

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

***Tomicus destruens* Woll. KONAKÇI TERCİHİNE *Pinus brutia* Ten.
İBRE YAPRAK VE ODUN İÇERİKLERİNİN ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜBRA KOCABİYİK

DENİZLİ, TEMMUZ - 2019

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



***Tomicus destruens* Woll. KONAĞI TERCİHİNE *Pinus brutia* Ten.
İBRE YAPRAK VE ODUN İÇERİKLERİNİN ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜBRA KOCABIYIK

DENİZLİ, TEMMUZ - 2019

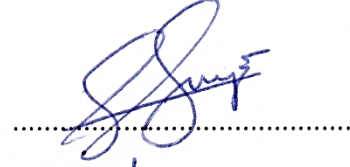
KABUL VE ONAY SAYFASI

KÜBRA KOCABIYIK tarafından hazırlanan “*Tomicus destruens* Woll. KONAĞI TERCİHİNE *Pinus brutia* Ten. İBRE YAPRAK VE ODUN İÇERİKLERİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 08.07.2019 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.

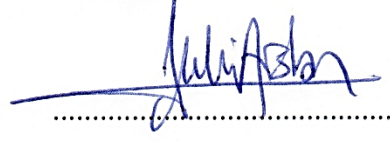
Jüri Üyeleri

İmza

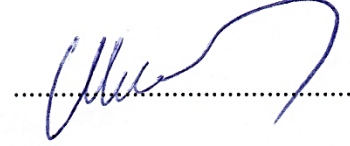
Danışman
Prof. Dr. Gürkan SEMİZ



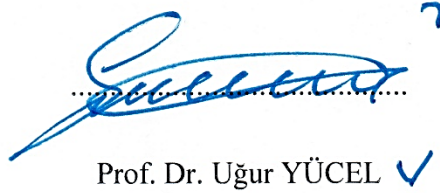
Üye
Prof. Dr. Şevki ARSLAN



Üye
Doç. Dr. Metin ARMAĞAN



Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17/07/2019 tarih ve 29/12-2 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL ✓

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez alışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar birimi tarafından 2017FEBE061 nolu proje ile desteklenmiştir.

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.



Kübra KOCABIYIK

ÖZET

***Tomicus destruens* Woll. KONAKÇI TERCİHİNE *Pinus brutia* Ten. İBRE YAPRAK VE ODUN İÇERİKLERİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KÜBRA KOCABIYIK
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜRKAN SEMİZ)**

DENİZLİ, TEMMUZ - 2019

Ekolojik ve ekonomik olarak büyük öneme sahip kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) en geniş yayılışını ülkemiz sınırları içerisinde göstermektedir. Ülkemiz orman varlığı bazı biyotik ve abiyotik faktörlerin tehdidi altındadır. Bu biyotik faktörlerin en başında zararlı böcekler gelmektedir. Scolytinae alt familyasına ait bir kabuk böceği olan *Tomicus destruens* Woll. türü *Pinus* türlerinde ciddi zarar oluşturmakta hatta ağaçların ölmesine bile sebep olmaktadır. Koniferler değişen çevre koşullarına karşı savunma stratejileri geliştirmekte ve çeşitli kimyasallar üreterek kendilerini korumaya çalışmaktadırlar. Bu kimyasalların en başında terpen türevli bileşikler gelmektedir. Bitkiler bu terpen türevli bileşikleri doğrudan ya da dolaylı savunma stratejilerinde kullanmaktadır. Böcekler yumurtaları için güvenli bir konukçu tercihinin bu terpen türevli bileşikleri takip ederek yapmaktadırlar. Bu çalışmanın amacı, *T. destruens* konakçı tercihinin *P. brutia* ibre yaprak ve odun içeriklerinin etkisinin araştırılmasıdır. Bu amaçla Afyon-Sarıkavak bölgesinde *T. destruens* tarafından istila edilmiş ve edilmemiş toplamda 40 adet ağaç rastgele seçilmiştir. Bu ağaçlardan alınan ibre yaprak ve gövde örneklerinin terpen profillerini belirlemek için GC-MS analizleri yapılmıştır. İki test sonucunda kontrol ve deney grubu arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur. Çalışmamızda gövde örneklerinde tricyclene, camphene ve p-cymene bileşiklerinde, ibre yapraklarda ise α -pinene, camphene, β -pinene, myrcene, limonene, trans- β -caryophyllene ve δ -cadinene bileşiklerinde istatistiksel anlamda bir fark gözlemlenmiştir. Bu bileşiklerden α -pinene ve β -pinene, feromon tuzaklarında kullanılan ve tür için cezbedici özellikte olan bileşikler olup, konukçu tercihinde etkili olabileceği açıkça gösterilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: *Pinus brutia*, *Tomicus destruens*, Kızılçam, Akdeniz orman bahçivanı, Terpenler

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECT OF *Pinus brutia* Ten. NEEDLE AND WOOD TERPENES IN HOST PREFERENCE OF *Tomicus destruens* Woll.

MsC THESIS

KÜBRA KOCABIYIK

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

BIOLOGY

(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜRKAN SEMİZ)

DENİZLİ, JULY 2019

The Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) forests, which are of great ecological and economic importance, show the largest spread in our country in the world. Forests are threatened by some biotic and abiotic factors. One of the most important of these biotic factors is herbivorous insects. *Tomicus destruens* Woll. belonging to Scolytinae subfamily cause serious damage to *Pinus* species and even can cause trees to die. Conifers develop defense strategies against changing environmental conditions and try to protect themselves by producing various chemicals. Terpenoid compounds are the most important of these chemicals. Plants use these terpenoid compounds in their direct or indirect defense strategies. The insects make host preference for their eggs by following these terpenoid compounds. The aim of this study was to determine the effect of *P. brutia* needle and wood terpenes in host preference of *T. destruens*. For this purpose, 40 trees were randomly selected in the Afyon-Sarıkavak region. GC-MS analyzes were performed to determine the terpene profiles of needle and bark samples taken from these trees. As a result of the two tests, a statistically significant difference was found between the control and experiment groups. In our study, a difference was observed in tricyclene, camphene and p-cymene compounds in bark samples. On the other hand, the statistically difference was observed in α -pinene, camphene, β -pinene, myrcene, limonene, trans- β -caryophyllene and δ -cadinene compounds in needles. As a result, α -pinene and β -pinene are compounds that are used in pheromone traps and are attractive for the species, and it is clear that they can be effective in host preference.

KEYWORDS: *Pinus brutia*, *Tomicus destruens*, Turkish Red Pine, Mediterranean pine shoot beetle, Terpenes

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. <i>T. destruens</i> 'in Taksonomisi ve Biyolojisi.....	3
2.1.1. <i>T. destruens</i> 'in Yumurta Dönemi.....	6
2.1.2. <i>T. destruens</i> 'in Larva Dönemi.....	6
2.1.3. <i>T. destruens</i> 'in Pre-pupa ve Pupa Dönemi.....	7
2.1.4. <i>T. destruens</i> 'in Ergin Dönemi.....	7
2.2. <i>T. destruens</i> 'in Doğal Düşmanları.....	9
2.3. <i>T. destruens</i> ile Mücadele.....	10
2.4. <i>Pinus brutia</i> 'nın Taksonomisi ve Biyolojisi.....	11
2.5. <i>Pinus brutia</i> 'nın Doğal Yayılışı ve Ekonomik Önemi.....	12
2.6. Koniferlerin Kimyasal Savunmasında Terpen Türevli Bileşikler.....	14
2.7. Çalışmanın Amacı.....	17
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Çalışma Alanı.....	18
3.2. Çalışma Alanından Örneklerin Toplanması.....	19
3.3. Örneklerin Ekstraksiyonu ve Terpen Analizleri.....	20
3.4. İstatistiksel Analizler.....	21
4. BULGULAR	22
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	27
6. KAYNAKLAR	31
7. ÖZGEÇMİŞ	41

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1: <i>T. destruens</i> 'in dünyadaki yayılış alanları	5
Şekil 2. 2: <i>T. destruens</i> 'in yumurta, larva, pre-pupa, pupa ve ergin dönemleri.....	8
Şekil 2. 3: (a) <i>T. destruens</i> ergininin kızılçam gövdesinde açtığı galeri (foto: Oğuzhan Sarıkaya), (b) larvaların yiyim yolları ve (c-d) <i>Pinus</i> cinsi üzerinde oluşturduğu zarar	9
Şekil 2. 4: Kızılçamın Türkiye'deki doğal yayılış alanları	13
Şekil 2. 5: Doğrudan ve dolaylı bitki savunmasında uçucu bileşikler	15
Şekil 2. 6: Bazı monoterpenler ve açık formülleri	16
Şekil 2. 7: Bazı seskiterpenler ve açık formülleri	16
Şekil 3. 1: Çalışmamıza ait örneklemelerin yapıldığı alan	18
Şekil 3. 2: <i>Tomicus destruens</i> tarafından istilaya uğramış gövde görüntüsü	19
Şekil 3. 3: (a-b) İbrelerin ve gövdenin küçük parçalar haline getirilmesi, (c-d) ekstraksiyon ve süzümeye, (e) elde edilen özüt ve (f) özütün vial tüplere aktarılması	21
Şekil 4. 1: Gövde örneklerine ait ortalama seskiterpen değerleri	23
Şekil 4. 2: İbre örneklerine ait ortalama seskiterpen değerleri.....	24
Şekil 4. 3: İbre örneklerine ait ortalama monoterpen değerleri	25
Şekil 4. 4: Gövde örneklerine ait ortalama monoterpen değerleri	26

TABLO LİSTESİ

Tablo 2. 1: <i>T. destruens</i> 'in taksonomik sınıflandırılması ve ergin birey görüntüsü	3
Tablo 2. 2: <i>T. destruens</i> 'in sinonimleri ve konukçusu olduğu türler	4
Tablo 2. 3: <i>T. destruens</i> 'in bazı predatör, parazitoid ve parazitik nematodları	10
Tablo 4. 1: İstilaya uğramış ve uğramamış kızılçam gövde örneklerinde seskiterpenlerin istatistiksel değişiminin <i>t</i> -testi sonuçları ($\mu\text{g/g}$ fwt \pm SE; $n=40$). Kalın olarak gösterilen değerler Mann-Whitney U testi ile analiz edilen <i>P</i> değerlerini temsil etmektedir	23
Tablo 4. 2: İstilaya uğramış ve uğramamış kızılçam ibre yapraklarında seskiterpenlerin istatistiksel değişiminin <i>t</i> -testi sonuçları ($\mu\text{g/g}$ fwt \pm SE; $n=40$). Kalın olarak gösterilen değerler Mann-Whitney U testi ile analiz edilen <i>P</i> değerlerini temsil etmektedir	24
Tablo 4. 3: İstilaya uğramış ve uğramamış kızılçam ibre yapraklarında monoterpenlerin istatistiksel değişiminin <i>t</i> -testi sonuçları ($\mu\text{g/g}$ fwt \pm SE; $n=40$). Kalın olarak gösterilen değerler Mann-Whitney U testi ile analiz edilen <i>P</i> değerlerini temsil etmektedir	25
Tablo 4. 4: İstilaya uğramış ve uğramamış kızılçam gövde örneklerinde monoterpenlerin istatistiksel değişiminin <i>t</i> -testi sonuçları ($\mu\text{g/g}$ fwt \pm SE; $n=40$). Kalın olarak gösterilen değerler Mann-Whitney U testi ile analiz edilen <i>P</i> değerlerini temsil etmektedir	26

SEMBOL LİSTESİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
m	: Metre
km	: Kilometre
μ l	: Mikrolitre
ml	: Mililitre
μ g	: Mikrogram
mg	: Miligram
α	: Alfa
β	: Beta
δ	: Delta
°	: Derece
'	: Dakika
"	: Saniye
~	: Yaklaşık

KISALTMALAR LİSTESİ

ha	: Hektar (10.000 m ²)
C ₁₀	: On karbonlu
C ₁₅	: On beş karbonlu
C ₂₀	: Yirmi karbonlu
GC-MS	: Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
İng.	: İngilizcesi
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
fw	: Yaş ağırlık
vb.	: ve benzeri
RT	: Alıkonma süresi
SE	: Standart hata

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının konusunun belirlenmesinde beni yönlendiren, çalışma boyunca engin bilgi birikimi ve tecrübesi ile yardımlarını esirgemeyen, karşılaştığım her zorluğu aşmamda yardımcı olan, hayatımda örnek aldığım ve daima güvenini ve sevgisini hissettiğim saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Gürkan SEMİZ'e, çalışma sürecinde konuyla ilgili bilgisini ve araştırma görsellerini bizimle paylaşan sayın Doç. Dr. Oğuzhan SARIKAYA'ya, arazi çalışmalarında ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, pozitif enerjileri ile daima yanımda olan değerli çalışma arkadaşım Arş. Gör. Batıkan GÜNAL'a ve sevgili dostum Büşra AY'a, teknik konularda desteğini esirgemeyen sevgili arkadaşım Aykut DEDE'ye ve tez çalışmamın her aşamasında gerek maddi gerek manevi desteğini esirgemeyen ve bana koşulsuz güvenen değerli Anneme, Babama ve Kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

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

1. GİRİŞ

Ormanların korunması, canlıların temel ihtiyaçlarını karşılayabilmesi açısından önem arz etmektedir. Ormanlar, ekolojik ve sosyal yaşamın esas kaynağı olmakla birlikte, biyoçeşitliliğin temelini oluşturmaktadır. Ülkemizde ormanlar, 19,619.718 ha kuru ve 2,723.217 ha baltalık olmak üzere toplam 22,342.935 ha alan kaplamaktadır (OGM 2015). Bu orman alanının %48'i ibreli, %33'ü yapraklı, %19'u ise ibreli ve yapraklı karışık meşcerelerden oluşmaktadır. Dünyadaki en geniş yayılışı ülkemizde içerisinde olan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), orman varlığımızın %25,11'ini kapsayan en önemli türlerinden biridir (OGM 2015). Kızılçam, geniş yayılış alanına sahip olması ve farklı ekolojik koşullara uyum sağlaması sebebiyle Ulusal Ağaç-İslah ve Ağaçlandırma Programlarında kullanılan türlerin başında gelmektedir (Semiz 2009). Ekonomik öneme sahip kızılçam odunu, maden direği, tel direği, ambalaj sandığı gibi alanlar dışında kağıt ve selüloz sanayiinde de kullanılmaktadır (Göker ve diğ. 2000).

Türkiye ormanlarının sağlığını etkileyen faktörlerin arasında en başta böceklerin geldiği kabul edilmektedir. Böceklerin ormanlarda oluşturduğu tahribat, orman yangınları zararından beş kat daha fazladır. Beslenme davranışlarına göre orman böcekleri, primer ve sekonder zararlılar olarak değerlendirilmektedir. Primer zararlılar sağlıklı ağaçları tercih etmektedir. Hasarlı ve fizyolojik durumu iyi olmayan ağaçları tercih eden sekonder zararlı böcekler, fazla üremeleri halinde çok ciddi zararlara sebep olmaktadır (Selmi 1998).

Koniferlerin başlıca zararlıları olan kabuk böcekleri orman ekosisteminin işleyişinde ekolojik ve ekonomik bir rol oynamaktadır. Orman ekolojisinde Coleopter grubu, özellikle de kabuk böcekleri, önemli bitki zararlılarının çoğunu barındırmaktadır (Çanakçıoğlu ve Mol 1998; Oğurlu 2001). Yaşamsal faaliyetlerinin neredeyse tamamını ağaç üzerinde geçiren bu zararlıların bazı türleri büyük salgınlara sebep olabilmektedir. Akdeniz ülkeleri gibi ılıman bölgelerde yayılış gösteren zararlı türlerin küresel ısınma ile kuzeye doğru yayılma riski artmaktadır. Kabuk böcekleri Scolytinae alt familyasının 7500 türünün yaklaşık yarısını oluşturmaktadırlar. Kabuk böcekleri ile koniferlerin arasındaki ilişki çok eski çağlara dayanmaktadır. Trias dönemi (mezozoik çağ) gibi erken döneme ait taşlaşmış odun fosillerinde yer alan ve böceğin beslenme alışkanlığını gösteren galeriler, bu türlerin 280 milyon yıl önce

ortaya çıktığını göstermektedir (Ross 1965). *Pinus brutia* üzerinde zarar yapan çok sayıda kabuk böceği bulunmaktadır. Bu zararlılar, *Carphoborus henscheli*, *C. pini*, *Crypturgus cribellus*, *C. mediterraneus*, *C. numidicus*, *Hylastes linearis*, *Hylurgus ligniperda*, *Orthomicus erosus*, *O. tridentatus*, *Pityogenes calcaratus*, *P. pennidens* ve *Tomicus destruens* Woll. olarak sayılmaktadır (Lieutier ve diğ. 2016). Curculionidae familyası Scolytinae alt familyasında yer alan *T. destruens* türü, *Pinus* cinsi ağaçlarda önemli zarar yapan bir kabuk böceğidir (Lieutier ve diğ. 2015). Yılda bir nesil veren bu tür, beslenme, barınma ve yumurta koyma gibi ihtiyaçlarını karşılamak için fizyolojik durumu iyi olmayan ağaçları tercih eden bir sekonder zararlıdır.

Böcekler ile sürekli etkileşim içerisinde olan bitkiler, herbivorlara karşı kendilerini savunmak için bazı stratejiler geliştirmişlerdir. Bu savunma stratejileri, herbivora hızlı bir şekilde etki eden doğrudan savunma ve herbivorun predatörünü davet eden dolaylı savunma olarak sınıflandırılmaktadır (Arimura ve diğ. 2005). Bir herbivor tarafından saldırı altında olan bitkilerin yaydığı bileşikler herbivorun parazitoid veya predatörleri gibi düşmanlarını cezbederek zararlı ile savaşmaktadır. Bitkiler bu doğrudan ya da dolaylı savunma stratejileri için terpen türevli bileşikleri kullanmaktadır (Turlings ve Wackers 2004). Sekonder metabolit adı verilen bu terpen türevli bileşikler, herbivorun bütün gelişim aşamalarında olumsuz etki oluşturabilmekte, beslenmesini engelleyici etki yapabilmekte ve herbivorun düşmanını cezbederek sayılarının azalmasını sağlayabilmektedir. Koniferlerin ürettiği reçinenin bileşimi bu savunma stratejilerinde öneme sahip olan terpen türevli bileşiklerden oluşmaktadır. Bu bileşikler, uçucu özellik gösteren monoterpen ve seskiterpenlerin yanı sıra uçucu özellik göstermeyen diterpenlerden meydana gelmektedir (Michelozzi 2013). Bitkinin toprak altı veya toprak üstü kısımlarından salınan bu bileşikler bitkide her an bulunabilmekte ya da bir saldırı anında indüklenebilmektedir. Primer zararlılar nedeniyle oluşan bazı terpen türevli bileşikler, sekonder zararlılar için cezbedici özellikte olabilir. Böcekler, beslenme, yumurta bırakma ve korunma gibi faaliyetleri gerçekleştirmek için bitkilerden salınan bu terpen türevli bileşikleri takip ederek konukçu tercihinde bulunurlar (Kansu 2005).


2. GENEL BİLGİLER

2.1. *T. destruens*'in Taksonomisi ve Biyolojisi

Orman böcekleri, beslenme davranışına göre primer zararlılar ve sekonder zararlılar olarak ikiye ayrılmaktadır. Primer zararlılar, fizyolojik durumu iyi, canlı ve sağlıklı ağaçlarda zarar yaparlar. Sekonder zararlılar ise, fizyolojik durumu iyi olmayan ağaçları tercih ederek kısa süre içerisinde hızlıca çoğalırlar. Bu zararlılar Curculionidae, Cerambycidae, Buprestidae ve Siricidae familyaları gibi gövde kısımlarıyla beslenen böcekleri kapsar (Selmi 1998). Coleoptera takımının Curculionidae familyasına bağlı *Tomicus destruens* Woll. ibre yapraklı ağaçların gövde ve sürgünlerinde önemli zarar yapan bir böcektir (Tablo 2.1) (Mendel 1987; Nanni ve Tiberi 1997; Faccoli 2007). *Tomicus* cinsi, Latreille tarafından 1802 yılında yayınlanmış olmasına rağmen, cinsin en eski türleri 1758 yılında Linnaeus tarafından *Dermestes piniperda* olarak tanımlanmıştır (Linnaeus 1758; Lieutier ve diğ. 2015). Linnaeus türü tanımlarken, “Avrupa’da genç çam sürgünlerinde oyuk açarak ve kurutarak yaşadığından dolayı, ağaçta doğanın bahçıvanı olarak hareket eder,” notunu düşmüştür (Latince-İngilizce çevirisinden Türkçeye çevrilmiştir). Aynı zamanda *Tomicus* cinsi, cins basamağında *Dendroctonus* Erichson, 1836, *Blastophagus* Eichhoff, 1864 ve *Myelophilus* Eichhoff, 1878 olarak da rapor edilmiştir (Lieutier ve diğ. 2015).

Tablo 2. 1: *T. destruens*'in taksonomik sınıflandırılması ve ergin birey görüntüsü

Alem	: Animalia
Şube	: Arthropoda
Sınıf	: Insecta
Takım	: Coleoptera (Linnaeus, 1758)
Familya	: Curculioniadae (Latreille, 1802)
Alt familya	: Scolytinae (Latreille, 1807)
Tribus	: Hylurgini (Erichson, 1836)
Cins	: <i>Tomicus</i> (Latreille, 1802)
Tür:	: <i>Tomicus destruens</i> Woll., 1865



Dünyada sekiz türle temsil edilen *Tomicus* cinsi kabuk böcekleri, konukçu bitkiler olarak Pinaceae familyasına ait türleri tercih etmektedirler (Pfeffer 1995;

Sarıkaya ve Avcı 2009). Bu cinse ait türlerden *Tomicus piniperda* Linneaus, 1758 Asya ve Kuzey Amerika ormanlarında, *T. destruens* Wollaston, 1865 Akdeniz ülkeleri ve Avrupa ormanlarında rapor edilirken, *T. minor* Hartig, 1834, *T. brevipilosus* Eggers, 1929, *T. pilifer* Spessivtsev, 1919, *Tomicus yunnanensis* Kirkendall ve Facolli, 2008, *Tomicus armandii* Li ve Zhang, 2010 ve *T. puellus* Reitter, 1894 Asya ormanlarında kaydedilmiştir (Lieutier ve diğ. 2015). *T. destruens*'in sinonimleri tablo halinde verilmiştir (Tablo 2.2).

Tablo 2. 2: *T. destruens*'in sinonimleri ve konukçusu olduğu türler (Kirkendall ve diğ. 2008; Li ve diğ. 2010)

	Sinonimleri	Konukçu türler
<i>T. destruens</i>	<i>Hylurgus destruens</i> Wollaston <i>Blastophagus piniperda</i> var. <i>rubripennis</i> Reitter <i>Blastophagus piniperda</i> var. <i>rubescens</i> Krausse <i>Blastophagus piniperda</i> Schedl <i>Blastophagus destruens</i> Lekander	<i>Pinus halepensis</i> , <i>P. pinaster</i> , <i>P. pinea</i> , <i>P. brutia</i> , <i>P. canariensis</i> , <i>P. radiata</i> , <i>P. nigra</i>

Tomicus cinsine ait türler morfolojik olarak birbirine çok benzerdir ve ilk bakışta ayırt edilebilmeleri oldukça zordur. Bazı türlerin geniş dağılımı ve coğrafik varyasyonlardan kaynaklı morfolojik farklılıkların oluşması hemen hemen her *Tomicus* türünün alt tür veya varyete olarak tanımlanmasına sebep olmuştur. Detaylı morfolojik ve moleküler analizler bazı alt tür ve varyetelerin sinonim olarak kabul edilmesi ile sonuçlanmıştır (Lieutier ve diğ. 2015). *T. destruens*, 1865 yılında Wollaston tarafından farklı bir tür olarak (*Hylurgus destruens*) tanımlanmıştır (Wollaston 1865; Sarıkaya ve Avcı 2010; Lieutier ve diğ. 2015). Wollaston iki tür arasındaki farkı vurgularken *T. destruens* için, “*T. piniperda*’dan farklı olarak daha geniş, daha kalın ve daha kıvrımlı, pas renginde bir elitraya (kın kanat) sahiptir. Antenleri tamamen açık renkli ve anten topuzu dar ve uzundur.” tanımlamasını yapmıştır. Schedl (1946)’in çalışmalarından sonra *T. destruens* ve *T. piniperda* uzun yıllar boyunca sinonim olarak kabul edilmişlerdir. Ancak, Lekander (1971)’in, larvaları morfolojik karakterleri bakımından ele almasıyla ve farklı bilim insanlarının ergin bireyler üzerinde yaptığı diğer morfolojik ve genetik çalışmalar (Gallego ve Galian 2001; Kohlymar ve diğ. 2002; Peverieri ve Faggi 2005) doğrultusunda *T.*

destruens ve *T. piniperda* yeniden farklı türler olarak kabul edilmişlerdir. Bununla birlikte, *Tomicus* türlerinin filogenetik ilişkileri ile ilgili yapılan bir çalışmada *T. minor* ile *T.destruens*'in *T. piniperda*'ya kıyasla daha yakın akraba oldukları gösterilmiştir (Kohlmayr ve diğ. 2002).

T. destruens, Balear Adaları, Korsika, Hırvatistan, Kıbrıs, Fransa, İsrail, İtalya, Madeira Adası, Portekiz, İspanya, Türkiye ve komşu İtalyan adaları da dahil olmak üzere Akdeniz bölgesinin tüm çam ormanlarında (Şekil 2.1) yayılış göstermektedir (Facolli ve diğ. 2005; Vasconcelos ve diğ. 2006). Herbivor böceklerin coğrafi dağılımı, mecburen, konak bitkilerinin yayılış alanı içerisinde kalmaktadır (İpekdal ve Çağlar 2011). Monogam bir tür olan *T. destruens*, Akdeniz çam türleri *P. pinaster*, *P. halepensis*, *P. pinea*, *P. canariensis* ve *P. brutia*, egzotik bir çam türü olan *P. radiata* ve nadiren *P. nigra* üzerinde zarar oluşturur (Çanakçıoğlu ve Mol 1998; Vasconcelos ve diğ. 2003; Gallego ve diğ. 2004; Sarıkaya ve Avcı 2010). Lekander (1971) tarafından yapılan çalışmada *T. destruens* varlığına Türkiye'de ilk kez Marmaris'te rastlanmıştır. *T. destruens* holometabol bir böcek türü olup, tam başkalaşım geçirmektedir. Bu başkalaşım şeklinde, ergine ve larvaya benzemeyen bir pupa dönemi bulunmaktadır (Karaca ve Ay 2002).



Şekil 2. 1: *T. destruens*'in dünyadaki yayılış alanları

2.1.1. *T. destruens*'in Yumurta Dönemi

T. destruens yılda bir nesil (İng: univoltine) vermektedir (Lentini ve diğ. 2015). Böceğin uçuş periyodu yükseltiye bağlı olarak değişmektedir. 0-300 m arası yükseltide Kasım ayının başlarında başlayan uçuş periyodu, 300-600 m arasındaki yükseltelerde Aralık ayının ikinci yarısında, 600 m ve üzeri yükseltelerde ise Şubat ayının başlangıcında seyretmektedir. Uçuş periyodu ile ilişkili olarak düşük rakımda Kasım ayının ilk haftasında yumurtaları bırakmaya başlayan ergin dişiler, 300-600 m arasındaki yükseltelerde Aralık ayının diğer yarısında, 600 m üzerindeki rakımlarda ise Şubat ayında yumurtalarını bırakırlar (Sarıkaya ve Avcı 2010). Ergin dişi bireyler, *Pinus* türlerinin gövde kabuklarının altında yumurtalarının olgunlaşım kolayca besine ulaşabileceği alanları seçerler. Yumurta bırakmak için gövdenin kalın kabuklu, pürüzlü ve alçak kısımlarını tercih ederler (Carle 1974; Stergulc 2002). Ergin birey tarafından açılan ana galerilerin boyutları 6,0-12,4 cm (ortalama 9,8 cm) arasında değişiklik göstermektedir (Balay ve diğ. 2013). Sarıkaya ve Avcı (2010) tarafından yapılan çalışmada, *P. nigra*'da ana galeri boyu maksimum 7,5 cm olarak kaydedilmiştir. Ana galeri yolunun her iki tarafına bırakılan yumurtalar, oval şekilli, yarı saydam-süt beyazı renkte ve 1-1,5 mm boyutlarındadır (Şekil 2.2a) (Peverieri ve diğ. 2008). Her bir galeri ortalama olarak 50-90 adet yumurta içermektedir. Yumurtadan çıkma süresi yaklaşık 17°C'de 12-14 gün arasındadır (Chakali 2005).

2.1.2. *T. destruens*'in Larva Dönemi

T. destruens dört larva evresi geçirmektedir (Şekil 2.2b). Larvalar yumurtadan ilk çıktıklarında 1,5-2 mm boyutlarında, beyaz renktedirler (Balay ve diğ. 2013). Bacaksız larvalarda baş iyi gelişmiştir ve vücut karnına doğru kıvrık durur (Çanakçioğlu ve Mol 1998). Larval dönemi boyunca ağacın gövde lifleri ile beslenen larvalar 4-5 mm'ye kadar boylanabilmektedir (Lentini ve diğ. 2015). Larva beslenme yolları ana galeriye dik şekilde başlamakta olup, larvalar büyüdükçe aşağı ve yukarıya doğru devam etmekte ve genişlemektedir (Şekil 2.3b) (Mendel ve diğ. 1985). Larvaların yiyim yolları ortalama 6-12 cm boylarında ve 3 mm genişliğindedir (Sarıkaya ve Avcı 2010). *T. destruens* istilasını altındaki kızılçamda esas zararı larvalar oluşturmaktadır. Larvalar büyüme süresince gövdede beslendiklerinden ağacın daha

da zayıflamasına neden olmakta ve zayıflayan ağacın zaman içerisinde ölmesine sebep olmaktadır (Vasconcelos ve diğ. 2006). İstilaya uğramış ağaçların taç bölmesinde belirgin değişiklikler görülmektedir. Larvaların büyümesiyle beraber zayıflamaya başlayan ağacın ibreleri solar ve soluk yeşil, sarımsı bir renk alır (Şekil 2.3d). Daha sonra ibreler tamamen kuruyarak kahverengi hal alır ve ağacın taç kısmı kızılımsı bir görünüme bürünür. Sürgünlerdeki zararın ardından ibre yaprakların döküldüğü görülmektedir (Selmi 1998).

2.1.3. *T. destruens*'in Pre-pupa ve Pupa Dönemi

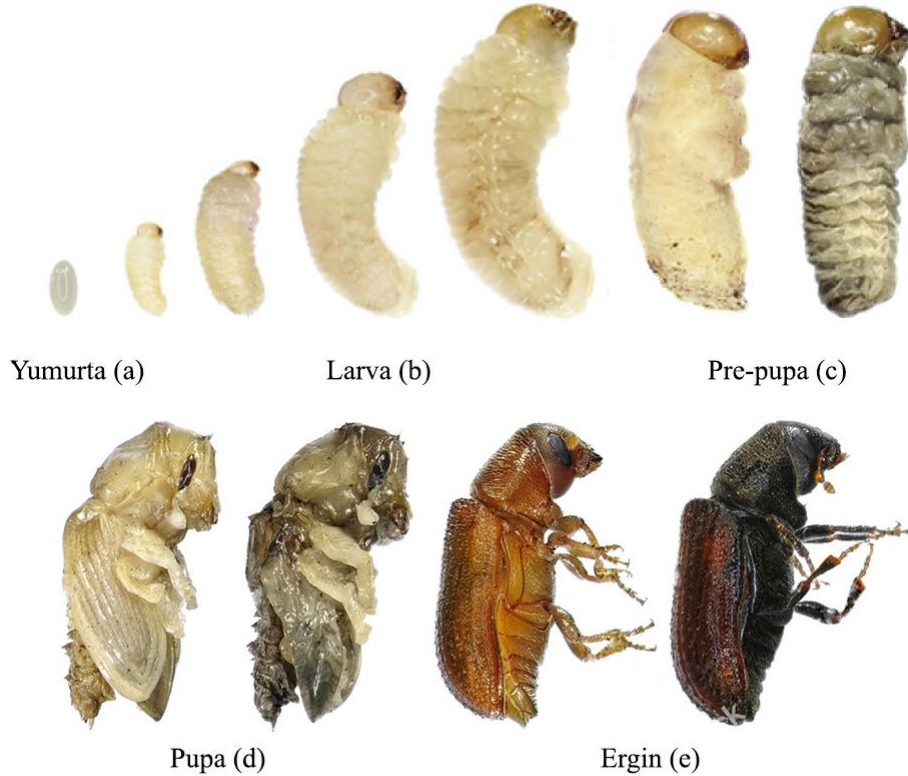
Pupa dönemini serbest pupa olarak geçiren *T. destruens*, bir pre-pupa dönemi (Şekil 2.2c) geçirmektedir (Nanni ve Tiberi 1997). Pupa evresinde girecek olan larvaların yiyim yolları, genişlemiş bir pupa odası ile sonlanmaktadır. Serbest pupa halinde anten, bacak ve kanat izleri vücut üzerinde serbest halde gözlemlenebildiği için bu adı almıştır (Şekil 2.2d) (Sarıkaya ve Avcı 2010). Pupa dönemi süresince açılan odun kabuklarının içerisindeki bireylerin zamanla kanat oluşumları ve diğer gelişimleri gözle görülür şekilde izlenebilmektedir (Çanakçıoğlu ve Mol 1998). Pupa evresi genelde kısa sürmektedir. Yaklaşık 17°C'de, 12-22 gün sonunda ergin birey gelişmiş hale gelir (Chakali 2005).

2.1.4. *T. destruens*'in Ergin Dönemi

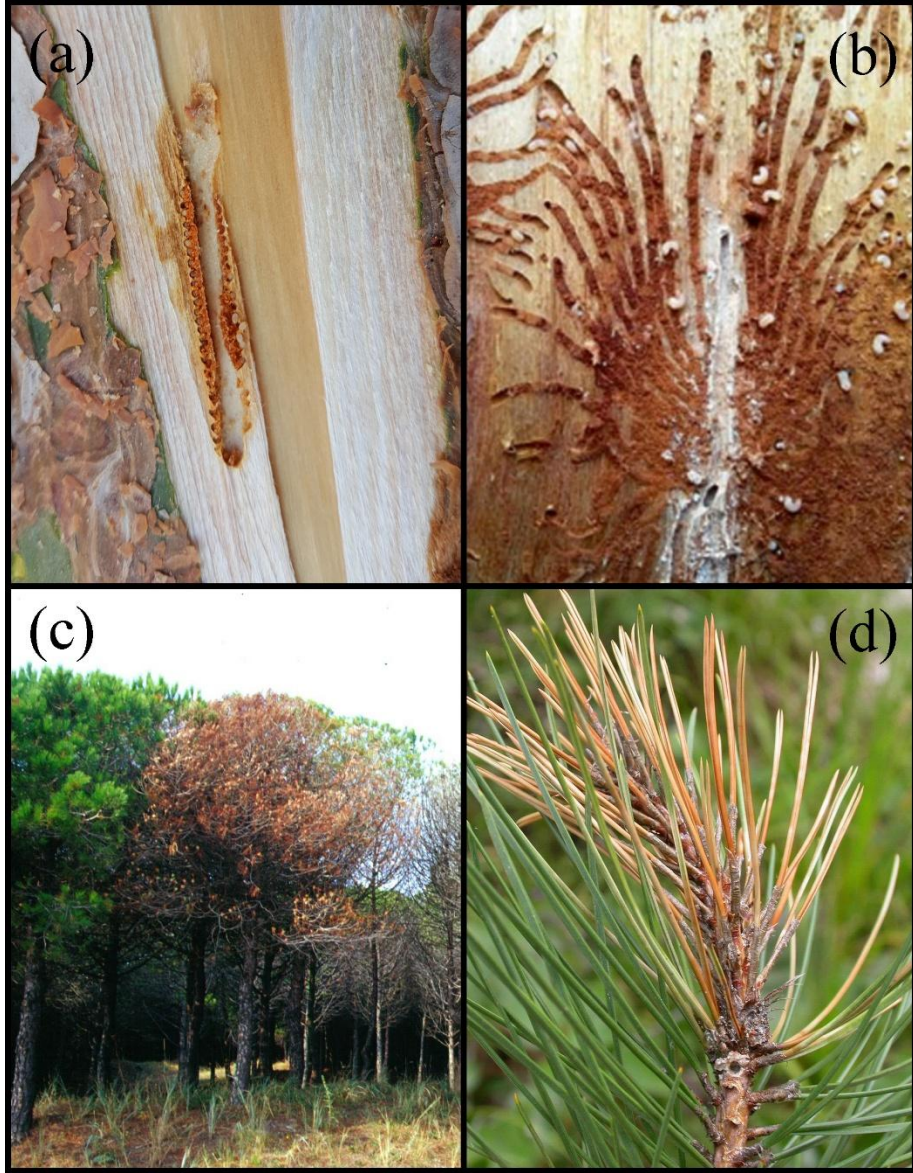
Gelişimini yeni tamamlamış genç erginler ya olgunluk yiyimi yapmak ya da yumurta koymak için uygun bitkiler aramak amacıyla bireysel bir çıkış deliği açarak konak bitkiyi terk ederler (Sauvard 2004). *T. destruens* türleri konukçu türüne ve böceğin cinsiyetine bağlı olmaksızın yaklaşık 80 günde olgunluğa erişirler (Faccoli 2007). Genç *T. destruens* bireyleri, ilkbahar sırasında ve bütün yaz döneminde sağlıklı çam ağaçlarının sürgünlerinde beslenerek yumurtalarını olgunlaştırmak için olgunluk yiyimi yapmaktadırlar (Monleón ve diğ. 1996; Peverieri ve diğ. 2008). Türün uçuş periyodu yükseltiye bağlı olarak değişmektedir. Düşük rakımlarda Kasım-Aralık aylarında, yüksek rakımlarda Şubat-Mart aylarında uçtuğu ve yumurtalarını bıraktığı bildirilmektedir (Sarıkaya ve Avcı 2010). Akdeniz ülkelerinin bazılarında biri

sonbahar aylarında bir diğeri ise kış aylarında olmak üzere yılda iki nesil verdiği gözlemlenmiştir (Russo 1946; Nanni ve Tiberi 1997). Bu gibi durumlarda gövde kabuğu altında yumurta, larva ve ergin bireyi aynı anda gözlemlemek mümkündür. *T. destruens* ergin dişileri zayıflamış *Pinus* türlerinin kabukları altında açtıkları galerilere yumurtalarını bırakırlar (Şekil 2.3a) ve yumurtalardan çıkan larvalar birkaç ay içinde ağaçların daha da zayıflamasına ve hatta ölmesine neden olabilirler (Şekil 2.3c). Türün yumurtadan ergine kadar olan tüm gelişim dönemleri konukçu bitkinin içinde geçmektedir (Lieutier ve diğ. 2015).

Kabuk böceklerinde baş ile göğüs tüm genişliği ile birleşmektedir (Çanakçıoğlu ve Mol 1998). *T. destruens*'in genç ergini, pupa döneminden ilk çıktığında açık sarı-kahverengidir (Şekil 2.2e). Yetişkin erginlerin boyu ortalama 3,2-4,9 mm'dir. Elitra adı verilen kın kanatları kalın ve geniş yapılı, mat koyu kırmızı-bordo renktedir (Balay ve diğ. 2013). Anten rengi soluk-sarı renklidir. Anten topuzu dar ve uzun, topuzun ikinci ve üçüncü kıl sıraları arasında üç sıra kılıcık bulunmaktadır. Bacakları elitranın aksine kahverengidir (Facolli 2006).



Şekil 2. 2: *T. destruens*'in yumurta, larva, pre-pupa, pupa ve ergin dönemleri



Şekil 2. 3: (a) *T. destruens* ergininin kızılçam gövdesinde açtığı galeri (foto: Oğuzhan Sarıkaya), (b) larvaların yiyim yolları ve (c-d) *Pinus* cinsi üzerinde oluşturduğu zarar

2.2. *T. destruens*'in Doğal Düşmanları

Kabuk böceği galerileri, bazı patojen mantarlar ve parazitik nematodlar için sıcaklık, nem ve besin bakımından elverişli bir ortam oluşturmaktadır. Galerilerde *Beauveria bassiana* Bals.-Criv. (Wegensteiner 2004) gibi patojen mantar türlerinin yanı sıra bazı *Leptographium* sp. ve *Ophiostoma* sp. gibi patojen olmayan mantarlar da rapor edilmiştir (Ben Jamaa ve diğ. 2007). *T. destruens*'in bazı predatör, parazitoid ve parazitik nematodları Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2. 3: *T. destruens*'in bazı predatör, parazitoid ve parazitik nematodları (⁽¹⁾Laumond ve Carle 1971; ⁽²⁾Mazur 1975; ⁽³⁾Mendel ve Halperin 1981; ⁽⁴⁾Triggioni 1984; ⁽⁵⁾Halperin ve Holzchuh 1984; ⁽⁶⁾Mendel 1986; ⁽⁷⁾Mendel ve diğ. 1990; ⁽⁸⁾Skarmoutsos ve diğ. 1998; ⁽⁹⁾Sarıkaya ve Avcı 2009; ⁽¹⁰⁾Durand-Gillmann 2014)

Predatörler	Parazitoidler	Parazitik Nematodlar
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Thanasimus formicarius</i> L.^{4,10} <ul style="list-style-type: none"> • <i>Aulonium ruficorne</i> Olivier^{7,9,10} • <i>Paromalus parallelipedus</i> Herbst⁹ <ul style="list-style-type: none"> • <i>Platysoma angustatum</i> Thunberg⁷ • <i>P. cornix</i> Marseul⁹ • <i>P. elongatum</i> Thunberg^{4,9} • <i>Plegaderus otti</i> Marseul⁴ • <i>Cryptolestes spartii</i> Curtis⁷ • <i>Temnochila caerulea</i> Olivier⁹ <ul style="list-style-type: none"> • <i>Nemosoma elongatum</i> L.⁷ • <i>Rhizophagus bipustulatus</i> F.⁷ <ul style="list-style-type: none"> • <i>R. depressus</i> F.^{9,10} • <i>Corticeus fraxini</i> Kug.^{4,9} • <i>Corticeus</i> sp.¹⁰ • <i>Medetera striata</i> Parent⁷ • <i>Scoloposcelis pulchella</i> Zetterstedt⁷ • <i>Raphidia ophiopsis</i> L.^{4,9,10} <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dendrocopos syriacus</i> Hemprich and Ehrenberg⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dendrosoter flaviventris</i> Förster^{3,5,6} • <i>D. middendorfi</i> Ratzeburg^{3,6} • <i>Eurytoma morio</i> Boheman^{3,5} • <i>Heydenia pretiosa</i> Förster^{3,6} • <i>Metacolus unifasciatus</i> Förster³ • <i>Rhaphitelus maculatus</i> Walker⁵ • <i>Roptrocerus xylophagorum</i> Ratzeburg^{3,5,6} 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bursaphelenchus</i> sp.¹ <ul style="list-style-type: none"> • <i>B. hellenicus</i> Skarmoutsos, Braasch and Michalopoulou⁸ • <i>B. leoni</i> Baujard⁸ • <i>Macrolaimus canadensis</i> Sanwal¹ <ul style="list-style-type: none"> • <i>Micoletzkia</i> sp.¹ • <i>Panagrolaimus tigrodon</i> Fuchs¹ <ul style="list-style-type: none"> • <i>Parasitaphelenchus papillatus</i> Fuchs^{1,4} • <i>Parasitorhabditis piniperdae</i> Fuchs^{1,4} • <i>Ruidosaphelenchus janassii</i> Launond and Carle¹

2.3. *T. destruens* ile Mücadele

Kabuk böceklerinin yarattığı zararı ortadan kaldırmak ya da en aza indirmek amacıyla çeşitli koruma ve mücadele yöntemleri geliştirilmiştir. Kabuk böcekleri konukçu olarak fizyolojik durumu iyi olmayan kurumuş, hastalıklı ve yaşlı ağaçları tercih etmektedirler (Çanakçıoğlu ve Mol 1998). Henüz istilaya uğramamış orman alanlarının korunması gerekmekte ve yapılan gençleştirme çalışmaları olası bir kabuk böceği istilasını engellemektedir. Kabuk böceklerine karşı dayanıklı ve bağışık ırkların yetiştirilmesi ormanları zararlı böceklerle karşı korumada önemli bir etkidir.

Kabuk böceği istilası fark edildiği anda önlemlerin alınmaması, ağaçların ölümü ile sonlanabilmektedir. Böceğin uçma zamanına bağlı olarak farklı mekanik ve biyoteknik mücadele yöntemleri uygulanmaktadır (Selmi 1998). Hedef böceğin uçma zamanından 2-4 hafta önce alana yerleştirilen tuzak ağaçları ve tuzak odunları sayesinde kabuk böcekleri alandan uzaklaştırılabilmektedir. Bunun yanı sıra, biyoteknik mücadelede feromon tuzakları kullanılmaktadır. Feromon tuzakları, karşı eşeyin feromonunun yapay preparatlarıyla böceğin cezbedilmesi ve bu sayede yakalanması esasına dayanmaktadır. Doğaya zararı bulunmayan bu tuzak yönteminde zararlıların kitle halinde yakalanmasıyla etkili bir sonuç elde edilmektedir (Altındışli ve diğ. 2013).

Diğer yöntemler ise kimyasal ve biyolojik mücadele yöntemleridir. Kabuk böcekleri ile mücadelede çeşitli kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır. Böcekli ağaçların kabuklarının soyulmasının ardından üzerine toz ya da eriyik halde insektisit uygulanmaktadır (Selmi 1998). Bu uygulama ekonomik açıdan uygun görünse de, doğaya verdiği zarardan dolayı kullanımı kısıtlanmıştır. Kabuk böcekleri ile mücadelede doğaya zarar vermeden uygulanabilecek en güvenilir yöntem biyolojik mücadeledir. Hedef böceğin patojen, parazitoid ve predatörleri bilindiği takdirde laboratuvar ortamında yetiştirilerek enfekte alana salınması ile kısa süre içerisinde verimli sonuçlar elde edilmektedir. Kabuk böceklerinin doğal düşmanları olan bazı Coleopterler ve böcekçil kuşlar biyolojik mücadelede aktif şekilde kullanılmaktadır (OGM 2016). *T. destruens*'in doğal düşmanlarından önceki bölümde bahsedilmiştir.

2.4. *Pinus brutia*'nın Taksonomisi ve Biyolojisi

Başlıca yayılış alanları Kuzey Amerika, Asya ve Avrupa kıtaları olan ibre yapraklı ormanlar, yeryüzünde en geniş yer kaplayan ormanlardır (Kılınç ve Kutbay 2008). Kızılçam, bitkiler aleminin Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) bölümü, Açık Tohumlular (Gymnospermae) alt bölümü, Coniferae sınıfı, Pinaceae familyasının, *Pinus* L. cinsi içerisinde yer alan ibre yapraklı herdem yeşil bir ağaç türüdür (Coşgun ve Şahin 2012). Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü Akdeniz ülkelerinde doğal yayılış gösteren kızılçam, Tenore tarafından ilk kez İtalya-Calabria'da tanımlanmış ve türün bölgedeki bulunuşunun doğal olduğunu düşünen Brutium'a atfedilmiştir. Mevcut literatürde "*Calabrian pine*", "*Brutian pine*" ve "*Turkish red pine*" olarak yer

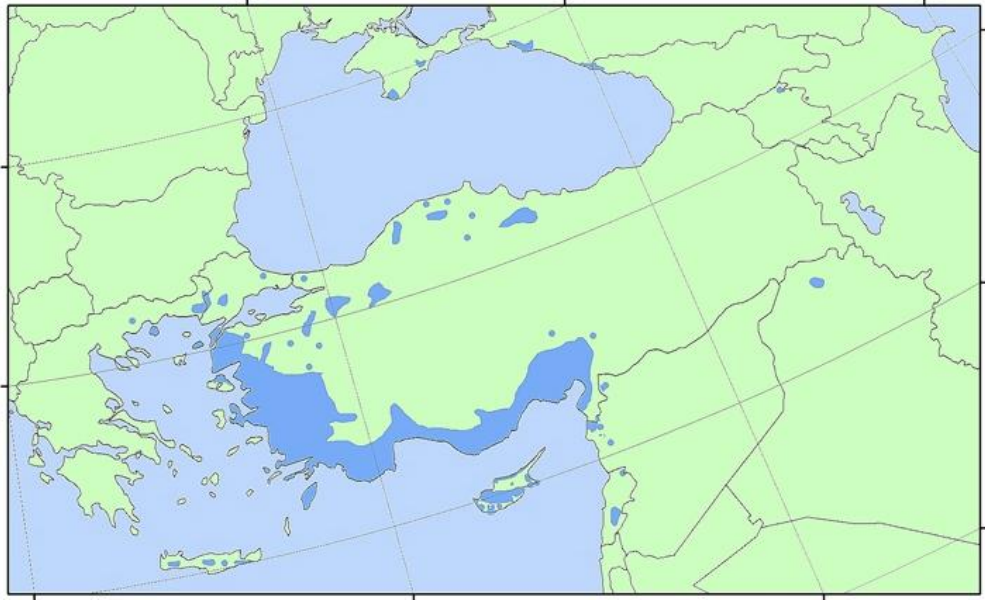
almaktadır (Boydak ve diğ. 2006). Kızılçam, *P. brutia* var. *pyramdalis* Selik, *P. brutia* var. *agrophiotii* Papaj, *P. brutia* var. *densifolia* Yaltırık ve Boydak, *P. brutia* var. *brutia* ve *P. brutia* var. *pendula* olmak üzere beş adet varyeteye ve *P. brutia* subsp. *brutia*, *P. brutia* subsp. *stankewiczii*, *P. brutia* subsp. *pithyusa* ve *P. brutia* subsp. *elderica* olmak üzere dört adet alt türe sahiptir (Boydak ve diğ. 2006; Güner 2012).

Boyu 20-25 m, çapı 60 cm'ye kadar büyüeyebilen kızılçam, kalın dallı ve genellikle düzgün olmayan gövdeye sahiptir (Mamikoğlu 2012). Türün adı, taze sürgünlerinin kırmızı renginden ve gövdenin derin çatlaklı kırmızımsı kabuğundan gelmektedir. Tomurcuklar yumurta biçiminde 15-20 mm, ibre yapraklar 10-18 cm, açık yeşil renktedir (Anşin ve Özkan 1997). Dişi ve erkek çiçekler aynı ağaç üzerinde bulunurlar. Kozalaklar ince uzun biçimli ve kahverengidir. Soluk kahverengi ve fındık büyüklüğünde olan kızılçam kozalakları, sonbaharda 1,5-2 cm boy ve 1 cm çapa ulaşırlar (Mamikoğlu 2012). İki yılda olgun hale gelebilen kozalaklar 6-10 cm uzunluğa ulaşır ve sürgünlerde dik biçimde yer alırlar (Sarıbaş 2008). Tohum 7 mm uzunlukta koyu esmer renkli ve kanatlıdır (Gökşin 1987). Mikroskopik incelemede kızılçam diri odunu doğal halde kırmızı beyaz renkte, özodunu kırmızımsı kahverengi görünümündedir.

2.5. *Pinus brutia*'nın Doğal Yayılışı ve Ekonomik Önemi

Türkiye'de ibreli yapraklı türler yaklaşık olarak 6 milyon ha alan kaplamaktadır. Kızılçam, Türkiye'de doğal olarak yayılış gösteren 7 çam türünden birisidir (Güner ve diğ. 2012). Türkiye'nin yanı sıra, Filistin, Ürdün, Suriye, Irak, Lübnan, Kıbrıs, Yunanistan ve İtalya gibi Akdeniz ülkelerinde de doğal yayılış göstermektedir. Ülkemiz ormanlarında en geniş alanı kaplayan kızılçam, Akdeniz Bölgesinde %47, Ege Bölgesinde %40, Marmara Bölgesinde %10 oranında, Karadeniz Bölgesinde ise seyrek bulunmaktadır (Şekil 2.4) (Neyişçi 1987). Deniz seviyesinden başlayarak Kuzey Anadolu'da 400-600 m, Batı Anadolu'da 800-900 m, Güney Anadolu'da 1200-1500 m yüksekliklerde görülmektedir (Işık ve diğ. 1987). Kızılçam, 1000 m'ye kadar çoğunlukla saf, sonrasında genel olarak karaçam (*Pinus nigra* Arn.), Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.), Toros köknarı (*Abies cilicica* Carr.), Kokulu ardıç (*Juniperus foetidissima* Willd.) ve Katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus* L.) ile karışık meşcereler oluşturmaktadır (Çatal ve Carus 2005). Kızılçamın doğal

yayılış alanlarında yıllık sıcaklık değerleri 12-20 °C (Atalay ve diğ. 1998), 10-25 °C (Neyişçi 1987) arasında değişmektedir. Verimli toprakların yanı sıra, kayalık, kireçli ve kumlu topraklarda da yayılış gösterebilen (Öktem 1987) kızılçam, %42'lik bir oranla ülkemizdeki ibre yapraklı ormanların içerisinde en geniş yayılış alanına sahiptir (OGM 2015).



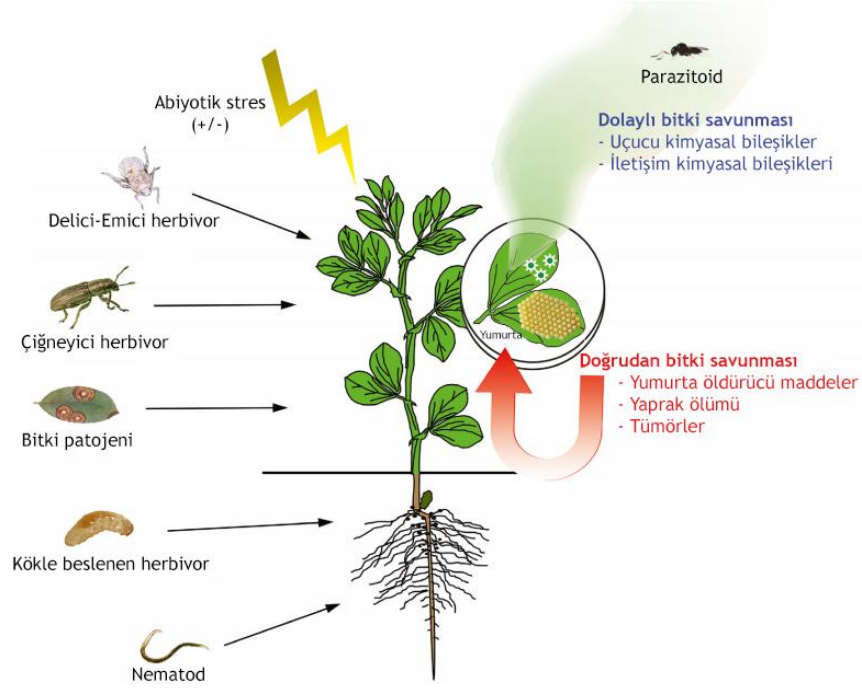
Şekil 2. 4: Kızılçamın Türkiye'deki doğal yayılış alanları (www.euforgen.org)

Kızılçam, yerli orman türleri arasında hem ekolojik hem de ekonomik olarak önemli bir yere sahiptir. Kızılçam ana coğrafik bölgelerdeki çeşitli ekolojik koşullara uyum sağlaması, geniş yayılış alanına sahip olması ve odun özelliklerinin çok çeşitli kullanım alanlarına uygun olması nedeniyle ağaçlandırmalarda kullanılan türlerin başında gelmektedir (İçgen ve diğ 2006). Kağıt endüstrisi açısından elverişli odunu, kereste olarak talep görmeye birlikte, ambalaj sandığı, çit direği, maden ve tel direği gibi alanlarda da kullanılmaktadır (Göker ve diğ. 2000). Kızılçam diğer yerli türlere göre daha hızlı büyümektedir (Işık ve diğ. 1987). Bu özelliğinden dolayı Türkiye'de genetik ıslah yönünden Ulusal Ağaç-İslah ve Ağaçlandırma Programlarında en ön sırada yer almaktadır (Koski ve Antola 1994). Orman Bakanlığı tarafından ülkemizin değişik yörelerinde kurulan 170 tohum bahçesinden 69 tanesi kızılçam türüne aittir (Anonim 2009).

2.6. Koniferlerin Kimyasal Savunmasında Terpen Türevli Bileşikler

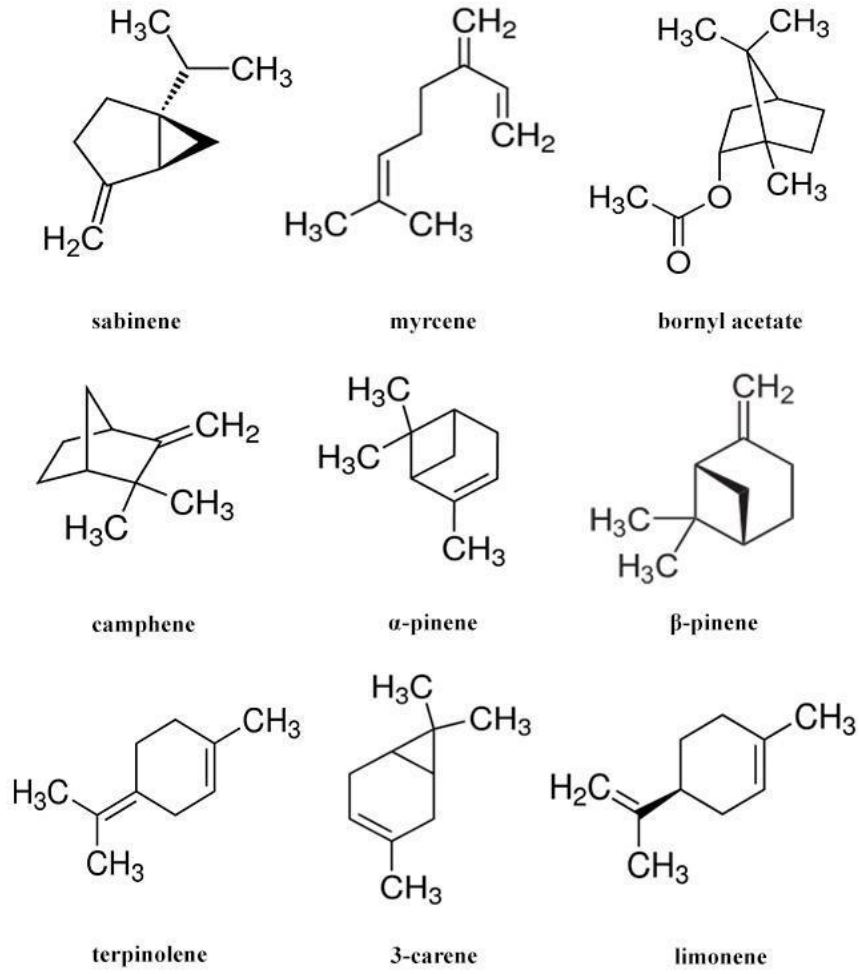
Bitkiler böceklerle sürekli olarak karşılıklı etkileşim içerisindeydirler. Böcekler yaşamları boyunca beslenme, korunma ve yumurta bırakma gibi faaliyetlerini gerçekleştirmek için bitkileri tercih etmektedir (Kansu 2005). Bitkilerde bulunan uçucu bileşikler gibi çeşitli kimyasallar böceklerin konukçu bitkiye yönelmesinde önemli rol oynamaktadır (Kogan 1994). Çoğu böcek uçucu bileşikleri antenleri veya ağızları yardımıyla algılamaktadırlar. Bir koku uyarısı alan böcek uyarıcı kaynağa doğru hareket eder ve onu bulur (Pehlivan 1981).

Bitkiler herbivorlara karşı kendini savunabilmek için geniş bir savunma spektrumu geliştirmiştir (Arimura ve diğ. 2005). Bu savunma stratejileri, herbivora hızlı şekilde olumsuz etki eden doğrudan savunma veya daha yüksek trofik seviyeleri içeren ve böylece savunma işlevini yerine getiren dolaylı savunma olarak sınıflandırılabilir (Price ve diğ. 1980). Doğrudan savunma, dikenler ve tüyler gibi fiziksel bariyerlerle ya da sekonder metabolit (terpenler, alkaloidler vb.) adı verilen kimyasallarla herbivorun beslenmesini engelleyebilmektedir (Kesdek ve Yıldırım 2006). Dolaylı savunma ise, parazitoidler ya da predatörler gibi herbivorların düşmanlarını cezbederek çalışmakta ve bu sayede herbivorların sayısında düşüş gözlenmektedir. Bu iki savunma stratejisi her zaman bulunabilir ya da saldırı anında indüklenebilir (Şekil 2.5) (Arimura ve diğ. 2005). Uçucu bileşiklerin salınımı bitkiler aleminde yaygın görülmektedir ve belirli yaşam formlarıyla sınırlı değildir (Dicke ve Hilker 2003). Herbivorlar tarafından enfekte edilen bitkilerin yaydığı koku karışımları, 100'den fazla bileşikten oluşan karmaşık yapılardır. Farklı bitki türleri farklı bileşiklere sahip olabileceği gibi, trans- β -ocimene gibi ortak bileşiklere de sahip olabilmektedirler (Dicke 1999). Herbivor hasarı üzerine yayılan bileşikler aynı tür bitkiler içinde bile, bitkinin genotipine ve gelişimine, herbivorun saldırdığı bitki dokusuna ya da abiyotik (ışık yoğunluğu, mevsim, su stresi vb.) koşullara bağlı olarak hem nicel hem de nitel anlamda farklılık göstermektedir (Takabayashi ve diğ. 1994^a). Salgılanan bileşik içeriği ve miktarı günün farklı saatlerinde de değişiklik göstermektedir (Takabayashi ve diğ. 1994^b). Bunların dışında, farklı herbivor türü ya da aynı türün farklı ontogenik aşamaları bile bitkiden salınan uçucu bileşik içeriğini etkileyebilmektedir (Dicke 1999; Gouinguene ve diğ. 2003). Bu bileşikler bitkinin toprak üstü veya toprak altı kısımlarından salgılanabilmektedir.

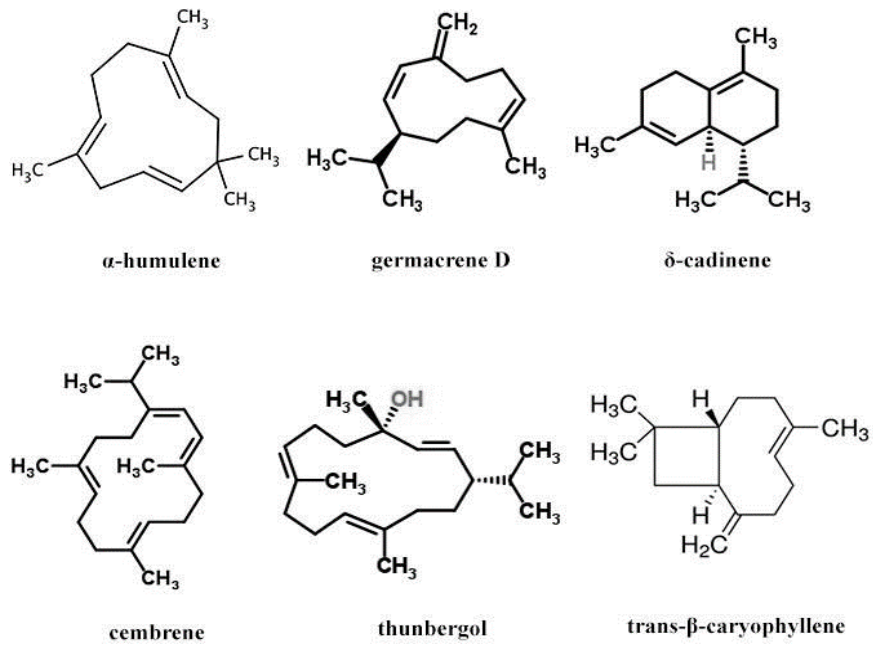


Şekil 2. 5: Doğrudan ve dolaylı bitki savunmasında uçucu bileşikler

Yeryüzünün yaklaşık %80'ini kaplayan koniferler, ağaç formasyonunda ve oldukça uzun ömürlü bitkilerdir (Scagel 1965). Uygun fiziksel yapıları ve geniş yayılış alanları koniferleri, herbivorlar ve patojenler için potansiyel hedef haline getirmektedir (Kurz ve diğ. 2008). Koniferler, terpenoidlerin ve fenoliklerin bir karışımı olan reçinenin üreticileridirler (Michelozzi 2013). Terpenoidler, izopentenil pirofosfatla ortak bir biyosentetik kökene sahip olsalar da geniş yapısal ve fonksiyonel çeşitlilik gösteren en büyük bitki bileşikleri ailesidir (Dudareva ve diğ. 2004). Terpenler izopren türevi bileşiklerdir. Koniferlerin ürettiği reçinenin yaklaşık yarısı monoterpenlerden (C_{10}) (Şekil 2.6) oluşurken, diğer yarısı diterpenlerden (C_{20}) ve az miktarda seskiterpenlerden (C_{15}) (Şekil 2.7) oluşmaktadır. Bu terpenoid bileşiklerden monoterpenler ve seskiterpenler uçucu özellik gösterirken, diterpenler uçucu özellik göstermemektedir (Michelozzi 2013). Koniferlerde, salınan terpenlerin miktarı bireyler arasında farklılık gösterebildiği gibi, aynı bireyden salınan terpen konsantrasyonu da mevsimsel olarak farklılık gösterebilmektedir (Staudt ve Bertin 1998). Uçucu özellikteki terpenoidler ve alkaloidler gibi diğer bazı sekonder metabolitler, herbivorlara ve patojenlere karşı birincil savunma kimyasalları olarak rol oynar (Baydar 2009). Yapılan çalışmalar sonucunda bitkilerin bu terpenoid bileşikleri, herbivor saldırısı ile karşılaştıklarında herbivoru uzaklaştırıcı olarak ya da zararlının doğal düşmanlarını davet etme amaçlı kullandığı bilinmektedir (Birgücü ve diğ. 2014).



Şekil 2. 6: Bazı monoterpenler ve açık formülleri



Şekil 2. 7: Bazı seskiterpenler ve açık formülleri

2.7. Çalışmanın Amacı

Ormanlar; birçok bitki ve canlıları içinde barındıran, insanlar için ekonomik, ekolojik ve sosyal hizmetleri yerine getiren en önemli doğal kaynaklarımızdandır. İnsanoğlu için son derece önemli bir varlık olan ormanlar canlı ve cansız birçok etmenin tehdidi altındadır. Dünyamızda hızlı nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme ve tüketim alışkanlıklarındaki hızlı değişim doğal kaynaklarımızın üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Ülkemiz ormanlarında biyotik ve abiyotik faktörlerin getirdikleri zararlar içerisinde, böcek zararları önemli yer tutmaktadır (Sertkaya ve diğ. 2010). Böcekler üreme enerjilerinin çok yüksek olmasından dolayı kısa zamanda çoğalarak ormanları yok edebilirler. Ülkemizde görülen kabuk böceklerinin çoğu sekonder zararlıdır. Sekonder zararlılar, çevresel koşullar uygun olduğunda büyük miktarlarda çoğalabilir ve zararlı olabilirler (Sauvard 2004). Kabuk böcekleri kural olarak bitkilerin odunlaşmış kısımlarını tahrip etmek suretiyle zarar yaparlar. *T. destruens* yetişkinleri zayıflamış *Pinus* türlerinin kabukları altında açtıkları galerilere yumurtalarını bırakırlar ve yumurtalardan çıkan larvalar birkaç ay içinde ağaçların ölmesine neden olabilmektedirler. Koniferlerin herbivorlara ve patojenlere karşı başarılı savunma ve dirençleri, savunma kimyasalları olarak bilinen terpenlerin oluşumu ile açıklanmaktadır (Keeling ve Bohlmann, 2006).

Bu çalışmanın amacı, kızılçamın *Tomicus destruens* konukçu tercihinde terpen türevli uçucu bileşiklerin rolünü ve türün varlığında ağacın geliştirdiği gövde kabuğundaki ve ibre yapraklardaki terpen profillerinde oluşan indüklenme durumlarını ve konsantrasyon miktarlarını açığa çıkartmaktır. Ayrıca, Akdeniz ülkeleri için öneme sahip olan *P. brutia* türünün korunması ve biyolojisinin eksiksiz ortaya çıkarılması ve zararlı türe karşı önlemler alınması adına mevcut literatürlere katkı yapılması planlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

Arazi çalışmalarının yürütüldüğü ve Akdeniz Orman Bahçivani tarafından istila edilmiş kızılçam sahası, Afyon İli, Dazkırı İlçesi, Sarıkavak köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Afyonkarahisar Orman İşletme Müdürlüğü'nden alınan bilgiye istinaden, Akdeniz Orman Bahçivani tarafından istila edilmiş kızılçam sahası seçilmiştir. Orman alanı $37^{\circ} 52' 47''$ kuzey enlemi, $29^{\circ} 46' 49''$ doğu boylamı arasındadır ve alanın denizden yüksekliği yaklaşık 1011 m'dir (Şekil 3.1). Çalışma alanının en yakın yerleşim birimine uzaklığı yaklaşık 1,52 km, tarım alanlarına uzaklığı ise yaklaşık 660 m'dir. Kızılçam ağaçlarının aşırı yağış, kuraklık, biyotik faktörler (primer zararlılar) vb. olumsuz etkenlerden dolayı zayıf düşmesi nedeniyle sekonder zararlı olan Akdeniz orman bahçivani tarafından istilaya uğramış olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 3. 1: Çalışmamıza ait örnekleme alanı

3.2. Çalışma Alanından Örneklerin Toplanması

Arazi çalışmaları, 2017-2018 yılları içerisinde çalışma alanının seçimi ve ön bulguların belirlenmesiyle başlamış ve 2018 Haziran ayında ibre ve gövde odunu örnekleme çalışması yapılmıştır. Çalışma sırasında, orman alanındaki kızılçam ağaçlarının gövdeleri üzerinde Akdeniz Orman Bahçivani tarafından açılmış olan ortalama 2 mm çapında küçük girişler tespit edilmiştir (Şekil 3.2). Gövdeleri üzerinde böceğin yapmış olduğu girişler bulunan rastgele 20 adet ağaç belirlenmiş ve bu ağaçların her birinden gövde ve ibre yaprak örnekleri alınmıştır. Gövde örneği ağacın diri odun kısmından ağaç üzerinde çok fazla mekanik zarar oluşturmadan kesici aletler yardımıyla çıkarılmıştır. İbre yaprakların ağacın aynı yükseklik (~1,5-2 m) ve güneşe bakan dallarından toplanmasına özen gösterilmiştir. Aynı zamanda kontrol grubu olarak yine 20 adet istilaya uğramamış kızılçam ağacından gövde ve ibre yaprak örneği alınmıştır. Toplamda 80 adet örnek, numaralandırılmış olan 50 ml'lik falkon tüplere koyularak sıvı azot içerisinde muhafaza edilmiş ve aynı gün içerisinde Pamukkale Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Ekolojik Araştırmalar Laboratuvarı'na getirilerek -80°C'de ekstraksiyon ve analizleri yapılncaya kadar muhafaza edilmiştir.



Şekil 3. 2: *Tomicus destruens* tarafından istilaya uğramış gövde görüntüsü

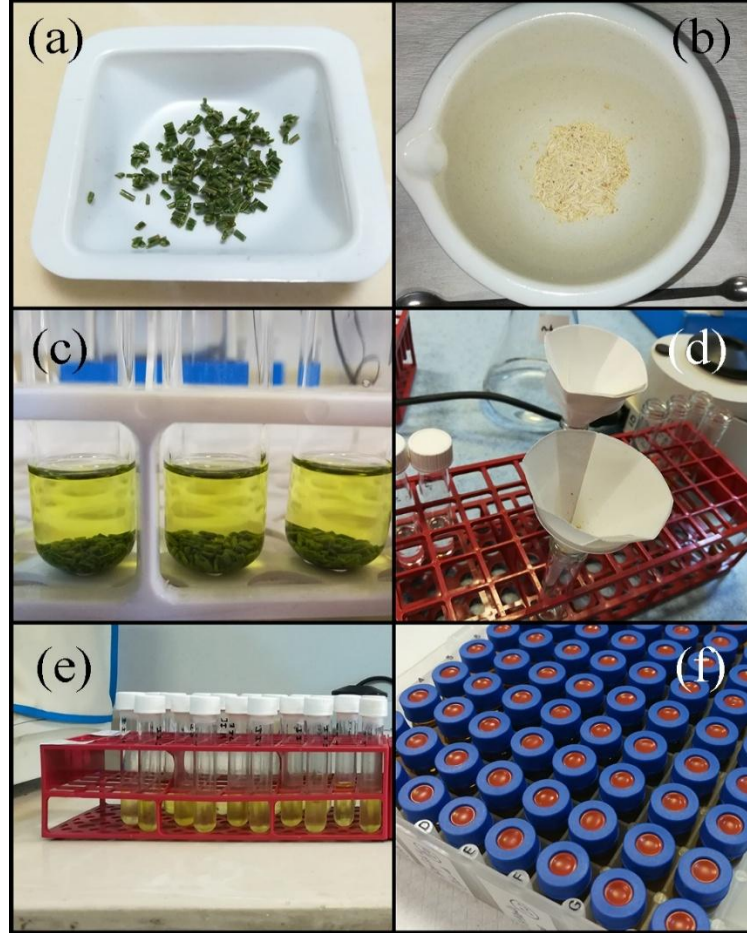
3.3. Örneklerin Ekstraksiyonu ve Terpen Analizleri

Alandan toplanan ve -80°C’de muhafaza edilen 80 adet örnek ekstraksiyon solüsyonu ile ekstrakte edilerek terpen analizlerine hazır hale getirilmiştir. Ekstraksiyon solüsyonunun hazırlanması için şu prosedür uygulanmıştır: 88 µl 1-chlorooctane (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Fluka, EC No. 2093155) *n*-hekzan (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, 34859) ile 100 ml’ye tamamlanarak standart solüsyon hazırlanmıştır. Ardından standart solüsyon *n*-hekzan ile 1:20 oranında seyreltilerek ekstraksiyon solüsyonu elde edilmiştir (Mannien ve diğ. 2002).

Analizler için, her bir ağaçtan alınan ibre yaprak ve gövde örnekleri minimum 200 mg olmak üzere hassas terazi ile tartılmış ve vida kapaklı deney tüplerine alınmıştır. İbre yapraklar makas yardımıyla küçük parçalara ayrılmıştır. Gövde örneklerinin küçük parçalara ayrılabilmesi için sıvı azot kullanılmış ve donan gövde örnekleri havan yardımıyla ezilerek ekstrakte edilebilecek hale getirilmiştir (Şekil 3.3a-b). Küçük parçalara ayrılan ibre yaprak ve gövde örneklerinin üzerlerine 2 ml ekstraksiyon solüsyonu eklenerek laboratuvar sıcaklığında 1 saat ekstrakte edilmiştir (Şekil 3.3c). Bir saatlik ekstraksiyonun sonunda elde edilen terpen içerikli solüsyon *n*-hekzan ile nemlendirilmiş filtre kâğıdı ile süzülerek tortulardan uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.3d). Tüpte kalan ibreler ve gövde parçaları ikişer kez iki dakika bekletilmek suretiyle 2 ml *n*-hekzan ile yıkanarak tekrar süzölmüş ve her bir ağaçtan alınan ibre ve gövde örnekleri için ayrı ayrı yaklaşık 6 ml özüt elde edilmiştir (Şekil 3.3e). Daha sonra bu özüt GC-MS (Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi) analizi için yeterli miktarda alınarak vial (~1,5 ml) tüplere aktarılmıştır (Şekil 3.3f). Bu işlemler 80 örnek üzerinde tekrarlanmıştır.

Elde edilen ekstraktların Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS, Hewlett Packard GC type 6890, MSD 5973, Hewlett Packard, Wilmington, DE, USA)’nde okuma işlemi yapılmıştır. GC-MS’de 30 m uzunluğunda HP-5MS (ID 0.25 mm, film kalınlığı 0.25 µm, Hewlett Packard) kapillar kolon, taşıyıcı gaz olarak da helyum kullanılmıştır. Sıcaklık programı 50°C’den 250°C’ye şeklinde düzenlenmiştir. Sıcaklık artış hızı dakikada 5°C’dir. İyon kaynağı sıcaklığı 230°C olarak ayarlanmıştır. Her bir terpen bileşiği için elde edilen kütle spektralleri alıkonma süreleri (RT) ile ilişkili olarak tanımlanmıştır. Kalibrasyonlar (terpen konsantrasyonlarının tespiti için), internal standardın (1-chlorooctane) bilinen mevcut alıkonma süresi ve

konsantrasyonu temel alınarak saf bileşiklerin değerleri üzerinden yapılmıştır. Cihaz tarafından okunmayan pikler manuel olarak hesaplanmıştır. Manuel hesaplama yapılırken monoterpenler için α -pinene bileşiği, seskiterpenler için trans- β -caryophyllene bileşiğinin pik alanı esas alınmıştır.



Şekil 3. 3: (a-b)İbrelerin ve gövdenin küçük parçalar haline getirilmesi, (c-d) ekstraksiyon ve süzümeye, (e)elde edilen özüt ve (f)özütün vial tüplere aktarılması

3.4. İstatistiksel Analizler

İstilaya uğramış ve uğramamış ağaçlar için elde edilen monoterpen ve seskiterpen verileri, SPSS (SPSS, versiyon:15.0.1, Chicago, IL) programı yardımıyla analiz edilmiştir. Veri setinin homojenitesi ve normal dağılımının belirlenmesinin ardından bileşiklerin istila durumuna göre değişimini belirlemek adına normal dağılım gösteren bileşikler için Bağımsız *t*-testi, normal dağılım göstermeyen bileşikler içinse Mann-Whitney U testleri uygulanmıştır. Güven aralığı $P < 0,05$ olarak esas alınmıştır. Hazırlanan tüm grafikler Microsoft Office Excel programında hazırlanmıştır.

4. BULGULAR

Bu çalışma ile arazi alanından rastgele seçilmiş, *T. destruens* istilası altında olan ve olmayan kızılçam ağaçlarının gövde ve ibre örneklerine ait terpen miktarları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır. Analizler sonucunda kızılçam gövde örneklerinde 15 bileşik tespit edilmiş ve bunların 12 adedinin monoterpen, 3 adedinin seskiterpen olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde ibre örneklerinde tespit edilen 21 bileşikten 14 ‘ünün monoterpen, 7’sinin seskiterpen olduğu belirlenmiştir. Bu bileşiklerden monoterpen olanlar; tricyclene, α -pinene, camphene, sabinene, β -pinene, myrcene, 3-carene, *p*-cymene, limonene, β -ocymene, α -terpinolene, linalool, borneol, linalyl acetate, bornyl acetate, terpinen-4-ol olarak belirlenmiştir. Seskiterpen olanlar ise; longifolene, trans- β -caryophyllene, α -humulene, germacrene D, δ -cadinene, cis- α -bisabolene, cembrene, thunbergol olarak kaydedilmiştir. Tespit edilen bu bileşiklerden linalyl acetate, bornyl acetate, terpinen-4-ol, germacrene D, δ -cadinene, cis- α -bisabolene, cembrene, thunbergol bileşiklerine gövde örneklerinde rastlanmazken, *p*-cymene, borneol ve longifolene bileşiklerine ibre örneklerinde rastlanmamıştır. Ayrıca, borneol monoterpeni yalnızca sağlıklı gövde örneklerinde, linalool monoterpeni ise yalnızca istilalı ibre örneklerinde kaydedilmiştir.

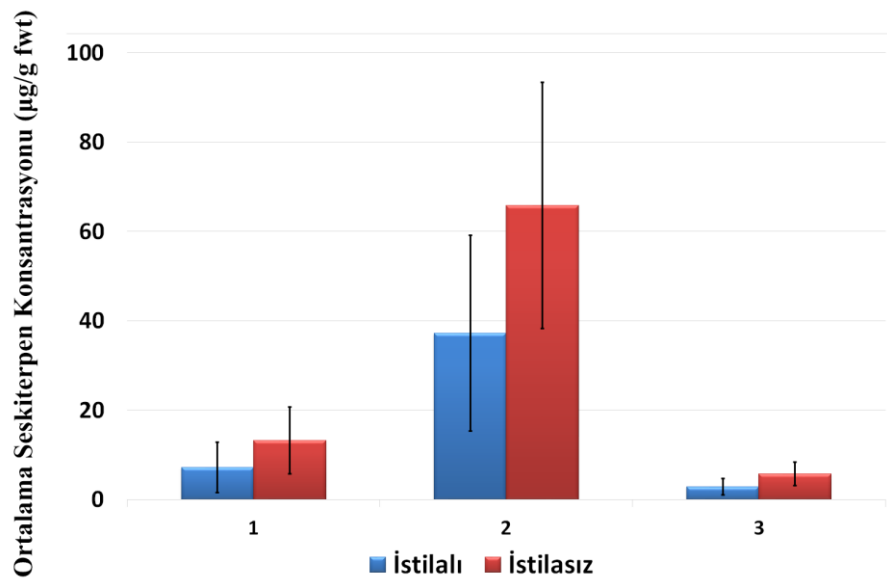
Çalışmamızda elde edilen bileşik değerleri, bağımsız *t*-testi ve Mann-Whitney U testi ile analiz edilmiştir. İbre ve gövde örnekleri kendi içinde ayrı ayrı test edilmiştir. İki testin sonucunda *P* değerlerine bakılarak istila edilmiş ve edilmemiş kızılçam ibre örneklerinde ve gövde örneklerinde istatistiksel anlamda fark bulunmuştur. İbre örneklerinde istatistiksel olarak fark gösteren bileşikler; α -pinene (*t*: 3,533, *P*=0,001), camphene (*t*: -5,345, *P*<0,001), β -pinene (*t*: 3,613, *P*=0,001), myrcene (*t*: 2,487, *P*=0,017), limonene (*t*: 3,094, *P*=0,004), trans- β -caryophyllene (*t*: 4,483, *P*<0,001), α -humulene (*P*=0,001) ve δ -cadinene (*t*: 1,966, *P*=0,050) olarak kaydedilmiştir. Gövde örneklerinde ise, tricyclene (*P*=0,004), camphene (*t*: 3,858, *P*<0,001) ve *p*-cymene (*P*=0,002) bileşiklerinde istatistiksel anlamda fark gözlenmiştir. İbre ve gövde örneklerinde aynı anda istatistiksel farklılık gösteren bileşik camphene olarak belirlenmiştir. İbre örneklerinde istatistiksel olarak fark bulunan α -pinene, β -pinene, myrcene ve limonene monoterpenleri (Tablo 4.3) ile trans- β -caryophyllene, α -humulene ve δ -cadinene seskiterpenleri (Tablo 4.4), istilalı

ibrelerde yüksek konsantrasyonlarda gözlemlenirken, sağlıklı ibre örneklerinde camphene monoterpeni istilalı ibre örneklerine göre daha yüksek bir değer göstermiştir. Aynı şekilde, gövde örneklerinde istatistiksel anlamda fark gösteren tricyclene, camphene ve *p*-cymene monoterpenleri istilalı bireylerde sağlıklı bireylere kıyasla daha yüksek miktarlarda gözlenmiştir (Tablo 4.2). Gövde seskiterpenlerinin elde edilen değerleri arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır (Tablo 4.1).

Arazi çalışmasının yapıldığı Haziran ayında, *T. destruens* pupalarının gövdede ya da genç erginlerinin sürgünde yer aldığı bilgisi literatür taramalarıyla edinilmiştir. Böceğin biyolojisi ile ağaçtan salınan terpen bileşikleri arasında ilişki olabileceği çalışma sonucunda açıkça görülmektedir.

Tablo 4. 1: İstilaya uğramış ve uğramamış kızılçam gövde örneklerinde seskiterpenlerin istatistiksel değişiminin *t*-testi sonuçları ($\mu\text{g/g}$ fwt \pm SE; $n=40$). Kalın olarak gösterilen değerler Mann-Whitney U testi ile analiz edilen *P* değerlerini temsil etmektedir.

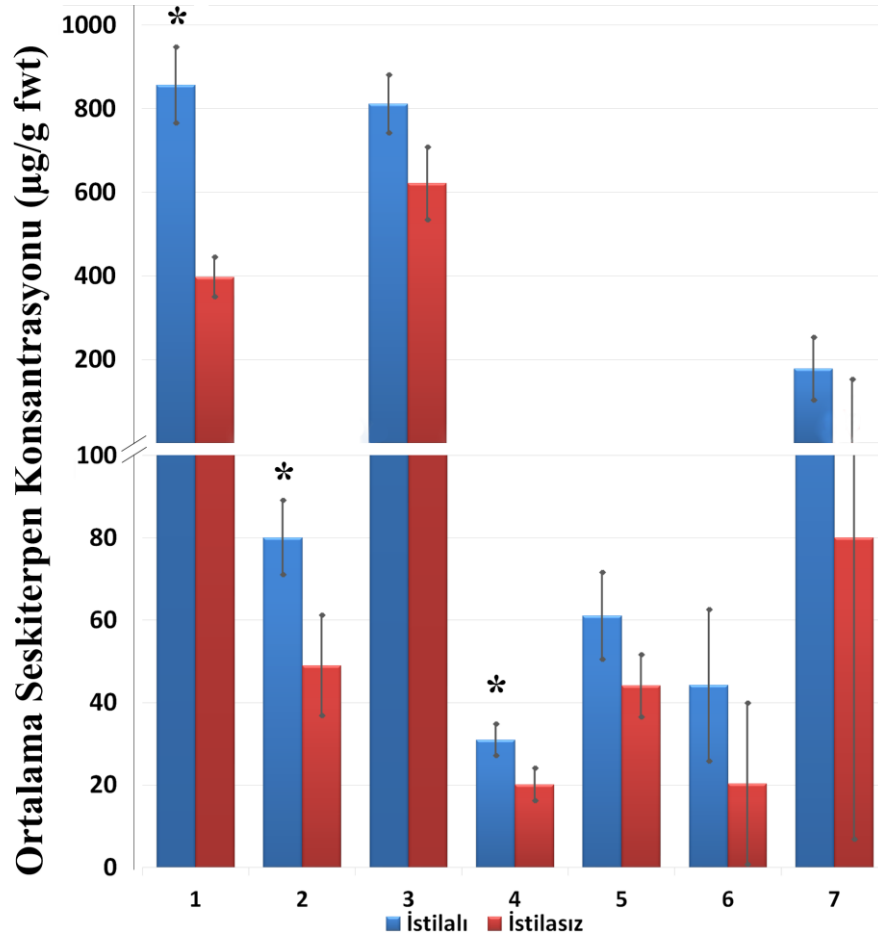
Bileşikler	İstilalı Gövde	İstilasız Gövde	<i>P</i>
longifolene	7,19 \pm 5,66	13,26 \pm 7,51	<i>P=0,624</i>
trans- β -caryophyllene	37,22 \pm 21,86	65,84 \pm 27,54	<i>P=0,409</i>
α -humulene	2,92 \pm 1,83	5,77 \pm 2,62	<i>P=0,413</i>



Şekil 4. 1: Gövde örneklerine ait ortalama seskiterpen değerleri 1- longifolene, 2-trans- β -caryophyllene, 3- α -humulene ($P<0,05$)

Tablo 4. 2: İstilaya uğramış ve uğramamış kızılçam ibre yapraklarında seskiterpenlerin istatistiksel değişiminin *t*-testi sonuçları ($\mu\text{g/g fwt} \pm \text{SE}$; $n=40$). Kalın olarak gösterilen değerler Mann-Whitney U testi ile analiz edilen *P* değerlerini temsil etmektedir.

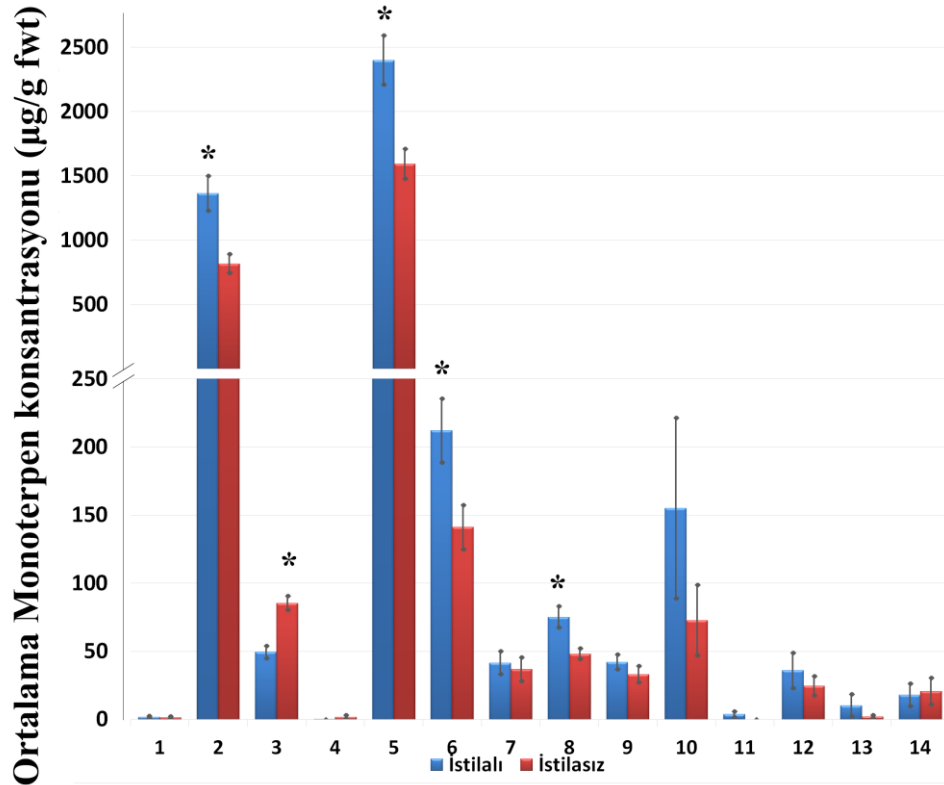
Bileşikler	İstilalı İbre	İstilasız İbre			
trans- β -caryophyllene	856,37 \pm 90,81	397,60 \pm 47,18	<i>t</i> : 4,483	<i>df</i> : 38	<i>P</i> <0,001
α -humulene	80,07 \pm 8,98	48,99 \pm 12,18			<i>P</i>=0,001
germacrene D	811,41 \pm 69,02	621,60 \pm 86,71	<i>t</i> : 1,713	<i>df</i> : 38	<i>P</i> =0,095
D-cadinene	30,98 \pm 3,87	20,12 \pm 3,94	<i>t</i> : 1,966	<i>df</i> : 38	<i>P</i> =0,050
cis- α -bisabolene	61,06 \pm 10,52	44,09 \pm 7,60	<i>t</i> : 1,307	<i>df</i> : 38	<i>P</i> =0,119
cembrene	44,19 \pm 18,42	20,30 \pm 19,58			<i>P</i>=0,121
thunbergol	178,64 \pm 74,92	79,97 \pm 73,10			<i>P</i>=0,222



Şekil 4. 2: İbre örneklerine ait ortalama seskiterpen değerleri 1-trans- β -caryophyllene, 2- α -humulene, 3-germacrene D, 4-D-cadinene, 5-cis- α -bisabolene, 6-cembrene, 7-thunbergol (*istatistiksel anlamda fark gösteren bileşikler *P*<0,05)

Tablo 4. 3: İstilaya uğramış ve uğramamış kızılçam ibre yapraklarında monoterpenlerin istatistiksel değişiminin *t*-testi sonuçları ($\mu\text{g/g fwt} \pm \text{SE}$; $n=40$). Kalın olarak gösterilen değerler Mann-Whitney U testi ile analiz edilen *P* değerlerini temsil etmektedir.

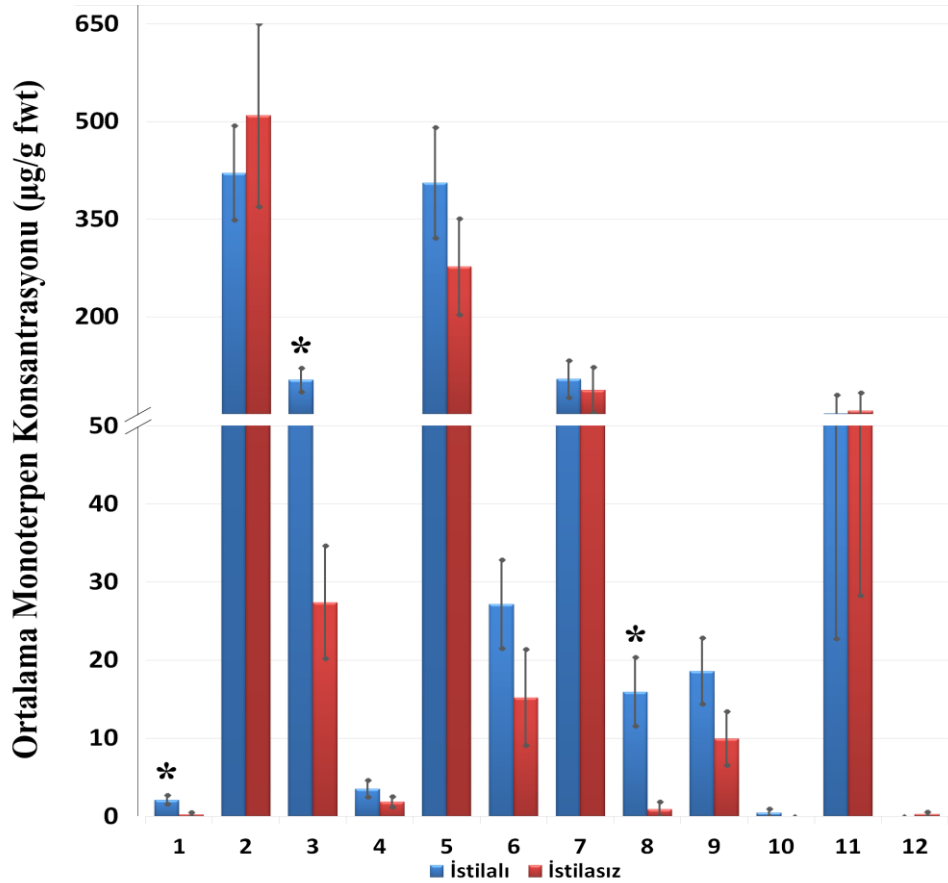
Bileşikler	İstilalı İbre	İstilasız İbre			
tricyclene	1,71±0,83	1,50±0,67			P=0,853
α -pinene	1362,97±135,47	817,78±73,88	<i>t</i> : 3,533	df: 38	P=0,001
camphene	49,48±4,45	85,47±5,05	<i>t</i> : -5,345	df: 38	P<0,001
sabinene	0,06±0,06	1,75±1,34			P=0,253
β -pinene	2399,74±191,21	1592,45±115,58	<i>t</i> : 3,613	df: 38	P=0,001
myrcene	212,12±23,43	141,19±16,25	<i>t</i> : 2,487	df: 38	P=0,017
3-carene	41,53±8,36	36,85±8,63	<i>t</i> : 0,389	df: 38	P=0,700
limonene	75,16±7,83	48,14±3,87	<i>t</i> : 3,094	df: 38	P=0,004
trans- β -ocymene	42,17±5,44	33,15±6,05	<i>t</i> : 1,109	df: 38	P=0,274
α -terpinolene	155,14±66,33	72,78±25,83			P=0,231
linalool	3,80±2,10	0,0±0,0			P=0,076
linalyl acetate	36,00±12,94	24,73±7,11			P=0,847
bornyl acetate	10,33±8,07	2,06±1,00			P=0,816
terpinen-4-ol	18,02±8,27	20,76±9,67			P=0,783



Şekil 4. 3: İbre örneklerine ait ortalama monoterpen değerleri
 1-tricyclene, 2- α -pinene, 3-camphene, 4-sabinene, 5- β -pinene, 6-myrcene, 7-3-carene, 8-limonene, 9- trans- β -ocymene, 10- α -terpinolene, 11-linalool, 12-linalyl acetate, 13-bornyl acetate, 14-terpinen-4-ol
 (* istatistiksel anlamda fark gösteren bileşikleri temsil etmektedir $P<0,05$)

Tablo 4. 4: İstilaya uğramış ve uğramamış kızılçam gövde örneklerinde monoterpenlerin istatistiksel değişiminin *t*-testi sonuçları ($\mu\text{g/g}$ fwt \pm SE; $n=40$). Kalın olarak gösterilen değerler Mann-Whitney U testi ile analiz edilen *P* değerlerini temsil etmektedir.

Bileşikler	İstilalı Gövde	İstilasız Gövde	
tricyclene	2,12 \pm 0,55	0,25 \pm 0,25	<i>P=0,005</i>
α -pinene	420,66 \pm 72,62	509,21 \pm 140,39	<i>t</i> : -0,560 <i>df</i> : 38 <i>P=0,579</i>
camphene	102,71 \pm 18,14	27,38 \pm 7,22	<i>t</i> : 3,858 <i>df</i> : 38 <i>P</i> <0,001
sabinene	3,52 \pm 1,06	1,85 \pm 0,69	<i>P=0,123</i>
β -pinene	405,71 \pm 84,95	276,56 \pm 74,09	<i>t</i> : 1,146 <i>df</i> : 38 <i>P=0,259</i>
myrcene	27,15 \pm 5,67	15,19 \pm 6,15	<i>t</i> : 1,431 <i>df</i> : 38 <i>P=0,161</i>
3-carene	103,93 \pm 28,17	87,00 \pm 35,04	<i>P=0,078</i>
<i>p</i> -cymene	15,93 \pm 4,39	0,91 \pm 0,91	<i>P=0,002</i>
limonene	18,58 \pm 4,23	9,95 \pm 3,44	<i>t</i> : 1,582 <i>df</i> : 38 <i>P=0,122</i>
trans- β -ocymene	0,48 \pm 0,48	0,0 \pm 0,0	<i>P=0,317</i>
α -terpinolene	51,10 \pm 28,40	55,66 \pm 27,43	<i>P=0,731</i>
borneol	-	0,27 \pm 0,27	<i>P=0,317</i>



Şekil 4. 4: Gövde örneklerine ait ortalama monoterpen değerleri

1-tricyclene, 2- α -pinene, 3-camphene, 4-sabinene, 5- β -pinene, 6-myrcene, 7-3-carene, 8- *p*-cymene, 9-limonene, 10-trans- β -ocymene, 11- α -terpinolene, 12- borneol (* istatistiksel anlamda fark gösteren bileşikleri temsil etmektedir *P*<0,05)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kızılçam, çok hızlı büyüme yeteneği göstermesi, yaz kuraklığına dayanıklı olması ve her türlü toprakta kolay yetişebilmesi bakımından ülkemizde ağaçlandırma çalışmaları için çok önem arz etmektedir (Atalay ve diğ. 1998). Ekonomik ve ekolojik açıdan öneme sahip olan kızılçam ormanları birçok biyotik ve abiyotik faktörün tehdidi altındadır. Biyolojik (primer zararlılar, parazitik organizmalar, antropolojik etkiler vb.) ve abiyotik (yangınlar, kuraklık, sel vb.) etkiler sonucu tahrip olan orman alanları sekonder zararlılar için potansiyel yaşam alanı oluşturmaktadır. Ülkemizde görülen kabuk böceklerinin çoğu sekonder zararlı olarak sınıflandırılmaktadır (Çanakçıoğlu ve Mol 1998). Sekonder zararlılar konukçu olarak fizyolojik açıdan zayıflamış ağaçları tercih ederler. Çalışmamıza konu olan Akdeniz orman bahçivanı (*T. destruens*) sekonder bir zararlı olup yumurtadan ergine kadar olan tüm yaşam evrelerini konukçu ağaçlar üzerinde geçirmektedir. Üreme döneminde sekonder zararlı olarak davranan bu tür, genç erginlerin olgunluk ve rejenerasyon yiyimi sırasında primer zararlı gibi davranabilmekte ve sağlıklı ağaçları konukçu olarak tercih edebilmektedir (Guerrero ve diğ. 1997). Üreme yollarının kambiyum tabakasında yapılması ağaçta iletimin aksamasına ve ağacın hasara uğrayarak kısa süre içerisinde ölmesine sebep olmaktadır.

Erken uçan kabuk böceklerinden olan *T. destruens*'in biyolojisi üzerine çalışmalar yapan Sarıkaya ve Avcı (2010), böceğin yumurta bırakma ve erginleşme periyodunun yükseltiye bağlı olarak değiştiğini bildirmiştir. Çalışmaya göre 600 m ve üzeri yükseltilerde böceğin pupadan çıkış zamanı yaz ortasına kadar uzayabilmektedir. Arazi çalışmalarının yapıldığı haziran ayında ve 1011 m rakımda böceğin pupa halde gövdede veya ergin halde sürgünde bulunduğu tahmin edilmektedir. Gövde ve ibre örneklerinden elde edilen terpen bileşiklerinde istatistiksel anlamda fark elde edilmesi böceğin biyolojisi ile salınan terpenlerin arasında ilişki olabileceğini akla getirmiştir. Çalışma sonucunda gövde örneklerinde tricyclene, camphene ve *p*-cymene bileşiklerinde istatistiksel anlamda fark bulunmuştur. İbre örneklerinde ise α -pinene, camphene, β -pinene, myrcene, limonene, trans- β -caryophyllene, α -humulene ve δ -cadinene bileşiklerinde istatistiksel anlamda fark elde edilmiştir.

Küresel ısınmanın artması ile böceğin yayılış alanı daha da genişlemektedir. Yüksek rakımlarda dahi kışların ılıman geçmesi zararlı böcekler için yeni yaşam

alanları oluşturmaktadır. Kabuk böceklerinin sürgünlerde yaptığı olgunluk yiyimi ve hibernasyon kozalakların gelişmemesine ve ağacın yeni nesiller oluşturmamasına sebep olmaktadır (Selmi 1998).

Gallego ve diğ. (2008) yapmış olduğu bir çalışmada *T. destruens*'in konukçu tercihinde α -pinene ve etanol'ün sinerjistik ilişkisi ortaya konmuştur. Kasım 2005 ve Mart 2007 tarihleri arasında yapılan çalışmada ayrı ayrı α -pinene ve α -pinene+ethanol içeren feromon tuzakları kullanılmış, çalışma sonunda yalnızca α -pinene bulunan tuzaklardaki böcek sayısının, α -pinene ve etanolün birlikte bulunduğu tuzaklara nazaran daha az sayıda olduğu tespit edilmiştir. Bunu yanında α -pinene bileşiğinin kabuk böceklerinde cezbedici özellik gösterdiği ortaya konmuştur. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre istilalı ibrelerdeki α -pinene miktarı sağlıklı ibrelere kıyasla neredeyse iki kat fazladır. Bu sonuç, α -pinene bileşiğinin *T. destruens*'in konukçu tercih sebebi olan bir bileşik etkili olabileceği anlamına geldiği görülmektedir.

Faccoli ve diğ. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada *T. destruens*'in konukçu seçimine *Pinus pinea* gövde ve uçucu bileşiklerinin etkisi araştırılmıştır. Çalışmada *T. destruens*'in anten tepkilerini ortaya çıkaran bileşikler α -pinene, myrcene, α -terpinolene ve limonene monoterpeneri ile trans- β -caryophyllene seskiterpeni ve (Z)-3-hekzan-1-ol bileşiği olarak bulunmuştur. Çalışma sonunda gövdeden salınan α -terpinolene bileşiği ile gövdeden ve ibrelerden salınan α -pinene ve myrcene bileşiklerinin *T. destruens*'in konukçu tercihinde etkisi olabileceği sonucuna varılmıştır. Bunun yanında, bizim çalışmamızda elde edilen verilere göre gövdeden salınan α -terpinolene bileşiğinde istatistiksel anlamda bir fark görülmemiştir. İbrelerden salınan α -pinene ve myrcene bileşiklerindeki istatistiksel fark çalışmayı destekler nitelikte olup, aynı zamanda limonene ve trans- β -caryophyllene bileşiklerinde de istatistiksel anlamda fark elde edilmiştir. Bu bağlamda, bu bileşiklerin *T. destruens*'in konukçu tercihinde rolü olabileceği sonucuna varılmaktadır.

Koniferler, ergin dişi böceklerin bırakmış olduğu yumurtalara karşı kimyasal yollarla tepki verebilmekte ve yumurta üzerinde gelişim önleyici etkiler oluşturabilmektedir. Dişi böceklerin yumurtaları bırakırken salgıladıkları sıvı bitkilerde savunma mekanizmalarının tetiklenmesine sebep olmaktadır (Fürstenberg-Hägg ve diğ. 2013). Bu bileşikler yumurta üzerinde olumsuz etki oluşturmanın

yanında yumurta parazitoidlerini çekme amaçlı da salgılanabilmektedir. Mumm ve diğ. (2003) yapmış olduğu bir çalışmada *Pinus sylvestris* ibrelerine yumurtalarını bırakan *Diprion pini* zararlısının bitki uçucu bileşiklerini uyardığı ve bitkiden salınan β -farnesene bileşiğinin zararlının parazitoidi olan *Chrysonotomyia ruforum*'u cezbetme amaçlı kullanıldığı ortaya koyulmuştur. Bitkilerin geliştirdiği bu üçüncü trofik seviyeleri içeren savunma şekline dolaylı savunma adı verilmektedir ve bu savunma şekli koniferler tarafından sıkça kullanılmaktadır. Ancak, yapmış olduğumuz çalışmada β -farnesene bileşiğine rastlanmamıştır.

Byers ve diğ. (1985) tarafından İsveç'te yürütülen bir çalışmada fırtına sonucu kırılan sarıçam ağaçlarının yaralanma sonucu ürettiği reçinenin *T. piniperda*'nın konukçu tercihine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada reçineden bununan α -pinene, 3-carene ve α -terpinolene monoterpen bileşiklerinin *T. piniperda*'nın konukçu tercihinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bizim yaptığımız çalışmada gövde örneklerinde α -pinene, 3-carene ve α -terpinolene bileşiklerinde istatistiksel anlamda bir fark görülmemiştir. Ancak, ibre örneklerinde α -pinene bileşiğinde görülen istatistiksel fark bu bileşiğin monogam zararlılar olan *Tomicus* cinsi üzerinde çekici etki yarattığı ve konak bitki seçiminde etkili olduğu sonucunu destekler niteliktedir.

Semiz (2009)'in yapmış olduğu bir çalışmada, kızılçamda primer bir zararlı olan çam keseböceği (*Thaumetapoea wilkinsoni* Tams.)'ne karşı direncin genetik çeşitliliği terpenler bakımından araştırılmıştır. Çalışmada, α -pinene ve β -pinene bileşiklerini yüksek miktarlarda içeren kızılçam klonlarının zararlı tarafından en az istila edilen klonlar olduğu tespit edilmiştir. Bu bileşiklerin yüksek miktarlarda olması bu zararlının konak tercihinde olumsuz etki oluşturmasına karşın, çalışmamızda ibrelerdeki α -pinene ve β -pinene bileşiklerindeki istatistiksel fark bu bileşiklerin fizyolojik olarak zayıflamış ağaçlardan salındığını düşündürmektedir. Fizyolojik olarak zayıflamış ve primer zararlılar tarafından tercih edilmeyen bu ağaçlar, sekonder zararlılar için potansiyel konak haline gelmektedir. Çalışmamızın sonucunda, ibrelerdeki α -pinene ve β -pinene bileşiklerinin *T. destruens* türü kabuk böceği için cezbedici özellik gösterdiğini göstermiştir.

Bu çalışma, Akdeniz orman bahçivanının konakçı tercihine kızılçam ibre yaprak ve odun içeriklerinin terpenler açısından etkisinin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışma sonunda böceğin biyolojisinin eksiksiz bilinmesi ve kızılçamın

korunması açısından mevcut literatüre katkı sağlanması planlanmıştır. Ülkemiz açısından öneme sahip olan kızılçamın biyolojisinin ve biyotik ve abiyotik çevre ile ilişkisinin anlaşılması gelecek çalışmalar açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma ile böceğin konukçu tercihinde etkili olduğunu düşündüğümüz terpen türevli bileşiklerin her birinin ayrı ayrı olfaktometrik testlerle denenmesi ve ilişkilerinin belirlenmesi faydalı olacaktır. Monoterpen ve seskiterpenlere ek olarak gövde diterpenleri ile böcek istilasının arasındaki ilişkinin de çalışılması terpen profilleri ile zararlı arasındaki ilişkiyi açıklamaya yardımcı olacaktır. Ayrıca, zararlının ülkemizde yayılış gösterdiği ve istila altında olan diğer sahalardan da örnekleme yapılması ve ibre ve gövde örneklerinin terpen profilleri üzerinde yapılacak çalışmalar elde ettiğimiz sonucun güvenilirliği açısından etkili olacaktır. Elde edilen bileşiklerden düşük miktarlarda olanları arttırıcı özellikte uygulamalar yapılması yüksek konsantrasyonlardaki bileşikleri baskılayacağından dolayı böceğin konukçu olarak bitkiyi tercih etmemesine sebep olabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, yüksek konsantrasyonlarda elde edilen bileşiklerin konsantrasyonunu azaltıcı uygulamalar yapılmasının kabuk böcekleri ile mücadelede etkili bir biyolojik savaş yöntemi olabileceği aşikârdır. Çalışma sonunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde istila altında olmayan ağaçlardan sağlanan tohumların ağaçlandırmada kullanılması böcek istilasını bir derece de olsa azaltacaktır. Böcek yumurtaları ile sekonder bileşikler arasındaki ilişki detaylıca araştırılarak embriyo gelişimini olumsuz etkileyen bileşiklerin geliştirilmesi, böceklerin gelişimi açısından olumsuz etki oluşturacaktır.

Sekonder zararlılar tarafından istila edilmeden önce ağaçların primer zararlılardan ve olumsuz abiyotik faktörlerden korunması sekonder zararlı böceklerin çoğalmasında negatif etki gösterecektir. Ergin döneminde primer zararlı gibi davranabilen bu böceğin antropolojik etkilerle başka alanlara taşınmamasına özen gösterilmelidir. Kızılçamda odun kalitesini olumsuz yönde etkileyen bu zararlının besleme biyolojisi eksiksiz araştırılmalıdır. Çalışmada yapılan terpen analizlerinin yanında, gövde ve sürgünlerdeki besin kalitesinin araştırılması ile terpenler arasındaki sinerjistik ve/veya antagonistik etkiler de anlaşılabilir. Bunların yanı sıra, olumsuz abiyotik faktörlerin başında gelen küresel ısınma ile mücadele böceğin yayılış alanının genişlememesi ve kısıtlanması açısından öneme sahiptir. Tüm bunların yanında, her ne kadar zararlı olarak tanımlansa da, kabuk böceklerinin de doğanın bir parçası olduğu unutulmamalıdır.

6. KAYNAKLAR

Altındışli, Ö., Kılıç, T., Özsemerci, F., Turanlı, T., Kaplan, C., Tolga, M., F., Turanlı, D., Işık, F., Yılmaz, E., *Biyoteknik Yöntemlerin Tanımı ve Gelişimi* in: Teoriden Pratiğe Biyoteknik mücadele, (Ed.: Birişik N.) Gıda, Tarım ve Hyavancılık Bakanlığı, Zirai Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, İzmir:Bornova, 32-69, (2013).

Anonim, Ortohum web sayfası, <http://www.ortohum.gov.tr/tohbah.htm>, (2009).

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

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).

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).

Balay, S., N., Karaşahin, İ., Avcı, M., “Balıkesir Orman İşletme Müdürlüğü Kızılçam Ağaçlandırma Sahalarında Akdeniz Orman Bahçivani [*Tomicus destruens* (Wollaston) (Col., Curculionidae)]’nın Hayat Döngüsünün Belirlenmesi”, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Proje No: 15.4408, İzmir, (2013).

Baydar, H. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (Genişletilmiş 3. Baskı)*, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın, (51), 1-347, (2009).

Ben Jamaa, M. L., Lieutier, F., Yart, A., Jerraya, A., Khouja, M. L., “The virulence of phytopathogenic fungi associated with the bark beetles *Tomicus piniperda* and *Orthotomicus erosus* in Tunisia”, *Forest Pathology*, 37, 51-63, (2007).

Birgücü, A. K., Çelikpençe, Y., Karaca, İ. “Böcek yumurtası ve konukçu bitki arasındaki karşılıklı ilişkiler”, *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4(2), 107-119, (2014).

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

Byers, J. A., Lanne, B. S., Lfqvist, J., Schlyter, F., Bergström, G., “Olfactory recognition of host-tree susceptibility by pine shoot beetles”, *Naturwissenschaften*, 72(6), 324-326. (1985).

anakiođlu, H., Mol, T., *Orman Entomolojisi Genel Blm*, İstanbul: İstanbul niversitesi Orman Fakültesi (1998).

Carle, P., “Mise en évidence d’une attraction secondaire d’origine sexuelle chez Blastophagus destruens Woll.(Col. Scolytidae)”, *Ann. Zool. Ecol. Anim*, 6, 539-550. (1974).

atal, Y., Carus, S., “Doğal Karışık Meřcerelerin Korunması Gerekliliđi ve Koruma İlkeleri”, Ulusal Korunan Alanlar Sempozyumu,08-10 Eyll, Poster Bildiriler Kitabı, Isparta, 89-92 (2005).

Chakali, G., “L’Hyle’sine des Pins, *Tomicus destruens* Wollaston 1865 (Coleoptera-Scolytidae) en Zone Semi-Aride (Alge’rie)”, *Silva Lusitana* 13, 113–124. (2005).

Coşgun, S., şahin, M., “Batı Akdeniz Bölgesinde Farklı Kalite Sınıflarına Ait Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Fidanlarının 10 Yaşındaki Geliřme Durumları”, *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi* Cilt: 1 Sayı: 13, Antalya, (2012).

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).

Dicke, M., Hilker, M., “Induced plant defences: from molecular biology to evolutionary ecology”. *Basic and Applied Ecology*, 4(1), 3–14, (2003).

Dudareva, N., Pichersky, E., and Gershenzon, J., “Biochemistry of Plant Volatiles”, *Plant Physiol.*, (135), 1893-1902, (2004).

Durand-Gillmann, M., *Interactions plantes-insectes dans deux e’cosyste`mes forestiers me’diterrane’ens contraste’s: le cas des scolytes (Coleoptera:*

Curculionidae: Scolytinae) en re'gion me'diterrane'enne, Thesis, Aix-Marseille Universite', France, (2014).

Faccoli, M. "Breeding performance and longevity of *Tomicus destruens* on Mediterranean and continental pine species", *Entomologia experimentalis et applicata*, 123, 263-269, (2007).

Faccoli, M. "Morphological separation of *Tomicus piniperda* and *T. destruens* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): new and old characters." *Eur. J. of Entomol.*, 103, 433-442, (2006).

Faccoli, M., Anfora, G., Tasin, M., "Responses of the Mediterranean pine shoot beetle *Tomicus destruens* (Wollaston) to pine shoot and bark volatiles", *J. of Chem. Ecol.*, 34(9), 1162-1169, (2008).

Faccoli, M., Pisedda, A., Salvato, P., Masutti, L., Battisti, A., "Genetic structure and phylogeography of pine shoot beetle populations (*Tomicus destruens* and *T. piniperda*, Coleoptera Scolytidae) in Italy", *Annals of Forest Science*, 62, 361-368, (2005).

Fürstenberg-Hägg, J., Zagrobelny, M., Bak, S., "Plant defense against insect herbivores", *International journal of molecular sciences*, 14, 10242-10297, (2013).

Gallego, D., Canovas, F., Esteve, M. A., Galián, J., "Descriptive biogeography of *Tomicus* (Coleoptera: Scolytidae) species in Spain", *J. Biogeogr.*, 31, 2011-2024. (2004).

Gallego, D., Galian, J., "The internal transcribed spacers (ITS1 and ITS2) of the rDNA differentiates the bark beetle forest pests *Tomicus destruens* and *T. piniperda*", *Insect Molecular Biology*, 10(5), 415-420, (2001).

Gallego, D., Galián, J., Diez, J. J., Pajares, J. A. "Kairomonal responses of *Tomicus destruens* (Col., Scolytidae) to host volatiles α -pinene and ethanol", *J. of Appl. Entomol.*, 132(8), 654-662. (2008).

Göker, Y., As, N., Akbulut, T. ve Dündar, T., "Lif Kıvrıklığının Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odununun Bazı Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi", *Turk. J. Agric.*

For., 24(1), 45-50, (2000).

Gökşin, A., “Kızılçamın botanik özellikleri”, (ed. E. Öktem), Kızılçam, Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi 2, 13-14 (1987).

Gouinguené, S., Alborn, H., Turlings, T. C., “Induction of volatile emissions in maize by different larval instars of *Spodoptera littoralis*”, *Journal of chemical ecology*, 29(1), 145-162, (2003).

Guerrero, A., Feixas, J., Pajares, J., Wadhams, L. J., Pickett, J. A., Woodcock, C. M. “Semiochemically induced inhibition of behaviour of *Tomicus destruens* (Woll.) (Coleoptera: Scolytidae)”. *Naturwissenschaften*, 84(4), 155-157. (1997).

Güner, A., *Türkiye Bitkileri Listesi Damarlı Bitkiler*, İstanbul:NAMAŞ, 15, (2012).

Halperin, J., Holzschuh, C., “Contribution to the knowledge of bark beetles (Coleoptera: Scolytoidea) and associated organisms in Israel”, *Israel journal of entomology*. (1984).

İcgen, Y., Kaya, Z., Cengel, B., Velioglu, E., Öztürk, H., Önde, S., “Potential impact of forest management and tree improvement on genetic diversity of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations in Turkey”. *Forest ecology and management*, 225(1-3), 328-336. (2006).

İpekdal, K., Çağlar, S., S., “*Thaumetopoea pityocampa* ve *Th. wilkinsoni*’nin Türkiye’deki Yayılışının ve Melezleşmesinin Moleküler Yöntemlerle Araştırılması”, *Türkiye I. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu*, Antalya, (2011).

Işık, K., Toprak, M., Keskin, A., C., “Kızılçamda (*Pinus brutia* Ten.) orijin denemeleri”, Orman Genel Müdürlüğü Orman Ağaçları Ve Tohum Islah Enstitüsü Yayın No: 3, 2, (1987).

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

Karaca, İ., Ay, R., *Entomoloji (Bitki Koruma)*, Isparta: SDÜ Basım Evi, Yayın no: 9, (2002).

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 Phytologist*, (170), 657-675, (2006).

Kesdek, M., Yıldırım, E. “Bitki kairomonlarının entomolojik yönden önemi”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), 137-144, (2006).

Kılınç, M., Kutbay, H. G. *Bitki Ekolojisi*. Ankara: Palme Yayıncılık, Geliştirilmiş ikinci baskı, (2008).

Kirkendall, L. R. “Description of the Yunnan shoot borer, *Tomicus yunnanensis* Kirkendall & Faccoli sp. n.(Curculionidae, Scolytinae), an unusually aggressive pine shoot beetle from southern China, with a key to the species of *Tomicus*”, *Zootaxa*, 1819, 25-39. (2008).

Kogan, M., *Plant Resistance in Pest Management, Chapter 4, In: Introduction to Insect Pest Management*, (Eds.: R.L. Metcalf & W.H. Luckman), 3rd edition John Wiley & Sons Publishing, New York, 642, 73-128, (1994).

Kohlmayr, B., Riegler, M., Wegensteiner, R., Stauffer, C., “Morphological and genetic identification of the three pine pests of the genus *Tomicus* (Coleoptera, Scolytidae) in Europe”, *Agric. Forest Entomol.*, 4(2), 151-157. (2002).

Koski, V., Antola, J., “National tree breeding and seed production programme from Turkey 1994–2003”, *Turkish-Finnish Forestry Project. Vol. II Technical Instructions*, Ankara, 24,(1994).

Kurz, W. A., Dymond, C. C., Stinson, G., Rampley, G. J., Neilson, E. T., Carroll, A. L., Safranyik, L., “Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change”, *Nature*, 452, 987. (2008).

Laumond, C., Carle, P., “Nematodes associated with and parasitic on *Blastophagus destruens* Woll.(Col. Scolytidae)”. *Entomophaga*, 16(1), 51-66, (1971).

Lekander, B., “On *Blastophagus destruens* Woll. and a description of its larva (Coleoptera, Scolytidae)”, *Entomologisk Tidskrift*. (1971).

- Lentini, A., Coinu, M., Luciano, P., “Biological studies on *Tomicus destruens* (Wollaston)(Coleoptera Curculionidae Scolytinae): phenology, voltinism and sister broods”. *Redia*, 98(1), 37-47, (2015).
- Li, X., Zhang, Z., Wang, H., Wu, W., Cao, P., Zhang, P., “*Tomicus armandii* Li & Zhang (Curculionidae, Scolytinae), a new pine shoot borer from China”, *Zootaxa*, 2572, 57-64, (2010).
- Lieutier, F., Långström, B., Faccoli, M., “The Genus *Tomicus*”, (eds: F. E. Vega, R. W. Hofstetter), *Bark Beetles, Biology and Ecology of Native and Invasive Species*, Academic Press: Elsevier, 371-426, (2015).
- Lieutier, F., Mendel, Z., Faccoli, M. “Bark beetles of Mediterranean conifers”, *Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems (Chapter 6)*, 105-197, Springer, Cham, (2016).
- Linnaeus, C., *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis, Tomus 1*, 10, Holmiae, p. 563, (1758).
- Mamıkoğlu, N., G., *Türkiye'nin ağaçları ve çalıları*, İstanbul:NTV Yayınları, 54-55, (2012).
- Manninen, A.M., Tarhanen. S., Vuorinenm, M. and Kainulainen P., “Comparing the Variation of Needle and Wood Terpenoids in Scots Pine Provenances”, *J. Chem. Ecol.*, 28, 211–228, (2002).
- Mazur, S., “Economic significance of the predators *Paromalus Parallelipipedus* and *Plegaderus vulneratus* (Col.: Histeridae) in the control of *Tomicus piniperda*”, *Sylwan*, 119, 57-60. (1975).
- Mendel, Z. “Major pests of man-made forests in Israel: origin, biology, damage and control”, *Phytoparasitica*, 15, 131-137, (1987).
- Mendel, Z., “Hymenopterous parasitoids of bark beetles [Scolytidae] in Israel: Host relation, host plant, abundance and seasonal history”, *Entomophaga*, 31, 113-125. (1986).

Mendel, Z., Halperin, J., “Parasites of bark beetles [Col.: Scolytidae] on pine and cypress in Israel”, *Entomophaga*, 26, 375-379. (1981).

Mendel, Z., Madar, Z., Golan, Y., “Comparison of the seasonal occurrence and behavior of seven pine bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) in Israel”, *Phytoparasitica*, 13(1), 21-32, (1985).

Mendel, Z., Podoler, H., & Livne, H., “Interactions between *Aulonium ruficorne* [Coleoptera: Colydiidae] and other natural enemies of bark beetles [Coleoptera: Scolytidae]”, *Entomophaga*, 35, 99-105. (1990).

Michelozzi, M. “Defensive roles of terpenoid mixtures in conifers”, *Acta Botanica Gallica*, 146, 73-84. (1999).

Monleón, A., Blas, M., & Riba, J. M., “Biology of *Tomicus destruens* (Wollaston, 1865) (Coleoptera: Scolytidae) in the Mediterranean forest”, *Elytron*, 10, 161-167. (1996).

Mumm, R., Schrank, K., Wegener, R., Schulz, S., Hilker, M., “Chemical analysis of volatiles emitted by *Pinus sylvestris* after induction by insect oviposition”, *Journal of chemical ecology*, 29(5), 1235-1252, (2003).

Nanni, C., Tiberi, R., “*Tomicus destruens* (Wollaston): biology and behaviour in Central Italy”, *Proceeding Interating Cultural Tactics into the Management of Bark Beetle and Reforestation Pests. USDA Forest Service General Technical Report NE-236*, 131-134. (1997).

Neyişçi, T., “Kızılçam Ekolojisi”, (ed. E. Öktem), Kızılçam, Ankara:Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi 2, 23-56, (1987).

OGM, “Türkiye Orman Varlığı 2015”, Ankara, (2015).

OGM, *Orman Bitkilerinde Zararlı ve Hastalıklarla Mücadelede Kullanılan İlaçlar*, Orman Zararlılarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı, Ankara, (2016).

Oğurlu, İ. *Böcek ekolojisi*, Isparta: SDÜ Basım Evi, Yayın no: 9, (2001).

Öktem, E., *Kızılçam*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar

Serisi, 52, (1987).

Pehlivan, E., “Böceklerde çeşitli davranış şekilleri ve bunlardan yararlanma olanakları”, *Türk. Bit. Kor. Derg.*, 5(4), 243-252, (1981).

Peverieri, G. S., Faggi, M., “Determination of age in larvae of *Tomicus destruens* (Wollaston, 1865)(Coleoptera: Scolytidae) based on head capsule width”, *Redia*, 88, 115-117, (2005).

Peverieri, G. S., Faggi, M., Marziali, L., Tiberi, R., “Life cycle of *Tomicus destruens* in a pine forest of central Italy”, *Bulletin of Insectology*, 61, 337-342. (2008).

Pfeffer, A., *Zentral-und westpaläarktische Borkenund Kernkäfer. Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae*, Pro Entomologia, Naturhistorisches Museum, Basel, Switzerland, (1995).

Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPheron, B. A., Thompson, J. N., Weis, A. E. “Interactions Among Three Trophic Levels: Influence of Plants on Interactions Between Insect Herbivores and Natural Enemies”, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11(1), 41–65, (1980).

Ross, H. H., *A textbook of entomology*, Wiley, New York, (1965).

Russo, G., “Scolitidi del Pino del litorale toscano”, *Boll. Ist. Entomol. G. Grandi Univ. Bologna*, 15, 297-314. (1946).

Sarıbaş, M., *Dendroloji I (Gymnospermae)*. Ankara: Dönmez Ofset, (2008).

Sarikaya, O., Avci, M., “Distribution and biology of the Mediterranean pine shoot beetle *Tomicus destruens* (Wollaston, 1865) in the western Mediterranean region of Turkey” *Türk. Entomol. Derg.*, 34(3), 289-298, (2010).

Sarikaya, O., Avci, M., “Predators of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) species of the coniferous forests in the Western Mediterranean Region, Turkey”, *Türk. Entomol. Derg.*, 33(4), 253-264, (2009).

Sauvard, D., *General biology of bark beetles*. In: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*, (Eds.: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A.,

Gregoire, J.-C., Evans, H.F.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 63–88. (2004).

Scagel, R. F., *An evolutionary survey of the plant kingdom*, Wadsworth Publishers, CA, USA, (1965).

Schedl, K. E., “Bestimmungstabellen der palaearktischen Borkenkaefer, II-Die Gattung *Blastophagus* Eichh”, *Zentr. Ges. Entomol*, 1, 50-58. (1946).

Selmi, E., *Türkiye kabuk böcekleri ve savaşı*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayın, 4042, (1998).

Semiz, G., “Kızıldağ (Pinus brutia Ten.)’da Çam Kese Böceği (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.)’ne karşı direncin genetik çeşitliliğinin terpenler bakımından araştırılması” Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 132s., Antalya, (2009).

Sertkaya, E., Kaya, K., Soylu, S., “Chemical compositions and insecticidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the cotton whitefly, *Bemisia tabaci*”, *Asian Journal of Chemistry*, 22(4), 2982-2990, (2010).

Skarmoutsos, G., Braasch, H., Michalopoulou, H. “*Bursaphelenchus hellenicus* sp. n.(Nematoda, Aphelenchoididae) from Greek pine wood”, *Nematologica*, 44, 623-629, (1998).

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

Staudt, M., Bertin, N., “Light and temperature dependence of the emission of cyclic and acyclic monoterpenes from holm oak (*Quercus ilex* L.) leaves”. *Plant, Cell & Environment*, 21(4), 385-395, (1998).

Stergulc, F., “Studio sulle condizioni fitosanitarie della pineta di Valle Vecchia (Caorle, VE). Proposte per interventi di controllo del blastofago dei pini (*Tomicus destruens* Wollaston) e del marciume radicale da *Heterobasidion annosum* (Fr.)”, *Bref. Veneto Agricoltura, Settore Ricerca e Sperimentazione Forestale e Fuori Foresta*. Padova, 31, (2002).

Takabayashi, J., Dicke, M., Posthumus, M. A., “Volatile herbivore-induced terpenoids in plant-mite interactions: variation caused by biotic and abiotic factors”, *Journal of Chemical Ecology*, 20(6), 1329-1354, (1994^b).

Takabayashi, J., Dicke, M., Takahashi, S., Posthumus, M. A., Van Beek, T. A., “Leaf age affects composition of herbivore-induced synomones and attraction of predatory mites”, *Journal of chemical ecology*, 20(2), 373-386, (1994^a).

Triggiani, O. “*Tomicus (Blastophagus) piniperda* (Coleoptera, Scolytidae Hylesininae): biologia, danni e controllo nel litorale ionico”, *Entomologica*, 19, 5-21. (1984).

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

Vasconcelos, T., Horn, A., Lieutier, F., Branco, M., Kerdelhué, C., “Distribution and population genetic structure of the Mediterranean pine shoot beetle *Tomicus destruens* in the Iberian Peninsula and Southern France”, *Agricultural and Forest Entomology*, 8(2), 103-111, (2006).

Vasconcelos, T., Nazaré, N., Branco, M., Lieutier, F. “Host preference of *Tomicus piniperda* and *Tomicus destruens* for three pine species”, *Forest Insect Population Dynamics and Host Influences*, Proceedings: IUFRO Kanazawa 2003, 19, (2003).

Wegensteiner, R., “Pathogens in bark beetles” *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. (Eds: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Gregoire, J.-C., Evans, H.F.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 291–313. (2004).

Wollaston, T.V., *Coleoptera Atlantidum, Being an Enumeration of the Coleopterous Insects of the Madeiras, Salvages, and Canaries*, Voorst, London, (1865).

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	: Kübra KOCABIYIK
Doğum Yeri ve Tarihi	: Üsküdar/İstanbul – 25.02.1993
Lisans Üniversitesi	: Pamukkale Üniversitesi, Biyoloji Bölümü
Elektronik Posta	: kkocabiyik@pau.edu.tr
İletişim Adresi	: Pamukkale Üniversitesi, Biyoloji Bölümü

AKADEMİK FAALİYETLER:

1. Uluslararası Atıf İndekslerine (SSCI/SCI) Giren Yayınlar

Semiz., G., **Kocabiyik, K.**, Çetin, H., “Larvicidal Effect Of *Pinus brutia* Ten. Seed Essential Oil to Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.) Under Laboratory Conditions”, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 28, 2375-2379, (2019).

2. Uluslararası Toplantılardaki Bildiriler

Kocabiyik, K., Semiz, G., “Chemical composition of essential oil from *Hypericum scabrum* L.”, *The 4th International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, Poster bildirisi, 03-06 Temmuz 2018, Ukrayna, s.216

Semiz, G., Armağan, M., Güzel, C., **Kocabiyik, K.**, “Essential oil composition of *Nepeta viscida* Boiss. from Buharkent (Aydın) – Turkey”, *The 4th International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, Poster bildirisi, 03-06 Temmuz 2018, Ukrayna, s.158

Kale, E., Semiz, A., Semiz, G., **Kocabiyik, K.**, A., Şen, “Initial screening the anti-inflammatory effect of *Thymbra capitata* (L.) Cav. essential oil in Caco-2 cells”, *The 4th International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, Poster bildirisi, 03-06 Temmuz 2018, Ukrayna, s. 139

Kabalay, B., Mutlu, D., Arslan, Ş., Semiz, G., **Kocabiyik, K.**, “Essential oil composition analysis and cytotoxic activity of *Salvia frigida* Boiss. from Turkey”, *The 4th International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, Poster bildirisi, 03-06 Temmuz 2018, Ukrayna, s.168

Kabalay, B., Arslan, Ş., Semiz, G., **Kocabiyik, K.**, A., Semiz, “Composition and *in vitro* cytotoxicity of essential oil from *Hypericum scabrum* L.”, *The 4th International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, Poster bildirisi, 03-06 Temmuz 2018, Ukrayna, s.153

Kabalay, B., Mutlu, D., Arslan, Ş., Semiz, G., **Kocabiyik, K.**, “Chemical composition and cytotoxicity of *Nepeta nuda* subsp. *lydiae* P. H. Davis essential oil towards collon carcinoma”, *The 4th International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, Poster bildirisi, 03-06 Temmuz 2018, Ukrayna, s.154

Kocabiyik, K., Gönen, E., Semiz., G., Çetin, H., “Larvicidal effect of Turkish red pine seed oil to pine processionary moth”, *Symposium on EuroAsian Biodiversity-2*, Poster bildirisi, 23-27 Mayıs 2016 Antalya, s.607