı	47
Şekil 4. 10. Horzum popülasyonuna ait izosoy hatlarının bir haftalık yumurta sayıları...	48
Şekil 4. 11. Horzum popülasyonu izosoy hatları günlere bağlı ortalama yumurta sayısı .	49
Şekil 4. 12. Ceyhan ve Horzum popülasyonlarının günlere bağlı ortalama yumurta sayıları	51

Şekil 4. 13. Ceyhan ve Horzum populasyonlarında herbir izosoy hattına ait dişi ve erkeklerin ortalama vücut büyüklükleri.....	52
Şekil 4. 14. Ceyhan ve Horzum populasyonları dişi ve erkek ortalama vücut büyüklükleri ve %95 güven aralıkları	53
Şekil 4. 15. Ceyhan ve Horzum populasyonları ortalama kopulasyon süresi ve %95 güven aralıkları	55
Şekil 4. 16. Ceyhan ve Horzum populasyonları ortalama testis uzunluğu ve %95 güven aralıkları.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2. 1. <i>tuberculatus</i> alt grubunu oluşturan tür kompleksleri ve hiyerarşik sınıflandırılması.....	6
Çizelge 2. 2. Bir özelliği etkileyen tek lokus, iki eklemeli alel modeli.....	9
Çizelge 3. 1. Arazi çalışmasında seçilen bölgeler, yükseklikleri, habitatları, tuzak ve yakalanan birey sayıları.....	26
Çizelge 4. 1. Ceyhan popülasyonu dişi ve erkek eşeylere ait eşeyssel olgunluğa ulaşan birey yüzdeleri ve tanımsal istatistik verileri.....	36
Çizelge 4. 2. Ceyhan popülasyonu dişi ve erkeklerinin soy ve yaşa göre yavrudöl verme yüzdelerinin karşılaştırıldığı Tekrarsız İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.....	37
Çizelge 4. 3. Horzum popülasyonu dişi ve erkek eşeylere ait eşeyssel olgunluğa ulaşan birey yüzdeleri ve tanımsal istatistik verileri.....	39
Çizelge 4. 4. Horzum popülasyonu dişi ve erkeklerinin soy ve yaşa göre yavrudöl verme yüzdelerinin karşılaştırıldığı Tekrarsız İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.....	39
Çizelge 4. 5. Ceyhan ve Horzum popülasyonu eşeylerinin yaşa göre yavrudöl verme yüzdelerinin karşılaştırıldığı Tekrarsız İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.....	42
Çizelge 4. 6. Yaşa göre yavrudöl meydana gelme yüzdelerinin popülasyonlar arası karşılaştırıldığı İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.....	43
Çizelge 4. 7. Ceyhan popülasyonu izosoy hatları, dişi sayıları ve her soy hattına ait bir haftalık ortalama yumurta sayısı.....	45
Çizelge 4. 8. Ceyhan popülasyonu yumurta sayısı İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları	46
Çizelge 4. 9. Horzum popülasyonu izosoy hatları, dişi sayıları ve her soy hattına ait bir haftalık ortalama yumurta sayısı.....	48
Çizelge 4. 10. Horzum popülasyonu yumurta sayısı İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.....	49

Çizelge 4. 11. Ceyhan ve Horzum populasyonları günlük ortalama yumurta sayıları ve tanımsal istatistiksel veriler	50
Çizelge 4. 12. Populasyonlar arası ortalama yumurta sayısı İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.....	50
Çizelge 4. 13. Ceyhan ve Horzum populasyonlarında vücut büyüklüğü ortalamaları, tanımsal istatistiksel veriler ve eşeyler arası ortalama uzaklık indeksleri ..	51
Çizelge 4. 14. Populasyonların vücut büyüklüğü değişkeninin eşeyler arasında değerlendirildiği Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.....	52
Çizelge 4. 15. Eşeylerin vücut büyüklükleri açısından populasyonlar arasındaki değişkenliği gösteren Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları	53
Çizelge 4. 16. Populasyonların testis uzunluğu ve kopulasyon süresi ortalamaları ve tanımsal istatistiksel veriler	54
Çizelge 4. 17. Populasyonların testis uzunluğu ve kopulasyon süresi değişkenlerinin karşılaştırıldığı Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları	54
Çizelge 4. 18. Ceyhan ve Horzum populasyonları izosoy hatlarının karşılaştırıldığı Tek Yönlü Varyans analizi sonuçları	56
Çizelge 4. 19. Ölçülebilir özelliklerin varyans bileşenleri, kalıtsallık, eklemeli genetik varyasyon katsayısı ve evrimleşebilirlik hesaplamaları.....	57
Çizelge 4. 20. Ceyhan populasyonu testis uzunluğu, kopulasyon süresi, vücut büyüklüğü ve yumurta sayılarına ilişkin fenotipik ve genotipik korelasyon katsayıları	58
Çizelge 4. 21. Horzum populasyonu testis uzunluğu, kopulasyon süresi, vücut büyüklüğü ve yumurta sayılarına ilişkin fenotipik ve genotipik korelasyon katsayıları	58
Çizelge 5. 1. Ele alınan özelliklerin <i>D. melanogaster</i> ve <i>Z. tuberculatus</i> türlerine ait dar-anlamlı kalıtsallık değerleri.....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

mm	Milimetre
m	Metre
CO ₂	Karbondioksit
F _(a)	a. jenerasyon
n	Örneklem sayısı
\bar{x}	Örneklem ortalaması
s	Standart Sapma
Std. hata	Standart Hata
p	Anlamlılık değeri
ANOVA	Varyans Analizi (Analysis of Variance)
V _b	Gruplar Arası Varyans (Between-Group Variance)
V _w	Grup İçi Varyans (Within-Group Variance)
V _A	Eklemeli Genetik Varyans (Additive Genetic Variance)
V _E	Çevresel Varyans (Environmental Variance)
V _G	Genetik Varyans (Genetic Variance)
V _P	Fenotipik Varyans (Phenotypic Variance)
V _{GxE}	Gen-Çevre Etkileşimli Varyans (Genotype-Environment Interaction Variance)
V _D	Dominans Varyans (Dominance variance)
V _I	Etkileşimli Varyans (Interaction Variance)
H ²	Geniş-Anlamlı Kalıtsallık (Broad-Sense Heritability)
h ²	Dar-Anlamlı Kalıtsallık (Narrow-Sense Heritability)
F	Kendileşme Katsayısı (Inbreeding Coefficient)
CV _A	Eklemeli Genetik Varyasyon Katsayısı (Coefficient of Additive Genetic Variation)

I_A	Evrimeleşebilirlik (Evolvability)
ANCOVA	Kovaryans Analizi (Analysis of Covariance)
r	Korelasyon Katsayısı (Coefficient of correlation)
r_p	Fenotipik Korelasyon Katsayısı (Coefficient of phenotypic correlation)
r_G	Genetik Korelasyon Katsayısı (Coefficient of genetic correlation)
r_E	Çevresel Korelasyon Katsayısı (Coefficient of environmental correlation)
CoV _P	Fenotipik Kovaryans (Phenotypic Covariance)
CoV _A	Genetik Kovaryans (Genetic Covariance)
CoV _E	Çevresel Kovaryans (Environmental Covariance)

1. GİRİŞ

Zaprionus tuberculatus, Afrika kıtasının Sahra Çölü altında kalan, Afrotropikal bölge olarak bilinen coğrafyanın, özellikle kıyı kesimlerinde oldukça geniş yayılım gösteren, Afrika kökenli bir türdür. Afrika kıtası dışında Madagaskar, Saint Helena ve Kanarya Adaları gibi kıtaya yakın pek çok adada ve Palearktik Bölgenin güney kıyılarında da varlığı tespit edilmiş [1] ve Avrupa'da istilacı türler statüsüne alınmıştır [2]. *Z. tuberculatus* türü üzerine yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. Yapılan çalışmalar ise genellikle taksonomik araştırmaları kapsamaktadır ve bu sistematik çalışmaların ilginç sonuçları bulunmaktadır. Tür, *Zaprionus* altcinsinin *inermis* grubunun *tuberculatus* alt grubunda yer alır [3]. Bu alt grupta bulunan ve genellikle morfolojik yapıları üzerinden değerlendirilen türlerin hepsi kriptik türler olup, yalnızca üreme sistemiyle ilişkili genital yapıları aracılığıyla ayırt edilmektedirler [4]. *tuberculatus* alt grubunda yer alan kriptik ve kardeş türlerin birlikte ele alındığı bazı çalışmalara göre, bu türlerin evrimsel biyoloji çalışmaları için oldukça uygun bir model olacağı vurgulanmaktadır [3,5]. Bu kardeş türlerin özellikle testis yapılarındaki farklılaşmalar ele alınarak türleşme süreçlerini aydınlatacak çalışmaların oldukça önemli olduğu düşünülmektedir [1].

Öte yandan *Z. tuberculatus*'un istilacı bir tür olarak incelenmesi ve yeni girdiği bölgelerde hızlı adaptasyonuna neden olan özelliklerinin araştırılması, istilacı biyolojisi ve evrimini anlamak açısından da iyi bir model oluşturmaktadır. İstilacı türler belli bir ekosistemin doğal faunasında yer almayan, farklı yollarla bölgeye dışarıdan gelen ve bölgenin ekosistem dengesi ve biyoçeşitliliğine zarar veren türlerdir. Bu türler, küçük gruplar halinde yeni bölgelere girdikten sonra hızla adapte olmaları ve görece yüksek üreme yeteneklerine sahip olmaları nedenleriyle evrimsel biyoloji alanında oldukça ilgi görmektedirler. Bir organizmanın yeni çevrelere adaptasyon sağlayabilmesi için yeterli derecede genetik çeşitliliğe sahip olması gerekir. Araştırmalar sonucu, yeni bir bölgeye küçük gruplar halinde giren ve hızla sayısı artan kaynak popülasyonun istilayı kolaylaştıran özelliklerinde, eklemeli genetik varyasyonunun yüksek olduğu saptanmıştır [6].

Eşeyli üreyen canlılarda eklemeli genetik varyans (V_A), ebeveyn ve yavruları arasındaki genetik benzerliğin temeli olan ve bir özelliğin kalıtsallık derecesini belirleyen asıl kaynaktır. Çünkü sadece eklemeli gen mekanizması ebeveynlerden yavrularına direkt olarak geçer. Bu anlamda kantitatif bir karakterde gözlenen fenotipik varyasyonun ne derece eklemeli genetik varyasyondan kaynaklandığını saptamak ve dar-anlamlı kalıtsallık

değerini tespit etmek karakterin evrimleşebilirliği hakkında bilgi verir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, doğal seçilimin etkisi altındaki kantitatif özelliklerin birbirleriyle olan fenotipik ve genetik ilişkileri ve bu ilişkilerin birlikte seçilime katkısının da önemi artmaktadır. Çünkü, karakterler arasında yüksek oranda genetik korelasyon varsa, kalıtım ve birlikte seçilimin doğası gereği karakterlerin birinde gözlenen değişiklik diğerinde de korelasyonun yönü doğrultusunda gözlenecektir. Özellikle eşleşme başarısı karakterlerinin kalıtsallık oranları ve birbirleri arasındaki korelatif ilişki dereceleri, eşeyssel seçilimin sonuçlarını etkileyen ve populasyonun kaderini belirleyen dinamiklerin aydınlatılmasında önemli parametrelerdir.

Drosophilidae familyasında ait türlerde eşeyssel seçilim sürecinde önemli dinamikler olduğu ispatlanan eşleşme başarısı bileşenleri; eşeyssel olgunluk yaşı, gamet büyüklüğü ve sayısı, yumurta verimi, seminal sıvı zenginliği, eşleşme sıklığı, kopulasyon süresi ve vücut büyüklüğü olarak sıralanabilir. Bu bileşenler içinde yumurta verimi gibi uyum başarısıyla direkt ilişkili özelliklerin diğer bileşenlerle sıkı ilişkili olduğu ve bu ilişki dengelerinin populasyonun yapısı ve yaşadığı çevrenin etkisiyle şekillendiği pek çok canlıda gözlenmektedir. Örneğin, pek çok türün eşeyleri arasında gözlenen dimorfik karakterler bu mekanizmalar sonucu ortaya çıkmaktadır [7].

Bu tez çalışması kapsamında, *Zaprionus tuberculatus*'ün bazı eşleşme başarısı bileşenlerinin, iki ayrı bölgede (Ceyhan-35 m ve Horzum-700m) gözlenen eklemeli genetik varyansları, dar-anlamalı kalıtsallıkları, evrimleşebilirlikleri ve birbirleri arasındaki fenotipik ve genetik korelasyon oranları araştırılmıştır. Ele alınan eşleşme başarısı karakterleri; eşeyssel olgunluk yaşı, vücut büyüklüğü, yumurta verimi, kopulasyon süresi ve testis uzunluğudur. Bu bileşenler açısından daha önce incelenmemiş olması ve yapılan ön çalışmada *Z. tuberculatus*'un testis uzunluğunun artan yükseklik ile korelasyon gösterdiğinin tespit edilmesi [8], türün bu özellikler açısından değerlendirilmesinin önemini arttırmaktadır. Ek olarak, istilacı bir tür olması ve tespit edilen bölgelerde populasyon yoğunluğunun yüksek olması gibi özellikleri de türe dikkat çekmemizi sağlamıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2. 1. Genel Özellikleriyle *Zaprionus* Cinsi ve *Zaprionus tuberculatus*

Zaprionus cinsi Insecta sınıfı, Diptera takımı, Drosophilidae ailesi içinde sınıflandırılmış, kendi içinde *Anaprionus* ve *Zaprionus* olarak iki monofiletik altcins ayrılmıştır. *Zaprionus* cinsini ilk olarak 1901 yılında entomolog Daniel William Coquillette, Cape Colony-Güney Afrika'dan elde ettiği örnekler ile tanımlamıştır [9]. Cinsin en belirgin karakteristik özelliği frons ve toraksın mezonotum ve metanotum bölgesinde yer alan birbirine paralel, trikom denen pulsu yapılardan meydana gelen beyaz çizgileridir (Şekil 2.1) [10]. *Anaprionus* altcinsi toraksta tek sayıda beyaz çizgiler taşır, Oryantal ve Avustralya zoocoğrafik bölgelerinde yayılım gösterir [11]. Altains bölgede ilk olarak yaklaşık 11-13 milyon yıl önce ortaya çıkmıştır [12]. *Zaprionus* altcinsi ise, toraksta çift sayıda beyaz çizgi taşır ve Afrotropikal bölgede geniş yayılım gösterir [13]. *Zaprionus* altcinsinin *Anaprionus* altcinsinden köken almış olduğu, Indo-Malagasy rotasını kullanarak Afrika'ya ulaşmış olabileceği ve yaklaşık 8 milyon yıl önce meydana gelen ağır muson yağmurlarının yarattığı tropik iklim etkisiyle hızla yayılmış ve çeşitlenmiş olabileceği belirlenmiştir [12]. Filogenetik açıdan *Drosophila melanogaster* tür grubu ile *Zaprionus* altcinsinin birbirine oldukça yakın akraba olduğu bilinmektedir [12]. Ek olarak *Zaprionus* altcinsinin coğrafik orijini ve ortaya çıkış tarihi *D. melanogaster* tür grubuyla oldukça benzerdir [14,15,16].



Şekil 2. 1. *Zaprionus tuberculatus* (B. Patlar, 2012).

Zaprionus altcinsi toplam 48 tür içerir [4]. Afrika kıtasının Drosophilid faunasının en baskın üyelerini oluşturan türlerin çoğu sınırlı yayılım gösteren endemik türlerdir [12]. Bu türler içinde, Afrika kıtasında geniş yayılım gösteren istilacı türler *Zaprionus indianus*, *Z. ghesquierei* ve *Z. tuberculatus*, yayılım alanlarını dahada genişletip Palearktik bölgeye ulaşmıştır [17]. Altcinsin en yaygın olarak bilinen istilacısı *Zaprionus indianus* ise Amerika

kıtasının güneyine henüz yeni giriş yapmış olmasına rağmen, Güney Amerika kıyılarında hızla yayılım göstermektedir ve bulunduğu bölgelerde tropikal meyveleri konak olarak kullanan bir tarım zararlısı olduğu tespit edilmiştir [18,19].

Zaprionus cinsinin tanımlanmasından itibaren geçen süre içinde pek çok araştırmacı tarafından çeşitli sınıflandırma çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğu klasik taksonomik yöntemler kullanılarak yapılmış olup, cinsin içerdiği türlerin sınıflandırması üzerine tartışmalar sürmektedir. Günümüze en yakın tarihte yapılmış, moleküler ve morfometrik yöntemlerin bir arada kullanıldığı çalışmalara göre, *Zaprionus altcinsi* yapısı itibariyle homojen ve yüksek simpatri gösteren bir gruptur [11,20]. Altcins; *inermis*, *armatus*, *neglectus* ve *vitteger* olmak üzere dört tür grubuna ayrılmaktadır [4,12].

Zaprionus tuberculatus türü ilk olarak 1932 yılında entomolog John R. Malloch tarafından Zimbabve'den toplanan örnekler üzerinden tanımlanmıştır [21]. Tür, Afrika kıtasının özellikle kıyı kesimlerinde oldukça geniş yayılım gösterir. Ek olarak Madagaskar, Saint Helena ve Kanarya adaları gibi kıyıya yakın pek çok adada ve Palearktik bölgenin güney kıyılarında da varlığı tespit edilmiştir [1] ve Avrupa'da istilacı türler statüsüne alınmıştır [2]. *Z. tuberculatus*'ün, yaklaşık 0,19 milyon yıl önce Güney Afrika'dan köken aldığı tespit edilmiştir [3]. *Zaprionus altcinsinin inermis* tür grubunun *tuberculatus* alt grubunda yer alır [3], gruptaki diğer türler gibi ön bacaklarının femur segmentinde tüberkül benzeri bir yapı ve bu yapıdan çıkan kuvvetli bir duyu kılı taşır (Şekil 2.2) [21].



Şekil 2. 2. *inermis* tür grubunda, ön bacak çiftinin femur segmentinin dorso-ventralinde yer alan tüberkül yapısı ve bu yapıdan uzanan duyu kılı.

Z. tuberculatus'ün yer aldığı *tuberculatus* alt grubu, moleküler analizler sonucu kendi içinde iki tür kompleksine ayrılmıştır. *tuberculatus* ve *sepsoides* adı altındaki bu tür komplekslerinin içerdiği tüm türler (Çizelge 2.1) morfolojik açıdan birbirine oldukça benzer kriptik türlerdir, yalnızca bazı iç yapılarındaki farklılıklar ile ayırt edilebilirler [3,4]. Bu yapılar içinde en belirgin olarak ayırt edilmelerini sağlayan yapı erkeklerin testisleridir. İki tür kompleksi birbirlerinden testis uzunluklarının farklılaşmış olmasıyla ayırt edilir [1]. Buna göre *sepsoides* tür kompleksi 1-2 mm uzunluğundaki testislere sahip iken, *tuberculatus* tür kompleksi ise 3-5 mm uzunluğunda testislere sahiptir [4]. Tür komplekslerinin kendi içindeki kardeş (sister) türleriyle üreme izolasyonu tamamlanmamış olup, bu türlerin çiftleşmeleri (*Z. sepsoides* - *Z. tsacasi* ve *Z. tuberculatus* - *Z. burlai*) sonucu verimli dişiler ve kısır erkekler meydana gelmektedir [3].

Çizelge 2. 1. *Zaprionus altcinsi, tuberculatus* alt grubunu oluşturan tür kompleksleri ve hiyerarşik sınıflandırılması.

Sınıf Insecta
Takım Diptera
Aile Drosophilidae
Cins <i>Zaprionus</i>
Altçins <i>Zaprionus</i>
Grup <i>inermis</i>
Altgrup <i>tuberculatus</i>
Kompleks <i>sepsoides</i> – <i>Z. sepsoides</i>
<i>Z. tsacasi</i>
<i>tuberculatus</i> – <i>Z. tuberculatus</i>
<i>Z. burlai</i>
<i>Z. verruca</i>

Yapılan literatür araştırmalarına göre, bugüne kadar *Z. tuberculatus*'ün biyolojisi hakkında yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. Araştırmalar genellikle türün diğer türlerle birlikte ele alındığı sınıflandırma çalışmalarıdır. Fakat *tuberculatus* alt grubunda yer alan kriptik türlerin birlikte ele alındığı bazı çalışmalara göre, bu alt grubun evrimsel biyoloji çalışmaları için oldukça uygun birer model olduğu vurgulanmaktadır [1,3,5]. Bu kriptik türlerin üreme organı yapılarındaki ve özellikle testis uzunluklarındaki farklılaşmalar ele alınarak, türleşme mekanizmalarını aydınlatacak çalışmaların oldukça önemli olduğu düşünülmektedir [1].

tuberculatus ve *sepsoides* tür komplekslerinin ana elemanları olan *Z. tuberculatus* ile *Z. sepsoides* türleri simpatrik türler olup, Afrika kıtasında yayılımları oldukça benzerdir [3]. Pek çok Drosophilid türünde olduğu gibi bu türler de daha çok çürük meyveler ya da çiçek öz suları ile beslenmektedir. Ek olarak, bu türlerin ekolojik nişlerinin çakıştığı rapor edilmiştir [1]. Beslenme açısından niş çakışmasının tersi örneklerinden biri ise, *Z. tuberculatus*'ün özellikle incir meyvesi yere düştükten sonra çürümeye başladığı dönemde meyveyi konak olarak kullanıp yumurta bırakırken, *Z. sepsoides* türünün ağaç dalındaki henüz olgunlaşmakta olan meyveye yumurta bırakıyor olmasıdır [20]. Birbirine morfolojik açıdan çok benzeyen bu iki tür arasındaki en temel farklılaşma genital yapılarında gözlenir ve kur davranışları veya kur ötüşleri birbirinden yüksek oranda farklılaşmıştır [20]. İki türün genomlarında tespit edilmiş olan, eşey kromozomlarının diferansiyel kondenzasyon

(heteropycnosis) seviyelerindeki farklılık, bu üreme ile ilişkili özellikler açısından türlerin farklılaşma nedenine ışık tutabilir [1,23].

2. 2. Kantitatif Karakterler ve Bu Karakterlerin Birbirleriyle İlişkilerinin Evrimsel Önemi

2. 2. 1. Kantitatif Özelliklerin Doğası

Darwin'in doğal seleksiyon teorisine göre, bir özelliğin evrimleşebilir olması için üç temel özelliğe sahip olmalıdır. Buna göre, özellik fenotipik açıdan çeşitlilik göstermeli, çeşitlilik kalıtılabilir ve uyum başarısı ile ilişkili olmalıdır [24]. Fenotipe yansıyan özellikler, gösterdikleri çeşitliliğe göre iki ana grupta incelenir. Fenotiplerin kategorilere ayrıldığı, örneğin uzun ya da kısa, ölü ya da diri gibi kesikli varyasyon gösteren karakterler **nitel (kalitatif)** özellikler olarak adlandırılır. Bu nitel özelliklerin aksine, organizmaların çoğu özelliği kesintisiz varyasyon gösterir. Örneğin, insanlardaki boy ya da bir sinekte kanat büyüklüğü gibi karakterler fenotipik kategorilere ayrılamaz, ancak bu karakterler ölçülebilir karakterlerdir. Bu şekilde kesintisiz varyasyon gösteren ve ölçülebilir karakterlere ise, **nicel (kantitatif)** karakterler denir. Genetiğin bu ölçülebilir karakterler üzerine yoğunlaştığı dal ise, kantitatif ya da biyometrik genetik olarak adlandırılır. Kantitatif özelliklerin gösterdiği fenotipik çeşitliliği organizmanın genomu ve yaşadığı çevre belirler ($Fenotip = Genotip + Çevre$). Genetik açıdan bu özellikler, birden fazla lokusun birbirleriyle çeşitli mekanizmalarla etkileştiği "poligenik" özelliklerdir. Bu mekanizmaların en temelinde, akrabalar arasındaki benzerliğin birincil kaynağı olan eklemeli genler yer alır. Eklemeli genetik etki, birden çok lokusta yer alan her bir alelin etkisinin toplamının fenotipe yansımasıdır. Fenotipik varyasyonun eklemeli olmayan genetik kaynakları olarak sayabileceğimiz diğer temel genetik mekanizmalar ise; dominansi etkisi, epistatik etkileşimler, linkaj ve son zamanlarda önemi daha da artan nükleer olmayan kalıtsal etkilerdir.

Fenotipik varyasyonun genetik olmayan temel sebeplerinden en önemlisi ise, organizmanın yaşadığı çevre koşullarının etkisidir. Sıcaklık, nem, ışık gibi abiyotik etkenler ya da avcı yoğunluğu, besin çeşidi ve bolluğu gibi biyotik etkenler organizmanın fenotipini etkiler. Çünkü pek çok fenotipik özellik dış çevre şartlarına hassastır. Özellikle uyum başarısını doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen yumurta verimi, gelişim süresi ya da vücut büyüklüğü gibi kantitatif özellikler çevre koşullarının değişimine hızlı yanıt veren ve popülasyonun evrimsel kaderini belirleyen özelliklerdir. Çevresel şartlar aynı zamanda genotip ile doğrudan ilişkili olarak ta fenotipi etkiler. Gen-Çevre etkileşimi olarak

adlandırılan bu etki, kısaca aynı genotipin farklı çevresel koşullar altında fenotipi farklı etkilemesinden kaynaklanır. Son olarak değindiğimiz gen-çevre ilişkisini de fenotipi etkileyen kaynaklar içine aldığımızda, bir fenotipik özelliği $Fenotip = Genotip + Çevre + Gen \times Çevre etkileşimi$ şeklinde genel bileşenlerine ayırabiliriz.

Son olarak dış çevresel etkilerden farklı, fakat genetik alt yapılı olmayan iç çevresel faktörler diye adlandırabileceğimiz ve fenotipik varyasyonun çeşitlenmesinde katkısı olduğu bilinen etkenlerden de söz edilmelidir. Ebeveyn etkileri olarak bilinen bu etkilerden en önemlisi anasal etkidir. Çünkü, her yavru genomu dışında ihtiyacı olan materyalin büyük kısmını anneden sağlar. Dolayısıyla annenin etkilendiği pek çok faktör yavrunun fenotipini direk ya da dolaylı olarak etkileyebilir. Benzer şekilde babasal etkinin örnekleri de çoğunlukla kuşlarda gözlenir. Babasal yavru bakımının yoğunluklu olduğu kuş türlerinde, babanın yavru bakımı davranışları da yavruların gelişimine, dolayısıyla bazı fenotipik özelliklerin çeşitlenmesine kaynak olur.

2. 2. 2. Varyans Bileşenleri, Kalıtsallık ve Hesaplama Yöntemleri

Kantitatif genetik araştırmalardaki temel sorulardan biri, bir populasyonda gözlenen fenotipik varyasyonun ne kadar genetik temelli ve ne kadar çevresel koşullardan kaynaklı olduğunun anlaşılmasıdır. Bu çerçevedeki çalışmalar için populasyonu temsil eden örneklemin niteliği çok önemlidir. Populasyonda çalışılan özellik açısından gerçeğe en yakın değerlendirmenin yapılabilmesi için, örneklemin elde edilmesi sırasında dikkatli bir yol izlenmeli ve mümkün olan en yüksek örneklem sayısı ile çalışılmalıdır. Populasyonu temsil eden iyi bir örneklemden sağlanan kantitatif karakterlere ilişkin ölçümler genellikle normal dağılım şartlarını karşılayan özelliktedir.

Normal dağılım gösteren bir özelliğin ortalaması, varyansı ve standart sapması gibi istatistiksel değerleri, özelliğin fenotipik varyasyonunu temsil eder ve analizler için kullanışlı veriler kümesini oluşturur. Bir özelliğin aritmetik ortalaması, örneklemin toplamını temsil eden merkezi nokta değeridir. Ortalama tek başına özelliğin dağılımı hakkında fikir vermez. Normal dağılım gösteren bir özelliğin, ortalama etrafındaki dağılımını temsil eden asıl değerler fenotipik özelliğin varyansı ve standart sapmasıdır. Kantitatif bir özelliğin ortalaması ve varyans bileşenleri, hem genetik faktörler hem de çevresel faktörlerin etkisiyle oluştuğu için, bir populasyonda ele alınan özelliğin kaynağını en iyi yansıtan değerlerdir.

Kantitatif bir özelliğin fenotipik varyansı (V_P), özelliği etkileyen genetik varyans (V_G), çevresel değişkenlerin etkisiyle ortaya çıkan çevresel varyans (V_E) ve her bir genotipin değişen çevreye göre etkisinin değişmesinden kaynaklanan genotip-çevre etkileşimli varyansın ($V_{G \times E}$) toplamına eşittir ($V_P = V_G + V_E + V_{G \times E}$). Pek çok faktörden aynı anda etkilenen karmaşık özellikler için genellikle genotip-çevre etkileşiminin yok sayılacak kadar düşük olduğu varsayılır ya da çevresel varyansın alt komponenti olarak ele alınır. Genetik varyans ise, ele alınan özelliği etkileyen genlerin ilişkilerine göre alt bileşenlerine ayrılır. Bunlar; dominansiden kaynaklanan Dominans Varyans (V_D), epistatik etkileşimlerden kaynaklanan Etkileşimli Varyans (V_I) ve her bir lokustaki alellerin eklemeli faaliyeti sonucu ortaya çıkan Eklemeli Varyans (V_A) bileşenleridir. Bir özelliğin genotipik varyansı tüm bu bileşenlerinin toplamına eşittir ($V_G = V_D + V_A + V_I$).

Örneğin, elinizde *Hardy-Weinberg* dengesindeki bir populasyondan elde edilen örnekleme ait bir özelliğin veri seti var ve incelediğiniz özellik tek lokus, iki alel aracılığıyla ortaya çıkıyor olsun. Alellerin eklemeli özellikte olduğunu varsayarsak, her genotipin frekansı ve genotipik katkısı sonucu ortaya çıkan fenotip oranları Çizelge 2.2'deki gibi olacaktır. Her bir genotipin fenotipe olan katkısı iki homozigotun ortalamalarından sapma derecelerini gösterir. Her bir AA genotipi $+a$ oranında sapma gösterirken, aa genotipi ise $-a$ değerinde sapma gösterir. Bu " a " değeri bir alelin "eklemeli değeri" olarak tanımlanır. Ele alınan özelliğin populasyondaki ortalaması, tabloda toplam ürün olarak gösterilen her genotipin populasyondaki frekansına ve eklemeli değerine bağlı olarak elde edilen değerdir. Ortalama değerden gözlenen sapmaların ortalaması olarak ifade edebileceğimiz varyans değeri ise, özelliği etkileyen eklemeli genetik varyans (V_A) değeri olacaktır. Bu şekilde alellerin eklemeli davrandığı bir modelde dominansiden söz edilemez ve tek lokus modeli olduğu için epistatik etkileşimler de söz konusu olamaz. Dolayısıyla, böyle bir modelde eklemeli genetik varyans genotipik varyansın direkt bir göstergesidir.

Çizelge 2. 2. Bir özelliği etkileyen tek lokus, iki eklemeli alel modeli.

Genotip	Frekans	Genotipik değer	Fenotip oranı
AA	p^2	$+a$	$p^2 a$
Aa	$2pq$	d	$2pqd$
aa	q^2	$-a$	$-q^2 a$
			Toplam: $a(p-q) + 2pqd$

Ancak, pek çok kantitatif özelliğin gösterdiği varyasyonun genetik temelinde birden fazla lokus etkili olduğu için, özelliğin ortalaması yalnızca eklemeli genlerin katkısı ile değil, bu genlerin birbirleriyle epistatik etkileşimleri ve dominansi gibi faktörlerin de katkısı ile ortaya çıkar. Kantitatif genetik çalışmalarında, bu bileşenlerin her birinin ele alınan özelliğin varyasyonuna olan katkısı, araştırmaya göre farklı deneysel yöntemler geliştirilerek ölçülebilir. Akrabalık derecelerini temel alan bu yöntemler sayesinde, her bir komponentin etkisi ayrı ayrı ele alınabilmektedir. Bu yöntemlerin gelişmesinde şüphesiz ki en büyük katkıyı önemli bir istatistikçi ve evrim biyoloğu olan Sir Ronald A. Fisher sağlamıştır. Fisher'ın 1918 yılında ortaya koyduğu ve daha sonra çeşitli bilim adamları tarafından geliştirilen **Varyans Analizi (ANOVA)** yöntemi sayesinde ve uygun deney dizaynları kullanılarak yapılan çalışmalarda, bir kantitatif özelliğe ilişkin tüm varyans bileşenleri hesaplanabilmektedir. Varyans Analizi, temel olarak farklı grupların ortalamaları arasındaki farkın derecesini ve anlamlılığını test eder. Bu farkın tespit edilmesinde örneklemelerin varyansından yararlandığı için varyans analizi adını almıştır [25]. Akrabalar arasındaki benzerlik derecelerini (resemblance between relatives) temel alarak ortaya koyulan yöntemlerin en önemlileri ise; tam-kardeş (full-sib), yarı-kardeş (half-sib) ya da yavru-ebeveyn (offspring-parent) benzerliklerinden yola çıkılarak kurulan deneysel yöntemlerdir (breeding designs) [26]. Bu yöntemlerin her birinin çalışılacak kantitatif özelliğe, çalışmanın modeline ve elde edilmek istenen fenotipik varyans bileşenlerine göre avantajları ya da dezavantajları vardır. Bunlara benzer geliştirilmiş pek çok yöntem ve bu yöntemlerin doğası gereği izlenecek varyans bileşenleri hesaplama yöntemleri kantitatif genetiğin temel çalışma prensiplerini kapsar [26,27].

Eşeyli üreyen canlılarda **eklemeli genetik varyans (V_A)**, ebeveyn ve yavruları arasındaki genetik benzerliğin temel kaynağı olduğu için oldukça önemlidir. Çünkü sadece eklemeli gen mekanizması ebeveynlerden yavrularına direkt olarak geçer. Dominansi veya epistatik etkileşimler direkt olarak aktarılmaz, bunun nedeni tek bir ebeveynin her lokusa ait yalnızca bir alelin yavruya aktarılmasıdır. Anne-babadan aktarılan alellerin yeni dominansi ilişkileri kurması veya farklı lokuslardaki farklı alel kombinasyonlarının yeni epistatik etkileşimler -sıkı bağlı gen bölgeleri haricinde- meydana getirmesi olasılığı yüksektir. Bu nedenle bir özelliğin gösterdiği fenotipik varyasyonun nesiller boyu kalıtılmasının en önemli sorumlusu eklemeli genlerdir. Eklemeli genetik varyans, akrabalar arası benzerlikten yararlanılarak kolaylıkla ölçümlenebilen genetik varyans elemanıdır. Yüksek oranda kendileşmiş izosoy hatlarının kullanılması, hemen her kantitatif özelliğin ne derece

eklemeli genlerin etkisiyle ortaya çıktığını kolayca tespit etmeyi, dolayısıyla özelliğin dar-anlamlı kalıtsallığı hakkında bilgi edinmeyi sağlar.

Kantitatif özelliklerin gösterdiği fenotipik varyasyonu yukarıda bahsedildiği gibi genetik ve çevresel alt bileşenlerine ayırmak ve bu alt bileşenlerin, gözlenen varyasyon üzerindeki etki derecelerini saptamak için kullanılan en yaygın yöntemler, rastgele olmayan çiftleşmeler sonucu elde edilen organizmalar ya da klonlar oluşturmaktır. Bir popülasyona ait farklı genotipleri elde etmek için kullanılan yöntemlerden birisi de **İzosoy Hatları (Isofemale lines - Isolines)** oluşturmaktır [28]. Pratikte gelişim süresi kısa olan canlılarla bu hatların kurulması oldukça kolaydır. Ele alınan coğrafi bölgeden toplanan yabancı dişilerin, doğada son çiftleştiği erkeğin spermeleri ile döllenmiş yavrularını elde ettikten sonra bu yavruların her seferinde bir sonraki nesli üretmeleri için kendi aralarında çiftleşmeleri sağlanarak, nesiller boyu tek bir genotipi temsil eden çok sayıda izosoy hattı oluşturulabilir. Jenerasyon sayısı ilerledikçe her bir izosoy hattı kendileşme sürecine girer. Kendileşmenin doğası gereği, her biri ayrı bir genotipi temsil eden izosoy hattı içinde kardeş çiftleşmelerinden kaynaklı olarak homozigotluk oranı artar. Yüksek oranda kendileşmiş bir soy hattında her lokus homozigottur ve türeme yoluyla özdeş (identical by descent), yani aynı atasoydan gelen alelleri içerir. Bu yöntem sayesinde, hedef bir popülasyondan örneklenen ve sonrasında kendileştirilmiş her izosoy hattı, popülasyona ait tek bir genotipi temsil edebilir. Bir çalışmada çok sayıda izosoy hattı kullanılarak popülasyonun sahip olduğu alel çeşitliliğini temsil eden bir örneklem elde edilir ve ele alınan kantitatif özelliğin gösterdiği çeşitliliğin genetik temellerini anlamak mümkün olur.

Herhangi bir kantitatif özelliğin bir izosoy hattını oluşturan kardeşler içinde gösterdiği varyasyon, tüm kardeşler genotipik açıdan aynı olduğu için çevresel varyasyonu (V_E) temsil eder. Çünkü burada gözlenen varyasyonun asıl kaynağı çevresel etkilerdir. Ek olarak, kendileşmiş bir izosoy hattı içinde dominansi etkisi yok sayılabilir, epistatik etkileşimler veya gen-çevre etkileşimlerinden kaynaklanan varyasyon ise, bu modelde çevresel varyasyonun içinde ele alınabilmektedir. Bir kantitatif özellik açısından ele alınan çok sayıda kendileşmiş izosoy hattının ortalamalarının Varyans Analizi ile karşılaştırılmasıyla elde edilen izosoy hatları arası varyans değeri ($V_{(Gruplar\ arası\ varyans)}$), fenotipik varyansa yani genetik varyans ve çevresel varyansın toplamına eşittir. Eklemeli olmayan genetik varyansı da içeren çevresel varyans (V_E) ise, aslında az önce bahsettiğimiz grup içi varyasyon değeridir ($V_{(Gruplar\ içi\ varyans)}$). Dolayısıyla, izosoy hatları arasındaki varyansın, izosoy hatları içindeki varyansın çıkarılmasıyla özelliğin genetik

varyansı (V_G) elde edilmiş olur. Kardeşlerin kendi aralarında çiftleşmesi ile elde edilen izosoy hatlarındaki genetik varyans, alel frekanslarına ve heterozigotluk oranına bağlı olarak **kendileşme oranı (F)** ve eklemeli genetik varyansın bir fonksiyonudur ($V_G = 2 \times F \times V_A$). Yüksek oranda kendileştiği bilinen izosoy hatları için kendileşme katsayısı 1'e eşit ya da çok yakın olacağından, Varyans Analizi yöntemi ile elde edilen genetik varyansın yarısı eklemeli genetik varyasyona eşit olmaktadır ($V_G/2 = V_A$).

Bir kantitatif özelliğin sahip olduğu genetik varyasyonun toplam fenotipik varyasyona oranı **Geniş-Anlamlı Kalıtsallık** değeri ($H^2 = \frac{V_G}{V_P}$) olarak bilinir. Geniş-anlamlı kalıtsallık değeri, eklemeli olmayan genetik mekanizmalar kaynaklı varyasyonu da kapsadığı için, özelliğin kalıtımında, dolayısıyla populasyon içindeki kaderini belirlemede asıl rolü oynayan eklemeli genetik varyasyonu doğrudan yansıtamaz. Bu nedenle, **Dar-Anlamlı Kalıtsallık** ($h^2 = \frac{V_A}{V_P}$) olarak bilinen eklemeli genetik varyansın toplam fenotipik varyansa oranının saptanması, ele alınan kantitatif özelliğin ebeveynden yavruya aktarılırken eklemeli alellerin katkı derecesini anlamak adına daha yararlıdır. Bir kantitatif özelliğin tek bir kalıtsallık değeri yoktur. Kalıtsallık değeri farklı populasyonlar ve/veya farklı çevresel koşullar arasında değişiklik gösterir. Çünkü eklemeli genetik varyasyon, özelliği etkileyen eklemeli alellerin populasyondaki alel frekansına bağlıdır. Dolayısıyla, farklı populasyonlar ele alınan özelliği etkileyen lokuslardaki aleller açısından farklılaşmış olabilir. Öte yandan toplam fenotipik varyans, çevresel varyansı da içinde barındırdığından, farklı çevre koşulları da özelliğin kalıtsallığının değişmesine yol açabilir. Sonuç olarak, bir türe ait farklı populasyonların ya da klinlerin, kantitatif bir özellik açısından dar-anlamlı kalıtsallıklarının karşılaştırılması, özelliği etkileyen eklemeli aleller açısından populasyonların ne derecede farklılaşmış olabileceği hakkında yorum yapabilmemizi sağlar.

Ele alınan herhangi bir özellik açısından dar-anlamlı kalıtsallığın sıfır olması, populasyonlarda ya da farklı çevrelerde gözlenen fenotipik varyasyonun, eklemeli olmayan genetik faktörlerden veya çevreden kaynaklandığı anlamına gelir. Bu nedenle, sıfırdan farklı ölçülen dar-anlamlı kalıtsallık değerleri anlamlı kabul edilir. Kalıtsallık hesaplamalarının bir diğer avantajı ise, kalıtsallık değerlerinin birimsiz olmasıdır. Birimsizlik özelliği sayesinde farklı türleri veya klinleri, ya da kantitatif özellikleri birbirleri arasında karşılaştırma olanağı sağlar. Bugüne kadar farklı türlere ait adaptasyonel anlamda önemli çok sayıda özelliğin kalıtsallık değerleri, kantitatif genetik temelli pek çok

çalışmada rapor edilmiştir. Kantitatif özelliklerin kalıtsallıkları arasında ilginç bir ilişki mevcuttur. Fisher [30] ve Falconer [37]

tarafından ortaya atılan teoriye göre, görece düşük kalıtsallıklara sahip özellikler genellikle uyum başarısı ile sıkı ilişkilidir. Yüksek kalıtsallığa sahip özellikler ise, genellikle uyum başarısıyla daha az ilişkili özelliklerdir. Bunun temel sebebinin kesinlikle doğal seleksiyon olduğu savunulmaktadır. Mousseau ve Roff [65], bu teoriyi test etmek için, 1120 farklı kalıtsallık araştırmasını değerlendirdiklerinde, Falconer ve Fisher'in teorilerini kuvvetle destekleyen sonuçlara ulaşmışlardır. Bu açıdan bakıldığında, doğal seçilimin etkisi altındaki kantitatif özelliklerin birbirleriyle olan fenotipik ve genetik ilişkileri ve bu ilişkilerin birlikte seçilime katkısının önemi artmaktadır.

2. 2. 3. Kantitatif Karakterlerde Fenotipik ve Genetik Korelasyonun Anlamı ve Hesaplanması

Kantitatif özellikler arasındaki korelasyonların altında yatan mekanizmalar hakkında bilgi sahibi olmak, bu mekanizmaların fenotipe etki derecesini ve evrimsel süreçte meydana gelen etkilerini anlamak adına önemlidir. Eğer karakterler arasındaki korelasyon yüksek oranda genetik temelli ise, kalıtım ve birlikte seçilimin doğası gereği karakterlerin birinde gözlenen değişiklik diğesinde de korelasyonun yönü doğrultusunda gözlenecektir. **İlişkili (Correlated) karakterler**, üç temel sebeple evrimsel biyoloji alanında yoğun ilgi görmektedir. Birincisi, korelasyonun genetik temelini en önemli etkeni pleiotropi mekanizmasının anlaşılmasını sağlayan kaynakları oluşturmasıdır. İkincisi, bir karakterin diğere bir karakter üzerindeki seçilimi etkilemesiyle oluşan adaptif sonuçların gözlenebilmesidir. Sonuncu sebep ise, bir karakterin uyum başarısı ile ilişkisinin önemidir. Örneğin, populasyonun uyum başarısı ile doğrudan ilişkili olan bir karakter, genetik ya da çevresel etkenlerden kaynaklı olarak, ilişkili olduğu fakat populasyonun uyum başarısını etkilemeyen başka bir karakterin birlikte seçim etkisiyle kaderini değiştirebilir.

İki özellik arasındaki korelasyonun büyüklüğü **Korelasyon Katsayısı (r)** ile ifade edilir. Korelasyon katsayısı -1 ve +1 arasında değişen değerler alabilir ve iki özelliğin ne oranla ilişkili olduğunu ve ilişkinin yönünü anlamayı sağlar. İki özellik arasındaki korelasyon katsayısı, özelliklerin gösterdiği kovaryans değeri ve özelliklerin kendi standart sapma değerlerinin bir fonksiyonudur. Fenotipik ve genetik korelasyon oranlarını hesaplarken yararlanılan varyans bileşenleri, özelliklerin tek tek varyans bileşenlerini hesaplama yöntemleriyle benzer şekilde elde edilir [29]. Tek fark, özellikler arasındaki ilişkiden

kaynaklı kovaryansı elde etmek gerekir. İstatistikte kovaryans iki değişkenin birlikte ne kadar değiştiklerinin ölçüsüdür. ANOVA test sistemi ile regresyon analizi yöntemini harmanlayan **Kovaryans Analizinin (ANCOVA)** mantığı, bağımlı bir değişken ve ortak değişkeninden kaynaklı varyasyonu ortaya koymaktır.

Fenotipik korelasyon (r_p), fenotipe ait ölçümler kullanılarak standart korelasyon testleri sonucu elde edilen değerdir. Fenotipik korelasyon iki özelliğin fenotipik kovaryansının, özelliklerin standart sapmalarının çarpımına oranıdır ($r_p = \frac{Cov_{p(X,Y)}}{s_{p(X)}s_{p(Y)}}$). İki özelliğin fenotipik kovaryansı (Cov_p), tıpkı fenotipik varyans (V_p) gibi genetik ve çevresel bileşenlerin toplamına eşittir ($Cov_p = Cov_A + Cov_E$). Kovaryans değerlerini bir önceki eşitliğe göre yeniden düzenlersek ($r_G =$ Genetik korelasyon, $r_E =$ Çevresel korelasyon);

$$r_p s_{p(X)} s_{p(Y)} = r_G s_{G(X)} s_{G(Y)} + r_E s_{E(X)} s_{E(Y)}$$

iki özelliğin fenotipik kovaryansını genetik ve çevresel varyans bileşenleriyle göstermiş oluruz. Dar anlamli kalıtsallık hesaplamalarını hatırlarsak ($h^2 = \frac{V_A}{V_P}$), bir özelliğin eklemeli genetik varyansının karekökü (standart sapması), kalıtsallık ve toplam fenotipik varyansın kareköklerinin çarpımına eşit olacaktır ($s_A = h s_p$). Yukarıda ki eşitliği tekrar düzenlersek;

$$r_p s_{p(X)} s_{p(Y)} = r_G h_X s_{p(X)} h_Y s_{p(Y)} + r_E e_X s_{p(X)} e_Y s_{p(Y)}$$

ve sadeleştirirsek;

$$r_p = h_X h_Y r_G + e_X e_Y r_E \quad (e^2 = 1 - h^2)$$

İki özellik arasındaki fenotipik korelasyonun, özelliklere ait kalıtsallık değerleri, genetik ve çevresel korelasyonlarının bir fonksiyonu olduğunu görebiliriz. Çevresel varyasyonda (V_E) olduğu gibi, **çevre etkili korelasyon (r_E)** oranı içine de, eklemeli olmayan genetik etkileşimler ve gen-çevre etkileşimleri dahil olmaktadır. **Genetik korelasyonun (r_G)** temel nedeni ise pleiotropi mekanizmasıdır, yani bir gen birden fazla özellik ile ilişkili olabilir. İkinci neden ise sıkı bağlı genlerden kaynaklanan bağlantı dengesizliğidir.

Özellikler arasındaki genetik (r_G) ve fenotipik (r_P) korelasyonlar, kalıtsallığın doğası gereği bir türe ait farklı populasyonlarda farklı değerler alabilir. Çünkü her populasyonun kendi genetik kombinasyonlarının ve çevresel etkilere verdiği farklı tepkilerin sonucu özellikler arasındaki ilişki oranları değişebilir. Bu da, bir türe ait populasyonların belli karakterler açısından farklılaşırken, beraberinde ilişkili diğer karakterler açısından da farklılaşabilmesine yol açabilir. İki kantitatif özellik arasındaki anlamlı derecede yüksek genetik korelasyon, özellikleri etkileyen ortak lokusların varlığını kanıtlar (pleotropik genler) ve farklı populasyonlar arasındaki farklı alelik varyasyon derecesi, her populasyonda bu özelliklerin ilişkileri açısından farklılaşmaya yol açabilir.

Eşeyler arasındaki homolog özelliklerin aynı çevresel koşullar altında genetik korelasyonları incelendiğinde, anlamlı derecede yüksek değerler elde edilmesi özelliğin dişi ve erkeklerde benzer genetik temelleri olduğu anlamına gelir. Eğer genetik korelasyonları düşük ise, özellikler açısından eşeyssel dimorfizm oranları artmaya başlar [26,34]. Özellikle, her iki eşeyin farklı özelliklerine etki eden eşeyssel seçilim sürecinin işleyişine dair genetik temelleri anlamak için, eşleşme başarısı bileşenlerinin eşeyler arasındaki ilişkilerinin ortaya koyulması yararlı olacaktır.

2. 3. Böceklerde Eşleşme Başarısı Bileşenleri ve Önemi

Eşeyssel seçilim teorisi, ilk olarak Charles Darwin tarafından bireylerin hayatta kalma potansiyelleri adına yararlı olmayan farklı (aşırı) özelliklerinin neden devam ettirildiği ve evrildiği gerçeğinin sorgulanmasıyla ortaya çıkmıştır [24]. Eşeyssel seçilim özünde doğal seçilimin bir çeşidi olmasına rağmen, doğrudan uyum başarısını değil öncelikle üreme başarısını etkileyen özellikler üzerinde işler. Genellikle erkeklerde gözlenen büyük boynuz, aşırı renklenme gibi ya da pek çok türde eşeylerin vücut büyüklüklerinde gözlenen asimetri gibi farklılaşmalar, eşeyssel seçilimin etkilerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Eşeyssel seçilim, tek bir eşeyde ya da her iki eşeyde birden eşleşme başarısında rastgele olmayan çeşitliliğin sonucu olarak meydana gelmektedir. Eşleşme başarısında rastgele olmayan çeşitlilik, üreme ile ilgili özelliklerin kantitatif genetik temelli olması ve bireylerin daha aşırı (exaggerated) fenotipleri tercih etmesi nedeniyle ortaya çıkar. Erkeklerin dişiler ile çiftleşebilmek için sahip olduğu davranışsal özellikler ya da sperm rekabeti gibi dinamikler sonucu, eşeyler arasında dimorfik karakterler meydana gelebilir. Örneğin çoğu türde vücut büyüklüğünde gözlenen asimetri veya tek bir eşeyde gözlenen çeşitli dikkat çekici özellikler (renklenme, silahlanma, tüylenme vs.) eşeyssel seçilimin

sonucu olarak ortaya çıkar. Diğer önemli bir dinamik ise, genellikle dişilerin eşleşecekleri erkekleri rastgele olmayan nedenlerden dolayı sınavarak seçmesidir. Çünkü yapısı itibariyle dişiler erkeklere oranla daha çok yatırım yaparak ürettiği, görece daha az sayıdaki yumurtalarını herhangi bir erkeğin spermleri yerine, olası en iyi spermlerle döllemeyi tercih ederler. Erkeklerde seçicilik daha nadir gözlenmektedir, çünkü erkekler, çok sayıda ve hızlı sperm üretebilirler ve herhangi bir dişi ile çiftleşerek genlerini bir sonraki nesle aktarabilme şansı yakalayabilirler. Eşeyssel seçilime etki eden pek çok bileşen üzerine sayısız çalışma vardır. Örneğin, eşeyssel seçilimin önemli dinamiklerinden bir diğeri de populyasyonda gözlenen eşey oranlarıdır. Çevresel veya genetik temelli etkenler populyasyonun eşey oranlarında dalgalanmalara neden olurken şüphesiz ki en çok etkilenen özellikler eşeyssel seçilim yoluyla çeşitlenen özellikler olmaktadır.

Drosophilidae türlerinde çokça incelenmiş ve eşeyssel seçilim sürecinde bu türler için önemli dinamikler olduğu bilinen eşleşme başarısı bileşenleri; eşeyssel olgunluk yaşı, gamet büyüklüğü ve sayısı, yumurta verimi, seminal sıvı zenginliği, eşleşme sıklıkları, kopulyasyon süresi ve vücut büyüklüğü olarak sıralanabilir. Bu özelliklerin bazıları tek bir eşeye özgü olmasına rağmen, başarıyla sonuçlanması beklenen üreme aktiviteleri sırasında her iki eşeyi de ilgilendiren başka bazı özelliklerden etkilenmektedir. Örneğin, pek çok *Drosophila* türünde dişilerin sperm depolayan organı spermateka büyüklüğü ile erkeklerin sperm uzunluğu arasında yüksek oranda pozitif korelasyon vardır [31]. Bu tip ilişkilerin tür içinde değerlendirilmesi, eşeyssel seçilimin türler arası farklılaşmada ne derece rolü olacağını aydınlatmak adına önemlidir. Örneğin, *Drosophila melanogaster* alt grubunun içerdiği türler arasında, dişi ve erkeklerin birlikte evrimleşmiş bazı genital yapıları oldukça belirgin bir çeşitlilik göstermektedir [32]. Aynı türün farklı populyasyonları arasında incelenen genital yapıları üzerindeki eşeyssel seçilimin, dişi ve erkeklerin birlikte evrimi sonucu farklılaşmasına neden olduğunu gösteren örneklere göre, teorik olarak bu farklılaşmaların türleşmeye neden olabileceği savunulmaktadır [33], fakat pratik anlamda kanıt sayılabilecek yeterli sayıda deneysel çalışma henüz yoktur.

Bu tez kapsamında ele alınan eşleşme başarısı komponentlerinin özellikleri ve önemi aşağıda sıralanmıştır.

2. 3. 1. Eşeyssel Olgunluk Yaşı

Eşeyssel olgunluk yaşı, bir organizmanın üreyebilme yeteneğine sahip olduğu yaş ya da dönemdir. Erginliğe ulaşma yaşı olarak da adlandırılabilir. Bir organizmanın üreme

yeteneği kazanabilmesi için, üreme organlarının ve gametlerin gelişiminin tamamlanması gerekir. Canlıların gelişim süreçleri yüksek çeşitlilik gösterdiği gibi, gelişim süresine bağlı olarak eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşları da hem türler arasında, hem eşeyler arasında çeşitlilik göstermektedir [34,35]. Bir türün tek bir eşeyi içinde ise, eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşı dar bir aralıkta çeşitlenme gösterse de, bu süre beslenme ve sıcaklık gibi çevresel etkilere kaynaklı olarak kısa aralıklarda uzayabilir ya da kısalabilir.

Çoğu böcek türünde erkeklerin dişilerden daha önce eşeyssel olgunluğa ulaştığı bilinmektedir [36]. Fakat *Drosophila* türlerinde bu durum genellikle tersine işler. Bu türlerin pupadan çıktıkları andan itibaren eşeyssel olgunluğa ulaşma süreleri, türler arasında birkaç saat ya da birkaç gün olarak değişebilmektedir ve eğer herhangi bir tür içinde eşeyler arasında farklılaşma varsa, genellikle dişiler erkeklerden önce olgunlaşmaktadır [34]. *Drosophila* türleri ile yapılan çalışmalarda eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşı tespit edilirken ele alınan parametre, populasyonu temsil eden örneklemin en az %80'inin olgunluğa ulaşması için geçen süredir [31]. Pek çok böcek türünün aksine, *Drosophila* türlerinin erkeklerinde gözlenen bu gecikmenin nedenlerinden biri "Sperm Üretim Hipotezi" ile açıklanmaya çalışılmıştır. Kırktan fazla *Drosophila* türü ile yapılan bu çalışmaya göre, eşeyssel seçim uzun spermelerin lehine işler ve daha uzun sperm üreten erkeklerin gelişim ve olgunlaşma sürelerinin de harcanan enerjiyle doğru orantılı olarak arttığı kanıtlanmıştır. Dolayısıyla, sperm üretimi ve olgunlaşma süresi arasında bir uzlaş (trade-off) sağlanmıştır. Aynı çalışmanın diğer bir önerisine göre ise, vücut büyüklüğü ve olgunlaşma süresi arasında da pozitif korelasyon vardır ve bu iki özellik açısından da bir uzlaş söz konusudur [99]. Benzer çalışmaların ortak olarak ortaya koyduğu sonuçları derlersek, eşeyssel olgunluk yaşının ayrı-eşeyli seçilimin (intersexual selection) doğasıyla doğrudan ilişkili olduğunu ve olgunlaşmak için geçen sürenin üreme organlarının ve gametlerin gelişimiyle sıkı bağlantılı olduğunu söylenebilir [38].

2. 3. 2. Vücut Büyüklüğü

Vücut büyüklüğü, organizmaların etkilendiği evrimsel süreçlerinde kilit özelliklerden biridir. Morfolojik bir özellik olarak vücut büyüklüğü, canlıların gelişim süresi, yaşam öyküsü karakterleri, diğer morfolojik yapıları, uyum ya da üreme başarıları, ömür uzunluğu, çevre ile etkileşimleri, populasyon yoğunluğu ve ölüm oranı gibi hemen her özelliği ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilişkili bir özelliktir. Bu nedenle çok sayıda farklı alanda ve farklı organizmada incelenmektedir. Evrimsel biyoloji alanında ise en merak

edilen soru fiziksel büyümenin türler arasında nasıl bir evrimsel elekten geçtiği ve sonuç olarak canlıların büyümesinin kaynağı olan mekanizmaların bireyin başka hangi özelliklerinin evriminde ne derece etkisi olduğudur. Böcekler ile yapılan vücut büyüklüğü araştırmalarında kaynak alınan morfolojik yapılar; toraks uzunluğu, kanat uzunluğu ve eni, baş ve/veya frons uzunluğudur. Pek çok çalışmada bu özelliklerin birbirleriyle fenotipik ve genetik korelasyonlarının yüksek olduğu saptanmıştır. Bu nedenle, araştırmacılar bu özelliklerin yalnızca birini ya da birkaçını birden vücut büyüklüğü indeksi olarak ele almaktadırlar.

Vücut büyüklüğü göstergesi olarak ele alınan morfolojik karakterler türler arasında yüksek çeşitlilik gösterir. Vücut büyüklüğü çeşitliliği yalnızca türler arasında değil, çevresel ve genetik faktörlerin etkisiyle tür içinde de yüksektir. Vücut büyüklüğünün genetik açıdan ele alınmasıyla bu özelliği etkileyen çok sayıda gen keşfedilmiştir ve bu genlerin çoğu endokrin sistem ile doğrudan ilişkili ürünlerin sentezinde ya da regülasyonunda görevlidir. Bu keşiflerden en önemlisi insülin hormonu ve insülin sentez yollarında görev alan regülatör sistemlerdir [39].

Pek çok canlı grubunda vücut büyüklüğü enlemsel iklim değişikliklerine bağlı olarak klinal varyasyon gösterir. Böceklerin de çoğu türünde vücut büyüklüğünün yükselen enlem ve/veya artan yükseklik ile arttığı, az sayıda türde de azaldığı gözlenmektedir. Bu klinal varyasyonun temel sebeplerinin çevresel etkenlerden kaynaklı lokal adaptasyon olduğu ve bu anlamda sıcaklık, nem ve ışık şiddetinin vücut büyüklüğü ile doğrudan ilişkisi olduğu pek çok çalışmada gösterilmiştir [41].

Organizmaların eşeyleri arasında da vücut büyüklüğü açısından ayrılmalar sıkça gözlenir. Darwin'in eşeyssel seçilim hipotezine göre, eşeyssel dimorfizm eş adaylarının rekabetinde öne çıkan özelliklerinin avantaj sağlamasıyla ya da eş seçiminin tek bir eşeyin kararı üzerinden işlemesi nedeniyle evrimleşmiştir. Darwin ve diğer bazı bilim adamlarının bu hipotezi oldukça popüler olsa da, eşeyssel dimorfizmin tek nedeninin eşeyssel seçilim olmadığı fark edilmiştir. Besin bolluğu veya niş farklılaşması gibi dış etkenlerinde eşeyssel dimorfizmin nedeni olabildiği bilinmektedir. Özellikle böceklerde ve düşük omurgalılarda tipik olarak erkekler dişilerden daha küçük vücutludur ve dişi vücut büyüklüğü çevresel koşullardaki değişimlere karşı daha hassastır [42,43,44]. Bu taksonlarda dişilerin artan vücut büyüklüğü ile yumurta veriminin artması vücut büyüklüğü dimorfizminin temel kaynaklarından biridir. Böceklerde, erkeklerin dişilerden daha büyük vücutlu olduğu durumlar çok yaygın değildir, en iyi bilinen iki örnek gübre sineği *Sepsis cynipsea* [45] ve

tohum-yiyici kınkanatlı *Stator limbatus* [46] türleridir. Pek çok kuş türünde [47,48] ve memelilerde ise [49,50] erkekler dişilerden daha büyük vücutludur. Bu durumun kaynakları içinde bu taksonların erkeklerinde yavru ve eş koruma davranışlarının daha yoğun gözlenmesi, populasyon düşük yoğunluğunun dolaylı etkisiyle silahlanma ve rekabetin daha önemli olmasıdır.

Böceklerde vücut büyüklüğünün yumurta verimi, ömür uzunluğu, gelişim süresi, eşey seçimi gibi uyum başarısı ile ilişkili özelliklerinde kritik önemi olduğu bilinmektedir. Örneğin, çoğu böcek türünde büyük vücutlu dişilerin yumurta sayısı ve yavru verimi daha yüksektir [40]. Böceklerde vücut büyüklüğünün yumurta verimi, ömür uzunluğu, gelişim süresi, eşey seçimi gibi uyum başarısı ile ilişkili özelliklerinde kritik önemi olduğu bilinmektedir. *Drosophila melanogaster* ile yapılan pek çok çalışmaya göre vücut büyüklüğünün göstergesi olan toraks uzunluğu ve kanat büyüklüğü büyük oranda eklemeli genetik temelli bir özelliktir [51,52]. Eşeylerin vücut büyüklükleri arasındaki genetik korelasyon oranının sorgulanması, tür içinde eşeylerin bu özellik için birlikte evrimi açısından önemlidir. Çünkü vücut büyüklüğü her iki eşeyde gözlenen homolog bir özellik olarak eşeyler arasında genetik korelasyonunun yüksek olması, eşeysel dimorfizmin evriminin daha yavaş işlemesiyle sonuçlanır [53].

2. 3. 3. Yumurta verimi (Fekundite)

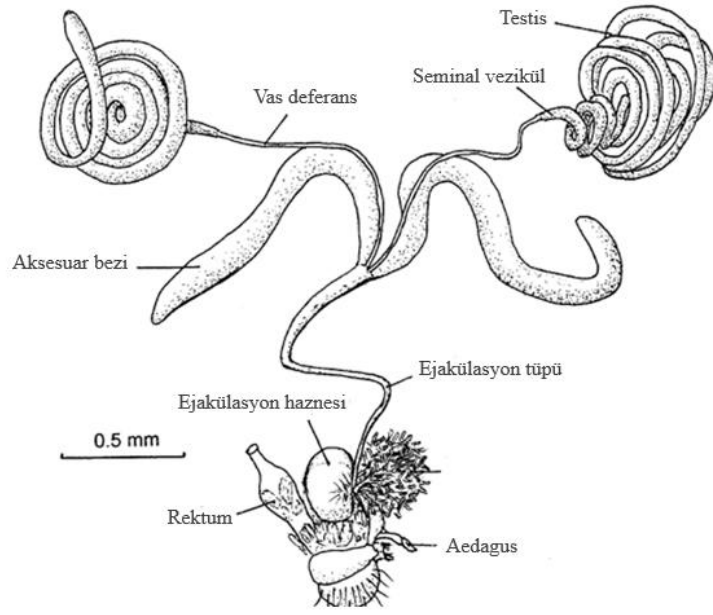
Yumurta verimi, biyolojik açıdan organizmaların ya da aynı türün populasyonlarının gerçek üreme oranının bir göstergesidir. Organizmanın çeşidine göre yumurta, tohum, yavru vb. sayılarak ölçülür. Yumurta verimi, uyum başarısının en temel bileşenleri içinde yer alan önemli bir özelliktir. Çünkü her bir eşleşmenin popülasyona olan katkısının avantaj ya da dezavantajlarını doğrudan etkiler. Bir türe ya da türün farklı populasyonlarına ait yumurta verimi özelliği yüksek değişkenlik gösterebilir. Çünkü, hem çok sayıda dinamik ile ilişkili (gonad büyüklüğü, eşeysel olgunluk yaşı, ömür uzunluğu, besin miktarı) bir özelliktir, hem de kantitatif bir özellik olarak genetik ve çevresel kaynaklı çeşitlilik gösterebilir. Yumurta verimi çalışmalarında tür düzeyinde bilgi sağlamak için genellikle organizmanın yaşamı boyunca ürettiği gamet sayısı ile değerlendirilmelidir. Fakat türlerin ya da farklı populasyonların kendi içlerinde veya birbirleri arasında, ya da farklı çevresel koşullar altında değerlendirildiği karşılaştırmalı çalışmalar için, organizmanın belli bir zaman periyodunda ürettiği gamet sayısı ya da ovariol sayısı ölçülebilir. Bu bağlamda ovariol sayısının, yumurta sayısı ve yavru sayısı ile doğrudan ilişkili olmasının dışında

uyum başarısı ile de yüksek korelasyon gösterdiği bilinmektedir [54,55]. Örneğin, *Drosophila* türlerinde günlük ya da haftalık yumurta sayısı veya dişilerin ovariol sayıları ölçülerek, farklı çevresel stres etkilerinin ya da coğrafyaların karşılaştırıldığı çalışmalar oldukça popülerdir [31].

Ovipar üreyen böcek gruplarında fekundite dişi eşeylerin yumurta sayısı üzerinden ölçülen ve dişilerle direkt ilişkili bir karakter olmasına rağmen [34], dişi yumurta sayısında gözlenen varyasyonun erkek sperm sayısı ve bazı erkek üreme başarısı bileşenleri ile de ilişkisi olduğu bilinmektedir [56]. Örneğin bazı böcek türlerinde erkek eşeyin vücut büyüklüğündeki artış veya düşüş ürettiği sperm miktarında artmaya neden olduğu için eşleştiği dişinin yumurta verimini de arttırmaktadır [58,59]. *Drosophila mohavensis* ile yapılan bir araştırmaya göre erkeklerin sperm ile birlikte transfer ettiği sıvılar dişiler için besin kaynağı olmakta ve yumurta verimine pozitif katkı sağlamaktadır [57]. Yumurta veriminin yakından ilişkili olduğu diğer bir parametre ise, dişinin eşleşme sayısı ve iki eşleşme arasında geçen süredir [60]. Böceklerin çoklu eşleşme yapan türlerinde dişilerin yaşam boyu yumurta veriminin, tekli eşleşme yapan türlerden daha yüksek olduğu bilinmektedir [61]. Yumurta verimindeki artışın dişi eşeylerin ömür uzunluğunu azaltan bir özellik olduğu bilinmesine rağmen, dişilerde çok eşliliğin sonucu ömür uzunluğu ve yumurta verimi arasında böylesi bir uzlaşımın evrimleştiği açıktır [61].

2. 3. 4. Testis uzunluğu

Bireylerin üreme sistemi içinde yer alan doku ve organları, şekil, büyüklük, sayı ya da pozisyon açısından türler arasında veya bazı özellikler için tür içinde değişkenlik gösterebilir [34]. Erkek eşeylerin üreme organları sperm üreten, depolayan ve dişiye ileten dokulardan oluşur. Kısaca “testis” olarak adlandırdığımız kısım aslında, erkeklerde çift halinde bulunan ve spermatozonların üretildiği testiküler tüplerden oluşan yapıdır (Şekil 2.3). Bu yapının foliküller kısmının ölçülmesiyle “testis uzunluğu” elde edilir. Genellikle bu yapının uzunluğu, kalınlığı veya rengini veren pigmentasyon oranları gibi kantitatif özellikleri tür içinde değişkenlik gösterebilir.



Şekil 2. 3. *Z. indianus* türüne ait testis ilüstrasyonu [100].

Türler arasında erkek eşeylerin gamet üretimine yaptıkları enerji yatırımı varyasyon gösteren bir özelliktir ve bu varyasyon genellikle testis uzunluğu ve bununla pozitif korelasyon gösteren sperm üretimi ve transfer oranı ile ortaya çıkarılır [62,63]. Örneğin, *Drosophila* türleri arasında testis ve sperm uzunluğu farklılaşması geniş bir aralıkta ifade edilir, öyle ki türler arasında sperm uzunluğu 1,14 mm (*D. simulans*) ile 58,29 mm (*D. bifurca*) arasında değişebilmektedir [31,99].

Testis uzunluğunun türler arasında ve tür içinde değişkenlik göstermesi kantitatif bir özellik olmasının doğası gereğidir ki, hem genetik hem de çevresel koşullardan etkilenen bir özelliktir. Her ne kadar testis uzunluğunun uyum başarısıyla direk ilişkili bir karakter olduğu söylenemese de, eşleşme başarısı adına çok sayıda önemli karakterle ilişkili bir özellik olduğu açıktır. Örneğin, pek çok *Drosophila* türünde testis uzunluğu ile sperm uzunluğu arasında yüksek pozitif korelasyon olduğu saptanmıştır ($r^2=0.99$) [64,67]. Testis uzunluğu ve sperm uzunluğu arasındaki sıkı ilişki dışında, bir ejakülasyonda aktarılan sperm miktarı, erkeklerde vücut büyüklüğü [66,67], kopulasyon süresi [68] gibi üreme başarısı bileşenleri ile testis uzunluğu arasında fenotipik ve genetik ilişkiler olduğu da saptanmıştır. Testis uzunluğu ile gözlenen bu korelatif ilişkilerin bazı memelilerde [69,70,71] ve kuşlarda da gözlendiği tespit edilmiştir [72]. Tür düzeyinde yapılan pek çok araştırmanın sonucunda, üreme sistemi ile ilişkili olarak poligamik türlerde, monogamik

türlere oranla testis uzunluğunun arttığı bilinmektedir [66,67]. Bunun kaynağı poligamik türlerde yüksek oranda gözlenen sperm rekabeti sonucunda erkeklerin daha büyük ya da uzun spermlerinin pozitif seçilime uğramasıdır [73].

Moleküler çerçevede elde edilen verilere göre, birbirleriyle yakın akraba *Drosophila* türleri içinde hızlı evrimleşen gen (rapidly evolving genes) gruplarının en çok eşey ve üreme sistemi ile ilgili karakterlerle ilişkili genleri içerdiği saptanmıştır [74,75]. Başka bir önemli çalışmanın sonucunda ise, üreme sistemi ile ilişkili genlerin, ilişkili olmayan genlere göre türler arasında daha çok sapma (divergence) gösterdiği gözlenmiştir [76]. Üreme sistemi ile ilişkili hızlı evrimleşen gen gruplarının önemi, üreme izolasyonu devamında türleşmeye yol açabilen kaynakları sağlamasıdır [74,77]. Bu bağlamda testis, ovaryum ve kafa dokularında daha çok eksprese olan ve hızlı evrimleşen bazı genler tanımlanmıştır. Bu dokular içinde testis dokularında tanımlanan hızlı evrimleşen genler, diğer dokulara göre türler arasında en çok sayıda sinonim olmayan varyantlar (nonsynonymous substitutions) içermektedir. Sonuç olarak bu veriler, testisler üzerinde seçim baskısının oldukça yüksek olduğunu kanıtlar [78].

Testis uzunluğu ile ilişkili erkek eşleşme başarısı bileşenlerinin pek çoğu eşeyssel seçim sürecinde dişi bileşenleri ile de ilişkili olduğundan, bu özelliğin dişilerin eş seçme potansiyelinde dolaylı olarak etkili olabileceği düşünülmektedir. Dişilerin eş seçiminde vücut büyüklüğü, yaş ve sekonder eşeyssel özelliklerin önemli olması nedeniyle bu özelliklerin her birinin testis uzunluğu ile ilişkisinin önemi de artmaktadır.

2. 3. 5. Kopulasyon süresi

Kopulasyon, iki eşeyin çiftleşmek için bir araya gelmesi ve birleşme sonucu erkeklerin spermlerini dişiye aktarması olayıdır. Kopulasyon süresi, eşeylerin genital bölgelerinin anahtar-kilit gibi bir araya gelmesiyle başlayan, erkeklerin spermlerini ve bazen besin içeren seminal sıvılarını aktarmasıyla devam eden ve genital bölgelerinin ayrılmasıyla sona eren zaman dilimidir. Kopulasyon süresi, sinirsel iletim ve hormon mekanizmalarıyla kontrol edilen [79], türden türe ve tür içinde yüksek varyasyon gösteren kantitatif genetik temelli bir özelliktir. Diğer üreme başarısı bileşenleriyle yakından ilişkili olduğu pek çok çalışma ile kanıtlanmıştır. Örneğin, yusufçuk böcekleri ile yapılan bir çalışmaya göre daha uzun süren kopulasyon sonucu dişilerin fertilizasyon oranlarında artış gözlemlendiği bildirilmiştir [80]. Benzer sonuçlar *Drosophila* türleri ile yapılan çalışmalarda da saptanmıştır [81,82,83]. Kopulasyon süresi ile erkek eşeylerde sperm rekabeti arasındaki

ilişkiyi gösteren pek çok çalışma bulunmaktadır ve çoğu çalışmanın ortak sonucu kopulasyon süresinin uzamasıyla aktarılan sperm sayısında artış olduğudur [84,85]. Yine bir yusufçuk türüyle yapılan çalışmaya göre, uzun süren kopulasyonlar sonucu dişinin daha önceki çiftleşmeleri sırasında depoladığı spermlerin neredeyse %100'ünün yeni erkeğin spermleriyle yer değiştirdiği, kısa süren kopulasyon sonucu ise yalnızca %10-15 oranla yer değişimi olduğu saptanmıştır [86]. Kısaca, çok-eşli böceklerin kopulasyon süresi ve sperm rekabeti özellikleri arasında sıkı bir ilişki vardır. Bazı böcek türlerinde ise, vücut büyüklüğü ve testis uzunluğu ile kopulasyon süresi arasında da korelasyon olduğu tahmin edilmektedir [68,87,88,98].

Kopulasyon süresinde gözlenen çeşitliliğin evrimsel açıdan önemi hala tam açıklanamamıştır. Pek çok böcek türünde kopulasyon süresini dişi eşeyler belirler [36] ve dolayısıyla dişi kabul edeceği sperm sayısını belirleyerek erkek eşeyin üreme başarısını doğrudan etkiler. Kopulasyon süresini erkek eşeylerin belirlediği çok sayıda *Drosophila* türü olduğu da tespit edilmiştir [89,90,91]. Kopulasyon süresinin, her iki eşeyinde pek çok dinamiği ile ilişkili bir özellik olması yanında çevresel etkenlerle de değişebildiği tespit edilmiştir. Özellikle kopulasyon sırasında savunmasızlık arttığı için avcı yoğunluğu ve korumacı yoğunluğu (male-guardian) ile kopulasyon süresi arasında bir ilişki olduğu bilinmektedir [80,92].

2. 3.6. *Zaprionus tuberculatus*'de Eşleşme Başarısı Bileşenlerinin Değerlendirilmesinin Önemi

Bahsi edilen eşleşme başarısı bileşenlerinin hemen hepsinin birleşik (combined) pozitif ya da negatif korelasyon gösteriyor olduğu açıktır. Hemen her karakter farklı oranlarda diğerleriyle fenotipik açıdan ilişkili olmakla beraber, her özellik kantitatif genetik temelli ve kalıtılabilen özellikler oldukları için aralarında genotipik ilişkilerinde olması söz konusudur.

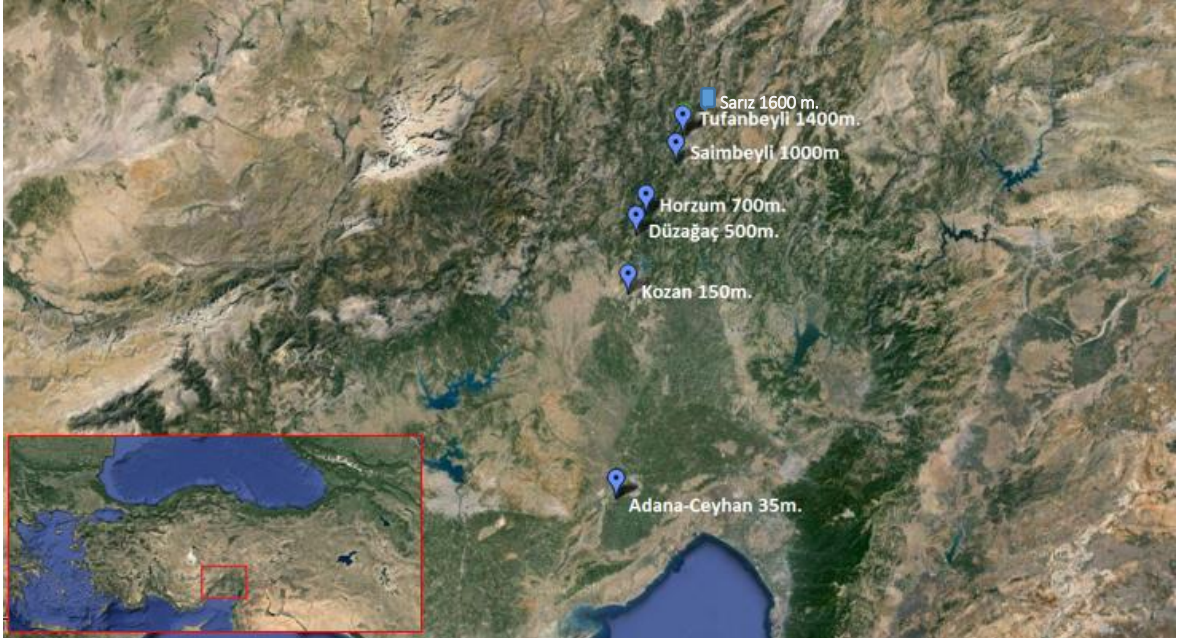
Bu tez çalışması kapsamında ele alınan üreme başarısı bileşenlerinin çoğu daha önce *Z. tuberculatus* türünde araştırılmamış, fakat cinsin akrabası olan *Drosophila* cinsi türlerinde pek çok deneysel ve teorik çalışmaya konu olmuştur. Daha önce değinildiği üzere, *Zaprionus* cinsi içinde çok sayıda simpatrik gruplar ve bu gruplar içinde kriptik türlerin bolca bulunduğu bilinmektedir. Bu kriptik türlerin özellikle üreme yapıları arasındaki farklılaşmalara dikkat çekilmiş olması, bu türlerden biri olan *Z. tuberculatus*'un üreme başarısı karakterleri açısından ele alınması önemini arttırmaktadır.

Z. tuberculatus'ü kardeş türlerinden ayıran en temel özellik olarak bilinen testis uzunluğunun türler arası değişkenliğini göz önünde bulundurursak, *Zaprionus* cinsi için testis uzunluğunun kilit önem taşıyan bir özellik olduğu düşünülebilir. Önceki çalışmalarımızda, *Z. tuberculatus* türünün testis uzunluğu ve coğrafi açıdan artan yükseklik ile anlamlı bir ilişkisi olduğu saptanmıştır [8]. Öte yandan uzun testisli olduğu bilinen ve dört kıtada geniş yayılım gösteren diğer bir istilacı tür *Zaprionus indianus* ve kısa testisli, yalnızca Afrika kıtasında yayılım gösteren *Zaprionus sepsoides* türlerinin ürettikleri sperm miktarları açısından değerlendirildikleri bir çalışmanın sonucunda, iki türünde sperm demetlerinin eşit sayıda sperm içerdiği, fakat istilacı *Z. indianus* türünün fertilizasyon oranının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. *Z. indianus* türünün uyum ve üreme başarısı yeteneğinin daha yüksek olması ve testis uzunluğunda türler arasında gerçekleşmiş bu farklılaşmanın sonucu, *Z. indianus* türünün dispersal yeteneği ve istilacı özelliği ile testis uzunluğu arasında bir ilişki olabileceği düşünülmektedir [93].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3. 1. Arazi Çalışması

Zaprionus tuberculatus, 2009-10 yıllarında Adana ilinde yapılan arazi çalışmaları sırasında ilk kez karşılaşılmış olmasıyla dikkati çekmiştir. Bu yıllardan önce yapılan arazi çalışmalarında bu türe ait bireylerin gözlenmemiş olması, türün bölgeye yeni girmiş olabileceği fikrini vermektedir. Bir sonraki arazi çalışması, 2011 yılı Ağustos ayında deneyler için kullanılacak bireyleri toplamak ve türün bulunabileceği yükseklik aralığını saptamak amacıyla Adana il sınırları içinde farklı yükseklikteki bölgeler seçilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3. 1. Arazi çalışmasında izlenen rota ve seçilen bölgeler.

Arazi çalışması için belirlenen rota üzerindeki bölgelerden seçilen istasyonlara, bireylerin canlı olarak toplanabilmesini sağlayan, içinde kuru maya ile fermente edilmiş muz ve şeftali meyveleri içeren pet şişeler halindeki tuzaklar asılmıştır. Genellikle meyve ağaçlarının yoğunlukta bulunduğu her istasyondaki her bir tuzak birbirleri arasında en az 2 metre olacak şekilde asılarak, genetik açıdan birbirine benzer olan aynı aileden bireylerin tuzaklarda birlikte bulunması engellenmeye çalışılmıştır. Bölgedeki yüksek sıcaklık dolayısıyla tuzakların içindeki sıcaklık oranı artacağından bireylerin tuzaktan kaçma veya ölme olasılığında artacaktır. Bu nedenle toplanacak canlı bireylerin sayısını

yüksek tutmak için tuzaklar istasyonlara günün serin saatlerinde asılmış, yine serin saatlerinde toplanmıştır.

Arazi çalışması sırasında tuzak kurulan bölgeler, koordinatları ve özellikleri, tuzak ve toplanan birey sayıları Çizelge 3.1’de listelenmiştir.

Her bir tuzaktan yeterli miktarda örnek, önceden hazırlanmış *Drosophila* standart besiyeri (mısır unu, melas, maya, agar ve su) bulunan tüplere tek tek alınmıştır. Arazi sırasında, örneklere eter kullanılarak anestezi uygulanmasının yavrudöl verimi ve yaşayabilirliği üzerine negatif zararlı etkilere yol açtığı göz önünde bulundurularak eşey ve tür tayini gibi çalışmalar yapılmamıştır.

Çizelge 3. 1. Arazi çalışmasında seçilen bölgeler, yükseklikleri, habitatları, tuzak ve yakalanan birey sayıları.

Bölge	Yükseklik (m.)	Koordinat	Habitat	Tuzak Sayısı	Yakalanan Birey Sayısı
Ceyhan	35	37.03°K, 35.82°D	Kentsel-Tarımsal	20	100
Kozan	150	37.45°K, 35.80°D	Kentsel-Tarımsal	10	100
Düzağaç	500	37.58°K, 35.82°D	Ormanlık-Kırsal	20	195
Horzum	700	37.62°K, 35.84°D	Ormanlık-Kırsal	20	127
Saimbeyli	1000	38.26°K, 36.22°D	Ormanlık-Kırsal	30	-
Tufanbeyli	1400	37.81°K, 35.70°D	Kentsel-Tarımsal	50	3
Sarız	1600	37.98°K, 36.09°D	Kentsel-Tarımsal	45	3

Rota üzerinde 1000 metreden daha yüksekte bulunan Saimbeyli, Tufanbeyli ve Sarız bölgelerinde çok az sayıda bireylere rastlanması nedeniyle bu bölgelere yeni istasyonlar eklenmiş ve daha fazla sayıda tuzak asılmıştır. Tuzak ve istasyon sayısının artırılmasına rağmen *Z. tuberculatus*’e ait bireylere neredeyse hiç rastlanmamıştır.

Arazi çalışması sırasında tüm istasyonlardan toplanan ve tek tek tüplere alınan bireyler arasından seçilen dişiler laboratuvara getirildikten yaklaşık 24-30 saat sonra taze besiyeri içeren yeni tüplere yine tek tek alınarak, dişilerin çiftleştiği son erkeğin spermeleriyle döllenmiş yumurtaları bırakmaları sağlanmıştır.

3. 2. Kendilemiş İzosoy Hatlarının Kurulması

İzosoy hatları (Isofemale lines), doğal populasyonlarda gözlenen ekolojik, morfolojik veya davranışsal özelliklerin gösterdiği varyasyonu saptamada giderek artan bir öneme sahiptir. İzosoy hatlarının kullanılması, doğal populasyonların gösterdiği fenotipik varyasyonun aralığını ve doğasını belirlemede ve bu verileri genotipik açıdan da ele alarak değerlendirmede oldukça kullanışlı bir yöntemdir [28]. Bu tip soy hatları kullanılarak yapılan çalışmalarda, morfolojik özelliklerin gösterdiği kantitatif varyasyonun ortaya koyulması, organizma için öneme sahip dağılım ve yoğunluk gibi faktörleri etkileyen temel özelliklerin hangileri olduğunu saptamayı ve bu özellikler hakkında yorum yapabilmeyi sağlamaktadır [94].

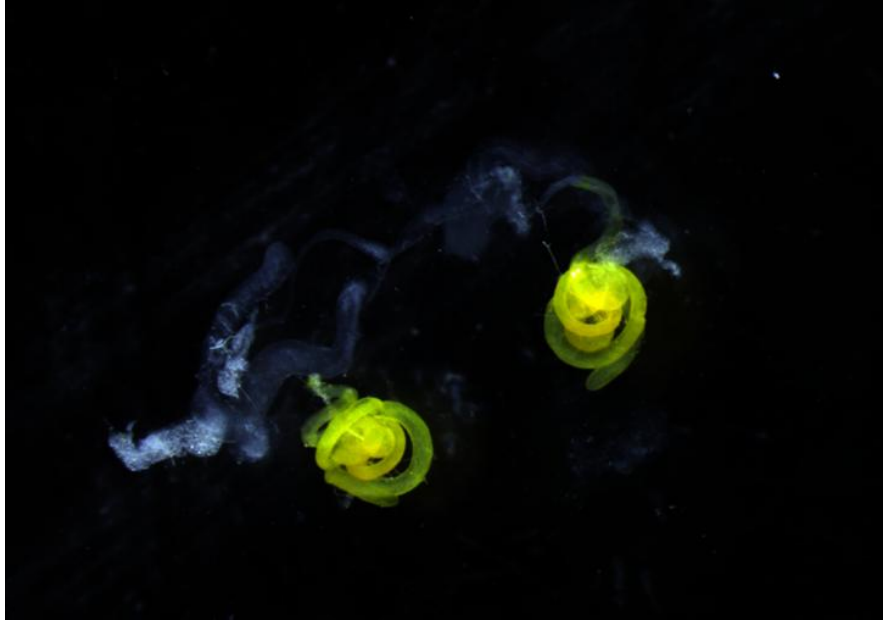
Bu amaçla, arazi çalışmamızda farklı bölgelerden toplanan dişi bireylerin çiftleştiği son erkeğin spermleriyle döllenmiş yumurtalarını bırakması için her bir dişi ayrı ayrı tüplerde olacak şekilde yumurtlamaları sağlanmıştır. Bu yumurtalardan çıkan F₁ yavrudöllerinin bir kısmı, her izosoy hattı kendi içinde çiftleşip soy hattının devamını sağlamaları amaçlanarak yeni besiyerlerine transfer edilmiş, bir kısmı ise tür tayini yapmak üzere -20°C'de dondurularak saklanmıştır. Bu işlem için arazi rotasında bulunan ve yeterince örneklem yapılabilmiş 4 bölge belirlenmiş (Ceyhan, Kozan, Düzağaç ve Horzum) ve her bölgeden verimli yumurtalar bırakan dişilerin soy hatları seçilmiştir. Her biri toplandığı bölgenin genotiplerini temsil eden bu izosoy hatları, her yeni jenerasyonun ergin bireyleri meydana geldiğinde yeni tüplere aktarılarak, birbiriyle çakışmayan jenerasyonlar halinde laboratuvar sabit koşullarında (25±1°C sıcaklık, %60 bağıl nem, 12-12 sa. gün devinimi) devam ettirilmiştir. Bu yöntem ile her bir soy hattı kendileşme sürecine girmiş ve yaklaşık 12 jenerasyon sonra kendileştiği varsayılmıştır.

3. 3. Tür Tayini

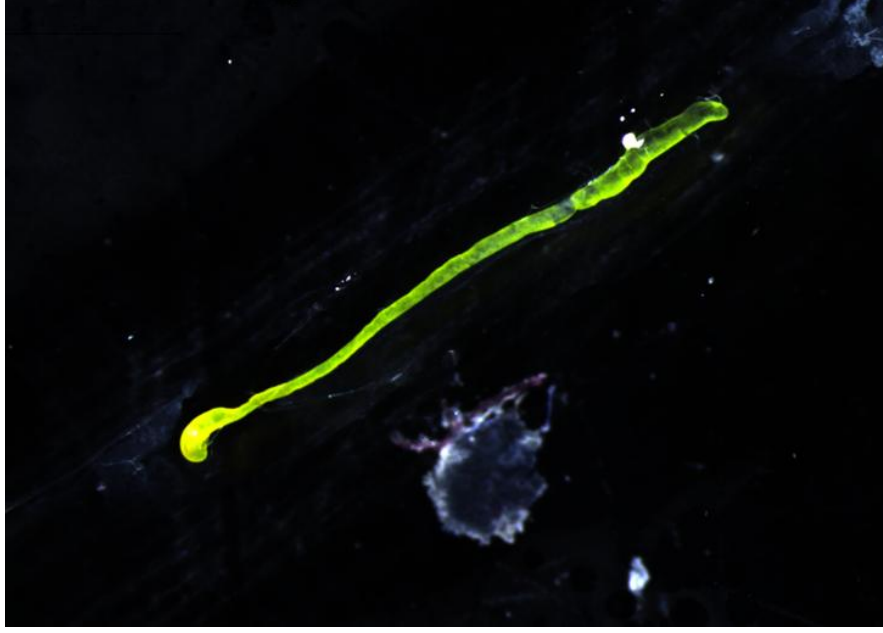
Arazi çalışması sırasında toplanan örneklerin tür teşhisi için F₁ jenerasyonuna ait ergin dişi ve erkek bireyler kullanılmıştır. Tür tayini için, 2011 yılında Yassin ve David [4] tarafından hem morfolojik hem de moleküler teknikler kullanılarak hazırlanmış tür tayin anahtarından yararlanılmıştır.

Zaprionus cinsinin en belirgin özelliği, toraksın mezonotum ve metanotum bölgesinde birbirlerine paralel olarak uzanan farklı sayılarda, belirgin beyaz çizgiler taşımasıdır. *Z. tuberculatus*'de, yakın akraba türleri gibi toraks bölgesinde iki sağ ve iki sol tarafta olmak üzere birbirine paralel beyaz çizgilere sahiptir (Şekil 2.1). Tür teşhisinde yer alan ilk

basamaklara göre, *Z. tuberculatus*'ün dişi ve erkeklerinin ön bacak çiftinin femur segmentinde bir adet tüberkül yapısı ve bu yapıdan çıkan uzun ve kuvvetli bir duyu kılı taşımaktadır (Şekil 2.2). Yine her iki eşeyde de başın alın bölgesinde, iki göze eşit uzaklıkta olacak şekilde tam ortasından geçen bir beyaz çizgi bulunmaktadır (Şekil 2.1). Bu özellikleriyle cinsin pek çok türünden ayrılan *Z. tuberculatus*, aynı tür grubunda bulunduğu daha yakın akraba türlerden ise yalnızca bazı içyapılarındaki farklılıklarla ayrılmaktadır. Bu farklılıklara göre türün erkeklerinin testisleri birkaç tur atacak şekilde kıvrılmış (Şekil 3.2), açıldığında (Şekil 3.3) yaklaşık 3- 5 mm uzunluğundadır. Dişilerde ise, spermateka adı verilen sperm depolama organı az miktarda papiller çıkıntılar taşır. Ek olarak, türe ait yumurtaların oksijen alımı ve tutunmayı sağlayan filament şeklindeki uzantıları gruptaki diğer türlerinden farklı olarak düzdür. Bu bilgiler ışığında yapılan tür tayini çalışması sonucunda, araziden toplanan örneklerin büyük bir kısmının *Z. tuberculatus*'e ait olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. 2. *Z. tuberculatus* erkeğinin kıvrımlı testis ve aksesuar bezleri yapısı.



Şekil 3. 3. *Z. tuberculatus* erkeğinin kıvrımlı testis yapısının açılmış hali.

3. 4. Deneysel Çalışmalar

Coğrafi anlamda yükseklik farklılıkları, populasyon içi ve populasyonlar arası adaptif genetik çeşitliliği anlamak ve çeşitliliğe neden olan ya da önleyen faktörleri araştırmak için önemli bir çalışma modeli sunar [97]. Bu bağlamda, tüm deneyler farklı yüksekliklere sahip iki ayrı bölgeden örneklenen populasyonlar kullanılarak yapılmıştır. Bu bölgeler arazi çalışması sırasında bolca örneklem elde edilen ve birbirine en uzak iki nokta olan Ceyhan ve Horzum bölgeleridir. Ceyhan bölgesi deniz seviyesinden 35 m. yüksekte, Horzum bölgesi ise 700 m. yüksekte bulunmaktadır. Ceyhan bölgesi düz bir ovanın merkezinde yer alan, meyve tarımının sıklıkla gözlendiği, ormanlık alanların az olduğu kentselleşmiş bir bölgedir. Horzum ise dağlık, kentselleşmenin düşük olduğu ve ormanlık alanlarının tarımsal alanlara göre daha geniş yer kapladığı bir bölgedir. Tüm deneylerde bu bölgelerden örneklenen ve kendileşmeleri sağlanmış izosoy hatları ele alınarak yapılmıştır.

3. 4. 1. Eşeyssel Olgunluk Yaşının Saptanması

Bu deneyde, Ceyhan ve Horzum bölgelerinden toplanmış 10'ar adet izosoy hattı kullanılmıştır. Kullanılan izosoy hatlarından örneklenen bireyler F₂₄ jenerasyonuna ait yüksek oranda kendileştiği kabul edilen bireylerdir. Eşeyssel olgunluk yaşı, her iki eşey için ayrı ayrı kurulan deney düzenekleri ile tespit edilmiştir. Bu deneyde ve bundan sonraki tüm deneylerde “yaş” olarak bahsi geçen süre bireyin pupadan ergin olarak çıkmasıyla başlayan

24 saatlik zaman dilimleridir. Bu anlamda her izosoy hattı için 4 farklı yaş grubunu (1., 2., 3. ve 4. Yaş) temsil eden 10'ar dişi ve 10'ar erkek bireyler elde edilmiştir.

Deneye girecek olan dişi ve erkek bireylerin eşit koşullar altında yetişmesi ve larvalarının beslenirken aralarında rekabetin oluşmaması sayesinde, vücut büyüklüğü gibi özelliklerinin her grup içinde homojen olması amaçlanarak her izosoy için 5 tekrarlı olacak şekilde, eşit miktarda besiyeri içeren tüplere eşit sayıda (30 adet) larva koyulmuştur. "Yumurta ekimi" dediğimiz bu yöntem sayesinde tüplerde sabit koşullar altında yetişen ve gelişim süresi tamamlandığında pupadan çıkan ergin bireyler, belirli saat aralıklarıyla CO₂ anestezi yöntemiyle bayıltılıp toplanmıştır. Toplama sırasında her eşey, ayrı ayrı tüplerde henüz çiftleşmemiş halde (virjin) olacak şekilde besiyeri içeren tüplere alınmıştır. Bu bireyler bahsi geçen yaş gruplarını oluşturmak üzere yaşlanmaya bırakılmıştır. Yaşlandırma işlemleri esnasında CO₂ anestezi yöntemi kullanmadan, bireylerin her gün yeni besiyerine transferleri yapılarak stres koşulları minimuma indirilmiştir.

Deneye alınacak herhangi yaş grubundan herhangi bir eşeyin çiftleşmesi için karşısına koyulacak karşıt eşey mutlaka eşeyssel olgunluğa erişmiş olmalıdır. Ek olarak, karşıt eşeyin deney izosoy hatlarından bağımsız olarak seçilen tek bir izosoy hattına ait olması, test edilen eşey ve yaş grupları için bireysel farklılıkları sabitleyen bir ortam oluşturmaktadır. Bu amaçla, test edilen her bireyin karşısına tek bir izosoy hattından gelen ve 7-8 yaşında olan eşeyssel olgunluğa erişmiş karşıt eşeyli bireyler koyulmuştur. Bu bireyler için seçilen 7-8 yaş aralığı ön deneylerde saptanmıştır.

3. 4. 1. 1. Dişi Bireylerin Eşeyssel Olgunluk Yaşının Saptanması

Dişi bireylerin eşeyssel olgunluk yaş tayini için hazırlanan farklı yaş gruplarından (1., 2., 3. ve 4. yaşlar) 10'ar dişi, her biri birer tüpte olacak şekilde ayrılmıştır. Bu dişilerin karşısına, bağımsız izosoydan gelen 7-8 yaşında eşeyssel olgunluğa erişmiş birer erkek birey koyularak bir saat çiftleşmeleri için bırakılmıştır. Her tüpteki çiftin kopulasyonu gerçekleştirip gerçekleştirmediği izlenmeksizin, tüplerdeki dişi bireyler erkeklerin yanından alınıp yeni bir tüpe yumurtlamaları için bırakılmıştır. Dişi bireyler 3 gün boyunca, her 24 saatte bir yeni besiyerine alınarak yumurta bırakmaları sağlanmış ve bu yumurtalardan larva çıkışı olup olmadığı izlenmiştir. Deneye girinceye kadar çiftleşmemiş haldeki "virjin" dişilerin deney sırasında çiftleşme sonucu bıraktığı yumurtaların açılıp larvaların gözlenmesi, dişinin eşeyssel olgunluğa eriştiğini gösteren bir ölçüt olarak kabul edilmiştir.

3. 4. 1. 2. Erkek Bireylerin Eşeyssel Olgunluk Yaşının Saptanması

Erkek bireylerin eşeyssel olgunluk yaşı tayini için de, aynı yöntemle olacak şekilde her izosoy hattı için oluşturulan farklı yaş gruplarındaki 10'ar erkek bireyin her biri birer tüpe alınmıştır. Bu erkeklerin karşısına, eşeyssel olgunluğa eriştiğini bildiğimiz 7-8 yaşında daha önce çiftleşmemiş olduğundan emin olduğumuz birer dişi birey koyularak bir saat çiftleşmeleri için bırakılmıştır. Bir saatin sonunda, tüplerdeki dişi bireyler erkeklerin yanından alınıp yeni bir tüpe yumurtlamaları için bırakılmıştır. Deneye alınan erkek bireylerin kopulasyonu gerçekleştirebilmiş ve kopulasyon sonucu spermelerini aktarabilmiş olup olmadığını anlamak için, karşılardaki dişiler 3 gün boyunca 24 saatte bir yeni besiyerine alınarak tüplere bıraktıkları yumurtalarından larva çıkışı olup olmadığı izlenmiştir. Bu şekilde deneye girinceye kadar virjin olan erkeklerin, çiftleştiği ve dölediği dişilerin bıraktığı yumurtaların açılıp larvaların gözlenmesi, erkeğin eşeyssel olgunluğa eriştiğini gösteren bir ölçüt olarak kabul edilmiştir.

3. 4. 2. Eşeylerin Bir Kere Çiftleşmesine Bağlı Yumurta Veriminin Saptanması

Bu deneyde, Ceyhan popülasyonundan 16 izosoy hattı ve Horzum popülasyonundan 18 izosoy hattı kullanılmıştır. Her bir izosoy hattından sayıları 15-22 arasında değişen dişi ve erkek bireyler seçilmiştir.

Her izosoy hattı için 5 tekrar halinde yumurta ekimi yöntemi kullanılarak test edilecek bireylerin elde edilmesi sağlanmıştır.

Her soy hattı için deneye girecek erkek ve dişi bireyler pupadan çıktıktan kısa bir süre sonra toplanıp, henüz çiftleşmeden CO₂ anestezi yöntemiyle bayıltılarak eşeylerine ayrılmıştır.

Her izosoy hattından 15-22 adet kardeş dişi ve erkek bireyler toplanmıştır. Bireyler belirli sayıda gruplar halinde tüplere alınarak eşeyssel olgunluk yaşına ulaşmaları için 4-5 gün yaşlandırılmıştır.

Yaşlandırılan bireyler öncelikle henüz 3-4 yaşında iken, anestezi uygulanmaksızın deneyden yaklaşık 36 saat önce tek tek besiyeri bulunan yeni tüplere alınarak deney ortamına alışmaları ve stres faktörünün minimuma indirilmesi sağlanmıştır.

Bireyler eşeyssel olgunluğa ulaştıkları 4-5 yaşına geldiğinde, her bir izosoy hattından örneklenen ve tek tek tüplerde bulunan 15-22 dişi ve erkek çiftleşmeleri için birer çiftler

halinde birleştirilmişlerdir. Bu şekilde her bir çifti oluşturan dişi ve erkek birey aynı izosoya ait kardeşlerdir.

Her bir tüp birleştirmeden sonra izlenmeye başlanmış ve ilk kopulasyonun görülmesini takiben, çiftler tekrar kopulasyona başlamadan hemen ayrılmışlardır. Böylece, her bir dişi yalnızca bir erkeğin bir kez aktarabildiği kadar sperm depolayabilmiştir.

Kopulasyonun gerçekleştiği çiftler ayrıldıktan sonra, dişiler besiyeri bulunan yeni tüplere alınıp yumurta bırakmaları sağlanmıştır, erkekler ise toraks ve testis uzunluğu ölçülmek üzere -20°C’de dondurularak saklanmıştır.

Tüm izosoylara ait dişilerin yumurtalarını bırakabilmesi için, 24 saatte bir yeni besiyerine transferleri yapılmıştır. Transferi yapılan dişilerin bir gün önce yumurta bıraktığı tüplerde bulunan yumurtalar tek tek sayılarak kayıt edilmiştir. Bu işlem, 7. günün verilerini aldıktan sonra dişilerin toraks uzunluklarının ölçümü için -20°C’de dondurularak saklanmasıyla sona ermiştir.

3. 4. 3. Kopulasyon Süresi, Testis Uzunluğu ve Vücut Büyüklüklerinin Ölçülmesi

Kopulasyon süresi, vücut büyüklüğü ve testis uzunluğu verileri, bir önceki yumurta verimi deneyinde sözü edilen her iki popülasyonun, her bir izosoy hattına ait, tek tek tüplerde bir kez çiftleştirilmiş dişi ve erkeklerinden elde edilmiştir.

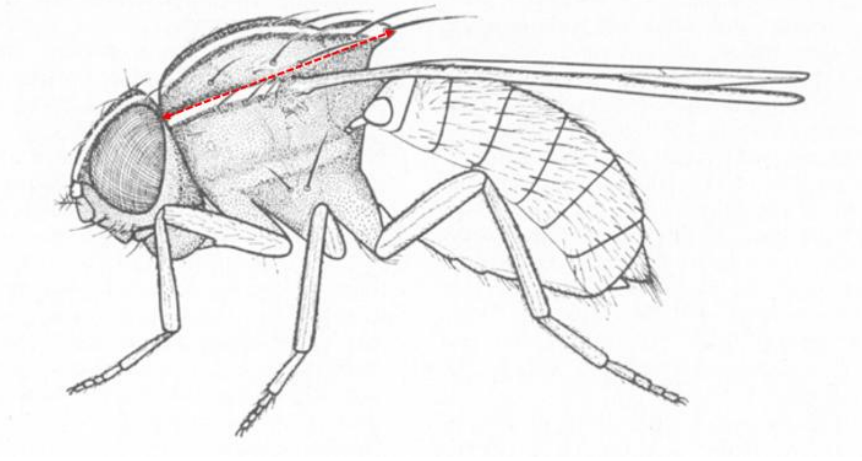
Bir önceki deneyde bahsi geçen izlemeler esnasında, çiftleşme başladığında, çiftin tam kopulasyona geçtikleri an ve ayrıldıkları an kronometre aracılığıyla kayıt edilmiş ve daha sonra iki nokta arasında geçen süre dakika olarak hesaplanıp, her bir çiftte ait kopulasyon süresi olarak tespit edilmiştir.

Çiftleşmenin hemen ardından ayrılan dişiler, 7 günlük yumurtlama aşamasından sonra alındığı dondurucudan çıkarılıp hızla Leica MZ16A “Yüksek Büyütmeli Görüntüleme Sistemi” kullanılarak fotoğraflanmış ve bu fotoğraflardan “TPS Programı (F. James Rohlf, versiyon 1.56)” aracılığıyla toraks uzunluğu ölçülmüştür (Şekil 3.4).

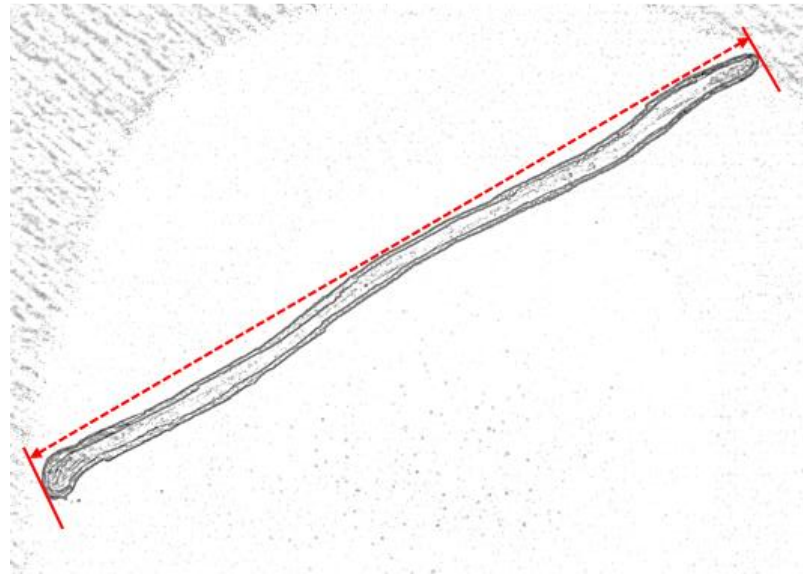
Erkekler ise, çiftleşmenin hemen ardından dondurularak saklandıktan sonra çıkarılıp, aynı şekilde fotoğraflanmış ve toraks uzunlukları ölçülmüştür (Şekil 3.4).

Erkeklerde toraks uzunluğunu ölçmek için, fotoğraflanan her birey bünyesindeki suyu kaybedip kurumadan testis diseksiyonuna alınmıştır. Testis diseksiyonu Ringer solüsyonu içinde yapılarak testislerin hipotonik ortamda şişmesi sağlanmıştır. Abdomenin yırtılıp

testislerin açığa çıktığı anda kıvrık halde bulunan testis tüpleri, hızla şiştiği anda diseksiyon iğneleri yardımıyla lineer hale getirilerek suyunu kaybedip kurumadan hızla fotoğraflanmıştır. Daha sonra, bu fotoğraflar kullanılarak yine“TPS Programı (F. James Rohlf, versiyon 1.56)” aracılığıyla testis uzunluğu ölçülmüştür (Şekil 3.5).



Şekil 3. 4. *Z. tuberculatus* dişi ve erkeklerde lineer toraks ölçümü ilüstrasyonu.



Şekil 3. 5. *Z. tuberculatus* erkeklerde lineer testis ölçümü ilüstrasyonu.

3. 5. İstatistiksel Analizler ve Hesaplamalar

İstatistiksel analizlerin yapılmasında, tanımsal veri tablolarının ve grafiklerin hazırlanmasında “SPSS (Versiyon 16)” ve “STATISTICA (Versiyon 10)” programlarından yararlanılmıştır. İstatistiksel analizlerde ilk önce tüm deneysel veriler için, popülasyon içi

normal dağılım durumları ve populasyonlar arasında varyanslarının homojen olup olmadığı kontrol edilmiştir. Her veri seti için uç değerler 'Box Plot' grafikleri aracılığıyla saptanıp çıkarılmıştır.

Deneysel sonucu elde edilen eşeyssel olgunluğa ulaşan birey yüzdesi, yumurta verimi, testis uzunluğu, kopulasyon süresi ve vücut büyüklüğü verilerinin, gerek eşey gerekse soy ortalamalarını karşılaştırmak için, Tek ya da İki Yönlü Varyans Analizi test yönteminden yararlanılarak oluşturulan modeller kullanılmıştır. Populasyonların ortalamaları karşılaştırılırken ise, her populasyonu temsil eden izosoy hatlarına ait veriler populasyon içine katılarak (nest), elde edilen veri seti İç-içe (Nested) Varyans Analizi modeliyle test edilmiştir.

Testis uzunluğu, kopulasyon süresi, yumurta verimi ve vücut büyüklükleri için dar-anlamlı kalıtsallık, eklemeli genetik varyasyon sayısı ve evrimleşebilirlik değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin hesaplanması için gereken varyans komponentleri, her populasyon, her özellik ve eşey için ayrı ayrı uygulanan, izosoylar arası Tek Yönlü Varyans Analizi gerçekleştirilerek elde edilmiştir. Bu yöntemle elde edilen soy içi varyans bileşeni (V_w), soylar arası varyans bileşeninin (V_B) içinde yer alır. Çevresel varyansı yansıtan soy içi varyans bileşeninden arındırılan soylar arası varyans bileşeninin birey sayısına bölünerek standardize edilmesiyle özelliğin genetik varyansı (V_G) hesaplanabilir ($V_G = \frac{V_B - V_W}{n}$). Kendileşmiş soylarda genetik varyans, eklemeli genetik varyans ve kendileşme katsayısının bir fonksiyonudur ($V_G = 2 \times F \times V_A$) [26]. Bir özelliğin toplam fenotipik varyansı (V_P) ise, özelliğin genetik varyansı ve çevresel varyansının toplamına eşittir ($V_P = V_G + V_W$). Elde edilen eklemeli genetik varyansın toplam fenotipik varyansa bölünmesiyle, özelliğin dar-anlamlı kalıtsallık (h^2) değeri saptanır (Eşitlik 3.5.1) [26]. Toplam fenotipik varyanstan bağımsız olarak elde edilen eklemeli genetik kovaryans (CV_A) ve evrimleşebilirlik (I_A) değerlerinin formülleri ise Eşitlik 3.5.2 ve 3.5.3'de bulunmaktadır [96].

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} \quad [26] \quad (3.5.1)$$

$$CV_A = \frac{\sqrt{V_A}}{\bar{x}} \times 100 \quad [96] \quad (3.5.2)$$

$$I_A = CV_A^2 \times 100 \quad [96] \quad (3.5.3)$$

Tez kapsamında ele alınan kantitatif özelliklerin arasındaki fenotipik ilişkinin boyutunu saptamak için, Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon testi uygulanarak fenotipik korelasyon katsayıları (r_p) hesaplanmıştır. Genetik varyansı bilinen özelliklerin aralarındaki genetik korelasyon değerlerini saptamak için ise, ele alınan her özellik çifti arasında İki Yönlü Kovaryans Analiz modeli kullanılarak, özelliklerin yukarıdakine benzer yöntemle genetik kovaryansları hesaplanmıştır. Bu kovaryans değerleri Eşitlik 3.5.4'de görüldüğü gibi, her özelliğin kendi genetik varyanslarından elde edilen standart sapma değerlerinin çarpımına bölünerek, genetik korelasyon katsayıları hesaplanmıştır [26,29].

$$r_g = \frac{CoV_g(X,Y)}{\sqrt{V_g(X)V_g(Y)}} \quad [26] \quad (3.5.4)$$

Vücut büyüklüğü açısından eşeyler arasında gözlenen eşeyssel dimorfizm derecesini oransal olarak ele almak için, populasyonların Ortalama Uzaklık İndeksleri (MDI: Mean Distance Index) hesaplanmıştır [95]. Ortalama uzaklık indeksi, dişi ve erkek vücut büyüklüğü ortalamalarının bir fonksiyonudur ve yüzde olarak ifade edilir. Eşeylerin ortalama değerleri arasındaki fark arttıkça uzaklık indeksinde artar. Ortalama Uzaklık İndeksi formülü eşitlik 3.5.5'de yer almaktadır.

$$|Ort. Uzaklık İndeksi| = \left| \frac{\bar{x}_{erkek} - \bar{x}_{dişi}}{\bar{x}_{erkek}} \right| \times 100 \quad [95] \quad (3.5.5)$$

4. BULGULAR

4. 1. Eşeyssel Olgunluğa Ulaşma Yaşına İlişkin Bulgular

Zaprionus tuberculatus'ün eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşının belirlenmesinde Ceyhan ve Horzum populasyonlarından 10'ar izosoy hattı kullanılmıştır. Eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşının belirlenmesi için ele alınan veri, optimum sabit sıcaklık ve nem koşullarında (25°C, %60), farklı yaş gruplarından ayrı ayrı oluşturulan çiftler arasında, kopulasyon ile birlikte inseminasyonun meydana gelmesi ve bunun sonucunda dişide yumurtaların döllenenip yavrudöllerin oluşmasının yüzde olarak ifadesidir. Populasyon seviyesinde eşeyssel olgunluk yaşı ortaya koyulan genel yaklaşıma göre, test edilen bireylerin toplam örneklem üzerinden en az %80'inin verimli yavrudöllere verebilmesidir [31]. Bu çerçevede elde edilen veriler varyans analizi ile her iki populasyon kendi içinde yaş ve eşey değişkenleri ayrı ayrı ele alınarak değerlendirilmiştir.

Populasyonların kendi içinde gösterdiği örüntülerden yola çıkarak eşeyssel olgunluk yaşını iki farklı genetik örneklemde ele almak için, her iki populasyon birbirleri arasında yaş ve eşey değişkenleri açısından varyans analizi ile karşılaştırılmıştır.

4. 1. 1. Ceyhan Populasyonu Eşeyssel Olgunluğa Ulaşma Yaşına Ait Veriler

Pupadan çıktıklarından itibaren geçen zamana göre, 1., 2., 3. ve 4. yaşlara ayrılan, her yaştan ve her soydan 10'ar adet dişi ve erkek bireyler çiftleştirilmiştir. Yavrudöl meydana getirebilen bireylerin toplam örneklem üzerinden hesaplanan yüzdeleri ve standart hataları Çizelge 4.1' de verilmiştir. Çizelge 4.1'e göre her iki eşeyde de 1. yaştan sonra ortalama yavrudöl verme oranında ki artış göze çarpmaktadır.

Çizelge 4. 1. Ceyhan populasyonu dişi ve erkek eşeylere ait eşeyssel olgunluğa ulaşan birey yüzdelerinin ortalamaları ve tanımsal istatistik verileri.

Eşey	Yaş	İzosoy sayısı	Yüzdelerin Ortalaması ± 1 Std. Hata
Dişi	1	10	16,00 ± 5,812
	2	10	70,00 ± 5,164
	3	10	89,00 ± 3,145
	4	10	78,00 ± 1,333
Erkek	1	10	3,00 ± 2,134
	2	10	52,00 ± 8,406
	3	10	85,00 ± 2,236
	4	10	82,00 ± 2,906

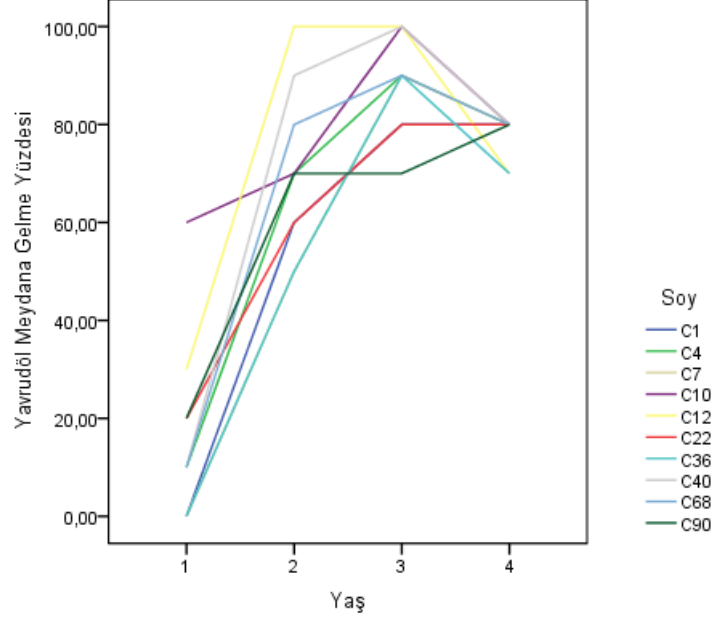
Soylar arasındaki farklar, her populasyonda dişi ve erkek eşeyler için ayrı ayrı Tekrarsız İki Yönlü Varyans Analizi gerçekleştirilerek test edilmiştir. Çizelge 4.2’ de gösterildiği üzere, her iki eşeyde yavrudöl verme yüzdesi soylar arasında farklılık göstermemektedir ($p>0,05$). Yaş grupları açısından incelendiğinde, beklenildiği üzere gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmektedir ($p<0,05$). Burada asıl hedeflenen, her iki eşeyinde eşeyssel olgunluğa ulaştığı yaşı yaklaşık olarak saptamak olduğundan, yaşlar arasındaki farkın hangi yaş gruplarından kaynaklandığı ayrıntılı olarak incelenmemiştir.

Çizelge 4. 2. Ceyhan popülasyonu dişi ve erkeklerinin soy ve yaşa göre yavrudöl verme yüzdelere karşılaştırıldığı Tekrarsız İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

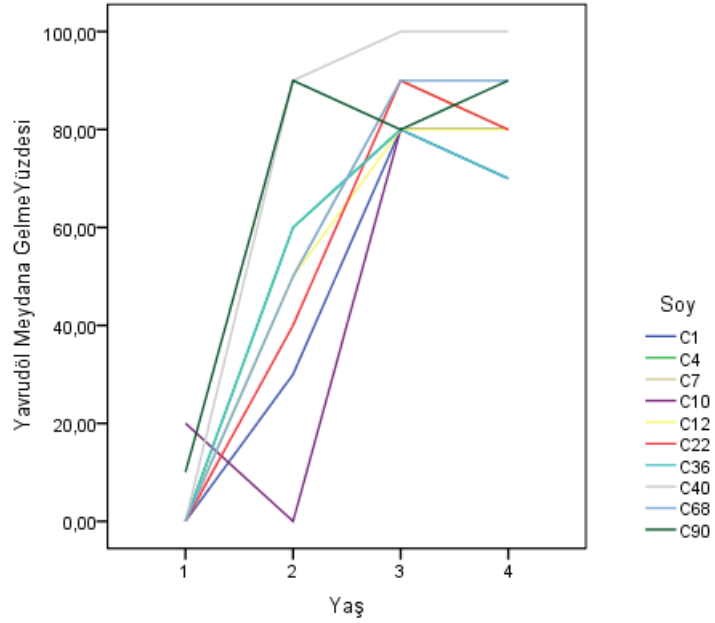
Eşey		Tip 3 Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Dişi	Soy	2652,500	9	294,722	2,074	,069
	Yaş	31587,500	3	10529,167	74,081	,000***
	Hata	3837,500	27	142,130		
Erkek	Soy	2740,000	9	304,444	1,569	,175
	Yaş	43410,000	3	14470,000	74,559	,000***
	Hata	5240,000	27	194,074		

*** $p<0,001$

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’ deki örüntüler incelendiğinde yaklaşık her soyda dişi ve erkeklerin 2. yaştan itibaren daha yüksek oranda yavrudöl vermesi, eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşının yaklaşık 2. yaş ile başladığını gösterir. Genel kabul gören (% 80 yavrudöl ölçütü) çerçevede değerlendirilirse, her iki eşeyinde eşeyssel olgunluk yaşı 3. yaş olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4. 1. Ceyhan popülasyonu dişilerinin yaşa göre yavrudöl verme yüzdeleri. Renkler farklı izosoy hatlarını göstermektedir, her izosoy hattı Ceyhan popülasyonunu temsilen “C” harfi ile kodlanmaktadır.



Şekil 4. 2. Ceyhan popülasyonu erkeklerinin yaşa göre yavrudöl verme yüzdeleri. Renkler farklı izosoy hatlarını göstermektedir, her izosoy hattı Ceyhan popülasyonunu temsilen “C” harfi ile kodlanmaktadır.

4. 1. 2. Horzum Populasyonu Eşeyssel Olgunluğa Ulaşma Yaşına Ait Veriler

Ceyhan populasyonu ile aynı yöntem izlenerek 1., 2., 3., ve 4. yaşlardaki Horzum populasyonuna ait onar izosoy hattından, onar dişi ve erkek bireylerin toplam örneklem üzerinden yavrudöl verme yüzdeleri standart hataları ile birlikte Çizelge 4.3’ de verilmiştir. Her iki eşeyde de Ceyhan populasyonu ile benzer şekilde 1. yaştan sonra ortalama yavrudöl verme yüzdesindeki artış göze çarpmaktadır.

Çizelge 4. 3. Horzum populasyonu dişi ve erkek eşeylere ait eşeyssel olgunluğa ulaşan birey yüzdelerinin ortalaması ve tanımsal istatistik verileri.

Eşey	Yaş	İzosoy sayısı	Yüzdelerin Ortalaması ± Std. Hata
Dişi	1	10	35,00 ± 6,368
	2	10	74,78 ± 4,532
	3	10	77,78 ± 3,258
	4	10	82,00 ± 2,906
Erkek	1	10	3,00 ± 3,000
	2	10	62,67 ± 5,348
	3	10	84,89 ± 3,400
	4	10	88,00 ± 2,906

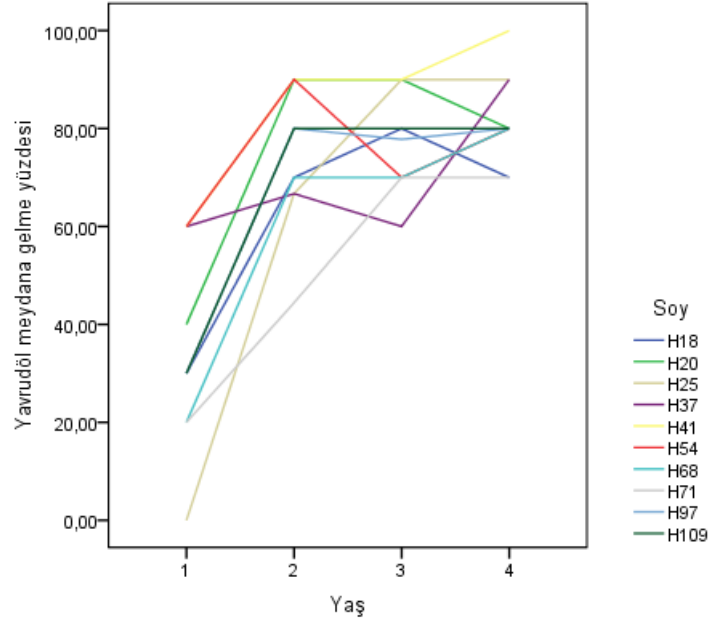
Soylar arasındaki farklılıklar her populasyonda dişi ve erkek eşeyler için ayrı ayrı Tekrarsız İki Yönlü Varyans Analizi gerçekleştirilerek elde edilmiştir. Çizelge 4.4’ de gösterildiği üzere, dişilerde soylar açısından anlamlı bir farklılık gözlenmektedir. Bu farklılığın yapılan post hoc testinde yalnızca iki soy arasındaki yüksek derecede anlamlı farklılıktan kaynaklandığı gözlenmiştir. Erkeklerde ise, yaşa bağlı olarak yavrudöl verme oranı soylar arasında farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

Çizelge 4. 4. Horzum populasyonu dişi ve erkeklerinin soy ve yaşa göre yavrudöl verme yüzdelerinin karşılaştırıldığı Tekrarsız İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

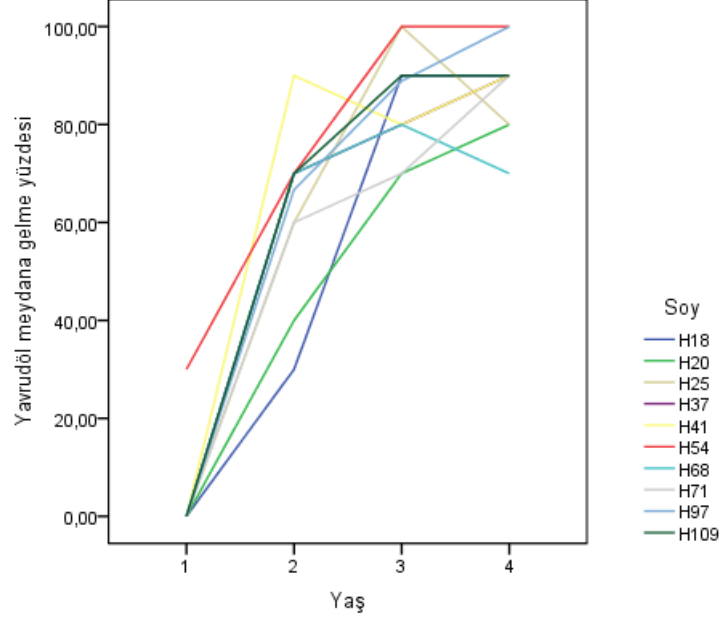
Eşey		Tip 3 Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Dişi	Soy	3223,511	9	358,168	2,423	,036*
	Yaş	14251,284	3	4750,428	32,140	,000***
	Hata	3990,701	27	147,804		
Erkek	Soy	2130,656	9	236,740	2,094	,067
	Yaş	46591,226	3	15530,409	137,346	,000***
	Hata	3053,034	27	113,075		

*** $p<0,001$, * $p<0,05$

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’ deki örüntüler incelendiğinde, yaklaşık her soyda erkeklerin 2. yaştan itibaren daha yüksek oranda yavrudöl verdiği gözlenmektedir. Dişilerde ise, 1. yaştaki bireylerde yavrudöl meydana gelme yüzdeleri değişkenlik göstermekle beraber, yine her soyda 2. yaşta artış olduğu belirgindir. Horzum popülasyonunu da genel yaklaşım çerçevesinde incelersek, 3. yaş eşeysel olgunluk yaşı olarak kabul edilebilir.



Şekil 4. 3. Horzum popülasyonu dişilerinin yaşa göre yavrudöl verme yüzdeleri. Renkler farklı izosoy hatlarını göstermektedir, her izosoy hattı Horzum popülasyonunu temsilen “H” harfi ile kodlanmaktadır.



Şekil 4. 4. Horzum populasyonu erkeklerinin yaşa göre yavrudöl verme yüzdesi. Renkler farklı izosoy hatlarını göstermektedir, her izosoy hattı Horzum populasyonunu temsilen “H” harfi ile kodlanmaktadır.

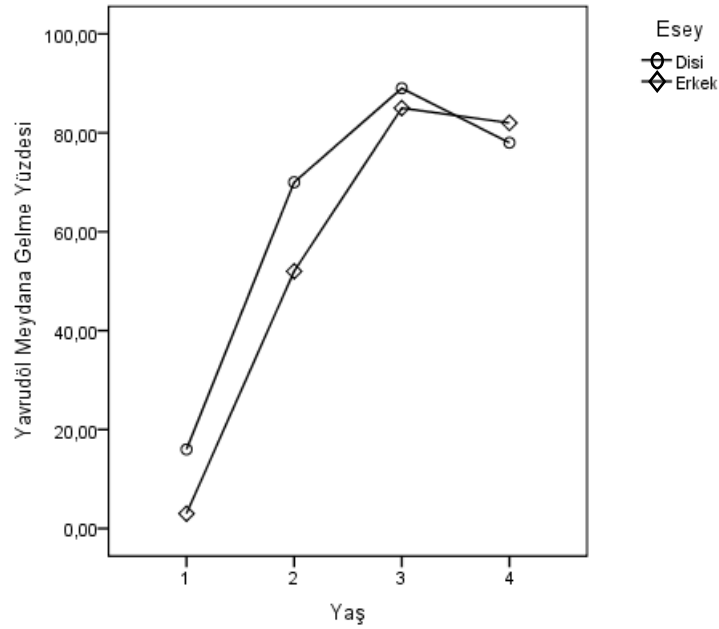
4. 1. 3. Eşeyssel Olgunluk Yaşının Eşeyler Açısından Karşılaştırılması

Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4 incelendiğinde, her iki populasyonda da erkek ve dişi eşeyler arasında 1. yaşta farklı örüntüler gözlenmesi, yaş değişkeni açısından eşeyler arasındaki farkın varyans analizi ile değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda, her populasyon ayrı ayrı İki Yönlü Varyans Analizi modeliyle eşey ve yaş değişkenleri ve eşey-yaş etkileşimi açısından değerlendirilmiştir. Çizelge 4.5’de yer aldığı üzere, her iki populasyonda da eşeyler arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Her iki populasyonda da beklenildiği üzere yine 1. yaştan kaynaklı olarak yaş ortalamalarının birbirinden yüksek anlamlılık derecesiyle farklı olduğu gözlenmektedir. Eşey-yaş etkileşimi ise yalnızca Horzum populasyonunda anlamlı olarak farklıdır.

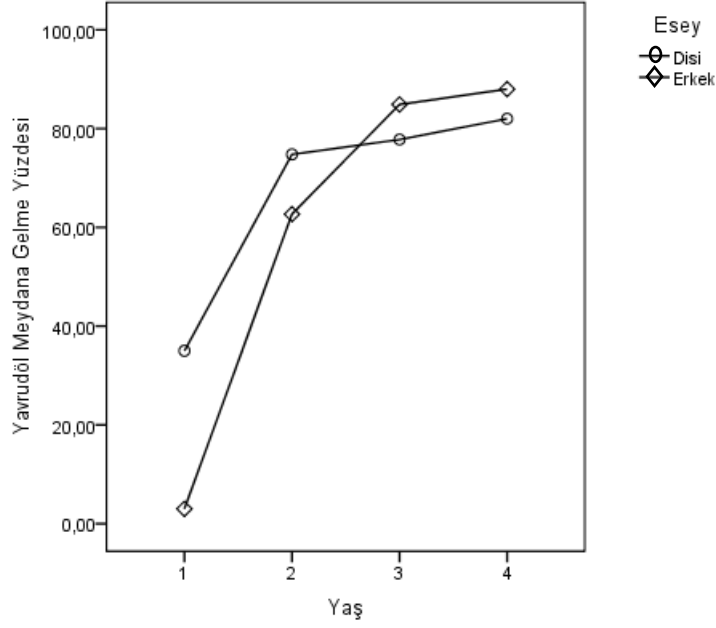
Çizelge 4. 5. Ceyhan ve Horzum popülasyonu eşyelerinin yaşa göre yavrudöl meydana gelme yüzdelерinin karşılaştırıldığı İki Yönlü ANOVA sonuçları.

Populasyon		Tip 3 Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Ceyhan	Eşey	1201,250	1	1201,250	5,977	,017*
	Yaş	73573,750	3	24524,583	122,030	,000***
	Eşey * Yaş	1423,750	3	474,583	2,361	,078
	Hata	14470,000	72	200,972		
Horzum	Eşey	1201,250	1	1201,250	6,976	,010*
	Yaş	55757,739	3	18585,913	107,936	,000***
	Eşey * Yaş	5084,771	3	1694,924	9,843	,000***
	Hata	12397,902	72	172,193		

*** $p < 0,001$, * $p < 0,05$



Şekil 4. 5. Ceyhan popülasyonu eşyelerinin yaşa göre ortalama yavrudöl verme yüzdeleri.



Şekil 4. 6. Horzum popülasyonu eşeylerinin yaşa göre ortalama yavrudöl verme yüzdeleri.

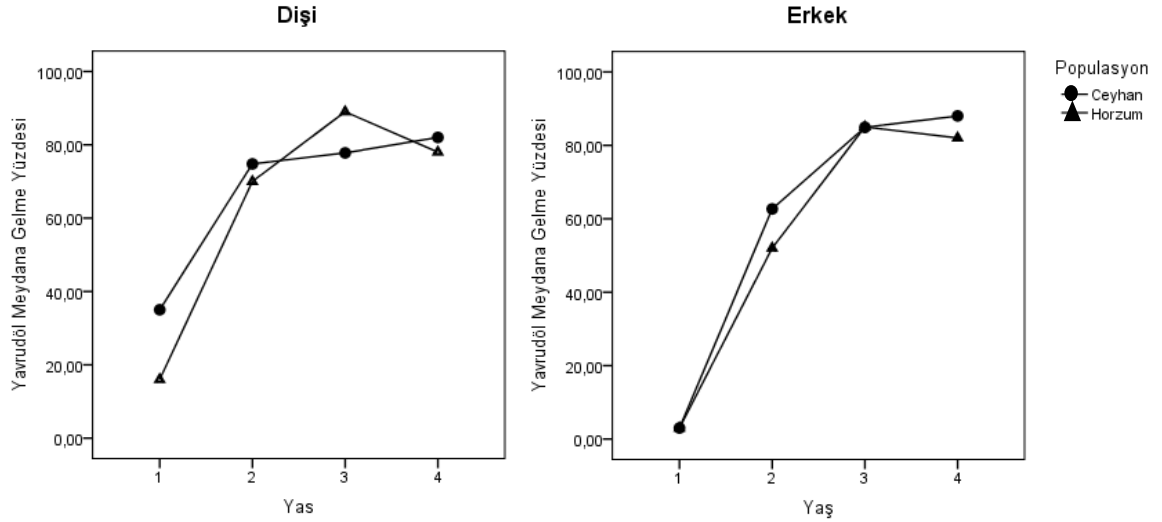
4. 1. 4. Eşeyssel Olgunluk Yaşının Popülasyonlar Arasında Karşılaştırılması

Her iki popülasyonda da dişi ve erkekler açısından soy içi varyasyonun düşük olması verilerinden yararlanılarak popülasyonların karşılaştırılması için, her yaş gruplarını oluşturan izosoy hatları popülasyona ait tekrarlar olarak ele alınmıştır. Popülasyonların eşeyssel olgunluk yaşları açısından farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için, dişi ve erkek eşeyler ayrı ayrı İki Yönlü Varyans Analizi ile test edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4. 6. Yaşa göre yavrudöl meydana gelme yüzdelerinin popülasyonlar arası karşılaştırıldığı İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

Eşey		Tip 3 Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Dişi	Popülasyon	342,792	1	342,792	1,801	,184
	Yaş	43552,892	3	14517,631	76,274	,000***
	Popülasyon*Yaş	2285,892	3	761,964	4,003	,011*
	Hata	13704,212	72	190,336		
Erkek	Popülasyon	342,792	1	342,792	1,875	,175
	Yaş	89594,713	3	29864,904	163,349	,000***
	Popülasyon*Yaş	406,513	3	135,504	0,741	,531
	Hata	13163,690	72	182,829		

*** $p < 0,001$, ** $p < 0,05$



Şekil 4. 7. Dişi ve erkek eşeylerin Ceyhan ve Horzum populasyonlarında ortalama yavrudöl verme yüzdeleri.

Çizelge 4.6'daki verilere göre toplam üzerinden ortalama yavrudöl verme yüzdeleri ele alınarak populasyonlar karşılaştırıldığında, iki populasyonlar arasında eşeyler açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Populasyon-yaş etkileşimi ise yalnızca dişilerde anlamlı olarak farklıdır. Şekil 4.7'ye bakıldığında dişilerde özellikle 1. ve 2. yaşta populasyonların ortalamaları değiştiğinden etkileşimin dişiler için anlamlı çıkmasına kaynak olmuştur.

4. 2. Yumurta Verimine İlişkin Bulgular

Yumurta verimi (fekundite), organizmanın veya populasyonun üreme kapasiteleri hakkında bilgi sahibi olmak için yararlanılan önemli dinamiklerden biridir. Yumurta verimi, iç ve dış pek çok faktör tarafından etkilenen ve populasyonun geleceği açısından büyük önem taşıyan bir özellik olduğu için, çok yönlü olarak ele alınıp incelenmesi gerekir. Bu çalışmada kullanılan yöntem ile, *Z. tuberculatus* türü dişilerinin yumurta verimi hakkında ekolojik çerçevede yorum yapılamaz.

Bu aşamada amaç, Ceyhan ve Horzum bölgelerinden toplanan kendileşmiş izosoy hatlarından gelen dişilerin bir hafta süreyle, sabit laboratuvar koşulları altında, tek bir çiftleşme sonucu meydana getirdiği yumurta sayılarını saptamak ve bu verileri değerlendirerek yumurta veriminin bu populasyonlarda farklı genotipe sahip soylar arasında nasıl bir örüntü gösterdiğini ele almaktır.

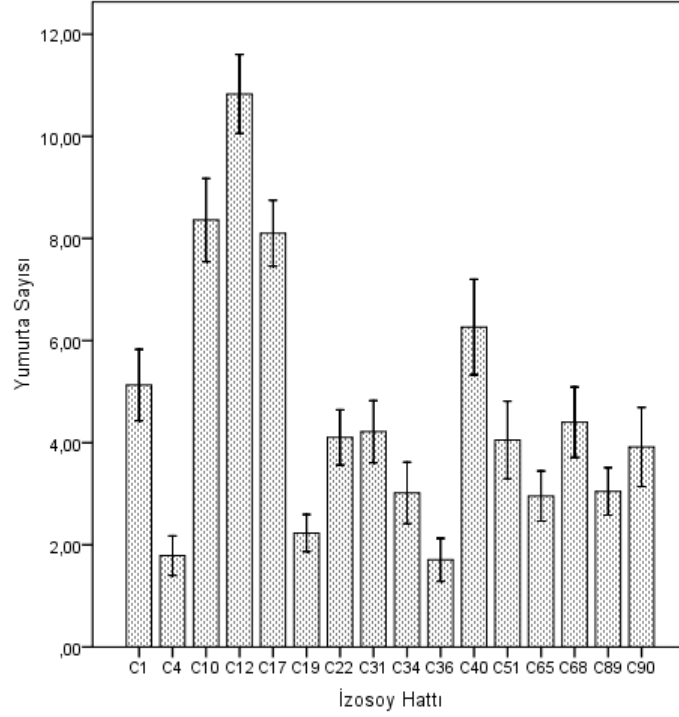
4. 2. 1. Ceyhan Populasyonu Yumurta Verimine İlişkin Veriler

Bu deneyde, Ceyhan populasyonundan gelen farklı genotipleri temsil eden 16 izosoy hattı kullanılmıştır. Her izosoy hattından yaklaşık 20 adet eşeyssel olgunluğa erişmiş (4-5 yaşında) dişinin bir kez çiftleşmesi sonucu bir hafta boyunca meydana getirdiği yumurta sayısı gün gün takip edilmiştir. Öncelikle, kalıtsallık ve kalıtsallıkla ilişkili analizler çerçevesinde, dişilerin haftalık ortalama yumurta sayıları soy bazında hesaplanmıştır. İzosoy hatlarından test edilen dişi sayısı ve her soy hattının bir haftalık ortalama yumurta sayıları Çizelge 4.7’de gösterilmektedir. Ayrıca, soy hatları arasındaki bir haftalık ortalama yumurta sayısı farkları Şekil 4.8’de sunulmuştur.

Öte yandan, her bir dişi zamana bağlı yumurta verimi değişkenliği göstereceğinden, soy hatlarının güne bağlı ortalama yumurta sayısı verileri İki Yönlü Varyans analizi ile ele alınmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4. 7. Ceyhan populasyonu izosoy hatları, dişi sayıları ve her soy hattına ait bir haftalık ortalama yumurta sayısı (izosoy hatları Ceyhan populasyonunu temsilen “A” harfi ile kodlanmıştır. Her bir kod bir izosoyu temsil etmektedir).

İzosoy Hattı	Dişi sayısı	Ortalama ± Std. Hata
C1	19	5,21 ± 0,392
C4	19	1,86 ± 0,272
C10	21	8,48 ± 0,606
C12	20	11,23 ± 0,573
C17	18	8,10 ± 0,468
C19	21	2,23 ± 0,285
C22	19	4,23 ± 0,474
C31	21	4,22 ± 0,468
C34	16	3,10 ± 0,340
C36	21	1,71 ± 0,233
C40	21	6,27 ± 0,502
C51	16	4,24 ± 0,532
C65	19	3,17 ± 0,370
C68	21	4,59 ± 0,576
C89	21	3,07 ± 0,361
C90	17	3,92 ± 0,481
Toplam	310	4,75 ± 0,125



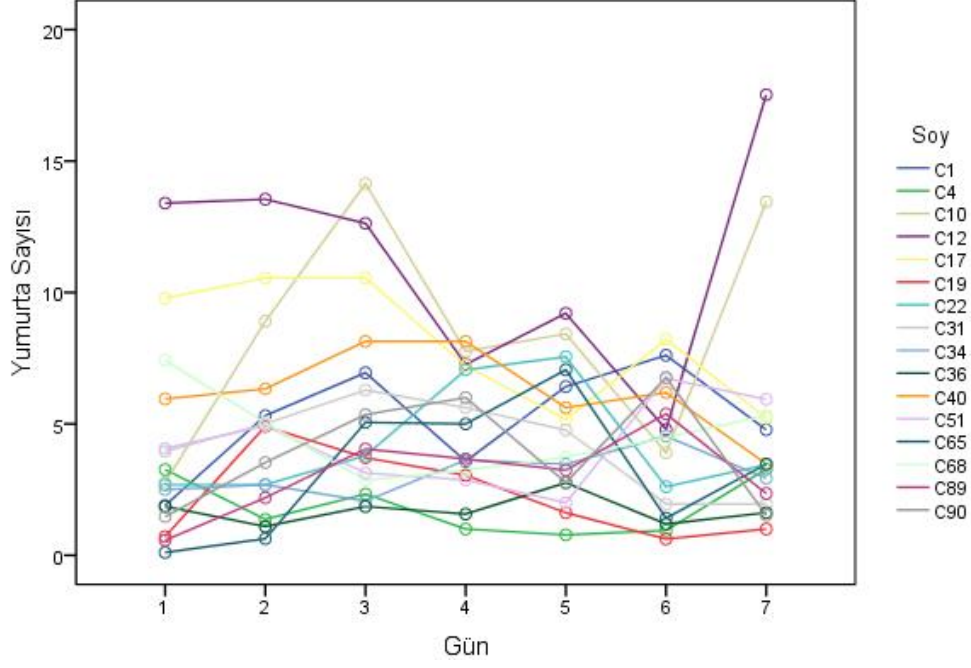
Şekil 4. 8. Ceyhan popülasyonuna ait izosoy hatlarının bir haftalık yumurta sayıları. (Bar blokları ortalamaları, çizgiler ± 1 standart hataları göstermektedir.)

Çizelge 4. 8. Ceyhan popülasyonu yumurta sayısı İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

Ceyhan	Tip 3 Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Soy	13944,174	15	929,612	39,458	,000***
Gün	659,848	6	109,975	4,668	,000***
Soy*Gün	8576,477	90	95,294	4,045	,000***
Hata	47496,011	2016	23,560		

*** $p < 0,001$

Analiz sonuçlarına göre, izosoy hatları ve günler açısından bakıldığında istatistiksel olarak yüksek derecede anlamlı bir fark olduğu gözlenmektedir. Her soyun kendi içinde günler açısından farklı örüntüler sergiliyor olması, analiz sonucunda soy-gün etkileşiminin istatistiksel olarak yüksek derecede anlamlı olmasıyla kanıtlanmaktadır. Analiz sonuçları ve Şekil 4.9'deki örüntüler incelendiğinde, Ceyhan popülasyonunda yumurta verimi değişkenliğinin günler bazında soya özgü olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 9. Ceyhan popülasyonu izosoy hatları günlere bağlı ortalama yumurta sayısı.

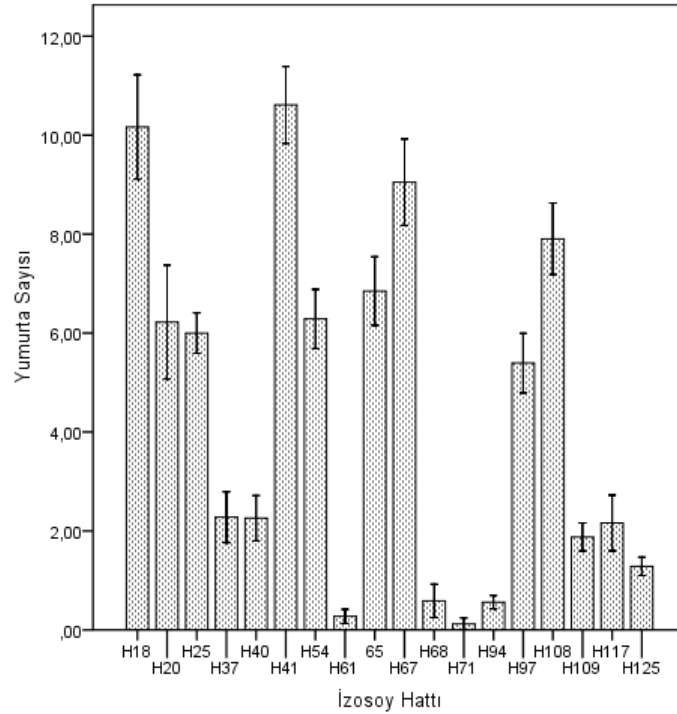
4. 2. 2. Horzum Popülasyonu Yumurta Verimine İlişkin Veriler

Bu deneyde, Horzum popülasyonuna ait farklı genotipleri temsil eden 18 izosoy hattı kullanılmıştır. Her izosoy hattından yaklaşık 20 adet eşeyssel olgunluğa erişmiş (4-5 yaşında) dişinin bir kez çiftleşmesi sonucu bir hafta boyunca meydana getirdiği yumurta sayısı gün gün takip edilmiştir. Çizelge 4.9’da izosoy hatlarından test edilen dişi sayısı ve bu dişilerin bir haftalık ortalama yumurta sayıları gösterilmektedir. İzosoy hatları ortalama yumurta sayısı farkları ise Şekil 4.10’da verilmiştir.

Soy hatlarının güne bağlı ortalama yumurta sayısı verileri ise İki Yönlü Varyans analizi ile test edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4. 9. Horzum popülasyonu izosoy hatları, dişi sayıları ve her soy hattına ait bir haftalık ortalama yumurta sayısı (izosoy hatları Horzum popülasyonunu temsilen “H” harfi ile kodlanmıştır. Her bir kod bir izosoyu temsil etmektedir)

İzosoy Hattı	Dişi sayısı	Ortalama ± Std. Hata
H18	19	10,17 ± 0,677
H20	18	6,37 ± 0,664
H25	20	6,27 ± 0,540
H37	21	2,34 ± 0,397
H40	22	2,26 ± 0,348
H41	18	11,33 ± 0,839
H54	20	6,47 ± 0,620
H61	15	0,28 ± 0,115
H63	20	6,85 ± 0,619
H67	21	9,24 ± 0,767
H68	17	0,61 ± 0,174
H71	20	0,12 ± 0,089
H94	18	0,56 ± 0,144
H97	17	5,40 ± 0,670
H108	15	7,91 ± 0,680
H109	19	1,88 ± 0,305
H117	21	2,16 ± 0,485
H125	20	1,29 ± 0,206
Toplam	341	4,49 ± 0,142



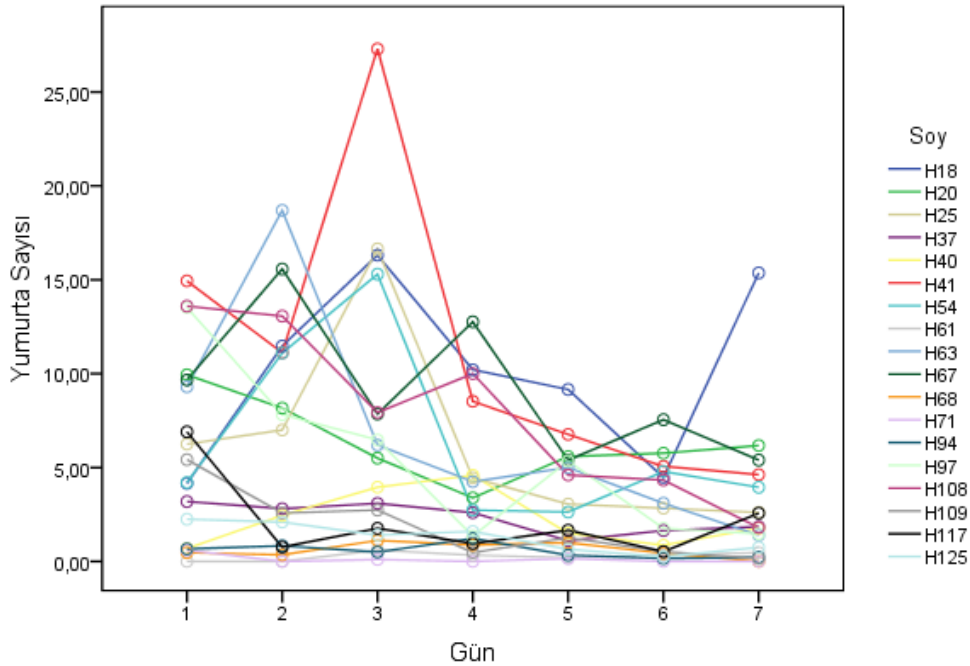
Şekil 4. 10. Horzum popülasyonuna ait izosoy hatlarının bir haftalık yumurta sayıları. (Bar blokları ortalamaları, çizgiler ±1 standart hataları göstermektedir.)

Çizelge 4. 10. Horzum popülasyonu yumurta sayısı İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

Horzum	Tip 3 Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Soy	28889,446	17	1699,379	67,946	,000***
Gün	6961,366	6	1160,228	46,389	,000***
Soy*Gün	19552,409	102	191,690	7,664	,000***
Hata	55748,716	2229	25,011		

*** $p < 0,001$

Analiz sonuçlarına göre, izosoy hatları ve günler aralarında istatistiksel olarak yüksek derecede anlamlı farklılaşma olduğu açıktır. Ceyhan popülasyonunda da olduğu gibi yine her soyun kendi içinde günler açısından farklı örüntüler sergiliyor olması, analiz sonucunda soy-gün etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olmasıyla kanıtlanmaktadır. Analiz sonuçları ve Şekil 4.11'deki örüntülere göre, Horzum popülasyonunda da yumurta verimi değişkeninin soya özgü olduğu anlaşılmaktadır. Bu veriler değerlendirilerek bir sonraki aşamada popülasyonlar arasındaki ortalamaların ne ölçüde benzer olduğu sorgulanmıştır.



Şekil 4. 11. Horzum popülasyonu izosoy hatları günlere bağlı ortalama yumurta sayısı.

4. 2. 3. Popülasyonlar Arası Yumurta Verimi Karşılaştırması

Ceyhan ve Horzum popülasyonları, popülasyonlara ait haftalık ortalama yumurta sayıları üzerinden, popülasyon ve gün değişkenleri açısından ele alınarak İki Yönlü Varyans

Analizi gerçekleştirilerek değerlendirilmiştir. Populasyonlara ait haftalık ortalama yumurta sayısı ve standart hataları Çizelge 4.11’de gösterilmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre populasyonlar arasında toplam yumurta sayıları açısından anlamlı bir fark gözlenmemektedir (Çizelge 4.12). Fakat her populasyonun günler açısından kendine özgü bir örüntü sergilemesi sonucu populasyon-gün etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermiştir.

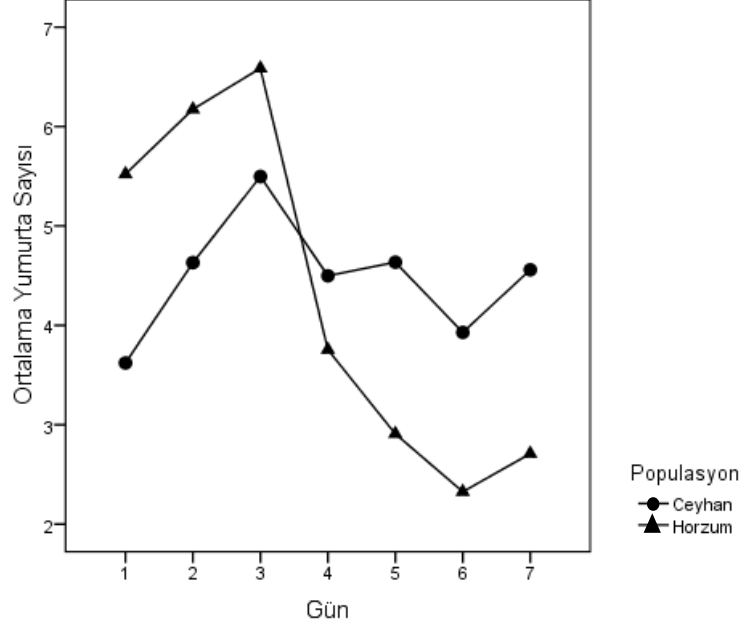
Çizelge 4. 11 Ceyhan ve Horzum populasyonları günlük ortalama yumurta sayıları ve tanımsal istatistiksel veriler.

Populasyon	Gün	Birey sayısı	Ortalama ± Std. Hata
Ceyhan	1	336	3,62±0,309
	2	336	4,63±0,313
	3	332	5,50±0,331
	4	329	4,50±0,280
	5	326	4,63±0,286
	6	323	3,93±0,290
	7	322	4,56±0,366
Horzum	1	356	5,52±0,402
	2	355	6,17±0,418
	3	355	6,59±0,457
	4	352	3,76±0,336
	5	348	2,91±0,252
	6	347	2,33±0,235
	7	347	2,71±0,286

Çizelge 4. 12. Populasyonlar arası ortalama yumurta sayısı İki Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

	Tip 3 Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Populasyon	46,894	1	46,894	1,235	,266
Gün	4356,192	6	726,032	19,126	,000***
Populasyon*Gün	2798,565	6	466,428	12,287	,000***
Hata	180308,756	4750	37,960		

*** $p < 0,001$



Şekil 4. 12. Ceyhan ve Horzum populasyonlarının günlere bağlı ortalama yumurta sayıları.

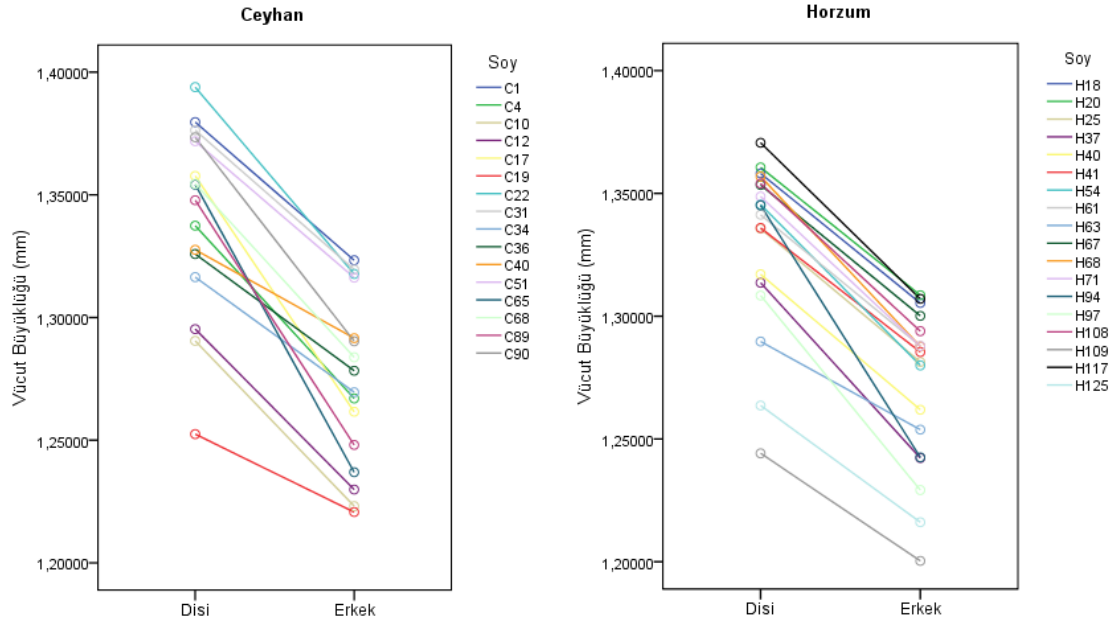
4. 3. Vücut Büyüklüğü Açısından Eşey ve Populasyonların Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular

Vücut büyüklüğünü saptamak amacıyla toraks uzunluğu ölçümünden yararlanılmıştır. Ceyhan populasyonundan 16 ve Horzum populasyonundan 18 izosoy hattı ve her izosoy hattından yaklaşık 20 dişi ve 20 erkek bireyin toraks uzunluğu ölçülerek elde edilen ortalamalar Çizelge 4.13’de gösterilmektedir.

Çizelge 4. 13. Ceyhan ve Horzum populasyonlarında vücut büyüklüğü ortalamaları, tanımsal istatistiksel veriler ve eşeyler arası ortalama uzaklık indeksleri.

Populasyon	Eşey	Birey sayısı	Ortalama ± Std. Hata (mm)	Ort. Uzaklık İndeksi (%)
Ceyhan	Dişi	290	1,33997 ± 0,00289	5,22
	Erkek	309	1,27344 ± 0,00287	
Horzum	Dişi	323	1,32934 ± 0,00282	4,72
	Erkek	353	1,26942 ± 0,00253	

İlk olarak her bir populasyon kendi içinde değerlendirilmiş ve eşeylerin ortalama vücut büyüklüklerini karşılaştırmak için Tek Yönlü Varyans Analizi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.14). İlk olarak Şekil 4.13’deki her soyun dişi ve erkek ortalamalarının reaksiyon normu dağılımına bakıldığında, vücut büyüklüğünün soya özgü bir örüntü sergilediği belirlenmiştir.



Şekil 4. 13. Ceyhan ve Horzum populasyonlarında herbir izosoy hattına ait dişi ve erkeklerin ortalama vücut büyüklükleri.

Eşey faktörü ele alınarak yapılan değerlendirme sonucu, dişi ve erkeklerin ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulunmuştur (Çizelge 4.14). Pek çok böcek türüne benzer şekilde *Z. tuberculatus* dişilerinin erkeklere göre daha büyük vücut yapısına sahip olduğu gözlenmektedir. Eşeyler arasındaki farkın neden olduğu eşeysel dimorfizmin derecesini hesaplamak için Ortalama Uzaklık İndeksi (Eşitlik 3.5.5) hesaplama yönteminden faydalanılmıştır [95]. Çizelge 4.13’de gösterilen bu değerlere göre, her iki populasyonda vücut büyüklüğü için hesaplanan eşeysel dimorfizm yüzdeleri düşüktür ve populasyonların değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4. 14. Populasyonların vücut büyüklüğü değişkeninin eşey arasında değerlendirildiği Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

Populasyon		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Ceyhan	Eşeyler arası	0,662	1	0,662	267,094	,000***
	Hata	1,480	597	0,002		
Horzum	Eşeyler arası	0,606	1	0,606	251,578	,000***
	Hata	1,623	674	0,002		

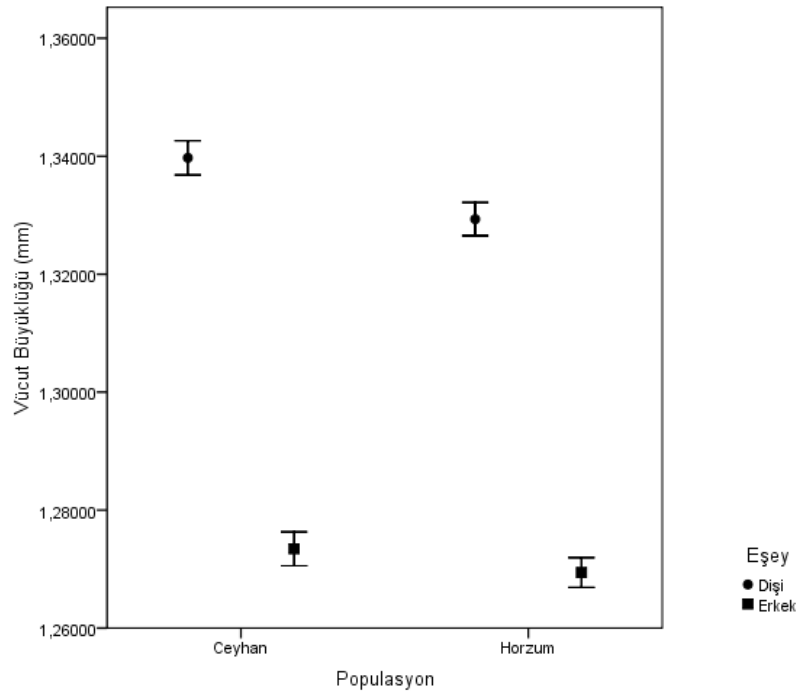
*** $p < 0,001$

Vücut büyüklüğü değişkeninin ele alınmasındaki son basamak olarak, farklı iklimsel özelliklere sahip bölgelerden geldiği bilinen Ceyhan ve Horzum popülasyonları arasında eşeylerin vücut büyüklüğü ortalamaları açısından farklı olup olmadıkları Tek Yönlü Varyans Analizi ile değerlendirilmiştir (Çizelge 4.15). Ortalamalar arasında fark yalnızca dişilerde anlamlıdır. Şekil 4.14’de gösterilen vücut büyüklüğü ortalamaları ve güven aralıklarına göre, beklenilenin tersine yüksek bölgeden gelen dişilerin alçak bölgedekilere göre daha küçük vücutlu olması ve erkeklerin vücut büyüklüğü ortalamalarının birbirlerine çok yakın aralıkta dağılması ilginçtir. Fakat popülasyonlar arasındaki farkın her iki eşeyde de anlamlılık derecesinin görece düşük olması, çalışılan bölgeler açısından vücut büyüklüğü farklılaşması pek çok *Drosophila*’in aksine düşüktür.

Çizelge 4. 15. Eşeylerin vücut büyüklükleri açısından popülasyonlar arasındaki değişkenliği gösteren Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

Eşey		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Dişi	Popülasyonlar arası	0,016	1	0,016	6,612	,010**
	Hata	1,520	611	0,002		
Erkek	Popülasyonlar arası	0,003	1	0,003	1,111	,292
	Hata	1,578	660	0,002		

** $p < 0,01$



Şekil 4. 14. Ceyhan ve Horzum popülasyonları dişi ve erkek ortalama vücut büyüklükleri ve %95 güven aralıkları.

4. 4. Testis Uzunluğu ve Kopulasyon Süresi Değişkenlerinin Populasyonlar Arası Karşılaştırılmasına İlişkin Bulgular

Tez kapsamında elde edilen testis uzunluğu ve kopulasyon sürelerine ait veriler, Ceyhan populasyonundan 16 ve Horzum populasyonundan 18 izosoy hattı ve her izosoy hattından yaklaşık 20 birey ölçülerek elde edilmiştir. Testis uzunlukları ve bir önceki basamakta bahsedilen vücut büyüklükleri, kopulasyon süreleri kaydedilen çiftlerin dişi ve erkeklerinden hesaplanan veri setlerinden oluşmaktadır. Her bir populasyondan elde edilen ortalama kopulasyon süreleri ve testis uzunlukları, birey sayıları ile birlikte Çizelge 4.16'da yer almaktadır. Özelliklerin güven aralıklarıyla ilgili veriler ise Şekil 4.15 ve 4.16'da gösterilmektedir.

Çizelge 4. 16. Populasyonların testis uzunluğu ve kopulasyon süresi ortalamaları ve tanımsal istatistiksel veriler.

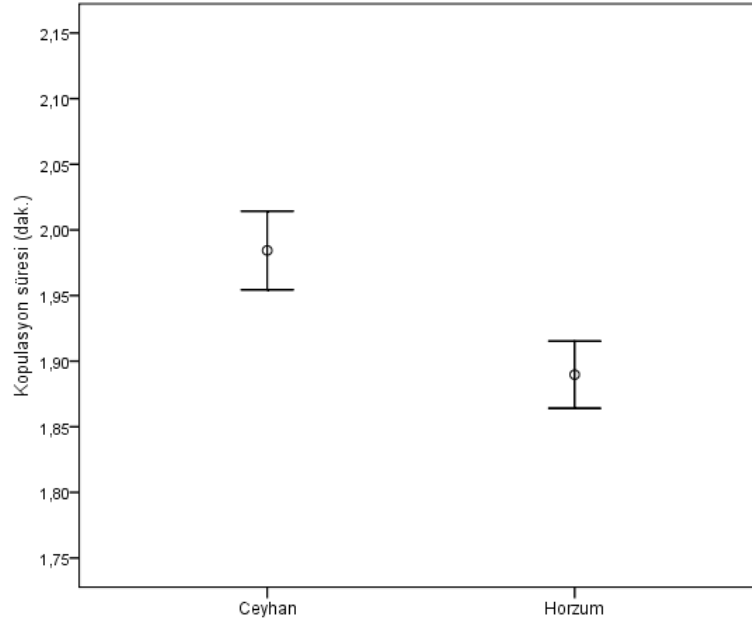
Populasyon	Özellik	Birey sayısı	Ortalama ± Std. Hata (mm ve dak.)
Ceyhan	Testis uzunluğu	301	3,93039 ± 0,01280
	Kopulasyon süresi	287	1,98432 ± 0,01822
Horzum	Testis uzunluğu	349	4,00689 ± 0,01571
	Kopulasyon süresi	346	1,88974 ± 0,01556

Populasyonların ortalama testis uzunluğu ve kopulasyon süreleri açısından birbirleriyle karşılaştırıldıkları Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçlarına göre, her iki özelliğin ortalama değerleri populasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıdır (Çizelge 4.17). Horzum populasyonunun ortalama testis uzunluğu, Ceyhan populasyonuna göre daha yüksek iken, ortalama kopulasyon süresi daha düşüktür (Şekil 4.15 ve 4.16).

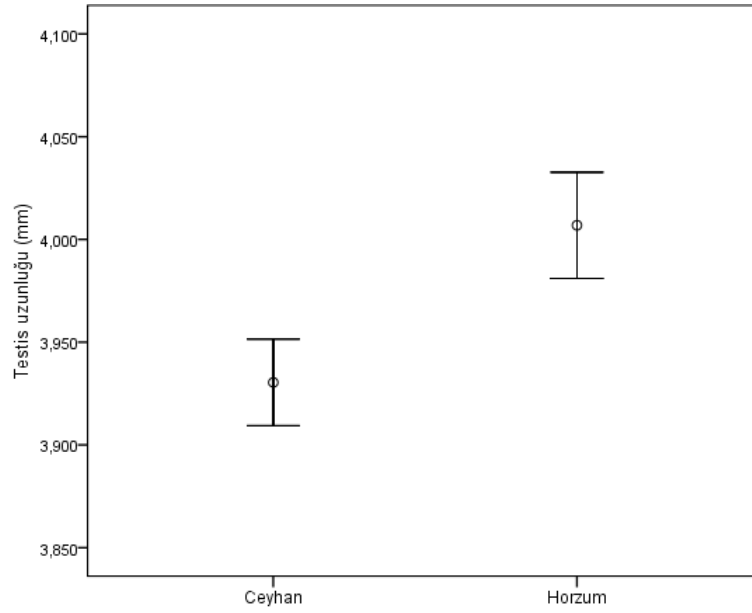
Çizelge 4. 17. Populasyonların testis uzunluğu ve kopulasyon süresi değişkenlerinin karşılaştırıldığı Tek Yönlü Varyans Analizi sonuçları.

		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Testis uzunluğu	Populasyonlar arası	0,946	1	0,946	13,686	,000***
	Hata	44,766	648	0,069		
Kopulasyon süresi	Populasyonlar arası	1,403	1	1,403	15,763	,000***
	Hata	56,177	631	0,089		

*** $p < 0,001$



Şekil 4. 15. Ceyhan ve Horzum populasyonları ortalama kopulasyon süresi ve %95 güven aralıkları.



Şekil 4. 16. Ceyhan ve Horzum populasyonları ortalama testis uzunluğu ve %95 güven aralıkları.

4. 5. Ölçülebilir Karakterlerin Kalıtsallık, Eklemeli Genetik Varyasyon Katsayısı ve Evrimleşebilirliklerine İlişkin Bulgular

Ceyhan ve Horzum populasyonlarından elde edilen vücut büyüklüğü, testis uzunluğu, kopulasyon süresi ve yumurta sayısı değişkenleri her bir populasyonda ayrı ayrı değerlendirilerek, kalıtsallıkları, eklemeli genetik varyasyon katsayıları ve evrimleşebilirlikleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin hesaplanmasında yararlanılan her bir özelliğe ait izosoy hatları varyans bileşenleri, Tek Yönlü Varyans Analizi gerçekleştirilerek elde edilmiştir (Çizelge 4.18). Dar anlamlı kalıtsallık (h^2), toplam fenotipik varyansın ne oranda eklemeli genetik varyanstan kaynaklı olduğunu belirtir. Kalıtsallıkların standart hataları, Falconer ve Mackay [26, sayfa 179-181], deney dizaynlarına uygun formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 18. Ceyhan ve Horzum populasyonları izosoy hatlarının karşılaştırıldığı Tek Yönlü Varyans analizi sonuçları.

Özellik	Populasyon		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F	Anlamlılık Derecesi
Testis uzunluğu	Ceyhan	Soylar arası	5,099	15	0,340	9,174	,000^{***}
		Soy içi	10,561	285	0,037		
	Horzum	Soylar arası	14,451	17	0,850	22,170	,000^{***}
		Soy içi	12,385	323	0,038		
Kopulasyon süresi	Ceyhan	Soylar arası	16,356	15	1,090	6,547	,000^{***}
		Soy içi	47,131	283	0,167		
	Horzum	Soylar arası	13,475	17	0,793	11,352	,000^{***}
		Soy içi	23,251	333	0,070		
♂ Vücut Büyüklüğü	Ceyhan	Soylar arası	0,338	15	0,024	17,249	,000^{***}
		Soy içi	0,377	293	0,001		
	Horzum	Soylar arası	0,370	17	0,022	17,024	,000^{***}
		Soy içi	0,427	334	0,001		
♀ Vücut Büyüklüğü	Ceyhan	Soylar arası	0,403	15	0,027	24,803	,000^{***}
		Soy içi	0,285	263	0,001		
	Horzum	Soylar arası	0,373	17	0,022	15,756	,000^{***}
		Soy içi	0,417	299	0,001		
Yumurta sayısı	Ceyhan	Soylar arası	1952,328	15	94,626	14,689	,000^{***}
		Soy içi	2079,849	271	6,442		
	Horzum	Soylar arası	2030,680	17	119,452	16,348	,000^{***}
		Soy içi	1563,652	214	7,307		

Tüm özelliklerin kalıtsallık değerleri (h^2) sıfırdan büyük olduğu için anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.19). Tüm özelliklerin kalıtsallık değerlerine bakıldığında, testis uzunluğu dışındaki özelliklerde populasyonların kalıtsallık değerleri birbirine oldukça yakındır. Fakat testis uzunluğu açısından Horzum populasyonunda gözlenen kalıtsallık değeri, Ceyhan populasyonun yaklaşık iki katı kadar yüksektir. Kalıtsallıklara benzer şekilde, populasyonlar arasında evrimleşebilirlik (I_A) ve eklemeli genetik varyasyon katsayı değerleride (CV_A) testis uzunluğu dışındaki tüm özellikler için populasyonlar arasında birbirlerine oldukça yakındır. Bu yüzdeler açısından populasyonlar arasındaki en belirgin fark yine testis uzunluklarında gözlenmektedir.

Çizelge 4. 19. Ölçülebilir özelliklerin varyans komponentleri, kalıtsallık, eklemeli genetik varyasyon katsayısı ve evrimleşebilirlik hesaplamaları.

Özellik	Populasyon	V_G	V_A	V_p	V_E	h^2	% CV_A	% I_A
Testis uzunluğu	Ceyhan	0,016	0,0080	0,053	0,037	$0,15 \pm 2,9 \times 10^{-4}$	2,3	0,053
	Horzum	0,043	0,0215	0,081	0,038	$0,27 \pm 3,0 \times 10^{-4}$	3,7	0,137
Kopulasyon süresi	Ceyhan	0,049	0,0245	0,216	0,167	$0,11 \pm 2,6 \times 10^{-4}$	7,9	0,608
	Horzum	0,037	0,0185	0,107	0,070	$0,17 \pm 2,6 \times 10^{-4}$	7,2	0,518
♂ Vücut büyüklüğü	Ceyhan	0,0012	0,00060	0,0022	0,001	$0,27 \pm 3,8 \times 10^{-4}$	1,9	0,036
	Horzum	0,0011	0,00055	0,0021	0,001	$0,26 \pm 2,8 \times 10^{-4}$	1,9	0,036
♀ Vücut büyüklüğü	Ceyhan	0,0015	0,00075	0,0025	0,001	$0,30 \pm 4,6 \times 10^{-4}$	2,0	0,040
	Horzum	0,0012	0,00060	0,0022	0,001	$0,27 \pm 3,8 \times 10^{-4}$	1,8	0,032
Yumurta sayısı	Ceyhan	5,84	2,920	12,282	6,442	$0,24 \pm 3,9 \times 10^{-4}$	30,2	9,17
	Horzum	8,69	4,345	15,997	7,307	$0,27 \pm 6,1 \times 10^{-4}$	33,1	10,96

4. 6. Ölçülebilir Karakterlerin Birbirleri İle Karşılaştırıldıkları Fenotipik ve Genetik Korelasyon Bulguları

Ceyhan ve Horzum populasyonlarına ait testis uzunluğu, kopulasyon süresi, toraks uzunluğu ve yumurta sayısı özelliklerinin birbirleriyle fenotipik açıdan ilişkili olup olmadığını anlamak için Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon testi uygulanmıştır. Özelliklerin birbirleriyle arasında genetik ilişki olup olmadığını anlamak amacıyla ise, özellik çiftleri arasındaki genetik korelasyon katsayıları Eşitlik 3.5.4'deki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.20 ve 4.21'de yer alan r_p ve r_G değerlerine göre, Ceyhan populasyonunda testis uzunluğu ile kopulasyon süresi ve dişi vücut büyüklüğü arasında hem fenotipik hem genotipik açıdan istatistiksel olarak yüksek anlamlılık derecesiyle pozitif korelasyon

olduğu bulunmuştur, fakat testis uzunluğu ve erkek vücut büyüklüğü arasında yalnızca genetik açıdan bir ilişki bulunmaktadır. Kopulasyon süresine bakılırsa, erkek vücut büyüklüğü ile arasında Ceyhan popülasyonunda hem fenotipik hem genetik korelasyonların anlamlı olmasına rağmen, Horzum popülasyonunda fenotipik korelasyon yoktur. Bu özelliğin dişi vücut büyüklüğü ile ilişkisi ise, Ceyhan popülasyonunda Horzum popülasyonunun tersi olduğu görülmektedir. Bu kez dişilerle hem fenotipik hem genetik ilişki varken, erkeklerde yalnızca genetik korelasyon vardır. Beklenildiği üzere eşeylerin vücut büyüklükleri arasında da yüksek oranda pozitif fenotipik ve genetik korelasyon bulunmaktadır. Aralarında anlamlı fenotipik korelasyon olan özelliklere ait Nokta Dağılım grafikleri ve Doğrusal Regresyon denklemleri Ek-1 ve Ek-2’de gösterilmektedir.

Çizelge 4. 20. Ceyhan popülasyonu testis uzunluğu, kopulasyon süresi, vücut büyüklüğü ve yumurta sayılarına ilişkin fenotipik ve genotipik korelasyon katsayıları (İstatistiksel olarak anlamlı katsayılar koyu renkli olarak gösterilmiştir).

	Kopulasyon süresi		♂ Vücut Büyüklüğü		♀ Vücut Büyüklüğü		Yumurta sayısı	
	r_p	r_G	r_p	r_G	r_p	r_G	r_p	r_G
Testis uzunluğu	0,153**	0,610***	-0,008	0,259***	-0,193**	0,278***	-0,035	0,053
Kopulasyon süresi			-0,159**	0,143*	-0,050	0,180**	-0,078	0,102
♂ Vücut Büyüklüğü					0,456***	0,479***	-0,077	0,015
♀ Vücut Büyüklüğü							-0,055	0,017

*** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$

Çizelge 4. 21. Horzum popülasyonu testis uzunluğu, kopulasyon süresi, vücut büyüklüğü ve yumurta sayılarına ilişkin fenotipik ve genotipik korelasyon katsayıları (İstatistiksel olarak anlamlı katsayılar koyu renkli olarak gösterilmiştir).

	Kopulasyon süresi		♂ Vücut Büyüklüğü		♀ Vücut Büyüklüğü		Yumurta sayısı	
	r_p	r_G	r_p	r_G	r_p	r_G	r_p	r_G
Testis uzunluğu	0,214**	0,850***	0,090	0,162**	0,191**	0,150**	-0,045	0,054
Kopulasyon süresi			0,035	0,172**	0,284***	0,150**	0,038	0,062
♂ Vücut Büyüklüğü					0,458***	0,509***	0,356***	0,009
♀ Vücut Büyüklüğü							0,379***	0,010

*** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Coğrafi anlamda yükseklik farklılıkları, populasyon içi ve populasyonlar arası adaptif genetik çeşitliliği anlamak ve çeşitliliğe neden olan ya da önleyen faktörleri araştırmak için önemli bir çalışma modeli sunar [97]. Farklı yükseklik ile birlikte coğrafi farklılaşma ele alınan populasyonların heterojen çevre koşullarından etkilenerek adaptasyon yeteneklerinin de farklılaşmasına yol açabilir. Heterojen çevre koşullarında gözlenen en önemli uyumsal yanıtlardan biri lokal adaptasyondur. Lokal adaptasyon sonucu populasyonlar arası genetik ve fenotipik farklılaşmalar artabilir, fakat gen akışı lokal adaptasyonu tamponlayarak alelik homojenliğe neden olabilir. Tüm bunlar göz önünde bulundurularak, ele alınan tüm özellikler hem populasyonlar arasında, hem de populasyonu temsil eden izosoy hatları arasında değerlendirilmiştir. Populasyonları temsil eden izosoy hatlarının her biri tek bir genotipi temsil ettiği için, her özelliğin populasyon içinde gösterdiği varyasyon, kantitatif genetiğin doğası gereği o populasyona ait alelik varyasyonu yansıtır. Populasyonlar arasında gözlenen varyasyon ise, populasyonun alelik çeşitliliğini yansıtacaktır. Bu çalışma kapsamında ele alınan karakterler, kantitatif genetik temelli, eşleşme başarısını etkileyen ve dolayısıyla eşeyssel seçilim baskısı altında çeşitlenen özelliklerdir.

5. 1. Eşeyssel olgunluk yaşı sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu çalışmada eşeyssel olgunluk yaşını tespit etmek için, daha önce çiftleşmemiş virjin dişi ve erkeklerin olgun eşlerle çiftleşmesi sonucu verimli yavrudöl meydana getirebilen bireylerinin, toplam örnekleme oranları yüzde olarak hesaplanmıştır. Yaş grupları açısından değerlendirildiğinde, her iki populasyonda da dişi ve erkeklerin 1. yaştan itibaren ortalama olgunlaşmış birey yüzdesi hızla artmaktadır. Bu tez çalışmasının bu kısmında asıl elde edilmek istenen, en az ortalama yüzde 80 ölçütünün gözlendiği yaşı belirlemek olduğu için, yaşlar arasındaki fark açısından eşey ve populasyon karşılaştırmaları değerlendirilmemiştir. Ceyhan ve Horzum populasyonlarında yüzde 80 ölçütüne göre, her iki eşeyde de optimum sabit sıcaklık (25°C) ve nem koşullarında (%60) eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşı 3. gün-yaş olarak tespit edilmiştir.

Her iki populasyonda da, eşeyler arasında her yaştaki ortalama yüzdeler açısından gözlenen örüntülere bakıldığında, büyük oranda bir farklılaşma saptanmamıştır. Fakat analiz sonuçlarında desteklediği üzere erkeklerin 1., ve 2. yaşta dişilerden bir miktar daha düşük oranda eşeyssel olgunluğa ulaştıkları söylenebilir. Bu anlamda *Z. tuberculatus*

türünün bu yaşlarda eşeylerinde gözlenen olgunlaşma süresi farkı, *Drosophila* türlerinde bilinen genel örüntüyle benzeşmektedir [31]. Diğer pek çok *Drosophila* türünde tespit edildiği gibi, *Z. tuberculatus*'de de erkeklerin testis ve sperm uzunluğu ile eşeyssel olgunluğa ulaşma süresi arasında bir uzlaşma söz konusu olabilir. Bir uzlaşmanın varlığını ele alabilmek için erkek eşeylerin eşeyssel olgunluğa ulaştıkları süre ile testis ve sperm uzunlukları arasında ki ilişki incelenmelidir. Öte yandan populasyonların tek tek eşeyler açısından karşılaştırıldığı analiz sonuçlarında da populasyon-yaş etkileşimi açısından yalnızca dişiler anlamlı derecede farklılaşmıştır. Erkeklerde ise her iki populasyonun gösterdiği örüntüler birbirlerine yüksek oranda benzerdir. Bu durum, aynı izosoydan gelen dişi ve erkeklerin arasındaki X kromozomu doz farkına ya da dişi-yönlü bir gen ifadesi farklılığına işaret ediyor olabilir.

5. 2. Yumurta verimi sonuçlarının değerlendirilmesi

Populasyonları temsil eden izosoy hatlarından örneklenen dişilerin bir kez çiftleşmeleri sonucu bıraktıkları yumurta sayısı, bir hafta boyunca gün gün takip edilerek Soy, Gün ve Populasyon değişkenleri açısından irdelenmiştir. İlk olarak populasyonlar teker teker ele alınarak, soy ve gün ortalamaları açısından gösterdikleri örüntüler değerlendirilmiştir. Bu anlamda her iki populasyonda da soy ve günler anlamlı derecede farklı bulunmuştur. Her soya ait bir haftalık reaksiyon normları incelendiğinde ise, her günün kendi içinde gözlenen soylar arası ortalamaları da değişkenlik göstermektedir. Bu sonuçlar üzerinden yapılabilecek en temel değerlendirme, her iki populasyonda da yumurta veriminin yüksek oranda soya (genotipe) bağlı olduğudur. Yumurta veriminin uyum başarısı ile sıkı ilişkili bir özellik olmasına ek olarak, iç ve dış pek çok faktörden etkilenen dinamik bir özellik olduğu da bilinmektedir. Bu nedenle her soyun günlük ortalamalarının değişmesi, yumurta sayısının organizmanın yaşından etkilenen bir özellik olmasından kaynaklı olabilir. Öte yandan, burada tek bir çiftleşme sonucu meydana gelen yumurta sayıları saptanmıştır. Eğer *Z. tuberculatus* için bir kopulasyonda aktarılan seminal sıvı protein çeşitliliği ve miktarları soydan soya değişkenlik gösteriyorsa, diğer bazı organizmalarda olduğu gibi, her soydaki dişilerin bu değişkenlikten kaynaklı olarak yumurta veriminin farklılaşması söz konusu olabilir. Bu açıdan erkeklerdeki seminal sıvı zenginliği özellikle gen ekspresyonları üzerinden araştırılmalı ve değişkenlik mevcut ise bu değişkenliğin dişi yumurta verimine katkısı incelenmelidir.

Yumurta verimi açısından populasyon ortalamalarının karşılaştırıldığı analiz sonuçlarına göre toplam yumurta sayısı ortalamaları populasyonlar arasında farklı değildir (Çizelge 4.12). Her iki populasyonda da çiftleşmeyi takip eden ilk 2 günde yumurta sayısı artarken, 3 ve 6. günler arasında düşüş ve 6. günden sonra tekrar bir artış gözlenmiştir. Günler açısından gözlenen yumurta verimi değişkenlikleri benzer olmasına rağmen (Şekil 4.10), populasyonların günler arasında ortalama yumurta sayıları farklı olduğu için, gün ve populasyon-gün etkileşimi açısından farklar anlamlı çıkmıştır.

Haftalık toplam yumurta sayısı ortalamaları üzerinden ele alınarak hesaplanan, populasyonlara ait varyans bileşenleri, Horzum populasyonu ile Ceyhan populasyonu arasında benzer değerlerle ifade edilmektedir (Çizelge 4.18). Buna bağlı olarak hesaplanan dar-anlamlı kalıtsallık (h^2) değerleri, eklemeli genetik varyasyon katsayısı (CV_A) ve evrimleşebilirlikleri de (I_A) oldukça yakındır. Bu durum, yumurta veriminin diğer canlılarda da gözlenen hayati önemini vurgulayan, yüksek doğal seçilimin ifadesi olmalıdır. Bu bağlamda, uyum başarısıyla yakından ilişkili karakterlerin çoğunun kalıtsallıklarının, uyum başarısıyla daha az ilişkili karakterlere göre düşük olduğu yönündeki evrensel gözlemlerle uyum sağlamaktadır [65]. Kozmopolit bir tür olan *Drosophila melanogaster*'de yumurta verimi kalıtsallığı daha önce 0,20 oranında saptanmıştır [102]. Bu çalışmada, istilacı bir tür olan *Z. tuberculatus* populasyonlarının kalıtsallık değerleri *D. melanogaster*'in aynı parametreler için ölçülen kalıtsallık değerlerine oldukça yakın bulunmuştur (Ceyhan: $h^2=0,24$, Horzum: $h^2=0,27$). Her iki türün evrimsel geçmişlerinde aynı bölgeden, benzer zamanlarda ortaya çıkmış olduğunu hatırlarsak [16], elde edilen bu sonuçlar, türlerin yakın ortak atadan gelmeleri nedeniyle birbirine benzer olabilir. Çünkü pek çok çalışmaya göre, birbirine yakın akraba türlerin, aynı özellik açısından kalıtsallıklarının benzer olduğu gösterilmiştir [104].

Yumurta verimi ile ele alınan diğer özellikler arasında ki fenotipik korelasyon sonuçları, populasyonlar arasında farklı değerler göstermektedir. Ceyhan populasyonunda yumurta verimi ile hiçbir özellik arasında anlamlı fenotipik yada genetik korelasyon gözlenmezken, Horzum populasyonunda yumurta verimi ile hem dişi, hem de erkek vücut büyüklüğü arasında yüksek oranda pozitif fenotipik korelasyon mevcuttur. Bu populasyonda, yumurta verimi ile vücut büyüklüğü arasında genetik korelasyonun gözlenmemesi, fenotipik korelasyonun asıl kaynağının çevresel faktörler veya eklemeli olmayan genetik faktörler olduğunu kanıtlamaktadır. Horzum populasyonunda vücut büyüklüğü ve yumurta verimi arasında böyle sıkı bir ilişki varken, Ceyhan populasyonunda hiçbir ilişki bulunmamış

olması, kantitatif karakterlerin aralarındaki ilişkilerin popülasyondan popülasyona değişebileceğine iyi bir örnek oluşturmaktadır. Öte yandan, diğer Drosophilid'ler ve bazı böceklerde fertilizasyon oranı ile sperm miktarı, dolayısıyla testis uzunluğu ya da kopulasyon süresi arasında sıkı ilişkiler bulunduğu ortaya koyulmuştur [64,66,68]. Fakat bu çalışmada *Z. tuberculatus* türünde bu özellikler ile yumurta verimi arasında herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir. Çalışma kapsamında bırakılan yumurtalardan meydana gelen verimli yavrudöl oranları incelenmediği için, yumurta verimi ile bu özelliklerin arasında ilişki olmadığı konusunda kesin yargıya varmamak gerekir. Bu anlamda öncelikle bırakılan yumurta sayısı ile fertilizasyon oranı arasındaki korelasyon ilişkisi saptanmalı ve fertilizasyon oranları ile testis uzunluğu ve kopulasyon süreleri arasındaki ilişkiler ele alınmalıdır.

5. 3. Vücut büyüklüğü sonuçlarının değerlendirilmesi

Vücut büyüklüğü, öncelikle popülasyonlar ve eşeyler arasında karşılaştırılmış ve eşeysel dimorfizm dereceleri saptanmıştır. Her iki popülasyonda da vücut büyüklüğü reaksiyon normu grafiklerinde soya özgü (genotipik çeşitliliği yansıtan) bir dağılım gözlenmiştir (Şekil 4.11). Popülasyonları kendi içinde eşeyler açısından incelediğimizde, dişi ve erkeklerin ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıdır. Pek çok böcek türüne benzer şekilde, *Z. tuberculatus* dişilerinin erkekler göre daha büyük vücut yapısına sahip olduğu ve bu durumun istisnasız bütün soylarda gözlendiği tespit edilmiştir. Eşeysel dimorfizm oranı, ele alınan özellik açısından eşeyler arasındaki fark büyüdükçe artan ve yalnızca incelenen fenotipik özelliğin eşey ortalamalarının fonksiyonu olan bir değerdir. Bu çerçeveden bakıldığında, her ne kadar dişiler erkekler oranla daha büyük vücutlu olsalar da, *Z. tuberculatus* türünde vücut büyüklüğü açısından eşeysel dimorfizm oranı düşüktür (Çizelge 4.12) ve dimorfizm oranları açısından popülasyonlar arasında fark yoktur. Eşeyler arasında homolog bir özelliğin yüksek oranda eşeysel dimorfizm göstermemesinin önemli sebeplerinden biri o özellik açısından eşeysel seçim baskısının düşük olmasıdır. Öte yandan, vücut büyüklüğü, dişilerin eş seçerken erkekler açısından sınındığı bilinen önemli bir özelliktir. Bu açıdan eşeysel dimorfizm oranının *Z. tuberculatus* türünde düşük olmasının nedeni, dişilerin eş seçerken erkeklerde vücut büyüklüğü üzerine daha az seçicilik göstermesi olabilir.

Vücut büyüklüğü bakımından popülasyonların karşılaştırılması sonuçlarına göre, Ceyhan popülasyonu eşyelerinin, Horzum popülasyonu eşyelerinden daha büyük vücutlu olduğu,

fakat farkın yalnızca dişiler için anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). Çoğu böcek türünde, yükseklikle birlikte azalan sıcaklık ve benzeri çevresel etkenler sonucu vücut büyüklüğünde artış gözlenir. *Z. tuberculatus* türünde ise bunun tersi bir örüntü gözlenmektedir. Yüksek bölgeden gelen dişilerin daha küçük vücutlu olması, erkeklerde ise vücut büyüklüğü ortalamalarının her iki popülasyonda birbirine bu kadar yakın olması, Drosophilid'ler içinde alışılmadık bir durumu yansıtmaktadır. Örneğin aynı bölgelerden elde edilen *D. simulans* türlerinin dişilerdeki vücut büyüklüğü farklılıklarının araştırıldığı bir çalışmaya göre, türün iki bölge arasında dişi vücut büyüklüğü açısından aralarında anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir [106]. Vücut büyüklüğü ve yükseklik arasındaki bu ilişkinin anlam düzeyini incelemek için daha geniş bir yükseklik aralığından, daha çok sayıda popülasyon ele alınarak çalışılması uygun olacaktır.

Her iki eşeyin vücut büyüklüğü kalıtsallık ve evrimleşebilirlik oranları benzerdir ve bu değerler popülasyonlar arasında da birbirine oldukça yakındır (Çizelge 4.19). *Drosophila* türlerinde genellikle vücut büyüklüğü ile ilişkili özelliklerin kalıtsallıkları 0,20-0,40 oranında seyretmektedir [28,65]. Vücut büyüklüğünün *Z. tuberculatus* eşeylerinde bulduğumuz kalıtsallık değerleri, *Drosophila* türleri ve özellikle *D. melanogaster*'de gözlenen değerlere oldukça yakındır (Çizelge 5.1). Yumurta verimi kalıtsallık sonuçlarında bahsettiğimiz iki türün ortak atasal ilişkisi, vücut büyüklüğü kalıtsallık benzerliği ile desteklenmektedir. Öte yandan, her iki eşeyde de vücut büyüklüğü kalıtsallıklarının düşük olması bu özellik açısından popülasyonların yüksek seçilim baskısı altında olduğuna işarettir.

Dişi ve erkek vücut büyüklükleri arasında hem fenotipik hem genetik korelasyon değerleri oldukça yüksek ve pozitif yöndedir (Ceyhan: $r_p = 0,456$; $r_G = 0,479$, Horzum: $r_p = 0,458$; $r_G = 0,509$). Eşeylerin homolog özellikleri arasında genetik korelasyon 1'e yaklaştıkça, eşeyssel dimorfizme neden olan seçilim süreci yavaşlar [53], dolayısıyla homolog karakterler eşeyler arasında farklılaşmaz. Bu çalışmada elde edilen korelasyon oranları 1'e çok yakın değerler olmasa da, görece yüksek değerlerdir. Bu da, eşeyler arasında vücut büyüklüğünü etkileyen ortak alellerin varlığını kanıtlamaktadır. Eşeyssel dimorfizm indekslerinin düşük olmasının bir nedeni de yüksek olasılıkla eşeyler arasında vücut büyüklüğünü etkileyen ortak alel sayısının yüksek olmasıdır.

Vücut büyüklüğünün diğer özellikler ile ilişkileri incelendiğinde, en ilgi çekici sonuç dişi vücut büyüklüğü ile erkeklerin testis uzunluğu arasında, hem fenotipik hem de genetik korelasyonun, her iki popülasyonda da anlamlı olmasıdır. Her iki popülasyonda da dişi

vücut büyüklüğü ve erkek testis uzunluğu genetik korelasyonu pozitif yöndedir. Homolog olmayan karakterler için eşeyler arasında genetik korelasyon bulunması, bu karakterlerin birlikte evrimleştiğinin bir göstergesidir. Fakat fenotipe yansıyan durum farklıdır, Ceyhan popülasyonunda artan dişi vücut büyüklüğüyle testis uzunluğu azalmakta, Horzum popülasyonunda ise artmaktadır. Fenotipik korelasyonun çevresel ve genetik korelasyonlar toplamını yansıttığını hatırlarsak, testis uzunluğu açısından Ceyhan popülasyonunun çevresel faktörlerden daha yüksek oranda etkilendiğini düşünebiliriz. Fakat her iki popülasyonun kendi içinde soy hatları arasında karşılaştırıldığı analiz sonuçlarına göre, çevresel varyans her iki popülasyonda eşit denecek kadar yakındır (Çizelge 4.18). Dolayısıyla fenotipik korelasyon değerlerindeki bu farklılığın, eklemeli olmayan genetik mekanizmalardaki farklılaşmadan kaynaklanma olasılığı daha yüksektir. Bu sonuç, birlikte evrimleşme gösteren bu iki karakterin altını çizen alellik varyasyonun, iki popülasyonda farklı olduğu durumu destekler.

Ek olarak, testis uzunluğu her iki popülasyonda birden erkek vücut büyüklüğü ile de pozitif yönde genetik korelasyon göstermektedir. Bu kısım bir sonraki sonuç değerlendirmelerinde ele alınacaktır.

5. 4. Testis uzunluğu sonuçlarının değerlendirilmesi

Ceyhan ve Horzum popülasyonlarının testis uzunlukları açısından karşılaştırılmaları sonucu, Horzum erkeklerinde ortalama testis uzunluğunun Ceyhan erkeklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.16). Daha önce gerçekleştirilen ve aynı bölgelerden benzer deneysel yöntemlerle yapılan bir çalışmanın sonuçlarıyla birlikte ele alırsak, *Z. tuberculatus*'de artan yükseklikle birlikte testis uzunluğu arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu söylenebilir [8]. Popülasyonlar kendi içinde değerlendirildiğinde soy ortalamalarının birbirleri arasında yüksek oranda farklılaşmış olduğu görülmektedir (Çizelge 18). Her iki popülasyonda da çevresel varyans değerleri birbirine çok yakın iken eklemeli genetik varyans değerleri farklıdır (Çizelge 19). Bu açıdan, popülasyonlar arasında testis uzunluğu ortalamalarının anlamlı derecede farklılaşmış olması, testis uzunluğunu etkileyen eklemeli aleller açısından popülasyonların farklılaşmış olduğunu göstermektedir. Bu değerlendirmeyi destekleyen diğer bir sonuç ise, kalıtsallık ve evrimleşebilirlik açısından popülasyonlar arasında ki farklılaşmanın yalnızca testis uzunluğunda gözlenmesidir.

Öte yandan, testis uzunluğu özelliğine ait kalıtsallık değerleri her iki populasyonda da, en yüksek kalıtsallık oranı olan 1 değerine göre düşüktür. *D. melanogaster* türünde daha önce hesaplanmış testis uzunluğu kalıtsallığı ise oldukça yüksektir (Çizege 5.1). *D. melanogaster*'de tespit edilen türden yüksek kalıtsallık değerleri, genellikle uyum başarısı ile doğrudan ilişkili olmayan özelliklerde gözlenir. *D. melanogaster*'de testis uzunluğu ile eşleşme başarısı açısından bir ilişki olmadığında rapor edilmiştir [107]. Bu açıdan değerlendirecek, *Z. tuberculatus* türünde testis uzunluğu özelliğinin uyum başarısı ile daha sıkı ilişkili bir özellik olduğunu ve yüksek seçilim baskısı altında olduğunu söyleyebiliriz. Ek olarak, iki türde testis uzunluğu açısından kalıtsallıkların yüksek oranda farklı olması, evrimsel süreçte aynı bölgeden benzer zamanlarda ortaya çıkışları esnasında, ortak atadan itibaren farklı seçilim baskıları altında birbirlerinden ayrıldığını düşündürmektedir.

Testis uzunluğu ile diğer karakterler arasındaki korelasyon oranlarına göre, bu özelliğin en sıkı ilişkili olduğu karakterin şüphesiz kopulasyon süresi olduğu açıktır. İki özellik arasındaki fenotipik ve genetik korelasyon oranları her iki populasyonda da oldukça yüksektir. Özellikle genetik korelasyonların oldukça yüksek olması, iki özelliğin arasındaki ilişkinin çevresel faktörlerden ziyade ortak genlerden kaynaklandığını gösterir. Bu çalışmada kullanılan modele göre, genetik korelasyonların asıl kaynağı eklemeli etki eden genlerdir. Bu açıdan, iki özellik arasında ki ortak genlerin büyük oranda eklemeli etki eden alelleri içerdiğini söyleyebiliriz.

Her iki populasyonda, testis uzunluğu ile genetik açıdan ilişkili bir diğer karakter de erkek vücut büyüklüğüdür. Çoğu organizmada aynı eşey içinde, vücut büyüklüğünün eşeyin diğer bazı morfolojik karakterlerin büyüklüğü ile sıkı ilişkili olduğu bilinmektedir ve bu ilişkiler yine bir genin birden fazla özelliğe etki etmesinden kaynaklanmaktadır. Bu anlamda *Z. tuberculatus*'de tespit edilen bu sonuç, erkeklerin vücut büyüklüğünü etkileyen genler içinde testis uzunluğunu etkileyen genlerin de olduğunu kanıtlamaktadır. Fakat bu ortaklık kopulasyon süresi ile testis uzunluğunda olduğu kadar kuvvetli değildir.

5. 5. Kopulasyon süresi sonuçlarının değerlendirilmesi

Populasyonların kopulasyon süreleri açısından karşılaştırılmaları sonucu, Ceyhan çiftlerinde ortalama kopulasyon süresinin, Horzum çiftlerinden daha uzun olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.16). İki populasyon arasında testis uzunluğuna benzer oranda fakat tersi yönlerde bir farklılaşma söz konusudur. Her iki özellik arasındaki genetik korelasyonlara bakıldığında etki eden ortak gen sayısının yüksek olduğundan ve bu

genlerin büyük olasılıkla eklemeli davranan alelleri içerdiğinden bahsetmiştik. Bu açıdan popülasyonlar arasında testis uzunluğundaki gibi kopulasyon süresi açısından da alellerin farklılaşmış olabileceğinden söz edebiliriz.

Eklemeli genetik varyasyon katsayısı, kalıtsallık ve evrimleşebilirlikleri açısından ise, iki popülasyonun değerleri birbirine benzerdir. Ceyhan popülasyonunda 0,11 ve Horzum popülasyonunda 0,17 olan kalıtsallık değerleri, diğer tüm özelliklere göre en düşük kalıtsallık değerleridir. *D. melanogaster* ile karşılaştırıldığında ise iki tür arasında oranların benzer olduğu görülmektedir (Çizelge 5.1). Bu özelliğin *D. melanogaster* ve bazı başka böcek türlerinde fertilizasyon oranıyla sıkı ilişkili bir özellik olması [81,82,83] ve sonuç olarak uyum başarısını doğrudan etkilemesi, *Z. tuberculatus* türü için de bu açıdan önemli bir karakter olabileceğini düşündürmektedir. Kopulasyon süresi ile yumurta verimi arasında anlamlı fenotipik ve/veya genetik korelasyon gözlenmemiş olması, *Z. tuberculatus*'de bırakılan yumurta sayısı ile fertilizasyon oranı arasında ki ilişkinin araştırılması gerekliliğini desteklemektedir. Kopulasyon süresinin aktarılan sperm miktarıyla, sperm miktarının da testis uzunluğu ile ilişkili özellikler olduğundan bahsetmiştik. İki özellik arasındaki genetik korelasyonun yüksek olma nedeni, daha uzun testislerden aktarılan sperm veya seminal sıvı miktarının yüksek olması ve böylelikle uzun testisli erkeklerin verimlilik açısından daha başarılı olması olabilir. Eğer kopulasyon süresi ile fertilizasyon oranı arasında pozitif yönde bir ilişki var ise, bu testis uzunluğu açısından popülasyonların neden farklılaştığını ve testis uzunluğunun eşleşme başarısı üzerine etkisinin önemini açıklayabilir.

Çizelge 5. 1. Ele alınan özelliklerin *D. melanogaster* ve *Z. tuberculatus*'e ait dar-anlamlı kalıtsallık değerleri (Parantez içindeki sayılar kaynakları temsil etmektedir).

Tür	Dar-anlamlı kalıtsallık değerleri (h^2)			
	Vücut büyüklüğü	Yumurta verimi	Testis uzunluğu	Kopulasyon süresi
<i>Drosophila melanogaster</i>	0,20-0,40 [28,65]	0,18 [102]	0,45-0,72 [66]	0,23 [105]
<i>Zaprionus tuberculatus</i>	0,26-0,30	0,24-0,27	0,15-0,27	0,11-0,17

5. 6. Genel değerlendirme

Tüm sonuçları bir arada değerlendirecek olursak, ele alınan özellikler açısından Ceyhan ve Horzum populasyonunun birbirinden farklı örüntüler gösterdiği açıktır. İki populasyonun bazı farklı çevresel koşulların etkisi veya genetik sürüklenme gibi faktörler nedeniyle çeşitlenmesinin, bu özellikler açısından lokal adaptasyona yol açmış olabileceğini düşünebiliriz. Ayrıca ele alınan tüm özellikler açısından, populasyonların dar-anlamlı kalıtsallık (h^2) değerlerinin düşük olması, her bir özelliğin *Z. tuberculatus* türünde uyum başarısı ile sıkı ilişkili özellikler olabileceğini düşündürmektedir. Ele alınan özellikler açısından, kozmopolit bir model tür olan *D. melanogaster* ile *Z. tuberculatus* karşılaştırıldığında, kalıtsallık değerlerinin testis uzunluğu dışında birbirine oldukça benzer olduğu görülmektedir (Çizelge 5.1). Bu genel benzerlik, iki türü tanımlayan farklı ekolojilerden ziyade, görece yakın filogenetik geçmişin ilgili özelliklerdeki varyasyonu belirlediğine işaret etmektedir.

Bu çalışmanın en önemli sonucu kriptik türleri ile birbirlerinden özellikle testis uzunluğu farklılaşması ile ayrılan *Zaprionus* türleri açısından, bu özelliğin önemli bir eşleşme başarısı komponenti olma olasılığının vurgulanmış olmasıdır. Ek olarak, istilacı bir Drosophilid olan *Z. tuberculatus* ile ilgili özellikler açısından elde edilen ilk kantitatif genetik analiz sonuçlarını ve türün evrimsel biyolojisi açısından orijinal bulguları ifade etmektedir. Tez kapsamında elde edilen sonuçlar ışığında, bu türün konu edileceği moleküler populasyon genetiği ve kantitatif genomik temelli analizlere önemli bir başlangıç ve katkı sağlanması mümkün gözükmemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Tsacas, L., David, J.R., Allemand, R., Pasteur, G., Chassagnard, M.T., Derridj S., Biologie evolutive du gene *Zaprionus* recherches sur le complexe specifique de *Z. tuberculatus* (Dipt. Drosophilidae), *Annales de la Société entomologique de France*, 13(2), 391-415, **1977**.
- [2] CABI, 2011. *Zaprionus tuberculatus*. Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc (Kasim, 2013).
- [3] Yassin, A., Molecular and morphometrical revision of the *Zaprionus tuberculatus* species subgroup (Diptera: Drosophilidae), with descriptions of two cryptic species, *Annals of the Entomological Society of America* 101.6, 978-988, **2008**.
- [4] Yassin, A., David, J.R., Revision of the afrotropical species of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae), with descriptions of two new species and notes on internal reproductive structures and immature stages, *Zookeys*, 51, 33-72, **2010**.
- [5] Lee, R.C.P., An asymmetric species-isolating mechanism between two sympatric species of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae), *Animal Behaviour* 31.1 11-25, **1983**.
- [6] Lee, C.E., Evolutionary genetics of invasive species, *Trends in Ecology & Evolution*, 17(8), 386-391., **2002**.
- [7] Hedrick, A.V., Temeles, E.J., The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests, *Trends in Ecology & Evolution*, 4(5), 136-138., **1989**.
- [8] Patlar, B., Koc, B., Yilmaz, M., Ozsoy, E.,D., First records of *Zaprionus tuberculatus* (Diptera: Drosophilidae) from the Mediterranean Region, Turkey, *Drosophila Information Service*, 95: 94-96, **2012**.
- [9] Coquillett, D.W., New Diptera from Southern Africa, *Proceedings of the United States National Museum*, 24, 27-32, **1902**.
- [10] Yassin, A., Da Lage, J.L., David, J.R., Kondo, M., Madi-Ravazzi, L., Prigent, S.R., Toda, M.J., Polyphyly of the *Zaprionus* genus group (Diptera: Drosophilidae), *Molecular phylogenetics and evolution*, 55(1), 335-339, **2010**.
- [11] Okada, T., Carson, H.L., The genera *Phorticella* Duda and *Zaprionus* Coquillett (Diptera, Drosophilidae) of the Oriental region and New Guinea, *Kontyu*, 51, 539-533, **1983**.

- [12] Yassin, A., Araripe, L.O., Capy, P., DaLage, J.L., Klaczko, L.B., Maisonhaute, C., Ogereau, D., and David, J.R., Grafting the molecular phylogenetic tree with morphological branches to reconstruct the evolutionary history of the genus *Zaprionus* (Diptera: Drosophilidae), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 47, 903-915, **2008**.
- [13] Tsacas, L., Lachaise, D., David, J.R., Composition and biogeography of the Afrotropical Drosophilid fauna, (eds: Ashburner, M., Carson, H.L.I., Thompson, J.N.), *The Genetics and Biology of Drosophila*, Academic Press, London, vol 3, 197-259, **1981**.
- [14] Lachaise D., Silvain J.F., How two Afrotropical endemics made two cosmopolitan human commensals: the *Drosophila melanogaster*-*D. simulans* palaeogeographic riddle, *Genetica*, 120(1-3): 17-39, **2004**.
- [15] Carareto, Claudia M.A., Tropical Africa as a cradle for horizontal transfers of transposable elements between species of the genera *Drosophila* and *Zaprionus* *Mobile Genetic Elements* 1:3, 179-186, **2011**.
- [16] Commar, L.S., Galego, L.G.D.C., Ceron, C.R., Carareto, C.M.A., Taxonomic and evolutionary analysis of *Zaprionus indianus* and its colonization of Palearctic and Neotropical regions. *Genetics and molecular biology*, 35(2), 395-406, **2012**.
- [17] Chassagnard M.T., Kraaijeveld A.R., The occurrence of *Zaprionus* sensu stricto in the Palearctic region (Diptera, Drosophilidae), *Annales de la Société entomologique de France*, 27:495-496, **1991**.
- [18] Vilela, C. R., Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical region, *Drosophila Information Service* 82.37-38, **1999**.
- [19] Vilela, C.R., Zucchi R.A., and Cantor, F., In: Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil, *Holos Editora, Ribeirão Preto*, 48-51, **2002**.
- [20] Bennet-Clark H.C., Leroy Y., and Tsacas L., Species and sex-specific songs and courtship behavior in the genus *Zaprionus* (Diptera: Drosophilidae), *Animal Behaviour*, 28:230-255, **1980**.
- [21] Malloch, J.O.H.N., A new species of the genus *Zaprionus*, Coq.(Diptera, Drosophilidae), *Taxonomy*. Vol. 1. No. 1. Blackwell Publishing Ltd, **1932**.
- [22] Lachaise, D., Tsacas, L., Couturier, G., The Drosophilidae associated with tropical African figs, *Evolution*, 141-151, **1982**.

- [23] Su Y., Herrick K., Framer J.L., Jeffrey D.E., *Zaprionus tuberculatus*: chromosome map and gene mapping by DNA in situ hybridization, *Journal of Heredity*, 83, 299–304, **1992**.
- [24] Darwin, C., *On the origin of species by means of natural selection*, London: Murray, **1859**.
- [25] Sokal, R. R., Rohlf, F. J., *Biometry*, (2.Baskı), New York: WH Feeman and Company, **1981**.
- [26] Falconer, D.S., Mackay, T.F.C., *Introduction to quantitative genetics*, Harlow: Longman, **1996**.
- [27] Lynch, M., Walsh, B., *Genetics and analysis of quantitative traits*, Sinauer Associates, **1998**.
- [28] David, J.R., Gibert, P., Legout, H., Pétavy, G., Capy, P., Moreteau, B., Isofemale lines in *Drosophila*: an empirical approach to quantitative trait analysis in natural populations, *Heredity*, 94(1), 3-12, **2004**.
- [29] Robertson, A., The sampling variance of the genetic correlation coefficient, *Biometrics*, 15.3, 469-485, **1959**.
- [30] Fisher, R. A., *The genetical theory of natural selection*, Dover, Newyork, **1930**.
- [31] Markow, T.A., Evolution of *Drosophila* mating systems, *Evolutionary biology*, 29, 73-106, **1996**.
- [32] Yassin, A., Orgogozo, V., Coevolution between male and female genitalia in the *Drosophila melanogaster* species subgroup. *PloS One*, 8(2), e57158, **2013**.
- [33] Ritchie, Michael G., Sexual selection and speciation, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38: 79-102, **2007**.
- [34] Roff, Derek A., *Evolution of life histories: theory and analysis*, Springer, **1992**.
- [35] Stearns S.C., *The evolution of life histories*, Oxford: Oxford University Press, **1992**.
- [36] Thornhill, R., Alcock, J., *The evolution of insect mating systems*, Harvard University Press, **1983**.

- [37] Falconer, D. S., *Introduction to quantitative genetics*, Longman, **1981**.
- [38] Markow, T.A., O'Grady, P., Reproductive ecology of *Drosophila*, *Functional Ecology*, 22, 747–759, **2008**.
- [39] Hyun, S., Body size regulation and insulin-like growth factor signaling, *Cellular and Molecular Life Sciences*, 1-15, **2013**.
- [40] Honěk, A., Intraspecific variation in body size and fecundity in insects: a general relationship, *Oikos*, 483-492, **1993**.
- [41] Peters, R.H., *The Ecological Implications of Body Size* Cambridge University Press, **1983**.
- [42] Fairbairn, D.J., Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females, *Annual review of ecology and systematics*, 659-687, **1997**.
- [43] Teder, T., Tammaru, T., Sexual size dimorphism within species increases with body size in insects, *Oikos*, 108(2), 321-334, **2005**.
- [44] Arak, A., Sexual dimorphism in body size: a model and a test, *Evolution*, 42(4), 820-825, **1988**.
- [45] Kraushaar, U.R.S., Blanckenhorn, W.U., Population variation in sexual selection and its effect on size allometry in two dung fly species with contrasting sexual size dimorphism, *Evolution*, 56(2), 307-321. **2002**.
- [46] Stillwell, R.C., Fox, C.W., Complex patterns of phenotypic plasticity: interactive effects of temperature during rearing and oviposition, *Ecology*, 86(4), 924-934, **2005**.
- [47] Selander, R.K., Sexual selection and dimorphism in birds, *Sexual selection and the descent of man*, 180-230, **1972**.
- [48] Wiley, R.H., Evolution of social organization and life-history patterns among grouse, *Quarterly Review of Biology*, 201-227, **1974**.
- [49] Clutton-Brock, T.H., Harvey, P.H., Rudder, B., Sexual dimorphism, sociometric sex ratio and body weight in primates, *Nature*, **1977**.
- [50] Alexander, R.D., Hoogland, J.L., Howard, R.D., Noonan, K.M., Sherman, P.W., Sexual dimorphisms and breeding systems in pinnipeds, ungulates, primates and humans, *Evolutionary Biology and Human Social Behavior: an Anthropological Perspective*, 402-435, **1979**.

- [51] Robertson, F. W., Reeve, E.C.R., Studies in quantitative inheritance. I. The effects of selection for wing length and thorax length in *Drosophila melanogaster*, *Journal of Genetics*, 50: 414-448, **1952**.
- [52] Tantawy, A.O., Genetic variance of random inbred lines of *Drosophila melanogaster* in relation to coefficients of inbreeding, *Genetics*, 43: 121-136, **1957**.
- [53] Lande, R., Arnold, S.J., Evolution of mating preference and sexual dimorphism, *Journal of Theoretical Biology*, 117(4), 651-664, **1985**.
- [54] David, J.R., Le nombre d'ovarioles chez la *Drosophila*: Relation avec la fécondité et valeur adaptative, *Archives de zoologie expérimentale et générale* 111, 357-370, **1970**.
- [55] Markow, T.A., O'Grady, P., *Drosophila: a guide to species identification and use*, Elsevier, **2005**.
- [56] Hoffmann, A.A., Lawrence G.H., Male effects on fecundity in *Drosophila melanogaster*, *Evolution*, 638-644, **1985**.
- [57] Markow, T.A., Paul F.A., *Drosophila* males contribute to oogenesis in a multiple mating species, *Science*, 224.4646, 302-303, **1984**.
- [58] Pitnick, S., Male size influences mate fecundity and remating interval in *Drosophila melanogaster*, *Animal Behaviour*, 41.5, 735-745, **1991**.
- [59] Berrigan, D., Locke, S.J., Body size and male reproductive performance in the flesh fly, *Neobellieria bullata*, *Journal of insect physiology*, 37(8), 575-581, **1991**.
- [60] Ridley, M., Mating frequency and fecundity in insects, *Biological Reviews*, 63.4 509-549, **1988**.
- [61] Arnqvist, G., Nilsson, T., The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects, *Animal Behaviour*, 60(2), 145-164, **2000**.
- [62] Møller, A.P., Testes size, ejaculate quality and sperm competition in birds, *Biological Journal of the Linnean Society*, 33(3), 273-283, **1988**.
- [63] Amann, R.P., Sperm production rates, *The testis*, Academic Press, New York, 433-482, **1970**.
- [64] Hatsumi, M., Wakahama, K.I., The sperm length and the testis length in *Drosophila nasuta* subgroup, *Japanese journal of genetics*, 61.3, **1986**.
- [65] Mousseau, T. A., Roff, D. A., Natural selection and the heritability of fitness components. *Heredity*, 59(Pt 2), 181-197, **1987**.

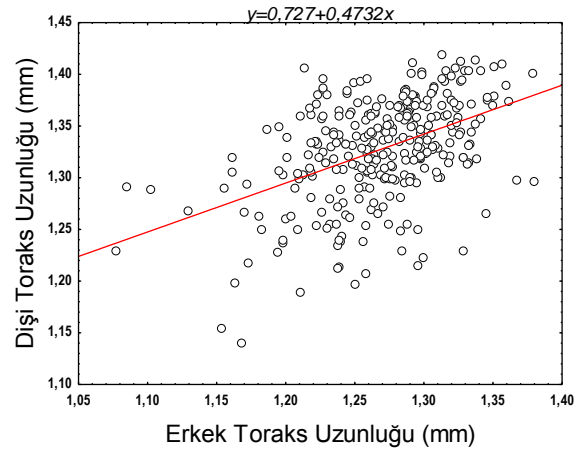
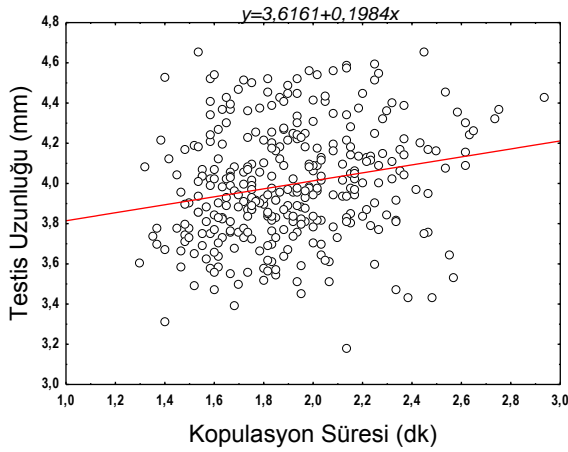
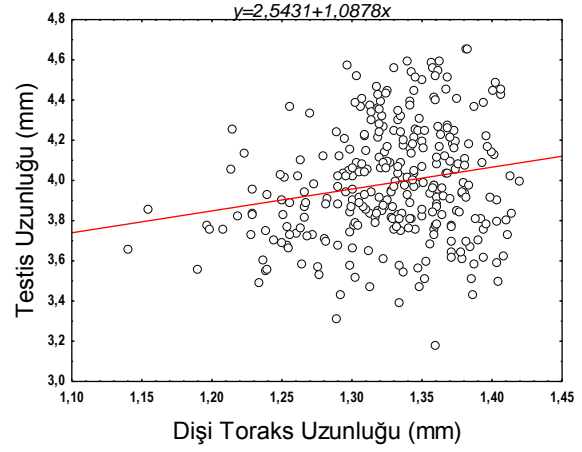
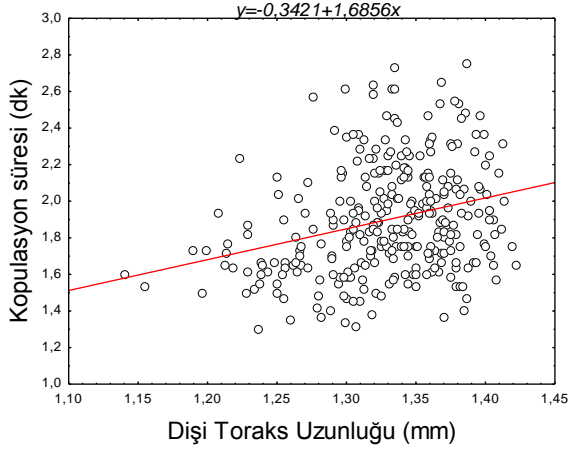
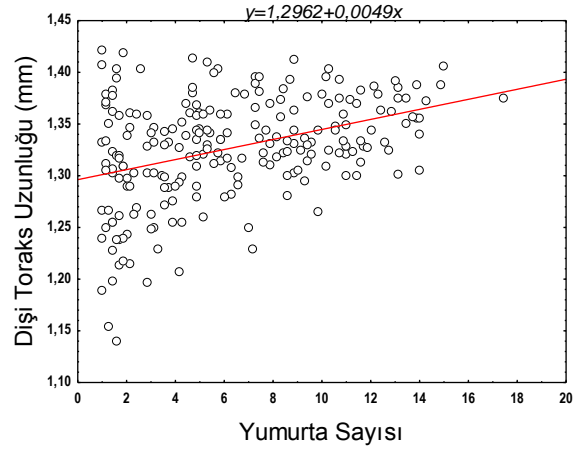
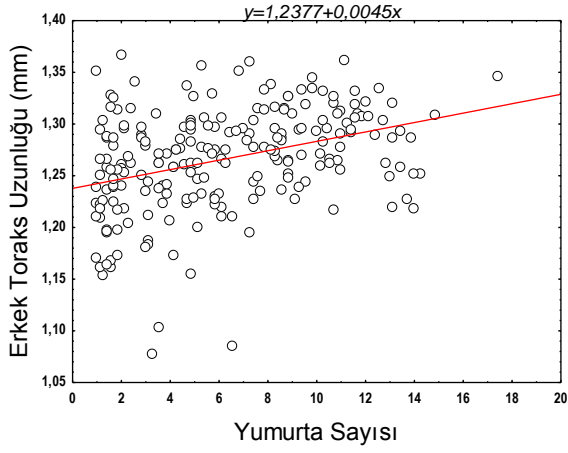
- [66] Pitnick, S., Gary T. M., Correlated response in reproductive and life history traits to selection on testis length in *Drosophila hydei*, *Heredity*, 84.4, 416-426, **2000**.
- [67] Pitnick, S., Investment in testes and the cost of making long sperm in *Drosophila*, *American Naturalist*, 57-80, **1996**.
- [68] Ward, P. I., Simmons, L.W., Copula duration and testes size in the yellow dung fly, *Scathophaga stercoraria* (L.): the effects of diet, body size, and mating history, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 29(2), 77-85. **1991**.
- [69] Schulte-Hostedde, A.I., Millar, J.S., Intraspecific variation of testis size and sperm length in the yellow-pine chipmunk (*Tamias amoenus*): implications for sperm competition and reproductive success, *Behavioral Ecology and Sociobiology* 55.3, 272-277, **2004**.
- [70] Breed, W. G., Taylor, J., Body mass, testes mass, and sperm size in murine rodents. *Journal of Mammalogy*, 81(3), 758-768, **2000**.
- [71] Møller, A.P., Ejaculate quality, testes size and sperm competition in primates, *Journal of Human Evolution*, 17(5), 479-488, **1988**.
- [72] Pitcher, T.E., Dunn, P.O., Whittingham, L.A., Sperm competition and the evolution of testes size in birds, *Journal of evolutionary biology*, 18(3), 557-567, **2005**.
- [73] Parker, G.A., Sperm competition and its evolutionary consequences in the insects, *Biological Reviews*, 45(4), 525-567, **1970**.
- [74] Swanson, W.J., Vacquier, V.D., The rapid evolution of reproductive proteins, *Nature Review Genetics*, 3:137-144, **2002**.
- [75] Wagstaff, B.J., Begun, D.J., Molecular population genetics of accessory gland protein genes and testis-expressed genes in *Drosophila mojavensis* and *D. arizonae*, *Genetics*, 171(3), 1083-1101, **2005**.
- [76] Civetta, A., Singh, R.S., High divergence of reproductive tract proteins and their association with postzygotic reproductive isolation in *Drosophila melanogaster* and *Drosophila virilis* group species, *Journal of Molecular Evolution*, 41(6), 1085-1095, **1995**.
- [77] Gavrillets, S., Rapid evolution of reproductive barriers driven by sexual conflict, *Nature*, 403, 886-889, **2000**.
- [78] Jagadeeshan, S., Singh, R.S., Rapidly evolving genes of *Drosophila*: differing levels of selective pressure in testis, ovary, and head tissues between sibling species, *Molecular Biology and Evolution*, 22(9), 1793-1801, **2005**.

- [79] Tayler, T.D., Pacheco, D.A., Hergarden, A.C., Murthy, M., Anderson, D.J., A neuropeptide circuit that coordinates sperm transfer and copulation duration in *Drosophila*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(50), 20697-20702, **2012**.
- [80] Andrés, J. A., Cordero Rivera, A., Copulation duration and fertilization success in a damselfly: an example of cryptic female choice?, *Animal Behaviour*, 59(4), 695-703, **2000**.
- [81] Mazzi, D., Kesäniemi, J., Hoikkala, A., Klappert, K., Sexual conflict over the duration of copulation in *Drosophila montana*: why is longer better?, *BMC Evolutionary Biology*, 9(1), 132. **2009**.
- [82] Gromko, M.H., Genetic constraint on the evolution of courtship and reproduction in female *Drosophila melanogaster*, *Heredity*, 58: 435-441, **1987**.
- [83] Gromko, M.H., Quantitative genetic analysis of courtship and reproduction in female *Drosophila melanogaster*, *Heredity* 62: 251-255, **1989**.
- [84] García-González, F., Gomendio, M., Adjustment of copula duration and ejaculate size according to the risk of sperm competition in the golden egg bug (*Phyllomorpha laciniata*), *Behavioral Ecology*, 15(1), 23-30. **2004**.
- [85] Gilchrist, A.S., Partridge, L., Why it is difficult to model sperm displacement in *Drosophila melanogaster*: the relation between sperm transfer and copulation duration, *Evolution*, 54, 534-542, **2000**.
- [86] Siva-Jothy, M.T., Variation in copulation duration and the resultant degree of sperm removal in *Orthetrum cancellatum* (L.) (Libellulidae: Odonata), *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 20: 2, 147-151, **1987**.
- [87] Wong-Muñoz, J., Anderson, C.N., Munguía-Steyer, R., Córdoba-Aguilar, A., Body size and morph as drivers of copulation duration in a male dimorphic damselfly. *Ethology*, **2013**.
- [88] Lefranc, A., Bundgaard, J., The influence of male and female body size on copulation duration and fecundity in *Drosophila melanogaster*, *Hereditas*, 132(3), 243-247. **2000**.
- [89] MacBean, I.T., Parsons, P.A., Directional selection for duration of copulation in *Drosophila melanogaster*, *Genetics*, 56(2), 233, **1967**.
- [90] Krebs, R.A., Markow, T.A., Courtship behavior and control of reproductive isolation in *Drosophila mojavensis*, *Evolution*, 43(4), 908-913, **1989**.

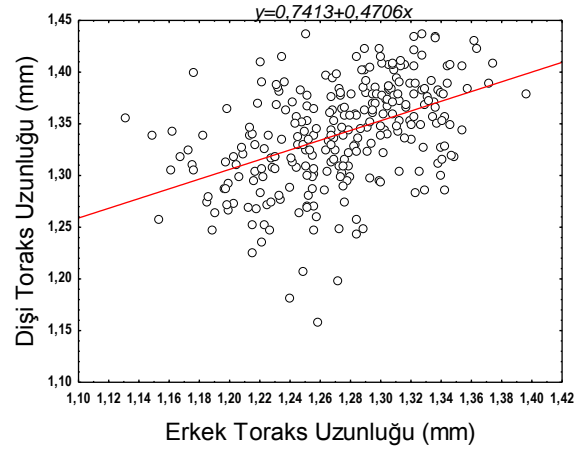
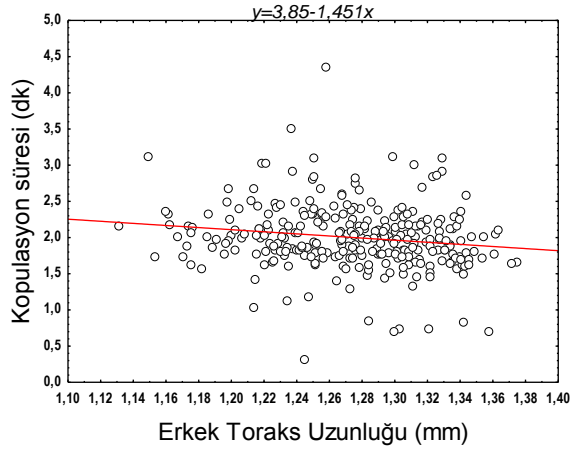
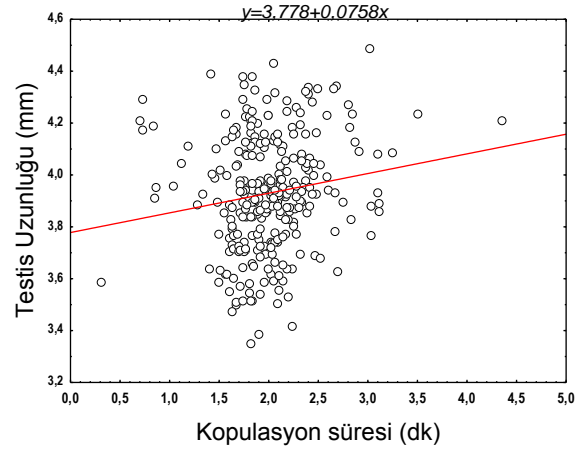
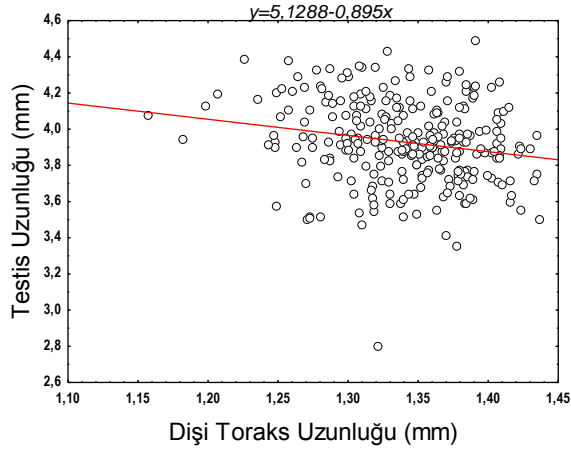
- [91] Kaul, D., Parsons, P.A., The genotypic control of mating speed and duration of copulation in *Drosophila pseudoobscura*, *Heredity*, 20(3), 381-392, **1965**.
- [92] Magnhagen, C., Predation risk as a cost of reproduction, *Trends in Ecology & Evolution*, 6(6), 183-186, **1991**.
- [93] de Almeida, L.D.N.A., Rego, R.S.S., de Azeredo-Oliveira, M.T.V., Madi-Ravazzi, L., Spermatogenesis of *Zaprionus indianus* and *Zaprionus sepsoides* (Diptera, Drosophilidae): Cytochemical, structural and ultrastructural characterization, *Genetics and molecular biology*, 36(1), 50-60., **2013**.
- [94] Hoffmann, A.A., Parsons, P.A., The analysis of quantitative variation in natural populations with isofemale strains, *Genetics Selection Evolution*, 20.1, 87-98, **1988**.
- [95] Marini, E., Racugno, W., Borgognini Tarli, S.M., Univariante estimates of sexual dimorphism: the effects of intrasexual variability, *American journal of physical anthropology*, 109(4), 501-508, **1999**.
- [96] Garcia-Gonzalez, F., Simmons, L.W., Tomkins, J.L., Kotiaho, J.S., Evans, J.P., Comparing evolvabilities: common errors surrounding the calculation and use of coefficients of additive genetic variation, *Evolution*, 66(8), 2341-2349, **2012**.
- [97] Keller, I., Alexander, J.M., Holderegger, R., Edwards, P.J., Widespread phenotypic and genetic divergence along altitudinal gradients in animals, *Journal of Evolutionary Biology*, **2013**.
- [98] Simmons, L.W., Kotiaho, J.S., Evolution of ejaculates: patterns of phenotypic and genotypic variation and condition dependence in sperm competition traits, *Evolution*, 56(8), 1622-1631, **2002**.
- [99] Pitnick, S., Therese M.A, and Greg S.S., Delayed male maturity is a cost of producing large sperm in *Drosophila*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92.23, 10614-10618, **1995**.
- [100] Araripe, L.O., Klaczko, L.B., Moreteau, B., David, J.R., Male sterility thresholds in a tropical cosmopolitan Drosophilid, *Zaprionus indianus*, *Journal of Thermal Biology*, 29(2), 73-80, **2004**.
- [101] Joly, D., Bressac, C., Sperm length in Drosophilidae (Diptera): estimation by testis and receptacle lengths, *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 23(2), 85-92, **1994**.

- [102] Robertson, F.W., Studies in quantitative inheritance XI. Genetic and environmental correlation between body size and egg production in *Drosophila Melanogaster*, *Journal of Genetics*, 55.3, 428-443, **1957**.
- [103] Houle, D., Comparing evolvability and variability of quantitative traits, *Genetics*, 130(1), 195-204, **1992**.
- [104] Sober, E., Orzack S.H., Common ancestry and natural selection, *The British journal for the philosophy of science* , 54.3, 423-437, **2003**.
- [105] Gromko, M.H., Briot, A., Jensen, S.C., Fukui, H.H., Selection on copulation duration in *Drosophila melanogaster*: predictability of direct response versus unpredictability of correlated response, *Evolution*, 69-81, **1991**.
- [106] Yılmaz, M., *Drosophila melanogaster ve Drosophila simulans'da (Diptera:Drosophilidae) vücut büyüklüğü ve stres direncinin yüksekliğe bağlı değişkenliği*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2012**.
- [107] Bangham, J., Chapman, T., Partridge, L., Effects of body size, accessory gland and testis size on pre-and postcopulatory success in *Drosophila melanogaster*, *Animal Behaviour*, 64(6), 915-921, **2002**.

EK 1 – Horzum popülasyonuna ait nokta grafikler ve regresyon denklemleri.



EK 2 – Ceyhan populasyonuna ait nokta grafikler ve regresyon denklemleri.



ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Bahar PATLAR
Doğum Yeri : AYDIN
Medeni Hali : Bekar
E-posta : baharpatlar@gmail.com
Adresi :

Eğitim

Lise : Adnan Menderes Anadolu Lisesi (1996-2003)
Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi,
Biyoloji Bölümü (2003-2011)
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi,
Biyoloji Bölümü, Genel Biyoloji Anabilim Dalı (2011-2013)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce (İleri)

İş Deneyimi

Universal Hospital Klinik Laboratuvarı, Staj Programı, Muğla, Türkiye (2009)

Deneyim Alanları

Kantitatif Genetik, Evrimsel Biyoloji, Populasyon Genetiği

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Patlar B., Koç B., Yılmaz M., Özsoy E.D., First records of *Zaprionus tuberculatus* (Diptera: Drosophilidae) from the Mediterranean Region, Turkey. *Drosophila Information Service*. 95: 94-96, 2012.

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

Patlar B., Koç B., Yılmaz M., Özsoy E.D., Türkiye’de yeni bir kayıt olan *Zaprionus tuberculatus* (Drosophilidae) türünün genel özellikleri ve rakımsal değişim gösteren doğal populasyonlarında testis uzunluğu özelliğinin yükseklik ile ilişkisi, 22. *Ulusal Biyoloji Kongresi*, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2012.

