

**Vektör Sivrisinek Türü *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae)'un
Yaşam Öyküsü Karakterleri Üzerine Çalışmalar**

**Studies on Life History Traits of Vector Mosquito
Aedes albopictus (Diptera: Culicidae)**

Mert Doğan

Prof. Dr. Salih Bülent Alten

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Biyoloji Anabilim Dalı için öngördüğü
YÜKSEK LISANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

Mert Doğan'nın hazırladığı “**Vektör Sivrisinek Türü *Aedes albopictus* (Diptera:Culicidae)**’un Yaşam Öyküsü Karakterleri Üzerine Çalışmalar” adlı bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Nurdan ÖZER
Başkan

.....

Prof. Dr. S. Bülent ALTEN
Üye (Danışman)

.....

Prof. Dr. Fatih Mehmet ŞİMŞEK
Üye

.....

Prof. Dr. Zafer AYAŞ
Üye

.....

Yrd. Doç. Dr. Yusuf Orhan MERGEN
Üye

.....

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

Prof. Dr. Fatma Sevin Düz
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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 tahrifat yapmadığımı,
- bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

21/12/2015

Mert Doğan

Özet

Vektör Sivrisinek Türü *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae)'un Yaşam Öyküsü Karakterleri Üzerine Çalışmalar

Mert Doğan

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. S. Bülent Altın

Aralık 2015, (xii + 64 sayfa)

Vektör sivrisinek türü *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) Türkiye’de ilk kez 2011’de Yunanistan sınırında kayıt altına alınmıştır. Avrupa Hastalıkları Önleme ve Kontrol Merkezi risk haritalarına göre Türkiye de bu vektör açısından istila riski altındadır. Bu çalışmanın amacı, son yıllarda *Aedes albopictus*’a karşı mücadelede de gündeme gelen Steril Böcek Tekniği’nin (SIT) kurulacak uydu tesislerle ana koloniden uzakta uygulanabilirliğinin sınanmasıdır. Bu amaçla, İtalya’da, Centro Agricoltura Ambiente (CAA) ile bir ön çalışma hazırlanmıştır. Uluslararası Atom Enerji Kurumu (IAEA) tarafından önerilen protokol dahilinde, *Aedes albopictus*’un toplu üretimi için gereken en uygun koşulları araştırmak için geometrik morfometrik yöntemlerin de kullanıldığı iki deney düzenlenmiştir. Bu araştırmada yürütülen iki farklı deneyde toplu üretim işlemlerinin iki önemli maddesi ele alınmıştır. Bunlar: 1) larval yoğunluğun pupalaşma başarısına olan etkisi, 2) sıcaklık ve nem değerlerinin *Aedes albopictus* yumurtalarının zaman içindeki açılma başarısına olan etkisi.

Larval yoğunluğun etkisini araştırmak için, bir mililitre su için 1, 2, 3 ve 4 larva düşecek şekilde IAEA tarafından üretilen tepsilerde erginleştirilen bireylerde pupalaşma başarısı, ergin kanat büyüklüğü ve şekil farklılıkları incelenmiştir. En yüksek pupalaşma başarısı 2 larva/ml su koşulunda elde edilirken, kanat şekillerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık

gözlenmemiştir. Kanat sentroid büyüklüklerinde ise erkeklerde farklılık görülmezken, dişi bireylerde 1, 2 ve 3, 4 larva/ml deiyonize su grupları arasında istatistiksel farklar tespit edilmiştir.

Yürütülen ikinci deneyde ise üç farklı bağıl nem düzeyi elde edebilmek amacıyla üç farklı tuz çözeltisinden (NaCl: % 75, KCl: % 85, K₂SO₄: % 99) yararlanılmış; *Aedes albopictus* yumurtaları her bir tuz çözeltisiyle beraber ayrı ayrı plastik kaplara konmuştur. Bir kutuya ise negatif kontrol grubu olarak *Aedes albopictus* yumurtaları, çözelti eklenmeden konmuştur. Plastik kaplar 20°C ve 25°C sıcaklığa sabitlenmiş iklim dolaplarına yerleştirilmiş, yumurtalar deney başladıktan sonra her 3 haftada bir 15 kere, toplamda 45 hafta olacak şekilde açılmıştır. En yüksek düzeyde ve en uzun süre boyunca devam eden yumurta açılma değerleri 20°C ve K₂SO₄ (% 99) grubundan elde edilmiştir. Bu grupta deneyin farklı haftalarında toplanan bireylerin kanat şekil ve sentroid büyüklükleri karşılaştırıldığında, dişi ve erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir. Bunun yanında, deneyin sonunda elde edilen 20°C ve K₂SO₄ (% 99) grubundan alınan bireyler ve kontrol grubunun bireyleri karşılaştırıldığında kanat şekil ve sentroid büyüklüğünde istatistiksel olarak fark görülmüştür.

Tez çalışmasının sonucunda, SIT kontrol tekniğinin uygulanmasında ana koloniden bağımsız uydu tesislerin kullanılması halinde, *Aedes albopictus* yumurtalarının en verimli şekilde saklanıp, verimli ergin bireylerin elde edilebilmesi için gereken önemli iki koşul hakkında önemli bulgular elde edilmiştir. Ana kolonideki üretim koşulları sağlandığında, temin edilecek yumurtaların uydu tesislerde SIT kontrol tekniğinin denenmesi ve yaygınlaşması amaçlanarak kullanılması mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Sivrisinek, *Aedes albopictus*, toplu üretim, steril böcek tekniği (SIT), geometrik morfometri

ABSTRACT

Studies on Life History Traits of Vector Mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae)

Mert Doğan

Master of Science, Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. S. Bülent Alten

December 2015, (xii + 64 pages)

Vector mosquito *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) was first recorded in Turkey, near the Greek border in 2011 and there is a risk of an invasion for Turkey according to the European Centre for Disease Prevention and Control risk maps. In collaboration with Centro Agricoltura Ambiente (CAA), a preliminary study was planned to find the optimum conditions for mass-rearing of *Aedes albopictus* in our laboratories. Geometric morphometric analysis was also used to evaluate the possibility of creating a satellite rearing facility for this species for first time and manage a larval mass-rearing until the pupal stage by using the new mass-rearing technology proposed by the International Atomic Energy Agency (IAEA) for control purposes using sterile insect technique (SIT).

In this study, two separate experiments were conducted in order to evaluate two different aspects of mass-rearing procedure. These were: 1) the effects of different larval densities over pupation success, 2) the effects of temperature and relative humidity over egg hatching success over time. Densities of 1, 2, 3 and 4 larvae per ml water on pupation success, adult wing size and shape were evaluated using the new larval rearing trays developed at the IAEA and using rearing procedures suggested by IAEA and CAA. The highest pupation rates were obtained from 2 larvae/ml-deionized water. The adult emergence rate from pupae was found

the same for all densities. There were no significant differences in shape and centroid sizes of the wings among different densities in males but a significant difference in centroid sizes in females was observed between 1, 2 and 3, 4 larvae/ml water groups.

For the second experiment, three different salt solutions (NaCl: % 75, KCl: % 85, K₂SO₄: % 99) were put in plastic boxes with *Aedes albopictus* eggs in order to create three different relative humidity levels. A box with no salt solution was also put as negative control group. The boxes were put in two climate cabins set to 20°C and 25°C. After the beginning of the experiment, the eggs were hatched every 3 weeks, 15 times making a total 45 weeks. The highest and the longest hatching rates were collected from 20°C and K₂SO₄ (% 99) group. In this group, a significant difference in wing shape and centroid sizes for both females and males were observed between samples collected from different weeks of the experiment. Also compared with the control group, a significant difference was observed in the wing shape and centroid size at the end of the experiment.

Two important factors were studied for the optimum conditions to preserve the eggs and efficiently hatching mature mosquitos to evaluate the possiblity of using a satellite facility for SIT control method that will be independent from the main *Aedes albopictus* colony. If the circumstances in the main colony are provided, it has seen that it is possible to use satellite facilities in order to generalize SIT.

Keywords: Mosquito, *Aedes albopictus*, mass-rearing, sterile insect technique (SIT), geometric morphometrics

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen, çalıőmam sırasında üniversitedeki imkanların yanı sıra, uluslararası imkanlar da sağlayan, bilgi ve tecrübeleriyle değerli bir akıl hocası olan danışmanım Prof. Dr. Bülent Alten'e, çalıőmam süresince bana her konuda yardımcı olan Uzman Dr. Özge Eriőöz Kasap'a, yüksek lisansa baőladığım ilk günden beri candan kişiliğiyle ve iyi kalbiyle yanımda olan Araç. Gör. Dr. Filiz Günay'a, çalıőmayı beraber yürüttüğümüz, İtalya'daki CAA ekibine, Dr. Romeo Bellini ve Dr. Arianna Puggioli'ye;

Çok yorucu iki deney süresince, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Gizem Oğuz, Yasemen Sarıkaya ve Begüm Karaoğlu'na; tez çalıőmalarım süresince her türlü teknik yardımın yanı sıra akıl danışabildiğim Teknisyen Salim alıő'a; lisans ve yüksek lisans eğitimin süresince dostlarım olarak yanımda olan Elif Deniz Ülker, Gökhan Ergan, Duygu Deniz Kazancı'ya; okul dıőından da olsa yardım eden Mehmet Karakuő ve Jorian Prudhomme'a; tez çalışmasında ve diğer her türlü konuda yardımcı olan Arda Cem Kuyucu'ya, Olcay Hekimoğlu'na, aęaőan Karacaoğlu'na; Ekoloji Anabilim Dalı'ndaki diğer hocalarım Prof. Dr. Nurdan Özer ve Prof. Dr. Selim Sualp ağlar'a;

Her zaman yanımda olan, beni desteklemekten asla vazgeçmeyen, çalıőmam için gösterdikleri tüm özveri ve fedakarlıkları için, sevgili annem Bahar Doğan, babam Ali Doğan ve biricik kardeőim Baőak Doğan'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİ	4
2.1. <i>Aedes albopictus</i> 'un Biyolojisi Hakkında Genel Bilgi	4
2.2. <i>Aedes albopictus</i> 'un İstilacı Bir Tür Olarak Önemi	5
2.3. <i>Aedes albopictus</i> 'un Vektöriyel Önemi	7
2.4. <i>Aedes albopictus</i> ile Yapılan Vektör Kontrol Çalışmaları.....	8
2.5. Steril Böcek Tekniği (Steril Insect Technique-SIT).....	10
2.6. Değişkenlere Karşı Morfolojik Cevapların Popülasyon Düzeyinde Ölçülmesinde Kullanılan Geometrik Morfometri Yöntemi.....	10
3. YÖNTEM.....	12
3.1. Deneylerde Kullanılan <i>Aedes albopictus</i> Soyları	12
3.2. Larva Yoğunluk Deneyi.....	12
3.2.1. Larva Üretim Sistemi	12
3.2.2. Larva Yoğunlukları	14
3.2.3. Larva Diyeti	14
3.2.4. İklim Odası Koşulları	14

3.2.5. Pupalaşma ve Ergin Oranlarının Hesaplanması	14
3.2.6. Geometrik Morfometrik Analiz	15
3.2.7. İstatistik Analizleri	16
3.3. Embriyonik Dayanıklılık Deneyi.....	16
3.3.1. Yumurtaların Hazırlanışı.....	16
3.3.2. Yumurta Saklama Koşulları	16
3.3.3. Yumurta Açma ve Larva Besleme Yemi	17
3.3.4. Yumurta Açılma İşlemi.....	17
3.3.5. Yumurta Açılma Oranlarının Hesaplanması.....	18
3.3.6. Geometrik Morfometrik Analiz	18
3.3.7. İstatistik Analizleri	19
4. BULGULAR	20
4.1. Larva Yoğunluk Deneyi.....	20
4.1.1. İklim Odası, Sıcaklık ve Nem Verileri.....	20
4.1.2. Pupalaşma ve Erginleşme Oranları	21
4.1.3. Geometrik Morfometrik Analiz	24
4.1.4. Sentroid Büyüklüğü Analizi.....	28
4.2. Embriyonik Dayanıklılık Deneyi.....	30
4.2.1. Yumurta Saklama Kaplarının Sıcaklık ve Nem Verileri.....	30
4.2.2. Yumurta Açılma Oranları	30
4.2.3. Geometrik Morfometrik Analiz	33
4.2.4. Sentroid Büyüklüğü Analizi.....	41
5. TARTIŞMA.....	47
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Farklı larva yoğunluklarının pupalaşma ve erginleşme oranı üzerine etkisi.....	21
Çizelge 4.2. Pupalardan toplandığı ilk 3 günde ortalama pupalaşma ve erkek bireylerin oranları.....	22
Çizelge 4.3. Farklı larval yoğunluklardan erginleşen erkek ve dişi bireylerin sentroid büyüklük oranları.....	27
Çizelge 4.4. Farklı sıcaklık ve nem koşullarında bekletilen yumurtaların toplam açılma oranları.....	30
Çizelge 4.5. 20°C ve K ₂ SO ₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulundan alınan dişi ve erkek bireylerin sentroid büyüklük oranları.....	40
Çizelge 4.6. 20°C ve K ₂ SO ₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulu ve kontrol grubunun sağladığı % 50 bağıl nem koşulundan elde edilen dişi ve erkek bireylerinin sentroid büyüklük ortalamaları.....	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. <i>Aedes albopictus</i> –dişi birey (CDC).....	4
Şekil 2.2. <i>Aedes albopictus</i> ' un Avrupa' da yayılım gösterdiği bölgeler (ECDC, Ekim 2015)...	6
Şekil 2.3. Chikungunya Humması'nın dünyada görüldüğü bölgeler (CDC, Mart 2015).....	8
Şekil 2.4. Bir ovitrap örneği (CDC).....	9
Şekil 3.1. A- Deneyde kullanılan plastik tepsi; B- FAO/IAEA laboratuvarlarında geliştirilen seri üretim tepsi sistemi.....	13
Şekil 3.2. EBAL' de kullanılan IAEA raf sisteminin uyarlanması.....	13
Şekil 3.3. <i>Aedes albopictus</i> sağ kanat preparatının analizinde kullanılan landmarklar.....	15
Şekil 3.4. A- İklim dolabına yerleştirilen yumurtaların saklandığı kaplar. B- Kapların içi, anlık kontroller için termometre, toplam nem ve sıcaklık gözlemi için datalogger, istenen nemin sağlanması için tuzlu su karışımı ve 2000 yumurta içeren kağıt şeritleri.....	16
Şekil 3.5. Erginlerin kanat morfometrilerini analiz etmek üzere büyümeye devam eden larvalar.....	18
Şekil 4.1. İklim odasında deney boyunca kaydedilen sıcaklık verileri.....	20
Şekil 4.2. İklim odasında deney boyunca kaydedilen bağıl nem verileri.....	20
Şekil 4.3. Dişilerin 4 farklı larval yoğunluğa ait kanat landmark iz düşümlerinin dağılımları.....	23
Şekil 4.4. Erkeklerin 4 farklı larval yoğunluğa ait kanat landmark iz düşümlerinin dağılımları.....	24
Şekil 4.5. Farklı yoğunluklardan elde edilen, dişi kanat morfometrilerine ait CVA grafiği....	25
Şekil 4.6. Farklı yoğunluklardan elde edilen, erkek kanat morfometrilerine ait CVA grafiği..	25
Şekil 4.7. Dişi bireylerin, bütün larval yoğunluklarından elde edilen kanat şekil ortalamalarına göre şekil farklılıkları.....	26

Şekil 4.8. Erkek bireylerin, bütün larval yoğunluklarından elde edilen kanat şekil ortalamalarına göre şekil farklılıkları.....	26
Şekil 4.9. Dişi kanat sentroid büyüklük ortalamaları ($F(3,396) = 27,442, p<0,01$).....	28
Şekil 4.10. Erkek kanat sentroid büyüklük ortalamaları ($F(3,396) = 8,6596; p<0,01$).....	28
Şekil 4.11. $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış iklim dolabındaki farklı tuz çözeltilerinin sağladığı bağıl nem değerleri.....	29
Şekil 4.12. $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış iklim dolabındaki farklı tuz çözeltilerinin sağladığı bağıl nem değerleri.....	29
Şekil 4.13. 20°C sıcaklığında, farklı nem koşullarının yumurta açılma oranları.....	31
Şekil 4.14. 25°C sıcaklığında, farklı nem koşullarının yumurta açılma oranları.....	31
Şekil 4.15. 20°C ve K_2SO_4 tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem koşulunda bekleyen dişi bireylerin kanat ortalamalarının landmark izdüşümü.....	33
Şekil 4.16. 20°C ve K_2SO_4 tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem koşulunda bekleyen erkek bireylerin kanat ortalamalarının landmark izdüşümü.....	33
Şekil 4.17. 20°C ve K_2SO_4 tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem koşulunda bekleyen, farklı haftalarda yumurtadan çıkan dişi bireylerin, kanat morfometrilerine ait CVA grafiği.....	34
Şekil 4.18. 20°C ve K_2SO_4 tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem koşulunda bekleyen, farklı haftalarda yumurtadan çıkan erkek bireylerin, kanat morfometrilerine ait CVA grafiği.....	35
Şekil 4.19. En verimli grup olan 20°C ve % 99 bağıl nem koşullarında saklanan yumurtalardan çıkan ergin, dişi bireylerden elde edilen kanat şekillerinin deneyin ilk ve son haftasına göre şekil farklılıkları.....	35
Şekil 4.20. En verimli grup olan 20°C ve % 99 bağıl nem koşullarında saklanan yumurtalardan çıkan ergin, erkek bireylerden elde edilen kanat şekillerinin deneyin ilk ve son haftasına göre şekil farklılıkları.....	36
Şekil 4.21. 20°C 'de K_2SO_4 tuzu ve kontrol grubuyla elde edilen % 99 ve %50 bağıl nem oranlarında bekleyen dişi bireylerin kanat ortalamalarının landmark izdüşümü.....	37

Şekil 4.22. 20°C’de K ₂ SO ₄ tuzu ve kontrol grubuyla elde edilen % 99 ve % 50 bağıl nem oranlarında bekleyen erkek bireylerin kanat ortalamalarının landmark izdüşümü.....	37
Şekil 4.23. 20°C’de K ₂ SO ₄ tuzu ve kontrol grubundan elde edilen % 99 ve % 50 bağıl nem oranlarında bekleyen yumurtalardan elde edilen dişi bireylerinin kanat morfometrilerine ait CVA dağılımı.....	38
Şekil 4.24. 20°C’de K ₂ SO ₄ tuzu ve kontrol grubundan elde edilen % 99 ve % 50 bağıl nem oranlarında bekleyen yumurtalardan elde edilen erkek bireylerinin kanat morfometrilerine ait CVA dağılımı.....	39
Şekil 4.25. 20°C’de kontrol grubu ve K ₂ SO ₄ tuzuyla elde edilen % 50 ve % 99 bağıl nem koşullarında bekleyen yumurtalardan elde edilen dişi bireylerinin kanat şekil farklılıkları.....	39
Şekil 4.26. 20°C’de kontrol grubu ve K ₂ SO ₄ tuzuyla elde edilen % 50 ve % 99 bağıl nem koşullarında bekleyen yumurtalardan elde edilen erkek bireylerinin kanat şekil farklılıkları.....	40
Şekil 4.27. 20°C ve K ₂ SO ₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulunun dişi kanat sentroid büyüklük ortalamaları (F(3, 122) = 19,256; p<0,001).....	41
Şekil 4.28. 20°C ve K ₂ SO ₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulunun erkek kanat sentroid büyüklük ortalamaları (F(3, 123) = 3,9662; p= 0,00973).....	42
Şekil 4.29. 20°C ve K ₂ SO ₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulu ve kontrol grubunun sağladığı % 50 bağıl nem koşulundan elde edilen dişi kanat sentroid büyüklük ortalamaları (F(1, 62) = 17,923; p<0,001).....	44
Şekil 4.30. 20°C ve K ₂ SO ₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulu ve kontrol grubunun sağladığı % 50 bağıl nem koşulundan elde edilen erkek kanat sentroid büyüklük ortalamaları (F(1, 62) = 90,875; p<0,001).....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

°C	Derece santigrat
SIT	Sterile Insect Technique (Steril Böcek Tekniği)
CAA	Centro Agricultura Ambiente (Merkezi Tarım Birliği)
IAEA	International Atomic Energy Agency (Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu)
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control (Avrupa Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi)
CDC	Centre for Disease Control and Prevention (Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi)
PHIL	Public Health Image Library (Halk Sağlığı Fotoğraf Kütüphanesi)
CVA	Canonical Variance Analysis (Kanonik Varyans Analizi)
PCA	Principle Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
EBAL	Ekolojik Bilimler Araştırma Laboratuarı
RH	Relative Humidity (Bağıl Nem)

1. GİRİŞ

Diptera takımı, Culicidae familyasına ait olan *Aedes albopictus* (Skuse, 1894)-Asya Kaplan Sivrisineği, günümüzde tüm vektör sivrisinek türleri arasında belki de en dikkat çekenidir. Türün doğal yaşam alanları, Güney-Doğu Asya ve çevresindeki Pasifik adaları olmasına rağmen geçtiğimiz 50 yıl içinde Antarktika ve Avustralya dışındaki tüm kıtalara yayılmıştır [1]. Yüksek uyum yeteneği sayesinde tropiklerden binlerce kilometre uzağa, düşük sıcaklıklara ve zor koşullara uyum sağlayarak, Batı Avrupa'dan Amerika kıtasına kadar istilacı bir şekilde yeni habitatlara yerleşip, popülasyonlar oluşturmayı başarmıştır.

Avrupa'da ilk kez 1979'da Arnavutluk'da kayıt altına alınan bu tür [2], sonrasında Amerika Birleşik Devletleri (1980), Brezilya (1986), Arjantin (1988), Meksika (1988), Güney Afrika (1990), Nijerya (1991), Kamerun (1999), İtalya (1991), Fransa (1999), Belçika (2000), Lübnan (2003), İsrail (2003), Suriye (2005) ve son olarak Türkiye'de (2011) [3] yerleşik popülasyonlar oluşturmuştur. Türün, tropiklerdeki üyelerinin fenotipik plastisitesinin yüksek olması sayesinde Avrupa'nın kuzeyine kadar uzanan ve soğuğa dayanabilen popülasyonlar oluşturabilmesi, bir istilacı tür olarak ne kadar başarılı olduğunu göstermiştir [4]. *Aedes albopictus* Avrupa kıtasında yayıldığı alanlarda hızla çok ciddi halk sağlığı problemi haline gelmiştir ve günümüzde yayılmaya başladığı Avrupa ülkeleri için de tehdit oluşturmaktadır.

Aedes albopictus'u biyolojik olarak önemli bir tür kılan iki temel unsur vardır: 1) çok başarılı bir dispersiyon gücüne sahip olması; 2) birçok arbovirüsü taşıyıp, hayvan ve insan popülasyonlarına yayması, dolayısıyla birçok viral hastalığın da vektörü olmasıdır.

Bir istilacı türün sahip olması gereken, belirli özellikler, *Aedes albopictus*'ta bulunmaktadır. Kısa sürede erginleşmesi, hızlı üremesi, yüksek dispersal yeteneği, fenotipik plastisitesi, diyet zenginliği ve insanlarla olan ilişkisi bu istilacı türün rekabet gücünü artırarak, bulunduğu ortamı paylaştığı diğer türlerin önüne geçmesini sağlamaktadır. İstilacı türlerin ekosistemdeki etkisi, rekabet ettiği türleri habitatından uzaklaştırarak veya ortadan kaldıracak kadar olumsuz sonuçlar doğurabilir. Özellikle bir coğrafyanın biyolojik öneminin, genel bir parametre olarak o coğrafyanın biyolojik çeşitliliğinin yüksek ya da düşük olmasına göre değerlendirildiği göz önüne alındığında, istilacı türlerin, çeşitliliğe olan doğrudan olumsuz etkisinin belirlenmesiyle yaptığı zararın önemi açıkça anlaşılabilir. Bu bağlamda örneğin, *Aedes albopictus* larvaları

uzun süreli açlığa dayanıklıdır ve yüksek larval yoğunluğa daha fazla toleranslıdır [5]. Aynı zamanda diğer sinek türlerinin larvalarıyla olan rekabette de başarılıdır ve yakın akrabası *Aedes aegypti*'nin bölgesel yok oluşlarına neden olduğu da bilinmektedir [6], [7].

Aedes albopictus'un bu kadar başarılı bir istilacı olmasının ekosistem üzerindeki etkisinin yanı sıra insanlar için ölüm riski taşıyan Japon ensefaliti, Batı Nil ensefaliti, Chikungunya, Sarı Humma ve Dengue Humması gibi Flaviviridae, Bunyaviridae, Togaviridae familyalarına ait birçok arbovirüsün vektörü olması bu türün önemini daha da artırmaktadır [8]. Bu hastalıkların insidans ve prevalans hızları çok fazladır ve her yıl dünyanın farklı bölgelerinden milyonlarca vaka rapor edilmektedir. Örneğin WHO'nun 2013 yılında yayınladığı rapora göre, dünya nüfusunun yarısı Dengue Humması'na yakalanma riski altındadır. Bu ateşli hastalıkların çok azına karşı aşı geliştirilmiştir; sadece semptomlara yönelik tedaviler kullanılmaktadır.

Genel olarak tropik ve subtropiklerde yayılım gösteren bu hastalıklar, geçtiğimiz 50 yılda vektörün hızlı yayılımı nedeniyle Avrupa'ya da sıçramıştır. *Aedes albopictus*'un dünya çapında yayılmasındaki temel faktör insan olduğu için havayolu, deniz taşımacılığı ve kara ulaşımının gelişimi, yayılma hızını doğrusal olarak etkilemiştir. Özellikle kullanılmış lastik [9] ve şanslı bambu (*Dracaena braunii*) bitkisinin [10] kıtalar arasındaki yoğun ticareti, *Aedes albopictus* yumurtalarının hızla ve çok sayıda taşınmasını sağlayarak, bu türün tüm dünyaya yayılmasındaki birincil faktör haline gelmiştir. Karanlık ve nemli yerlerde dinlenen ve su birikintilerinin yakınında üreyen *Aedes albopictus* dişileri, yumurtladıktan 9-10 gün sonra erginliğe erişir. Yeni kuşağın bireyleri farklı bir kıtada yumurtadan çıkıp, rekabetteki ve fenotipik plastisitedeki üstünlükleri sayesinde yeni habitatlarına çok çabuk uyum sağlayarak, büyük popülasyonlarını oluşturabilmektedirler.

Artan sivrisinek istilalarına karşı etkili ve başarılı başka bir mücadele yöntemi geliştirilememesi sonucunda, Avrupa'da son yıllarda sivrisinek mücadelesinde "Steril Sivrisinek Tekniği" (Sterile Insect Technique-SIT) tekrar gündeme gelmiştir. Bu yöntemde amaç verimli üremeyi durdurup, istilacı türü kontrol altına almaktır (Dünya Sağlık Örgütü, 2010). Bunun için geliştirilecek yöntemin, toplu üretimi yapılan steril erkek bireylerin, kalitesinin standardize edilecek şekilde olması gerekmektedir [11]. Teknik, çok sayıda steril

erkeğin birbirini takip eden zaman dilimlerinde, hedef popülasyonun olduğu bölgeye bırakılması ve neticede popülasyonun çökmesi amacına dayanır [12].

Sonradan girdiği ekosistemlerde oluşturduğu tehdit göz önüne alındığında, Türkiye’de de 2011 yılında örneklenen *Aedes albopictus*’un ülkede yayılması olası bir senaryodur. Türkiye, coğrafi ve iklimsel yapısı nedeniyle istila riskiyle karşı karşıya olan ülkeler arasında gösterilmiştir [13]–[15]. Bununla birlikte yapılan iklim modellerine göre Akdeniz Havzası ve Karadeniz kıyıları boyunca yayılma potansiyelinin yüksek, dağlık bölgelerde ise daha az olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Bu bilgiler ışığında, istilacı bu türün ülkemizdeki yayılışını engellemek ve kontrol altına almak için entegre mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygun mücadele programlarının düzenlenmesi gereklidir. Bu bağlamda, bu türün popülasyon dinamiklerini ve çevreyle olan ilişkisini dikkate alarak, en verimli şekilde uygulanabilecek kontrol planları geliştirilmelidir. Bu da ancak bu türe ait biyo-ekolojik verilerin, en iyi şekilde bilinmesi ile mümkün olabilecektir.

Bu yüksek lisans tezi çalışmasında *Aedes albopictus*’un gelişiminde ve hayat döngüsünde rol oynayan larval yoğunluğun pupalaşmaya ve erginleşmeye olan etkisi ile yumurtalardaki embriyonik dayanıklılığın, sıcaklık, bağıl nem ve zamana bağlı değişimleri araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİ

2.1. *Aedes albopictus*'un Biyolojisi Hakkında Genel Bilgi

Aedes albopictus (Skuse, 1894), boyutları 2 ile 10 mm arasında değişen ve hemen göze çarpan siyah beyaz desenleri nedeniyle “Asya Kaplan Sivri Sineği” olarak da bilinen bir vektör sivrisinek türüdür [16] (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: *Aedes albopictus* –dişi birey (CDC) [85]

Aedes albopictus, Diptera takımının Culicidae familyasına bağlı *Aedes* cinsinde ve *Stegomyia* alt-cinsinde yer alır. Reinert ve arkadaşları tarafından 2004 yılında yapılan bir çalışmada [17], *Stegomyia* alt-cins taksonunun cins statüsüne yükseltilmesinin gerekliliği belirtilse de bu konudaki sistematik tartışmaları günümüzde de devam etmektedir.

Diğer sivrisinek türlerinde olduğu gibi *Aedes albopictus* erkekleri dişilerinden daha küçük olmakla beraber, antenlerindeki reseptörlerin daha fazla olması ve palpuslarının çok daha uzun olması dışında, erkekler ile dişiler arasında morfolojik olarak fazla fark bulunmamaktadır.

Aedes albopictus, esas olarak ağaç kovuklarındaki biriken sulara yumurtlayan bir sivrisinek türüdür ve bitkilerin yoğun olduğu bölgelerde daha çok bulunur. Fakat ekolojik esnekliği sayesinde insanlara yakın kentsel üreme alanlarında da (saksı, otomobil lastikleri, açık su toplama kapları, kanalizasyon çukurları, su depoları, vb.) üreyebilmektedir. Bu gibi kentsel üreme alanlarına düşen yaprak ve ağaç dalı gibi organik maddeler, larvaların gelişimi için

ideal bir ortamın oluşmasını sağlar [18]. Sadece dişiler yumurtaların gelişimi için kanla beslenmeye ihtiyaç duyarken, gerektiğinde karbonhidrat kaynağı için erkek bireyler gibi nektar ve diğer şekerli bitki sıvılarıyla da beslenebilirler. Dişiler, konaklarına, konakların çıkardığı karbondioksit, organik ürünler, nem ve kendi optik reseptörlerinin yardımıyla erişirler. Ormanlarda gün içinde beslenme davranışı gösterdikleri için “orman sivrisineği” olarak da adlandırılırlar. Buldukları biyotopa göre gün içinde farklı zamanlarda, ancak genellikle alacakaranlık kuşaklarında aktiftirler. *Aedes albopictus* insanlar dışında, diğer memeli ve kuşların kanlarıyla da beslenebilir [19].

Aedes albopictus'un, saldırgan ve çok başarılı istilacı bir tür olarak yayıldığı bölgelerde gösterdiği yüksek baskınlığı, hızla artan popülasyon büyüklüğü ve göreceli bolluğu ile halk sağlığını tehdit etmesi, onu son yirmi yılda öne çıkan en önemli vektör sivrisinek türü haline getirmiştir [8]. Anavatanı olan tropik ve subtropik bölgelerden, hızla Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika, Karayipler ve Orta Doğu'ya yayılmıştır. Günümüzde dünyadaki en başarılı istilacı sivrisinek türlerinden biri olarak görülmektedir [1], [10], [20]. Yüksek fenotipik plastisiteye sahip olmaları, soğuk ve kuru iklim şartlarına sahip, ılıman bölgelerde, kısa zamanda büyük popülasyonlar kurabilmelerini sağlamıştır [4]. Sıcak ve nemli tropikal bölgelerde yıl boyunca aktif olabilirken, ılıman bölgelerde kış aylarını, ergin diyapozunda geçirebilirler. İlıman bölgelere yerleşmiş soyların yumurtalarının, tropikal bölgelerdeki sineklerin yumurtalarına göre soğuğa daha dayanıklılığı olduğu bildirilmiştir [21].

2.2. *Aedes albopictus*'un İstilacı Bir Tür Olarak Önemi

Aedes albopictus diğer biyotoplara yayılımı sırasında benzer nişleri işgal eden diğer türlere rekabette üstün gelebilir, hatta o bölgede ortadan kalkmalarına neden olabilirler. Bu bağlamda, ABD'nin Florida eyaletinde ve Fransız Mayotte ve La Reunion Adaları'nda yakın akrabası *Aedes aegypti*'nin popülasyonlarının larval rekabet nedeniyle düşüşüne, hatta tamamen ortadan kalkmasına neden oldukları belirtilmiştir [6], [7], [22], [23]. Benzer bir etki, *Aedes albopictus* henüz tropik Asya'dan çok uzaklaşmamışken Guam Adası'nda, *Aedes guamensis* türünün de baskılanmasıyla ortaya çıkmıştır [24]. Küresel Yayılmacı Türler Veri Tabanı (Global Invasive Species Database-GISD) *Aedes albopictus*'u en başarılı 100 istilacı tür arasında sıralamıştır [25]. Avrupa'da ilk kez 1979'da Arnavutluk'ta ortaya çıkan *Aedes*

albopictus [2], kısa sürede neredeyse tüm Batı Avrupa ülkelerine yayılmış ve Akdeniz havzasını istila etmiştir [9] (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: *Aedes albopictus*'un Avrupa'da yayılım gösterdiği bölgeler (ECDC, Ekim 2015) [86]

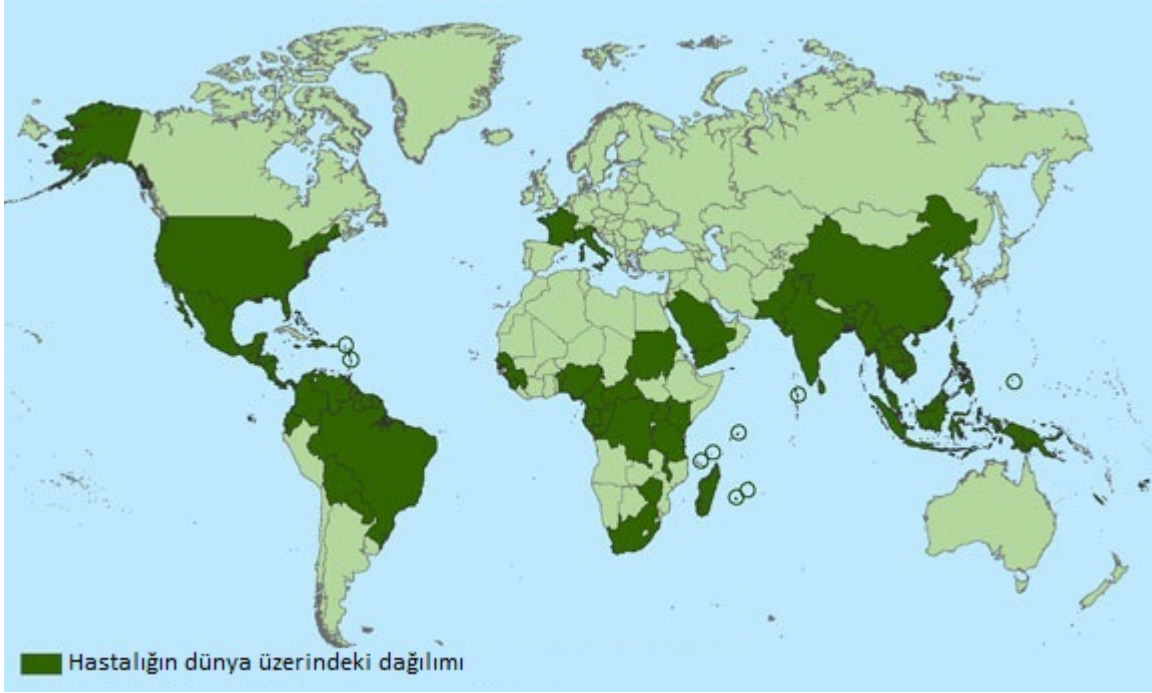
Tropiklerde yaşayan alt popülasyon üyelerinin fenotipik plastisitesinin yüksek olması nedeniyle türün, Avrupa'nın kuzeyine kadar uzanan ve soğuğa dayanabilen alt popülasyonlar oluşturabilmesi, bir istilacı tür olarak ne kadar başarılı olduğunun bir kanıtıdır [4]. İstilacı türlerin ekosistemdeki etkisi, rekabet ettiği türleri habitattan uzaklaştıracak kadar ciddi sonuçlar doğurabilir. Özellikle bir coğrafyanın biyolojik öneminin bir parametre olarak o coğrafyanın biyolojik çeşitliliğine göre değerlendirildiği göz önüne alındığında, istilacı türlerin çeşitliliğe olan olumsuz etkileriyle, yaptığı zararın önemi daha iyi anlaşılabilir. Larvaları uzun süre açlığa dayanabilir ve aşırı larval yoğunluğa daha dayanıklıdırlar [5].

Aedes albopictus, Türkiye'de ilk defa Trakya Bölgesinde, İpsala sınır kapısı yakınlarında 2011'de kayıt altına alınmıştır [3]. Bu bölgede yapılan çalışmalarla yerleşmiş bir popülasyona rastlanmasa da Türkiye, günümüzde istila riski taşıyan ülkeler arasında gösterilmektedir [13]–[15]. Eylül 2015 tarihinde, Kuzey-Batı Anadolu'da, Avrupa Birliği "ECDC-EFSA Vectornet

Projesi” kapsamında yapılan saha çalışmalarında bu tür, özellikle otomobil lastiklerinin depolandığı alanlarda ve vejetasyonun yoğun olduğu, sulak ve nispeten gölge habitatlarda bulunmuş ve popülasyonun yerleşik olduğu tespit edilmiştir (Kişisel Görüşme: Yrd. Doç. Dr. Mustafa Akiner). Bu durum *Aedes albopictus*'un Anadolu'ya, kısa bir süre içinde gerek Avrupa üzerinden, gerekse Kafkasya-Gürcistan üzerinden girdiğinin de bir göstergesidir.

2.3. *Aedes albopictus*'un Vektöriyel Önemi

Aedes albopictus yayıldığı alanlarda hızla çok ciddi haşere ve halk sağlığı sorunu haline gelmiştir ve tedavisi güç hastalıkların vektörü olarak risk oluşturmaktadır [24], [26], [27]. Hızlı yayılım, antropofilik davranış ve diurnal beslenme davranışına sahip *Aedes albopictus*'un insanlara verdiği rahatsızlığın yanı sıra Chikungunya ve Dengue Humması gibi, bazı çok önemli arboviral hastalıkların birincil ve ikincil vektörü olması, oluşturduğu halk sağlığı tehdidi açısından önemini daha da arttırmaktadır [8]. Yapılan bir çalışmada (2010), *Aedes albopictus*'un Usutu Virüsü'nün de olası vektörü olduğu ortaya çıkarılmıştır [28]. Her yıl, dünyanın farklı bölgelerinden insidans ve prevalans hızları oldukça fazla olan bu viral hastalıklara ait milyonlarca vaka rapor edilmesine rağmen, bu ateşli hastalıkların önlenmesi konusunda çok azına karşı aşı geliştirilebilmiştir. Bu hastalıkların sadece semptomlarına yönelik tedaviler bulunmaktadır. Genel olarak tropik ve subtropiklerde yayılım gösteren bu hastalıklar, geçtiğimiz 50 yılda vektörün taşınımı nedeniyle, Avrupa ve Amerika kıtalarına da sıçramıştır [27] (Şekil 2.3). Bir Fransa adası olan La Reunion'da 2005 ve 2006 yılları arasında görülen Chikungunya salgını 266.000 kişiyi enfekte ederek 248 insanın ölümüne neden olmuştur [29]. *Aedes albopictus*, Avrupa kıtasında patlak veren ilk Chikungunya salgının bilinen vektörüdür. Salgın, İtalya, Ravenna'da 2007'de başlamış ve 200 kişi enfekte olmuştur [30]. Bunun üzerine, Chikungunya virüsünün mutasyona uğramış soylarının *Aedes albopictus* üzerinden doğrudan bulaştığı ortaya çıkarılmıştır [31]. Aynı zamanda bu türün kedi ve köpeklerde kalp hastalıkları etkeni olan, *Dirofilaria immitis* parazitinin de vektörü olduğu bilinmektedir [8]. Hastalıkların yayılımında *Aedes albopictus*'un başka bir kilit rolü ise dişilerinin kan emme davranışının, diğer sivrisinek türlerinden daha farklı olmasıdır. Vektör, bir konakta kan emmesini tamamlamadan başka konaklara geçerek patojenlerin aktarımı sırasındaki köprü rolünü güçlendirmektedir.



Şekil 2.3: Chikungunya Humması'nın dünyada görüldüğü bölgeler (CDC, Mart 2015) [87]

2.4. *Aedes albopictus* ile Yapılan Vektör Kontrol Çalışmaları

Aedes albopictus, farklı çevre koşullarına kolayca uyum sağlama yeteneği sayesinde uyum değerinin yüksek olması, insanlarla olan yakın ilişkisi ve üreme hızının diğer yakın ya da uzak sivrisinek türlerine göre rekabette daha fazla üstünlük sağlaması nedenleriyle kontrol altına alınması oldukça zor bir sivrisinek türüdür. Başlangıç olarak en azından bilimsel temelli ve yeterli saha çalışmalarının geniş ölçekte sürdürülmesi ve bu türün yayılım yollarının belirlenmesi,, gerekli önlemlerin alınması için önemlidir. Özellikle limanların, ithal tekerlek ve bitki ticaretinin yapıldığı depolar ve çevresindeki yolların, tren istasyonlarının, uygun yöntemlerle gözlem ve kontrol altında tutulması gereklidir [32]. Bunun için kullanılan en temel araç, “ovitrap” olarak adlandırılan siyah renkli, içinde dişi sineklerin üstüne yumurtlayabileceği küçük tahta çubuklar bulunan, içi su dolu yumurtlama kaplarıdır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Bir ovitrap örneği (CDC) [88]

Aedes albopictus popülasyonunun kontrol altında tutulması, temel olarak üreme alanlarının ortadan kaldırılması ilkesine dayanmaktadır. Bu tür, başarılı bir uzun mesafe uçucusu olmadığı için yumurtalarını, insanların ve diğer sıcakkanlı hayvanların bulunduğu yaklaşık 200 metre çapındaki bir bölgede uygun ortamlara bırakması gerekmektedir. Bu nedenle, insan yapımı veya doğal şekilde su biriktirebilecek her türlü çukur ve kapların sudan arındırılması gereklidir. Suyun boşaltılmayacağı kanalizasyon, havuz gibi yapılar ise uygun larvisidlerle düzenli olarak ilaçlanmalı veya *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) gibi, larvalar için ölümcül fakat diğer organizmalar için zararsız toksinler üreten bakteri grupları mücadele çalışmalarında kullanılmalıdır [33].

Şu ana kadar ergin *Aedes albopictus* bireylerini etkili bir şekilde yakalayabilen ve geniş ölçekte kullanılan çok az tuzak geliştirilmiştir. Ölümcül ovitrap denilen, ovitraplarla aynı fiziksel özellikleri taşıyan fakat yumurtlamaya gelen dişileri öldüren toksik kimyasallar içeren bir tuzak türü, *Aedes albopictus* popülasyonu barındıran bazı ülkelerde başarılı olmuştur [34]. Başka bir tuzak ise bir fan aracılığıyla etrafa amonyak, yağ asidi ve laktik asit salgılayarak, dişi sivrisinekleri insana çeken kokuyu taklit edecek şekilde üretilmiştir [35]. Ancak bu şekilde yakalanan bireylerde virüs tarama çalışmaları sürdürülebilmekte olup, bu teknikler geniş çaplı etkili bir mücadele ve kontrol için yetersiz kalmaktadır.

2.5. Steril Böcek Tekniği (Steril Insect Technique-SIT)

Steril erkek bireyleri, doğaya salarak vektör ve haşere türlere karşı mücadele için geliştirilen Steril Böcek Tekniği (SIT), ilk kez 1930 ve 1940'larda üç farklı bilim insanı tarafından birbirlerinden habersiz olarak önerilmiştir. Teknik, seri üretilen ve pupa aşamasında gama ışınları kullanılarak kısırlaştırılmış çok sayıda erkek bireyin doğaya salınmasıyla, uygulanan bölgedeki yerleşik popülasyona ait dişi bireylerle çiftleşmelerini sağlayarak, o popülasyonu çökertmeyi amaçlayan bir ilkeye dayanan, bölge bazlı entegre haşere kontrol yöntemidir [12], [36]. Bu kontrol yönteminde seri üretim işlemi, erkek bireylerin çiftleşme kalitesinden ödün vermeden, doğadaki dişilerle çiftleşecek düzeyde bireylerin yetiştirilmesine olanak sağlayan ve maksimum verimlilik ilkesine göre çalışan standartlar çerçevesinde yapılmaktadır [11].

SIT, steril böceklerin kısır olması ve salındıkları bölgeye yerleşememeleri, otosidal kontrolün sadece türe özgü oluşu ve ekosisteme egzotik türlerin tanıtılmasına gerek kalınmaması gibi yönleriyle klasik biyolojik kontrolden farklılık gösterir.

Kullanılan diğer vektör kontrol yöntemlerinin yetersiz olması üzerine, Steril Böcek Tekniği (Steril Insect Technique-SIT), *Aedes albopictus*'un kontrolünde diğer yöntemlerle beraber kullanılmak üzere gündeme gelmiştir. *Aedes albopictus*'un tipik kesintili dağılımı, düşük aktif dispersal potansiyeli ve seri üretime uygun olması nedenleri ile mücadelede bu yöntemin kullanılması oldukça uygundur [37].

Daha önce başka böcek türlerinde denenilen ve başarılı olan SIT yöntemi [38], [39], *Ae. albopictus* için henüz ön çalışma aşamasında olup, seri üretim tesislerinin en yüksek verimlilikle çalışma denemeleri International Atomic Energy Agency (IAEA) ve Centro Agricoltura Ambiente (CAA, İtalya)'de yapılmaktadır [40]–[42].

2.6. Değişkenlere Karşı Morfolojik Cevapların Popülasyon Düzeyinde Ölçülmesinde Kullanılan Geometrik Morfometri Yöntemi

“Procrustes” temelli geometrik morfometrik analiz, canlılara etki eden faktörlerin ortaya çıkardığı fenotipik ifade değişimlerini incelemek için ideal bir yöntemdir. Bu “landmark” (değişimi açıklayıcı bölgelere konulan noktalar) temelli morfolojik yöntemde, landmarkların

arasındaki doğrusal uzunluklar ölçülerek yapılan analizlerin yanı sıra, kanadın şekil ve boyutundaki değişimler hakkında da nicel veriler elde edilebilir [43].

Bu yöntemde landmarklar, şekil ve büyüklük analizinde kullanılan ve tüm örneklerde homolog olan, farklılıkları belirgin bölgelerdir [44]. Şekil analizi, incelenen bölgede şekille ilgili olmayan bilginin kaldırılmasıyla başlar. Bu yönden şekil analizi, ölçeklendirmeden veya yer değişikliklerinden etkilenmez [45]. Bunun için de “procrustes super empozisyonu” olarak bilinen bir istatistiksel yöntem kullanılır. Bu yöntemde, incelenecek tüm şekillerin sentroidleri (0,0) koordinatlarına yerleştirilir ve şekiller sentroid büyüklüğüyle aynı birime gelecek şekilde ölçeklendirilir. Daha sonra elde edilen şekiller topluluğundaki eşleşen tüm landmarkların aralarındaki farkın değerlendirilmesiyle, bireyler arası (PCA) ve gruplar arası (CVA) olmak üzere iki farklı sonuç elde edilir.

Sineklerde kanat morfometrisi, ekolojik etkilere en çabuk tepki veren organlardan birisidir [46]. Bu nedenle, bu çalışmada denenen etkilerin gözlemlenmesi için diğer parametrelerin yanı sıra sivrisineklerin kanat morfometrileri de kullanılmıştır. Kanatlar sineğin vücut büyüklüğüyle korelasyon halinde olduğu ve uçuş becerisini etkilediği için SIT ile laboratuvar şartlarında üretilen erkek bireylerin, doğal ortamdaki erkeklerle rekabet edip, dişilerle çiftleşebilmeye uygun olmaları beklenir [47], [48]. SIT için kritik olan bu faktörün, optimizasyon araştırmaları sırasında ele alınması, bu açıdan önem taşır.

3. YÖNTEM

3.1. Deneyleerde Kullanılan *Aedes albopictus* Soyları

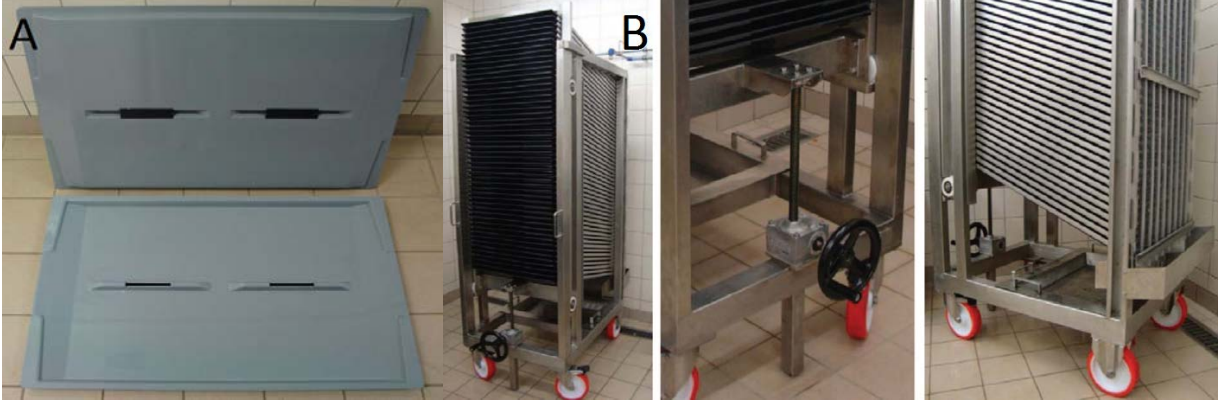
Deneyleerde kullanılan *Aedes albopictus* soyları, Centro Agricoltura Ambiente (CAA) Emilia-Romagna (İtalya)'dan temin edilmiştir. Bunun için, CAA tarafından, deneyleer için, doğadan toplanan bireyleerden oluşturulan koloninin 22. jenerasyonundan (RER F₂₂) elde edilen yumurtalar, Hacettepe Üniversitesi Ekolojik Bilimler Araştırma Laboratuvarı'na (EBAL) getirilmiştir [37].

Yumurta sayıları, CAA tarafından ImageJ programı [49], [50] kullanılarak, EBAL'e gönderilmeden önce belirlenmiştir. Yumurtalar, daha önce belirlenmiş açılma oranları (%70) göz önüne alınarak sayılmış ve her parça kağıttan 6000 L1 larva elde edilecek şekilde hazırlanmıştır [37]. Yumurtalar kapalı kaplarda ve uygun koşullarda, 3 gün içinde EBAL'e ulaşacak şekilde gönderilmiştir.

3.2. Larva Yoğunluk Deneyi

3.2.1. Larva Üretim Sistemi

Bu deneylede Food and Agriculture Organization (FAO) ve International Atomic Energy Agency (IAEA) tarafından geliştirilen termaforlanmış, akrilonitril bütadien stiren (ABS) plastik seri üretim tepsileri kullanılmıştır (Şekil 3.1-A). Tepsiler, 100x60x3 cm boyutlarında olup, geniş bir yüzey alanı sağlamaktadır [51]. FAO/IAEA, Haşere Böcek Kontrol Laboratuvarları'nda 50 tepsiyle aynı anda üretim yapılabilecek bir raf sistemi geliştirilmiştir (Şekil 3.1-B).



Şekil 3.1: A- Deneyde kullanılan plastik tepsi; B- FAO/IAEA laboratuvarlarında geliştirilen seri üretim tepsi sistemi

Bu sistemin, *Anopheles arabiensis* [51] ve *Aedes albopictus* türleriyle [40] ön çalışmalar yapılarak, seri üretimde kullanılmaya uygun olduğu doğrulanmıştır. Bu çalışmaya konu olan deney içinse FAO/IAEA raf sistemindeki koşulların benzerini oluşturmak için tepsiler, Türkiye’de üretilen benzer bir raf sistemine yerleştirilmiştir. Tepsilerin üstleri, plastik çubuklar kullanılarak, tepsiler arasında 3 cm yükseklik bırakacak şekilde kapatılmıştır. Tepsilerin yan tarafları ise, tüm tepsiler itibariyle benzer gölge yoğunluğunu yakalamak için plastik şeritlerle tepsiler arasında 3 cm kalacak şekilde kapatılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: EBAL’de kullanılan IAEA raf sisteminin uyarlanması

3.2.2. Larva Yoğunlukları

Deneyle dört farklı larva yoğunluğu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tepsiler, mililitre distile su başına 1, 2, 3 ve 4 larva düşecek şekilde 6 litre su ile doldurulmuştur. Buna göre tepsilere sırasıyla 6000, 12000, 18000 ve 24000 adet larva kullanılmış ve deneyler her yoğunluk için 5 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Deneye başlamadan önce, CAA'dan elde edilen yumurta şeritlerinden, her parçadan 6000 birinci evre larva (L1) elde edecek şekilde hesaplanan yumurtalar, daha önce kesilmiş şeritler halinde cam kavanozlar içinde açılmış ve larvalar hassas bir şekilde tepsilere aktarılmıştır.

3.2.3. Larva Diyeti

Larvalar, inek karaciğer tozu (% 36), ton balığı yemi (% 50), bira mayası (% 14) ve vitamin karışımından (0,2mg/100ml) hazırlanan sıvı besin karışımı ile [42], günde 0,5 mg/larva ölçeğinde, ilk pupa görülene kadar (5 gün boyunca) beslenmişlerdir.

3.2.4. İklim Odası Koşulları

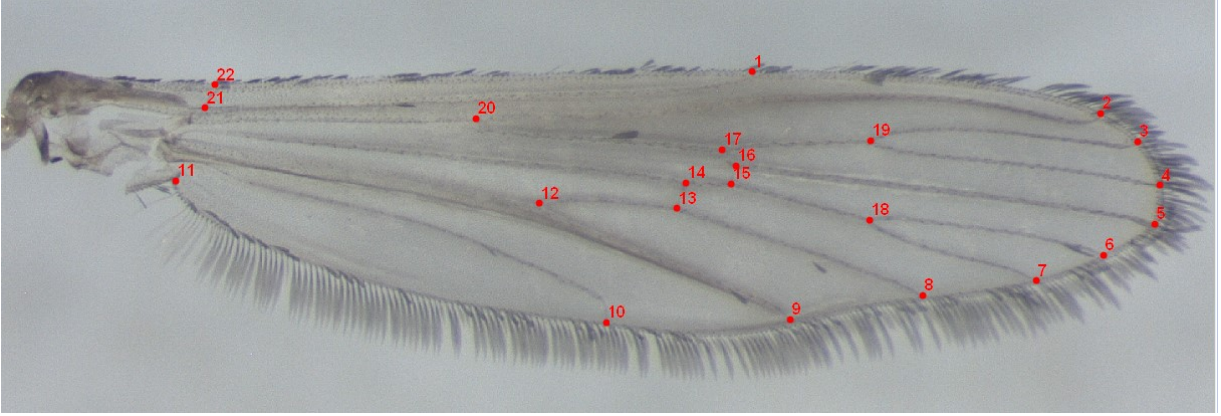
EBAL içinde bulunan iklim odasının sıcaklığı $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, bağıl nem değeri % 80 ± 5 olarak ayarlanmıştır. Deneylerde, iklim odasının koşullarını mümkün olduğunca sabit tutabilmek amacıyla, iklim odasına yerleştirilen veri kaydedicilerle (Data Logger) deney süresince her yarım saatte bir sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (% RH) değerleri kayıt edilmiştir. Aynı zamanda, iklim odasına yerleştirilen termometreler aracılığıyla günlük sıcaklık ve nem değerlerindeki değişiklikler de kontrol edilmiştir. Tepsilerdeki su sıcaklığı ise oda sıcaklığına bağlı olarak 27°C olacak şekilde, sabitlenmiştir.

3.2.5. Pupaşma ve Ergin Oranlarının Hesaplanması

İlk pupa görüldükten sonraki birinci, ikinci ve üçüncü günlerde çıkan pupalar toplanmış ve açılan toplam birinci evre larva (L1) sayısına oranlanarak pupalaşma başarılarının hesaplanabilmesi ve erginleşme oranının belirlenebilmesi için, pupalar sayıldıktan sonra içi 200 ml distile su ile dolu, ağzı tülle kapatılmış plastik bardaklara aktarılmıştır. Erginleşen bireyler 24, 48 ve 72. saatlerde toplanarak, cinsiyet oranının hesaplanması, pupadan ergine geçiş başarısının bulunması ve her tekrarın başındaki larval yoğunluğa göre ergin oranlarının hesaplanması için -20°C derecede dondurularak öldürülmüş ve % 96'lık etanolde bekletilmiştir. Pupa ve ergin oranları 24, 48 ve 72. saatler için ayrı olarak hesaplanmıştır.

3.2.6. Geometrik Morfometrik Analiz

Ergin bireylerin kanat şekil ve büyüklük ölçümleri için geometrik morfometrik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Her yoğunluğa ait, tüm tekrarlardan rastgele 100 dişi ve 100 erkek birey seçilmiş ve seçilen bu bireylerin sağ kanatları disekte edilmiştir. Kanatlar, lamalar üzerinde etanol ile nemli tutulmuş ve iğneyle yavaşça vurularak üzerindeki pulların dökülerek temizlenmesi sağlanmıştır. Temizlik işleminden sonra kanatlar, Entellan® yardımıyla (Mikroskop İçin Hızlı Sabitleme Etkeni, Hatfield, PA, ABD) lamellerin üzerine sabitlenmiştir. Hazırlanan preparatların, Leica MZ-7.5 stereoskopik diseksiyon mikroskobuyla ve DC-300 dijital kamera sistemiyle fotoğrafları çekilmiştir. Fotoğraflar tps-Util 1.44 [52] programına aktarılmış ve koordinatları tps Relw 1.45 [53] ile analiz edilmiştir. Kanatlardaki şekil ve büyüklük farkını 2 boyutlu ortamda incelemek için 22 adet landmark kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: *Aedes albopictus* sağ kanat preparatının analizinde kullanılan landmarklar

Kullanılan landmarklar, kanat damarlarının kesişim noktalarından seçilmiştir. Tüm kanatları orijin noktasında (0, 0, 0) ortalamak ve landmarkları hizalamak için GPA Procrustes superempozisyon yöntemi kullanılmıştır [44], [54]. Larval yoğunlukların gruplar arasındaki olası etkilerini görebilmek için Kanonik Varyant Analizi (CVA) uygulanmıştır. Morpheus yazılımıyla [55] kanat şekillerinin gruplar arasındaki gösterdiği değişimler, 4 kat amplifiye edilerek incelenmiştir.

Kanat şekillerindeki değişikliklerin yanında, sineklerin boyutlarındaki olası değişimleri de gözlemleyebilmek için kanatların sentroid büyüklükleri Statistica 7 (2004) yazılımında non-parametrik Wilcoxon Man Whitney testiyle analiz edilmiştir.

3.2.7. İstatistik Analizleri

Pupalaşma ve ergin oranlarının istatistik analizleri Statistica 7 (2004) yazılımında, veriler normal dağılım gösterdiği için tek yönlü Anova Testi ile analiz edilmiştir. Gruplar arasındaki anlamlı değişiklikleri görebilmek için Tukey'in Post-hoc yöntemi kullanılmıştır.

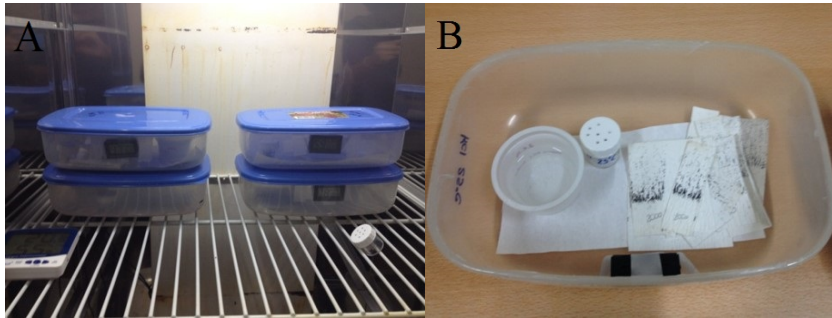
3.3. Embriyonik Dayanıklılık Deneyi

3.3.1. Yumurtaların Hazırlanışı

Deneyde kullanılacak yumurtalar sayılıp EBAL'e gönderilmeden önce (bkz. 3.2.1), CAA laboratuvarında 2-3 gün boyunca % 100 bağıl nem, daha sonra kurumamaları için 4 gün boyunca 27°C ve % 80 bağıl nem koşullarında bekletilmiştir [56]. Yaklaşık 280.000 yumurta, 140 kağıt parçasına, her bir parçada 2000 yumurta olacak şekilde, bölünerek EBAL'e 3 günde ulaştırılmak üzere gönderilmiştir. Yumurtalar EBAL'de, her defasında 500 adet yumurta kullanılarak ve 4 tekrar olmak üzere, deneyler başlamadan önce yumurta açılma oranı hakkında bilgi edinmek üzere açılmıştır [57]. Böylece deney öncesinde, yumurta açılma oranı hakkında bilgi edinilmiş ve deneylerin standardizasyonu sağlanmıştır.

3.3.2. Yumurta Saklama Koşulları

Yumurtalar, 20±1°C ve 25±1°C sıcaklık koşulları için, % 75, % 85 ve % 99 bağıl nem koşullarının sağlandığı [58] altı farklı koşulda saklanmak üzere hazırlanmış, sıcaklık ve nemi sabit tutmak için ağzı parafilmlemlenmiş plastik kapların içine yerleştirilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: A- İklim dolabına yerleştirilen yumurtaların saklandığı kaplar. B- Kapların içi, anlık kontroller için termometre, toplam nem ve sıcaklık kayıtları için datalogger, uygun nemin sağlanması için tuzlu su karışımı ve 2000 yumurta içeren kağıt şeritleri

Nem değerleri, plastik kapların içine konan NaCl (%75), KCl (%85) ve K₂SO₄ (%99) doymuş çözeltileriyle sağlanmıştır. Gereken sıcaklık koşulları ise deney başlamadan önce çalıştırılan ve sabit sıcaklığı koruyabildiğinden emin olunan iki iklim dolabında oluşturulmuştur. Kutuların içine konan veri kaydediciler yardımıyla, deney suresince her 30 dakikada bir sıcaklık ve nem değerleri kayıt edilmiştir [59]. Tuz özeltisi içermeyen ve %50 bağıl nem değerinin gözlemlendiği iki tane negatif kontrol grubu da, farklı sıcaklıkların bulunduğu iklim dolaplarına eklenmiştir. Dolaplardaki fotoperiyot 14:10 saat (Gündüz:Gece) olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.3.3. Yumurta Açma ve Larva Besleme Yemi

Yumurta açmak için 100 ml distile suyun içinde 12,5 g Nutrient Broth ve 2,5 g bira mayası ile hazırlanan karışım, sonraki günlerde larvaları beslemek için ise inek karaciğer tozu (% 36), ton balığı yemi (% 50), bira mayası (% 14) ve vitamin karışımından (0,2 mg/100 ml) oluşan sıvı karışım kullanılmıştır [42].

3.3.4. Yumurta Açılma İşlemi

İki kontrol grubuyla birlikte 8 koşuldan her birinden 4 tekrar olmak üzere toplam 2000 yumurta açılmıştır. İki bin yumurtalık şeritler 4 eşit parçaya ayrılmış, elde edilen 32 parça yumurta kağıdı, 350 ml distile su içeren 32 adet kavanozun içine yerleştirilmiştir. Kavanozlara 1'er ml yumurta açma yemi eklendikten sonra, 25±1°C sıcaklıkta ve %80 bağıl nem değerindeki iklim odasına alınmıştır. Sonraki gün yumurtalardan çıkan L1 larvaları, büyük bir kaba alınarak sayılmıştır. Daha sonra, her tekrarın içinden 32 larva toplanarak 32 ml distile su dolu petri kaplarına aktarılmıştır (şekil 3.5).



Şekil 3.5: Erginlerin kanat morfometrilerini analiz etmek üzere büyümeye devam eden larvalar

Kalan larvalar kaynar su dökülerek imha edilmiştir. Bu sırada kavanozlardaki yumurta şeritleri toplanarak kurumaya bırakılmış, kuruyan yumurtalar, açılan yumurta sayısını kesin olarak belirlemek üzere stereomikroskop ile sayılmıştır. İklim odasına bekletilen petrilerdeki larvalara 5 gün boyunca birinci, üçüncü ve beşinci günlerde larva besleme yeminden 1'er ml verilerek pupa olmaları beklenmiştir. Pupa olan larvalar, içleri 200 ml distile su dolu ve ağzı tülle kapalı plastik bardaklara alınmış ve erginleşen bireyler toplanarak -20°C 'de dondurulduktan sonra %96'lık etanolde kanat preparatlarının yapılması için bekletilmiştir.

3.3.5. Yumurta Açılma Oranlarının Hesaplanması

Sıcaklık ve nemin *Aedes albopictus*'un embriyonik dayanıklılığına olan etkisini tespit edebilmek amacıyla yumurtalar, deney sistemine yerleştirildikten itibaren her 3 haftada bir açılmıştır. Her açılma gününde, kavanozlara konan yumurta sayısı ve yumurtalardan çıkan larva sayısı kayıt edilmiştir. Erginlerdeki olası etkileri görebilmek için çıkan erginlerin dişi erkek oranı hesaplanarak, kanat morfometrileri analiz edilmiştir. Kırk beş hafta süren 15 açılma gününden sonra, elde edilen veriler birleştirilerek analiz edilmiştir.

3.3.6. Geometrik Morfometrik Analiz

Kanat büyüklüğündeki ve morfometrisindeki değişiklikler ilk deneyle aynı protokol izlenerek analiz edilmiştir.

3.3.7. İstatistik Analizleri

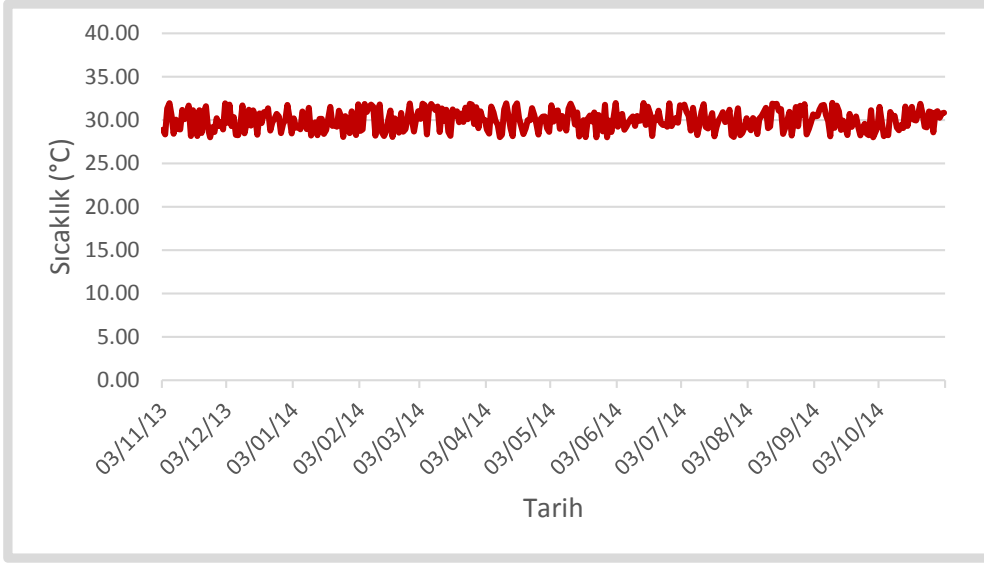
Farklı sıcaklık ve nem koşullarının yumurta dayanıklılığı üzerine etkilerinin araştırılması ile elde edilen sonuçlar, veriler normal dağılım gösterdiği için tek yönlü Anova Testi ile Statistica 7 (2004) yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Gruplar arasındaki anlamlı değişiklikleri görebilmek için Tukey'in Post-hoc yöntemi kullanılmıştır.

4. BULGULAR

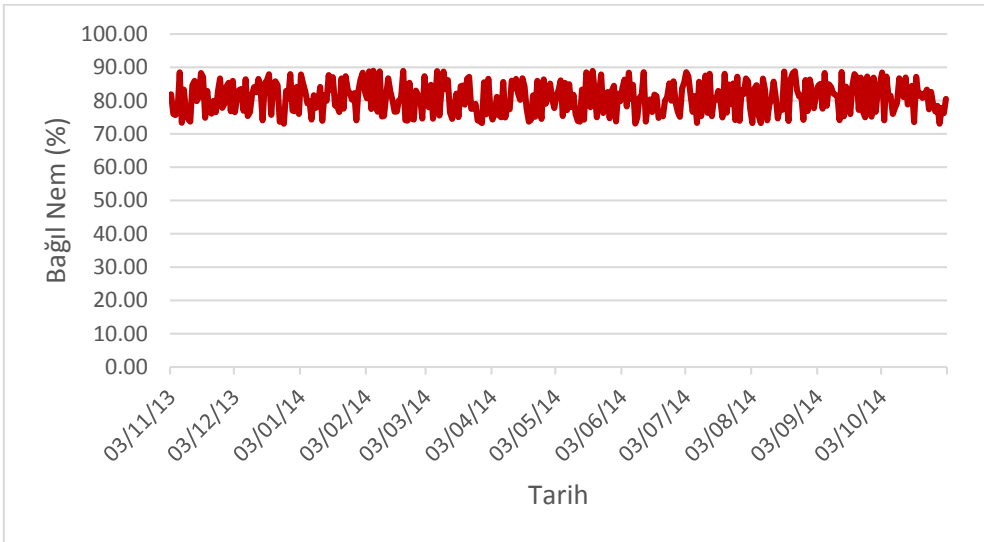
4.1. Larva Yoğunluk Deneyi

4.1.1. İklim Odası, Sıcaklık ve Nem Verileri

Deney süresince iklim odasından kaydedilen sıcaklık ve bağıl nem değerlerine ait veriler, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de grafik olarak sunulmuştur. Bu veriler, deney süresince iklim odası sıcaklığının $30\pm 1^{\circ}\text{C}$, bağıl nem değerinin ise $\% 80\pm 5$ olarak sabit tutulduğunu göstermektedir.



Şekil 4.1: İklim odasında deney boyunca kaydedilen sıcaklık verileri



Şekil 4.2: İklim odasında deney boyunca kaydedilen bağıl nem verileri

4.1.2. Pupalaşma ve Erginleşme Oranları

En yüksek pupalaşma oranı (\pm Standart Hata), 2 larva/ml-su yoğunluk koşulundan (% 87,30 \pm 2,66), en düşük ise 4 larva/ml-su yoğunluk koşulundan elde edilmiştir (% 55,52 \pm 6,14). 1-2, 1-3 ve 3-4 larva/ml su yoğunlukları arasında anlamlı bir fark görülmezken; 2-3, 2-4 ve 1-4 larva/ml su yoğunlukları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir (F3,16=8,98; p<0,01). Pupadan ergine geçişte tüm yoğunluklardaki başarı oranı % 96 olarak tespit edilmiştir. En fazla erkek birey 2 larva/ml su yoğunluğundan elde edilmiş olup (% 51,24 \pm 2,34), gruplar arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1: Farklı larva yoğunluklarının pupalaşma ve erginleşme oranı üzerine etkisi

L/ml	R	P	PP%	A	AI%	AP%	MP%
1	5	4608 \pm 310	76,80 \pm 5,15 ^{ab}	4464 \pm 313	74,40 \pm 5,26 ^{ab}	96,88	38,22 \pm 3,50 ^a
2	5	10476 \pm 320	87,30 \pm 2,66 ^a	10057 \pm 405	83,80 \pm 3,44 ^a	96,00	51,24 \pm 2,34 ^a
3	5	11632 \pm 685	64,60 \pm 3,82 ^{bc}	11216 \pm 730	62,30 \pm 4,04 ^{bc}	96,42	32,97 \pm 2,44 ^a
4	5	13326 \pm 1449	55,50 \pm 6,14 ^c	12852 \pm 1527	53,50 \pm 6,38 ^c	96,44	29,31 \pm 2,12 ^a

Farklı harfler, yoğunlukların ortalamaları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (Anova, p<0,05, Tukey post-hoc karşılaştırması, “ \pm ” standart hatayı göstermektedir). **L/ml**: Larval yoğunluk; **R**: Tekrar; **P**: Üretilen pupa sayısı; **PP%**: Pupalaşma verimliliği: Yumurtadan çıkan L1 sayısına oranla; **A**: Ergin sayısı; **AI%**: Erginleşme oranı: Yumurtadan çıkan L1 sayısına oranla; **AP%**: Erginleşme verimliliği: Pupaya oranla; **MP%**: Erkek birey verimliliği: Yumurtadan çıkan L1 sayısına oranla

Gruplar incelendiğinde, ilk gün pupalaşma oranları arasında sadece 1 larva/ml su ve 4 larva/ml su yoğunlukları arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. İlk gün, 1 larva/ml su yoğunluğundan 4 larva/ml su yoğunluğuna doğru pupalaşma oranının düşmeye başladığı belirlenmiştir. Pupalaşmanın ikinci ve üçüncü günlerinde ise gruplar arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Beş tekrarın ortalamasında, 1 larva/ml su’da, pupalaşma oranı açısından yarı yarıya düşüş görülürken, 2 larva/ml suyun ikinci gün de ilk günkü oranı koruduğu tespit edilmiştir.

Gruplar kendi ilerinde incelendiklerinde, 1, 2 ve 4 larva/ml su yoğunluklarının pupalaşma oranları 3. günden itibaren anlamlı bir farkla azalırken, 3 larva/ml su yoğunluğunun pupalaşma oranının 2. günden itibaren azalmaya başladığı belirlenmiştir.

Erkek erginleşme oranlarında anlamlı bir fark sadece ilk g¼n pupalaşan erginlerde g¼r¼lm¼řt¼r. 1, 2 ve 3 larva/ml su yoğunlukları arasında fark g¼r¼lmezken, 4 larva/ml suda, 1 ve 2 larva/ml su yoğunluğundan anlamlı derecede d¼ř¼k oranda erkek çıkışı tespit edilmiştir (izelge 4.2).

Çizelge 4.2: Pupaların toplandığı ilk 3 gündeki ortalama pupalaşma ve erkek bireylerin oranları

L/ml	R	Gün 1			Gün 2			Gün 3		
		P	PP%	MP%	P	PP%	MP%	P	PP%	MP%
1	5	2478 ± 465	41,30 ± 7,75 ^a	27,00 ± 4,05 ^a	1653 ± 227	27,55 ± 3,79 ^a	9,38 ± 5,21 ^a	477 ± 92	7,95 ± 1,54 ^a	1,83 ± 1,71 ^a
2	5	4335 ± 190	36,13 ± 1,65 ^a	28,27 ± 2,01 ^a	4203 ± 72	35,03 ± 2,91 ^a	18,30 ± 1,25 ^a	1938 ± 107	16,15 ± 2,62 ^a	4,67 ± 2,31 ^a
3	5	5773 ± 417	32,07 ± 1,46 ^a	22,79 ± 1,75 ^a	4626 ± 217	25,70 ± 0,38 ^a	8,75 ± 0,58 ^a	1232 ± 164	6,84 ± 0,27 ^a	1,42 ± 0,23 ^a
4	5	5466 ± 1319	22,77 ± 6,22 ^b	16,37 ± 4,06 ^b	6606 ± 376	27,53 ± 3,32 ^a	11,95 ± 1,11 ^a	1254 ± 108	5,23 ± 0,45 ^a	0,98 ± 0,16 ^a

Farklı harfler, yoğunlukların ortamları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (Anova, $p < 0.05$, Tukey post-hoc karşılaştırması, ‘±’ standart hatayı göstermektedir). **L/ml**: Larval yoğunluk; **R**: Tekrar; **P**: Üretilen pupa sayısı; **PP%**: Pupalaşma verimliliği; Yumurtadan çıkan L1 sayısına oranla; **MP%**: Erkek birey verimliliği: Yumurtadan çıkan L1 sayısına oranla

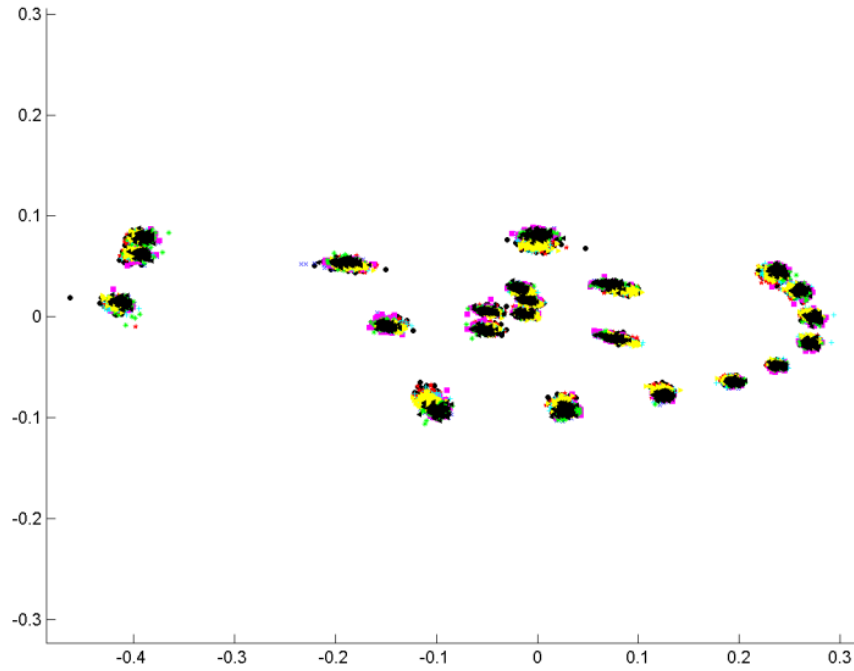
4.1.3. Geometrik Morfometrik Analiz

Dörtüyz dişi ve 400 erkek birey ile yapılan CVA analizi sonunda, dişi ve erkek bireyler için üçer tane ayrı kanonik varyasyon tespit edilmiştir.

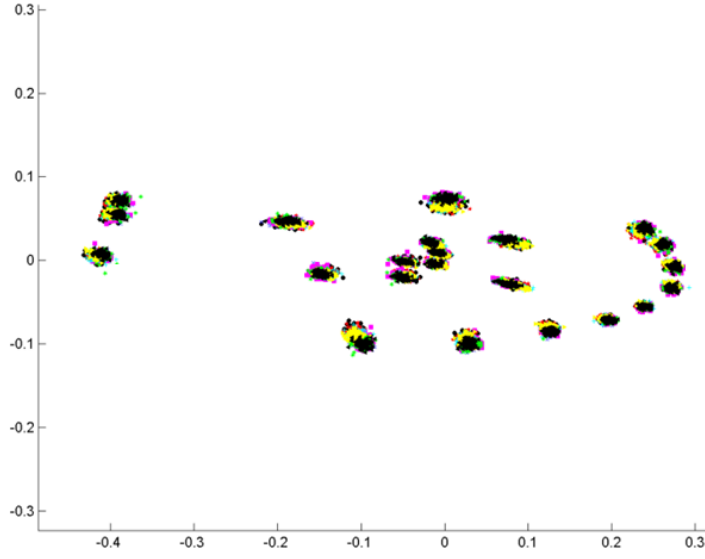
Dişiler için: Düzlem-1 Lambda= 0,2981, $\chi^2= 455,0202$, sd= 120, $p<0,0001$; Düzlem-2 Lambda= 0,5649, $\chi^2= 214,7556$, sd=78, $p<0,0001$ and Düzlem-3 Lambda= 0,7576, $\chi^2= 104,3781$, sd=38, $p<0,0001$.

Erkekler için: Düzlem-1 Lambda= 0,4037, $\chi^2= 340,1681$, sd= 120, $p<0,0001$, Düzlem-2 Lambda= 0,6218, $\chi^2= 178,1716$, sd=78, $p<0,0001$ ve Düzlem-3 Lambda= 0,7975, $\chi^2= 84,8508$, sd=38, $p<0,0001$.

Dörtüyz dişi ve erkek bireyin kanatlarının incelenmesinde kullanılan landmark ortalamalarının dağılımı Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir.

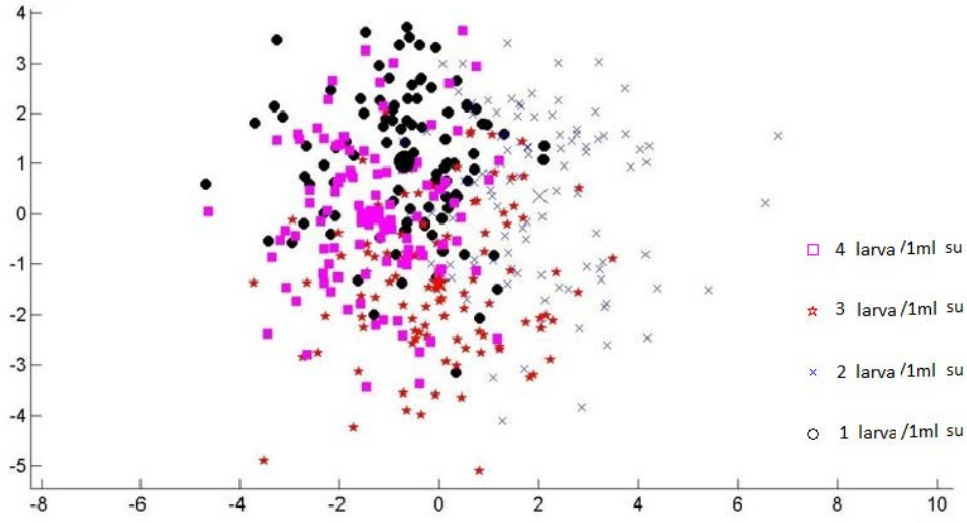


Şekil 4.3: Dişilerin 4 farklı larval yoğunluğa ait kanat landmark iz düşümlerinin dağılımları

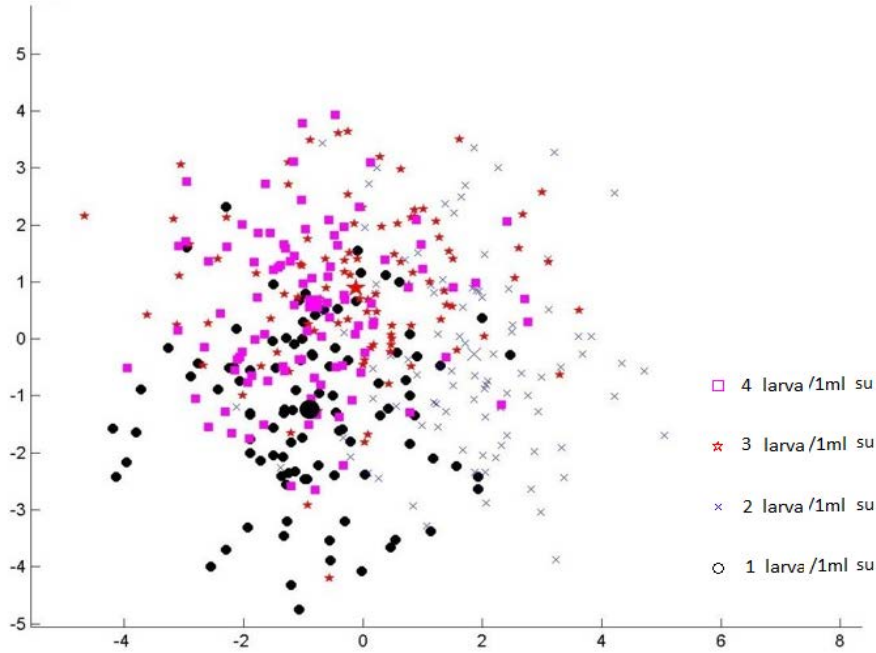


Şekil 4.4: Erkeklerin 4 farklı larval yoğunluğa ait kanat landmark iz düşümlerinin dağılımları

Dişi ve erkek bireyler arasında yapılan CVA analizi sonunda elde edilen, gruplar arasındaki dişi ve erkek bireyler için kanat morfometri farklılıklarını gösteren bulgular Şekil 4.5 ve 4.6'da grafik olarak gösterilmiştir. Buna göre, farklı yoğunluklar arasında küçük kümelenmeler görülse de, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak, dişi ve erkekler için 2 larva/ml-su yoğunluk koşulunda tespit edilen kümenin, diğer koşullara göre daha belirgin olarak ayrıldığı da göze çarpmaktadır.



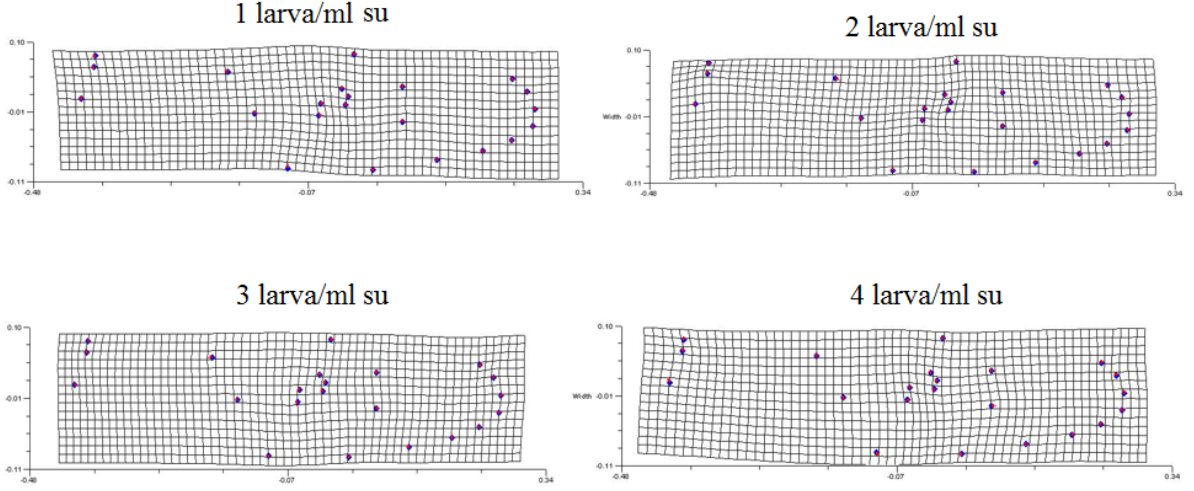
Şekil 4.5: Farklı yoğunluklardan elde edilen, dişi kanat morfometrilerine ait CVA grafiği



Şekil 4.6: Farklı yoğunluklardan elde edilen, erkek kanat morfometrilerine ait CVA grafiği

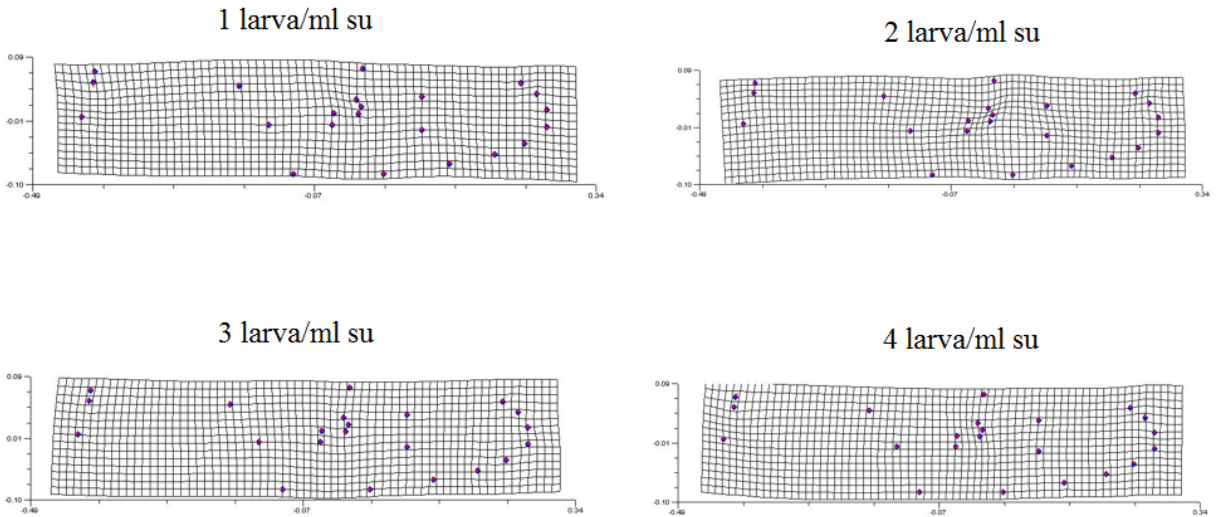
Morpheus yazılımı ile incelenen kanat deformasyonları ise Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de grafiklerle gösterilmiştir.

X4 Amplifiye edilmiş



Şekil 4.7: Dişi bireylerin, bütün larva yoğunluklarından elde edilen kanat şekil ortalamalarına göre şekil farklılıkları

X4 Amplifiye edilmiş



Şekil 4.8: Erkek bireylerin, bütün larval yoğunluklarından elde edilen kanat şekil ortalamalarına göre şekil farklılıkları

Olası deformasyonları daha iyi gözlemleyebilmek için çıkan sonuçlar dört kat amplifiye edilmiştir. Tespit edilen şekil değişiklikleri büyük ölçüde kanatların merkezinde bulunsa da gerek dişi bireyler arasında, gerekse de erkek bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

4.1.4. Sentroid Büyüklüğü Analizi

Dişi ve erkek toplam 800 bireyin yapılan kanat sentroid büyüklüğü analizinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

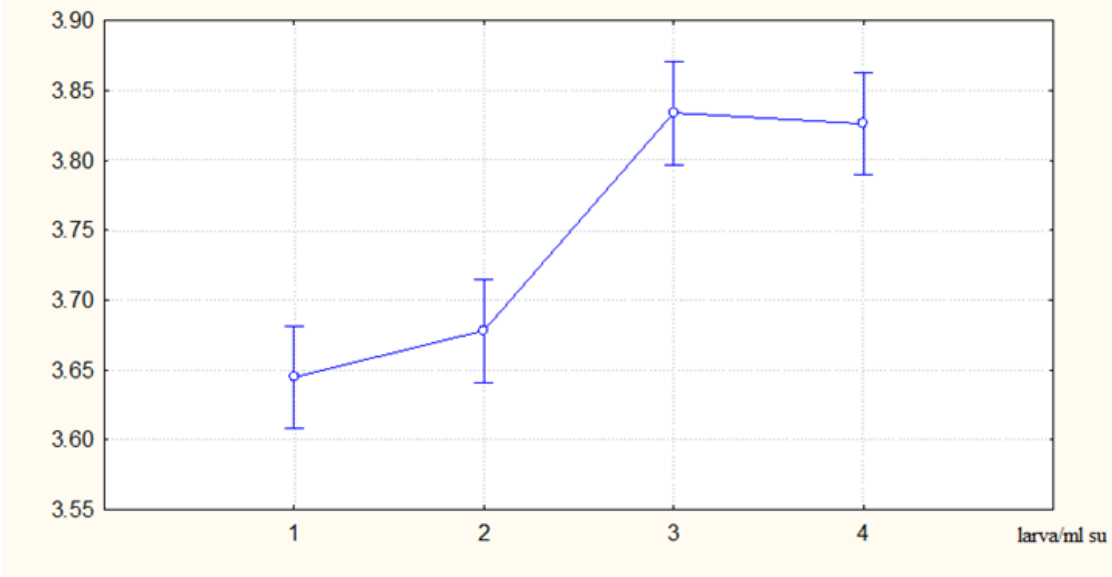
Çizelge 4.3: Farklı larval yoğunluklardan erginleşen erkek ve dişi bireylerin sentroid büyüklük oranları

L/ml	R	FW	FC	MW	MC
1	5	100	3,65 ± 0,016 ^a	100	3,02 ± 0,020 ^a
2	5	100	3,68 ± 0,015 ^a	100	3,11 ± 0,030 ^b
3	5	100	3,83 ± 0,023 ^b	100	3,12 ± 0,012 ^b
4	5	100	3,83 ± 0,020 ^b	100	3,16 ± 0,014 ^b

Farklı harfler, yoğunlukların ortamları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (Anova, $p < 0.05$, Tukey post-hoc karşılaştırması, ‘±’ standart hatayı göstermektedir). **L/ml**: Larval yoğunluk; **R**: Tekrar; **FW**: Dişi bireylerin örneklem sayısı; **FC**: Dişi bireylerin sentroid büyüklüklerinin ortalaması; **MW**: Erkek bireylerin örneklem sayısı; **MC**: Erkek bireylerin sentroid büyüklüklerinin ortalaması

Dört yüz dişi bireyin kanat büyüklükleri arasında yapılan post-hoc karşılaştırması sonucunda 1-2 larva/ml su ve 3-4 larva/ml su yoğunlukları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür (Anova, $F(3,396) = 27,442$; $p < 0,01$, % 95 güven aralığında). 1-2 larva/ml su yoğunluk koşulundaki bireylere ait kanatların, 3-4 larva/ml su yoğunluk koşulu kanatlarından daha küçük olduğu da saptanmıştır; 1 ve 2 larva/ml su yoğunluk koşulları ve 3 ve 4 larva/ml su yoğunluk koşulları arasında ise kanat büyüklükleri yönünden anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0,01$).

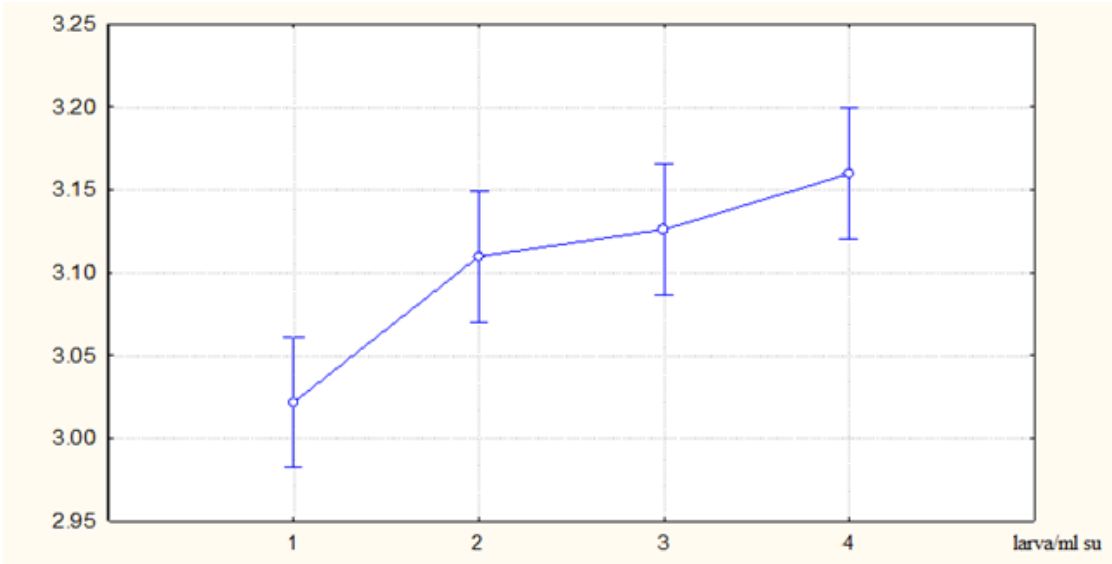
Dişi bireylerin kanat sentroid büyüklüklerine ait karşılaştırma kutu-plot grafiği Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9: Dişi kanat sentroid büyüklük ortalamaları ($F(3,396)= 27,442, p<0,01$)

Dört yüz erkek bireyin kanatları arasında yapılan post-hoc karşılaştırması sonucunda ise 1 larva/ml su yoğunluğunun diğer yoğunluklardan anlamlı derecede farklı olduğu tespit edilmiştir (Anova, $F(3,396)= 8,6596; p<0,01, \% 95$ güven aralığında). Bu koşuldaki kanatların, diğer koşullara göre daha küçük olduğu belirlenmiştir.

Erkek bireylerin kanat sentroid büyüklüklerinin karşılaştırıldığı kutu-plot grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir.

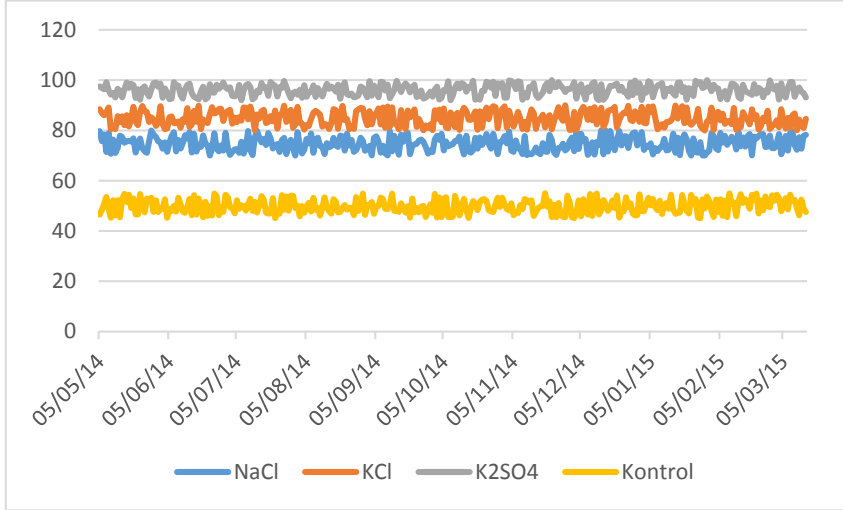


Şekil 4.10: Erkek kanat sentroid büyüklük ortalamaları ($F(3,396) = 8,6596; p<0,01$)

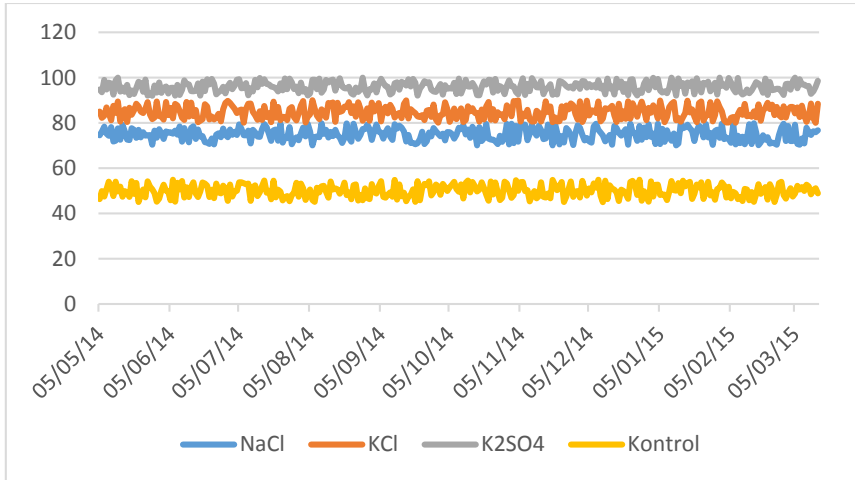
4.2. Embriyonik Dayanıklılık Deneyi

4.2.1. Yumurta Saklama Kaplarının Sıcaklık ve Nem Verileri

Yumurta saklama kaplarında kayıt edilen sıcaklık ve bağıl nem değerleri Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.11: 20±1°C’ye ayarlanmış iklim dolabındaki farklı tuz çözeltilerinin sağladığı bağıl nem değerleri



Şekil 4.12: 25±1°C’ye ayarlanmış iklim dolabındaki farklı tuz çözeltilerinin sağladığı bağıl nem değerleri

4.2.2. Yumurta Açılma Oranları

En uzun süre açılmaya devam eden yumurtalar % 25,19’luk başarı oranıyla, 20°C sıcaklığında ve K₂SO₄ tuzuyla sağlanan % 99 bağıl nem koşulundan elde edilmiştir (F(3,472)=4.2384,

p<0,01). Üç haftalık aralıklarla 15 yumurta açmadan oluşan, toplam 45 hafta süren deneyin, son 3 yumurta açma aşamasında, sadece bu grupta ilk evre larva (L1) çıkışı gözlenmiştir. En verimsiz grupların ise 20°C ve 25°C sıcaklığında ve hiç tuz çözeltisi içermeyerek % 50 bağıl nem değerine sahip olan negatif kontrol grupları olduğu belirlenmiştir. Bu iki gruptaki yumurtaların açılma oranı, ikinci yumurta açmada büyük ölçüde azalmış, yedinci yumurta açmada ise tamamen tükenmiştir. 20°C sıcaklığında ve K₂SO₄ tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem koşulunda elde edilen sonuçlarla birlikte, ikinci derecede en uzun yumurta açılma süresi 20°C sıcaklığında ve NaCl tuzuyla elde edilen % 75 bağıl nem koşulu grubundan elde edilmiştir (Çizelge 4.4).

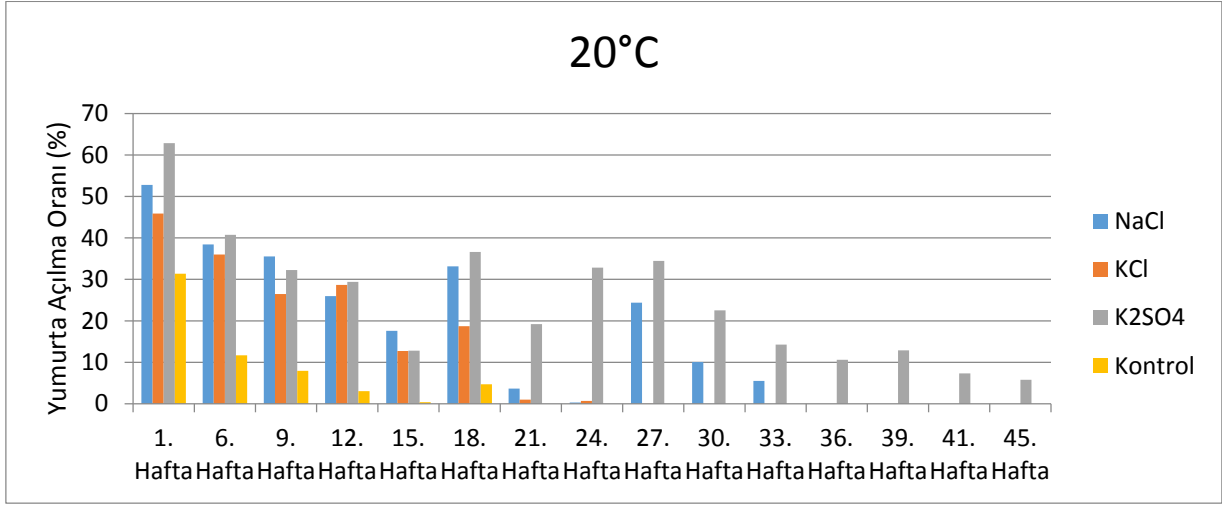
Çizelge 4.4: Farklı sıcaklık ve nem koşullarında bekletilen yumurtaların toplam açılma oranları

	20°C	25°C
NaCl%	16,45±2,26 ^a	9,86±2,47 ^a
KCl%	11,42±2,06 ^a	14,77±2,97 ^a
K₂SO₄%	25,19±2,03 ^b	14,49±2,55 ^a
Kontrol%	3,83±1,05 ^c	5,25±2,30 ^b

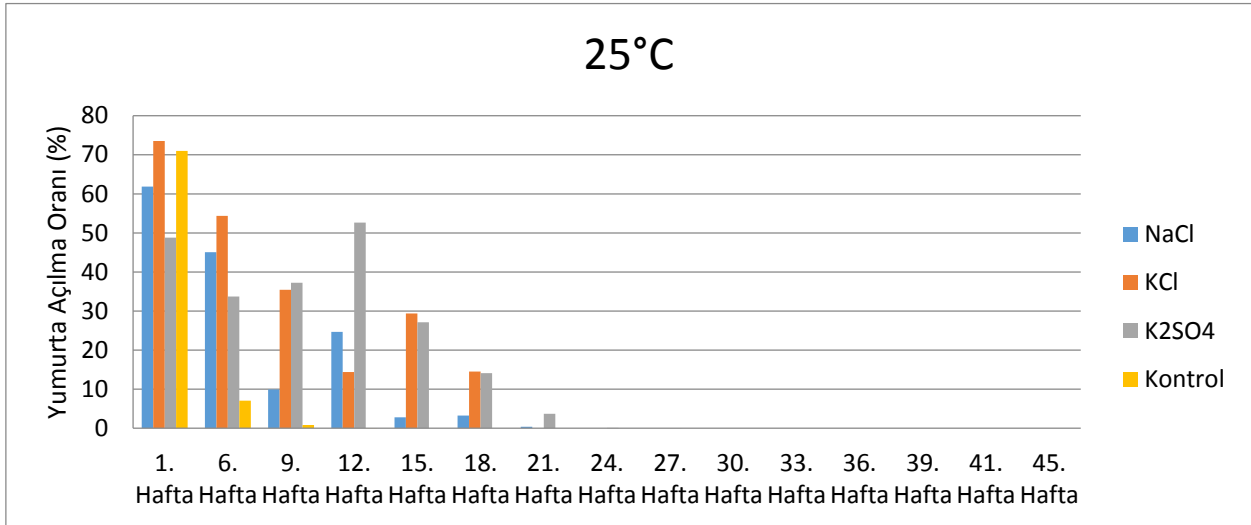
Farklı harfler, yoğunlukların ortamları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (Anova, p<0.01, Tukey post-hoc karşılaştırması, ‘±’ standart hatayı göstermektedir).

Embriyonik dayanıklılık deneyinin sonunda elde edilen sonuçlara göre zaman geçtikçe yumurtaların açılma başarısında ciddi bir düşüş olduğu görülmüştür. Her iki sıcaklık değerinde de düşük nem koşulunun sınıandığı kaplardaki yumurtalar, yüksek nem koşullarının sınıandığı kaplardakilere göre daha erken bozulmaya başlamıştır. Nem değerinin en düşük olduğu %50 düzeyinde kalması için tuz çözeltisi eklenmeyen negatif kontrol gruplarındaki yumurtalar yaklaşık 9. haftadan sonra açılmamışlardır. En uzun dayanan grup ise 20°C ve K₂SO₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulunun bulunduğu gruptan elde edilmiştir. Bu grubun yumurtaları, 45 hafta süren deneyin son haftasına kadar açılmaya devam etmiştir. 25°C’ye ait K₂SO₄ çözeltisinin bulunduğu grupta ise deneyin 6. haftasında yumurta açılması sona ermiştir. Her iki sıcaklık koşulu olan 20°C ve 25°C’de bulunan diğer nem koşullarındaki

yumurtaların, deneyin 15. haftasından sonra açılma oranlarında düşüş olduğu tespit edilmiş olup, bu grupların 21. haftadan sonra yumurta açılması sona ermiştir. Sadece 20°C grubunun NaCl çözeltisinin sağladığı % 75 bağıl nem koşulunda düşük de olsa larva çıkışı olduğu görülmüştür. 30. haftadan sonra ise NaCl grubunda da yumurta açılması durmuştur (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14).



Şekil 4.13: 20°C sıcaklığında, farklı nem koşullarının yumurta açılma oranları



Şekil 4.14: 25°C sıcaklığında, farklı nem koşullarının yumurta açılma oranları

Yumurta açılma oranları incelendiğinde, 15 ve 18. haftalar arasına kadar açılmaya devam eden yumurtalar, bundan sonraki haftalarda durma noktasına gelmiştir. En yüksek verimin 1-15.

hafta aralığı olduğu saptanmıştır. Yumurtaların açılma oranındaki düşüğe rağmen, 45 hafta sonunda da açılmaya devam eden 20°C ve K₂SO₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulunda bulunan grup, en başarılı grup olarak değerlendirilmiştir.

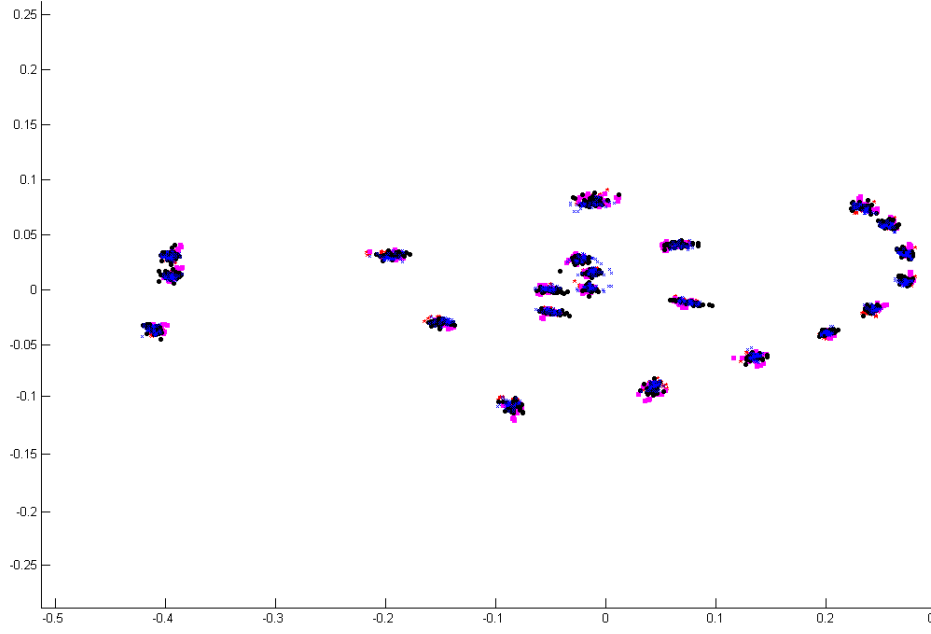
4.2.3. Geometrik Morfometrik Analiz

Aedes albopictus yumurtalarının en uzun süre dayandığı koşul olan 20°C ve K₂SO₄ tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem oranında deney süresince açılan yumurtalardan çıkan 128 dişi ve 128 erkek bireyin kanat şekilleri ile yapılan CVA analizi sonunda 3'er tane ayrı kanonik varyasyon tespit edilmiştir:

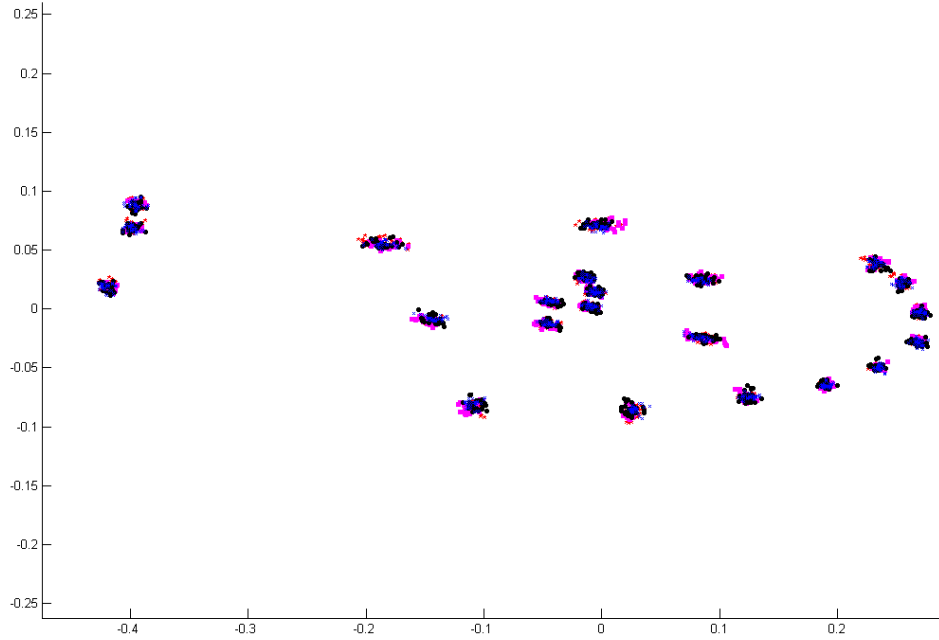
Dişiler için: Düzlem-1 Lambda= 0,0402, $\chi^2= 337,5256$, sd= 120, $p<0,0001$, Düzlem-2 Lambda= 0,1526, $\chi^2= 197,3637$, sd=78, $p<0,0001$ ve Düzlem-3 Lambda= 0,4394, $\chi^2= 86,3580$, sd=38, $p<0,0001$.

Erkekler için: Düzlem-1 Lambda= 0,0445, $\chi^2= 323,5643$, sd= 120, $p<0,0001$, Düzlem-2 Lambda= 0,1614, $\chi^2= 189,6919$, sd=78, $p<0,0001$ ve Düzlem-3 Lambda= 0,5344, $\chi^2= 65,1688$, sd=38, $p<0,0001$.

128 dişi ve erkek bireye ait kanatların incelenmesinde kullanılan landmark ortalamalarının dağılımı Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'de verilmiştir.

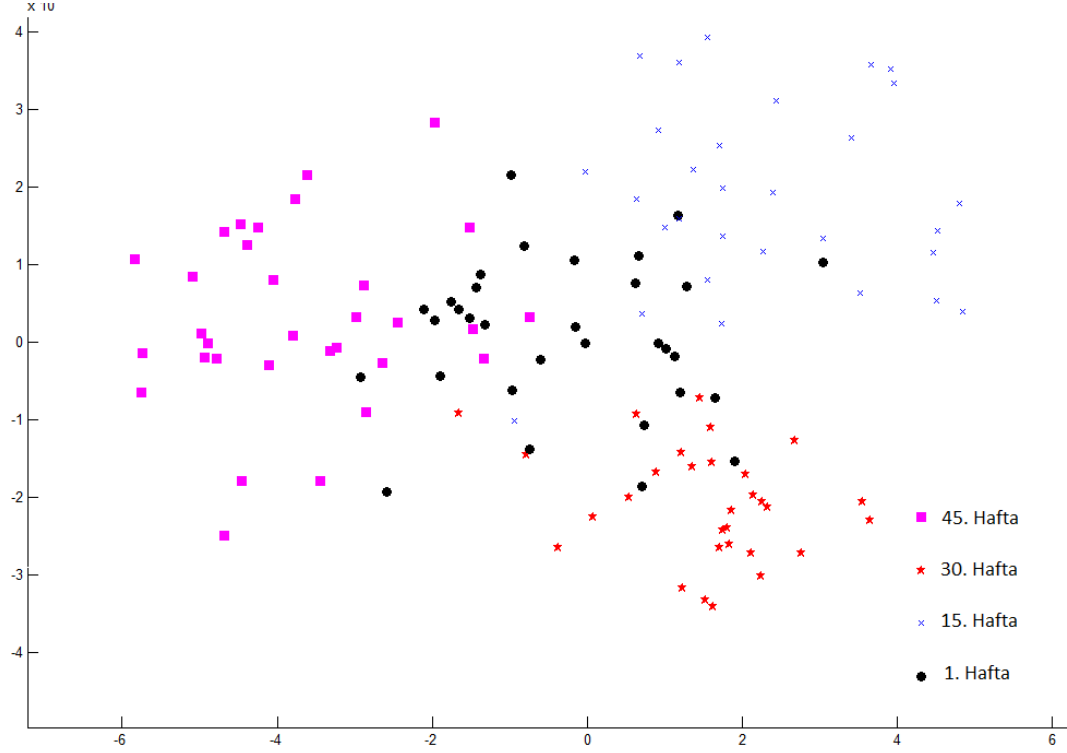


Şekil 4.15: 20°C ve K₂SO₄ tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem koşulunda bekleyen dişi bireylerin kanat ortalamalarının landmark izdüşümü

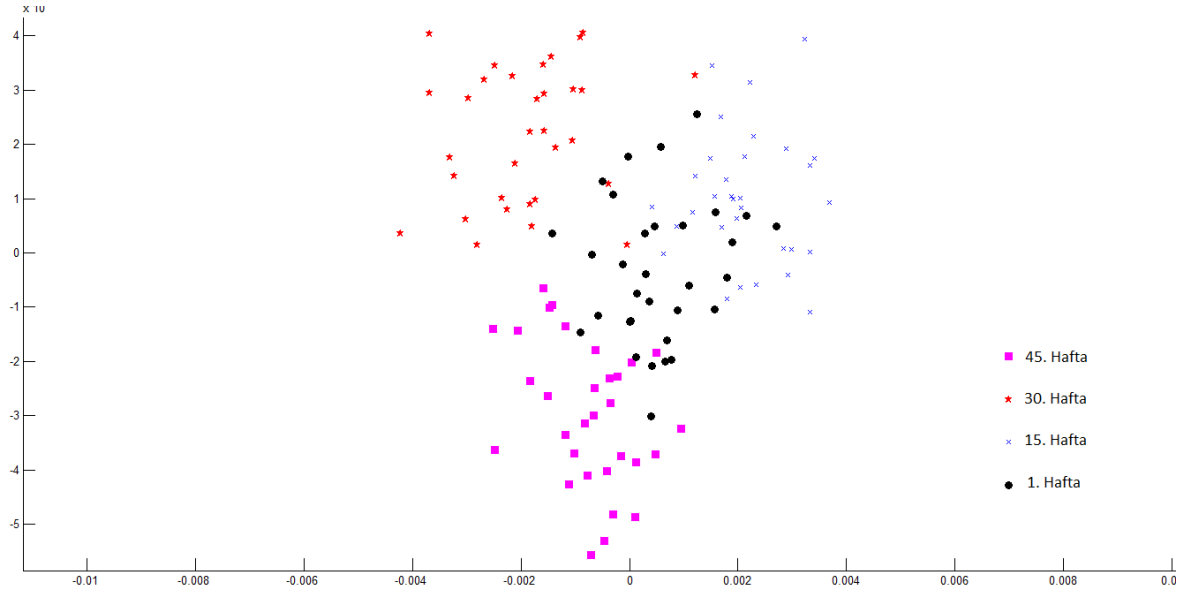


Şekil 4.16: 20°C ve K₂SO₄ tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem koşulunda bekleyen erkek bireylerin kanat ortalamalarının landmark izdüşümü

20°C ve K₂SO₄ tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem oranında bekleyen, farklı haftalarda yumurtadan çıkan dişi ve erkek bireyler arasında yapılan CVA analizi sonundaki elde edilen gruplar arasındaki kanat morfometri farklılıkları ise Şekil 4.17 ve 4.18’de gösterilmiştir. Kanat şekillerinde her 15 haftadan alınan örnekler arasında hem dişi hem erkek bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır (p<0,001).

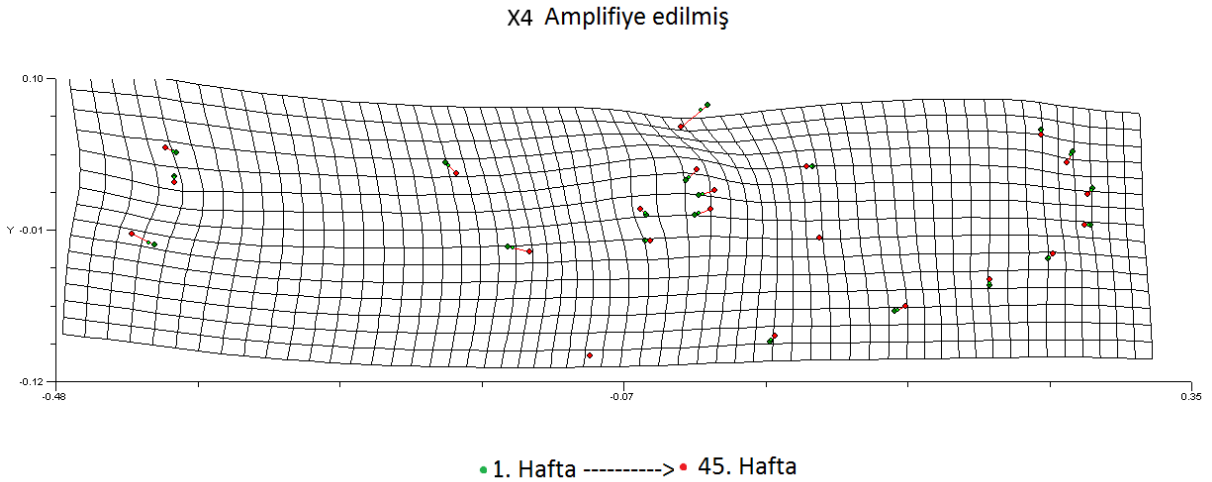


Şekil 4.17: 20°C ve K₂SO₄ tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem koşulunda bekleyen, farklı haftalarda yumurtadan çıkan dişi bireylerin, kanat morfometrilerine ait CVA grafiği

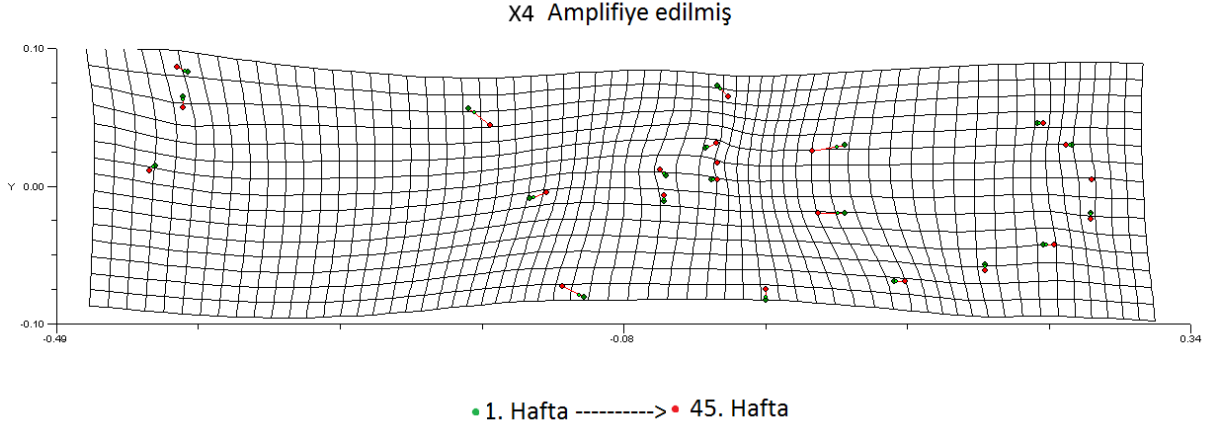


Şekil 4.18: 20°C ve K₂SO₄ tuzuyla elde edilen % 99 bağıl nem koşulunda bekleyen, farklı haftalarda yumurtadan çıkan erkek bireylerin, kanat morfometrilerine ait CVA grafiği

Morpheus yazılımı ile incelenen kanat deformasyonlarına ait bulgular Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.19: En verimli grup olan 20°C ve % 99 bağıl nem koşullarında saklanan yumurtalardan çıkan ergin dişi bireylerden elde edilen kanat şekillerinin deneyin ilk ve son haftasına göre şekil farklılıkları



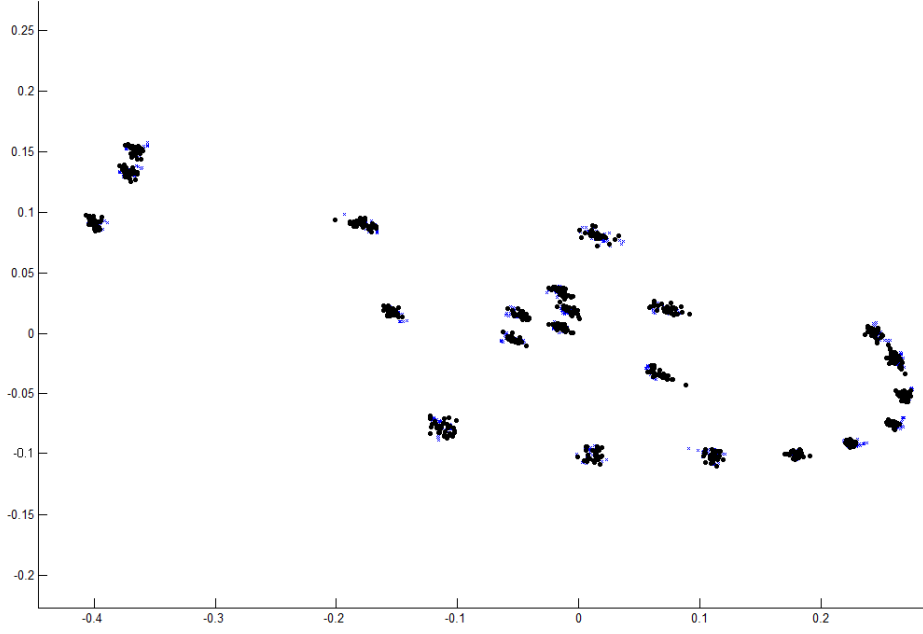
Şekil 4.20: En verimli grup olan 20°C ve % 99 bağıl nem koşullarında saklanan yumurtalardan çıkan ergin, erkek bireylerden elde edilen kanat şekillerinin deneyin ilk ve son haftasına göre şekil farklılıkları

Deneyin son haftasının 20°C ve % 99 bağıl nemden koşulundan elde edilen erginlerin kanat şekilleri, ilk haftanın kontrol grubundan elde edilen bireylerin kanat şekilleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan 64 erkek ve 64 dişi bireyin kanat şekilleri ile yapılan CVA analizi sonunda birer tane ayrı kanonik varyasyon bulunmuştur:

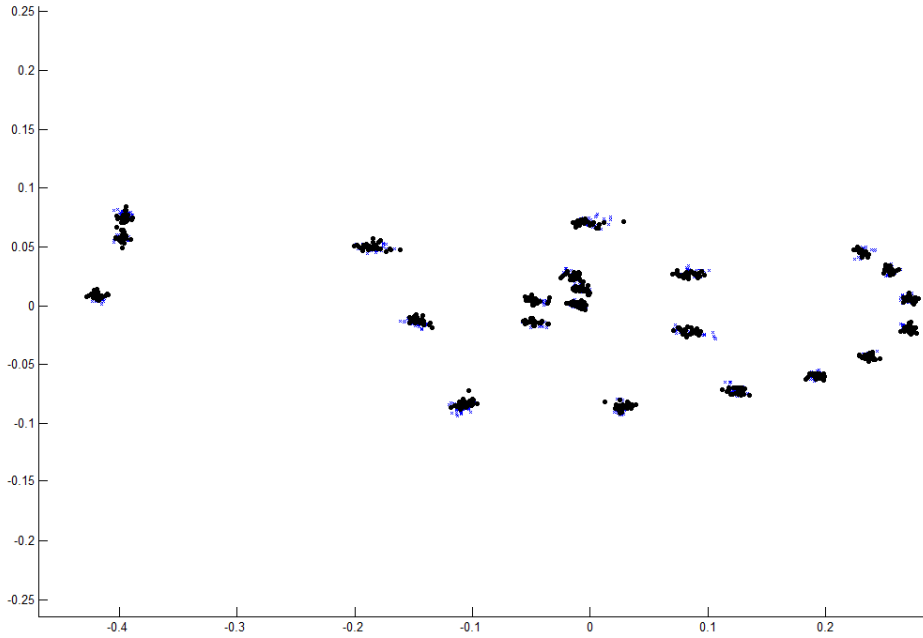
Dişiler için: Düzlem-1 Lambda= 0,1304, $\chi^2= 85,5522$, sd= 40, $p<0,0001$,

Erkekler için: Düzlem-1 Lambda= 0,1150, $\chi^2= 90,8384$, sd= 40, $p<0,0001$,

64 dişi ve 64 erkek bireyin kanatlarının incelenmesinde kullanılan landmark ortalamalarının dağılımı Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’da verilmiştir.

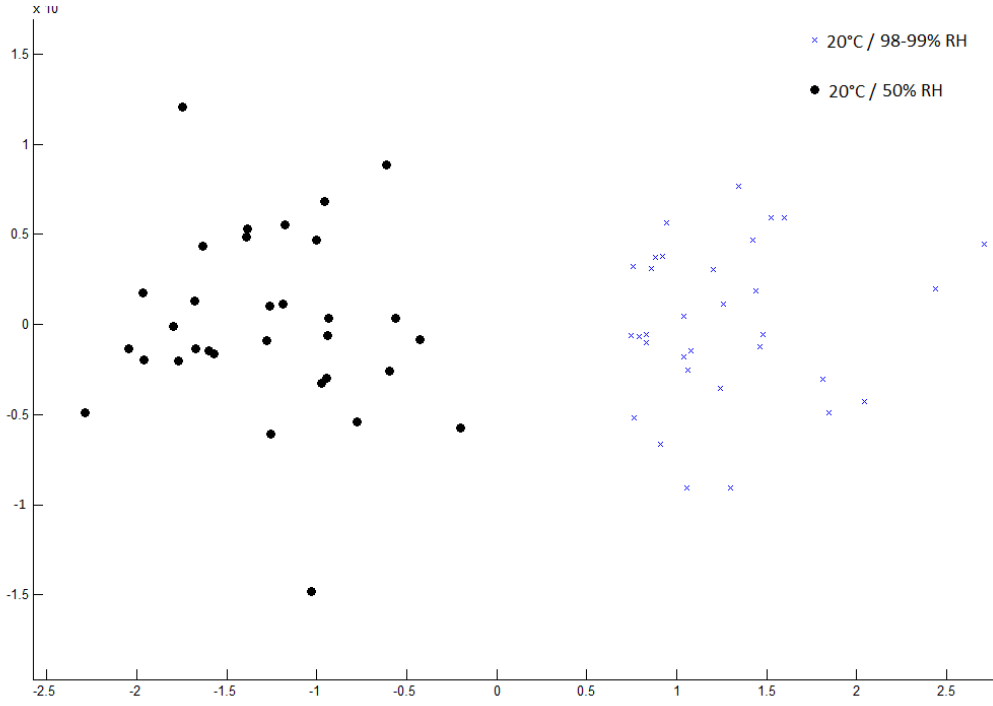


Şekil 4.21: 20°C'de K_2SO_4 tuzu ve kontrol grubuyla elde edilen % 99 ve % 50 bağıl nem oranlarında bekleyen dişi bireylerin kanat ortalamalarının landmark izdüşümü

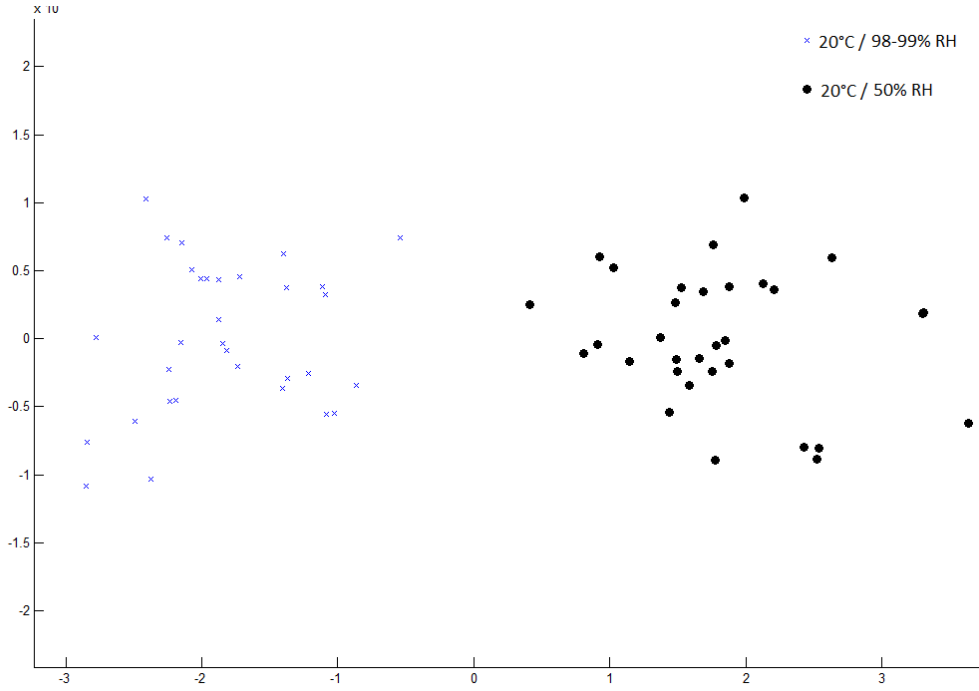


Şekil 4.22: 20°C'de K_2SO_4 tuzu ve kontrol grubuyla elde edilen % 99 ve % 50 bağıl nem oranlarında bekleyen erkek bireylerin kanat ortalamalarının landmark izdüşümü

20°C’de K₂SO₄ tuzu ve kontrol grubuyla elde edilen % 99 ve % 50 bağıl nem oranlarında bekleyen yumurtalardan 30. haftada çıkan dişi ve erkek bireyler arasında yapılan CVA analizi sonunda elde edilen gruplar arasındaki kanat morfometri farklılıkları Şekil 4.23 ve 4.24’deki gösterilmiştir. Kontrol grubu ve K₂SO₄ gruplarının arasında, kanat şekillerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür (p<0,001).

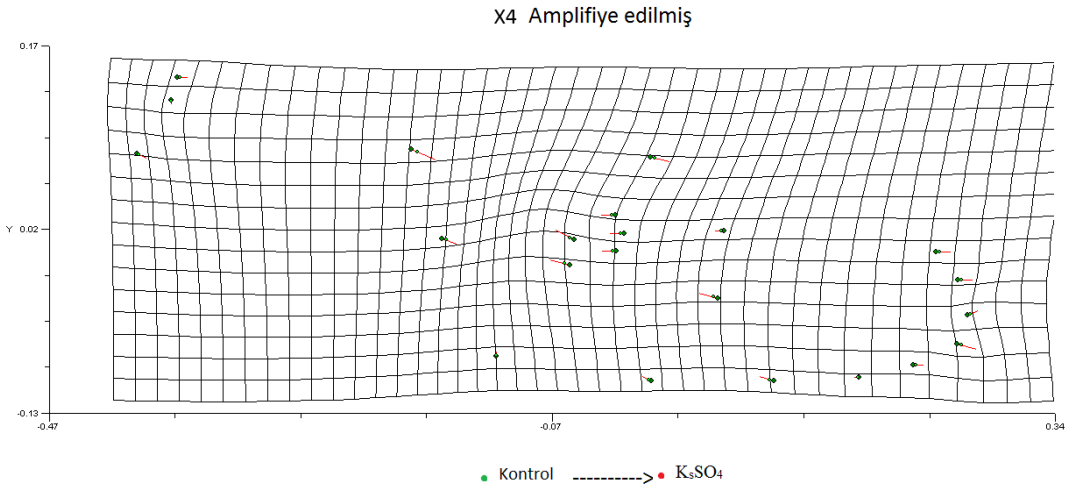


Şekil 4.23: 20°C’de K₂SO₄ tuzu ve kontrol grubundan elde edilen % 99 ve % 50 bağıl nem oranlarında bekleyen yumurtalardan elde edilen dişi bireylerinin kanat morfometrilerine ait CVA dağılımı

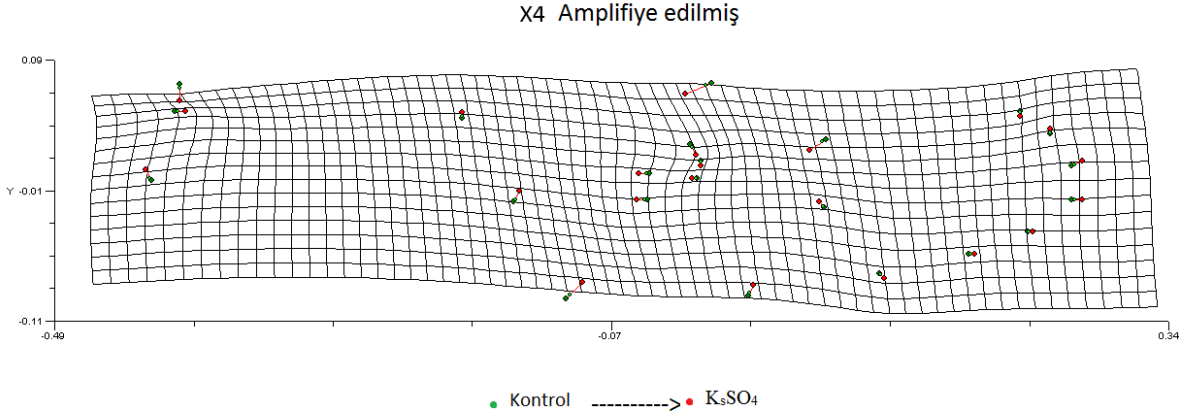


Şekil 4.24: 20°C’de K_2SO_4 tuzu ve kontrol grubundan elde edilen % 99 ve % 50 bağıl nem oranlarında bekleyen yumurtalardan elde edilen erkek bireylerinin kanat morfometrilerine ait CVA dağılımı

Morpheus yazılımı ile incelenen kanat deformasyonları Şekil 4.25 ve Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.25: 20°C’de kontrol grubu ve K_2SO_4 tuzuyla elde edilen % 50 ve % 99 bağıl nem koşullarında bekleyen yumurtalardan elde edilen dişi bireylerinin kanat şekil farklılıkları



Şekil 4.26: 20°C’de kontrol grubu ve K₂SO₄ tuzuyla elde edilen % 50 ve % 99 bağıl nem koşullarında bekleyen yumurtalardan elde edilen erkek bireylerinin kanat şekil farklılıkları

4.2.4. Sentroid Büyüklüğü Analizi

Yumurta açılma süresinin en uzun olduğu 20°C ve K₂SO₄ % 99 bağıl nem koşulunun 1., 15., 30. ve 45. haftalarından alınan dişi ve erkek 32’şer bireyin sentroid büyüklüğü analizinde çıkan sonuç Çizelge 4.5’te verilmiştir.

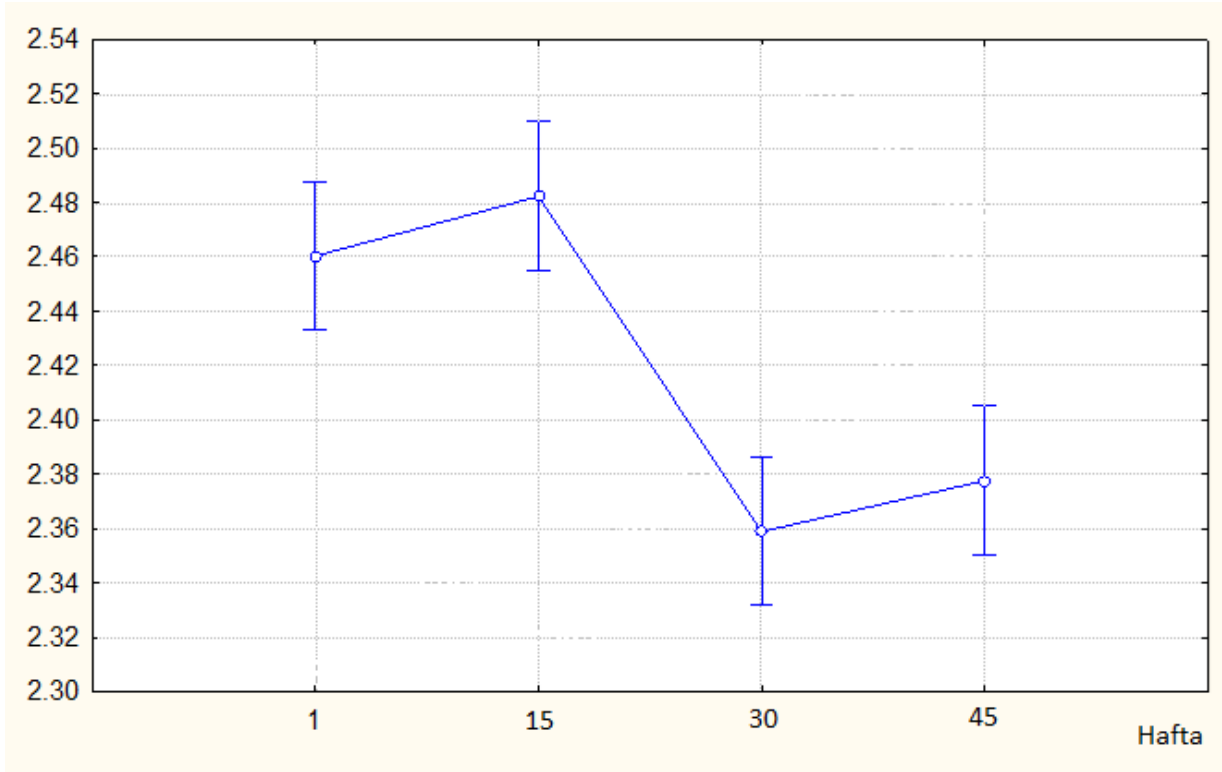
Çizelge 4.5: 20°C ve K₂SO₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulundan alınan dişi ve erkek bireylerin sentroid büyüklük oranları

Hafta	R	FW	FC	MW	MC
1	4	32	2,46±0,14 ^a	32	1,98±0,01 ^a
15	4	32	2,48±0,16 ^a	32	1,99±0,01 ^a
30	4	32	2,36±0,12 ^b	32	1,95±0,01 ^b
45	4	32	2,38±0,13 ^b	32	1,98±0,02 ^{ab}

Farklı harfler, yoğunlukların ortamları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (Anova, $p < 0.05$, Tukey post-hoc karşılaştırması, “±” standart hatayı göstermektedir). **Hafta:** Yumurtanın açıldığı hafta; **R:** Tekrar; **FW:** Dişi bireylerin örneklem sayısı; **FC:** Dişi bireylerin sentroid büyüklüklerinin ortalaması; **MW:** Erkek bireylerin örneklem sayısı; **MC:** Erkek bireylerin sentroid büyüklüklerinin ortalaması

128 dişi bireyin arasında yapılan post-hoc karşılaştırması sonucunda 1. ve 15. Haftalar ile 30. ve 45. haftalarda alınan erginler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir gruplaşma görülmüştür (Anova, $F(3, 122) = 19,256$; $p < 0,001$, % 95 güven aralığında). 1. ve 15. haftalardan elde edilen ergin kanatlarının 30. ve 45. haftalardan daha büyük olduğu saptanmıştır. 1. ve 15. haftalar arasında ve 30. ve 45. haftalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,01$).

Dişi bireylerin karşılaştırıldığı kanat sentroid büyüklüklerinin kutu-plot grafiği Şekil 4.27'de verilmiştir.

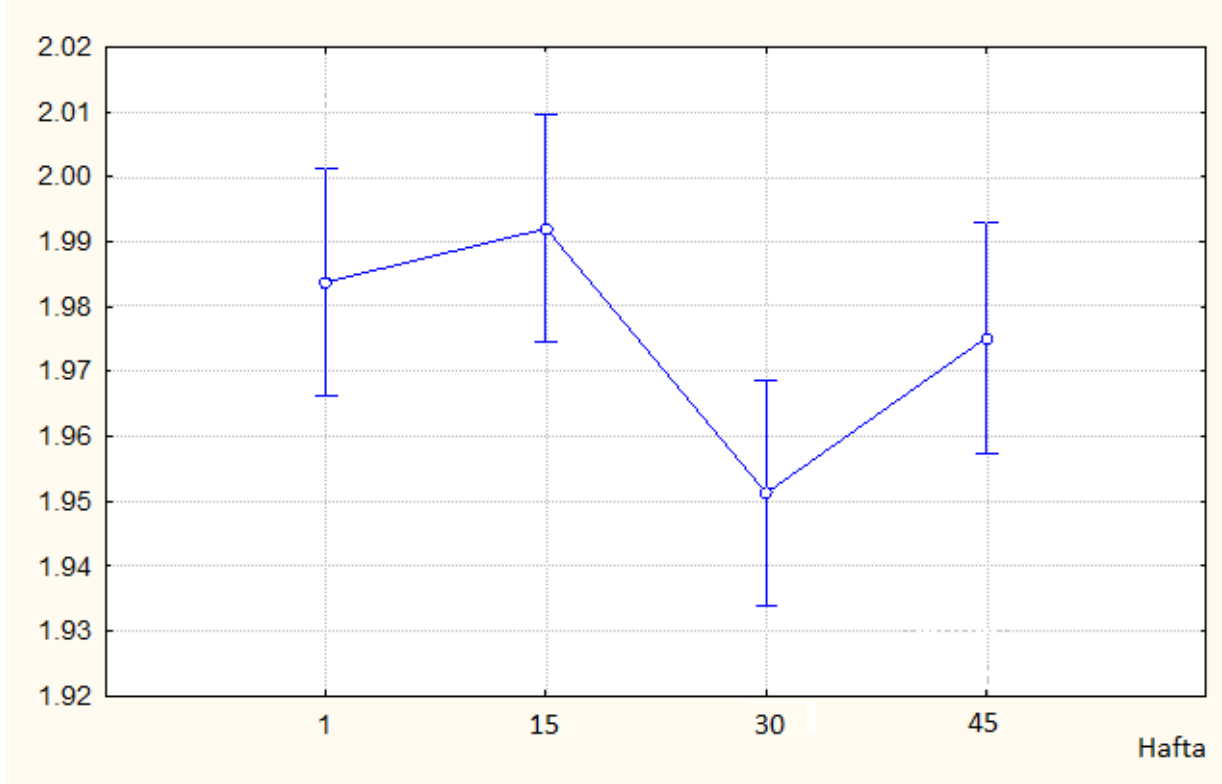


Şekil 4.27: 20°C ve K_2SO_4 çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulunun dişi kanat sentroid büyüklük ortalamaları ($F(3, 122) = 19,256$; $p < 0,001$)

128 erkek bireyin arasında yapılan post-hoc karşılaştırması sonucunda 30. haftada alınan erginler ve diğer haftalarda alınan erginler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir gruplaşma görülmüştür (Anova, $F(3, 123) = 3,9662$; $p = 0,00973$, % 95 güven aralığında). 1., 15. ve 45.

haftalardan elde edilen erginlerin kanatlarının arasında fark görülmezken, 30. haftadan alınan erginlerin kanatlarında küçülme olduğu gözlenmiştir.

Erkek bireylerin karşılaştırıldığı kanat sentroid büyüklüklerinin kutu-plot grafiği Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



Şekil 4.28: 20°C ve K₂SO₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulunun erkek kanat sentroid büyüklük ortalamaları (F(3, 123)= 3,9662; p= 0,00973)

Deneyin son haftasında 20°C ve % 99 bağıl nem koşulundan elde edilen erginlerin kanat sentroid büyüklükleri, kontrol grubunda elde edilen bireylerin kanat sentroid büyüklükleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan 64’er dişi ve erkek bireyin sentroid büyüklüğü analizinde çıkan sonuç Çizelge 4.6’da verilmiştir.

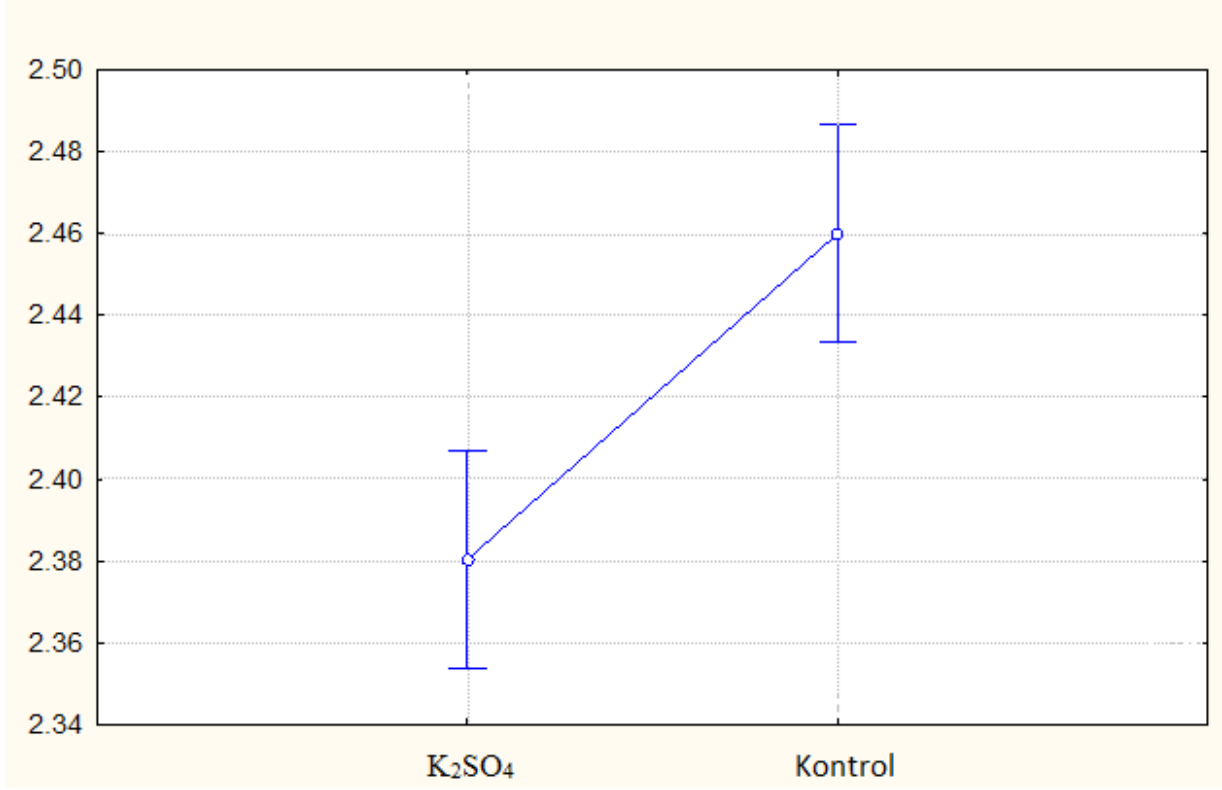
Çizelge 4.6: 20°C ve K₂SO₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulu ve kontrol grubunun sağladığı % 50 bağıl nem koşulundan elde edilen dişi ve erkek bireylerinin sentroid büyüklük ortalamaları

Çözelti	R	FW	FC	MW	MC
Kontrol	4	32	2,46±0,01 ^a	32	2,41±0,04 ^a
K ₂ SO ₄	4	32	2,38±0,02 ^b	32	1,97±0,01 ^b

Farklı harfler, yoğunlukların ortamları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (Anova, $p < 0.05$, Tukey post-hoc karşılaştırması, ‘±’ standart hatayı göstermektedir). **Çözelti:** Yumurtanın bekletildiği çözelti; **R:** Tekrar; **FW:** Dişi bireylerin örneklem sayısı; **FC:** Dişi bireylerin sentroid büyüklüklerinin ortalaması; **MW:** Erkek bireylerin örneklem sayısı; **MC:** Erkek bireylerin sentroid büyüklüklerinin ortalaması

64 dişi bireyin arasında yapılan post-hoc karşılaştırması sonucunda kontrol grubundan alınan erginler ile K₂SO₄ grubundan elde edilen erginler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir gruplaşma tespit edilmiştir (Anova, $F(1, 62) = 17,923$; $p < 0,001$, % 95 güven aralığında). Kontrol grubundan elde edilen bireylerin kanatlarının daha büyük olduğu saptanmıştır.

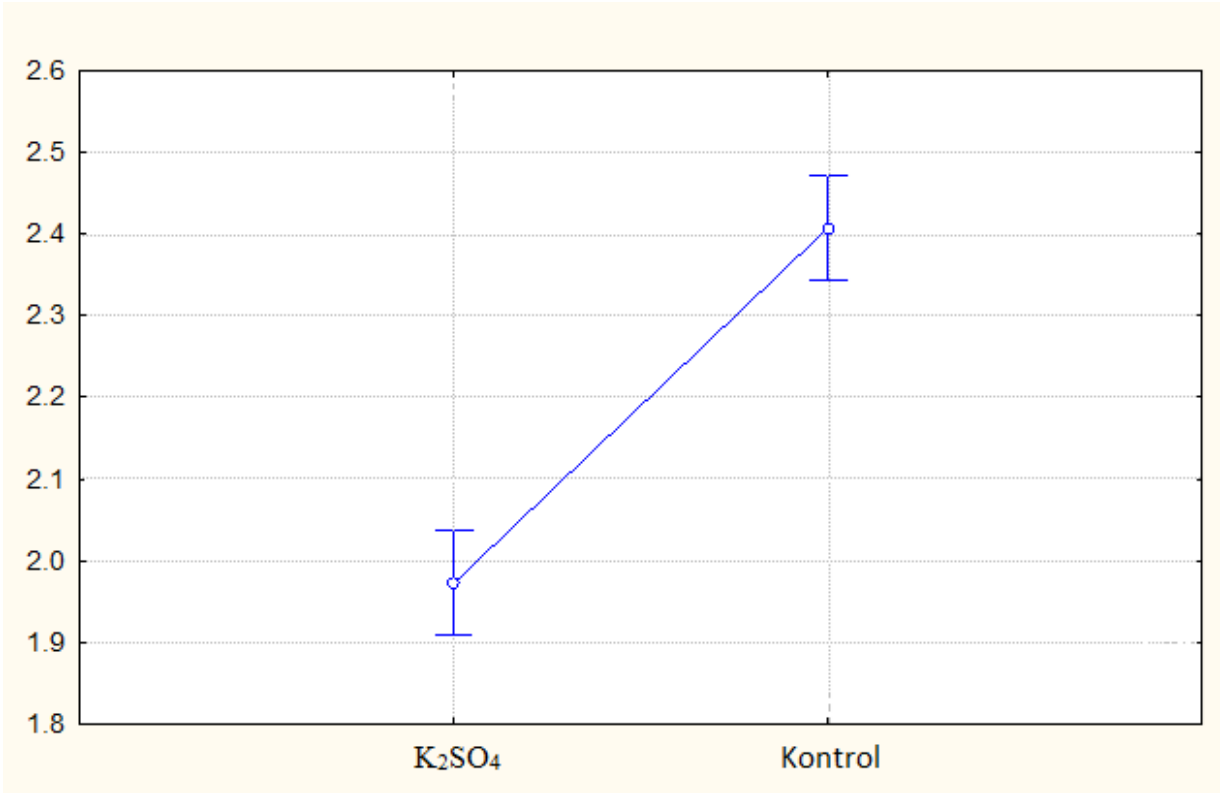
Dişi bireylerin karşılaştırıldığı kanat sentroid büyüklüklerinin kutu-plot grafiği Şekil 4.29’da gösterilmiştir.



Şekil 4.29: 20°C ve K₂SO₄ çözeltisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulu ve kontrol grubunun sağladığı % 50 bağıl nem koşulundan elde edilen dişi kanat sentroid büyüklük ortalamaları (F(1, 62)= 17,923; p<0,001)

64 erkek bireyin arasında yapılan post-hoc karşılaştırması sonucunda kontrol grubundan alınan erginler ve K₂SO₄ grubundan elde edilenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir gruplaşma tespit edilmiştir (Anova, F(1, 62)= 90,875; p<0,001, % 95 güven aralığında). Kontrol grubundan elde edilen bireylerin kanatlarının daha büyük olduğu saptanmıştır.

Erkek bireylerin karşılaştırıldığı kanat sentroid büyüklüklerinin kutu-plot grafiği Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.30: 20°C ve K₂SO₄ çözeltilisinin sağladığı % 99 bağıl nem koşulu ve kontrol grubunun sağladığı % 50 bağıl nem koşulundan elde edilen erkek kanat sentroid büyüklük ortalamaları (F(1, 62)= 90,875; p<0,001)

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında, istilacı tür *Aedes albopictus* ile yapılan laboratuvar çalışmaları ile bu türün biyolojisi ile ilgili bilimsel veriler elde edilmesi ve Türkiye’de olası bir *Aedes albopictus* istilasına karşı Steril Böcek Tekniği’nin kullanılması için tasarlanan uydu tesislere ait üretim tekniklerinin optimizasyonunun sağlanması amaçlanmıştır.

Aedes albopictus’un, kolonizasyonunun ilk aşamalarında olan Türkiye’de ve komşu ülkelerde başarılı bir kontrol stratejisi izlenmesi, halk sağlığına olan tehdidi engellemek ve ekolojik denge bağlamında tür zenginliğinin korunması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle ele alınan SIT’nin uygulanması halinde ihtiyaç duyulacak uydu üretim tesislerinde kullanılacak yöntemlerde en uygun koşullarının belirlenmesi esas unsurdur.

SIT, sivrisineklerle mücadelede henüz deneme aşamasında olsa da geniş alanlarda tarım ve hayvan zararlıları olan çeçe sinekleri ve meyve sineklerine uygulanmış ve başarılı olmuştur [60]. Kullanılan uydu tesislerinin avantajı, fazla insan gücü ve maliyetin olduğu, gerekli yumurtaların elde edileceği büyük ana kolonilere olan ihtiyacın ortadan kalkmasıdır. Bu durum, işlemi büyük ölçüde basitleştirerek tesisin işletilmesini kolaylaştırmakta ve maliyetin düşmesini sağlamaktadır [61], [62]. Bu tesisler, ana üretim tesisinden gelecek yumurta veya sterilleştirilmiş ergin bireyler kullanılarak çalışır. Bu şekilde, steril böceklerin bir tesisten diğerinde taşınması günümüzde sıkça yapılan bir uygulamadır [63].

Geniş alanlı bir kontrol yöntemi olan SIT’yi dünyanın farklı bölgelerinde uygulamaya başlamadan önce sorulması gereken en önemli sorulardan biri farklı ülkelerden temin edilecek soyun, SIT’nin hedef bölgesindeki soylarla çiftleşebilecek olup olmadığının belirlenmesidir. Urbanelli ve ark. yaptığı çalışmada [64] ABD, İtalya ve Japonya’dan toplanan *Aedes albopictus* soylarının kendi aralarında üreyebildikleri gösterilmiştir. Bu bireylerin ABD ve Japonya’dan, İtalya’ya kısa zaman içinde arka arkaya giriş yapmaları, genetik akrabalığın zayıflamasını zorlaştırmıştır [9].

Sivrisinek popülasyonlarında larval yoğunluğun, hayatta kalma oranlarını azaltarak ve gelişimi yavaşlatarak popülasyon büyüklüğünü etkilediği bilinmektedir [65]. Larval yoğunluğun, besin kaynaklarının azalması [66], fiziksel temas [67] ve predasyon [68] gibi etkilerle gelişim

süresinin uzamasına sebep olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada, mililitre su başına 2 larva yoğunluğu koşulunda, en yüksek pupalaşma oranının tespit edilmesi, erkek ergin bireylerin daha fazla oranda görülmesi, kanat sentroid büyüklüğü ortalamasının düşük olmaması ve tekrarlar arasında en az sapma olmasıyla, bu koşulun SIT prosedürüne en uygun “yoğunluk” olduğu değerlendirilmiştir. Kısa sürede, en az yer kaplayacak şekilde, en fazla sayıda ergin bireyin elde edilmesi bir toplu üretim tekniği için en temel amaçtır. 1 ve 2 larva/ml su yoğunlukları arasında görülen pupalaşan birey sayısındaki artış oranı, toplu üretim tekniği için daha fazla sayıda larva kullanılmasının avantajını göstermektedir. Fakat yoğunluk artırılmaya devam edildiğinde, 3 larva/ml su yoğunluğunda, pupalaşma oranında önemli düşüş tespit edilmiş olup, 4 larva/ml su yoğunluğunda ise aşırı yoğunlaşma nedeniyle daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. İlk üç gün içinde toplanan pupalar günlere göre incelendiğinde ise 24 ve 48 saat sonunda en fazla pupalaşmanın görüldüğü, en çok erkek birey sayısını elde etmek için ise ilk 24 saatteki pupaların kullanılmasının daha uygun ve verimli tercih olabileceği değerlendirilmiştir.

CAA’de yapılan benzer bir çalışmada, orijinal IAEA raf sistemi kullanılarak, aynı besin miktarlarıyla 2, 3 ve 4 larva/ml su yoğunluk koşullarında pupalaşma verimi araştırılmış [40], 2 ve 3 larva/ml su yoğunluklarının daha uygun olduğu, 4 larva/ml su yoğunluğunun ise uygun olmadığı bulunmuştur. Bu sonuçlar, IAEA üretimi raf sistemi olmadan da benzer koşullar sağlanarak optimum verimin elde edilebileceğini göstermiştir. Aynı zamanda çıkan pupaların ilk 24 saat içinde toplanmasının, daha çok erkek bireyin elde edilmesi açısından önemini de desteklemektedir. CAA çalışmasının sonuçları, bu tez çalışmasından elde edilen bulguları ve değerlendirmeleri destekler niteliktedir.

Bu tez çalışmasında, konu ile ilgili daha önce yapılmış benzer çalışmalara ilave olarak, ergin sineklerin kanat şekil ve sentroid büyüklüklerinin geometrik morfometrik analizleri de yapılmıştır. Geometrik morfometri, Diptera kanatlarını incelerken, ekolojik etkilerin popülasyonlarda ne şekilde etki edildiğini belirlemek, tür teşhisi ve bu çalışmada olduğu gibi, deformasyonları kontrol etmek için sık kullanılan yararlı bir yöntemdir [69], [70].

Erkek bireylerin ortalama kanat sentroid büyüklüklerindeki tespit edilen ve istatistiksel olarak anlamlı bulunan fark sadece 1 larva/ml su ile diğer yoğunluklar arasında olsa da, dişilerin ortalama kanat sentroid büyüklüklerindeki anlamlı fark, pupalaşma ortalamalarındaki farkla

uyumlu şekilde, 1-2 larva/ml su ve 3-4 larva/ml su yoğunlukları arasında da görülmüştür. Ancak bu değişim beklenenin aksine düşük larva yoğunluğundan, büyük larva yoğunluğuna doğru gidildikçe azalma olarak değil, çok küçük de olsa artış olarak ortaya çıkmıştır. Bu değişimin sebebinin, *Aedes* larvalarının aşırı toplanma hareketi yapması ile olduğu düşünülmüştür [71]. Bu hareket tipinde, larvalar buldukları su kaynağının içinde eşit olarak dağılmayıp bir topak oluşturarak, en koyu gölgenin olduğu bölgede yoğunlaşırlar. Bu deneyde de *Aedes albopictus* larvaları tepsilere eşit olarak dağılmayıp, tepsilerin tabanında yoğunlaşarak, besin için beklenmedik bir çekişmeye girmiş olabilirler ve sayıları azalan larvalar, düşünülen besin miktarından daha fazla beslenmiş olabilirler. Bu durum dişi ve erkek sinekler için sentroid büyüklüklerindeki artışı da açıklayabilir. Kurulacak üretim merkezlerinde bu gibi denemelerde ve tarafımızca planlanan daha ileri düzeyde araştırmalarda bu durumun dikkate alınması, ileride yapılacak deneylere ait bulguların daha sağlıklı ve bilimsel olarak anlamlı olabilmesini sağlayacaktır.

Bu artışın dişilerin eş, besin ve yumurtlama bölgesi aramak için gereken daha yüksek dispersal kapasitesi nedeniyle dişilerde daha yüksek gerçekleşmiş olabileceği değerlendirilmiştir [72], [73]. Ancak, erkeklerde çiftleşme başarısını etkileyen vücut büyüklüğüyle korelasyon gösteren kanat sentroid büyüklüğü, çiftleşme başarısını da etkileyebilir [48]; bu durumun SIT'nin başarısını doğrudan etkileyen bir faktör olarak göz önünde bulundurulması gerekmektedir [47]. Çok sayıda pupanın ve erkek bireyin üretiminin kısa zamanda, optimum şartlarda elde edilmesinin yanında, bu bireylerin salındıkları bölgelerdeki doğal bireylerle de çiftleşmek için başarılı bir şekilde rekabet edebilmesi gerekmektedir. Hesaplanan ortalama kanat sentroid büyüklüğü, en yüksek 4 larva/ml su yoğunluğunda olsa da, pupa veriminin çok düşük olması bu yoğunluğun ideal yoğunluk olmasını engellemektedir.

Yapılan kanat şekli analizlerinde, bütün yoğunluklarda, dişi ve erkek bireylerin ortalamalarında istatistiksel olarak anlamlı bir deformasyon görülmemiştir. Buna rağmen kanatlarda görülen değişim, uçtaki ana kıvrılma hareketinin olduğu, merkez bölgesinde gözlemlenmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da larva yoğunluğunun ve rekabet baskılarının kanat şeklini değiştirmediği, temel farkı yaratan etkinin sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin olduğu ortaya çıkarılmıştır [74], [75]. Kanadın şekli ve boyu mikro-evrimsel etkilerle

değişimlere açıkken, larvadan ergine olan gelişim süresinde değişim ifadesi bulunmamaktadır [76].

Bu çalışmada yürütülen ikinci deneyde, yumurtaların ne kadar süre dormant olarak saklanabileceği sınanmıştır. SIT uygulamasında kullanılacak uydu tesislere gönderilecek yumurtaların sağlıklı kalabilme sürelerini bilmek, yöntemin başarısı için oldukça önemlidir. Larva yoğunluk deneyinde olduğu gibi esas amaç, en az kaynakla maksimum verimi almak, aynı zamanda elde edilecek bireylerin doğadaki bireylerle rekabette başarılı olmasına olanak sağlayacak şekilde sağlıklı ve kaliteli olmalarını sağlayan yöntemleri geliştirmektir. Bu nedenle, yumurtaların korunması işlemlerinde saklama süresinin yanı sıra ortamın sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin de uygunluğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Alınan sonuçlar, bağıl nemin yumurtalar üzerindeki etkisinin, çevresel sıcaklıktan daha güçlü olduğunu göstermiştir. *Aedes albopictus*'un esas olarak tropik ve sub tropik iklimden diğer iklim kuşaklarına yayılan bir tür olduğu düşünülürse, elde edilen sonuçlar türün yüksek nem koşullarında korunan yumurtalarının neden daha yüksek açılma oranına sahip olduğunu açıklamaktadır. Her ne kadar tropik iklim kuşağının ortalama sıcaklığından düşük olsa da, 20°C'de gerçekleştirilen denemelerde bile yumurtaların uzun süre bozulmadan saklanabilmesi ve yüksek açılma oranına sahip olması, yüksek nemin yumurtalar üzerindeki olumlu etkisini de açıklamaktadır. Larvaların gelişiminde su sıcaklığının 25°C ile 28°C arasında olması, larval gelişim hızını artırırken, yumurtların dayanıklılığı göz önüne alındığında ise ortamın sıcaklığının daha yüksek değerlerde olmasının olumsuz etkisi olduğu görülmüştür.

Yumurtaları uzun süre saklayabilmek için en uygun grubun seçilmesinden sonra, bu süre içinde kanat şekillerinin ve kanat sentroid büyüklüklerinin etkilenip etkilenmediğini tespit etmek için kanat üzerinde geometrik morfometrik yöntemleri kullanarak bazı analizler yapılmıştır.

20°C ve K₂SO₄ çözeltili koşulunun kendi içinde yapılan karşılaştırmaya göre kanat şekilleri açısından 1., 15., 30. ve 45. haftalarda hem dişi, hem de erkek bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir gruplaşma olduğu görülmüştür. Şekil değişikliğinin iki cinsiyette de apeksde kanat ucundan içeri doğru bükülme şeklinde olduğu, merkezde ise posteriora doğru olduğu tespit edilmiştir. Kanadın anteriorunda ise kanadın toraksla birleştiği tarafa bir uzama olduğu belirlenmiştir. Kanatta çıkan bu deformasyonların zamana bağlı olarak meydana

geldiği, zaman ilerledikçe yapısal farklılıkların artarak aynı yönde değişmiş olması ile açıklanabilir. Bunun yanı sıra kanat sentroid büyüklüklerinde de farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. 1., 15. ve 45. haftalar arasında büyüklük olarak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmezken, 30. haftada sentroid büyüklüğünde düşüş olduğu görülmüştür. 45. haftadaki sentroid büyüklüğü 30. haftadan daha fazla olmasına karşın, 1. ve 15. haftalardan daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, yumurtalar en uygun koşulda bekletilse bile bu yumurtalardan çıkan ergin bireylerin zaman içinde doğal popülasyondaki bireylere göre gerek biyotik potansiyel, gerekse dispersal gücü açısından daha başarısız olacaklarının bir göstergesi olabileceği fikrini vermektedir. Bu durumda, şekil olarak değişen ve sentroid büyüklüğü küçülen erginlerin doğal ortamdaki erginlerle rekabette zorlanabilecekleri düşünülebilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, toplu üretim aşamasında saklanan yumurtaların 30. haftadan önce kullanılmasının, verimliliğin yükseltilmesi açısından önemli olduğunu ortaya koymuştur.

20°C ve K₂SO₄ çözeltili grubu, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında ise kanat şekilleri açısından hem dişi, hem de erkeklerde istatistiksel olarak anlamlı bir kümeleşme olduğu görülmüştür. Şekil farklılıklarına bakıldığında ise kontrol grubundan K₂SO₄ grubuna doğru, antero-posteriorda apekse doğru bir uzama, dorso-ventralde ise merkeze doğru içe küçülme olduğu görülmüştür. Yine kanadın uçuş merkezinde bir bükülme de söz konusudur. Merkezdeki bu bükülme, Diptera takımının tamamında, ilk havalanma sırasında mediyal bölümün alttan gelen ve yükselmeyi sağlayan hava basıncına direnç sağlayan bölüm olduğu düşünüldüğünde, bu bulgu oldukça önemlidir.

Sentroid büyüklükleri karşılaştırıldığında ise iki cinsiyette de K₂SO₄ çözeltilisinin sağladığı %99 bağıl nem koşulunda bulunan bireylerin, kontrol grubundan daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılık, aslında, deney başladığında kontrol grubundaki bireylerin, deneyin sonundaki bireylerden daha büyük olduğunu ve aynı şekilde zaman içinde kanat büyüklüğündeki küçülmeye göre bireylerin vücut büyüklüklerinde de azalma olduğunu göstermektedir. SIT uygulamasından elde edilecek bireylerin doğadaki erkek bireylerle eş bulmak için rekabette başarılı olmaları, bu yöntemin en önemli basamağıdır. Yumurtaların uzun süre boyunca saklanması üretilen erkek bireylerin boyutlarında küçülmeye sebep olacağından, rekabete de olumsuz yönde etki edecektir. Sonuç olarak bekletilecek yumurtaların en geç 2-2,5 ay içinde kullanılmaları gerektiği söylenebilir.

Diptera türleriyle yapılan geniş kapsamlı son SIT çalışmaları 1970'lerde gerçekleştirilmiştir [77], [78]. Şimdi ise aynı yöntem *Aedes albopictus* türü için gündeme gelmiştir [23]. Bu vektörün son 20 yıldaki önemi, diğer kontrol yöntemlerinin sonuçsuz kalmasıyla ve taşıdığı hastalıklarla daha da artmıştır [8], [79], [80]. Yürütülen entegre kontrol çalışmaları *Aedes albopictus* için yetersiz kalmış, bu nedenle SIT ve türe özgü optimizasyon çalışmaları hızlanmıştır. Örneğin, CAA'da erkek sineklerin steril hale getirilmesi için pupaların maruz bırakıldığı farklı radyasyon değerlerinin, radyasyona maruz kalmış erkeklerin doğada bulunan erkeklerle rekabette ve dişiler tarafından seçimindeki başarısını görmek için yapılan bir çalışmada, radyasyon miktarının düşürülmesiyle doğru orantılı olarak erkek bireylerin rekabet başarısının arttığı tespit edilmiştir [81]. Başka bir çalışmada ise, SIT'nin planlanabilmesi için *Aedes albopictus* erkeklerinin dispersal ve hayatta kalabilme becerileri incelenmiştir [82].

Erginlerin bekletildiği kafes büyüklüğünün, *Glossina morsitans orientalis* Vanderplank türünün eşleşme rekabetini etkilemesi [83] ve *Anopheles arabiensis* Patton türünün steril erkeklerinin kapalı alanlarda eşleşme rekabetlerinin etkilenmesi [84] gibi daha önce yapılmış çalışmalarda bu şartın böceklerin davranışlarındaki değişikliklere etkileri göz önüne alındığında, yapılacak ön çalışmaların önemini daha da arttırmaktadır.

Yapılan bu tez çalışmasında ise bir uydu tesiste kullanılması en uygun larva yoğunluk ve yumurta bekleme koşullarının tespit edilebilmesi için bir seri deneme yapılmıştır. Buna göre yetiştirme koşullarında mililitre su başına 2 larva kullanmanın pupalaşma ve ergin büyüklüğü açısından en verimli yoğunluk değeri olduğu, yumurtaların 20°C'de ve % 99 bağıl nem koşulunda saklanması ve bu koşulda saklanan yumurtaların 30. haftadan önce kullanılmasının, yumurta açılma ve ergin büyüklüğü açısından en verimli şartlar olacağı tespit edilmiştir.

Bundan sonra yapılması gereken çalışmaların başında, en verimli koşulda elde edilen ergin bireylerin doğada bulunan erkeklerle eşleşme rekabetinde başarılı olup olmadığını araştırılması olmalıdır. Aynı zamanda deneme şartlarının aralıklarının küçültülmesinin daha net sonuçların elde edilmesi için gerekli olduğu anlaşılmıştır. Geniş alanlı, entegre kontrol yöntemi olan SIT'nin ön çalışmaları, ülkemizi de tehdit eden istilacı *Aedes albopictus* türünün popülasyonunun büyümesini ve yayılmasını engellemek ve hatta ortadan kaldırmak için bir an

nce, yarı doğal ve doğal koşullar altında yapılmalıdır. Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlara ait değerlendirmelerin, ileride yürütülecek çalışmalarla geliştirilmesi ve bu bilgilerin kullanılması, ülkemizde de kurulabilecek olası bir uydu tesisin geliştirilmesi için son derece gerekli ve önemli olduğu düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] M. Q. Benedict, R. S. Levine, W. A. Hawley, and L. P. Lounibos, “Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*,” *Vector-Borne Zoonotic Dis.*, vol. 7, no. 1, pp. 76–85, **2007**.
- [2] J. Adhami and N. Murati, “The presence of the mosquito *Aedes albopictus* in Albania.,” *Rev. Mjekesore*, no. 1, pp. 13–16, **1987**.
- [3] K. Oter, F. Gunay, E. Tuzer, Y.-M. Linton, R. Bellini, and B. Alten, “First record of *Stegomyia albopicta* in Turkey determined by active ovitrap surveillance and DNA barcoding.,” *Vector Borne Zoonotic Dis.*, vol. 13, no. 10, pp. 753–61, Oct. **2013**.
- [4] S. J. Nawrocki and W. A. Hawley, “Estimation of the northern limits of distribution of *Aedes albopictus* in North America.,” *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 3, no. 2, pp. 314–317, **1987**.
- [5] J. G. Estrada-Franco and G. B. Craig, *Biology, disease relationships, and control of *Aedes albopictus**, no. 42. Pan American Health Organization, **1995**.
- [6] G. F. O’meara, L. F. Evans Jr, A. D. Gettman, and J. P. Cuda, “Spread of *Aedes albopictus* and decline of *Ae. aegypti* (Diptera: Culicidae) in Florida,” *J. Med. Entomol.*, vol. 32, no. 4, pp. 554–562, **1995**.
- [7] S. A. Juliano and L. Philip Lounibos, “Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health,” *Ecol. Lett.*, vol. 8, no. 5, pp. 558–574, **2005**.
- [8] N. G. Gratz, “Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*,” *Med. Vet. Entomol.*, vol. 18, no. 3, pp. 215–27, Sep. **2004**.
- [9] P. Reiter, “*Aedes albopictus* and the world trade in used tires, 1988-1995: the shape of things to come?,” *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 14, no. 1, pp. 83–94, **1998**.
- [10] E.-J. Scholte and F. Schaffner, “14. Waiting for the tiger: establishment and spread of the *Aedes albopictus* mosquito in Europe,” *Emerg. pests vector-borne Dis. Eur.*, vol. 1, p. 241, **2007**.
- [11] M. Q. Benedict, B. G. J. Knols, H. C. Bossin, P. I. Howell, E. Mialhe, C. Caceres, and

- A. S. Robinson, “Colonisation and mass rearing: learning from others,” *Malar J*, vol. 8, no. Suppl 2, p. S4, **2009**.
- [12] E. F. Knipling, “Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males,” *J. Econ. Entomol.*, vol. 48, no. 4, pp. 459–462, **1955**.
- [13] D. Fischer, S. M. Thomas, F. Niemitz, B. Reineking, and C. Beierkuhnlein, “Projection of climatic suitability for *Aedes albopictus* Skuse (Culicidae) in Europe under climate change conditions,” *Glob. Planet. Change*, vol. 78, no. 1, pp. 54–64, **2011**.
- [14] C. Caminade, J. M. Medlock, E. Ducheyne, K. M. McIntyre, S. Leach, M. Baylis, and A. P. Morse, “Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios,” *J. R. Soc. Interface*, p. rsif20120138, **2012**.
- [15] A. Farajollahi, “Vectors Without Borders : Imminent Arrival ,” vol. 40, no. 1, pp. 23–36, **2012**.
- [16] Y.-M. Huang, “Neotype designation for *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Skuse)(Diptera: Culicidae),” DTIC Document, **1968**.
- [17] J. F. Reinert, R. E. Harbach, and I. J. Kitching, “Phylogeny and classification of Aedini (Diptera: Culicidae), based on morphological characters of all life stages,” *Zool. J. Linn. Soc.*, vol. 142, no. 3, pp. 289–368, **2004**.
- [18] C. Aranda, R. Eritja, and D. Roiz, “First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain,” *Med. Vet. Entomol.*, vol. 20, no. 1, pp. 150–152, **2006**.
- [19] W. A. Hawley, “The biology of *Aedes albopictus*,” *J. Am. Mosq. Control Assoc. Suppl.*, vol. 1, pp. 1–39, **1988**.
- [20] P. Reiter and D. Sprenger, “The used tire trade: a mechanism for the worldwide dispersal of container breeding mosquitoes,” *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 3, no. 3, pp. 494–501, **1987**.
- [21] W. A. Hawley, C. B. Pumpuni, R. H. Brady, and G. B. Craig Jr, “Overwintering survival of *Aedes albopictus*(Diptera: Culicidae) eggs in Indiana,” *J. Med. Entomol.*, vol. 26, no. 2, pp. 122–129, **1989**.

- [22] L. Bagny Beilhe, S. Arnoux, H. Delatte, G. Lajoie, and D. Fontenille, “Spread of invasive *Aedes albopictus* and decline of resident *Aedes aegypti* in urban areas of Mayotte 2007-2010,” *Biol. Invasions*, vol. 14, no. 8, pp. 1623–1633, **2012**.
- [23] C. F. Oliva, M. Jacquet, J. Gilles, G. Lemperiere, P.-O. Maquart, S. Quilici, F. Schooneman, M. J. B. Vreysen, and S. Boyer, “The sterile insect technique for controlling populations of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) on Reunion Island: mating vigour of sterilized males,” **2012**.
- [24] D. J. Gubler and L. Rosen, “Variation among geographic strains of *Aedes albopictus* in susceptibility to infection with dengue viruses.,” *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 25, no. 2, pp. 318–325, **1976**.
- [25] S. Lowe, M. Browne, S. Boudjelas, and M. De Poorter, *100 of the world’s worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database*. Invasive Species Specialist Group Auckland,, New Zealand, **2000**.
- [26] R. Romi, L. Toma, F. Severini, and M. Di Luca, “Twenty years of the presence of *Aedes albopictus* in Italy—From the annoying pest mosquito to the real disease vector,” *Eur Inf Dis*, vol. 2, pp. 98–101, **2008**.
- [27] S. IBÁÑEZ-BERNAL, B. Briseno, J. P. Mutebi, E. Argot, G. Rodriguez, C. MARTINEZ-CAMPOS, R. Paz, P. D. E. L. A. F. ROMÁN, R. TAPIA-CONYER, and A. Flisser, “First record in America of *Aedes albopictus* naturally infected with dengue virus during the 1995 outbreak at Reynosa, Mexico,” *Med. Vet. Entomol.*, vol. 11, no. 4, pp. 305–309, **1997**.
- [28] M. Calzolari, P. Bonilauri, R. Bellini, A. Albieri, F. Defilippo, G. Maioli, G. Galletti, A. Gelati, I. Barbieri, and M. Tamba, “Evidence of simultaneous circulation of West Nile and Usutu viruses in mosquitoes sampled in Emilia-Romagna region (Italy) in 2009,” *PLoS One*, vol. 5, no. 12, p. e14324, **2010**.
- [29] P. Renault, J.-L. Solet, D. Sissoko, E. Balleydier, S. Larrieu, L. Filleul, C. Lassalle, J. Thiria, E. Rachou, and H. de Valk, “A major epidemic of chikungunya virus infection on Reunion Island, France, 2005–2006,” *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 77, no. 4, pp. 727–731, **2007**.

- [30] R. Angelini, A. C. Finarelli, P. Angelini, C. Po, K. Petropulacos, P. Macini, C. Fiorentini, C. Fortuna, G. Venturi, and R. Romi, “An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy,” *Euro Surveill*, vol. 12, no. 9, p. E070906, **2007**.
- [31] K. A. Tsetsarkin, D. L. Vanlandingham, C. E. McGee, and S. Higgs, “A single mutation in chikungunya virus affects vector specificity and epidemic potential,” *PLoS Pathog*, vol. 3, no. 12, p. e201, **2007**.
- [32] E. Flacio, P. Lüthy, N. Patocchi, R. Peduzzi, F. Guidotti, and S. Radczuweit, “Bericht 2006 zur überwachung und bekämpfung der asiatischen Tigermücke, *Aedes albopictus*, im Kanton Tessin,” *Jahresbericht 2006 Grup. Lav. zanzare, Div. della Salut. publica, 6501 Bellinzona*, pp. 1–10, **2006**.
- [33] A. Bravo, S. S. Gill, and M. Soberón, “Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control,” *Toxicon*, vol. 49, no. 4, pp. 423–435, **2007**.
- [34] B. C. Zeichner and M. Debboun, “The lethal ovitrap: a response to the resurgence of dengue and chikungunya,” *US Army Med Dep J*, pp. 4–11, **2011**.
- [35] W. H. Meeraus, J. S. Armistead, and J. R. Arias, “Field comparison of novel and gold standard traps for collecting *Aedes albopictus* in northern Virginia,” *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 24, no. 2, pp. 244–248, **2008**.
- [36] P. G. Coleman and L. Alphey, “Editorial: genetic control of vector populations: an imminent prospect,” *Trop. Med. Int. Heal.*, vol. 9, no. 4, pp. 433–437, **2004**.
- [37] R. Bellini, M. Calvitti, A. Medici, M. Carrieri, G. Celli, and S. Maini, “Use of the sterile insect technique against *Aedes albopictus* in Italy: First results of a pilot trial,” in *Area-wide control of insect pests*, Springer, **2007**, pp. 505–515.
- [38] A. H. Baumhover, A. J. Graham, B. A. Bitter, D. E. Hopkins, W. D. New, F. H. Dudley, and R. C. Bushland, “Screw-worm control through release of sterilized flies,” *J. Econ. Entomol.*, vol. 48, no. 4, pp. 462–466, **1955**.
- [39] J. Hendrichs, A. S. Robinson, J. P. Cayol, and W. Enkerlin, “Medfly areawide sterile insect technique programmes for prevention, suppression or eradication: the importance

- of mating behavior studies,” *Florida Entomol.*, vol. 85, no. 1, pp. 1–13, **2002**.
- [40] F. Balestrino, A. Puggioli, J. R. L. Gilles, and R. Bellini, “Validation of a new larval rearing unit for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) mass rearing,” *PLoS One*, vol. 9, no. 3, **2014**.
- [41] R. Bellini, a Medici, a Puggioli, F. Balestrino, and M. Carrieri, “Pilot field trials with *Aedes albopictus* irradiated sterile males in Italian urban areas.,” *J. Med. Entomol.*, vol. 50, no. 2, pp. 317–25, **2013**.
- [42] A. Puggioli, F. Balestrino, D. Damiens, R. S. Lees, S. M. Soliban, O. Madakacherry, M. L. Dindo, R. Bellini, and J. R. L. Gilles, “Efficiency of Three Diets for Larval Development in Mass Rearing *Aedes albopictus* (Diptera : Culicidae) Efficiency of Three Diets for Larval Development in Mass Rearing *Aedes albopictus* (Diptera : Culicidae),” vol. 50, no. 4, pp. 819–825, **2013**.
- [43] D. C. Adams, F. J. Rohlf, and D. E. Slice, “Geometric morphometrics: ten years of progress following the ‘revolution,’” *Ital. J. Zool.*, vol. 71, no. 1, pp. 5–16, **2004**.
- [44] F. L. Bookstein, *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press, **1997**.
- [45] D. G. Kendall, “The diffusion of shape,” *Adv. Appl. Probab.*, pp. 428–430, **1977**.
- [46] A. A. Hoffmann, R. E. Woods, E. Collins, K. Wallin, A. White, and J. A. McKenzie, “Wing shape versus asymmetry as an indicator of changing environmental conditions in insects,” *Aust. J. Entomol.*, vol. 44, no. 3, pp. 233–243, **2005**.
- [47] M. E. H. Helinski and L. C. Harrington, “Male mating history and body size influence female fecundity and longevity of the dengue vector *Aedes aegypti*,” *J. Med. Entomol.*, vol. 48, no. 2, pp. 202–211, **2011**.
- [48] H. L. Yeap, N. M. Endersby, P. H. Johnson, S. a Ritchie, and A. a Hoffmann, “Body size and wing shape measurements as quality indicators of *Aedes aegypti* mosquitoes destined for field release.,” *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 89, no. 1, pp. 78–92, Jul. **2013**.
- [49] J. W. Mains, D. R. Mercer, and S. L. Dobson, “Digital image analysis to estimate numbers of aedes eggs oviposited in containers,” vol. 24, no. 4, pp. 496–501, **2009**.

- [50] M. D. Abràmoff, P. J. Magalhães, and S. J. Ram, “Image processing with ImageJ,” *Biophotonics Int.*, vol. 11, no. 7, pp. 36–42, **2004**.
- [51] F. Balestrino, M. Q. Benedict, and J. R. L. Gilles, “A New Larval Tray and Rack System for Improved Mosquito Mass Rearing,” *J. Med. Entomol.*, vol. 49, no. 3, pp. 595–605, **2012**.
- [52] F. J. Rohlf, “tpsUtil version 1.44,” *New York State Univ. Stony Brook.[Links]*, **2009**.
- [53] F. J. Rohlf, “tpsRelw version 1.45,” *Dep. Ecol. Evol. State Univ. New York, Stony Brook*, **2007**.
- [54] F. J. Rohlf, “Shape Statistics: Procrustes Superimpositions and Tangent Spaces,” *J. Classif.*, vol. 16, no. 2, pp. 197–223, **1999**.
- [55] D. E. Slice, “Morpheus et al.: software for morphometric research,” *Dep. Ecol. Evol. State Univ. New York, Stony Brook, New York*, **1998**.
- [56] E. J. Gerberg, D. R. Barnard, and R. A. Ward, *Manual for mosquito rearing and experimental techniques*. American Mosquito Control Association, Inc., **1994**.
- [57] A. Medici, M. Carrieri, E.-J. Scholte, B. Maccagnani, M. L. Dindo, and R. Bellini, “Studies on *Aedes albopictus* larval mass-rearing optimization,” *J. Econ. Entomol.*, vol. 104, no. 1, pp. 266–273, **2011**.
- [58] R. Meola, “The influence of temperature and humidity on embryonic longevity in *Aedes aegypti*,” *Ann. Entomol. Soc. Am.*, vol. 57, no. 4, pp. 468–472, **1964**.
- [59] J. B. Benoit and D. L. Denlinger, “Suppression of water loss during adult diapause in the northern house mosquito, *Culex pipiens*,” *J. Exp. Biol.*, vol. 210, no. 2, pp. 217–226, **2007**.
- [60] V. A. Dyck, J. Hendrichs, and A. S. Robinson, *Sterile insect technique*. Springer, **2005**.
- [61] G. Tween and B. N. Barnes, “MOSCAMED-Guatemala-an evolution of ideas.,” in *Proceedings of the 6th International Symposium on fruit flies of economic importance, Stellenbosch, South Africa, 6-10 May 2002.*, **2004**, pp. 119–126.
- [62] A. S. Robinson and J. Hendrichs, “Prospects for the future development and application

- of the sterile insect technique,” in *Sterile Insect Technique*, Springer, **2005**, pp. 727–760.
- [63] R. V Dowell, J. Worley, and P. J. Gomes, “Sterile insect supply, emergence, and release,” in *Sterile Insect Technique*, Springer, **2005**, pp. 297–324.
- [64] S. Urbanelli, R. Bellini, M. Carrieri, P. Sallicandro, and G. Celli, “Population structure of *Aedes albopictus* (Skuse): the mosquito which is colonizing Mediterranean countries,” vol. 84, no. November **1999**, pp. 331–337, **2000**.
- [65] W. A. Hawley, “The effect of larval density on adult longevity of a mosquito, *Aedes sierrensis*: epidemiological consequences,” *J. Anim. Ecol.*, pp. 955–964, **1985**.
- [66] J. J. Hard, W. E. Bradshaw, and D. J. Malarkey, “Resource-and density-dependent development in tree-hole mosquitoes,” *Oikos*, pp. 137–144, **1989**.
- [67] K. S. BROADIE and W. E. BRADSHAW, “Mechanisms of interference competition in the western tree-hole mosquito, *Aedes sierrensis*,” *Ecol. Entomol.*, vol. 16, no. 2, pp. 145–154, **1991**.
- [68] T. P. Livdahl, “Competition Within and Between Hatching Chorots of a Treehole Mosquito,” *Ecology*, pp. 1751–1760, **1982**.
- [69] J. S. Patterson and C. J. Schofield, “Preliminary study of wing morphometry in relation to tsetse population genetics: research in action,” *S. Afr. J. Sci.*, vol. 101, no. 3 & 4, p. p–132, **2005**.
- [70] M. L. Lyra, L. M. Hatadani, A. M. L. de Azeredo-Espin, and L. B. Klaczko, “Wing morphometry as a tool for correct identification of primary and secondary New World screwworm fly,” *Bull. Entomol. Res.*, vol. 100, no. 01, pp. 19–26, **2010**.
- [71] A. N. Clements, *The Physiology of Mosquitoes: International Series of Monographs on Pure and Applied Biology: Zoology*, vol. 17. Elsevier, **2013**.
- [72] M. Trpis and W. Hausermann, “Dispersal and other population parameters of *Aedes aegypti* in an African village and their possible significance in epidemiology of vector-borne diseases.,” *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 35, no. 6, pp. 1263–1279, **1986**.
- [73] N. A. Honório, W. da C. Silva, P. J. Leite, J. M. Gonçalves, L. P. Lounibos, and R.

- Lourenço-de-Oliveira, “Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in an urban endemic dengue area in the State of Rio de Janeiro, Brazil,” *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, vol. 98, no. 2, pp. 191–198, **2003**.
- [74] R. E. M. Vargas, P. Ya-umphan, N. Phumala-Morales, N. Komalamisra, and J.-P. Dujardin, “Climate associated size and shape changes in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations from Thailand,” *Infect. Genet. Evol.*, vol. 10, no. 4, pp. 580–585, **2010**.
- [75] C. Stephens and S. Juliano, “Wing Shape as an Indicator of Larval Rearing Conditions for *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae),” *J. Med. Entomol.*, vol. 49, no. 4, pp. 927–938, **2012**.
- [76] P. O. Vidal, E. Carvalho, and L. Suesdek, “Temporal variation of wing geometry in *Aedes albopictus*,” *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, vol. 107, no. 8, pp. 1030–1034, **2012**.
- [77] D. A. Dame, R. E. Lowe, and D. L. Williamson, “Assessment of released sterile *Anopheles albimanus* and *Glossina morsitans morsitans*,” in *Cytogenetics and genetics of vectors: proceedings of a symposium of the XVIth International Congress of Entomology/editors, R. Pal, JB Kitzmiller, T. Kanda*, **1981**.
- [78] P. T. McDonald, W. Hausermann, and N. Lorimer, “Sterility introduced by release of genetically altered males to a domestic population of *Aedes aegypti* at the Kenya coast,” *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 26, no. 3, pp. 553–561, **1977**.
- [79] R. Bellini, A. Medici, M. Calzolari, P. Bonilauri, F. Cavrini, V. Sambri, P. Angelini, and M. Dottori, “Impact of Chikungunya virus on *Aedes albopictus* females and possibility of vertical transmission using the actors of the 2007 outbreak in Italy,” *PLoS One*, vol. 7, no. 2, p. e28360, Jan. **2012**.
- [80] L. Lambrechts, T. W. Scott, and D. J. Gubler, “Consequences of the expanding global distribution of *Aedes albopictus* for dengue virus transmission,” *PLoS Negl Trop Dis*, vol. 4, no. 5, p. e646, **2010**.
- [81] R. Bellini, F. Balestrino, a Medici, G. Gentile, R. Veronesi, and M. Carrieri, “Mating competitiveness of *Aedes albopictus* radio-sterilized males in large enclosures exposed to natural conditions,” *J. Med. Entomol.*, vol. 50, no. 1, pp. 94–102, **2013**.

- [82] R. Bellini, A. Albieri, F. Balestrino, M. Carrieri, D. Porretta, S. Urbanelli, M. Calvitti, R. Moretti, and S. Maini, “Dispersal and survival of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) males in Italian urban areas and significance for sterile insect technique application,” *J. Med. Entomol.*, vol. 47, no. 6, pp. 1082–1091, **2010**.
- [83] G. J. W. Dean, D. A. Dame, and D. R. Birkenmeyer, “Field cage evaluation of the competitiveness of male *Glossina morsitans orientalis* Vanderplank sterilised with tepa or gamma irradiation,” *Bull. Entomol. Res.*, vol. 59, no. 02, pp. 339–344, **1969**.
- [84] M. E. H. Helinski and B. G. J. Knols, “Mating competitiveness of male *Anopheles arabiensis* mosquitoes irradiated with a partially or fully sterilizing dose in small and large laboratory cages,” *J. Med. Entomol.*, vol. 45, no. 4, pp. 698–705, **2008**.
- [85] Centers for Disease Control and Prevention, <http://natural-japan.net/?cat=30&paged=2>, (**Aralık, 2015**)
- [86] European Centre for Disease Prevention and Control, http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/vector-maps/Pages/VBORNET_maps.aspx (**Aralık 2015**)
- [87] Centers for Disease Control and Prevention, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ovitrap-Ticino.jpg> (**Aralık, 2015**)
- [88] Centers for Disease Control and Prevention, <http://www.cdc.gov/chikungunya/geo/>, (**Aralık, 2015**)

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Mert Doğan

Doğum Yeri : Çankaya –Ankara

Medeni Hali : Bekar

E-posta : mertdogan@outlook.com

Adres : Karapınar Mah. 1186. Cad. 3/21 Dikmen, Çankaya-Ankara

Eğitim

Şubat. 2013 – Yüksek Lisans
Biyoloji Anabilim Dalı (Ekoloji)
Fen Bilimleri Enstitüsü
Hacettepe Üniversitesi

Eylül 2008 – Ekim 2012 Lisans
Biyoloji Bölümü
Fen Fakültesi
Hacettepe Üniversitesi

Eylül 2004 – Haziran 2007 Lise
TED Ankara Koleji Lisesi
Ankara

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce –TOEFL: 114

Fransızca –Fransız Kültür: B1

İş Deneyimi

-

Deneyim Alanları

Çeşitli türlerden sivrisinek ve kum sinek örnekleme, koloni oluşturma ve yetiştirme çalışmaları,

Morfolojik ve moleküler yöntemlerle sivrisinek tür teşhisi,
Geometrik morfometri üzerine çalışmalar.

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu İle Katıldığı Toplantılar

- 1) **Presentation: Dogan M.**, Gunay F., Sarikaya Y, Oguz G., Oncu C., Puggioli A., Bellini R., Alten B., Optimization of mass rearing parameters of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), 19th E-SOVE Conference October 13th – 17th 2014, Thessaloniki/Greece, Abstract Book p. 60

Tez Döneminde Tezden Bağımsız Üretilmiş Yayınlar

- 1) Gunay F., Karakus M., Oguz G., **Dogan M.**, Alten B.,“Evaluation of the efficacy of Olyset® Plus in a village-based cohort study in Cukurova Plain, Turkey in an area of hyperendemic cutaneous leishmaniasis”, 19th E-SOVE Conference October 13th – 17th 2014, Thessaloniki/Greece, Abstract Book p. 168
- 2) Karakus M., Gunay F., Oguz G., **Dogan M.**, Kasap Erisoz O., Ozbel Y., Alten B.,“Insecticide susceptibility of wild sand flies in Cukurova Plain, Turkey”, EDENext Annual Meeting March 25th – 28th 2014, Rovaniemi/Finland