

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



**TÜRKİYE’DE KESTANE GAL ARISI (*DRYOCOSMUS*
KURIPHILUS YASUMATSU)’NUN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ
TEMELİNDE GÜNÜMÜZ VE GELECEKTEKİ YAYILIŞ
ALANLARININ TAHMİNİ**

SEVCAN ÇALLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROF. DR. EROL AKKUZU

EKİM - 2023
KASTAMONU

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Sevcan ÇALLI

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE’DE KESTANE GAL ARISI (*DRYOCOSMUS KURIPHILUS* YASUMATSU)’NUN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ TEMELİNDE GÜNÜMÜZ VE GELECEKTEKİ YAYILIŞ ALANLARININ TAHMİNİ

SEVCAN ÇALLI

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: PROF. DR. EROL AKKUZU

Kestane gal arısı *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cnipedae); ülkemizde ilk defa 2014 senesinde Yalova ilinin Gacık köyünde saptanmıştır. Bu tür Dünya genelindeki kestane ağaçlarını etkileyen tomurcuk, sürgün ve yapraklarda gal oluşumuna neden olarak sürgün gelişimi ve çiçeklenmeyi engelleyen, meyve verimini düşüren, şiddetli zarar durumunda konukçusunu öldüren önemli bir istilacı türdür. Çalışmanın amacı; iklim değişimi senaryolarına göre istilacı tür kestane gal arısının günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının tespitidir. Bu amaca ulaşmak için, ekolojik modelleme metodlarından Maximum Entropi (Maxent) modeli kullanılarak Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren *C.sativa* (Anadolu Kestanesi)’ya zarar veren istilacı tür *D. Kuriphilus*’nun iklim değişikliği temelinde günümüz ve gelecekteki yayılış alanları tahmin edilmiştir. Çalışmada, Türkiye’de kestane gal arısı ile ilgili çeşitli kaynaklardan temin edilen var verileri kullanılmıştır. Kestane gal arısı için “uygun değil, az uygun, uygun ve çok uygun” olan alanların güncel ve gelecek iklim senaryoları doğrultusunda değişimleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda; 1) Türkiye’de Anadolu kestanenin doğal yayılış alanlarının çoğunluğunda kestane gal arısının da yayılış gösterdiği ve zarar verdiği tespit edilmiştir, 2) ılımlı ve kötümser iklim senaryolarına göre kestane gal arısının gelecekte yayılış alanını genişleteceği görülmüştür, 3) ılımlı iklim senaryosuna göre kötümser iklim senaryosu sonucu kestane gal arısının gelecekte daha fazla alanda yayılış göstereceği tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: *Dryocosmus kuriphilus*, İklim Değişikliği Maxent, Ekolojik Modelleme, Anadolu Kestanesi

Ekim 2023, 96 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

PREDICTION OF THE CURRENT AND FUTURE DISTRIBUTION AREAS OF THE CHESTNUT GALL WASP (*DRYOCOSMUS KURIPHILUS* YASAMATSU) IN TURKEY UNDER THE BASIS OF CLIMATE CHANGE

SEVCAN ÇALLI

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR: PROF. DR. EROL AKKUZU

Chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cnicipidae) was first detected in Türkiye in 2014 in Gacık village of Yalova province. This species is an important invasive species that affects chestnut trees worldwide, causing gall formation on buds, shoots and leaves, preventing shoot development and flowering, reducing fruit yield, and killing its host in case of severe damage. The aim of this study was to determine the current and future distribution areas of the invasive species chestnut gall wasp in response to climate change scenarios. To achieve this objective, the present and future distribution areas of the invasive species *D. Kuriphilus*, which damages *Castanea sativa* (Anatolian chestnut) naturally distributed in Türkiye, the Maximum Entropy (Maxent) model was used as one of the ecological modeling methods based on climate change. The study utilized existing data on chestnut gall wasp in Türkiye from various sources. The suitability of areas for the chestnut gall wasp was determined based on current and future climate scenarios. The areas were classified as unsuitable, less suitable, suitable, and very suitable. As a result of the study; 1) it was determined that the chestnut gall wasp was distributed and damaging in the majority of the natural distribution areas of Anatolian chestnut in Türkiye, 2) According to the moderate and pessimistic climate scenarios, it was seen that the chestnut gall wasp will expand its distribution area in the future, 3) As a result of the pessimistic climate scenario compared to the moderate climate scenario, it was determined that the chestnut gall wasp will be distributed in more areas in the future.

KEYWORDS: *Dryocosmus kuriphilus*, Climate Change Maxent, Ecological Modelling, Anatolian Chestnut

October 2023, 96 Page

TEŞEKKÜR

Türkiye’de Kestane Gal Arısının İklim Değişikliği Temelinde Günümüz ve Gelecekteki Yayılış Alanlarının Tahmini konulu tez çalışmam süresince ihtiyaç duyduğum her an ulaşabildiğim, zorlandığım süreçlerde yardımlarını esirgemeyen, değerli danışman hocam Prof. Dr. Erol AKKUZU ve çok değerli Dr. Öğr. Üyesi Özkan EVCİN, Dr. Öğr. Üyesi Mertcan KARADENİZ ile Arş. Gör. Dr. Abdullah UGIŞ’a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez aşamasında ihtiyacım olan verilere ulaşmamda bana imkân sağlayan ve destek olan sevgili meslektaşlarımın herbirisine teşekkür ediyorum.

Bu zorlu süreçte bana varlığıyla güç veren canım anneme minnettâım.

SEVCAN ÇALLI

Kastamonu, 2023

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
GRAFİKLER DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xii
HARİTALAR DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	4
2.1 Kestane Gal Arısı.....	4
2.1.1 Kestane Gal Arısının Morfolojisi ve Yaşam Döngüsü	4
2.1.2 Kestane Gal Arısının Belirtileri	8
2.1.3 Kestane Gal Arısının Yayılışı	10
2.1.4 Kestane Gal Arısı Zararları.....	12
2.1.5 Kestane Gal Arısı ile Mücadele	15
2.2 İklim Değişikliği	19
2.2.1 İklim Değişikliğinin Böcekler Üzerindeki Etkisi	20
2.2.1.1 Doğrudan etki.....	21
2.2.1.2 Dolaylı etki.....	24
2.2.2 Konukçu Bitkilerin Fizyolojisi ve Metabolizması Üzerindeki Etkisi	26
2.2.3 Doğal Düşmanların Etkinliği	27
2.2.4 Entomofauna Etkisi Sonucunda Orman Ekosistemlerinde Gözlenen İklim Değişikliklerinin Etkileri	27
2.2.5 İklim Değişikliğinin Kestane Gal Arısı Üzerindeki Etkileri.....	29
2.2.6 İklim Değişikliğinin Kestane Ağacı Üzerindeki Etkileri.....	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM	36
3.1 Materyal	36
3.1.1 Çalışma Alanlarının Tanıtımı	36
3.2 Yöntem.....	36
3.2.1 Çevresel Değişkenler ve İklim Senaryoları	37
4. BULGULAR	40
4.1 Güncel Durumu Gösteren Bioiklim Uygunluk Modeli	40
4.2 SSP 245, 2021-2040 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli	42
4.3 SSP 245, 2041-2060 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli	45
4.4 SSP 245, 2061-2080 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli	47
4.5 SSP 245, 2081-2100 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli	50
4.6 SSP 585, 2021-2040 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli	52
4.7 SSP 585, 2041-2060 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli	55

4.8	SSP 585, 2061-2080 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli	58
4.9	SSP 585 2081-2100 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli	60
4.10	Genel Değerlendirme	63
5.	TARTIŞMA	68
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	71
	KAYNAKLAR	73
	ÖZGEÇMİŞ.....	96



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 <i>Dryocosmus kuriphilus</i> 'un yaşam döngüsü. E: Ergin; Y: Yumurta; L1, L2, L3: Birinci, ikinci ve üçüncü larva dönemleri; TG: Taze gal; KG: Kuru gal (larva ve yumurta çizimleri, galli yaprak fotoğrafı, ergin gal arısı fotoğrafı.....	5
Şekil 2.2 <i>Torymus sinensis</i> (a) ve konukçusu olan <i>Dryocosmus kuriphilus</i> 'un yaşam döngüsü (b)	19

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Biyoiklim değişkenleri.....	38
Tablo 4.1 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları(güncel)	41
Tablo 4.2 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp 245_2021_2040).....	44
Tablo 4.3 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp245_2041_2060).....	46
Tablo 4.4 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp245_2060_2080).....	49
Tablo 4.5 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp245_2080_2100).....	51
Tablo 4.6 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp585_2020_2040).....	54
Tablo 4.7 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp585_2041-2060)	56
Tablo 4.8 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp585_2061-2080)	59
Tablo 4.9 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp585_2080-2100)	61
Tablo 4.10 SSP2 4.5 ve SSP2 8.5 iklim senaryosuna göre kestane gal arısı yayılımı uygunluk alanları.....	65

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 4.1 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (güncel).....	41
Grafik 4.2 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (güncel).....	42
Grafik 4.3 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp 245_2021_2040)	43
Grafik 4.4 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp 245_2021_2040)	45
Grafik 4.5 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp245_2041_2060)	46
Grafik 4.6 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp245_2041_2060)	47
Grafik 4.7 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp245_2060_2080)	48
Grafik 4.8 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp245_2060_2080)	50
Grafik 4.9 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp245_2080_2100)	51
Grafik 4.10 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp245_2080_2100)	52
Grafik 4.11 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp585_2020_2040)	53
Grafik 4.12 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp585_2020_2040)	55
Grafik 4.13 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp585_2041-2060).....	56
Grafik 4.14 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp585_2041-2060)	57
Grafik 4.15 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp585_2061-2080).....	58
Grafik 4.16 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp585_2061-2080)	60
Grafik 4.17 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp585_2080-2100).....	61
Grafik 4.18 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp585_2080-2100)	62
Grafik 4.19 Kestane gal arısı habitat uygunluğu gelecek senaryosu (çok uygun)	66
Grafik 4.20 Kestane gal arısı habitat uygunluğu gelecek senaryosu (uygun).....	66
Grafik 4.21 Kestane gal arısı habitat uygunluğu gelecek senaryosu (az uygun)	67
Grafik 4.22 Kestane gal arısı habitat uygunluğu gelecek senaryosu (uygun değil).....	67

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1 <i>Dryocosmus kuriphilus</i> gallerinin ve gal içeriklerinin morfolojik değerlendirmesi (A) tek loblu gal, (B) oklar çok loblu bir galin iki lobunu gösterir, (C) <i>D.kuriphilus</i> larva hücresi içeren gal, (D) parazitoit gösteren gal hücreleri larva, (E) gal hücrelerini çevreleyen besleyici doku tabakası (hücre astarı).	5
Fotoğraf 2.2 Yaprak hasarı.....	9
Fotoğraf 2.3 Büyüme mevsimi boyunca sürgün hasarı.....	9
Fotoğraf 2.4 Kuruyup odunumsu hal alan galler	10
Fotoğraf 2.5 Parazitoid larvalı <i>Dryocosmus kuriphilus</i> pupası.....	17
Fotoğraf 2.6 <i>Torymus sinensis</i>	18

HARİTALAR DİZİNİ

Sayfa

Harita 2.1 <i>Dryocosmus kuriphilus</i> 'un dünyadaki güncel yayılışı	11
Harita 2.2 Kestane (<i>Castanea sativa</i>) ormanlarının Avrupa genelindeki dağılım alanı	31
Harita 3.1 Anadolu Kestanesinin ülkemizdeki yayılışı.....	36
Harita 4.1 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (güncel).....	40
Harita 4.2 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp 245_2021_2040)	43
Harita 4.3 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp245_2041_2060)	45
Harita 4.4 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp245_2060_2080)	48
Harita 4.5 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp245_2080_2100)	50
Harita 4.6 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp585_2020_2040)	53
Harita 4.7 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp585_2041-2060)	55
Harita 4.8 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp585_2061-2080)	58
Harita 4.9 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp585_2080-2100)	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece

Kısaltmalar

BIO	: Bioiklim.....
DA	: Diskriminant Analizi
E	: Ergin
EPPO	: Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Organizasyonu
GAM	: Genelleştirilmiş Eklemeli Model
GARP	: Genetik Algoritma
GLM	: Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller
Ha	: Hektar
KG	: Kuru Gal
Km	: Kilometre
L	: Larva
m	: Metre
mm	: Milimetre
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
TG	: Taze Gal
Vb	: Ve benzeri
Vd	: Ve diğerleri
Y	: Yumurta

1. GİRİŞ

İklim yerkürenin yaklaşık 4,5 milyar yıllık tarihi boyunca günümüze kadar tüm zaman dilimlerinde doğal bir değişim eğilimi göstermiş, doğal değişime ek olarak, sanayi devrimi ile birlikte 19. yüzyılın ortalarından itibaren ilk defa insan faaliyetlerinin de iklim değişikliğini etkileyen yeni bir döneme girilmiştir (Kahraman ve Şenol, 2018; Türkeş vd., 2000). İklim şartlarının değişmesi sonucunda oluşan döngüler, türlerin farklı enlemlerde hem karasal hem de deniz ekosistemlerindeki mekânsal yayılışlarında varyasyon yaratmıştır (Örücü vd., 2021; Simi vd., 2017). Bu varyasyonlar orman ağaçları ve bu ağaçlar üzerinde zarar yapan böcek türleri için de söz konusudur.

İklim değişikliği; küresel ısınma, orman yangınlarının artması, deniz seviyesinde yükselmeler, sosyolojik ve ekonomik etkiler gibi birçok olumsuzluğu beraberinde getirmektedir. İklim değişikliğinin neden olduğu önemli sorunlardan birisi de canlıların biyocoğrafyasındaki değişimlerdir. Insecta sınıfı içinde özellikle işgalci türlerin iklim değişikliği senaryolarından önemli ölçüde etkilenmesi beklenmektedir.

İklim değişiminin konukçu ve istilacı tür üzerindeki etkisini anlamak için Urbani vd. (2017) nin belirttiği gibi iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekte çevresel değişkenlerin nasıl değişeceğinin, bioiklimlerin ve tür dağılımlarının nasıl dönüşüme uğrayacağını bilmesi gerekmektedir.

İşgalci türler, yırtıcılık ve rekabet yoluyla doğal flora ve fauna üzerinde etkili olarak ekosistemleri tehdit etmektedir (Cai vd., 2021). Yabancı ve işgalci türlerin yeni bir alana girişi “biyolojik işgal” ya da “biyolojik kirlenme” şeklinde adlandırılmaktadır (Cirik ve Akçalı, 2002). Biyolojik işgal özellikle küresel ısınma gibi global olarak yaşanan çeşitli değişimlerden etkilenmektedir (Occhipinti-Ambrogi, 2007; Pintó-Marijuan ve Bosch 2013; Ryding vd., 2021). Küresel ısınma ile birlikte alana uyum sağlayan işgalci türler çevreye daha uyumlu ve yerli türlerle daha rekabetçi hale gelmektedir (Kent vd., 2018; Seebens vd., 2020).

Dünyada kestane türlerinin en önemli zararlılarından birisi olarak görülen ve aynı zamanda işgalci bir tür olan kestane gal arısı *D. kuriphilus* Yasumatsu bulunduğu coğrafyaya göre farklı kestane türlerinde zarar yapmaktadır. Çin’de *Castanea mollissima* ve *C. seguinii*, Kore ve Japonya’da *C. crenata*, *C. mollissima* X *C. crenata* melezleri, ABD’de *C. dentata*’da zarar veren bu tür Türkiye ve bazı Avrupa ülkelerinde *C. sativa*’da etkili olmaktadır (URL-1, 2023). Çin’de ilk defa 1929 senesinde saptanan bu zararlı *Biorhiza* sp. olarak adlandırılmış, K.Yasumatsu tarafından ise ilk defa 1951 senesinde *D. kuriphilus* olarak adlandırılmıştır. (Murakami, 1980; Yasumatsu, 1951; Yıldız vd., 2020).

Kestane gal arısının önemli konukçuları arasında bulunan *C. sativa* (Anadolu kestanesi)’nin yayılış alanı Güney Avrupa (İber Yarımadası, İtalya, Balkanlar, Akdeniz Adaları) ve Kuzey Afrika (Fas)’dan Kuzeybatı Avrupa (İngiltere, Belçika) ve Batı Asya (Türkiye, Ermenistan, Gürcistan, Azerbaycan, Suriye)’ya kadar uzanmakta olup enlem ve bakıya bağlı olmak üzere 200-1800 m aralığında yayılış göstermektedir (Avanzato, 2009). Türkiye’de orman ağaçlarından olan Anadolu kestanesi Doğu Karadeniz’in doğusundan başlayarak tüm Karadeniz boyunca yayılmakta, Marmara çevresi ve Batı Anadolu’dan Antalya’ya kadar ulaşmakta olup 262.045 ha’lık bir alanda yayılış göstermektedir (Soylu, 2004; Şah, 2019; URL-2, 2023). Başta meyvesi olmak üzere odunundan, dalından, yaprağından, çiçeğinden yararlanılan kestane ağacı ülke ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır.

Türkiye’de kestane üretimini tehdit eden önemli hastalık etmenleri (mürekkep hastalığı, kestane dal kanseri vb.) ve zararlılar (kestane içkurdu, kestane kirpi güvesi, kestane kurdu vb.) bulunmaktadır. Bu zararlılara ilk defa 2014 yılından itibaren saptanan Kestane gal arısı da eklenmiş bulunmaktadır (Çetin vd., 2014). Kestane gal arısının Türkiye’deki ilk kaydı 2014 yılında olmasına rağmen günümüze kadar ülke çapında kestane ormanlarının çoğuna ulaşmış durumdadır. Kestane gal arısı yumurtalarını kestanenin tomurcuklarına bırakarak oluşturduğu galler ile sürgün gelişimi ve çiçeklenmeyi engellemekte, meyvede de %50-70 arasında verim kayıplarına sebep olmakta, popülasyon yoğunluğunun artması durumunda ağaçlarda ölümlere neden olmaktadır (Yıldız vd., 2020).

Kestane gal arısı Türkiye’de *C. sativa*’da zarar yapmakta olup monofag bir türdür. İklim değişikliğinin sonuçları nedeniyle *C. sativa*’nın yayılış alanlarında bir değişim beklenmekte olup bu değişime paralel olarak aynı şekilde işgalci tür kestane gal arısının da yayılış alanlarının değişeceği öngörülmektedir. Günümüzde türlerin coğrafi dağılımlarını tahmin etmek için maksimum entropi (MaxEnt), kural seti tahmini için genetik algoritma (GARP), genelleştirilmiş doğrusal modeller (GLM), genelleştirilmiş eklemeli model (GAM), diskriminant analizi (DA) vb. çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır (Elith vd., 2006; Guisan vd., 2007; Peterson, 2007; Wisz vd., 2008; Zare vd., 2012). Yapılacak olan bu çalışmada farklı iklim değişimi senaryolarına göre konukçu ve işgalci türün Türkiye’de günümüzdeki potansiyel yayılış alanları ve çeşitli iklim senaryoları baz alınarak gelecekteki potansiyel yayılış alanlarının tespiti gerçekleştirilecektir.

Bu çalışmanın amacı iklim değişimi senaryolarına göre kestane gal arısının günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının tespitidir. Çalışmada *C. sativa*’nın yayılışına bağlı olarak CNRMCM6-1 iklim değişikliği modeline göre Türkiye’de kestane gal arısının coğrafi yayılışı nasıl olacaktır? sorusuna yanıt aranmıştır.

Tezin amacına ulaşmak için belirlenen hedefler ise:

- Çeşitli veri tabanları ve literatür taraması ile işgalci türün Türkiye’deki aktüel yayılış alanlarının belirlenmesi.
- Türlerle ait kayıtların coğrafik koordinatlar (UTM-WGS84 referans sistemi) formunda rapor edilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları ile günümüz, gelecek ılımlı ve kötümser olmak üzere farklı iklim senaryolarına göre potansiyel yayılış haritalarının oluşturulması.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

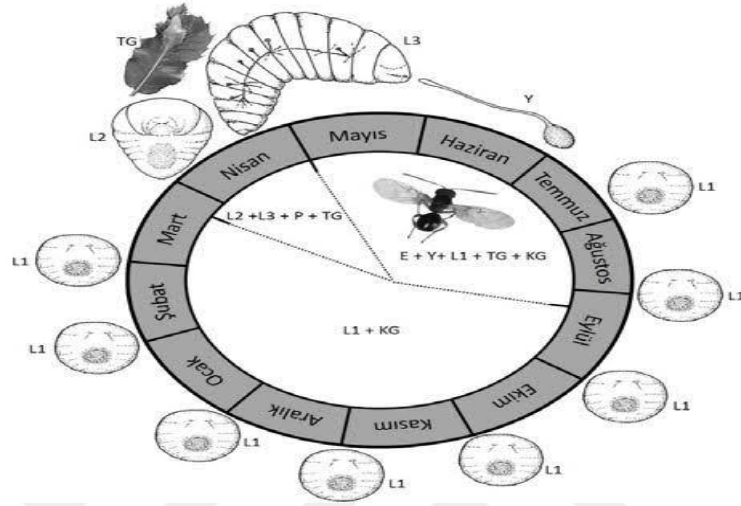
2.1 Kestane Gal Arısı

Kestane gal arısı (*D. kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)) sürgünlerde ağaç gücünü azaltan, normal sürgün gelişimini ve çiçeklenmeyi önleyen, bitkilerde sebebiyet verdiği büyüme geriliği nedeniyle verimde düşüşe sebep olan, dal ve ağaç ölümlerine neden olan galler oluşturarak kestanede büyük zarara neden olan bir türdür (Felt, 1940; Kato ve Hijii, 1997; Kinsey, 1920; Payne vd., 1975). Galler gelişen gal arılarına sürekli besin kaynağı sağlayan aktif besleyici havuzlardır (Allison ve Schultz, 2005; Cooper ve Rieske, 2009; Hartley ve Lawton, 1992; Hartley, 1998). Gal oluşumunun, kestane gal arısına avcılarına karşı koruma sağladığı varsayılmaktadır. Bununla birlikte gal arıları gale saldıran çok çeşitli parazitoidlere karşı ise oldukça hassastır (Cooper ve Rieske 2007; Ito ve Hijii 2002; Shorthouse 1973, 1993). Ayrıca galler patojen saldırısına da maruz kalırlar (Cooper ve Rieske, 2007). Çoğu sinipid *D. kuriphilus* hariç, ekonomik zararlı olarak kabul edilmez (Kinsey, 1935, Stone vd., 2002). Ancak, kestane gal arısı dünyada kestane türlerinin en önemli zararlısı konumundadır.

2.1.1 Kestane Gal Arısının Morfolojisi ve Yaşam Döngüsü

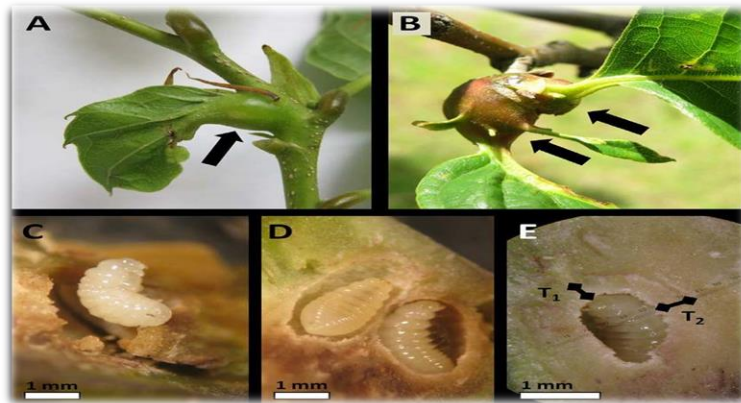
Kestane gal arısının yumurta uzunluğu 01-02 mm olup oval şekilli, süt beyazı renğinde ve uzun bir sap kısmı bulundurmaktadır (URL-1, 2023). Uzunluğu 2,5 mm olan larva yumurtadan yeni çıktığında süt beyazı renğinde gözsüz ve bacaksızdır (URL-1, 2023). Pupa uzunluğu 2,5 mm kadar olup koyu kahverengi veya siyah renktedir (URL-1, 2023). Ergininin uzunluğu 2,5-3 mm olup siyah gövdeli, (son torsal segment hariç) bacakları antenlerin scapus ve pedicel kısımları, clypeal tepe (kalkan şeklindeki organ) ve mandibulanın ortası kahverengimsi sarı renktedir. Başın önleri ve tepesi hafif parlak, çok ince yontulmuş halde, skutellum'un (kalkansı pul) yan tarafı, mezopleuron ve karın oldukça parlak ve pürüzsüzdür. Üç farklı boyuna karınaya sahip propodeum (ilk karın bölümü) güçlü bir şekilde oyulmuştur. Arkada birleşen iki üniform (eşit şekilde) olarak bastırılmış çukurlu olukları olan skutum (kalkan); ön kanadın radyal hücresi kanat kenarı boyunca açılır (Payne, 1978). İpliksi dişi antenlerin ilk üçü

sarımsı, sonraki antenler tepeye doğru giderek daha koyu kahverengi olan 14 segmentten oluşur. Büyük ve yuvarlak karın, dişilerin yumurtaları tomurcukların içine yerleştirdiği ipliksi bir ovipositor ile sağlanır (Brussino vd., 2002). *D.kuriphilus*'un yaşam döngüsü Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 *Dryocosmus kuriphilus*'un yaşam döngüsü. E: Ergin; Y: Yumurta; L1, L2, L3: Birinci, ikinci ve üçüncü larva dönemleri; TG: Taze gal; KG: Kuru gal (larva ve yumurta çizimleri Viggiani ve Nugnes (2010)'den, galli yaprak fotoğrafı Fiescher (2014), ergin gal arısı fotoğrafı Doğanlar (2014)'dan alınmıştır)

Kestane gal arısının oluşumuna neden olduğu gallerin çapı 8-15 mm olup yeşilimsi, çilek veya gül pembesi rengindedir (URL-3, 2023). (Fotoğraf 2.1).



Fotoğraf 2.1 *Dryocosmus kuriphilus* gallerinin ve gal içeriklerinin morfolojik değerlendirmesi (A) tek loblu gal, (B) oklar çok loblu bir galin iki lobunu gösterir, (C) *D.kuriphilus* larva hücresi içeren gal, (D) parazitoit gösteren gal hücreleri larva, (E) gal hücresini çevreleyen besleyici doku tabakası (hücre astarı) (Graziosi, 2015).

Kestane gal arısı *D. kuriphilus* senede bir döl verir (univoltine) ve partenogenetik olarak çoğalır bu nedenle embriyo dölleme olmaksızın eşeysiz olarak oluşturulur (Matošević vd., 2010). Yaz ayları başında görülmeye başlayan *D. kuriphilus*'un erginler, çıkış yaptıktan sonra dişi gal arıları yumurtalarını tomurcukların içine bırakırlar bu durum böceğin yaşam döngüsünü tamamlaması için bu asalaklığı zorunlu kılar (Everatt, 2015; Santos vd., 2017a). Gal arısının yumurtlamasından sonra bitki dokusuna ilişkin daha önceki açıklamaların aksine (Rohfritsch, 1971) kestane tomurcuğu yüzeyinde yumurta bağlanma bölgesini gösteren epidermal tüylerin çoğalması belirgin değildir. Bununla birlikte hipertrofik hücrelerin varlığı ve larva odaları çevresinde hücre bölünmesi, *D. kuriphilus*'un kestane doku morfolojisinde neden olduğu değişikliklerin bahar tomurcukları açılmadan önce meydana geldiğini göstermektedir (Warmund, 2013). Tomurcuğun larva gelişim sırasında asemptomatik olduğunu bildiren önceki çalışmaların aksine (Sartor vd. 2012; URL-1, 2023) Cniped türleri için bildirildiği gibi (Stone vd., 2002) yumurtlamadan hemen sonra yumurtalardan salgılanan doku değişikliklerinin varlığı doğrulanmıştır (Bernardo vd., 2012). Yumurtalar ve larvalar tomurcukların içinde en az 8-9 ay geçirirler (Temmuz ayı civarından bir sonraki tomurcuk patlamasına kadar) ve dış semptomların yokluğu onları gözle muayene ile tespit edilemez hale getirir (Maltoni vd., 2012a).

İlk dönem larvaları yumurtadan çıktıktan sonra bir sonraki döneme kadar kışı burada yenidoğan aşamasında (durgun dönemde) tamamlarlar (Ito vd., 1962; Sartor vd., 2009; URL-1, 2023). Tomurcuklar gelişmeye başladığı zaman, larvalar da gelişmelerine devam eder. Larvaların beslenmeye başladığı bahar aylarıyla birlikte tomurcuklar da hızlıca gallere dönüşmeye başlar. Galler sadece *D. kuriphilus* için yiyecek ve besin sağlamakla kalmaz, aynı zamanda *T. sinensis* de dahil olmak üzere parazitoit larvaları için de koruma sağlar (Cooper ve Rieske, 2011; Ôtake, 1980, 1989).

Maresquelle ve Mayer (1965)'e göre gal büyümesi 3 farklı aşamadan oluşur bunlar; İndüksiyon (başlama), büyüme-farklılaşma ve olgunlaşma aşamalarıdır. Ancak Rohfritsch (1992), sinipid kaynaklı gallerin tipik olarak dört gelişim aşaması olduğunu belirtmiş ve dördüncü aşama olarak bu aşamalara ayrılma veya gal açılmasını da dahil etmiştir.

Gal başlangıç aşamasında ergin sinipidler yumurtlar ve konukçu hücrelerinde tanıma tepkisi oluşur (Rohfritsch, 1971). Büyüme ve gelişme aşamasında, larva beslenmesine yanıt olarak hücresel hiperplazi (hücre sayısının artması) ve hipertrofi (hücre boyutunun büyümesi) ile konukçu bitki üzerinde galler oluşur ve genişler (Dreger-Juaffret ve Shorthouse, 1992). Olgunlaşma aşamasında, son larva evresi besleyici tabakadaki hücrelerin büyük bir bölümünü tüketir. Son aşamada larva gelişimini tamamlar ve gal büyümesi durur. Bu galler, larvaların larval aşamalar boyunca ve pupa dönemi boyunca kuruma ve avlanmadan korunmasını sağlar (Cooper ve Rieske 2007). Bu durum sürgünlerin büyümesini engeller ve bitkide meydana gelen büyüme geriliği nedeniyle verimde önemli kayıplar meydana gelir (Kato ve Hijii, 1997). Pupa olmadan önce larvalar gallerin içinde birkaç hafta (20-30gün) beslenirler (Payne vd., 1975) ve bundan sonra, erginlerin ortaya çıktığı yaz başlangıcına kadar sürecektir pupa dönemi başlar (Cooper ve Rieske, 2010; Santos vd., 2017) ve orada koyu kahverengi pupa olurlar. Gal hacmi ile her galde gelişen larva sayısı arasında bir ilişki söz konusudur (Bernardo vd., 2012). Bu durum Ôtake'nin (1980) bulgularını doğrular (Bernardo vd., 2012). Bununla birlikte bu parametrenin her ikisi de kùltivardan (çeşitten) (Panzavolta vd., 2012; Zhang vd., 2009), ağaç sağlığından (Ôtake, 1980) bioiklim türünden (Panzavolta vd., 2012), gal arısı popùlasyon yoğunluğundan (Kato ve Hijii, 2001) ve sinipidlerin davranışından (Kato ve Hijii, 1993; Nakamura ve Nakamura, 1977; Ôtake, 1980) etkilenir. Genellikle gal başına 3 ila 6 larva bunu başarır (Förster vd., 2009). Lokasyona (rakıma maruz kalma) ve kestane çeşidine tabi olarak pupa dönemi Mayıs ayı ortasından Temmuz ayı ortasına kadar sürer ve 3 mm uzunluğundaki erginler Mayıs ayı sonundan Temmuz ayı sonuna kadar gallerden çıkış yapar. Çıkış yaklaşık üç haftada tamamlanır (Yasumatsu, 1951). Yapılan araştırmalarda erginlerin tamamının dişi olduğu belirlenmiş olup bu zararlının erkekleriyle karşılaşılmasıdır. *D.kuriphilus* 'un yalnızca partenogenetik olarak ürediğı gör÷lmektedir (Zhi-Yong, 2009). Dişiler, tomurcukların içine küme halinde gal başına 3-5 yumurta bırakır (Paik vd., 1963). Her dişi 100'den fazla yumurta bırakabilir. Aynı tomurcukta birden fazla dişi yumurta bırakabildiğinden bazı tomurcuklar 20-30 yumurta içerir. Dişilerin sınırlı ömürleri yaklaşık 10 gün sürer (25 °C'de yaklaşık 5 gün ve 15 °C'de yaklaşık 10 gün) (Bernardo vd., 2012). Bu sürenin bir kısmı galden çıkmak için tünel açarak bir kısmı ise aktif uçuş ile geçirilir (Colombari ve İpekdal, 2016). Dişi erginlerin bıraktığı yumurtalar 30-40 gün içinde çatlar ve larvalar yumurtadan çıkarak kışı sakın bir

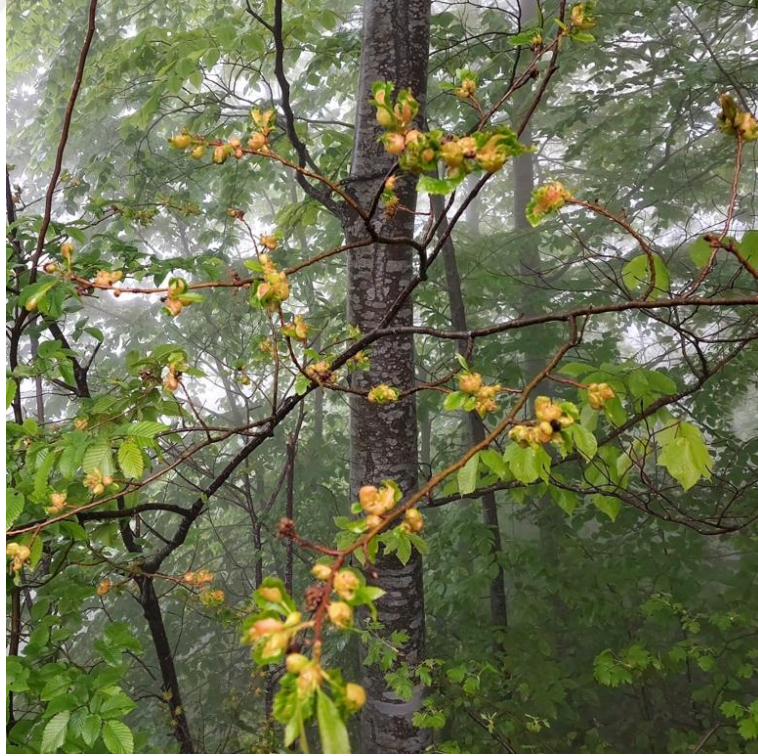
ortamda geçirir (URL-1, 2023). Larva büyümesi daha sonra sonbahar ve kış boyunca çok yavaş ilerler ve iki dönem daha devam eder (Viggiani ve Nugnes, 2010).

2.1.2 Kestane Gal Arısının Belirtileri

İlk baharda tomurcuk patlaması sırasında erginler ortaya çıkar ve Nisan ortasında yeni sürgünlerde, genç yapraklarda, yaprak petiollerinde (sapında) ya da yaprakların orta damarında gelişen 5-20 mm çapında uniloküler (tek odacıklı) veya multiloküler (ok odacıklı) yeşil veya pembe renkte gal oluşumu grlr. İlk yıl dişiler tek tek zararı yayarlar ve tomurcuklara yumurta bırakırlar, ertesini yıl sürgünlerde ve yapraklarda yalnızca tek tek galler belirir ve bunların bulunması oldukça zordur. Her yıl gal sayısı giderek artar ve bu da zararlıyı tespit etme olasılığını artırır. Genç galler yeşildir ve daha sonra pembe renk alır ve kestane sürgünlerinde kolayca tespit edilirler (Bernardo vd., 2012). Etkilenen bitki organları genellikle deformasyon nedeniyle tamamen büyümez. Gal arıları gallerden uçar uçmaz ya da öldükten sonra kahverengi-siyaha döner, yaşlanır ve kurur, odunumsu bir hal alır. Galler kuruyunca bir ya da iki sene daha aata asılı olarak kalır ve gal arısının zarar verdiği dalların uçları ölür bu yüzden bu dallar bir sonraki sene yeni sürgün oluşturmazlar (Payne, 1978; Quacchia vd., 2008; Warmund, 2013). Kestane gal arısının zararını gösteren görseller Fotoğraf 2.2, Fotoğraf 2.3 ve Fotoğraf 2.4'te verilmiştir.



Fotoğraf 2.2 Yaprak hasarı



Fotoğraf 2.3 Büyüme mevsimi boyunca sürgün hasarı

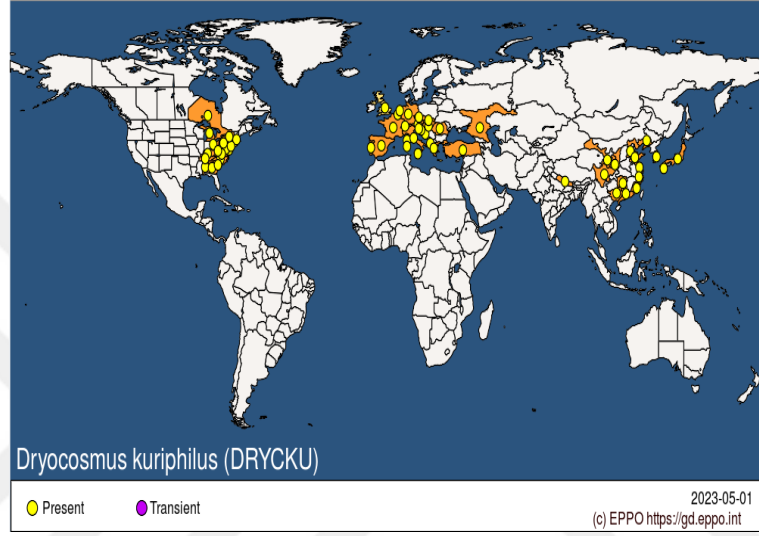


Fotoğraf 2.4 Kuruyup odunumsu hal alan galler

2.1.3 Kestane Gal Arısının Yayılışı

Doğal yayılış alanı Çin'in dışında ilk kez 1941 yılında Japonya'nın Okayama Eyaletinde fark edilen *D. kuriphilus* hızla Japonya'nın her yerine yayılarak kestane ağaçlarının en ciddi zararlılarından biri haline gelmiştir (Moriya vd., 2002; Murakami vd.1980; Oho ve Shimura, 1970; Shiraga, 1951). Yayılışına devam ederek Kore 'de 1958 senesinde (Cho ve Lee, 1963) görülmüş, 1974 senesinde ilk kez Asya kıtası dışında Amerika'nın Georgia Eyaletinde (Payne vd., 1975) sonrasında da 2012 senesinde Kanada'da görülmüştür (Huber ve Read, 2012). Nepal'de 1999 senesinde (Ueno, 2006) saptanmış olup daha sonra Avrupa'da tespit edilmiştir (Abe vd, 2007). Avrupa 'da 2002 senesinde ilk kez İtalya 'da zararlının varlığı bildirilmiştir (Bosio vd., 2009; Brussino vd., 2002; Viggiani ve Voto, 2009). 2002'den bu yana *D. kuriphilus* İtalya üzerinden güneye yayılış göstermiştir (Gibbs vd., 2011). 2004'de Slovenya (Knapič vd., 2010) 2005'de Güneydoğu Fransa ve Korsika (Aebi vd., 2006), İsviçre (Förster vd., 2009), 2008'de Hollanda (URL-4, 2023) 2009'da Macaristan (Csóka vd., 2009) 2010'da Hırvatistan (Matošević vd., 2010) 2011'de Slovakya (Pástor vd., 2017) Çek Cumhuriyeti (URL-5,2023), 2012'de Almanya (URL-5, 2023), İspanya (Pujade-

Villar ve Torrel, 2013), 2013’de Avusturya (URL-6, 2023), Romanya (Radócz vd., 2016), 2014’de Türkiye ve Portekiz’de (Çetin vd., 2014; URL-7, 2023), 2015’de Belçika ve Birleşik Krallık (URL-8, 2023; URL-9, 2023), 2016’da görülmüş; Bosna Hersek, Rusyanın Kuzey Kafkasya bölgesi, Romanya ve Yunanistan’a yayılmıştır (Delalić, 2019; Gninenko ve Lyanguzov, 2017; Michaelakis vd., 2016; Radócz vd., 2016). Kestane gal arısının yayılış alanları Harita 2.1’de verilmiştir.



Harita 2.1 *Dryocosmus kuriphilus*’un dünyadaki güncel yayılışı (URL-10, 2023)

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi, gal arısının iklimin *C. sativa*’nın büyümesi için uygun olduğu her yerde (yani Güney, Orta ve Batı Avrupa’da) yerleşmek için çok yüksek bir potansiyele sahip olduğunu beyan etmiştir (Maltoni vd., 2012a).

Egzotik bir zararlı yeni bir bölgeye geldiğinde, yerli flora ve fauna üzerinde çok güçlü etkileri olabilir ve hızla yayılabilir. Çoğu zaman popülasyonunu kendi doğal aralığında doğal olarak kontrol eden faktörler mevcut değildir. Bu nedenle popülasyonları kontrolden çıkar. Kestane ağaçlarına (*Castanea* spp.) saldıran en tehlikeli zararlılardan biri olan gal arısı için de durum böyle olmuştur (Quacchia vd., 2007).

Yıllık yayılma hızının 25 km olduğu belirlenen (Graziosi ve Santi, 2008; Rieske, 2007) *D. kuriphilus*’un bu kadar hızlı yayılmasının bazı nedenleri bulunmaktadır. Tomurcukların içinde zararlının varlığı belli olmadığı için istila edilmiş bölgedeki fidanlıklardan genç istila edilmiş bitkilerin alınmasıyla (Aebi vd. 2006; Quacchia vd. 2007; Rieske, 2007), bu zararlının üreme yeteneğinin partenogenetik olması ile

(Nohara, 1956) ayrıca rüzgarlar ergin sinipid uçuşunu etkilemede çok önemli bir rol oynar. Dağılma yönü hâkim rüzgarlar ile tutarlıdır (Anagnostakis, 2001; Hough, 1951; Graziosi ve Santi, 2008; Rieske, 2007; URL-11, 2023). Rüzgâr hızı bu dağılımın şekillenmesinde kritik öneme sahiptir (Oho ve Shimura, 1970; URL-11, 2023). Düşük rüzgâr hızları ergin uçuşunu uyarır ($0,15-0,45 \text{ ms}^{-1}$), ardından hâkim rüzgârlarla uçan gal arıları taşınır. Daha yüksek rüzgâr hızları uçuşu engellerken ($\geq 0,73 \text{ ms}^{-1}$), bunlar aynı zamanda gal arılarının hâkim rüzgârlarla pasif bir şekilde taşınmasına neden olur (Graziosi ve Rieske, 2012).

2003 yılından bu yana *D. kuriphilus*, tüm karantina organizmalarını bir araya getiren ve tüm ülkelerin izleme ve kontrolleri için özel düzenlemeler uyguladığı Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Örgütü (EPPO) tarafından A2 listesine dahil edilmiştir (URL-1, 2023).

2.1.4 Kestane Gal Arısı Zararları

D. kuriphilus'un başlama aktivitesi, normal sürgünlerin gelişiminin önlenmesi veya engellenmesi ve anormal bitki yapılarının meydana gelmesiyle sonuçlanır (Maltoni vd., 2012b). Bu durum foto-sentetik biyokütlenin kaybına neden olur, zayıflayan sürgünlerin yaprak alanı azalır (Kato ve Hijii, 1997), ağaç gücünde azalmaya (Kato ve Hijii, 1997) ve gal arısının ortaya çıkışından sonraki mantar saldırılarına bağlı olarak dal ölümlerinde artışa neden olur (Meyer vd.2015; Turchetti vd., 2010). Ölüm oranı yalnızca genç bitkilerde veya zayıf bitkilerde ciddi hasar olması durumunda ortaya çıksa da (Cooper ve Rieske 2007; Kato ve Hijii, 1997), *D. kuriphilus* saldırıları kereste kalitesini (Kato ve Hijii, 1997; Maltoni vd.,2012b), meyve kalitesini ve miktarını büyük ölçüde azaltabilir (Battisti vd., 2014). Ayrıca Çiçek ve kestane balı üretimini azaltır (Conedera vd., 2015).

Kestane ağaçlarına zarar veren gal arısı, baharda yeni sürgünlerde gal oluşumuna sebep olmaktadır. Şidetli zararlı istilası yaprağı etkileyerek toplam fotosentez alanını azaltmakta ve sürgünlerin büyümesini önlemektedir. Salgın durumunda bitki büyümesi oldukça yavaşlamakta (Kato ve Hijii, 1997) ve meyve oluşumunu olumsuz etkileyerek, bodur ağaçlara ve yapraksız taçlara yol açmaktadır (Moriya vd., 1992). *D.*

kuriphilus'un bitki üzerindeki hasar seviyesi kültüvara bağlı görünmektedir (Panzavolta vd., 2012).

Maltoni vd., (2012b) en sık saldırıya uğrayan bitki kısımlarının sürgünler ve en yüksek ölüm oranının sürgün hasarından kaynaklandığını ve ön saha gözlemlerinde, önceki gal hasarı sınıflandırmalarından (Cooper ve Rieske, 2009; Kato ve Hijii, 1997; Sartor vd., 2009) farklı istila özellikleri tespit ederek uykuda olan tomurcuklar ve stipüller üzerindeki galler dahil olmak üzere yeni hasar türlerini tanımlamışlardır. Böylece saldırıya uğrayan sürgünlerin ve yaprakların mevcut bitki büyümesi ve gelecekteki gelişimi üzerindeki sonuçlarına göre morfolojisi hakkında daha ayrıntılı bilgi sağlamışlardır. Araştırmacılar ve orman yöneticilerine daha objektif bir değerlendirme planı sağlamak için ayrıntılı bir hasar sınıflandırması gerçekleştirmişlerdir.

Tomurcuk ve sürgün hasarı, yeni sürgün ve yaprakların oluşmasını doğrudan etkiler. Gal arılarının etkisini azaltabilecek kültürel uygulamalar geliştirmek için canlılıkla ilgili olarak bitki duyarlılığını anlamak ve uygun budama yöntemlerinin uygulanması çok önemlidir (Maltoni vd., 2012b).

Tomurcuklarda oluşan galler sürgün büyümesi ve çiçeklenmeyi engelleyerek meyve veriminde %50-70 oranında kayıplara sebep olur (Anagnostakis vd., 2014; Coşkuncu, 2010; İpekdağ vd., 2014). Yoğun istila durumlarında bu kayıp maksimum %80'e ulaşabilir (Gehring vd., 2018; Matošević vd., 2015).

Gal arısının zararına uğrayan kestane ağaçları farklı canlı ve cansız etmenlere özellikle de *Cryphonectria parasitica* (kestane kanseri)'ya karşı hassas olan bitki (Prospero ve Forster, 2011) enfeksiyonlara açık hale gelmekte ve ölebilmektedir (İpekdağ vd., 2017).

D.kuriphilus kestane çiçeklerine verdiği zarar nedeniyle kestane balı üretimi için büyük risk teşkil etmektedir. *D.kuriphilus* zararı nedeniyle İsviçre'de yapılan bir çalışmada, balların karışımında kestane içeriğinde %30 azalmaya sebep verdiği, kestane ağaçlarında hasarın %40'ı geçmesi halinde neredeyse kestane balının üretiminin mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır (Gehring vd., 2018).

Sürgünlerde gal bulunması gövde uzamasını ve yeşil biyokütle oluşumunu engeller (Gehring vd., 2020; Kato ve Hijii, 1997). Bu sebeple bazı araştırmacılar sürgünlerin değerlendirilmesinin daha yararlı olduğunu düşündükleri için sürgünlerdeki gal oluşum oranının kullanılmasını tavsiye ederler (Müftüoğlu vd., 2023).

D.kuriphilus tarafından ciddi şekilde saldırıya uğrayan kestane ağaçları, istila edilmemiş ağaçlardan daha az kuvvetli görünmektedir (Kato ve Hijii, 1997). Bu durum parazitlenmiş bir kestane ağacının fotosentetik üretiminin bir kısmının gal oluşumu sürecinde kullanıldığını düşündürmektedir. Bununla birlikte bu tür bir zararın ağacın bozulmasına neden olan tek faktör olması muhtemel değildir (Kato ve Hijii, 1997). Araştırmacılar, bitkilerin biyokütle üretiminin gal arıları tarafından istila edildiğinde azaldığını bildirmiştir (Gyoutoku ve Kamimura, 1985; Inoue vd., 1991; Kato ve Hijii 1997; Kotobuki vd., 1985). Ayrıca büyüme ve verimde %75'e varan kayıplar olabilmektedir (Matošević vd., 2010).

Kato ve Hijii, (1997) *D. kuriphilus*'un kestane ağaçlarının büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerini yaprak, sürgün ve mevcut sürgün biyokütlesi olarak üç katakoride incelemiştir.

Yaprak üzerindeki etkileri:

- a) Galli sürgünlerin yaprak alanı galsiz sürgünlerin yaprak alanının yaklaşık yarısı kadardır.
- b) Yaprak ölümü galli yapraklarda galsiz yapraklara göre daha erken meydana gelmiştir.
- c) Galli sürgünlerde daha büyük spesifik yaprak alanı (yaprak alanının yaprağın kuru ağırlığına bölünmesi ile hesaplanmıştır) meydana gelmiştir.

Galli sürgünler üzerindeki etkileri:

Yapraklarda biyokütlesinde azalma söz konusu olmuştur. Kış tomurcuğu oluşumunda daha az başarı göstermiştir ve tomurcuk genişleme oranında azalma olmuştur.

Mevcut sürgün biyokütlesi üzerindeki etkileri:

Galli sürgünler de dahil olmak üzere iki yaşındaki sürgünlerin biyokütlesi yalnızca galsiz sürgünler içeren sürgünlerin biyokütlesinden önemli ölçüde daha küçüktür. Tüm bu etkiler fotosentetik üretimde de azalmaya yol açacağı sonucuna götürmüştür. Ancak Andersen ve Mizell'in (1987), gal oluşumu üzerine yaptıkları çalışmada galli dokularda klorofil içeriğinin galsiz dokuların sadece %4 ü olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle gallerin, galli yaprak ve galsiz yaprak arasındaki fotosentetik üretkenlik farkı üzerinde etkisi çok az olacaktır (Kato ve Hijii, 1997). Oysaki kış tomurcuğu oluşma olasılığının düşük olması, kestane ağaçlarında yaprak alanındaki azalmadan daha fazla hasara neden olacaktır. Çünkü muhtemelen bir sonraki yıl uzatılan sürgün sayısı büyük ölçüde azalacaktır (Kato ve Hijii, 1997).

Kato ve Hijii (1997), yapmış oldukları çalışmada galli sürgünlerin uzunluğunun galsiz sürgünlerden daha uzun olmadığını görmüşlerdir ve bu nedenle *D.kuriphilus*'un kestane ağaçlarının sürgün biyokütlesi üzerinde olumlu etkilerinin görülmesinin mümkün olmadığı sonucuna varmışlardır.

2.1.5 Kestane Gal Arısı ile Mücadele

Böcek zararlısına uğramış kestane ağacının sıkı kontrolü, kestane gal arısının Avrupa'da yeni alanlara uzun mesafeli yayılmasını azaltacaktır; ancak mevcut zararlı popülasyonlarını yönetmek ve etkilerinin büyüklüğünü azaltmak için sınırlı seçenekler mevcuttur (Gibbs vd., 2011).

Castanea sativa spp'nin dayanıklı çeşitlerinin geliştirilmesi potansiyel olarak uygulanabilir bir yöntem olabilir; ancak mevcut kestane popülasyonlarından ziyade bu yöntem yalnızca yeni dikim sahalarında faydalı olacaktır (URL-11, 2023)

D.kuriphilus popülasyonlarını azaltmayı amaçlayan çeşitli yaklaşımlar denenmiştir. Etkili olmasına rağmen, zarara uğramış dalların mekanik olarak uzaklaştırılması (budama) (Payne vd., 1976; Zhang vd., 2009) ve olgunlaşmamış dalların ağlarla korunması, geniş araziler için pratik olmayan sonuçlar doğurur (Bernardo vd., 2012).

Dirençli kestane çeşitlerinin ıslahı Japonya’da yaklaşık 20 yıl boyunca başarılı olmuştur; ancak 1960’larda bunlarda da zarar yapabilen bir kestane gal arısı biyotipi ortaya çıkıp yayılmıştır (Moriya vd., 2002; Murakami, 1981).

Zararlıının ekolojisi, yaşam döngüsünün (yumurta, larva ve pupa fazı) büyük bir kısmını tomurcuklar ve gallerin içinde korunarak geçirdiğinden, kimyasal böcek ilaçları gibi geleneksel zararlı kontrol yöntemlerinin kullanımını işe yaramaz hale getirir (Cardoso vd., 2021). Aynı şekilde, Cooper ve Rieske (2007), Moriya vd. (1989), Murakami, (1981) ve Torii (1959); bitki dokuları (galler) içinde bulunan zararlıının erken hayat evrelerinde kimyasal pestisit kullanımının verimsiz olduğunu belirtmektedir.

Zararlıının ergin uçuşunun zamanlaması ve süresinin bilinmesi etkin bir kimyasal kontrol için gereklidir. Ergin dönemi, bitki dokuları tarafından korunmayan tek yaşam aşamasıdır (Griffo vd., 2010; Quacchia vd., 2008; URL-1, 2023). Erginleri hedeflemek gal arısı popülasyonlarında ciddi bir azalmaya yol açabilse de (Griffo vd., 2010) kimyasal kontrolün etkinliği erginlerin ortaya çıkışının kesin zamanlamasının saptanmasına bağlıdır (Germinara vd., 2011). Ancak ağaçların boyutlarının büyük olmasının (6 metrenin üzerinde yükseklik) sonucu olarak zemine dayalı aplikatörler kullanılarak bitkilerin tüm yapraklarını kaplamanın zorluğu kimyasal mücadelenin etkinliğini daha da azaltır (Bernardo vd., 2012).

Kestane gal arısının popülasyonlarını kontrol etmeye yönelik çeşitli önlemlerin (kimyasal böcek ilacı kullanımı, budama, mekanik koruma, dirençli çeşitlerin seçimi) başarısız olduğu veya çok yoğun emek gerektirdiği kanıtlanmıştır (Aebi vd., 2007). En etkili savunma stratejisi biyolojik kontroldür, ancak parazitoit etkinliği, hasarı kabul edilebilir seviyelere indirmek için en az 6-10 yıl gerektirir (Maltoni vd., 2012a).

C. sativa üzerindeki *D. kuriphilus* biyolojisinin (gal oluşumu dahil) daha iyi anlaşılması, kestane için etkili bir yönetim stratejisinin (biyolojik, kimyasal veya entegre) geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir (Bernardo vd., 2012).

Galin temel özellikleri (örneğin hacim, larva/gal sayısı sertlik, tüylülük ve yapışkanlık) doğal düşman topluluklarının şekillenmesinde önemli bir rol oynar ve gal oluşturan

türlerin doğal kontrol seviyesini etkiler (Bailey vd., 2009; Cooper ve Rieske, 2010). Benzer şekilde döngünün iyi bilinmesi (örneğin, belirli larva dönemlerinin varlığı) belirli biyokontrol ajanlarının (örneğin, böcek parazitoitleri) kullanımı etkileyebilir (Bernardo vd., 2012).

Seçilen kontrol stratejisi ne olursa olsun, *D. kuriphilus*'ın gelişim aşamalarının zamanlamasının hızlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi hedefe ulaşmak için esastır (Bernardo vd., 2012).

Araştırmalara göre, parazitoit *T. sinensis* kestane gal arısı kontrolü için en umut verici alternatif olarak görülüyor (Aebi vd., 2006; Avtzis vd., 2019; Borowiec vd., 2018; Gibbs vd., 2011; Quacchia vd., 2008) (Fotograf 2.5, 2.6).



Fotoğraf 2.5 Parazitoid larvalı *Dryocosmus kuriphilus* pupası (Balsa vd., 2021)



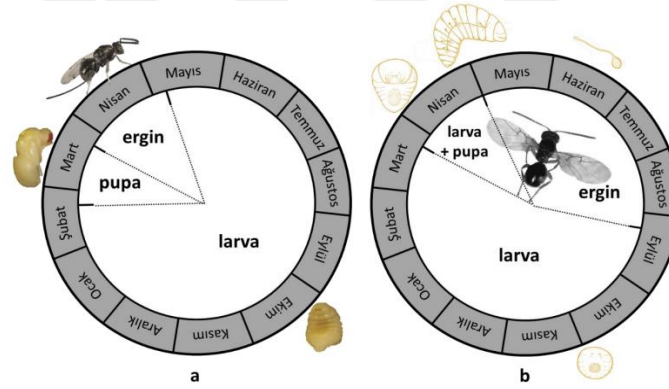
Fotoğraf 2.6 *Torymus sinensis*

Torymus sinensis, *D. kuriphilus* 'un şimdiye kadar konukçuya özgü olduğu ve fenolojik olarak iyi olduğu bilinen tek Çin orijinli parazitoit türüdür. Bu parazitoit türü *D. kuriphilus* ile senkronize bir hayata sahiptir (Moriya ve Adachi, 2003). *T. sinensis* dişileri, ilkbaharın başlarında yeni oluşan *D. kuriphilus* gallerine yumurta bırakır ve parazitoit larva kışın sonlarında pupa olana kadar olgun konukçu larva ile dışarıdan beslenir (Gibbs vd., 2011).

Parazitoid *T. sinensis*, yılda bir nesil veren univoltine bir türdür ve haplodiploid olup, döllenmemiş yumurtalardan haploid erkekler ve döllenmiş yumurtalardan diploid dişiler doğurur (Quacchia vd., 2014a). *T. sinensis*'in dişileri yumurtalarını erken ilkbaharda (Mart-Nisan) yeni oluşan gallerin içine (konukçu *D. kuriphilus*'un gövdesine veya larva odasının duvarına) bırakır (Amorim vd., 2022). Zararlıının gelişmesini, kestane ağacına saldırmasını ve daha fazla üremesini engeller (Moriya ve Adachi, 2003). Genellikle parazitoit konukçu larva başına bir yumurta bırakır, ancak doğal koşullar altında, tek bir bölmede larva başına birkaç yumurta gözlemlenmiştir (Amorim vd., 2022). *T. sinensis* larvalarından sadece bir tanesi kanibalizm nedeniyle gelişimini tamamlayabilmektedir (Amorim vd., 2022; Cardoso vd., 2021; Ferracini vd., 2015b). Larva ortaya çıktıktan sonra baharın sonunda konukçu durumundaki

larvadan beslenir ve pupa döneminin başladığı kış sonlarına kadar uykuda kalır (Amorim vd., 2022). Kestane ağaçlarının gelişmesi ve *D. kuriphilus*'un neden olduğu gal oluşumu ile eş zamanlı olarak, *T. sinensis*'in erginleri erken ilkbaharda ortaya çıkar (Amorim vd., 2022; Ferracini vd., 2015a; Gibbs vd., 2011; Matošević vd., 2015). *T. sinensis*'in yaşam süresi; esas olarak ortam sıcaklığına, mevcut yiyeceğin türü ve miktarına bağlıdır (Picciau vd., 2019; Quacchia vd., 2008). Ergin dönemi 40 veya daha fazla gün sürebilir (Quacchia vd., 2008; Van Lenteren vd., 2018).

T. sinensis için yumurta bırakma dönemi uzunluğu normal olarak yaşam süresine göre belirlenir (Piao ve Moriya, 1999). *D. kuriphilus* larvalarının ölüm oranında ise parazitoidlerin varlığı oldukça etkilidir (Kos vd., 2015, 2020). Şekil 2.2'de *T. sinensis* ve *D. kuriphilus* 'un yaşam döngüleri verilmiştir.



Şekil 2.2 *Tormus sinensis* (a) ve konukçusu olan *Dryocosmus kuriphilus* 'un yaşam döngüsü (b) (İpekdal vd., 2014'ten değiştirilerek)

D. kuriphilus mevsime göre 8 km olduğu tahmin edilen ortalama dağılım oranıyla aktif uçuş yoluyla dağılabilir (Santos vd., 2017a). *T. sinensis* ile ilgili olarak, Avrupa' daki genel kanı, dağılım kapasitesi *D. kuriphilus*'unkinden çok daha düşüktür ve 2 km'yi geçmez (Toda vd., 2000).

2.2 İklim Değişikliği

İklim; hidroloji ve su kaynakları, kriyoloji (buz bilimi), deniz ve tatlı su ekosistemleri, karasal ekosistemler, ormancılık ve tarım dahil olmak üzere doğal sistemlerin çeşitli özelliklerini ve dağılımlarını belirleyen çok önemli bir unsurdur (Rosenzweig vd.,

2007). İklim sıcaklık, nem ve yağış gibi çevresel faktörlerin uzun yıllar boyunca değişmesini içeren olgu olarak da açıklanabilir (Skendži'c vd., 2021).

Küresel ısınma bugün dünyanın karşı karşıya olduğu ciddi bir sorundur (Skendži'c vd., 2021). Bir dizi küresel iklim modeli ve gelişme senaryosuna dayanarak, Dünya'nın önümüzdeki yüzyılda 1,4 ila 5,8°C arasında küresel ısınmaya maruz kalması beklenmektedir (Pachauari ve Reisinger, 2007).

Küresel ısınmanın ana nedeni, atmosferdeki sera gazlarının artan konsantrasyonlarıdır. En yaygın atmosferik gazlar, fosil yakıtların yakılması ve arazi kullanımı değişikliği dahil olmak üzere birçok antropojenik aktivitenin neden olduğu karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksittir (N₂O) (Rogelj vd., 2018). Sera gazları arasında CO₂ en önemlisi ve en fazla bulunanıdır (Rosenzweig, 1989). Atmosferik CO₂ 'deki artış son yarım yüzyılda atmosferde en çok kaydedilen küresel değişikliklerden biridir (Prentice vd., 2001).

İklim değişikliğinin, insanlar ve hayvanlar başta olmak üzere popülasyonda büyük yer kaplayan böcekler üzerinde de ciddi etkileri bulunmaktadır ve bu etkiler çoğu zaman ölümlere sebep olabilecek düzeyde kendisini göstermektedir (Demirbaş ve Aydın, 2020; Gür, 2016; Kekillioğlu ve Yıldız, 2023; Yoruk ve Sahinler, 2013).

2.2.1 İklim Değişikliğinin Böcekler Üzerindeki Etkisi

Böcekler, çeşitli çevresel faktörlerden büyük ölçüde etkilenen poikilotermik (değişken ısıslı) canlılar (Pedigo, 1989; Taylor 1981) olup iklim değişikliği böcek popülasyonlarını etkilemektedir (Jaworski ve Hilszezanski, 2013). Ayrıca böcekler kısa nesil sürelerine ve yüksek üreme oranlarına sahip canlılar oldukları için iklim değişikliğine bitkiler ve omurgalılar gibi uzun ömürlü organizmalardan daha hızlı tepki verirler (Menéndez, 2007).

İklimdeki değişiklikler böcek zararlılarını çeşitli şekillerde etkileyebilir. Coğrafi dağılımlarının genişlemesine, kışlama sırasında hayatta kalma süresinin uzamasına, nesil sayısının artmasına, bitkiler ve zararlılar arasındaki senkronizasyon kaybına, türler arası etkileşimin değişmesine, zararlıların istila riskinin artmasına, böceklerin

vektör olduğu bitki hastalıklarının görölme sıklığının artmasına, özellikle doğal düşmanların etkisiyle biyolojik kontrolün etkinliğinin azalmasına sebebiyet verebilir (Skendži'c vd., 2021).

Sıcaklık ve nem gibi temel iklim parametreleri böcekleri hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkiler (Jaworski ve Hilszezanski, 2013).

2.2.1.1 Doğrudan etki

Böcekler, iklim değışikliğinden etkilenme olasılığı en yüksek olan organizma grupları arasında olup iklim bileşimi böceklerin gelişimi, üremesi (Bale vd., 2002), larvaların ve erginlerin aktivitesinin sınırlandırılması ve uyarılması, fenolojisi, olumsuz hava koşullarında hayatta kalma olasılığı, popülasyon genetiğı (Jaworski ve Hilszezanski, 2013), popülasyon dinamiğı, çevre ve doğal düşmanlar arasındaki ilişkileri (Skendži'c vd., 2021) popülasyon yoğunluğu ve türlerin yayılması üzerinde güçlü bir doğrudan etkiye sahiptir (Bale vd., 2002). Bu nedenle, bu koşullar büyük bir hızla değışebileceğinden, zararlıların varlığını ve bolluğunu izlemek çok önemlidir (Skendži'c vd., 2021).

Poikilotermik (değışken ısılı) organizmalar olarak böcekler, çevredeki ortamın sıcaklığına bağılı olarak aktivitelerini gözle görölür şeklde değıştirirler (Bale vd., 2002; Menéndez, 2007; Kocmánková vd., 2010). Sıcaklık değışikliklerine karşı oldukça hassas olan böcek fizyolojisi 10°C'lik bir artışla metabolizma hızlarını iki katına çıkarma eğilimindedir (Clarke ve Fraser, 2004; Dukes vd.2009; Gillooly vd., 2001). Sıcaklığın termal optimum seviyeye yükseltilmesi böcek metabolizmasının hızlanmasına neden olur bu nedenle aktivite artışını doğrudan etkiler (Jaworski ve Hilszezanski, 2013). Artan sıcaklık koşullarına adapte olmakta güçlük çeken ya da adapte olamayan türler, popülasyonlarını devam ettirmekte zorlanırken, adapte olabilen türler gelişimlerine devam edip üreyebilirler. Sıcaklık metabolizma, metamorfoz, hareketlilik, populasyonu ve dinamiklerindeki değışiklik olasılığını belirleyen konukçu mevcudiyetinde etkin bir rol oynar (Shrestha, 2019).

Fizyolojik süreçleri etkileyen sıcaklıkların yılın büyük bölümünde türlerin optimum değerlerinin altında olma eğiliminde olduğu bölgelerde, sıcaklık artışlarının bu

süreçleri hızlandırması ve daha hızlı gelişmeyle beraber bir sezonda daha fazla nesile yol açması beklenebilir (Harrington vd., 2001). Birkaç model kullanılarak, sıcaklıktaki 2°C'lik bir artışın yılda 1 ila 5 ek yaşam döngüsü ile sonuçlanabileceği tahmin edilmiştir (Yamamura ve Kiritani, 1998). Bu konudaki en önemli örnek, düşük gelişme eşikleri ve kısa üreme süreleri nedeniyle yılda 4 ila 5 ek nesil üretmesi beklenebilecek yaprak bitleridir. Bu nedenle yaprak bitleri, sıcaklık değişikliklerinin özellikle hassas göstergeleri olabilir (Menéndez, 2007). Gelişimleri sırasında daha yüksek sıcaklıklar, larva ve nimf aşamalarında (yırtıcı hayvanlar tarafından yüksek oranda tehdit altında olduklarında) süreyi kısaltmak gibi yararlı bir etkiye sahiptir (Bernays, 1997) ve türlerin daha erken erişkin hale gelmesine izin verilmesini sağlar (Harrington vd., 2001; Menéndez, 2007).

Genel olarak böcek türlerinin nispeten kısa yaşam döngüleri, yüksek üreme kapasiteleri ve yüksek derecede hareketlilikleri olduğundan, ısınma sıcaklıklarına verilen fizyolojik tepkiler tür popülasyon dinamikleri üzerinde büyük ve hızlı etkiler üretebilir (Stange ve Ayres, 2010). Daha yüksek sıcaklık koşullarında yumurta, larva ve pupa gelişimi kısalır, bu da ormandaki böcek türleri grubu için karakteristik bir olgudur (Szujecki, 1998).

Olgunluk öncesi aşamaların daha hızlı gelişimi, düşük sıcaklık, çok yüksek veya yetersiz nem, yırtıcı hayvanların ve parazitoidlerin saldırıları ve entomopatojenlerin aktivitesi gibi olumsuz çevre koşullarına daha kısa süre maruz kalma anlamına gelmekte olup bu durum birçok böcek türünün üreme başarısı ile sonuçlanabilir (Jaworski ve Hilszezanski, 2013).

Sıcaklığın larva gelişiminin uzunluğu üzerindeki etkisi, laboratuvar koşullarında iki önemli bitki türü için gözlemlenmiştir: *Lymantria monacha* (L.) ve *Lymantria dispar* (L.) (Karolewski vd., 2007). Her iki durumda da sıcaklık artışı, yumurta evresinden pupa evresine kadar olan büyüme periyodunu azaltmada etkili olmuştur. Her iki türün larva canlılığı ile ilgili farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ortalama ortam sıcaklığı arttığında, *L. monocha* tırtıllarında daha yüksek ölüm oranları gözlemlenmiştir. Diğer taraftan *L. dispar* larvalarının yaşama gücü artmıştır. Bu farklılıklar muhtemelen her

iki tür için de değişen çevresel tercihlere yansıyan iki farklı termal optimumdan kaynaklanmaktadır (Jaworski ve Hilszezanski, 2013).

Bazı türlerin ilkbaharda daha erken ortaya çıkması ve daha uzun süre aktif olmaları küresel ısınmanın en karakteristik belirtileridir (Menéndez, 2007; Moore ve Allerd, 2008; Logan vd., 2003; Parmesan ve Yohe, 2003; Walther vd., 2002). Ortalama sıcaklık artışı daha hızlı büyümeye neden olur ve bu türlerin nesil sayısı artışı üzerinde etkili olabilir. Sonuç olarak biyolojik yaşam döngüsü kısalmı ve tek konukçu bitki üzerindeki larva sayısı ve salgınlar artar (Jaworski ve Hilszezanski, 2013).

Küresel ısınma, kışın aşırı soğuğa bağlı böcek popülasyonlarının ölüm riskini azaltır (Ayres ve Lombardero, 2000). Pek çok böcek için daha düşük öldürücü sıcaklık, vücut sıvılarının aniden kristalleştiği sıcaklıktır (Bale vd., 2002). Küresel ısınmasının böcekler üzerindeki genel etkilerinden biri, birçok orta ve yüksek enlem ekosistemlerinde ölümcül derecede soğuk sıcaklıkların sıklığını azaltmaktır. Ancak, muhtemelen bu genellemeden bazı öngörülebilir sapmalar olacaktır. Kışı ormanların ve otlakların ölü örtü tabakasında geçiren böcekler, karın sağladığı yalıtıcı korumanın kaybı nedeniyle daha yüksek ölüm oranlarıyla karşılaşabilir (Lombardero vd., 2000).

Kış iklim koşulları, ılıman iklim kuşağındaki birçok böcek için kilit önemdedir. Kışın sıcaklık artışı, özellikle aşırı düşük sıcaklığın genellikle nüfus içinde daha yüksek ölüm oranlarına neden olduğu kuzey ve üst sınırlarda meydana gelen hayatta kalma artışına neden olabilir (Jaworski ve Hilszezanski, 2013). Ancak birçok tür, yeterli sayıda düşük sıcaklıklı gün olmadan gelişim döngüsünü tamamlayamaz veya ilkbaharda beslenmeye devam edemez (Jönsson vd., 2007; Netherer ve Schopf, 2010). Ortalama sıcaklık ve nem artışının bir sonucu olarak kar tutulmasının azalması, kışı orman yatağında ve toprakta geçiren türler üzerinde de olumsuz bir etkiye sahip olabilir (Nupponen, 2010).

İklim değişiklikleri normalden daha hızlı evrimsel adaptasyona neden olabilir (Jaworski ve Hilszezanski, 2013). İklim değişikliği popülasyonlar içindeki seçim baskılarını değiştirecektir. Çünkü çoğu popülasyon makul bir dereceye kadar yerel çevrelerine uyum sağlamıştır. Bu nedenle mevcut iklimde yüksek uyum sağlayan

özellikler, yeni iklim koşullarında o kadar başarılı olmayabilir. Bu nedenle evrimsel tepkiler gerçekleşebilir (Menéndez, 2007). Böcekler arasında evrimsel değişim potansiyeli büyüktür çünkü hızlı büyürler, kısa nesil sürelerine ve yüksek üreme oranlarına sahiptirler bu da popülasyonların yeni çevresel koşullara hızlı uyum sağlayabileceği anlamına gelir. Bu nedenle evrimsel değişikliklerin ampirik kanıtlarının çoğunun böcek türlerinden gelmesi şaşırtıcı değildir (Parmesan, 2006; Thomas, 2005).

İklim değişikliğine adaptasyonlar önceden var olan ısıya dayanıklı genotiplerin sıklığında bir artış içeren türlerin yayılış alanlarının merkezinde gözlemlenmiştir. İklim değişikliğinin bir sonucu olarak yayılışlarını değiştiren çeşitli böcek türlerinin artan popülasyonlarında daha büyük bir dağılıma doğru evrim gözlemlenmiştir (Menéndez, 2007).

2.2.1.2 Dolaylı etki

Mattson ve Haack (1987), kuraklığın böcek salgınlarını nasıl etkileyebileceğini açıklamak için yapmış oldukları araştırmada, Schoeneweiss'in (1986), bitki duyarlılığının ve patojenlere uygunluğunun stresle birlikte sürekli olarak arttığı argümanlarının aksine, böceklerin kuraklık etkilerine tepkilerinin doğrusal olmadığını varsayar; yani önce böcek kolonizasyonu ve üremesi için koşulların uygunluğu optimum seviyeye yükselir ve ardından azalır. Bu nedenle şiddetli ve uzun süreli kuraklığın bitkiler için olduğu gibi fitofag böcekler için de zayıflatıcı olabileceği sonucuna varmışlardır.

Kuraklık stresi hemen hemen her bitki gelişimini etkiler; etkinin büyüklüğü, kuraklığın şiddeti ve süresi ile bitkinin gelişme aşamasına bağlıdır (Kramer, 1983). Kuraklık stresi su, sıcaklık ve besin stresini içerir. Moleküler düzeyde, kuraklığın gen ekspresyonu ve genomik değişim üzerinde önemli bir etkisi olabilir (McClintock, 1984; Walbot ve Cullis, 1985)

Kuraklık, fitofag böceklerin büyümesi için daha uygun bir termal ortam sağlar. Böceklerin termoregülasyon (bir organizmanın, çevre sıcaklığı farklı olsa bile vücut sıcaklığını belirli sınırlar içinde tutma yeteneği) kapasiteleri sınırlı olduğu için,

kuraklıkla ilgili daha yüksek hava ve konukçu bitki sıcaklıkları, onların daha optimuma yakın bir sıcaklık rejiminde büyümelerini ve çoğalmalarını sağlayabilir (Mattson ve Haack, 1987).

Mattson ve Scriber (1987), odunsu bitkilerin otları ve yapraklarıyla beslenen böceklerin, nispeten yüksek termal optimumlara sahip olağandışı enzim ve zar sistemlerine sahip olabileceğini öne sürmüşlerdir. Sıcaklıktaki küçük değişiklikler böcekte büyük tepkilere yol açabilir (Begon, 1983; Wagner vd., 1984).

Tüm böceklerin büyüme oranları tipik olarak sıcaklığa bağlı sigmoidal bir tarzda artar (Wagner vd., 1984). Hayatta kalma ve doğurganlık genellikle sıcaklıkla S veya kubbe şeklinde bir ilişki sergiler (Morris ve Fulton, 1970)

Pek çok çalışma, gıda kalitesinde değişiklik olmaksızın yalnızca optimum sıcaklık rejimleri sağlamanın böceklerin daha hızlı ve daha iyi büyümelerine, daha az ölümle karşılaşmalarına ve tüketilen gıda başına daha fazla yumurta bırakmalarına izin vereceğini göstermiştir (Mattson ve Haack, 1987).

Kuraklık stresi altındaki bitkiler, böcekler için davranışsal olarak daha çekici veya daha kabul edilebilirdir. Yaprak sararması, daha yüksek sıcaklıklar ve kuraklık stresi altındaki bitkilerin daha fazla kızılötesi yansıması onları böcekler için daha çekici veya kabul edilebilir hale getirebilir (Mattson ve Haack, 1987). Böcekler termal, akustik, biyokimyasal ve elektromanyetik özellikleri algılayabilir. Elektromanyetik ipuçları, normal görüşle ve kızılötesi alıcılarla algılananları içerir (Evans ve Kuster, 1980). Pek çok böcek sarı tonlardan etkilenir (Prokopy ve Owens, 1983) ve bazılarının ısı ve kızılötesi reseptörleri vardır (Altner ve Loftus, 1985).

Kuraklık stresindeki bitkiler, böcekler için fizyolojik olarak daha uygundur. Kuraklık stresi altındaki bitkiler böceklerin büyümesi, hayatta kalması ve üremesi için daha uygun olabilir, çünkü bitki besinleri ya daha konsantredir ya da daha dengelidir. Bu odunsu bitkilerle beslenen böcekler için özellikle önemli olabilir çünkü nitrojen, şeker ve mineral miktarları genellikle optimalden azdır (Haack ve Slansky, 1987, Mattson ve Scriber, 1987; White, 1984)

2.2.2 Konukçu Bitkilerin Fizyolojisi ve Metabolizması Üzerindeki Etkisi

Sıcaklık ve nem değişimi, konukçu bitki metabolizmasını ve fizyolojisindeki değişiklikler yoluyla böcekleri dolaylı olarak etkileyebilir (Ayres ve Lombardero 2000; Moore ve Allard 2008; Netherer ve Schopf, 2010; Rouault vd., 2006). Genel olarak, ortalama sıcaklık artışı sonuçlarından biri olan uzun ve şiddetli kuraklıkların bitkilerin durumunu olumsuz etkilediği ve dolayısıyla fitofag böceklerle karşı duyarlılıklarını arttırdığı belirtilmektedir (Jaworski ve Hilszezanski, 2013). Huberthy ve Denno (2004) ve Rouault vd., (2006), bitki nemi eksikliğinin fitofag böceklerin gelişimi, hayatta kalması ve doğurganlığı üzerindeki etkisine ilişkin bir meta analizi yürütmüştür. Çalışmaları, genellikle kuraklıklardan sonra doğal ortamda meydana gelen salgın sayıları arasında gözlemlenen tutarsızlıktan ve su kıtlığının fitofag böcekler üzerinde olumsuz etkisini gösteren sonuçlardan ilham almıştır. Analiz sonuçları, fitofag böceklerin bitki dokularındaki su seviyesinin düşmesine tepkilerinin, benzer beslenme alışkanlığını paylaşan tür gruplarına olan yakınlıklarına bağlı olduğunu göstermiştir. Kuraklığın olumlu etkisi (özellikle uzun süreli odunda gelişen böceklerde kuraklık) gözlenirken, bitki hücrelerinde su ve turgor seviyesindeki azalma dokulardan sıvı emen türler (yaprak bitleri) ve gallerde gelişen türler üzerinde olumsuz etki yapmıştır (Jaworski ve Hilszezanski, 2013).

Pek çok fitofag böceğin gelişimi, temel olarak ortamdaki sıcaklık koşulları tarafından düzenlenen konukçu bitki fenolojisi ile yakından ilişkilidir (Bale vd., 2002; Szujecki, 1998). Ortalama sıcaklık artışı gibi aynı faktör, bitkileri ve fitofag böcekleri farklı şekilde etkileyebilir (Jaworski ve Hilszezanski, 2013). Örneğin, erken ilkbaharda daha yüksek sıcaklık, meşe yapraklarının daha erken gelişmesine neden olabilir. Bu durum süreç ile kış güvesi larvalarının yumurtadan çıkması arasındaki senkronizasyonun bozulmasına neden olur (Visser ve Holleman, 2001). İlkbaharda daha hızlı bitki büyümesi ve daha uzun vejetasyon, bitki organizması içinde gelişen bu fitofag türler için faydalı olabilir (Netherer ve Schopf, 2010).

2.2.3 Doğal Düşmanların Etkinliği

Doğal düşmanlar, iklim değışikliklerinin dolaylı olarak bitki öldürücü böcekleri etkilediğı ekosistemin başka bir unsurudur. Doğal düşmanların etkinliği ve fitofag popölasyonları etkileme şekli çok çeşitli olabilir. Ayrıca her iki tarafın (doğal düşmanlara karşı fitofajlar) karşılıklı ilişkisi, konukçu bitkiler üzerindeki dolaylı iklim etkisiyle karmaşıklaşır (Coviella ve Trumble, 1999; Rouault vd., 2006). Öte yandan, iklim parametrelerinin etkisinin neden olduğu bitki kimyası değışikliği, örneğın parazitoid larvaların konukçusu olarak fitofag böceklerin kalitesinde (boyut ve kimyasal içerikler) değışikliğe neden olur. Parazitoid etkinliği, yumurta sayısı, boyutu ve cinsiyet oranı gibi unsurları etkiler (Coviella ve Trumble, 1999).

Uyarıcı faktör olarak daha yüksek sıcaklık, doğal düşmanların aktivite artışına ve daha hızlı gelişmesine neden olabilir (Netherer ve Schopf, 2010). Sıcaklık, fitofag böceklerin düşman saldırılarına karşı duyarlılıklarını etkileyebilir. Örneğın daha yüksek sıcaklık koşullarında, yaprak bitleri için yırtıcı veya parazitoid saldırısı durumunda üretilen alarm feromonlarında zayıflama reaksiyonu gözlemlenmiştir (Awmack vd., 1997). Öte yandan özellikle parazitoid saldırılarına maruz kalan evrelerde, daha yüksek sıcaklığın neden olduğu daha hızlı gelişme bazı fitofajların hayatta kalma oranlarının daha yüksek olmasına neden olabilir (Petzoldt ve Seaman, 2006).

2.2.4 Entomofauna Etkisi Sonucunda Orman Ekosistemlerinde Gözlenen İklim Değışikliklerinin Etkileri

İklim birçok tür için coğrafi dağılımın önemli bir belirleyicisidir (Andrewartha ve Birch, 1954). Çoğu böcek türünün mevcut dağılımı, iklimin etkisiyle oluşmaktadır. Bu, özellikle sıcaklığın ana sınırlayıcı faktör olduğu yayılış sınırlarında gözlemlenebilir (Jaworski ve Hilszezanski, 2013).

Küresel ısınma sonucunda türlerin yeni iklim bölgelerine doğru genişlemesi ve iklim açısından uygun olmayan bölgelerden uzaklaşması beklenmektedir (Hughes, 2000).

İklim değişikliğine karşı türlerin tepkisinin farklı olması beklenmektedir (Menéndez, 2007). Bale vd., (2002), farklı büyüme hızı ve diyapoz gereksinimlerinin iklim değişikliğine dağılımsal tepkileri etkileyebileceğini öne sürmüştür. Hızlı büyüyen, diyapoz yapmayan türler veya diyapozu tetiklemek için düşük sıcaklığa bağımlı olmayan türler, dağılımlarını genişleterek ısınmaya tepki verecektir (Menéndez, 2007). İklim değişikliği bazı türlerin alansal olarak genişlemesine ve bazı türlerde ise alansal daralmalara neden olacaktır. Bu durum bölgesel ve yerel çeşitlilikte değişikliklere yol açacaktır (Menéndez, 2007). Birçok fitofag böcek ile ilgili olarak bir yayılım alanı artışı muhtemeldir, çünkü türlerin yayılımı, ev sahibi bitkilerin yayılım alanlarından daha küçüktür (Jaworski ve Hilszezanski, 2013).

İklim değişikliği adaptasyona, nüfus artışına ve yerli taksonlardan daha iyi adapte olan yabancı türlerin yayılmasına neden olabilir (Capdevila - Argüelles ve Zilletti, 2008) Değişen termal koşullar ve nem, böcekler üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiye sahip olabilir. Sıcaklık artışı, gelişimi ve hayatta kalması daha önce düşük sıcaklık nedeniyle sınırlanmış olan türlerin popülasyon sayısını olumlu yönde etkileyebilir (Jaworski ve Hilszezanski, 2013).

Değişen iklim parametrelerinin etkisinden kaynaklanan böcek yayılım alanı kaymaları, böceklerin yeni konukçu bitkilere adaptasyonuna da neden olabilir. Bu durum özellikle fitofag böceğin konukçu bitkinin yakın akraba türleri bulunduğu ortaya çıkar. Konukçu bitki spektrumunun genişletilmesi böceklerin beslenme tercihlerinde bir değişiklik meydana getirebilir. İspanya'nın Güney doğusunda Serra Nevada dağlarında gözlemlenen *Thaumetopoea pityocampa*, bunun bir örneğidir. Son yıllardaki ortalama sıcaklık artışı, türlerin daha önce olmadığı yerlerde daha yüksek rakımlara yayılmasını sağlamıştır. Yayılım alanı değişimine sarıçamın bir alt türü olan *Pinus sylvestris* var. *nevadensis* eşlik etmiştir (Hódar ve Zamora, 2004).

Atmosferik CO₂'nin yüksek konsantrasyonu, otçul böceklerin dağılımını, bolluğunu ve performansını etkileyebilir. Bu tür artışlar zararlı böceklerin tüketim oranlarını, büyüme oranlarını, doğurganlıklarını ve popülasyon yoğunluklarını etkileyebilir (Fuhrer, 2003). Artan CO₂ seviyelerinin böcekler üzerindeki etkileri büyük ölçüde konukçu bitkilere bağlıdır (Skendži'c vd., 2021). Artan CO₂ miktarıyla daha fazla

fotosentez yapan bitkilerde büyüme artacak ve bitki verimliliği yükselecektir. Bu da bitkilerin ve bitki örtüsünün hem miktarını hem de kalitesini değiştirerek böcekleri dolaylı olarak etkileyecektir. Yüksek CO₂ altında yetiştirilen bitkilerin ortak bir özelliği, yaprakların besin kalitesini ve yaprakla beslenen böceklerin lezzetini etkileyebilecek olan, yaprakların kimyasal bileşimindeki bir değişikliktir (Lincoln,1993). Böceğin gelişimi için azot olmazsa olmaz bir elementtir bu yüzden CO₂ miktarının artması bazı gruplarda artan bitki tüketimine yol açar (Bezemer vd., 1998), bu durum bitkiye verilen zararın artmasına sebebiyet verebilir (Skendži'c vd., 2021).

Stiling ve Cornelissen (2007)'in yapmış oldukları çalışmanın sonuçları, böceklerin ortam CO₂'sine kıyasla artan CO₂'ye güçlü tepkiler verdiğini göstermiştir; (I) tüketim oranlarında yaklaşık %17'lik bir artış; (II) zararlı bolluğunda yaklaşık %22'lik bir azalma; (III) geliştirme süresinde yaklaşık %4'lük bir artış ve (IV) nispi büyüme oranında yaklaşık %9'luk bir azalma tespit edilmiştir. Atmosferik CO₂'deki artışın daha güçlü etkileri özsuyu emen otçullar (örneğin, yaprak bitleri, yaprak zararlıları, pullu böcekler) gibi diğer beslenme tiplerinin aksine çiğneyen hayvanlar için de bulunmuştur (Skendži'c vd., 2021).

2.2.5 İklim Değişikliğinin Kestane Gal Arısı Üzerindeki Etkileri

Sıcaklık değişimi bitkileri, otçulları ve parazitoidleri içeren etkileşimleri etkileyerek fenolojik döngüleri arasında bir uyumsuzluğa neden olur. İklim değişikliği bağlamında; iklimsel faktörler, ani sıcak veya soğuk ekstremler gibi şiddetli ve ani değişikliklere uğrayabilir (Bonsignore vd., 2020). Bonsignore vd., (2020), son yirmi yılda ekstrem iklim olaylarının sıklığındaki artış (örneğin, kestane ağacının vejetatif dönemindeki düşük sıcaklıklar) göz önüne alındığında, soğuk stresinin hem kestane gal arısı biyolojisi hem de parazitizm üzerindeki etkilerini ortaya koymayı amaçlayan bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, soğuk muamelenin hem zararlıyı hem de parazitoidleri etkilediği, kestane gal arılarının ortaya çıkışında azalma görüldüğü ve parazitoid topluluğunda farklı tür oranlarına yol açtığı bulunmuştur.

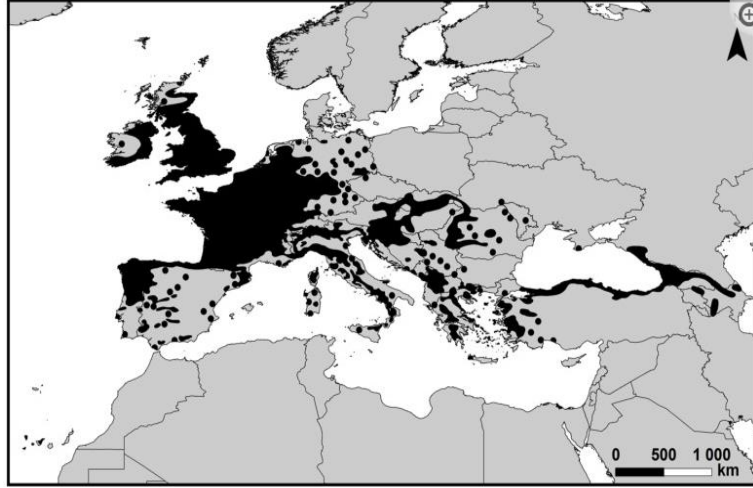
Farklı çevresel koşullar, gal arısının fenolojisinde ilgili mekansal ve zamansal değişkenliğe neden olabilir. Örneğin, daha sıcak ve daha kurak yıllarda yumurtadan çıkış daha erken gerçekleşir (Otero vd., 2017) ve daha yüksek mevsimsel sıcaklıklarda olgunlaşmamış gelişim kısalmır (Bonsignore ve Bernardo, 2018; Contarini vd., 2021; Ôtake, 1989) ve bu durum sıklıkla daha yüksek popülasyon yoğunluklarına neden olur. Ayrıca, olgunlaşmamış gelişimin süresi, kestane ekiminin yüksekliği ve enlemi ile özellikle de düşük ortalama sıcaklıklarla pozitif olarak ilişkilidir (Bonsignore vd., 2019).

Yıllık ortalama sıcaklık gal kütlesini ve hacmini de etkiler. Bunun sonucunda Akdeniz biyocoğrafik bölgesindeki kestanelerde daha büyük galler oluşur (Gil-Tapetado vd., 2020). Mikroçevre hipotezine göre, galler böceklerle kuruma, ultraviyole radyasyon, donlar veya şiddetli kuraklıklar gibi aşırı iklim olaylarına karşı koruma sağlar (Crespi vd., 1997; Lombardero vd., 2021; Miller vd., 2009; Price vd., 1987) ve bu şekilde yeni alanlara, gale neden olan böceklerin yayılmasını ve yerleşmesini kolaylaştırır (Quinto vd., 2021). Öte yandan, gal arısının ergin aktivitesi 25-30°C arasındaki optimal sıcaklıkları tercih eder, 15°C'nin altındaki sıcaklıklarda azalır ve 10°C'nin altında neredeyse hiç yoktur (Tamura, 1960).

2.2.6 İklim Değişikliğinin Kestane Ağacı Üzerindeki Etkileri

Dünya çapında kestane ağacı (*Castanea spp*, Fagaceae familyası) ekolojik, ekonomik ve kültürel açıdan önemli bir kaynaktır (Larue vd., 2021). Mevcut kestane küresel dağılımı, uzun bir insan müdahalesi geçmişiyle birlikte doğal kolonizasyonun sonucudur (Freitas vd., 2021). Şu anda, ana dağılım bölgeleri Güney Avrupa, Güneybatı ve Kuzeydoğu Amerika, Kuzey Afrika ve Asya (Japonya, Kore Yarımadası ve Doğu Çin)'dir (Massantini, 2021; Yadav vd. 2022).

Yaygın olarak Anadolu kestanesi olarak bilinen *Castanea sativa*, Avrupa'nın en önemli türü olup, esas olarak Batı ve Güney Avrupa'da bulunur (Harita 2.2) (Euforgen, 2021; Massantini vd., 2021; Menéndez, 2015; Seijo vd. 2017).



Harita 2.2 (Euforgen, 2021; Menéndez, 2015; Seijo vd., 2017)’e göre kestane (*Castanea sativa*) ormanlarının Avrupa genelindeki dağılım alanı

Kestane ağaçları genellikle deniz seviyesi ile 1800 m arasındaki yüksekliklerde bulunur, ancak 700 ile 1000 m arasındaki yükseklikler meyve üretimi için en iyi koşulları sağlar (Dinis vd., 2011b; Pereira vd., 2011).

Kestane ekosistemleri şu anda iklim değişikliği, geleneksel meyve bahçelerinin terk edilmesi, artan orman yangını ve hastalık insidansı gibi farklı stres faktörleri (doğal veya antropojenik) tarafından tehdit edilmektedir (Bellat vd., 2019).

İklim, biyoçeşitlilik ve ekosistem değişikliğinin ana unsurlarından biri olarak kabul edilir. İklim değişikliğiyle birlikte, belirli bir bölgenin belirli bir ürünü yetiştirme uygunluğunun etkileriyle birlikte, ürünün mikro iklim koşullarında değişikliklerin meydana geleceği öngörülmektedir (Pérez-Girón vd., 2020). İklim değişikliği, türlerin fizyolojik ve üreme döngülerini, örneğin fenolojik zamanlamaları tahmin etmek veya geciktirmek gibi, verim ve meyve kalite özellikleri üzerindeki etkileriyle değiştirebilir (Dinis vd., 2011a, b; Larue vd., 2021; Santos vd., 2017b). Ayrıca, kestanelerin kalite parametreleri ve kimyasal bileşimi büyük ölçüde iklim koşullarından etkilenir (Portela vd., 2015). Yılmaz (2015)’e göre, ağaç büyümesi öncelikle sıcaklık, yağış ve ikincil olarak toprak nemi, güneş radyasyonu ve hava nemi ile düzenlenir. Büyüme, iklim parametreleriyle yakından bağlantılıdır, bu nedenle iklim koşullarına karşı yüksek hassasiyete ve değişen iklimler altında savunmasızlığa işaret eder. Bazı iklim değişikliği gerçekleri, şiddetli yağış olayları, kuraklıklar veya sıcak hava dalgaları gibi daha sık ve yoğun hava koşullarının eşlik ettiği gelecekte daha yüksek sıcaklıklar ve

daha uzun büyüme mevsimleri olduğunu göstermektedir (Bindi ve Olesen, 2011; Iglesias vd., 2012; Pereira vd., 2011).

Kestane türleri, genetik ve fizyolojik özelliklerinden kaynaklanan büyük adaptasyon ile ilişkili dinamik kolonizasyon için iyi bir kapasiteye sahiptir (Ciordia vd., 2012; Santos vd., 2019). Enlem ve yükseklik gibi coğrafi parametreler kestane ağacı yetiştiriciliğinde önemli rol oynamaktadır (Freitas vd., 2021).

Fotosentetik hız, coğrafi konumdan büyük ölçüde etkilenir, maksimum fotosentetik hız, ergin ağaçlardaki aktivite için 22-29°C aralığında optimum sıcaklıklarla 800 m'nin üzerinde bulunabilir (Calheiros vd., 2012; Gomes -Laranjo vd., 2009; Pereira vd., 2011). Alçak rakımlarda, abiyotik stres nedeniyle fotosentez hızı yaklaşık %40 azalabilir (Zhang vd., 2011). Hava sıcaklıkları da genel fotosentetik kapasitede önemli bir rol oynar (Dinis vd., 2011a).

Vejetatif döngü iklim koşullarına, bitki gelişimine ve kültürel uygulamalara bağlıdır. Güney Avrupa bölgelerinde, kestane ağacı tomurcuk patlaması tipik olarak Nisan ayında, çiçeklenme Haziran ve Temmuz arasında, meyve tutumu ve olgunluğu Ağustos'tan Ekim'e kadar gerçekleşir (Pereira vd., 2011).

Kestane, ılıman iklimlerden gelen mezofil bir türdür, çünkü büyümesi için en iyi koşullar orta sıcaklık ve nemdir (Henriques ve Borges, 2017; Gomes-Laranjo vd., 2009; Pérez ve López, 2009). Kestane, yıllık ortalama sıcaklığı 8-15°C arasında değişen ekosistemlere iyi adapte olmuş orta derecede termofilik bir türdür. Vejetatif döngüsü boyunca aylık ortalama sıcaklıklar 6-8°C arasındadır (Carneiro-Carvalho vd., 2019; Henriques ve Borges, 2017; Gomes -Laranjo vd., 2009; Zhang vd., 2011). Atlantik biyoklimatik bölgesindeki serin ve nemli koşullardan, Akdeniz biyoklimatik bölgesindeki sıcak ve kuru koşullara kadar değişen çok çeşitli iklim koşullarını tolere eder (Pérez-Girón vd., 2020). Kestane ağacı 27-31°C'ye kadar maksimum sıcaklıkları iyi tolere eder ve -16°C'ye kadar mutlak minimum sıcaklıklara dayanır ve en az 6 ay boyunca aylık ortalama 10°C'nin üzerinde sıcaklıklara uyum sağlar (Henriques ve Borges, 2017; Gomes-Laranjo vd., 2009; Zhang vd., 2011). Bununla birlikte, polen

çimlenmesi yalnızca sıcaklıklar 27-30°C'ye ulaştığında gerçekleşir (Gomes-Laranjo vd., 2009).

Aşırı yaz veya kış sıcaklıkları kestane ağacının verim performansını sınırlayabilir. Daha yüksek sıcaklıklar bitkisel aktiviteyi öngörür, bu da fenolojik aşamalarda ilerlemeye yol açar hastalık ve zararlıların görülme sıklığını artırır (Pérez-Girón vd., 2020).

Bununla birlikte kestane, yaz aylarında sıklıkla görülen hava sıcaklığı 32°C'nin üzerinde olduğunda termoinhibisyon sergileyebilir (Calheiros vd., 2012; Gomes - laranjo vd., 2009; Pereira vd., 2011). Kuraklık durumunda, ağaç ölüm riskine yol açan artan su stresine özellikle eğilimli görünmektedir (Conedera vd., 2021). Aksine, tomurcuk patlamasından sonra daha düşük sıcaklıklar geç olgunlaşmaya neden olarak meyve olgunlaşmasını geciktirebilir (Dinis vd., 2011a, b).

Yağış ayrıca kestane büyümesi için önemli bir faktördür. Genel olarak, 600 ve 1600 mm arasında çok çeşitli yağış seviyeleri ile gösterilen, geniş kestane yayılımının olduğu kabul edilmektedir (Freitas vd., 2021; Menéndez vd., 2015).

Öte yandan, Akdeniz tipi iklimlerde art arda iki aydan fazla kuraklık meydana geldiğinde kuraklık döneminin uzunluğu kestane büyümesi için ana iklimsel sınırlamalardan biri olarak tanımlanmaktadır (Menéndez, 2015). Yağıştaki azalma, topraktaki su eksikliklerini ve bitki su stresini arttırarak bitki büyümesini ve gelişimini etkiler, daha küçük organların üretimine yol açarak çiçek üretimini ve tane dolumunu engeller ve bireysel yaprakların boyutunu ve sayısını sınırlar (Bacelar vd., 2007; Farooq vd., 2009). Tane dolumundaki azalma, sükroz ve nişasta sentez enzimlerinin birikimindeki azalma nedeniyle meydana gelir ve bu nedenle potansiyel olarak meyve kalitesini etkiler (Farooq vd., 2009).

Su mevcudiyeti, nihai verimi iyileştirmek için önemli bir kaynak olarak kabul edilir (Freitas vd., 2021). Mota vd., (2018), düşük çiçek tutumu veya meyve tutumu gibi su stresinin ve etkilerinin bitki üretkenliği ve meyve özelliklerine yansıdığını bu nedenle kestane sulama konusunda daha fazla araştırma yapılmasını gerektirdiğini ileri sürmektedir (Freitas vd., 2021). Ciordia vd., (2012) tarafından yapılan araştırmaya

göre, kısıtlı su kaynağının hem boy hem de ağırlık açısından bitki su potansiyelini azalttığı, kök gelişimini arttırdığı, yaprak alanını azalttığı ve yaprak morfolojisini değiştirdiği sonucuna varmışlardır.

Türkiye'nin coğrafi konumu ve topografik değişkenliği (özellikle yükselti ve bakı) iklim koşullarında önemli farklılıklar yaratır. Hem topografya hem de iklimdeki bu karmaşık karakter bulunduğu bitki örtüsünde önemli bir çeşitliliğe yol açar. Anadolu dünyanın zengin floristik bölgeleri arasındadır (Atasoy ve Sarış, 2021).

Yükseklik arttıkça dağlık bölgelerdeki bitki ömrü, düşük sıcaklıklar, radyasyon, rüzgar ve fırtınanın doğrudan veya dolaylı etkileri ile yetersiz su mevcudiyeti nedeniyle sınırlıdır (Körner ve Larcher, 1988). Bitki örtüsü değişen iklim şartları karşısında, bugünün iklim şartlarına benzer iklim şartlarını bulmak için yukarı doğru hareket edecektir (McArthur, 1972; Peters ve Darling, 1985). Dolayısıyla günümüzde sıcaklık artışı şeklinde kendini gösteren iklim değişikliğinin özellikle kestane gibi sıcak seven türler üzerindeki etkisinin daha fazla gözlenmesi muhtemeldir (Usta ve Yılmaz, 2020).

Kestane ilkbaharda geç don riskinin yüksek olduğu bölgeleri tercih etmez (Konstantinidis vd., 2008; Oosterbaan, 1998). Termofilik bir tür olan kestane en çok Temmuz ayında çiçek açar. Meyveler Eylül'den Ekim'e veya Kasım'a kadar olgunlaşmaya başlar. Kestane rüzgârla tozlaşan (Anemophilous) bir türdür, ancak bazen böceklerle de tozlaşır. Genellikle kuru ve serin bir iklime sahip olan dağlık bölgelerin kenarlarında, uygun mikro iklime sahip nişler bulunabilir (Krebs vd., 2004; Krebs vd., 2019; Roces-Díaz vd., 2018). Bu mikro çevresel alanlarda, sıcak seven ağaç türlerinin bulunduğu küçük cepler hayatta kalabilir (Willis vd., 2000).

Türkiye'de türün mevcut yayılış alanı Doğu Karadeniz'den Akdeniz bölgesine kadar uzanmaktadır. Bu iki ana bölge üzerinde özellikle yağışlarda çarpıcı iklim farklılıkları görülür. Kestane ortalama yıllık sıcaklıkların 10 -15°C ve ortalama yıllık yağışın ise 500-2500 mm arasında değiştiği alanlarda yetişir. *Castanea* cinsinin dağılımı, Tersiyer dönemde kuzey yarımkürenin coğrafi ve iklim değişikliklerine bağlı olarak birçok değişikliğe uğramıştır (Krebs vd., 2004).

Kestane genellikle doğu kayını, gürgen, kızılağaç, karaağaç ve meşe gibi diğer sıcaklığı seven geniş yapraklı türlerle birlikte bulunur (Nakhutsrishvili, 2012). Artan sıcaklıklar ve buna bağlı olarak uzayan vejetasyon süresinin termofilik bir tür olan kestanenin yayılışına etki etmesi beklenmektedir. Ancak bu beklenti, özellikle ılıman iklimin etkisi altındaki sahalarda farklılık gösterebilmektedir (Usta ve Yılmaz, 2020).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma Alanlarının Tanıtımı

Türkiye’de dağılım gösteren kestane sahalarında kestane gal arısı zararlısının tespiti amacıyla literatür taraması yapılmış olup gerekli veriler Orman Genel Müdürlüğü ORBİS sistemi üzerindeki zararlı duyurma modülü üzerinden ve şu ana kadar tespit edilen sahalarda yapılan zararlıyla mücadele projeleri kapsamındaki verilerden ve kestane ormanlarının bulunduğu bölge müdürlüklerine bağlı işletme müdürlüklerinde sahalarda kestane bulunan işletme şefleriyle ayrı ayrı görüşülerek gerekli veriler koordinat ve mevkii olarak tespit edilmiştir. Tespitlerimiz doğrultusunda kestane yayılışıyla paralel giden bir zararlı dağılımı olduğu görülmüştür. Anadolu kestanesinin ülkemizdeki yayılışını içeren Harita 3.1’de gösterilmiştir.



Harita 3.1 Anadolu Kestanesinin ülkemizdeki yayılışı (URL-2, 2023)

3.2 Yöntem

Bioiklim uygunluk modellerindeki yaygın ve başarılı bir şekilde uygulanan olasılıkçı yaklaşım yöntemlerinden birisi de maksimum entropi (Maxent) yaklaşımıdır. Bu yöntemle niş işlevlerinin katsayıları ekolojik olarak değerlendirilebilmekte, niş fonksiyonları bağımsız olarak yorumlanabilecek faktörlere dönüştürülebilmektedir (Cunze ve Tackenberg, 2015). Ayrıca maksimum entropi modellemesinin var verileri ile çalışması, kategorik ve sürekli veriler ile çalışabilmesi, türlerin çevresel değişkenlerle olan ilişkisini açıklamak için çok fazla sayıda veriye ihtiyaç duymaması

bu modellemenin tercih sebeplerini oluşturmaktadır (Elith vd.2011; Hernandez vd., 2006; Hernandez vd., 2008; Mert ve Kıraç, 2017).

Çalışmada veri değerlendirmesi ve modellemeler için maksimum entropi yaklaşımını kullanan java tabanlı MaxEnt 3.4.1 programı kullanılmıştır. Bu programın kullanılabilmesi için alan ile ilgili ekolojik değişkenlere ait altlık haritaları oluşturulmuş ve veriler program tarafından okunabilir ve analiz edilebilir formata dönüştürülmüştür.

Kestane gal arısına ait var verileri çeşitli veri tabanlarından ve literatür verilerinden elde edilmiştir. Koordinatların olmaması durumunda lokasyona göre GoogleEarth programı kullanılarak UTM-WGS84 reference system'e göre koordinatlara ulaşılmış olup sonrasında ESRI ArcGis 10.0 programı ile yayılış haritaları elde edilmiştir.

3.2.1 Çevresel Değişkenler ve İklim Senaryoları

Çalışmada toplamda 19 değişkenden oluşan biyoiklim verileri (BIO1-BIO19) kullanılmıştır. İlk olarak Hijmans vd., (2005) tarafından oluşturulan ve www.worldclim.org adresinden açık erişim olarak kullanıma sunulan iklim haritaları sadece çalışma alanının sınırları dikkate alınacak şekilde öncelikle faktör analizine tutularak sadece ilgili değişkenlerin modele girmesi sağlanmış, daha sonrasında modele dahil edilmiştir. 19 adet Biyoiklim verileri için, en küçük uzunluğa denk gelen 30 second verileri kullanılmış olup yaklaşık olarak 1 km²'ye karşılık gelmektedir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Biyoiklim değişkenleri (WorldClim, 2022)
(<https://worldclim.org/data/bioclim.html>)

BIO 1	Yıllık Ortalama Sıcaklık
BIO 2	Aylık Ortalama Sıcaklık
BIO 3	Isotermallik
BIO 4	Mevsimsel Sıcaklık
BIO 5	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı
BIO 6	En Soğuk Ayın Maksimum Sıcaklığı
BIO 7	Yıllık Sıcaklık Aralığı
BIO 8	En Yağışlı Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO 9	En Kurak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO 10	En Sıcak Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO 11	En Soğuk Çeyreğin Ortalama Sıcaklığı
BIO 12	Yıllık Yağış Miktarı
BIO 13	En Yağışlı Ayın Yağış Oranı
BIO 14	En Kurak Ayın Yağış Oranı
BIO 15	Mevsimsel Yağış Miktarı
BIO 16	En Yağışlı Çeyreğin Yağış Oranı
BIO 17	En Kurak Çeyreğin Yağış Oranı
BIO 18	En Sıcak Çeyreğin Yağış Oranı
BIO 19	En Soğuk Çeyreğin Yağış Oranı

Çalışmada var verileri ve biyoiklim verileri MaxEnt 3.4.1 yazılımına aktarılmış, sonrasında biyoiklim verileri Jackknife testi ile değerlendirilmiştir.

Elde edilecek olan modeller, her tür için mevcut kayıtların %75'i kullanılarak kalibre edilmiştir. Kalan %25'i ise test verileri olarak model doğrulaması için kullanılmıştır.

Ayrıca, en yüksek uygunluktan (1 değeri) en düşük uygunluğa (0 değeri) kadar olasılık dağılımı ile değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla her iklim değişkeni için tepki eğrisi kullanılmıştır (Khanum vd., 2013).

Bootstrap yöntemi 10 tekrar, 10000 yinleme ve varsayılan olarak seçilen parametreler ile birlikte uygulanmıştır (Yan vd., 2020). Model performansı AUC hesaplanarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada IPCC (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli) tarafından hazırlanan ve 6. Değerlendirme Raporu'nda yer alan SSPs senaryo gruplarından yararlanılmış olup 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100 yıllarına ait ılımlı (SSP2-4.5) ve kötümser (SSP5-8.5) senaryoya ait iklimsel veri setleri (WorldClim, 2022) kullanılmıştır. Bu senaryolara göre oluşturulmuş olan coğrafi yayılım haritaları ile güncel potansiyel yayılım haritası karşılaştırılmış ve farklılıklar tespit edilmiştir. SSP2 ılımlı senaryoya göre 2100 yılına kadar emisyonlar artarak devam edecek, yüzey sıcaklığı ise 3,8-4,2°C arasında artış gösterecektir (Riahi vd., 2017). SSP5 senaryosunda (kötümser senaryo) ise yüzyılın sonuna kadar en yüksek emisyon ile birlikte sıcaklığın 4,7-5,1°C artacağı öngörülmektedir (Riahi vd., 2017).

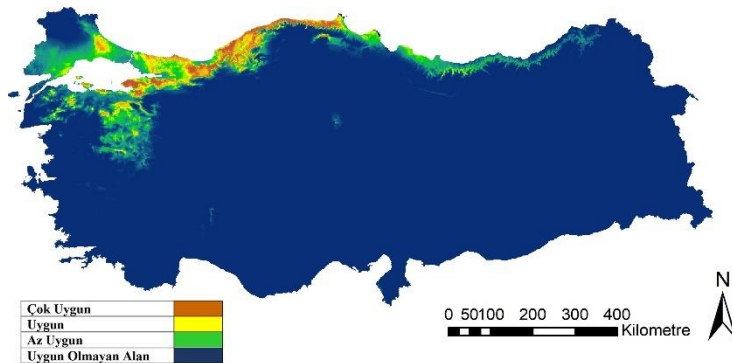
Araştırma alanında kestane gal arısı için oluşturulan bioiklim uygunluk modeli yayılım haritalarında habitat uygunluğu 4 gruba ayrılmıştır. Buna göre; 0 = uygun değil, 1= az uygun, 2 = uygun, 3 = çok uygun olarak kabul edilmiş olup ilgili gruplar km² olarak hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Güncel Durumu Gösteren Bioiklim Uygunluk Modeli

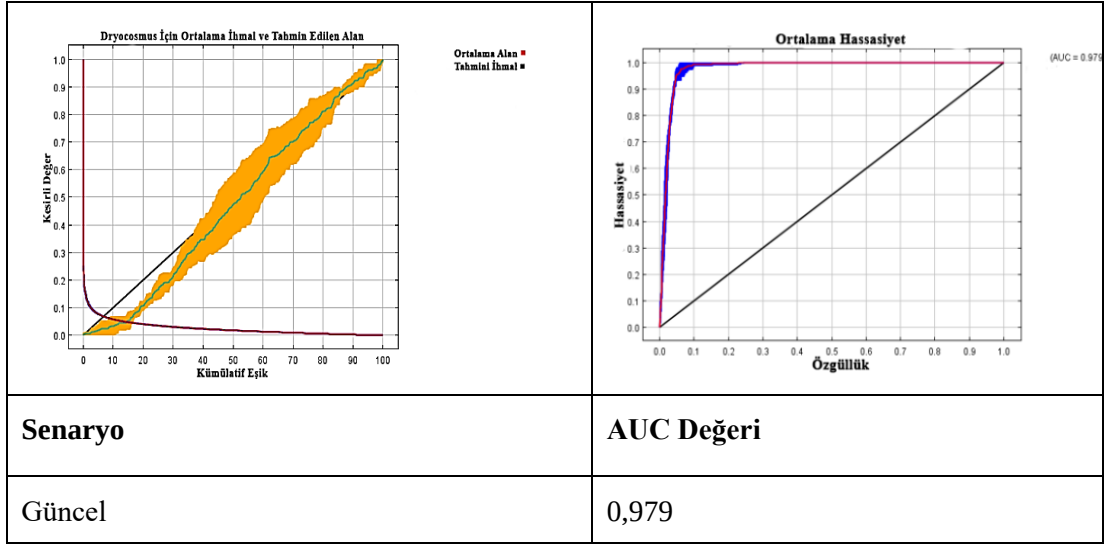
Kestane ağacı dağılımı, mevcut iklim (hava sıcaklığı ve yağış) ve orografik koşullara göre karakterize edilir. Türkiye’de türün mevcut dağılım aralığı Doğu Karadeniz’den Akdeniz bölgesine kadar uzanmaktadır. Bu iki ana bölge arasında, özellikle yağışta çarpıcı iklimsel farklılıklar vardır. Artan sıcaklıklar ve uzayan vejetasyon süresinin termofilik bir tür olan kestanenin yayılmasını etkilemesi beklenmektedir. Ancak bu beklenti özellikle ılıman iklimin etkisi altındaki bölgelerde farklı davranışlar sergileyebilir (Usta ve Yılmaz, 2020).

Harita 4.1 ve Tablo 4.1’de elde ettiğimiz araştırma sonuçlarından da anlaşıldığı üzere kestane gal arısı da şuanki mevcut kestane ağacının yayılımına paralel bir dağılım göstermektedir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.1).



Harita 4.1 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (güncel)

Kestane gal arısının potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmek için geliştirilen modelin AUC değeri 0,979 olarak bulunmuştur. Elde edilen değer modelin mükemmel olduğunu göstermektedir (Grafik 4.1).



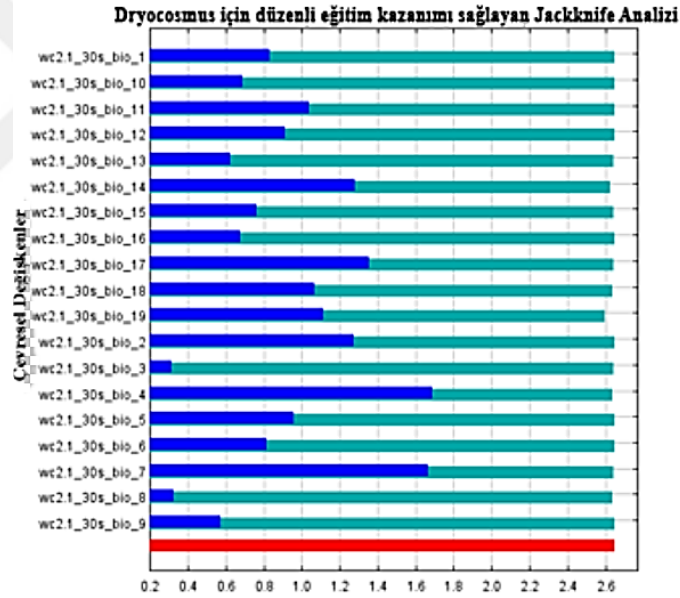
Grafik 4.1 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (güncel)

Bioiklim değişkenlerinin MaxEnt Bioiklim Uygunluk Modeline katkıları tablo 4.1’ de verilmiştir. Bioiklim değişkenlerinin Kestane Gal Arısı Bioiklim Uygunluk Modeline katkı oranını sırasıyla gösteren ilk 3 değişkenin, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren bio17, en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren bio19 ve yıllık sıcaklık aralığını gösteren bio7 olduğu görülmektedir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları(güncel)

Bioiklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
17	27,2	20,9
19	22,1	24,4
7	21,6	1,7
16	7	0
14	6,4	8,1
8	4,2	10,3
4	3,1	13,7
8	2,4	1,2
10	2	2,5
15	1,3	8,6
3	0,7	0,9
13	0,6	2,3
2	0,4	0,6
12	0,3	2,7
5	0,2	0,3
9	0,2	0,9
11	0,1	0,7
1	0,1	0
16	0	0

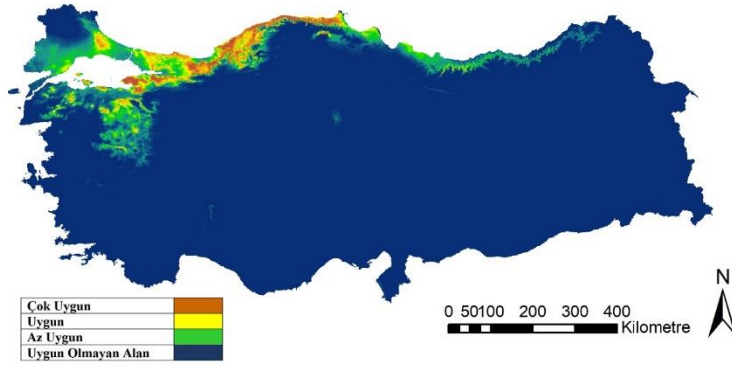
Kestane Gal Arısının Bioiklim Uygunluk Modelinin Jackknife istatistik sonuçları Grafik 4.2’de verilmiştir. Jackknife istatistik sonuçlarına bakıldığında değişkenlerin tek başına katkılarının ve toplam kazanca olan etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Test sonuçlarına göre tek başına kullanıldığında en yüksek kazanıma sahip bioklim değişkeni mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 ve en az kazanıma sahip değişken ise isothermallığı gösterten Bio3’tür. Diğer değişkenler incelendiğinde en yüksek kazanıma sahip mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4’ü takip eden değişkenler ise yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17, en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14 ve aylık ortalama sıcaklığını gösteren Bio2’dir. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan bioklim değişkeni ise en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19’dur ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu tahmin edilmektedir.



Grafik 4.2 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (güncel)

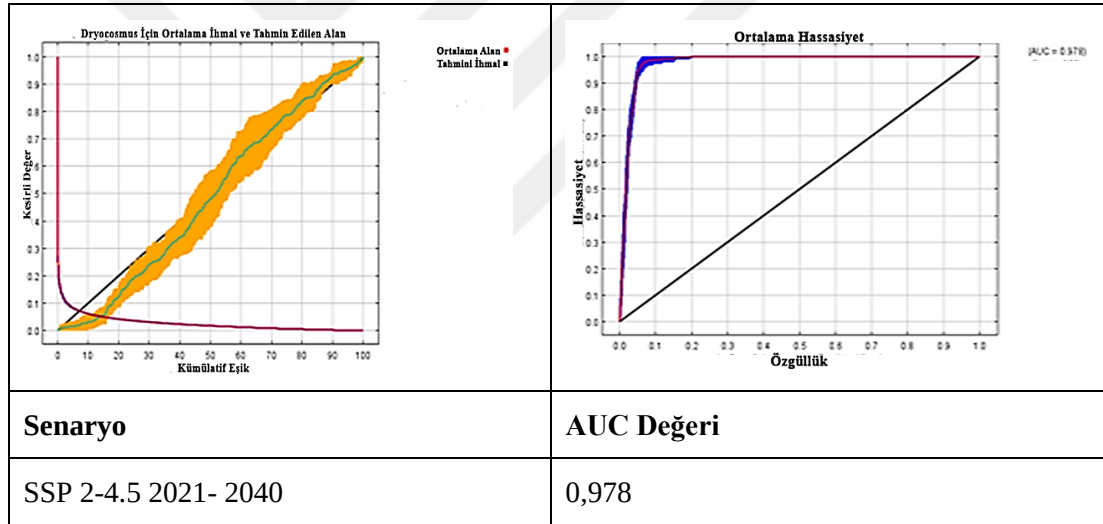
4.2 SSP 245, 2021-2040 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli

Yapılan uygunluk modeli sonucu 2021-2040 yıllarını gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.2).



Harita 4.2 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp 245_2021_2040)

Kestane gal arısının potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmek için geliştirilen modelin AUC değeri 0,978 olarak bulunmuştur. Elde edilen değer modelin mükemmel olduğunu göstermektedir (Grafik 4.3).



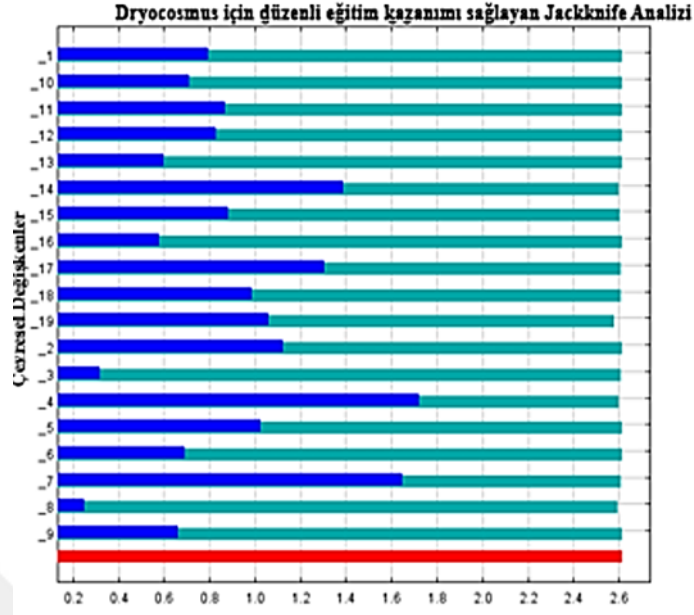
Grafik 4.3 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp 245_2021_2040)

Bioiklim değişkenlerinin MaxEnt Bioiklim Uygunluk Modeline katkıları Tablo 4.2’de verilmiştir. Bioiklim değişkenlerinin Kestane Gal Arısı Bioiklim Uygunluk Modeline katkı oranını sırasıyla gösteren ilk 4 değişkenin, Mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4, en kurak ayın yağış oranını gösteren bio14, en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren bio19 ve en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren bio17 olduğu görülmektedir (Tablo 4.2)

Tablo 4.2 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp 245_2021_2040)

Bioiklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
4	29,7	19,6
14	20	6,2
19	19,8	13,7
17	13,4	30,9
6	4,9	0
18	3,2	4,8
8	3	1,7
9	1,7	5,2
3	0,9	2,3
15	0,9	11,7
7	0,7	0,3
2	0,6	1,1
13	0,4	0
11	0,3	0,3
10	0,3	0,7
5	0,1	0
1	0,1	0,3
12	0	1,1
16	0	0,1

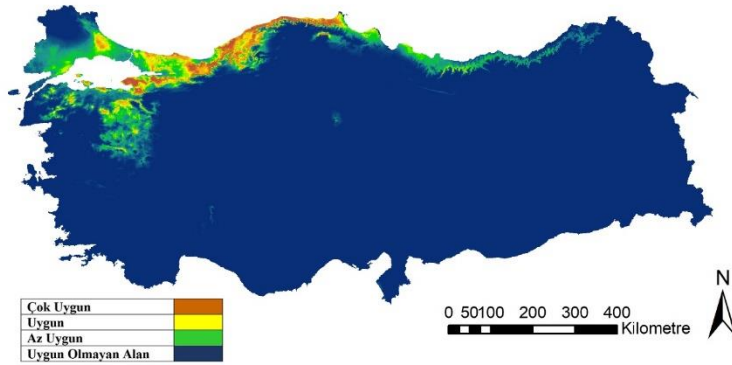
Kestane Gal Arısının Bioiklim Uygunluk Modelinin Jackknife istatistik sonuçları Grafik 4.4’de verilmiştir. Jackknife istatistik sonuçlarına bakıldığında değişkenlerin tek başına katkılarının ve toplam kazanca olan etkilerinin farklı olduğu görölmektedir. Test sonuçlarına göre tek başına kullanıldığında en yüksek kazanıma sahip bioklim değişkeni mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio 4 ve en az kazanıma sahip değişken ise en yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığını gösteren Bio8’dir. Diğer değişkenler incelendiğinde en yüksek kazanıma sahip mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4’ü takip eden değişkenler ise yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7, en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17’dir. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan bioklim değişkeni ise en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19’dur ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu düşünölmektedir.



Grafik 4.4 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp 245_2021_2040)

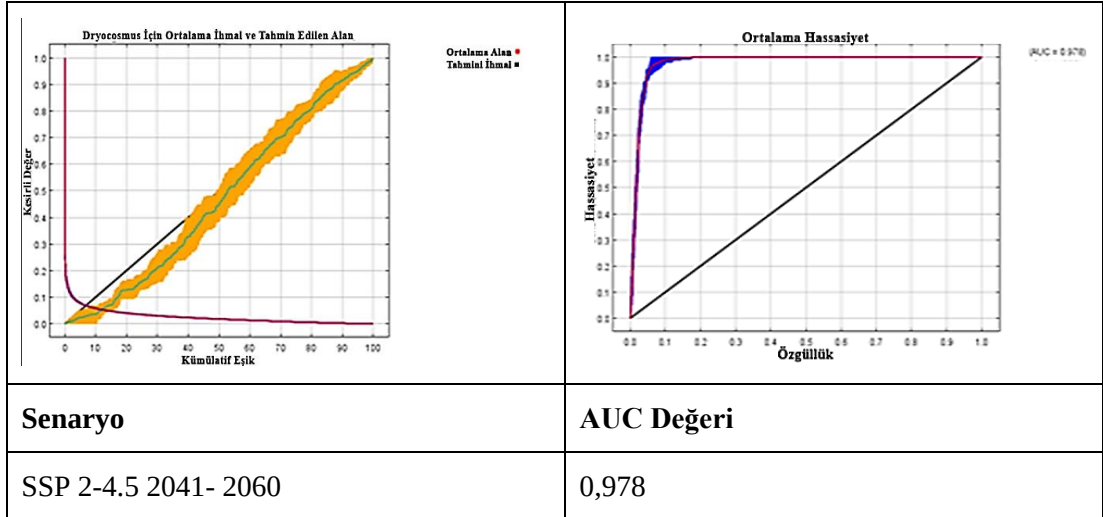
4.3 SSP 245, 2041-2060 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli

Yapılan bioiklim uygunluk modeli sonucu 2041 - 2060 yıllarını gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.3).



Harita 4.3 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp245_2041_2060)

Kestane gal arısının 2041 ve 2060 yıllarındaki potansiyel yayılım alanlarını tahmin etmek için geliştirilen modelin AUC değeri 0,978 olarak bulunmuştur. Elde edilen değer modelin mükemmel olduğunu göstermektedir (Grafik 4.5).



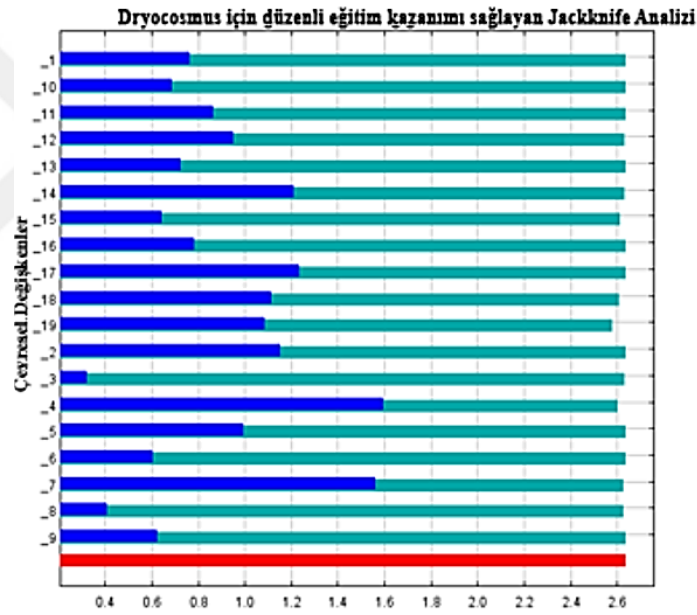
Grafik 4.5 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp245_2041_2060)

Bioiklim değişkenlerinin MaxEnt Bioiklim Uygunluk Modeline katkıları Tablo 4.3’ de verilmiştir. Bioiklim değişkenlerinin Kestane Gal Arısı Bioiklim Uygunluk Modeline katkı oranını sırasıyla gösteren ilk 3 değişkenin, en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17 ve Mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 olduğu görülmektedir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp245_2041_2060)

Bioiklim Değişkenleri	Katkı yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
19	24,9	28,7
17	23,8	1,8
4	20,9	16,5
14	8,8	5,9
18	6,1	25,4
6	5,3	1
15	3,2	11,1
9	2	2
8	1,8	1,2
7	0,9	0,6
3	0,6	0,5
2	0,5	0,5
11	0,3	0,1
1	0,3	0,8
13	0,2	1,8
12	0,2	1,9
10	0,2	0
5	0	0,3
16	0	0,1

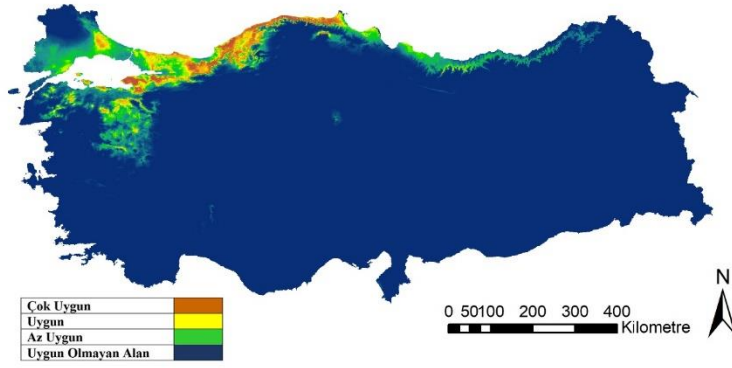
Kestane Gal Arısının Bioiklim Uygunluk Modelinin Jackknife istatistik sonuçları Grafik 4.6’da verilmiştir. Jackknife istatistik sonuçlarına bakıldığında değişkenlerin tek başına katkılarının ve toplam kazanca olan etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Test sonuçlarına göre tek başına kullanıldığında en yüksek kazanıma sahip bioklim değişkeni mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 ve en az kazanıma sahip değişken ise isothermallığı gösteren Bio3’tir. Diğer değişkenler incelendiğinde en yüksek kazanıma sahip mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4’ü takip eden değişkenler ise yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17 ve en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14’dır. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan bioklim değişkeni ise en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19’dur ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu düşünülmektedir.



Grafik 4.6 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp245_2041_2060)

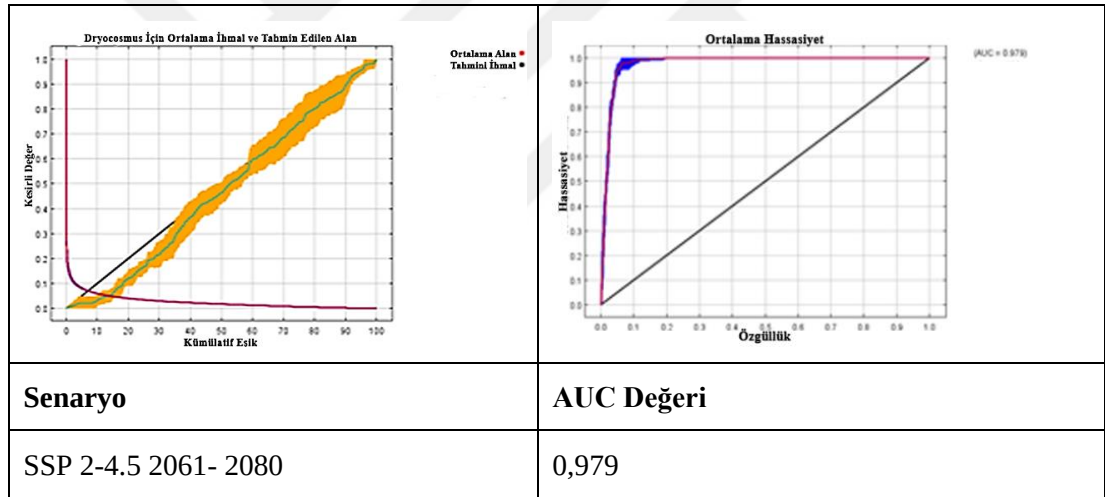
4.4 SSP 245, 2061-2080 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli

Yapılan bioiklim uygunluk modeli sonucu 2061-2080 yıllarını gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.4).



Harita 4.4 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp245_2060_2080)

Kestane gal arısının 2061 ve 2080 yıllarındaki potansiyel yayılım alanlarını tahmin etmek için geliştirilen modelin AUC değeri 0,979 olarak bulunmuştur. Elde edilen değer modelin mükemmel olduğunu göstermektedir (Grafik 4.7).



Grafik 4.7 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp245_2060_2080)

Bioiklim değişkenlerinin MaxEnt Bioiklim Uygunluk Modeline katkıları Tablo 4.4'de verilmiştir. Bioiklim değişkenlerinin Kestane Gal Arısı Bioiklim Uygunluk Modeline katkı oranını sırasıyla gösteren ilk 5 değişkenin, en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17, en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14, yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7 ve mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 olduğu görülmektedir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp245_2060_2080)

Bioklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
19	24,8	26,9
17	15,6	18,3
14	14,6	8,9
7	14	0,4
4	13,2	13,1
18	5,7	14,3
6	3,7	0,3
11	2,1	1,1
9	2,1	2,4
15	1,1	8,1
3	1	0,3
8	0,8	0,4
2	0,4	0,8
12	0,3	2,4
1	0,2	0,3
10	0,2	0
13	0,2	1,8
5	0,1	0,3
16	0	0

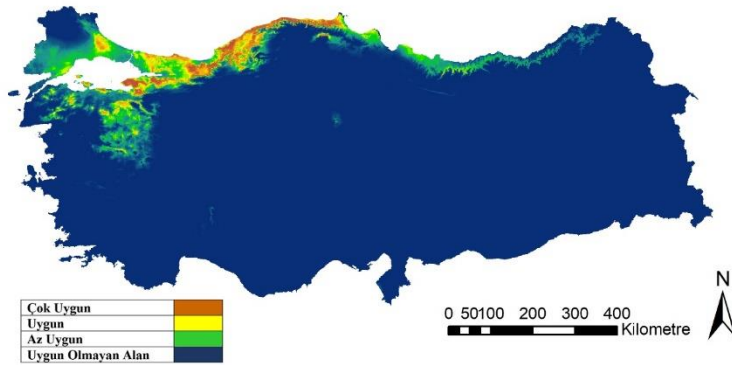
Kestane Gal Arısının Bioiklim Uygunluk Modelinin Jackknife istatistik sonuçları Grafik 4.8’de verilmiştir. Jackknife istatistik sonuçlarına bakıldığında değişkenlerin tek başına katkılarının ve toplam kazanca olan etkilerinin farklı olduğu görölmektedir. Test sonuçlarına göre tek başına kullanıldığında en yüksek kazanıma sahip bioklim değişkeni mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 ve en az kazanıma sahip değişken ise en yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığını gösteren Bio8’dir. Diğer değişkenler incelendiğinde en yüksek kazanıma sahip mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4’ü takip eden değişkenler ise yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7, en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14 ve en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17 ‘dir. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan bioklim değişkeni ise en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19’dur ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu düşünölmektedir.



Grafik 4.8 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp245_2060_2080)

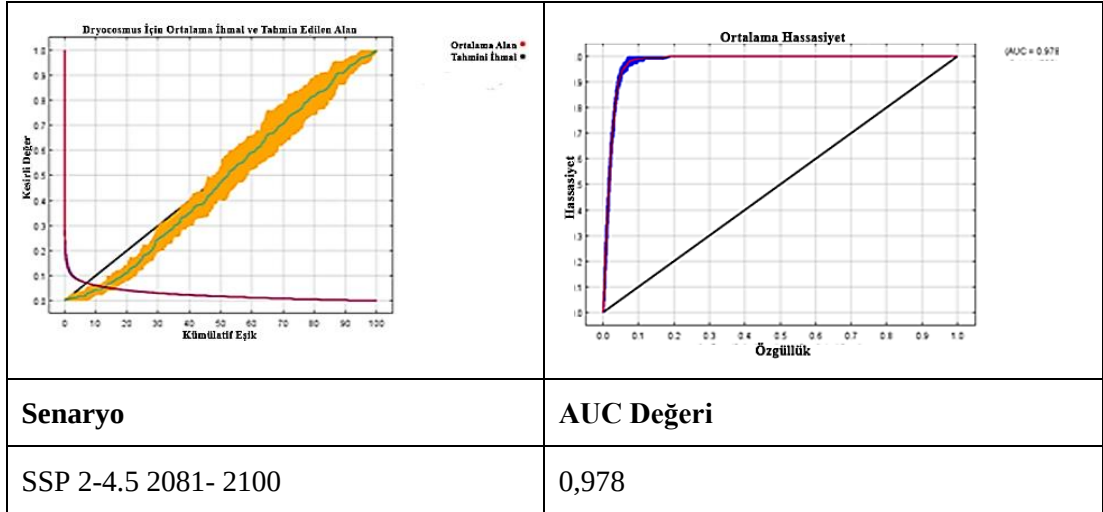
4.5 SSP 245, 2081-2100 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli

Yapılan bioiklim uygunluk modeli sonucu 2081 -2100 yıllarını gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.5).



Harita 4.5 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp245_2080_2100)

Kestane gal arısının 2081 ve 2100 yıllarındaki potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmek için geliştirilen modelin AUC değeri 0,978 olarak bulunmuştur. Elde edilen değer modelin mükemmel olduğunu göstermektedir (Grafik 4.9).



Grafik 4.9 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp245_2080_2100)

Bioiklim değişkenlerinin MaxEnt Bioiklim Uygunluk Modeline katkıları Tablo 4.5’de verilmiştir. Bioiklim değişkenlerinin Kestane Gal Arısı Bioiklim Uygunluk Modeline katkı oranını sırasıyla gösteren ilk 4 değişkenin, en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17, mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 ve en sıcak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio18 olduğu görülmektedir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp245_2080_2100)

Bioiklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
19	28,2	34,9
17	24,4	3,6
4	19,7	6,3
18	12,4	27,7
6	3,6	0,6
9	2,4	9,7
8	2,1	0,8
14	2	6,5
15	1,9	3,7
3	0,9	0,2
7	0,7	0,2
2	0,6	0,8
1	0,5	0,3
12	0,2	4,3
5	0,2	0
10	0,1	0
1	0,1	0,3
13	0	0,1
16	0	0

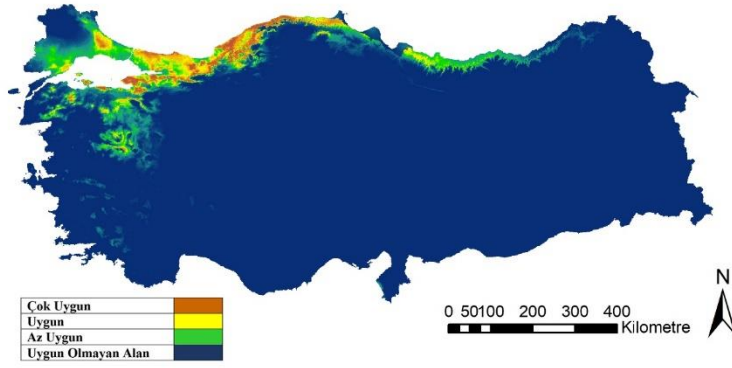
Kestane Gal Arısının Bioiklim Uygunluk Modelinin Jackknife istatistik sonuçları Grafik 4.10'da verilmiştir. Jackknife istatistik sonuçlarına bakıldığında değişkenlerin tek başına katkılarının ve toplam kazanca olan etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Test sonuçlarına göre tek başına kullanıldığında en yüksek kazanıma sahip bioklim değişkeni mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 ve en az kazanıma sahip değişken ise isothermallığı gösteren Bio3'tür. Diğer değişkenler incelendiğinde en yüksek kazanıma sahip mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4'ü takip eden değişkenler ise yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17, aylık ortalama sıcaklığı gösteren Bio2 ve en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14'dür. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan bioklim değişkeni ise en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19'dur ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu düşünülmektedir.



Grafik 4.10 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp245_2080_2100)

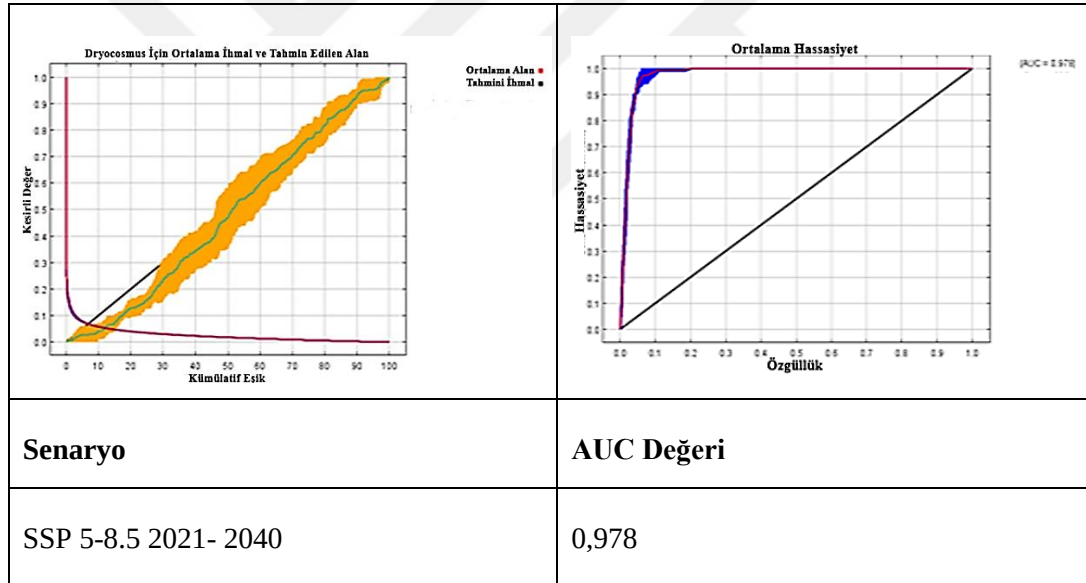
4.6 SSP 585, 2021-2040 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli

Yapılan bioiklim uygunluk modeli sonucu 2021-2040 yıllarını gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.6).



Harita 4.6 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp585 2020_2040)

Kestane gal arısının 2020-2040 yıllarındaki potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmek için geliştirilen modelin AUC değeri 0,978 olarak bulunmuştur. Elde edilen değer modelin mükemmel olduğunu göstermektedir (Grafik 4.11).



Grafik 4.11 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp585 2020_2040)

Bioiklim değişkenlerinin MaxEnt Bioiklim Uygunluk Modeline katkıları Tablo 4.6' de verilmiştir. Bioiklim değişkenlerinin Kestane Gal Arısı Bioiklim Uygunluk Modeline katkı oranını sırasıyla gösteren ilk 3 değişkenin, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17, soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19 ve mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 olduğu görülmektedir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp585 2020_2040)

Bioiklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
17	31,3	17,2
19	24	20,2
4	22,9	12,8
18	5,9	14,9
6	4,7	0
8	3,3	0,9
9	2,2	9,5
14	1,8	7,4
7	1	0,6
15	0,8	8,9
3	0,8	0,9
13	0,4	0,2
12	0,4	4,7
2	0,3	0,2
10	0,1	0
11	0,1	1,4
16	0,1	0
5	0	0
1	0	0,2

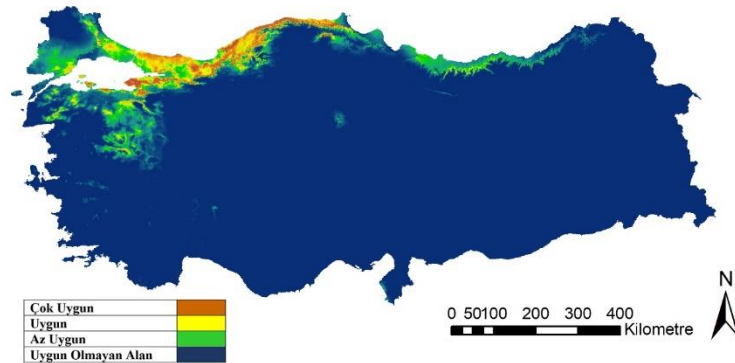
Kestane Gal Arısının Bioiklim Uygunluk Modelinin Jackknife istatistik sonuçları Grafik 4.12’de verilmiştir. Jackknife istatistik sonuçlarına bakıldığında değişkenlerin tek başına katkılarının ve toplam kazanca olan etkilerinin farklı olduğu görölmektedir. Test sonuçlarına göre tek başına kullanıldığında en yüksek kazanıma sahip bioklim değişkeni mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 ve en az kazanıma sahip değişken ise isothermalliği gösteren Bio3’tür. Diğer değişkenler incelendiğinde en yüksek kazanıma sahip mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4’ü takip eden değişkenler ise yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17, en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14 ve aylık ortalama sıcaklığı gösteren Bio2’dir. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan bioklim değişkeni ise en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19’dur ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu düşünölmektedir.



Grafik 4.12 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp585_2020_2040)

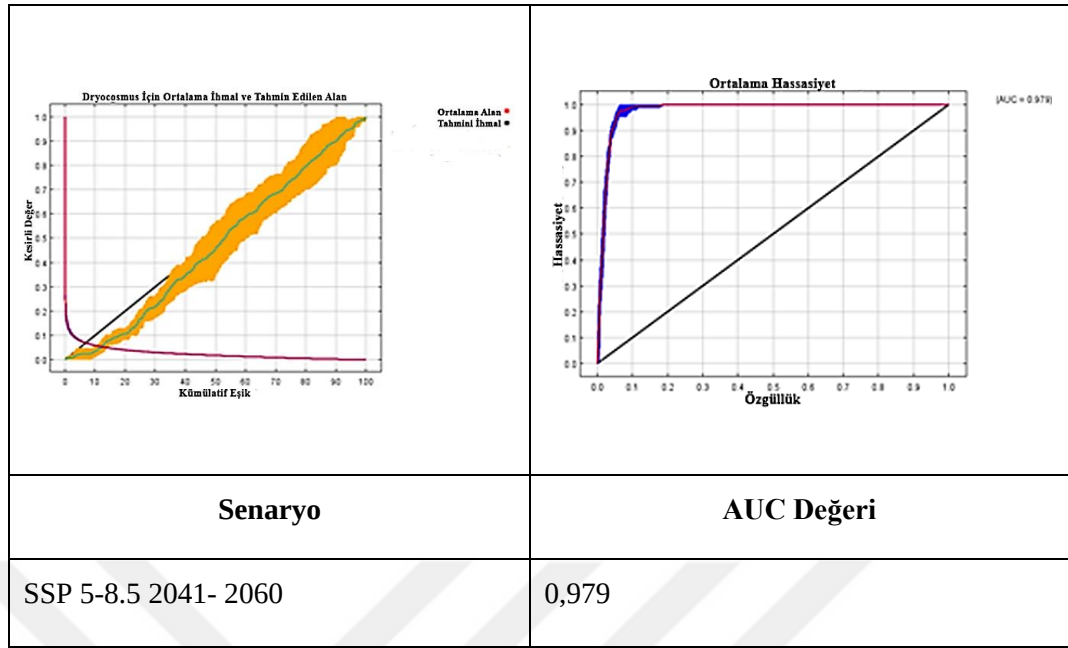
4.7 SSP 585, 2041-2060 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli

Yapılan bioiklim uygunluk modeli sonucu 2041-2060 yıllarını gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.7).



Harita 4.7 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp585_2041-2060)

Kestane gal arısının 2041- 2060 yıllarındaki potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmek için geliştirilen modelin AUC değeri 0,979 olarak bulunmuştur. Elde edilen değer modelin mükemmel olduğunu göstermektedir (Grafik 4.13).



Grafik 4.13 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp585_2041-2060)

Bioiklim değişkenlerinin MaxEnt Bioiklim Uygunluk Modeline katkıları Tablo 4.7’de verilmiştir. Bioiklim değişkenlerinin Kestane Gal Arısı Bioiklim Uygunluk Modeline katkı oranını sırasıyla gösteren ilk 4 değişkenin, en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19, mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17 ve en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14’dür.

Tablo 4.7 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp585_2041-2060)

Bioiklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
19	24,5	30,5
4	23,8	10,5
17	16,8	6,7
14	14,4	9,2
18	6,4	20,6
6	5,3	0,2
9	2,9	11,1
11	1,5	2,1
8	1,1	0,2
7	1	0,3
15	0,6	5,3
3	0,6	0,6
2	0,5	0,6

Tablo 4.7'nin devamı

Bioiklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
12	0,3	1
10	0,1	0
16	0,1	1
13	0,1	0
1	0	0,2
5	0	0

Kestane Gal Arısının Bioiklim Uygunluk Modelinin Jackknife istatistik sonuçları Grafik 4.14'de verilmiştir. Jackknife istatistik sonuçlarına bakıldığında değişkenlerin tek başına katkılarının ve toplam kazanıma olan etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Test sonuçlarına göre tek başına kullanıldığında en yüksek kazanıma sahip bioklim değişkeni mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4 ve en az kazanıma sahip değişken ise en yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığını gösteren Bio8'dir. Diğer değişkenler incelendiğinde en yüksek kazanıma sahip mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4'ü takip eden değişkenler ise yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17, aylık ortalama sıcaklığı gösteren Bio2 ve en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14'dür. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan bioklim değişkeni ise en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19'dur ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu düşünülmektedir.

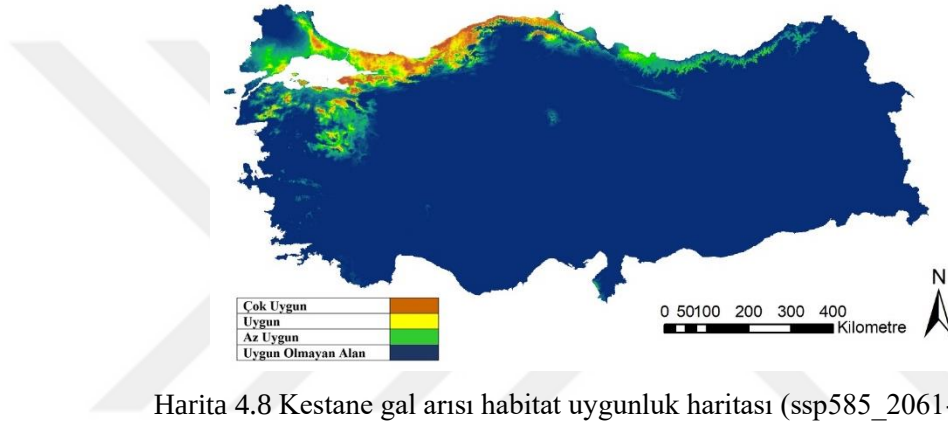


Grafik 4.14 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp585_2041-2060)

4.8 SSP 585, 2061-2080 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli

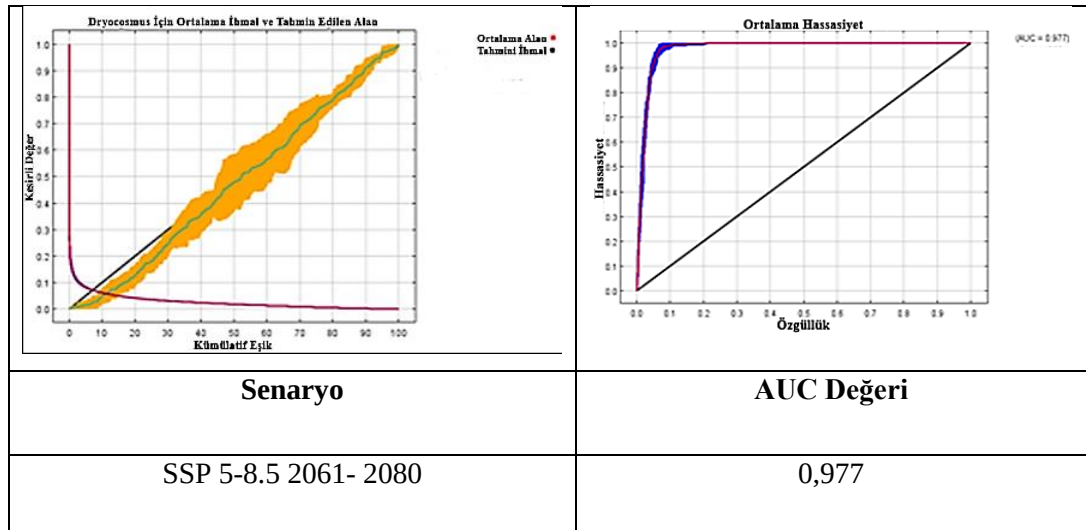
Yapılan bioiklim uygunluk modeli sonucu güncel durumu gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.8).

Yapılan bioiklim uygunluk modeli sonucu 2061-2080 yıllarını gösteren haritada kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.8).



Harita 4.8 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp585_2061-2080)

Kestane gal arısının 2061-2080 yıllarındaki potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmek için geliştirilen modelin AUC değeri 0,977 olarak bulunmuştur. Elde edilen değer modelin mükemmel olduğunu göstermektedir (Grafik 4.15).



Bioiklim değişkenlerinin MaxEnt Bioiklim Uygunluk Modeline katkıları Tablo 4.8’de verilmiştir. Bioiklim değişkenlerinin Kestane Gal Arısı Bioiklim Uygunluk Modeline katkı oranını sırasıyla gösteren ilk 4 değişkenin, en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19, mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio 4, en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14 ve en sıcak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio18’dir.

Tablo 4.8 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp585_2061-2080)

Bioiklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
19	24,6	21,6
4	24,5	18,1
14	21,3	5
18	12,2	31,6
11	5,9	0,2
17	3,8	4,8
9	2,1	2,9
7	1,5	0,2
8	1,3	0,3
15	1,3	9,9
3	0,4	0,5
12	0,3	1,6
1	0,3	1,5
6	0,2	1,3
5	0,1	0
2	0,1	0,4
10	0,1	0
13	0	0
16	0	0

Kestane Gal Arısının Bioiklim Uygunluk Modelinin Jackknife istatistik sonuçları Grafik 4.16’de verilmiştir. Jackknife istatistik sonuçlarına bakıldığında değişkenlerin tek başına katkılarının ve toplam kazanca olan etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Test sonuçlarına göre tek başına kullanıldığında en yüksek kazanıma sahip bioklim değişkeni yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7 ve en az kazanıma sahip değişken ise en yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığını gösteren Bio8’dir. Diğer değişkenler incelendiğinde en yüksek kazanıma sahip yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7’yi takip eden değişkenler ise mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio 4, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17, en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14 ve aylık ortalama sıcaklığı gösteren Bio2’dir. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan bioklim

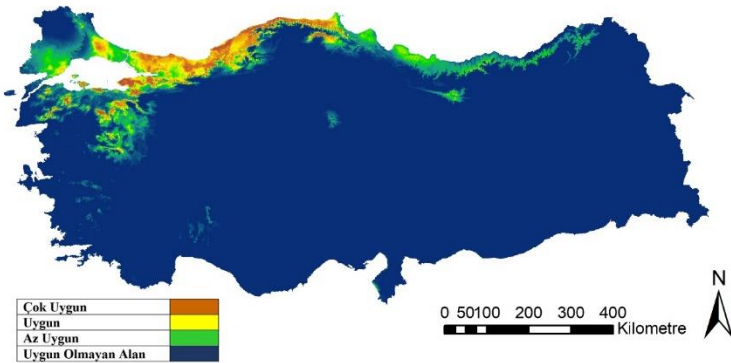
değişkeni ise en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19'dur ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu düşünülmektedir.



Grafik 4.16 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp585_2061-2080)

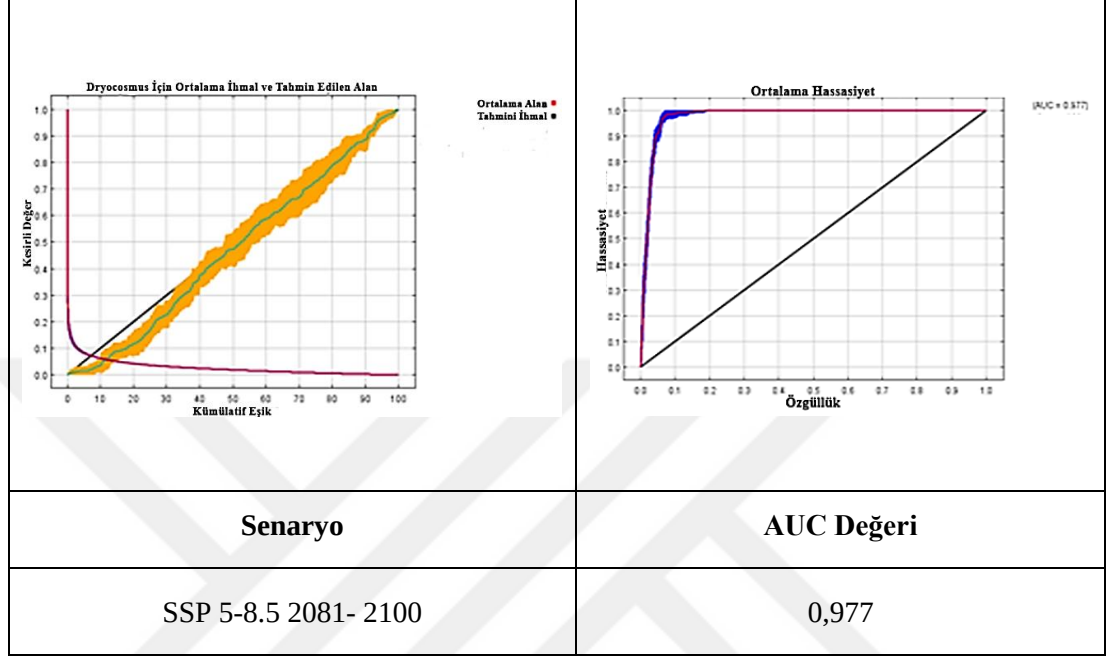
4.9 SSP 585 2081-2100 Yıllarına Ait Bioiklim Uygunluk Modeli

Yapılan bioiklim uygunluk modeli sonucu 2081-2100 yıllarını gösteren harita aşağıda belirtilmiştir. Kırmızı renkle belirtilen alanlar yüksek uygunluk, yeşilden maviye doğru giden renk ise düşük uygunluğu göstermektedir (Harita 4.9).



Harita 4.9 Kestane gal arısı habitat uygunluk haritası (ssp585_2080-2100)

Kestane gal arısının 2081- 2100 yıllarındaki potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmek için geliştirilen modelin AUC değeri 0,977 olarak bulunmuştur. Elde edilen değer modelin mükemmel olduğunu göstermektedir (Grafik 4.17).



Grafik 4.17 Kestane gal arısının bioiklim uygunluk modelinin performansını gösteren auc eğrisi (ssp585_2080-2100)

Bioiklim değişkenlerinin MaxEnt Bioiklim Uygunluk Modeline katkıları Tablo 4.9’de verilmiştir. Bioiklim değişkenlerinin Kestane Gal Arısı Bioiklim Uygunluk Modeline katkı oranını sırasıyla gösteren ilk 4 değişkenin, yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7, en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14, en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19 ve en sıcak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio18’dir.

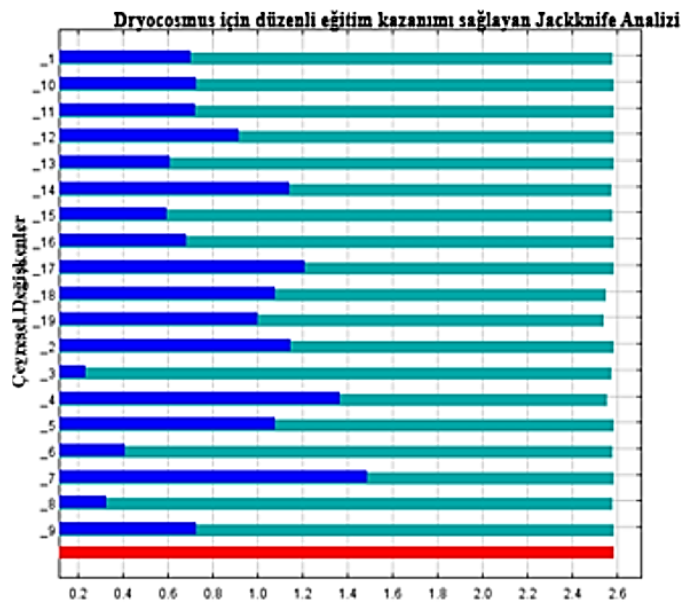
Tablo 4.9 Bioiklim değişkenlerinin kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeline katkıları (ssp585_2080-2100)

Bioiklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
7	27,1	0,2
14	23,5	4,9
19	19,9	28,6
18	14,5	32,9
11	4,8	0
4	3,1	15,1
6	1,3	2
8	1,2	0,3
9	1,2	0,4
1	1,1	4,5

Tablo 4.9'un devamı

Bioiklim Değişkenleri	Katkı Yüzdeleri	Permütasyon Önem Dereceleri
3	1	0,5
15	0,3	3,8
2	0,3	0,3
17	0,2	3,8
5	0,1	0,5
12	0,1	1,6
13	0,1	0,6
10	0,1	0
16	0	0

Kestane Gal Arısının Bioiklim Uygunluk Modelinin Jackknife istatistik sonuçları Grafik 4.18'de verilmiştir. Jackknife istatistik sonuçlarına bakıldığında değişkenlerin tek başına katkılarının ve toplam kazanca olan etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Test sonuçlarına göre tek başına kullanıldığında en yüksek kazanıma sahip bioklim değişkeni yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7 ve en az kazanıma sahip değişken ise isothermallığı gösteren Bio 3'tür. Diğer değişkenler incelendiğinde en yüksek kazanıma sahip yıllık sıcaklık aralığını gösteren Bio7'yi takip eden değişkenler ise mevsimsel sıcaklığı gösteren Bio4, en kurak çeyreğin yağış oranını gösteren Bio17, aylık ortalama sıcaklığı gösteren Bio2 ve en kurak ayın yağış oranını gösteren Bio14'tür. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan bioklim değişkeni ise en soğuk çeyreğin yağış oranını gösteren Bio19'dur ve bu sebeple diğer parametrelerde olmayan en çok bilgiye sahip olduğu düşünülmektedir.



Grafik 4.18 Kestane gal arısı bioiklim uygunluk modeli jackknife istatistik sonuçları (ssp585_2080-2100)

4.10 Genel Değerlendirme

Güncel senaryoya göre elde edilen habitat uygunluk modelindeki verilerden görüldüğü üzere, kestane gal arısının yayılışı için çok uygun alanın yüzdelik dilimi 1,35'dir. Bu yüzdelik dilim 10535,40 km²'ye karşılık gelmektedir (Tablo 4.10).

Ilımlı senaryoya göre 2021-2041 yılları arasını kapsayan verilerden elde edilen sonuçlara bakıldığında güncel senaryoya kıyasla çok uygun alanın yüzdelik dilimi 0,74'lük bir artışla 2,09'luk dilime yükselmiştir ve alan olarak 5847,3'lük bir artışla 16382,70 km²'lik alana yükselmiştir (Tablo 4.10).

Ilımlı senaryoya göre 2041-2060 yılları arasını kapsayan verilerden elde edilen sonuçlara bakıldığında güncel senaryoya kıyasla çok uygun alanın yüzdelik dilimi 0,65'lik bir artışla 2,00'ye yükselmiştir ve yayılış alanı 5089,2 km²'lik artışla 15624,60 km² olmuştur (Tablo 4.10).

Ilımlı senaryoya göre 2061-2080 yılları arasını kapsayan verilerden elde edilen sonuçlara bakıldığında güncel senaryoya kıyasla çok uygun alanın yüzdelik dilimi 0,69'luk bir artışla 2,04'e yükselerek yayılış alanı 5425'lik bir artışla 15960,40 km² olmuştur (Tablo 4.10).

Ilımlı senaryoya göre 2081-2100 yılları arasını kapsayan verilerden elde edilen sonuçlara bakıldığında güncel senaryoya kıyasla çok uygun alanın yüzdelik dilimi 0,64'lük bir artışla 1,99'a yükselerek yayılış alanı 5014,5'lik bir artışla 15960,40 km² olmuştur (Tablo 4.10).

Kötümser senaryoya baktığımızda ise durum daha da vahim bir hal alarak 2021-2040 yılları arasını kapsayan dönemde güncel senaryoya göre çok uygun alanının yüzdelik dilimi 0,79'luk bir artışla 2,14'e yükselerek yayılış alanı 6194,3'lük artışla 16729,70 km² olmuştur (Tablo 4.10).

Kötümser senaryoya göre 2041-2060 yılları arasını kapsayan verilerden elde edilen sonuçlara bakıldığında güncel senaryoya göre çok uygun alanın yüzdelik dilimi

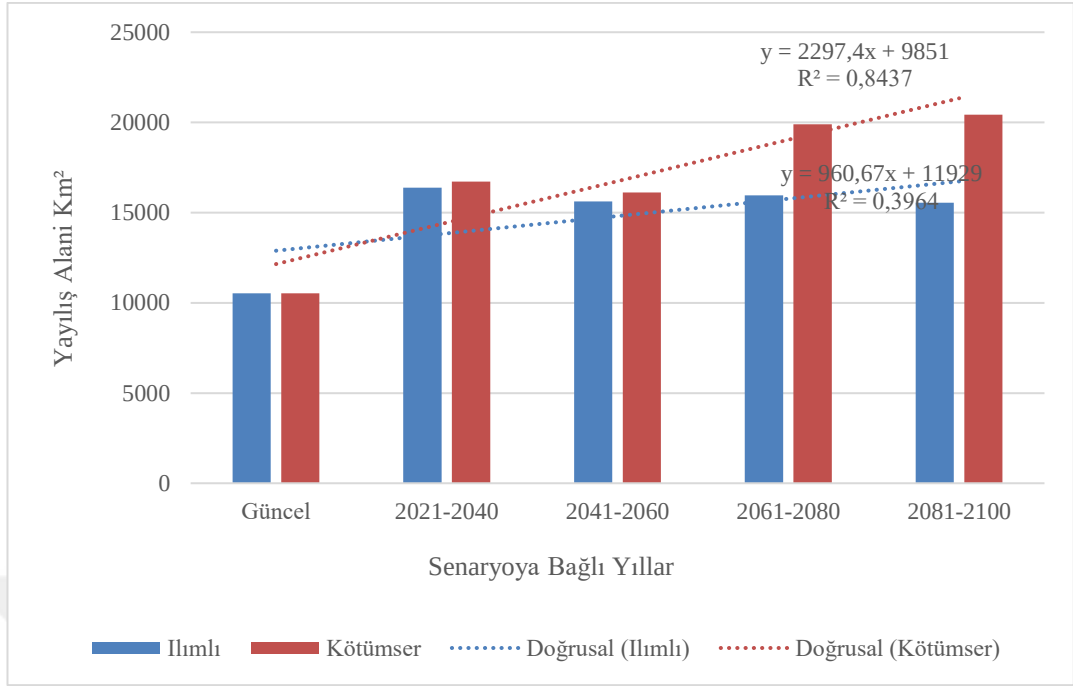
0,71'lik artışla 2,06'ya yükselerek yayılış alanı 5576'lık artışla 16111,40 km² olmuştur (Tablo 4.10).

Kötümser senaryoya göre 2061-2080 yılları arasını kapsayan verilerden elde edilen sonuçlara bakıldığında güncel senaryoya göre çok uygun alanın yüzdelik dilimi 1,19 artarak 2,54'e yükselmiştir ve yayılış alanı 9369,4'lük artışla 19904,80 km² olmuştur (Tablo 4.10).

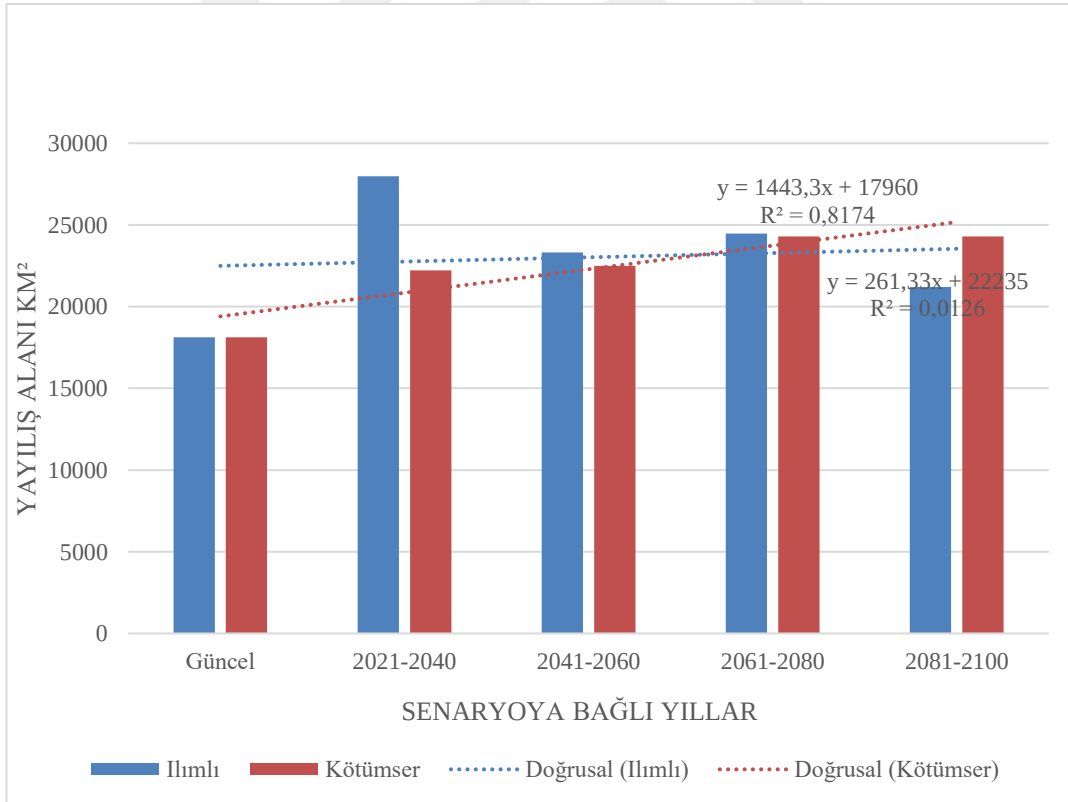
Kötümser senaryoya göre 2081-2100 yılları arasını kapsayan verilerden elde edilen sonuçlara bakıldığında güncel senaryoya göre çok uygun alanın yüzdelik dilimi 1,26'lık artışla 2,61'e yükselmiştir ve yayılış alanı 9899,5 km² artarak 20434,90 km² olmuştur (Tablo 4.10).

Tablo 4.10 SSP2 4.5 ve SSP2 8.5 iklim senaryosuna göre kestane gal arısı yayılışı uygunluk alanları

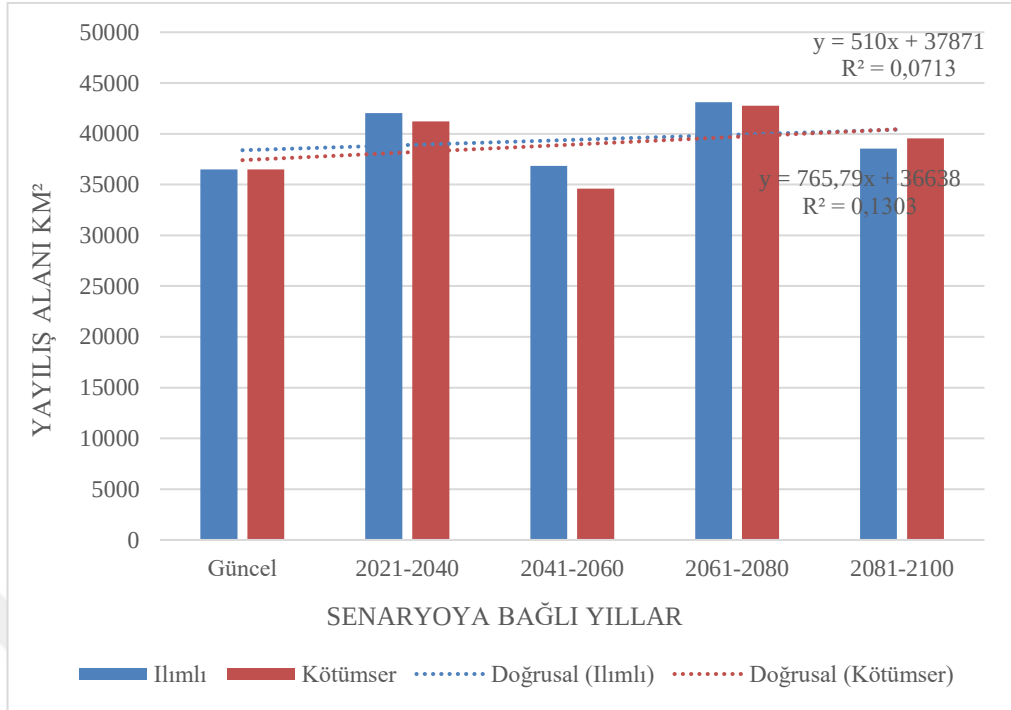
Yayılış Alanı (Km²)									
Uygunluk Düzeyi	SSP2 4.5					SSP2 8.5			
	GÜNCEL	2021-2040	2041-2060	2061-2080	2081-2100	2021-2040	2041-2060	2061-2080	2081-2100
Uygun Değil	717336,50	696082,00	706725,00	698967,00	707234,00	702314,00	709287,00	698520,00	698201,00
Az Uygun	36500,00	42048,30	36831,30	43102,90	38522,70	41233,00	34611,90	42769,10	39560,90
Uygun	18128,10	27987,00	23319,10	24469,70	21193,40	22223,30	22489,70	24306,10	24303,20
Çok Uygun	10535,40	16382,70	15624,60	15960,40	15549,90	16729,70	16111,40	19904,80	20434,90



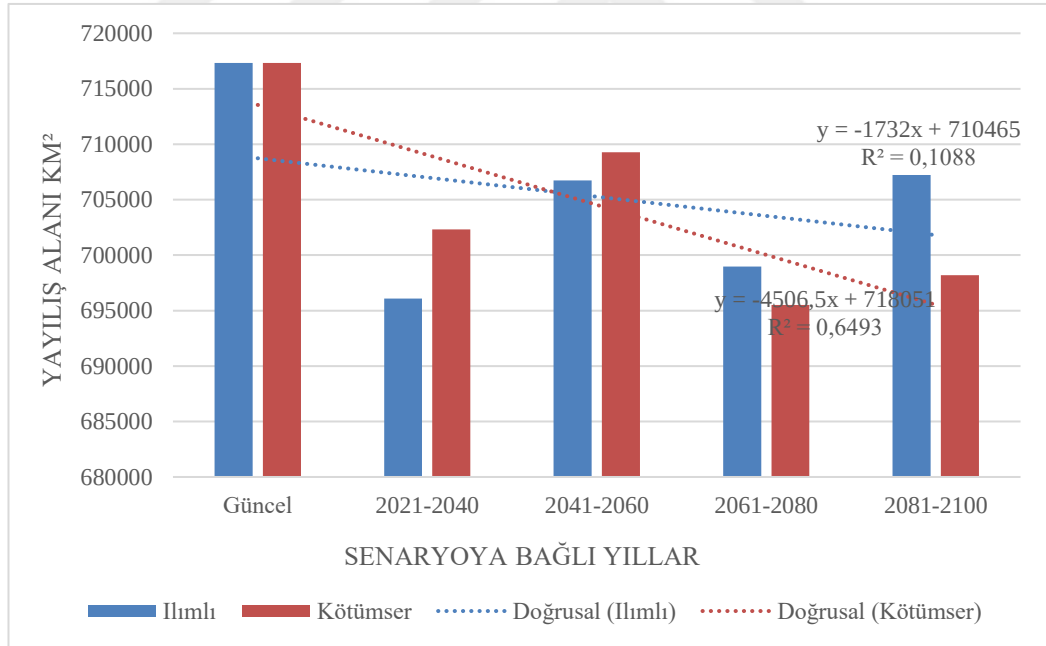
Grafik 4.19 Kestane gal arısı habitat uygunluğu gelecek senaryosu (çok uygun)



Grafik 4.20 Kestane gal arısı habitat uygunluğu gelecek senaryosu (uygun)



Grafik 4.21 Kestane gal arısı habitat uygunluğu gelecek senaryosu (az uygun)



Grafik 4.22 Kestane gal arısı habitat uygunluğu gelecek senaryosu (uygun değil)

5. TARTIŞMA

Bu çalışma sonucunda Türkiye’de kestane gal arısının güncel potansiyel yayılış alanları ile ılımlı ve kötümser iklim senaryolarına göre kademeli olarak 2100 yılına kadar muhtemel yayılış alanları tespit edilmiştir.

İklim birçok tür için coğrafi dağılımın önemli bir belirleyicisi durumundadır (Andrewartha ve Birch, 1954). Çoğu böcek türü için de mevcut dağılım modeli, iklimin bir etkisidir. Bu, özellikle sıcaklığın ana sınırlayıcı faktör olduğu yayılış alanı sınırlarında gözlemlenebilir (Jaworski ve Hilszezanski, 2013).

Küresel iklim değişikliği bütün canlıları olduğu gibi böceklerin ve böceklerin konukçularının da yayılışını yakından etkilemektedir. IPCC’in raporuna göre küresel ölçekte halen artmakta olan sıcaklıklar 21. yüzyılın sonunda en az 0,3-1,7°C ile en çok 2,6-4,8°C arasında artış göstereceği tahmin edilmektedir (Pachauri vd., 2014). *Castanea pumila* ve *C. alnifolia* dışındaki tüm kestane türlerinde zarar yapmakta olan kestane gal arısı *D. kuriphilus* (CABI 2020) yayılış gösterdiği ülkelerde kestanenin en önemli zararlısı konumundadır (Yıldız vd., 2020). Bu nedenle, kestane türlerinin yayılışını etkileyen küresel iklim değişikliği ile diğer abiyotik ve biyotik faktörler aynı zamanda kestane gal arısının yayılışını da yakından ilgilendirmektedir.

Araştırmada elde edilen modelin performansını gösteren AUC değerleri incelendiğinde bütün senaryolar için değerlerin $AUC > 0,9$ olması model performansının başarılı ve yüksek bir tahmin gücü olduğunu göstermektedir. Zira model performansı ile AUC değerleri arasındaki ilişkiye göre 0,9-1 arası AUC değeri “mükemmel” olarak tanımlanmaktadır (Graham ve Hijmans, 2006).

Kestane gal arısı, konukçusu kestane türleri olan ve gal formasyonuna neden olmak suretiyle kestane türlerinin gelişimi üzerinde olumsuz etki yapan bir türdür (Ôtake, 1980). Araştırmada kestane gal arısının Türkiye’de güncel potansiyel yayılış alanları incelendiğinde Anadolu kestanesinde zarar yaptığı, Anadolu kestanesinin mevcut yayılış alanları ile örtüştüğü görülmektedir.

Kestane gal arısının güncel potansiyel yayılış alanlarını gösteren harita incelendiğinde habitat uygunluğunun en yüksek olduğu kırmızı renkli alanların aynı zamanda Anadolu kestanesinin de yoğun olarak bulunduğu karadeniz kıyıları ve Marmara denizinin güney ve güneydoğu kesimleri olduğu görülmektedir. Zira, kestane gal arısı gibi gal yapan böcekler konukçusuna sıkı sıkıya bağlı durumdadır (Price vd., 1987; Stone vd., 2002). Anadolu kestanesi Türkiye’de asıl yayılışını Karadeniz kıyısı boyunca ve Marmara bölgesi gibi nemli ve ılıman iklim bölgelerinde göstermektedir. Bununla birlikte, lokal olarak ege ve akdeniz bölgesinde de yayılış göstermekte ve kültürü yapılmaktadır (Acatay, 1960; Duran, 2016; Kendir vd., 2016; Saatçioğlu, 1969; Yaltırık, 1993). Anadolu kestanesi için optimal olan alanların aynı zamanda kestane gal arısı için de çoğunlukla en uygun alanlar olduğu görülmektedir.

İlımlı senaryo ve kötümser senaryo kapsamında kestane gal arısının “çok uygun” sınıfında gelecekte nasıl bir yayılış göstereceği, alanlarının nasıl bir genişleme/daralma göstereceği çalışılmıştır. Her iki iklim senaryosuna göre gelecekte istilacı tür için “çok uygun” alanların arttığı, bu artışın kötümser senaryoda daha da fazla olduğu görülmektedir. Kestane ağacı ekstrem soğuk ve don olaylarını tolere etmemektedir (Gil-Tapetado vd., 2020). Küresel iklim değişikliği ile birlikte ortalama sıcaklıkta artış olacağı, kestane yayılış alanları ve yakın alanların kestane için daha da uygun hale geleceği tahmin edilmektedir. Ayrıca, iklim değişikliği nedeniyle ortalama sıcaklığın artması genel olarak böceklerde; bazı türlerin neslinin yok olmasına, popülasyon artışına, gelişim oranlarının artmasına, işgalci türlerin başka alanlara yayılmasına, türlerin üst rakımlara ve kuzeye doğru yayılmasına, böcek afetlerinin artmasına sebebiyet vermektedir (Raza vd., 2014). Bitki örtüsünün iklim değişikliğine tepkisi ile ilgili birinci dereceden yaklaşıma göre türler, yarının ikliminde bugünün koşullarına benzer iklim koşullarını bulmak için yukarıya doğru hareket edeceklerdir (McArthur, 1972; Peters ve Darling, 1985). Dolayısıyla günümüzde sıcaklık artışı şeklinde kendini gösteren iklim değişikliğinin özellikle kestane gibi termofilik türler üzerindeki etkisinin daha belirgin olması beklenmektedir. İklim değişikliğinin böcekler üzerinde bazı olumsuz etkileri de bulunmakla birlikte kestane gal arısının gal oluşturan bir tür olması böceğin yaşamı açısından avantaj sağlamaktadır. Zira gal oluşturan böcekler için gal, olumsuz çevre koşullarına karşı koruma sağlamaktadır. Mikroçevre hipotezine göre galler böcekleri olumsuz abiyotik koşulların (sıcaklık

değişiklikleri, kuruma veya ultraviyole radyasyon vb.) etkilerinden korumaktadır (Crespi vd., 1997; Miller vd., 2009; Price vd., 1987).

Ekosistem, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak artan sıcaklıklara tepki verebilir. Ekosistemler iklim değişikliğine yanıt verdikçe, hem olumlu (ısınma eğilimini arttıracak) hem de olumsuz (ısınma eğilimini azaltacak) geri bildirim ortaya çıkarabilir (Bonan vd., 1992; Chapin vd., 2000; White vd., 2000). Süregelen iklim değişikliğinin türlerin yayılmasında ve dolayısıyla bitki topluluklarının yeniden düzenlenmesinde büyük ölçüde etkili olduğuna şüphe yoktur (Sheldon vd., 2011; Urban vd., 2012).

Hughes (2000)'e göre 2100 yılı için yıllık ortalama sıcaklıklardaki 3°C'lik artışın, tür dağılımının ılıman bölgelerde 300-400 km kuzeye veya 500 m daha yüksek rakımlara kaymasına neden olacağı ileri sürülmektedir.

Yükseklik arttıkça dağlık bölgelerdeki bitki ömrü, düşük sıcaklıklar, radyasyon, rüzgar ve fırtınanın doğrudan veya dolaylı etkileri veya yetersiz su mevcudiyeti nedeniyle sınırlıdır (Körner ve Larcher, 1988). Bitki örtüsü değişen iklim şartları karşısında, bugünün iklim şartlarına benzer iklim şartlarını bulmak için yukarı doğru hareket edecektir (McArthur, 1972; Peters ve Darling, 1985). Sonuç olarak ısınmanın, türleri yeni iklim bölgelerine doğru genişleyerek ve iklim açısından uygun olmayan bölgelerden kaybolarak dağılımlarını değiştirmeye zorlaması beklenmektedir (Hughes, 2000). Anadolu kestanesi Türkiye'de genellikle dağlık alanlarda yayılış göstermekte olup iklim değişikliği ile birlikte konukçunun ve kestane gal arısının yayılışının daha üst rakımlara yöneleceği tahmin edilmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmayla kestane gal arısı zararlısın 2021-2100 yılları arasındaki bioiklim verilerinin etkisiyle hem yayılış hem de zarar verme potansiyeli olarak ülkemizde izleyeceği serüvene rehberlik edecek verilere ulaşılmıştır. Kestane zararlısı olan gal arısı gün geçtikçe kestanenin dağılım gösterdiği alanlarla paralel olarak hızla yayılım göstermektedir. Günümüz ve gelecek senaryoları bir bütün olarak incelendiğinde *D.kuriphilus* 'un yayılış alanlarının varlık verilerinin örtüştüğü ve günümüzde mevcut bulunduğu noktaların çevresinde ve daha yükseklerle doğru dağıldığını göstermektedir. Bu durumda en iyimser tabloya göre türün yayılış alanını 1,5 kat arttırdığı gözlemlenirken kötü senaryoya göre yayılış alanını 1,9 kat arttırmaktadır.

Kestane ağacının dağılımını etkileyen en önemli iklim faktörlerinden olan yağış ve sıcaklıktaki değişiklikler kestane ağacının büyümesi ve gelişmesi için en uygun şartları değiştirebilmektedir. Bu iklim faktörlerinin hızla değişmesi bitkilerin korunmasını zorlaştırmaktadır. Ülkemiz sıcak hava dalgalarına halihazırda maruz kalmakta olup önümüzdeki onyıllarda hava sıcaklığı artışları öngörülmektedir. Kestane ağaçları yaz kuraklıklarına karşı yüksek hassasiyet gösterdikleri için ülkemizde özellikle ılıman iklim özelliğine sahip karadeniz bölgesinde daha fazla yayılış göstermektedir. Ancak ilerleyen zamanlarda ülkemizde öngörülen ısınmanın kestane ağacı üretimine uygun olan bu alanları azaltması beklenmektedir. Sonuçlara göre kestane ağaçları için uygun hava sıcaklığı azalacak ve tür gelişimini olumsuz etkileyecektir.

Gelecekte Türkiye’de kuraklık eğilimi ve aşırı yağış olaylarının daha sık meydana gelmesi öngörülmektedir. Kestane ağacı üretimi için yıllık yağış miktarı kadar mevsimselliği ve yıllık dağılımı da önemlidir. Yazın yağın yağışlar meyve büyümesini sağlarken, kış yağışları toprağın su tutmasını kolaylaştırarak meyve tutumunun başlamasını teşvik eder.

İklim değişikliğine bağlı olarak türler giderek daha yüksek enlemlere veya yüksekliklere göç edebilir. Orta ve Kuzey Avrupa’da kestane ağaçları için bioiklimsel olarak uygun alanların genişlemesi beklenirken güney bölgelerde su kıtlığı ve aşırı

hava olaylarının daha fazla olması nedeniyle uygunluk azalacaktır. Ayrıca zararlı ve hastalık baskısı da iklim değışikliğinin etkilerini yoğunlaştırabilir.

Elde edilen sonuçlara göre iklim değışikliği kestane ağacı yetişme alanını sınırlandırırken kestane zararlısı olan gal arısının yayılımını yoğunlaştırmaktadır. İklim değışiklikleri Türkiye’de kestane ağaçları için önemli bir tehdit oluşturarak sosyo - ekonomik ve ekolojik bir sorun haline gelmektedir. İklim değışikliğinin sonuçlarını hafifletebilmek ve uyum sağlama yeteneğini arttırabilmek için gerekli tedbirlerin hiç zaman kaybetmeden alınması gerekmektedir. Hem zorlu habitat koşulları hem de iklim değışikliklerine bağlı istilacı türlerinin ortaya çıkması özellikle sınırlı yayılışa sahip türlerden biri olan kestane için uygun koruma önlemlerinin alınmasını zorunlu kılmaktadır. Kestanenin en önemli zararlılarından biri olan kestane gal arısı ile ilgili gerekli mücadelenin yapılabilmesi ve tedbirlerin alınabilmesi için öncelikle bu zararlının çok iyi tanınması gerekmektedir. Bu nedenle Orman genel müdürlüğü ve üniversitelerin ilgili birimlerince koordineli çalışmaların yapılması ve bu zararlının orman köylüsü başta olmak üzere kestane üreticiliği ile ilgilenen kişilere tanıtılması gerekmektedir.

Kestane gal arısının iklim değışikliğine adaptasyon olma durumu göz önünde bulundurulduğunda zararlıyla mücadelede en etkili yöntem olarak biyolojik mücadele önemini korumaktadır.

Bu çalışma daha önceki benzer iklim değışikliklerine bağlı olarak bazı bitki ve böcek türlerinin coğrafı yayılışlarının artacağı sonuçlarını destekleyerek bu türün alan dağılımının daha geniş coğrafı alanlara ve daha yüksek rakım aralıklarına kayacağını göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Abe, Y, Melika, G, & Stone, G.N. (2007). The diversity and phylogeography of cynipid gallwasps (Hymenoptera, Cynipidae) of the Eastern Palearctic and their associated communities. *Oriental Insect*, 41, 169-212.
- Acatay, A, 1960. Türkiye kestane zararlılarına ilâve. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 10, Sayı 1.
- Aebi, A, Schönrogge, K, Melika, G, Alma, A, Bosio, G, Quacchia, A, ... & Stone, G. N. (2006). Parasitoid recruitment to the globally invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. In *Galling Arthropods and their associates: Ecology and Evolution* (pp. 103-121). Springer Japan.
- Aebi, A, Schönrogge, K, Melika, G, Quacchia, A, Alma, A. & Stone, G.N. (2007). Native and introduced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO Bulletin*, 37, 166-171.
- Allison, S. D, & Schultz, J. C. (2005). Biochemical responses of chestnut oak to a galling cynipid. *J. Chem. Ecol.* 31, 151-166.
- Altner, H, & Loftus, R. (1985). Ultrastructure and function of insect thermo- and hygroreceptors. *Annu. Rev. Entomol.* 30, 273-296.
- Amorim, A, Rodrigues, R, Nunes, L.J.R, Freitas, M, Moura, L. (2022). *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Minho (Northern Portugal): Bioecology, native parasitoid communities and biological control with *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae). *Agronomy* 12, 2184.
- Anagnostakis, S, Açıkgöz, S, & Ertan, E. (2014). Türkiye’de olası kestane gal arısı *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) tehlikesine karşı ıslah programının başlatılması. *Türkiye II. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Semp*, 7-9.
- Anagnostakis, S.L. (2001). The effect of multiple importations of pests and pathogens on a native tree. *Biol Invasions*. 3, 245-254.
- Andersen, P. C, & Mizell, R. F. (1987). Physiological effects of galls induced by *Phylloxera notabilis* (Homoptera: Phylloxeridae) on pecan foliage. *Environ. Entomol*, 16, 264- 268.
- Andrewartha, H. G, & Birch, L. C. (1954). *The distribution and abundance of animals* (No. Edn 1). University of Chicago press.
- Atasoy, F, & Sarış, F. (2021). Kümeleme analizi ile Türkiye’nin biyoiklim bölgelerinin sınıflandırılması. *Türk Coğrafya Dergisi*, 77, 67-76.
- Avanzato, D., (2009). Following chestnut footprints (*Castanea* spp.)-cultivation and culture, folklore and history, tradition and uses. *İshs*, vol. 9 of scripta horticulturae.

- Avtzis, D.N, Melika, G, Matošević, D, & Coyle, D.R. (2019). The Asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*: A global invader and a successful case of classical biological control. *J. Pest Sci*, 92, 107-115.
- Awmack, C.S, Harrington, R. & Leather, S.R. (1997). Host plant effects on the performance of the aphid *Aulacorthum solani* (Kalt.) (Homoptera: Aphididae) at ambient and elevated CO₂. *Global Change Biology*, 3, 545-549
- Ayres, M.P, & Lombardero, M.J, (2000). Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *The Science of the Total Environment*, 262, 263-286.
- Bacelar, E.A., Moutinho-Pereira, J.M., Gonçalves, B.C, Ferreira, H.F., & Correia, C.M. (2007). Changes in growth, gas exchange, xylem hydraulic properties and water use efficiency of three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environ. Exp. Bot.* 60, 183-192.
- Bailey, R., Schönrogge, K., Cook, J. M., Melika, G., Csóka, G., Thuróczy, C. & Stone, G. N. (2009). Host niches and defensive extended phenotypes structure parasitoid wasp communities. *PLoS biology*, 7(8), e1000179.
- Bale, J.S., Masters, G.J., Hodkinson, I.D., Awmack, C., Bezemer, T.M., Brown, V.K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J.C., Farrar, J., Good, J.E.G., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T.H., Lindroth, R.L., Pres, M.C., Symrnioudis, I., Watt, A.D. & Whittaker, J.B., (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*. 8, 1-16.
- Balsa, C., Bento A. & Paparella, F. (2021) Biological control of the Asian chestnut gall wasp in Portugal: Insights from a mathematical model. *Plos one* 16(7): e0254193.
- Battisti, A., Benvegnu, I., Colombari, F. & Haack, R. A. (2014). Invasion by the chestnut gall wasp in Italy causes significant yield loss in *Castanea sativa* nut production. *Agricultural and Forest Entomology*, 16 (1), 75-79.
- Begon, M. (1983). Grasshopper populations and weather: The effects of insolation on *Chorthippus brueus*. *Ecol. Entomol.* 8, 361- 370
- Bellat, J.-L., Dasue, J., Guérin, B., Gomes-Laranjo, J., Fernandez, J., Castelloti, T., Beccaro, G. & Forget, L. (2019). *European Chestnut White Paper*.
- Bernardo, U., Iodice, L., Sasso, R., Tutore, V.A., Cascone, P. & Guerrieri, E. (2012). Biology and monitoring of *Dryocosmus kuriphilus* on *Castanea sativa* in Southern Italy. *Agricultural and Forest Entomology*, 15(1), 65-76.
- Bernays, E.A. (1997). Feeding by lepidopteran larvae is dangerous. *Ecological Entomology*, 22(1), 121-123.

- Bezemer, T.M., Jones, T.H. & Knight, K.J. (1998) Long-term effects of elevated CO₂ and temperature on populations of the peach potato aphid *Myzus persicae* and its parasitoid *Aphidius matricariae*. *Oecologia*, 116, 128-135.
- Bindi, M. & Olesen, J.E. (2011). The responses of agriculture in Europe to climate change. *Reg. Environ. Chang.* 11, 151-158.
- Bonan G., Pollard D. & Thompson S.L. (1992), Effects of boreal forest vegetation on global climate, *Nature*, 359, 716-718.
- Bonsignore, C. P., Vizzari, G., Vono, G. & Bernardo, U. (2020). Short-Term Cold Stress Affects Parasitism on the Asian Chestnut Gall Wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *Insects*, 11(12), 841. MDPI AG.
- Bonsignore, C.P., Vono, G. & Bernardo, U. (2019). Environmental thermal levels affect the phenological relationships between the chestnut gall wasp and its parasitoids. *Physiol. Entomol.* 44, 87-98.
- Bonsignore, C.P. & Bernardo, U. (2018) Effects of environmental parameters on the chestnut gall wasp and its complex of indigenous parasitoids. *Sci. Nat.* 105, 20.
- Borowiec, N., Thaon, M., Brancaccio, L., Cailleret, B., Ris, N. & Vercken, E. (2018). Early population dynamics in classical biological control: establishment of the exotic parasitoid *Torymus sinensis* and control of its target pest, the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*, in France. *In Entomologia Experimentalis et Applicata* (Vol. 166, pp. 367-379).
- Bosio, G., Gerbaudo, C. & Piazza, E. (2009). “*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu: an outline seven years after the first report in Piedmont (Italy), 65”. In: I European Congress on Chestnut-*Castanea* (13-16 October 2009, Cuneo, Italy), 726 pp
- Brussino, G., Bosio, G., Baudino, M., Giordano, R., Ramello, F. & Melika, G. (2002). Pericoloso insetto esotico per il castagno Europeo. *Informatore Agrario*, 58, 59-61.
- Cai, P. M., Meng, F. H., Song, Y. Z., Ma, C. H., Peng, Y. W., Wu, Q. F., Lei, S. Y., Hong, Y. C., Huo, D., & Li, L. (2021). Maxent modeling the current and future distribution of the invasive Pest, the fall armyworm (*Spodoptera Frugiperda*) (Lepidoptera: Noctuidae), under changing climatic Conditions in China. *Applied ecology and environmental research*, 19(6), 4527-4546.
- Calheiros, T., Pereira, M.G., Pinto, J.G., Caramelo, L., Gomes-Laranjo, J., & Dacâmara, C.C. (2012). Assessing potential changes of chestnut productivity in Europe under future climate conditions. *Geophys. Res. Abstr.* 13-14.
- Capdevila-Arguelles, L., & Zilletti, B. (2008). A perspective on climate change and invasive alien species. *Council of Europe. T-PVS/Inf* (2008), 5.
- Cardoso, J., Almeida, M. T. & Bento, A. (2021). Biological control of *Dryocosmus Kuriphilus* Yasumatsu with the parasitoid *Torymus sinensis* Kamijo. *Millenium*, 2(14), 91-99.

- Carneiro-Carvalho, A., Vilela, A., Ferreira-Cardoso, J., Marques, T., Anjos, R., Gomes-Laranjo, J. & Pinto, T. (2019). Productivity, chemical composition and sensory quality of “Martainha” chestnut variety treated with Silicon. *CYTA J. Food* 17, 316-323.
- Chahouki, M. Z., Ahvazi, L. K. & Azarnivand, H. (2012). Comparison of three modeling approaches for predicting plant species distribution in mountainous scrub vegetation (Semnan rangelands, Iran). *Polish Journal of ecology*, 60(2), 277-289.
- Chapin, F.S., Eugster, W., McFadden, J.P., Lynch, A.H. & Walker, D.A. (2000). Summer differences among arctic ecosystems in regional climate forcing, *Journal of Climate*, 13, 2002-2010.
- Cho, D.Y. & Lee, S.O. (1963). Ecological studies on the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, and observation on the damages of the chestnut trees by its insect. *Korean Journal of Plant Protection*, 2, 47-54.
- Ciordia, M., Feito, I., Pereira-Lorenzo, S., Fernández, A. & Majada, J. (2012) Adaptive diversity in *Castanea sativa* Mill. half-sib progenies in response to drought stress. *Environ. Exp. Bot.* 78, 56-63.
- Cirik, S. & Akçalı, B. (2002). Denizel ortama yabancı türlerin taşınıp yerleşmesi: biyolojik işgalin kontrolü, hukuksal, ekolojik ve ekonomik yönleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19(3-4), 507-527.
- Clarke, A. & Fraser, K. P. P. (2004). Why does metabolism scale with temperature? *Functional ecology*, 18(2), 243-251.
- Colombari, F. & İpekdağ, K. (2016). Classical biological control of the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) <https://www.researchgate.net/publication/314726645>
- Conedera M, Gehring E, Quacchia A (2015) Danni da cinipide: il peggio è passato? *L'ape. Riv. Svizz. di Apic.* 18-19
- Conedera, M. Krebs, P. Gehring, E. Wunder, J. Hülsmann, L. Abegg, M. & Maringer, J. (2021). How future proof is Sweet chestnut (*Castanea sativa*) in a global change context? *For. Ecol. Manag.* 494, 119320.
- Contarini, M., Rossini, L., Caccia, R., Morelli, S., Beritognolo, I., Gaudet, M., Villani, F., Paparatti, B. & Speranza, S. (2021). Do *Castanea sativa* wild provenances influence *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) infestations? *Turk. J. Zool.* 45, 206-215.
- Cooper, W.R. & Rieske, L.K. (2011). A native and an introduced parasitoid utilize an exotic gallmaker host. *BioControl*. 56,725-734.
- Cooper, W.R. & Rieske, L.K. (2009). Woody stem galls interact with foliage to affect community associations. *Environ Entomol*, 38,417-424

- Cooper, W.R. & Rieske, L.K. (2010). Gall structure affects ecological associations of *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). *Environ. Entomol.* 39, 787-797.
- Cooper, W.R. & Rieske, L.K. (2007). Community associates of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in Eastern North America. *Annals of Entomological Society of America*, 100, 236-244.
- Coşkuncu, K.S. (2010). Kestane gal arısı *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) üzerine bir inceleme. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 129-135.
- Coviella, C.E. & Trumble, J.T. (1999). Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect-plant interactions. *Conservation Biology*, 13, 700-712.
- Crespi, B.J., Carmean, D.A. & Chapman, T.W. (1997). Ecology and evolution of galling thrips and their allies. *Annual Review of Entomology*, 42, 51-71.
- Csóka, G., Wittmann, F. & Melika, G. (2009). A szelídgesztenye gubacsdarázs (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu 1951) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem* 45(7), 359-360
- Cunze, S. & Tackenberg, O. (2015). Decomposition of the maximum entropy niche function-A step beyond modelling species distribution. *Environmental Modelling & Software*, 72, 250-260.
- Çetin, G., Orman, E. & Polat, Z. (2014). First record of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Turkey. *Bitki Koruma Bülteni*, 54(4), 303-309.
- Delalić, Z. (2019). Intense appearance of chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) in Bosnia and Herzegovina. *Acta Scientific Agriculture*, 3(9), 10-14.
- Demirbaş, M. & Aydın, R. (2020). 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 163-179.
- Dinis, L.T., Ferreira-Cardoso, J., Peixoto, F., Costa, R. & Gomes-Laranjo, J. (2011a). Study of morphological and chemical diversity in chestnut trees (var. “judia”) as a function of temperature sum. *CYTA J. Food*, 9, 192-199.
- Dinis, L.T., Peixoto, F., Pinto, T., Costa, R., Bennett, R.N. & Gomes-Laranjo, J. (2011b). Study of morphological and phenological diversity in chestnut trees (“Judia” variety) as a function of temperature sum. *Environ. Exp. Bot.* 70, 110-120.
- Doğanlar, M. (2014). Yalova, Türkiye’de kestane gal arısı, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)’nin doğal düşman faunası hakkında ilk kayıtlar. *Türk. biyo. müc. derg.* 5 (1), 67-74 ISSN 2146-0035.

- Dreger-Juaffret, F. & Shorthouse, J.D. (1992). p. 8-33. In: Shorthouse, J.D. and O. Rohfritsch (eds.). *Biology of insect-induced galls*. Oxford Univ. Press, New York, NY.
- Dukes, J. S., Pontius, J., Orwig, D., Garnas, J. R., Rodgers, V. L., Brazee, N., ... & Ayres, M. (2009). Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of northeastern North America: what can we predict?. *Canadian journal of forest research*, 39(2), 231-248.
- Duran, C. (2016). Bartın-Sinop illeri arası (Türkiye'nin kuzeyi) alandaki kestane (*Castanea sativa* Mill.) ormanlarının dağılışı. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 13-14.
- Elith, J., Graham C. H. & Anderson R. P. (2006). Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, 129-151.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. & Yates, C.J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17, 43-57.
- Euforgen. *Castanea sativa*. Available online: <http://www.euforgen.org/species/castanea-sativa/> (Erişim Tarihi: 22 Ocak 2023).
- Evans, W. G. & Kuster, J. E. (1980). The infrared receptive fields of *Melanophila acuminata* (Coleoptera: Buprestidae). *Can. Entomol.* 112, 211-216.
- Everatt, J. M. (2015). Evaluation of the potential of control options used in Italy for the management of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera; Cynipidae), in the UK, (October), 17.
- Farooq, M, Wahid, A, Kobayashi, N.S.M.A, Fujita, D.B, & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management to cite this version: *Review article. Agron. Sustain. Dev.* 29, 185-212.
- Felt, E. P. (1940). *Plants galls and gall makers*. Comstock, New York.
- Ferracini, C, Ferrari, E, Saladini, M.A, Pontini, M, Corradetti, M, Alma, A. (2015a). Non-target host risk assessment for the parasitoid *Torymus sinensis*. *BioControl*. 60(5),583-594.
- Ferracini, C., Gonella, E., Ferrari, E., Saladini, M.A., Picciau, L., Tota, F., Pontini, M. & Alma, A. (2015b). Novel insight in the life cycle of *Torymus sinensis*, biocontrol agent of the chestnut gall wasp. *BioControl*, 60(2), 169-177.
- Fiescher, G., (2014). Gall of an oriental chestnut gall wasp. (Web sayfası: <http://www.gettyimages.in/detail/photo/gallof-an-oriental-chestnut-gall-wasp-dryocosmus-royalty-free-image>), (Erişim tarihi: Aralık 2022).

- Förster, B., Castellazzi, T., Colombi, L., Fürst, E., Marazzi, C., Meier, F., Tettamanti, G. & Moretti, G. (2009). First record of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) (Hymenoptera, Cynipidae) in Southern Switzerland. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 82, 271-279.
- Freitas, T.R., Santos, J.A., Silva, A.P. & Fraga, H. (2021). Influence of climate change on chestnut trees: A Review. *Plants*, 10, 1463.
- Fuhrer, J. (2003). Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 97(1-3), 1-20.
- Furones- Pérez, P. & Fernández- López, J. (2009). Morphological and phenological description of 38 sweet chestnut cultivars (*Castanea sativa* Miller) in a contemporary collection. *Span. J. Agric. Res.* 7, 829.
- Gehring, E., Bellosi, B., Reynaud, N. & Conedera, M. (2020). Chestnut tree damage evolution due to *Dryocosmus kuriphilus* attacks. *Journal of Pest Science*, 93, 103-115.
- Gehring, E., Kast, C., Kilchenmann, V., Bieri, K., Gehrig, R., Pezzatti, G.B. & Conedera, M. (2018). Impact of the Asian chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae), on the chestnut component of honey in the southern Swiss Alps. *Published in Journal of Economic Entomology*, 111, 43-52,
- Germinara, G.S., De Cristofaro, A. & Rotundo, G. (2011). Chemical cues for host location by the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus*. *Journal of Chemical Ecology*, 37, 49-56.
- Gibbs, M., Schonrogge, K., Alma, A., Melika, G., Quacchia, A., Stone, G. N. & Aebi, A. (2011). *Torymus sinensis*: a viable management option for the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Europe? *Biocontrol*, 56, 527-538.
- Gillooly, J. F., Brown, J. H., West, G. B., Savage, V. M. & Charnov, E. L. (2001). Effects of size and temperature on metabolic rate. *science*, 293(5538), 2248-2251.
- Gil-Tapetado, D., Cabrero-Sañudo, F.J., Polidori, C., Gómez, J.F. & Nieves-Aldrey, J.L. (2020). Climate as a possible driver of gall morphology in the chestnut pest *Dryocosmus kuriphilus* across Spanish invaded areas. *Bull. Entomol.* 27, 1-14.
- Gninenko, Y.I. & Lyanguzov, M.E. (2017). East chestnut gall wasps *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera, Cynipidae)-New invader in the forests of the North caucasus. *Russian Journal of Biological Invasions*, 8, 206-211.
- Gomes-Laranjo, J., Almeida, P., Ferreira-Cardoso, J. & Peixoto, F. (2009). Ecophysiological characterization of *C. sativa* trees growing under different altitudes. *Acta Hort.* 844, 119-126.

- Graham, C.H. & Hijmans, R.J. (2006). A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 15, 578- 587.
- Graziosi, I. & Rieske, L.K. (2012). Local spread of an exotic invader: using remote sensing and spatial analysis to document proliferation of the invasive Asian chestnut gall wasp. *iforest* 5, 255-261.
- Graziosi, I. & Santi, F. (2008). Chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*): Spreading in Italy and new records in Bologna province. *Bulletin of Insectology*, 61(2), 343-348.
- Graziosi, I. (2015). Invasiveness of an exotic gall wasp is influenced by interactions with exotic and endemic organisms. Ph.D. dissertation, *University of Kentucky*. 133 pp.
- Griffo, R., Parillo, R. & Verderame, M. (2010). Castagno, primi risultati della lotta chimica contro il cinipide galligeno. *Terra e Vita*, 3, 24-25.
- Guisan, A., Graham, C. H., Elith, J. & Huettmann, F. (2007). Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions*, 13, 332-340.
- Gür, H. (2016). The Anatolian diagonal revisited: Testing the ecological basis of a biogeographic boundary. *Zoology in the Middle East*, 62(3), 189-199.
- Gyoutoku, Y. & Kamimura, M. (1985). Ecological and biological control of the chestnut gall wasp. *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae). 1. Damage and parasitization in Kumamoto Prefecture Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu, 31, 213-215 (in Japanese with English summary).
- Haack, R.A. & Slansky, F. Jr. (1987). Nutritional ecology of wood-feeding Coleoptera, Lepidoptera, and Hymenoptera. Pages 449- 486 in F. Slansky, Jr, and J. G. Rodriguez, eds. *The Nutritional Ecology of Insects, Mites, and Spiders*. John Wiley & Sons, New York.
- Harrington, R., Fleming, R.A. & Woiwod, I.P. (2001). Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted? *Agricultural and Forest Entomology* 3, 233-240.
- Hartley, S. E. & Lawton, J. H. (1992). Host plant manipulation by gall insects: a test of the nutrition hypothesis. *J. Anim. Ecol.* 61, 113-119.
- Hartley, S. E. (1998). The chemical composition of plant galls: are levels of nutrients and secondary compounds controlled by the gall-former? *Oecologia*, 113, 492-501.
- Henriques, C. & Borges, A.O. (2017). Castanheiro: Estado da Produção; Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos: Bragança, Portugal.

- Hernandez, P. A., Franke, I., Herzog, S. K., Pacheco, V., Paniagua, L., Quintana, H. L., Soto, A., Swenson, J., Tovar, C., Valqui, T. H., & Vargas, J. (2008). Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. *Biodiversity and conservation*, 17(6), 1353-1366.
- Hernandez, P. A., Graham, C. H., Master, L. L. & Albert, D. L. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29(5), 773-785.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25, 1965-1978.
- Hódar, J.A. & Zamora, R. (2004). Herbivory and climatic herbivory and climatic warming: a Mediterranean outbreaking caterpillar attacks a relict boreal pine species. *Biodiversity and Conservation*, 13, 493-500.
- Hough, J.S. (1951). The effect of wind on the distribution of cynipid galls caused by *Neuroterus lenticularis* Olivier. *Journal of Animal Ecology*, 20, 165-168.
- Huber, J.T. & Read, J. (2012). First record of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Canada. *JESO*, 143, 125-128.
- Huberty, A. F. & Denno, R. F. (2004). Plant water stress and its consequences for herbivorous insects: a new synthesis. *Ecology*, 85(5), 1383-1398.
- Hughes, L. (2000), Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution*, 15, 56-61.
- Iglesias, A., Quiroga, S., Moneo, M. & Garrote, L. (2012). From climate change impacts to the development of adaptation strategies: Challenges for agriculture in Europe. *Clim. Chang.* 112, 143-168.
- Inoue, K.; Moriya, S.; Mabuchi, M, 1991: A sample method for assessing the level of damage of chestnut trees by the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) Bull. Fruit Tree Res, 22, 99-108 (in Japanese with English summary).
- Ito, M. & Hijii, N. (2002). Factors affecting refuge from parasitoid attack in a cynipid wasp, *Aphelonyx glanduliferae*. *Popul. Ecol.* 44, 23-32.
- Ito, Y., Nakamura, M., Kondo, M., Miyashita, K. & Nakamura, K. (1962). Population dynamics of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) II. Distribution of individuals in bud of chestnut Tree. Res. *Popul. Ecol.* IV, 35-46.
- İpekdağ, K., Coşkuncu, K.S., Aytar, F. & Doganlar, M. (2014). Kestane gal arısı *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae): Geçmişten günümüze dünyada ve türkiye'deki son durumu ve mücadelesi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(4), 241-257.

- İpekdağ, K., Emin, A., Kuzucu, A.Ş., Karadağ, M., Koçluk, M., Açıcı, Ö., Şah, S., Aksu, Y. & Colombari, F. (2017). Rearing and releasing *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae), larval parasitoid of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae). *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 7(2), 173-189.
- Jaworski, T. & Hilszczanski, J. (2013) The effect of temperature humidity changes on insect development and their infestation, forest ecosystem in the expected climatic changes. *Forest research paper*, vol. 74(4), 345-355
- Jönsson, A. M., Harding, S., Barring, L. & Ravn, H. P. (2007). Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology*, 146, 70-81.
- Kahraman S. & Şenol, P. (2018). İklim değişikliği: küresel, bölgesel ve kentsel etkileri. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi Özel Sayı*, 1, 353-370.
- Karolewski, P., Grzebyta, J., Oleksyn, J. & Giertych, M. J. (2007). Effects of temperature on larval survival rate and duration of development of *Lymantria monacha* (L.) on needles of *Pinus silvestris* (L.) and of *L. dispar* (L.) on leaves of *Quercus robur* (L.). *Polish Journal of Ecology*, 55(3), 595.
- Kato, K. & Hijii, N. (1993). Optimal clutch size of the chestnut gall-wasp, *Dryocosmus kuriphilus* yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae). *Population Ecology*, 35(1), 1-14.
- Kato, K. & Hijii, N. (2001). Ovipositional Traits of the Chestnut Gall Wasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). *Entomological Science*, 4, 295-299.
- Kato, K. & Hijii, N. (1997). Effects of gall formation by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hym, Cynipidae) on the growth of chestnut trees. *Journal of Applied Entomology*, 121: 9-15.
- Kekillioğlu, A. & Yıldız, B. (2023, April). İklim Değişikliği, Böcekler ve Sağlık Etkileşimi Üzerine. In *International Conference on Scientific and Innovative Studies* (Vol. 1, No. 1, pp. 354-359).
- Kendir, G., Öztürk, A. & Köroğlu, A. (2016). *Castanea sativa* mill. (chestnut), anatomy of fruit and leaf. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 40(2), 1-18.
- Kent, A., Drezner, T.D. & Bello, R. (2018). Climate Warming and the Arrival of Potentially Invasive Species into Boreal Forest and Tundrain the Hudson Bay Lowlands, Canada. *Polar Biol*, 41, 2007-2022.
- Khanum, R., Mumtaz, A. S. & Kumar, S. (2013). Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. *Acta Oecologica*, 49, 23-31.

- Kinsey, A. C. (1920). Phylogeny of Cynipid genera and biological characteristics. *Am. Mus. Nat. Hist. Bull.* 42, 357- 402.
- Kinsey, A. C. (1935). The economic importance of the Cynipidae. *Journal of Economic Entomology*, 28(1), 86-91.
- Knapič, V., Seljak, G. & Kolšek, M. (2010). Experience with *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu eradication measures in Slovenia. *EPPO bulletin*, 40(2), 169-175.
- Kocmánková, E., Trnka, M., Eitzinger, J., Formayer, H., Dubrovský, M., Semerádová, D., ... & Možný, M. (2010). Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the Central European region. *Climate Research*, 44(1), 95-105.
- Konstantinidis, P., Tsiourlis, G., Xofis, P. & Buckley, G. P. (2008). Taxonomy and ecology of *Castanea sativa* Mill. forests in Greece. *Plant ecology*, 195, 235-256.
- Kos, K., Kriston, E. & Melika, G. (2015). Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and association with oak gall wasps in Slovenia. *European Journal of Entomology*, 112(4), 698.
- Kos, K., Lacković, N., Melika, G. & Matošević, D. (2021). Diversity and surge in abundance of native parasitoid communities prior to the onset of *Torymus sinensis* on the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in Slovenia, Croatia and Hungary. *Journal of Forestry Research*, 32(4), 1327-1336.
- Kotobuki, K., Mori, K. & Sato, Y. (1985). Two methods to estimate the tree damage by chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. *Kaju Shikenjo hokoku. A Hiratsuka. (Bulletin of the Fruit Tree Research Station. Series A. Hiratsuka)*, (12), 29-36.
- Körner, C. & Larcher, W. (1988, January). Plant life in cold climates. In *Symposia of the society for experimental biology*, 42, 25-57.
- Kramer, P. J. 1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press, Orlando, FL.
- Krebs, P., Conedera, M., Pradella, M., Torriani, D., Felber, M. & Tinner, W. (2004). Quaternary refugia of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.): an extended palynological approach. *Vegetation history and Archaeobotany*, 13, 145-160.
- Krebs, P., Pezzatti, G. B., Beffa, G., Tinner, W. & Conedera, M. (2019). Revising the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) refugia history of the last glacial period with extended pollen and macrofossil evidence. *Quaternary Science Reviews*, 206, 111-128.
- Larue, C., Barreneche, T. & Petit, R. J. (2021). Efficient monitoring of phenology in chestnuts. *Scientia Horticulturae*, 281, 109958.
- Lincoln, D. E. (1993). The influence of plant carbon dioxide and nutrient supply on susceptibility to insect herbivores. *Vegetatio*, 104, 273-280.

- Logan, J. A., Régnière, J. & Powell, J. A. (2003). Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(3), 130-137.
- Lombardero, M. J., Ayres, M. P., Ayres, B. D. & Reeve, J. D. (2000). Cold tolerance of four species of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Environmental Entomology*, 29(3), 421-432.
- Lombardero, M.J., Castedo-Dorado, F. & IPCC, M.P. (2021). Extreme climatic events affect populations of Asian chestnut gall wasps, *Dryocosmus kuriphilus*, but do not stop the spread. *Agric. For. Entomol.*
- Mac Arthur, R. H. (1972). Geographical ecology: Patterns in the distribution of species Harper & Row: 1—269. *New York, Evanston, San Francisco, London.*
- Maltoni, A., Mariotti, B. & Tani, A. (2012b). Case study of a new method for the classification and analysis of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu damage to young chestnut sprouts. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 5(2), 50.
- Maltoni, A., Mariotti, B., Jacobs, D. F. & Tani, A. (2012a). Pruning methods to restore *Castanea sativa* stands attacked by *Dryocosmus kuriphilus*. *New forests*, 43, 869-885.
- Maresquelle, H. J. & Meyer, J. (1965). Physiologie et morphogenèse des galles d'origine animale (zoocécidies). *Differenzierung und Entwicklung/ Differentiation and Development*, 1927-1976.
- Massantini, R., Moscetti, R. & Frangipane, M.T. (2021). Trends in Food Science & Technology Evaluating progress of chestnut quality: A review of recent developments. *Trends Food Sci. Technol.* 113, 245-254.
- Matošević, D., Lacković, N., Melika, G., Kos, K., Franić, I., Kriston, E., ... & Rot, M. (2015). Biological control of invasive *Dryocosmus kuriphilus* with introduced parasitoid *Torymus sinensis* in Croatia, Slovenia and Hungary. *Periodicum biologorum*, 117(4), 471-477.
- Matošević, D., Pernek, M. & Hrašovec, B. (2010). First record of Oriental chestnut gallwasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in Croatia. *Šumarski list*, 134(9-10), 497-502.
- Mattson, W. J. & Haack, R. A. (1987). The role of drought stress in provoking outbreaks of phytophagous insects. *Insect outbreaks*, 365-407.
- Mattson, W. J. & J. M. Scriber. (1987). Feeding ecology of insect folivores of woody plants: Water, nitrogen, fiber, and mineral considerations. Pages 105-146 in F Slansky, Jr, and J. G. Rodriguez, eds. *The Nutritional Ecology of Insects, Mites, and Spiders*. John Wiley & Sons, New York.
- McClintock, B. (1984). The significance of responses of the genome to challenge. *Science*, 226(4676), 792-801.

- Menéndez, M. (2015). Modelización del Crecimiento y Producción de las Masas de Monte Bajo de *Castanea sativa* Mill. en el. *Universidad de Oviedo: Oviedo, Spain*.
- Menéndez, M.M., Álvarez, Á.P., Majada, J. & Canga, E. (2015). Effects of soil nutrients and environmental factors on site productivity in *Castanea sativa* Mill. coppice stands in NW Spain. *New For.* 46, 217-233.
- Menéndez, R. (2007). How are insects responding to global warming?. *Tijdschrift voor Entomologie*, 150(2), 355.
- Mert, A. & Kırac, A. (2017). Isparta-Sütçüler yöresinde *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876)'nin habitat uygunluk haritalaması. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1(1), 16-22.
- Meyer, JB., Gallien, L. & Prospero, S. (2015) Interaction between two invasive organisms on the European chestnut: Does the chestnut blight fungus benefit from the presence of the gall wasp? *FEMS Microbiol Ecol*, 91:1-10.
- Michaelakis, A., Papachristos, D., Chytas, D. A., Antonopoulou, P. D., Milonas, P. G., & Avtzis, D. N. (2016). First record of *Dryocosmus kuriphilus* in Greece. *EPPO Bulletin*, 46(2), 290-294.
- Miller, D.G.I.I.I., Ivey, C.T. & Shedd, J.D. (2009). Support for the microenvironment hypothesis for adaptive value of gall induction in the California gall wasp, *Andricus quercuscalifornicus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 132, 126-133.
- Moore, B.A. & Allard, G.B. (2008). Climate change impacts on forest health. Forest Health & Biosecurity Working Paper FBS/34E, Rome, FAO.
- Moriya, S., Inoue, K., Otake, A., Shiga, M. & Mabuchi, M. (1989). Decline of the chestnut gall wasp population, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) after the establishment of *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae). *Applied Entomology and Zoology*, 24(2), 231-233.
- Moriya, S., Shiga, M. & Adachi, I. (2003). Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan. In *Proceedings of the 1st international symposium on biological control of arthropods. USDA Forest Service, Washington* (pp. 407-415).
- Moriya, S., Shiga, M. & Adachi, I. (2003). Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan. In *Proceedings of the 1st international symposium on biological control of arthropods. USDA Forest Service, Washington* (pp. 407-415).
- Moriya, S. (1992). Interspecific relationship between an introduced parasitoid, *Torymus sinensis* Kamijo, as a biological control agent of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, and an endemic parasitoid, *T. beneficus* Yasumatsu et Kamijo. *Acta Phytopathol. Entomol. Hungarica*, 27, 479-483.

- Moriya, S. (1992). Interspecific relationship between an introduced parasitoid, *Torymus sinensis* KAMIJO, as a biological control agent of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* YASUMATSU, and an endemic parasitoid, *T. beneficus* YASUMATSU et KAMIJO. *Acta Phytopathol. Entomol. Hungarica*, 27, 479-483.
- Morris, R. F. & Fulton, W. C. (1970). Models for the development and survival of *hyphantria cunea* in relation to temperature and humidity: Introduction. *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 102(S70), 1-60.
- Mota, M., Pinto, T., Marques, T., Borges, A., Caço, J., Raimundo, F. & Gomes-Laranjo, J. (2018). Study on yield values of two irrigation systems in adult chestnut trees and comparison with non-irrigated chestnut orchard. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(1), 236-248.
- Murakami, Y. (1980). Current topics on the chestnut gall wasp-experience in China. *Nogyo oyobi Engei (Agriculture and Horticulture)*, 55, 249-253.
- Murakami, Y. (1981). Comparison of the adult emergence periods between *Torymus* (*Syntomaspis*) *beneficus*, a native parasitoid of the chestnut gall wasp [Japan] and a congeneric parasitoid imported from China (Hymenoptera: Torymidae). *Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu (Japan)*, 27.
- Müftüoğlu, B., Mert, C. & Genç, N. S. (2023). Assessing the susceptibility levels of chestnut cultivars/genotypes to Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(1).
- Nakamura, M. & Nakamura, K. (1977). Population dynamics of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) V. Estimation of the effect of predation by spiders on the mortality of imaginal wasps based on the precipitin test. *Oecologia*, 27, 97-116.
- Nakhutsrishvili, G. (2012). *The vegetation of Georgia (South Caucasus)*. Springer Science & Business Media.
- Netherer, S. & Schopf, A. (2010). Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests—general aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 831-838.
- Nohara, K. (1956). Discussion about the oviposition ability of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae). *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 15, 441-446.
- Nupponen, K. (2010). Notes on Scythrididae from the Turanian region, with descriptions of six new species (Lepidoptera: Scythrididae). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 38(151), 267-285.
- Occhipinti-Ambrogi, A. (2007). Global change and marine communities: alien species and climate change. *Marine pollution bulletin*, 55(7-9), 342-352.

- Oho, N. (1970). Process of study on *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) and several problems about recent infestation. *Shokubutsu Boeki*, 24, 421-427.
- Oosterbaan, A. (1998). Growth of chestnut (*Castanea sativa*) in the Netherlands. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 71(3), 267-270.
- Otake, A. (1980). Chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae): a preliminary study on trend of adult emergence and some other ecological aspects related to the final stage of its life cycle. *Applied Entomology and Zoology*, 15(1), 96-105.
- Otake, A. (1989). Chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae): analyses of records on cell contents inside galls and on emergence of wasps and parasitoids outside galls. *Applied Entomology and Zoology*, 24(2), 193-201.
- Otero, R. P., Crespo, D. & Vázquez, J. P. M. (2017). *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) in Galicia (NW Spain): pest dispersion, associated parasitoids and first biological control attempts. *Archivos Entomológicos*, (17), 439-448.
- Örücü, Ö.K., Gülçin D., Özçifçi İ. & Arslan E.S. (2021). Mor Çiçekli Ormangülünün (*Rhododendron ponticum* L.) günümüz ve gelecekteki iklim koşullarına göre yayılış alanlarının modellenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1), 26-41.
- Pachauri, R. K. & Reisinger, A. (2007). Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007. Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment*.
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R. ... & van Ypserle, J. P. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151). Ipcc.
- Paik Un-Ha., et al. (1963) Pure black chestnut tree wasp. - pp. 391-392. In: A study of the noxious insect pests harmful to crops and trees in our country. Hyang-Moon-Sa, Seoul, Korea.
- Panzavolta, T., Bracalini, M., Croci, F., Campani, C., Bartoletti, T., Miniati, G., ... & Tiberi, R. (2012). Asian chestnut gall wasp in Tuscany: gall characteristics, egg distribution and chestnut cultivar susceptibility. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(2), 139-145.
- Parmesan, C. & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *nature*, 421(6918), 37-42.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst*, 37, 637-669.

- Pástor, M., Juhásová, G., Juhás, D., Bakay, L., Kollár, J. & Benčat', T. (2017). Occurrence of oriental chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in Slovakia—short communication. *Plant Protection Science*, 53(4), 243-246.
- Payne, J.A., Green, R.A., Lester, C.D. (1976). New nut pest: an oriental chestnut gall wasp in North America. *Annual Report of the Northern Nut Growers Association* 67, 83- 86.
- Payne, J. A., MacDonald, W. L., Cech, F. C., Luchok, J. & Smith, C. (1978, January). Oriental chestnut gall wasp: new nut pest in North America. In MacDonald WL, Cech FC, Luchok J, Smith C. *Proceedings of the American Chestnut Symposium*. West Virginia University Press, Morgantown. pp86-88.
- Payne, J. A., Menke, A. S. & Schroeder, P. M. (1975). *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), an oriental chestnut gall wasp in North America. *USDA Cooperative Economic Insect Report*, 25, 903-905.
- Pedigo, L.P. (1989) *Entomology and Pest Management*. New York: MacMillan Publishing.
- Pereira, M. G., Caramelo, L., Gouveia, C., Gomes-Laranjo, J. & Magalhães, M. (2011). Assessment of weather-related risk on chestnut productivity. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(10), 2729-2739.
- Pérez-Girón, J. C., Alvarez-Alvarez, P., Díaz-Varela, E. R. & Lopes, D. M. M. (2020). Influence of climate variations on primary production indicators and on the resilience of forest ecosystems in a future scenario of climate change: Application to sweet chestnut agroforestry systems in the Iberian Peninsula. *Ecological Indicators*, 113, 106199.
- Peters, R. L. (1985). The greenhouse effect and nature reserves. *Bioscience*, 35(11), 707-717.
- Peterson, A. T. (2006). Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity informatics*, 3, 59-72.
- Petzoldt, C. & Seaman, A. (2006). Climate change effects on insects and pathogens. *Climate Change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses*, III: 6–16.
- Piao, C. S. & Moriya, S. (1999). Oviposition of *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) under natural conditions. *Entomological science*, 2(3), 329-334.
- Picciau, L., Alma, A. & Ferracini, C. (2019). Effect of different feeding sources on lifespan and fecundity in the biocontrol agent *Torymus sinensis*. *Biological Control*, 134, 45-52.
- Pintó-Marijuan, M. & Munné-Bosch, S. (2013). Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. *Trends in plant science*, 18(12), 660-666.

- Portela, E., Ferreira-Cardoso, J., Louzada, J. & Gomes-Laranjo, J. (2015). Assessment of boron application in chestnuts: nut yield and quality. *Journal of Plant Nutrition*, 38(7), 973-987.
- Prentice, I. C., Farquhar, G. D., Fasham, M. J. R., Goulden, M. L., Heimann, M., Jaramillo, V. J. & Yool, A. (2001). The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide.
- Price, P.W., Fernandes, G.W. & Waring, G.L. (1987). Adaptive nature of insect gall. *Environmental Entomology*, 16, 15-24.
- Prokopy, R. J. & Owens, E. D. (1983). Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual review of entomology*, 28(1), 337-364.
- Prospero, S. & Forster, B. (2011). Chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) infestations: new opportunities for the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica*. *New Disease Reports*, 23(35), 2044-0588.
- Pujade, J., Torrell, A. & Rojo, M. (2013). Nota entomològica: Primeres troballes a la península Ibèrica de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym, Cynipidae), una espècie de cinípid d'origen asiàtic altament perillosa per al castanyer (Fagaceae). *Orsis*, 27, 0295-301.
- Quacchia, A., Moriya, S., Askew, R. & Schönrogge, K. (2014a). *Torymus sinensis*: Biology, host range and hybridization. *ActaHorticulturae*, 1043, 105-111.
- Quacchia, A., Moriya, S., Bosio, G., Scapin, I. & Alma, A. (2007): Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* . *BioControl* 53: 829-839.
- Quacchia, A., Moriya, S., Bosio, G., Scapin, I. & Alma, A. (2008). Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the Chesnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* . *Biocontrol* (2008), 53(6): 829-839.
- Quinto, J., Wong, M. E., Boyero, J. R., Vela, J. M. & Aguirrebengoa, M. (2021). Population dynamics and tree damage of the invasive chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus*, in its southernmost European distributional range. *Insects*, 12(10), 900.
- Radocz, L., Szilagyi, A., Nagy, M., Kovacs, G. & Melika, G. (2016). Asian sweet chestnut gallwasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae): first record for Romania. *North-Western Journal of Zoology*, 12(1), 201-204.
- Raza, M.M., Khan, M.A., Arshad, M., Sagheer, M., Sattar, Z., Shafi, J., Haq, E.U., Ali, A., Aslam, U., Mushtaq, A., et al. (2014). Impact of global warming on insects. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 48, 84-94.

- Riahi, K., Van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., ... & Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global environmental change*, 42, 153-168.
- Rieske, L. K. (2007). Success of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus*, on chestnut in the USA: a historical account. *EPPO bulletin*, 37(1), 172-174.
- Roces-Díaz, J. V., Jiménez-Alfaro, B., Chytrý, M., Díaz-Varela, E. R. & Álvarez-Álvarez, P. (2018). Glacial refugia and mid-Holocene expansion delineate the current distribution of *Castanea sativa* in Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 491, 152-160.
- Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K. V., Luderer, G., Emmerling, J., Gernaat, D., ... & Tavoni, M. (2018). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5 C. *Nature Climate Change*, 8(4), 325-332.
- Rohfritsch, O. (1971). De'veloppement ce'cidien et role due parasite dans quelques galles d'arthropodes. *Marcellia* 37, 233-339.
- Rohfritsch, O. (1992). Patterns in gall development, p. 60-86. In: Shorthouse, J.D. and O. Rohfritsch (eds.). *Biology of insect-induced galls*. Oxford Univ. Press, New York, NY.
- Rosenzweig, C., Major, D. C., Demong, K., Stanton, C., Horton, R. & Stults, M. (2007). Managing climate change risks in New York City's water system: assessment and adaptation planning. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12, 1391-1409.
- Rosenzweig, C. (1989). Global climate change: Predictions and observations. *American Journal of Agricultural Economics*, 71(5), 1265-1271.
- Rouault, G., Candau, J. N., Lieutier, F., Nageleisen, L. M., Martin, J. C. & Warzée, N. (2006). Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Annals of Forest Science*, 63(6), 613-624.
- Ryding, S., Klaassen, M., Tattersall, G. J., Gardner, J. L. & Symonds, M. R. (2021). Shape-shifting: changing animal morphologies as a response to climatic warming. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(11), 1036-1048.
- Saatçioğlu, F. 1969. *Silvikültür I (Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri)*. İstanbul Üniversitesi Yayın No:1429 Orman Fakültesi Yayın No: 138, İstanbul.
- Santos, A., Pereira, J. A., Santos, S. A. P., Quacchia, A. & Bento, A. (2017a). Biological control based on native parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in invaded countries. *Natural Enemies*, 1-23.
- Santos, J.A., Costa, R., Fraga, H. (2017b). Climate change impacts on thermal growing conditions of main fruit species in Portugal. *Clim. Change* 140, 273-286.

- Santos, M., Fraga, H., Belo-Pereira, M. & Santos, J.A. (2019). Assessment of growing thermal conditions of main fruit species in Portugal based on hourly records from a weather station network. *Appl. Sci.* 9, 3782.
- Sartor, C., Marinoni, D. T., Quacchia, A. & Botta, R. (2009, September). Genes involved in chestnut response to infestation by *Dryocosmus kuripilus* (Yasumatsu, Hymenoptera: Cynipidae). In *Proceedings of the 53rd Italian Society of Agricultural Genetics Annual Congress, Poster Abstract–2.13* (Vol. 16, p. 19).
- Sartor, C., Marinoni, D. T., Quacchia, A. & Botta, R. (2012). Quick detection of *Dryocosmus kuripilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in chestnut dormant buds by nested PCR. *Bulletin of entomological research*, 102(3), 367-371.
- Schoeneweiss, D. F. (1986). Water stress predisposition to disease-An overview. Pages 157-174 in P. G. Ayres, ed. *Water, Fungi, and Plants*. Cambridge University Press, New York.
- Seebens, H., Clarke, D. A., Groom, Q., Wilson, J. R., García-Berthou, E., Kühn, I., ... & McGeoch, M. (2020). A workflow for standardising and integrating alien species distribution data. *NeoBiota*, 59, 39-59.
- Seijo, F., Millington, J. D., Gray, R., Mateo, L. H., Sangüesa-Barreda, G., & Camarero, J. J. (2017). Divergent fire regimes in two contrasting Mediterranean chestnut forest landscapes. *Human Ecology*, 45, 205-219.
- Sheldon, K. S., Yang, S. & Tewksbury, J. J. (2011). Climate change and community disassembly: impacts of warming on tropical and temperate montane community structure. *Ecology Letters*, 14(12), 1191-1200.
- Shiraga, T. (1951). Problems and control of the chestnut gall wasp. *Nogyô oyobi Engei (Agriculture and Horticulture)*, 26, 167-170.
- Shorthouse, J. D. (1973). The insect community associated with rose galls of *Diplolepis polita* (Cynipidae: Hymenoptera). *Quaestiones Entomol.* 9, 55-98.
- Shorthouse, J. D. (1993). Adaptations of gall wasps of the genus *Diplolepis* (Hymenoptera: Cynipidae) and the role of gall anatomy in cynipid systematics. *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 125(S165), 139-163.
- Shrestha, S. (2019). Effects of climate change in agricultural insect pest. *Acta Scientific Agriculture*, 3(12), 74-80.
- Simi, E., Moreno, P. I., Villa-Martínez, R., Vilanova, I. & de Pol-Holz, R. (2017). Climate change and resilience of deciduous *Nothofagus* forests in central-east Chilean Patagonia over the last 3200 years. *Journal of Quaternary Science*, 32(6), 845-856.
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V. & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5), 440.

- Soylu, A. (2004). Kestane Yetiştiriciliği ve Özellikleri. Hasat Yayıncılık, No:238, 64s.
- Stange, E. E. & Ayres, M. P. (2010). Climate change impacts: Insects. *eLS*.
- Stiling, P. & Cornelissen, T. (2007). How does elevated carbon dioxide (CO₂) affect plant–herbivore interactions? A field experiment and meta-analysis of CO₂-mediated changes on plant chemistry and herbivore performance. *Global change biology*, 13(9), 1823-1842.
- Stone, G. N., Schönrogge, K., Atkinson, R. J., Bellido, D. & Pujade-Villar, J. (2002). The population biology of oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Annual review of entomology*, 47(1), 633-668.
- Szujecki, A. (1998). Entomologia leśna [Forest entomology]. Wydawnictwo SGGW, Warszawa [in Polish].
- Şah, S. (2019). Türkiye’de Kestane Gal Arısının [*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)] yayılışı ve zarar oranının belirlenmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 52s, Isparta
- Tamura, M. (1960). Studies on the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. (Part 2) About the life cycle. *Journal of Agricultural Sciences, Tokyo Nougyou Daigaku*, 6, 13-26.
- Taylor, F. (1981). Ecology and evolution of physiological time in insects. *The American Naturalist*, 117(1), 1-23.
- Thomas, C.D. (2005). Recent evolutionary effects of climate change. - In: T. Lovejoy & L. Hannah (Eds.), *Climate Change and Biodiversity*: 75-90. Yale University Press, New Haven.
- Toda, S., Miyazaki, M., Osakabe, M. & Komazaki, S. (2000). Occurrence and hybridization of two parasitoid wasps, *Torymus sinensis* Kamijo and *T. beneficus* Yasumatsu et Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) in the Oki islands. *Applied Entomology and Zoology*, 35(1), 151-154.
- Torii, T. (1959). Studies on the biological control of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hym.: Cynipidae), with particular reference to the utilization of its indigenous natural enemies. *Journal of the Faculty of Agriculture, Shinshu University*, 2, 71-149.
- Turchetti, T., Addario, E. & Maresi, G. (2010). Interazioni tra cinipide galligeno e cancro della corteccia: una nuova criticità per il castagno. *Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology*, 7(6), 252.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. & Çetiner, G. (2000). ‘Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri’, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md, Ankara.

- Ueno, W. (2006). Occurrence and control of chestnut gall wasp in Nepal. *Shokubutsu Boeki (Plant Protection)*, 60, 510-512.
- Urban, M. C., Tewksbury, J. J. & Sheldon, K. S. (2012). On a collision course: competition and dispersal differences create no-analogue communities and cause extinctions during climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1735), 2072-2080.
- Urbani, F., D'alessandro, P. & Biondi, M. (2017). Using Maximum Entropy Modeling (MaxEnt) to predict future trends in the distribution of high altitude endemic insects in response to climate change. *Bulletin of Insectology*, 70 (2), 189-200.
- URL-1 EPPO (European Plant Protection Organization), (2005). Data sheets on quarantine pests - *Dryocosmus kuriphilus*. EPPO Bulletin, 35, 422-424. Erişim Tarihi; 17.01.2023
- URL-2 OGM. (2013). Kestane Eylem Planı. OGM Yayınları, Ankara. Erişim Tarihi; 8.02.2023
- URL-3 https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Bitki_Sagligi/Survey/34-Kestane-Gal-Arisi-dryocosmus-kuriphilus-survey-talimati.pdf Erişim Tarihi: 11.02.2023
- URL-4 EPPO, 2010. First report of *Dryocosmus kuriphilus* in the Netherlands. EPPO Reporting Service 8: 2 Erişim Tarihi; 11.02.2023
- URL-5 EPPO (European Plant Protection Organization), 2012. First Report of *Dryocosmus kuriphilus* in the Czech Republic; EPPO Reporting Service; EPPO: Paris, France, Volume 7, p. 5. Erişim Tarihi; 25.02.2023
- URL-6 EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2013. First report of *Dryocosmus kuriphilus* in Austria. EPPO Reporting Service 7, 2013/140. Erişim Tarihi; 05.03.2023
- URL-7 EPPO (European Plant Protection Organization), 2014. First Report of *Dryocosmus kuriphilus* in Portugal; EPPO Reporting Service; EPPO: Paris, France, Volume 6, p. 103. Erişim Tarihi; 11.03.2023
- URL-8 EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2015. First report of *Dryocosmus kuriphilus* in the United Kingdom. EPPO Reporting Service 6, 2015/108 Erişim Tarihi; 08.04.2023
- URL-9 EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2016. First report of *Dryocosmus kuriphilus* in Belgium. EPPO Reporting Service 2, 2016/029. Erişim Tarihi; 21.04.2023
- URL-10 EPPO (Current distribution of *Dryocosmus kuriphilus* in the World). 2023 *Dryocosmus kuriphilus* (DRYCKU) [World distribution] EPPO Global Database Erişim Tarihi; 01.05.2023

- URL-11 EFSA 2010 Panel on Plant Health. Risk assessment of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* for the EU territory on request from the European Commission. EFSA J. 8, 1619. Erişim Tarihi; 13.05.2023
- Usta, A. & Yılmaz, M. (2020). Spatio-Temporal Change of Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Forests under Climate Change, Northeastern Turkey. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 19(7).
- Van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J. & Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63, 39-59.
- Viggiani, G. & Nugnes, F. (2010). Description of the larval stages of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), with notes on their phenology. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 42(1), 39-45.
- Viggiani, G. & Voto, A. (2009). Preliminary data on the phenology of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu and the beneficial arthropodfauna of the chestnut in Campania. *Castanea 2009 - 1st European Congress on Chestnut - 5° Convegno Nazionale Castagno*. Cuneo, Italy, 13-16 October. Abstracts: 67.
- Visser, M. E. & Holleman, L. J. (2001). Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1464), 289-294.
- Wagner, T. L., Wu, H. I., Sharpe, P. J., Schoolfield, R. M. & Coulson, R. N. (1984). Modeling insect development rates: a literature review and application of a biophysical model. *Annals of the Entomological Society of America*, 77(2), 208-220.
- Walbot, V. & Cullis, C. A. (1985). Rapid genomic change in higher plants. *Annual review of plant physiology*, 36(1), 367-396.
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J., ... & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416(6879), 389-395.
- Warmund, M. R. (2013). *Dryocosmus kuriphilus* -induced chestnut galls and their inhabitants. *HortScience*, 48(8), 969-974.
- White, A., Cannell, M. G. R. & Friend, A. D. (2000). The high-latitude terrestrial carbon sink: a model analysis. *Global Change Biology*, 6(2), 227-245.
- White, T. T. (1984). The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. *Oecologia*, 63, 90-105.
- Willis, K. J., Rudner, E. & Sümegi, P. (2000). The full-glacial forests of central and southeastern Europe. *Quaternary Research*, 53(2), 203-213.

- Wisn, M. S., Hijmans, R. J., Li, J., Peterson, A. T., Graham, C. H., Guisan, A. & NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. (2008). Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and distributions*, 14(5), 763-773.
- WorldClim, (2022) (<https://worldclim.org/data/bioclim.html>).
- Yadav, P. K., Bhujel, P. & Kafle, N. (2022). Chestnut production and its prospects in Nepal. *Sustainability in Food and Agriculture (SFNA)*, 3(1), 1-10.
- Yaltırık, F. (1993). Dendroloji II (Ders Kitabı) ĞÜ Yayın No: 3767, OF Yayın, No 440, 2. Baskı Isbn, 975-404.
- Yamamura, K. & Kiritani, K. (1998). A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. *Applied Entomology and Zoology*, 33(2), 289-298.
- Yan, H., Feng, L., Zhao, Y., Feng, L., Wu, D. & Zhu, C. (2020). Prediction of the spatial distribution of *Alternanthera philoxeroides* in China based on ArcGIS and MaxEnt. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00856.
- Yasumatsu, K. (1951). A new *Dryocosmus* injurious to chestnut trees in Japan. *Mushi = J. Fukuoka Ent. Soc*, 22, 89-92.
- Yıldız, Y., Yıldırım, İ., Albas, E., Bostancı, C. & Aydoğan, O. (2020). İstilacı tür kestane gal arısı (*Dryocosmus kuriphilus*) Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)'nin yeni yayılış alanları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(3), 1014-1022.
- Yılmaz, H. (2015). Weather response of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) radical growth increment in Belgrad forest. *Fresenius Environ. Bull*, 2, 2491-2495.
- Yoruk, A. & Sahinler, N. (2013). Potential effects of global warming on the honey bee. *Uludag Bee Journal*, 13(2), 79-87.
- Zhang, C., Gomes-Laranjo, J., Correia, C. M., Moutinho-Pereira, J. M., Carvalho Goncalves, B. M., Bacelar, E. L. V. A., ... & Galhano, V. (2011). Response, tolerance and adaptation to abiotic stress of olive, grapevine and chestnut in the Mediterranean Region: Role of abscisic acid, nitric oxide and microRNAs. *Plants and Environment; Serie Abiotic Stress; Lazineca, A, Ed*, 179-206.
- Zhang, Z. Y., Tarcali, G., Radocz, L., Feng, Y. Q. & Shen, Y. Y. (2009). Chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in China and in Hungary. *Journal of Agricultural Sciences*, 38, 123-128.
- Zhi-yong, Z., Lin, G. & Hong-Wang, H. (2009). Study approaches on the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in China. *Acta Horticulturae*, 844, 425-432.