

**DÜŞÜK SICAKLIKLARIN *Aedes (Stegomyia) aegypti*
(LINNEUS,1762) (DIPTERA: CULICIDAE) TÜRÜ
HAYAT DÖNGÜSÜNE OLAN ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

**DETERMINING THE EFFECTS OF LOW
TEMPERATURES ON THE LIFE CYCLE OF *Aedes*
(*Stegomyia*) *aegypti* (LINNEUS,1762) (DIPTERA:
CULICIDAE)**

KIVANÇ SEVİM

PROF. DR. SALİH BÜLENT ALTEN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

BİYOLOJİ Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

“Dünya’da her şey için; uygarlık için, hayat için, başarı için *en hakiki mürşit ilimdir; fendir*. İlim ve fennin dışında rehber aramak dikkatsizliktir, bilgisizliktir, yanlışlıktır.”

Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK

ÖZET

DÜŞÜK SICAKLIKLARIN *Aedes (Stegomyia) aegypti* (LINNEUS,1762) (DIPTERA: CULICIDAE) TÜRÜ HAYAT DÖNGÜSÜNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

KIVANÇ SEVİM

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Salih Bülent ALTEN

MAYIS, 2022, x+68 sayfa

Sivrisinekler, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden birçok önemli hastalığın vektörlüğünü yapmaktadır. İstilacı sivrisinek *Aedes aegypti*, bunlardan dang, sarı humma, chikungunya, ZIKA gibi hastalıkları bulaştırabilmektedir. Tropikal ve sub tropikal kuşaklarda geniş yayılım gösteren *Aedes aegypti*'nin Batı Paleartik Bölgesi'nde Madera Adası/Portekiz, Güney Rusya Federasyonu, Gürcistan'da yerleşik popülasyonları bulunmaktadır ve 2015 yılında ülkemizde Doğu Karadeniz Bölgesi'nde tespit edilmiştir. Bu çalışmada, beş farklı sabit sıcaklık koşulunun (5°C, 10°C, 15°C, 20°C ve 26°C) ve üç farklı sabit düşük sıcaklık koşulunda (-5°C, 0°C ve 5°C) soğuk şoklamasının *Ae. aegypti* hayat döngüsüne etkileri ve yaşam evrelerinin verdikleri tepkiler araştırılmıştır.

Laboratuvar koşullarında, standart iklim odasında (26°C, %60 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık) yetiştirilen *Ae. aegypti* yumurtaları 5°C, 10°C, 15°C, 20°C ve 26°C sabit sıcaklık koşullarında açılmaya bırakılmış ve evreler itibarıyla yaşam döngüsü takip edilmiştir. Bu sıcaklıklarda iki farklı besin kaynağının (Balık yemi (BY) / Nütrient Broth ve Bira Mayası (NB)) etkileri belirlenmiştir. Tüm sıcaklık koşullarında yumurtalar açılmıştır. Buna göre, sıcaklık ile yumurta açılma oranları arasında doğru orantılı şekilde, sıcaklık düştükçe açılma oranında azalma görülmüştür. Bu çalışmada, gelişim 15°C sıcaklık koşulunda L4 larva evresine

kadar başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Yalnız 20°C ve 26°C sabit sıcaklık koşullarında ergin çıkışı gözlemlenmiştir. Ergin ömür uzunluğu, 20°C sabit sıcaklık koşulunda dişiler için 26,06±13,4 gün, erkekler için 24,83±15,52 gün, 26°C sabit sıcaklık koşulunda dişiler için 28,83±16,36 gün, erkek için 16,03±5,8 gün olarak belirlenmiştir. Ergin çıkışlarının gözlemlendiği sıcaklıklarda yaşa bağlı hayat tablosu parametrelerinin hesaplanması için 30 dişi / 30 erkek (F₀) bireyden oluşan takımlar 20°C ve 26°C sabit sıcaklık koşullarına konulmuş, yalnız 26°C'de ergin hayat tablosu oluşturulmuştur. Hayat tablosu parametreleri, 26°C'de doğal artış kapasitesi (r_m)=0,24, jenerasyon süresi (T_c)=21,46 ve net üreme oranı (R₀)=186,50 olarak belirlenmiştir. Hayat tablosu deneylerinde, 20°C'de takımlardan elde edilen bir sonraki nesle ait yumurtaların (F₁) açılmaması nedeniyle bu koşulda hayat tablosu parametreleri hesaplanamamıştır.

Bu çalışmada, *Ae. aegypti*'nin tüm yaşam evrelerine uygulanan soğuk şoku deneylerinde düşük sıcaklık koşullarından -5°C, 0°C ve 5°C'nin yaşam evrelerinin gelişimine etkileri gözlemlenmiştir. Şoklamaya sokulan tüm evrelerde -5°C 24 saatte ölümcül etki göstermiştir. Bir gün boyunca 0°C'ye maruz kalan yumurtalar %79,5±8,1 (76-94,5) oranında hayatta kalmıştır. Larva, pupa ve ergin evreleri bir gün boyunca 0°C soğuk şokunda hayatta kalmazken, bir gün boyunca 5°C sabit sıcaklık koşulunda yumurtalar %87,33±8,1 (76-94,5), larvalar %93±1,24 (92-95), pupalar %70±11,7 (58-86) ve erginler %94±0,94 (93-95) oranında hayatta kalmıştır.

Bu iki deney seti ile düşük sıcaklıkların *Ae. aegypti*'nin yaşam döngüsü üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Bu tez çalışması, istilacı vektör *Ae. aegypti* türünün, özellikle düşük sıcaklığa sahip yeni habitatlarda yerleşik popülasyon oluşturma kapasitelerinin ve adaptasyon derecelerinin belirlenebilmesi amacıyla yönelik araştırmaların başlangıcı niteliğindedir. Çalışmada elde edilen veriler, *Ae. aegypti* türü ve yakın türler için ileride geliştirilecek modelleme çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Aedes aegypti*, istilacı vektör, sivrisinek, düşük sıcaklık, soğuk şoku, yaşam döngüsü

ABSTRACT

DETERMINING THE EFFECTS OF LOW TEMPERATURES ON THE LIFE CYCLE OF *Aedes (Stegomyia) aegypti* (LINNEUS,1762) (DIPTERA: CULICIDAE)

KIVANÇ SEVİM

Master of Science, Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Salih Bülent ALTEN

May 2022, x+68 pages

Mosquitoes are vectors of many important diseases that threaten human and animal health. Invasive mosquito *Aedes aegypti* is able to transmit diseases such as Dengue, Yellow Fever, Chikungunya and ZIKA. *Aedes aegypti*, which is widely distributed in the Tropical and Sub Tropical zones, has established populations in the Western Palearctic Region, Madera Island/Portugal, Southern Russian Federation, Georgia, and it was detected in 2015 in the Eastern Black Sea Region of Turkey. In this study, the effect of the *Ae. aegypti* life stages on low temperatures were investigated for five different constant temperatures (5°C, 10°C, 15°C, 20°C and 26°C) and three different constant temperatures (-5°C, 0°C and 5°C) for cold shocking.

In laboratory conditions (26°C, %60 relative humidity, 12:12 Light:Dark), *Ae. aegypti* eggs were left to hatch at constant temperatures of 5°C, 10°C, 15°C, 20°C 26°C and their development from egg to adult were monitored. The effects of two different food source (Fish food (BY)/Nutrient Broth& Brewer's Yeast (NB)) were investigated at these low temperatures. Hatching was observed in all temperatures. Accordingly, it has been observed that there is a direct correlation between the temperatures and the egg hatching rates; the hatching rate decreases as the temperature decrease. In this study, it was seen that development was successfully completed up to the L4 larval stage at 15°C. Adult

emergence was observed only at constant temperature conditions of 20°C and 26°C. Accordingly, adults survived as 26,06±13,4 days for females, 24,83±15,52 days for males at a constant temperature of 20°C, 28,83±16,36 days for females and 16,03±5,8 days for males at a constant temperature of 26°C. In order to calculate age-specific life table parameters, cohorts consisting of 30 female and 30 male (F_0) individuals were placed under constant temperature conditions of 20°C and 26°C where adult emergence was observed. Adult life table was created only at 26°C. Adult life table parameters were rate of natural increase (r_m)=0.24, generation time (T_c)=21.46 and net productivity (R_0)= 186.50 at 26°C. Life table parameters could not be calculated at 20°C because the new generation eggs (F_1) could not hatch.

Also in this study, cold shock experiments were applied to all life stages of *Ae. aegypti* for -5°C, 0°C and 5 °C, and the effects of shocking cold temperatures on the development of the life stages were observed. None of the life stages have survived at -5°C. Eggs that were exposed to 0°C cold shock for one day survived at a rate of 79.5±8.1% (76-94.5%). Larvae, pupae, and adult stages did not survive at this condition. Eggs survived at a rate of 87.33±8.1% (76-94.5%), larvae at 93±1.24% (92-95), pupae at 70±11.7% (58-86) and adults survived at a rate of 94±0.94% (93-95) in the constant temperature of 5°C cold shock for one day.

This thesis is a preliminary study to understand the effects of low temperatures for the all-developmental stages of *Ae. aegypti*. Our findings could help to estimate the cold tolerance ranges and adaptations for cold habitats. The data obtained from this study will contribute to creations of distribution models and to conduct a better control program for *Ae. aegypti*.

Keywords: *Aedes aegypti*, invasive, mosquito, low temperatures, cold shock, life cycles

TEŞEKKÜR

Bugünlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, varlıklarıyla bana her anlamda güç veren annem, babam ve kız kardeşime,

Üniversite hayatımın başladığı günden beri, bütün süreçlerde her zaman destekleyen, sorunlara hemen çözüm bulan, her anlamda danışmanlık yapan, hocam Prof. Dr. Salih Bülent ALTEN'e,

Desteğini hiçbir zaman esirgemeyen gerek akademik gerek manevi, her koşulda yanımda olan, hocam Dr. Filiz GÜNAY'a,

Destekleriyle ve farklı bakış açılarıyla her zaman yanımda olan hocam Doç. Dr. Özge ERİŞÖZ KASAP'a

Yardımlarıyla, güler yüzleriyle, akademik ve manevi her daim destek olup yanımda olan Gizem OĞUZ, Ayda YILMAZ ve Anıl BAHAR'a

Her zaman yanımda olup yoldaşlık yapan, emeğini hiç esirgemeyen dostum Mert OKBAY'a,

Ekip arkadaşlarım, Zeynel Can ÖNAL ve Wilfrid SEWADE'ye,

Varlığıyla, neşesiyle, her zaman desteğini hissettiğim Gamzenur DURSUN'a,

Bu hayatta arkadaş kelimesinin ne olduğunu bana öğreten, değerli Koray ŞENOVA, Yasin KAYA, Tuğçe ERDOĞAN ve Ekrem GÜNDOĞDU'ya,

Destekleriyle yanımda olan Ömer KHALID, Arda ARLI, Berkay GÜNDOĞDU ve Vatan TİPİCİ'ye,

Tez çalışmalarım boyunca hep yanımda olup beni yalnız bırakmayan kedimiz Veysel'e,

Teşekkür etmeyi borç bilirim.

Bu tez çalışması Global Emerging Infection Surveillance (GEIS) X81XWH18C0190 numaralı " USA-WRAIR-GEIS-Identification & incrimination of mosquito and sand fly vectors of viral diseases and pathogens present in Syrian refugee zones and migration routes through Turkey and Greece into Europe, and through Jordan and Lebanon into the Middle East" isimli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Sivrisineklerin Genel Özellikleri	1
1.2. Sivrisineklerin Vektöriyel Önemi	4
1.3. İstilacı Sivrisinek Türleri	5
1.4. <i>Aedes aegypti</i> Türünün Genel Özellikleri	6
1.4.1. <i>Aedes aegypti</i> Türünün Dağılımı ve Biyoekolojik Özellikleri	6
1.4.2. <i>Aedes aegypti</i> Türünün Vektöriyel Önemleri	8
1.5. Sıcaklığın Sivrisinekler Üzerinde Etkisi	10
1.6. Tez Çalışmasının Amacı	13
2. YÖNTEM	15
2.1. Yaşam Döngüsü	16
2.1.1. Ergin Hayat Tablosu	17
2.2. Soğuk Şoklaması	17
2.3. Analizler ve İstatistiksel Yöntemler	20
3. BULGULAR	22
3.1. Yaşam Döngüsü Deneyleri Bulguları	22
3.1.1. 5°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü	22
3.1.2. 10°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü	23
3.1.3. 15°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü	24
3.1.4. 20°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü	25
3.1.5. 26°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü	26

3.2. Ergin Hayat Tabloları Bulguları	31
3.2.1. 20°C Sabit Sıcaklık Koşulu Hayat Tablosu Bulguları	31
3.2.2. 26°C Sabit Sıcaklık Koşulu Hayat Tablosu Bulguları	32
3.3. Soğuk Şoklaması Bulguları.....	35
3.3.1. -5°C 24 Saat Soğuk Şoklaması	35
3.3.2. 0°C 24 Saat Soğuk Şoklaması	35
3.3.3. 5°C 24 Saat Soğuk Şoklaması	36
4. TARTIŞMA.....	40
5. KAYNAKLAR.....	48
EK 6 - Tez Çalışması Orjinallik Raporu	69
ÖZGEÇMİŞ	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. <i>Aedes aegypti</i> Türü Hayat Döngüsü Şeması. a ; Yumurta Evresi, b ; L ₁ Evresi Larva, c ; L ₂ Evresi Larva, d ; L ₃ Evresi Larva, e ; L ₄ Evresi Larva, f ; Pupa Evresi ve g ; Ergin (Sol; dişi, Sağ; erkek) (Fotoğraf; Kıvanç Sevim, 2022).....	2
Şekil 2. <i>Aedes aegypti</i> Avrupa yayılım haritası, Mart/2022, (ECDC, 2022)	13
Şekil 3. Sabit sıcaklık koşulları altında yetiştirilen <i>Aedes aegypti</i> takımlarının yaşam döngüsü parametreleri: I: BY Koşulu, II: NB Koşulu A: Açılan Yumurta Sayısı B: Yumurta İnkübasyon Süresi, C: Yumurta-Ergin Gelişim Süresi D: Yumurta- L4 Larva Evresi Gelişim Süresi.....	28
Şekil 4. 20°C Sabit sıcaklık koşuluna ait <i>Aedes aegypti</i> erginlerinin hayatta kalma eğrileri.....	31
Şekil 5. 26°C Sabit Sıcaklık Koşuluna Ait <i>Aedes aegypti</i> Erginlerinin Hayatta Kalma Eğrileri	32
Şekil 6. 20°C ve 26°C Sabit Sıcaklık Koşullarında Ait <i>Aedes aegypti</i> Erginlerinin Hayatta Kalma Eğrileri.....	34
Şekil 7. Soğuk Şoklaması Hayatta Kalma Oranları A : Yumurta Evresi B : L ₄ Larva Evresi C : Pupa Evresi D : Ergin Evresi.....	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Hayat Tablosu Analizlerinde Kullanılan Formüller	21
Çizelge 2. 5°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen <i>Aedes aegypti</i> Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri	22
Çizelge 3. 10°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen <i>Aedes aegypti</i> Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri	23
Çizelge 4. 15°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen <i>Aedes aegypti</i> Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri	24
Çizelge 5. 20°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen <i>Aedes aegypti</i> Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri	26
Çizelge 6. 26°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen <i>Aedes aegypti</i> Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri	27
Çizelge 7. Sabit Sıcaklık Koşulları Altında Yetiştirilen <i>Aedes aegypti</i> Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri Karşılaştırılması.....	29
Çizelge 8. Sabit Sıcaklık Koşulları Altında Yetiştirilen <i>Aedes aegypti</i> Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri p Değerleri.....	30
Çizelge 9. 26°C Sabit Sıcaklık Koşuluna Ait <i>Aedes aegypti</i> Dişi ve Erkek Hayat Tabloları.....	33
Çizelge 10. 0°C 24 Saat Soğuk Şoklaması Yapılan <i>Aedes aegypti</i> Bireyleri Bulguları.....	36
Çizelge 11. 5°C 24 Saat Soğuk Şoklaması Yapılan <i>Aedes aegypti</i> Bireyleri Bulguları.....	37
Çizelge 12. 24 Saat Soğuk Şoklaması Yapılan <i>Aedes aegypti</i> Bireyleri Bulgularının Karşılaştırılması Ve p Değerleri.....	39

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	Santigrat Derece
±	Artı-Eksi
%	Yüzde
ml	Mililitre

Kısaltmalar

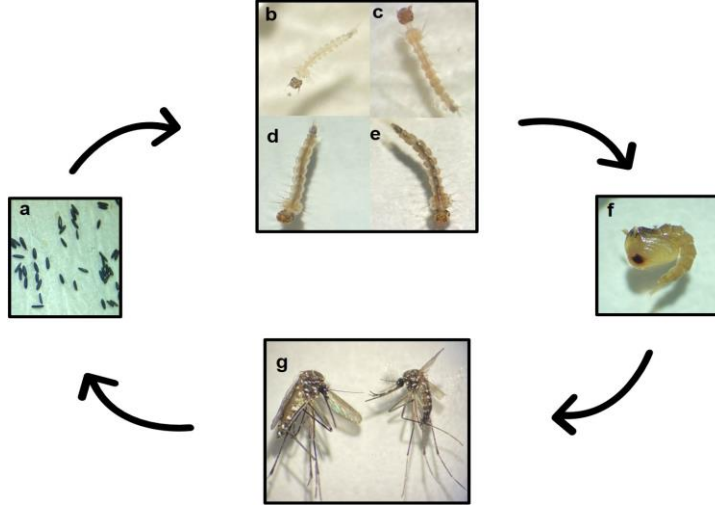
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EBAL	Ekolojik Bilimler Araştırma Laboratuvarları
ECDC	Avrupa Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi
NB	Nütrient Broth ve Bira Mayası Besin koşulu
BY	Balık Yemi Besin Koşulu

1. GİRİŞ

1.1. Sivrisineklerin Genel Özellikleri

Böceklerin, yaklaşık 400 milyon yıl önce Hexapoda'nın Crustacea familyasından evrimleştikleri tahmin edilmektedir. Sivrisinekler, eklembacaklı (Arthropoda) şubesi, Insecta takımı, Diptera alt takımı içerisinde Culicidae familyasında yer almaktadır. Üç alt familya, 110 cins ve yaklaşık 3600 tür ile temsil edilmektedir (Wilkerson ve ark., 2015). Sivrisineklerin, fosil kayıtlara ve zoocoğrafik kanıtlara göre Jurasik Dönemi'nde yaklaşık 210 milyon yıl önce evrimleştikleri öngörülmektedir (Calvo ve ark., 2006).

Sivrisineklerin tam başkalaşım geçirdikleri bir hayat döngüleri olduğu bilinmektedir. Yumurta, dört larva evresi ve pupa evresinden oluşan ergin öncesi dönemlerinin tamamını sucul habitatta tamamlayarak erginleştiği ve ergin bireylerin 5-6 gün içinde eşeyssel olgunluğa eriştiği bilinmektedir (Takken ve ark., 2004) (Şekil 1). Durgun suya yada nemli yüzeylere bırakılan yumurtaların açılmasının, sıcaklık, pH ve besin varlığı gibi abiyotik faktörler tarafından sınırlandırıldığı belirlenmiştir (Su ve Mulla, 2002). Sivrisineklerde yumurta büyüklüğünün hayatta kalmada etkisi olduğu bilinmektedir. Örneğin *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linneus,1762) yumurtalarının boyutları büyüdüğünde, hayatta kalma oranlarının arttığı görülmüştür (Sota ve Mogi, 1992). Sivrisinek larvaları, buldukları habitatlardaki mikroorganizmalar ile beslenmektedir. Bu organizmalar, çeşitli alg, mantar ve bakteri türlerinden oluşmaktadır (Marquardt ve Kondratieff, 2005). Larvalar, suyun içerisinde oldukça hareketlidir ve yüzeye çıkarak sifonları aracılığıyla solunum yapabilirler. Larvalar, gelişimlerini tamamladıktan sonra pupa evresine geçerler. Virgül şeklinde olan pupalar, beslenme davranışı göstermezler ancak su içerisinde hareket halindedirler.



Şekil 1. *Aedes aegypti* Türü Hayat Döngüsü Şeması. **a**; Yumurta Evresi, **b**; L₁ Evresi Larva, **c**; L₂ Evresi Larva, **d**; L₃ Evresi Larva, **e**; L₄ Evresi Larva, **f**; Pupa Evresi ve **g**; Ergin (Sol; dişi, Sağ; erkek) (Fotoğraf; Kıvanç Sevim, 2022)

Ergin sivrisineklerin boyutları 5-10 mm arasında değişmektedir. Altı iğneli sokucu-emici ağız yapısına sahiptirler. Ergin sivrisineklerde metabolik faaliyetler için gerek duyulan enerji, her iki eşey için de şekerli bitki özlerinden sağlanmaktadır. Erkek bireylerin enerji kaynağı olmadan 2-3 gün, dişilerin ise 3-5 gün hayatta kaldıkları gözlemlenmiştir. Erkeklerden farklı olarak dişiler, yumurtaların gelişimi için gerekli proteini elde etmek amacıyla omurgalı konaklar üzerinden kan emme davranışı göstermektedir. Bazı sivrisinek türlerinin kan emmeden yumurta verdiği bilinmektedir, bu özellik otogeni olarak adlandırılır (Spielman, 1971). Dişilerin, kan emmeden önce şeker özlü sıvılarla beslenme davranışının nedeninin yumurta kalitesini ve miktarını arttırmak olduğu düşünülmektedir (Marquardt ve Kondratieff, 2005). Kan emme davranışı nedeniyle patojenlerin beslenmek için kullanılan kan yoluyla taşınmasının, sivrisinek türlerinin vektörlük yapmasına neden olmaktadır (Marquardt ve Kondratieff, 2005; Takken ve Verhulst, 2013). Sivrisinekler; memeli, sürüngen, kuş gibi birçok canlı grubundan kan emebilmektedir. Örneğin, *Culex pipiens* (Linnaeus, 1758) ornitofilik, *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) antropofilik özellik göstermektedir. Sivrisineklerde genellikle nokturnal veya krepusküler sokma aktivitesi gözlemlenmiş olmasına rağmen bazı türlerin sokma davranışını gündüz gerçekleştirdiği bilinmektedir (Charlwood ve ark., 1986; Barnard ve ark., 1998).

Sıcaklık, nem, yağış gibi abiyotik faktörler ile konak türlerin varlığı/yokluğu gibi pek çok biyotik ve abiyotik faktörün sivrisinek populasyonlarının yayılımını sınırlandırdığı bilinmektedir. Ancak hızlı adaptasyon, yüksek fekondite ve güçlü dispersal yetenekleri sebebiyle yayılım alanlarını genişletebilmektedirler. Sivrisinekler, iyi uçma özelliği gösteremezler. Sivrisinek türlerinin uçuş mesafesi cinsler ve türler arasında farklılık göstermektedir. Örneğin *Cx. pipiens* türünün 22 km (Clarke, 1943), *Anopheles gambiae* türünün kan emmiş şekilde yaklaşık 3 km'ye kadar uçabildikleri gözlemlenmiştir (Kaufmann ve Briegel, 2004). Sivrisineklerin, yeni habitatlara yerleşmesi, aktif dispersalin yanı sıra pasif dispersalle de gerçekleşmektedir. Rüzgâr yardımıyla da sivrisinek türlerinin uçuş mesafesi artmaktadır (Service, 1980). Örneğin Afrika'da yayılım gösteren bazı *Anopheles* cinsi sivrisineklerin rüzgar yoluyla yaklaşık 100 km uzaklığa disperse oldukları tespit edilmiştir (Huestis ve ark., 2019). Örneğin *Ae. aegypti* türünün Batı Afrika'dan Güney Amerika'ya yerleşmesi, köle ticareti yapan gemiler sayesinde gerçekleşmiştir (Laird, 1989; Laird ve ark., 1994).

Diğer *Aedes* türlerinin yumurtaları gibi *Ae. albopictus*, yumurtaları da larva habitatlarında uzun süre kuraklığa dayanarak hayatta kalabilmektedir. Örneğin *Ae. albopictus*, genellikle atıl durumda bulunan motorlu taşıt lastiklerinin içerisini üreme alanı olarak tercih etmektedir. Japonya ve diğer Asya ülkelerinden Amerika Birleşik Devletleri'ne ve başka ülkelere yapılan, kullanılmış lastik ticareti, *Ae. albopictus* populasyonlarının 1979'da Arnavutluk'ta yerleşmesine neden olmuştur (Laird ve ark., 1994; Scholte ve Schaffner, 2007). Günümüzde de artan küresel ticaret vasıtasıyla sivrisinek türlerinin pasif dispersal yoluyla yeni habitatlara yerleştikleri belirtilmiştir (Medlock ve ark., 2012). Pakistan'da *Ae. aegypti* yerleşik populasyonlarının bulunmasının kullanılmış lastik ticareti sayesinde pasif dispersalle gerçekleştiği açıklanmıştır (Rasheed ve ark., 2013). Genellikle tropikal, sub-tropikal kuşaklar ve ılıman bölgelerde geniş yayılım gösterdiği bilinen sivrisinekler, Antarktika Kıtası hariç neredeyse bütün biyosferde bulunmaktadır (Marquardt ve Kondratieff, 2005).

1.2. Sivrisineklerin Vektöriyel Önemi

Virusler, parazitler ve protozoonlar gibi hastalık ajanlarını (patojen) ısırma, sokma ya da fiziksel temas ile taşınmasını sağlayan canlılar “vektör” olarak adlandırılmaktadır. Vektör canlılara sivrisinekler, kum sinekleri ve keneler örnek gösterilebilir. Leishmania, sıtma, Kırım-Kongo kanamalı ateşli hastalığı, Batı Nil ateşli hastalığı, dang humması ve sarı humma gibi parazit veya virus kaynaklı hastalıkların, vektörler vasıtasıyla taşındığı bilinmektedir (Kasap Erisoz ve ark., 2014; Failloux ve ark., 2017).

Geçtiğimiz yüzyılda Dünya çapında yüzbinlerce insanın hayatını kaybetmesine neden olan *Plasmodium falciparum* ve *Plasmodium vivax* türü parazitlerin sebep olduğu sıtmanın, *Anopheles* cinsi içerisindeki sivrisinek türleriyle taşındığı bilinmektedir. Günümüzde Afrika Kıtası başta olmak üzere birçok bölgede sıtma hastalığı etkisini sürdürmektedir (Takken ve ark., 2013; Gansané ve ark., 2022). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)’ne göre 2020 yılında Dünya nüfusunun neredeyse yarısının sıtma riski altında olduğu bildirilmiştir. En son Dünya Sıtma Raporu’na göre 2019 yılında 227 milyon vaka raporlanmış, bu sayı 2020 yılında 241 milyona yükselmiştir. Aynı rapora göre 2019 yılında 627 bin kişinin sıtma hastalığı sebebiyle hayatını kaybettiği bildirilmiştir (DSÖ, 2021). Batı Nil Virüsü vektörü *Cx. pipiens*, virüsü kuşlardan kan emme yoluyla alarak insan ve hayvanlara taşımakta ve özellikle Akdeniz havzasında ölümlere sebep olmaktadır (Lourenço ve ark., 2022). Büyük Batı Nil salgınları İsrail, Yunanistan, Rusya Federasyonu, Romanya ve ABD’de kaydedilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü’ne göre Batı Nil Virüsü 1999 yılında ABD’ye girişinden sonra Dünya’da hızlı bir yayılım göstermiştir (DSÖ,2017). Asya Kıtası’nda 1900’lü yıllarda ölümlere neden olan ve günümüzde de milyonlarca insanı tehdit eden dang ateşli hastalığına sebep olan dang virüsünün *Ae. albopictus* ve *Ae. aegypti* türleri ile taşındığı bilinmektedir (Huynh ve Minakawa, 2022).

1.3. İstilacı Sivrisinek Türleri

İstilacı türler, yayılım gösterdikleri habitatlardan başka habitatlara ulaşır ve bu habitatlarda yer alan yerli türlerle rekabete girerler. Yeni habitatlarında, genellikle bu rekabetten üstün çıkarlar ve bu habitatlarda var olan nişlerin büyük çoğunluğunu işgal ederler (Mack, 1985; Mooney ve Cleland, 2001). Bitki türlerinden omurgalı türlere kadar farklı canlı gruplarında istilacı türler bulunmaktadır. Örneğin; Yeni Zelanda florasının %20'sinin istilacı bitki türlerinden oluştuğu belirtilmiştir (Vitousek ve ark., 1996). Son 500 yılda istilacı türlerin, Antarktika Kıtası hariç, biyosferin %3'üne hakim olduğu tahmin edilmektedir (Mack, 1985). Bazı bölgelerdeki geniş araziler ve sulak alanlar birçok istilacı türün hakimiyeti altında bulunmaktadır. Örneğin; Amerika Birleşik Devletleri'nin batısında yer alan bir bölgedeki dağlar arasında Püsküllü Brom (*Bromus tectorum*) istilacı türünün oldukça geniş yayılım gösterdiği belirtilmiştir (Mooney ve Cleland, 2001). Böcek grupları içerisinde de çok sayıda istilacı böcek türü olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; Kırlangıç Kuyruk Kelebeği (*Papilio demolus*) ilk olarak 2006 yılında ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kaydedilmiş, sonrasında bu türün Ortadoğu üzerinden ülkemize geldiği ve yerleşik populasyonlar oluşturduğu anlaşılmıştır (Başbay ve ark., 2020).

Avrupa kıtasında *Aedes* cinsi içerisinde altı adet istilacı sivrisinek türü belirlenmiştir (Medlock ve ark., 2012; Ibáñez-Justicia, 2020). Bu türlere vektörel öneme sahip *Ae. albopictus*, *Aedes* (Finlaya) *japonicus* (Theobald, 1901), *Aedes* (Hulecoeteomyia) *koreicus* (Edwards, 1917) ve *Ae. aegypti* örnek olarak verilebilir.

Aedes albopictus, Güneydoğu Asya kökenli bir istilacı vektör sivrisinek türüdür. Antarktika Kıtası haricinde tüm kıtalarda yayılım göstermektedir (Gratz, 2004; Benedict ve ark., 2007; Akiner ve ark., 2016). Avrupa Kıtası'nda ilk olarak 1979 yılında Arnavutluk'ta tespit edilmiş ve kısa süre içinde İtalya, İspanya, Fransa gibi Avrupa'nın birçok ülkesinde ve Türkiye'de yerleşik populasyonlar haline geldiği bildirilmiştir (Medlock ve ark., 2012, 2015; Schaffner ve Mathis, 2014).

Aedes koreicus, Japonya, Çin ve Güney Kore'ye ait endemik bir tür olmasına karşın 2008 yılında Belçika'da tespit edilmiştir (Tanaka ve ark., 1979; Versteirt ve ark., 2012). Rusya Federasyonu'nda, japon ensefalit virüsünün (*Flaviviridae*;

Flavivirus) vektörlüğünü yaptığı kanıtlanmış olsa da Kore'de taşıdığı patojenlerin yaptığı hastalıklara dair herhangi bir bilgi bulunmamaktadır (Miles, 1964; Shestakov ve Mikheeva, 1966). Günümüzde; *Ae. koreicus*, Rusya Federasyonu, Makedonya, İtalya, Almanya ve Slovenya 'da tespit edilmiştir (Kurucz ve ark., 2021).

Aedes japonicus, Kore, Japonya, Tayvan, Güney Çin ve Rusya Federasyonu'nda doğal yayılım gösterse de, doğal yayılım alanının dışında ilk kez Yeni Zelanda'da kaydedilmiştir (Huber ve ark., 2012). Avrupa Kıtası'nda ilk defa 2000 yılında Fransa' da bildirilmiş olmasına rağmen yerleşik popülasyonları tespit edilmemiştir (Schaffner ve ark., 2003). Ancak, 2008 yılında, Orta Avrupa'da İsviçre ve Almanya sınırında yerleşik popülasyonlar tespit edilmiştir (Schaffner ve ark., 2009). *Aedes japonicus*'un, ABD' de Batı Nil virüsünün vektörlüğünü yaptığı bildirilmiş olup (Andreadis ve ark., 2001; M. J. Turell ve ark., 2005), yapılan çalışmalar, ayrıca japon ensefalit virüsünün de potansiyel vektörü olduğunu ortaya çıkartmıştır (Takashima ve Rosen, 1989). Türün, chikungunya, dang humması ve Rift Vadisi Ateşli Hastalığı etkenlerinin de vektörlüğünü yaptığı bilinmektedir (Schaffner ve ark., 2011; M. Turell ve ark., 2013).

1.4. *Aedes aegypti* Türünün Genel Özellikleri

1.4.1. *Aedes aegypti* Türünün Dağılımı ve Biyoekolojik Özellikleri

Aedes aegypti, *Aedes* cinsi içerisinde yer alan, birçok bölgede vektörlüğü kanıtlanmış istilacı bir sivrisinek türüdür (Black ve ark., 2002). Tropikal ve sub-Tropikal bölgelerde yayılım gösteren bu tür, yüksek adaptasyon kabiliyeti sayesinde istilacı tür kategorisinde yer almaktadır (Braks ve ark., 2004; Akiner ve ark., 2016). Gece ya da gündüz fark etmeksizin sokma aktivitesi gösterebilirler ve konak tercihlerinin genellikle memeliler olduğu bilinmektedir (Horsfall, 1955; Chow ve ark., 1993). Agresif sokma davranışı gösterdiği bilinen *Ae. aegypti*'nin vektörlüğünü yaptığı patojenlerin kolayca yayılmasını sağladığı tespit edilmiştir (Christophers, 1960).

Aedes cinsi sivrisinekler, *Anopheles* ve *Culex cinsi* sivrisineklerden farklı olarak yumurtalarını durgun su birikintileri yerine, ağaç kovukları, plastik kova, beton saksılar, bambular gibi nemli, pürüzlü ve korunaklı alanlara bırakırlar (Horsfall,

1955). Kuraklığa dayanıklı yumurtaları sayesinde, *Aedes* türlerinin disperse oldukları yeni habitatlarda hızlı bir şekilde yerleşik populasyonlar oluşturabildiği bilinmektedir (Gillett ve ark., 1977). Antropofilik olan tür, kullanılmış araç lastiklerinin içleri, beton ve plastik kaplar, saksılar gibi yapay habitatlara yumurtlayarak yayılım alanını, insan yaşamının olduğu bölgelere genişletebilmektedir (Focks ve ark., 1981; Vezzani ve Schweigmann, 2002; Simard ve ark., 2005). *Aedes aegypti*'nin Afrika Kıtası, Kuzey ve Güney Amerika Kıtaları, Hint Okyanusyası, Karayipler, Avustralya Kıtası ve Güneydoğu Asya'da yayılım gösterdiği bilinmektedir (M. U. Kraemer ve ark., 2015; M. U. G. Kraemer ve ark., 2019). Tür, 18. yüzyıldan 20. yüzyıl ortalarına kadar Akdeniz Havzası'nda geniş yayılım alanına sahip olmasına rağmen bir süre sonra populasyonlara rastlanmamıştır; bu durumun nedeni olarak ise sert geçen kışların etkisi olabileceği öne sürülmüştür (Schaffner ve Mathis, 2014). Günümüzde, Batı Palearktık Bölgesinde Portekiz'e bağlı Madera Adası'nda, Gürcistan, Güney Rusya ve ülkemizin Batı Karadeniz Bölgesi'nde yayılım gösterdiği tespit edilmiştir (Margarita ve ark., 2006; Akiner ve ark., 2016).

Aedes aegypti'nin kökeninin Afrika kıtası olduğu bilinmektedir (Bryant ve ark., 2007; Crawford ve ark., 2017). Amerika Kıtası'nın, Avrupa ülkeleri tarafından kolonileştirilmesi sırasında (16.-17. yüzyıl) İspanyol ve Portekiz gemileriyle Afrika'dan Güney Amerika'ya, Sanayi Devrimi'nin sonrasında da, Amerika Kıtası'ndan sırasıyla Asya ve Avrupa Kıtalarına yayıldığı düşünülmektedir (Powell ve Tabachnick, 2013).

Aedes aegypti, üç alt populasyon ile temsil edilmektedir. Bu alt populasyonlar, ormanlık alana adapte olmuş ve evrimsel süreçte *Ae. aegypti*'nin atasal formu olduğu düşünülen *Aedes aegypti formosus*, insan yaşamına iyi adapte olmuş ve vektörlüğü kanıtlanmış *Aedes aegypti aegypti* ve Avustralya Kıtası'nda bulunan *Aedes aegypti queenslandensis* alt populasyonlarıdır (Tabachnick, 1991; Bryant ve ark., 2007; Powell ve Tabachnick, 2013; Crawford ve ark., 2017).

Aedes aegypti, böcek fizyolojisinin birçok konu başlığında model organizma olarak kullanılmaktadır. İstilacı vektör sivrisinek *Ae. aegypti*'nin model organizma olarak kullanılmasına sebep olan üç ana özellik vardır (Marquardt ve Kondratieff, 2005). Bunlar;

- 1) Dünya çapında birçok hastalığın vektörlüğünü yapması,
- 2) Yumurtalarının kuraklığa karşı oldukça dayanıklı olması ve bu adaptasyon sayesinde laboratuvar koşullarında uzun süre saklanabilmesi,
- 3) Kan emme davranışının oogeneze olan etkilerinin oldukça kolay bir şekilde belirlenebilmesidir.

Aedes aegypti'nin sahip olduğu bu özellikler, farklı bireylerin, farklı eşeylerin ve ergin öncesi dönemlerin rahatlıkla izlenebilmesine olanak tanımaktadır.

1.4.2. *Aedes aegypti* Türünün Vektöriyel Önemleri

Aedes aegypti'nin, sarı humma (*Flaviviridae; Flavivirus*), dang (*Flaviviridae; Flavivirus*), chikungunya (*Togaviridae: Alphavirus*) ve ZIKA (*Flaviviridae; Flavivirus*) virüslerinin birincil vektörü olduğu bilinmektedir (Jansen ve Beebe, 2010; Saifur ve ark., 2012). Dang virüsünün birincil vektörü *Ae. aegypti* olsa da *Ae. albopictus* türüyle de taşınmaktadır. Farklı konaklardan kan emmenin yanı sıra, dişi *Ae. aegypti* bireylerinin vertikal bulaşma yoluyla ve maternal/horizontal olarak çiftleşme yoluyla da bu virüsü taşıması düşük ihtimal de olsa mümkündür (Chye ve ark., 1997). Güneydoğu Asya ve Batı Afrika kökenli olduğu bilinen dang virüsü, dang humması hastalığına sebep olmaktadır (Frierson, 2010).

Dünya Sağlık Örgütü tarafından yaklaşık 2,5 milyon insanın (Dünya nüfusunun %32'si) dang humması bakımından epidemik bölgelerde yaşadığı belirtilmiştir (Bhatt ve ark., 2013; DSÖ,2022). 1970'li yıllarda, sadece dokuz ülkede dang humması vakaları görülürken, 2014 senesinde 100'den fazla ülkede görüldüğü bildirilmiştir (Fredericks ve Fernandez-Sesma, 2014; DSÖ,2022).

On dokuzuncu yüzyılın başlarından itibaren Afrika, Asya, Avrupa ve Amerika kıtalarında görülen dang humması salgınında vakaların %90'ı ölümlerle sonuçlanmıştır (Fredericks ve Fernandez-Sesma, 2014); 1927-1928 yıllarında Yunanistan'ın başkenti Atina'da 1500 kişinin ölümüne neden olduğu (Theiler ve ark., 1960; Rosen, 1986); 1950'li yıllarda Avrupa'da salgınlara yol açtığı ve 1970'lerde sadece dokuz ülkede görülürken, 2014 yılında ise 100'den fazla ülkede tespit edildiği bildirilmiştir (Fredericks ve Fernandez-Sesma, 2014).

Afrika, Avrupa, Pasifik Bölgeleri'nde dang humması insidansı yüksektir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından her yıl, 50-100 milyon insanın dang virüsüne maruz

kaldığı, 500 bin insanın ise dang virüsü ile enfekte olduğu bildirilmiştir ve ayrıca bu virüsün yılda 20 binden fazla insanın ölümüne sebep olduğu kaydedilmiştir (DSÖ, 2022). Dang humması toplumsal/küresel halk sağlığını tehdit etmesinin yanı sıra ekonomik olarak da büyük kayıplara yol açmaktadır. Puerto Rico 1977 yılındaki dang humması salgınıyla mücadele ve tedavi masraflarının 6-15 milyon ABD Doları olduğu bildirilmiştir (Woodall ve ark., 1979).

Sarı humma virüsü, 19. yüzyılın sonlarına doğru Batı Afrika ve Amerika Kıtası'nda oldukça yaygın olan sarı humma ateşli hastalığına neden olmuştur. Bu virüsün enfekte maymunlardan, sivrisinekler aracılığıyla insanlara bulaştığı anlaşılmıştır (Reed ve ark., 1901). Günümüzde de yıllık ortalama 200 bin insanın sarı humma virüsüyle enfekte olduğu (Monath, 2001; Akbari ve ark., 2013; Monath ve Vasconcelos, 2015) ve sarı humma salgınlarının Afrika ve Güney Amerika kıtalarında devam ettiği bildirilmektedir (Ndeffo-Mbah ve Pandey, 2020).

Aedes aegypti'nin Brezilya'da ZIKA virüsünün vektörlüğünü yaptığı bilinmektedir (Ferreira-de-Brito ve ark., 2016). İlk ZIKA salgını, 2007 yılında Yap Adası/Mikronezya'da görülmüş; bu salgını, 2013 yılında Fransız Polinezya ve Pasifik ülkelerindeki salgınlar takip etmiştir. ZIKA salgınları 2015 yılında Brezilya'da görülmüş ve ZIKA virüsünün mikrosefali hastalığıyla bağlantılı olduğu bildirilmiştir. ZIKA virüsü, günümüzde 86 ülkede görülmektedir (WHO, 2018).

Afrika kıtasında endemik olduğu bilinen chikungunya virüsü, zaman içinde Hint Okyanusu, Asya, Güney Pasifik, Güney Avrupa, Karayipler ve Orta Amerika' da görülmeye başlanmıştır (Pialoux ve ark., 2007). 2005 yılında toplam nüfusu 770 bin olan Reniun Adası'nda 265 bin kişi chikungunya virüsüyle enfekte olmuş ve 237 kişi hayatını kaybetmiştir. Yine aynı yıl içinde Dünya genelinde yaklaşık 2 milyon vaka görülmüş ve vaka sayısı her yıl artmıştır (Charrel ve ark., 2007). Dünya Sağlık Örgütü tarafından, 2017 yılında 10 ülkeden %84'ü doğrulanmış toplam 548 chikungunya vakası bildirilmiş, son yıllarda, Sudan, Yemen ve Kamboçya'da chikungunya salgınları rapor edilmiştir (Malik ve ark., 2014; Duong ve ark., 2012; Bushra ve ark., 2019; DSÖ,2020).

Ülkemizde salgınlar henüz görülme de bazı pozitif vakaların bulunduğu ve dang humması pozitif olan bir kişinin yurtdışı kaynaklı olarak enfekte olduğu bildirilmiştir (Uyar ve ark., 2013). Bazı bölgelerde ise dang humması ve sarı

humma hastalıkları için serolojik testler yapılmış ve düşük oranda da olsa pozitif bireylerin olduğu görülmüştür (Ergünay ve ark., 2010).

1.5. Sıcaklığın Sivrisinekler Üzerinde Etkisi

Bir ekosistemde bulunan canlılar, çevresel sınırlayıcı faktörlerden doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmektedir. Çevresel abiyotik ve biyotik faktörlerin, türlerin gelişimi, adaptasyonu ve üreme başarısı gibi birçok konuda sınırlayıcı rol oynadığı bilinmektedir. Populasyonlar, sıcaklık, pH, oksijen miktarı, nem gibi abiyotik faktörlerin minimum veya maksimum sınırları içerisinde, daha çok çevresel koşullar açısından optimum aralıkta yaşamsal aktivitelerine devam etmek eğilimindedirler. Bu abiyotik faktörlerin; üreme, av-avcı ilişkileri, dispersal, parazitizm ve rekabet gibi biyolojik faktörleri şekillendirdiği ve sınırlandırdığı belirtilmiştir (Campbell ve ark., 2008).

Organizmaların, hayat döngülerini tamamlayabilmek için optimum koşullara sahip olan habitatlarda yayılım gösterdiği bilinmektedir. Sıcaklık ve nem, homoiterm ve poikiloterm bütün organizmaların yayılımlarını sınırlayan abiyotik faktörlerin başında gelmektedir (Krebs, 2014). Böcekler, poikilotermik organizmalar olmaları nedeniyle, vücut sıcaklıklarının homoitermlere kıyasla büyük ölçüde çevresel sıcaklığa bağlı olduğu (Chapman ve ark., 1998), sıcaklık arttıkça gelişim süresinin kısaldığı (Kasap ve Alten, 2005, 2006; Gunay ve ark., 2010; Yılmaz, 2020) ve vücut büyüklüğünün küçüldüğü (Oguz ve ark., 2017) bilinmektedir.

Optimum sıcaklık aralığının altında yer alan sıcaklıklar düşük sıcaklık olarak adlandırılabilir. Sıcaklık dalgalanmaları doğadaki bütün canlı gruplarını olumlu ve/veya olumsuz olarak etkilemektedir. Bu nedenle canlı grupları yüksek veya düşük sıcaklıkların olumsuz etkilerinden kaçabilmek ve hayatta kalabilmek için bazı adaptasyonlar geliştirmişlerdir. Bu adaptasyonlar; kışlama, diyapoz, kış uykusu gibi fizyolojik olarak ya da genetik cevaplar şeklinde olabilmektedir (Denlinger ve Lee Jr, 2010). Diyapoz sırasında metabolizma tamamen durmaz; diyapoz, metabolik aktiviteler en az düzeye indirilerek hareketin kısıtlanması ve enerjinin en az harcanabilmesi için evrimsel bir adaptasyon olarak tanımlanabilir (Andrewartha, 1952; Adedokun ve Denlinger, 1985). Diyapoz sırasında devam eden fizyolojik, endokrinolojik ve biyokimyasal değişikliklerin, gelişimin devam etmesini sağladığı da belirtilmiştir (Denlinger ve Lee Jr, 2010). Diğer iklimsel

bölgelerde olduğu gibi ılıman bölgelerde yayılım gösteren türler ise düşük sıcaklıklara fizyolojik veya enzimatik cevaplar vermektedir. Örneğin; bazı gece güveleri, göğüs kaslarını kullanarak vücut sıcaklıklarını 30-35°C seviyesinde tutarak 0°C'ye yakın sıcaklıklarda uçuş aktivitesi gösterirler (Heinrich ve Mommsen, 1985). Kışı geçiren bal arıları fizyolojik ve davranışsal mekanizmalarla kovan sıcaklıklarını 35°C'de sabit tutabilirler (Southwick ve Heldmaier, 1987).

Bazı sivrisinek türlerinin, kış aylarında düşen sıcaklık ve değişen nemin etkisiyle mağaralara doğru hareket ederek olumsuz kış koşullarını mağarada geçirdikleri gözlemlenmiştir (Buffington, 1972; Makiye ve Taguchi, 1982). Sonbaharda çiftleşme davranışı gösteren bazı türlerin dişileri çiftleştikten sonra kış boyunca spermlerini canlı olarak taşıyabilmektedir. Yalnızca dişi sivrisineklerin kışlama yaptığı (Lee ve Denlinger, 1991) ve bu dişilerin ilkbaharda tekrar çiftleşebileceği bilinmektedir (Sheldon ve MacLeod, 1974; Sheldon, 1975).

Sıcaklık; gelişim düzeyleri, gelişim süreleri, interspesifik ve intraspesifik rekabet, kan emme davranışı, dispersal, vektörlük gibi birçok yaşamsal olayı etkilemektedir (Ciota ve ark., 2014; Liu-Helmersson ve ark., 2014; Marcantonio ve ark., 2016; Ezeakacha ve Yee, 2019; Onyango ve ark., 2020) ve enzimatik aktiviteler için de kritik rol oynamaktadır (Han ve ark., 2003).

Bir sivrisineğin hayat döngüsünde yer alan larva evresinde elde edilen enerjinin erginin yumurta verimi ve ergin ömür uzunluğunu etkilediği bilinmektedir (Marquardt ve Kondratieff, 2005). Sıcaklık, larval dönemdeki beslenme ve hayatta kalma parametrelerini doğrudan ya da dolaylı yoldan etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklarda gelişim hızı artarken düşük sıcaklıklarda yavaşlamaktadır (Clements ve Kerkut, 1963). Farklı sıcaklıklarda yetiştirilmiş sivrisineklerde hem ergin öncesi hem de ergin dönemde sıcaklık düştükçe vücut büyüklüğünün arttığı da gözlemlenmiştir (Atkinson, 1994).

Culex quinquefasciatus larvalarının, çabuk eriyip donan erimiş buz sularında hayatta kalabildiği belirtilmiştir (Haufe, 1952; Clements ve Kerkut, 1963). Finlandiya'da *Ae. punctator* türüne ait larva, pupa ve ergin evrelerindeki bireylerin düşük sıcaklıklarda verdikleri tepkiler araştırılmış, larvaların düşük sıcaklıklarda

yaşamlarına devam edebildikleri gözlemlenmiştir (Mellanby, 1940; Clements ve Kerkut, 1963).

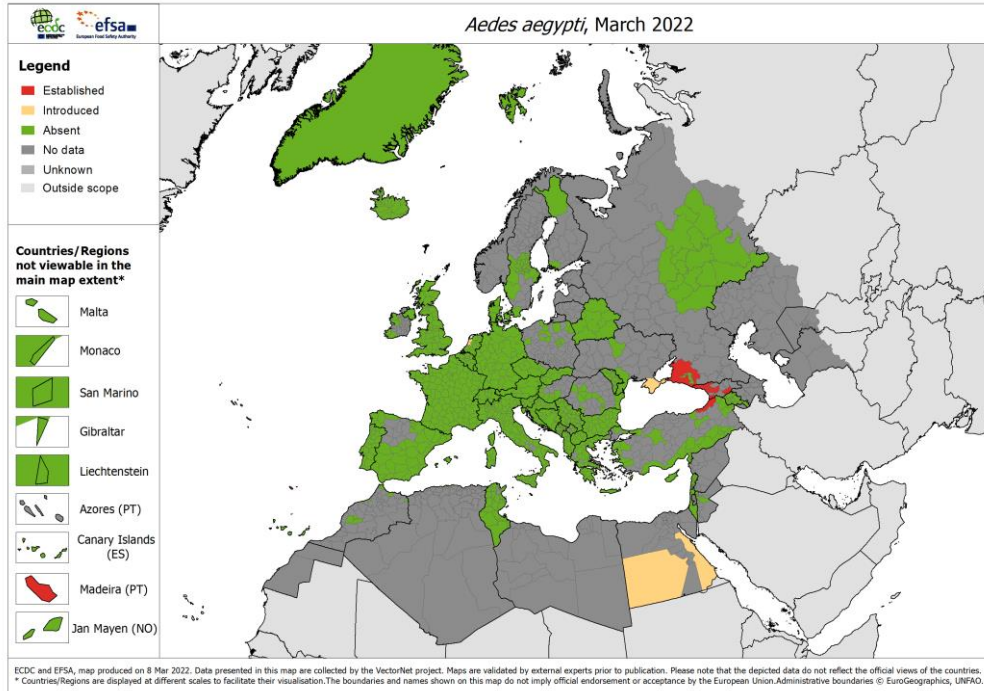
Avrupa'da bulunan istilacı vektör tür *Ae. japonicus*'un düşük sıcaklıklara dayanıklı yumurtalar bıraktığı, *Ae. albopictus*'un ise düşük sıcaklıklara sahip habitatlara başarılı bir şekilde yerleştiği bildirilmiştir (Scholte ve Schaffner, 2007; Paupy ve ark., 2009; Kreß ve ark., 2017).

Aedes aegypti'nin gelişim sürelerinin ve hayatta kalma oranlarının belirlenebilmesi için sıcaklığın yanı sıra rekabet ve beslenmenin de araştırıldığı çalışmalarda besin kaynağı ve üreme habitatı tercihlerinde sıcaklığın kilit rol oynadığı belirlenmiştir (Couret ve ark., 2014). *Aedes aegypti*'nin sucul evrelerinde düşük sıcaklıkların, özellikle 10°C ve altındaki düşük sıcaklıkların ölüm oranlarını arttırdığı vurgulanmış, larvaların ise düşük ekstrem sıcaklıklarda ve hatta donmuş su içerisinde belirli bir süre hayatta kalabildikleri gözlemlenmiştir (Bliss Jr ve Gill, 1933, Bar-Zeev, 1958; Clements ve Kerkut, 1963). Yapılan soğuk şoklaması çalışmasında *Ae. aegypti* larvaları, bir gün süreyle düşük sıcaklıklara maruz bırakılarak uyuşmaya ve durgunluğa neden olan sıcaklık seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda *Ae. aegypti* larvalarının düşük sıcaklıklara uzun süre maruz kalmasının ölümcül olduğu belirtilmiştir (Clements ve Kerkut, 1963).

Hayat ve fertilitate tabloları, böcek türlerinin demografisi ile ilgili verilerin değerlendirilmesi için sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir (Costero ve ark., 1998; Belen ve Alten, 2006; Kasap ve Alten, 2006; Gunay ve ark., 2010; Yılmaz, 2020). Belirli sıcaklık koşullarında, belirli yaş grupları ile oluşturulan deney takımlarında özellikle ölüm oranlarını belirlemeyi hedefleyen hayat tabloları ile belirli yaş gruplarına özgü üreme oranlarını özetleyen fertilitate tablolarından elde edilen bulgular, belirli çevresel koşullarda populasyon büyüklüklerinin tahmin edilebilmesinde büyük rol oynamaktadır (Krebs, 2014).

1.6. Tez Çalışmasının Amacı

Dünya'da pek çok patojenin vektörlüğü yapan ve istilacı vektör sivrisinek türlerinden birisi olan *Ae. aegypti*, yüksek adaptasyon kabiliyetine sahiptir (Canyon ve ark., 1999). Vektörlüğünü yaptığı patojenler sebebiyle istila ettiği ve potansiyel olarak istila edebileceği bölgelerde halk sağlığı açısından büyük tehdit oluşturmaktadır. Ülkemize 2015 yılında Doğu Karadeniz Bölgesi üzerinden girdiği ve yerleşik popülasyon oluşturduğu bilinmektedir (Akiner ve ark., 2016). Batı Paleartik Bölgesi'nde *Ae. aegypti* ve yakın tür *Ae. albopictus*'un ikisinin de yerleşik popülasyonların bulunduğu tek ülke Türkiye'dir.



Şekil 2. *Aedes aegypti* Avrupa yayılım haritası, Mart/2022, (ECDC, 2022)

Bu tez çalışmasında, *Ae. aegypti* türünün hayat döngüsünün bütün evreleri, beş farklı sabit düşük sıcaklıklara maruz bırakılarak, yumurta açılma oranları, larval gelişim süreleri, pupalaşma ve erginleşme oranları, dişi-erkek oranları, ergin ömür uzunlukları ve dişi başına düşen yumurta sayıları, hayat tablosu parametreleri ile incelenmiştir. *Aedes aegypti*'nin hayat döngüsünde yer alan dört evre için de ayrı ayrı ekstrem düşük sabit sıcaklıklarda 24 saat soğuk şoklaması yapılarak, düşük sıcaklıkların yaşam evreleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Düşük sıcaklıkların *Ae. aegypti* üzerindeki etkileriyle ilgili olarak literatürde az sayıda çalışma vardır. Bu verilerin görece eski tarihli, erişimi güç olan kaynaklarda yer alması ve bu türe ait ayrıntılı biyoekolojik bilgilerin bulunmaması nedeniyle, türün kış aylarındaki populasyon dinamiği çoğunlukla sitokastik zaman-mekân modellemeleriyle tahmin edilmektedir. Verilerin yetersizliği, modellemelerinin çözünürlüğünü düşürerek tahminlerin gerçekçiliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Yapılan bu çalışma ayrıca, düşük sıcaklıkların *Ae. aegypti*'nin hayat döngüsüne olan etkisini ortaya çıkarmak amacıyla yapılan başlangıç niteliğindeki bir çalışmadır. Bu sayede ilgili türe ait elde edilen veriler, modelleme çalışmalarında kullanılan veri tabanına katkı yaparak modellemelerin çözünürlüğünün artmasını sağlayacaktır.

2. YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında çalışmalar, Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü, Ekolojik Bilimler Araştırma Laboratuvarı (EBAL) VeRG (Vektör Ekolojisi Araştırma Grubu) ünitesinde yapılmıştır. Deneyler, “Yaşam Döngüsü - Hayat Tabloları” ve “Soğuk Şoklaması” şeklinde iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan *Aedes aegypti* kolonisi, Bora Bora Adası'ndan 1982 yılında getirilen laboratuvar soylarıyla, EBAL'de bulunan standart sivrisinek iklim odası koşullarında (26°C, %60±5 göreceli nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık) oluşturulmuştur.

Yaşam döngüsü deneyleri için, standart iklim odası koşullarında elde edilen *Ae. aegypti* yumurtaları, 20°C, 15°C, 10°C ve 5°C sıcaklık koşulları ile %60 bağıl nem koşuluna ayarlanmış iklimlendirme dolaplarına (NÜVE TK252) yerleştirilmiştir. Deneyler, optimum koşul kabul edilen ve kolonilerin yetiştirildiği sıcaklık olan 26°C, %60 bağıl nem ve 12:12 Aydınlık:Karanlık koşullarına sahip standart iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında, düşük sıcaklıklarda farklı besinlerin yaşam döngüsüne olan etkisi de gözlemlenmiştir.

Ek olarak ergin çıkışlarının gözlemlendiği sıcaklıklarda, standart iklim odası koşullarında yetiştirilen bireyler ile takımlar oluşturularak hayat tablosu deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Şoklama deneylerinde ise standart iklim odası koşullarında yetiştirilen *Ae. aegypti* türüne ait yumurtalar, L₄ larvalar, pupa ve ergin evreleri 5°, 0° ve -5°C'de 24 saat bekletilmiş ve iklim odasına alınarak soğuk şoku etkilerinin ömür uzunluğuna olan etkileri belirlenmiştir.

2.1. Yaşam Döngüsü

Yaşam Döngüsü deneylerinde bir tekrarda, her koşul için 200 adet *Ae. aegypti* yumurtası, içinde 700 ml distile su bulunan bir litre hacimdeki cam kavanozlar içerisinde açılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında, deneyler iki set halinde planlanmış ve birinci sette besin olarak 6 gr Tetramin® balık yemi, ikincisinde ise Nütrient Broth ve Bira mayası (NB) besin çeşidi kullanılmıştır. NB besini, 0,75 gr Nütrient Broth kuru besiyeri ve 0,25 gr Bira kuru maya, 10 ml distile su içerisinde çözülerek hazırlanmış ve bu çözülden her NB kavanozuna 2 ml eklenmiştir. Bira mayasının, 10°C ve altındaki sıcaklıklarda üremesi inhibe olmaktadır (Bardi ve ark., 1996). Bu inhibasyonu engellemek amacıyla NB kavanozlarının ağız kapatılmış, etrafı alüminyum folyo ile sarılmış ve 23°C'de 6 saat bekletilmiştir. Balık Yemi koşulunda ise kavanozların ağız açık bırakılmıştır. Yumurta koyulan kavanozlar, EBAL'de bulunan 20°C, 15°C, 10°C ve 5°C sıcaklık koşulları ile %60 neme ve 12:12 Aydınlık:Karanlık olacak şekilde ayarlanmış iklimlendirme dolapları (NÜVE TK252) içerisine denemeye alınmıştır. Deneyler 26°C'de, standart sivrisinek iklim odasında yapılmıştır. Yukarıda belirtilen işlemler, her sıcaklık ve besin koşulu için beş tekrar olacak şekilde yapılmıştır.

Kavanozlar, her gün 27x18x7 cm boyutundaki polietilen larva yetiştirme kaplarına boşaltılmıştır. Işık altında kavanoz suları içerisinde sayılan yumurtadan çıkmış larvalar, içerisinde iklimlendirme dolabı sıcaklığı ile benzer sıcaklıkta 400 ml distile su bulunan 19x14x5 cm boyutlarındaki polietilen larva yetiştirme kaplarına aktarılmış ve 4 gr Teramin® Balık Yemi eklenerek ağızları 20x30 cm boyutlarındaki şeffaf mika ile kapatılmıştır. Kavanozlar ve kaplar her gün kontrol edilmiş ve ölü olan larvalar sayılarak çıkartılmıştır. Kavanozlar, son larva çıkışının görüldüğü günden yedi gün sonra dolaplardan çıkartılmıştır. Larvalar, L4 evresine ulaştıklarında 27x18x7 cm boyutundaki polietilen larva yetiştirme kaplarında bulunan 900 ml distile su içerisine aktarılmış ve 7 gr Tetramin® Balık Yemi eklenerek ağızları 20x30 cm boyutlarındaki şeffaf mika ile kapatılarak pupalaşmaları sağlanmıştır. Bu kaplar her gün kontrol edilmiş, hayatta kalan larva sayısı ve pupalaşma oranları kaydedilmiştir. Larva kaplarındaki su, üç günde bir yukarıda belirtilen işlemler tekrarlanarak değiştirilmiştir.

Dördüncü dönem larvalar pupalaşma oranlarının belirlenmesi amacıyla her gün sayılmış ve çapı 7 cm olan 150 ml hacimli şeffaf plastik bardaklara aktarılmış ve pupalar ağızları tül ile kapatılarak erginleşmeleri beklenmiştir. Çıkan erginler, 22x24x23 cm boyutlarındaki tül bağlanmış metal kafeslere alınmış ve pamuklara emdirilmiş %10'luk şekerli su ile beslenmişlerdir. Daha sonra dişi-erkek sayısı dişilere göre eşitlenmiştir. Çıkan dişi sayısı, toplam çıkan ergin sayısına oranlanarak dişi-erkek eşey yüzdesi hesaplanmıştır. Bu işlemlerde her sıcaklık için beş tekrar yapılmış ve iki besin koşulu arasındaki farklar istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Yumurta açılma oranları, yumurta inkübasyon süreleri, larva gelişim süresi ve oranları, pupalaşma ve erginleşme oranları ve dişi erkek eşey oranları her gün takip edilmiştir. Sıcaklıklar ve besin koşulları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

2.1.1. Ergin Hayat Tablosu

Standart sivrisinek iklim odasında erginleştirilen ana kültürden, her birinde 30 dişi ve 30 erkek bireyden oluşan takımlar, 22x24x23 cm boyutlarındaki tül kafeslere içerisine alınmış ve erginler, pamuğa emdirilmiş %10'luk şekerli su ile beslenmişlerdir. Ergin çıkışlarının başarılı olduğu 20°C ve 26°C sabit sıcaklık koşullarında, hacmi 450 ml olan 30 adet polietilen silindir kap, her kapta kan emmiş bir dişi ve bir erkek olacak şekilde hazırlanmış ve ağızları tül ile kapatılmıştır. Erginlerin beslenmesi için kapaktaki tül üzerine %10 şekerli su çözeltisi emdirilmiş pamuklar yerleştirilmiştir. Kapların içerisinde, yumurtalama yüzeyi oluşturmak için 5 ml distile su ve boyutları 7x4 cm olan kurutma kağıtları yerleştirmiştir. Deneye alınan erginler her gün takip edilerek, hayatta kalma verisi ve alınan yumurta verileri kaydedilmiştir.

2.2. Soğuk Şoklaması

Standart sivrisinek iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* türüne ait 200 yumurta, 50 adet L₄ evresindeki larva, 50 adet pupa ve 50 adet ergin (25 erkek/25 dişi) EBAL'de bulunan 5°C, 0°C ve -5°C sabit sıcaklık koşuluna ayarlanmış iklimlendirme dolapları (NÜVE TK252) içerisinde 24 saat bekletilmiştir. Bireyler 24 saat sonra tekrar standart iklim odası koşuluna (26°C ve %60±5 bağıl nem) alınmıştır.

Üzerlerinde *Ae. aegypti*'ye ait yumurta bulunan yumurtlama şeritleri (± 1000 adet yumurta/şerit), standart iklim odası koşullarında, her biri içinde 450 ml distile su ve 5 gr Teramin® balık yemi bulunan 22x24x23 cm boyutlarındaki polietilen larva yetiştirme kaplarına koyularak yumurtaların açılması sağlanmıştır. Yumurtalardan larva çıkışları gözlemlendiği gün, kap içerisine 450 ml distile su ve 5 gr Teramin® Balık Yemi ilave edilmiştir. L₄ evresindeki larvalar, içinde 900 ml distile su bulunan 22x24x23 cm boyutlarındaki polietilen larva yetiştirme kaplara transfer edilmiş ve kapların ağızları 20x30 cm şeffaf mika ile kapatılmıştır. Hacmi 1 litre olan potların içerisine alınan pupalar, 40x40x40 cm boyutlarındaki tül kafesler içerisine alınarak erginleşme sürecine bırakılmıştır. Erginleşen bireyler pamuğa emdirilmiş %10 şekerli su çözeltisi ile beslenmiştir. Bu işlem aynı zamanda standart *Ae. aegypti* yetiştirme işlemi olarak EBAL'de uygulanmaktadır.

Standart *Ae. aegypti* yetiştirme işlemi ile erginleşen dişilerden elde edilen 200 adet yumurta, 50 ml hacmindeki tüpler içerisinde alınıp ağızları kapatılarak 5°C, 0°C ve -5°C sabit sıcaklık koşullarına ve fotoperiyodu 12:12 Aydınlık:Karanlık olacak şekilde ayarlanmış iklimlendirme dolapları (NÜVE TK252) içerisinde kuru şekilde 24 saat bekletilmiştir. Yumurtalar, 24 saat sonra, standart iklim odası koşulunda, içlerinde 450 ml distile su ve 5 gr Teramin® balık yemi ihtiva eden 22x24x23 cm boyutlarındaki polietilen larva yetiştirme kaplarına açılmaları için transfer edilmiştir. Kaplar, her gün kontrol edilmiş ve açılma oranları, pupalaşma, erginleşme oranları ve erginlerin ömür uzunlukları takip edilmiştir. Bu işlem her sıcaklık için üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Şoklama uygulanan yumurtaların yumurta açılma oranları, larva gelişim oranları ve süreleri, pupalaşma süreleri ve oranları, erginleşme oranları ve dişi-erkek eşey oranları her gün takip edilmiştir. Şoklama sıcaklıklarının yaşam döngüsüne etkileri ve evrelerin hayatta kalma oranları arasındaki farklar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Standart *Ae. aegypti* yetiştirme yöntemiyle elde edilen 50 adet L₄ evresindeki larva, içlerinde 450 ml distile su ve 5 gr Teramin® Balık Yemi bulunan 19x14x5 cm boyutlarındaki polietilen larva yetiştirme kaplarına konulmuş ve kapların ağızları 20x30 cm boyutlarındaki şeffaf mika ile kapatılmıştır. Kaplar, EBAL' de bulunan 5°C, 0°C ve -5°C sabit sıcaklık koşuluna ayarlanmış ve (FP: 12:12 Aydınlık:Karanlık) olacak şekilde ayarlanmış iklimlendirme dolapları (NÜVE TK252) içerisinde 24 saat bekletilmiştir. Larvalar, 24 saat sonra, 26°C ve %60±5 bağıl neme sahip iklim odasına transfer edilmiştir. Kaplar, her gün kontrol edilmiş ve pupalaşma, erginleşme oranları ve erginlerin ömür uzunlukları takip edilmiştir. Bu işlem her sıcaklık için üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Şoklama uygulanan larvaların hayatta kalma oranları, pupalaşma süreleri ve oranları, erginleşme oranları ve dişi-erkek eşey oranları her gün takip edilmiştir. Şoklama sıcaklıklarının yaşam döngüsüne etkileri ve evrelerin hayatta kalma oranları arasındaki farklar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Standart *Ae. aegypti* yetiştirme yöntemiyle elde edilen 50 adet pupa, içlerinde 750 ml distile su bulunan 1 litre hacmindeki potlara alınarak 5°C, 0°C ve -5°C sabit sıcaklık koşuluna ayarlanmış (FP: 12:12 Aydınlık:Karanlık) iklimlendirme dolapları (NÜVE TK252) içerisinde 24 saat bekletilmiştir. Pupalar 24 saat sonra, 26°C ve %60±5 bağıl neme sahip iklim odasına alınmıştır. Potlar her gün kontrol edilmiş ve erginleşme oranları ve erginlerin ömür uzunlukları takip edilmiştir. Bu işlemde her sıcaklık için üç tekrar yapılmıştır. Şoklama uygulanan pupaların hayatta kalma oranları, erginleşme oranları ve dişi-erkek eşey oranları her gün takip edilmiştir. Şoklama sıcaklıklarının yaşam döngüsüne etkileri ve evrelerin hayatta kalma oranları arasındaki farklar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Standart *Ae. aegypti* yetiştirme yöntemiyle elde edilen 50 ergin birey (25 erkek/25 dişi) 1 litre hacimdeki potlara alınarak EBAL'de bulunan 5°C, 0°C ve -5°C sabit sıcaklık koşuluna ayarlanmış (FP: 12:12 Aydınlık:Karanlık) iklimlendirme dolapları (NÜVE TK252) içerisinde 24 saat bekletilmiştir. Erginler 24 saat sonra, 26°C ve %60±5 bağıl nemdeki iklim odasına alınmıştır. Potlar her gün kontrol edilmiş, hayatta kalma oranları ve ömür uzunlukları takip edilmiştir. Bu işlem, her sıcaklık koşulu için üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Şoklama sıcaklıklarında hayatta kalma oranları arasındaki farklar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

2.3. Analizler ve İstatistiksel Yöntemler

Yaşam döngüsü farklı sıcaklıklar için deneye alınan *Ae. aegypti* yumurtalarının, farklı sıcaklıklar ve/veya besin koşullarında açılma oranları, yumurta inkübasyon süreleri, ergin öncesi dönemlerin gelişme oranları ve süreleri, erginlerin ömür uzunlukları, evrelerin yaşam çözümlenmesi analizleri ve parametrik olmayan ikili karşılaştırılması Kruksal-Wallis ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunun anlamlı çıkması durumunda grupların karşılaştırılması için post-hoc testi olarak Wilcoxon İşaretli Sıra Testi kullanılmıştır (R Core Team, 2021).

Tüm sıcaklıklardaki hayat döngüsü deneyleri tamamlandıktan sonra, ergin çıkışlarının gözlemlendiği sıcaklıklarda yaşa özgü hayat tabloları ve fertilitite tabloları oluşturulmuştur. Hayat tablosunda kullanılan parametreler, bu parametrelerin açıklamaları ve hesaplamada kullanılan formüller Çizelge 1.'de verilmiştir. Farklı sabit sıcaklıklara maruz bırakılan *Ae. aegypti* takımlarına ait yaşa özgü fertilitite ve mortalite hakkında detaylı veri elde edilmesi amacıyla yaş aralığı (x) 1 gün olarak belirlenmiştir. Her takım için elde edilen fekondite ve mortalite verileriyle l_x , d_x ve m_x sütunları oluşturulmuştur. Bu sütunlardaki veriler, jenerasyon süresi (T_c), doğal artış kapasitesi (r_m) ve net üreme oranı (R_0) parametrelerinin hesaplanmasında kullanılmıştır (Southwood ve Henderson, 2009) (Çizelge 1).

Doğal artış kapasitesi (r_m), belirli çevresel koşullarda bir populasyonun hangi oranda artış ya da azalış sergileyeceğini gösteren önemli bir demografik parametredir ve "Malthusian Parametresi" olarak da bilinir. Jenerasyon süresi (T_c), bir kuşağın başka bir kuşak oluşturması için geçen süre olarak tanımlanmaktadır ve hayat tablosu deneylerinden elde edilebilecek demografik parametrelerden birisidir. Jenerasyon süresi, populasyon büyüklüğü hesaplanmasında da kullanılmaktadır. Net üreme oranı (R_0) ise her bir yaş aralığındaki dişiler tarafından verilen toplam birey sayısı olarak ifade edilir ve populasyon büyüklüğü hakkında önemli tahminlerin yapılmasında kullanılmaktadır. Net üreme oranı (R_0) ve doğal artış kapasitesi (r_m), değerlerinin sıfır ve birden büyük olması populasyon büyüklüğünde bir artış, sıfır ve birden küçük olması ise populasyon büyüklüğünde bir azalma olacağını ifade

etmektedir. Net üreme oranının bire, doğal artış kapasitesinin sıfıra eşit olduğu durumlarda populasyon büyüklüğünde bir değişim meydana gelmemektedir (Krebs, 2014) (Çizelge 1).

Çizelge 1. Hayat Tablosu Analizlerinde Kullanılan Formüller

Sembol	Açıklama	Formül
x	Yaş aralığı	
l_x	x yaş aralığında hayatta kalan birey sayısı	
$\% l_x$	x yaş aralığında hayatta kalan birey oranı	
d_x	x yaşından bir sonraki yaşa kadar ölüm sayısı	
$\% q_x$	x yaşından bir sonraki yaşa kadarki süre boyunca mortalite oranı	
e_x	x yaşının başlangıcında hayatta olan organizmalar için beklenen ortalama ömür uzunluğu	$e_x = \frac{T_x}{l_x}$
N_x	x yaş aralığında bırakılan yumurta sayısı	
m_x	x yaş aralığında dişi başına düşen yumurta sayısı	
T_c	Ebevylerinin doğumu ile döllerin doğumu arasında geçen ortalama zaman	$T_c = \frac{\sum X l_x m_x}{\sum l_x m_x}$
R_0	Net Üreme Oranı	$R_0 = \sum l_x m_x$
T_x	Birey zamanları birimleri	
L_x	Birbirini takip eden iki yaş aralığında hayatta kalan birey sayılarının ortalaması	$L_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2}$
r_m	Doğal artış kapasitesi	$r_m = \frac{\log_e \sum l_x m_x}{\sum X l_x m_x}$

Farklı sıcaklıklarda deneye alınan ergin *Ae. aegypti* dişi ve erkek bireylerinin yaşam çözümlenmesi analizleri, parametrik olmayan Kaplan-Meier analizi kullanılarak yapılmıştır. Bu amaçla R istatistik programı “survival” paketinde yer alan ‘survfit’ ve ‘surv’ fonksiyonları kullanılmıştır (Therneau ve Lumley, 2015). İki farklı sıcaklıkta deneye alınan *Ae. aegypti* erginlerinin ömür uzunlukları R istatistik programı “survival” paketi içerisinde yer alan ‘coxph’ fonksiyonu kullanılarak Mantel-Cox testi yapılmış ve ikili olarak karşılaştırılmıştır.

Farklı sıcaklıklarda soğuk şoklamasına bırakılan bütün evreler için yapılan tüm karşılaştırılmalı analizler Kruksal-Wallis testi ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunun anlamlı çıkması durumunda grupların karşılaştırılması için post-hoc testi olarak Wilcoxon İşaretli Sıra Testi kullanılmıştır (R Core Team, 2021).

Yapılan tüm analizler, R Project programı (versiyon 4.1.2) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (R Core Team, 2021).

3. BULGULAR

3.1. Yaşam Döngüsü Deneyleri Bulguları

3.1.1. 5°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü

Standart iklim odası koşullarından (26°C, %60±5 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık) 5°C, %60 bağıl nem koşullarına konulan ve balık yemi (BY) eklenen yumurtaların açılma oranı %16,10±10,55 olarak belirlenmiştir. Yumurta inkübasyon süresi ise 4,28±0,86 gündür. NB koşulunda ise yumurta açılma oranı %20,9±11,3, inkübasyon süresi ise 3,92±0,35 gün olarak belirlenmiştir. Açılan yumurtalardan çıkan L₁ evresi larvalarda herhangi bir yaşam belirtisi gözlenmemiştir. 5°C'de her iki besin koşulunda yumurta açılma oranları (*p* değeri: 0,44) ve inkübasyon süreleri (*p* değeri: 0,75) arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 2, Çizelge 7).

Çizelge 2. 5°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen *Aedes aegypti* Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri

5°C	BY	NB	<i>p</i>
Yumurta İnkübasyon Süresi (Gün) (±SD (min-max))	4,28±0,86 (1-13,2)	3,92±0,35 (1-12)	0,75
Yumurta Açılma Oranı(%) (± SD) (min-max)	16,10±10,55 (7-38,5)	20,9±11,3 (12-41)	0,44

3.1.2. 10°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü

Standart iklim odası koşullarından (26°C, %60±5 bağıl nem 12:12 Aydınlık:Karanlık) yumurtalar 10°C, %60 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık koşuluna konulan ve BY eklenen yumurtaların açılma oranı %26,6±15,67 olarak belirlenmiştir. Yumurta inkübasyon süresi ise 5,02±1,9 gün olarak saptanmıştır. NB koşulunda ise yumurta açılma oranı %41±12 olarak belirlenmiş, yumurta inkübasyon süresi 5,19±1,56 gün olarak saptanmıştır. Her iki besin koşulunda yumurtalardan çıkan L₁ evresi larvalarda yaşam belirtisi gözlenmemiştir. 10°C sıcaklıkta her iki besin koşulu itibariyle yumurta açılma oranları (*p* değeri:0,45) ve inkübasyon süreleri (*p* değeri:0,84) arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 3, Çizelge 7).

Çizelge 3. 10°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen *Aedes aegypti* Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri

10°C	BY	NB	<i>p</i>
Yumurta İnkübasyon Süresi (Gün) (± SD) (min-max)	5,02±1,91 (1-15)	5,19±1,56 (1,2-14,8)	0,84
Yumurta Açılma Oranı(%) (± SD) (min-max)	26,6±15,67 (12-59,5)	41±12 (18-58)	0,45

3.1.3. 15°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü

Standart iklim odası koşullarından (26°C, %60±5 bağıl nem 12:12 Aydınlık:Karanlık) 15°C, %60 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık koşuluna konulan ve balık yemi eklenen yumurtaların açılma oranı %78,55±10,4 olarak belirlenmiştir. Yumurta inkübasyon süresi ise 4,24±2 gün olarak belirlenmiştir. Larvaların %47,22±26,36'sının L₁ evresinden L₄ evresine gelişim süresi 22±5,33 gün olarak tespit edilmiştir. Larvalar, 41±11,44 gün hayatta kalmıştır. Ancak bir adet larva pupa evresine ulaşmış, erginleşme olmadan ölmüştür.

NB besin koşulunda ise 15°C, %60 bağıl nem koşuluna konulan yumurtaların açılma oranı %80,4±11,4 olarak belirlenmiştir. Yumurta inkübasyon süresi 2,29±0,51 gün olarak tespit edilmiştir. Larvaların %23,86±12'sinin, 22,05±4,23 günde L₁ evresinden L₄ evresine ulaştığı belirlenmiştir. Bazı tekraralarda toplam iki bireyin pupalaştığı tespit edilmiş ancak erginleşme gözlemlenmemiştir. L₄ evresindeki larvalar 36±6,04 gün yaşamışlardır.

Her iki koşulda, açılan yumurta sayısı (p değeri; 0,98), yumurta inkübasyon süresi (p değeri; 0,22), L₁-L₄ larva gelişim süresi (p değeri; 0,99) ve oranı (p değeri; 0,61) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamıştır (Çizelge 4, Çizelge 7).

Çizelge 4. 15°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen *Aedes aegypti* Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri

15°C	BY	NB	p
Yumurta İnkübasyon Süresi (Gün) (\pm SD) (min-max)	4,24±2,21 (1-9,2)	2,29±0,51 (1-8,6)	0,22
Yumurta Açılma Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	78,55±10,4 (41,5-98)	80,4±11,4 (63,5-96,5)	0,98
Gelişim Süresi (\pm SD) (min-max)	21,90±5,33 (22-27)	22,05±4,23 (21,4-26,2)	0,99
L1 - L4 Gelişim Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	47,22±26,36 (11,3-79)	23,86±12 (3,5-35,3)	0,61
Pupa Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	0,1	0,26	-
Pupa Ölüm Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	100	100	-
Larva Ömür Uzunluğu (Gün) (\pm SD) (min-max)	41±11,44	36±6,04	0,63

3.1.4. 20°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü

Standart iklim odası koşullarından (26°C, %60±5 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık) 20°C, %60 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık koşulunda yetiştirilen ve BY eklenen yumurtaların açılma oranı %79±14,7 olarak belirlenmiştir. Yumurta inkübasyon süresi ise 1,5±2,21 gün olarak belirlenmiştir. Ortalama gelişim süresi 18,95±0,9 gün olarak tespit edilmiştir. Açılan yumurtaların %95,06±2,1'i L₄ larvaya evresine kadar gelişimlerini tamamlamışlardır. L₄ evresindeki larvaların %74,83±10,3'ü pupa evresine ulaşmış, pupaların ise %50,35±11,3'ü erginleşmiştir. Dişi-Erkek Eşey Oranı 0,37±0,12 olarak belirlenmiştir.

NB koşulunda ise 20°C, %60 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık koşuluna alınan yumurtaların açılma oranı %84,83±4,6, yumurta inkübasyon süresi ise 1,06±0,02 gün olarak bulunmuştur. Ortalama gelişim süresi 17,8±1,04 gün olarak belirlenmiştir. Açılan yumurtaların %95,61±3,2'si L₄ larva evresine kadar gelişimlerini tamamlamışlardır. L₄ evresindeki larvaların %77,12±24,71'i pupa evresine ulaşmış, pupaların ise %50,09±17,3'ü erginleşmiştir. Dişi-Erkek Eşey Oranı 0,42±0,06 olarak tespit edilmiştir.

Her iki koşulda, açılan yumurta sayısı (*p* değeri; 0,98), gelişim süresi (*p* değeri; 0,11), pupalaşma oranı (*p* değeri; 0,21) ve süresi (*p* değeri:0,98) ve erginleşme süresi (*p* değeri;0,37) arasında fark yoktur. Deney sonucunda NB ve BY koşulları için yumurta inkübasyon süresileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (*p* değeri; 0,022) (Çizelge 5, Çizelge 7).

Çizelge 5. 20°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen *Aedes aegypti* Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri

20°C	BY	NB	p
Yumurta İnkübasyon Süresi (Gün) (\pm SD) (min-max)	1,55 \pm 2,21 (1-4,6)	1,06 \pm 0,02 (1-2,6)	0,022*
Yumurta Açılma Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	79 \pm 14,7 (56,5-97,5)	84,83 \pm 4,6 (79-93)	0,98
Gelişim Süresi (\pm SD) (min-max)	18,95 \pm 0,87 (16,8-25)	17,8 \pm 1,04 (15,2-22)	0,11
L1 - L4 Gelişim Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	95,06 \pm 2,1 (85,4-97,4)	95,61 \pm 3,20 (89,2-99)	0,45
Pupa Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	74,83 \pm 10,3 (60,4-86,11)	77,12 \pm 24,7 (23,1-92,7)	0,21
Erginleşme Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	50,35 \pm 11,3 (27,8-62,3)	50,09 \pm 17,8 (22-65)	0,56

3.1.5. 26°C Sabit Sıcaklık Koşulu Yaşam Döngüsü

Standart iklim odası (26°C, %60 \pm 5 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık) ve balık yemi koşulunda yumurtaların açılma oranı %74,8 \pm 13,5, yumurta inkübasyon süresi ise 1,1 \pm 0,12 gün olarak belirlenmiştir. Gelişim süresi 9,6 \pm 0,1 gün olarak tespit edilmiştir. Açılan yumurtaların %93,83 \pm 2,24'ü son evre larvaya kadar gelişimlerini tamamlamışlardır. L4 larvaların %95,11 \pm 3,14'ü pupa evresine ulaşmış, pupaların ise %89,94 \pm 3,16'sı erginleşmiştir. Dişi-Erkek Eşey Oranı 0,44 \pm 0,01 olarak belirlenmiştir.

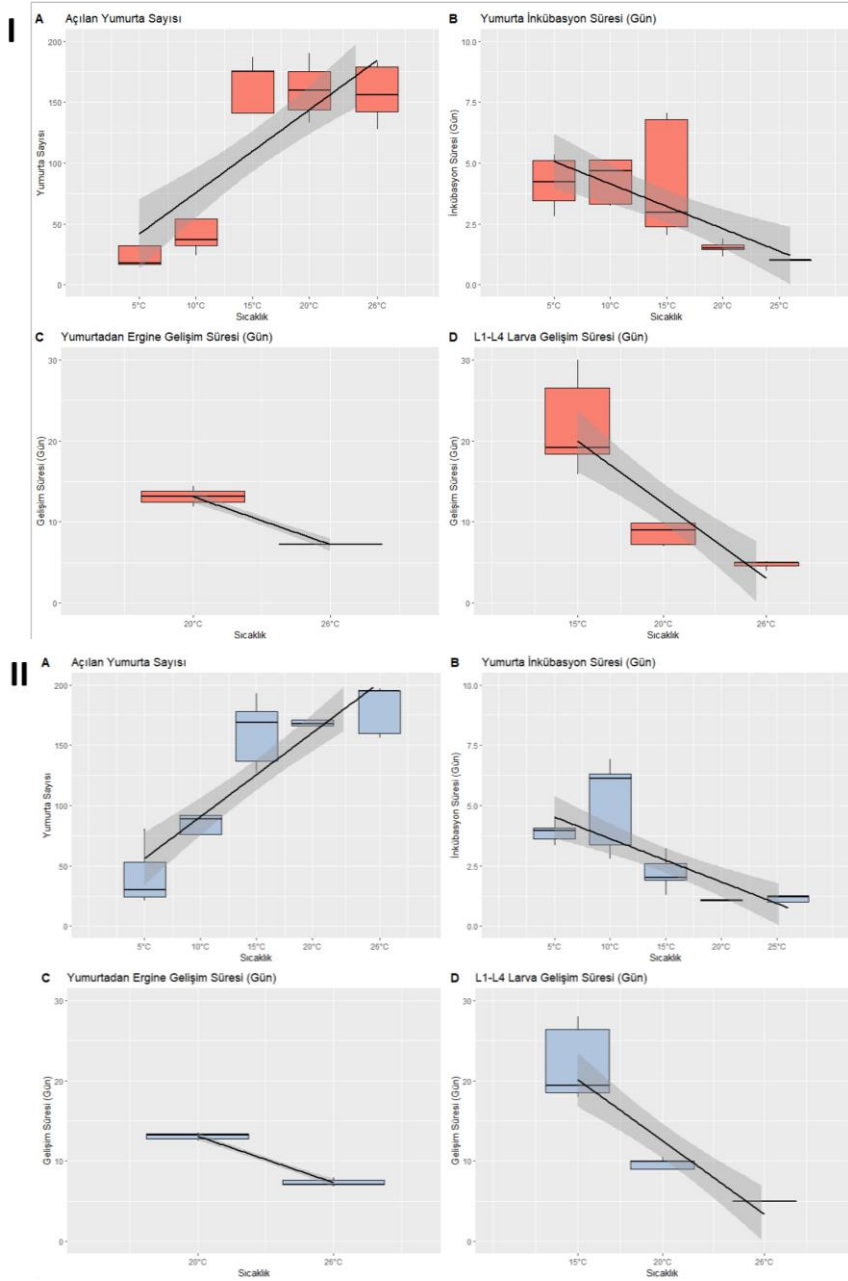
NB koşulunda, yumurtaların açılma oranı %90,03 \pm 9,26, yumurta inkübasyon süresi ise 1,27 \pm 0,21 gün olarak belirlenmiştir. Ortalama gelişim süresi 9,54 \pm 0,5 gün olarak tespit edilmiştir. Açılan yumurtaların %90,3 \pm 8,5'i son evre larvaya kadar gelişimlerini tamamlamışlardır. L4 larvaların %77,12 \pm 6,6'sı pupa evresine ulaşmış, pupaların ise %90,58 \pm 5,2 'i erginleşmiştir. Dişi-Erkek Eşey Oranı 0,51 \pm 0,06 olarak belirlenmiştir.

Her iki koşulda yumurta açılma oranları (p değeri: 0,16), erginleşme oranları (p değeri: 0,35), L1-L4 larva gelişim oranları (p değeri: 0,64), pupalaşma oranları (p değeri: 0,42), yumurta inkübasyon süreleri (p değeri: 0,80) ve gelişim süreleri (p değeri: 0,67) arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir (Çizelge 6, Çizelge 7).

Çizelge 6. 26°C Sabit Sıcaklık Koşulu Altında Yetiştirilen *Aedes aegypti* Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri

26°C	BY	NB	p
Yumurta İnkübasyon Süresi(Gün) (± SD) (min-max)	1,11±0,12 (1-2)	1,27±0,21 (1-2)	0,80
Yumurta Açılma Oranı(%) (± SD) (min-max)	74,8±13,5 (64-91,5)	90,03±9,26 (78-98,5)	0,16
Gelişim Süresi (± SD) (min-max)	9,62±0,1 (11,4-12,20)	9,54±0,50 (8-13,2)	0,67
L1 - L4 Gelişim Oranı(%) (± SD) (min-max)	93,83±2,24 (90,5-96,5)	90,3±8,5 (74,3-98)	0,64
Pupa Sayısı(Oranı %) (± SD) (min-max)	95,11±3,14 (90,22-100)	77,12±6,6 (80-96,02)	0,42
Erginleşme Oranı(%) (± SD) (min-max)	89,94±3,16 (86,54-95,09)	90,58±5,2 (55-87,4)	0,35
Dişi-Erkek Oranı (D:E) (± SD)	0,44±0,01	0,51±0,06	0,24

Bulgular, sabit sıcaklık koşulları için birlikte değerlendirildiğinde; sıcaklık yükseldikçe yumurta açılma oranında artış tespit edilmiş ($p < 0,05$), 15°C, 20°C ve 26°C'de yumurta açılma oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$) (Şekil 3.IA-IIA.). İnkübasyon süresi sıcaklık yükseldikçe kısalmıştır ($p < 0,05$) (Şekil 3.IB-IIB). Erginleşme, sadece 20°C ve 26°C sabit sıcaklık koşullarında yetiştirilen takımlarda tespit edilmiştir. Yumurta-ergin gelişim süresi 26°C' de 20°C'ye göre daha kısa sürmüştür (Şekil 3.IC-IIC.). L₁-L₄ en uzun larva gelişim süresi sırasıyla 15°C, 20°C ve 26°C'de tespit edilmiştir (Şekil 3. ID-IID.)



Şekil 3. Sabit sıcaklık koşulları altında yetiştirilen *Aedes aegypti* takımlarının yaşam döngüsü parametreleri: **I**: BY Koşulu, **II**: NB Koşulu **A**: Açılan Yumurta Sayısı **B**: Yumurta İnkübasyon Süresi, **C**: Yumurta-Ergin Gelişim Süresi **D**: Yumurta- L4 Larva Evresi Gelişim Süresi

Çizelge 7. Sabit Sıcaklık Koşulları Altında Yetiştirilen *Aedes aegypti* Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri Karşılaştırılması

	5°C			10°C			15°C			20°C			26°C		
	BY	NB	P	BY	NB	P	BY	NB	P	BY	NB	P	BY	NB	P
Yumurta İnkübasyon Süresi (Gün) (± SD) (min-max)	4,28±0,86 (1-13,2)	3,92±0,35 (1-12)	0,75	5,02±1,91 (1-15)	5,19±1,56 (1,2-14,8)	0,84	4,24±2,21 (1-9,2)	2,29±0,51 (1-8,6)	0,22	1,55±2,21 (1-4,6)	1,06±0,02 (1-2,6)	0,022*	1,11±0,12 (1-2)	1,27±0,21 (1-2)	0,80
Yumurta Açılma Oranı (%) (± SD) (min-min)	16,10±10,55 (7-38,5)	20,9±11,3 (12-41)	0,44	26,6±15,67 (12-59,5)	41±12 (18-58)	0,45	78,55±10,4 (41,5-98)	80,4±11,4 (63,5-96,5)	0,98	79±14,7 (56,5 97,5)	84,83±4,6 (79-93)	0,98	74,8±13,5 (64-91,5)	90,03±9,26 (78-98,5)	0,16
Larva (L1-L4) Gelişim Süresi (Gün) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	-	-	21,90±5,33 (22-27)	22,05±4,23 (21,4-26,2)	0,99	8,6±1,28 (7,4-9,2)	9,05±1,67 (6,8-9)	0,48	4,73±0,4 (3,6-4,8)	4,97±0,01 (4-5,2)	0,99
Larva (L1-L4) Gelişim Oranı (%) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	-	-	47,22±26,36 (11,3-79)	23,86±12 (3,5-35,3)	0,61	95,06±2,1 (85,4-97,4)	95,61±3,20 (89,2-99)	0,45	93,83±2,24 (90,5-96,5)	90,3±8,5 (74,3-98)	0,64
Pupaşma Süresi (Gün) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	-	-	32±4 (34-42)	39±7 (34-46)	0,45	13,12±0,92 (12-19)	13,09±0,4 (11-16,6)	0,98	7,22±0,1 (6,2-9,6)	7,33±0,4 (6-10)	0,65
Pupaşma Oranı (%) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	-	-	0,1 (0-0,56)	0,26	0,73	74,83±10,3 (60,4-86,11)	77,12±24,7 (23,1-92,7)	0,21	95,11±3,14 (90,22-100)	77,12±6,6 (80-96,02)	0,42
Ergin Öncesi Gelişim Süresi (Gün) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,95±0,96 (16,8-25)	17,8±1,04 (15,2-22)	0,11	9,62±0,09 (11,4-12,20)	9,54±0,46 (8-13,2)	0,67
Erginleşme Süresi (Gün) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,92±0,91 (5,88-12,6)	7,2±0,83 (5,2-12)	0,37	4,4±0,34 (3,2-7)	4,62±0,36 (3-7,2)	0,82
Erginleşme Oranı (%) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,35±11,3 (27,8-62,3)	50,09±17,8 (22-66)	0,56	89,94±3,16 (86,54-95,09)	90,58±5,2 (55-87,4)	0,35
Dişi-Erkek Eşey Oranı (± SD)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37±0,12	0,42±0,06	0,33	0,44±0,01	0,51±0,06	0,24

Çizelge 8. Sabit Sıcaklık Koşulları Altında Yetiştirilen *Aedes aegypti* Takımlarının Yaşam Döngüsü Parametreleri p Değerleri

Yumurta İnkübasyon Süresi	10°C/BY	10°C/NB	15°C/BY	15°C/NB	20°C/BY	20°C/NB	26°C/BY	26°C/NB	5°C/BY
10°C/NB	0,841	-	-	-	-	-	-	-	-
15°C/BY	0,557	0,758	-	-	-	-	-	-	-
15°C/NB	0,022*	0,026	0,219	-	-	-	-	-	-
20°C/BY	0,022*	0,022*	0,022*	0,174	-	-	-	-	-
20°C/NB	0,022*	0,022*	0,022*	0,022*	0,022*	-	-	-	-
26°C/BY	0,022*	0,022*	0,022*	0,034*	0,056*	0,286	-	-	-
26°C/NB	0,022*	0,022*	0,022*	0,026*	0,303	0,758	0,806	-	-
5°C/BY	0,841	0,685	0,841	0,026*	0,022*	0,022*	0,022*	0,022*	-
5°C/NB	0,758	0,685	0,758	0,022*	0,022*	0,022*	0,022*	0,022*	0,758

L1-L4 Gelişme Oranı	15°C/BY	15°C/NB	20°C/BY	20°C/NB	26°C/BY	26°C/NB
15°C/NB	0,61	-	-	-	-	-
20°C/BY	0,040*	0,022*	-	-	-	-
20°C/NB	0,018*	0,018*	0,608	-	-	-
26°C/BY	0,116	0,040*	0,863	0,916	0,99	0,99
26°C/NB	0,022*	0,040*	0,497	0,863	0,65	0,65

L1-L4 Gelişim Süresi	15°C/BY	15°C/NB	20°C/BY	20°C/NB	26°C/BY	26°C/NB
15°C/NB	0,998	-	-	-	-	-
20°C/BY	0,015*	0,015*	-	-	-	-
20°C/NB	0,015*	0,015*	0,485	-	-	-
26°C/BY	0,015*	0,015*	0,015*	0,015*	0,015*	-
26°C/NB	0,015*	0,015*	0,015*	0,015*	0,015*	0,996

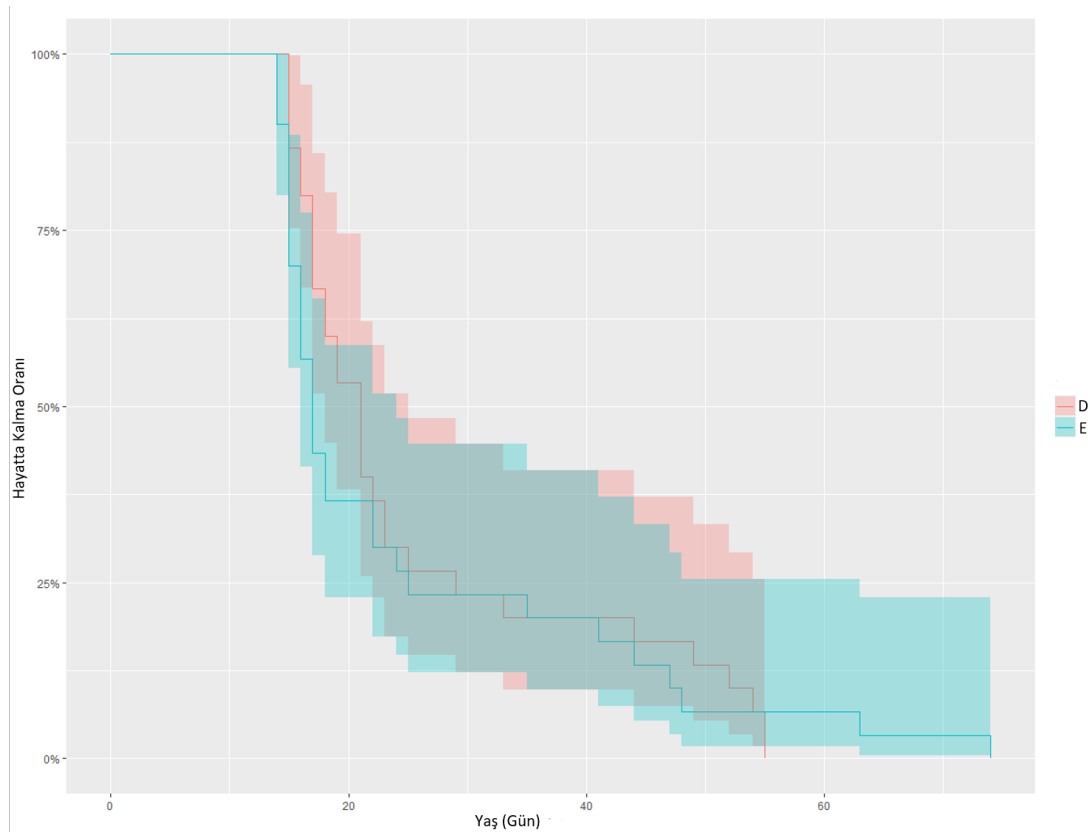
Açılan Yumurta Sayısı	10°C/BY	10°C/NB	15°C/BY	15°C/NB	20°C/BY	20°C/NB	26°C/BY	26°C/NB	5°C/BY
10°C/NB	0,449	-	-	-	-	-	-	-	-
15°C/BY	0,031*	0,060*	-	-	-	-	-	-	-
15°C/NB	0,030*	0,030*	0,998	-	-	-	-	-	-
20°C/BY	0,031*	0,031*	0,999	0,997	-	-	-	-	-
20°C/NB	0,030*	0,030*	0,929	0,541	0,996	-	-	-	-
26°C/BY	0,031*	0,031*	0,777	0,777	0,777	0,541	-	-	-
26°C/NB	0,030*	0,030*	0,541	0,541	0,442	0,644	0,159	-	-
5°C/BY	0,442	0,065*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	-
5°C/NB	0,579	0,159	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,442

Yumurtadan Ergine Gelişim Süresi	20°C/BY	20°C/NB	26°C/BY	26°C/NB
20°C/NB	0,114	-	-	-
26°C/BY	0,018*	0,018*	-	-
26°C/NB	0,018*	0,018*	0,675	-

3.2. Ergin Hayat Tabloları Bulguları

3.2.1. 20°C Sabit Sıcaklık Koşulu Hayat Tablosu Bulguları

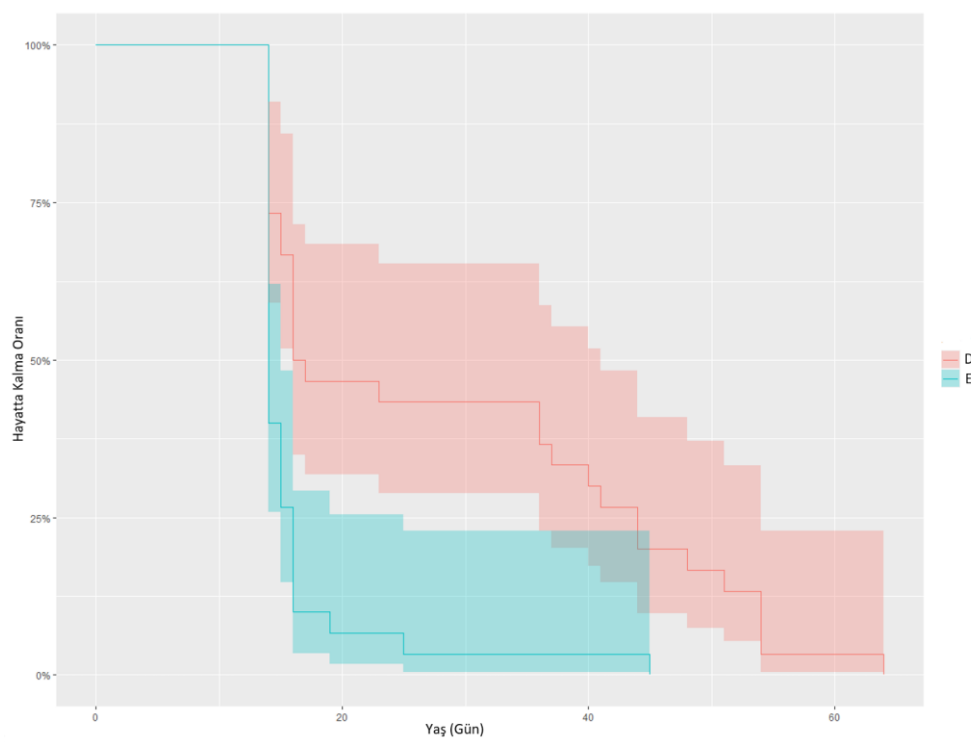
Standart sivrisinek yetiştirme odasında erginleştirilen 30 dişi ve 30 erkek bireyden oluşan takım, dişi bireylerin kan emmesinin ardından 20°C, %60 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık sabit koşuluna ayarlanmış olan NÜVE TK252 iklimlendirme dolabına yerleştirilmiş ve bireyler günlük olarak takip edilmiştir. Kan emen 30 dişiden 9 tanesi toplamda 328 yumurta bırakmıştır. Bu sıcaklıktaki ortalama ovipozisyon süresi 21 ± 3 (18-24) gün olarak belirlenmiştir. Alınan yumurtalarda herhangi bir açılma aktivitesi gözlemlenmediği için bu sabit sıcaklık koşulunda hayat tablosu oluşturulamamıştır. Ömür uzunluğu erkeklerde $24,83 \pm 15,52$ (16-74) gün, dişilerde $26,06 \pm 13,4$ (15-55) gün olarak tespit edilmiştir. Dişilerin ve erkeklerin hayatta kalma süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (p değeri; 0,54).



Şekil 4. 20°C Sabit sıcaklık koşuluna ait *Aedes aegypti* erginlerinin hayatta kalma eğrileri

3.2.2. 26°C Sabit Sıcaklık Koşulu Hayat Tablosu Bulguları

26°C, %60 bağıl nem, 12:12 Aydınlık:Karanlık sabit koşulunda yetiştirilen *Ae. aegypti* takımına ait dişi ve erkek bireylerin “Gözlenen” hayat tablosu parametreleri Çizelge 6’ da yer almaktadır. Bu sıcaklık koşulunda kan emen 30 dişiden 16 adeti toplamda 792 yumurta vermiştir. Ortalama ovipozisyon süresi 26°C için 3 gün olarak belirlenmiştir. Alınan yumurtaların açılma oranı (%67,9) ve eşey oranı 0,52 olarak tespit edilmiştir. Bu verilere göre 26°C için gözlenen net üreme oranı (R_0)= 186,50, gözlenen jenerasyon süresi, (T_c)= 15,46, doğal artış kapasitesi (r_m)= 0,34 olarak hesaplanmıştır. Bu sıcaklıkta dişiler için en yüksek mortalite oranı 12-13 gün yaş aralığında ($q_x = 0,27$), erkekler için ise 15-16 yaş aralığında ($q_x = 0,63$) tespit edilmiştir. Dişilerde en yüksek e_x değeri 25-26 gün yaş aralığında 26,21, erkeklerde 28-29 gün yaş aralığında 18,50 olarak tespit edilmiştir. Erkek ömür uzunluğu $16,03 \pm 5,8$ (14-45) gün, dişi ömür uzunluğu $28,83 \pm 16,36$ (14-64) gün olarak belirlenmiştir. Erginlerin hayatta kalma süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir (p değeri; 0,00017).



Şekil 5. 26°C Sabit Sıcaklık Koşuluna Ait *Aedes aegypti* Erginlerinin Hayatta Kalma Eğrileri

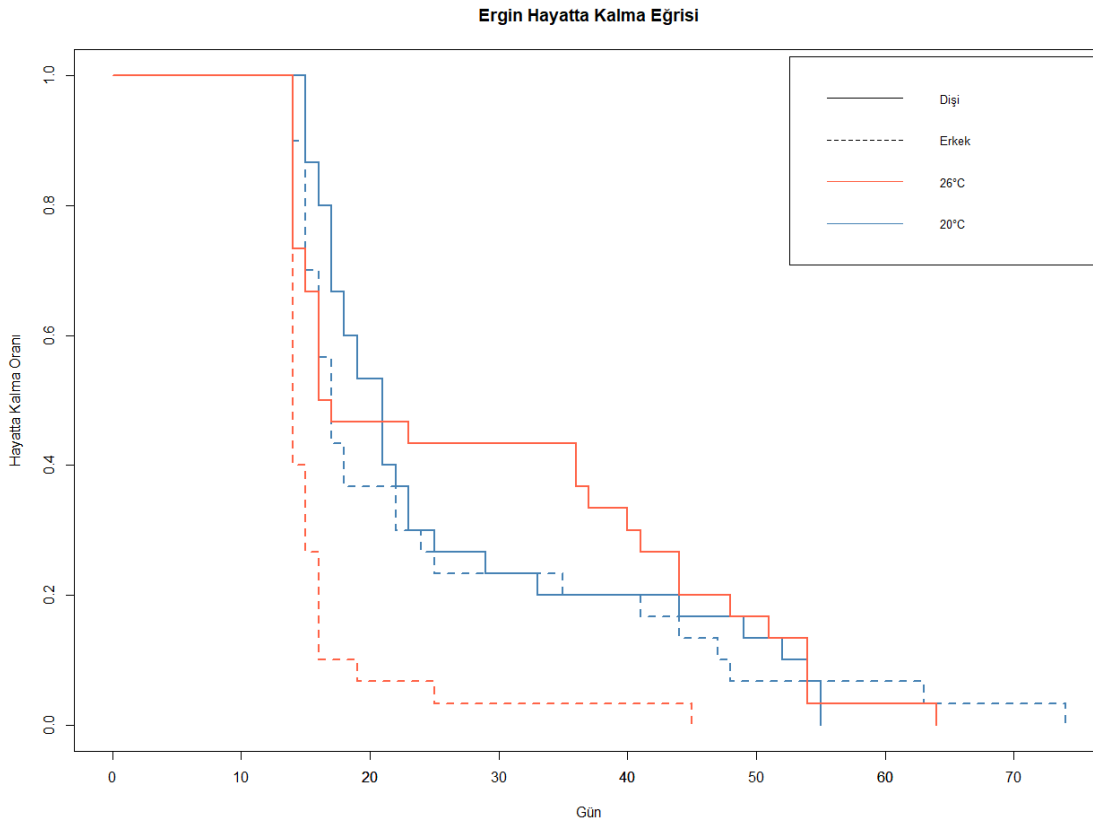
Çizelge 9. 26°C Sabit Sıcaklık Koşuluna Ait Dişi ve Erkek Hayat Tabloları

Dişi Hayat Tablosu											
Gün	lx	dx	%lx	%qx	Nx	mx	lxmx	Xlxmx	Lx	Tx	ex
ERGIN ÖNCESİ DÖNEM (6 gün)											
7	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	776,00	25,87
8	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	746,00	24,87
9	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	716,00	23,87
10	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	686,00	22,87
11	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	656,00	21,87
12	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	626,00	20,87
13	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	596,00	19,87
14	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	566,00	18,87
15	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	536,00	17,87
16	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	506,00	16,87
17	30	0	1,00	0,00	0	0	0	0	30,00	476,00	15,87
18	30	0	1,00	0,27	0	0	0	0	26,00	446,00	14,87
19	22	8	0,73	0,09	0	0	0	0	21,00	420,00	19,09
20	20	2	0,67	0,25	0	0	0	0	17,50	399,00	19,95
21	15	5	0,50	0,07	414	6,762	101,4	2130	14,50	381,50	25,43
22	14	1	0,47	0,00	372	6,076	85,06	1871,4	14,00	367,00	26,21
23	14	0	0,47	0,00	0	0	0	0	14,00	353,00	25,21
24	14	0	0,47	0,00	0	0	0	0	14,00	339,00	24,21
25	14	0	0,47	0,00	0	0	0	0	14,00	325,00	23,21
26	14	0	0,47	0,00	0	0	0	0	14,00	311,00	22,21
27	14	0	0,47	0,07	0	0	0	0	13,50	297,00	21,21
28	13	1	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	283,50	21,81
29	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	270,50	20,81
30	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	257,50	19,81
31	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	244,50	18,81
32	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	231,50	17,81
33	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	218,50	16,81
34	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	205,50	15,81
35	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	192,50	14,81
36	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	179,50	13,81
37	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	166,50	12,81
38	13	0	0,43	0,00	0	0	0	0	13,00	153,50	11,81
39	13	0	0,43	0,15	0	0	0	0	12,00	140,50	10,81
40	11	2	0,37	0,09	0	0	0	0	10,50	128,50	11,68
41	10	1	0,33	0,00	0	0	0	0	10,00	118,00	11,80
42	10	1	0,33	0,00	0	0	0	0	10,00	108,00	10,80
43	10	0	0,33	0,10	0	0	0	0	9,50	98,00	9,80
44	9	1	0,30	0,11	0	0	0	0	8,50	88,50	9,83
45	8	1	0,27	0,00	0	0	0	0	8,00	80,00	10,00
46	8	0	0,27	0,00	0	0	0	0	8,00	72,00	9,00
47	8	0	0,27	0,25	0	0	0	0	7,00	64,00	8,00
48	6	2	0,20	0,00	0	0	0	0	6,00	57,00	9,50
49	6	0	0,20	0,00	0	0	0	0	6,00	51,00	8,50
50	6	0	0,20	0,00	0	0	0	0	6,00	45,00	7,50
51	6	0	0,20	0,17	0	0	0	0	5,50	39,00	6,50
52	5	1	0,17	0,00	0	0	0	0	5,00	33,50	6,70
53	5	0	0,17	0,00	0	0	0	0	5,00	28,50	5,70
54	5	0	0,17	0,20	0	0	0	0	4,50	23,50	4,70
55	4	1	0,13	0,00	0	0	0	0	4,00	19,00	4,75
56	4	0	0,13	0,00	0	0	0	0	4,00	15,00	3,75
57	4	0	0,13	0,75	0	0	0	0	2,50	11,00	2,75
58	1	3	0,03	0,00	0	0	0	0	1,00	8,50	8,50
59	1	0	0,03	0,00	0	0	0	0	1,00	7,50	7,50
60	1	0	0,03	0,00	0	0	0	0	1,00	6,50	6,50
61	1	0	0,03	0,00	0	0	0	0	1,00	5,50	5,50
62	1	0	0,03	0,00	0	0	0	0	1,00	4,50	4,50
63	1	0	0,03	0,00	0	0	0	0	1,00	3,50	3,50
64	1	0	0,03	0,00	0	0	0	0	1,00	2,50	2,50
65	1	0	0,03	0,00	0	0	0	0	1,00	1,50	1,50
66	1	1	0,03	1,00	0	0	0	0	0,50	0,50	0,50
67	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00

Erkek Hayat Tablosu										
Gün	lx	dx	%lx	%qx	Lx	Tx	ex			
ERGIN ÖNCESİ DÖNEM (6 gün)										
7	30	0	1,00	0,00	30	405	13,50			
8	30	0	1,00	0,00	30	375	12,50			
9	30	0	1,00	0,00	30	345	11,50			
10	30	0	1,00	0,00	30	315	10,50			
11	30	0	1,00	0,00	30	285	9,50			
12	30	0	1,00	0,00	30	255	8,50			
13	30	0	1,00	0,00	30	225	7,50			
14	30	0	1,00	0,00	30	195	6,50			
15	30	0	1,00	0,00	30	165	5,50			
16	30	0	1,00	0,00	30	135	4,50			
17	30	0	1,00	0,00	30	105	3,50			
18	30	0	1,00	0,60	21	75	2,50			
19	12	18	0,40	0,33	10	54	4,50			
20	8	4	0,27	0,63	5,5	44	5,50			
21	3	5	0,10	0,00	3	38,5	12,83			
22	3	0	0,10	0,00	3	35,5	11,83			
23	3	0	0,10	0,33	2,5	32,5	10,83			
24	2	1	0,07	0,00	2	30	15,00			
25	2	0	0,07	0,00	2	28	14,00			
26	2	0	0,07	0,00	2	26	13,00			
27	2	0	0,07	0,00	2	24	12,00			
28	2	0	0,07	0,00	2	22	11,00			
29	2	1	0,07	0,50	1,5	20	10,00			
30	1	0	0,03	0,00	1	18,5	18,50			
31	1	0	0,03	0,00	1	17,5	17,50			
32	1	0	0,03	0,00	1	16,5	16,50			
33	1	0	0,03	0,00	1	15,5	15,50			
34	1	0	0,03	0,00	1	14,5	14,50			
35	1	0	0,03	0,00	1	13,5	13,50			
36	1	0	0,03	0,00	1	12,5	12,50			
37	1	0	0,03	0,00	1	11,5	11,50			
38	1	0	0,03	0,00	1	10,5	10,50			
39	1	0	0,03	0,00	1	9,5	9,50			
40	1	0	0,03	0,00	1	8,5	8,50			
41	1	0	0,03	0,00	1	7,5	7,50			
42	1	0	0,03	0,00	1	6,5	6,50			
43	1	0	0,03	0,00	1	5,5	5,50			
44	1	0	0,03	0,00	1	4,5	4,50			
45	1	0	0,03	0,00	1	3,5	3,50			
46	1	0	0,03	0,00	1	2,5	2,50			
47	1	0	0,03	0,00	1	1,5	1,50			
48	1	1	0,03	1,00	0,5	0,5	0,50			
49	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00			

R0: 186,50
Tc: 21,46
rm: 0,24

Her iki sabit sıcaklık koşulu için dişi ve erkeklerin ömür uzunlukları karşılaştırıldığında, dişiler için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamakla birlikte (p değeri; 0,37), erkek ömür uzunluğunun sıcaklık faktöründen dişilere göre daha çok etkilendiği tespit edilmiştir (p değeri; 0,000028) (Şekil 6.).



Şekil 6. 20°C ve 26°C Sabit Sıcaklık Koşullarında *Ait Aedes aegypti* Erginlerinin Hayatta Kalma Eğrileri

3.3. Soğuk Şoklaması Bulguları

3.3.1. -5°C 24 Saat Soğuk Şoklaması

Standart iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* kolonisine ait yumurta L₄ larva evresi, pupa ve erginlere ait bireyler 24 saat süreyle -5°C, %60 rH, 12:12 Aydınlık:Karanlık koşulunda iklimlendirme dolaplarında 24 saat bekletilmiştir. Bütün evrelerdeki bireylerin şoklamanın ardından öldükleri belirlenmiştir (Çizelge 12).

3.3.2. 0°C 24 Saat Soğuk Şoklaması

Standart iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* kolonisinden alınan yumurtalar, 24 saat 0°C sabit sıcaklık koşulunda bekletildikten sonra 26°C standart iklim odasına alınmıştır. Bir gün 0°C'de bekletilen yumurtaların açılma oranı %79,5±9,6 olarak belirlenmiştir. Açılan yumurtaların %59,10±5,4'ü erginleşmiş ve 0,50 Dişi-Erkek Eşey Oranı belirlenmiştir (Çizelge 10, Çizelge 12).

Standart iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* kolonisine ait L₄ larvalar, 24 saat 0°C sabit sıcaklık koşulunda bekletildikten sonra 26°C standart iklim odasına transfer edilmiştir. Larvalardan 24 saat sonra sadece 1 tanesi (%2'si) hayatta kalmıştır ve pupa evresine geçmiş ve üç günün ardından erginleşmiştir. Erginleşen dişi birey dört gün hayatta kalmıştır (Çizelge 10, Çizelge 12).

Standart iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* kolonisine ait pupalar, 24 saat 0°C sabit sıcaklık koşulunda bekletildikten sonra 26°C standart iklim odasına alınmıştır. Yirmi dört saat sonunda 1 tanesinin (%2) hayatta kaldığı, hayatta kalan pupadan dişi ergin bireyin erginleştiği ve dişinin 17 gün hayatta kaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 10, Çizelge 12).

Standart iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* kolonisine ait erginler, 24 saat 0°C sabit koşulunda bekletildikten sonra 26°C standart iklim odasına alınmıştır. Uygulanan 24 saat 0°C sabit sıcaklık koşulunda bekleyen erginlerin tamamının öldüğü tespit edilmiştir (Çizelge 10, Çizelge 12).

Optimum koşul kabul edilen 26°C'deki ve 0°C bir gün şoklamaya maruz bırakılan yumurta açılma oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (*p* değeri: 0,4).

Çizelge 10. 0°C 24 Saat Soğuk Şoklaması Yapılan *Aedes aegypti* Bireyleri Bulguları

0°C	Yumurta	Larva	Pupa	Ergin
Hayatta Kalma Oranı (%) (± SD) (min-max)	79,5±9,6 (76-94,5)	0,66±0 (0-2)	1,51±0 (0-1)	-
Yumurta Açılma Oranı (%) (± SD) (min-max)	79,5±8,1 (76-94,5)	-	-	-
Pupalaşma Oranı (%) (± SD) (min-max)	69,1±12,1 (65-86)	0,6±0 (0-2)	-	-
Erginleşme Oranı (%) (± SD) (min-max)	59,1±5,4 (51,7-64,5)	0,6±0 (0-100)	-	-
Dişi-Erkek Eşey Oranı (± SD) (min-max)	0,5±0,04 (0,44-0,52)	1±0,4 (0-1)	1±0,4 (0-1)	-

3.3.3. 5°C 24 Saat Soğuk Şoklaması

Standart iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* kolonisinden alınan 200 yumurta, 24 saat 5°C sabit koşulunda bekletildikten sonra 26°C standart iklim odasına alınmıştır. Bir gün 5°C sabit sıcaklık koşulunda kuru olarak bekletilen yumurtaların açılma oranı %87,33±8,10 olarak belirlenmiştir. Açılan yumurtaların %73,57±8,2'si pupalaşmış, pupaların ise 70,58±7,6'sı erginleşmiş ve 0,42 Dişi-Erkek Eşey Oranı belirlenmiştir (Çizelge 11, Çizelge 12).

Standart iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* kolonisine ait L4 larvalar, 24 saat 5°C sabit koşulunda bekletildikten sonra 26°C standart iklim odasına alınmıştır. Soğuk şoklamasında 5°C sabit sıcaklık koşulunda 24 saat bekleyen L4 larvalarının %93±1,24'ü hayatta kalmıştır. Hayatta kalanların %94,6±3,4'ünün pupalaştığı belirlenmiştir. Bu pupalardan %65,33±4'ü erginleşmiş ve Dişi-Erkek Eşey Oranı 0,44 olarak belirlenmiştir. (Çizelge 11, Çizelge 12).

Standart iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* kolonisine ait pupalar, 24 saat 5°C sabit sıcaklık koşulunda bekletildikten sonra 26°C standart iklim odasına alınmıştır. Pupalardan %70±11,7'si hayatta kalmıştır. Hayatta kalan pupaların 98,3±1,24'ü erginleşmiş ve Dişi-Erkek Eşey Oranı 0,40 olarak belirlenmiştir. Erginlerin ömür uzunluğu ise 52±2,44 gün olarak tespit edilmiştir (Çizelge 10, Çizelge 11).

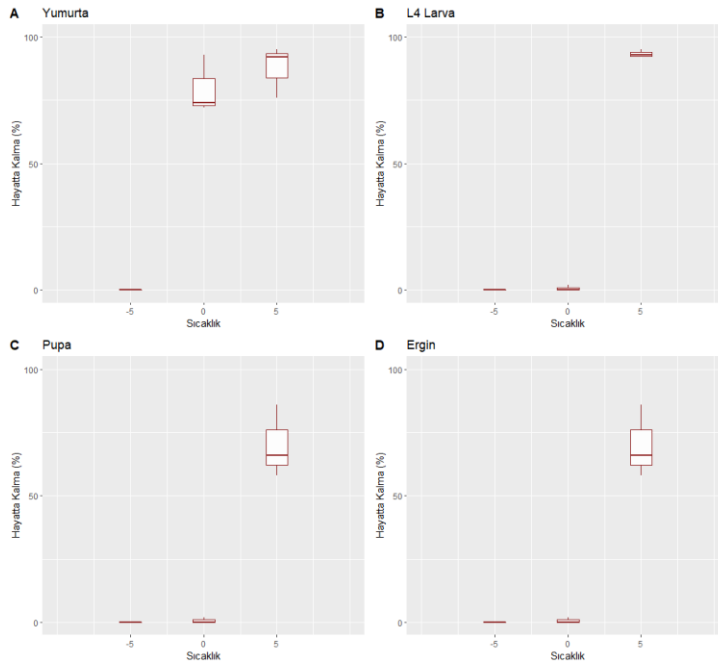
Standart iklim odasında yetiştirilen *Ae. aegypti* kolonisine ait erginler, 24 saat 5°C sabit koşulunda bekletildikten sonra 26°C standart iklim odasına alınmıştır. Soğuk şoklamasında 5°C sabit sıcaklık koşulunda 24 saat bekleyen erginlerin %94±0,94'ü hayatta kalmıştır (Çizelge 11, Çizelge 12).

Optimum koşul kabul edilen 26°C'deki ve 5°C bir gün şoklamaya maruz bırakılan yumurta açılma oranları (p değeri: 0,2), larva gelişim oranları (p değeri: 0,65) ve pupalaşma oranları (p değeri: 0,1) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Çizelge 11. 5°C 24 Saat Soğuk Şoklaması Yapılan *Aedes aegypti* Bireyleri Bulguları

5°C	Yumurta	Larva	Pupa	Ergin
Hayatta Kalma Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	87,33±8,1 (76-94,5)	93±1,24 (92-95)	70±11,7 (58-86)	94±0,94 (93-95)
Yumurta Açılma Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	87,33±8,1 (76-94,5)	-	-	-
Pupalaşma Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	73,57±8,2 (64-84)	94,6±3,4 (92-95)	-	-
Erginleşme Oranı (%) (\pm SD) (min-max)	70,58±7,6 (64,5-83,0)	65,33±4 (60-70)	98,3±1,24 (97-100)	-
Dişi-Erkek Eşey Oranı (\pm SD) (min-max)	0,42±0,06 (0,33-0,49)	0,44±0,03 (0,4-0,5)	0,4±0,05 (0,32-0,45)	-

Yapılan soğuk şoku deneylerinde 24 saat -5°C , 0°C ve 5°C 'lere maruz bırakılan *Ae. aegypti* yumurtalarının hayatta kalma oranlarında, 0°C ve 5°C 'lerde anlamlı farklılık bulunmamıştır (p değeri; 0,88). Hayatta kalma oranlarında, evreler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p değeri: 0,12). Ergin ömür uzunluğunda ise 0°C ve 5°C 'lerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p değeri; 0,00013). Şoklama sıcaklıkları 0°C ve 5°C 'de evrelerin hayatta kalma oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p değeri;0,00016). Soğuk şoku sıcaklığı 0°C ve 5°C 'lere maruz bırakılan evrelerde hayatta kalma oranları için, yumurta-larva (p değeri; 0,86), yumurta-pupa (p değeri; 0,12), yumurta-ergin (p değeri; 0,15), larva-pupa (p değeri;0,12), ergin-pupa (p değeri; 0,78) ve ergin-larva (p değeri; 0,96) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Şoklamaya maruz bırakılan yumurtaların 0°C ve 5°C şoklamasından sonra açılma oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir (p değeri; 0,88). Şoklamaya maruz bırakılan evrelerde erginleşen birey sayısındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlıdır (p değeri;0,016) (Çizelge 12).



Şekil 7. Soğuk Şoklaması Hayatta Kalma Oranları **A:** Yumurta Evresi **B:** L4 Larva Evresi **C:** Pupa Evresi **D:** Ergin Evresi

Çizelge 12. 24 Saat Soğuk Şoklaması Yapılan *Aedes aegypti* Bireyleri Bulgularının Karşılaştırılması ve *p* Değerleri

	-5°C				0°C				5°C			
	Yumurta	Larva	Pupa	Ergin	Yumurta	Larva	Pupa	Ergin	Yumurta	Larva	Pupa	Ergin
Hayatta Kalma Oranı (%) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	79,5±9,6 (76-94,5)	0,66±0 (0-2)	1,5±0 (0-1)	-	87,33±8,10 (76-94,5)	93±1,24 (92-95)	70±11,7 (58-86)	94±0,94 (93-95)
Yumurta Açılma Oranı (%) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	79,5±8,1 (76-94,5)	-	-	-	87,33±8,10 (76-94,5)	-	-	-
L1-L4 Gelişim Süresi (Gün) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	78,6±10,1 (71-93)	-	-	-	96±2,05 (93-98)	-	-	-
L1-L4 Gelişim Süresi (Gün) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	4,6±0,48 (4-5)	-	-	-	3,66±0,48 (3-4)	-	-	-
Pupalaşma Oranı (%) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	69,1±12,1 (65-86)	0,6±0 (0-2)	-	-	73,57±8,2 (60-83)	76±8,4 (69-88)	-	-
Erginleşme Oranı (%) (± SD) (min-max)	-	-	-	-	59,1±5,4 (51,7-64,5)	0,6±0 (0-100)	0,6±0 (0-100)	-	70,58±7,6 (64,5-83,03)	78,33±7,1 (71-88)	70±11,7 (58-86)	-
Dişi-Erkek Eşey Oranı (± SD) (min-max)	-	-	-	-	0,5±0,04 (0,44-0,52)	1±0,4 (0-1)	1±0,4 (0-1)	-	0,42±0,06 (0,33-0,49)	0,44±0,03 (0,40-0,49)	0,4±0,05 (0,32-0,45)	-

Hayatta Kalma Oranı/Sıcaklık	Yumurta Açılma Oranları/Sıcaklık		L1-L4 Gelişim Oranı(%) /Sıcaklık		Erginleşme Oranı (%) /Sıcaklık		Pupalaşma Oranı (%) /Sıcaklık	
	-5°C	0°C	-5°C	0°C	-5°C	0°C	-5°C	0°C
Sıcaklık	-	-	-	-	-	-	-	-
0°C	-	-	0°C	-	0°C	-	0°C	-
5°C	0,00003*	0,016*	5°C	0,12	5°C	0,00047*	5°C	0,0079*
				0,71		0,15		0,82

4. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, istilacı vektör sivrisinek *Ae. aegypti* türünün yaşam evrelerinin düşük sıcaklıklardan döngüsünün nasıl etkilendiği, bu koşullara nasıl cevap verdiği ve ayrıca ikinci bir faktör olarak besinin düşük sıcaklıklardaki yaşam döngüsüne etkisi tespit edilmiştir.

Aynı zamanda bu tez çalışmasında, 5°C ve 10°C'de açılan yumurtalarda herhangi bir gelişim görülmediği, 15°C'de ise gelişimin L₄ evresine kadar devam ettiği, buna karşılık 20°C ve 26°C'de gelişim tamamlandığı tespit edilmiştir. Literatürde, Nütrient Broth ve Bira mayası besin karışımının (NB) *Aedes* cinsine ait türlerde ve özellikle *Ae. albopictus* yumurtalarında yüksek açılma oranı sağladığı bildirilmiştir (Puggioli ve ark., 2017). Düşük sıcaklıklardaki besinin öneminin de araştırıldığı bu çalışmada, özellikle 5°C ve 10°C sıcaklık koşulları altında BY koşulundaki yumurtaların açılma oranlarının NB koşulundan farklı olmadığı tespit edilmiştir. NB koşulu, Bira mayasıyla hazırlanmıştır ve bu mayanın üremesi larvalar için besin kaynağı olmaktadır. Sıcaklık düştükçe maya üremesinin inhibe olmasından dolayı, yumurtaların açılmasını sağlayan faktörlerden birisinin varlığı ortadan kalkmaktadır. Bu sebeple düşük sıcaklık koşullarında, böyle bir inhibasyonla karşılaşmayan BY besininde daha efektif olduğu anlaşılmıştır. Doğada, sivrisinek yumurtalarının açılması için su içerisinde alg, bakteri, mantar gibi besin kaynaklarının ve pH, su sıcaklığı gibi faktörlerin optimum aralıklarda olması gerektiği bilinmektedir (Marquardt ve Kondratieff, 2005; Ponnusamy ve ark., 2011). Larvalar tarafından besin olarak kullanılan alg, bakteri ve mantar gibi canlıların ortamda üreyebilmesi, tüm canlılarda olduğu gibi optimum sıcaklık aralığında gerçekleşmektedir. Doğada, düşük sıcaklık koşullarında bulunan *Ae. aegypti* yumurtalarının açılmamasının sebeplerinden birisi olarak nütrient kaynağı olan bu gibi organizmaların üremesinin inhibe olmasından kaynaklanabileceği söylenebilir.

Yaşam döngüsü deneylerinde, 5°C ve 10°C'lerde yumurtadan çıkan L₁ evresi larvalarda herhangi bir gelişim gözlenmemiştir. 15°C'de ise açılan yumurtalardan çıkan larvaların L₄ larva evresine kadar başarılı bir şekilde geliştiği ancak erginleşmediği tespit edilmiştir. Bu sonuç, 15°C' de açılan yumurtaların L₄ larva evresinde metabolizmalarını durdukları ve ilkbahar döneminde erginleşmeye

hazır bireyler haline gelebilmek için enerji harcamasını kestikleri ve gelişimlerini durduklarını düşündürmektedir. *Aedes* cinsinde birçok türün yumurta evresinde kışladıkları bilinse de literatürde bazı sivrisinek türlerinin larva evresinde kışladıkları bildirilmiştir. Örneğin bazı *Cx. pipiens* larvaları, kış aylarında üreme habitatlarında bulunabilmekte; *Orthopodomyia pulcripalpis* türü de larva evresinde kışlama yapmaktadır (Becker ve ark., 2010). Bu tez çalışmasında 20°C ve 26°C'lerde gelişim başarılı bir şekilde tamamlanmış ancak, 20°C'de dişilerden elde edilen yumurtalar açılmamıştır. L₁ evresinden L₄ evresine kadar geçen gelişim süresi 15°C'de ortalama 22 gün sürerken, bu süre 20°C'de ortalama 8,61 gün, 26°C 'de ise ortalama 4,85 gündür. Literatürde ise 13,2°C'de bu sürenin 49,4 gün olduğu bildirilmiştir (De Majo ve ark., 2019). Van't Hoff kuralına göre (Gillooly ve ark., 2001), sıcaklık ile gelişim süresi arasında ters orantı olacağı ve sıcaklık düştükçe gelişim sürelerinde yavaşlama gözleneceği belirtilmektedir. Bu tez çalışmasında kurala uygun olarak, sıcaklık düştükçe gelişim sürelerinde artış gözlemlenmiştir. Organizmalar yaşadıkları çevreye adapte olabilmek için esnek stratejiler geliştirirler. Bunların en bilinenleri r-K stratejileridir. K ve r strateji popülasyon yoğunluğuna bağlı doğal seçim olarak tanımlanmıştır (Wilson ve MacArthur, 1967). R stratejisi uygulayan bazı türler, nadiren interspesifik rekabetten kaynaklanan baskıya maruz kalır. K stratejisi uygulayan türlerde hem intraspesifik hem de interspesifik rekabet baskısı görülebilir. Bu nedenle K seçiliminin baskıları, türleri yaşamsal aktiviteleri açısından kaynakların daha verimli kullanmaya zorlar (Krebs, 2014). Bu tez çalışmasında elde edilen bulgularda gelişim süresinin uzaması, kışlamaya hazırlık için gereken enerjinin depolanmasını sağlamak nedeniyle olabilir. Bu durum *Ae. aegypti*'nin düşük sıcaklıklarda K tipi strateji uyguladığı ihtimalini kuvvetlendirmektedir. Bu tez çalışmasında yumurtadan ergine gelişim süreleri ise 20°C'de 18,37 gün 26°C'de ise 9,5 gün olarak belirlenmiştir.

Seçilen düşük sıcaklıklar 5°C ve 10°C'de, her iki besin koşulunda açılma oranları hesaplanmış, ancak çıkan L₁ evresindeki larvalarda herhangi bir gelişim gözlenmemiştir. Literatürde, farklı yüksekliklerde yayılım gösteren *Ae. aegypti* popülasyonlarının farklı yaşam evrelerine ait bireylerin düşük sıcaklıklarda açılma oranları ve gelişim oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Kramer ve ark., 2021 yaptıkları çalışmada, Nepal popülasyonundan örneklenen *Ae. aegypti* türünün

10°C ve altında yaşamsal aktivitesinin devam edemediğini bildirmişlerdir. Yapılan başka çalışmalarda, *Ae. albopictus* türünün girdiği habitatlarda yerleşik populasyon haline gelebilmesi için sıcaklığın ortalama 15-35°C arasında olması gerektiği (Hylton, 1969; Brady ve ark., 2013), bahar aylarında ise ortalama sıcaklığın 10,5°C (gelişme basamağı sıcaklığı) üzerinde olması ve fotoperiyodun ise 11:13 Aydınlık:Karanlık olması gerektiği bildirilmiştir (Medlock ve ark., 2006).

Bu tez çalışmasında, yumurtaların 5°C ve 10°C'lerde değişik oranlarda açıldığı gözlemlenmiştir. Nitekim, tez çalışması yaşam döngüsü deneylerinin haricinde, standart sivrisinek iklim odasında yumurtlatılmış, her sıcaklık ve her koşul için 200 adet *Ae. aegypti* yumurtası, deneylerde kullanılan prosedür ile 5°C ve 10°C'ye hem BY hem de NB koşulu için iklimlendirme dolaplarına alınmıştır. Her gün açılan yumurtalar kontrol edilmiş ve yumurtadan çıkan L₁ evresindeki larvalar, yumurtadan çıktıkları gün standart sivrisinek iklim odasına alındığında; 10°C'den standart iklim odasına alınan BY bireylerinin %96'sı, NB bireylerinin ise %83'ü gelişimlerini başarılı bir şekilde tamamlayarak erginleşmişlerdir. Her iki sıcaklık ve her iki besin koşulunda yumurtalardan çıkmış bireyler, 5°C ve 10°C'lerde 24 saat ve 48 saat süreyle bekletilip, standart sivrisinek iklim odasına alınmıştır. Bu sıcaklıklarda 24 saat bekletilen BY bireylerinin %78'i, NB bireylerinin ise %77'si başarılı bir şekilde gelişimlerini tamamlayarak erginleşmişlerdir. Bu sıcaklıklarda 48 saat bekleyen bireylerde herhangi bir gelişim gözlenmemiştir. Bu deney tek tekrar halinde gerçekleştirilmiş, bu nedenle sonuçlar istatistiksel yöntemlerle analiz edilmemiştir. Ancak bu ham veri, L₁ evresindeki larvaların 5°C ve 10°C'lere ne kadar dayanabildiği konusunda fikir sahibi olunmasını sağlamıştır. *Aedes aegypti*'nin 5°C ve 10°C'lere 24 saat dayanabileceği fikri ortaya konmuştur. Bu tez çalışmasında, (literatürde bilindiği kadarıyla) ilk kez 5°C'de *Ae. aegypti* yumurtalarının açılma oranları kaydedilmiştir.

Literatürde bazı çalışmalar, *Ae. aegypti* yumurtaları ve larvaları üzerine uygulanan soğuk şoklamalarının, yaşam evreleri itibarıyla etkilerini ortaya koymuştur. Bir saat boyunca -17°C 'de bırakılan yumurtaların hayatta kaldığı ancak yumurtaların 48 saat süreyle $-5,5^{\circ}\text{C}$ 'ye maruz bırakıldıklarında embriyonik gelişimi tamamlayamadıkları tespit edilmiştir (Bliss Jr ve Gill, 1933). *Aedes aegypti* larvalarının, 2°C 'de 10 saat kalmasının bireyler için letal olacağı bildirilmiştir (Clements ve Kerkut, 1963). Yapılan bir diğer soğuk şoklaması çalışmasında *Ae. aegypti* larvaları, 24 saat süreyle düşük sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Bu çalışma ile soğuk koması ve alarm sıcaklıkları belirlenmiştir. Erginlerde, iklimlendirme sıcaklığı 10°C iken, soğuk koması sıcaklığı $3,4^{\circ}\text{C}$ ve hayatta kalma oranı %2, iklimlendirme sıcaklığı 14°C iken soğuk koması sıcaklığı $5,7^{\circ}\text{C}$ ve hayatta kalma oranı %92 olarak tespit edilmiştir. İklimlendirme sıcaklığı 20°C iken soğuk koması sıcaklığı belirlenememiş olup, hayatta kalma oranı %93, iklimlendirme sıcaklığı 34°C iken soğuk koması sıcaklığı $10,8^{\circ}\text{C}$ ve hayatta kalma oranı %2 olarak belirlenmiştir (Clements ve Kerkut, 1963). Ocak ayı sıcaklıkları ortalama 0°C 'nin altına düştüğünde *Ae. albopictus* yumurtalarında yüksek ölüm oranı gözlemlenmiştir (Hawley, 1988; Kobayashi ve ark., 2002). Verilen bu bilgilerde, *Ae. aegypti* bireylerinin hangi populasyonlardan alındığı, arazi ya da koloni örnekleri mi olduğu, yaşları, yetiştirilme koşullarıyla ilgili kilit rol oynayabilecek bilgiler kaydedilmemesi, sonuçların eldekilerle karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu tez çalışmasında yumurtaların, 5°C ve 0°C 'lerde 24 saat soğuk şoklamasına bırakılıp standart iklim odasına alındığında, yüksek oranda açılma oranı tespit edilmiştir. Açılan yumurtalar gelişimlerini tamamlamıştır. Soğuk şoklama sıcaklığı 5°C iken bütün evreler şoklama boyunca 24 saat süreyle hareketsiz kalmışlardır. Standart sivrisinek iklim odasına alındıklarında 30 dakika içinde uyuşuk hareketler gözlemlenmiş, bir saat sonra ise aktif faza geçmişlerdir. Sucul evreler için yapılan soğuk şoklamasında ortam sıcaklığı 0°C ve -5°C ' de, deneylerde kullanılan distile suyun donduğu ve bu sıcaklıklarda sucul evrelerin öldüğü belirlenmiştir. Deney sonuçlarında bireylerin hayatta kalamamasının nedeni olarak düşük sıcaklığın yanı sıra suyun donması neticesinde oksijensiz kalmalarının da bir parametre olabileceği düşünülmektedir.

Aedes aegypti Arjantin populasyonu yumurtaları üzerinde yapılan bir çalışmada, ülkenin Güney Kutbu'na yakın bir bölgede yer alan populasyonun yumurtalarının diyapoza girebilmesi için, hava sıcaklığının 20°C ve altında, fotoperiyodunun 8-16 saat Aydınlik:Karanlık olması gerektiği vurgulanmıştır (Garzón ve ark., 2021). Başka bir çalışmada ise Arjantin'in farklı bir bölgesindeki *Ae. aegypti* populasyonlarında ergin öncesi dönemler için kış aylarında görülen sıcaklıklarda hayatta kalma yüzdeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Larvaların, 13,2°C' de %30 hayatta kalma oranı olduğu, gelişimin ise ortalama 49,4 gün sürdüğü bildirilmiştir (De Majo ve ark., 2019). Bu tez çalışmasında ise, hayat tablosu deneylerinde 20°C'deki dişilerden alınan toplam 328 adet yumurta, bir ay boyunca 20°C %60 rH, 12-12 Aydınlik-Karanlık sabit koşulunda su içerisinde bekletilmiş ancak açılma gerçekleşmemiştir. Bu yumurtalar standart sivrisinek iklim odasına alındığında ise %35'inin açıldığı gözlemlenmiştir. Bu bilgiler, 20°C ve altındaki sıcaklıklarda yumurta diyapozu görülebileceği ihtimalini güçlendirmiştir. Aynı zamanda, bu deneylerin arazi örnekleriyle de yapılması ve tekrar sayısının artırılması sonuçların niteliğini arttıracaktır.

Sanayi Devrimi'nin gerçekleşmesiyle birlikte salınan karbon miktarındaki artış, ozon tabakasında meydana gelen tahribat nedeniyle Dünya yüzeyindeki ısınma ve soğuma eğilimlerinin hızlandığı bildirilmiştir (Bakun Andrew, 1990; Pielkejr ve ark., 2005; Linnert ve ark., 2014). Isınma ve soğuma eğilimlerinde meydana gelen bu değişimler, mikro ve makro iklimsel süreçleri ciddi şekilde etkilemektedir. Meydana gelen bu değişikliklerin, bazı canlıların yayılım alanlarında genişlemeye veya daralmaya neden olacağı düşünülmektedir. Habitatlarda meydana gelen sıcaklık değişimleri, yağış rejimi ve nem gibi abiyotik faktörlerin değişmesinin sonuçları itibarıyla vektöriyel hastalıkların ortaya çıkması ya da kaybolmasıyla bağlantılıdır. Artan küresel ticaret ve insan hareketlerinin etkisinin yanı sıra olası küresel iklim değişikliği ile vektör türler için uygun habitat sayısının artması, populasyonların büyümesinde, patojenlerin daha fazla taşınmasında ve hastalık prevalanslarının artmasında rol oynamaktadır; bu durum insan ve hayvan sağlığını büyük oranda tehdit etmektedir (Gage ve ark., 2008). Önce istilacı sivrisinekler, daha sonra istilacı sivrisinek türleriyle taşınan dang humması ve chikungunya gibi hastalıklara neden olan patojenler, Avrupa Kıtası'nda görülmeye başlamıştır (Charrel ve ark., 2007; Chretien ve Linthicum, 2007;

Parreira ve Sousa, 2015; Baldacchino ve ark., 2015). İklim değişikliğinin bir sonucu olarak sıcaklıkların artması nedeniyle *Ae. aegypti* ve *Ae. albopictus* populasyonlarının genişleyeceği düşünülmektedir (Kraemer ve ark., 2015; Ibañez-Justicia ve ark., 2017). Doğu Avrupa'nın bazı bölgelerinde Batı Nil virüsü yaygın şekilde görülmeye başlamış ve Yunanistan'da sıtma vakaları kaydedilmiştir (Danis ve ark., 2011; Christova ve ark., 2020; ECDC, 2021). Yapılan arazi çalışmalarında, bazı kum sineği türlerinin yayılım alanlarında Avrupa'da son 10 yılda kuzey enlemlere doğru bir genişleme eğilimi olduğu görülmüştür (Naucke ve ark., 2011; Dvorak ve ark., 2016). Ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yayılım gösteren *Ae. aegypti* türünün, küresel iklim değişikliğiyle birlikte yurt içinde ve dışında yayılımları mümkün görülmektedir. Böyle bir senaryoda, hastalıkların görüldüğü coğrafyalara seyahat eden kişilerin enfekte olup dönmesi durumunda, hastalıkların ülkemizde de sıklıkla görülmeye başlanması mümkündür. Özellikle istilacı *Aedes* türleri ve yumurtalarının, kullanılmış araç lastik içleri, bambular, plastik ve beton saksılar gibi korunaklı alanlar vasıtasıyla kıtalararasında taşınması artık alışılabilir bir durumdur (Sukehiro ve ark., 2013; Ibañez-Justicia, 2020; Cunze ve ark., 2020). Yapılan soğuk şoklaması deneylerinde yumurtaların 5°C ve 0°C'lerde belirli bir süre hayatta kaldıkları göz önünde bulundurulduğunda, küresel ticarete tercih edilen deniz ve hava yolu taşımacılığında, *Aedes aegypti* türünün taşınma boyunca maruz kalacağı düşük sıcaklıkları bir süre tolere edebilmesi ve yeni habitatlara yerleşmesi kuvvetle muhtemeldir.

Günümüzde, vektör türler için matematiksel modeller yapılmaktadır. Bu modellerde kullanılan, çevresel parametrelerin de yardımıyla vektör türlerin populasyon dinamikleri, dispersal mesafeleri ve taşıdıkları patojenlerin, görülme ihtimalleri gibi birçok olgu matematiksel ve istatistiksel algoritmalarla tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Bu modeller biyolojik veriyi algoritmalarla değerlendirme prensibine dayanmaktadır. *Aedes albopictus*'un Avrupa'ya girişinden sonraki adaptasyon hızı araştırılmıştır. Kanat morfometrisi, genotip analizleri ve Genelleştirilmiş Farklılık Modellemesi ile Avrupa'yı istila etme potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır (Sherpa ve ark., 2019). Başka bir çalışmada ise Geniş Ölçekli Stokastik Zaman/Mekân Modeliyle, Reunion Adası ve

İtalya'daki chikungunya hastalığının görülme ihtimali ve vektörü *Ae. albopictus* populasyonlarının durumu modellenmiştir (Erguler ve ark., 2017). Bu modelde, Renuion Adası'ndaki *Ae. albopictus* populasyonlarının kış aylarındaki durumları model tarafından tahmin edilmektedir. Yaşam döngüsü çalışmalarından elde edilen veriler, *Cx. quinquefasciatus* ve *Cx. pipiens* populasyon dinamiklerinin gözlemlenmesini sağlayan modellerde elde edilen biyolojik veriler kullanılmaktadır (Erguler ve ark., 2020). Başka bir modelleme çalışmasında ise *Ae. albopictus* populasyonları için kış aylarındaki ortalama sıcaklığın -3°C ve üzerinde, yumurtaların açılması için ise bahar aylarında ortalama $10,6^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa sahip habitatların uygun olduğu kabul edilmiştir (Petrić ve ark., 2021). Bu sonuç, bu türe ait biyolojik verinin eksik veya yetersiz olmasından kaynaklanabilmektedir. Modellemelerde kullanılan çözünürlüğü yüksek biyolojik veri, modelin tahminleme ölçeğini büyütürken, gerçeğe daha yakın sonuçlar alınmasını sağlayabilecektir. Bu tez çalışmasıyla elde edilen biyolojik veri şüphesiz, bir yandan literatüre katkı yapacak, diğer yandan modelleme çalışmalarının çözünürlüğünü arttıracaktır.

Bu tez çalışması, *in-vitro* koşullarda gerçekleştirilmiştir. Doğadaki sıcaklık, fotoperiyod ve nem koşulları yakalanmaya çalışılsa da doğa sadece taklit edilmiştir. Benzer deneylerin, doğadaki populasyonlarla kış aylarında doğada gerçekleştirilmesi, elde edilen biyolojik verinin daha da yüksek çözünürlüklü olmasını sağlayacaktır. Diğer taraftan fotoperiyod, kış aylarındaki gibi geçişli şekilde taklit edilebilirse özellikle diyapoz veya kışlama mekanizmasının daha iyi anlaşılmasını sağlayabilir.

Soğuk şoklaması deneylerinde, larva ve pupalar için yetiştirme kapları ve potlardaki suyun donmasının sonuçları etkilemiş olabilir. Suyun donma sıcaklığının 0°C olduğu bilinse de doğal habitatlardaki suların farklı kimyasal yapısı (pH, tuzluluk, vb.) donma sıcaklıklarını değiştirmektedir. Bu tez çalışmasında, bütün deneylerde distile su kullanılmıştır. Doğada, *Ae. aegypti* türünün sucul evrelerinin tespit edildiği suların kimyasal özelliklerinin araştırılmasında ve bunların, *in vitro* koşullarda yapılan laboratuvar deneylerinde

kullanılmasının gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilmesi açısından yararı bulunmaktadır. Sivrisineklerde, larval dönemdeki beslenme, ergin ömür uzunluğu, bireyin vücut büyüklüğü, kan emme verimi, döl sayısı ve kalitesi gibi birçok faktörü doğrudan etkilemektedir (Marquardt ve Kondratieff, 2005). Bu tez çalışmasında, tercih edilen iki besin çeşidinin de doğal besinler olmadıkları bilinmektedir. Doğada, *Ae. aegypti* larvalarının besin olarak tercih ettiği mikroorganizmalar ile bu deneylerin tekrarlanması gereğine inanılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, deneylerde kullanılan ergin ve ergin öncesine ait *Ae. aegypti* bireyleri, EBAL'de bulunan *Ae. aegypti* kolonisinden kullanılmıştır. Sabit koşullar altında kalan popülasyonların genetik dar boğaz etkisine girerek gen havuzunda seçilimlere uğradıkları bilinmektedir (Peery ve ark., 2012). Bu sebeple deneylerde kullanılan bireylerin homojen bir gen havuzuna sahip oldukları göz önünde bulundurulursa, düşük sıcaklıklarda gösterilen tepkiler, araziden örneklenen bireylerden daha farklı olacağı düşünülmektedir. Arazi örneklerinin, düşük sıcaklıklara koloni örneklerinden daha toleranslı olması muhtemeldir. Doğal yayılım alanlarından örneklenecek bireylerin değişken sıcaklık ve nem koşullarına farklı tepkiler vereceği dikkate alındığında, bu çalışmanın arazi örnekleriyle tekrarlanması *Ae. aegypti* türünün düşük sıcaklıklara verdiği tepkileri daha gerçekçi şekilde anlamamızı sağlayacaktır.

Bu tez çalışması, standart sivrisinek iklim odası koşullarından elde edilen bireylerinin, sabit düşük sıcaklıklarda yaşam hikayeleri hakkında başlangıç niteliği taşıyan bir çalışmadır. Avrupa'da bulunan istilacı vektör *Ae. japonicus*'un düşük sıcaklıklara dayanıklı yumurtalar bıraktığı, *Ae. albopictus*'un düşük sıcaklıklara sahip habitatlara başarılı bir şekilde yerleştiği bildirilmiştir (Scholte ve Schaffner, 2007; Paupy ve ark., 2009; Andreadis ve Wolfe, 2010; Kreß ve ark., 2017). Düşük sıcaklıkların istilacı *Aedes* türlerine olan etkilerinin belirlenmesi, bu türlerin daha önce yayılım göstermedikleri habitatlarda yerleşik popülasyonlar haline gelme ihtimalinin anlaşılması için önemlidir. Küresel iklim değişikliği, küresel ticaret ve artan insan hareketliliğinin etkileri bu durumu kolaylaştırırsa da, elde edilecek biyolojik veri ile *Ae. aegypti* türünün adaptasyon derecelerinin belirlenmesi ve modellemelerin çözünürlüğünü artırması ile oluşturulacak gerçekçi risk modellemeleri ile ön alma kapasitesini artıracak olması açısından önemlidir.

5. KAYNAKLAR

Adedokun, T. A., & Denlinger, D. L., Metabolic reserves associated with pupal diapause in the flesh fly, *Sarcophaga crassipalpis*, *Journal of Insect Physiology*, 31(3), 229-233, **1985**.

Akbari, O. S., Antoshechkin, I., Amrhein, H., Williams, B., Diloreto, R., Sandler, J., & Hay, B. A., The developmental transcriptome of the mosquito *Aedes aegypti*, an invasive species and major arbovirus vector, *G3: Genes, Genomes, Genetics* 3(9), 1493-1509, **2013**.

Akiner, M. M., Demirci, B., Babuadze, G., Robert, V., & Schaffner, F., Spread of the Invasive Mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the Black Sea Region increases risk of Chikungunya, Dengue, and Zika outbreaks in Europe, *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(4), e0004664., **2016**.

Andreadis, T. G., Anderson, J. F., Munstermann, L. E., Wolfe, R. J., & Florin, D. A., Discovery, distribution, and abundance of the newly introduced mosquito *Ochlerotatus japonicus* (Diptera: Culicidae) in Connecticut, USA, *Journal of Medical Entomology*, 38(6), 774-779, **2001**.

Andrewartha, H. G., Diapause in relation to the ecology of insects, *Biological Reviews*, 27(1), 50-107, **1952**.

Atkinson D., Temperature and organism size: A biological law for ectotherms?, *Advances in Ecological Research* 25, 1-58, **1994**.

Bardi, E., Koutinas, A., Soupioni, M., & Kanellaki, M., Immobilization of yeast on delignified cellulosic material for low temperature brewing, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(2), 463-467, **1996**.

Barnard, D. R., Posey, K. H., Smith, D., & Schreck, C. E., Mosquito density, biting rate and cage size effects on repellent tests, *Medical and Veterinary Entomology*, 12(1), 39-45, **1998**.

Bar-Zeev, M., The effect of temperature on the growth rate and survival of the immature stages of *Aedes aegypti* (L.), *Bulletin of Entomological Research*, 49(1), 157-163, **1958**.

Başbay, O., Salimeh, M., & John, E., Preliminary note on the range expansion of *Papilio demoleus* (Lepidoptera: Papilionidae) in south-eastern Turkey, and on the first documented arrival of this invasive species at the Mediterranean coast of Syria. 1., *Phegea* 48 **2020**.

Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., & Kaiser, A., *Mosquitoes and Their Control*, Springer Berlin, **2010**.

Belen, A., & Alten, B., Variation in life table characteristics among populations of *Phlebotomus papatasi* at different altitudes, *Journal of Vector Ecology*, 31(1), 35-44, **2006**.

Benedict, M. Q., Levine, R. S., Hawley, W. A., & Lounibos, L. P., Spread of The Tiger: Global Risk of Invasion by The Mosquito *Aedes albopictus*, *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 7(1), 76-85, **2007**.

Bhatt, S., Gething, P. W., Brady, O. J., Messina, J. P., Farlow, A. W., Moyes, C. L., Drake, J. M., Brownstein, J. S., Hoen, A. G., Sankoh, O., Myers, M. F., George, D. B., Jaenisch, T., Wint, G. R. W., Simmons, C. P., Scott, T. W., Farrar, J. J., & Hay, S. I., The global distribution and burden of dengue, *Nature*, 496(7446), 504-507, **2013**.

Black, W. C., Bennett, K. E., Gorrochótegui-Escalante, N., Barillas-Mury, C. V., Fernández-Salas, I., de Lourdes Muñoz, M., Farfán-Alé, J. A., Olson, K. E., & Beaty, B. J., Flavivirus susceptibility in *Aedes aegypti*, *Archives of Medical Research*, 33(4), 379-388, **2002**.

Brady, O. J., Johansson, M. A., Guerra, C. A., Bhatt, S., Golding, N., Pigott, D. M., Delatte, H., Grech, M. G., Leishnam, P. T., & Maciel-de-Freitas, R., Modelling adult *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* survival at different temperatures in laboratory and field settings, *Parasites & Vectors*, 6(1), 1-12, **2013**.

Braks, M. A. H., Honório, N. A., Lounibos, L. P., Lourenço-De-Oliveira, R., & Juliano, S. A., Interspecific competition between two invasive species of container mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), in Brazil, *Annals of the Entomological Society of America*, 97(1), 130-139, **2004**.

Bryant, J. E., Holmes, E. C., & Barrett, A. D. T., Out of Africa: A molecular perspective on the introduction of yellow fever virus into the Americas, *PLoS Pathogens*, 3(5), e75, **2007**.

Buffington, J. D., Hibernaculum choice in *Culex pipiens*, *Journal of Medical Entomology*, 9(2), 128-132, **1972**.

Bushra, Hee., Habtewold, B. W., Gasseer, N., Mohamed, R. E., Mohamednour, S. A., Abshar, M., & Al Magboul, B., Outbreak of chikungunya fever in Sudan, 2018-2019, *Juniper Online Journal Public Heal*, 4, 555644, **2019**.

Calvo, E., Mans, B. J., Andersen, J. F., & Ribeiro, J. M. C., Function and Evolution of a Mosquito Salivary Protein Family, *Journal of Biological Chemistry*, 281(4), 1935-1942, **2006**.

Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B., *Biology Eight Edition*, Jakarta: Erlangga, **2008**.

Canyon, D., Hii, J., & Müller, R., Adaptation of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) oviposition behavior in response to humidity and diet, *Journal of insect physiology*, 45(10), 959-964, **1999**.

Chapman, R. F., & Chapman, R. F., *The insects: Structure and function*, Cambridge University Press. **1998**.

Charlwood, J. D., Paru, R., Dagoro, H., & Lagog, M., Influence of Moonlight and Gonotrophic Age on Biting Activity of *Anopheles Farauti* (Diptera: Culicidae) from Papua New Guinea, *Journal of Medical Entomology*, 23(2), 132-135, **1986**.

Charrel, R. N., de Lamballerie, X., & Raoult, D., Chikungunya Outbreaks—The Globalization of Vectorborne Diseases, *New England Journal of Medicine*, 356(8), 769-771, **2007**.

Chow, E., Wirtz, R., & Scott, T., Identification of blood meals in *Aedes aegypti* by antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay, *Journal of American Mosquito Control Association*, 9, 196-196, **1993**.

Christophers, S. S., *Aedes aegypti (L.) the yellow fever mosquito; its life history, bionomics and structure*, Cambridge University Press, Londra, **1960**.

Chye, J. K., Lim, C. T., Ng, K. B., Lim, J. M. H., George, R., & Lam, S. K., Vertical transmission of Dengue, *Clinical Infectious Diseases*, 25(6), 1374-1377, **1997**.

Ciota, A. T., Maticchiero, A. C., Kilpatrick, A. M., & Kramer, L. D., The effect of temperature on life history traits of *Culex* mosquitoes, *Journal of Medical Entomology*, 51(1), 55-62, **2014**.

Clarke, J. L., Studies of the flight range of mosquitoes, *Journal of Economic Entomology*, 36(1), **1943**.

Clements, A., & Kerkut, G., *The physiology of mosquitoes: International series of monographs on pure and applied biology*, Oxford: Pergamon Press, Oxford, **1963**.

Costero, A., Edman, J. D., Clark, G. G., & Scott, T. W., Life table study of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Puerto Rico fed only human blood versus blood plus sugar, *Journal of Medical Entomology*, 35(5), 809-813, **1998**.

Couret, J., Dotson, E., & Benedict, M. Q., Temperature, larval diet, and density effects on development rate and survival of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), *PLoS ONE*, 9(2), **2014**.

Crawford, J. E., Alves, J. M., Palmer, W. J., Day, J. P., Sylla, M., Ramasamy, R., Surendran, S. N., Black, W. C., Pain, A., & Jiggins, F. M., Population genomics reveals that an anthropophilic population of *Aedes aegypti* mosquitoes in West Africa recently gave rise to American and Asian populations of this major disease vector, *BMC Biology*, 15(1), 1-16, **2017**.

Denlinger, D. L., & Lee Jr, R. E., *Low temperature biology of insects*, Cambridge University Press, Cambridge, **2010**.

De Majo, M. S., Zanotti, G., Campos, R. E., & Fischer, S., Effects of constant and fluctuating low temperatures on the development of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from a temperate region. *Journal of Medical Entomology*, 56(6), 1661-1668, **2019**.

Duong, V., Andries, A.-C., Ngan, C., Sok, T., Richner, B., Asgari-Jirhandeh, N., Bjorge, S., Huy, R., Ly, S., & Laurent, D., Reemergence of Chikungunya virus in Cambodia, *Emerging infectious diseases*, 18(12), 2066, **2012**.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), *World malaria report 2021*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/350147> (Erişim Tarihi: 03.03.2022), **2021**.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), *Malaria*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>, (Erişim Tarihi; 03.03.2022), **2021**.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), *West Nile Virus*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/west-nile-virus>, (Erişim tarihi; 03.03.2022), **2017**.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), *ZIKA Virus*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zika-virus>, (Erişim tarihi; 03.03.2022), **2018**.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), *Chikungunya*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya>, (Erişim tarihi; 03.03.2022), **2020**.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), *Dengue and severe dengue*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue> (Erişim tarihi; 03.03.2022), **2022**.

Dvorak, V., Hlavackova, K., Kocisova, A., & Volf, P., First record of *Phlebotomus* (Transphlebotomus) *mascittii* in Slovakia, *Parasite*, **23**, **2016**.

ECDC, *Aedes aegypti*-Current known distribution: March 2022, <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-aegypti-current-known-distribution-march-2022> erişim; 19.04.2022), **2022**.

Erguler, K., Demirok, M. C., Gunay, F., Petrić, M., Kavran, M., Petrić, D. V., & Alten, B., Model-based design and analysis of life table experiments for insect vectors, *BioRxiv.*, **2020**.

Ergünay, K., Saygan, M. B., Aydoğan, S., Litzba, N., Niedrig, M., Pınar, A., & Us, D., Investigation of dengue virus and yellow fever virus seropositivities in blood donors from Central/Northern Anatolia, Turkey, *Mikrobiyoloji Bülteni*, **44**(3), 415-424, **2010**.

Ezeakacha, N. F., & Yee, D. A., The role of temperature in affecting carry-over effects and larval competition in the globally invasive mosquito *Aedes albopictus*, *Parasites & vectors*, **12**(1), 1-11, **2019**.

Failloux, A. B., Bouattour, A., Faraj, C., Gunay, F., Haddad, N., Harrat, Z., Jancheska, E., Kanani, K., Kenawy, M. A., Kota, M., Pajovic, I., Paronyan, L., Petric, D., Sarih, M., Sawalha, S., Shaibi, T., Sherifi, K., Sulesco, T., Velo, E., ... Robert, V., Surveillance of arthropod-borne viruses and their vectors in the Mediterranean and Black Sea regions within the MediLabSecure Network, *Current Tropical Medicine Reports*, **4**(1), 27-39, **2017**.

Ferreira-de-Brito, A., Ribeiro, I. P., Miranda, R. M. de, Fernandes, R. S., Campos, S. S., Silva, K. A. B. da, Castro, M. G. de, Bonaldo, M. C., Brasil, P., & Lourenço-de-Oliveira, R., First detection of natural infection of *Aedes aegypti* with Zika virus in Brazil and throughout South America, *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, *111*(10), 655-658, **2016**.

Focks, D. A., Sackett, S., Bailey, D. L., & Dame, D., Observations on container-breeding mosquitoes in New Orleans, Louisiana, with an estimate of the population density of *Aedes aegypti* (L.), *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *30*(6), 1329-1335, **1981**.

Fredericks, A. C., & Fernandez-Sesma, A., The burden of dengue and Chikungunya worldwide: Implications for the Southern United States and California, *Annals of Global Health*, *80*(6), 466-475, **2014**.

Frierson, J. G., The yellow fever vaccine: A history, *Yale Journal of Biology and Medicine*, *83*(2), 77-85, **2010**.

Gansané, A., Candrinho, B., Mbituyumuremyi, A., Uhomoibhi, P., NFalé, S., Mohammed, A. B., Guelbeogo, W. M., Sanou, A., Kangoye, D., Debe, S., Kagone, M., Hakizimana, E., Uwimana, A., Tuyishime, A., Ingabire, C. M., Singirankabo, J. H., Koenker, H., Marrenjo, D., Abilio, A. P., Robertson, M., Design and methods for a quasi-experimental pilot study to evaluate the impact of dual active ingredient insecticide-treated nets on malaria burden in five regions in sub-Saharan Africa, *Malaria Journal*, *21*(1), 19, **2022**.

Garzón, M. J., Maffey, L., Lizuain, A., Soto, D., Diaz, P. C., Leporace, M., & Schweigmann, N. J., Temperature and photoperiod effects on dormancy status and life cycle parameters in *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* from subtropical Argentina. *Medical and Veterinary Entomology*, *35*(1), 97-105, **2021**.

Gillett, J., Roman, E., & Phillips, V., Erratic hatching in *Aedes* eggs: A new interpretation. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B. Biological Sciences*, 196(1123), 223-232, **1977**.

Gillooly, J. F., Brown, J. H., West, G. B., Savage, V. M., & Charnov, E. L., Effects of size and temperature on metabolic rate, *Science*, 293(5538), 2248-2251., **2001**.

Gratz, N. G., Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*, *Medical and Veterinary Entomology*, C. 18, e3, pp. 215-227, **2004**.

Gunay, F., Alten, B., & Ozsoy, E. D., Estimating reaction norms for predictive population parameters, age specific mortality, and mean longevity in temperature-dependent cohorts of *Culex quinquefasciatus* (Say), (Diptera: Culicidae), *Journal of Vector Ecology*, 35(2), 354-362, **2010**.

Han, Q., Calvo, E., Marinotti, O., Fang, J., Rizzi, M., James, A., & Li, J., Analysis of the wild-type and mutant genes encoding the enzyme kynurenine monooxygenase of the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*, *Insect Molecular Biology*, 12(5), 483-490, **2003**.

Haufe, W. O., Observations on the Biology of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) at Goose Bay, Labrador, *The Canadian Entomologist*, 84(8), 254-263, **1952**.

Horsfall, W. R., *Mosquitoes, Their Bionomics and Relation to Disease*. London: Constable & Co. Ltd, Londra, **1955**.

Huber, K., Pluskota, B., Jöst, A., Hoffmann, K., & Becker, N., Status of the invasive species *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in southwest Germany in 2011, *Journal of Vector Ecology*, 37(2), 462-465, **2012**.

Huestis, D. L., Dao, A., Diallo, M., Sanogo, Z. L., Samake, D., Yaro, A. S., Ousman, Y., Linton, Y.-M., Krishna, A., Veru, L., Krajacich, B. J., Faiman, R., Florio, J., Chapman, J. W., Reynolds, D. R., Weetman, D., Mitchell, R., Donnelly, M. J., Talamas, E., Lehmann, T., Windborne long-distance migration of malaria mosquitoes in the Sahel. *Nature*, 574(7778), 404-408, **2019**.

Huynh, T. T. T., & Minakawa, N., A comparative study of dengue virus vectors in major parks and adjacent residential areas in Ho Chi Minh City, Vietnam, *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 16(1), e0010119, **2022**.

Hylton, A. R., Studies on longevity of adult *Eretmapodites chrysogaster*, *Aedes togoi* and *Aedes (Stegomyia) albopictus* females (Diptera: Culicidae), *Journal of Medical Entomology*, 6(2), 147-149, **1969**.

Ibáñez-Justicia, A., Pathways for introduction and dispersal of invasive *Aedes* mosquito species in Europe: A review, *Journal of European Mosquito Control Association*, 10, **2020**.

Jansen, C. C., & Beebe, N. W., The dengue vector *Aedes aegypti*: What comes next, *Microbes and Infection*, 12(4), 272-279, **2010**.

Kasap Erisoz, O., Belen, A., Alkan, C., Gunay, F., Dvorak, V., Ergunay, K., Aydın, S., Votypka, J., Banuls, A.-L., Charrel, R., Özkul, A., Özbel, Y., Volf, P., & Alten, B., Phlebotomine sand flies on the crossroads of Anatolia: Transmitted diseases and vectors, *Parasites & Vectors*, **2014**.

Kasap Erisoz, O. & Alten, B., Laboratory estimation of degree-day developmental requirements of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae), *Journal of Vector Ecology: Journal of the Society for Vector Ecology*, 30(2), 328-333, **2005**.

Kasap Erisoz, O. & Alten, B., Comparative demography of the sand fly *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) at constant temperatures, *Journal of Vector Ecology*, 31(2), 378-385, **2006**.

Kaufmann, C., & Briegel, H. (2004). Flight performance of the malaria vectors *Anopheles gambiae* and *Anopheles atroparvus*, *Journal of Vector Ecology*, 14, **2004**.

Kramer, I. M., Pfeiffer, M., Steffens, O., Schneider, F., Gerger, V., Phuyal, P., & Müller, R., The ecophysiological plasticity of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* concerning overwintering in cooler ecoregions is driven by local climate and acclimation capacity. *Science of The Total Environment*, 778, 146128., **2021**.

Kraemer, M. U. G., Reiner, R. C., Brady, O. J., Messina, J. P., Gilbert, M., Pigott, D. M., Yi, D., Johnson, K., Earl, L., Marczak, L. B., Shirude, S., Davis Weaver, N., Bisanzio, D., Perkins, T. A., Lai, S., Lu, X., Jones, P., Coelho, G. E., Carvalho, R. G., Golding, N., Past and future spread of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*, *Nature Microbiology*, 4(5), 854-863, **2019**.

Kraemer, M. U.G., Sinka, M. E., Duda, K. A., Mylne, A. Q., Shearer, F. M., Barker, C. M., Moore, C. G., Carvalho, R. G., Coelho, G. E., Van Bortel, W., Hendrickx, G., Schaffner, F., Elyazar, I. R., Teng, H.-J., Brady, O. J., Messina, J. P., Pigott, D. M., Scott, T. W., Smith, D. L., Hay, S. I., The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*, *ELife*, 4, e08347, **2015**.

Krebs, C. J., *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. Pearson, 6.Baskı, Edinburg Gate, **2014**.

Kreß, A., Oppold, A. M., Kuch, U., Oehlmann, J., & Müller, R., Cold tolerance of the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* and its response to epigenetic alterations. *Journal of Insect Physiology*, 99, 113-121, **2017**.

Kurucz, K., Zeghib, S., Arnoldi, D., Marini, G., Manica, M., Michelutti, A., Montarsi, F., Deblauwe, I., Van Bortel, W., & Smitz, N., *Aedes koreicus*, a vector on the rise: Pan-European genetic patterns, mitochondrial and draft genome sequencing, *BioRxiv.*, **2021**.

Laird, M., Vector-borne disease introduced into new areas due to human movements: A historical perspective, *Demography and Vector-Borne Diseases*, 17-33, **1989**.

Laird, M., Calder, L., Thornton, R. C., Syme, R., Holder, P., & Mogi, M., Japanese *Aedes albopictus* among four mosquito species reaching New Zealand in used tires, *Journal of the American Mosquito Control Association Mosquito News*, 10(1), 14-23, **1994**.

Lee, R. E., & Denlinger, D. L., *Insects at Low Temperature*, Springer, Berlin, **1991**.

Liu-Helmersson, J., Stenlund, H., Wilder-Smith, A., & Rocklöv, J., Vectorial capacity of *Aedes aegypti*: Effects of temperature and implications for global dengue epidemic potential, *PLoS ONE*, 9(3), **2014**.

Lourenço, J., Barros, S. C., Zé-Zé, L., Damineli, D. S. C., Giovanetti, M., Osório, H. C., Amaro, F., Henriques, A. M., Ramos, F., Luís, T., Duarte, M. D., Fagulha, T., Alves, M. J., & Obolski, U., West Nile virus transmission potential in Portugal, *Communications Biology*, 5(1), 6, **2022**.

Mack, R. N., Invading plants: Their potential contribution to population biology, *Studies on plant demography: a festschrift for John L. Harper*, 127-142, **1985**.

Makiya, K., & Taguchi, I., Ecological studies on overwintering populations of *Culex pipiens pallens*: 3. Movement of the mosquitoes in a cave during overwintering, *Medical Entomology and Zoology*, 33(4), 335-343, **1982**.

Malik, M. R., Mnzava, A., Mohareb, E., Zayed, A., Al Kohlani, A., Thabet, A. A., & El Bushra, H., Chikungunya outbreak in Al-Hudaydah, Yemen, 2011: Epidemiological characterization and key lessons learned for early detection and control, *Journal of Epidemiology and Global Health*, 4(3), 203-211, **2014**.

Marcantonio, M., Metz, M., Baldacchino, F., Arnoldi, D., Montarsi, F., Capelli, G., Carlin, S., Neteler, M., & Rizzoli, A., First assessment of potential distribution and dispersal capacity of the emerging invasive mosquito *Aedes koreicus* in Northeast Italy, *Parasites & vectors*, 9(1), 1-19, **2016**.

Margarita, Y., Grácio, A., Lencastre, I., Silva, A., Novo, M., & Sousa, C., First record of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera, Culicidae) in Madeira Island-Portugal, *Acta Parasitológica Portuguesa*, 13(1), 59-61, **2006**.

Marquardt, W. C., & Kondratieff, B. C., *Biology of disease vectors*, Elsevier Academic Press, **2005**.

Medlock, J. M., Avenell, D., Barrass, I., & Leach, S., Analysis of the potential for survival and seasonal activity of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in the United Kingdom, *Journal of Vector Ecology*, 31(2), 292-304, **2006**.

Medlock, J. M., Hansford, K. M., Schaffner, F., Versteirt, V., Hendrickx, G., Zeller, H., & Bortel, W. V., A Review of the Invasive Mosquitoes in Europe: Ecology, Public Health Risks, and Control Options, *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 12(6), 435-447, **2012**.

Medlock, J. M., Hansford, K. M., Versteirt, V., Cull, B., Kampen, H., Fontenille, D., Hendrickx, G., Zeller, H., Van Bortel, W., & Schaffner, F., An entomological review of invasive mosquitoes in Europe, *Bulletin of Entomological Research*, 105(6), 637-663, **2015**.

Mellanby, K., The activity of certain arctic insects at low temperatures, *The Journal of Animal Ecology*, 296-301, **1940**.

Miles, J., Some ecological aspects of the problem of arthropod-borne animal viruses in the Western Pacific and SouthEast Asia regions, *Bulletin of the World Health Organization*, 30(2), 197, **1964**.

Monath, T. P., Yellow fever: An update, *The Lancet Infectious Diseases*, 1(1), 11-20, **2001**.

Monath, T. P., & Vasconcelos, P. F. C., Yellow fever, *Journal of Clinical Virology*, 64, 160-173, **2015**.

Mooney, H. A., & Cleland, E. E., The evolutionary impact of invasive species, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(10), 5446-5451, **2001**.

Naucke, T. J., Lorentz, S., Rauchenwald, F., & Aspöck, H., *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* Grassi, 1908, in Carinthia: First record of the occurrence of sandflies in Austria (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae), *Parasitology research*, 109(4), 1161-1164, **2011**.

Ndeffo-Mbah, M. L., & Pandey, A., Global Risk and Elimination of Yellow Fever Epidemics *The Journal of infectious diseases*, 221(12), 2026-2034, **2020**.

Oguz, G., Kasap, O. E., & Alten, B., Wing morphology variations in a natural population of *Phlebotomus tobbi* (Adler and Theodor 1930), *Journal of Vector Ecology*, 42(2), 223-232, **2017**.

Onyango, M. G., Bialosuknia, S. M., Payne, A. F., Mathias, N., Kuo, L., Vigneron, A., DeGennaro, M., Ciota, A. T., & Kramer, L. D., Increased temperatures reduce the vectorial capacity of *Aedes* mosquitoes for Zika virus, *Emerging microbes & infections*, 9(1), 67-77, **2020**.

Paupy, C., Delatte, H., Bagny, L., Corbel, V., & Fontenille, D., *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: From the darkness to the light, *Microbes and infection*, 11(14-15), 1177-1185, **2009**.

Peery, M. Z., Kirby, R., Reid, B. N., Stoelting, R., Doucet-Béer, E., Robinson, S., Vásquez-Carrillo, C., Pauli, J. N., & Palsbøll, P. J., Reliability of genetic bottleneck tests for detecting recent population declines, *Molecular ecology*, 21(14), 3403-3418, **2012**.

Petrić, M., Ducheyne, E., Gossner, C. M., Marsboom, C., Nicolas, G., Venail, R., Hendrickx, G., & Schaffner, F., Seasonality and timing of peak abundance of *Aedes albopictus* in Europe: Implications to public and animal health, *Geospatial Health*, 16(1), **2021**.

Pialoux, G., Gaüzère, B. A., Jauréguiberry, S., & Strobel, M., Chikungunya, an epidemic arbovirolosis, *Lancet Infectious Diseases*, 7(5), 319-327, **2007**.

Ponnusamy, L., Böröczky, K., Wesson, D. M., Schal, C., & Apperson, C. S., Bacteria Stimulate Hatching of Yellow Fever Mosquito Eggs, *PLoS ONE*, 6(9), e24409, **2011**.

Powell, J. R., & Tabachnick, W. J., History of domestication and spread of *Aedes aegypti*—a review, *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 108, 11-17, **2013**.

Puggioli, A., Carrieri, M., Dindo, M., Medici, A., Lees, R., Gilles, J., & Bellini, R., Development of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larvae under different laboratory conditions, *Journal of Medical Entomology*, 54(1), 142-149, **2017**.

R Core Team. (2021), R: A language and environment for statistical computing (version 4.2.1) [software], <https://www.R-project.org>, **2021**.

Rasheed, S. B., Boots, M., Frantz, A. C., & Butlin, R. K., Population structure of the mosquito *Aedes aegypti* (*Stegomyia aegypti*) in Pakistan, *Medical and Veterinary Entomology*, 27(4), 430-440, **2013**.

Reed, W., Carroll, J., & Agramonte, A., The Etiology Of Yellow Fever.: An Additional Note, *Journal of the American Medical Association*, 36(7), 431-440, **1901**.

Rosen, L., Dengue in Greece in 1927 and 1928 and the pathogenesis of dengue hemorrhagic fever: New data and a different conclusion, *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 35(3), 642-653, **1986**.

Saifur, R. G. M., Dieng, H., Hassan, A. A., Salmah, M. R. C., Satho, T., Miake, F., & Hamdan, A., Changing domesticity of *Aedes aegypti* in northern peninsular Malaysia: Reproductive consequences and potential epidemiological implications, *PLoS ONE*, 7(2), **2012**.

Schaffner, F., Chouin, S., & Guilloteau, J., First record of *Ochlerotatus* (Finlaya) *japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in metropolitan France, *Journal of the American Mosquito Control Association*, 19(1), 1-5, **2003**.

Schaffner, F., Kaufmann, C., Hegglin, D., & Mathis, A., The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe, *Medical and veterinary entomology*, 23(4), 448-451, **2009**.

Schaffner, F., & Mathis, A., Dengue and dengue vectors in the WHO European region: Past, present, and scenarios for the future, *The Lancet Infectious Diseases*, 14(12), 1271-1280, **2014**.

Schaffner, F., Vazeille, M., Kaufmann, C., Failloux, A.-B., & Mathis, A., Vector competence of *Aedes japonicus* for chikungunya and dengue viruses, *European Mosquito Bulletin*, 29, 141-142, **2011**.

Scholte, E.-J., & Schaffner, F., 14. Waiting for the tiger: Establishment and spread of the *Aedes albopictus* mosquito in Europe, *Emerging Pests And Vector-Borne Diseases in Europe*, 1, 241, **2007**.

Service, M. W., Effects of wind on the behaviour and distribution of mosquitoes and blackflies, *International Journal of Biometeorology*, 24(4), 347-353, **1980**.

Sheldon, J. K., Survival of spermatozoa in female *Chrysopa carnea* during diapause, *Environmental Entomology*, 4(4), 651-652, **1975**.

Sheldon, J. K., & MacLeod, E. G., Studies on the biology of the Chrysopidae IV. A field and laboratory study of the seasonal cycle of *Chrysopa carnea* Stephens in Central Illinois (Neuroptera: Chrysopidae), *Transactions of the American Entomological Society (1890-)*, 100(4), 437-512, **1974**.

Shestakov, V., & Mikheeva, A., On the study of the vectors of Japanese encephalitis in the Maritime Province, *Meditsinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni*, 35(pt. 5), **1966**.

Sherpa S, Guéguen M, Renaud J, Blum MG, Gaude T, Laporte F, Akiner M, Alten B, Aranda C, Barre-Cardi H, Bellini R, Predicting the success of an invader: niche shift versus niche conservatism, *Ecology and Evolution*, 9:12658-75, **2019**.

Simard, F., Nchoutpouen, E., Toto, J. C., & Fontenille, D., Geographic distribution and breeding site preference of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Cameroon, Central Africa, *Journal of medical entomology*, 42(5), 726-731., **2005**.

Sota, T., & Mogi, M., Interspecific variation in desiccation survival time of *Aedes* (*Stegomyia*) mosquito eggs is correlated with habitat and egg size, *Oecologia*, 90(3), 353-358., **1992**.

Southwood, T. R. E., & Henderson, P. A., *Ecological methods*. John Wiley & Sons. Press, **2009**.

Spielman, A., Bionomics of autogenous mosquitoes, *Annual review of entomology*, 16(1), 231-248., **1971**.

Su, T., & Mulla, M. S., Factors affecting egg hatch of the *Triops newberryi*, a potential biological control agent of immature mosquitoes, *Biological Control*, 23(1), 18-26., **2002**.

Tabachnick, W. J., Evolutionary genetics and arthropod-borne disease: The Yellow fever mosquito, *American Entomologist*, 37(1), 14-26., **1991**.

Takashima, I., & Rosen, L., Horizontal and vertical transmission of Japanese encephalitis virus by *Aedes japonicus* (Diptera: Culicidae), *Journal of Medical - Entomology*, 26(5), 454-458., **1989**.

Takken, W., Constantini, C., Dolo, G., Hassanali, A., Sagnon, N., & Osir, E., "Mosquito mating behaviour; " *Bridging laboratory and field research for genetic control of disease vectors*, 183-188, Springer, Berlin, **2004**.

Takken, W., Koenraadt, C. J. M., Bousema, T., & Baidjoe, A., Heterogeneity in malaria transmission: Underlying factors and implications for disease control, *Ecology of Parasite-Vector Interactions* (C. 3), **2013**.

Takken, W., & Verhulst, N. O., Host Preferences of Blood-Feeding Mosquitoes, *Annual Review of Entomology*, 58(1), 433-453., **2013**.

Tanaka, K., Mizusawa, K., & Saugstad, E. S., A revision of the adult and larval mosquitoes of Japan (including the Ryukyu Archipelago and the Ogasawara Islands) and Korea (Diptera: Culicidae), *Army Medical Lab Pacific Apo San Francisco 96343*., **1979**.

Theiler, M., Casals, J., & Moutousses, C., Etiology of the 1927-28 Epidemic of Dengue in Greece, *Experimental Biology and Medicine*, 103(1), 244-246, **1960**.

Therneau, T. M., & Lumley, T., "*A Package for Survival Analysis in S*", R Package, **2015**.

Turell, M., Byrd, B., & Harrison, B., Potential for Populations of *Aedes j. japonicus* to Transmit Rift Valley Fever Virus in the USA, *Journal of the American Mosquito Control Association*, 29(2), 133-137., **2013**.

Turell, M. J., Dohm, D. J., Sardelis, M. R., O'guinn, M. L., Andreadis, T. G., & Blow, J. A., An update on the potential of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus, *Journal of medical entomology*, 42(1), 57-62, **2005**.

Uyar, Y., Aktaş, E., Yağcı Çağlayık, D., Ergönül, O., & Yüce, A., An imported dengue fever case in Turkey and review of the literature, *Mikrobiyoloji Bülteni*, 47(1), 173—180., **2013**.

Versteirt, V., de Clercq, E. M., Fonseca, D. M., Pecor, J., Schaffner, F., Coosemans, M., & Bortel, W. V., Bionomics of the Established Exotic Mosquito Species *Aedes koreicus* in Belgium, Europe, *Journal of Medical Entomology*, 49(6), 1226-1232, **2012**.

Vezzani, D., & Schweigmann, N., Suitability of containers from different sources as breeding sites of *Aedes aegypti* (L.) in a cemetery of Buenos Aires City, Argentina, *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97(6), 789-792, **2002**.

Vitousek, P., D'Antonio, C., Loope, L., & Westbrooks, R., Biological invasions as global environmental change. *American scientist*, 84, 468-478, **1996**.

Wilkerson, R. C., Linton, Y. M., Fonseca, D. M., Schultz, T. R., Price, D. C., & Strickman, D. A., Making mosquito taxonomy useful: A stable classification of tribe Aedini that balances utility with current knowledge of evolutionary relationships, *PLoS ONE*, 10(7), 1-26., **2015**.

Woodall, J. P., López-Correa, R. H., Chiriboga, J., Morens, D. M., Casta-Velez, A., & Von Allmen, S. D., Epidemic dengue fever in Puerto Rico, 1977: A cost analysis, *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 28(6), 1040-1044., **1979**.

Yılmaz, A., Farklı Sıcaklıkların *Phlebotomus tobbi* Adler, Theodor&Louire,1930 (Diptera: Psychodidae) Üzerindeki Etkisinin Hayat Tablosu Verileri ve Gün-Derece Modeliyle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversite Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2020**.