

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Marchalina hellenica Genn. VARLIĞININ *Pinus brutia* Ten.
İBRELERİNDEKİ TERPEN PROFİLİ ÜZERİNE OLAN
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZAHİRE PINAR TOPCAN

DENİZLİ, 2017

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**



***Marchalina hellenica* Genn. VARLIĞININ *Pinus brutia* Ten.
İBRELERİNDEKİ TERPEN PROFİLİ ÜZERİNE OLAN
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZAHİRE PINAR TOPCAN

DENİZLİ, 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

ZAHİRE PINAR TOPCAN tarafından hazırlanan “**ÇAM PAMUKLU KOŞNİLİ** (*Marchalina hellenica* Genn.) **VARLIĞININ KIZILÇAM** (*Pinus brutia* Ten.) **İBRELERİNDEKİ TERPEN PROFİLİ ÜZERİNE OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 01.12.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

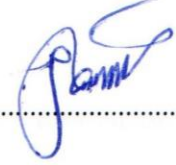
Jüri Üyeleri

İmza

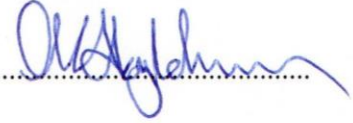
Danışman
Doç. Dr. Gürkan SEMİZ
Pamukkale Üniversitesi



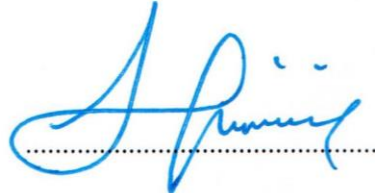
Üye
Doç. Dr. Oğuzhan SARIKAYA
Süleyman Demirel Üniversitesi



Üye
Yrd. Doç. Dr. Gürçay Kıvanç AKYILDIZ
Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
13/12/2017... tarih ve 49/106 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

ZAHİRE PINAR TOPCAN



ÖZET

***Marchalina hellenica* Genn. VARLIĞININ *Pinus brutia* Ten. İBRELERİNDEKİ TERPEN PROFİLİ ÜZERİNE OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZAHİRE PINAR TOPCAN**

**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. GÜRKAN SEMİZ)**

DENİZLİ, ARALIK – 2017

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), ülkemizde en geniş yayılışa sahip yerli orman ağacımızdır. Kızılçam, ekonomik ve ekolojik özellikleri bakımından Türkiye’de önemli bir yere sahiptir. Çam pamuklu koşnili (*Marchalina hellenica* Gen.), ülkemizde kızılçam ağaçlarından beslenen ve salgıladığı bal şebnemi özelliği ile çam balı üretiminde kullanılan ekonomik öneme sahip bir türdür. Dünyada elde edilen çam balının %90’nı Türkiye’de üretilmektedir. Böcek istilası, ormanlık alanlarda karşılaşılan en büyük sorundur. Koniferlerden salınan terpenler, biyotik ve abiyotik çevre koşullarına karşı savunma sistemi oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı çam pamuklu koşnili varlığının kızılçam ibreleri üzerindeki terpen profillerine olan etkisinin araştırılmasıdır. Bu amaçla, Muğla-Ekincik bölgesinde çam pamuklu koşnili tarafından istila edilmiş ve edilmemiş toplam 20 adet kızılçam ağacı seçilmiştir. Bu ağaçlardan, Aralık-Mart-Haziran-Eylül aylarında toplamda 80 ağaca ait ibre örneğinin terpen profillerini belirlemek için GC-MS analizleri yapılmıştır. Bileşiklerin aylara göre değişimini belirlemek için tek yönlü ANOVA testi, istila edilmiş ve edilmemiş ağaçlar arasındaki farklılıkların mevsimlere göre değişimini belirlemek için bağımsız *t*-testi uygulanmıştır. İki test sonucunda da istatistiksel olarak gruplar arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Çalışmamızda en yüksek miktarda bulunan monoterpen bileşiği olan α -pinene bileşiği birçok bitki türünün zararlılara karşı olan savunma sisteminde önemli bir yere sahip olan bir bileşiktir. Sonuçlara göre böceğin beslenme dönemine denk gelen aylarda bileşik değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi ağaç ve böcek arasındaki ilişki, yöre insanına ve ekonomiye önemli bir getirisin olmasının yanında, bazı durumlarda ağaca bir stres faktörü gibi etki yaptığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: *Pinus brutia* Ten., *Marchalina hellenica* Genn., terpen, ibre yaprak, varyasyon

ABSTRACT

AN INVESTIGATION OF THE EFFECT ON NEEDLE TERPENE
PROFILE OF *Pinus brutia* Ten. INFESTED BY *Marchalina hellenica* Genn.

MSC THESIS

ZAHİRE PINAR TOPCAN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
BIOLOGY

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. GÜRKAN SEMİZ)

DENİZLİ, DECEMBER - 2017

Pinus brutia Ten. is our native forest tree with the widest distribution in our country. *Pinus brutia* has an important field in Turkey in terms of its economic and ecological characteristics. In the country, *Marchalina hellenica* Genn. is a kind of economical prey used in the production of pine dew with its honeybee secretion. Ninety percent of the world's pine honey is produced in Turkey. Insect infestation is the biggest problem encountered in forested areas. The terpenes released from the conifers constitute a defensive system against biotic and abiotic environmental conditions. The purpose of this study is to investigate the effect of the presence of *Marchalina hellenica* on the terpenoid profiles of the *Pinus brutia*. For this purpose, a total of 20 *Pinus brutia* trees infested and uninfested by *Marchalina hellenica* in the Muğla-Ekincik region were selected. GC-MS analyzes were performed from these trees to determine the terpenoid profiles of 80 samples collected from December-March-June-September between 2015 and 2016. A one-way ANOVA test was used to determine the seasonal change with respect to the months and related compounds, and an independent *t*-test was used to determine the seasonal variation of the differences between the infested and uninfested trees. There were statistically significant differences between the groups in the two test results. The highest amount of monoterpene is the α -pinene that has an important role in the defense system against many plant pathogens. The results showed that compound values decreased during the months corresponding to the feeding period of the pest. As a result, it has been observed that the presence of *Marchalina hellenica* causes physiological stresses to the *P. brutia* trees.

KEYWORDS: *Pinus brutia* Ten., *Marchalina hellenica* Genn., terpene, needle, variation

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. <i>M. hellenica</i> 'nın sistematikteki yeri	3
2.2. <i>M. hellenica</i> 'nın yayılış alanları	3
2.3. <i>M. hellenica</i> 'nın kızılçam ormanlarına etkisi	4
2.3.1. <i>M. hellenica</i> 'nın yumurta dönemi	6
2.3.2. <i>M. hellenica</i> 'nın nimf dönemi.....	6
2.3.3. <i>M. hellenica</i> 'nın prepupa ve pupa dönemi	7
2.3.4. <i>M. hellenica</i> 'nın ergin dönemi	8
2.4. <i>M. hellenica</i> 'nın ekonomik önemi.....	8
2.5. <i>M. hellenica</i> 'nın doğal düşmanları	9
2.6. Kızılçam'ın taksonomisi ve biyolojisi.....	9
2.7. Kızılçam'ın doğal yayılışı ve ekonomik önemi.....	10
2.8. Koniferlerin böceklerle karşı savunma mekanizması.....	10
2.9. Koniferlerdeki terpenoid bileşikler ve biyosentezleri	11
2.9.1. Monoterpenler	12
2.9.2. Seskiterpenler	12
2.10. Çalışmanın amacı.....	14
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1. Çalışma alanı	15
3.2. Çalışma alanından ibre örneklerinin toplanması	16
3.4. Terpen analizleri.....	16
3.5. İstatiksel analizler.....	17
4. BULGULAR	18
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	23
6. KAYNAKLAR	27
7. ÖZGEÇMİŞ	39

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: <i>M. hellenica</i> istilasına uğramış ve uğramamış kızılçam bireyleri	5
Şekil 2.2: Böcek tarafından bırakılan ve arılar tarafından toplanan salgılar.....	5
Şekil 2.3: <i>M. hellenica</i> nimfleri ve ergin dişilerin bıraktığı pamuklu örtü	6
Şekil 2.4: Bazı monoterpenler ve açık formülleri	13
Şekil 2.5: Bazı seskiterpenler ve açık formülleri	13
Şekil 3.1: Örneklemenin yapıldığı lokasyonun uydudan görüntüsü	15
Şekil 3.2: İstila altındaki ağacın gövde görüntüsü ve üzerindeki nimfler.....	15
Şekil 3.3: Her ağaçtan ayrı ayrı toplanan ibre örnekleri	16
Şekil 3.4: Her bir ağaç için ayrı ayrı ekstrasyonları yapılmış ibre örnekleri.....	17

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: <i>M. hellenica</i> 'nın taksonomik olarak sınıflandırılması ve nifm görüntüsü	3
Tablo 4.1: <i>P. brutia</i> ibre yapraklarında seskiterpenlerin aylara göre istatistiksel değişimi ($\mu\text{gr/g}$ fwd $\pm$ SE; $n= 20$). Tablodaki her bir harf istatistiksel anlamda farkı göstermektedir.	20
Tablo 4.2: <i>P. brutia</i> ibre yapraklarında monoterpenlerin aylara göre istatistiksel değişimi ($\mu\text{gr/g}$ fwd $\pm$ SE; $n= 20$). Tablodaki her bir harf istatistiksel anlamda farkı göstermektedir.	21
Tablo 4.3: İstilaya uğramış ve uğramamış ağaçlar arasındaki terpen miktarlarının aylara göre değişiminin t-testi sonuçları.....	22

SEMBOL LİSTESİ

%	: Yüzde
°	: Derece
dk	: Dakika
ha	: Hektar alan
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
°C	: Santigrat derece
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre
α	: Alfa
β	: Beta
δ	: Delta

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, çalışmamın başından sonuna kadar her aşamasında katkısını gördüğüm, bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Gürkan SEMİZ'e, bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendiren saygıdeğer jüri üyesi hocalarım Doç. Dr. Oğuzhan SARIKAYA ve Yrd. Doç. Gürçay Kıvanç AKYILDIZ'a, arazi çalışmalarında ve laboratuvar analizlerimde büyük desteklerini gördüğüm Kübra KOCABIYIK, Serdar POLAT, Erhan GÖNEN, Recep BAKIR'a, tez çalışmam boyunca gerek maddi, gerekse manevi desteklerini benden bir an olsun esirgemeyen değerli ailem Güler ÇELİK, Cafer GECECİ ve sevgili eşim Evrim TOPCAN'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, tez çalışmasını maddi yönden destekleyen Pamukkale Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Koordinatörlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Hızla artmakta olan insan nüfusunun ihtiyaçlarını karşılayan en önemli doğal kaynaklardan biri de ormanlardır. Ekonomik ve sosyal yaşamın temel kaynağını oluşturan ormanlarımızı korumak, kuruluşlarını düzenlemek ve yeni ormanlar oluşturarak alanlarını artırmak gerekmektedir (Köse 2007). Ülkemiz orman varlığı içerisinde en önemli türlerden biri olan Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), dünyadaki en geniş yayılışını ülkemiz içerisinde göstermektedir (Anşın 1994). Kızılçamın doğal yayılışı İtalya, Yunanistan, Girit, Türkiye, Ege adaları, Kıbrıs, Irak, Orta Kafkasya, Gürcistan ve Kırım yarımadasında görülmektedir (Neyişçi 1987, Kasaplıgil 1952). Türkiye'deki yayılış alanları yoğun olarak Akdeniz bölgesi ve Ege bölgesi, seyrek olarak Marmara bölgesi ve Karadeniz bölgesidir (Sarıbaş ve Ekici 2004). Kızılçam ana coğrafik bölgelerdeki çeşitli ekolojik koşullara uyum sağlaması ve geniş yayılış alanına sahip olması nedeniyle ağaçlandırmalarda kullanılan türlerin başında gelmektedir. Kızılçam, yaz kuraklığına dayanıklı olması ve çok hızlı bir yayılma yeteneği göstermesi ile ülkemizde genetik ıslah yönünden Ulusal Ağaç-İslah ve Ağaçlandırma Programlarında en ön sırada yer almaktadır (Koski ve Antola 1994, Atalay ve diğ. 1998). Ekonomik olarak önem arz eden kızılçam odunu, tel direği, maden direği, yapı malzemesi, yat ve tekne yapımı, ambalaj sandığı, çit direği, alet ve sandıklarda, kâğıt ve selüloz sanayinde kullanılmaktadır (Göker ve diğ. 2000).

Yaklaşık beş bin yıl önce başlayan arıcılık sektörü günümüzde, bilim ve teknoloji yardımıyla ilerlemeye devam etmiştir. Bal içermiş olduğu glikoz, amino asit ve mineral madde zenginliği ile beslenmemizde önemli bir yere sahiptir (Özkök 2009). Türkiye’de çam balı, iç ve dış ticarete oldukça önemli bir yere sahiptir. Ülkemiz çam balı üretiminde dünya da birinci sırayı almakta ve bu üretilen balının yaklaşık % 40'nı çam balı oluşturmaktadır (Sunay ve diğ. 2003). Çam Pamuklu Koşnili olarak bilinen *Marchalina hellenica* Genn., kızılçam ağaçlarının floem özsuğu ile beslenir. Karbonhidrat bakımından zengin olan bu özsuğu çok yoğun miktarlarda emilir ve fazlası böcek tarafından rektal olarak dışarı atılır ve bu maddeye bal şebnemi (balçığı vb.) olarak adlandırılır (Zander ve Koch 1994, Gürkan 1988). Çam balının ana kaynağını da, gül rengine ve hoş kokulu olan bu bal şebnemi oluşturmaktadır. Böceğin gelişim dönemlerine bağlı olarak Haziran-Ekim ayları arasında yoğun miktarda oluşturulan bal şebnemi,

Apis mellifera (bal arısı) tarafından toplanarak çam balına dönüştürülür (Kıvrak 2008). *M. hellenica* az hareketli bir böcek olması nedeni ile doğal yayılımı oldukça yavaştır (Ülgentürk ve diğ. 2012). *M. hellenica*'nın dünya üzerindeki en geniş yayılımı Türkiye ve Yunanistan'da görülmektedir (Santas 1979). Muğla ilimizde 60.000 ve Aydın ilimizde 15.000 ha alan *M. hellenica* ile istila edilmiş olarak kabul edilmektedir. Bu alanlardan yaklaşık 750.000 kovan bal elde edilmektedir (Ülgentürk ve diğ. 2012). Her geçen gün ekonomik kazanç elde etmek için yeni sahaların böcek istilasına açılıyor olması da şüphesiz dikkat çekici bir konudur. Ülkemizde ki çam balı üretimi için önemli olan bu türün sürdürülebilir yönetimidir. Çünkü böcek tarafından aşırı miktarda emilen öz suyu sebebiyle ağaçların olumsuz abiyotik ve biyotik çevre şartlarına karşı dayanıksız hale gelmesi söz konusudur.

Bitkiler abiyotik ve biyotik çevre şartlarına karşı savunma sistemleri geliştirmişlerdir. Bunlar direkt savunma ve dolaylı savunmadır. Bitkilerdeki morfolojik yapıların herbivorlara karşı fizyolojik olarak bir bariyer oluşturması "*doğrudan savunma*"dır (Arimura ve diğ. 2005). Bitkilerin, terpen ve türevi bileşiklerini ortamdaki herbivorun doğal düşmanını davet amaçlı kullanmasına "*dolaylı savunma*" denmektedir (Vinson 1985, Turlings ve diğ. 1990, De Moraes ve diğ. 1998, Dicke 1999, Hilker ve diğ. 2002, Colazza ve diğ. 2004^{a,b}, Turlings ve Wackers 2004, Arimura ve diğ. 2005). Terpenoik bileşikler, beslenmeyi ve yumurtlamayı engelleme (Alfaro ve diğ. 1981, Charles ve diğ. 1982, Brattesten 1983, Leather 1987, Karr ve Coats 1992), ergin ve larva halindeki böcek türlerine karşı zehirli etkiye sahip olma (Watanebe ve diğ. 1993, Lee ve diğ. 2003), öldürme (Keeling ve Bohlmann 2006), bitki patojenlerinin büyüme faaliyetlerini durdurma ya da azaltma gibi farklı görevler üstlenebilmektedir (Chou ve Zabkiewicz 1976). Bu terpen türevli bileşikler bitkinin yaşadığı çevre şartlarına (böcek istilas, sıcaklık, kuraklık, hastalık vb.) karşı kolay şekilde değişebilmekte ve bitkinin korunması için önemli bileşikler olarak bilinmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. *M. hellenica*'nın sistematikteki yeri

Gennadius adlı araştırmacı, iki yüz yıl önce Yunanistan'ın Attica bölgesinde *M. hellenica* türünü ilk kez bilim dünyasına tanımlamıştır (Avcı ve Sarıkaya 2008). Attica'nın Güneydoğu bölgesinde ortaya çıkan *M. hellenica*'nın yer aldığı Margarodidae familyasının türleri son 40 yılda yapılan çalışmalar sonucunda minimum 10 farklı familyaya ayrılmıştır (Hodgson ve Foldi 2006).

Homoptera alt takımı emici-sokucu ağız yapıları ile besinlerini bitkilerin özsuynunu emerek karşılarlar. Dışkıları aminoasit bakımından zengin ve tatlımsı bir maddedir. Diğer hayvanlar bu maddeyi besin kaynağı olarak kullanabilmektedirler. Bu özellikler dışında bu böcek grubunun biyolojik özellikleri hakkında genelleme yapmak oldukça güçtür (Aydın 2016). Tüm salgı balı üreten böcekler bu takım içerisinde bulunmaktadır. Coccoidea, Aleyroidea, Psylloidea Aphidoidea, Cicadoidea, Margarodidae familyalarının bir kısmı bu takıma dahildir (Maurizo 1976).

Tablo 2.1: *M. hellenica*'nın taksonomik olarak sınıflandırılması ve nifm görüntüsü

Alem :	Animalia	
Şube :	Arthropoda	
Sınıf :	Insecta	
Takım:	Hemiptera	
Alt takım:	Homoptera	
Familya:	Margarodidae	
Cins:	<i>Marchalina</i>	
Tür:	<i>Marchalina hellenica</i> Genn.	

2.2. *M. hellenica*'nın yayılış alanları

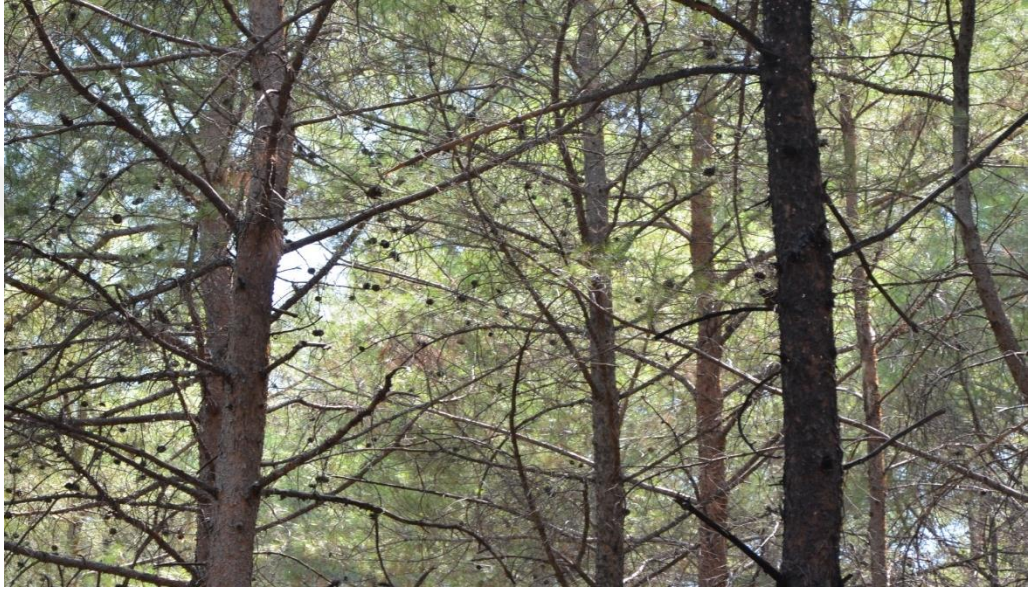
M. hellenica Akdeniz ülkelerinde yayılış gösteren bir türdür (Gounari 2004). *M. hellenica*, özellikle *Pinus* cinsi üzerinde bulunan istilacı bir böcektir (Mita ve diğ. 2002). En büyük yayılışını Türkiye'de gösteren bu böcek ve Yunanistan'da da önemli populasyonlar oluşturmaktadır. *M. hellenica* Yunanistan'da büyük oranda *P. halepensis* ve *P. brutia* üzerinde, az miktarlarda ise *P. slyvestris*, *P.*

pineae, *P. maritima* ve *P. nigra* üzerinde yayılım göstermektedir (Kailidis 1965, Avtzis 1985). Türkiye’de ise *P. brutia*, *P. pinea*, *P. sylvestris*, İtalya’da ise *P. leucodermis* ve *P. maritima* (Fimiani ve Solino 1994) üzerinde bu böcek tespit edilmiştir (Gounari 2004). 1995 yılına kadar *M. hellenica*’nın monofaj bir tür olduğu düşünülmüştür. Yunanistan’da *Pinus* ağaçları haricinde yüksek rakımlardaki *Abies cephalonica* Loudon ormanlarında hiç gözlemlenmeyen bu böcek, 2000’li yıllardan sonra Helmos dağının 2000 m üzeri rakımlarındaki göknarlarda yayılım göstermeye başladığı görülmüştür (Bacandritsos 2002, Bacandritsos ve diğ. 2004).

2.3. *M. hellenica*’nın kızılçam ormanlarına etkisi

Ülkemizde en başta *P. brutia* olmak üzere çam ağaçları üzerinde yaşamını sürdüren, delici-emici ağız yapısı ile ağaç özsuyunu emerek beslenen *M. hellenica*, önemli bir orman zararlısı olarak bilinmektedir. Bu beslenme şekliyle odun borularındaki besin akışını keserek ağaçlarda zarar oluşturmaktadır (Vité ve Rudinski 1959, Mendel ve Lippshitz 1988, Mitchell 1967). *M. hellenica*’nın beslenme şekli direkt olarak fotosentetik dokuya zarar vermemektedir. Beslenmesi sonucu, çam ağaçları zayıflar ve diğer zararlı faktörlere karşı direnç kaybı yaşar. Türkiye ve Yunanistan’da yapılan araştırmalara göre *M. hellenica*’nın istila ettiği ağaçların büyümesinde olumsuz etkiye neden olduğu görülmüştür (Yeşil ve diğ. 2005, Gallis 2007). Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Örgütü (EPPO) 2006 yılında *M. hellenica*’yı karantina listesine almış ve daha sonra 2008 yılında listeden çıkarmıştır. *M. hellenica* Yunanistan ve Girit adasındaki çam ormanlarında görülen ölümün başlıca sebebi olarak gösterilmiştir (Ülgentürk ve diğ. 2012). *M. hellenica*, ağacın iletim demetlerinden %20’si protein ve % 80’i karbonhidrat olan bitki özsuyunu emer. Fazla miktarda olan karbonhidratları anüs yolu ile dışarı atar. Bu dışkı gül renginde ve hoş kokulu olup, "bal şebnemi" adını almaktadır (Gürkan 1988, Bacandritsos 2002). Bitkilerin üzerine bırakılan bu ballı maddeye çeşitli maddelerin yapışması ve saprofit mantarların da katkısıyla basra denilen siyah bir katman oluşur. Bu katman ağaçların istilaya uğramamış ağaçlara göre daha koyu görünmesine ve estetik değerini yitirmesine neden olmaktadır (Şekil 2.1). Yöreye göre değişmekle beraber genelde Haziran ve Ekim ayları arasında salgılanan bu sıvı, bal arıları tarafından toplanarak çam balına

dönüştürölür (Kıvrak 2008). *M. hellenica* ölkemizde yılda bir nesil üretir. *M. hellenica*, beyaz pamukçuk seklinde bir salgı salgılar ve bu salgı sayesinde ağaç kabuklarının altında veya çatlakları içerisinde kendini muhafaza edebilmektedir (Bacandirtsos ve diğ. 2004). Türkiye’de *M. hellenica*’nın birinci nimf dönemi Haziran-Eylöl ayları arasında, üçüncü nimf dönemi Ekim-Mayıs ayları arasında görölmektedir. Ergin dönem ise Nisan-Haziran aylarında olup, en kısa dönemi oluşturmaktadır (Ölgentürk ve diğ. 2012).



Şekil 2.1: *M. hellenica* istilasına uğramış ve uğramamış kızılçam bireyleri



Şekil 2.2: Böcek tarafından bırakılan ve arılar tarafından toplanan salgılar

2.3.1. *M. hellenica*'nın yumurta dönemi

Yılda bir kez nesil veren ergin dişiler, yumurtlama dönemi başlangıcında yoğun olarak beyaz pamukçuk salgılamaya başlar. Dişiler ortalama 260 kadar yumurtayı ağız kabuklarında beyaz pamuksu örtü ile sararak koruma altına alırlar (Gounari 2004, Gounari 2006). Ağaç dalının güneşi az gören kısımlarına yumurtalarını Nisan-Mayıs aylarında bırakırlar. Yumurtalar 0.72 mm boyutunda, 0.37 mm eninde olup, açık sarı renktedir (Gürkan 1988). Yumurtalar altı hafta içerisinde açılırlar (Gürkan 2005). Santas (1979) ve Nikolopoulos, (1965) 3-4 gün süren yumurtlama süresi ardından ergin dişilerin öldüklerini gözlemlemişlerdir. Ancak Gounari (2004) laboratuvar ortamında yumurtlama süresinin 16 gün sürebileceğini ve bazı yetişkinlerin 37 gün boyunca hayatta kalabileceğini gözlemlemiştir (Gounari 2006). Yumurta çıkışı sonrasında ortaya çıkan nıflar ise ergin hale gelebilmek için üç kere gömlek değiştirirler (Hatjina ve Bouga 2009, Yeşil ve diğ. 2005). Ayrıca böceğin hayat döngüsü açısından, Gounari (2006) Yunanistan'da yaptığı gözlemlerde *M. hellenica*'nın yılda bir kez döl verdiğini bildirmiştir.

Şekil 2.3: *M. hellenica* nimfleri ve ergin dişilerin bıraktığı pamuklu örtü



2.3.2. *M. hellenica*'nın nimf dönemi

Birinci nimf dönemi böcekleri açık sarı renklidir. 1.1-1.2 mm boyutunda olup elipsoit bir şekle sahiptirler. Vücutları yumuşaktır ve arka kısmı beyaz renkli, mumsu bir tabaka ile kaplıdır. Altı segmentli antenleri vardır. İri bir ağız yapısına

sahiptirler. Vücutları saç yapısına benzer kıllar ile kaplanmıştır. Deri değiştirmeye yakın bireylerin renkleri matlaşmaya başlar ve vücutları küçülür. Bu dönem 33-40 gün civarı sürmektedir (Bacandiritsos ve diğ. 2004, Ülgentürk ve diğ. 2012, Kılıç 2013).

İkinci nimf dönemi böcekleri Eylül döneminde görülmeye başlarlar. Vücutları daha iri ve açık sarı renktedir. Yetişkin dişi görünümündedirler. Ağaç özsuynunu delici ağız yapıları ile emerek beslenirler. En iyi beslenme ve buna bağlı olarak balçığı üretimi bu dönemde görülür. Bu dönem yaklaşık 120 gün sürmektedir (Avcı ve Sarıkaya 2008, Ülgentürk ve diğ. 2012, Bacandiritsos ve diğ. 2004, Kılıç 2013).

Üçüncü nimf dönemi böcekleri Ekim ayının başında görülmeye başlarlar. Geçirdiği tüm dönemlere göre daha iri görünümündedirler. Delici-emici yapıdaki ağız kısımları daha güçlenmiştir. Bu sebeple de iç kısımlardaki kabukların alt kısımlarına ilerleyebilmektedirler. Bu dönem 160-170 gün sürmektedir. (Ülgentürk ve diğ. 2012, Kılıç 2013). Yunanistan'da *M. hellenica*'nın kışı üçüncü nimf döneminde geçirdiği ve kanatsız erkek bireylerinin nadiren görüldüğü bildirilmiştir (Gounari, 2004, Gounari 2006). Aynı zamanda Kafkaslar'da yapılan çalışmada, *M. hellenica* erkek bireylerinin kanatlarının olduğu literatüre geçmiştir (Hadzibejli 1969). Bodenheimer (1953) ve Gürkan (1988) yaptıkları çalışmalar sonucunda, *M. hellenica* bireylerinin yalnızca üçüncü nimf döneminde kışladığını, Ülgentürk ve arkadaşları (2012) ise yaptığı çalışma sonucunda, az sayıda da olsa diğer nimf dönemlerinde kışlayan *M. hellenica* bireylerinin olduğunu gözlemlemiştir.

2.3.3. *M. hellenica*'nın prepupa ve pupa dönemi

Prepupa dönemi üçüncü nimf döneminin özelliklerini taşımakla birlikte, antenler daha iri bir görünüme sahiptir. Ağız kaybolmuş ve gözler belirginleşmiştir. Pupa döneminde ise ağız yapıları tamamen körelmiş ve bacak yapıları gelişmiştir. Sarı renkli küçük, uzun ve dar yapıda bir vücuda şekline sahiptirler. Dokuz segmentli antenlerinin hemen altına basit gözler başın iki yanına gelecek şekilde dizilmiştir (Ülgentürk ve diğ. 2012, Hodgson ve Gounari 2006). Ergin olmayan *M. hellenica* bireyleri vücudunun üç katı büyüklüğünde

vücudunun iç kısmında kıvrılmış bir ağız yapısına sahiptir. Bu kısım besin aldığı zamanlarda serbest halde bulunmaktadır (Gounari 2006).

2.3.4. *M. hellenica*'nın ergin dönemi

Ergin dişi bireyler *Pinus* türleri üzerinde Nisan-Mayıs ayları arasında görülür. İri yapısı ve açık sarı rengi ile kolaylıkla fark edilebilmektedir. Antenleri onbir segmentlidir ve ağız parçaları yoktur. İyi gelişmiş gözlere sahiptirler. 3-5 mm eninde, 7-11 mm uzunluğunda vücut yapılarına sahiptirler. Birinci nimf döneminin ilk safhalarında ortamda yetişkin dişiler de görülebilmektedir (Gounari 2006, Avcı ve Sarıkaya 2008).

Ergin erkek bireyler, 10 segmentli antene sahiptir. 1.2-1.5 mm eninde ve 3-4 mm boyundadır. Vücutları ince uzun kıllar ile kaplanmıştır. Bacakları gelişmiş bir yapıdadır. Yaklaşık 11 mm açıklıkta kül renginde kanatlara sahiptirler. Kanatsız bireyler ise nadir olarak görülmektedir. Vücutlarının alt kısmı sarımtırak kırmızı renkte, arka kısmı ise kahverengi-sarı renktedir. Ağız parçaları bulunmamaktadır (Bacandritsos ve diğ. 2004, Gounari 2004). Yetişkin erkek bireylerin doğada çok çok nadir görülmesi bu türün partenogenetik olarak çoğalabildiği fikrini de ortaya çıkarmıştır.

2.4. *M. hellenica*'nın ekonomik önemi

Böceklerin salgısından toplanarak elde edilen orman balları, fruktoze ve glikoz açısından fakir, prebiyotikler ve diğer şeker bileşikleri açısından zengindir (Astwood ve diğ. 1998). Çam balı yüksek mineral içeriği, kendine özgü kokusu, kristalize olmaya dayanıklılığı nedeniyle tüketiciler tarafından ciddi oranda talep görmektedir (Hatjina ve Bouga 2009). Geçtiğimiz yıllarda yapılan biyolojik çalışmalarla, *M. hellenica*'nın bal üretimi ekonomisi için temel kaynağı oluşturduğu görülmüştür (Margaritapoulos ve diğ. 2003). Türkiye çam balı üretiminde %90'lık payla dünyada birinci sırada yer almaktadır. *M. hellenica*'nın çam balı üretimi açısından Türkiye'deki en önemli bölgesi %85'lik oranla Muğla ilimizdir (Ülgentürk ve diğ. 2012). Muğla ilinin Marmaris, Fethiye, Yatağan, Köyceğiz ve Milas ilçelerinin mevcut 417.915 ha orman alanından 60.542 ha yani %14.46'sı *M. hellenica* tarafından istila edilmiştir (Tutkun 1999).

2.5. *M. hellenica*'nın doğal düşmanları

Gün ışığı *M. hellenica* üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Bunun yanında *M. hellenica*'nın düşük ısılara karşı toleransı oldukça yüksektir (Nikolopoulos 1965). 1953 yılında Bodenheimer *M. hellenica*'nın predatörlerini *Leucopis* sp. (Diptera: Chamaemyiidae), *Dasytes flavipes* F. (Coleoptera: Dasytidae) olarak tespit etmiştir. Diğer ülkelerde görülen predatörler ise *Leucopis obscura* Haliday (Dip.: Chamaemyiidae), *Exochomus illaesicollis* Roub., *Hippodamia variegata* Goeze, *Rodolia cardinalis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), *Anthrenus museorum* L. (Col.: Dermestidae), *Chrysopa flavifrons* Brauer, *C. septempunctata* Wesm. (Neu.: Chrysopidae) *Rhaphidia notata* F. (Neu.: Rhaphidiidae) *Cadra woodiella* Richards & Thos. (Lep.: Phycitidae) olarak tanımlanmıştır (Nikolopoulos 1965, Hadzibejli 1969).

2.6. Kızılçam'ın taksonomisi ve biyolojisi

Bilim tarihinde ilk kez İtalya'dan tanımlanmış olan kızılçam (*P. brutia*), dünyadaki en geniş yayılışı Türkiye'de göstermektedir. (Nahal 1986). *P. brutia* %42'lik bir oranla ülkemizdeki iğne yapraklı orman ağaçları içerisinde en geniş bir yayılışa sahip olan türdür (OGM 2012). Kızılçam yedi farklı varyeteye sahip olup, genetik çeşitliliği oldukça yüksek olan bir türdür (Frankis 1993). *P. brutia* doğal popülasyonları arasındaki bazı morfolojik farklılıkların yetiştikleri ortama ve yükseltiye bağlı olduğu düşünülmektedir (Arbez 1974). *P. brutia* düzensiz bir gövde yapısına sahip, 25 m'ye kadar uzayabilen, 1-1.2 m çaplı kalın yan dallara sahip her mevsim yeşil kalan bir orman ağacıdır. Kozalakları topaç şekilli ve 6-11 cm boyunda, açık kahverengi renkli, saplı veya sapsız bir yapıda olabilirler (Anşin ve Özkan 1997). Başta kırmızı renkte görülse de zamanla yeşilimsi bir kahverengine dönüşebilmektedirler (Ertürk 2014). Yaprakları açık yeşil renkte ve yumuşak yapıdadır. *P. brutia* verimli topraklarda yayılış gösterebildiği gibi kayalık, kireçli, kumlu topraklarda da yayılış gösterebilmektedir (Öktem 1987). Işıklı alanlarda yoğun yayılış ve gelişim gösteren *P. brutia* tipik bir Akdeniz iklimi ağacıdır, ağır kış şartlarının yaşandığı bölgeler için elverişli değildir (Zencirkıran 2013).

2.7. Kızılçam'ın doğal yayılışı ve ekonomik önemi

Kızılçam iğne yapraklı türler içinde toplam 5.854.673 (3.207.914 ha verimli, 2.646.759 ha verimsiz) hektarlık alan ile ülkemizde en geniş yayılışa sahip orman ağacı türüdür (OGM 2012). Bunun etkisi ile evrensel kaynaklarda “Turkish Red Pine” olarak da adlandırılmaktadır (Boydak ve diğ. 2006). Kuzey yarım kürede, 32°-45° kuzey enlemleri ile 15°-45° doğu boylamları arasında kızılçam geniş bir yayılışa sahiptir (Kayacık 1965). Kızılçam Karadeniz’de; Türkiye, Kafkasya ve Kırım’da, Doğu Akdeniz de; Filistin, Ürdün, Türkiye, Yunanistan, İtalya, Kıbrıs, Suriye ve Lübnan’da yayılış gösterir (Yeşil 1992).

P. brutia ülkemizdeki yayılış bölgeleri Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz’dir (Sarıbaş ve Ekici 2004). Muğla, Antalya, Adana, Antakya ve Mersin ise kızılçam ağaçlarının yoğun olarak dağılım gösterdiği illerimizdir (Yaltırık ve Boydak 1993). Kızılçam 0-1500 m’ye kadar yayılış gösterebilmektedir (Yaltırık 1993). *P. brutia* ülkemizde doğal bir yayılışa sahip olması ve odununun pek çok alanda işlenmesi nedeni ile ekonomik olarak önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde yapılan ağaçlandırmaların ortalama %37’sini *P. brutia* ormanları oluşturmaktadır (Günay ve Tacenur 1993). Kızılçam odunu tel direği, maden direği, yapı malzemesi, yat ve tekne yapımı, ambalaj sandığı, çit direği, alet ve sandıkları, kâğıt ve selüloz sanayinde kullanılmaktadır (Göker ve diğ. 2000).

2.8. Koniferlerin böceklerle karşı savunma mekanizması

Canlı organizmalar değişen çevre koşullarına karşı kendilerince uyum sağlama stratejileri geliştirmişlerdir. Küresel ısınmanın dünyamızı tehdit etmesi üzerine, son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, değişen iklim koşullarına, ekolojik değişimlere ve buna bağlı canlıların geliştirdikleri uyum stratejilerine yönelmiştir. Yeryüzünün en uzun ömürlü organizmalarından biri olan koniferler yaklaşık olarak 600 türe sahiptir ve yeryüzünün %80’ini kaplamaktadır (Scagel 1965). Koniferlerin uzun ömürleri ve uzun fiziksel yapıları onları herbivor ve patojenler için potansiyel hedef haline getirmiştir (Christiansen ve Bakke 1988, Kurz ve diğ. 2008). Milyonlarca türe sahip olan böcekler, hayvanlar aleminin en

geniş sınıftır (Booth ve diğ. 1990). Böceklerin yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirme ihtiyacının temelini, konukçu bitkileri ile olan ilişkileri oluşturmaktadır. Böcekler aktif dönemlerinde olduğu gibi yumurtlama dönemlerinde de konukçu oldukları bitki ile ilişkilerini sürdürürler. Kısaca böcekler beslenme, soğuktan korunma, yumurta bırakma aktiviteleri ile bitkilerle karşılıklı ilişki içerisinde (Kansu 2005). Bitkiler salgıladıkları kimyasal maddelerle, konukçusu olan böceğin, beslenmesi, yumurtlaması gibi yaşamsal faaliyetleri üzerinde etki oluşturabilmektedir (Hilker ve Meiners 2011). Bitkiler böceklerin beslenmesine tepki olarak ilgili dokularında sekonder metabolit miktarlarını artırabilirler (Karban ve Baldwin 1997, Pare ve Tumlinson 1999, Loreto ve Schnitzler 2010). Bitki yanıtları, hasarlı bitki dokularından salınan uçucu organik bileşiklerde dahil olmak üzere, genellikle sekonder metabolitlerin bileşimindeki, nitel ve nicel değişiklikler tarafından karakterize edilmektedir (Franceschi ve diğ. 2005, Erbilgin ve diğ. 2006, Eyles ve diğ. 2010, Pare ve Tumlinson 1999, Howe ve Schaller 2008). Örneğin; *Scolytus ventralis* zararlısının, köknar ağacının reçinelerinden salgılanan monoterpenler ile kolayca bitkiden uzaklaştırıldığı gösterilmiştir (Smith 1989).

2.9. Koniferlerdeki terpenoid bileşikler ve biyosentezleri

Terpen terimi; çeşitli reçine asitleri ve hidrokarbonlar içeren ve “çam reçinesi” adı verilen turpentinden köken alır. Terpenler izopren alt birimlerinden meydana gelirler ve bitki-çiçek esanslarının ana bileşenini oluştururlar (Breitmaier 2006, Özyağcı 2015). Turpentin üretimi Türkiye’de 40.000 ton civarında iken Dünya’da 250.000-265.000 ton arasında değişmektedir (Gül 1999). İzopren birimleri “kafa-kuyruk” şeklinde art arda birleşerek terpen bileşiklerini meydana getirirler. Üç tekrardan büyük izopren sayısına sahip terpenler, çoğunlukla uçucu özellikte değildir, küçük olanlar ise uçucu özelliktedir (Kayman 2013). İçerdikleri izopren birimlerin sayılarına göre terpenler hemiterpenler, monoterpenler, seskiterpenler, diterpenler, triterpenler, tetraterpenler ve politerpenler olarak sekiz sınıfa ayrılır (Boztaş 2012).

Bitki dokularında terpenler genellikle serbest halde, bazen glikozitleri ya da organik asit esterleri halinde ve proteinlerle birleşmiş halde bulunurlar. Karbon sayısı 10-15 olan terpenler bitkiden su buharı distilasyonu ile yüksek miktarda,

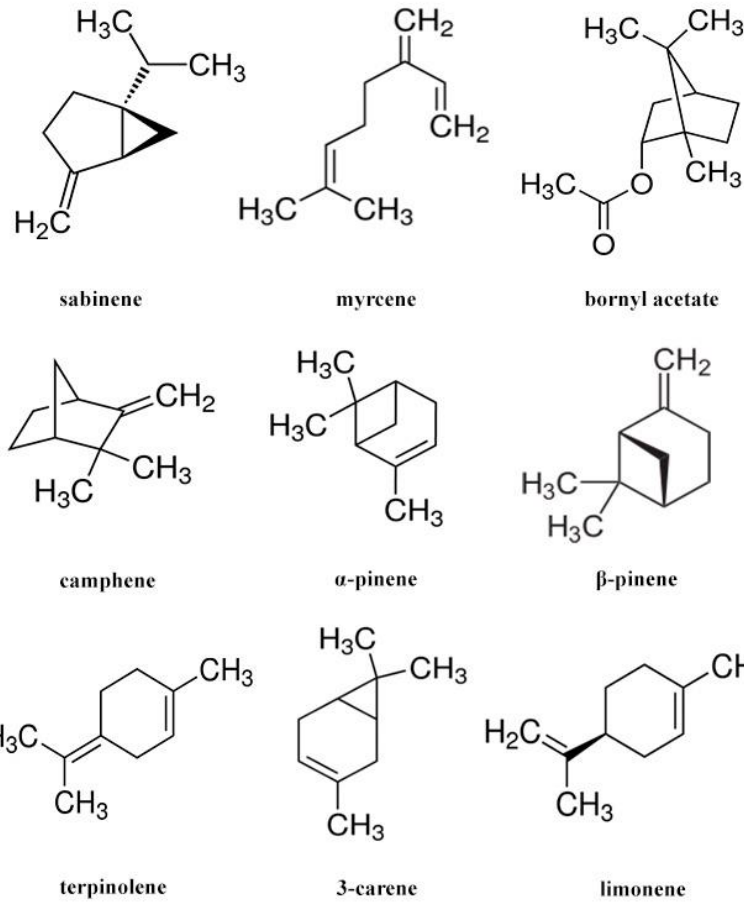
karbon içerenler ise ekstraksiyon yöntemleri ile ayrılmaktadırlar (Sönmez 1993). Ksilem ve floemde bulunan reçine hücreleri, parankima hücreleri ve reçine kanalları içerisinde depolanan terpenler, epitelium hücreleri tarafından salgılanmaktadırlar (Hudgins ve Franceschi 2004). Terpenler antimikrobial, antifungal, antiviral, antihiperglisemik, antiinflamatuvar ve antiparositik aktiviteye sahiptir. Bu sebeple terpen içeren bitkiler alternatif tıpta ilaç olarak kullanılmaktadır. Esans yağları ise parfümlerde, aroma terapide, gıda sektöründe kullanılmaktadır (Özmen 2010). Terpenoidler yapılarında oksijen atomu barındıran terpenlerdir. Eterik yağların ve reçinelerin yapısında bulunmalarından dolayı, selüloz biyosentezinde önemli yere sahiptirler. Bitkilerin kök ve gövdesinde oluşan yaraların iyileşmesinde ve bitkilerin korunmasında görev alırlar (Mammadov 2014). Terpenoid maddeler, oleoresin bileşenlerinin yanı sıra, çoğu kozalaklı ağaç türünün dokusunda üretilen uçucu yağlardır. Terpenoidler, böcek saldırısına direnmek amacıyla, savunma mekanizması olarak ağaçlar tarafından sıklıkla ve kolayca üretilmektedir (Gallis 2007).

2.9.1. Monoterpenler

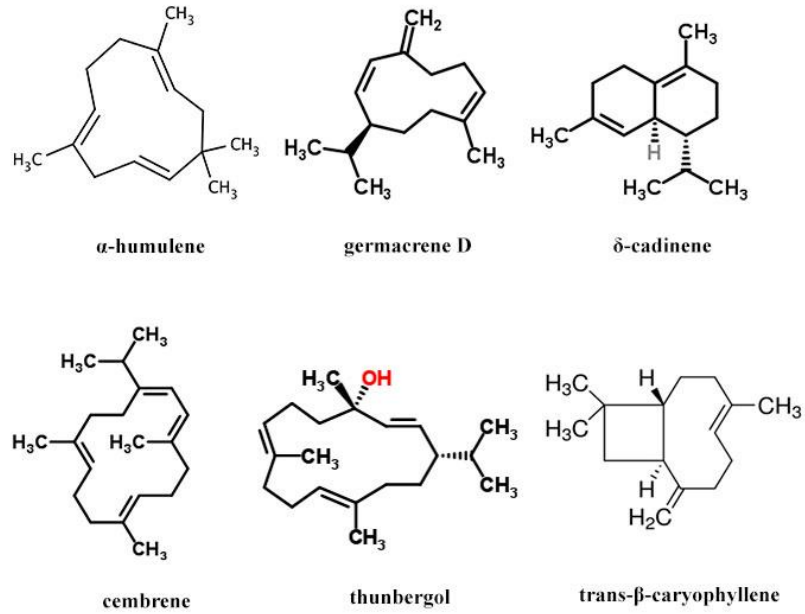
Bitkilerden elde edilen hoş kokulu karışımlar olan uçucu yağların başlıca bileşenini monoterpenler oluşturmaktadır (Gomes ve diğ. 1998). İki izopren grup taşıyan 10 karbonlu bileşiklerdir. Monoterpenler zincirli, tek ve çift halkalı olabilirler (Kayman 2013). Yüksek uçuculuğa sahip olan monoterpenler, böcekleri öldürme, kaçırma ve beslenmeyi engelleme özellikleri ile zararlılarla mücadelede kullanılırlar. İnsektisit aktiviteye sahip d-limonene ve bazı monoterpenler böceklerde üremeyi engelleyici özelliktedir (Harwood ve diğ. 1990, Karr ve diğ. 1990, Ahn ve diğ. 1998).

2.9.2. Seskiterpenler

Seskiterpenler üç izopren birime sahip bileşiklerdir. Seskiterpenler monosiklik, bisiklik ve trisiklik olarak dört alt gruba ayrılırlar (Umay 2007). Seskiterpenler yoğun kokulu, doymamış bileşiklerdir. Bu yapılarından dolayı hızlı bozunan ve istenmeyen bileşiklerdir (Gök 2012). Bitki böcek ilişkilerinde önemli fonksiyonları oldukları bilinmektedir.



Şekil 2.4: Bazı monoterpenler ve açık formülleri



Şekil 2.5: Bazı seskiterpenler ve açık formülleri

2.10. Çalışmanın amacı

Çam balı ülkemiz için önemli bir gelir kaynağıdır. Bu nedenle çam balı eldesindeki her aşama çok önemlidir. Bu aşamalardaki en önemli ve ilgi çeken noktalar; bal üretiminin artırılması, yeni sahalara böceklerin aşılması ve *M. hellenica* tarafından istila edilmiş alanların giderek yaygınlaştırılması olarak öngörülmektedir. Ancak giderek yaygınlaşan istila potansiyelinin konukçu türler bakımından ne anlam ifade ettiği, herhangi bir fizyolojik değişime neden olup olmadığı, eğer bir fizyolojik cevap durumu var ise bu durumun ağacın fotosentez yeteneği veya bitkinin büyüme miktarına olan etkisinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Bu amaçlara ulaşmak için, hazırlanan tez projesinin genel amacı böceğin istila ettiği sahalarda böceğe konukçuluk yapan 10 adet ağaç ve konukçu olmayan 10 adet ağaçtan toplanan örnekler üzerinden mono- ve seskiterpen bileşikleri bakımından içeriklerinin karşılaştırılmasını amaçlanmıştır. Bu noktada tez konumuzun amaçları; (1) kızılçam üzerinde *M. hellenica* türünün varlığının bitkide bir stres faktörü yaratıp-yaratmadığı, (2) ibre yarpaklardaki terpen bileşenlerinin nitel ve nicel miktarları üzerine etkisinin olup olmadığını ve (3) önemli bir türümüz olan kızılçamın korunması ve biyolojisinin eksiksiz ortaya konması ile var olan literatürlere katkı yapılması planlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma alanı

Çalışmamızı gerçekleştirdiğimiz istila bulunduran saha, Muğla ili Ekincik bölgesinde yer almaktadır. Orman alanımız $36^{\circ} 50' 58''$ kuzey enlemi, $28^{\circ} 32' 31''$ doğu boylamı arasında yer almaktadır. Alanın denizden yüksekliği yaklaşık 180 m'dir.



Şekil 3.1: Örneklemenin yapıldığı lokasyonun uydudan görüntüsü



Şekil 3.2: İstila altındaki ağacın gövde görüntüsü ve üzerindeki nimfler

3.2. Çalışma alanından ibre örneklerinin toplanması

Çalışmamıza ait arazi çalışmaları 2014-2015 yılları arasında Aralık-Mart-Haziran-Eylül aylarında, üçer aylık aralıklar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. İlk arazi çalışmasında alanda *M. hellenica* tarafından istila edilmiş ve edilmemiş 10 adet ağaç seçilmiş ve arazi alanındaki konumları işaretlenmiştir (bu ağaçlar arazi alanında rastgele bir şekilde dağılmaktadır). İstila edilmiş ağaçlar “H” ve istila edilmemiş ağaçlar “S” olarak adlandırılarak, 1’den 10’a kadar numaralandırılmıştır. Her arazi dönemine ait örnekleme için işaretlenmiş toplam 20 ağaçtan yeterli sayıda ibre örnekleri toplanmıştır. Toplanan ibreler 50 ml’lik falcon tüplere konularak kuru buz içerisinde bekletilmiş ve aynı gün içerisinde Pamukkale Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Kimyasal Ekoloji Laboratuvarına getirilerek -80°C’de analiz ve ekstraksiyonları yapılınca dek bekletilmiştir.

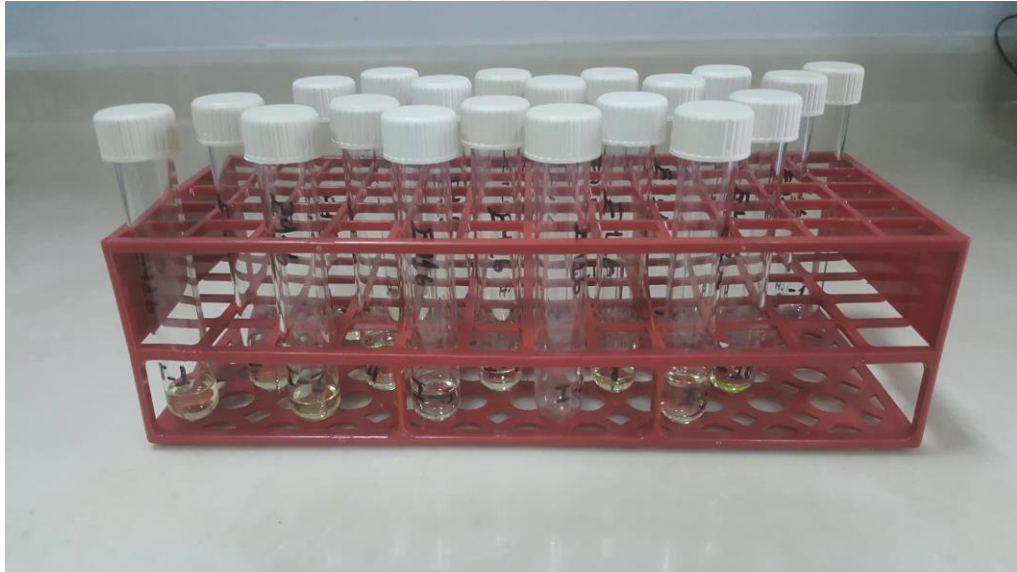


Şekil 3.3: Her ağaçtan ayrı ayrı toplanan ibre örnekleri

3.4. Terpen analizleri

Terpen analizleri, araziden topladığımız ve -80°C’de beklettiğimiz, 80 adet ibre örneği üzerinde yapılmıştır. Analizler için; ibre örnekleri minimum 200 mg olacak şekilde makas yardımıyla küçük parçalara bölünmüş ve tartılarak ayrılmıştır. İbre örnekleri üzerine 2 ml 1-chlorooctane/100 ml hekzan eklenmiş ve oda sıcaklığında 1 saat süre ile ekstrakte edilmeye bırakılmıştır. Bu süre sonunda, elde edilen ekstrakt, hekzan ile nemlendirilmiş filtre kağıdından süzülerek diğer vida

kapaklı tüpe aktarılmış ve önceki tüp içerisinde kalan ibreler iki kez n-hekzan ile yıkanıp (ikişer dakika süre ile), elde edilen toplamda 6 ml olan özüt vida kapaklı tüplere eklenmiştir. Sonrasında -20°C’de saklanmak üzere tüpler GC-MS (Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi) için gerekli olan küçük tüplere yaklaşık 1.5 ml olacak şekilde aktarılmıştır (Manninen ve diğ. 2002). GC-MS’te 30 mm uzunluğunda HP-5MS bir kapilar kolon kullanılmıştır (Hewlett Packhard). Taşıyıcı gaz olarak helyum gazı kullanılmıştır. Sıcaklık programı 50°C den 250°C’ye olacak şekilde düzenlemiştir. Sıcaklık artış hızı 5°C /dk’dır. Her bir terpen bileşiği kütle spektraları ve alıkonma süreleri ile ilişkili olarak tanımlanmıştır. Kalibrasyonlar (terpen miktarının belirlenmesi için), internal standardon (1-chlorooctane) bilinen mevcut değerleri temel alınarak saf bileşiklerin değerleri üzerinden yapılmıştır. Bu işlemler toplamda 80 örnek üzerinde tekrarlanmış ve Pamukkale Üniversitesi, Kimyasal Ekoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4: Her bir ağaç için ayrı ayrı ekstrasyonları yapılmış ibre örnekleri

3.5. İstatiksel analizler

Tüm bireyler için elde edilen veriler, SPSS (SPSS, versiyon: 15.0.1, Chicago, IL) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bileşiklerin aylara göre değişimini belirlemek için tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır. ANOVA testinden önce veri setinin homojenitesi ve normal dağılımının belirlenmesi için Anderson-Darling testi sonuçlarına bakılmıştır. İstila edilmiş ve edilmemiş ağaçlar arasındaki farklılıkların mevsimlere göre değişimini belirlemek için bağımsız t-testi uygulanmıştır. Güven aralığı olarak $P < 0.05$ alınmıştır.

4. BULGULAR

Bu çalışma ile arazi alanından seçmiş olduğumuz istila edilmiş ve edilmemiş kıvılcam ağaçlarından alınan ibrelere ait terpen miktarları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda kıvılcam ibrelerine de toplamda 20 bileşik belirlenmiş ve bunların 11 adedinin monoterpen, 9 adedinin ise seskiterpen olduğu belirlenmiştir. Bu bileşiklerden monoterpen olanlar α -pinene, camphene, sabinene, β -pinene, mycene, 3-carene, limonene, α -terpinolene, linalool, α -terpineol, bornyl acetate olarak görülmüştür. Analizlerden elde edilen seskiterpenler ise trans- β -caryophyllene, α -humulene, germacrene-D, naphthalene, δ -cadinene, cis- α -bisabolene, cembrene, thunbergol olarak görülmüştür. Seskiterpen ailesinden bir bileşik ise “tanımlanamayan bileşik” olarak kaydedilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen bileşik değerleri, ANOVA ve bağımsız *t*-testi ile analiz edilmiştir. *T*-test sonucunda, *P* değerlerine bakıldığında istila edilmiş ve edilmemiş ağaçlar arasında aylara göre istatistiksel anlamda fark bulunmuştur. İstatistiksel olarak aylara göre yüksek oranda fark gösteren bileşikler; Aralık ayında; α -pinene (*t*:11.745, *P*<0.001), α -humulene (*t*:11.575, *P*<0.001), trans- β -caryophyllene (*t*:10.442, *P*<0.001), germacrene-D (*t*:8.796, *P*<0.001), Mart ayında; α -pinene (*t*:13.401, *P*<0.001), δ -cadinene (*t*:11.364, *P*<0.001), germacrene-D (*t*:11.265, *P*<0.001), trans- β -caryophyllene (*t*:11.245 *P*<0.001), α -humulene (*t*:10.759, *P*<0.001), Haziran ayında; α -pinene (*t*:13.027, *P*<0.001), α -humulene (*t*:12.390, *P*<0.001), trans- β -caryophyllene (*t*:12.155, *P*<0.001), germacrene-D (*t*:10.290, *P*<0.001), camphene (*t*:10.174, *P*<0.001), Eylül ayında; trans- β -charyophyllene (*t*:10.332, *P*<0.001), α -humulene (*t*:10.283, *P*<0.001), α -pinene (*t*:10.187, *P*<0.001), δ -cadinene (*t*:10.031, *P*<0.001), germacrene-D (*t*:8.034, *P*<0.001) olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda, α -pinene, germacrene-D, α -humulene, trans- β -caryophyllene bileşikleri Aralık-Mart-Haziran-Eylül aylarının tamamında istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. α -Pinene ve germacrene-D bileşikleri en yüksek değere Mart ayında sahip olup, Eylül ayında değerlerinde düşüş gözlenmiştir. α -Humulene ve trans- β -caryophyllene bileşikleri en yüksek değere Haziran ayında sahip olup, bu değerleri Eylül ayında düşüş yaşamıştır. Camphene bileşiğinde

Haziran ayında ($t:10.174$, $P<0.001$) ani bir artış gözlemlenmiştir. Bu farklılık sıcaklık artışına bağlı olabileceği gibi, çam pamuklu koşnilinin beslenmesini sürdürdüğü aylarda olması ile ilişkilendirilebilmektedir. δ -Cadinene bileşiği, Mart ($t:11.364$, $P<0.001$)-Haziran ($t:8.534$, $P<0.001$)- Eylül ($t:10.031$, $P<0.001$) aylarında istila edilmiş ve edilmemiş gruplar arasında istatistiksel olarak fark göstermektedir. Bu değerler sıcaklık ile doğru orantılı bir şekilde düşüş göstermektedir. Naphthalene bileşiği değeri, Aralık ($t:7.504$, $P<0.001$)-Eylül ($t:3.452$, $P=0.003$) aylarında istatistiksel değerleri ani şekilde düşmektedir. Bu durum çam pamuklu koşnilinin beslenme zamanında olması ve sıcaklık parametrelerindeki düşüşle açıklamak mümkündür. ANOVA testi sonrası, F ve P değerlerine bakıldığında bileşiklerin aylara göre değerleri arasında istatistiksel anlamda fark bulunduğu görülmüştür.

Monoterpenler arasında istila edilmemiş ve edilmiş ağaçlarda, α -pinene (sağlıklı; $F:20.57$ $P<0.001$, hasta; $F:10.04$ $P<0.001$), β -pinene (sağlıklı; $F:5.63$ $P=0.003$, hasta; $F:5.81$ $P=0.002$), myrcene (sağlıklı; $F:10.02$ $P<0.001$, hasta; $F:4.74$ $P=0.007$), camphene (sağlıklı; $F:9.97$ $P<0.001$, hasta; $F:0.41$ $P=0.748$) ve α -terpineol (sağlıklı; $F:2.68$ $P=0.062$, hasta; $F:0.64$ $P=0.596$) bileşiklerinde aylara bağlı olarak istatistiksel anlamda farklılıklara sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Seskiterpen bileşiklerinden istila edilmiş ve edilmemiş ağaçlarda trans- β -caryophyllene (sağlıklı; $F:18.3$ $P<0.001$, hasta; $F:8.53$ $P<0.001$) ve α -humulene (sağlıklı; $F:24.28$ $P<0.001$, hasta; $F:6.94$ $P=0.001$) aylara bağlı artış göstermiştir. Germacrene-D (sağlıklı; $F:5.78$ $P=0.002$) ve cis- α -bisabolene (sağlık; $F:3.53$ $P=0.024$) ise sadece sağlıklı ağaçlarda artış gösteren bileşiklerdir. Aralık ayından Eylül ayına olan süreçte bu bileşiklerde farklılık görülmektedir. β -pinene ve α -pinene her iki grupta da aylara bağlı olarak, en yüksek artışa sahip bileşiklerdir. Trans- β -caryophyllene ve α -humulene bileşikleri her iki grupta da Mart ayından Haziran ayına geçen dönemde ciddi artış göstermiştir. Bunun nedeni artan sıcaklık olabileceği gibi böceğin beslenme biyolojisiyle de ilgi olabilmektedir. Haziran ayından Eylül ayına geçişte istila edilmiş grupta; α -pinene, β -pinene, limonene, trans- β -caryophyllene istila edilmemiş grupta; germacrene-D, cis- α -bisabolene ve trans- β -caryophyllene bileşiklerinin miktarında düşüş gözlemlenmiştir. Bunu sebebi sıcaklık düşüşü olabileceği gibi *M. hellenica*'nın beslenmesinin en yoğun

olduğu ikinci nimf döneminde bulunması da olabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak en yüksek değerler “bal şebnemi” salgısının arttığı Eylül ayına ait, en düşük değerler ise böceğin beslenmesinin kısmen yavaşladığı ve mevsim sıcaklıklarının da en düşük olduğu Aralık ayına aittir.

Tablo 4.1: *P. brutia* ibre yapraklarında seskiterpenlerin aylara göre istatistiksel değişimi ($\mu\text{gr/g fwt} \pm \text{SE}$; $n= 20$). Tablodaki her bir harf istatistiksel anlamda farkı göstermektedir.

İstila Durumu	İstilaya Uğramamış (S)				ANOVA
Aylar	Aralık 15	Mart 16	Haziran 16	Eylül 16	
trans- β -caryophyllene	344.6 $\pm$ 44.5 a	378.3 $\pm$ 26.6 a	896.0 $\pm$ 91.2 b	1010.8 $\pm$ 122.5 b	F:18.3 P<0.001
α -humulene	35.1 $\pm$ 4.7 a	38.1 $\pm$ 2.8 a	90.7 $\pm$ 7.9 b	108.4 $\pm$ 11.6 b	F:24.28 P<0.001
germacrene-D	442.7 $\pm$ 68.6 a	983.7 $\pm$ 104.0 b	1052.4 $\pm$ 131.6 b	910.2 $\pm$ 145.1 b	F:5.78 P=0.002
napthalene	29.9 $\pm$ 3.8	34.2 $\pm$ 2.5	33.7 $\pm$ 4.4	29.9 $\pm$ 2.5	F:0.45 P=0.718
δ -cadinene	40.4 $\pm$ 4.5	50.3 $\pm$ 4.2	53.5 $\pm$ 6.5	53.2 $\pm$ 3.7	F:1.58 P=0.211
cis- α -bisabolene	21.6 $\pm$ 3.5 a	62.1 $\pm$ 7.4 ab	67.6 $\pm$ 21.6 b	34.7 $\pm$ 3.8 ab	F:3.53 P=0.024
cembrene	235.4 $\pm$ 87.6	291.7 $\pm$ 99.3	271.6 $\pm$ 93.0	240.0 $\pm$ 90.0	F:0.83 P=0.969
tanımlanamayan bileşik	69.4 $\pm$ 41.4	30.0 $\pm$ 10.3	23.2 $\pm$ 9.4	19.9 $\pm$ 8.7	F:1.06 P=0.379
thunbergol	140.9 $\pm$ 52.0	36.0 $\pm$ 121.2	365.8 $\pm$ 129.7	341.0 $\pm$ 141.0	F:0.80 P=0.501

İstila Durumu	İstilaya Uğramış (H)				ANOVA
Aylar	Aralık 15	Mart 16	Haziran 16	Eylül 16	
trans- β -caryophyllene	376.8 $\pm$ 54.7 a	458.8 $\pm$ 69.1 a	991.7 $\pm$ 129.0 b	902.8 $\pm$ 143.3 b	F:8.53 P<0.001
α -humulene	42.1 $\pm$ 4.7 a	47.0 $\pm$ 7.3 a	99.3 $\pm$ 13.5 b	99.1 $\pm$ 17.0 b	F:6.94 P=0.001
germacrene-D	759.3 $\pm$ 103.4	944.8 $\pm$ 141.5	906.5 $\pm$ 140.5	643.0 $\pm$ 120.1	F:1.19 P=0.328
napthalene	45.3 $\pm$ 8.9	44.4 $\pm$ 7.6	28.3 $\pm$ 4.3	53.6 $\pm$ 24.1	F:0.61 P=0.614
delta cadinene	118.4 $\pm$ 69.1	59.6 $\pm$ 8.7	57.6 $\pm$ 11.6	57.4 $\pm$ 10.6	F:0.71 P=0.551
cis- α -bisabolene	63.4 $\pm$ 19.3	55.2 $\pm$ 13.4	36.0 $\pm$ 9.3	95.7 $\pm$ 64.0	F:0.52 P=0.669
cembrene	374.6 $\pm$ 131.8	463.8 $\pm$ 154.3	335.2 $\pm$ 121.6	316.4 $\pm$ 107.5	F:0.25 P=0.858
tanımlanamayan bileşik	111.5 $\pm$ 76.6	88.4 $\pm$ 38.4	34.4 $\pm$ 13.0	32.8 $\pm$ 11.3	F:0.82 P=0.614
thunbergol	387.2 $\pm$ 123.4	546.1 $\pm$ 160.4	452.5 $\pm$ 147.0	464.1 $\pm$ 158.9	F:0.19 P=0.900

Tablo 4.2: *P. brutia* ibre yapraklarında monoterpenlerin aylara göre istatistiksel değişimi ($\mu\text{gr/g fwt} \pm \text{SE}$; $n=20$). Tablodaki her bir harf istatistiksel anlamda farkı göstermektedir.

Aylar	İstilaya Uğramamış (S)				ANOVA
	Aralık 15	Mart 16	Haziran 16	Eylül 16	
α -pinene	504.9 $\pm$ 59.6 a	505.3 $\pm$ 47.2 a	1301.6 $\pm$ 143.3 b	1432.6 $\pm$ 149.6 b	F:20.57 P<0.001
camphene	14.9 $\pm$ 2.4 a	13.4 $\pm$ 1.5 a	33.3 $\pm$ 4.7 b	36.3 $\pm$ 5.3 b	F:9.97 P<0.001
sabinene	0.1 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.3	1.7 $\pm$ 0.8	1.2 $\pm$ 0.7	F:1.94 P=0.140
β -pinene	640.3 $\pm$ 135.1 a	570.1 $\pm$ 97.9 a	1427.8 $\pm$ 269.6 b	1461.1 $\pm$ 258.7 b	F:5.63 P=0.003
myrcene	60.5 $\pm$ 11.0 a	73.7 $\pm$ 11.23 a	180.5 $\pm$ 26.3 b	224.4 $\pm$ 40.5 b	F:10.02 P<0.001
3-carene	15.0 $\pm$ 9.6	19.4 $\pm$ 7.6	52.7 $\pm$ 21.9	53.1 $\pm$ 31.1	F:1.10 P=0.374
limonene	22.9 $\pm$ 4.4 a	23.7 $\pm$ 2.9 a	59.6 $\pm$ 8.9 b	62.2 $\pm$ 11.2 b	F:8.14 P<0.001
α -terpinolene	22.0 $\pm$ 13.2	31.2 $\pm$ 8.1	71.1 $\pm$ 21.8	84.2 $\pm$ 25.4	F:2.68 P=0.062
linalool	-	-	1.5 $\pm$ 1.5	2.2 $\pm$ 2.2	F:0.69 P=0.562
α -terpineol	-	-	-	16.3 $\pm$ 6.0	F:7.30 P=0.001
bornyl acetate	5.3 $\pm$ 2.5	8.0 $\pm$ 2.4	11.9 $\pm$ 3.5	15.5 $\pm$ 5.1	F:1.61 P=0.204

Aylar	İstilaya Uğramış (H)				ANOVA
	Aralık 15	Mart 16	Haziran 16	Eylül 16	
α -pinene	433.2 $\pm$ 53.9 a	508.9 $\pm$ 61.8 a	1183.2 $\pm$ 30.7 b	1107.2 $\pm$ 193.2 b	F:10.04 P<0.001
camphene	22.9 $\pm$ 11.0	29.4 $\pm$ 15.3	28.1 $\pm$ 4.0	40.1 $\pm$ 11.9	F:0.41 P=0.748
sabinene	10.9 $\pm$ 10.3	9.3 $\pm$ 8.7	13.3 $\pm$ 11.3	149.1 $\pm$ 129.9	F:1.11 P=0.359
β -pinene	478.4 $\pm$ 90.1 a	555.2 $\pm$ 107.9 a	1313.6 $\pm$ 206.0 b	1113.9 $\pm$ 233.0 b	F:5.81 P=0.002
myrcene	84.4 $\pm$ 19.2 a	103.7 $\pm$ 24.8 a	209.4 $\pm$ 29.3 b	213.9 $\pm$ 45.9 b	F:4.74 P=0.007
3-carene	9.6 $\pm$ 2.4	21.0 $\pm$ 4.9	41.9 $\pm$ 12.6	51.0 $\pm$ 20.0	F:2.44 P=0.080
limonene	19.5 $\pm$ 3.3 a	23.6 $\pm$ 4.0 a	53.5 $\pm$ 8.3 b	49.4 $\pm$ 9.9 b	F:6.25 P=0.002
α -terpinolene	170.8 $\pm$ 54.0	136.6 $\pm$ 43.2	173.7 $\pm$ 54.9	293.9 $\pm$ 93.0	F:0.64 P=0.596
linalool	-	-	-	10.6 $\pm$ 4.7	F:4.96 P=0.006
α -terpineol	0.5 $\pm$ 0.5 a	-	-	12.7 $\pm$ 2.9 b	F:18.33 P<0.001
bornyl acetate	2.7 $\pm$ 0.9	3.9 $\pm$ 1.3	4.4 $\pm$ 2.3	2.9 $\pm$ 2.0	F:0.20 P=0.893

Tablo 4.3: İstilaya uğramış ve uğramamış ağaçlar arasındaki terpen miktarlarının aylara göre değişiminin t-testi sonuçları

Bileşikler	AYLAR			
	Aralık 2015	Mart 2016	Haziran 2016	Eylül 2016
α -Pinene	<i>t</i> :11.745 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :13.401 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :13.027 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :10.187 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
Camphene	<i>t</i> :3.429 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.003	<i>t</i> :2.767 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.012	<i>t</i> :10.174 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :6.006 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
Sabinene	<i>t</i> :1.058 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.303	<i>t</i> :1.115 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.279	<i>t</i> :1.322 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.202	<i>t</i> :1.148 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.265
β -Pinene	<i>t</i> :6.888 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :7.936 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :8.276 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :6.888 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
Myrcene	<i>t</i> :6.529 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :6.476 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :10.030 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :7.348 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
3-Carene	<i>t</i> :2.534 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.020	<i>t</i> :4.574 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :3.828 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.001	<i>t</i> :2.895 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.009
Limonene	<i>t</i> :7.846 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :9.829 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :9.465 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :7.521 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
α -Terpinolene	<i>t</i> :1.879 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.076	<i>t</i> :2.693 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.014	<i>t</i> :3.293 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.004	<i>t</i> :2.870 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
Linalool	-	-	<i>t</i> :1.000 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.330	<i>t</i> :2.348 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.030
α -Terpineol	<i>t</i> :1.000 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.330	-	-	<i>t</i> :4.423 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
Bornyl acetate	<i>t</i> :3.015 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.007	<i>t</i> :4.214 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :3.610 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.002	<i>t</i> :3.023 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.007
Trans- β -caryophyllene	<i>t</i> :10.442 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :11.245 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :12.155 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :10.332 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
α -Humulene	<i>t</i> :11.575 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :10.759 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :12.390 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :10.283 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
Germacrene-D	<i>t</i> :8.796 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :11.265 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :10.290 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :8.034 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
Napthalene	<i>t</i> :7.504 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :9.592 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :10.037 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :3.452 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.003
δ -Cadiene	<i>t</i> :2.279 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.034	<i>t</i> :11.364 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :8.534 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :10.031 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001
Cis- α -bisabolene	<i>t</i> :3.970 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.001	<i>t</i> :7.841 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :4.318 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :2.039 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.056
Cembrene	<i>t</i> :3.878 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.001	<i>t</i> :4.131 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.001	<i>t</i> :4.054 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.001	<i>t</i> :4.044 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.001
Tanımlanamayan bileşik	<i>t</i> :2.121 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.047	<i>t</i> :2.890 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.009	<i>t</i> :3.637 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.002	<i>t</i> :3.709 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.001
Thunbergol	<i>t</i> :3.716 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.001	<i>t</i> :4.377 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :4.260 <i>df</i> : 19 <i>P</i> <0.001	<i>t</i> :3.857 <i>df</i> : 19 <i>P</i> =0.001

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

P. brutia'nın ülkemiz için önemli bir ağaç türü olmasının başlıca nedenlerinden biri, yaz kuraklığına karşı dayanıklı olması, her tür toprakta kolay yetişebilmesi ve çok hızlı büyüme yeteneği göstermesidir (Atalay ve diğ. 1998). Akdeniz ikliminin tipik bir ıssık ağacı olarak bilinen *P. brutia*, bol güneş alan alanlarda iyi gelişme gösterir. *P. brutia* için kışları sert ve soğuk geçen iklimler uygun değildir (Zencirkıran 2013). Bu bağlamda da bu türün korunması, biyolojisinin eksiksiz bilinmesi ve türünün genetik zenginliğinin korunması şüphesiz çok önem arz etmektedir. Çalışmamıza konu olan Çam Pamuklu Koşnili yani *M. hellenica* türü de bu ağacın üzerinde yaşamının tüm evrelerini geçirmektedir. Bu böcek ağacın öz suyunu yoğun miktarda emmesinden dolayı ağaçlar üzerinde ciddi sorunlara sebep olabilmekte, zayıf ve güçsüz düşürdüğü ağaçları sekonder etkilere (zararlı, kuraklık vb.) savunmasız hale getirebilmektedir. Bu böceğin hayat evreleri ile ağacın yıl içerisindeki biyolojisinin karşılaştırılması bu anlamda önemlidir. Selmi (1983), Gürkan (1988), Erlinghagen (2001) tarafından yapılan çalışmalara göre. I.nimf dönemi Nisan-Temmuz ayları arası, II. nimf dönemi (bal şebnemi üretiminin en yoğun olduğu dönem) ise Temmuz-Kasım ayları arasında görülmektedir. Ülgentürk ve arkadaşları (2012) ise I.nimf dönemini Haziran-Kasım ayları arasında III. nimf dönemi Ekim-Mayıs ayları arasında görüldüğü şeklinde tanımlamıştır. Gürkan (2005) farklı yükseklikteki alanlarda *M. hellenica*'nın hayat döngüsü ve karakterleri üzerine çalışmalar yapmıştır. Muğla bölgesinde yapılan çalışma sonucunda; yıllara ve yüksekliğe göre *M. hellenica* dişilerinin yumurta bırakma ve deri değiştirme zamanlarında farklılık gözlemlenmiştir. Bu ve benzeri böceklerin yaşam döngüsü ile ilgili süreçler, böceğin konukçusu pozisyonundaki ağaçlarda da bazı değişimlere yol açacağı ve buna bağlı olarak, ağaçları stres altına sokabileceği aşıkardır. Şöyle ki; Yeşil ve arkadaşlarının (2005) yaptıkları çalışmada ağaçlardaki büyüme kayıplarının yaşa bağlı olarak %2 ile %3.4 arasında değişiklik gösterdiğini belirlemişlerdir. Yapılan bu araştırma ile *P. brutia* ve *M. hellenica*'nın yaşam döngüsü birlikte incelendiğinde, böceğin beslenmesinin en yoğun olduğu dönemde (bal şebnemi salgısının arttığı dönem) çap artışında olumsuz bir etki oluşturduğu gözlemlenmiştir. Yani ağaçlar, böcek

kaynaklı biyotik stresle mücadele için gelişmelerini durdurmakta ve fizyolojileri bakımından böcek ile savaş haline geçmektedirler.

Son yüzyılda küresel ısınmadan birçok canlı grubu gibi böcekler de etkilenmektedir. Küresel ısınma, diğer bir deyişle kış mevsimi süresinde meydana gelen sıcaklık yükselmeleri ya da kış mevsiminin sertliğindeki düşüş, böceklerin yayılış alanlarını genişletmektedir (Crozier ve Dwyer 2006). Bilindiği üzere yükseklik artıkça sıcaklık düşmektedir. Bu durum canlıların faaliyetleri ve beslenme zamanı etkilemektedir. Gürkan (2005) yaptığı çalışma sonucunda yükseklik artıkça yumurta bırakma ve deri değiştirme sürelerinde hızlanma gözlemlenmiştir. Sıcaklık düşüşünün bu faktörlere doğrudan etkisi olduğu düşünülmektedir.

Terpen ve benzeri maddeler yüksek miktarda koniferler tarafından üretilmektedir. Bu bileşiklerin miktarı ise aynı türün bireyleri arasında büyük farklılıklar gösterebilmektedir (Tobolski ve Hanover 1971). Bitkilerin savunmasına yardımcı olan sekonder metabolitler alkaloidleri, terpenleri ve hoş kokulu bileşikler içerirler (Phillips ve Croteau 1999, Pichersky ve Gershenzon 2002). Sekonder metabolitler böceklerin beslenmesini engelleyebilmekte veya beslenme zararına bağlı olarak predatörlerin ve parazitodlerin kuvvetlenmesine yardımcı olabilmektedirler (Kessler ve Baldwin 2001). Mita ve diğerleri (2002) *M. hellenica* tarafından istila edilmiş ve edilmemiş *P. pinea* ve *P. halepensis* ağaçlarının reçinelerindeki terpen profillerinin mevsimsel olarak değişimini gözlemlenmiştir. Araştırma sonucunda *M. hellenica* türünün *P. halepensis* yapraklarında yüksek miktarlarda bulunan α -pinene ve düşük miktarlarda bulunan limonene ve α -terpinyl acetate varlığı ile önemli bir ilişki içerisinde olduğunu göstermişlerdir. Limonene bileşiği *P. pinea* türünün yapraklarına ait terpen analizlerinde ise dominant bileşikler içerisinde yer almıştır. Yaptığımız çalışma sonucunda; *P. halepensis*'te de olduğu gibi *P. brutia*'da da en fazla istatistiksel fark oluşturan bileşik α -pinene'dir. Limonene bileşiği de, yaptığımız *t*-test ve ANOVA testleri sonucunda istatistiksel olarak fark göstermiştir. Ayrıca araştırmacılar yaptıkları bu çalışmada limonene bileşiğinin mevsimlere bağlı olarak önemli bir değişim gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Bu anlamda bizim sonuçlarımız da bu sonuçları desteklemektedir. Limonene bileşiği Haziran ve

Eylül ayına ait örneklemelerde diğer aylara göre istatistiksel anlamda farklı olarak bulunmuştur (ANOVA_{sağlıklı}: F:8.14, $P<0.001$ ve ANOVA_{istilalı}: F:6.25, $P=0.002$).

Gallis ve arkadaşları (2007) tarafından Yunanistan'ın Güney Attica bölgesi Cape Sounion Milli Parkı'nda *M. hellenica* tarafından istila edilmiş ve edilmemiş *P. halepensis* ağaçlarının ibrelerindeki terpen profilleri araştırılmıştır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda β -caryophyllene, α -humulene, neoabietal, cembrene ve neobietol bileşiklerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Yaptığımız çalışma sonucu; neoabietal ve neobietol bileşiklerine *P. brutia*'nın ibrelerindeki terpen profillerinde rastlanılmamıştır. Cembrene bileşiği *t*-test sonucunda istatistiksel anlamda fark gösterirken, ANOVA testinde değişen mevsim parametrelerinde bir farklılık göstermemiştir.

Ağaçlara ait terpen profillerindeki mevsimsel varyasyon mevcut literatüre yaptığı katkı bakımından da önemlidir. Von Rudloff ve Rehfeldt (1980) tarafından yapılan çalışmada, çevresel parametrelerin ağaçlardaki terpen miktarına az da olsa etki yaptığı gösterilmiştir. Bizim çalışmamızda ise birçok bileşik için örneklem tarihleri arasında istatistiksel önemde farklılıkların görülmesi dikkat çekicidir. Bu bağlamda genetik olarak kontrol edildiğini bildiğimiz bu bileşiklerin çok önemli değişimler göstermeleri böcek olan ilişkisinden kaynaklanabileceği savını destekler niteliktedir.

Çalışmamızda en yüksek miktarda bulunan monoterpen bileşiği olan α -pinene birçok bitki türünün zararlılara karşı olan savunma sisteminde önemli bir yere sahip olan bir bileşiktir. *Pissodes validirostris* Gyll. türünün kozalaklı bitkilere verdiği zarar miktarında yapraklardaki mevcut α -pinene miktarının önemli bir belirleyici olduğu görülmüştür (Annala ve Hiltunen 1977). Ayrıca *Megastigmus spermotrophus* Watchl türünün, *Pseudotsuga menziessi* Mirb. Türünde neden olduğu zararında limonene ve terpinolene miktarı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Rappaport 1994).

Sonuçlardan da görüldüğü gibi ağaç ve böcek arasındaki ilişki, yöre insanına ve ekonomiye önemli bir getirisin olmasının yanında, bazı durumlarda ağaca bir stres faktörü gibi etki yaptığı belirlenmiştir. Ağaçlardaki mevcut terpen profili büyük oranda genetik yapıya bağlıdır. Fakat çevresel parametrelerle kolaylıkla indüklenebilir durumdadır. Bitkilerin hem genetik hem de çevresel

parametrelere bağlı olarak (sıcaklık, herbivor zararı vb.) bu bileşikleri değişik seviyelerde içermeleri bir çok kompleks ekolojik sürecin de tetikleyicisi durumundadır. Çevresel parametrelerin değişimi ekosistem öğeleri üzerinde şüphesiz sayısız değişime yol açmaktadır. Bu çerçevede, bu tür yapılan ekolojik çalışmalarla, ekosistemin çevresel parametrelerle olan karmaşık ilişkilerinin anlamaya çalışırken, diğer yandan onun verdiği cevapların da ölçülebilmesi, uzun yıllar sonra ortaya çıkabilecek biyolojik süreçleri önceden tahmin etme şansı kazanmamıza yardımcı olacağı çok açıktır.

Çam Pamuklu Koşnili ile ilgili olarak, bu böceğin yeni alanlara aşılması çalışmaları sırasında, böceğin bitki üzerinde de bir stres faktörü olduğu göz önüne alınmalı ve oldukça dikkatli davranılmalıdır. Arıcılık faaliyetleri sırasında bu böcekten faydalanma işi gelişigüzel asla olmamalıdır. Bu işlem yetkili birimlerden alınmış izne tabii olmalıdır. Kovanların yerleştirileceği alanlar, mutlak kontrol altında ve bir aşırılık güdülmeden yapılmalıdır. Arıcılık faaliyetleri esnasında yöredeki turizm faaliyetleri de dikkate alınmalıdır. Ayrıca yörede izne tabii olan uygulamalar hayata geçirilirken (madencilik, santraller vb.) bu böceğin yayılış alanları da dikkate alınmalıdır. Alandaki diğer zararlı böceklerle yapılan mücadele yöntemleri belirlenirken, çam pamuklu koşnilinin varlığını etkilemeyecek yöntemler belirlenmelidir.

Bu çalışma, kızılçamın çam pamuklu koşnili olan ilişkisinde ağaç bu durumdan etkilenip etkilenmediğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Ülkemiz açısından önem arz eden ve talep miktarı yüksek olan kızılçamın biyolojisinin anlaşılması, biyotik ve abiyotik çevrede olan fizyolojik değişimlerinin belirlenmesi çok yararlı olacaktır. Bitkilerin günümüzdeki gibi sadece floristik, fizyolojik ya da otoekolojik özelliklerini belirlemenin, onların ait oldukları ekosistemleri anlamaya yetmeyeceği de çok açıktır. Bu çalışma ile böceğin biyolojisi etkilediğini düşündüğümüz terpen türevli bileşiklerin her birinin ayrı ayrı olfaktometrik testlerle denenmesi ve ilişkinin sınırlarının belirlenmesinde çok faydalı olacaktır.

6. KAYNAKLAR

Ahn, Y.J., Lee S.B., Lee, H.S. and Kim, G.H., “Insecticidal and Acaricidal Activity of Carvacrol and β -Thujaplicine Derived from *Thujopsis dolabrata* var. Hondai Sawdust”, *J. Chem. Ecol.*, 24, 1-90, (1998).

Alfaro, R.I., Pierce, H.D., Borden, J.H. and Oehlschlager, A.C., “Insect feeding and oviposition deterrents from western red cedar foliage”, *J. Chem. Ecol.*, 7(1), 39-48, (1981).

Annala, E. and Hiltunen, E., “Damage by *Pissodes validirostris* (Coleoptera: Curculinoidae) Studied in Relation to the Monoterpene Composition in Scots Pine and Lodgepole Pine. Ann”, *Entomol. Fenn.*, 43, 8792–8799, (1977).

Anşin, R. ve Özkan, Z.C., *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No 167/19, 512., Trabzon, (1997).

Anşin, R., *Tohumlu Bitkiler Gymnospermae (Açık Tohumlular)*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 262, Trabzon, (1994).

Arbez, M., “Distribution, Ecology and Variation of *Pinus brutia* in Turkey”, Forest Genetic Resources Information 3, FAO 21-23, Rome, (1974).

Arimura, G. I., Kost, C. and Boland, W., “Herbivore-induced, indirect plant defences”, *Biochim. Biophys. Acta, Mol. Cell. Biol. Lipids*, 1734(2), 91-111, (2005).

Astwood, K., Lee, B. and Manley-Harris, M., “Oligosaccharides in New Zealand honeydew honey”, *J. Agric. Food Chem.*, 46(12), 4958-4962, (1998).

Atalay, İ., Sezer, İ. ve Çukur, H., *Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Ormanlarının Ekolojik Özellikleri ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması*, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü, Yayın No.6, 108, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, (1998).

Avcı, M. ve Sarıkaya, O., “*Marchalina hellenica* Gennadius'nın Biyolojisi ve Kızılçam Ormanlarındaki Yönetimi”, *I. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi*, Bildiriler Kitabı, s: 289-296, (2008).

Avtzis, N., “*Marchalina hellenica* (*Monophlebus hellenius*) Genn. the Most Important Honeydew Producing Insect in Greece”, *Dasika Chronica*, 1, 51-63, (1985).

Aydın, G., *Böceklerin sınıflandırılması*, (online), <http://atabeymyo.sdu.edu.tr/assets/uploads/sites/76/files/boceklerinsiniflandirilmasi-18102016.pdf>, (2016).

Bacandritsos, N., Saitanis, C. and Papanastasiou, I., “Morphology and Life Cycle of *Marchalina hellenica* (Gennadius) (Hemiptera: Margarodidae) on Pine (Parnis MT.) and Fir (Helmos MT.) Forests of Greece”, *Ann. Soc. Entomol. Fr.* , 40(2), 169-176, (2004).

Bacandritsos, N., “A Scientific Note on the First Successful Establishment of the Monophlebina Coccid *Marchalina hellenica* (Coccoidea, Margarodidae) on the Fir Tree (*Abies cephalonica*)”, *Apidologie*, 33(3), 353-354, (2002).

Bodenheimer, E.S., “The coccoidea of Turkey III”, *Revue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul (Ser. B)*, 2, 152-154, (1953).

Booth R.G., Cox, M.L. and Madge, R.B., *IIE Guides to Insects of Importance to Man. Coleoptera*, International Institute of Entomology, CAB International, Wallingford, UK, 384, (1990).

Boydak, M., Dirik, H. ve Çalıkoğlu, M., *Kızılçamın (Pinus brutia Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü*, Ormancılığı Geliştirme Ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Ankara, 364, (2006).

Boztaş, G. F., “Bazı Terpenlerin Tetrasitannoetilen (TCNE) Katalizatörlüğünde Alkoliz Reaksiyonları ve Stereokimyalarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı , 68, Kocaeli, (2012).

Brattsten, L. B., "Cytochrome P-450 involvement in the interactions between plant terpenes and insect herbivores", University of Tennessee, Department of Biochemistry and Graduate Program in Ecology, Knoxville, 173-195, (1983).

Breitmaier, E., "Terpenes: Importance, General Structure, and Biosynthesis", Terpenes: Flavors, Fragrances, Pharmaca, Pheromones, 1-9, (2006).

Charles, P. J., Delplanque, A., Marpeau, A., Bernard-Dagan, C. and Arbez, M., "Susceptibility of European black pine (*Pinus nigra*) to the European pine shoot moth (*Rhyacionia buoliana*): variations of susceptibility at the provenance and individual level of the pine and effect of terpene composition", (Eds: Heybroek, H.M., Stephan, B.R., Weissenberg, K.), *Resistance to diseases and pests in forest trees, Proceedings of the 3th international workshop on the genetics of host-parasite interactions in forestry*, Wageningen, 206-212, (1982).

Chou, C.K.S. and Zabkiewicz, J.A., "Toxicity of monoterpenes from *Pinus radiata* cortical oleoresin to *Diplodia pinea* spores", *For. Pathol.*, 6(6), 354-359, (1976).

Christiansen, E., and Bakke, A., *The Spruce Bark Beetle of Eurasia in Dynamics of Forest Insect Populations*, 479-503, Springer US, (1988).

Colazza, S., Fucarino, A., Peri, E., Salerno, G., Conti, E. and Bin, F., "Insect Oviposition Induces Volatile Emission in Herbaceous Plants that Attracts Egg Parasitoids", *J. Exp. Biol.*, 207, 47-53, (2004^a).

Colazza, S., Mcelfresh, J.S. and Millar, J.G., "Identification of Volatile Synomones, Induced by *Nezara viridula* Feeding and Oviposition on Bean Spp. that Attract The Egg Parasitoid *Trissolcus basalidis*", *J. Chem. Ecol.*, 30, 945-964, (2004^b).

Crozier, L. and Dwyer, G., "Combining population-dynamic and ecophysiological models to predict climate-induced insect range shifts", *Am. Nat.*, 167(6), 853-866, (2006).

De Moraes, C.M., Lewis, W.J., Pare, P.W., Alborn, H.T. and Tumlinson, J.H., “Herbivore Infested Plants Selectively Attract Parasitoids”, *Nature*, 393, 570-573, (1998).

Dicke, M., “Evolution of Induced Indirect Defence of Plants”, (Eds: R. Tollrian And C. D. Harvell), *The Ecology and Evolution of Inducible Defenses*, 62-88, Princeton University Press, Princeton, NJ, USA, (1999).

Erbilgin, N., Krokene, P., and Christiansen, E., “Exogenous Application of Methyl Jasmonate Elicits Defenses in Norway Spruce (*Picea abies*) and Reduces Host Colonization by the Bark Beetle *Ips typographus*”, *Oecologia*, 148, 426–436, (2006).

Erlinghagen, F., “Portrait of an Insect: *Marchalina hellenica* Genn. (Sternorrhyncha: Coccinea: Margarodidae), Important Producer of Honeydew in Greece”, *Apiacta*, 36, 131–137, (2001).

Ertürk, N., “Bazı Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Tohum Meşcerelerinde Kuraklık Toleransının Belirlenmesi”, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2014).

Eyles, A., Bonello, P., Ganley, R. And Mohammed, C., “Induced Resistance to Pests and Pathogens in Trees, *New Phytol.*, 185, 893–908, (2010).

Fimiani, P. and Solino, G., “An Exotic Insect Dangerous to the Native Plants of the Island of Ischia”, *Inf. Agrar.*, 50, 65-68, (1994).

Franceschi, V.R., Krokene, P., Christiansen, E. and Krekling, T., “Anatomical and Chemical Defences of Conifer Bark Beetles and Other Pests”, *New Phytol.*, 167, 353– 375, (2005).

Frankis, I., “Morphology and Affinities of *Pinus brutia*”, *Proceedings of the International Symposium on Pinus brutia* Ten.(18–2 October, 1993, Marmaris-Turkey), 11–18, Publication of Ministry of Forestry, Ankara, (1993).

Gallis, A., “Evaluation of the Damage by Insect *Marchalina hellenica* (Genn.) in Eastern Attica, Greece. Conclusions for Sustainable Management of Forest

Ecosystems”, *Proceedings of the 10th International Conference on Environmental Science and Technology*, 191-196, (2007).

Gomes-Carneiro, M. R., Felzenszwalb, I., and Paumgartten, F. J., “Mutagenicity Testing of (±)-Camphor, 1, 8-Cineole, Citral, Citronellal, (-)-Menthol and Terpineol with the Salmonella/Microsome Assay”, *Mutat. Res.*, 416, 129-136, (1998).

Gounari, S., “Seasonal Development and Ovipositing Behavior of *Marchalina hellenica* (Hemiptera: Margarodidae)”, *Entomol. Hell.*, 15, 27–37, (2004).

Gounari, S., “Studies on the Phenology of *Marchalina hellenica* (Genn.) (Hemiptera: Coccoidea, Margarodidae) in Relation to Honeydew Flow”, *J. Apic. Res.*, 45, 8-12, (2006).

Gök, A., “Turunçgillerden Farklı Yöntemlerle Uçucu Yağ Elde Edilmesi ve Kimyasal Bileşiminin İncelenmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, (2012).

Göker, Y., As, N., Akbulut, T. ve DüNDAR, T., “Lif Kıvrıklığının Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odununun Bazı Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi”, *Türk. J. Agric. For.*, 24(1), 45-50, (2000).

Gül, S., “Türkiye’de Üretilen Gövde Reçinesi Terebentinini ile Sülfat Terebentinin Bileşimlerinin Tayini ve Bileşenlerinin Endüstriyel Önemi Olan Başka Bileşiklere Dönüştürülmesi”, *Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten*, 12, (1999).

Günay, T. ve Tacenur, İ. A., *Türkiyede Arazi Sınıflaması Ve Ormanlarımızın Bu Sınıflamadaki Yeri*, I. Ormancılık Şurası, Cilt 3, 527-536, (1993).

Gürkan, B., “Çam Pamuklu Koşnili *Marchalina hellenica* (Gennadius)’nın Biyo-Ekolojisi ve Populasyon Dinamiği”, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (1988).

Gürkan, B., “Studies on Life Cycle Characteristics of *Marchalina hellenica* Genn. (Hemiptera: Margarodidae) in Areas with Different Altitudes”, *Mellifera*, 5(9), (2005).

Hadzibeyli, Z.K., “On *Marchalina caucasica*, sp. n. (Homoptera, Coccoidea) from the Caucasus”, Rusya, *Entomologicheskoe Obozrenye*, 48, 391-398, (1969).

Harwood, S.H., Moldenke, A.F. and Berry, R. E., “Toxicity of Peppermint Monoterpenes to the Variegated Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae)”, *J. Econ. Entomol.*, 83, 176-177, (1990).

Hatjina, F., and Bouga, M., “Portrait of *Marchalina hellenica* Gennadius (Hemiptera: Margarodidae) the Main Producing Insect of Pine Honeydew Biology, Genetic Variability and Honey Production”, *U. Bee J.*, 9(4), (2009).

Hilker, M. and Meiners, T., “Plant and Insect Eggs: How Do They Affect Each Other?”, *Phytochemistry*, 72, 1612-1623, (2011).

Hilker, M., Rohfritsch, O. and Meiners, T., “The Plant's Response Towards Insect Egg Deposition”, (Eds: M. Hilker and T. Meiners), *Chemoecology of Insect Eggs and Egg Deposition*, Blackwell, 205-233, Berlin, (2002).

Hodgson, C. J., and Gounari, S., “Morphology of *Marchalina hellenica* (Gennadius) (Hemiptera: Coccoidea: Marchalinidae) from Greece, with a Discussion on the Identity of *M. caucasica* Hadzibeyli from the Caucasus”, *Zootaxa*, 1196, 1-32, (2006).

Hodgson, C.J. and Foldi, I.A., “Review of the Margarodidae *sensu* Morrison (Hemiptera: Coccoidea) and Some Related Taxa Based on the Morphology of Adult Males”, *Zootaxa*, 1263, 1-250, (2006).

Howe, G.A. and Schaller, A., “Direct Defenses in Plants and their Induction by Wounding and Insect Herbivores”, (Eds: Schaller, A., Springer, N.), *Induced Plant Resistance to Herbivory*, Berlin, Germany, 7–29, (2008).

Hudgins, J.W., and Franceschi, V., “Methyl Jasmonate-Induced Ethylene Production is Responsible for Conifer Phloem Defense Responses and Reprogramming of Stem Cambial Zone for Traumatic Resin Duct Information”, *J. Plant Physiol.*, 135(4), 2134-2149, (2004).

Kailidis, D., *Monophlebus hellenicus (Marchalina hellenica)* Genn., The Pine Insect Feeder of Honey Bees, *Dasika Chronika*, 81/82, 305-321, (1965).

Kansu, İ.A., *Böcek Çevrebilimi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 302, Ankara, 338 , (2005).

Karban, R. and Baldwin, I., “Mechanisms of Induced Responses”, (Eds: Thompson. J.N.), *Induced Responses to Herbivory*, Chicago University Press, Chicago, 47– 103, (1997).

Karr, L. , Drewes, C. D. and Coats, J. R., “Toxic Effects of D-Limonene in the Earthworm *Eisenia Fetida* (Savigny)”, *Pestic. Biochem. Physiol.*, 36, 175-186, (1990).

Karr, L.L. and Coats, J.R., “Effects of four monoterpenoids on growth and reproduction of the German cockroach (Blattodea: Blattellidae)”, *J. Econ. Entomol.*, 85(2), 424-429, (1992).

Kasaplıgil, B., “The Forest Vegetation in the Mediterranean Regions of Turkey”, *İstanbul Üniv., Orm. Fak. Der.*, 2(2), 47-65, (1952).

Kayacık, H., “Orman ve park ağaçlarının özel sistematığı”, *I. Cilt Gymnospermae (Açık Tohumlular)*, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, (1965).

Kayman, Ü., “Fenil Propanoid ve Terpenoid Karışımlarının Jel Ekstraksiyonu ile Ayrılmasının İncelenmesi”, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013).

Keeling, C. I. and Bohlmann, J., “Genes, enzymes and chemicals of terpenoid diversity in the constitutive and induced defence of conifers against insects and pathogens”, *New Phytol.*, 170(4), 657-675 (2006).

Kessler, A. and Baldwin, I. T., "Defensive Function of Herbivore-Induced Plant Volatile Emission in Nature", *Science*, 291, 2414-2144, (2001).

Kılıç, A., “Muğla İlinde Çam Basra Böceği (*Marchalina hellenica* Genn.) (Hemiptera: Margarodidae)’nın Farklı Irklarının Morfolojik ve Moleküler Belirteçlerle Ortaya Konulması”, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2013).

Kıvrak, I., “Muğla Üretilen Çam Ballarının Organoleptik, Fizyokimyasal ve Mikroskopik Özelliklerinin Belirlenmesi”, *1. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi*, 25-27 Kasım Muğla, Bildiriler Kitabı, 241-249, (2008).

Koski, V. and Antola, J., “National Tree Breeding and Seed Production Programme from Turkey 1994–2003”, *The Research Directorate of Forest Tree Seeds and Tree Breeding*, Ankara, 24, (1994).

Köse, H., “Çam Keseböceği’nin Farklı Bonitet ve Yaşlardaki Kızılçamların Çap ve Boy Artımına Etkisi”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, (2007).

Kurz, W. A., Dymond, C. C., Stinson, G., Rampley, G. J., Neilson, E. T., Carroll, A. L., Ebata, T., and Safranyik, L., “Mountain Pine Beetle and Forest Carbon Feedback to Climate Change”, *Nature*, 452, 987-990, (2008).

Leather, S.R., “Pine monoterpenes stimulate oviposition in the pine beauty moth, *Panolis flammea*”, *Entomol. Exp. Appl.*, 43(3), 295-297, (1987).

Lee, S., Peterson, C.J. and Coats, J.R., “Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects”, *J. Stored Prod. Res.*, 39(1), 77-85, (2003).

Loreto, F. and Schnitzler, J.P., “Abiotic Stresses and Induced BVOCs”, *Trends Plant Sci.*, 15(3), 154-166, (2010).

Mammadov, R., *Tohumlu Bitkilerde Sekonder Metabolitler*, 1. Basım, Nobel Akademik Yayıncılık, 35-38, (2014).

Manninen, A.M., Tarhanen, S., Vuorinen, M. and Kainulainen P., “Comparing the Variation of Needle and Wood Terpenoids in Scots Pine Provenances”, *J. Chem. Ecol.*, 28, 211–228, (2002).

Margaritopoulos J.T., Bacandritsos N., Pekas, A.N., Stamatis, C., Mamuris, Z. and Tsitsipis, J.A., “Genetic Variation of *Marchalina hellenica* (Hemiptera: Margarodidae) Sampled from Different Hosts and Localities in Greece”, *Bull. Entomol. Res.*, 93(5), 447-453, (2003).

Maurizio, A., “How Bees Make Honey”, (Eds: Crane, E.), Honey a Comprehensive Survey, Honey Bee Research Association 94, 197-220, London, (1976).

Mendel, Z. and Lipphschitz N., “Unseasonable Latewood and Incrusted Pits are the Cause if Drying in *Pinus halepensis* and *P. eldarica* Infested with *Matsucoccus josephi*”, *J. Exp. Bot.*, 39, 951-959, (1988).

Mita, E., Tsitsimpikou, C., Tsiveleka, L., Petrakis, P. V., Ortiz, A., Vagias, C. and Roussis, V., “Seasonal Variation of Oleoresin Terpenoids from *Pinus halepensis* and *Pinus pinea* and Host Selection of the Scale Insect *Marchalina hellenica* (Homoptera, Coccoidea, Margarodidae, Coelostomidiinae)", *Holzforschung*, 56 (6), 572-578, (2002).

Mitchell, R.G., “Abnormal Ray Tissue in Three True Firs Infested by the Balsam Woolly Aphid”, *J. For. Sci.*, 13, 327-332, (1967).

Nahal, I., “Taxonomie et aire géographique des pins du groupe *halepensis*”, *Options Méditerranéennes*, 1-9, (1986).

Neyişçi, T., *Kızılçamın Doğal Yayılışı*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Kızılçam El Kitabı Serisi 2, 15-22, Ankara, (1987).

Nikolopoulos, C., “Morphology and Biology of the Species *Marchalina hellenica* (Gennadius) (Hemiptera Margarodidae Coelostomidiinae)”, Agricultural University of Athens, Athens, 16, (1965).

OGM, “Orman Varlığımız, Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü”, Ankara, (2012).

Öktem, E., *Kızılçam*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar Serisi, 52, (1987).

Özkök, A., “Muğla Bölgesinde Üretilen Çam Balı ve Propolisin Mikroskopik, Organoleptik ve Kimyasal Analizi”, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara (2009).

Özmen, O., “Terpenlerin Enzimatik Polimerizasyonu ve Reaksiyon Kinetiğinin Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, 236, Ankara, (2010).

Özyağcı, B., “Organosilan Bileşikleri ile Modifiye Edilmiş Doğal Zeolitin Terpenlerin Dimerleşme Reaksiyonlarındaki Katalitik Aktivitesinin Araştırılması”, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara (2015).

Pare P.W. and Tumlinson J.H., “Plant Volatiles as a Defense Against Insect Herbivores”, *Plant Physiol.*, 121, 325–331, (1999).

Phillips, M. A. and Croteau, R. B., “Resin-Based Defenses in Conifers”, *Trends Plant Sci*, 4(5), 184-190, (1999).

Pichersky, E. and Gershenzon, J., “The Formation and Function of Plant Volatiles: Perfumes for Pollinator Attraction and Defense”, *Curr. Opin. Plant Biol.*, 5(3), 237-243, (2002).

Rappaport, N.G., “The Cone and Seed Insects of California Five-Needle Pines”, *Proceedings 44th Annual California Forest Pest Council Symposium: Pest Management in California Forest Ecosystems*, Rancho Cordova, California, November, 35–43, (1994).

Rudloff, E. V. and Rehfeldt, G. E., “Chemosystematic Studies in the Genus *Pseudotsuga*. IV. Inheritance and Geographical Variation in the Leaf Oil Terpenes of Douglas-Fir from the Pacific Northwest”, *Can. J. Bot.*, 58(5), 546-556, (1980).

Santas, L.A., “*Marchalina hellenica* (Gennadius), an Important Insect for Apiculture in Greece”, *Proceedings of the XXVII International Congress of Apiculture*, Athens, 419-422, (1979).

Sarıbaş, M. ve Ekici, B., “Kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) Batı Karadeniz Bölgesindeki Doğal Yayılışına Katkı”, *Bar. Orm. Fak. Der.*, 6(6), 127-135, (2004).

Scagel, R. F., *An Evolutionary Survey of the Plant Kingdom*, Wadsworth Publishers, CA, USA, (1965).

Selmi, E., “*Marchalina hellenica* (Gennadius) (Coccoidea, Homoptera)’nın Marmara Bölgesindeki Biyolojisi ve Doğal Düşmanları”, *JFFIU*, 33A(1), 93-103, (1983).

Smith C. M., *Plant Resistance to Insects*, A Wiley-Interscience Publication, Moscow, 286 , (1989).

Sönmez, U., “*Salvia nemorosa* L.’nin Terpenoit ve Flavonoid Bileşikleri ile Kimyasal Araştırmalar”, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1993).

SPSS Inc. SPSS for Windows Release 14.0.1, SPSS Inc., Chicago, IL, (2005).

Sunay, E. A., Altıparmak, Ö., Doğaroğlu, M. ve Gökçen, J., “Türkiye’de ve Dünyada Bal Üretimi Ticareti ve Karşılaşılan Sorunlar”, *II. Marmara Arıcılık Kongresi*, Yalova, (2003).

Tobolski, J.J. and Honover, J.W., “Genetic Variation in Monoterpenes of Scotch Pine”, *J. For. Sci.*, 17, 293–299, (1971).

Turlings, T. C. J., and Wackers, F., “Recruitment of Predators and Parasitoids by Herbivore-Injured Chemical Ecology”, 21-75, Cambridge University Press, Cambridge, (2004).

Turlings, T.C.J., Tumlinson, J.H. and Lewis, W.J., “Exploitation of Herbivore - Induced Plant Odors by Host-Seeking Parasitic Wasps”, *Science. (Washington)*, 250, 1251-1253, (1990).

Tutkun E., “Çam pamuklu Koşnili (*Marchalina hellenica*)’nın Transplantasyon Yöntemi ve Uygun İklim Alanlarının Saptanması”, *Teknik Arıcılık*, 4, 2-8, (1999).

Umay, A., “*Lavandula stoechas*, *Melissa officinalis* ve *Tribulus terrestris* Bitkilerinin Kimyasal İçeriklerinin Araştırılması”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2007).

Ülgentürk, S., Civelek, H. S., Dostbil, Ö., Evren, N. ve Sarıbaşak, H., “Çam Pamuklu Koşnili *Marchalina hellenica* Genn. (Hemiptera: Margarodidae)'nın Biyo-Ekolojisi. Ege ve Akdeniz Bölgesindeki Yayılış Alanları (Research Report)", Ankara, Turkey: TUBITAK-TARP, (2012).

Vinson, S. B., “The Behavior of Parasitoids”, (Eds: G. A. Kerkut and L. I. Gilbert), Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology, Vol. 9, 417-469, Pergamon Press, New York, (1985).

Vité, J. P. and Rudinsky, J. A., “The Water-Conducting Systems in Conifers and their Importance to the Distribution of Trunk Injected Chemicals”, *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, 20(1), 27-38, (1959).

Watanabe, K., Shono, Y., Kakimizu, A., Okada, A., Matsuo, N., Satoh, A. and Nishimura, H., “New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis*”, *J. Agric. Food Chem.*, 41(11), 2164-2166, (1993).

Yaltırık, F. ve Boydak, M., “Türkiye Kızılçamlarında Genetik Çeşitlilik (Varyasyon)”, *Uluslararası Kızılçam Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 1-10, Marmaris, (1993).

Yaltırık, F., *Dendroloji. Gymnospermae (Açık Tohumlular)*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, 320, İstanbul, (1993).

Yeşil, A., "Değişik Sıklık ve Bonitetteki Kızılçam Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi", İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (1992).

Yeşil, A., Gürkan, B., Saraçoğlu, O. ve Zengin, H., “Effect of the Pest *Marchalina hellenica* Gennadius (Homoptera, Margarodidae) on the Growth Parameters of *Pinus brutia* Ten”, Mugla Region (Turkey), *Pol. J. Ecol.*, 53, 451-458, (2005).

Zander, E. and Koch, A., “Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart”, *Der Honig*, 201, (1994).

Zencirkıran, M., *Peyzaj Bitkileri I (Açık Tohumlu Bitkiler - Gymnospermae)*, Bursa, Nobel Yayınları, (2013).

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Pınar Zahire TOPCAN

Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul/Bakırköy- 15.05.1990

Lisans Üniversite : Pamukkale üniversitesi, Biyoloji Bölümü

Elektronik posta : zgececi08@pau.edu.tr

İletişim Adresi : Pamukkale Üniversitesi, Biyoloji Bölümü