

***Drosophila melanogaster*'de ERGİN ÖNCESİ YAŞAM  
ÖYKÜSÜ KARAKTERLERİ REAKSİYON NORMLARININ  
MEVSİMSELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF SEASONALITY OF REACTION NORMS  
FOR PREADULT LIFE HISTORY TRAITS IN  
*Drosophila melanogaster***

**EKİN DEMİR**

**DR. ÖĞR. ÜYESİ BANU ŞEBNEM ÖNDER**

**Tez Danışmanı**

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

2020



***Annem'e, Ablam'a ve Asla Vazgeçmeyenlere***

## ETİK

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

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

beyan ederim.

13 / 08 / 2020

EKİN DEMİR

## YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

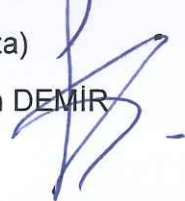
Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren .... ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

13.08.2020

(İmza)

Ekin DEMİR



## ÖZET

### ***Drosophila melanogaster*'de ERGİN ÖNCESİ YAŞAM ÖYKÜSÜ KARAKTERLERİ REAKSİYON NORMLARININ MEVSİMSELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Ekin DEMİR**

**Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Banu Şebnem ÖNDER**

**Eş Danışman: Dr. M. Esra Durmaz**

**Temmuz 2020, 75 sayfa**

Çevresel değişikliklere uyum yeteneği canlıların hayatta kalmasını sağlamaktadır. *Drosophila melanogaster* Afrika çıkışlı bir türdür ve neredeyse tüm dünyada yayılım göstermektedir. Geniş yayılımının en büyük sebeplerden biri ise yüksek uyum başarısına sahip bir canlı olmasından kaynaklanmaktadır. Küresel yayılımının yanında, *D. melanogaster* lokal iklime bağlı olarak mevsimsel adaptasyonlar gösteren bir türdür. Mevsimselliğin en önemli bileşenlerinden olan sıcaklık, tüm biyolojik süreçleri etkileyen, ektoterm canlıların fizyolojisi ve uyum başarısı üzerinde etkisi olan önemli bir çevresel faktördür. Yaşam öyküsü karakterleri teorisinde belirtildiği gibi canlının genotipi ve çevresel değişkenlere verdiği yanıtlarla adaptif değişimler şekillenmektedir. Mevsimsel sıcaklık değişimleri ise canlının hayatta kalma sınırlarını belirlemekte, aynı zamanda yaşam öyküsü karakterlerinin evrimini de tetiklemektedir. Kalıtılan adaptif özelliklerin yanı sıra, canlılar fenotipik esneklik ile de çevrelerindeki değişimlere tepki göstermekte ve hayatta kalma başarılarını yükseltmektedirler. Bu tez çalışması kapsamında 2014, 2015 ve 2016 yıllarında Ankara ilinin Yeşilöz ilçesinden farklı mevsimlerde toplanan ve 20 kuşak boyunca kendileşmiş soy hatlarının gelişim süresi ve yaşayabilirliklerinin termal reaksiyon normları incelenmiş ve sonuçların

mevsime özgü bir örüntüye sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca bu karakterlerin hem mevsimler ve hem de yıllar arası değişiklik gösteren iklimsel parametreler ile ilişkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yaşayabilirliğin, gelişim süresinin ve gelişim süresi reaksiyon normlarının mevsimsellik göstermediği bulunmuştur. Bunlara ek olarak gelişim süresi ve iklimsel parametreler arasında sadece 18°C'de pupadan ergine gelişim süresinde maksimum yağış ile bir ilişki gösterdiği bulunmuştur. Test ettiğimiz sıcaklıklar ve söz konusu populasyon için elde ettiğimiz bulgular mevsimin neden olduğu seçim baskısının ergin öncesi yaşam öyküsü karakteri üzerinde bir seçim baskısı oluşturmadığı ve bu karakterlerin mevsime bağlı bir seçilime uğramadığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mevsimsellik, *Drosophila melanogaster*, reaksiyon normu, gelişim süresi, yaşayabilirlik.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF SEASONALITY OF REACTION NORMS FOR PREADULT LIFE HISTORY TRAITS IN *Drosophila melanogaster***

**Ekin DEMİR**

**Master of Science, Department of Biology**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Banu Şebnem ÖNDER**

**Co-Supervisor: Dr. M. Esra Durmaz**

**July 2020, 75 pages**

Adaptation ability to varying environmental conditions, makes the organism able to survive. *Drosophila melanogaster* is a species originated from Africa and spread all around the world. It can live in a wide range of habitats through its high adaptability to new environments. Besides its global distribution, *Drosophila melanogaster* shows seasonal adaptations to the local climate. Temperature, as an environmental factor, is the most important component of seasonality that affects the biological processes and has a major effect on ectotherms' physiology and fitness. As stated in life history theory, adaptive changes are shaped both by the organisms' genotype and the responses to the environmental changes. Likewise, seasonal changes in temperature determine the survival limits of organisms and also triggers the evolution of the life history traits. In addition to adaptive traits, organisms react to environmental changes with the phenotypic plasticity and increase their survival. In this thesis, full-sib inbred lines, which were collected in different timepoints of the years in 2014, 2015 and 2016 from Yeşilöz, Ankara and inbreded for 20 generations, are studied for developmental time and viability in thermal reaction norms, in order to investigate the seasonality of the traits. Additionally, the correlation between these characters and climatic variables that change between seasons and years were investigated. According to the results,

viability, developmental time, and developmental time reaction norms did not show seasonality. Furthermore, the correlation between climatic parameters and characters showed a significant correlation between pupa to adult developmental time and maximum precipitation when tested at 18°C. In sum, we suggest that the seasonality did not affect pre-adult life history traits on Yeşilöz population, and our results suggest that these traits are not under seasonal selective pressures.

**Keywords:** Seasonality, *Drosophila melanogaster*, reaction norm, development time, viability.



## TEŞEKKÜR

İnsanların yolları kesişir ve bütn hayatı değişir. Hayatımda her zaman yol gösterici olduğu, yolumu aydınlatarak ilham verdiği ve bu imkanı bana sağladığı için çok değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Banu Şebnem ÖNDER'e teşekkür ederim.

Tezime verdiği destek ve katkılarından dolayı eş danışmanım Dr. Esra DURMAZ'a teşekkür ederim.

Deneylerimde gece gündüz demeden bana yardım eden Cansu Fidan AKSOY ve Ezgi ÇOBANOĞLU'na, her başım sıkıştığında yardımıma koşan Őenel Selin ŞENKAL'a ve tez deneylerimizi aynı anda yürüttüğüm Nur Seda Coşkun'a, bir ekipten nasıl daha fazlası oluru öğrettikleri için çok teşekkür ederim.

Yıllar sonra, lisans döneminde karşılaştığım ve her konuda bakış açımı değiştirip geliştiren dostum Cansu SEVİM'e teşekkür ederim.

Her zaman ve her koşulda yanımda olan, bugünlere gelmemde en büyük destekçim canım annem Bahar KILIÇ'a ve ablam Yağmur Polen DEMİR'e teőekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLER .....	viii
ÇİZELGELER .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Mevsimsellik .....	3
2.2. Yaşam Öyküsü Karakterleri.....	5
2.2.1. Gelişim süresi.....	7
2.3. Fenotipik Esneklik ve Reaksiyon Normu .....	9
3. MATERYAL VE METOD.....	13
3.1. Çalışma Alanı, Soyların Toplanması ve Çoğaltılması.....	13
3.2. Soy Hatlarının Seçilmesi ve Seçilen Soy Hatlarının Deneye Hazırlanması ....	14
3.3. Gelişim Süresi Deneyi .....	14
3.3.1. Yaşayabilirlik Deneyi .....	16
3.4. İstatistiksel Analizler .....	16
3.4.1.Yaşayabilirlik Analizi .....	17
3.4.2. Gelişim Süresi ve Reaksiyon Normlarının Analizi.....	17
3.4.3 Gelişim Süresi ile İklimsel Parametrelerin Analizi.....	19
4. BULGULAR .....	20
4.1.Yumurtadan Pupaya Gelişim Süresi.....	20
4.2. Pupadan Ergine Gelişim Süresi.....	22
4.3.Yumurtadan Ergine Gelişim Süresi .....	24
4.4. Yaşayabilirlik .....	26
4.5 Gelişim Süresinin Fenotipik Esnekliği ve Reaksiyon Normları.....	31
4.5.1 Yumurtadan Pupaya Gelişim Süresinin Fenotipik Esnekliği ve Reaksiyon Normları .....	31

4.5.2. Pupadan Ergine Gelişim Süresinin Fenotipik Esnekliği ve Reaksiyon Normları .....	33
4.5.3. Yumurtadan Ergine Gelişim Süresinin Fenotipik Esnekliği ve Reaksiyon Normları .....	35
4.6. İklimsel Parametrelerin Gelişim Süresi ile İlişkisi.....	38
5.TARTIŞMA .....	40
6.KAYNAKLAR .....	45
EKLER.....	52
Çizelge Ek-1. Yumurtadan pupaya, yumurtadan ergine ve pupadan ergine gelişim süresini gösteren betimleyici analizler. ....	52



## ŞEKİLLER

<b>Şekil 2.1.</b> <i>Drosophila</i> 'da vücut ve organ büyüklüğünün fizyolojik regülasyonunun gösterimi. ....	9
<b>Şekil 2.2.</b> Fenotipik esnekliğin hipotetik gösterimi.. ....	10
<b>Şekil 2.3.</b> Değişen çevre koşullarında fenotipik karakterler ve reaksiyon normu. ....	11
<b>Şekil 3.1.</b> Yumurta toplama kafesleri. ....	15
<b>Şekil 3.2.</b> Agar plakaların üzerine bırakılan yumurtaların mikroskop altında görünümü. ....	15
<b>Şekil 3.3.</b> Negatif eğime sahip bir doğru. ....	18
<b>Şekil 4.1.</b> 18°C'de yumurtadan pupaya ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi. ....	21
<b>Şekil 4.2.</b> 25°C'de yumurtadan pupaya ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi. ....	22
<b>Şekil 4.3.</b> 18°C'de pupadan ergine ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi. ....	23
<b>Şekil 4.4.</b> 25°C'de pupadan ergine ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi. ....	24
<b>Şekil 4.5.</b> 18°C'de yumurtadan ergine ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi. ....	25
<b>Şekil 4.6.</b> 25°C'de yumurtadan ergine ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi. ....	26
<b>Şekil 4.7.</b> 2014 yılına ait 18°C'de ve 25°C'de yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine yaşayabilirliklerin aylara göre kutu grafik olarak gösterimi. ....	28
<b>Şekil 4.8.</b> 2015 yılına ait 18°C'de ve 25°C'de yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine yaşayabilirliklerin aylara göre kutu grafik olarak gösterimi. ....	29
<b>Şekil 4.9.</b> 2016 yılına ait 18°C'de ve 25°C'de yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine yaşayabilirliklerin aylara göre kutu grafik olarak gösterimi. ....	30
<b>Şekil 4.10.</b> 2015 ve 2016 yıllarına ait Mayıs ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	31
<b>Şekil 4.11.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Haziran ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	31
<b>Şekil 4.12.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Temmuz ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	32
<b>Şekil 4.13.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ağustos ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	32

<b>Şekil 4.14.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Eylül ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	32
<b>Şekil 4.15.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ekim ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	32
<b>Şekil 4.16.</b> 2015 ve 2016 yıllarına ait Mayıs ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	33
<b>Şekil 4.17.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Haziran ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	34
<b>Şekil 4.18.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Temmuz ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	34
<b>Şekil 4.19.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ağustos ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	34
<b>Şekil 4.20.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Eylül ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	34
<b>Şekil 4.21.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ekim ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları. ....	35
<b>Şekil 4.22.</b> 2015 ve 2016 yıllarına ait Mayıs ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları. ....	36
<b>Şekil 4.23.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Haziran ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları. ....	36
<b>Şekil 4.24.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Temmuz ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları. ....	36
<b>Şekil 4.25.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ağustos ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları. ....	36
<b>Şekil 4.26.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Eylül ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları. ....	37
<b>Şekil 4.27.</b> 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ekim ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları. ....	37

## ÇİZELGELER

<b>Çizelge 3.1.</b> Soyların toplandığı Yeşilöz Kasabası'na ait iklimsel parametreler.	13
<b>Çizelge 4.1.</b> Yumurtadan pupaya gelişim süresi için genel doğrusal karma model sonuç özeti.....	20
<b>Çizelge 4.2.</b> Pupadan ergine gelişim süresi için genel doğrusal karma model sonuç özeti.....	22
<b>Çizelge 4.3.</b> Yumurtadan ergine gelişim süresi için genel doğrusal karma model sonuç özeti.....	24
<b>Çizelge 4.4.</b> Yumurtadan pupaya (Y-P), pupadan ergine (P-E) ve yumurtadan ergine (Y-E) ay-yıl bileşimi bakımından yaşayabilirliğin genel doğrusal karma model sonuç özeti.....	27
<b>Çizelge 4.5.</b> Yumurtadan pupaya gelişim süresi reaksiyon normları için genel doğrusal karma model sonuç özeti.....	33
<b>Çizelge 4.6.</b> Pupadan ergine gelişim süresi reaksiyon normları için genel doğrusal karma model sonuç özeti.....	35
<b>Çizelge 4.7.</b> Yumurtadan ergine gelişim süresi reaksiyon normları için genel doğrusal karma model sonuç özeti.....	37
<b>Çizelge 4.8.</b> Yumurtadan pupaya, pupadan ergine, yumurtadan ergine gelişim süresinin iklimsel parametreler ile analizi sonuçları.....	39

## SİMGELER VE KISALTMALAR

KO	Karelerin ortalaması
Sd	Serbestlik derecesi
KT	Kareler toplamı
Y-P	Yumurtadan pupaya
P-E	Pupadan ergine
Y-P	Yumurtadan pupaya



# 1. GİRİŞ

Çevresel değişkenler arasında önemli bir parametre olan sıcaklık canlıların dağılım alanı, üreme ve hayatta kalma gibi temel karakterlerini belirleyen güçlü bir seçicidir [1–3]. Sıcaklık, enlem ve rakım gibi mekansal olarak değişmekle birlikte mevsim gibi zamansal olarak da değişiklik göstermektedir [4–6]. Canlılar değişen çevre koşullarından etkilenmekte ve bu koşullara göre çeşitli adaptasyonlar göstermektedirler ve canlıların, sıcaklığa uyum yönünde yaptıkları bilinmektedir [7,8]. *D. melanogaster*'in Meigen,1830 (Diptera: Drosophilidae) ise değişen sıcaklıklara karşı uyum başarısının oldukça yüksektir [9,10]. Mevsimsel dalgalanmaların daha çok görüldüğü bölgelerde canlıların, değişen çevresel koşullara gösterdikleri uyum sayesinde hayatta kaldıkları bilinmektedir [11].

Canlılar, değişen mevsimsel döngüdeki abiyotik ve biyotik faktörlerden etkilenir ve belli başlı cevaplar üretirler. Üretilen birçok biyolojik cevap abiyotik mevsimsellik bileşenlerinden etkilenmekte ve bu cevaplar fenotipik esneklik ve yaşam öyküsü karakterleriyle yapılan çalışmalar ile anlaşılmaya çalışılmaktadır [12,13]. Yaşam öyküsü karakterleri bir canlının yaşamının başından sonuna kadar ve aradaki büyüme, olgunlaşma, hayatta kalma ve birçok karakter için tanımlanmaktadır [14,15]. Canlıların çevreye sağladığı uyum başarısı yaşam öyküsü karakterlerinin başarısına bağlıdır. Hayatta kalma, üreme başarısı, gelişim süresi ve yaşlanma yaşam öyküsü karakterlerine örnek olarak verilmektedir [3]. Yaşam öyküsü karakterlerinden olan gelişim süresi, canlıların biyolojisini ve değişen çevresel koşullarda hayatta kalma stratejilerini anlamak için oldukça önemlidir. Gelişim süresi, genetik olarak belirlenen ve çevresel değişkenlerden (sıcaklık, besin vb.) yüksek oranda etkilenen bir yaşam öyküsü karakteridir. Örneğin sıcaklık, fotoperiyot, besin gibi faktörler gelişim süresinde değişikliklere sebep olur [16,17]. Tam başkalaşım geçiren *D. melanogaster*'in ergin öncesi döneminde sıcaklık, hem hayatta kalma hem de metamorfoz gibi kritik gelişimsel evreleri bakımından önemli bir değişkendir [18]. Diğer yaşam öyküsü karakterleri gibi gelişim süresini de canlının çevreye verdiği cevabı ölçebilen bir karakter olarak değerlendirmek mümkündür.

Bir genotipin farklı çevresel koşullar altında fenotipini değiştirebilme yeteneği fenotipik esneklik olarak tanımlanmaktadır. Yaşam öyküsü karakterlerinin ifadesinde çevrenin etkili olması nedeniyle de fenotipik esneklik kavramı canlıların çevreye verdiği

cevapları anlamakta kritik önem taşımaktadır [19,20]. Bir genotipin farklı çevresel koşullarda birden fazla fenotip üretebilme yeteneği fenotipik esneklik iken üretilen fenotiplerin aralığı ise reaksiyon normu olarak tanımlanmaktadır [8,19]. Bu kapsamda bir yaşam öyküsü karakteri olan gelişim süresinde iki farklı sıcaklık için oluşan reaksiyon normlarının mevsimsel bir örüntü gösterip göstermediği sorusuna cevap aranacaktır.

Bu tez çalışmasında, Ankara ilinin Güdül ilçesine bağlı Yeşilöz Kasabası'ndan 2014, 2015 ve 2016 yıllarında, Mayıs-Ekim ayları arasında toplanan *D. melanogaster* populasyonlarının farklı iki sıcaklıktaki (18°C ve 25°C) yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine gelişim süreleri belirlenerek, yaşayabilirlik ve gelişim süresi reaksiyon normlarının mevsimsellik ile ilişkisi araştırılmıştır. Bunun yanı sıra belirlenen iki sıcaklık için gelişim süresinin yaşayabilirlikteki etkisi ve de soy hatlarının sıcaklığa verdiği cevaplar iklimsel parametreler ile ilişkileri incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre gelişim süresi, gelişim süresi reaksiyon normları ve yaşayabilirlik mevsimsellik göstermemiştir. Soy hatlarının sıcaklığa verdiği cevapların iklimsel parametreler ile ilişkileri incelendiğinde ise sadece 18°C'de pupadan ergine gelişim süresinin maksimum yağış ile bir ilişki gösterdiği bulunmuştur.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Mevsimsellik

Güneşten ısı, ışık alma süresi ve dolayısıyla iklim şartları bakımından farklılık gösteren, yıl içinde değişen dönemlere 'mevsim' denmektedir. Bilindiği üzere tropikal bölgelerde sıcaklık farklılıkları zamana bağlı olarak fazla değişiklik göstermezken ılıman kuşakta çevresel faktörler mevsimsel olarak dalgalanmaktadır. Bu nedenle de ılıman kuşakta canlılar, zamana bağlı olarak sürekli değişen heterojen bir çevreyle karşı karşıya kalmakta ve değişken koşullara gösterdikleri uyum sayesinde hayatta kalmaktadırlar. Populasyonların, tropikal kuşak gibi çevresel değişkenliğin fazla olmadığı homojen koşullarda geliştirdikleri adaptasyonlar ile zamana bağlı olarak sürekli değişen heterojen çevreye gösterdikleri adaptasyonlar değerlendirildiğinde, değişken habitat koşullarında daha karışık mekanizmalarla uyum sağlayarak farklılık gösterdikleri düşünülmektedir [19,21]. Bu nedenle populasyonların çevresel değişikliklere nasıl uyum sağladığını anlamak evrimsel biyoloji açısından önemlidir.

Tüm abiyotik (sıcaklık, ışık vb.) ve biyotik (bitkiler, mikroorganizmalar vb.) faktörlerin oluşturduğu 'çevre' dinamik bir olgudur ve canlılar buldukları çevrede çeşitli değişkenlerle karşı karşıya gelmekte ve bu değişikliklere adapte oldukları sürece hayatta kalabilmektedirler [22–26]. Çevresel değişimlerin ritmik olarak gerçekleştiği 'mevsimsellik' ise önemli bir seçici güçtür ve organizmalar çevresel faktörlerdeki mevsimsel değişime evrimsel uyarlamalar gösterir. Organizmaların mevsimsellik gösteren uyum başarısı karakterleri ise, genellikle organizmaların yaşadığı çevreye uzun ve sürekli bir adaptasyon sürecinin sonucu olduğu bilinmektedir [23,27]. Birçok biyolojik cevabın abiyotik ve biyotik mevsimselliğin çeşitli bileşenlerinden etkilendiği bilinmektedir. Bu biyolojik cevaplar ise fenotipik esneklik ve yaşam öyküsü karakterleriyle yapılan çalışmalar ile anlaşılmaya çalışılmaktadır [28].

Mevsimsel döngülerin olduğu ılıman kuşakta, iklimsel faktörler periyodik olarak değişmekte ve canlılar kısa zaman aralıklarında heterojen çevre ile karşı karşıya kalabilmektedir [27]. Zamana ve mekana bağlı olarak meydana gelen bu değişimler yaşam öyküsü karakterlerinin evrimini tetiklemektedir. Dönemsel üreme ve büyüme, mevsimsellik için birincil yaşam öyküsü adaptasyonlarıdır [28]. Yapılan çalışmalarda,

omurgasızların çeşitliliği ve populasyon büyüklüğünün [29], bitkilerdeki çiçeklenmenin [30], balıklarda üremenin ve besine ulaşmanın [1,31], kuşlarda davranış ve üremenin [32,33] ve memelilerde ise büyüme oranlarının [5] mevsimsellik gösterdiği bulunmuştur.

'Büyümenin ve üremenin gerçekleşebileceği zaman' mekansal ve zamansal olarak değişiklik göstermektedir. Bu değişikliklerin temeli ise iklimsel faktörlerdeki farklılıklara dayanmaktadır [3,12]. Mekansal ve zamansal olarak meydana gelen bu iklimsel farklılıklar canlılar için yılın her döneminde büyüme ve üreme için uygun koşullar oluşturmadığından canlılar hayatta kalmak için bazı özellikler geliştirmişlerdir. Mevsimsellik tam bu noktada bu olguyu anlamlandırabilmek için önemli bir kavramdır [15,26,34].

Mevsimsel olarak değişen gün uzunluğu (fotoperiyot) ve sıcaklık, birçok canlının yaşam döngüsünde oldukça etkin rol oynamaktadır. İpekböceği *Bombyx mori*'de fotoperiyodun larval büyüme ve gelişiminde önemli anlamda etkili olduğu gözlemlenmiştir [35]. Moli balığı *Poecilia sphenops*'de ise fotoperiyodun renklenmede etkili olduğu bulunmuştur [36]. Bitkilerde ise çiçeklenmede 3 ana fotoperiyot bulunmaktadır. Fotoperiyot kritik gün uzunluğuna göre bunlar: kısa gün bitkileri (SDP), uzun gün bitkileri (LDP) ve nötr bitkiler (DP) diye ayrılmaktadır [37]. Fotoperiyodun etkileri bitki çiçeklenmesinde önemli bir faktörken, büyüme ve gelişim hızını etkileyen birincil faktör sıcaklıktır. Aynı zamanda çiçeklenme ve tozlaşmada da sıcaklığın önemli bir faktör olduğu bilinmektedir [38].

Multivoltin canlılarda mevsimlerin neden olduğu çevresel değişiklikler populasyonların yaşam öyküsü karakterlerinin adaptasyonunu şekillendiren rejimler yaratabilir [19]. Ektoterm canlılar olan böceklerin çoğunun yaşam döngüsü bir yıldan daha kısadır ve *D. melanogaster* gibi vücut sıcaklığının regülasyonunun çevreye bağımlı olduğu bu türlerde sıcaklığın, canlının hayatta kalma başarısı, gelişim süresi, vücut büyüklüğü, sıcak-soğuk stres toleransı gibi karakterleri etkilediği bilinmektedir [7,39].

*D. melanogaster*, küresel yayılımı sayesinde iklimsel değişkenlere bağlı olarak mevsimsel adaptasyonların incelenebildiği böcek türlerinden biridir [40]. Bu türle yapılan genetik çalışmalar, kışın frekansı daha yüksek olan bazı aleller sayesinde kış populasyonlarının soğuk şokundan uyanma sürelerinin daha kısa olduğunu ve açlık toleransına daha dirençli oldukları bulunmuştur [27]. *D. melanogaster* ile aydan aya

yapılan karşılaştırmalarda Mayıs ayından Temmuz ayına geçen sürede vücut büyüklüğünde artış gözlenirken, Ağustos ve Eylül aylarında bu örüntünün tersine döndüğü gözlenmiştir [41]. *D. melanogaster*'in Kuzey Amerika populasyon ile yapılan bir immünite çalışmasında ise ilkbahar ve sonbaharda toplanan populasyonlar için, *Enterococcus faecalis* ile enfekte edilen ilkbahar populasyonunun sonbahar populasyonuna göre daha dirençli olduğu ortaya çıkmıştır [40]. Bu çalışmalar ışığında açlık toleransı, soğuk şokundan uyanma, vücut büyüklüğü ve immünitenin *D. melanogaster* populasyonlarında mevsimsel dalgalanmalar gösterdiğini söylemek mümkündür.

Böceklerin mevsimsel olarak değişen, zorlu çevresel koşullarda hayatta kalabilmek için geliştirdikleri yaşam öyküsü karakterinden biri de diyapozdur ve ışık ve sıcaklık gibi değişen çevresel koşullara verilen plastik bir yanıttır [42]. Diyapoz, birçok ılıman böcek taksonunda, omurgalı hibernasyonunda, nematodlarda dauer oluşumuna ve bitkilerde vernalizasyon ve dormansiye benzer bir şekilde bir dizi çevresel etkiye cevap olarak evrilmiş bir fenotiptir. Böcek diyapozu, fotoperiyod ve sıcaklık gibi çevresel değişkenler tarafından nöroendokrin yolaklar aracılığı ile belirlenen bir fenotipken, mevsimsel olarak, üreme ve diyapoza giriş arasındaki geçişin zamanlaması diyapoz için kritik öneme sahiptir [2]. Aynı zamanda fizyoloji, üreme ve hayatta kalma üzerinde yaygın etkileri olmasıyla birlikte kritik bir işlev bileşeni olarak görülmekte ve canlının kış koşullarında hayatta kalmasını sağlamaktadır. Diyapozun temel mekanizması, enerji kazanımı ve enerjinin depolanması, üreme pasifliği, yüksek stres toleransı ve uzun ömür mekanizması üzerine işlemektedir [14]. Kuzey Amerika populasyonlarında ve ülkemizde ılıman bölge populasyonu olan Yeşilöz populasyonunda mevsimsel salınımlar gösterdiğine dair bulgular mevcuttur [14, 41,43].

## **2.2. Yaşam Öyküsü Karakterleri**

Yaşam öyküsü teorisi, tür içinde ve türler arasında, genetik ve çevresel değişimin canlılardaki etkisini, organizmanın üremesi, gelişmesi ve hayatta kalabilirliğini araştırmaktadır [12]. Üreme ve hayatta kalma ile doğrudan veya dolaylı ilişki içerisinde olan fenotipik karakterlere ise yaşam öyküsü karakterleri denmektedir. 'Yaşam öyküsü karakteri' teriminin yerine 'uyum bileşenleri' de kullanılmaktadır [10,14,44]. Yaşam

öyküsü karakterleri, bireyin doğumundan ölümüne kadar olan süreci kapsamakta ve büyüme, olgunlaşma, üreme ve hayatta kalmanın temel modellerini tanımlamaktadır. Klasik tanıma göre bu karakterler, doğum oranı, büyüme örüntüsü, eşeyssel olgunluk yaşı ve eşeyssel olgunluğa ulaşıldığındaki vücut büyüklüğü, yavruların sayısı, vücut büyüklüğü ve cinsiyet oranı, yaşa ve büyüklüğe bağlı üreme başarısı, yaşa ve büyüklüğe bağlı ölüm oranı ve ömür uzunluğu olarak tanımlanmaktadır [10,12,44]. Bu tanımda uyum başarısını doğrudan etkileyen ve üreme ile ilişkili faktörler göz önünde bulundurulurken, günümüzde tanım genişletilerek üreme ve hayatta kalmayı doğrudan etkileyen faktörlerin yanı sıra dolaylı etkileyen morfolojik, fizyolojik ve davranışsal özellikler de yaşam öyküsü karakterleri olarak tanımlanmaktadır [14].

Sürekli değişen çevre koşullarından etkilenen yaşam öyküsü karakterlerinin değişen çevreye nasıl cevap verdiğini araştırmak, organizmaların bu değişikliklere karşı geliştirdikleri adaptif stratejileri anlamamızı sağlar. Bir genotipin, çevrenin etkisiyle çeşitli fenotipler oluşturabilme yeteneği olarak tanımlanan fenotipik esneklik, canlıların hayatta kalabilmeleri için geliştirdikleri önemli stratejilerden biridir [15,45]. Yaşam öyküsü karakterlerinin ifadesinde çevrenin etkili olması nedeniyle de fenotipik esneklik kavramı canlıların adaptasyon süreçlerini anlamakta kritik önem taşımaktadır. Fenotipik esneklik ve reaksiyon normu Bölüm 2.3.'de daha ayrıntılı olarak verilecektir.

Çevresel faktörlerden biri olan sıcaklık yaşam öyküsü karakterlerini etkilemektedir. Bir türün biyolojisini anlamak için, hayatta kalabilmesinde doğrudan etkili olan sıcaklık gibi temel faktörlerin etkisinin anlaşılması oldukça önemlidir [3,7]. Çevresel değişkenlere bağlı olarak türlerin fizyolojik, morfolojik ve davranış karakterlerini değiştirerek çeşitli cevaplar oluşturduğu bilinmektedir. Örneğin, *D. melanogaster*'de farklı sıcaklıklarda yapılan çalışmalarda yumurtlama, larval ve pupal hayatta kalma, gelişim süresi, eşleşme davranışı, vücut büyüklüğü, abdomen renklenmesi gibi özellikler açısından çeşitli cevaplar ürettiği bulunmuştur [15,45,46]. Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterleri olan yumurtadan pupaya, pupadan ergine, yumurtadan ergine gelişim sürelerinin ve yumurtadan pupaya ile yumurtadan ergine hayatta kalma oranlarının çevresel koşullardan etkilendikleri bilinmektedir [47,48].

Yaşam öyküsü karakterlerinin araştırmalarının temel amaçlarından biri de yaşam öyküsü karakterlerindeki trade-off'ların nasıl şekillendiğini anlamaktır. Yaşam öyküsü karakterleri teorisine göre, bir karakter için uyum başarısındaki artışa bağlı olarak diğer

karakterde bir azalma gerekleŖebilir ve buna “trade-off” (ödün-bedel) denilmektedir [10,14,44]. Yumurta veriminin azalmasına bağlı olarak ömür uzunluğunun artması ya da bu durumun tam tersi en iyi bilinen trade-off örneğidir [49–51]. Genel olarak, gelişim süresinin uzamasının yarattığı durum vücut büyüklüğündeki artış ile sonuçlanır. Daha büyük vücutlu erginler ise yüksek yumurta verimliliği ve hayatta kalma başarıları gösterir ve bu karakterler arasında trade-off meydana gelir [28]. Sıcaklığın gelişim süresini etkilemesinden dolayı vücut büyüklüğü de etkilenmekte ve artan sıcaklığa bağlı olarak gelişim süresinin kısalması ile vücut büyüklüğündeki azalma bu duruma örnek olarak verilebilir [52].

### **2.2.1. Gelişim süresi**

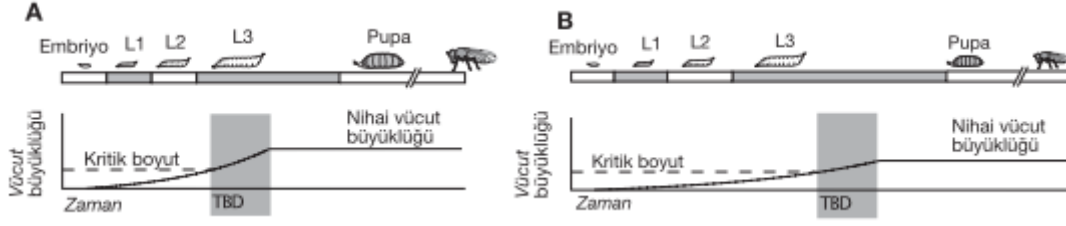
Sıcaklık, tüm biyolojik süreçleri etkileyen ve ektoterm canlıların fizyolojisi ve uyum başarısı üzerinde önemli etkileri olan çevresel bir faktördür [26,53–55]. Sıcaklık dışında fotoperiyot ve larval yoğunluk gibi çevresel faktörlerin de gelişim süresini etkilediği bilinmektedir [16,17,56–58]. Gelişim süresi özellikle holometabol canlılarda büyük öneme sahiptir. Holometabol canlılar için, ergin bireylere ait özellikler larval dönemde Ŗekillenirken sıcaklık ve besin gibi faktörlerin gelişim süresi de etkilenmektedir [59]. Holometabol canlılarda ergin öncesi yaşayabilirliği ve gelişim süresini etkileyen bu süreçleri incelemek, doğal popülasyonların evrimsel süreçlerini anlamak için esastır.

Gelişim süresinin uzunluğu birçok gen tarafından kontrol edilmekle beraber aynı zamanda karmaşık bir yapı gösteren bir fenotiptir. Gelişim süresi ile ilişkili yollarda bulunan genlerin ifadelerinin sıcaklıktan etkilendikleri ve canlıların farklı sıcaklıklarda farklı cevaplar oluşturdukları bulunmuştur [60]. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak gelişim süresinin kıaldığı ve bu kısalmanın da vücut büyüklüğünün küçülmesine neden olduğu bilinmektedir [47,61]. Sıcaklığın yanı sıra besin de gelişim süresini etkileyen bir faktördür. Daha büyük bir boyuta ulaşmak için uzayan beslenme periyodu gelişim süresinin uzamasına neden olmaktadır [57,58]. Ancak, besin yoksunluğu durumu gibi, çevre koşullarındaki olumsuzluk tolerans sınırlarının uç limitlerine yakın ise gelişim süresi uzamasına rağmen canlı vücut büyüklüğünü arttıramaz. Ancak

besinin kısıtlı olmadığı, canlının olumsuz çevre koşullarından etkilenmediği durumlarda gelişim süresi uzayan canlının vücut büyüklüğü de artacaktır [17,18,26].

Gelişim süresi ve yaşayabilirlik, *Drosophila*'da sıklıkla çalışılan yaşam öyküsü karakterleridir ve uyum başarısı üzerinde doğrudan etkilidirler [16,20,51]. Yaşayabilirlik ve gelişim süresinin çevresel koşullardan oldukça etkilendiği ve özellikle yaşayabilirlik için ergin öncesi dönemdeki çevresel koşulların kritik etkisi olduğu bilinmektedir [20,46]. Çevresel faktörler gelişim süresi ve yaşayabilirliği etkilediği gibi eşey oranını da etkilemektedir. Eşey oranını etkileyen çevresel faktörlerden sıcaklıkla yapılan bir çalışmada normal laboratuvar koşullarındaki sıcaklıklarda dişi sayısının erkek sayısına göre daha fazla olduğu bulunmuştur [62].

Gelişim süresi ve vücut büyüklüğünü üç faktör kontrol etmektedir. Bunlar: büyüme oranı, kritik bir boyuta ulaşmak için gereken süre ve pupasyonun başlangıcı ile metamorfoza karşılık gelen büyümenin durmasıdır. *D. melanogaster*'de yumurtadan ergin birey olana kadar geçen sürede, larvanın kritik boyuta ulaşması ve metamorfozu, gelişimini tamamlamak için gereken önemli süreçlerdendir [18]. Büyüme, embriyonik ve larva evreleri ile sınırlı olup, son larva dönemi başlangıcında kritik bir boyuta ulaşana kadar devam etmekte ve metamorfozun başlangıcında sona ermektedir. Metamorfozun başlaması ise son larva evresinde kritik bir boyuta ulaşılmasına bağlıdır [63]. Kritik boyutun elde edilmesi sonrasında terminal büyüme dönemi (TBD) adı verilen ve vücut ile organ büyümesinin sona erdirilmesini kapsayan evreler arasında bir gecikme dönemi vardır (Şekil 2.1.). Nihai vücut ve organ büyüklüğü, kritik boyuttaki vücut büyüklüğünü ve sonraki TBD'leri sırasında oluşan büyüme miktarı ile elde edilmektedir (Şekil 2.1. [A]). Kısıtlı beslenmenin büyüme hızını yavaşlattığı ancak kritik boyutu azaltmadığı veya TBD'ni genişletmediği gözlenmiştir. Kritik boyuttan önceki besin kısıtlaması, kritik boyutun elde edilmesini geciktirir ve toplam gelişim süresini uzatır ancak nihai vücut büyüklüğünü azaltmamaktadır. Kritik boyuttan sonraki diyet kısıtlaması, TBD sırasında büyümeyi yavaşlatır ve nihai vücut ve organ boyutunu azaltır, ancak toplam gelişim süresini arttırmadığı görülmektedir [59,63] (Şekil 2.1. [B]).



**Şekil 2.1.** *Drosophila*'da vücut ve organ büyüklüğünün fizyolojik regülasyonunun gösterimi. A: Vücut büyüklüğünün optimum beslenme koşulları altında şekillenmesi. B: Besinin azaldığı durumlarda vücut büyüklüğünün şekillenmesi [59].

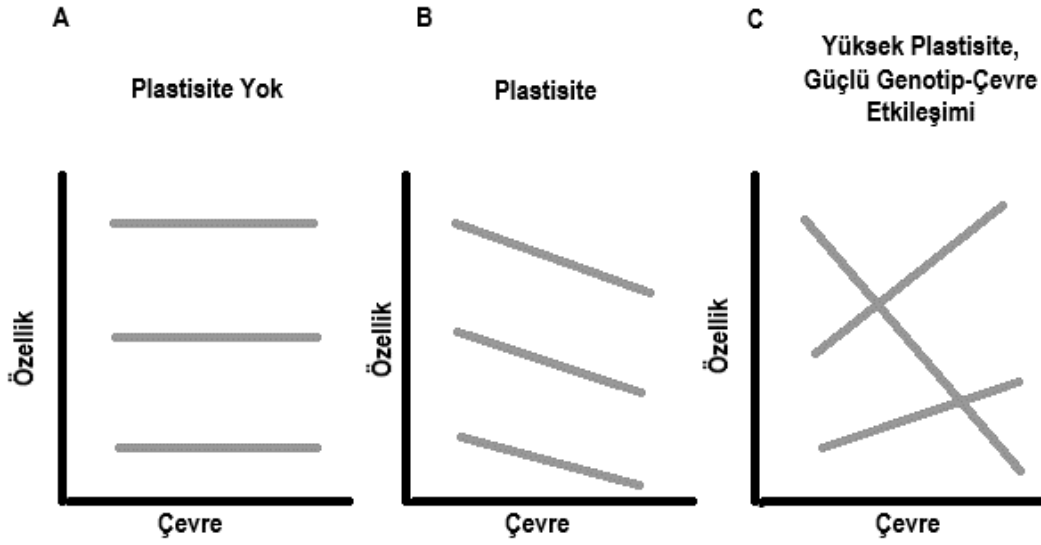
Son larva aşamasının bir noktasında, dolaşımdaki juvenil hormonu (JH) seviyesindeki azalma ile kritik boyut veya kritik ağırlık olarak adlandırılan belirli bir vücut büyüklüğü oluşmaktadır [64]. Son larva aşamasındaki larvanın, beslenmeyi bıraktığındaki vücut büyüklüğü ergin boyutunu belirlemektedir. Bu evrenin fizyolojik kontrolü tütün kurdu *Manduca sexta*'da ile yapılan çalışmalarla anlaşılmış, kritik boyuta ulaştıktan sonra geri dönüş olmaksızın büyümenin durduğu ve bu aşamadan sonra metamorfoza geçiş sürecinin başladığı tespit edilmiştir [65]. Diğer holometabol böceklerde boyut regülasyonun fizyolojik mekanizmaları daha az açıklığa kavuşturulmuş olmakla birlikte, kritik büyüklüğün elde edilmesi ile vücut büyümesinin sona erdirilmesi arasında bir gecikme dönemi olduğu bilinmektedir. *D. melanogaster*'de ise pupasyona geçiş süreci son larva aşamasında larvanın kritik boyuta ulaşmasıyla başlamaktadır [66].

### 2.3. Fenotipik Esneklik ve Reaksiyon Normu

Bir genotipin, fenotipini farklı çevresel koşullar altında değiştirebilme yeteneği fenotipik esneklik olarak tanımlanmaktadır [8,10,19,20,54]. Değişen çevresel koşullar altında tek bir genotipin üretebileceği farklı fenotip aralığı ise reaksiyon normudur [10,19,61]. Bu durum da fenotipik esneklik ile açıklanmaktadır. Bir karakterin farklı çevrelerde aynı fenotipi üretebilme yeteneği ise kanalizasyondur (canalization) ve esnekliğin aksine, fenotiplerin çevresel değişimlerden etkilenmemesini sağlayan bir mekanizmayı tanımlamaktadır [19].

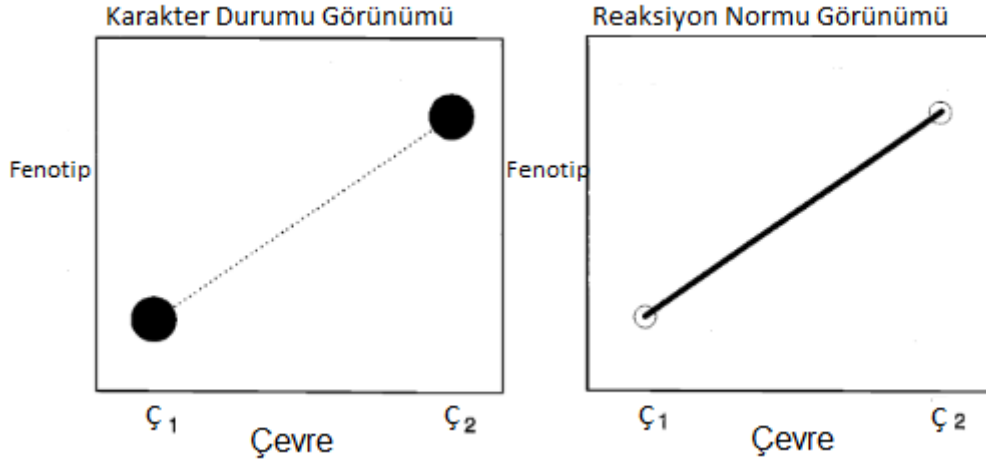
Aynı genotipe sahip bireylerin farklı çevresel koşullara verdiği cevaplar Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Buna göre Şekil 2.2 [A]'da görüldüğü gibi ilk grafikte çevre koşullarının değişmesine rağmen aynı genotip farklı fenotipler üretmemiştir. Bu tip

durumlarda esnekliğin varlığından bahsedilmemekte ve söz konusu karakter bakımından kanalizasyon gösterdiği söylenmektedir. İkinci grafikte aynı genotip (Şekil 2.2 [B]) değişen çevresel koşullara göre farklı fenotipler ürettiğinden esneklik görülmekte ve grafikteki her bir çizgi ilgili karakterin reaksiyon normunu göstermektedir. Şekildeki son grafikte (Şekil 2.2. [C]) ise aynı genotiplerin çevreye bağlı olarak ürettiği farklı fenotiplerin reaksiyon norm eğrilerinin çakışması yüksek esneklik ve güçlü bir genotip-çevre etkileşimi olduğunu göstermektedir.



**Şekil 2.2.** Fenotipik esnekliğin hipotetik gösterimi. A: Çevre koşullarının değişmesine rağmen farklı fenotipler üretilmemiş ve kanalizasyon göstermiştir. B: Değişen çevre koşullarına göre farklı fenotipler üretildiği için fenotipik esneklik göstermiştir. Her bir çizgi reaksiyon normunu ifade etmektedir. C: Değişen çevre koşullarında görülen fenotiplerin reaksiyon norm eğrileri çakıştığından, yüksek esneklikten ve güçlü bir genotip-çevre etkileşimi olduğunu göstermektedir.

Doğada esneklik gösteren tepkiler yaygındır ve genotip-çevre etkileşimlerinde ( $G \times \Ç$ ) genetik varyasyonun yaygın olduğu bildiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır [4,10,16,67,68]. Fenotipik esnekliği ve genotip-çevre etkileşimlerini ( $G \times \Ç$ ) değerlendirmek için ise reaksiyon normları ölçülmektedir [52,69,70]. Bir reaksiyon normu, bir genotipe ait bir karakterin ifadesidir. Yaşam öyküsü karakterlerinin, değişen çevre koşullarında oluşturduğu fenotipik karakterlerin açıklanması için reaksiyon normları oldukça önemlidir [12] (Şekil 2.2. ve Şekil 2.3.).



**Şekil 2.3.** Değişen çevre koşullarında fenotipik karakterler ve reaksiyon normu [68].

Mevsimden mevsime değişen sıcaklık, fenotipik esnekliği etkileyen çevresel bir faktördür. Aynı zamanda fenotipik esneklik, bir organizmanın çevresel koşulların değiştiği durumlarda, hayatta kalmak için geliştirdiği önemli stratejilerden biridir [8,15,45]. Çevresel sıcaklığının vücut sıcaklığını belirlemesine rağmen ektoterm, çok çeşitli yaşam alanlarında bulunmaktadır. Buldukları çeşitli yaşam alanlarında farklı çevresel sıcaklıklarla karşılaştıklarından, bu çevresel koşullara farklı cevaplar ve farklı seviyelerde fenotipik esneklik ve reaksiyon normu potansiyellerini ortaya çıkaracaklardır [32,71].

Esnekliğin anlaşılması için “common garden” deneylerinde gerçekleştirildiği gibi anasal etkiyi ortadan kaldırmak için deneye hazırlık aşamasında, populasyonlar sabit sıcaklıklarda tutulmaktadır [72]. Belirli çevresel koşullara uyum sağlamış populasyonların ortak çevresel koşullarda karşılaştırarak fenotipik esneklik ve belirli bir dereceye kadar genotip-çevre etkilerinin analiz edilmesi sağlanmaktadır [68]. Gelişim süresinde etkili olan faktörlerin birçok karakter için fenotipik esneklik gösterdiği bilinmektedir [19,73]. van Heerwaarden ve Sgrò 'nin [19], tropikal ve ılıman bölgeden topladığı iki farklı *Drosophila* türüne ait (*D. melanogaster* ve *Drosophila simulans*) olan farklı populasyonlarla üç sıcaklık kullanarak termal stres direnci ve vücut büyüklüğü karakterleri için yaptıkları çalışmada bu karakterlerin, fenotipik esnekliklerini ve reaksiyon normlarını analiz etmiş ve karakterlerin fenotipik esneklik gösterdiğini bulmuşlardır. Buna göre ılıman bölgedeki *D. melanogaster* dişi bireylerinin 25°C'deki toraks büyüklüğünün daha fazla olduğu bulunmuş ve genetik farklılıkların, morfolojik ve iklimsel stres direnci özelliklerinde de etkili olabileceği ortaya koyulmuştur [83].

Petino Zappala ve arkadaşlarının [20] yaptığı çalışmada üç doğal *D. melanogaster* popülasyonundan oluşturulmuş soy hatlarının iki farklı sıcaklıkta (17°C ve 25°C), ergin öncesi yaşayabilirlikleri incelenmiş, üç popülasyonun da önemli fenotipik farklılıklar gösterdiği gözlenmiş, reaksiyon normları ortaya konmuş ve yaşayabilirliğin, 25°C'de daha yüksek olduğu bulunmuştur. Yapılan bu çalışmalar doğrultusunda mevsimsel sıcaklık değişimlerinin, canlının hayatta kalma sınırlarını belirlediği bulunmuştur. Aynı zamanda mevsimsel sıcaklık değişimleri, bir yaşam öyküsü karakteri olan gelişim süresini etkilediği bilinmektedir.



### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Çalışma Alanı, Soyların Toplanması ve Çoğaltılması

Tez kapsamında deneylerde kullanılan *D. melanogaster* soyları, TÜBİTAK 214Z238 numaralı proje kapsamında Ankara ilinin Güdül ilçesine bağlı Yeşilöz Kasabası'ndan (40°15'17.4"N 32°15'53.1"E), 2014, 2015 ve 2016 yıllarında, Mayıs-Ekim ayları arasında toplanmışlardır [41, 43, 86]. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan soyların toplandığı yıl ve aylara ait Yeşilöz'ün sıcaklık, yağış ve nem verileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Soyların toplandığı Yeşilöz Kasabası'na ait iklimsel parametreler.

Yıl	Ay	Sıcaklık (°C)			Nem (%)			Yağış (mm)	
		Ort.	Maks.	Min.	Ort.	Maks.	Min.	Ort.	Maks.
2014	Haziran	19,4	34,7	8,1	61	100	11	83,6	20,1
	Temmuz	25,1	37,3	12,3	42,2	95	10	9,1	7,7
	Ağustos	25,6	37,8	13,6	41,6	95	5	30	29,4
	Eylül	18,9	36,5	4,3	57	100	11	56,4	20,5
	Ekim	13,2	26,8	-0,9	69,1	99	16	56,3	12,7
2015	Mayıs	16,8	33	3,2	57,2	100	8	66,3	25,7
	Haziran	18,2	29,4	9,4	73,8	100	17	152,6	35,3
	Temmuz	24,2	37,3	11,8	44,2	99	6	0	0
	Ağustos	24,6	35,8	11,5	47,3	100	9	21,2	16,6
	Eylül	23	36,2	12,3	43,3	95	4	2,7	1,5
2016	Ekim	14,1	27,8	-0,4	68,4	100	21	21,7	10
	Mayıs	14,6	29,8	3,1	70,6	100	19	61,1	10,3
	Haziran	21,7	36,8	7,3	53,4	100	12	15,9	6,9
	Temmuz	24,6	37,7	11,6	42,5	100	5	2,4	1,2
	Ağustos	25,7	38,2	12,3	43,3	100	9	4,5	1,7
2016	Eylül	19	35,1	4	50,4	100	12	32,3	16,5
	Ekim	13,1	28,9	-0,7	56,7	100	15	2,6	1,2

Bu soylar doğadan toplandıktan sonra laboratuvar ortamında kendileştirilmiş ve kendileştirme süreci tamamlandıktan sonra birçok çalışma ve projede kullanılmışlardır. Soy hatlarının kültürü, Nüve marka iklim dolaplarında 25°C, %60 nem ve 12:12 saat aydınlık/karanlık ışık periyodunda, standart besiyerinde (1 litre su için 45 g mısır unu, 50 g şeker, 35 g maya, 10 g agar, ve 5 ml Propiyonik asit ile 7 ml alkol içerisinde çözdürülen 1.4 g metil paraben) yapılmıştır.

Doğadan toplandıktan sonra her bir dişi bir tüpe aktararak oluşturulan izodişi (isofemale) soy hatları kendileştirme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Buna göre her bir dişiden gelen izodişi soy hatları full-sibling (tam kardeş eşleşmesi) yöntemiyle 20 kuşak boyunca kendileştirilmiştir [74]. Kendileştirilen soy hatlarının, tüm genom bakımından %98-100 oranında homozigot olduğu kabul edilmektedir [74]. Her bir

kendileşmiş soy hattı köken aldığı populasyonun sahip olduğu genetik varyasyonları belirli bir ölçüde temsil eder ve populasyona ait birçok soy hattı birlikte değerlendirildiğinde populasyonun genetik çeşitliliği hakkında bilgi sağlar [75].

### 3.2. Soy Hatlarının Seçilmesi ve Seçilen Soy Hatlarının Deneye Hazırlanması

Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinin mevsimsellik ile ilişkisini belirlemek amacıyla, 2014, 2015 ve 2016 yıllarında, Mayıs-Ekim ayları arası her aya ait oluşturulmuş kendileşmiş soy hatlarından, rastgele 80 soy hattı seçilerek kullanılmıştır. Rastgele seçim yapılırken her yıl ve her aydan beş adet soy hattı seçilmiştir. Ancak 2014 Ağustos, 2016 Ağustos ve 2015 Eylül aylarından dört ve 2015 Haziran ayından üç soy hattı kullanılabilmiştir. 2014 Mayıs ayına ait soylarının kültürü bulunmadığından deneyi gerçekleştirilememiştir.

Çalışmanın amacı stres yanıtını ölçmek olmadığından deney için seçilen sıcaklıklar *D. melanogaster*'in termal hoşgörüsü sınırları içerisinde yer alan 18°C ve 25°C olarak belirlenmiştir [11]. Anasal etkilerin deneyi etkilememesi ve sonuçların sadece sıcaklık ve mevsimsel genotiplerin bir fonksiyonu olarak değerlendirilebilmesi için tüm soy hatları deneye alınmadan önce iki jenerasyon süresince 21°C ve %60 nem koşullarındaki iklim dolaplarında iki replika olacak şekilde tutulmuştur.

### 3.3. Gelişim Süresi Deneyi

Gelişim süresi deneyi için öncelikle yumurta bırakacak 3-5 gün yaş aralığındaki ergin bireyler, deney öncesi alışma süreci için 24 saat boyunca besiyerli plakların bulunduğu yumurta toplama kafeslerine alınmıştır (Şekil 3.1.). 24 saat sonra yumurta toplama kafeslerindeki besiyerli plaklar yumurta toplama işleminin kolaylıkla gerçekleştirilebilmesi için %2'lik agar dökülmüş plaklarla değiştirilmiştir. Agar plakları ortasına, yumurta verimini arttırmak ve olası açıklığın yaratacağı olumsuz etkileri önlemek için su ve mayadan oluşan bir karışım konulmuştur. Agar plaklarının üzerine bırakılan yumurtalar (Şekil 3.2.) dört saatlik periyotlarla mikroskop altında ince uçlu pensle toplanarak her bir soy hattı için 7 ml besiyeri içeren tüplere 40'ar adet olmak üzere aktarılmış, her bir tüp için yumurta ekim saati gelişim süreci başlangıcı olarak

kaydedilmiştir. Besiyerine ekilen yumurtalar, gelişim süresi, yaşayabilirlik ve reaksiyon normlarının ölçülmesi için her bir soy hattı ve her iki sıcaklık koşulu için 5'er teknik tekrar olmak üzere toplanmış ve deney başlatılmıştır.



**Şekil 3.1.** Yumurta toplama kafesleri.



**Şekil 3.2.** Agar plakaların üzerine bırakılan yumurtaların mikroskop altında görünümü.

Ekilen yumurtaların pupasyona geçişini takiben, 25°C'de ortalama 5. günde, 18°C'de ise ortalama 10. günde, kontroller başlamıştır. Geceleri metabolik aktivitenin yavaş olması ve pupasyon ve ergin çıkışlarının çoğunlukla sabaha karşı ve akşam üzeri olduğu bilindiğinden bu kontroller sabah (08:30), öğle (12:30) ve akşam (16:30) olmak üzere, gün içerisinde 4 saat aralıklarla yapılmıştır. Her yeni oluşan pupa ve ergin çıkışı kontrol zamanlarında kaydedilmiştir. Ergin çıkışını takiben eşey belirlenmiş, bu işlem her bir tüpten son ergin birey çıkıncaya kadar devam ettirilmiştir.

Deney sonucunda, gelişim zamanı bileşenleri olan: yumurtadan pupaya (Y-P), pupadan ergine (P-E), yumurtadan ergine (Y-E) gelişim süreleri “saat” olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.1. Yaşayabilirlik Deneyi

Her bir soy hattına ait her bir tüpe ekilen yumurtalar için, oluşan pupa sayısının ekilen yumurta sayısına bölümüyle (pupa sayısı ÷ 40) yumurtadan pupaya (Y-P), çıkan ergin sayısının oluşan pupa sayısına bölümüyle (ergin sayısı ÷ pupa sayısı) pupadan ergine (P-E) ve çıkan ergin sayısının ekilen yumurta sayısına bölümüyle (ergin sayısı ÷ 40) yumurtadan ergine (Y-E) yaşayabilirlik oranları hesaplanmıştır. Çıkan erginlerden erkek sayısının dişi sayısına bölünmesi ile de eşey oranları hesaplanmıştır.

### 3.4. İstatistiksel Analizler

Gelişim süresi deneyinde 80 soy hattına ait gelişim süreleri 18°C ve 25°C sıcaklıkta kaydedilerek, her bir soy hattı için gelişim süresi belirlenmiştir. Mevsimselliğin değerlendirilmesi amacıyla her bir soy hattının toplandığı 2014, 2015 ve 2016 yıl ve Mayıs-Ekim ayları da veriye eklenmiştir. Tüm veriler bir araya getirildikten sonra, bir soy hattının belirli bir sıcaklıkta replika tüpleri arasındaki farklılıklar belirlenmiş, uç değer (outlier) olan tüpler, üreme olmayan tüpler analizlerden çıkartılmıştır.

Elde edilen veriler “genel doğrusal karma model” ve sonrasında post-hoc testleri ile analiz edilmiştir. Analizler R programı (v.4.0.2) [76] kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Programda “lme4”, “lmerTest” [77], “lsmeans” ve “emmeans” [78] paketleri kullanılmış, model oluştururken iç içe geçmiş rassal (random) faktörler bulunduğundan “lmer” fonksiyonu kullanılıp “Restricted Maximum Likelihood” metodu seçilerek analizler yapılmıştır. Gelişim süresi analizleri için oluşturulan modelde faktörler ay-yıl, soy hattı ve replika olarak belirlenmiştir. Model için sabit etkili (fixed effect) olarak ay-yıl belirlenmiştir. Rassal etkili (random effect) olarak da soy hattı ve replikalar, ay-yıl ile iç içe (nested) geçirilmiştir. Yumurtadan ergine gelişim süresi için analizde ise modele ek olarak eşey, rassal değişkenlere dahil edilip replika içerisine nest edilmiştir. Ay ve yıl

model için birleştirilmiş ve her iki sıcaklık için analizler ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. İkili karşılaştırmalar için “Tukey” *post-hoc* testi kullanılmıştır. Oluşturulan modeller için: *time*=gelişim süresi, *comp* = ay-yıl birleştirilmiş, *line* = soy hattı, *rep* = replika, *month* = ay, *year* = yıl, *sex* = eşey, *sur* = yaşayabilirlik, *interceptcoef* = kesişme katsayısı, *slopecoe f*= eğim katsayısı, *meantemp* = ortalama sıcaklık, *maxtemp* = maksimum sıcaklık, *mintemp* = minimum sıcaklık, *meanhum* = ortalama nem, *maxhum* = maksimum nem, *minhum* = minimum nem, *meanRain* = ortalama yağış ve *maxRain* = maksimum yağışı ifade etmektedir.

### 3.4.1.Yaşayabilirlik Analizi

Yaşayabilirlik analizi için yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine yaşayabilirlik ve eşey oranları yüzde olarak hesaplanmış ve analizde sıcaklıklar ayrılıp yaşayabilirliğin tüm bileşenleri için ayrı ayrı olmak koşulu ile

$$lmer(sur \sim comp + (1 | line : comp))$$

modeli kullanılarak genel doğrusal karma model analizi yapılmıştır.

### 3.4.2. Gelişim Süresi ve Reaksiyon Normlarının Analizi

Yumurtadan pupaya ve pupadan ergine gelişim süresinde ay-yıl birleştirilmiş (*comp*) her iki sıcaklık için ayrı ayrı kullanılan model

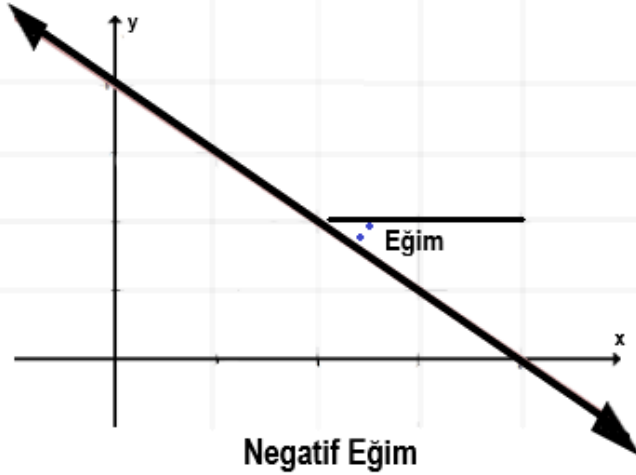
$$lmer(time \sim comp + (1 | line : comp) + (1 | rep : line : comp))$$

şeklinde oluşturulmuştur. Yumurtadan ergine gelişim süresinde ise rassal değişkenlere eşey dahil edilerek

$$lmer(time \sim comp + (1 | line : comp) + (1 | rep : line : comp) + (1 | sex : rep : line : comp))$$

modeli oluşturulmuş ve genel doğrusal karma model analizi yapılmıştır. Aylar arası ortalama gelişim sürelerinin farklılıklarının karşılaştırılması “Tukey” *post-hoc* testiyle yapılmıştır.

Reaksiyon normu varyasyonlarını belirlemek için kesişme katsayısı (intercept coefficient) ve eğim katsayısı (slope coefficient) kullanılmıştır. Şekil 3.3'de verilen grafik negatif eğime sahip bir doğruyu göstermektedir. 18°C ve 25°C'deki gelişim süreleri arasındaki ilişki de düşük sıcaklıkta daha uzun süren gelişimin bir sonucu olarak negatif bir eğime sahiptir. Reaksiyon normunu analiz edebilmek için farklı çevrelerde bulunan genotiplerin ifade ettikleri fenotipler arasındaki doğrusal ilişki ile elde edilen geometrik koordinatlar değişken olarak kullanılmaktadır.  $x$  ve  $y$  eksenleri arasındaki doğrunun  $y$  ekseninin kestiği nokta " $y$  kesişme katsayısı",  $x$  ekseninin kestiği nokta ise " $x$  kesişme sayısı"ni vermektedir. " $Eğim$  katsayısı" ise  $y$  eksenini boyunca meydana gelen farkın  $x$  eksenini boyunca meydana gelen farkın bölünmesi ile oluşmaktadır. Kesişme katsayısı reaksiyon normlarının yönü hakkında bilgi verirken, eğim katsayısı çevresel değişkene verilen cevap hakkında bilgi vermektedir.



**Şekil 3.3.** Negatif eğime sahip bir doğru.

Her soyun 18°C ve 25°C'deki gelişim sürelerinin ortalamaları arasındaki doğru ile oluşturdukları eğimini bulmak için

$$s_{ab} = \frac{\bar{z}_b - \bar{z}_a}{b - a}$$

eşitliği kullanılmıştır [79]. Eşitlikteki " $s$ " eğimi (slope), " $a$ " ve " $b$ " çevreyi yani deneyde kullanılan 18°C ve 25°C'yi ifade etmektedir. Aynı genotipin  $a$  ve  $b$  çevrelerinde ifade ettiği fenotipleri ise " $z_a$ " ve " $z_b$ "dir. Böylece 18°C ve 25°C arasındaki eğim, 25°C'deki gelişim süresinden 18°C'deki gelişim süresinin farkını, sıcaklıkların farkına bölümü ile bulunmuştur.

18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine gelişim sürelerini ve gelişim sürelerindeki reaksiyon normlarını belirleyebilmek için, yapılan qqplot grafikleri “doBy” [80], “plyr” [81], “ggplot2” [82] paketleri kullanılarak oluşturulmuştur. Gelişim süresindeki reaksiyon normları grafiklerinde tüm soy hatları için doğrusal ilişki görüldüğünden lineer regresyon modeli (lm) kullanılmıştır. Model için “lme4” paketi kullanılmış ve yıllar ayrılarak yıl içindeki ayların kesişim ve eğim katsayılarıyla analizi

$$lm(interceptcoef \sim month)$$
$$lm(slopecoef \sim month)$$

modelleri kullanılarak (ANOVA) yapılmıştır. İkili karşılaştırmalar için “Tukey” *post-hoc* testi kullanılmıştır.

### 3.4.3 Gelişim Süresi ile İklimsel Parametrelerin Analizi

Gelişim süresinin, Çizelge 3.1’de verilen Yeşilöz Kasabası’na ait iklimsel parametreler (ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık, ortalama, maksimum ve minimum nem, ortalama ve maksimum yağış) ile arasındaki ilişkiyi açıklamak için “lm” fonksiyonu kullanılarak lineer regresyon analizi yapılmıştır. İklimsel parametrelerle yapılan analizde her bir parametre ayrı ayrı olmak üzere aşağıdaki modeller kullanılarak analiz edilmiştir.

$$lm(time \sim meantemp + month + year)$$
$$lm(time \sim maxtemp + month + year)$$
$$lm(time \sim mintemp + month + year)$$
$$lm(time \sim meanhum + month + year)$$
$$lm(time \sim maxhum + month + year)$$
$$lm(time \sim minhum + month + year)$$
$$lm(time \sim meanRain + month + year)$$
$$lm(time \sim maxRain + month + year)$$

## 4. BULGULAR

Yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine gelişim süresi, tüm soy hatları için iki sıcaklıkta (18°C ve 25°C) ölçülmüştür. Soylar arası farkları görebilmek için toplandıkları aya göre iç-içe geçirilerek (nested) analiz gerçekleştirilmiştir. Yumurtadan pupaya ve pupadan ergine gelişim süresi analizinde bağımlı değişken gelişim süresi alınırken, bağımsız değişken ay ve yıl, rastgele değişkenler ise soy ve replika kullanılmıştır. Replika, soy içerisinde soylar ise ay ve yıl içerisinde nest edilmiştir. Yumurtadan ergine gelişim süresi genel doğrusal karma model analizinde ise buna ek olarak eşey, rastgele değişkenlere dahil edilip replika içerisinde nest edilmiştir. Ölçülen tüm karakterlere ait betimleyici istatistikler Çizelge Ek1'de verilmiştir.

### 4.1.Yumurtadan Pupaya Gelişim Süresi

Yumurtadan pupaya gelişim süresi için yapılan analizler sonucunda 18°C ve 25°C arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,0001$ ) bulunmuştur. Yumurtadan pupaya gelişim süresi bakımından soylar arası farklar toplandıkları aya bağlı olarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1.'de verilmiştir. 18°C ve 25°C'de yumurtadan pupaya gelişim süresi ile ay-yıl bileşimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmüştür ( $p < 0,0001$ ).

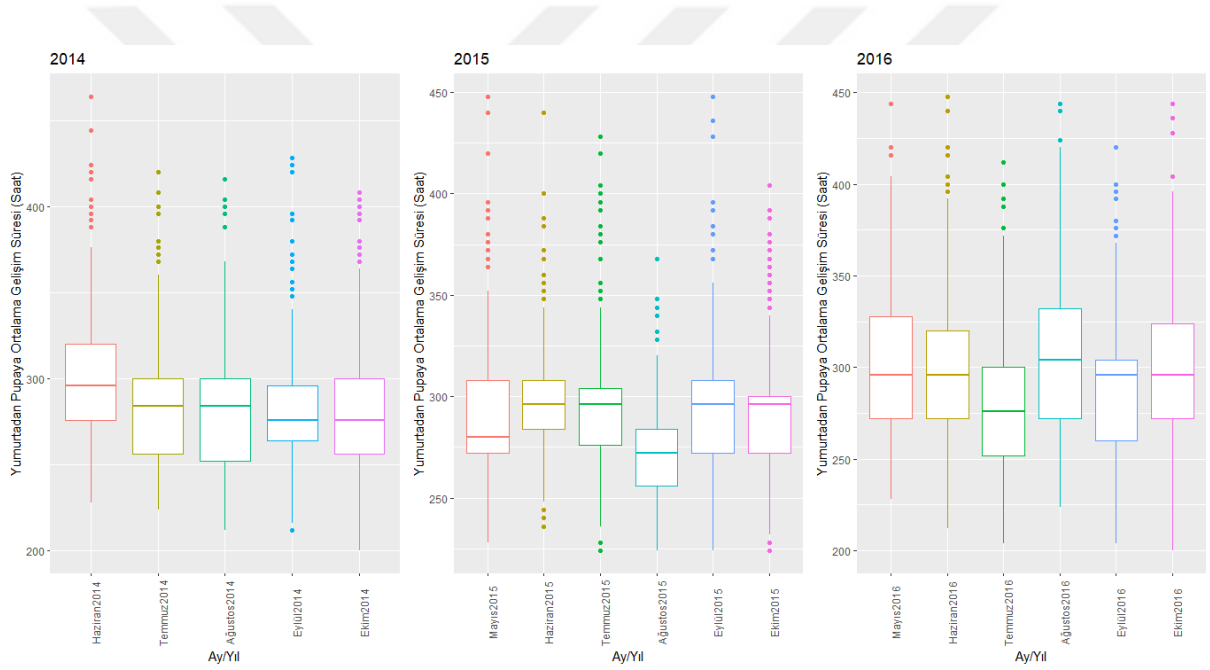
**Çizelge 4.1.** Yumurtadan pupaya gelişim süresi için genel doğrusal karma model sonuç özeti.

Sıcaklık	KT	KO	sd	F	p
18°C	79030	4939,3	16	5,844	<0,0001***
25°C	11456	716,02	16	3,215	<0,0001***

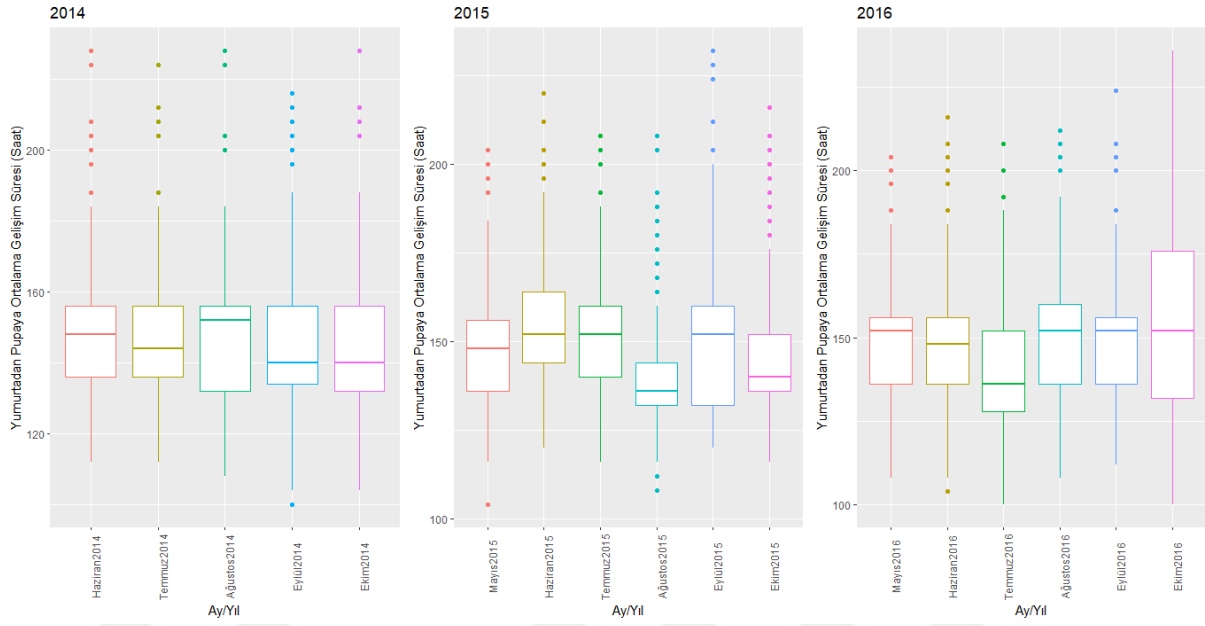
KT: Kareler Toplamı, KO: Karelerin Ortalaması, sd: Serbestlik derecesi, \*\*\* $p < 0,0001$

Yumurtadan pupaya ortalama gelişim süresini gösteren grafikler Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de, betimleyici istatistikler ise Çizelge Ek1'de verilmektedir. Grafikler incelendiğinde hem 18°C hem de 25°C'de yumurtadan pupaya ortalama gelişim süreleri mevsimsel

bir örüntü göstermemektedir. Örneğin 18 °C'de 2014 yılında ortalama gelişim süresi Haziran ayında en uzun ve Eylül ayında en kısadır. 2015 yılında ise ortalama gelişim süresi en kısa ortalama gelişim süresine Ağustos ayı sahiptir. 2016 yılında ise en uzun ortalama gelişim süresine sahip ay Ağustos, en kısa ortalama gelişim süresine sahip ay Temmuz'dur (Şekil 4.1). Yani bazı aylar arası fark mevcut olmakla birlikte yıldan yıla korunan aya bağlı bir örüntü bulunmamaktadır. 25°C'de 2015 yılında Haziran ayı en uzun, Ağustos ayı en kısa ortalama gelişim süresine sahiptir. 2016 yılında en uzun ortalama gelişim süresi Ekim ayında göstermekte ve en kısa ortalama gelişim süresine Temmuz ayı sahiptir (Şekil 4.2). Aynı yılın ayları arası yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır.



**Şekil 4.1.** 18°C'de yumurtadan pupaya ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi.



**Şekil 4.2.** 25°C’de yumurtadan pupaya ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi.

#### 4.2. Pupadan Ergine Gelişim Süresi

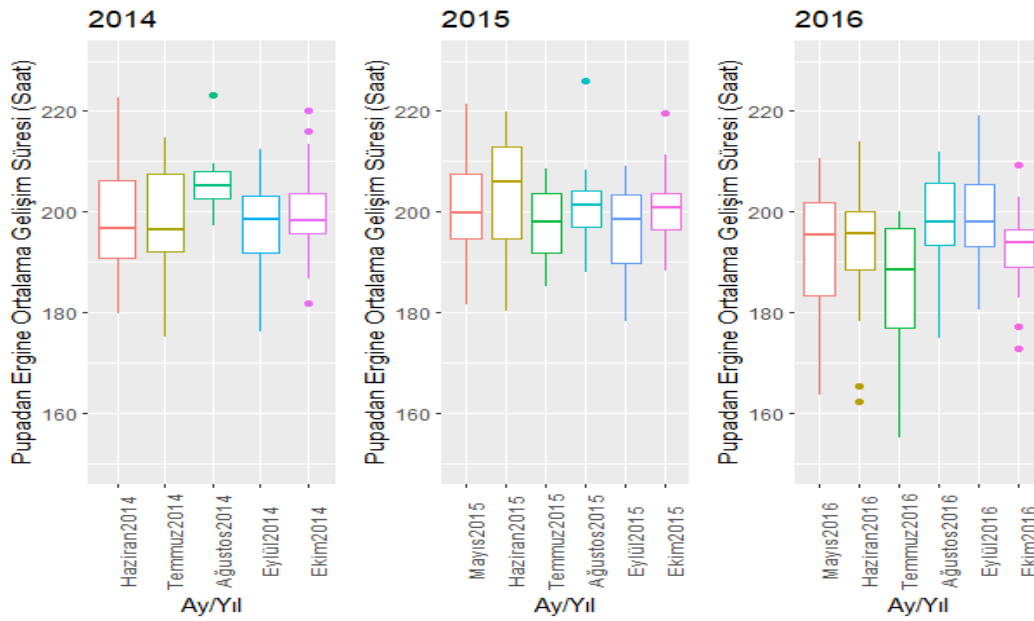
Yumurtadan pupaya gelişim süresinde olduğu gibi yapılan analizler sonucunda 18°C ve 25°C arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0.001$ ) bulunmuştur. Pupadan ergine gelişim süresi bakımından soylar arası farklar toplandıkları aya bağlı olarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2. de verilmiştir. 18°C’de pupadan ergine gelişim süresi ay-yıl bileşimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermiştir ( $p = 0.019$ ). 25°C için de pupadan ergine gelişim süresi ay-yıl bileşimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p = 0.731$ ).

**Çizelge 4.2.** Pupadan ergine gelişim süresi için genel doğrusal karma model sonuç özeti.

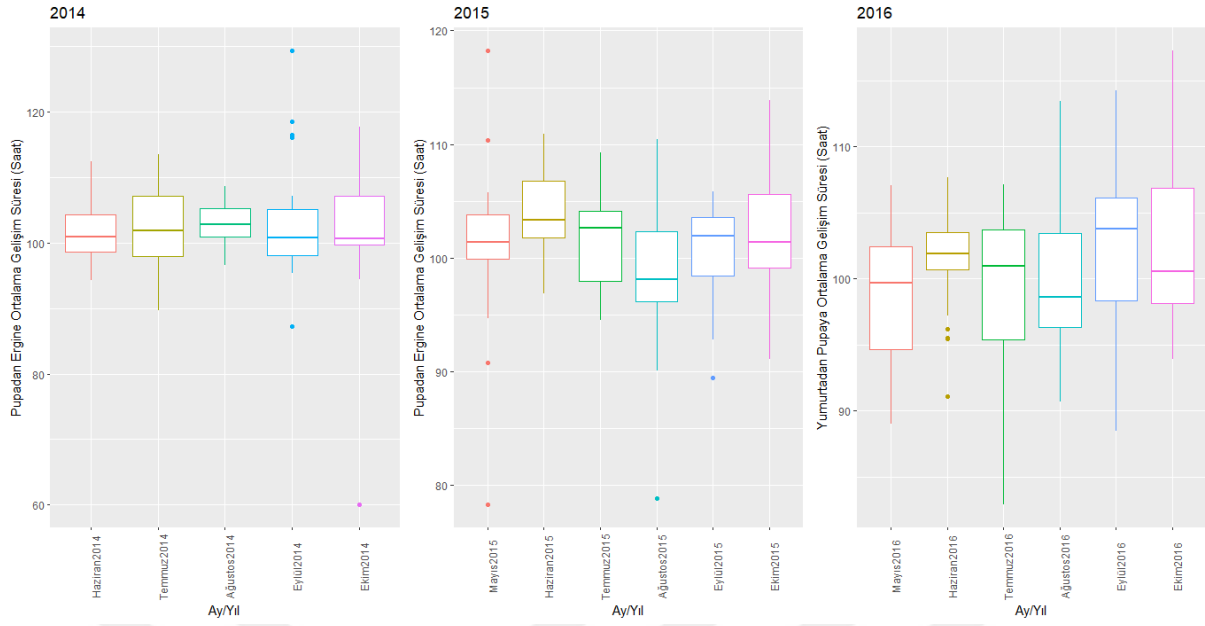
Sıcaklık	KT	KO	sd	F	p
18°C	2016,4	126,02	16	2,040	0,019*
25°C	320,99	20,062	16	0,753	0,731

KT: Kareler Toplamı, KO: Karelerin Ortalaması, Sd: Serbestlik derecesi, \* $p < 0,05$

Pupadan ergine gelişim süresini gösteren grafikler Şekil 4.3., Şekil 4.4.'de ve betimleyici istatistikler Çizelge Ek1'de verilmektedir. 18°C ve 25°C grafiklerine göre pupadan ergine ortalama gelişim süreleri bakımından aya bağlı mevsimsel bir örüntü görülmemektedir. Örneğin; 18°C'de 2014 yılı ve 2016 yılının en uzun ortalama gelişim süresine Ağustos ayına aittir. 2014 ve 2015 yıllarında en kısa ortalama gelişim süresine ise Eylül ayı sahiptir. 2015 yılında en uzun ortalama gelişim süresi Haziran ayındadır. 2016 yılında ise en kısa ortalama gelişim süresine ise Ekim ayı sahiptir (Şekil 4.3). 25°C'de ise 2014 yılında ayların ortalama gelişim süresi en uzun olan ay Temmuz ayıdır. 2015 yılında en uzun ortalama gelişim süresine Haziran ayı ve en kısa ortalama gelişim süresine Ağustos ayı sahiptir. 2016 yılında ise en uzun ortalama gelişim süresi Ekim ayında, en kısa ortalama gelişim süresi Haziran ayındadır (Şekil 4.4). Aynı yılın ayları arası yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır.



**Şekil 4.3.** 18°C'de pupadan ergine ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi.



**Şekil 4.4.** 25°C’de pupadan ergine ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi.

### 4.3.Yumurtadan Ergine Gelişim Süresi

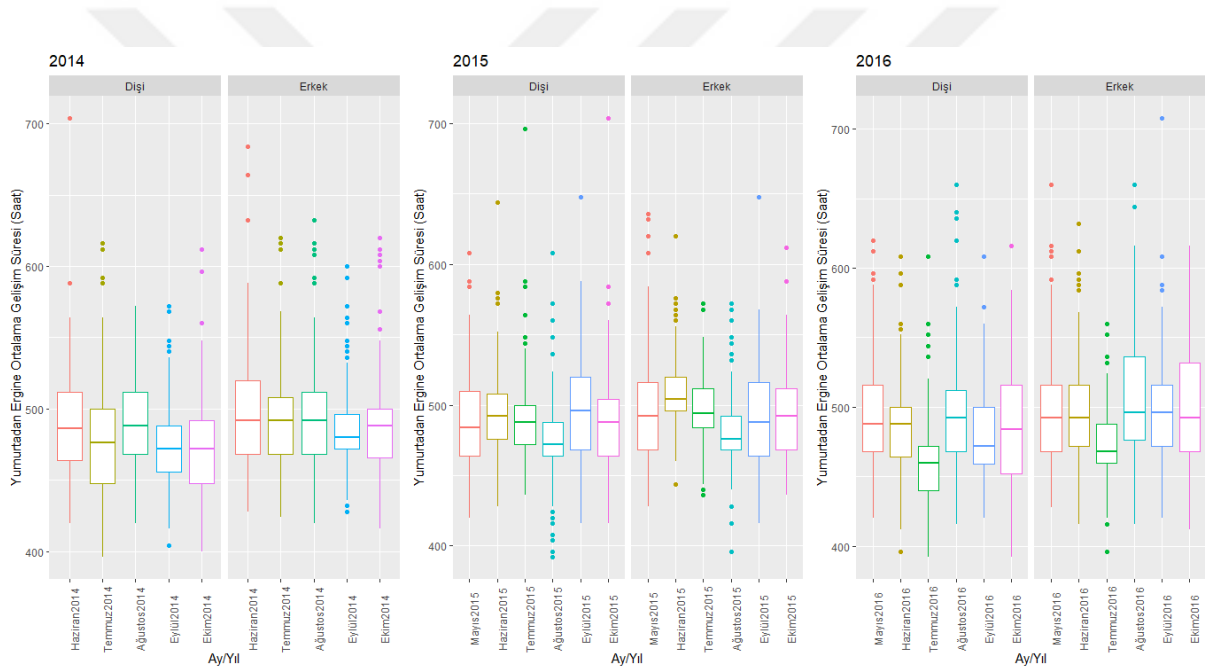
Yumurtadan pupaya ve pupadan ergine gelişim süresinde olduğu gibi yapılan analizler sonucunda 18°C ve 25°C arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,001$ ) bulunmuştur. Yumurtadan ergine gelişim süresi bakımından soylar arası farkları toplandıkları aya bağlı olarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3.’te verilmiştir. 18°C’de yumurtadan ergine gelişim süresi ile ay-yıl bileşimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir ( $p = 0,158$ ). 25°C için de pupadan ergine gelişim süresi ile ay-yıl bileşimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p = 0,357$ ).

**Çizelge 4.3.** Yumurtadan ergine gelişim süresi için genel doğrusal karma model sonuç özeti.

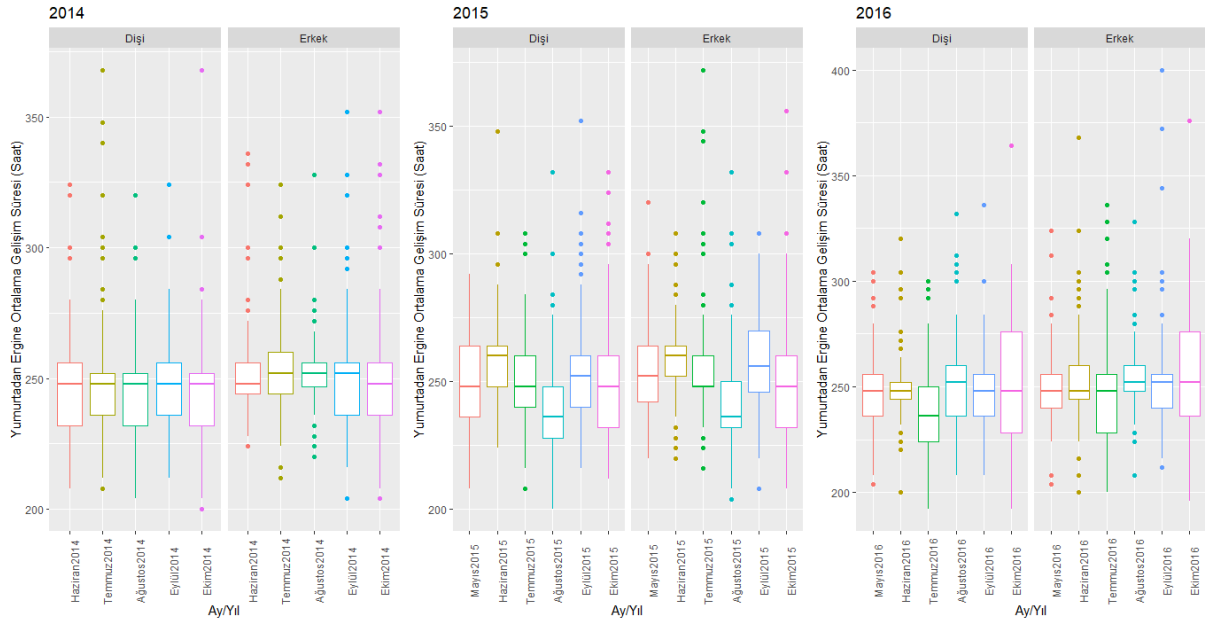
Sıcaklık	KT	KO	Sd	F	p
18°C	15008	938,03	16	1,409	0,158
25°C	4326,6	270,41	16	1,113	0,357

KT: Kareler Toplamı, KO: Karelerin Ortalaması, Sd: Serbestlik derecesi.

Yumurtadan ergine gelişim süresini gösteren grafikler Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'de ve betimleyici istatistikler Çizelge Ek1'de verilmektedir. 18°C ve 25°C grafiklerine göre pupadan ergine ortalama gelişim süreleri bakımından aya bağlı bir örüntü görülmektedir. Örneğin 18°C ve 25°C'de, 2014 yılına ait en uzun ortalama gelişim süresi Haziran ayı, en kısa ortalama gelişim süresi Eylül ve Ekim ayındadır. 2015 yılında ortalama gelişim süresi en uzun Haziran ayı iken en kısa ortalama gelişim süresine Ağustos ayı sahiptir. 2016 yılında ise en uzun ortalama gelişim süresine sahip ay Ağustos iken en kısa ortalama gelişim süresine sahip ay Temmuz'dur (Şekil 4.5., Şekil 4.6.). Aynı yılın ayları arası yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır.



**Şekil 4.5.** 18°C'de yumurtadan ergine ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi.



**Şekil 4.6.** 25°C'de yumurtadan ergine ortalama gelişim süresinin yıllara göre standart hata çubuklarıyla gösterimi.

#### 4.4. Yaşayabilirlik

Yapılan analizler sonucunda 18°C ve 25°C arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. 18°C'de pupadan ergine ve yumurtadan ergine yaşayabilirlik ile ay-yıl bileşimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermiş ve 25°C'de yumurtadan pupaya ve yumurtadan ergine yaşayabilirlik ile ay-yıl bileşimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermiştir (Çizelge 4.4.). 18°C'de pupadan ergine yaşayabilirlik ile ay-yıl bileşimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermiş ancak 25°C'de bu fark gözlenmemiştir (Çizelge 4.4). Yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine yaşayabilirliği gösteren grafikler 2014 yılı için Şekil 4.7'de, 2015 yılı için Şekil 4.8'de, 2016 yılı için ise Şekil 4.9.'da verilmiştir.

Grafikler incelendiğinde 2014 yılına ait ayların 18°C'de ve 2014 yılına ait ayların 25°C'de yumurtadan pupaya ve yumurtadan ergine yaşayabilirlik bakımından aya bağlı bir örüntü görülmemektedir. Örneğin, 2014 yılında 18°C için yumurtadan pupaya ve yumurtadan ergine yaşayabilirlikte en yüksek Ağustos ayında ve en düşük Ekim ayında gözlenirken, 25°C'de ise yumurtadan pupaya ve yumurtadan ergine en yüksek yaşayabilirlikte Haziran ayında ve en düşük yaşayabilirlik ise Eylül ayında olduğu bulunmuştur. 2015 yılında 18°C'de yumurtadan pupaya ve yumurtadan ergine

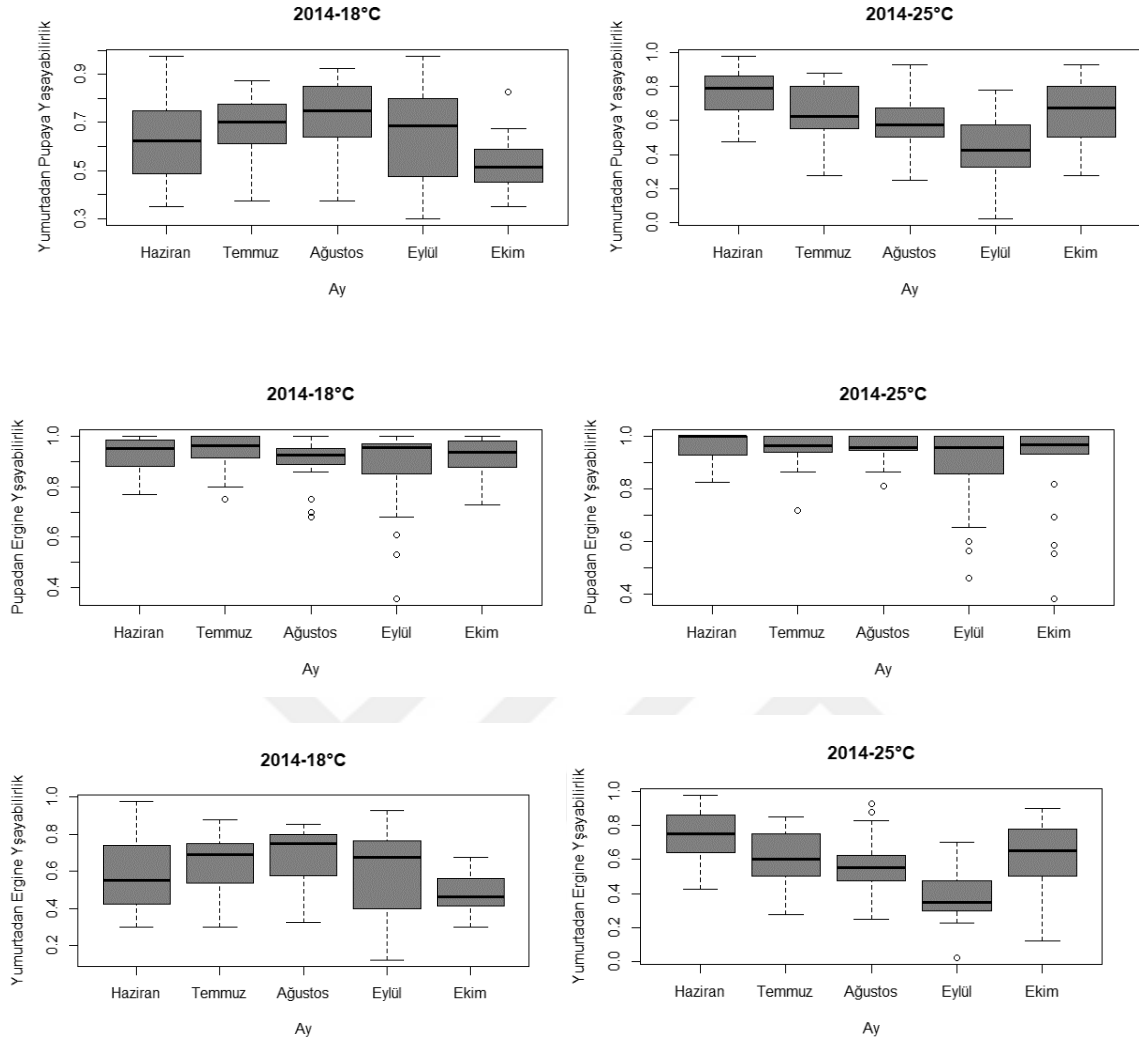
yaşayabilirlikte en yüksek yine Ağustos ayı ve en düşük ay Mayıs iken 25°C'de yumurtadan pupaya ve yumurtadan ergine yaşayabilirlikte bunun tam tersi görülmüştür. 2016 yılında 18°C için yumurtadan pupaya yaşayabilirlikte en yüksek ay Temmuz ve en düşük ay Eylül iken yumurtadan ergine yaşayabilirlikte en yüksek ay Haziran ve en düşük ay Ağustos olarak bulunmuştur. 25°C'de ise yumurtadan pupaya ve yumurtadan ergine yaşayabilirlikte en yüksek ayın Eylül ve en düşük ayın Ekim olduğu bulunmuştur.

Analiz sonucu belirlenen eşey oranı hem 18°C'de ( $p=0,633$ ) hem de 25°C'de ( $p=0,533$ ) istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir. Aynı zamanda eşey oranı ve ay-yıl arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

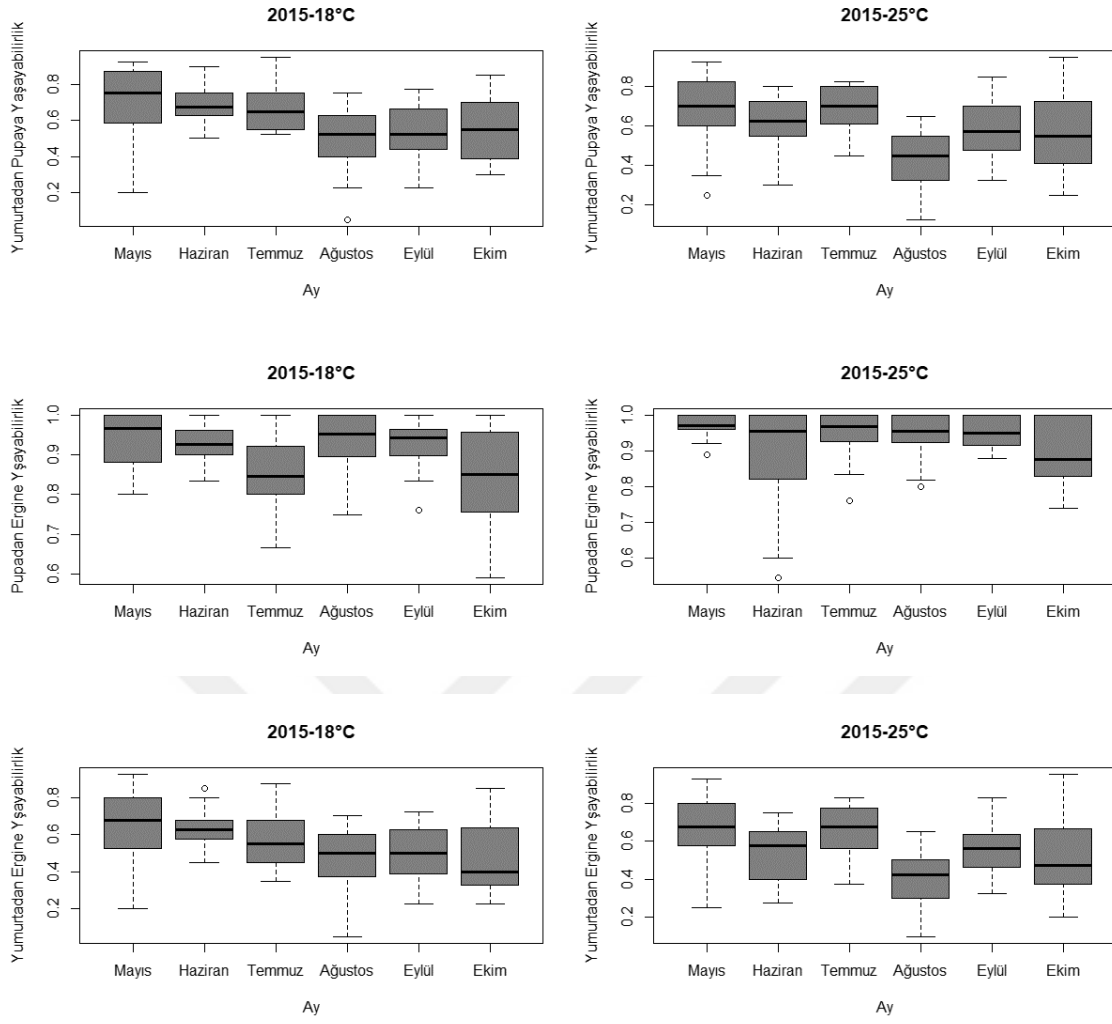
**Çizelge 4.4.** Yumurtadan pupaya (Y-P), pupadan ergine (P-E) ve yumurtadan ergine (Y-E) ay-yıl bileşimi bakımından yaşayabilirliğin genel doğrusal karma model sonuç özeti.

Sıcaklık	Karakter	KO	sd	F	P
18°C	Y-P	0,020	16	1,783	0,047
	P-E	0,019	16	1,934	0,028*
	Y-E	0,017	16	2,535	0,003*
25°C	Y-P	0,021	16	2,001	0,022*
	P-E	0,004	16	1,024	0,440
	Y-E	0,021	16	2,193	0,011*

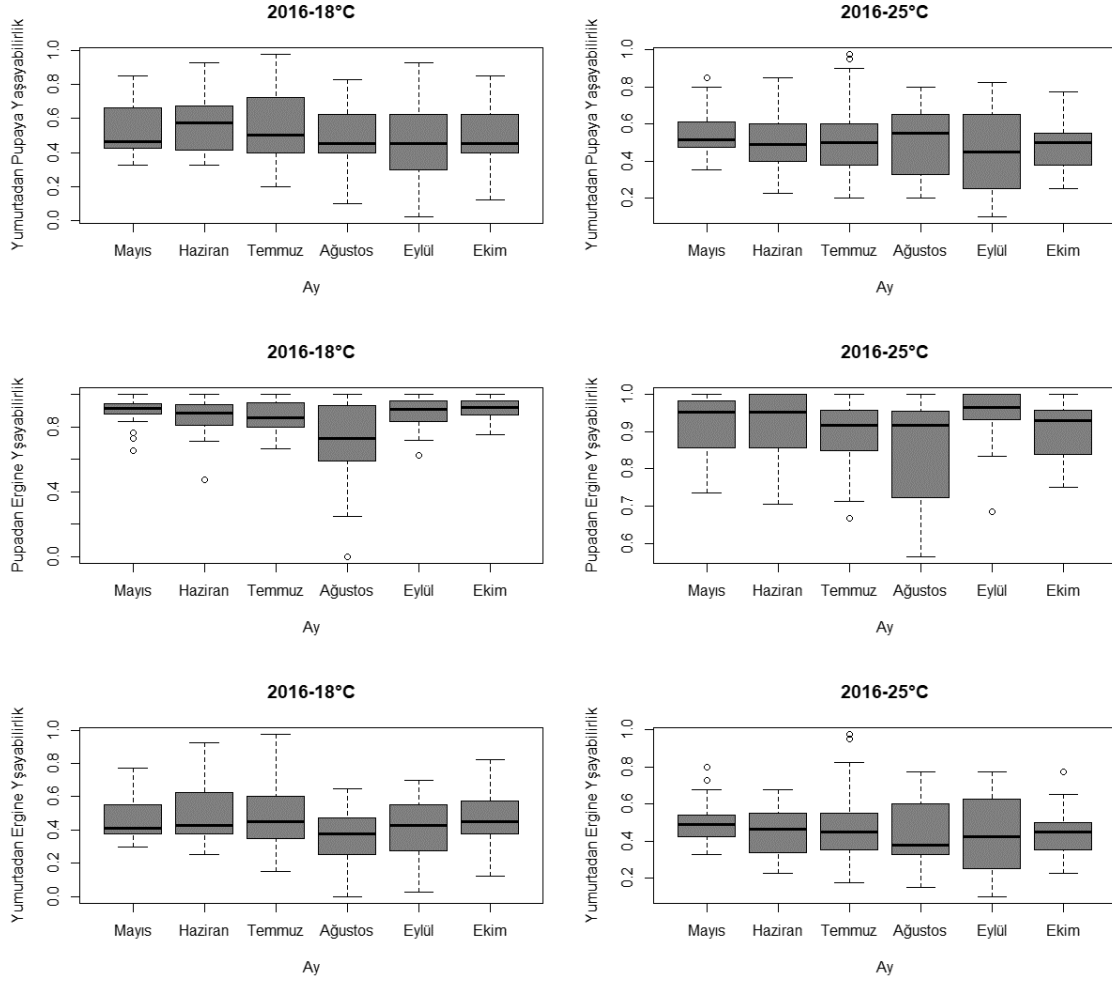
KO: Karelerin Ortalaması, sd: Serbestlik derecesi, Y-P: yumurtadan pupaya, P-E: pupadan ergine, Y-E: yumurtadan ergine. \*  $p<0,05$ .



**Şekil 4.7.** 2014 yılına ait 18°C'de ve 25°C'de yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine yaşayabilirliklerin aylara göre kutu grafik olarak gösterimi.



**Şekil 4.8.** 2015 yılına ait 18°C'de ve 25°C'de yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine yaşayabilirliklerin aylara göre kutu grafik olarak gösterimi.



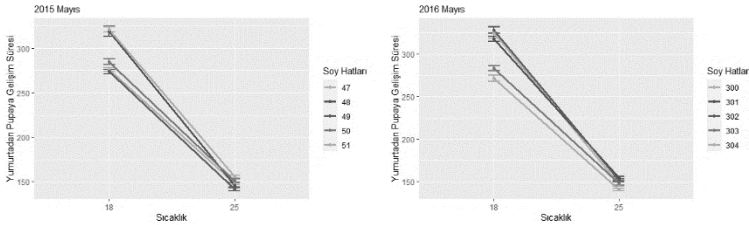
**Şekil 4.9.** 2016 yılına ait 18°C'de ve 25°C'de yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine yaşayabilirliklerin aylara göre kutu grafik olarak gösterimi.

## 4.5 Gelişim Süresinin Fenotipik Esnekliği ve Reaksiyon Normları

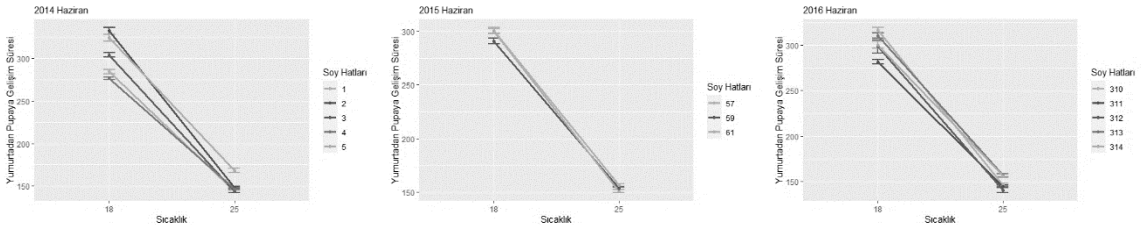
Her iki sıcaklık içinde yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine gelişim sürelerinin iki farklı sıcaklık ortamında fenotipik esnekliği ve reaksiyon normları belirlenmiştir.

### 4.5.1 Yumurtadan Pupaya Gelişim Süresinin Fenotipik Esnekliği ve Reaksiyon Normları

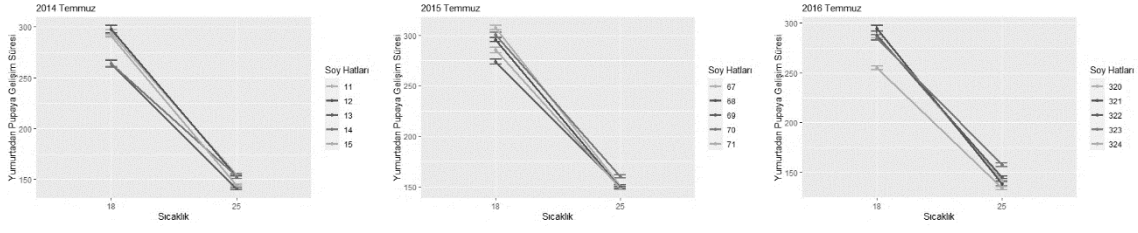
Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinden yumurtadan pupaya gelişim süresi için iki farklı sıcaklık ortamında gözlenen reaksiyon normlarının grafikleri Şekil 4.10.-Şekil 4.15.'de verilmiştir. Yumurtadan pupaya gelişim süreleri 18°C'de daha uzun 25°C'de daha kısa olduğundan bu iki sıcaklık arasında meydana gelen doğrusal ilişki tüm soylar için negatif yönde oluşmuş ve tüm soy hatları fenotipik esneklik göstermiştir. Bazı soyların reaksiyon normlarında kesişmeler gözlenmiştir. Gözlenen bu kesişmelerin soy hatlarının sıcaklığa karşı oluşturdukları cevapların yönü ve gücü bakımından anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığını anlamak için doğruyu betimleyen kesişim ve eğim katsayıları hesaplanmıştır.



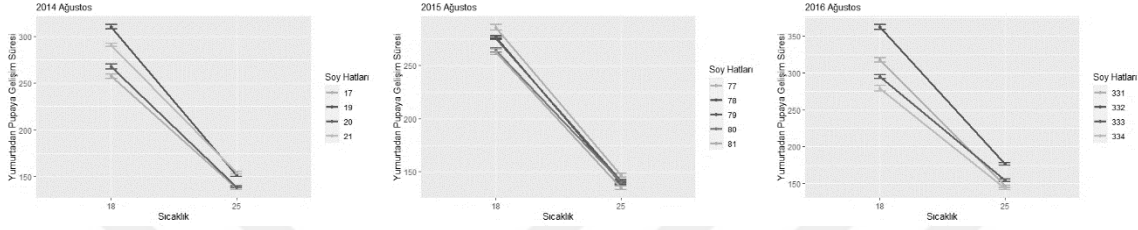
**Şekil 4.10.** 2015 ve 2016 yıllarına ait Mayıs ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



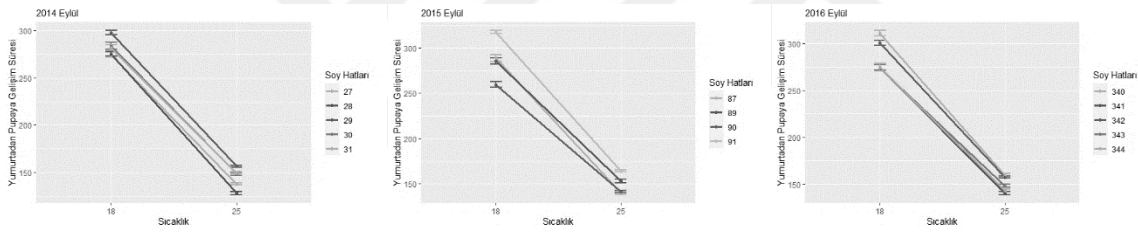
**Şekil 4.11.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Haziran ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



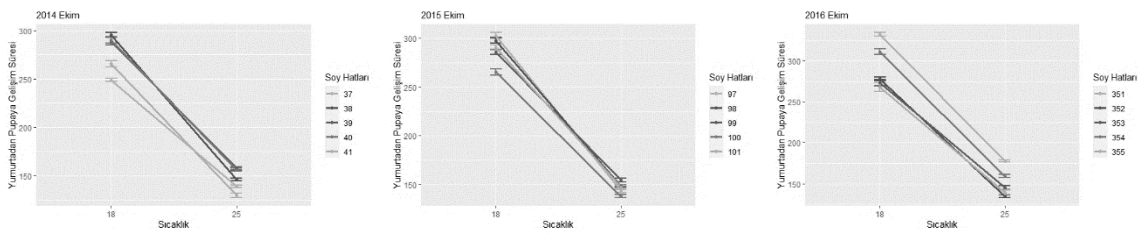
**Şekil 4.12.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Temmuz ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



**Şekil 4.13.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ağustos ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



**Şekil 4.14.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Eylül ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



**Şekil 4.15.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ekim ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan pupaya gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.

Yumurtadan pupaya gelişim süresi için yıllar ayrı olarak yapılan analizler sonucunda, 2014, 2015 ve 2016 yıllarında farklı aylara ait soy hatlarının 18°C ve 25°C'de ortalama yumurtadan pupaya gelişim süreleri arasında meydana gelen kesişim ve eğim katsayıları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur (Çizelge

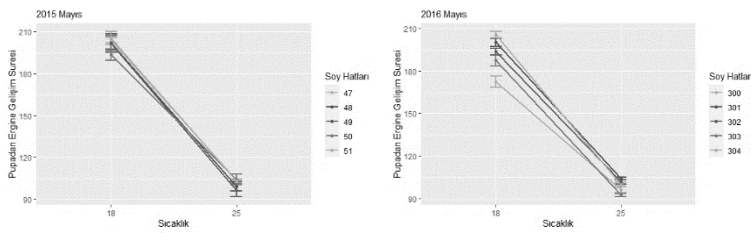
4.5). Yine aylar arası ikili karşılaştırmalar için yapılan *post-hoc* test sonuçları aylar arasında gözlenen farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermiştir.

**Çizelge 4.5.** Yumurtadan pupaya gelişim süresi reaksiyon normları için genel doğrusal karma model sonuç özeti.

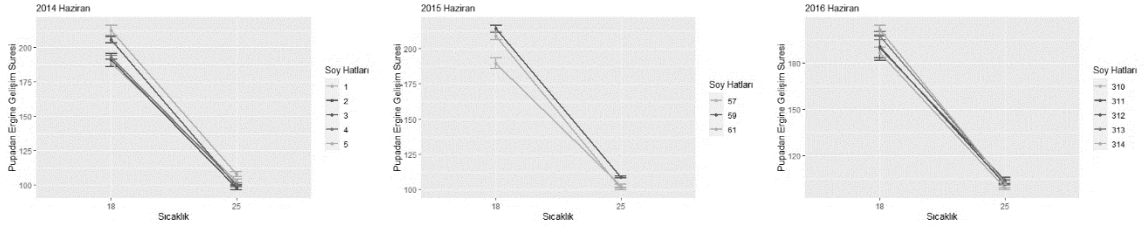
Yıl	Katsayı	p
2014	Kesişim Katsayısı	0,192
	Eğim Katsayısı	0,198
2015	Kesişim Katsayısı	0,610
	Eğim Katsayısı	0,746
2016	Kesişim Katsayısı	0,134
	Eğim Katsayısı	0,114

#### 4.5.2. Pupadan Ergine Gelişim Süresinin Fenotipik Esnekliği ve Reaksiyon Normları

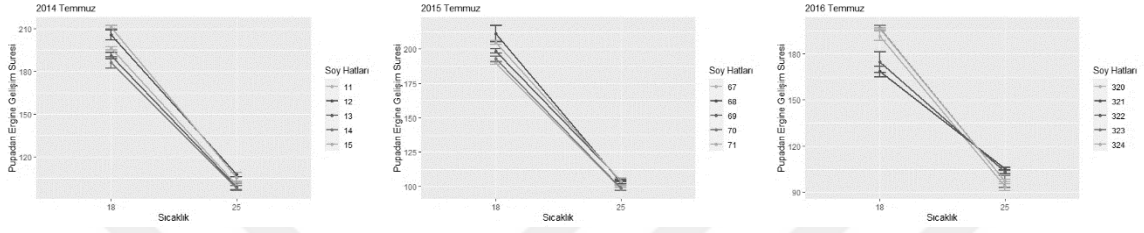
Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinden pupadan ergine gelişim süresi için iki farklı sıcaklık ortamında gözlenen reaksiyon normlarının grafikleri Şekil 4.19.-Şekil 4.24.'te verilmiştir. Yumurtadan pupaya gelişim süresinde gözleendiği gibi pupadan ergine gelişim süresi de 18°C'de daha uzun 25°C'de daha kısa olduğundan bu iki sıcaklık arasında meydana gelen doğrusal ilişki tüm soylar için negatif yönde oluşmuş ve tüm soy hatlarının fenotipik esneklik gösterdiği bulunmuştur. Bazı soyların reaksiyon normlarında kesişmeler gözlenmiştir. Gözlenen bu kesişmelerin soy hatlarının sıcaklığa karşı oluşturdukları cevapların yönü ve gücü bakımından anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığını anlamak için doğruyu betimleyen kesişim ve eğim katsayıları hesaplanmıştır.



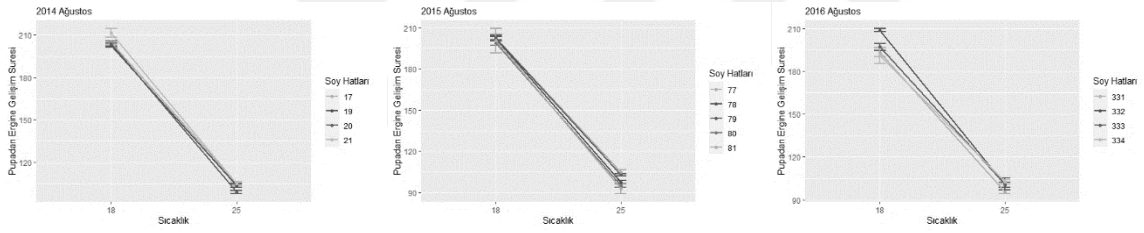
**Şekil 4.16.** 2015 ve 2016 yıllarına ait Mayıs ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



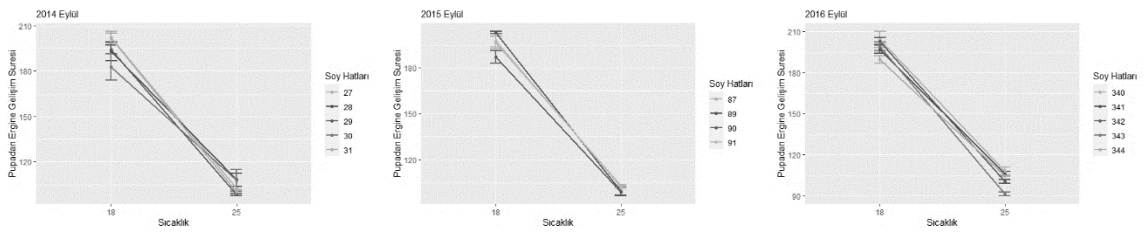
**Şekil 4.17.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Haziran ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



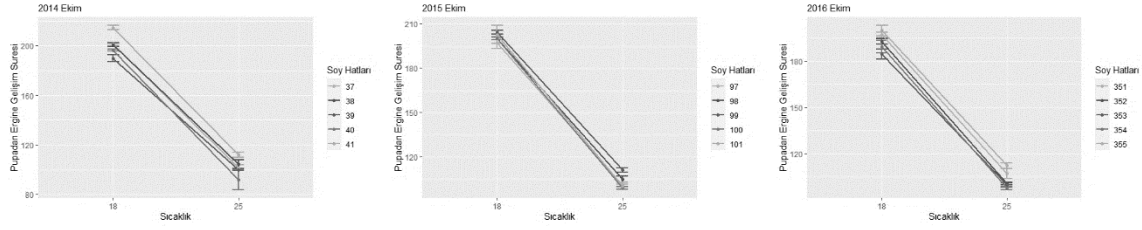
**Şekil 4.18.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Temmuz ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



**Şekil 4.19.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ağustos ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



**Şekil 4.20.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Eylül ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.



**Şekil 4.21.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ekim ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki pupadan ergine gelişim sürelerine ait reaksiyon normları.

Pupadan ergine gelişim süresi için yıllar ayrı olarak yapılan analizler sonucunda, 2014, 2015 ve 2016 yıllarında farklı aylara ait soy hatlarının 18°C ve 25°C'de ortalama pupadan ergine gelişim süreleri arasında meydana gelen kesişim ve eğim katsayıları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur (Çizelge 4.6). Yine aylar arası ikili karşılaştırmalar için yapılan *post-hoc* test sonuçları aylar arasında gözlenen farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermiştir.

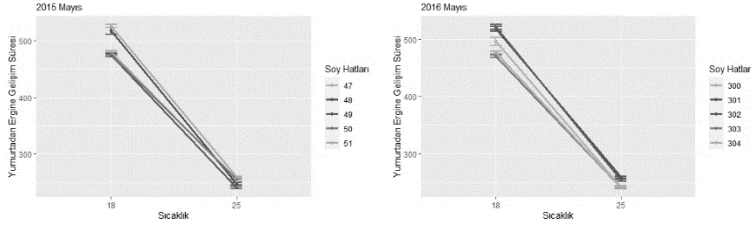
**Çizelge 4.6.** Pupadan ergine gelişim süresi reaksiyon normları için genel doğrusal karma model sonuç özeti.

<i>Yıl</i>	<i>Katsayı</i>	<i>p</i>
<b>2014</b>	Kesişim Katsayısı	0,337
	Eğim Katsayısı	0,329
<b>2015</b>	Kesişim Katsayısı	0,674
	Eğim Katsayısı	0,632
<b>2016</b>	Kesişim Katsayısı	0,328
	Eğim Katsayısı	0,413

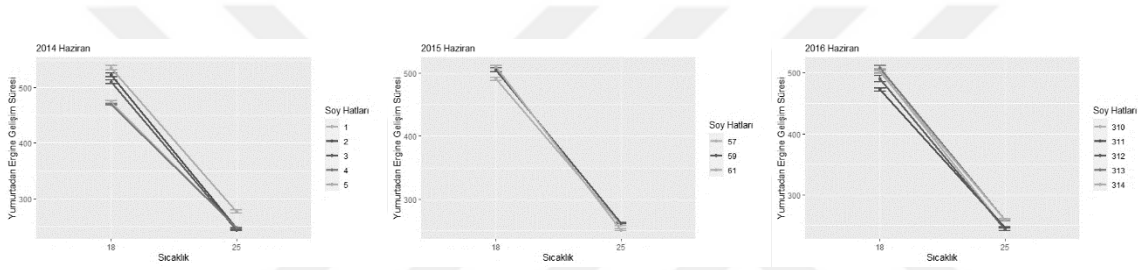
#### 4.5.3. Yumurtadan Ergine Gelişim Süresinin Fenotipik Esnekliği ve Reaksiyon Normları

Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinden yumurtadan ergine gelişim süresi için iki farklı sıcaklık ortamında gözlenen reaksiyon normlarının grafikleri Şekil 4.25.-Şekil 4.30'da verilmiştir. Yumurtadan pupaya ve pupadan ergine gelişim sürelerinde gözlemlendiği gibi yumurtadan ergine gelişim süresi de 18°C'de daha uzun 25°C'de daha kısa olduğundan bu iki sıcaklık arasında meydana gelen doğrusal ilişki tüm soylar için negatif yönde oluşmuş ve tüm soy hatlarının fenotipik esneklik gösterdiği bulunmuştur.

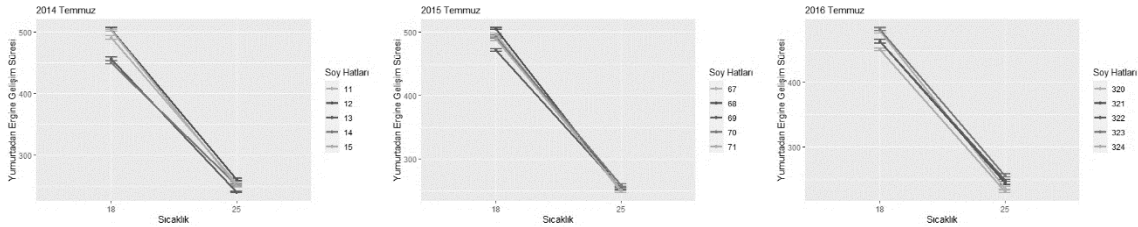
Bazı soyların reaksiyon normlarında kesişmeler gözlenmiştir. Gözlenen bu kesişmelerin soy hatlarının sıcaklığa karşı oluşturdukları cevapların yönü ve gücü bakımından anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığını anlamak için doğruyu betimleyen kesişim ve eğim katsayıları hesaplanmıştır.



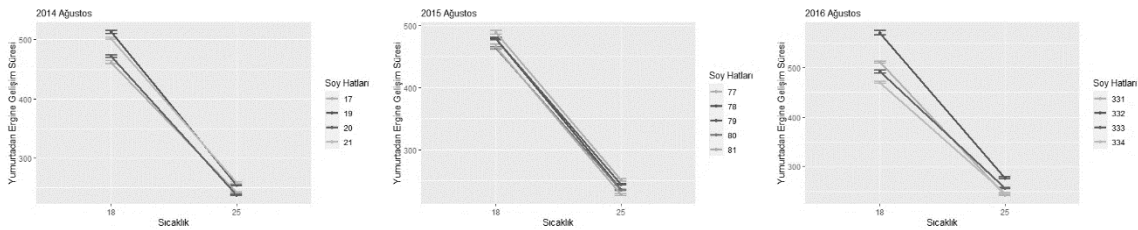
**Şekil 4.22.** 2015 ve 2016 yıllarına ait Mayıs ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları.



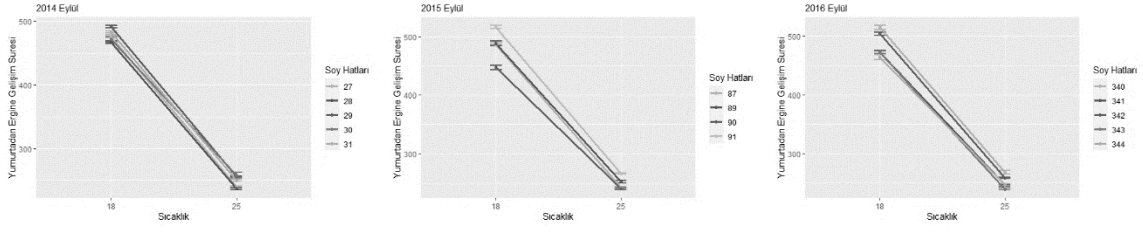
**Şekil 4.23.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Haziran ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları.



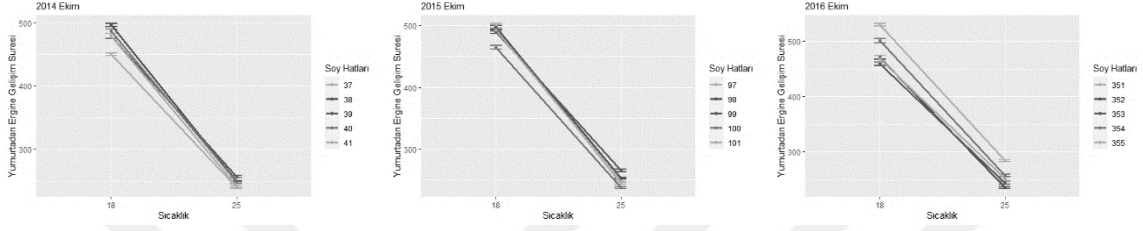
**Şekil 4.24.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Temmuz ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları.



**Şekil 4.25.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ağustos ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları.



**Şekil 4.26.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Eylül ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları.



**Şekil 4.27.** 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait Ekim ayı soy hatlarının 18°C ve 25°C'deki yumurtadan ergine gelişim sürelerinin reaksiyon normları.

Yumurtadan ergine gelişim süresi için yıllar ayrı olarak analiz yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, 2016 yıllarına ait aylar için kesişim ve eğim katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Ancak 2014 ve 2015 yıllarına ait aylar için kesişim ve eğim katsayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (Çizelge 4.7). Yine aylar arası ikili karşılaştırmalar için yapılan *post-hoc* test sonuçları aylar arasında gözlenen farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermiştir.

**Çizelge 4.7.** Yumurtadan ergine gelişim süresi reaksiyon normları için genel doğrusal karma model sonuç özeti.

Yıl	Katsayı	p
2014	Kesişim Katsayısı	0,049*
	Eğim Katsayısı	0,049*
2015	Kesişim Katsayısı	0,483
	Eğim Katsayısı	0,684
2016	Kesişim Katsayısı	0,004*
	Eğim Katsayısı	0,002*

\*p<0,05

#### 4.6. İklimsel Parametrelerin Gelişim Süresi ile İlişkisi

Yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine gelişim süresi ile iklimsel parametreler arasındaki ilişkileri açıklayabilmek için lineer regresyon analizi yapılmıştır. Analizler, Çizelge 3.1'de bulunan Yeşilöz'e ait iklimsel parametreler ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre 18°C'de yumurtadan pupaya ve yumurtadan ergine gelişim süresi ile iklimsel parametreler arasında anlamlı ilişki bulunamamıştır. 18°C'de sadece pupadan ergine gelişim süresi maksimum yağış ( $p=0,001$ ) ile pozitif bir ilişki göstermiştir. 25°C'de gelişim süreleri açısından iklimsel parametrelerle anlamlı bir ilişki olmadığı bulunmuştur.

**Çizelge 4.8.** Yumurtadan pupaya, pupadan ergine, yumurtadan ergine gelişim süresinin iklimsel parametreler ile analizi sonuçları.

<i>Sıcaklık</i>	<i>Karakter</i>	<i>İklimsel Parametreler</i>	<i>p</i>
<b>18 °C</b>	<b>Y-P</b>	Ort. Sıc.	0,603
		Maks. Sıc.	0,945
		Min. Sıc.	0,898
		Ort. Nem	0,299
		Maks. Nem	0,143
		Min. Nem	0,366
		Ort. Yağış	0,355
		Maks. Yağış	0,582
	<b>P-E</b>	Ort. Sıc.	0,771
		Maks. Sıc.	0,579
		Min. Sıc.	0,630
		Ort. Nem	0,634
		Maks. Nem	0,150
		Min. Nem	0,857
		Ort. Yağış	0,082
		Maks. Yağış	0,001**
	<b>Y-E</b>	Ort. Sıc.	0,713
		Maks. Sıc.	0,793
		Min. Sıc.	0,954
		Ort. Nem	0,265
		Maks. Nem	0,413
		Min. Nem	0,375
		Ort. Yağış	0,144
		Maks. Yağış	0,514
<b>25 °C</b>	<b>Y-P</b>	Ort. Sıc.	0,478
		Maks. Sıc.	0,684
		Min. Sıc.	0,761
		Ort. Nem	0,550
		Maks. Nem	0,882
		Min. Nem	0,629
		Ort. Yağış	0,427
		Maks. Yağış	0,947
	<b>P-E</b>	Ort. Sıc.	0,194
		Maks. Sıc.	0,258
		Min. Sıc.	0,185
		Ort. Nem	0,290
		Maks. Nem	0,649
		Min. Nem	0,316
		Ort. Yağış	0,321
		Maks. Yağış	0,237
	<b>Y-E</b>	Ort. Sıc.	0,713
		Maks. Sıc.	0,793
		Min. Sıc.	0,954
		Ort. Nem	0,265
		Maks. Nem	0,413
		Min. Nem	0,375
		Ort. Yağış	0,144
		Maks. Yağış	0,514

\*:p<0,05

## 5.TARTIŞMA

Mevsimsel dalgalanmaların yaşandığı ılıman bölgelerde yaşayan organizmalar heterojen çevresel koşullarla karşı karşıya kalmaktadır. Organizmalar, periyodik olarak değişen bu mevsimsel değişikliklere karşı hayatta kalabilmek için uyum sağlarlar. Organizmaların mevsime karşı gösterdiği adaptasyonlar birçok çalışmaya konu olmuştur [2,22,27]. Çalışmaların bazıları inceledikleri karakterler bakımından mevsimsel etkileşimlerin olduğunu tespit etse dahi [2,27] bazı karakterler tam tersini göstermektedir [85]. Bu tez çalışmasında kullanılan Yeşilöz populasyonunun kendileşmiş soy hatları ile yapılan önceki çalışmalarda termal stres cevapları, açlık ve susuzluk direnci, vücut büyüklüğü, ağırlığı ve vücut yağ oranı ile diyapoz fenotipleme çalışmalarının yanı sıra *cpo*, *Dca*, *InR* gen bölgelerinin polimorfizmi kozmopolit inversiyonların tespiti ile tüm genom analizleri gerçekleştirilmiştir [41,43,83,86]. Bu karakterlerden bazıları güçlü mevsimsel cevaplar oluştururken bazıları için mevsimsellik gözlenmemiştir. Elde edilen fenotipik ve genotipik sonuçlar farklılık gösterse dahi 'mevsim'in populasyon üzerinde seçici bir baskı oluşturduğu ama seçilimin tüm karakterler üzerinde aynı oranda işlemediğini göstermektedir. Bu sonuçlardan hareket ile bu tez kapsamında aynı kendileşmiş soylar kullanılarak ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinin reaksiyon normlarının mevsimsel bir seçim altında olup olmadığını araştırmak amaçlanmıştır. Çevresel faktörlerin ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerini etkilediği bilindiğinden [16,56–58], incelenen ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinin reaksiyon normlarını belirlemek üzere iki sıcaklık (18°C ve 25°C) kullanılmıştır. Çevresel faktörden sıcaklık tüm biyolojik süreçler için olduğu gibi ergin öncesi karakterlerinden gelişim süresi, ergin öncesi yaşayabilirlik ve hatta bazı canlılarda eşey oranı üzerinde de oldukça önemli olduğu bilinmektedir [26,53–55]. İki farklı sıcaklıkta aynı genotipe sahip soyların ergin öncesi yaşam öyküsü karakterleri bakımından gösterdikleri farklılık beklenildiği üzere istatistiksel olarak anlamlılık göstermiştir. Düşük sıcaklığa sahip bir çevrede bulunan yumurtaların erginleşmeye kadar geçen süre, özellikle metabolik hızın etkisinden dolayı, yüksek sıcaklıkta bulunanlara göre daha uzundur [47,84]. Çalışmada kullanılan tüm soylarda da düşük sıcaklıktaki gelişim süresi beklenildiği üzere uzamıştır.

Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinden yumurtadan pupaya gelişim süresi bakımından soylar arası farkları, toplandıkları aya bağlı olarak genel doğrusal karma

model analizi sonucu her iki sıcaklık içinde istatistiksel olarak oldukça anlamlı fark çıktığı bulunmuştur. Gelişim süresinin sıcaklıklardan etkilenecek ve farklı sıcaklıklar için farklı cevaplar ürettiği bilinmekte [55] ve bulduğumuz bulgular sonucunda bu desteklenmektedir. Bu durumda her soy hattı kendine özel genetik bir alt yapıya sahip olduğu ve birbirlerinden farklı fenotipik esneklik gösterdiği anlamı çıkarılabilir. Ancak yumurtadan pupaya ortalama gelişim süresini gösteren grafiklere ve *post-hoc* testinin sonuçlarına bakıldığında mevsimsellik örüntüsü bulunamamıştır. Zamansal olarak değişen sıcaklık için, sıcaklığın daha yüksek olduğu Ağustos ve Temmuz aylarında toplanan soy hatlarının, daha yüksek sıcaklıkta daha başarılı olduğu ya da sıcaklığın daha düşük olduğu Eylül ve Ekim aylarında toplanan soy hatları için daha düşük sıcaklıkta başarılı oldukları elde edilen sonuçlara göre söylemek mümkün olmamıştır.

Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinden pupadan ergine gelişim süresi 18°C'de soylar arası farklar toplandıkları aya bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç soy hatlarının birbirinden farklı fenotipik esneklik gösterdiğini göstermektedir. 25°C için de pupadan ergine gelişim süresi ay-yıl bileşimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmediğinden fenotipik esnekliğin düşük olduğu söylenebilir. 18°C ve 25°C pupadan ergine gelişim süresi grafiklerine göre pupadan ergine ortalama gelişim süreleri bakımından aya bağlı bir örüntü ve ikili karşılaştırmalar sonucu aynı yılın ayları arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Aynı bulgular yumurtadan pupaya gelişim süresinde de gözlenmekte ve aya bağlı bir örüntü görülmemektedir. *D. melanogaster*'in optimal koşullarının 25°C olduğu pek çok çalışmada belirtildiğinden [21] pupadan ergine gelişim süresi düşük sıcaklıkta (18°C) anlamlı bir fark göstermesi fenotipik esnekliğin bu sıcaklıkta genetik farklılıkları daha çok ortaya çıkarmasından kaynaklanıyor olabilir.

Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinden yumurtadan ergine gelişim süresi bakımından hem 25°C'de hem de 18°C'de deneye alınan soylar arası farklar istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ve bu sonuç yumurtadan ergine gelişim süresinin tüm soylar için düşük fenotipik esnekliğe sahip olduğunu düşündürmüştür. Yumurtadan pupaya, pupadan ergine gelişim sürelerinde olduğu gibi, yumurtadan ergine gelişim süresinde de yıllar içerisinde ayların ikili karşılaştırmalarına göre yapılan *post-hoc* testi sonuçlarında anlamlı bir fark göstermemiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinden, yumurtadan pupaya, pupadan ergine ve yumurtadan ergine gelişim süresi için mevsimsellik görülmediği söylenebilir. Tüm bu

sonuçlara bakıldığında yumurtadan pupaya gelişim süresinin anlamlı olması belki de gelişim sıcaklığının bu evrede daha önemli olmasından kaynaklanıyor olabilir [66].

Yaşayabilirlik çevresel koşullardan etkilenmekte ve gelişim süresinin erken aşamalarında daha çok etkilendiği bilinmektedir [20]. Yaşayabilirlik analizi sonucunda 18°C ve 25°C arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçta aynı soy hatlarının iki farklı sıcaklıkta farklı yaşayabilirlik gösterdiğini söylemektedir. Yaşayabilirlik bakımından en çok farklılık yumurtadan pupaya görülmüştür. Ancak sıcaklığa bağlı bu farkın tüm soylarda görülmemesi, bazı soylara özgü olduğunu düşündürmektedir. Seçilen sıcaklıkların canlıların termal hoşgörüsü sınırları içinde olması, bu sıcaklık değişkenlerinin yaşayabilirliğe etkisinin olmaması hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçların sıcaklığa bağlı yaşayabilirliği belirli bir örüntüde etkilememiş olması bu nedenle önemlidir. Bununla beraber 18°C'de pupadan ergine, 25°C'de yumurtadan pupaya ve her iki sıcaklık içinde yumurtadan ergine yaşayabilirlik, toplandıkları aya ve yıla bağlı olarak anlamlı bir fark göstermiştir. Ancak yıllar arasında bakıldığında aylar için bir örüntü görülememekte ve yaşayabilirlik için mevsimsellik bulunmamıştır.

Belirlenen eşey oranları için ise 18°C ve 25°C ile ay-yıl bileşimi arasındaki fark anlamlı değildir. Eşey oranları 1:1 olması gerekirken [62] bazı soy hatlarında bu oranda sapmalar gözlenmiştir. Eşey oranları bakımından meydana gelen sapmalar ile mevsim arasında bir ilişki bulunmamıştır.

Bir reaksiyon normu, bir genotipe ait bir karakterin farklı çevresel koşullardaki ifadesidir [10,19,61]. Yaşam öyküsü karakterlerinin, değişen çevre koşullarında oluşturduğu, fenotipik karakterlerin açıklanması için reaksiyon normları oldukça önemlidir [12]. Gelişim süreleri 18°C'de 25°C'ye göre daha uzun olduğundan bu iki sıcaklık arasında meydana gelen doğrusal ilişki tüm soylar için beklendiği üzere negatif yönde oluşmuş ve tüm soy hatlarının fenotipik esneklik gösterdiği bulunmuştur. Bazı soyların reaksiyon normlarında kesişmeler gözlenmiştir. Kesişen reaksiyon normları için genotip çevre (GXÇ) etkileşiminin yüksek iken kesişmeyen reaksiyon normlarının genotip çevre (GXÇ) etkileşimlerinin daha düşük olduğu bilinmektedir [68]. Gözlenen bu kesişmelerin soy hatlarının sıcaklığa karşı oluşturdukları cevapların yönü ve gücü bakımından anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığını anlamak için doğruyu betimleyen kesişim ve eğim katsayıları hesaplanmıştır. 2014, 2015 ve 2016 yıllarında farklı aylara ait soy hatlarının, yıllar ayrı olarak yapılan analizler sonucunda, 18°C ve 25°C'de ortalama yumurtadan pupaya ve pupadan ergine gelişim süreleri arasında meydana gelen

kesişim ve eğim katsayıları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Reaksiyon normu hakkında bilgi veren bu katsayılar, çevresel değişkene verilen cevap hakkında bilgi vermektedir [79]. Aylar arası ikili karşılaştırmaların *post-hoc* test sonuçlarına göre farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu görülmüştür. Yapılan bu testler sonucunda ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinden yumurtadan pupaya ve pupadan ergine gelişim süresi reaksiyon normlarının mevsimsellik göstermediği belirlenmiştir. Ayrıca yumurtadan ergine gelişim süresi için yıllar ayrı olarak yapılan analizler sonucunda, 2016 yılına ait aylar için kesişim ve eğim katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu, ancak 2014, 2015 yıllarında anlamlı olmadığı görülmüştür. Bu durumda yumurtadan ergine gelişim süresi reaksiyon normları için de mevsimsellik bulunamamıştır. Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinin çevresel faktörlerden olan mevsimsellik ile ilişkisi bulunamamıştır.

Mevsimden mevsime değişen sıcaklık, gelişim süresini etkilemekte ancak deneyde kullanılan iki sıcaklık için mevsimsellik çıktısı elde edilmemiştir. Deneyde kullanılan sıcaklık aralığı çok geniş olduğundan sıcaklığa verilen cevap, soylar arası varyasyonu yansıtmamış olabilir. Soyların adaptif cevaplarını görmek belki daha yakın sıcaklık aralıklarında belki de uç termal limitlerinde mümkün olabilecektir. Aynı zamanda her bir özellik için tek bir karakteri ifade eden kendileşmiş soy hat sayılarının artırılması o popülasyona ait genetik çeşitliliği daha çok yansıtacağından daha fazla bilgi verebilir. Diğer taraftan aynı soylar ile daha önce yapılan mevsimsellik çalışmaları bazı fenotipler ve genotipler ile kromozom inversiyonları için mevsimsel farklılıklar göstermiştir [83, 86]. Bu bağlamda ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinin diğer fenotiplerden farklı bir seçim baskısı altında olduğunu düşünülmektedir. Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterleri evrimsel olarak korunmuş yollar tarafından ifade ediliyor olabilir. İnsülin sinyal yolağının canlılarda evrimsel olarak korunduğu ve bu yolağın *Drosophila*'daki vücut ve organ büyüklüğünü kontrol ettiği bilinmektedir [87]. Shingleton ve arkadaşlarının [87] insülin sinyal yolağındaki bir reseptörün sıcaklığa duyarlı bir mutasyonunu taşıyan sinekler ile yaptıkları bir çalışmada insülin sinyalinde meydana gelen değişikliklerin ancak gelişimin erken aşamasında, larva kritik boyuta ulaşmadan önce gelişim süresinin etkilendiği bulunmuştur. Ergin öncesi yaşam öyküsü karakterlerinin ifadesinde rol alan genlerin soylar arası karşılaştırmalı transkriptom analizleri yapılarak bu genlerin ifadesinin soylar arasında ne derece varyasyon gösterdiği ve yolların korunup korunmadığı anlaşılabilir.

Yıllık dalgalanmalar, temelde sıcaklık ve yağış gibi faktörlerin yanı sıra besinde, popülasyonu etkilediği salınımlar mevcut ve kritik bir faktör olabilmektedir. Yapılan iklimsel parametreler analizi sonucunda mevsimsel olarak değişen maksimum yağış ile gelişim süresi ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Sıcaklık ve yağıştaki değişikliklerin çoğunlukla *Drosophila* türlerinin yaşayabilirlik, gelişim süresi ve hayatta kalma oranını etkilediği bilinmektedir [23]. Bu tez çalışmasında elde edilen gelişim sürelerine ait sonuçların, soyların doğadan toplandıkları aya ait iklimsel parametreler ile ilişkili olup olmadığını test etmek için yapılan liner regresyon analizine göre sadece 18°C'de pupadan ergine gelişim süresi maksimum yağış ile anlamlı bir ilişki göstermiştir. İlişkinin yönünün pozitif olması yağışın fazla olduğu aylarda toplanan soyların, pupadan ergine gelişim sürelerinde 18°C'de önemli bir uzama gösterdiğine işaret etmektedir. Yağışın bu karakter üzerinde nasıl bir seçim baskısına neden olduğunu yorumlamak elde edilen bulgular ile güçtür. Bu ilişkinin temelini anlamak için mutlaka ileri çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında bütün koşulları sabit tutulduğu için elde edilen sonuçlar mevsimsellik göstermemiş olabilir. Bu çalışmanın amacı olan mevsimselliği daha ayrıntılı çalışabilmek için laboratuvar ortamında doğayı uyarlayarak farklı sonuçlar elde edilebilir. Bilindiği üzere doğada sıcaklık, yağış ve besin her zaman sabit bir şekilde bulunmaz. Laboratuvar ortamında bütün değişkenleri bir arada uygulamak yerine en azından sıcaklık için doğayla paralel dalgalı sıcaklıkların kullanıldığı bir deney düzeneği tasarlanabilir ve bu durumda araştırılan fenotiplerin mevsimsellik gösterip göstermediği araştırılabilir.

Literatürde *D. melanogaster*'in gelişim süresinin sıcaklıkla ilişkisi ve reaksiyon normu konusunda çalışmalar mevcut olmasına karşın, mevsimsellik dikkate alınarak yapılmış bir çalışma olmaması, bu tez çalışması literatürdeki bu boşluğu doldurması bakımından önem arz etmektedir. Gelecekte, daha fazla soy hattı ve daha geniş sıcaklık aralıkları belirlenerek ve iki farklı sıcaklıkta gelişen bireyler için kullanılacak morfometrik karakterlerin de çalışılması ile bu konu hakkında daha çok bilgi sahibi olunmasını sağlayacaktır.

## 6.KAYNAKLAR

- [1] D. Zhang, H. Xiong, J.A. Mennigen, J.T. Popesku, V.L. Marlatt, C.J. Martyniuk, K. Crump, A.R. Cossins, X. Xia, V.L. Trudeau, Defining global neuroendocrine gene expression patterns associated with reproductive seasonality in fish, *PLoS One*. 4 (2009). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005816>.
- [2] V.I. Tyukmaeva, T.S. Salminen, M. Kankare, K.E. Knott, A. Hoikkala, Adaptation to a seasonally varying environment: A strong latitudinal cline in reproductive diapause combined with high gene flow in *Drosophila montana*, *Ecol. Evol.* 1 (2011) 160–168. <https://doi.org/10.1002/ece3.14>.
- [3] M.C. Kinzner, P. Krapf, M. Nindl, C. Heussler, S. Eisenkölbl, A.A. Hoffmann, J. Seeber, W. Arthofer, B.C. Schlick-Steiner, F.M. Steiner, Life-history traits and physiological limits of the alpine fly *Drosophila nigrosparsa* (Diptera: Drosophilidae): A comparative study, *Ecol. Evol.* 8 (2018) 2006–2020. <https://doi.org/10.1002/ece3.3810>.
- [4] E.J.K. Noach, G. De Jong, W. Scharloo, Phenotypic plasticity in morphological traits in two populations of *Drosophila melanogaster*, *J. Evol. Biol.* 9 (1996) 831–844. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1996.9060831.x>.
- [5] J.F. Merritt, M. Lima, F. Bozinovic, Seasonal regulation in fluctuating small mammal populations: Feedback structure and climate, *Oikos*. 94 (2001) 505–514. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.940312.x>.
- [6] H.M. Stone, P.A. Erickson, A.O. Bergland, Phenotypic plasticity, but not adaptive tracking, underlies seasonal variation in post-cold hardening freeze tolerance of *Drosophila melanogaster*, *Ecol. Evol.* 10 (2020) 217–231. <https://doi.org/10.1002/ece3.5887>.
- [7] M.J. Angilletta, T.D. Steury, M.W. Sears, Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: Fitting pieces of a life-history puzzle, *Integr. Comp. Biol.* 44 (2004) 498–509. <https://doi.org/10.1093/icb/44.6.498>.
- [8] E.L. Behrman, S.S. Watson, K.R. O'Brien, M.S. Heschel, P.S. Schmidt, Seasonal variation in life history traits in two *Drosophila* species, *J. Evol. Biol.* 28 (2015) 1691–1704. <https://doi.org/10.1111/jeb.12690>.
- [9] K. Fischer, K. Fiedler, Reaction norms for age and size at maturity in response to temperature: A test of the compound interest hypothesis, *Evol. Ecol.* 16 (2002) 333–349. <https://doi.org/10.1023/A:1020271600025>.
- [10] T. Flatt, Life-history evolution and the genetics of fitness components in *Drosophila melanogaster*, *Genetics*. 214 (2020) 3–48. <https://doi.org/10.1534/genetics.119.300160>.
- [11] J. Overgaard, T.N. Kristensen, K.A. Mitchell, A.A. Hoffmann, Thermal tolerance in widespread and tropical *Drosophila* species: Does phenotypic plasticity increase with latitude?, *Am. Nat.* 178 (2011) 80–96. <https://doi.org/10.1086/661780>.
- [12] S.C. Stearns, Life history evolution: Successes, limitations, and prospects, *Naturwissenschaften*. 87 (2000) 476–486.

- [13] D. Roff, Life History, Evolution of, in: *Encycl. Biodivers. Second Ed.*, 2001: pp. 631–641. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00087-3>.
- [14] C.C. Gilbert, *Mechanisms of Life History Evolution: The Genetics and Physiology of Life History Traits and Trade-Offs* edited by Thomas Flatt and Andreas Heyland *Mechanisms of Life History Evolution: The Genetics and Physiology of Life History Traits and Trade-Offs* by, (2014) 10–12.
- [15] H. Negoua, M. Chakir, J.R. David, P. Capy, Climatic adaptation in *Drosophila*: phenotypic plasticity of morphological traits along a seasonal cycle, *Ann. La Soc. Entomol. Fr.* 55 (2019) 48–60. <https://doi.org/10.1080/00379271.2018.1540281>.
- [16] M.D. Cortese, F.M. Norry, R. Piccinali, E. Hasson, Direct and correlated responses to artificial selection on developmental time and wing length in *Drosophila buzzatii*, *Evolution* (N. Y). 56 (2002) 2541–2547. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2002.tb00179.x>.
- [17] J. Chong, C. Amourda, T.E. Saunders, Temporal development of *Drosophila* embryos is highly robust across a wide temperature range, *J. R. Soc. Interface.* 15 (2018). <https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0304>.
- [18] G. Folguera, J. Mensch, J.L. Muñoz, S.G. Ceballos, E. Hasson, F. Bozinovic, Ontogenetic stage-dependent effect of temperature on developmental and metabolic rates in a holometabolous insect, *J. Insect Physiol.* 56 (2010) 1679–1684. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.06.015>.
- [19] B. van Heerwaarden, C.M. Sgrò, The quantitative genetic basis of clinal divergence in phenotypic plasticity, *Evolution* (N. Y). 71 (2017) 2618–2633. <https://doi.org/10.1111/evo.13342>.
- [20] M.A. Petino Zappala, I. Satorre, J.J. Fanara, Stage- and thermal-specific genetic architecture for preadult viability in natural populations of *Drosophila melanogaster*, *J. Evol. Biol.* 32 (2019) 683–693. <https://doi.org/10.1111/jeb.13448>.
- [21] P. Klepsatel, T.N. Girish, H. Dirksen, M. Gáliková, Reproductive fitness of *Drosophila* is maximised by optimal developmental temperature, *J. Exp. Biol.* 222 (2019) 1–11. <https://doi.org/10.1242/jeb.202184>.
- [22] G.R. Carvalho, Evolutionary aspects of fish distribution: genetic variability and adaptation, *J. Fish Biol.* 43 (1993) 53–73. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1993.tb01179.x>.
- [23] F.R. Torres, L. Madi-Ravazzi, Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp. (Diptera) in two woodlands in the State of São Paulo, Brazil, *Iheringia - Ser. Zool.* 96 (2006) 437–444. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212006000400008>.
- [24] L.P. Korzun, C. Énard, J.P. Gasc, F.J. Dzerzhinsky, L'adaptation des attagis et thinocores (Aves, Charadriiformes, Thinocoridae) au broutage : Une étude de leurs appareils du bec et hyoïdien, *Zoosystema.* 31 (2009) 347–368. <https://doi.org/10.5252/z2009n2a7>.

- [25] A.M. Hancock, B. Brachi, N. Faure, M.W. Horton, L.B. Jarymowycz, F.G. Sperone, C. Toomajian, F. Roux, J. Bergelson, Adaptation to climate across the *Arabidopsis thaliana* genome, *Science* (80-. ). 334 (2011) 83–86. <https://doi.org/10.1126/science.1209244>.
- [26] M.J. Angilletta, C. Condon, J.P. Youngblood, Thermal acclimation of flies from three populations of *Drosophila melanogaster* fails to support the seasonality hypothesis, *J. Therm. Biol.* 81 (2019) 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.02.009>.
- [27] A.O. Bergland, E.L. Behrman, K.R. O'Brien, P.S. Schmidt, D.A. Petrov, Genomic Evidence of Rapid and Stable Adaptive Oscillations over Seasonal Time Scales in *Drosophila*, *PLoS Genet.* 10 (2014). <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1004775>.
- [28] Ø. Varpe, Life history adaptations to seasonality, *Integr. Comp. Biol.* 57 (2017) 943–960. <https://doi.org/10.1093/icb/ix123>.
- [29] D. Rosero-López, J. Knighton, P. Lloret, A.C. Encalada, Invertebrate response to impacts of water diversion and flow regulation in high-altitude tropical streams, *River Res. Appl.* (2019) 223–233. <https://doi.org/10.1002/rra.3578>.
- [30] T. Kurokura, N. Mimida, N.H. Battey, T. Hytönen, The regulation of seasonal flowering in the Rosaceae, *J. Exp. Bot.* 64 (2013) 4131–4141. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert233>.
- [31] A. Fábio Lopes de Souza, M. Eugênia Petenuci, R. Camparim, J. Vergilio Visentainer, A. José Inhamuns da Silva, Effect of seasonal variations on fatty acid composition and nutritional profiles of siluriformes fish species from the amazon basin, *Food Res. Int.* (2020) 109051. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109051>.
- [32] T.P. Hahn, Reproductive seasonality in an opportunistic breeder, the red crossbill, *Loxia curvirostra*, *Ecology.* 79 (1998) 2365–2375. <https://doi.org/10.2307/176828>.
- [33] A. Dawson, V.M. King, G.E. Bentley, G.F. Ball, Photoperiodic control of seasonality in birds, *J. Biol. Rhythms.* 16 (2001) 365–380. <https://doi.org/10.1177/074873001129002079>.
- [34] D. Roff, Optimizing development time in a seasonal environment: The “ups and downs” of clinal variation, *Oecologia.* 45 (1980) 202–208. <https://doi.org/10.1007/BF00346461>.
- [35] Z. Renthleil, B.K. Borah, A.K. Trivedi, Photoperiod induced developmental effects on silkworm, *Bombyx mori*, *Biol. Rhythm Res.* 48 (2017) 121–128. <https://doi.org/10.1080/09291016.2016.1234757>.
- [36] A.J. Nathan, A. Scobell, How China sees America, *Foreign Aff.* 91 (2012) 287. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- [37] S.D. Jackson, Plant responses to photoperiod, *New Phytol.* 181 (2009) 517–531. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02681.x>.
- [38] J.L. Hatfield, J.H. Prueger, Temperature extremes: Effect on plant growth and development, *Weather Clim. Extrem.* 10 (2015) 4–10.

- [39] J.D. Arendt, Size-fecundity relationships, growth trajectories, and the temperature-size rule for ectotherms, *Evolution* (N. Y). 65 (2011) 43–51. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2010.01112.x>.
- [40] E.L. Behrman, V.M. Howick, M. Kapun, F. Staubach, A.O. Bergland, D.A. Petrov, B.P. Lazzaro, P.S. Schmidt, Rapid seasonal evolution in innate immunity of wild *Drosophila melanogaster*, *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 285 (2018). <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2599>.
- [41] C.F. Aksoy, Enlemsel Klinlerin *Drosophila melanogaster*'de Dca Genotipi ve Kanat Büyüklüğü Bakımından Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, 2018.
- [42] P.A. Erickson, C.A. Weller, D.Y. Song, A.S. Bangerter, A.O. Bergland, Unique genetic signatures of local adaptation over space and time for diapause , an ecologically relevant complex trait , in *Drosophila melanogaster*, (2020) 0–1.
- [43] B.S. Subaşı, *Drosophila melanogaster*'de Coğrafi ve Mevsimsel Diyapoz Değişimi ve İnsülin-Benzeri Reseptör (InR) Polimorfizmi ile İlişkisinin Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, 2017.
- [44] D.A. Roff, Contributions of genomics to life-history theory, *Nat. Rev. Genet.* 8 (2007) 116–125. <https://doi.org/10.1038/nrg2040>.
- [45] C.J. Austin, A.J. Moehring, Local thermal adaptation detected during multiple life stages across populations of *Drosophila melanogaster*, *J. Evol. Biol.* (2019) 1–10. <https://doi.org/10.1111/jeb.13530>.
- [46] J.R. David, P. Gibert, E. Gravot, G. Petavy, J.P. Morin, D. Karan, B. Moreteau, Phenotypic plasticity and developmental temperature in drosophila: Analysis and significance of reaction norms of morphometrical traits, *J. Therm. Biol.* 22 (1997) 441–451. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(97\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(97)00063-6).
- [47] M. Santos, D. Brites, H. Laayouni, Thermal evolution of pre-adult life history traits, geometric size and shape, and developmental stability in *Drosophila subobscura*, *J. Evol. Biol.* 19 (2006) 2006–2021. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2006.01139.x>.
- [48] K.L. Nikhil, K. Ratna, V.K. Sharma, Life-history traits of *Drosophila melanogaster* populations exhibiting early and late eclosion chronotypes, *BMC Evol. Biol.* 16 (2016) 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12862-016-0622-3>.
- [49] M.J. Angilletta, R.S. Wilson, C.A. Navas, R.S. James, Tradeoffs and the evolution of thermal reaction norms, *Trends Ecol. Evol.* 18 (2003) 234–240. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00087-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00087-9).
- [50] T. Flatt, Survival costs of reproduction in *Drosophila*, *Exp. Gerontol.* 46 (2011) 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2010.10.008>.
- [51] J.G. Sevenster, J.J.M. Van Alphen, A Life History Trade-Off in *Drosophila* Species and Community Structure in Variable Environments Author ( s ): Jan G . Sevenster and Jacques J . M . Van Alphen Published by : British Ecological Society Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/5392> REFERENC, *Br. Ecol. Soc.* 62 (2016) 720–736.

- [52] A.K. Chippindale, A.L. Ngo, M.R. Rose, The devil in the details of life-history evolution: Instability and reversal of genetic correlations during selection on *Drosophila* development, *J. Genet.* 82 (2003) 133–145. <https://doi.org/10.1007/BF02715814>.
- [53] L. Partridge, B. Barrie, N.H. Barton, K. Fowler, V. French, Rapid Laboratory Evolution of Adult Life-History Traits in *Drosophila melanogaster* in Response to Temperature, *Evolution* (N. Y). 49 (1995) 538. <https://doi.org/10.2307/2410277>.
- [54] P.V. Salachan, H. Burgaud, J.G. Sørensen, Testing the thermal limits: Non-linear reaction norms drive disparate thermal acclimation responses in *Drosophila melanogaster*, *J. Insect Physiol.* 118 (2019) 103946. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2019.103946>.
- [55] P. Klepsatel, M. Gáliková, N. De Maio, C.D. Huber, C. Schlötterer, T. Flatt, Variation in thermal performance and reaction norms among populations of *Drosophila melanogaster*, *Evolution* (N. Y). 67 (2013) 3573–3587. <https://doi.org/10.1111/evo.12221>.
- [56] M.M. Dawood, M.W. Strickberger, The effect of larval interaction on viability in *Drosophila melanogaster*. 3. Effects of biotic residues., *Genetics.* 63 (1969) 213–220.
- [57] B.Ş. Önder, A Comparison of Two Different Diets and Their Restricted Groups in Relation to Developmental Time and Viability in *Drosophila melanogaster*, *HACETTEPE J. Biol. Chem.* 38 (2010) 311–317.
- [58] P. Güler, N. Ayhan, C. Koşukcu, B.Ş. Önder, The effects of larval diet restriction on developmental time, preadult survival, and wing length in *Drosophila melanogaster*, *Turkish J. Zool.* 39 (2015) 395–403. <https://doi.org/10.3906/zoo-1305-42>.
- [59] A.W. Shingleton, C.K. Mirth, P.W. Bates, Developmental model of static allometry in holometabolous insects, *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 275 (2008) 1875–1885. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0227>.
- [60] J. Mensch, N. Lavagnino, V.P. Carreira, A. Massaldi, E. Hasson, J.J. Fanara, Identifying candidate genes affecting developmental time in *Drosophila melanogaster*. Pervasive pleiotropy and gene-by-environment interaction, *BMC Dev. Biol.* 8 (2008) 1–12. <https://doi.org/10.1186/1471-213X-8-78>.
- [61] J.R. David, H. Legout, B. Moreteau, Phenotypic plasticity of body size in a temperate population of *Drosophila melanogaster*. When the temperature-size rule does not apply, *J. Genet.* 85 (2006) 9–23. <https://doi.org/10.1007/BF02728965>.
- [62] A. Fauzi, S.D. Ramadani, I. Sukmawati, The consistency of sex ratio of *Drosophila melanogaster* (Meigen) in different physical environment condition, *Proceeding Int. Conf. Green Technol.* 8 (2017) 176–179. [blob:http://conferences.uin-malang.ac.id/ad19c5cb-873e-4c27-a6ba-a8b0091f768f](http://blob:http://conferences.uin-malang.ac.id/ad19c5cb-873e-4c27-a6ba-a8b0091f768f).
- [63] A.W. Shingleton, W.A. Frankino, T. Flatt, H.F. Nijhout, D.J. Emlen, Size and shape: The developmental regulation of static allometry in insects, *BioEssays.* 29 (2007) 536–548. <https://doi.org/10.1002/bies.20584>.

- [64] M.H. Browder, L.J. D'Amico, H.F. Nijhout, The role of low levels of juvenile hormone esterase in the metamorphosis of *Manduca sexta*, *J. Insect Sci.* 1 (2001) 1–4. <https://doi.org/10.1673/031.001.1101>.
- [65] H.F. Nijhout, C.M. Williams, Control of moulting and metamorphosis in the tobacco hornworm, *Manduca sexta* (L.): growth of the last instar larva and the decision to pupate, *J. Exp. Biol.* 61 (1974) 481–491.
- [66] G.H. De Moed, C.L.J.J. Kruitwagen, G. De Jong, W. Scharloo, Critical weight for the induction of pupariation in *Drosophila melanogaster*: Genetic and environmental variation, *J. Evol. Biol.* 12 (1999) 852–858. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1999.00103.x>.
- [67] S.M. Scheiner, *Genetics and Evolution of Phenotypic Plasticity* Author ( s ): Samuel M . Scheiner Source : Annual Review of Ecology and Systematics , Vol . 24 ( 1993 ), pp . 35-68 Published by: Annual Reviews Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2097172> Accessed : 1, Annu. Rev. Ecol. Syst. 24 (2016) 35–68.
- [68] P.J. Freda, Z.M. Ali, N. Heter, G.J. Ragland, T.J. Morgan, Stage-specific genotype-by-environment interactions for cold and heat hardiness in *Drosophila melanogaster*, *Heredity* (Edinb). 123 (2019) 479–491. <https://doi.org/10.1038/s41437-019-0236-9>.
- [69] S.M. Scheiner, F. Lyman, The genetics of phenotypic selection II . Response to selection, *J. Evol. Biol.* 4 (1991) 23–50.
- [70] E. Durmaz, S. Rajpurohit, N. Betancourt, D.K. Fabian, M. Kapun, P. Schmidt, T. Flatt, A clinal polymorphism in the insulin signaling transcription factor foxo contributes to life-history adaptation in *Drosophila*\*, *Evolution* (N. Y). 73 (2019) 1774–1792. <https://doi.org/10.1111/evo.13759>.
- [71] D. Karan, B. Moreteau, J.R. David, Growth temperature and reaction norms of morphometrical traits in a tropical drosophilid: *Zaprionus indianus*, *Heredity* (Edinb). 83 (1999) 398–407. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6885940>.
- [72] P. De Villemereuil, O.E. Gaggiotti, M. Mouterde, I. Till-Bottraud, Common garden experiments in the genomic era: New perspectives and opportunities, *Heredity* (Edinb). 116 (2016) 249–254. <https://doi.org/10.1038/hdy.2015.93>.
- [73] R. David, M.D. University, Phenotypic Plasticity And Developmental Temperature In *Drosophila*: Analysis And Significance Of Reaction Norms Of Morphometrical Traits, *Science* (80-. ). 22 (1998) 44–45.
- [74] M. Falconer, D. S., *Introduction to Quantitative Genetics*, 4 th edition., Longman, 1996.
- [75] P.E. Bunney, A.N. Zink, A.A. Holm, C.J. Billington, C.M. Kotz, Orexin activation counteracts decreases in nonexercise activity thermogenesis (NEAT) caused by high-fat diet, *Physiol. Behav.* 176 (2017) 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>.
- [76] R Core Team (2020), *R: A language and environment for statistical computing.*, Accessed 1st April 2019. (2019).

- [77] A. Kuznetsova, P.B. Brockhoff, R.H.B. Christensen, lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models, J. Stat. Softw. 82 (2017). <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>.
- [78] R. V. Lenth, Least-squares means: The R package lsmeans, J. Stat. Softw. 69 (2016). <https://doi.org/10.18637/jss.v069.i01>.
- [79] M.B. Morrissey, M. Liefing, Variation in reaction norms: Statistical considerations and biological interpretation, Evolution. 70 (2016) 1944–1959. <https://doi.org/10.1111/evo.13003>.
- [80] T. Groupwise, D. Facilities, The doBy Package Imports Hmisc, (2007).
- [81] C. Data, L. Rcpp, Package ‘plyr’, (2020).
- [82] H. Wickham, C. Winston, Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics, Packag. “Ggplot2.” (2019). <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr406>.
- [83] S. Önder, B.S., Kapun, M., Aksoy, C.F., Şenkal, Ş.S., Demir, E., Coşkun, The effect of chromosomal inversions on seasonal phenotypic variation in *Drosophila melanogaster*., Project report, 2019.
- [84] J.R. David, P. Gibert, H. Legout, G. Pétavy, P. Capy, B. Moreteau, Isofemale lines in *Drosophila*: An empirical approach to quantitative trait analysis in natural populations, Heredity (Edinb). 94 (2005) 3–12. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800562>.
- [85] A.A. Hoffmann, J. Shirriffs, M. Scott, Relative importance of plastic vs genetic factors in adaptive differentiation: Geographical variation for stress resistance in *Drosophila melanogaster* from eastern Australia, Funct. Ecol. 19, 222–227, 2005.
- [86] Önder, B.S., and Pasyukova, E.G., Latitudinal, seasonal, and year-to-year changes in genome, transcriptome, and life history traits variation in *Drosophila melanogaster* populations, Project report, 2017.
- [87] A.W. Shingleton, J. Das, L. Vinicius, D.L. Stern, The temporal requirements for insulin signaling during development in *Drosophila*, PLoS Biol. 3 (2005) 1607–1617. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0030289>.

## EKLER

**Çizelge Ek-1.** Yumurtadan pupaya, yumurtadan ergine ve pupadan ergine gelişim süresini gösteren betimleyici analizler.

Yıl	Ay	Soy Hattı	Sic. (°C)	Yumurtadan Pupaya			Yumurtadan Ergine			Pupadan Ergine			Yaşayabilirlik			Eşey Oranı
				Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Y.-P.	Y.-E.	P.-E.	
2014	Haziran	1	18	284,26	2,87	121	474,02	2,26	107	188,58	2,39	107	0,61	0,87	0,54	1,99
			25	143,79	1,52	117	246,11	1,52	112	102,81	1,22	112	0,59	0,96	0,56	1,10
		2	18	332,21	3,85	75	522,28	3,36	65	190,79	4,79	65	0,47	0,88	0,41	0,95
			25	147,89	1,42	112	246,17	1,32	107	98,03	1,47	107	0,56	0,96	0,54	0,90
		3	18	304,09	2,33	127	509,89	3,41	125	205,39	2,35	125	0,64	0,98	0,63	0,92
			25	144,00	1,52	110	243,47	1,23	106	99,35	0,72	106	0,55	0,96	0,53	0,87
	4	18	276,46	1,30	182	469,48	1,39	178	192,84	1,29	178	0,91	0,98	0,89	1,06	
		25	146,82	0,90	176	247,21	1,00	173	100,37	1,18	173	0,88	0,98	0,87	1,02	
	5	18	324,13	3,81	96	535,41	3,77	88	212,25	3,59	88	0,48	0,91	0,44	1,08	
		25	168,26	2,59	76	276,34	2,62	70	107,85	1,60	70	0,38	0,93	0,35	1,41	
	Temmuz	11	18	294,01	3,01	147	490,48	2,92	147	196,47	1,13	147	0,74	1,00	0,74	0,84
			25	154,14	1,73	131	254,17	1,80	127	100,13	2,86	127	0,66	0,97	0,64	0,69
		12	18	297,82	3,47	112	503,46	3,13	103	205,68	3,60	103	0,70	0,92	0,64	0,71
			25	152,26	1,71	121	260,28	2,00	115	107,54	1,56	115	0,61	0,96	0,58	1,07
		13	18	263,97	2,98	134	456,19	2,85	124	191,23	2,30	124	0,67	0,92	0,62	1,35
			25	140,64	0,91	138	240,28	1,13	128	99,07	2,32	128	0,69	0,92	0,64	1,67
14		18	263,83	3,65	96	449,93	2,43	85	186,30	3,93	85	0,48	0,89	0,43	0,80	
		25	153,26	2,43	86	251,11	2,28	81	98,12	1,78	81	0,48	0,96	0,47	0,75	
15	18	291,29	1,52	157	502,60	1,49	157	211,18	1,12	157	0,79	1,00	0,79	0,97		
	25	144,18	0,82	160	249,87	1,24	158	105,50	3,44	158	0,80	0,99	0,79	0,89		
Ağustos	17	18	257,29	2,18	130	461,75	2,47	121	204,57	1,21	121	0,81	0,93	0,76	0,62	

Yıl	Ay	Soy Hattı	Sic. (°C)	Yumurtadan Pupaya			Yumurtadan Ergine			Pupadan Ergine			Yaşayabilirlik			Eşey Oranı
				Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Y.-P.	Y.-E.	P.-E.	
			25	137,14	1,19	155	241,99	1,26	151	105,01	1,25	151	0,78	0,97	0,76	1,07
		19	18	310,19	2,21	168	512,70	2,36	154	202,71	1,72	154	0,84	0,92	0,77	0,98
			25	151,20	1,11	181	254,52	1,22	178	103,45	1,42	178	0,91	0,98	0,89	2,29
		20	18	267,44	2,79	107	472,00	2,42	83	203,93	1,93	83	0,54	0,78	0,42	1,16
			25	138,69	1,13	113	238,02	1,17	103	98,93	1,13	103	0,57	0,91	0,52	0,75
		21	18	290,64	1,89	156	502,04	1,66	153	211,41	3,02	153	0,78	0,98	0,77	1,01
			25	153,88	1,30	153	258,60	1,39	151	104,78	1,19	151	0,77	0,99	0,76	0,84
	Eylül	27	18	274,34	2,64	106	476,17	2,45	94	202,21	3,84	94	0,53	0,88	0,48	1,29
			25	137,50	0,95	115	239,79	1,11	114	102,38	1,09	114	0,58	0,99	0,57	0,78
		28	18	275,05	2,41	122	466,86	2,10	116	192,95	6,17	116	0,76	0,95	0,73	0,43
			25	127,89	1,58	144	236,08	1,40	142	108,09	4,30	142	0,72	0,98	0,71	1,45
		29	18	297,55	2,32	147	491,39	1,96	144	194,08	2,83	144	0,74	0,98	0,72	1,12
			25	156,47	1,00	144	254,94	0,97	140	98,28	0,74	140	0,72	0,97	0,70	0,75
		30	18	283,76	3,51	83	472,86	4,27	51	182,73	8,70	51	0,42	0,62	0,26	1,32
			25	148,50	1,81	72	257,21	4,44	43	107,62	7,14	43	0,36	0,61	0,22	1,53
		31	18	281,85	2,97	169	483,12	1,75	163	201,64	3,33	163	0,85	0,97	0,82	0,87
			25	149,60	1,26	172	249,73	1,27	164	100,05	1,66	164	0,86	0,95	0,82	0,80
	Ekim	37	18	248,78	1,68	72	449,88	2,15	66	201,20	1,00	66	0,45	0,92	0,41	0,42
			25	138,93	1,11	75	239,76	1,75	68	101,53	2,20	68	0,38	0,92	0,34	1,13
		38	18	295,48	2,19	123	496,22	2,15	111	200,56	1,51	111	0,62	0,90	0,56	0,73
			25	146,39	1,33	129	249,72	1,28	79	104,37	3,51	79	0,65	0,60	0,40	0,68
		39	18	288,94	3,99	102	478,64	3,63	88	189,78	2,64	88	0,51	0,87	0,44	0,87
			25	157,58	1,77	48	257,04	1,66	46	99,70	0,52	46	0,25	0,97	0,24	0,47
		40	18	289,91	3,04	107	486,44	3,48	105	196,26	0,69	105	0,54	0,98	0,53	0,78
			25	156,15	1,86	108	248,34	2,86	105	91,87	8,02	105	0,51	0,95	0,49	1,02
		41	18	265,32	3,24	100	479,01	3,25	93	214,44	1,70	93	0,50	0,93	0,47	0,86

Yıl	Ay	Soy Hattı	Sic. (°C)	Yumurtadan Pupaya			Yumurtadan Ergine			Pupadan Ergine			Yaşayabilirlik			Eşey Oranı
				Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Y.-P.	Y.-E.	P.-E.	
2015	Mayıs	47	25	129,68	2,27	81	241,79	2,52	78	111,90	2,13	78	0,41	0,96	0,39	1,11
			18	276,00	2,19	115	479,93	2,12	111	203,73	1,81	111	0,58	0,97	0,56	0,79
		48	25	148,44	1,42	100	251,80	1,58	99	103,43	0,92	99	0,50	0,99	0,50	0,83
			18	318,55	5,63	47	517,71	6,36	42	201,65	6,55	42	0,25	0,92	0,22	0,47
		49	25	146,12	2,74	49	246,45	2,45	44	99,21	3,31	44	0,25	0,89	0,22	1,00
			18	273,53	2,69	102	474,43	3,14	89	201,51	5,07	89	0,51	0,88	0,45	1,12
		50	25	141,84	2,02	89	239,62	1,64	84	96,63	4,58	84	0,45	0,94	0,42	1,55
			18	284,53	3,16	121	476,97	2,36	111	193,31	3,88	111	0,61	0,92	0,56	0,82
		51	25	150,90	1,82	73	255,03	2,12	70	104,27	3,64	70	0,37	0,96	0,35	1,06
			18	320,83	2,50	111	526,06	2,76	103	205,07	4,69	103	0,56	0,93	0,52	0,87
	Haziran	57	25	155,67	1,38	110	259,11	1,28	103	103,04	1,14	103	0,47	0,95	0,44	1,06
			18	300,87	2,57	120	490,73	2,31	98	189,31	3,70	98	0,60	0,81	0,49	1,33
		59	25	156,42	1,12	125	259,35	1,54	111	102,38	1,50	111	0,63	0,88	0,56	0,98
			18	290,80	2,58	123	504,83	2,87	116	213,85	2,30	116	0,77	0,94	0,73	0,54
		61	25	153,61	1,05	157	262,40	1,14	155	108,78	0,86	155	0,79	0,99	0,78	1,12
			18	300,00	2,29	131	509,41	2,19	108	208,95	2,89	108	0,66	0,83	0,54	1,00
		67	25	150,91	1,30	132	251,65	1,26	127	100,73	0,94	127	0,66	0,97	0,64	1,02
			18	307,47	2,04	159	497,02	1,78	149	189,69	1,19	149	0,80	0,94	0,75	0,99
		68	25	150,65	1,17	130	249,05	1,91	122	98,24	0,97	122	0,65	0,94	0,61	1,18
			18	295,27	1,70	147	505,58	1,55	139	210,94	5,84	139	0,74	0,95	0,70	1,17
69	25	148,50	1,07	145	251,44	1,36	144	102,93	1,10	144	0,73	0,99	0,72	1,12		
	18	273,77	2,51	133	471,87	2,11	121	198,30	1,52	121	0,67	0,91	0,61	0,89		
70	25	149,60	1,80	90	253,95	1,75	80	104,38	0,89	80	0,45	0,90	0,40	1,05		
	18	300,22	2,35	130	492,83	2,30	120	192,49	2,13	120	0,65	0,92	0,60	1,14		
			25	159,93	1,37	122	258,77	1,63	120	98,76	1,73	120	0,61	0,98	0,60	0,82

Yıl	Ay	Soy Hattı	Sic. (°C)	Yumurtadan Pupaya			Yumurtadan Ergine			Pupadan Ergine			Yaşayabilirlik			Eşey Oranı
				Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Y.-P.	Y.-E.	P.-E.	
		71	18	285,22	2,95	115	489,53	2,91	107	204,55	1,52	107	0,58	0,93	0,54	0,88
			25	148,03	1,31	118	251,79	2,16	75	103,62	2,54	75	0,59	0,63	0,38	1,14
	Ağustos	77	18	285,59	2,61	123	488,41	2,80	117	202,74	2,39	117	0,77	0,95	0,73	0,55
			25	146,37	1,68	123	251,54	2,15	121	104,64	1,68	121	0,62	0,99	0,61	0,64
		78	18	276,37	1,26	171	478,22	1,25	162	201,92	1,74	162	0,86	0,95	0,81	1,05
			25	138,58	0,88	177	235,84	0,88	171	97,34	1,15	171	0,89	0,97	0,86	0,82
		79	18	275,62	1,63	147	478,41	1,95	143	202,76	1,40	143	0,74	0,98	0,72	1,42
			25	141,49	0,86	167	244,32	0,83	163	102,71	0,87	163	0,84	0,97	0,82	1,04
		80	18	264,31	2,01	130	463,59	1,93	116	199,02	2,03	116	0,65	0,89	0,58	0,87
			25	140,03	1,08	127	235,21	1,11	121	95,09	1,41	121	0,64	0,95	0,61	0,98
		81	18	262,53	2,76	76	465,47	3,32	68	200,53	8,78	68	0,48	0,88	0,43	0,64
			25	134,61	1,59	92	227,87	1,54	91	92,52	3,42	91	0,46	0,99	0,46	1,33
	Eylül	87	18	288,95	3,79	110	485,98	2,58	91	196,52	4,04	91	0,55	0,83	0,46	0,69
			25	139,33	1,69	119	241,82	1,69	99	102,54	0,93	99	0,60	0,84	0,50	0,57
		89	18	285,43	3,34	81	488,00	3,61	66	203,16	0,70	66	0,41	0,83	0,33	1,64
			25	152,86	2,24	93	251,86	2,04	83	98,82	2,76	83	0,47	0,89	0,42	0,84
		90	18	259,39	3,10	92	446,69	3,51	67	187,01	4,10	67	0,46	0,75	0,34	1,39
			25	140,99	1,70	77	239,88	1,65	66	98,47	2,02	66	0,39	0,86	0,33	0,39
		91	18	317,54	1,82	156	515,97	2,48	153	197,95	4,07	153	0,78	0,98	0,77	0,76
			25	163,91	1,03	174	265,79	1,18	174	101,74	1,10	174	0,87	1,00	0,87	0,85
	Ekim	97	18	302,31	3,18	90	499,11	4,12	81	197,16	3,84	81	0,45	0,89	0,41	0,56
			25	143,68	1,59	111	243,93	1,79	107	100,38	0,87	107	0,56	0,97	0,54	1,06
		98	18	297,49	2,91	102	497,68	2,95	95	199,80	3,27	95	0,51	0,93	0,48	0,56
			25	148,47	1,14	152	253,05	1,23	141	104,59	2,18	141	0,76	0,93	0,71	0,74
		99	18	285,73	2,63	143	489,86	2,71	138	204,25	1,23	138	0,72	0,97	0,69	0,92
			25	154,43	1,88	112	265,25	2,29	106	110,91	1,35	106	0,66	0,95	0,62	0,43

Yıl	Ay	Soy Hattı	Sic. (°C)	Yumurtadan Pupaya			Yumurtadan Ergine			Pupadan Ergine			Yaşayabilirlik			Eşey Oranı
				Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Y.-P.	Y.-E.	P.-E.	
2016	Mayıs	100	18	265,24	3,14	71	464,44	3,15	63	200,06	0,80	63	0,36	0,91	0,32	0,85
			25	138,23	1,47	106	237,21	1,55	99	98,93	0,89	99	0,53	0,94	0,50	1,11
		101	18	290,06	2,60	99	493,40	3,16	94	202,64	6,09	94	0,58	0,83	0,51	0,43
			25	147,49	1,41	94	248,04	1,76	91	100,01	2,44	91	0,47	0,97	0,46	1,02
		300	18	325,05	6,92	38	498,29	7,57	14	172,41	3,96	14	0,19	0,36	0,08	0,75
			25	146,90	2,92	58	241,90	2,10	42	96,23	2,35	42	0,29	0,73	0,21	0,83
		301	18	317,41	3,18	125	518,00	4,22	114	200,25	2,76	114	0,63	0,92	0,57	1,19
			25	154,67	1,47	129	258,63	1,49	123	103,85	0,87	123	0,65	0,96	0,62	0,76
		302	18	327,60	3,54	101	521,59	4,15	68	193,78	2,38	68	0,51	0,67	0,34	1,34
			25	151,94	1,22	130	253,34	1,39	119	101,58	1,51	119	0,65	0,92	0,60	1,05
	303	18	282,91	2,67	128	470,34	1,77	87	187,32	3,81	87	0,64	0,68	0,44	1,18	
		25	147,79	1,75	116	240,10	1,57	82	92,25	1,05	82	0,58	0,72	0,41	1,05	
	304	18	271,18	3,70	78	476,51	2,06	71	205,65	2,19	71	0,39	0,90	0,36	0,69	
		25	140,56	1,32	71	240,49	1,34	65	99,78	1,62	65	0,36	0,92	0,33	0,97	
	Haziran	310	18	316,24	2,78	132	503,12	2,96	100	186,65	3,28	100	0,66	0,75	0,50	0,96
			25	145,92	2,16	104	243,71	2,39	82	98,90	1,32	82	0,52	0,81	0,41	1,34
		311	18	281,37	2,29	184	472,21	2,30	173	190,50	7,19	173	0,92	0,95	0,87	0,82
			25	144,59	0,90	182	245,95	1,03	176	101,33	0,37	176	0,92	0,96	0,88	0,60
		312	18	298,37	7,19	54	489,68	5,28	50	189,57	7,90	50	0,27	0,92	0,25	1,38
			25	140,36	2,72	67	243,25	2,07	59	103,61	2,18	59	0,34	0,87	0,30	1,81
313		18	310,27	2,90	88	507,89	3,52	75	197,48	2,66	75	0,44	0,85	0,38	1,88	
		25	156,56	1,66	93	258,77	1,74	91	102,29	1,48	91	0,47	0,98	0,46	1,46	
314		18	300,07	3,81	113	501,57	3,75	97	201,30	2,93	97	0,57	0,85	0,49	0,87	
		25	155,92	1,68	104	258,52	2,13	92	101,67	2,80	92	0,52	0,88	0,46	1,14	
Temmuz	320	18	288,07	3,05	110	479,65	4,00	79	191,49	3,02	79	0,55	0,72	0,40	1,14	
		25	142,04	1,88	100	235,77	2,15	86	93,89	2,91	86	0,50	0,85	0,43	0,95	

Yıl	Ay	Soy Hattı	Sic. (°C)	Yumurtadan Pupaya			Yumurtadan Ergine			Pupadan Ergine			Yaşayabilirlik			Eşey Oranı
				Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Y.-P.	Y.-E.	P.-E.	
		321	18	294,63	2,85	79	463,62	3,07	73	168,31	3,35	73	0,40	0,92	0,37	0,83
			25	138,77	2,37	65	243,82	2,58	65	105,08	0,78	65	0,33	1,00	0,33	0,91
		322	18	287,66	4,63	71	463,53	3,07	59	174,47	6,75	59	0,44	0,85	0,37	0,54
			25	144,76	1,21	95	247,54	1,26	79	103,02	1,04	79	0,48	0,84	0,40	1,39
		323	18	285,31	2,65	140	482,16	2,41	122	196,73	1,47	122	0,70	0,87	0,61	1,65
			25	157,43	2,03	87	255,12	2,70	86	96,90	3,82	86	0,54	0,99	0,54	0,51
		324	18	254,94	1,73	128	451,04	1,98	125	196,09	0,68	125	0,80	0,98	0,78	0,59
			25	134,13	1,63	126	230,70	2,08	117	96,92	1,38	117	0,63	0,93	0,58	1,21
	Ağustos	331	18	317,57	2,78	84	511,45	2,04	80	193,35	3,01	80	0,42	0,95	0,40	0,74
			25	146,39	1,27	87	242,07	1,30	85	95,50	1,21	85	0,45	0,97	0,44	0,89
		332	18	362,14	3,29	88	570,77	4,16	81	208,81	1,03	81	0,44	0,92	0,41	1,03
			25	176,04	1,77	101	276,27	1,87	90	100,33	1,90	90	0,50	0,86	0,43	0,88
		333	18	294,69	2,54	95	492,14	2,87	83	197,11	2,37	83	0,48	0,87	0,42	1,18
			25	154,08	1,76	102	255,40	1,36	93	101,00	4,29	93	0,51	0,91	0,47	0,98
		334	18	278,93	3,60	157	470,05	1,49	131	190,99	5,75	131	0,79	0,83	0,66	0,82
			25	142,95	1,38	149	245,42	1,32	135	102,44	1,43	135	0,75	0,91	0,68	0,93
	Eylül	340	18	311,00	2,94	132	514,51	3,38	121	204,11	5,80	121	0,66	0,92	0,61	1,02
			25	158,89	2,46	79	268,06	3,39	72	107,81	2,98	72	0,40	0,92	0,37	1,77
		341	18	274,41	3,30	116	471,85	2,23	108	196,93	3,03	108	0,58	0,93	0,54	1,00
			25	139,97	1,50	116	245,71	1,90	112	105,91	1,58	112	0,58	0,96	0,56	0,90
		342	18	300,72	2,77	116	503,78	2,25	109	202,90	2,63	109	0,58	0,94	0,55	0,95
			25	157,34	0,97	119	257,96	0,83	100	100,33	1,44	100	0,60	0,84	0,50	1,38
		343	18	274,10	3,15	80	472,78	3,03	72	198,95	3,22	72	0,40	0,91	0,36	0,71
			25	147,96	1,45	91	239,14	1,28	84	91,22	1,27	84	0,46	0,92	0,42	1,27
		344	18	274,65	3,81	62	463,54	4,42	52	189,46	2,94	52	0,31	0,86	0,26	0,86
			25	142,75	1,70	80	246,59	1,67	71	104,42	0,59	71	0,40	0,89	0,36	0,65

Yıl	Ay	Soy Hattı	Sic. (°C)	Yumurtadan Pupaya			Yumurtadan Ergine			Pupadan Ergine			Yaşayabilirlik			Eşey Oranı
				Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Ort. G.S.	SH	n	Y.-P.	Y.-E.	P.-E.	
	Ekim	351	18	332,14	2,30	138	528,72	2,26	117	196,99	1,97	117	0,69	0,85	0,59	1,34
			25	177,56	1,28	133	283,16	1,56	119	106,79	3,06	119	0,67	0,88	0,60	0,89
	352	18	277,71	2,54	129	469,87	3,10	109	192,81	1,70	109	0,65	0,87	0,55	0,82	
			25	134,50	1,58	136	234,52	1,77	132	100,16	0,57	132	0,68	0,97	0,66	0,81
	353	18	273,13	3,60	67	458,03	2,68	65	184,53	3,33	65	0,34	0,97	0,33	0,71	
			25	145,13	2,08	46	243,22	3,02	46	99,32	1,59	46	0,23	1,00	0,23	0,84
	354	18	311,09	3,32	92	500,30	4,06	81	189,56	4,07	81	0,46	0,88	0,41	0,72	
			25	159,01	1,88	97	256,50	2,33	88	97,29	1,03	88	0,49	0,91	0,44	0,91
	355	18	268,00	5,18	30	467,38	5,60	26	199,84	3,32	26	0,16	0,89	0,14	0,33	
			25	139,26	2,56	38	250,33	2,77	36	111,89	1,75	36	0,19	0,97	0,18	1,00



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
GENEL BİYOLOJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih:11/08/2020

Tez Başlığı / Konusu: *Drosophila melanogaster*'de ergin öncesi yaşam öyküsü karakterleri reaksiyon normlarının mevsimselliğinin araştırılması.

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 44 sayfalık kısmına ilişkin, 11/08/2020 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6 'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

11/08/2020  
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ekin DEMİR  
Öğrenci No: N17236338  
Anabilim Dalı: Biyoloji  
Programı: Yüksek Lisans  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Dr.Öğretim Üyesi Banu Şebnem  
ÖNDER

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ekin DEMİR  
Doğum yeri : Ankara  
Doğum tarihi : 31/01/1995  
Medeni hali : Bekar  
Yazışma adresi : Batıkent/Ankara  
Telefon : 05387819791  
Elektronik posta adresi : ekindemir95@gmail.com  
Yabancı dili : İngilizce

### EĞİTİM DURUMU

Lise : Batıkent Lisesi (2009-2013)  
Lisans : Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü (2013-2017)  
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Genel Biyoloji Anabilim Dalı (2017-2020)  
Doktora :

### Diğer

#### Poster Sunumu:

The European Society for Evolutionary Biology (ESEB) Congress 2019

Seasonal immune response in a *Drosophila melanogaster* population

#### Yer Alınan Projeler:

*Drosophila melanogaster*'de kromozom inversiyonlarının mevsimsel fenotipik varyasyonlara etkisi, TÜBİTAK, 116Z285 (2017-2019).