

**Çam kese böceği (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.)
istilasına bağlı olarak kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'dan
salınan uçucu bileşiklerinin mevsimsel değişimi, konukçu
tercihindeki rolleri ve bu bileşiklerin istila öncesi ve sonrası
indüklenme potansiyellerinin belirlenmesi**

Program Kodu: 3501

Proje No: 110T976

Proje Yürütücüsü
Doç.Dr. Gürkan SEMİZ

MAYIS 2014
DENİZLİ

ÖNSÖZ

"Çam kese böceği (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.) istilasına bağlı olarak kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'dan salınan uçucu bileşiklerinin mevsimsel değişimi, konukçu tercihindeki rolleri ve bu bileşiklerin istila öncesi ve sonrası indüklenme potansiyellerinin belirlenmesi" başlıklı bu proje çalışması ile, kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) ülkemizde yayılış gösterdiği alanlarda sıklıkla karşılaştığı problemlerden biri olan çam kese böceği istila mekanizmasının daha detaylıca anlaşılması amaçlanmıştır. Bu çalışmaların temeli 2003 yılından beri süre gelen arazi gözlemleri, saha kayıtları, örneklemeler, analizler, bilimsel çalışmalar ve yorumlamalara dayanmaktadır. Ülkemizin özellikle Akdeniz çanağında yer alan kızılçam ormanlarında, sayıları az da olsa, ÇKB zararından çok az etkilenen ya da hiç etkilenmeyen ağaçlar da bulunmaktadır. Bu araştırma projemizde, genetik temele dayalı olarak kızılçamın değişik genotipleri (bireyleri, klonları) arasında ÇKB'ne gösterdikleri direncin (ya da duyarlılık) değişik abiyotik ve biyotik çevre şartlarına bağlı olarak değişip-değişmediği, ağacın böcek olan ilişkisinin daha yakından irdelenmesi arzulanmıştır. Araştırmanın bu son evresinde olduğu gibi, bundan önceki aşamalarında da TÜBİTAK, değişik projelerle (107T243 no'lu proje) çalışmamıza maddi ve manevi katkılarda bulunmuştur. Deneme alanının uzun yıllar boyunca güvenli bir şekilde bakımı ve korunması, Çevre ve Orman Bakanlığının Antalya'daki yerel birimleri tarafından sağlanmıştır.

Bu çalışma süresince büyük desteğini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Kani IŞIK'a (Akdeniz Üniv. Biyoloji Böl.) ve yurt dışında gerçekleştirilen analizler ve sonuçların yorumlanması için Prof. Dr. Jarmo K. HOLOPAINEN'e (Eastern Finland Üniv. Finlandiya) ve burada değinemediğim fakat çalışmada emeği geçen herkese sonsuz teşekkür eder, şükranlarımı sunarım. Araştırma sonuçlarının, kızılçamın genetik ıslahı üzerinde çalışanlara ve kızılçamın ağaçlandırma çalışmalarında verimli kullanımına ilgi duyanlara yararlı olmasını dilerim.

Doç. Dr. Gürkan SEMİZ

Mayıs, 2014; Denizli

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER DİZİNİ.....	iv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI	8
2.1. Bitkilerde Sekonder Metabolitlerin Varlığı ve Biyosentezleri	8
2.2. Çam Kese Böceği (ÇKB) Hakkında Genel Bilgiler	10
2.2.1. ÇKB türleri ve bu türlerin sistematik durumu.....	10
2.2.2. ÇKB'nin biyolojisi	11
2.2.2.1. Yumurta dönemi	11
2.2.2.2. Larva dönemi	13
2.2.2.3. Pupa dönemi	14
2.2.2.4. Ergin dönemi	15
2.2.3. ÇKB'nin zararları.....	16
2.2.4. ÇKB ile mücadele yöntemleri	18
2.2.4.1. Doğal mücadele	19
2.2.2.4.1. Abiyotik faktörler	19
2.2.2.4.2. Biyotik faktörler.....	19
2.2.4.2. Mekanik mücadele	21
2.2.4.2.1. Yumurta koçanlarının toplanması	21
2.2.4.2.2. Keselerin toplanması.....	21
2.2.4.2.3. Tuzak ile yakalama	22
2.2.4.3. Kimyasal mücadele	23
2.2.4.4. Biyoteknik mücadele.....	23
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	24
3.1. Çalışma Alanı	24
3.2. ÇKB İstilas Gözlemleri ve İstila İndeksi	26

3.3. Tohum ve İbre Örneklerinin Toplanması	26
3.4. Terpen Analizleri	28
3.5. Kromatogram Çalışmaları	30
3.6. Emisyon Ölçümleri	31
3.7. İstatiksel Analizler	32
4. BULGULAR	34
4.1. Kızılcam ibre ekstraksiyonu analiz sonuçları	34
4.2. İbrelerdeki belirlenen ana bileşiklerin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi	34
4.2.1. α -Pinen bileşiğinin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi	35
4.2.2. β -Pinen bileşiğinin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi	37
4.2.3. Limonen bileşiğinin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi	39
4.2.4. Trans- β -osimen bileşiğinin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi	41
4.2.5. Trans- β -karyofillen bileşiğinin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi	43
4.3. Toplam mono- ve seskuiterpen miktarlarının mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi	45
4.4. İbre bileşenlerinin aylara göre değişiminin istatiksel analiz sonuçları	51
4.5. İbre Emisyon ölçümleri sonuçları	59
4.5.1. Emisyon ölçümlerinin ANOVA testi sonuçları	59
5. TARTIŞMA	61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
7. KAYNAKLAR	71
8. EKLER	96
EK-1. Çalışmanın yapıldığı tohum bahçesinin fidan dikim planı	96
EK-2. 9268 nolu klona ait ait ağaçlardan elde edilen bileşenlerin homojenite, tek yönlü Anova tablosu, dağılım alt küme setleri ve Kruskal Wallis analizleri SPSS program çıktıları	104

SİMGELER DİZİNİ

'	Dakika
°	Derece
G	Gram
pH	Asitlik Derecesi
N	Azot
lt	Litre
µl	Mikrolitre
ml	Mililitre
mg	Miligram (10^{-3} gram)
m ³	Metreküp
µg	Mikrogram (10^{-6} gram)
ppm	Milyonda Bir
mm	Milimetre
m	Metre
ng	nanogram (10^{-9} gram)
"	Saniye
°C	Santigrat Derece
cm	Santimetre
%	Yüzde

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
Asetil CoA	Asetil Koenzim-A
BHC	Benzen Hekzaklorit
Btk	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>
Bkz	Bakınız
F ₁	Birinci Kuşak
ÇKB	Çam Kese Böceği
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
DDT	Dikloro-Difenil-Trikloroethan
DFA	Diskriminant Fonksiyon Analizi
DMAPP	Dimetilallil Difosfat
GAP	Gliseraldehit 3-Fosfat
GC-MS	Gaz Kromografisi-Kütle Spektrometresi
GGPP	Geranil-Geranil Difosfat
GPP	Geranil Difosfat
GSemiz	Gürkan Semiz
FPP	Farnesil Difosfat
ha	Hektar (10.000 m ²)
IPP	Isopentenil Difosfat
İSİN	İstila İndeksi
d.wt	Kuru Ağırlık
lat	Latincesi
MTPS	Monoterpen Sentaz
ORTOHUM	Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü
RNA	Ribo Nükleik Asit
CYP450	Sitokrom P450
NaOH	Sodyum Hidroksit
SE	Standart Hata
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TPS	Terpen Sentaz
UV	Ultraviyole

Th	Thaumatococcus
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
ANOVA	Varyans Analizi
VOCs	Volatile Organic Compounds
f.wt	Yaş Ağırlık
DXP	1-Deoksi-D-Ksiluloz-5-Fosfat
MEP	2-C-Metil-D-Erithriol-4-Fosfat Metabolik Yolu
HMG CoA	3-Hidroksi-3-Metil-Glutaril Koenzim-A
L ₁	Birincil Larval Dönem
L ₂	İkincil Larval Dönem
L ₃	Üçüncül Larval Dönem
L ₄	Dördüncül Larval Dönem
L ₅	Beşincil Larval Dönem

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Proje çalışma sahası olan Kızılcam 38 nolu tohum bahçesinden (Çığılık Kasabası-Antalya) çekilmiş çam kese böceği yumurta koçanı.	13
Şekil 3.1. Çalışmanın yapıldığı kızılçam tohum bahçesinin kurulduğu alan (Çığılık ve tohumun getirildiği orijin (Gündoğmuş-Eskibağ)	25
Şekil 3.2. Çalışmanın yapıldığı kızılçam tohum bahçesinin uydudan alınan görüntüsü	25
Şekil 3.3. A: İbrelere ekstraksiyon için küçük parçalara ayrılması, B: Ekstraksiyon işlemleri	30
Şekil 3.4. A: Emisyon ölçümleri için kullanılan Tenax tüpleri, B: Otomatik Isısal Desorpsiyon Cihazı	32
Şekil 4.1. 9268 nolu klonun iki aylara ait ortalama α -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi	35
Şekil 4.2. 9268 nolu klonun aylara ait ortalama α -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği.....	35
Şekil 4.3. 9294 nolu klonun aylara ait ortalama α -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi.	36
Şekil 4.4. 9294 nolu klonun aylara ait ortalama α -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği.....	36
Şekil 4.5. 9268 nolu klonun aylara ait ortalama β -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi	37
Şekil 4.6. 9268 nolu klonun aylara ait ortalama β -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği.....	37
Şekil 4.7. 9294 nolu klonun aylara ait ortalama β -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi	38
Şekil 4.8. 9294 nolu klonun aylara ait ortalama β -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği.....	38
Şekil 4.9. 9268 nolu klonun aylara ait ortalama limonen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi.	39
Şekil 4.10. 9268 nolu klonun aylara ait ortalama limonen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği	39

Şekil 4.11.	9294 nolu klonun aylara ait ortalama limonen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi	40
Şekil 4.12.	9294 nolu klonun aylara ait ortalama limonen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği	40
Şekil 4.13.	9268 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -osimen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi	41
Şekil 4.14.	9268 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -osimen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği.....	41
Şekil 4.15.	9294 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -osimen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi	42
Şekil 4.16.	9294 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -osimen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği.....	42
Şekil 4.17.	9268 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -karyofillen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi	43
Şekil 4.18.	9268 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β - karyofillen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği.....	43
Şekil 4.19.	9294 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -karyofillen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi	44
Şekil 4.20.	9294 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -karyofillen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği.....	44
Şekil 4.21.	9266 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	45
Şekil 4.22.	9266 nolu klona ait ortalama toplam seskuiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	46
Şekil 4.23.	9267 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	46
Şekil 4.24.	9267 nolu klona ait ortalama toplam seskuiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	47
Şekil 4.25.	9268 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	47
Şekil 4.26.	9268 nolu klona ait ortalama toplam seskuiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	48

Şekil 4.27.	9285 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	48
Şekil 4.28.	9285 nolu klona ait ortalama toplam seskuiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	49
Şekil 4.29.	9286 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	49
Şekil 4.30.	9286 nolu klona ait ortalama toplam seskuiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	50
Şekil 4.31.	9294 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu.....	50
Şekil 4.32.	9294 nolu klona ait ortalama toplam seskuiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

- Çizelge 3.1.Tohum bahçesinde belirlenen ağaçlardan ibre örnekleme yapılan tarihler ve günlük ortalama sıcaklık değerleri tablosu.....27
- Çizelge 3.2.Denemeye konu olan Çığlık kızılçam tohum bahçesindeki Gündoğmuş-Eskibağ orijinli klonlar, her bir klondaki ağaç (ramet) sayısı ve klonların İSİN değerleri28
- Çizelge 4.1.Tohum bahçesinde ÇKB istilasına en dirençli klon olan 9268 nolu klona ait ağaçlardan toplanan ibrelerin analizleri sonucu bulunan başlıca bileşiklerin çalışma aylarına ait verilerin ortalaması.....53
- Çizelge 4.2.Tohum bahçesinde ÇKB istilasına en duyarlı klon olan 9294 nolu klona ait ağaçlardan toplanan ibrelerin analizleri sonucu bulunan başlıca bileşiklerin çalışma aylarına ait verilerin ortalaması.....56
- Çizelge 4.3.Kızılçamda en dirençli klon 9268 ve en dirençsiz (duyarlı) klon 9294'e ait ağaçlardan elde edilen ortalama emisyon miktarları60

Özet

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ülkemiz yerli orman ağaçları arasında en önemli ağaç türlerinden birisidir. Önemi gerek odununa olan yüksek talep gerekse hızlı büyüme yeteneğinden dolayı ileri gelmektedir. Kızılçamın yayılış gösterdiği alanlarda karşılaştığı sorunların başında çam kese böceği (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.) istilas gelmektedir. Bu böcek istila ettiği ağaçlarda, ağacın fizyolojisine yaptığı zararın yanında, ciddi oranda da artım ve odun kailtesi kaybına neden olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ÇKB böceği zararına karşı dirençli ya da duyarlı olduğu belirlenmiş ağaçların ibre yapraklarında iki yıl sürecek terpen profili değişimini gözlemek ve bu durumun da böcek olan ilişkisinin ortaya çıkarılması olarak planlanmıştır. Bu amaçla, Antalya-Çığılık bölgesindeki bir klonal tohum bahçesinde dirençli ve duyarlı olarak belirlenmiş 6 klona ait 60 ağaçtan iki yıl süre ile ibre örnekleri ve emisyon ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, dirençli ve duyarlı klonlar arasında terpen bileşikleri bakımından farklılıkların olduğu, bu farklılıklarında mevsimsel varyasyona sahip olduğu görülmüştür. Bu bileşiklerin ibrelerdeki miktarı ile günlük ortalama sıcaklık arasında pozitif bir ilişki tespit edilmesine rağmen, böceğin uçuş ve yumurtlama zamanı olan aylarda, terpen türevli bileşiklerin sıcaklık azalmasına rağmen ciddi oranda artış gösterdiği bulunmuştur. Bu bileşikler, monotерpenlerden α -pinen, β -pinen ve limonen iken, seskuioterpenler için ise trans- β -karyofillen olarak belirlenmiştir. Emisyon verileri incelendiğinde, ölçüm yapılan saat dilimlerinde bileşiklerin salınımları arasında farklılıkların olduğu, bu durumun da böceğin kullanabileceği türde bazı bilgilere sahip olabileceği anlaşılmaktadır. Emisyon ölçümlerine göre farklılığa sebep olan bileşenler, dirençli klonda monotерpenler için α -pinen, mirsen ve seskuioterpenler için trans- β -karyofillen, α -humulen ve d-kadien iken; duyarlı klon için monotерpenlerden α -pinen ve β -pinen, seskuioterpenler için ise d-kadien olarak belirlenmiştir. Hem ibre hem de emisyon sonuçlarına göre, bu maddelerin ağaçlardaki miktarları, dirençli olan klonlarda daima daha fazla miktarda belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre, çalışılan bileşenlerin böceğin uçuş zamanı, yumurtlaması gibi dönemlerde önemli artış/azalış gösterdiği, bu durumunda böcekler üzerine çekici ya da uzaklaştırıcı etki yaptığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: *Pinus brutia*, Çam Kese Böceği, Uçucu Bileşen Emisyonu, Monoterpenler, Seskuioterpenler, Mevsimsel Değişim.

Abstract

Pinus brutia Ten. is one of the most important native forest tree species in Turkey due to both its high timber value and fast growing ability. One of the problems faced by *P. brutia* afforestation sites is the defoliation by pine processionary moth (PPM) (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.). Defoliation reduces tree growth and lowers timber value by reducing its photosynthetic ability. The purpose of this project was to determine resistant or susceptible *P. brutia* to the PPM by monitoring their terpene profiles over a two-year period and to evaluate the relationship between insect preference and tree defences. For this purpose, we selected 60 trees from 6 clones in a seed orchard located in Antalya-Çığılık and collected volatiles from foliage of these trees and investigated their tissue chemistry. We found that resistant and susceptible clones had different terpene profiles and that such differences between trees varied between seasons. We observed increased terpene profiles from all trees with increasing temperature in both years. However, we also detected an increased terpene emission from the foliage of trees in cool weather when female moths were searching for oviposition sites. The main monoterpenes identified from needles were α -pinene, β -pinene and limonene while, main sesquiterpene was trans- β -caryophyllene. Furthermore, emission profiles of pine foliage also give useful information about plant-insect interactions. While both resistant and susceptible trees had lower emission in the morning relative to measurements taken at the noon and evening, consistently resistant trees had always higher emission, suggesting that moth can use these volatiles for oviposition site as they frequently oviposit during early mornings. Main monoterpene constituents of resistant trees were α -pinene and myrcene, and sesquiterpenes were trans- β -caryophyllene, α -humulene ve d-cadiene while susceptible trees had two monoterpenes, α -pinene and β -pinene, and one sesquiterpene d-cadiene. Based on both emission profiles and tissue chemistry resistant trees had always higher amounts of chemicals than susceptible ones. These results show that resistant trees escape from herbivory (oviposition and defoliation) due to their high secondary compounds as they likely repel female moths during oviposition and reduce their feeding.

Key words: *Pinus brutia*, pine processionary moth, volatile organic compounds, monoterpenes, sesquiterpenes, seasonal variation

1. GİRİŞ

Yerküre üzerindeki hızlı nüfus artışı, ormanlar ve doğal alanlar üzerindeki baskıları artırmakta, odun hammaddesi arzında da bir azalmaya sebep olmaktadır. Toplumların, doğal orman alanlarına ve odun hammaddesine duyulan ihtiyacının karşılanabilmesi için zaman geçirilmeden önlemler alınması gerekmektedir. Bu önlemlere örnek olarak, odun yerine kullanılacak hammaddelerin bulunması, orman alanlarının korunması/genişletilmesi ve ormanlarda verimliliğin artırılması gösterilebilir (Boydak ve Dirik 1998).

Orman ağaçlarında verimliliğin artırılması, hızlı büyüme yeteneğine sahip, çevresel etkenlere dirençli genotiplerin bulunması ve ıslahı ile sağlanabilir. Genetik ıslah yoluyla değişik odun zararlısı böceklerle, çeşitli hastalıklara, kuraklığa ya da soğuğa dayanıklılık artırılabilir ve üstün özellikli bireyler (klonlar ya da populasyonlar) elde edilerek bunlar geniş alanlara ekilip dikilebilir (Şimşek ve Tulukçu 1982, Larsen ve Suner 1986, Toplu vd 1987, Greig ve Sharpe 1991, Alforo ve Hulme 1993, Simpson 1994, Beuker vd 1998). Bu konuda uzun yıllar yapılan çalışmalar ile; farklı orijin, aile ve/veya klonların biyotik ve abiyotik zararlılara karşı farklı düzeylerde direnç gösterdiği saptanmıştır.

Tohum bahçeleri, orman populasyonlarının genetik yapısını arzu edilen yönde değiştirmek, doğada var olan populasyonları amacımıza göre evcilleştirmek konusunda bir araçtır ve ağaç ıslahı açısından çok önemlidir (Zobel ve Talbert 1984). Tohum bahçelerinde, istediğimiz genleri taşıyan bireyler bir araya getirilebilir ve bunlar arasına arzu edilmeyen genlerin karışması engellenerek özel bir gen havuzu oluşturulabilir. Bunlardan üretilen tohumlarla da istediğimiz karakter ya da özellikleri taşıyan yeni kuşaklar yaratılabilmektedir. Gerek tarım bitkilerinde, gerekse orman ağaçlarında, tohum bahçelerine ve vejetatif üretme çalışmalarına sıklıkla rastlanmaktadır (Kaya 2001).

Akdeniz havzası yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olması ile karakterize edilmektedir. Akdeniz havzasında, yaklaşık olarak 3.5 milyon yıl önce meydana gelen *Pinus* türleri alanın en belirgin ögesi durumundadır (Barbéro vd

1998). Toplam orman alanının %25'ini teşkil eden çamlar, büyük bir ekolojik toleransa sahip olmaları nedeniyle çok değişik çevre koşulları altında yetişmektedir (Barbéro vd 1998). Ülkemizdeki çam türleri yaklaşık 6 milyon ha'lık alan kaplamaktadır. Bu alan içinde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) %18'lik oranla en geniş yayılışa sahip olan çam türüdür (Saribaş ve Ekici 2004). Yerli orman ağacı türlerimiz arasında kızılçam, Doğu Akdeniz çanağında -özellikle Türkiye'de- hem ekonomik hem de ekolojik açıdan önemli bir orman ağacı türüdür. Odunu; inşaat malzemesi, ambalaj, maden direği, selüloz ve kağıt endüstrisi gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır. Kızılçam diğer yerli türlere göre daha hızlı büyümektedir (Işık vd 1987, Usta 1991). Bu nedenle, Türkiye'de genetik islah yönünden Ulusal Ağaç-İslah ve Ağaçlandırma Programlarında en ön sırada yer almaktadır (Koski ve Antola 1994). Orman Bakanlığı tarafından ülkemizin değişik yörelerinde, çok değişik türde orman ağaçları için 2003 yılına dek 163 tohum bahçesi kurulmuştur. Bu 163 bahçenin 62 tanesi kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) türüne aittir (Anonim 2003).

Kızılçam, doğal yayılış alanının dışında kalan bazı kurak mıntıkların ağaçlandırılmasında da günden güne önem kazanmaktadır (Schiller 1994). Yurdumuzda yıllık ortalama 42.000 ha alan (yıllık tüm ağaçlandırma alanlarının %37'si) kızılçam ile ağaçlandırılmaktadır (Işık ve Kara 1997). Ancak, bu ağaçlandırma alanlarında karşılaşılan sorunlardan biri, Çam kese böceği (ÇKB) (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams., Lepidoptera: Thaumetopoeidae) istilasidir (Avcı 2000, Kanat ve Alma 2003). Bu böcek, özellikle genç ağaçların büyüme ve gelişmesini önemli ölçüde engellemektedir (Babur 2002; Kanat vd 2005). Bu zararlıya karşı: (a) mekanik ve/veya kimyasal mücadele yapılması; (b) biyolojik mücadele yapılması; (c) dirençli genotiplerin bulunup, ağaçlandırma alanlarına dikilmesi metodu uygulanabilir. En etkin mücadele yöntemi, bunların entegre halde uygulanmasıdır. Ekolojik yönden olumsuz etkileri dikkate alındığında, kimyasal yolla mücadelenin zamanla azaltılması veya kaldırılması arzu edilmektedir.

Herbivor böcekler bitkilere çok ciddi boyutlarda zarar verebilmektedir. Bu zarar sucul ortamdaki fitoplankton komünitelerinde %60-99, çayır/mera bitkilerinde %28-60, ve orman ağaçlarında ise %5-10 oranlarında sürgün kaybına neden olabilmektedir (Kimmins 1997). Zarar, kimi zaman kısmen onarılabilmekte, kimi

zaman ise ciddi boyutlarda büyüme ya da gelişme kayıplarına neden olmaktadır. Bitkilerin bu herbivor böceklere karşı direnç (dayanıklılık) göstermelerini sağlayan etkenlerden birisi, bunların içerdikleri çok çeşitli sekonder metabolitlerdir. Böcek zararlarına karşı dayanıklılık konusunda bitkilerde çeşitli savunma (kaçınma) mekanizmaları belirlendiği, bunlardan en yaygın olanın bitki dokularındaki reçine miktarı ve kalitesi (bileşenleri) olduğu belirtilmektedir. Reçine miktarı ve kalitesi aynı türün bireyleri arasında bile çok büyük çeşitlilik gösterebilmektedir (Tobolski ve Hannover 1971). Bitki reçineyi, kendi düşmanlarına antibiyoti etkisi yapmak üzere kullanmaktadır. Özellikle terpenler, böcekler üzerinde caydırıcı ya da beslenmeyi durdurucu etkiler gösterebilmektedir. Terpenoid grupları içinde en büyük grubu monoterpenler oluşturmaktadır. Monoterpenler, hastalıklara ve herbivora karşı kimyasal bir savunma mekanizması görevi görürken, tozlaştırıcılara karşı güzel kokusu ile çekicilik görevi de yapmaktadır (Gershenzon ve Croteau 1991, Langenheim 1994). Orman ağaçlarına zarar veren birçok böcek türü için, bu metabolitler ve miktarları hakkında ayrıntılı çalışmalar bulunmaktadır (Watt 1989, Barnola vd 1997, Figueroa vd 2004, Nerg vd 2004, Hofstetter vd 2005, Thoss ve Byers 2006). Yapılan bazı çalışmalarda, diğer çam türlerindeki bazı terpenoidlerin (örneğin, *Pinus pinea* L. ve limonen) çam kese böceğinin (*Thaumetopoea pityocampa* Dennis & Schiff.) yaşam döngüsünde ovipozisyon için önemli bir konak seçimi engeli veya beslenme engelleyici olduğu görülmüştür (Tiberi vd 1999, Petrakis vd 2005). Bitki sekonder metabolitleri ve bunların bitki bünyesinde ya da bitki böcek ilişkilerinde aldıkları roller bundan sonraki bölümde daha detaylı açıklanmıştır.

Koniferler oldukça uzun yaşayabilen, genelde ağaç formasyonundaki bitkilerdir. Dünyanın hemen her yerinde yaşayabilmekte ve bazı türleri değişen ortam koşullarına uyum sağlayabilmektedir. Koniferler ve böcekler arasındaki ilişki çok eski ve bir o kadar da karmaşıktır. Böcekler yaklaşık 400 milyon yıldan beri varlığını sürdürmekte (Engel ve Grimaldi 2004) ve fosil kayıtlarına göre de yaklaşık 220 milyon yıldır koniferleri konakçı canlılar olarak kullanmaktadır (Scott vd 2004).

Koniferler çok büyük miktarlarda terpen ve benzeri madde üretebilmekte ve bu üretilen bileşiklerin miktarı, aynı türün bireyleri arasında bile çok büyük varyasyonlar gösterebilmektedir (Tobolski ve Hannover 1971). Aynı zamanda bu üretilen madde

miktarı mevsimlere göre de değişebilmektedir (Nerg vd 1994, Williams vd 1994). Bu bileşikler, gerek bitkinin toprak üstü, gerekse toprak altı organlarından salgılanmakta ve herhangi bir stres (abiyotik veya biyotik) anında çok çabuk tetiklenebilmektedir (Dudareva vd 2006). Terpen kavramı, Almanca “*terpentin*” (ing: *turpentine*, lat: *balsamum terebinthinae*) kelimesinden gelmektedir (Croteau 1998). Çamların reçinesi olarak da adlandırılan terpentin, çok akışkan ve keskin kokulu bir maddedir (Breitmaier 2006). Ağacın dokuları içerisinde bulunan bu terpenoid bileşiklerinin miktarı genetik olarak kontrol edilmektedir (Hiltunen vd 1975, Gref ve Tenow 1987, Baradat ve Yazdani 1998). Fakat bu genetik kontrolün etkinliği; sıcaklık artışı, ışık miktarı, kuraklık, hava kirliliği, herbivor baskısı gibi biyotik ve/veya abiyotik faktörlerden çok çabuk etkilenip değişebilmektedir (Hanover 1966, 1992, Gleizes vd 1980, Yazdani ve Nilsson 1986, Gref ve Tenow 1987, Kainulainen vd 1993, 1996, Tomlin vd 2000, Turtola vd 2003, Miller vd 2005). Ayrıca, yapılan birçok çalışmada bitkilerin bu bileşikleri, herhangi bir herbivor baskısı ile karşılaştıklarında, herbivorların düşmanlarını davet etme ya da cezp etme amaçlı olarak kullanabildiği saptanmıştır (Haars vd 1981, Stephan, 1984, Michelozzi vd 1990, Turlings 1990, Langenheim 1994, De Moraes vd 1998).

Terpenoid bileşikler, ergin veya larva halindeki böcek türlerine karşı toksik olma (Watanabe vd 1993, Lee vd 2003), beslenme ve/veya ovipozisyonu engelleme (Alfaro vd 1980, 1981, Charles vd 1982, Brattesten 1983, Leather 1987, Hough-Golstein 1990, Karr ve Coats 1992, Sczcepanik vd 2005), öldürme (Keeling ve Bohlmann 2006) ya da bitki patojenlerinin büyüme faaliyetlerini engelleme ya da azaltma gibi değişik görevler üstlenebilmektedir (De Groot 1972, Chou ve Zabkiewicz 1976). Ayrıca bitkiler sahip oldukları morfolojik yapılar sayesinde de, herbivora karşı fizyolojik bariyer oluşturabilmektedir (Arimura vd 2005). İbre kalınlığı, yaprakların tüylülüğü ve ibrelerin kuruyup cansız hale gelmesi bu tipte savunma sistemine örnek olarak gösterilebilir. Yukarıda bahsedilen tipteki savunma sistemi “doğrudan savunma” olarak adlandırılmaktadır. Elde edilen veriler, bu tip sistemlerin bitkilerin böcek saldırılarından en az hasarla kurtulmaları için çok önemli olduğunu, hatta bazı durumlarda hayati önem taşıdığını göstermiştir. Ayrıca, bazı bitkiler içerdikleri terpen ve türevi bileşikleri kendi tozlaştırıcılarını cezbetme amaçlı (Pichersky ve Gershenzon 2002, Caissard vd 2004) ya da ortamda maruz kaldıkları

herbivorun doğal düşmanını davet etme amaçlı kullanabilmektedir. Bu tipteki sistemler ise “dolaylı savunma” olarak adlandırılmaktadır (Vinson 1985, Turlings 1990, De Moraes vd 1998, Dicke 1999, Hilker vd 2002, Colazza vd 2004a, Turlings ve Wäckers 2004, Arimura vd 2005). Bu savunma sistemleri, bazı durumlarda parankima hücrelerinin flöem dokusu içerisinde üretilen fenolik bileşikler gibi diğer birçok kimyasalları da içine alabilmektedir (Franceschi vd 1998, 2000, 2005). Terpenoid bileşikler, bazı durumlarda böceğin tüm yaşamsal faaliyetlerini durdurucu etki bile gösterebilmektedir (Raffa vd 1985). Terpenlerin azaltıcı ya da caydırıcı aktiviteleri hakkında bir çarpıcı örnek, kaplan güvesi (*Halisdota ingens* Hy. Edwards) larvalarında görülmüştür. Bu güvenin larvaları *Pinus panderosa* Dougl. ex. Laws. ibreleri üzerinden beslenmekte fakat ibre yapraklarının yalnız yarısını ya da 2/3’nü tüketmektedir. Bu çalışmada monoterpen türü bileşiklerin miktarının, ibre yaprakların tabanında en yüksek miktarlara ulaştığı ve bu durumun bir tür beslenmeyi engelleyici bir etki yaptığı öngörülmüştür (Litvak ve Monson 1998). Herhangi bir herbivor saldırısı anında, sekonder metabolitlerin oluşumunun sağlanması için, bitki tarafından gen ekspresyonun ivedilikle başlatıldığı da bulunmuştur. Şöyle ki, beyaz çam kurdu (*Pissodes strobi* Peck.) bireyleri, *Picea sitchensis* (Bong.) Carriere ve *Abies concolor* (Gordon & Glend.) Lindl. ex Hildebr. dalları üzerine bırakıldıklarından bir süre sonra yapılan RNA ekstraksiyonu sonucunda, ibrelerde iki kat daha fazla monoterpen sentaz (MTPS) gen transkripsiyonuna rastlanılmıştır (McKay vd 2003). Yapılan bu tipteki çalışmalar, mekanizmaları aynı olmasa bile terpenlerin böcek saldırısı karşısında miktarlarının ve çeşitlerinin kolaylıkla tetiklenebildiğini göstermiştir. Tüm bu verilen savunma örnekleri yanında, bazı hallerde otçul böcekler, terpen ve terpen bileşikleri uygun konakçı bitkilerin seçimi veya fizyolojik olarak zayıf düşmüş ağaçları tanımlamak için de kullanabilmektedir (Keeling ve Bohlmann, 2006).

Böceklerin detoksifikasyon mekanizmaları, bazı terpen ve türevi bileşiği detoksifiye edebilmekte ya da bu türevdeki bileşikleri feromonlarda olduğu gibi iletişim amaçlı kullanabilmektedir (Seybold vd 2000). Bu nedenlerden dolayı sekonder bileşiklerin miktarlarının ya da oluşumlarının belirlenmesi, böceklere veya patojen organizmalara karşı genetik olarak dirençli bireylerin bulunabilmesi için oldukça büyük önem arz etmektedir (Mita vd 2002). Douglas göknarı [*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Beisn.) Franco] üzerinde yapılan bir çalışmada, bu göknarın

içerdiği monoterpen seviyesinin türün bireyleri arasında büyük farklılıklar gösterdiği ve bu farklılıkların ağaçların sürgün zararlısı olarak bilinen *Choristoneura occidentalis* Freeman'a karşı gösterdiği direncinin seviyesinde de farklılık yarattığı saptanmıştır (Cates ve Redak 1998).

Bu proje çalışmasının uzun vadedeki amacı, ÇKB'ye karşı genetik bakımdan dirençli bireylerin bulunmasını sağlamaktır. Kızılcamın genetik çeşitliliği üzerinde şimdiye kadar yapılan çalışmalar, bu tür içinde gerek morfolojik özellikleri ve gerekse izoenzimler bakımından (populasyonlar arasında ve populasyon içi bireyler arasında) önemli ölçüde genetik farklılıklar olduğunu göstermiştir (Işık 1986, Işık vd 1987, Işık ve Kara 1997, Kaya ve Işık 1997, Keskin 1999, Velioğlu vd 2003). Bu açıdan bakılınca, kızılçamda terpenler (miktar ve kalite) bakımından da genetik çeşitlilik bulunduğu ve bu çeşitliliğin bazı genotiplerin böceklerle karşı dirençli olmasını sağladığı hipotezi ileri sürülebilir. Bu noktadan hareketle önce kızılçamda terpenlerin genetik çeşitliliğinin, sonra da terpen-böcek ilişkilerinin araştırılması gerekir. Kızılcamda en önde gelen böcek zararlısı çam kese böceğidir ve bu böcek ile terpenler arasındaki ilişkileri bu seviyede ele alan (istila öncesi ve sonrası değişim, yıl içindeki varyasyonlar vb.) herhangi bir çalışma henüz bulunmamaktadır.

Bu noktadan hareketle, bu çalışmanın başlıca amaçları şu şekilde özetlenebilir: (1) Kızılcamda farklı klonlara ait bireyler arasında (akrabalık ilişkileri ve istila dereceleri tarafımızca bilinen bir klonal tohum bahçesindeki rametler arasında) çam kese böceği saldırısına bağlı herhangi bir değişim olup-olmadığının belirlenmesi (bu amaçla Antalya-Çığlık kızılçam tohum bahçesi ele alınmıştır); (2) Bu klonlardan iki yıl süre ile toplanan (bizzat tohum bahçesindeki ağaçlardan) ibre örneklerinde terpen analizleri yapılması; (3) Bahçedeki belirli klonlardan uçucu maddelerin emisyon analizlerinin yapılması ve olası zamana bağlı ve klonlar arası farklılıkların araştırılması; (4) Kızılcamda ovipozisyon için ve/veya konukçu seçimi için böcek-terpen ilişkilerinin ortaya çıkarılmasıdır (yukarıdaki 1. madde sonuçları ile 2. ve 3. madde sonuçlarına bakılarak). Bütün bu aşamalardan sonra ulaşılmaması istenen uzun vadeli ve uygulamaya yönelik amaç ise, çam kese böceğine genetik bakımdan dirençli klonların tüm parametreleri ile ortaya konulması ve ağaçlandırma alanlarında bunların tohumlarının kullanılmasıdır.

Bu amaçlara ulaşabilmek için konuyla ilgili farklı disiplinlerde bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Örneğin, (a) söz konusu böceğin (ÇKB) biyolojik ve ekolojik özelliklerinin bilinmesi, (b) bitkilerdeki sekonder kimyasal metabolitler (özellikle terpenler) hakkında bilgiler elde edilmesi, (c) populasyon genetiği ve populasyon biyolojisi ile ilgili kuralların ve yöntemlerin bilinmesi gerekir. Bu proje çalışması, bu üç farklı disiplin arasındaki etkileşimleri ve entegrasyonu sağlayacak şekilde sürdürülmüştür.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve LİTERATÜR TARAMALARI

2.1 Bitkilerde Sekonder Metabolitlerin Varlığı ve Biyosentezleri

Tüm organizmalar, terpen ve benzeri türevde maddeleri bünyelerinde barındırmaktadırlar. Fakat bitkiler, özellikle ağaçlar, bu bileşikleri en fazla miktarda bulunduran canlılardır. Bugüne dek bitkilerde yaklaşık 30.000 değişik bileşik tanımlanmıştır (Buckingham 1998). Terpenoid bileşikler bitki sekonder metabolitler olarak da adlandırılır. Çünkü bunların doğrudan bitki büyümesinde görev almadıkları daha çok, ikincil bazı faaliyetlerde görev aldıkları bilinmektedir. Terpen bileşikleri, memelilerde steroidler, bitkilerde karetonoidler, bakterilerde ubikinon ve/veya menakinon olarak karşımıza çıkabilmektedir (Cane 1990). Terpenler salgı epitelyum hücreleri tarafından salgılanıp, parankima hücreleri, reçine kanalları ile flöem ve ksilemdeki reçine hücreleri içinde depolanmaktadır (Bannan 1936, Hudgins vd 2004). Reçine kanallarının yapısı ve kompleksliği tamamen bitkinin türüne bağlı olarak değişmekle birlikte (Lin vd 2002), bolluğu veya büyüklüğü, bitkinin taşıyabileceği ya da dışarıya salgılayabileceği miktarıyla pozitif yönde bir ilişki göstermektedir. Koniferler de indüklenebilir bir terpen salgılama sistemine sahiptir. Yani herhangi bir yaralanma anında parankima hücreleri tarafından sentezleme yapılabilmektedir. Bu sistem, yaralı dokunun iyileştirilmesi yanında (Phillips ve Croteau 1999), yaranın olduğu yerde yeni reçine kanallarının oluşmasına ve reçine akışının artırılmasına yardımcı olmaktadır (Trap ve Croteau 2001, Theis ve Lerdau 2003).

Terpenler, izopren kuralına göre (Ruzicka 1953), izopren (2-metil-1,3-butadiene) halkalarının birleşmesi ile meydana gelmektedir. Yapılan izopren molekülü tekrarı yani içerdiği karbon atomu sayısına göre de adlandırılmaktadırlar. Bir izopren birimi 5, monoterpenler 10, seskuioterpenler 15, diterpenler ise 20 karbon atomu içermektedir. Bunlardan mono- ve seskuioterpenler uçucu özellik gösterirken, diterpenler bu özelliği göstermemektedir. Reçine salgısı içinde çözgen madde olarak monoterpenler yoksa yaralanan ya da herbivor saldırısının olduğu bölgeye diterpenler gibi maddelerin iletimi de gerçekleşmez (Kainulainen 1997).

Terpenler, hücre içinde iki değişik metabolik yolla sentezlenir. Bunlardan ilki, sitozol ya da endoplazmik retikulum içersinde seskuiterpenlerin sentezlendiği mevalonat yolu (Chappell 1995, Bochar vd 1999); diğeri ise plastidlerin içersinde monoterpenler ve diterpenlerin sentezlendiği 2-C-metil-D-eritriol-4-fosfat (MEP) yoludur (Bochar vd 1999, Lichtenthaler 1999). İzopentenil difosfat (IPP) ve dimetilalil difosfat (DMAPP) arasındaki değişimler ise sitozol ve plastidler arasında meydana gelmektedir. Daha sonra bunlar (IPP ve DMAPP) monoterpen, seskuiterpen ve diterpenlerin öncül yapıları halinde şekillenip, değişik terpensentazlar (TPS) vasıtası ile bitkilerdeki çok çeşitli terpen bileşiklerini meydana getirirler. Burada monoterpenler geranil difosfat (GPP)'dan (Wise ve Croteau 1999), seskuiterpenler farnesil difosfat (FPP)'dan (Cane vd 1999) ve diterpenler ise geranil-geranil difosfat (GGPP)'dan köken almaktadır (Davis ve Croteau 2000, Martin vd 2004). Son yıllarda bu önemli işlemde görev alan TPS'ler üzerinde birçok çalışma yapılmış ve 13 değişik koniferde 40 değişik TPS belirlenmiştir (Keeling ve Bohlmann 2006). Bu 40 değişik enzimin 10 tanesi yalnız *Picea abies* (L.) Karst. türünden elde edilmiştir (Fäldt vd 2003, Martin vd 2004). Bazı TPS'lar çok sayıda bileşiğin sentezlenmesinde görev alırken (Steele vd 1998), bazılarının ise özel ve belirli bileşiklerin meydana getirilmesinde görev aldığı belirlenmiştir (Huber vd 2004, Keeling ve Bohlmann 2006). Konifer terpenoidlerinin (özellikle de diterpenler), sitokrom P450 (CYP450) enzimlerinin aracılığı ve hidroksilasyon-oksidasyon mekanizmaları ile çok çeşitlenmiş olabileceği düşünülmektedir (Funk ve Croteau, 1994, Jennewein vd 2004, Ro vd 2005). TPS'lerin ve CYP450 enzimlerinin çeşitliliği ve ifade ediliş şekilleri, bitki kimyasında çok kompleks bir alan yaratmaktadır.

Karbonifer döneminden kalma fosil kayıtları, o zamanın yaşayan türlerinde reçine (=resin) sentezinin var olduğunu ve sentez sonucu oluşan ürünlerin ilgili doku ve kanallarda depolandığını göstermiştir. Fakat karbonifer süresince devrin bitkileri tarafından üretilen reçine miktarının, günümüz bitkilerinin sentezlediği miktardan oldukça az olduğu belirtilmektedir (Langenheim 1990). Filogenetik analizlere göre, bitkilerdeki terpen üretimini sağlayan tüm enzimler ortak bir evrimsel geçmişte paylaşmakta ve birden fazla terpenin sentezlenmesinden sorumlu olan genler ise gen duplikasyonları (tekrarı) ile ortaya çıkmaktadır. Bu duplikasyonla ortaya çıkan gen çiftinin bir kopyası, ilgili birimde yapı ve fonksiyon için kullanılırken, diğeri kopya

sekonder metabolitlerin oluşumunda görevli gen süper ailesi için kullanılmaktadır. İntron/ekzon görev organizasyonları ve protein tabanlı yapılan filogenetik çalışmalara göre, birincil ve ikincil sekonder metabolitlerin arasında meydana gelen ayrılma, kapalı tohumlular (angiospermiler) ve açık tohumlular (gymnospermiler) arasında meydana gelen ayrılmadan daha önce gerçekleştiği anlaşılmaktadır (Trapp ve Croteau 2001).

2.2 Çam Kese Böceği (ÇKB) Hakkında Genel Bilgiler

2.2.1 ÇKB türleri ve bu cinse ait türlerin sistematik durumu

Thaumetopoea Hübner (1820) cinsi, Lepidoptera takımının Noctuoidea üstfamilyasının Thaumetopoeidae familyasında yer almaktadır (Hourı ve Doughan 2006, Savela 2005). Bu altfamilyadaki kelebekler küçük ve tıknaz vücutludur. Emici hortum ve nokta gözler tamamen körelmiştir (Demirsoy 1997). Son yıllara dek, Türkiye’de yaygın olan türün *Thaumetopoea pityocampa* (Dennis & Schiff.) olduğu düşünülüyordu. Son moleküler teknikler kullanılarak, Akdeniz havzasında yapılan ayrıntılı çalışmalardan sonra ülkemizin Anadolu kısmında bulunan türün *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams. 1924 olduğu anlaşılmıştır (Salvato vd 2002, Simanato vd 2007). *Th. wilkinsoni* ilk kez 1925 yılında Kıbrıs’tan tanımlanmıştır (Tams 1925, Wilkinson 1927). Bu türe ait önceki dönemlerde yapılan bazı çalışmalarda değişik sinonimler kullanılmıştır. Bu isimlerden bazıları: *Th. nigra* Bang-Haas, 1910; *Th. obscura* Vorbrodt & Müller-Rutz, 1914; *Th. convergens* Dannehl, 1925; *Th. bicolor* Reisser, 1928; *Th. pujoli* Agenjo, 1941; *Th. cancioi* Agenjo, 1941; *Th. clara* Agenjo, 1941; *Th. vareai* Agenjo, 1941; *Th. galaica* Palanca Soler & Castan Lanaspá & Calle Pascual, 1982; *Traumatocampa pityocampa* (Denis & Schiff.) Huemer & Tarman, 1993 (Savela 2005). *Thaumetopoeidae* familyasına bağlı olan ve yine çeşitli bitkilerin yapraklarını yediği bilinen diğer türler ise şunlardır: *Th. bonjeani* Powell, 1922; *Th. herculeana* Rambur, 1840; *Th. jordana* Staudinger, 1894; *Th. pinivora* Treitschke, 1834; *Th. processionea* L., 1758; *Th. solitaria* Freyer, 1838; *Traumatocampa ispartaensis* Doğanlar & Avcı, 2001 (Schmidt 1990, Doğanlar ve Avcı 2001, Avcı ve Kara 2002, Avcı 2003, Savela 2005).

Bu familyaya bağı çok önem arzeden diğere bir tür de *Ochrogaster lunifer* Herrich-Schaffer'dir. *O. lunifer* Avustralya kıtasında çok yaygındır. Genel yaşam şekli (tek yıllık yaşam döngüsü ve pupal diapoz) ile *Th. wilkinsoni*'ye çok benzemektedir. Bu türün zarar verdiği bitkiler konifer ağaçları değil *Eucalyptus* ve *Acacia* türü bitkilerdir (Floater 1996a,b). *Thaumetopoea* dünyada 8 tür ile temsil edilmektedir. Bu türlerin bazıları geniş yapraklı bitkilere zarar vermekte, bazıları iğne yapraklı orman ağaçları üzerinde yaşamaktadır. Bu türlerden *Th. pinivora* Treitschke, 1834, *Th. processionea* L., 1758, *Th. bonjeani* Powell, 1922, *Th. solitaria* Freyer, 1838 ve *Th. herculeana* Rambur, 1840 yumurta diapozuna sahip oldukları için "Yaz kese böceği", *Th. pityocampa* Dennis & Schiff. 1775, *Th. wilkinsoni* Tams., 1924 ve *Th. jordana* Stgr., 1894 türleri ise pupal diapozuza sahip oldukları için "Kış kese böceği" olarak da adlandırılmaktadır (Douma-Petridou 1989, Schmidt 1989, Halperin 1990).

2.2.2 ÇKB'nin biyolojisi

ÇKB yaşam döngüsü içerisinde yumurta, larva, pupa ve ergin evresi olmak üzere dört evre bulunmaktadır. Bu evreler sırası ile şunlardır:

2.2.2.1 Yumurta dönemi

Ergin dişiler pupa döneminden yerel iklim koşullarına bağılı olarak ağustos-eylül ayları içinde çıkmaktadırlar. Pupadan çıkan dişi birey bir erkek bireyle çiftleşerek, yumurtlama işlemi için uygun konak yerini aramaya başlamaktadır. Dişilerin yumurtlama yeri (ovipozisyon) için boyca uzun fakat tepe çapı olarak dar olan ağaçları tercih ettiği belirtilmektedir (Pérez-Contreas vd 2008). Uygun konak yeri bulduktan sonra, dişi birey, yumurtalarını iki ibre yaprağını saracak şekilde bırakmaktadır. Yumurta kümesi 25–40 mm genişliğinde ve yaklaşık 5 cm uzunluğundadır (EPPO 2004). Yumurtalar farklı uzunluktaki ibrelere bırakılabilmektedir (Avcı 2000). Dişi, yumurtalarını koruma amaçlı olarak pullarla örtmektedir (Özkazanç 2002). Pullarla örtülü yumurtalar, genelde gri-kahverengi renkte bir görünüm almaktadır. Bu yüzden pullar bir tür kamuflej görevi de görmektedir. Nitekim, Mirchev vd (2004)'nin yaptığı bir çalışmada, pullarla örtülü olmayan yumurtaların, çeşitli predasyonlara (parazitoid gibi) daha fazla maruz

kaldığını göstermiştir. Pullarla örtülmüş yumurta kümesi, görünüş itibarıyla mısır koçanını andığından çeşitli kaynaklarda “yumurta koçanı” olarak da adlandırılmaktadır. Genç larvaların yumurtalardan çıkmaya başlaması, kısa süren bir kuluçka döneminden (genel olarak 30–45 gün arası) sonra gerçekleşmektedir (Schmidt 1990, Hódar vd 2002, Özkazanç 2002). Schmidt (1990)'e göre bir koçanda ortalama 180 civarında yumurta bulunmakta ve bu rakam en çok 300'e kadar çıkabilmektedir. Şüphesiz bu rakamlar koçanın büyüklüğü ve içinde barındırdığı birey sayısı ile doğru orantılı olarak değişmektedir (Çanakçıoğlu ve Mol 1998, Fitzgerald 2003). İpekdal (2005), yumurta koçan uzunluğunun ve yumurta sayısının rakıma bağlı olarak farklılık gösterdiğini, yüksek rakımlarda daha çok yumurta bulunduğunu, yükseltiye bağlı olarak yumurta açılma oranının azalıp parazitlenme oranının arttığını saptamıştır. Yumurta döneminin tamamlanmasından sonra bireyler, yumurtalardan çıkmakta ve ağaç üzerindeki ilk beslenme davranışlarına başlamaktadır.



Şekil 2.1 Proje çalışma sahası olan Kızılcım 38 nolu tohum bahçesinden (Çığılık Kasabası-Antalya) çekilmiş çam kese böceği yumurta koçanı. Ekim 2011. Foto: G.Semiz.

2.2.2.2 Larva dönemi

Larval dönem başlıca 5 farklı gelişim safhasını içermekte ve böceğin bir yıllık hayat döngüsünde en uzun periyodu oluşturmaktadır. Yumurtadan çıkan koyu renkteki birincil larval döneme ait bireyler ibre yapraklar üzerinde beslenmeye başlamaktadır. *Th. wilkinsoni*'nin Avrupa vikaryantı olan *Th. pityocampa* üzerine İspanya'da yapılan bir çalışmada, birinci larval (L_1) periyodun 8–12 gün, ikinci larval periyodun (L_2) 12–18 gün, üçüncü larval periyodun (L_3) yaklaşık 25–30 gün sürdüğü ve dördüncü larval dönemin (L_4) ise yörenin iklim özelliklerine bağlı olarak değiştiği gösterilmiştir. Ağaç üzerindeki zararın en fazla olduğu beşinci dönemin (L_5) ise yaklaşık 30–40 gün kadar sürdüğü bulunmuştur (Montoya 1984). Üçüncül larval dönemden sonra ağaç üzerindeki zararın çok daha fazla görülmesinin nedeni, larvaların morfolojik olarak daha büyük vücut yapısına (L_5 evresindeki bir larva yaklaşık 5 cm) ulaşmış olmalarından ve bu dönemde daha çok ibre tüketmelerinden kaynaklanmaktadır (Battisti vd 1998). Larvaların cinsiyetleri morfolojik olarak büyüklüklerinden ayırt edilebilmekte; dişi bireyler, erkek bireylere göre daha iri vücut yapısına sahip olmaktadır (Fitzgerald 2003).

ÇKB, kışı larva evresinde geçirdiğinden soğuğa karşı koyabilecek bir takım uyumsal (adaptif) özelliklere sahiptir. Bu uyum mekanizmaları bir kese içinde yaşama (soğuktan korunma) ve toplu halde bulunma (savunma ve yuva içinde sıcaklığı yüksek tutmak için) şeklinde görülür (Breuer ve Devkota 1990, Guilfort 1990, Bowers 1993). Larvaların toplu halde yaşamasının yararı “beslenmenin kolaylaşması” olarak da ifade edilmektedir (İpekdal 2005). Kümelenme davranışı ile birinci evredeki larvaların beslenme alanına yerleşmesi kolaylaşmakta (Shiga 1976, Young ve Moffett 1979) veya konak bitkinin morfolojik ya da kimyasal savunma mekanizmalarının üstesinden gelme başarısı artabilmektedir (Stamp 1982, 1984, Damman 1987, Neuvonen ve Haukioja 1991, Tallamy ve Raupp 1991, Fitzgerald 2003, İpekdal 2005).

Yumurta döneminden çıktıktan sonra, larvaların ağızlarından salgıladıkları maddelerle kış keseleri adı da verilen yuvalar örülmeye başlar. Larvaların vücut yapılarının gittikçe büyümesi (dolayısıyla gömlek değiştirmeleri) ile bu yuvaların her

seferinde daha büyüğü inşa edilmektedir. Yeni keseler bir öncekine göre daha üst bir dalda yapılmaktadır (İpekdal 2005). Breuer ve Devkota (1990) ve İpekdal (2005) keselerin kuzey yönünden gelen şiddetli rüzgardan korunmak için daha çok güneye bakan dallarda olduğunu ve bu sayede yuva içindeki sıcaklığın belirli bir seviyede tutulabildiğini belirtmektedir. Bazen, aynı ağaç üzerindeki farklı yuvanın bireyleri birleşerek yeni bir yuva inşa edebilmektedir (Douma-Petridou 1989). Tırtılların yaşamını sınırlayan bir sıcaklık eşiği bulunmaktadır. Demolin (1969)'e göre, larvalar soğuk havalarda kümelenerek yumakçık oluşturmaktadır. Bu yumakçığın ortasında sıcaklığın -10°C 'ye düşmesi halinde larvaların tamamı hayatını kaybetmektedir. Tek bir birey için sınır -7°C 'dir (Özkazanç 2002). Aşırı soğukların görüldüğü bazı gecelerde larvaların yuvadan ayrılmadığı ve beslenmeye çıkmadığı gözlenmiştir (Breuer ve Devkota 1990).

Larvalar pupa dönemine kadar genelde hangi ağaç üzerinde yumurtadan çıktıysa o ağaç üzerinde yaşamlarını sürdürmektedir. Bu dönemin sonunda topluca (katarlar halinde) ağaçlardan inerek pupa dönemi için uygun bir yer aramaya başlamaktadırlar. Larvaların katarlar halinde toprağa inmekte; katarların oluşması bireylerin abdomenlerinin ucundan salgıladıkları iz belirleyici bir kimyasal bileşik (*ing.* a chemical trail marker) sayesinde olmaktadır. Larvalar, bu iz belirleyicileri ve en öndeki "rehberi" izleyerek katarlar (*ing.* procession) halinde ağaçtan aşağıya inebilmektedir (Peterson ve Fitzgerald 1991, Ruf vd 2001, Fitzgerald ve Pescador-Rubio 2002, Fitzgerald 2003). Uygun bir yerin bulunması ile larvalar pupasyon dönemine geçmektedir (Çanakçıoğlu ve Mol 1998).

2.2.2.3 Pupa dönemi

Larval dönemini tamamlamış olan bireyler pupasyon için, mart başından başlayarak toprak altına girmektedir (Battisti vd 2000). Buradaki zamanlama, alanın bulunduğu bölgenin iklimsel verileri ile yakından ilişkilidir. Düşük rakımlarda toprak altına girme dönemi, daha erken başlarken yüksek rakımlara doğru gidildikçe daha geç başlamaktadır. Toprak altına girme süreci genelde sabah saatlerinde ya da öğleden sonra geç saatlerde olmaktadır. Toprak altında oluşturulan pupalar genelde kestane rengindedir ve boyları 20–25 mm, enleri 8–10 mm arasında değişmektedir

(EPPO 2004). Genellikle dişi pupalar erkek pupalardan biraz daha büyüktür (Özkazanç 2002). Tırtıllar toprağa girmek için daha çok ağacın dibi ya da yakın çevresindeki güneş gören kuru-gevşek toprakları tercih etmektedir (Battisti vd 1998, Çanakçıoğlu ve Mol 1998). Belirli bir larval koloniye ait pupaların yerin altında buldukları derinlik, toprağın fiziksel özelliklerine bağlı olarak 30 cm'ye kadar değişebilmektedir (Çanakçıoğlu ve Mol 1998, Battisti vd 2000). Pupal evre ılıman bölgelerde 1,5 ile 2 ay kadar sürerken, daha sıcak bir bölgede 7 ay sürebilmektedir. Bu sürenin 9–10 yıla kadar uzayabildiği bildirilmiştir (Halperin 1990, Mendel 1990).

Pupa döneminin sonlarına doğru metabolik faaliyetler ve ergin bireylerin şekillenmesi başlamaktadır. Metabolizma faaliyetlerinin başlamasından bir ay sonra da erginler topraktan çıkmaktadır. Battisti vd (2000)'ne göre, enlem derecesi ve rakım arttıkça iklim ve çevre koşullarına bağlı olarak pupal evre süresi kısaltmakta, larval evre süresi ise artmaktadır.

2.2.2.4 Ergin dönemi

Ergin bireyler, yaz sonlarında ya da sonbahar başlarında (ağustos-eylül ayları içinde) topraktan çıkmaktadır. Çıkış zamanı denizden yüksekliğe bağlı olarak değişmektedir (Masutti ve Battisti 1990, Devkota vd 1992). Dişi kelebeğin (ya da diğer bir deyimle güvenin) boyu 35–50 mm iken erkek kelebek daha küçük yapıdadır (30–40 mm) (EPPO 2004). Toprak altından çıkan dişi güve, buruşuk durumdaki kanatlarını kasılma hareketleri ile açmaktadır. Sonrasında bir ağacın dalı üzerine konuşlanarak türünün erkeklerini cezp etmek için feromon salgılamaya başlamaktadır. Çiftleşme, ergin çıkışından sonraki birkaç saat içerisinde gerçekleşmekte (Zhang ve Paiva 1998) ve sonra, aynı gece sıcaklığın düştüğü geç saatlerde veya sabahın erken saatlerinde dişiler yumurtalarını bırakmaktadır (Schmidt 1990, Zhang ve Paiva 1998, Hódar vd 2002, Özkazanç 2002). Buradaki dikkati çeken konu, dişi güvenin içgüdüsel olarak yumurtalarını korumalı bir yere bırakmak istemesidir. Aksi halde yumurtadan çıkan ve besinin nitelik ve niceliğine son derece duyarlı olan ilk larval evrede ölüm oranları yüksek olmaktadır. Nitekim yumurta bırakma yeri seçilirken, konak bitkinin güneş alan kısımlarının yanında (Geri 1983, Geri ve Miller 1985, Breuer vd 1989) dişi güvenin ovipozisyon için bitkinin bazı

karakterlerini izleme ve bulma özelliğine sahip olduğu anlaşılmıştır (Hilker ve Weitzel 1991, Binder vd 1995, Johne vd 2006). Demolin (1969) dişi bireyin yumurta bırakacağı ağacı seçebildiğini, ancak, izlediği ipuçlarının görsel olmaktan çok kimyasal (yani besinsel) olduğunu belirtmektedir. Bu hipotezi destekleyen bir çok çalışma başka türdeki böcekler için de yapılmış ve bitki sekonder metabolitlerinin ovipozisyonda çok önemli rol üstlendiği görülmüştür (Thompson ve Pellmyr 1991, Tisdale ve Wagner 1991, Pasoquer-Barre vd 2000, Staudt ve Lhoutellier 2007). Tiberi vd (1999) yaptıkları bir davranış çalışmasında, fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) ibre içeriğindeki limonen varlığının, dişi güvelerin yumurta bırakmak için ağacı seçmemelerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu saptanmıştır.

2.2.3 ÇKB'nin zararları

Lepidoptera üyesi böceklerin oluşturduğu zararlar, bilimsel bir araştırma alanı olarak uzun süreden beri öncelikli bir alan olmuştur. Lepidopterlerin salgın (epidemi) oluşturmasındaki temel unsurlar; iklimsel anomaliler (Martinat 1987, Kamata 2000), konukçu bitkide mevcut varyasyonlar (Haukioja 1980, Haukioja ve Neuvonen 1987), patojen ve parazitoid organizmaların eksikliği (Berryman 1996, Myers 2000), bitkinin yapısı (Bragança vd 1998, Floater ve Zalucki 2000) ve bölgenin coğrafik konumu (Kamata 2000, Alfaro vd 2001) olarak belirtilmektedir. ÇKB larvalarının ağaçlar üzerinde yaptıkları zararlar yukarıdaki etmenlere bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Zarar genelde ibrelerin (iğne yaprakların) tamamının tüketilmesi şeklinde olmaktadır. Kese içersindeki birey sayısı az ise, zarar sadece kesenin etrafındaki ibrelerin tüketilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Fakat ağaç üzerinde çok sayıda kese varsa ve her bir kese çok sayıda birey barındırıyorsa ağacın yapraklarının tamamı tüketilebilmektedir. Bu durumda ağaç yanarak kavrulmuş gibi bir görüntü sergilemektedir (Kanat vd 2002). Yaprakları yenen çamların fotosentez fizyolojisinde aksaklıklar meydana gelmektedir. Çünkü yapraksızlaşma, doğrudan fotosentez dokusu kaybı demektir. Böylece ağacın büyümesi yavaşlamaktadır. Ağaçlarda odun büyümesinde %40'a, taç büyümesinde ise %60'a varan artım kayıplarına rastlanmaktadır (Cadahia ve Insua 1970, Lemoine 1977, Laurent ve Hervouët 1986, Calas 1987, Devkota ve Schmidt 1990). Ayrıca, zarar gören ağacın kuraklık, patojenler ve diğer herbivorlar gibi etkenlere karşı direnci de

azalabilmektedir (Laurent-Hervouët 1986, Kanat ve Sivrikaya 2004, Kanat ve Özbolat 2006). Hódar vd (2003) yoğun istila nedeniyle ibrelerini tamamen kaybetmiş olan ağaçların, zarara daha az ya da hiç uğramayanlara oranla, %50'ye varan oranda daha az büyüdüğünü saptamışlardır. Ayrıca zarara uğramış ağaçların zarara uğramayanlara oranla %50 daha az sayıda ve %40 daha hafif tohum ürettiğini bulmuşlardır. Battisti (1998), ağaçlardaki büyüme kaybının %35'e kadar varabildiğini belirtmiştir. Markalas (1998) *Pinus pinaster* Ait. üzerinde yapılan bir çalışmada, istilaya uğramış bireylerin kontrol ağaçlarına oranla daha hafif ve %64'e kadar varan daha kısa ibreler ürettiğini ortaya koymuştur. Türkiye'de Babur (2002)'un yaptığı bir çalışmada büyüme kaybının %68'e kadar çıktığı bulunmuştur. ÇKB bugüne kadar *Pinus brutia*, *P. halepensis* Mill., *P. nigra* Arnold, *P. pinea* L., *P. radiata* D. Don., *P. strobus* L., *P. sylvestris* L., *Cedrus atlantica* (Endl.) Batt. & Trab., *C. deodara* Loud. ve *C. libani* A. Rich. üzerinde tespit edilmiştir. Ağaçtaki ibrelerinin tükenmesi halinde civardaki *Juniperus* sp. ya da *Arbutus* sp., *Cistus* sp., *Olea* sp., *Phillyrea* sp. gibi maki elemanlarıyla da beslenebilmekte, ama besin tipindeki bu değişiklik, tırtılların hayatta kalma başarısını azaltmaktadır (Çanakçıoğlu ve Mol 1998). Değişik kaynaklarda istilanın üç yıl boyunca yoğun bir şekilde devam etmesinin, ağacın bir yıllık büyümesi sonucunda kazandığı hacme eşdeğer bir eksilmeye neden olabileceği belirtilmektedir (Gotarredonda 2001, Sekendiz ve Varlı 2002). Masutti ve Battisti (1990), ÇKB istilasının arazide düzensiz bir dağılışı gösterdiğini ve genelde salgının (epidemiyenin) iki yıldan fazla sürmediğini bildirmişlerdir. Bitkilerin otçul böcek baskısından korunmak amacıyla, zararlıların yumurta bırakmasını, larval beslenmesini ve büyümesini engelleyen fiziksel ya da kimyasal savunma stratejileri geliştirdikleri [populasyonlarının doğal seçim (seleksiyon) sürecinde bir kazanımları olarak] uzun yıllardan beri bilinmektedir. ÇKB ve konak bitkinin savunma sistemi geliştirmesi arasındaki ilişkiye dair bir örnek Hódar ve Zamora (2004) tarafından verilmiştir. Bu çalışmada, daha önce hasara uğramış ağaçlardaki larva ölümlerinin, hasara uğramamış ağaçlardaki larva ölümlerine göre daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir.

Yaprak zararlısı böceklerin orman ağaçları için zararlılık-tehlike-eşiği, AB standartlarına göre %25 olarak kabul edilmiştir (Sekendiz ve Varlı 2002). Yani zararlı böcek, ağaçtaki yaprakların %25'ini ve daha fazlasını yemişse o böceğin verdiği

zarar tehlike sınırına (zararlılık eşiğine) gelmiş ya da aşmış olarak kabul edilmektedir. Türkiye’de, bakım yapılmayan ormanlarda ÇKB’nin zararından ötürü yaklaşık %38,2 oranında çap artımı kaybı tespit edilmiştir (Kanat vd 2002). Bununla birlikte, ÇKB’nin tek zararı orman ağaçlarının sağlığı üzerine değildir. ÇKB larvaları, üçüncül larval dönemden sonra insanlara ve bazı memeli hayvanlara karşı çok şiddetli alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir (Maier vd 2003). Reaksiyona neden olan toksin, larvaların abdomenindeki tüylerin yapısında bulunan ve “thaumetopoein” olarak adlandırılan bir maddedir (Gottschling ve Meyer 2006). Alerjik etki nedeniyle, istilanın çok şiddetli olduğu alanlarda piknik ve benzeri aktiviteler yapılamamakta, turistik sahiller kullanılamaz hale gelmektedir (Buxton 1983, Conrath vd 2000, Gottschling ve Meyer 2006). Bu alerjik tüylere maruz kalınması durumunda deride, sıklıkla kızartı, ödem, şiddetli kaşıntı ve ağrı görülmektedir (Lamy vd 1986, Lamy 1990, Werno vd 1993, Kozer vd 1999, Vega 1999, Ekerbiçer vd 2002, Vega vd 2003, Bruchim vd 2005).

Ayrıca, son yıllarda küresel ısınmanın ÇKB’nin yayılış hızını artırdığı görülmektedir. Kışların şiddetindeki azalma, ÇKB popülasyonlarının Güney Avrupa’dan kuzeye doğru yayılmasına ve bu bölgelerde daha yüksek rakımlardaki ağaçlara saldırmasına yol açmaktadır (Battisti vd 2005, 2006). Son yıllardaki İspanya’da yapılan bazı çalışmalar, yüksek rakımlarda yaşayan relikt durumdaki çam türlerinin ya da popülasyonlarının gelecekte potansiyel ÇKB saldırısı tehdidi altında bulunacağını belirtmektedir (Hódar vd 2003, Hódar ve Zamora 2004).

2.2.4 ÇKB ile mücadele yöntemleri

ÇKB ile mücadele çok duyarlı bir konudur. ÇKB ile mücadele edilirken, bu böceğin çevresindeki biyotik ve abiyotik etkenlerle olan ilişkileri çok iyi bilinmeli, ekolojik parametreler iyi hesaplanmalı, mücadele yöntemi de ona göre seçilmelidir. Başka bir deyişle, zararlı ile mücadelenin yöntemi, ilkeleri ve olası sonuçları önceden iyi belirlenmelidir. ÇKB ile mücadelede, uzun yılları kapsayacak şekilde, tercihen entegre mücadele yöntemleri geliştirilmelidir. Çünkü ÇKB larvaları pupasyon süresi boyunca bazen 10 yıla kadar toprak altında kalabilmektedir (Halperin 1990). Bu durumda, bir yıllık ya da iki yıllık yapılan bir mücadelenin çok başarılı sonuçlara

ulaşma şansı oldukça düşüktür (Battisti vd 2000). Mücadele başlatılmadan önce ele alınan zararlının biyotik ve abiyotik faktörlerle etkileşimlerinin doğası iyi anlaşılmalı; uygulanacak programın bu etkileşimlere olası etkilerinin kestirilebilmesini sağlayacak ön çalışmalar yapılmalıdır (Krebs 1994). ÇKB ile mücadelede kullanılan yöntemler doğal, mekanik, kimyasal ve biyolojik olmak üzere dört ana başlık altında toplanabilir.

2.2.4.1 Doğal mücadele

Doğal mücadele, hiçbir insan etkisi olmadan tamamen doğadaki doğal yasaların işlediği bir süreçtir. Burada iki farklı etken karşımıza çıkmaktadır. Bunlar abiyotik ve biyotik faktörler olarak ayrılabilir.

2.2.4.1.1 Abiyotik faktörler

Bu faktörler sıcaklık, nem, ışık, toprak özellikleri, rüzgâr gibi; böceğin yaşamını sınırlayan özelliklerdir. Sıcaklığa bağlı olarak larvaların beslenme davranışları değişkenlik gösterebilmektedir. Ani ve şiddetli sıcaklık değişimleri popülasyonların kararlılığını etkilemekte ve ölümlerine neden olmaktadır.

2.2.4.1.2 Biyotik faktörler

Bu faktörler, ÇKB'nin ağaç üzerindeki yumurta ve larval dönemi ile toprak altındaki pupa döneminde karşılaşacağı olası predatör ve parazitoidlerdir. Bu canlı grupları; böcekçil kuşlar, predatör böcekler (larva ve pupa predatörleri ve yumurta parazitoidleri) ve patojen organizmalar olarak sayılabilir.

ÇKB larvaları ile beslenen bazı böcekçil kuşlar *Upupa epops* L. 1758 (İbibik), *Parus cristatus* L. 1758 (Baştankara), *Parus major* L. 1758 (Baştankara), *Cuculus canorus* L. 1758 (Guguk kuşu), *Sturnus vulgaris* L. 1758 (Sığırcık) ve *Pyrrhocorax pyrrhocorax* L. 1758 (Kırmızı gagalı dağ kargası) olarak gösterilebilir (Avcı ve Sarıkaya 2005, Kanat ve Mol 2008). Bu kuş türleri, gecelerin çok soğuk geçtiği bazı zamanlarda dışarı beslenmek için çıkmayan larvalar, sabah erken saatlerde ya da gün batımında yakın keseden ayrıldıklarında yakalamaktadırlar. Bunun yanında

katarlar halinde ağaçtan inerek uygun pupasyon yeri aradıkları sürede de kuşların predasyonu görülmektedir. Böcekçil kuşların larvaların erken dönemlerinde çok ciddi boyutlara varan predasyon yapımları, hem böceğin populasyon yoğunluğunu azaltmakta (Costa 1993) hem de ağaçlarda oluşacak muhtemel büyüme kaybının erken safhada önlenmesini sağlamaktadır (Marquis ve Whelan 1994, Murakami ve Nakamo 2000). *Parus major* ve *P. cristatus* türleri çok iyi bilinen Lepidoptera larvası avcısı kuş türleridir (Betts 1955, Royama 1970, Cowie ve Hinsley 1988). *Upupa epops* L. 1758 (İbibik) türü, ÇKB'nin pupaları üzerinden beslendiği bilinen tek kuş türüdür. Battisti vd (2000) ibibik bireylerinin toprak yüzeyine yakın pupaların, birinci yıl %74.1 ve ikinci yıl %68.3'nü yedikleri belirlemiştir.

ÇKB'nin omurgasız larva predatörleri *Calosoma sycophanta* L. ve *Formica rufa* L., ve pupa parazitleri *Compsilura concinnata* Meigen ve *Phryxe caudata* Rond. olarak sıralanabilir. ÇKB ile biyolojik mücadelede ülkemizde en uygun yöntem olarak *Formica rufa* (kırmızı orman karıncası) önerilmektedir. Bu türün yurdumuzda ilk transplantasyonu 1967 yılında yapılmıştır. Ankara, Kızılcahamam-Çamkoru'dan alınan 7 adet karınca yuvası Antalya-Bük ve Bucak ormanlarına götürülmüş ve transplantların başarılı olduğu görülmüştür (Avcı vd 2000).

Baryscapus servadeii Dom., *Oencyrtus pityocampae* Mercet, *Anastatus bifasciatus* Fonsc., *Trichogramma* sp. gibi bazı yumurta parazitoidleri, ÇKB'nin ergin dişi bireyleri yumurtalarını ibre üzerine bıraktıktan sonra kendi yumurtalarını bu yumurta koçanların üzerine bırakmaktadır. Bu sayede ÇKB'nin yumurtadan çıkacak olan birey sayısında, yani bir tür birey oluşum başarısında, önemli kayıplar meydana gelmektedir. *Villa brunnea* Becker, *Conomorium pityocampae* Graham ve *Erigorgus femarator* Aub. en iyi bilinen pupa parazitoidleridir (Battisti vd 2000). Patojen organizmalar, larvalar ve pupalar üzerinde hastalıklara ve dolayısıyla ölümlere neden olabilen granulosis virüsler (*Polydrosus* sp.) ve bazı mantar türleri [*Beauveria bassiana* Vuill., *Paecilomyces farinosus* (Holm ex S.F.Gray) Brown&Smith]'dir.

2.2.4.2 Mekanik mücadele

Bu noktada kullanılan yöntemler, böceği çeşitli evrelerde ortamdan uzaklaştırarak populasyon yoğunluğunu azaltmaya yöneliktir. Burada, yumurta koçanlarının ve larva keselerinin toplanması, tuzakla larvaların yakalanması (toplama) ve pupaların toprak altından çıkarılması gibi metotlar izlenmektedir. Pupa krizalitleri toprak altında bulunduğundan onları toplamak çok pratik olmasa da yumurta koçanlarını, keseleri ve erginleri toplamak olasılık dahilindedir (Çanakçıoğlu ve Mol 1998).

2.2.4.2.1 Yumurta koçanlarının toplanması

Yaz ayları sonunda ya da sonbahar başlarında ergin dişilerin ibrelere bırakmış olduğu yumurta koçanları toplanmaktadır. Pratikte çok uygulanabilir bir metot değildir. Çünkü ağaçların boylarının yüksek, yumurta koçanlarının çok küçük olması ve çıplak gözle zor seçilebilmeleri metodun uygulanabilirliğini azaltmaktadır. Ulaşılabilen yani toplanabilen yumurta koçanları, ormandan uzaklaştırılmalıdır. Asla yakılmamalı ya da yok edilmemelidir. Bu şekilde yumurta parazitoidlerinin gelişimlerini tamamlayıp ekolojik döngü içerisindeki yerlerini korumaları sağlanmaktadır. Eğer koçanlar yeterince uzağa bırakılmışsa, yumurtadan çıkan yeni larvalar çok küçük olduklarından (yaklaşık 1 cm) ağaçlara ulaşamadıkları için ya ölmekte ya da predatörleri (böcekçil kuşlar ve karıncalar) tarafından yok edilmektedir (Özdal 2002).

2.2.4.2.2 Keselerin toplanması

ÇKB larvaları, üçüncül larval dönemden sonra ağaca çıplak gözle bakıldığında çok kolay fark edilebilen keseler içerisinde yaşamaya başlamaktadırlar. Bu keselerin büyüklüğü içerisinde barındırdığı birey sayısına göre değişmekte, bazıları 20 cm çapı bulabilmektedir. Bu keseler dal makasları vasıtasıyla kesilip alınmaktadır. Bu kesme işlemi sırasında yeni sürgünlere ya da apikal sürgünlere çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Toplanan keseler de yakılmamalı, toplu halde, ormandan uzak bir alana götürülmelidir. Orman Bölge Müdürlüklerinin son yıllarda yer yer kullandığı "Adacık Metodu" bu durumda kullanışlı olabilmektedir (Özdal 2002). Alandan toplanan keseler özel olarak oluşturulmuş etrafı suyla çevrili bir alana bırakılmakta ve

doğal predatörlerine karşı bir ziyafet olarak larvalar ikram edilmektedir. Larvaların bu etrafı su ile çevrili alanı aşip kurtulmaları mümkün olamamaktadır. Tüm bunların yanında bu keselerin toplanması metodu bazı önemli handikaplara sahiptir. Aşırı zaman kaybı ve fazla iş gücü talebi gibi sorunlarla çok sık karşılaşılmaktadır. Bilindiği üzere bazı hallerde bir ağaç üzerinde onlarca kese bulunabilmektedir (Mol ve Küçükosmanoğlu 2002). Epidemik dönemlerinde ulaşılan böylesi rakamlar kese toplama işini zorlaştırmaktadır.

2.2.4.2.3 Tuzak ile yakalama

Larval dönemin sonunda pupaya girmek için toprağa inmeye başladıkları dönemde tırtıllar, ağaç gövdesine sürülecek tuzak macunıyla yakalanabilmektedir. Ancak bu uygulamada tuzak macununun dar bir şerit halinde sürülmesi, birkaç tırtılın bu şeride yapışması, sonrasında diğerlerinin bu yapışanlar üzerinden geçerek toprağa inmeleriyle sonuçlanabilmektedir. Bu yüzden gövdenin büyük bir kısmına (1–2 m) macun sürülmüş kağıtlar sarılmalıdır (Çanakçıoğlu ve Mol 1998).

Diğer bir yöntem ise erginlerin yakalanması ile ilgilidir. Pupasyondan çıkan ergin bireyler feromon tuzakları ile yakalanabilmektedir. Feromon tuzakları orman içindeki açık alanlara yerleştirilmekte ve bu sayede erkek ergin bireyler toplanarak popülasyon kontrol altında tutulmaya çalışılmaktadır. *Thaumetopoea* cinsinde dişi eşey feromonları üzerine yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda bu güve ailesinde iki farklı feromon grubu bulunduğu ortaya çıkmıştır; biri *Th. processionea*, *Th. bonjeani* ve *Th. pinivora* türlerinde görülen “birleşik dien” yapısına sahip olan grup, diğeri ise *Th. pityocampa*, *Th. wilkinsoni* ve *Th. jordana* türlerinde tespit edilen “birleşik enin” yapısındaki gruptur (Villorbina vd 2003). Hourie ve Doughan (2006) tarafından yapılan çalışmada, feromon tuzaklarının ışık tuzakları ile birlikte kullanıldığı zaman daha başarılı sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür. Ultraviyole (UV) ışık tuzakları ise her iki cinsiyetin aynı anda yakalanmasını sağlamaktadır (EPPO 2004). Bu tuzaklama çalışmalarında çevresel faktörler (hava basıncı, yağmur vb.), çalışmanın başarıya ulaşmasında önemli etkenlerdir.

2.2.4.3 Kimyasal mücadele

Ülkemizde ve istilanın yoğun olarak görüldüğü diğer bazı Akdeniz kuşağı ülkelerinde kimyasal mücadele oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Ancak bu yöntem, uygulanırken çok dikkat edilmesi gereken, herhangi bir yanlış uygulamanın uzun yıllar geri döndürülemez olumsuz sonuçlar doğurabileceği bir yöntemdir. Bu teknikler uygulanırken, ÇKB'nin mevcut doğal predatörlerinin biyolojisi iyi incelenmeli ve uygulama için bu canlı gruplarının aktif olmadığı ve zarar görmeyeceği dönemler uygulama için seçilmelidir. Aksi takdirde, ortamda bulunan mevcut yararlı organizmalar da bu uygulamadan etkilenecek ve doğada var olan ekolojik sisteme büyük bir zarar verilecektir (Altero ve Moller 2000, Beck vd 2004). Ayrıca bu tür kimyasalların (örneğin, DDT, BHC, Malathion, Systox, Metasystox gibi böcek öldürücüler) yoğun olarak kullanılması sonucu çevrenin ciddi bir tehdit altına girmesinin yanında, böceklerin mevcut insektisitlere karşı kuşaklar boyu direnç kazandığı da bilinmektedir (Avtzis 1998). Kanat ve Sivrikaya (2004)'e göre, kimyasal ilaçlama yapılan alanlarda, yararlı olarak adlandırdığımız birçok organizma (örneğin bazı larva ve yumurta parazitoidleri) bu durumdan olumsuz etkilenmiş, takip eden yıllarda ÇKB popülasyonunda önemli artışlar olduğu görülmüştür. Bunun yanında ilaçlama yapılan ağaçların son yıl sürgünlerinde bazı deformasyonlar, çevrede var olan bal arılarında toplu ölümler, ilaçlama yapan işçilerin deri ve gözlerinde de bazı olumsuz durumlarla karşılaşmıştır.

2.2.4.4 Biyolojik mücadele

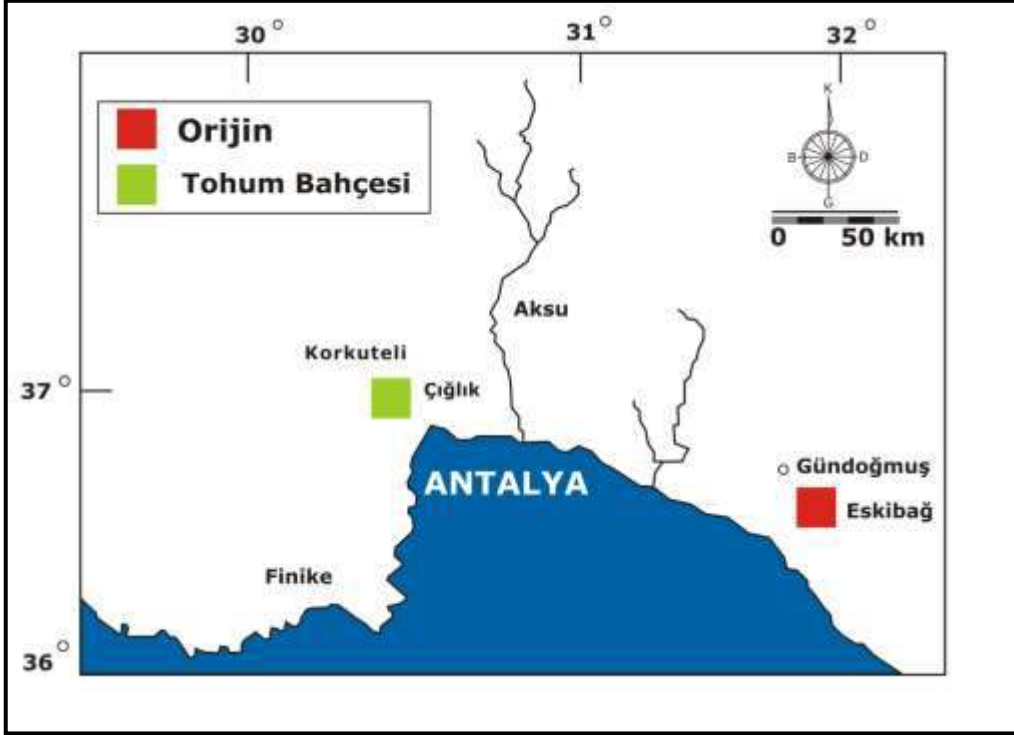
Son yıllarda sıkça uygulanan bir diğer metot da *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (*Btk*) preparatlarının kullanımınıdır (Mart vd 1995, Avtzis, 1998, Battisti 1998, Er vd 2007, Gindin vd 2007a,b). Proteolitik enzim özelliği gösteren toksinleri üreten *Btk* formülasyonları, ÇKB popülasyonlarının baskı altında tutulmasında önemli bir yer tutmaktadır. *Btk* uygulamasına maruz kalmış ibrelerin üzerinden beslenen ÇKB larvaları beslenmeye devam edemeyip çok kısa bir sürede ölmektedirler (Battisti vd 1998). Fransa ve İtalya'da her yıl binlerce hektarlık alan bu tür preparatlarla ilaçlanmaktadır (Battisti vd 1998, Rausell vd 1999, Shevelev vd 2001).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

Çalışmamızın gerçekleştirildiği kızılçam klonları, Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü (ORTOHUM) tarafından 1992'de kurulmuş olan bir klonal tohum bahçesinde yer almaktadır. Alandaki ağaçların orijini Antalya-Gündoğmuş-Eskibağ'dır. Tohum bahçesi, Antalya ili Çıglık beldesi sınırları içerisinde 37° 01" 33' kuzey enlemi ile 30° 32" 52' doğu boylamı arasında yer almaktadır (Şekil 3.1 ve 3.2). Alanın denizden yükseltisi 320 metredir. ORTOHUM kayıtlarına göre, Eskibağ (Enlem 36° 44" 13', Boylam 32° 01" 02') orijininden alınan aşı kalemleri Şubat 1992 tarihinde daha önce 8m x 8m'lik aralıklarla dikilmiş olan altlıklara aşılanmıştır. Bugün (2014 yılında) yaklaşık 22 (yirmi iki) yaşında olan fidanların dikili olduğu alan 17,8 ha büyüklüğündedir. Alanda 30 (otuz) farklı klona ait 2166 (ikibinyüzaltmışaltı) ağaç yer almaktadır. Söz konusu klonlar ve her bir klondaki ağaç (ramet) sayısı Çizelge 3.2'de verilmiştir. Bu ağaçların tamamı ÇKB saldırısı için gözlemlerimize dahil edilmiştir. Klonların bahçedeki konumları yerleşim planlarına işlenmiş olup, bahçedeki her ağacın ait olduğu klonlar ve akrabalık ilişkileri tarafımızca bilinmektedir.

ÇKB'nın daha çok genç ağaçları tercih ettiği değişik kaynaklardan ve arazideki gözlemlerimizden bilinmektedir (Athanassiou vd 2006, Battisti vd 1998, Masutti ve Battisti 1990). Çam türlerine ait tohum bahçelerinde 10 ila 20 yaş arasındaki zaman diliminin, tohum verimin en yüksek olduğu bir evre olduğu bilinmektedir (Şeref 2003). Çıglık tohum bahçesindeki ağaçların 20'li yaşlarda olması, tohum bahçesindeki tüm ağaçların akrabalık ilişkilerinin bilinmesi ve her bir klondan çok sayıda ağacın (rametin) bulunması nedeniyle, bu tohum bahçesinin ÇKB istila çalışması için uygun bir alan olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.1 Çalışmanın yapıldığı kızılçam tohum bahçesinin kurulduğu alan (Çığlık) ve tohumun getirildiği orijin (Gündoğmuş-Eskibağ)



Şekil 3.2 Çalışmanın yapıldığı kızılçam tohum bahçesinin uydudan alınan görüntüsü [Klonlara ait ağaçlar (rametler), resmin ortasındaki sıra ve sütunlarda noktalar halinde görülmektedir]

3.2 ÇKB İstilasının Gözlenmesi ve İstila İndeksi

Tohum bahçesinde, 30 klona ait 2166 ağaçtan İstila İndeksi (İSİN)'lerine göre seçilmiş 60 adet ağaç üzerinde örnekleme işlemleri yapılmıştır. Bu örneklemler, iki yıl süre ile (2011 ve 2012 yıllarında) Eylül-Ağustos ayları arasında gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.1). Semiz (2009)'a göre, İSİN derecesi çıkarılırken şu etkenler ağırlıklandırılmış olarak dikkate alınmıştır: Her bir klonda istilaya uğrayan ağaç sayısı, her bir klonun her bir ağacındaki ÇKB koloni (yuva) sayısı, her bir yuvanın (böcek kesesinin) büyüklüğü (çap grupları, cm) ve hacmi (cm^3). Yuva büyüklükleri gruplama yöntemiyle belirlenmiştir. Bu gruplar, 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm ve 15-20 cm olarak belirlenmiştir. Yuva hacimleri hesaplanırken, her bir yuva büyüklüğü grubu değeri, kürenin hacmi formülü olan " πr^3 " ile çarpılmış ve hacim toplamı elde edilmiştir. Bu verilere dayanarak, her gözlem yılı ve her bir klon için ÇKB yuva hacim toplam değeri 1000 rakamı ile bölünmüş ve ortaya çıkan değer, gözlemin yapıldığı yılın İSİN değeri olarak kaydedilmiştir. Her iki arazi gözlem yılı için bu metot izlenmiştir. Elde edilen iki farklı yılın İSİN değerlerinin ortalaması alınmış ve her bir klon için belirli bir İSİN değeri elde edilmiştir. İSİN değeri en yüksek olan -yani en duyarlı olan klon- (114,5 İSİN değeri ile) 9294 no'lu klon; en küçük olan -yani en dirençli olan- (17,5 İSİN değeri ile) klon da 9268 no'lu klon olmuştur. Bu indekse dayanarak, deneme alanındaki (tohum bahçesindeki) her bir klonun ÇKB salgınına direnci konusunda bir sıralama yapılmıştır. Başka bir deyişle, bu indekse dayanarak, klonlar, en duyarlı olandan (9294), en dirençli olana (9268) doğru sıralanmıştır (Çizelge 3.2).

3.3 İbre Örneklerinin Toplanması

ÇKB "*İstila İndeksi*"ne bakılarak, çalışma alanındaki 30 farklı klonun içerisinde en az istilaya uğramış klonlardan (9268, 9286, 9267) 10'ar adet ve en fazla istilaya uğramış olan klonlardan (9294, 9285, 9266) 10'ar olmak üzere toplamda 6 klondan 60 adet ağaç çalışma örnekleme için kullanılmıştır (bu ağaçlar, deneme alanının bütününde rasgele olarak dağılmaktadır). Bu ağaçların her birinden yeterli sayıda (yaklaşık 20–25 adet) ibre yaprak örnekleri toplanmıştır. Toplanan örnekler, klonlarına ve deneme alanındaki konumuna (sıra x sütun numaralarına) göre etiketlenmiş ve ayrı ayrı tüplerde sıvı azota alınmıştır.

Çizelge 3.1 Tohum bahçesinde belirlenen ağaçlardan ibre örnekleme yapılan tarihler ve günlük ortalama sıcaklık değerleri tablosu (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2014).

Günlük Ortalama Sıcaklık Değerleri (° C)			
Yıl	Ay	Gün	Sıcaklık Değeri
2011	Eylül	17	25.8
2011	Ekim	15	20.3
2011	Kasım	19	17.8
2011	Aralık	17	9.4
2012	Ocak	14	10.2
2012	Şubat	18	14.4
2012	Mart	17	15.6
2012	Nisan	14	25.1
2012	Mayıs	19	20.2
2012	Haziran	16	30.0
2012	Temmuz	14	29.4
2012	Ağustos	18	28.5
2012	Eylül	15	24.4
2012	Ekim	14	21.2
2012	Kasım	17	16.7
2012	Aralık	15	13.2
2013	Ocak	13	12.4
2013	Şubat	16	14.4
2013	Mart	17	17.9
2013	Nisan	14	27.0
2013	Mayıs	18	22.8
2013	Haziran	15	26.5
2013	Temmuz	14	32.4
2013	Ağustos	17	26.4

İbreler, tüm ağaçlarda ÇKB yuvalarının etrafındaki dallardan ya da ağaç üzerinde istila görülmemiş ise yaklaşık aynı yükseklikten (2-3 m) ve hep aynı yöndeki (ağacın güneye bakan tarafındaki) apikal dal sürgünlerinden toplanmıştır. Toplanan ibreler, arazide sıvı azot içerisine alınmış ve aynı gün laboratuvara getirilerek -80 °C'de saklanmaya alınmıştır.

Çizelge 3.2 Denemeye konu olan Çiğlık kızılçam tohum bahçesindeki Gündoğmuş-Eskibağ orijinli klonlar, her bir klondaki ağaç (ramet) sayısı ve klonların İSİN değerleri

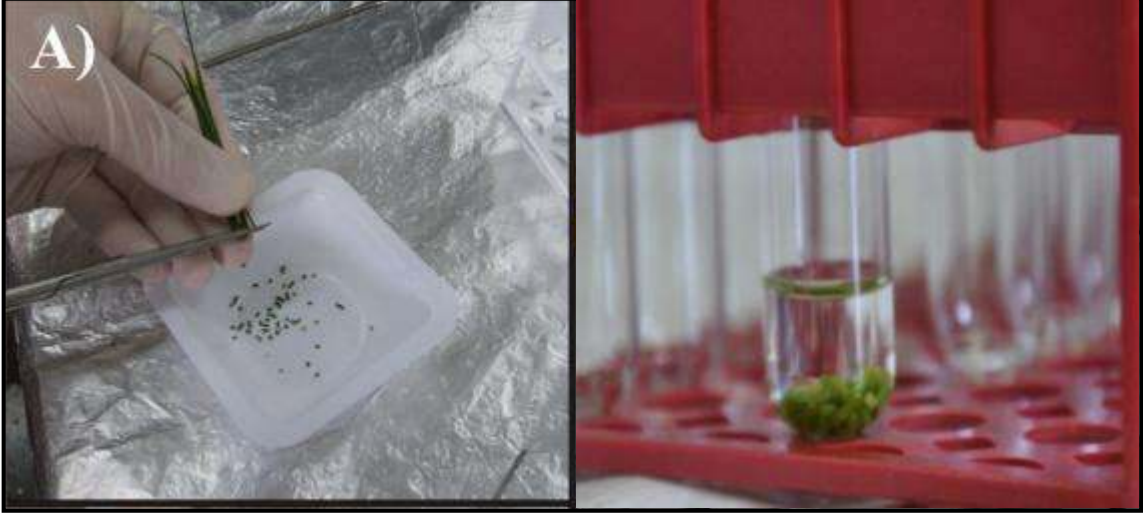
Klon No	Klondaki ağaç (ramet) sayısı	İSİN değeri 2005	İSİN değeri 2007	Ortalama İSİN değeri	İSİN değeri sırası*
9266	54	78.540	89.797	84.169	3
9267	43	55.502	8.181	31.841	28
9268	43	22.057	13.025	17.541	30
9269	74	35.867	43.786	39.826	21
9270	70	80.765	61.261	71.013	5
9271	65	53.734	70.424	62.079	11
9272	63	89.405	38.615	64.010	9
9273	59	46.142	25.787	35.965	24
9274	62	47.451	18.784	33.118	26
9275	74	38.354	34.754	36.554	23
9276	78	65.385	30.303	47.844	19
9277	66	35.343	68.657	52.000	18
9278	68	54.651	66.955	60.803	12
9279	65	39.990	23.955	31.972	27
9280	66	71.930	46.077	59.003	13
9281	79	95.164	36.717	65.941	7
9282	86	65.646	51.444	58.545	15
9283	86	74.613	62.374	68.493	6
9284	81	41.103	44.375	42.739	20
9285	74	95.230	89.274	92.252	2
9286	54	15.512	41.037	28.274	29
9287	77	43.655	34.296	38.975	22
9288	85	63.225	50.724	56.924	16
9289	88	60.607	65.385	62.996	10
9290	88	53.734	77.820	65.777	8
9291	69	48.433	19.700	34.067	25
9292	86	51.771	65.974	58.872	14
9293	78	38.943	71.602	55.273	17
9294	92	110.676	118.399	114.538	1
9295	93	94.183	61.065	77.624	4

* İSİN değeri sıralaması: 1 numara en duyarlı klon, 30 numara en dirençli klondur

3.4 Terpen Analizleri

Tohum bahçesindeki klonlardan (bizzat arazideki *in situ* ağaçlar üzerinden) toplanan ve -80°C'de bekletilen ibre örnekleri (6 klon x 10 birey = 60 örnek ve 2 yılda için bu sayı 60 örnek/ay x 24 ay = 1440 örnek) üzerinde terpen analizleri yapılmıştır. Analizler için; ibreler makasla önce küçük parçalara bölünmüş ve her örnekten yaklaşık 200 mg tartılarak bir alt-örnek ayrılmıştır (Şekil 3.3-A). Terpen analizleri için bu alt-örnek, *n*-hekzan (internal standart içeren, 2 ml 1-klorooktan/100 ml *n*-hekzan)

ile oda sıcaklığında 1 saat süre ile ekstrakte edilmeye bırakılmıştır (Manninen vd 2002). Bu süre sonunda, elde edilen ekstrakt, filtre kâğıdından süzülerek diğer bir vida kapaklı tüpe aktarılmış ve önceki tüp içerisinde kalan ibreler iki kez *n*-hekzan ile yıkanıp (ikişer dakika süre ile), elde edilen özüt vida kapaklı tüpe eklenmiştir (Şekil 3.3-B). Daha sonra tüpler, GC-MS için gerekli olan küçük serum şişeleri ne gerektiği miktarda (~ 1.5 ml) aktarılmış ve -20°C'de saklanmaya alınmıştır (Manninen vd 2002). Bu işlemler 1440 örnek üzerinde tekrarlanmıştır; ve bu işlemler, Pamukkale Üniversitesi, Kimyasal Ekoloji Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır. Bu şekilde hazırlanan örnekler, laboratuvarımızda düzenli olarak analizleri yapılmıştır. Kimyasal Ekoloji Araştırma Laboratuvarımızda, elde edilen ekstraktların Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresinde (GC-MS, Agilent GC type 7820A, MSD 5975, Agilent, USA) okuma işlemleri yapılmıştır. GC-MS'te 30 m uzunluğunda HP-5MS bir kapillar kolon kullanılmıştır (ID 0.25 mm, film kalınlığı 0.25 µm, Hewlett Packard). Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Sıcaklık programı 50°C'den 250°C'ye şeklinde düzenlemiştir. Sıcaklık artış hızı 5 °C/dk'dır. Her bir terpen bileşiği kütle spektralleri ve alikonulma süreleri ile ilişkili olarak tanımlanmıştır. Kalibrasyonlar (terpen miktarının belirlenmesi için), internal standardın (1-klorooktan) bilinen mevcut değerleri temel alınarak saf bileşiklerin değerleri üzerinden yapılmıştır. Bileşiklerin adlandırılması için gerekli kütüphane Wiley (John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK)'den karşılanmıştır. Analizlerde ortaya çıkan bazı piklerin ve dolayısıyla bazı bileşiklerin konfirmasyonu Eastern Finland Üniversitesi (Finlandiya), Kimyasal Ekoloji Araştırma Laboratuvarlarında yapılmıştır. GC-MS analizleri (okuma işlemi) sırasında ihtiyaç duyulan bilgi ve deneyim yardımı konukçu bölüm elemanları (başta Prof. Dr. Jarmo Holopainen olmak üzere) tarafından sağlanmıştır. Çalışmanın bu bölümünün maddi desteği de, projemiz bünyesindeki yurt dışı bilimsel ziyaretler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. A: İbrelere ekstraksiyon için küçük parçalara ayrılması, B: Ekstraksiyon işlemleri.

3.5 Kromatogram Çalışmaları

Çalışmamızda önce, GC-MS okuması için, toplam 24 bileşik içeren bir standart kullanılmıştır. GC-MS’te 1440 tüp okuması yapılmıştır. Toplamı 1440 adet olan örneklerin GC-MS’te okunmaları yapıldıktan sonra, her bir örnek üzerinde ayrı ayrı kromatogram analizleri yapılmıştır ve bu tüpler halen Pamukkale Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Kimyasal Ekoloji Laboratuvarında muhafaza edilmektedir.

Populasyon çalışmalarında, toplum parametrelerinin doğruya yakın tahmin edilebilmesi için, örnek sayısının olası ölçüde yüksek tutulması arzu edilir. Bu nedenle, bizim çalışmamızda analiz yapılacak örnek sayısı, “sıradan” yapılan analizlerdeki örnek sayısına göre oldukça fazla sayılır (6 klon, her klondan 10 tüp = 60 örnek). Örnek sayısının oldukça yüksek olması elde edeceğimiz sonuçların istatistiksel açıdan güvenilirliğini önemli derecede artırmaktadır.

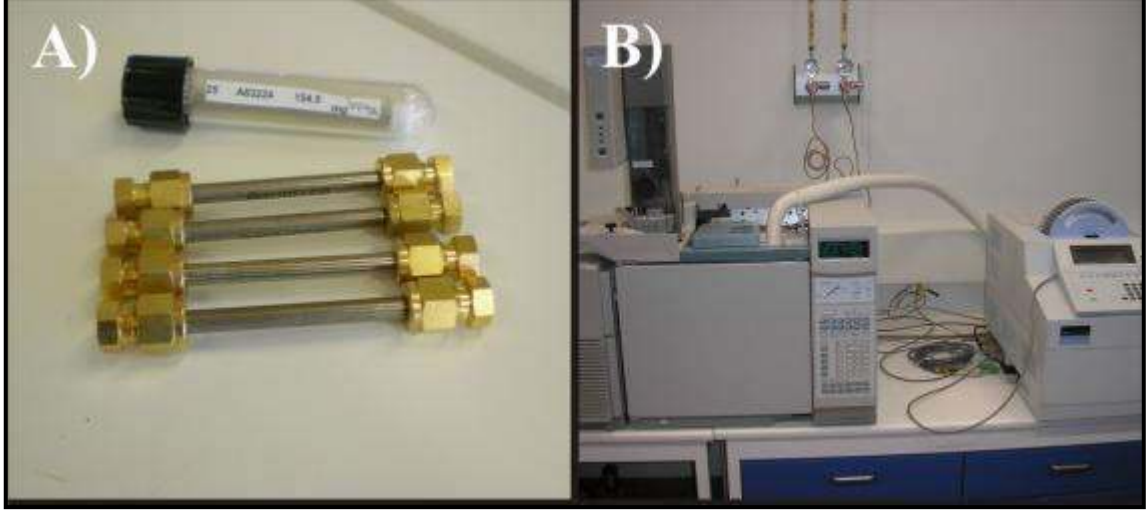
3.6 Emisyon (VOCs) Ölçümleri

Arazi koşullarında ibrelerden uçucu bileşenlerin toplanması işlemi yapıldıktan sonra bu tüplerde toplanan uçucu bileşenlerin analizleri Eastern Finland Üniversitesi (Finlandiya), Kimyasal Ekoloji Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Emisyon ölçümlerindeki teknik sınırlamalar dikkate alınarak, ölçümler için 2 farklı klon ele alınmıştır. Bu klonlar, İSİN değerlerine göre en az istilaya uğramış (en dirençli) (9268) ve en çok istilaya maruz kalmış (9294) olan klonlardır. Çalışmamızın bu kısmı da yine projemiz bütçesinde yer alan yurt dışı seyahatleri çerçevesinde Finlandiya yapılan çalışmalar çerçevesinde yapılmıştır.

Emisyon ölçümleri için, ağaçların o yıla ait sürgün uçları, ilk önce çok amaçlı kullanılan plastik torbalar (22 x 55 cm, Polietilen terefitalat, Look, Terinex Ltd, U.K) ile örtülmüştür. Bu plastik torbalar kullanılmadan önce bir ön temizleme işlemi için 120 °C'de 2 saat süre ile fırında bekletilmiştir. Daha sonra, Tenax TA absorbans tüpleri (~150 mg, Supelco, mesh 60/80) torbaların birer köşesine açılan deliklerden yerleştirilmiştir. Diğer köşesinden hazırlanan düzenekler ve mini bir vakum pompası (arazi tip, alkali pille çalışabilir özellikle) (Model ATM-2., PRC) ile torbanın içine ~200 ml/dk'lık bir hava akımı girmesi sağlanmıştır. Bu her iki köşe, olası bir hava sirkülasyonunu önlemek için plastik teller yardımı ile sıkıca bağlanmıştır. Torbanın içine verilen hava akımının eşitliği mini bir kalibratör (Model, M-5, A. P. Buck, Inc.,USA) vasıtası ile her ölçüm öncesi kalibre edilmiştir. Uçucuların Tenax tüpleri içinde biriktirilmesi için 30 dk süre ile sistem açık durumda bırakılmıştır. Örneklememe işlemi tamamlandıktan sonra, tüpler pirinçten kapaklar yardımı ile kapatılıp (Şekil 3.4-A), bir sonraki aşama olan GC-MS'te okuma işlemlerine dek, +4 °C'de bekletilmiştir.

Tenax tüpleri vasıtası ile toplanan bileşikler ilk olarak Perkin Elmer ATD400 Otomatik Isısal Desorpsiyon Sistemiyle toplanmıştır (Şekil 3.4-B). Bu sistemde kimyasal bileşikler HP-5 kapiller kolon (50 m x 0.2 mm i.d x 0.5 µm kalınlığında film, Hewlett–Packard) üzerine enjekte edilen (10 dk için 250 °C, karyo odaklama –30°C) bir sistemdir. Daha sonra içerikler GC-MS'te analiz edilmiştir. GC-MS'te taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Sıcaklık programı 50°C'den başlatılmış ve sıcaklık artış hızı 5 °C/dk olacak şekilde 210°C'ye programlanmıştır. Son sıcaklık olan 250°C'ye

ise 20°C/dk'lık bir hızda yükseltilmiştir. Her bir terpen bileşiği kütle spektraları (mass spectra), alıkonulma süreleri (retention time) ve Wiley kütüphanesindeki standartlarına göre tanımlanmış ve adlandırılmıştır.



Şekil 3.4 A: Emisyon ölçümleri için kullanılan Tenax tüpleri, B: Otomatik Isısal Desorpsiyon Cihazı (GC-MS'e bağlı sağdaki).

3.7 İstatiksel Analizler

Her bir karakter için elde edilen sayısal değerler klonlar arasında bir farklılığın olup olmadığının saptanması için, ibre eksrakı verilerinde ANOVA prosedürü ile, emisyon ölçümlerinde yuvalanmış ANOVA testleri ile analiz edilmiştir. İstatistiksel önemde farklılığın olması durumunda, bu farkın klonlar arasında nasıl bir gruplama ortaya koyduğunu saptamak amacıyla Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi yapılmıştır. ANOVA testinden önce, veri setinin homojenitesi ve normal dağılımının belirlenmesi için Anderson-Darling testi sonuçlarına bakılmıştır. Normal dağılım göstermeyen veriler için parametrik olmayan testlerden Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. Sonuçlar bu testin analiz sonuçları altında irdelenmiştir.

Her iki veri setimizdeki bileşikler ile günlük ortalama hava sıcaklığı arasında bir ilişki olup olmadığı korelasyon analizi ile test edilmiştir. Ele alınan herhangi iki

değişken arasındaki ilişkinin açıklanabilmesi için Pearson Korelasyon Katsayıları kullanılmıştır. Bunun yanında, çalışmada elde ettiğimiz tüm bileşikler için (ibre ekstraksiyonundan 16, emisyon ölçümlerinden 31 bileşik) bileşikler arasında herhangi bir etkileşimin olup olmadığının açıklanması için yine korelasyon analizinden faydalanılmıştır.

Tohum bahçesinde böcek istilası gözlemleri ve terpen türevli bileşiklerin analizlerinden elde edilen veriler, İSİN değerlerinin hesaplanması, ANOVA testleri ve ilişki analizleri için SPSS (SPSS, versiyon: 15.0.1, Chicago, IL) istatistik paket programı, regresyon analizi için hazırlanan grafikler Windows Office Excel programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Kızılçam İbre Ekstraksiyonu Analiz Sonuçları

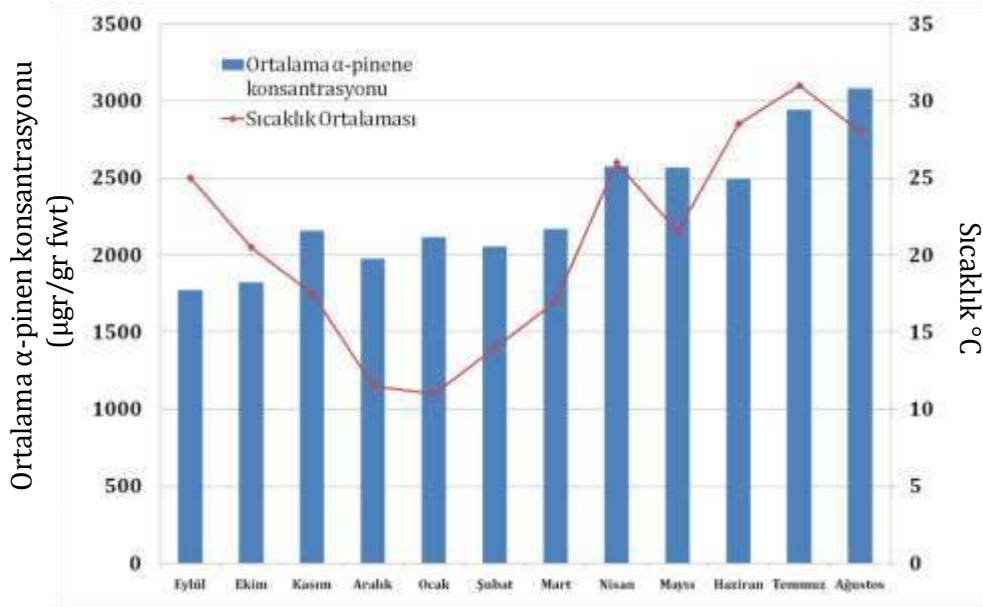
Tohum bahçemizden 60 ağaca ait 24 ay için toplanan ibrelerin ekstraksiyon işlemleri ve kromatogram analizleri yapılmıştır. İbrelerin analiz edilen örneklerde 29 adet bileşik araştırılmıştır. Analizler sonucunda, kızılçam ibrelerinde toplamda 20 (mono- ve seskiterpen) bileşik belirlenmiştir. Bu bileşenlerden 8 tanesi tüm klonlarda bulunmadığı, bazen sadece tek bir ağaçta var olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmamızda, hemen hemen tüm klonlarda görülen ve bu sayede yıl içindeki değişimlerini izleyebileceğimiz 12 adet bileşik üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu bileşikler aynı zamanda literatür bilgisine göre böcek ve ağaç arasındaki ilişkide rolü olan terpenlerdir. Bu 12 bileşik içersinden de 8 adedinin monoterpen, 4 adedinin ise seskiterpen olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1). Örneklerde belirlenen ana bileşikler ve bunların toplam terpen konsantrasyonu içerisindeki yüzdeleri; β -pinen (%48), α -pinen (%21) ve trans- β -karyofillen (%13) şeklindedir.

Bu çalışma kapsamında, terpen bileşiklerinin her bir klon için ortalama değerleri ile çalışmanın tohum bahçesinde örnekleme çalışmasının yapıldığı günlük ortalama hava sıcaklığı arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu analizler sonunda; klonların İSİN değerleri sonuçları ile α -pinen, β -pinen, limonen, trans- β -osimen ve trans- β -karyofillen arasında istatistiksel anlamda önemli ilişkiler belirlenmiştir. Farklı klonlara ait ağaçların ibre yapraklarındaki terpen miktarının zamana bağlı olarak değişimi ile ilgili veriler Bölüm 4.2'den itibaren detaylıca açıklanmaktadır.

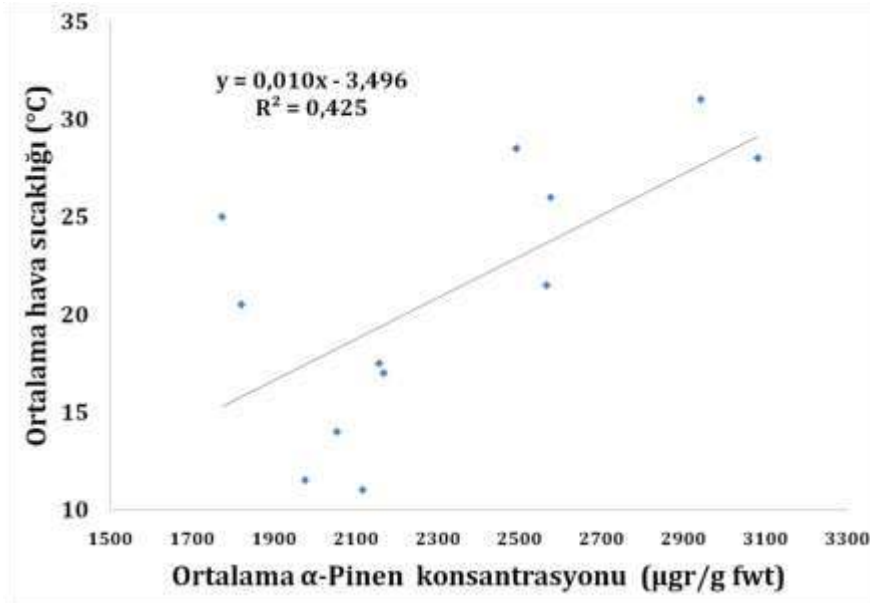
4.2 İbrelerdeki belirlenen ana bileşiklerin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi

Bu kısımda İSİN indeks kayıtlarına göre en dirençli bulunan klon 9268 ve en dirençsiz bulunan klon 9294'e ait kızılçam ibrelerinde belirlenen ve Semiz (2009)'a göre böcek istilasında çok önemli olduğu belirlenmiş olan bazı bileşiklerin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı olan değişimleri gösterilmiştir.

4.2.1 α -Pinen bileşiğinin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi

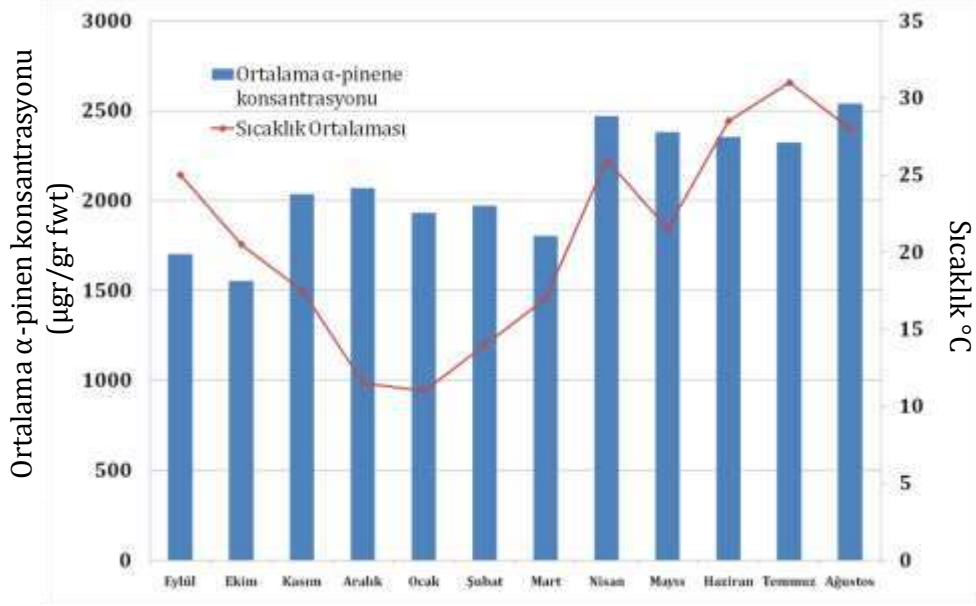


Şekil 4.1 9268 nolu klonun iki aylara ait ortalama α -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$).

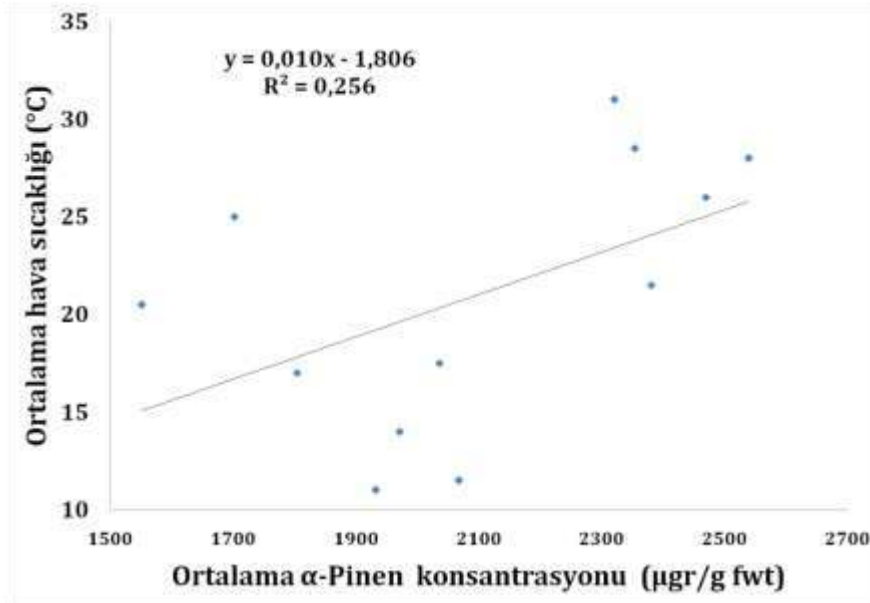


Şekil 4.2 9268 nolu klonun aylara ait ortalama α -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

9268 nolu klonda, α -pinen bileşiği miktarının hava sıcaklığı artışına bağlı olarak pozitif yönde artış gösterdiği görülmüştür. Fakat bu durumunun hava sıcaklığının azalma gösterdiği Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak ayları için uygunluk göstermediği, bu aylarda hava sıcaklığı azalmasına rağmen bileşik miktarının artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).



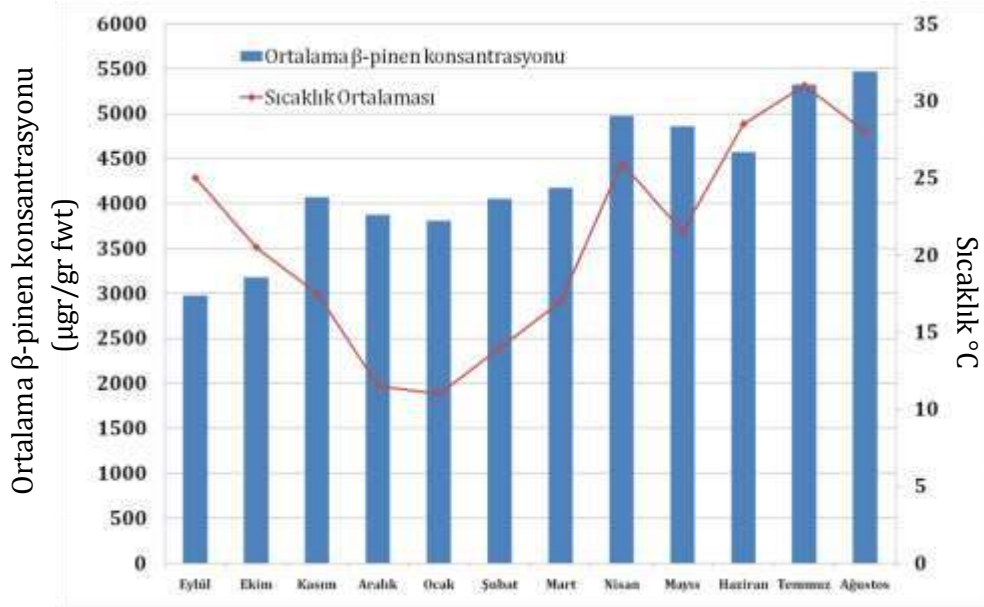
Şekil 4.3 9294 nolu klonun aylara ait ortalama α-pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$)



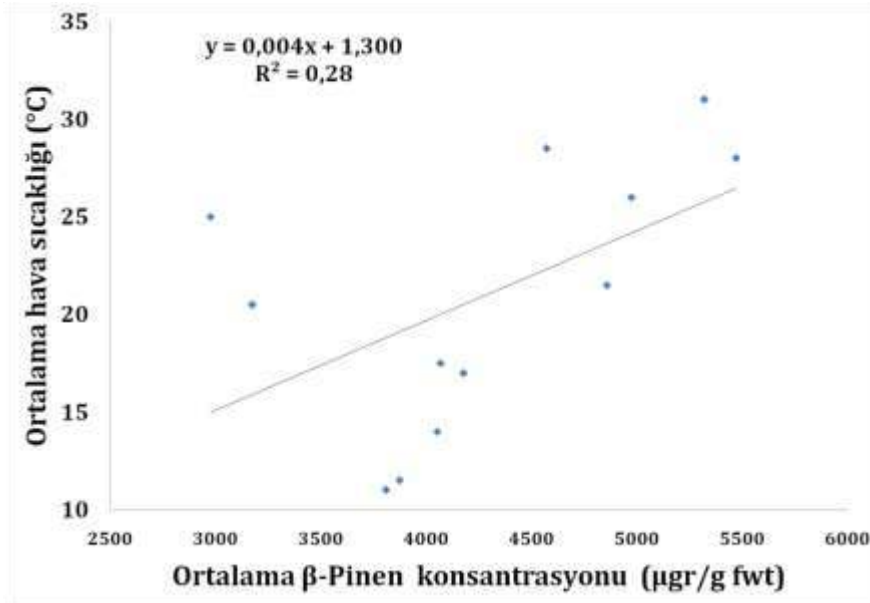
Şekil 4.4 9294 nolu klonun aylara ait ortalama α-pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

9294 nolu klonda, α-pinen bileşiği miktarının hava sıcaklığı artışına bağlı olarak pozitif yönde artış gösterdiği görülmüştür. Fakat bu ilişki durumunun hava sıcaklığının azalma gösterdiği Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak ayları için uygunluk göstermediği, bu aylarda hava sıcaklığı azalmasına rağmen bileşik miktarının artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).

4.2.2 β -Pinen bileşiğinin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi

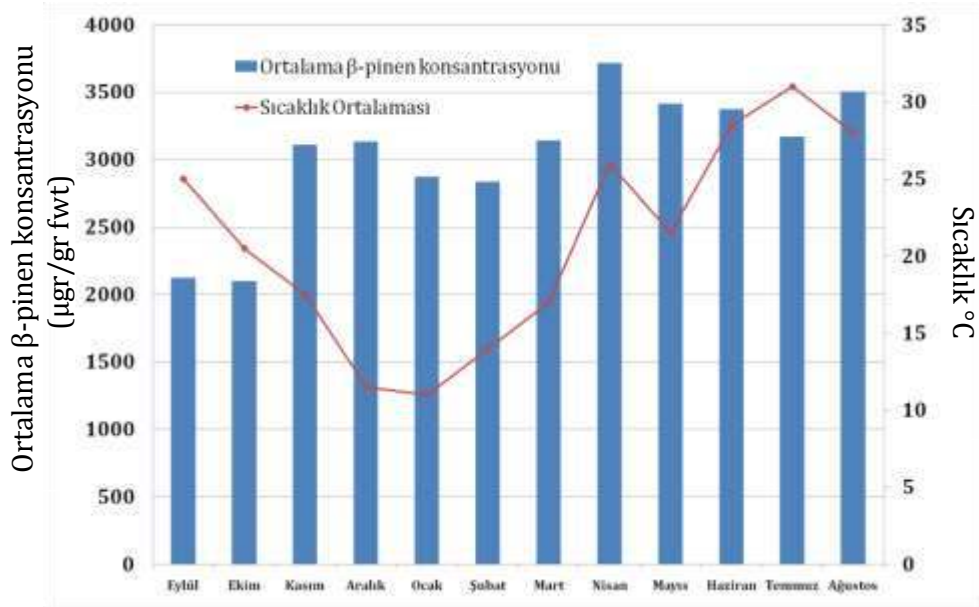


Şekil 4.5 9268 nolu klonun aylara ait ortalama β -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$).

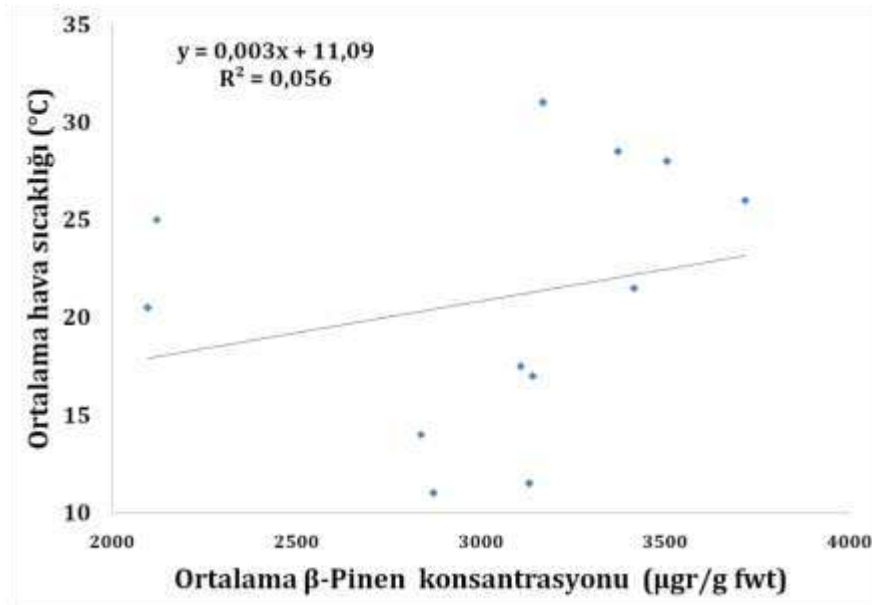


Şekil 4.6 9268 nolu klonun aylara ait ortalama β -pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

9268 nolu klonda, β -pinen bileşiği miktarının hava sıcaklığı artışına bağlı olarak pozitif yönde artış gösterdiği görülmüştür. Fakat bu ilişki durumunun hava sıcaklığının azalma gösterdiği Eylül, Ekim ve Kasım ayları için uygunluk göstermediği, bu aylarda hava sıcaklığı azalmasına rağmen bileşik miktarının artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).



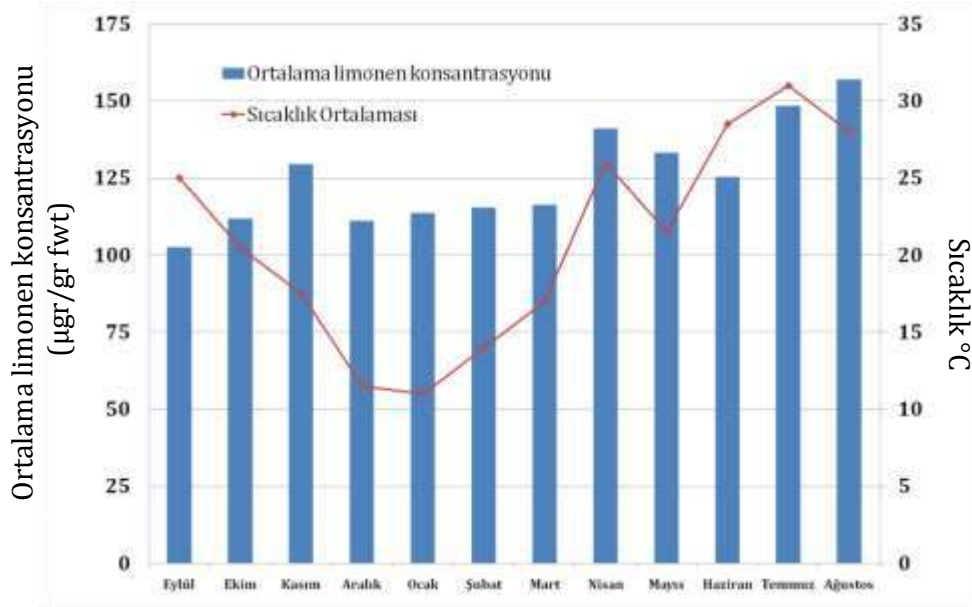
Şekil 4.7 9294 nolu klonun aylara ait ortalama β-pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$).



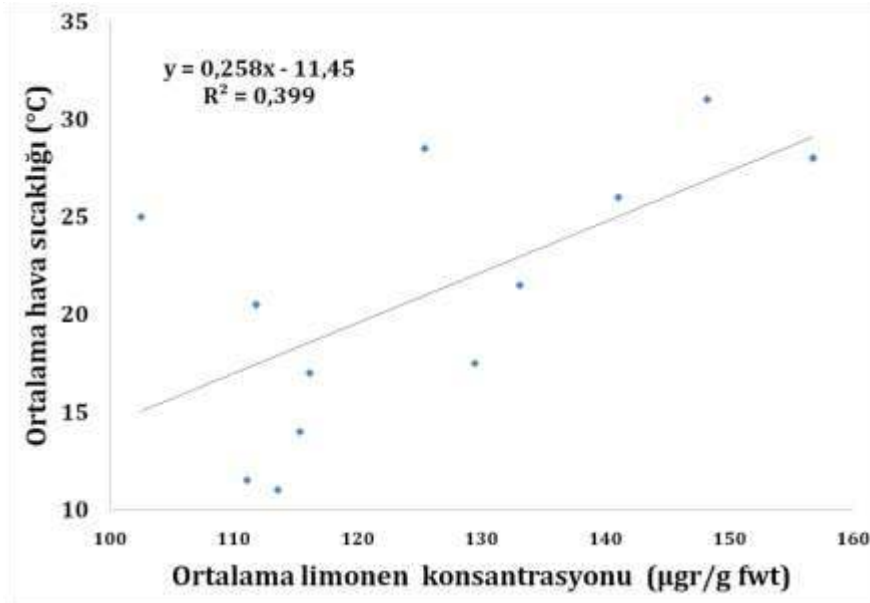
Şekil 4.8 9294 nolu klonun aylara ait ortalama β-pinen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

9294 nolu klonda, β-pinen bileşiği miktarının hava sıcaklığı artışına bağlı olarak pozitif yönde artış gösterdiği görülmüştür. Fakat bu ilişki durumunun hava sıcaklığının azalma gösterdiği Eylül, Ekim ve Kasım ayları için uygunluk göstermediği, bu aylarda hava sıcaklığı azalmasına rağmen bileşik miktarının artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8).

4.2.3 Limonen bileşiminin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi

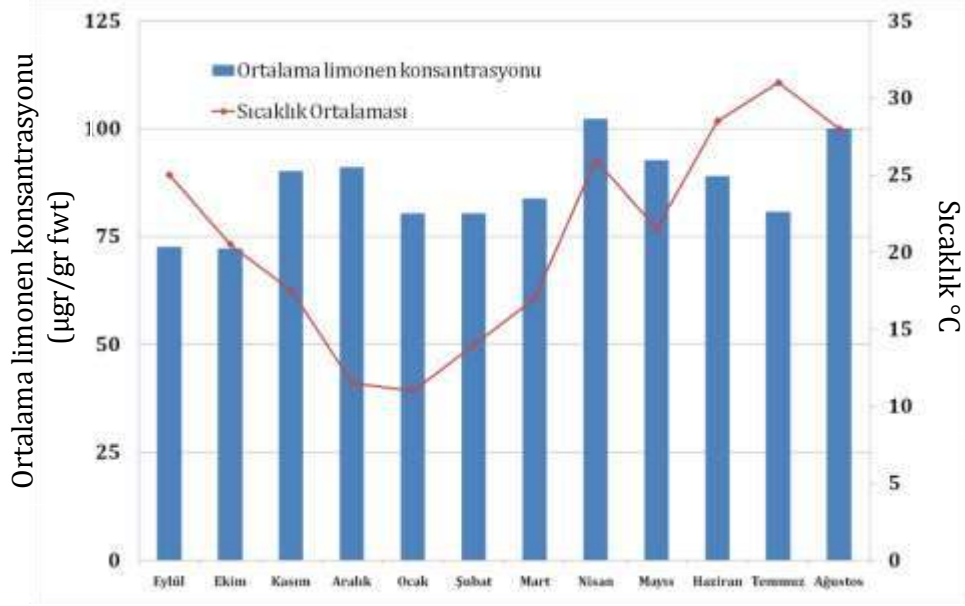


Şekil 4.9 9268 nolu klonun aylara ait ortalama limonen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$).

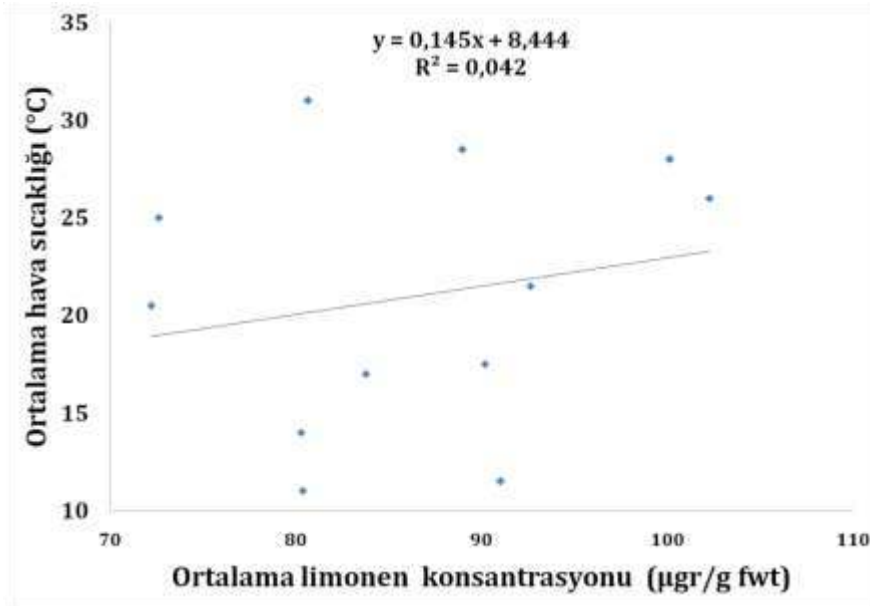


Şekil 4.10 9268 nolu klonun aylara ait ortalama limonen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

9268 nolu klonda, limonen bileşimi miktarının hava sıcaklığı artışına bağlı olarak pozitif yönde artış gösterdiği görülmüştür. Fakat bu ilişki durumunun hava sıcaklığının azalma gösterdiği Eylül, Ekim ve Kasım ayları için uygunluk göstermediği, bu aylarda hava sıcaklığı azalmasına rağmen bileşik miktarının artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10).



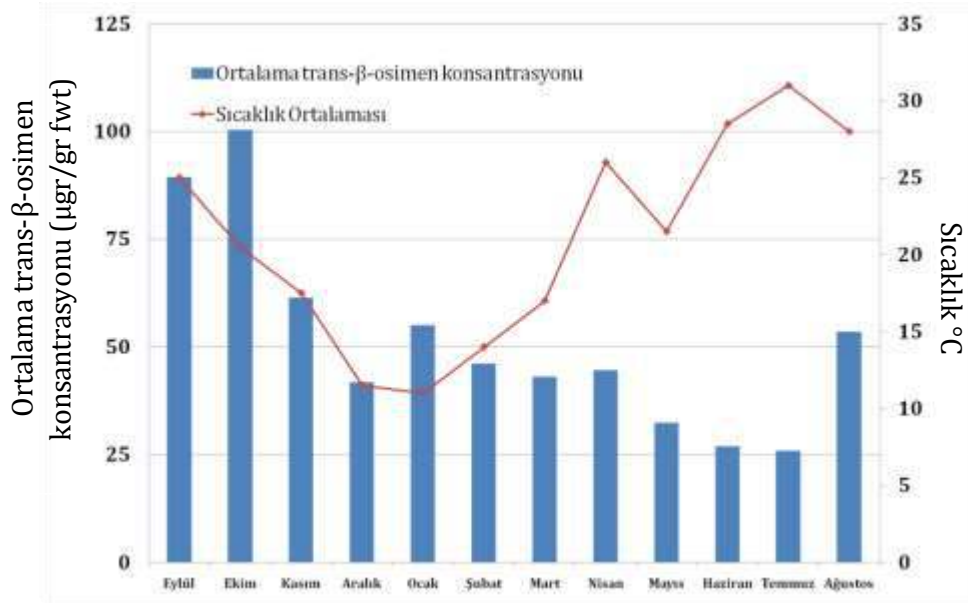
Şekil 4.11 9294 nolu klonun aylara ait ortalama limonen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$).



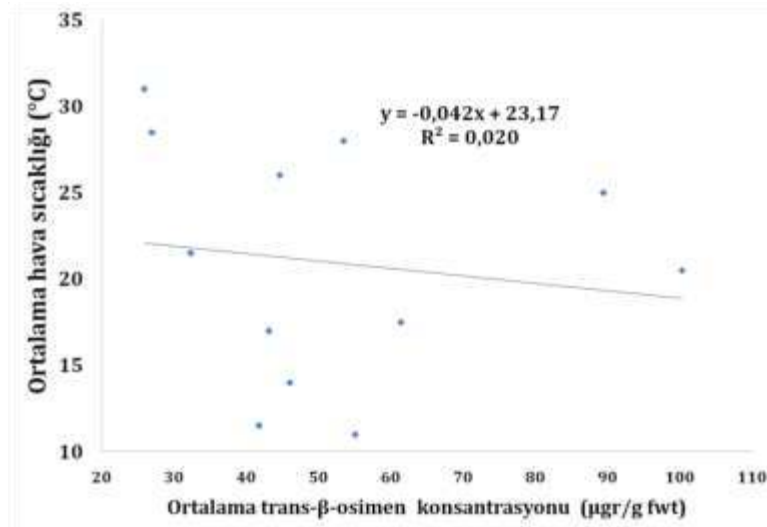
Şekil 4.12 9294 nolu klonun aylara ait ortalama limonen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

9294 nolu klonda, limonen bileşiğinin hava sıcaklığı artışına bağlı olarak pozitif yönde ilişki gösterdiği fakat R^2 değerinin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Fakat bu çok zayıf ilişki durumunun hava sıcaklığının azalma gösterdiği Eylül, Ekim ve Kasım ayları için uygunluk göstermediği, bu aylarda hava sıcaklığı azalmasına rağmen bileşik miktarının artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12).

4.2.4 Trans- β -osimen bileşiminin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi

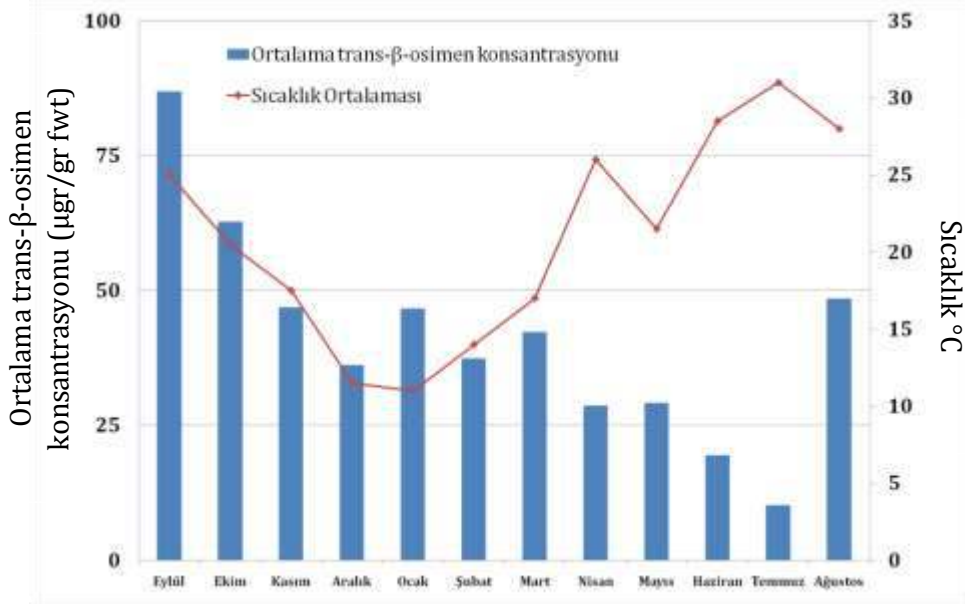


Şekil 4.13 9268 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -osimen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$).

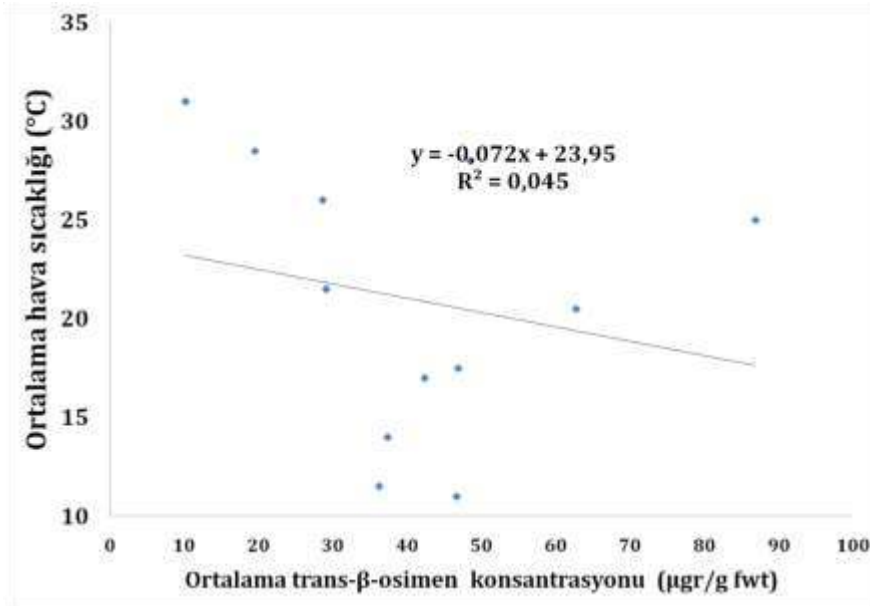


Şekil 4.14 9268 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -osimen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

9268 nolu klonda, trans- β -osimen bileşimi miktarının hava sıcaklığı artışına bağlı artışı incelendiğinde, sıcaklığa bağlı artışın var olduğu fakat bunun kabul edilebilir bir istatistiksel değerde olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.15 9294 nolu klonun aylara ait ortalama trans-β-osimen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$).



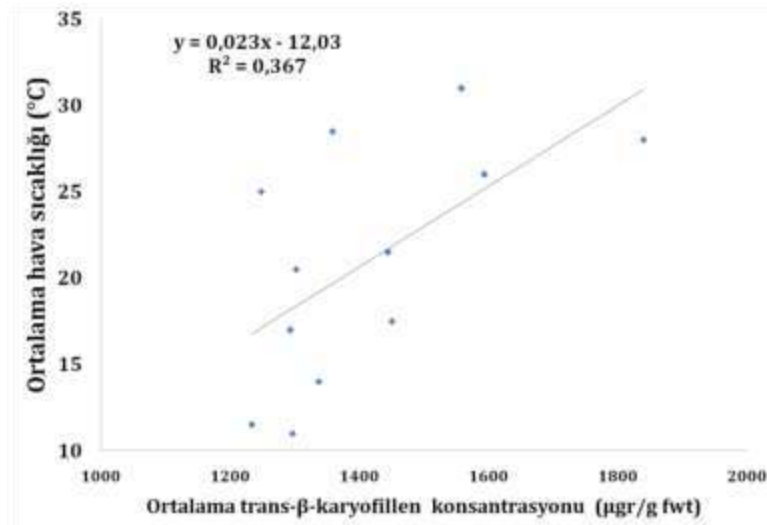
Şekil 4.16 9294 nolu klonun aylara ait ortalama trans-β-osimen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

9294 nolu klonda, trans-β-osimen bileşiği miktarının hava sıcaklığı artışına bağlı olarak çok zayıf da olsa negatif yönde ilişki gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16).

4.2.5 Trans- β -karyofillen bileşiminin mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağlı değişimi

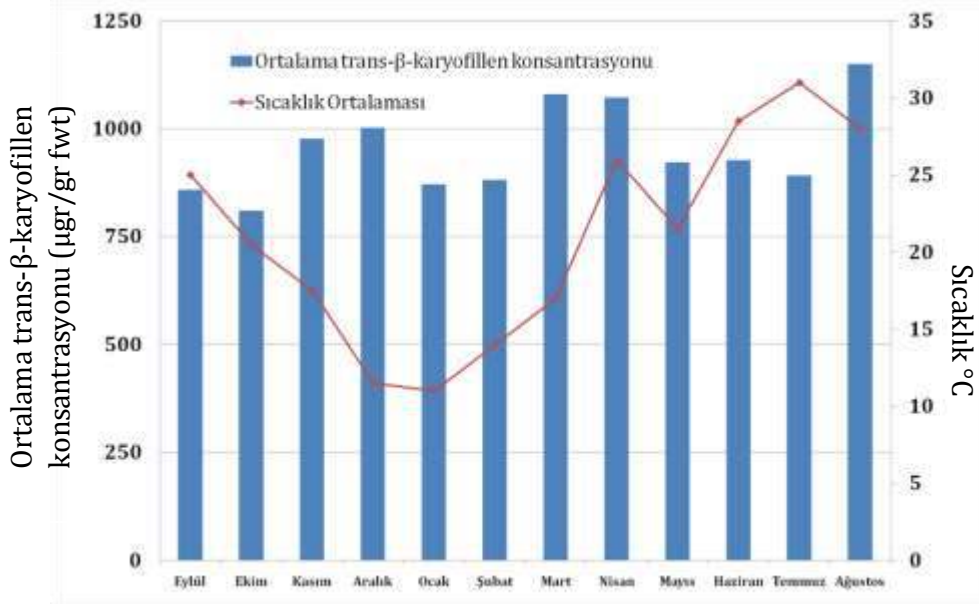


Şekil 4.17 9268 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -karyofillen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$).

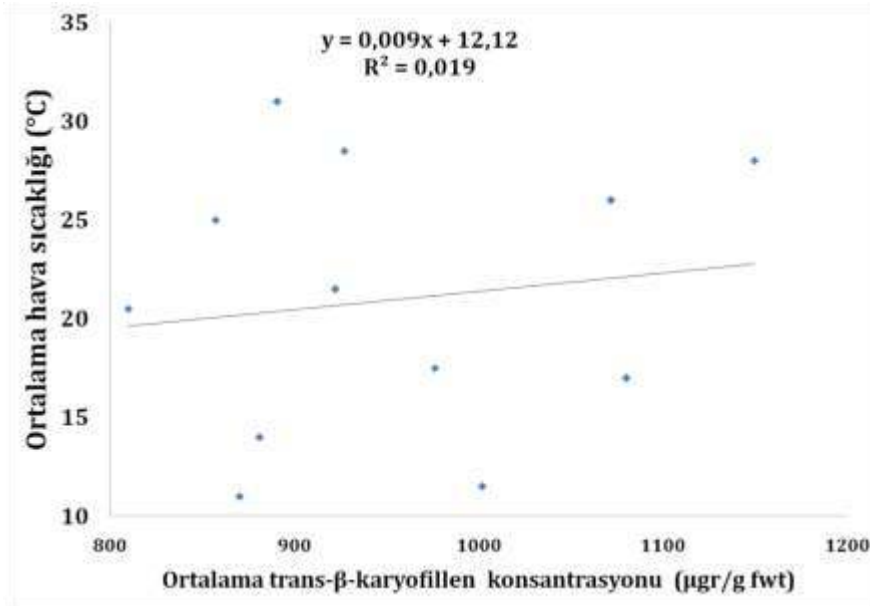


Şekil 4.18 9268 nolu klonun aylara ait ortalama trans- β -karyofillen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

9268 nolu klonda, trans- β -karyofillen bileşimi miktarının hava sıcaklığı artışına bağlı olarak pozitif yönde artış gösterdiği görülmüştür. Fakat bu ilişki durumunun hava sıcaklığının azalma gösterdiği Eylül, Ekim ve Kasım ayları için uygunluk göstermediği, bu aylarda hava sıcaklığı azalmasına rağmen bileşik miktarının artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18).



Şekil 4.19 9294 nolu klonun aylara ait ortalama trans-β-karyofillen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişimi ($n=10$).

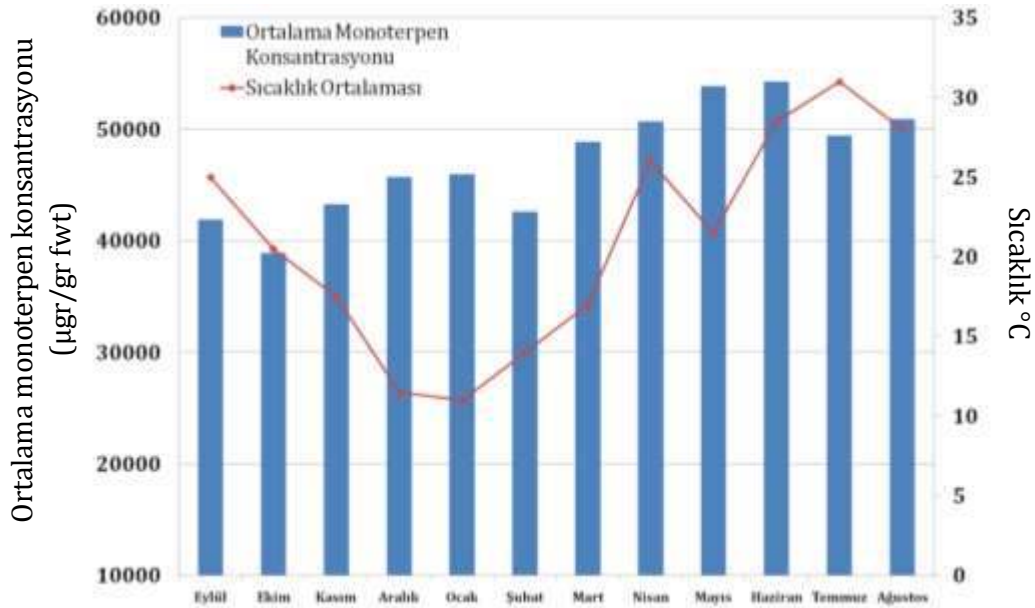


Şekil 4.20 9294 nolu klonun aylara ait ortalama trans-β-karyofillen miktarının ortalama günlük sıcaklığına bağlı değişim ilişkisi grafiği ve R^2 değeri ($n=10$).

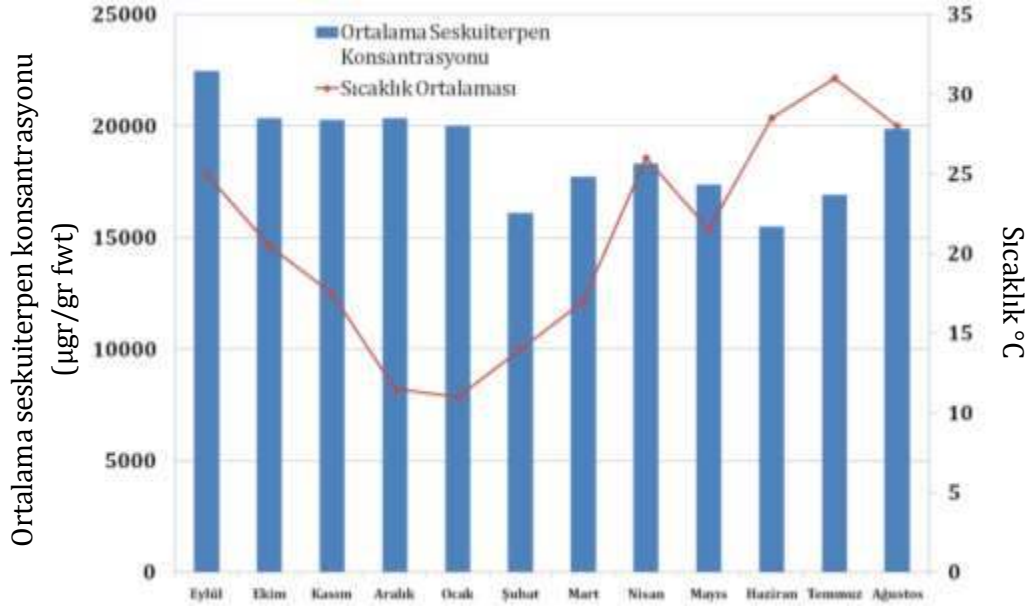
9294 nolu klonda, trans-β- karyofillen bileşiği miktarının hava sıcaklığı artışına bağlı olarak çok zayıf ilişki seviyesinde de olsa pozitif yönde artış gösterdiği görülmüştür. Fakat bu ilişki durumunun hava sıcaklığının azalma gösterdiği Eylül ve Ekim ayları için uygunluk göstermediği, bu aylarda hava sıcaklığı azalmasına rağmen bileşik miktarının artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20).

4.3 Toplam mono- ve seskuiterpen miktarlarının mevsime ve ortalama hava sıcaklığına bağılı değişimi

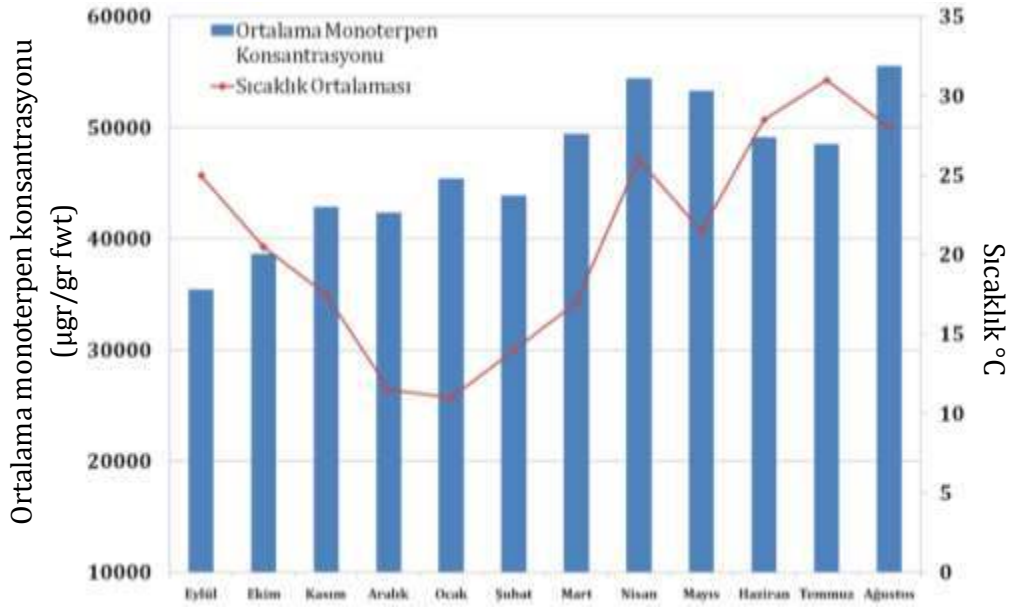
Çalışma materyalimizi oluşturan klonlar sırasıyla 9266, 9267, 9268, 9285, 9286 ve 9294 nolu klonlardır. Bu klonların Semiz 2009'a göre ÇKB ile ilişkilerine bakıldığında, böcek saldırısına en fazla uğrayanlar sırasıyla 9294, 9285, ve 9266 iken, saldırıya en az uğrayanlar ve dolayısıyla en dirençli olan klonlar sırasıyla 9268, 9286 ve 9267'dir. Yani, bu klonların bahçede çam kese böceği tarafından az tercih ya da çok tercih edildikleri daha önce gösterilmiştir (Semiz, 2009). Bu çalışmanın bir ayağı olarak, bu klonlara ait ağaçlardan elde edilen ibre yapraklarda, toplam mono- ve seskuiterpen konsantrasyonlarının günlük ortalama hava sıcaklığı (örnekleme yapılan Eylül-2011 ile Ağustos 2013 yıllarının verilerinin ortalaması) ve zamana (24 aylık gözlem ve örnekleme) bağılı olarak değişimleri ile olan ilişkileri aşağıda sunulmuştur (şekil 4.21-32).



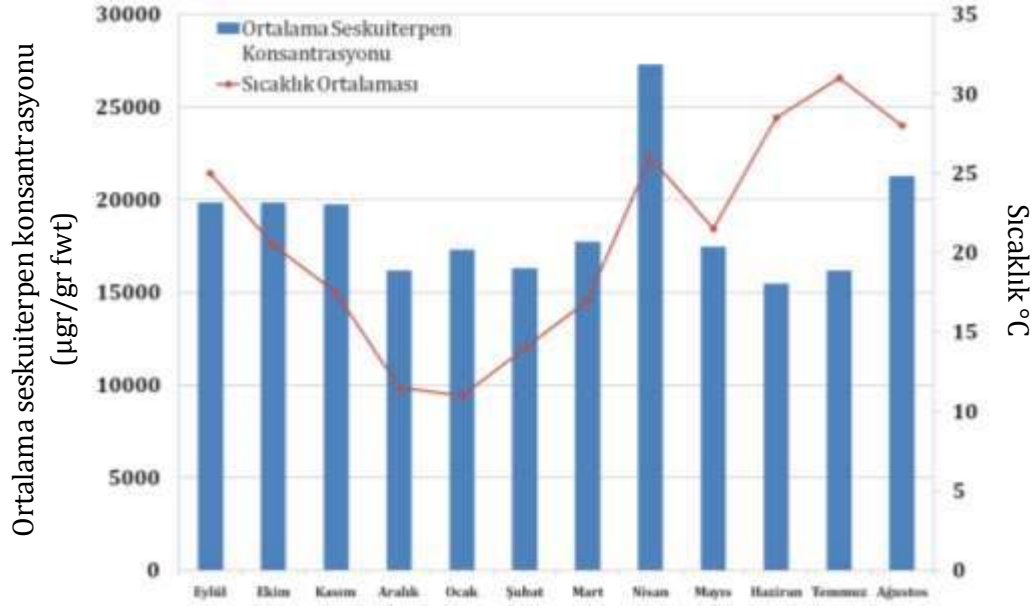
Şekil 4.21 9266 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonun aylara ve hava sıcaklığına bağılı olarak varyasyonu (µgr/gr fwt) (n=60).



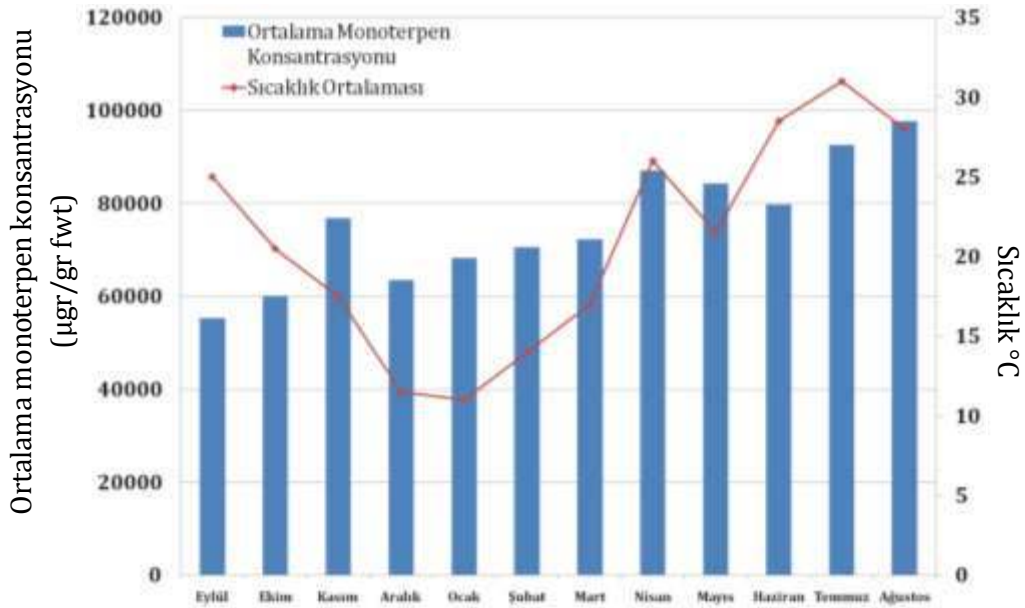
Şekil 4.22 9266 nolu klona ait ortalama toplam seskiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu ($\mu\text{gr/gr fwt}$) ($n=60$).



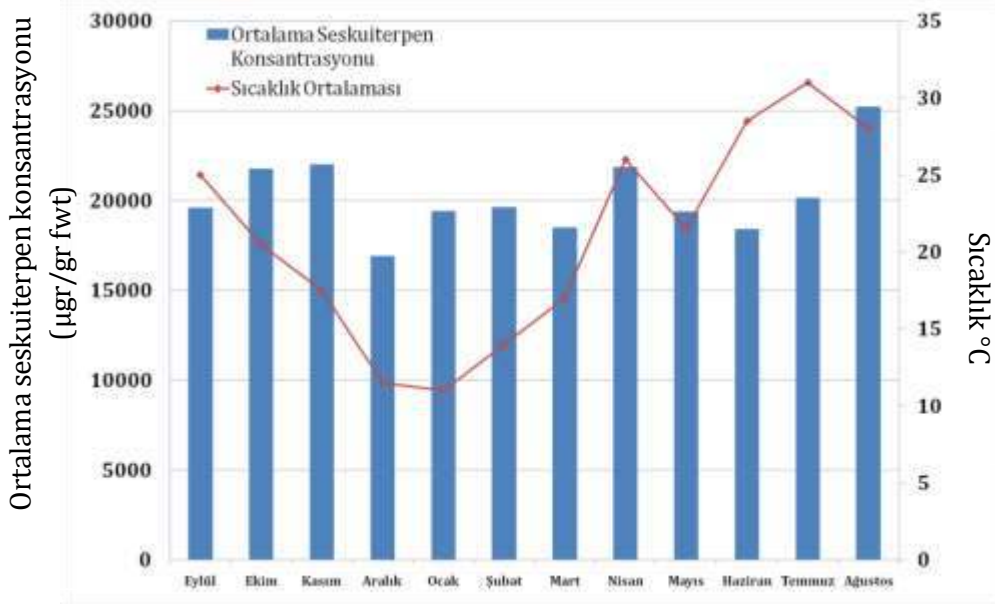
Şekil 4.23 9267 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu ($\mu\text{gr/gr fwt}$) ($n=60$).



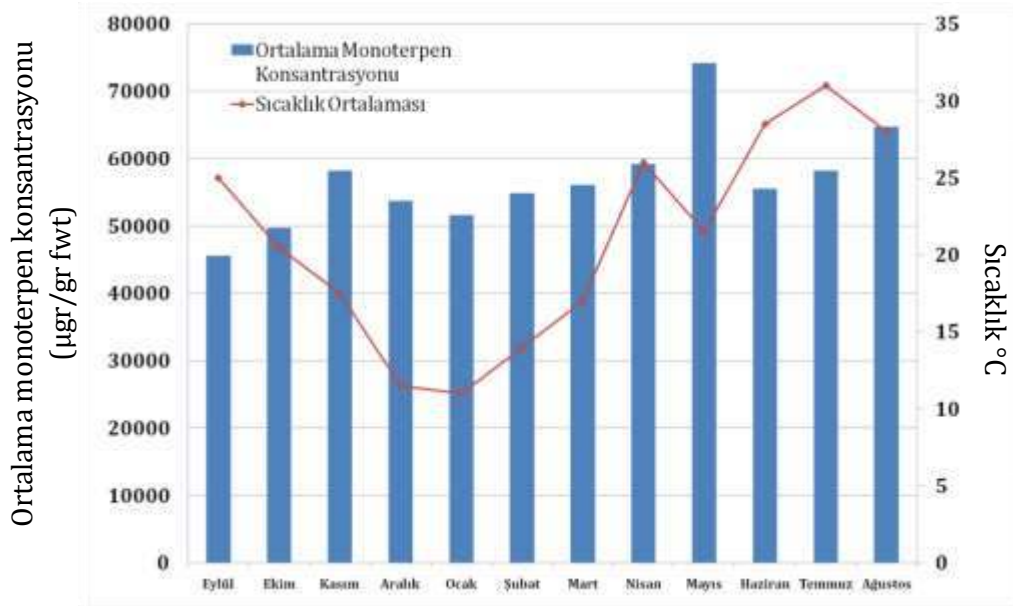
Şekil 4.24 9267 nolu klona ait ortalama toplam seskiterpen konsantrasyonun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu (µgr/gr fwt) (n=60).



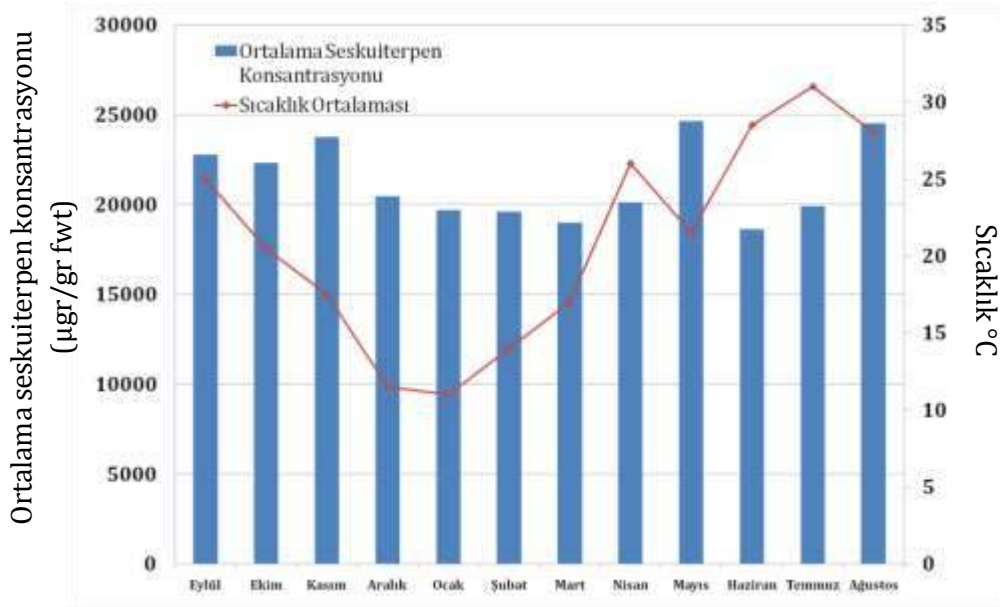
Şekil 4.25 9268 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu (µgr/gr fwt) (n=60).



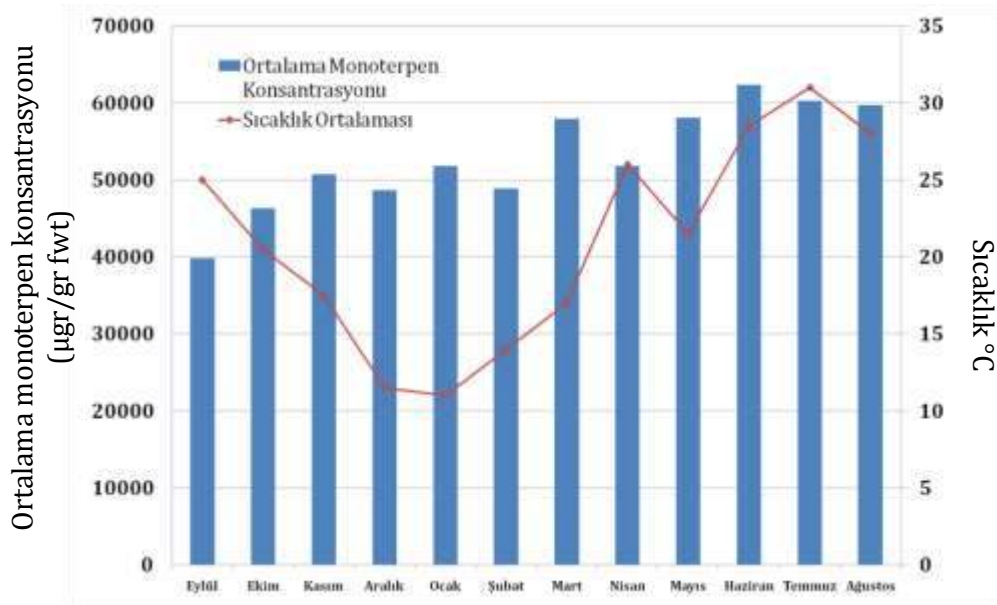
Şekil 4.26 9268 nolu klona ait ortalama toplam seskiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu (µgr/gr fwt) ($n=60$).



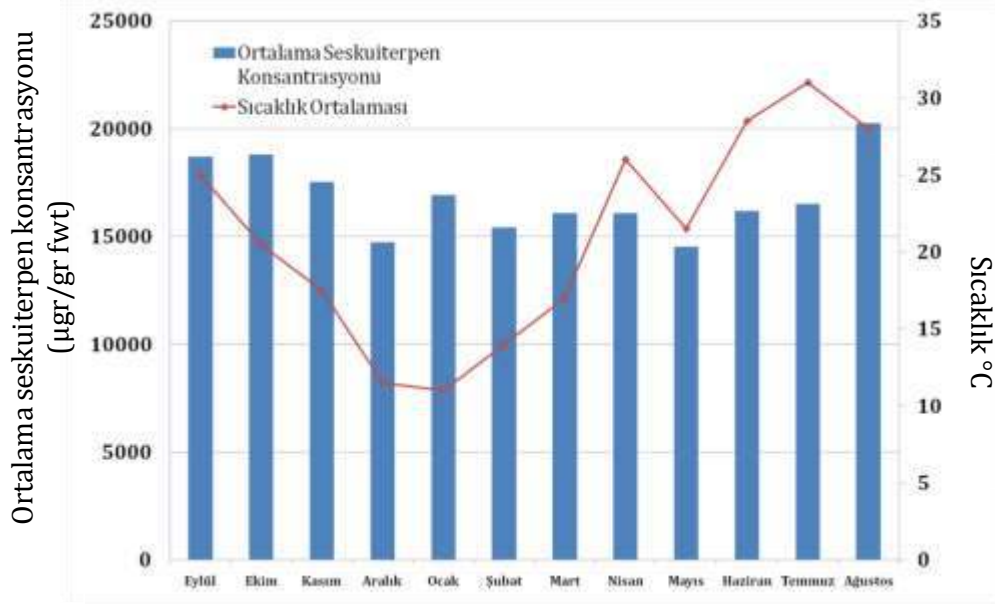
Şekil 4.27 9285 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu (µgr/gr fwt) ($n=60$).



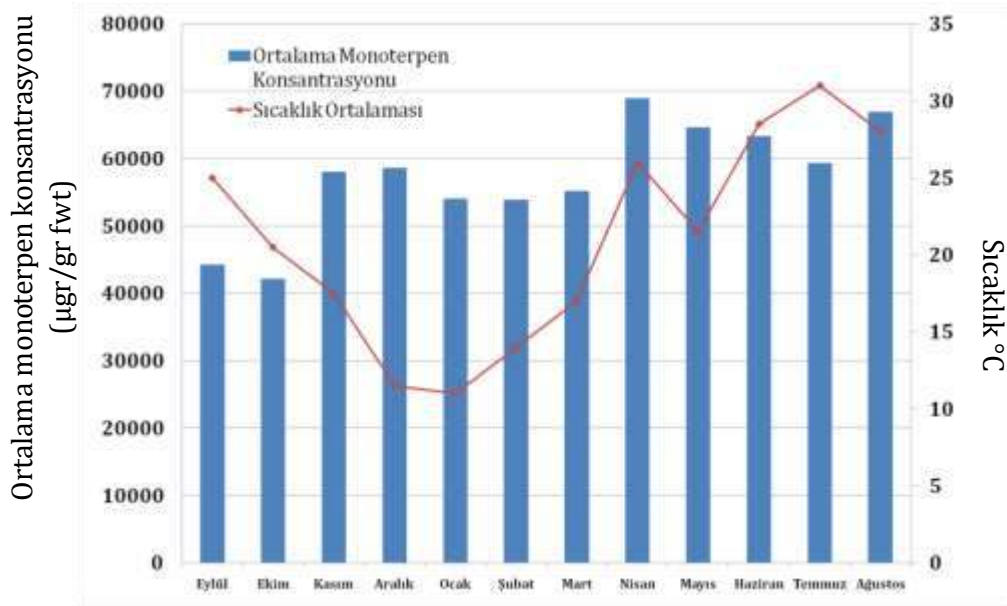
Şekil 4.28 9285 nolu klona ait ortalama toplam seskuiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu ($\mu\text{gr}/\text{gr fwt}$) ($n=60$).



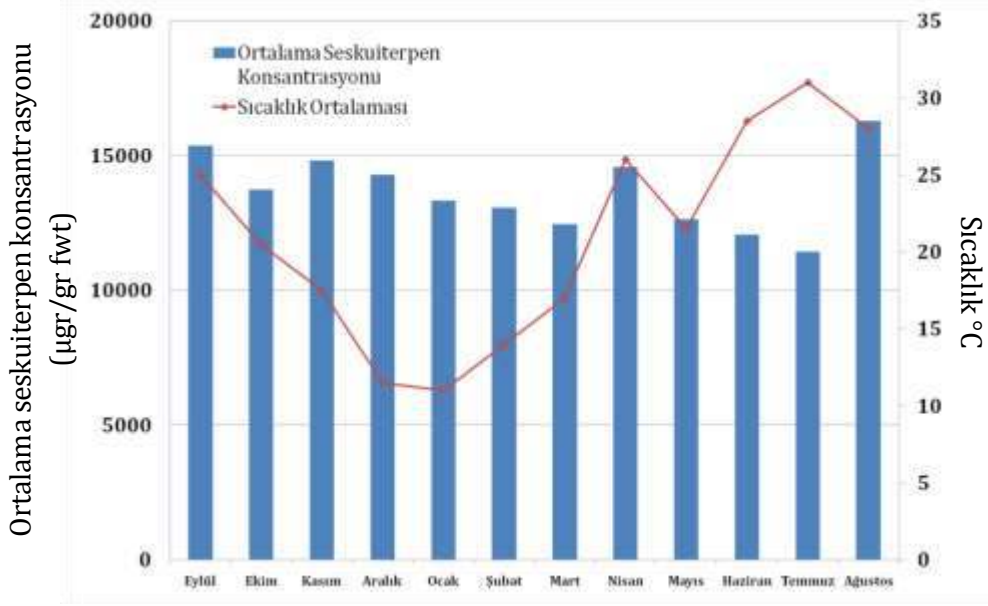
Şekil 4.29 9286 nolu klona ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu ($\mu\text{gr}/\text{gr fwt}$) ($n=60$).



Şekil 4.30 9286 nolu klonu ait ortalama toplam seskiterpen konsantrasyonun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu ($\mu\text{gr}/\text{gr fwt}$) ($n=60$).



Şekil 4.31 9294 nolu klonu ait ortalama toplam monoterpen konsantrasyonun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu ($\mu\text{gr}/\text{gr fwt}$) ($n=60$).



Şekil 4.32 9294 nolu klona ait ortalama toplam seskiterpen konsantrasyonunun aylara ve hava sıcaklığına bağlı olarak varyasyonu ($\mu\text{gr/gr fwt}$) ($n=60$).

4.4. İbre bileşenlerinin aylara göre değişiminin istatistiksel analiz sonuçları

Bu kısımda kızılçamda belirlenen bileşiklere ait aylık değişimlerin tek yönlü ANOVA analizleri yapılmıştır. Bu bileşikler aynı zamanda çam kese böceğine karşı olan kimyasal etkileşimin belirlenmesi konusundaki yapılmış en önemli saha ve analiz çalışması olan Semiz (2009)'a göre önemli olduğu bulunmuş olan bileşiklerdir. En dirençli klon olan 9268 ve en duyarlı klon olan 9294 nolu klona ait ağaçlarda bulunan ve analizi gerçekleştirilen bileşiklerin iki yılı süreye ait olan miktarları aylara göre değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.1). Buna göre aşağıdaki gibi sonuçlar bulunmuştur.

9268 nolu klona ait ağaçlardan toplanan ibrelerden yapılan mono- ve seskiterpen analizlerinde, α -pinen, β -pinen, mirsen, limonen, α -terpinolen, trans- β -karyofillen, α -humulen bileşiklerinin homojen bir dağılım gösterdiği, kamfen, 3-karen, trans- β -osimen, germacren-D ve d-kadien bileşiklerinin ise homojen bir dağılıma sahip olmadığı görülmüştür. Homojen veri setine sahip olan bileşiklerin ANOVA testi sonuçlarına göre, α -pinen, β -pinen, mirsen ve limonen bileşiklerinde aylara göre istatistiksel anlamda farklar bulunmuştur. Şöyle ki, α -pinen bileşiği için eylül, ekim ve ocak aylarındaki miktarının temmuz-ağustos aylarındaki miktara göre farklı olduğu

görülmüştür ($F_{\alpha\text{-pinen}}= 3.833$, $P<0,001$). β -Pinen'de ise, eylül ve ekim aylarındaki miktarın temmuz-ağustos aylarındaki miktara göre istatistiksel önemde farklı olduğu görülmüştür ($F_{\beta\text{-pinen}}= 5.108$, $P<0,001$). Mirsen bileşiği incelendiğinde, ocak ayındaki miktarın agustos ayına göre farklı olduğu tespit edilmiştir ($F_{\text{mirsen}}= 2.083$, $P=0,027$). Son olarak limonen bileşiği incelendiğinde yine mirsen bileşiğinde olduğu gibi ocak ayı limonen miktarının ağustos ayı limonen miktarından farklı olduğu tespit edilmiştir ($F_{\text{limonen}}= 2.495$, $P=0,008$). Homojen dağılıma sahip olmayan ve dolayısıyla parametrik test uygulayamamız bileşikler kamfen, 3-karen, trans- β -osimen, germakren-D ve d-kadien'dir. Bu bileşiklerden germakren-D hariç diğer tüm bileşiklerin Kruskal Wallis testi sonrasında kendi içlerinde aylara göre istatistiksel anlamda farklılık gösterdikleri görülmüştür ($F_{\text{kamfen}}= 32.432$, $P<0,001$; $F_{3\text{-karen}}= 37.227$, $P<0,001$; $F_{\text{trans-}\beta\text{-osimen}}= 44.491$, $P<0,001$; $F_{\text{d-kadien}}= 35.162$, $P<0,001$).

9294 nolu klona ait ağaçlar üzerinde yapılan analizler sonucunda, verileri homojen dağılım gösteren bileşik değerleri içerinden β -pinen bileşiği ve germakren-D bileşiği için ANOVA testi sonuçlarına göre farklılıklar bulunmuştur. Bu veriler içerisinde de β -pinen bileşiği miktarının, eylül ve ekim aylarında diğer aylara göre istatistiksel anlamda farklı olduğu görülmüştür ($F_{\beta\text{-pinen}}= 2.788$, $P<0,003$). Germakren-D bileşiği için ise, bu bileşiğin yıl içinde oldukça değişkenlik gösterdiği, bu değişkenliğinde istatistiksel önemde olduğu görülmüştür ($F_{\text{germakren-D}}= 14.706$, $P<0,001$). Farklılığı sebep olan aylar ise Eylül ayı ve Temmuz ayları germakren-D bileşiği miktardır. Homojenite testi sonrası veri setleri homojen dağılmayan bileşikler olan kamfen, trans- β -osimen, α -terpinolen ve d-kadien bileşikleri için ise parametrik olmayan testlerden Kruskal-Wallis testi yapılmıştır. Bu test sonrasında kamfen bileşiği hariç diğer bileşiklere ait verilerin arasında aylara bağlı olarak istatistiksel anlamda farklılıkların olduğu görülmüştür ($F_{\text{trans-}\beta\text{-osimen}}= 58.169$, $P<0,001$; $F_{\alpha\text{-terpinolen}}= 38.035$, $P<0,001$; $F_{\text{d-kadien}}= 81.166$, $P<0,001$). Yukarıda açıklanan tüm analizlere ait istatistik paket program çıktıları proje metni sonundaki EK-2 dosyasının içerisinde görülmektedir.

Çizelge 4.1 Tohum bahçesinde ÇKB istilasına en dirençli klon olan 9268 nolu klona ait ağaçlardan toplanan ibrelerin analizleri sonucu bulunan başlıca bileşiklerin iki yıllık çalışma aylarına ait verilerin ortalaması ($\mu\text{gr}/\text{gr fwt}$) ($n=10$).

Aylar	Ağaç	α -pinen	kamfen	β -pinen	mirsen	3-karen	limonen	β -osimen	α -terpinolene	β -karyofillen	α -humulen	germakren-D	d-kadien
Eylül	1	1936,58	43,59	2933,05	346,34	65,60	111,10	47,83	826,06	1225,55	132,33	313,72	5,00
	2	436,46	497,31	1049,22	57,53	10,86	26,27	45,15	0,76	252,65	24,31	179,01	2,29
	3	2004,91	43,16	3353,15	637,58	25,83	108,79	118,56	35,86	1574,31	168,36	832,24	46,68
	4	2856,98	68,39	4008,78	516,21	14,99	159,72	46,87	46,40	1232,24	120,19	348,22	5,53
	5	2373,87	51,90	3140,77	321,18	40,92	116,94	75,48	50,90	952,35	89,72	393,16	6,89
	6	1593,28	35,16	3134,55	506,45	24,47	101,16	123,85	39,02	1462,92	157,23	379,03	63,86
	7	1392,94	29,69	2891,71	601,23	22,64	89,18	128,49	26,92	1330,61	139,66	972,34	53,33
	8	1736,68	38,98	2943,09	554,84	19,18	100,99	73,48	47,91	1525,42	165,69	950,50	47,21
	9	1530,87	34,00	2707,68	546,87	23,81	90,97	125,70	44,09	1343,02	144,87	964,09	50,67
	10	2477,82	56,65	5176,88	773,46	62,84	160,60	121,25	0,00	2182,25	235,19	900,38	61,27
Ekim	1	1832,80	38,34	1081,91	242,43	71,33	87,87	71,46	966,42	995,38	104,73	340,24	9,93
	2	811,82	16,52	1743,45	113,30	28,59	51,37	44,99	0,00	475,23	46,43	306,72	0,00
	3	1577,14	36,53	3169,05	543,93	93,55	102,38	89,75	90,28	1408,71	149,69	880,04	59,71
	4	2677,86	63,01	3986,20	398,02	24,82	148,55	243,85	52,83	1077,66	102,44	453,96	0,00
	5	2173,92	49,93	3126,74	367,53	25,07	115,09	21,63	62,56	902,97	85,56	238,10	0,00
	6	1854,28	43,35	4051,65	518,95	42,31	128,74	135,29	55,39	1677,41	176,85	1171,97	73,62
	7	1872,31	46,23	3880,31	724,12	106,82	127,63	109,52	153,09	1549,99	166,27	897,75	50,68
	8	1882,56	44,70	3715,74	712,65	48,72	121,97	72,97	58,97	1701,63	184,14	808,24	46,44
	9	1616,76	36,82	3044,19	454,22	31,99	98,39	113,08	55,31	1382,69	146,92	911,70	56,30
	10	1896,33	46,88	3942,76	566,87	68,21	135,78	99,99	82,45	1844,72	202,27	794,97	66,02
Kasım	1	2514,71	54,34	3351,96	300,16	46,77	114,63	41,70	1207,01	1241,86	131,68	262,74	6,93
	2	835,58	15,06	1961,62	131,02	29,60	56,26	39,47	0,00	495,72	47,85	274,82	0,00
	3	2327,87	55,94	5215,40	880,93	241,53	162,81	77,39	267,97	1998,01	219,18	706,01	44,56
	4	3497,83	87,39	5564,43	582,13	70,75	203,92	42,78	192,30	1325,09	128,62	385,10	7,46
	5	2672,28	56,04	3265,83	333,79	52,37	113,74	15,68	83,57	916,83	86,38	142,49	0,00
	6	2116,49	51,67	4645,62	642,18	66,21	144,05	79,13	94,12	1973,28	214,89	921,60	47,44
	7	2055,69	48,55	4597,18	698,55	99,80	136,70	98,18	82,83	1594,47	169,13	714,88	47,90
	8	2001,82	48,04	4278,20	693,48	32,55	130,99	48,47	67,67	1835,68	200,11	741,00	41,90
	9	1752,04	38,60	3644,75	474,85	69,82	106,86	91,33	0,00	1407,39	149,96	539,62	37,98
	10	1790,12	42,20	4154,32	524,44	101,98	124,45	79,94	96,02	1710,55	183,94	779,59	50,73
Aralık	1	2090,22	46,15	2949,58	257,27	58,60	95,99	34,23	1226,43	996,90	104,39	202,51	12,94
	2	637,83	2,97	1393,69	79,61	13,36	34,61	22,05	0,00	270,79	21,76	88,13	0,00
	3	2041,19	48,67	4420,09	473,99	53,43	122,25	49,16	0,00	1583,22	165,54	511,44	34,91
	4	3186,15	76,52	5179,08	490,99	76,99	170,88	26,37	0,00	1199,85	114,61	275,29	6,24
	5	2701,20	57,37	4043,28	299,19	146,97	120,13	21,97	0,00	890,97	81,30	196,89	4,35
	6	2103,83	50,52	4292,60	589,10	101,53	122,64	57,13	0,00	1599,15	169,47	566,19	35,33
	7	1780,25	44,97	4398,39	560,73	67,37	118,55	69,76	90,70	1313,24	136,04	696,79	47,92
	8	1558,68	35,10	3471,70	429,59	107,34	96,31	41,12	0,00	1272,30	132,25	431,36	31,87
	9	1465,73	30,13	3265,05	318,83	261,39	82,29	42,71	0,00	1214,53	125,37	325,00	21,98
	10	2186,58	56,38	4805,69	746,34	107,20	138,69	45,21	142,55	1861,50	200,66	516,53	30,78

Çizelge 4.1'den devam.

Aylar	Ağaç	α -pinen	kamfen	B-pinen	mirsen	3-karen	limonen	β -osimen	α -terpinolene	β -karyofillen	α -humulen	germakren-D	d-kadiene
Ocak	1	2132,43	39,67	1519,62	103,64	50,69	78,41	24,52	386,83	1394,34	139,48	220,05	6,80
	2	1421,87	19,11	2073,22	142,45	41,03	57,88	41,02	0,00	993,37	97,87	200,22	11,32
	3	1977,77	37,59	3298,79	313,51	85,97	91,18	47,17	0,00	1713,47	176,40	447,34	28,62
	4	2294,60	51,23	4436,48	386,92	116,73	138,50	57,77	66,51	1235,43	119,56	316,01	9,32
	5	2288,58	47,93	3767,79	267,47	65,80	113,48	47,51	65,19	1133,62	110,46	301,71	12,05
	6	2052,71	46,22	4764,96	405,74	87,18	131,42	61,47	77,44	1827,90	190,32	549,32	31,61
	7	1770,82	37,40	3796,20	329,37	109,30	101,20	94,80	0,00	1333,01	134,93	411,19	30,96
	8	1554,50	31,74	3275,03	251,14	47,98	84,73	61,32	0,00	1215,77	122,42	363,79	25,97
	9	1728,98	37,18	3763,60	324,23	65,59	102,21	69,03	0,00	1461,58	149,47	486,10	31,09
	10	1699,07	35,46	3625,10	387,64	106,62	99,97	88,04	0,00	1479,14	152,42	422,55	30,38
Şubat	1	2830,51	58,74	3860,24	360,55	66,35	128,30	23,29	1378,89	1455,43	152,24	229,74	7,80
	2	837,53	8,13	1941,87	110,67	29,23	49,02	32,64	0,00	435,29	39,89	169,99	3,72
	3	2272,48	53,79	5207,13	753,39	116,69	150,43	32,59	19,41	2111,16	224,96	692,93	32,40
	4	2722,12	56,91	4579,07	413,28	116,92	137,11	24,52	11,30	887,28	80,65	170,49	1,93
	5	1752,87	21,01	2835,45	188,40	102,97	75,11	12,91	9,96	585,60	51,06	207,85	4,01
	6	2299,88	50,92	4966,80	578,18	77,96	141,84	94,19	80,72	1779,88	188,84	660,08	46,72
	7	2074,33	47,32	4600,38	668,42	85,72	126,06	79,39	15,47	1508,27	157,65	693,16	194,93
	8	1653,25	37,10	3994,13	503,76	31,66	106,76	35,42	14,23	1375,09	142,86	569,98	32,69
	9	2098,27	43,78	3816,48	488,75	106,79	107,14	73,85	84,68	1441,63	151,35	375,42	17,61
	10	1992,59	47,15	4710,08	564,82	61,97	131,26	51,63	75,72	1791,49	188,98	656,38	37,76
Mart	1	2381,49	46,88	3370,69	284,20	54,12	106,45	21,30	1181,64	1050,00	107,14	187,97	0,00
	2	782,21	1,79	2267,58	118,70	34,52	54,83	20,19	0,00	442,79	40,68	135,53	0,00
	3	1870,56	37,54	3792,02	487,01	131,08	101,11	43,16	0,00	1461,66	150,25	435,12	22,31
	4	2754,34	54,94	4538,31	381,73	123,73	129,63	26,78	0,00	802,78	71,01	275,28	0,00
	5	2701,97	53,79	4097,27	312,35	59,21	120,96	21,38	0,00	936,69	84,35	227,05	0,00
	6	2142,16	44,94	4515,27	579,97	114,96	122,48	60,21	91,20	1445,16	150,95	606,50	40,87
	7	2374,19	53,07	5367,28	824,70	152,12	149,14	70,75	79,90	1819,64	189,82	704,81	23,55
	8	2373,76	52,67	4952,35	838,41	38,92	138,58	39,05	0,00	1916,52	201,89	540,03	20,69
	9	1918,43	36,89	3717,03	406,79	66,09	95,75	55,00	0,00	1216,41	125,83	357,84	23,57
	10	2373,19	50,83	5138,88	646,02	80,81	142,22	73,00	0,00	1839,27	193,67	556,81	48,81
Nisan	1	2608,37	52,68	3599,98	275,75	72,06	111,30	16,95	1002,88	1214,17	121,59	142,40	4,64
	2	1626,00	33,68	3004,79	153,83	62,42	74,29	30,80	0,00	654,14	53,14	113,78	0,00
	3	2403,08	59,31	5392,73	632,43	156,92	151,55	48,68	116,46	1938,49	201,14	667,62	19,58
	4	3037,20	63,24	4840,28	373,71	89,83	138,38	32,61	0,00	983,11	88,48	219,39	6,13
	5	2795,65	56,84	4323,77	306,37	61,20	123,45	19,11	0,00	901,35	79,48	204,13	0,00
	6	2707,04	68,62	6094,25	717,87	214,18	171,69	64,28	139,08	2113,47	224,15	679,98	19,19
	7	2697,53	65,99	6196,16	863,35	296,76	169,10	86,31	163,81	1865,89	190,93	585,59	19,70
	8	2732,87	69,27	6036,70	1171,77	65,37	176,22	34,03	0,00	2225,75	236,20	471,42	15,71
	9	2590,42	59,61	4786,68	699,06	87,03	138,40	52,63	0,00	1991,28	210,93	439,70	20,84
	10	2543,23	60,32	5454,23	734,20	191,69	155,81	60,62	113,56	2044,59	216,86	546,71	21,66

Çizelge 4.1'den devam.

Aylar	Ağaç	α -pinen	kamfen	B-pinen	mirsen	3-karen	limonen	β -osimen	α -terpinolene	β -karyofillen	α -humulen	germakren-D	d-kadiene
Mayıs	1	3150,77	65,48	4315,33	387,30	65,60	137,46	22,76	1153,53	1468,70	150,58	191,24	5,31
	2	737,65	2,54	1714,53	95,29	36,90	40,30	21,15	0,00	178,15	16,60	79,97	0,00
	3	2745,12	60,81	5360,23	644,09	127,32	151,20	30,12	0,00	2089,47	217,32	556,83	16,16
	4	3151,44	63,05	4812,58	377,55	55,45	134,68	21,89	0,00	980,21	85,34	139,82	0,00
	5	2665,53	52,32	3967,44	296,63	110,03	109,03	13,69	0,00	782,83	52,74	160,92	0,00
	6	2635,07	59,31	5598,16	664,36	127,11	154,57	54,42	0,00	1942,92	203,37	415,93	25,84
	7	2764,06	61,58	6022,86	865,76	195,27	164,41	60,15	0,00	1684,61	171,64	521,89	18,58
	8	2711,06	62,04	6199,38	781,13	89,71	165,04	25,98	0,00	2015,24	206,86	497,26	7,62
	9	2466,64	53,28	5003,85	795,95	51,80	128,33	28,67	0,00	1402,75	140,46	389,53	7,69
	10	2625,89	56,03	5562,79	614,09	128,52	145,59	44,07	0,00	1892,14	193,99	394,45	11,59
Haziran	1	2273,32	43,66	3112,03	270,22	47,12	95,68	14,96	868,27	992,29	98,21	124,61	0,00
	2	1340,95	17,70	3002,32	199,45	51,12	76,02	16,75	0,00	611,99	48,07	172,31	0,00
	3	2276,47	50,18	4645,42	605,66	55,95	124,18	25,67	0,00	1762,97	182,51	557,24	15,90
	4	3510,28	70,11	4642,15	452,48	24,67	141,72	9,25	0,00	693,34	42,84	127,42	0,00
	5	3347,22	63,98	4474,68	290,47	23,39	123,39	10,90	0,00	738,62	44,25	171,97	0,00
	6	2425,91	20,55	5424,05	619,88	20,33	132,78	27,78	0,00	1744,43	176,04	460,40	0,00
	7	2783,71	65,10	6238,97	1112,42	131,47	186,09	55,78	0,00	2158,84	226,83	721,77	18,97
	8	2730,19	59,44	5210,20	815,63	147,60	149,16	50,67	0,00	1965,15	206,50	435,40	18,79
	9	2282,44	46,01	4252,29	581,59	58,11	108,40	29,13	0,00	1329,90	135,92	260,92	11,75
	10	1947,10	29,46	4692,99	425,44	168,88	116,23	28,15	0,00	1584,63	159,87	386,47	0,00
Temmuz	1	3448,23	68,35	4407,03	349,95	23,01	130,29	10,23	994,97	1331,03	130,75	144,54	0,00
	2	1083,86	3,36	2577,27	146,04	22,82	61,20	19,88	0,00	360,61	34,85	156,15	0,00
	3	2558,49	60,55	6172,94	976,70	76,41	164,61	29,10	0,00	2187,50	222,10	504,58	0,00
	4	4272,06	94,07	6278,22	685,34	372,50	197,41	5,29	0,00	1083,77	92,17	117,57	0,00
	5	4386,44	95,95	6229,25	542,55	20,92	190,94	12,26	0,00	1221,29	104,40	91,76	0,00
	6	2243,59	48,34	4797,68	556,66	23,25	124,30	27,27	0,00	1394,91	137,19	507,12	0,00
	7	3063,33	68,28	5998,30	912,73	59,87	164,46	69,47	0,00	1911,98	194,14	419,93	0,00
	8	3700,34	85,39	6638,20	606,66	38,65	188,72	33,07	0,00	2613,47	272,44	418,96	0,00
	9	2061,59	21,54	4554,24	622,93	233,39	109,93	15,92	0,00	1541,79	152,28	306,77	0,00
	10	2589,85	57,28	5543,89	779,99	79,36	150,19	36,07	0,00	1930,29	136,14	430,94	0,00
Ağustos	1	3570,64	73,23	4821,09	379,45	22,75	150,87	26,46	1451,81	1669,00	169,47	218,20	0,00
	2	1072,62	9,64	2310,86	131,58	12,09	55,83	38,37	0,00	507,47	31,50	206,89	0,00
	3	1711,74	60,88	5377,01	904,30	9,20	143,11	32,78	0,00	2023,30	210,99	474,33	16,19
	4	5245,72	116,35	7889,04	742,61	11,25	251,57	21,33	0,00	1769,69	162,23	209,94	0,00
	5	3219,39	58,89	4474,76	298,01	7,01	121,35	25,10	0,00	907,39	75,97	130,20	0,00
	6	2639,02	59,21	5607,19	839,84	19,26	152,20	68,27	0,00	2079,06	217,49	838,60	28,32
	7	2915,02	64,86	6340,21	1111,38	138,58	181,66	111,80	93,10	2262,97	235,83	968,88	44,57
	8	3616,83	76,73	6591,11	1045,23	34,68	189,03	72,37	0,00	2761,26	288,05	556,48	31,15
	9	3167,46	67,72	6003,94	1202,80	14,81	164,04	63,95	0,00	2188,20	226,17	487,99	25,97
	10	3648,41	73,66	5275,42	723,67	44,70	157,81	74,27	0,00	2222,33	222,40	604,02	37,78

Çizelge 4.2 Tohum bahçesinde ÇKB istilasına en duyarlı klon olan 9294 nolu klona ait ağaçlardan toplanan ibrelerin analizleri sonucu bulunan başlıca bileşiklerin iki yıllık çalışma aylarına ait verilerin ortalaması ($\mu\text{gr}/\text{gr fwt}$) ($n=10$).

Aylar	Ağaç	α -pinen	kamfen	B-pinen	mirsen	3-karen	limonen	β -osimen	α -terpinolene	β -karyofillen	α -humulen	germakren-D	d-kadiene
Eylül	1	2022,58	41,77	2629,39	225,93	30,13	89,31	129,88	36,00	820,75	79,40	446,25	12,82
	2	1914,32	39,19	2767,02	260,28	34,67	93,31	99,20	38,29	968,67	96,17	655,30	27,55
	3	2317,44	48,23	2922,36	278,44	36,05	104,30	64,63	48,06	1021,10	101,06	506,34	21,96
	4	1616,63	29,88	1003,89	253,36	7,15	59,38	81,28	1,86	950,39	94,49	499,05	30,53
	5	2153,85	42,97	2260,96	287,50	5,13	75,99	64,96	31,27	1255,34	127,18	431,98	17,32
	6	2333,95	54,28	3591,81	586,17	277,15	123,62	148,88	231,02	1356,59	135,18	636,73	18,98
	7	1247,44	21,66	1157,02	136,47	30,50	54,19	79,35	28,56	600,16	57,71	602,21	38,28
	8	1151,76	19,86	1837,52	117,89	24,20	40,00	27,19	1,80	507,82	48,37	387,66	18,28
	9	1256,75	20,03	1743,88	131,80	40,39	46,62	57,44	25,52	539,68	50,48	511,39	34,03
	10	1008,94	18,06	1290,64	204,88	7,99	39,47	115,45	0,00	552,82	53,60	457,19	27,47
Ekim	1	1988,36	41,41	2944,66	242,19	33,65	100,14	31,93	47,59	923,80	90,01	523,89	23,39
	2	1808,34	36,94	1456,15	203,66	59,66	81,63	86,33	72,70	830,67	81,26	437,47	0,00
	3	1801,57	39,66	2791,01	258,86	60,01	96,63	40,98	81,31	820,92	79,55	479,43	0,00
	4	1861,85	40,76	2469,07	272,63	94,35	83,18	74,88	87,30	1004,07	100,05	530,31	24,91
	5	2058,71	44,81	2419,34	277,21	30,14	83,03	47,12	55,55	1180,26	118,97	397,32	21,04
	6	1990,66	44,42	3233,97	471,16	167,45	103,48	84,62	108,29	1204,28	119,21	617,00	32,06
	7	933,43	15,53	1231,85	119,51	36,03	41,48	90,02	1,99	623,27	59,68	343,60	24,80
	8	687,17	10,60	1084,70	60,45	16,60	26,30	23,93	0,00	294,23	27,19	235,34	16,76
	9	1228,42	23,59	1802,97	140,67	63,66	52,83	39,20	54,35	539,18	50,95	480,63	27,14
	10	1151,86	22,22	1527,37	213,36	107,54	53,39	108,27	50,20	678,05	66,16	341,73	21,48
Kasım	1	2220,32	44,74	3593,25	235,49	70,23	106,19	33,62	77,45	883,98	84,56	429,65	11,62
	2	2194,86	43,62	3195,47	233,46	51,31	99,65	64,26	2,28	963,65	93,80	310,32	0,00
	3	2130,84	42,13	3360,80	218,56	40,16	98,51	31,81	2,83	947,32	91,95	409,35	0,00
	4	2722,71	56,88	3876,81	400,84	188,76	115,43	52,31	118,86	1354,16	134,64	444,66	21,86
	5	2462,88	50,78	3380,70	316,89	170,47	100,40	30,87	2,68	1341,07	133,91	357,29	16,80
	6	2773,69	59,96	4671,99	571,07	329,59	137,10	79,72	270,68	1501,54	147,34	521,84	10,96
	7	1456,83	23,29	2153,63	149,26	58,47	56,71	48,35	1,84	615,57	57,82	305,99	24,24
	8	1386,45	25,28	2351,70	152,44	80,97	61,13	28,06	0,00	620,71	58,18	339,11	18,59
	9	1465,75	23,92	2109,44	128,83	42,83	55,28	26,50	0,00	644,63	61,61	318,35	19,79
	10	1543,58	29,48	2380,64	342,78	131,71	71,19	72,78	0,00	887,70	86,64	296,45	17,18
Aralık	1	2348,87	51,23	3758,68	283,20	85,18	113,51	21,46	109,17	963,17	92,64	274,28	11,85
	2	2175,26	41,79	3007,56	218,86	70,11	92,36	52,84	0,00	895,69	86,30	223,03	11,16
	3	2398,20	48,77	3762,92	270,44	82,65	112,35	26,03	0,00	1082,54	105,05	359,66	17,97
	4	2207,02	47,20	3054,66	344,41	240,31	87,65	24,87	132,95	1055,60	104,91	332,12	13,08
	5	2664,74	54,07	3378,97	356,72	173,08	100,97	39,78	0,00	1391,28	138,60	272,65	18,39
	6	2586,38	58,34	4267,27	578,16	193,02	121,23	45,89	162,47	1429,43	142,31	393,43	22,33
	7	1531,06	26,23	2496,47	179,34	61,05	66,51	30,23	0,00	668,73	62,71	236,79	15,91
	8	1537,20	31,98	2920,06	283,04	27,18	78,60	31,40	0,00	970,88	97,97	315,04	16,43
	9	1551,65	29,86	2298,41	188,96	91,36	63,31	21,14	0,00	654,89	61,18	239,38	13,99
	10	1673,20	32,89	2366,20	324,91	157,67	73,59	68,06	118,97	905,47	88,50	275,30	16,29

Çizelge 4.2'den devam.

Aylar	Ağaç	α -pinen	kamfen	B-pinen	mirsen	3-karen	limonen	β -osimen	α -terpinolene	β -karyofillen	α -humulen	germakren-D	d-kadiene
Ocak	1	2407,59	46,82	3700,08	240,34	79,58	109,23	34,53	76,31	926,13	88,66	430,94	19,62
	2	2046,50	35,56	2812,74	198,25	80,88	79,92	65,63	0,00	713,61	67,05	225,68	78,78
	3	2313,95	43,37	3564,71	227,35	78,03	103,14	54,22	0,00	901,64	85,70	399,04	11,69
	4	2286,41	42,34	3020,80	397,32	111,58	84,11	42,25	0,00	1128,40	109,09	352,85	25,53
	5	2603,73	51,11	3620,49	343,74	157,18	103,12	32,81	0,00	1394,63	138,98	379,47	19,05
	6	3130,57	70,13	5091,04	704,13	356,19	150,32	77,37	279,75	1645,07	161,92	516,43	27,46
	7	1061,11	9,41	1427,33	95,10	38,66	34,56	56,88	0,00	428,50	39,00	216,33	20,38
	8	1073,56	10,81	1916,93	108,48	46,65	45,77	18,81	0,00	436,92	39,89	262,40	9,77
	9	985,94	4,76	1419,44	85,34	25,78	34,15	19,03	0,00	404,55	37,36	260,06	13,62
	10	1411,48	25,21	2143,47	241,25	57,97	59,31	64,54	0,00	722,43	68,28	294,59	17,18
Şubat	1	2181,69	39,47	3089,46	203,23	50,64	86,45	15,94	0,00	822,68	77,14	273,70	10,99
	2	2001,78	36,27	2724,18	206,93	56,88	79,48	47,54	0,00	819,72	77,86	276,71	8,54
	3	1722,48	31,13	2936,04	176,36	54,74	77,35	21,51	0,00	693,78	63,77	306,01	8,69
	4	2127,63	40,57	2156,13	272,55	171,51	77,88	34,89	0,00	1012,82	96,67	309,37	8,59
	5	2667,59	50,46	3430,23	337,31	113,31	96,15	27,33	0,00	1300,61	126,76	315,75	6,96
	6	3002,70	62,39	4922,68	615,81	306,62	137,90	65,98	114,10	1535,35	147,26	431,32	13,79
	7	1297,11	9,96	1442,46	126,25	62,14	46,58	47,79	0,00	498,93	44,46	218,33	14,67
	8	1181,13	13,10	2262,69	133,87	92,91	54,67	10,81	0,00	458,04	40,73	260,57	6,47
	9	1655,60	14,05	2511,48	164,72	56,48	62,76	21,83	0,00	637,61	58,54	284,66	11,63
	10	1870,20	35,69	2891,61	407,52	198,04	83,45	79,67	97,55	1030,56	99,27	418,14	13,41
Mart	1	2079,10	33,26	3079,61	184,76	75,90	79,45	25,84	0,00	680,57	60,80	227,35	7,76
	2	2268,57	40,54	3257,82	236,35	77,74	93,00	48,92	0,00	847,60	78,37	272,75	8,37
	3	1929,00	24,43	2961,13	196,63	87,05	80,81	34,63	0,00	677,73	60,90	253,11	11,54
	4	2509,17	47,34	3619,49	335,21	244,82	96,58	44,05	0,00	1133,56	107,43	395,17	21,42
	5	2759,73	55,15	3989,31	389,51	186,53	113,98	43,32	0,00	1316,32	126,99	388,89	10,22
	6	3211,14	68,11	5078,76	556,38	388,98	146,32	43,89	0,00	1611,47	157,05	451,66	13,58
	7	1025,66	3,75	1801,02	135,22	67,61	43,91	34,82	0,00	470,07	41,23	156,85	5,92
	8	1158,77	8,62	2046,03	116,19	84,53	45,91	49,76	0,00	422,18	36,95	241,02	2,03
	9	1442,80	10,15	2248,65	144,18	65,77	55,56	17,95	0,00	589,17	52,19	249,25	14,98
	10	1085,53	14,55	1983,02	315,57	104,22	52,51	32,32	0,00	644,27	57,81	251,25	10,10
Nisan	1	2978,10	61,99	4520,34	321,72	154,16	131,74	11,38	0,00	1007,54	92,16	263,51	0,00
	2	2783,82	56,14	4676,75	254,58	242,47	124,18	38,05	0,00	961,89	123,93	135,82	0,00
	3	2434,12	45,33	3634,12	252,34	136,85	102,38	40,43	1,45	834,56	75,93	263,28	0,67
	4	3346,76	71,20	4530,52	486,05	293,50	129,84	17,44	2,96	1643,76	159,20	331,77	11,80
	5	3354,65	69,19	4305,04	394,93	201,47	125,37	25,40	0,00	1654,11	158,74	286,80	8,29
	6	3452,71	77,33	5593,15	721,77	452,41	160,08	42,94	223,06	1888,31	182,92	478,98	11,05
	7	1355,05	13,07	2218,10	147,73	65,34	54,15	24,09	0,00	548,16	49,11	199,68	0,00
	8	1407,28	4,20	2252,05	117,57	22,73	52,53	11,45	0,00	569,33	49,58	187,87	0,00
	9	1845,39	16,17	2691,07	170,98	95,93	65,55	19,25	0,00	698,61	61,74	227,74	10,28
	10	1736,92	21,42	2740,46	282,89	175,60	76,68	55,24	0,00	908,83	83,93	262,68	0,00

Çizelge 4.2'den devam.

Aylar	Ağaç	α -pinen	kamfen	B-pinen	mirsen	3-karen	limonen	β -osimen	α -terpinolene	β -karyofillen	α -humulen	germakren-D	d-kadiene
Mayıs	1	2971,31	57,61	4439,64	342,26	107,55	129,48	22,23	0,00	444,07	96,29	220,61	0,00
	2	2373,16	41,61	3423,60	230,70	78,00	98,53	38,49	0,00	888,16	78,05	217,95	0,00
	3	2527,77	32,83	3533,19	188,43	136,29	88,34	24,42	0,00	750,76	65,73	246,83	0,00
	4	2445,97	44,79	3313,11	354,51	97,84	85,50	19,56	0,00	1111,80	101,01	257,17	0,00
	5	3241,92	62,75	3906,36	387,74	151,85	109,84	28,42	0,00	1558,02	149,93	254,07	0,00
	6	2802,94	57,14	4598,76	564,62	369,91	126,47	40,78	153,24	1404,64	131,75	427,89	0,00
	7	1577,20	19,53	2278,31	161,00	67,90	55,19	25,57	0,00	596,01	52,20	143,99	4,09
	8	1746,60	22,69	2935,62	174,38	111,99	71,44	14,56	0,00	687,91	60,20	223,35	9,15
	9	1794,35	21,05	2422,15	180,75	69,25	60,62	14,33	0,00	626,28	55,47	198,63	0,00
	10	2320,01	45,16	3300,49	447,18	428,15	100,76	62,54	173,87	1152,62	107,91	243,48	0,00
Haziran	1	3052,03	55,74	3908,96	286,66	82,02	112,83	22,23	0,00	939,04	84,20	207,42	0,00
	2	2382,04	39,08	3070,23	215,19	72,98	85,94	37,29	0,00	820,26	73,80	138,08	0,00
	3	2857,49	53,46	3727,46	258,33	37,46	100,49	6,37	0,00	687,62	60,86	159,13	0,00
	4	3039,36	29,48	4057,30	476,32	103,10	100,22	15,65	0,00	1258,86	113,75	169,46	0,00
	5	2579,82	35,05	3730,63	431,01	207,01	96,10	15,54	0,00	1378,31	130,22	245,40	0,00
	6	3825,38	86,80	6368,87	830,40	464,80	183,19	51,73	236,05	1995,92	191,81	335,43	8,02
	7	2044,85	14,44	2979,79	207,49	82,62	72,79	11,21	0,00	718,32	37,39	182,28	0,00
	8	1015,51	2,55	1896,77	85,71	43,18	39,46	10,49	0,00	452,69	28,32	158,33	0,00
	9	1736,85	3,70	2342,94	164,27	72,09	57,11	11,91	0,00	593,36	50,24	142,45	0,00
	10	996,76	13,70	1634,24	224,54	40,08	41,35	12,06	0,00	424,85	37,66	205,01	0,00
Temmuz	1	2953,83	54,00	3866,55	284,13	36,57	102,74	12,17	0,00	850,70	49,28	206,45	0,00
	2	2564,44	22,52	3125,34	222,24	89,65	83,06	7,59	0,00	729,18	62,14	152,84	0,00
	3	2923,42	54,33	4204,74	273,56	49,16	114,48	22,76	0,00	912,46	81,61	226,40	0,00
	4	2863,44	37,70	3484,42	375,22	19,60	85,64	10,34	0,00	1209,34	110,42	199,91	0,00
	5	3424,22	68,05	4393,27	476,09	88,02	117,27	15,61	0,00	1646,14	152,90	204,78	0,00
	6	2002,46	25,52	3067,94	288,62	162,51	76,65	8,62	0,00	1225,09	110,38	231,78	0,00
	7	1792,76	19,43	2586,72	182,09	47,78	65,98	16,57	0,00	611,28	37,07	142,29	0,00
	8	1479,08	3,61	2018,17	117,39	31,76	46,93	1,43	0,00	517,70	29,78	138,41	0,00
	9	2057,70	5,82	3169,21	203,43	25,85	73,23	2,91	0,00	681,63	57,53	185,94	0,00
	10	1142,78	2,80	1759,48	187,87	73,64	40,46	3,61	0,00	523,27	16,67	132,70	0,00
Ağustos	1	3094,66	56,95	4038,96	301,35	73,87	119,23	33,39	0,00	1143,73	107,10	311,09	9,20
	2	3508,71	65,59	4627,90	428,54	16,02	143,61	65,06	0,00	1323,86	123,75	330,01	9,72
	3	2315,48	24,87	3756,75	244,39	24,10	99,23	28,61	0,00	922,70	86,70	325,49	10,11
	4	2899,33	54,45	3693,15	431,08	102,42	104,32	56,71	0,00	1011,89	152,49	316,85	14,03
	5	3391,79	69,08	3753,27	526,79	7,62	114,98	26,82	0,00	1922,42	189,75	371,99	15,15
	6	3030,57	59,19	3449,66	422,91	7,33	107,24	50,58	236,05	1349,76	129,70	367,26	16,80
	7	1388,58	19,67	2915,54	180,24	50,27	80,28	67,77	0,00	909,57	67,86	318,22	14,56
	8	1605,93	9,11	2273,55	141,87	54,36	54,67	22,02	0,00	609,51	52,45	199,41	6,75
	9	1774,20	14,29	2753,59	193,85	63,31	69,73	28,32	0,00	776,82	63,81	322,89	12,29
	10	2380,52	20,32	3786,13	717,64	73,30	107,77	105,41	83,45	1521,71	144,37	402,23	22,02

4.5 İbre Emisyon Ölçümleri Sonuçları

Emisyon ölçümleri için 2 farklı klon (İSİN'e göre en dirençli 9268 ve en dirençsiz 9294 klon) ele alınmıştır. Bu 2 klonun her birinden 10'ar adet olmak üzere toplam 20 adet fidan çalışmaya dahil edilmiştir. Bu fidanlarda 8'i monoterpen ve 4'ü seskuioterpen olmak üzere, toplam 12 farklı bileşik üzerine yoğunlaşmıştır. İbre özütlerinde görülen bileşiklere ek olarak, emisyon ölçümleri sırasında eser miktarlarda da olsa diğer bazı pikler kromotogramlarda rastlanılmıştır. Fakat tüm klonlarda yaygın olmadıkları için analizlere dahil edilmemiştir. Ele alınan 2 klondan elde edilen bileşiklerin çeşitleri ve miktarları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Analizleri yapılan tüm ağaçların ortalamaları alındığında en büyük miktarlarda rastlanılan bileşikler sırasıyla β -pinen, mirsen ve α -pinen olarak saptanmıştır. Bu üç bileşik, toplam terpen miktarının %71.2'sini oluşturmaktadır. Bu bileşiklerden β -pinen ve α -pinen, ibre ekstraksiyonu sonucunda da en büyük miktarda bulunan bileşiklerdendir.

4.5.1 Emisyon ölçümlerinin ANOVA testi sonuçları

Emisyon verilerine, günün değişik saatlerinde (3 örneklem saati) yapılan emisyon ölçümlerinde farklılık olup-olmadığını belirlemek için ANOVA testi uygulanmıştır. Analiz sonrasında, en dirençli olan 9268 nolu klon için, monoterpenlerden α -pinen ($F=4,236$, $P<0,05$) ve mirsen ($F=1,302$, $P<0,05$), seskuioterpenlerden ise trans- β karyofillen ($F=10,302$, $P<0,05$), α -humulen ($F=9,387$, $P<0,05$) ve d-kadien ($F=21,362$, $P<0,05$) miktarlarının emisyon ölçüm zamanına bağlı olarak gösterdikleri varyasyonun istatistiksel öneme sahip olduğu görülmüştür. En duyarlı yani en dirençsiz olan klon 9294 için ise, monoterpenlerden α -pinen ($F=5,987$, $P<0,05$) ve β -pinen ($F=4,812$, $P<0,05$), seskuioterpenlerden ise α -humulen ($F=7,365$, $P<0,05$) için farklılık tespit edilmiştir. Farklılık bulunan ölçüm zamanı gece yarısından sonra yapılan ölçümde bulunmuştur. Bu azalma trendinin dış ortam hava sıcaklığına düşüşüne bağlı olması muhtemeldir. Bu durumun ergin güveler tarafından uygun konak yerinin bulunmasında rolü olabileceği düşünülmektedir. Bu konuda daha detaylı analizler yapılması fikri ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.3 Kızılcamda en dirençli klon 9268 ve en dirençsiz (duyarlı) klon 9294'e ait ağaçlardan elde edilen ortalama emisyon miktarları (ng g^{-1} d.wt.) (\pm SE) ($n=20$) (Örnekleme 10.10.2012). Farklı harfler istatistiksel anlamda farklılığı ifade etmektedir ($P<0.05$).

Bileşikler	En dirençli klon 9268			F
	Gündüz (11:00)	Akşamüstü (19:00)	Gece (05:00)	
Monoterpenler				
α -Pinen	678,76 \pm 53,36 a	585,63 \pm 85,89 a	358,71 \pm 39,67 b	4,236
Kamfen	87,63 \pm 14,60	58,73 \pm 17,54	51,45 \pm 8,37	
β -Pinen	1233,36 \pm 81,93	1001,09 \pm 172,49	807,31 \pm 219,74	
Mirsen	638,81 \pm 58,56 a	650,48 \pm 137,61 a	401,91 \pm 216,41 b	1,302
3-Karen	307,60 \pm 63,71	402,38 \pm 269,13	263,61 \pm 132,89	
Limonen	301,56 \pm 85,47	300,85 \pm 208,70	189,37 \pm 114,86	
α -Terpinolen	47,62 \pm 31,85	68,65 \pm 30,45	27,85 \pm 13,87	
Trans- β -osimen	10,34 \pm 7,91	14,58 \pm 3,01	13,45 \pm 1,78	
Seskuiterpenler				
Trans- β -karyofillen	158,15 \pm 10,02 a	154,42 \pm 18,21 a	93,74 \pm 23,54 b	10,302
Germakren D	17,48 \pm 9,18	10,62 \pm 7,41	11,84 \pm 08,49	
α -Humulen	57,69 \pm 9,13 a	68,56 \pm 36,85 a	41,25 \pm 3,87 b	9,387
d-Kadien	8,63 \pm 1,92 a	7,18 \pm 2,99 a	3,47 \pm 1,01 b	21,362
Bileşikler	En duyarlı klon 9294			F
	Gündüz (11:00)	Akşamüstü (19:00)	Gece (05:00)	
Monoterpenler				
α -Pinen	456,01 \pm 50,01 a	716,14 \pm 56,71 a	298,41 \pm 65,37 b	5,987
Kamfen	25,13 \pm 9,50	13,45 \pm 8,01	19,85 \pm 5,63	
β -Pinen	994,52 \pm 129,36 a	1001,50 \pm 123,47 a	635,05 \pm 256,85 b	4,812
Mirsen	589,29 \pm 67,56	525,47 \pm 61,88	501,80 \pm 51,84	
3-Karen	201,35 \pm 35,28	405,87 \pm 183,56	302,85 \pm 187,38	
Limonen	259,13 \pm 63,28	299,07 \pm 47,05	178,77 \pm 56,66	
α -Terpinolen	58,22 \pm 12,11	52,21 \pm 17,37	41,40 \pm 15,33	
Trans- β -osimen	20,55 \pm 3,84	29,29 \pm 11,77	28,41 \pm 10,03	
Seskuiterpenler				
Trans- β -karyofillen	37,70 \pm 15,29	64,49 \pm 14,63	51,41 \pm 17,10	
Germakren D	17,31 \pm 10,61	29,45 \pm 8,99	18,05 \pm 13,22	
α -Humulen	23,43 \pm 8,41 a	41,55 \pm 9,57 a	10,45 \pm 2,66 b	7,365
d-Kadien	3,58 \pm 1,30	1,65 \pm 1,01	0,77 \pm 0,23	

5. TARTIŞMA

Canlı organizmalar yaşadıkları çevre ile etkileşim içerisindeyler. Bir etkileşim sırasında, canlılığını verimli bir biçimde devam ettirebilmek için, bulunduğu ortamın kendisine yaptığı çevre baskısına uyum sağlamak (Pianka 1988) ya da çevre ile uyum gösteren özelliklere sahip olmak zorundadır (Mayr 2001). Bu baskı; ortamın fiziksel koşulları, mevsim parametreleri, çevrenin kararsızlığı, besin kavgası, avcı ve predatörler ile olan sosyal çevre ilişkisi gibi başlıklar altında toplanabilir. Tüm bu özellikler canlının mevcut genotipiyle birlikte etki ederek, canlının yaşam döngüsünü şekillendirir (Richardson 2001, Ricklefs ve Wikelski 2002, Stevens 2004). Çam kese böceği (ÇKB) istilası ve istilanın derecesi de, çok değişik etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin, istilanın derecesini kontrol eden faktörler konakçı tarafından böceğe karşı gösterilebilen davranış-sınırlayıcı-faktörler olduğu gibi, diğer bazı abiyotik etkenler de olabilmektedir (Battisti 1998, Hódar vd 2002, 2003, Hódar ve Zamora 2004, Mendel 1990). Böceğin; ortamda sıcaklığın artışına bağlı olarak beslenme etkinliğini artırdığı, sıcaklığın azalmasıyla birlikte de beslenme etkinliğini azalttığı bilinmektedir (İpekdal 2005). Diğer bir açıklama ise Pollack (1990) tarafından ortaya atılan "Sıcaklık Hipotezi"dir. Buna göre, düşük sıcaklıklarda yayılış gösteren bitkilerde, normal sıcaklığa sahip alanlarda büyüyen bitkilere nazaran daha çok miktarda karbonhidrat birikimi meydana gelmektedir. Bitki sekonder metabolitleri de karbon temelli olmalarından dolayı bu durumdan etkilenmekte ve bitki yapılarında daha fazla miktarda birikmektedirler. Bu durumda, alçak zonlarda yetişen bitkilerin yapraklarının, yüksek zonalardakilere göre daha az bitki sekonder metabolit içermesi gerektiği hipotezini ileri sürmektedir. Arazideki gözlemlerimiz bu hipotezi desteklemektedir. Şöyle ki, alçak zonlarda ÇKB istilası yüksek zonlara oranla daha şiddetli ve daha ağır olmaktadır. Bunun yanında yüksek zondan alt zona transfer edilmiş (veya tersi yapılmış) orijinlerde bu baskının daha şiddetli olması bu savı destekler niteliktedir. Büyük yapraklara sahip bitkilerin, küçük yapraklara sahip olanlara göre daha az miktarda sekonder bileşik içerdiği bulunmuştur (Mattson ve Scriber 1987). İpekdal (2005), ÇKB larvalarının sıcaklık artışına daha çok besin tüketerek cevap verdiklerini göstermiştir.

Tiberi vd (1999)'nin İtalya'da yaptıkları bir çalışmada, ÇKB'nin en az istilasına uğrayan bir tür olan fıstık çamı (*Pinus pinea* L.)'nin ibrelerindeki en yaygın bileşiğin limonen olduğunu göstermişlerdir. Aynı çalışmada, limonen'in su ile olan karışımının diğer çam ibrelerine püskürtülmesi ile, püskürtme yapılan fidelerin de böceğe karşı yeterli derecede bir koruma kazandığı gösterilmiştir. Çamların doğal terpen bileşikleri içinde yer almayan R-limonen enantiomerinin de ÇKB'ye karşı en etkili uzaklaştırıcı özellik gösteren bileşik olduğunu ortaya koymuşlardır. Bizim araştırmamızın sonuçları da bu açıklamayı desteklemektedir. İSİN değeri yüksek (en az dirençli) olan klondan, İSİN değeri en az olan klona doğru ibrelerdeki limonen miktarının artışı gösterdiği görülmüştür. Bu yüksek limonen değerinin, Semiz 2009'a göre açıklanamayan yüksek miktarının, bu çalışma sonuçlarıyla detaylıca gösterilmiştir. Şöyle ki, Semiz 2009'a göre limonen miktarı yüksek bulunmuştur. Fakat araziden ağaçlardan örnekleme bir kez yapılmış ve bulunan yüksek miktarın indüklenmeden mi kaynaklandığı yoksa ağacın var olan genetik yapısından mı olduğu belirlememiştir. Bu çalışma sonuçları ile limonen miktarının aylara göre değişim gösterdiği ve bu değişiminde hava sıcaklığı düşüşüne rağmen artış gösterdiği görülmüştür. İlginç olan limonen miktarındaki artışın (hava sıcaklığı azalmasına rağmen) böceğin yumurta bırakmak için arayışta olduğu veya yumurtaların bırakılıp ilk larval dönemin başladığı aylarla örtüşmesidir. Burada bir nevi ağaçların bu amansız savaş için hazırlık yaptıkları, henüz saldırısı başlamamış ya da henüz yeni başlamış olmasına rağmen bu toksik bileşiği yapraklarında sentezleyip depolamasıdır. Buna benzer ilginç durumlar α -pinen, β -pinen, trans- β -karyofillen, toplam monotermen miktarı gibi parametreler içinde geçerli olmasıdır.

Dişi ÇKB'nin terpen türevli bileşenlere verdiği cevabın gösterilmesi adına Zhang vd (2003) tarafından yapılan bir çalışma, proje çıktılarımız ile yakından ilgilidir. Bu çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'daki aktif ve inaktif terpenlerin dişi güvenin konukçu seçimindeki rolü araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, bitkiler arasında en yaygın olarak bulunan α -pinen, β -pinen ve 3-karen gibi bileşiklerin, dişinin antenleri ile algılayabilmesi sürecinde inaktif olduğu, dişi antenlerinin kuvvetli olarak mirsen, β -fellandren, trans- β -osimen ve α -terpinolen gibi diğer bileşenlere göre daha eser seviyede bulunan bileşiklere cevap verdiği bulunmuştur. Yani dişi güve konukçu

bitkiye karar verirken terpen havuzunda yer alan büyük bileşenlerden ziyade daha çok minor durumdaki bileşikler takip etmektedir. Emisyon çalışması yaptığımız trans- β -karyofillen, α -humulen ve d-kadien gibi bileşikler sonuçları ile Zhang vd'nin bulunduğu sonuçlar birbirini desteklemektedir. Başka bir deyişle, en dirençli olan klonda bu bileşiklerin miktarlarının yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür. Bu durum ibre ekstraktlarından elde edilen sonuçlar için de geçerlidir. ÇKB-Kızılçam etkileşiminde yer aldığı düşünülen bileşikler, dirençli olan klon 9268'de çoğu yüksek olma trendi göstermiştir. Emisyon verileri için de bu durum geçerlidir.

İtalya'da yapılan bir çalışmada, Niccoli vd (2004), ağaçların sahip olduğu monoterpenlerden limonen ve β -pinen'in çok küçük miktarlarda bile ÇKB'de çok yüksek derecede larval ölüme sebep olduğu gösterilmiştir. Bizim sonuçlarımıza göre de limonen ve β -pinen bileşiklerinin yüksek olduğu klonların İSİN değerlerinin düşük (dirençli) olduğu, bu değerler bakımından diğer bir çok klonlardan istatistiksel anlamda farklılık gösterdiği bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bunun yanında bazı monoterpenler böcekler üzerinde doğrudan toksik etkiler gösterebilmekte (Lindgren vd 1996) ya da daha küçük vücut büyüklüğüne veya daha düşük doğurganlıklara yol açmaktadır (Cates vd 1983). Niccoli vd (2008) tarafından yapılan bir diğer çalışma, β -pinen varlığının ÇKB'nin ovipozisyon tercihini negatif yönde etkilediğini, dişi bireylerin bu bileşiği içeren ağaçları çok açık biçimde daha az oranda tercih ettiklerini göstermiştir. Bu yönüyle çalışmamızın sonuçları, Niccoli vd (2008)'in bulgularını desteklemektedir. Yüksek miktarda β -pinen bileşiği içeren klon en dirençli olarak belirlenen klondur. Bu klon duyarlı olan klona göre daha fazla miktarda limonen bileşiği içermektedir (Şekil 4.5 ve 4.7). Ayrıca, Niccoli vd limonen bileşiğinin, ovipozisyon tercihinde herhangi bir etkiye sahip olmadığını da göstermişlerdir. Fakat Tiberi vd (1999) limonen bileşiğinin, ÇKB dişilerinin yumurta bırakmasında uzaklaştırıcı bir etkiye sahip olduğunu ve limonen bileşiğinin bitkideki üretiminin bahar aylarında azaldığını, ÇKB dişilerinin uçma ve uygun konak bitkiyi arama dönemi olan yaz ayları sonunda ve sonbahar süresince artışa geçtiğini göstermişlerdir. Limonen bileşiğinin etkinliği üzerine olan bu iki farklı bulgu, çalışılan ÇKB popülasyonunun genetik olarak farklılığından veya çalışmaya dahil edilen ağaçların farklı yaşlarda farklı emisyon değerlerine sahip olmalarından kaynaklanabilir. Bu çalışmada ise Tiberi vd (1999)'nin bulunduğu sonuçlar

desteklenmektedir. Klonlarda limonen değeri böceğin ağaçlar üzerinde istila yaptığı süreler boyunca (abiyotik parağlı olarak) sürekli artış göstermektedir (Şekil 4.9 ve 4.11).

Monoterpenler, genel olarak, bitkiler tarafından genellikle savunma amaçlı olarak kullanılır. Bunun yanında, bazı terpen türevli bileşikler için bu durum geçerli olmayabilir. Bazı herbivorlar bitkilerden salınan veya ilgili kısımlarında depo edilmiş sekonder bileşenleri kendileri için çekici bulmakta ve bu bileşikleri içeren bitkileri diğerlerine oranla daha sıklıkla tercih etmektedir. Örnek olarak, α -pinen ve β -pinen'in daha önceki bazı çalışmalarda kabuk böcekleri için cezp edicilik gösterdiği (Byers 1995, Miller ve Borden 2000, Schroeder 1988) veya ovipozisyon tercihi için uyarıcı olduğu gösterilmiştir (Leather 1987, Städler, 1974). Bir havuç zararlısı olan *Trioza apicalis* Förster, yüksek miktarda limonen içeren varyeteleri tercih etmediği belirlenmiştir (Kainulainen vd 2002, Valterova vd 1997). Bizim çalışmamızın sonuçlarına göre α -pinen ve β -pinen en fazla miktarlarda bulunduğu klonlar, istilaya en az şekilde maruz kalan klonlardır (Çizelge 4.1). Bu durumda ÇKB larvalarının bu iki bileşikten hoşlanmadıkları, besin olarak pek tercih etmedikleri ortaya çıkmaktadır. Kanat ve Alma (2003) tarafından Türkiye'de yapılan bir çalışma da bu hipotezi desteklemektedir. Kanat ve Alma (2003)'e göre, odun reçinesi, yüksek oranda α -pinen, β -pinen, kamfen, 3-karen, limonen ve mirsen içerdiğinden etkili bir böcek öldürücü özelliğine sahiptir. Bir seskiterpen olan trans- β -karyofillen de böceklere karşı beslenme önleyici (engelleiyici) bir bileşik olarak bilinir (Paré ve Tumlinson 1996). Bu bileşik hem projemiz sonuçlarında hem de Semiz 2009'a göre, en az oranda istilaya en çok maruz kalmış klon olan 9294'te bulunmuştur (Şekil4.17 ve 4.19). Bu sonuç, diğer başka böceklerde olduğu gibi, bu bileşiği düşük miktarda içeren ağaçların ÇKB için bir tercih nedeni olduğunu göstermektedir.

α -Terpinolen, ÇKB'ye karşı en dirençli olan 9268 no'lu klonda en yüksek değerindedir (Çizelge 4.1). Bu bileşik *Picea abies* (L.) Karst. türünde meydana gelen mekanik yaralanmalardaki en önemli koruyucu bileşik olarak bulunmuştur (Fäldt vd 2003). Antifungal olarak da bilinen bu bileşiğin, diğer birçok bitki türlerinde bazı monoterpenler ile ortak metabolik yollara sahip olduğu görülmüştür (Krauze-Baranowska vd 2003). Byers (1995) α -terpinolen'in; α -pinen, β -pinen ve limonen ile

birlikte, birçok kabuk böceği için çekici özellik gösterdiğini ortaya koymuştur. Oysa bu bileşikler, ÇKB'nin tercih etmediği klonlarda en yüksek düzeylerde bulunmuştur. Bu bulgular, kabuk böcekleri ile ÇKB tırtıllarının tercihlerinin tamamen birbirine zıt ve beslenme bakımından ekolojik nişlerinin tamamen farklı olduğu yönünde bir hipotezi de ortaya çıkarmaktadır. Bu bilgi, konu hakkındaki yayınlanmış birçok literatür bilgisine de uyum göstermektedir.

Ovipozisyon, bitki zararlısı böcekler için çok önemli bir biyolojik olaydır. ÇKB'nin ovipozisyon sırasında uygun ağaç ve yere karar verirken; ağacın yaşı, görünümü, ibrelerin kalınlığını (larvaların kafa kapsülleri ile olan ilişkisi) ve güneş açısı bakımından alandaki pozisyonu gibi faktörlerin (Huchon ve Demolin 1970, Masutti 1964, Tiberi 1983) yanında ağaçların yapraklarından saldıkları uçucu bileşiklerin de rolü çok önemlidir. Bitkilerin yeşil kısımlarından ya da ligninleşmiş yapılarından salınan bu terpen türevi bileşikler, herbivorlar için kimyasal bir mesaj olarak işlev görmektedir. Bu bileşiklerin çok bilinmeyen olan böylesi karmaşık süreçte oynadığı roller, değişik araştırmacılar tarafından yapılan bazı çalışmalarla çok açık bir şekilde gösterilmiştir (Städler 1974, Hanula vd 1985, Leather 1987, Åhman vd 1988, Shu vd 1997). Ovipozisyon işareti olarak da adlandırılan bu etkileşimler *Dioryctria*, *Choristoneura* ve *Panolis* gibi lepidoptera üyelerinde detaylıca açıklanmıştır (Städler 1974, Leather 1987, Shu vd 1997). Çalışmamızda belirlenen β -pinen gibi monoterpenin ve trans- β -karyofillen, α -humulen ve d-kadien gibi minor bazdaki bazı seskiterpen bileşiklerin ÇKB dişilerinin konukçu ağacı tercihi sırasında etken bileşikler olabileceğini ortaya koymuştur. Bu iki bileşikten trans- β -karyofillen, ibre özütünden elde edilen sonuçlarda da belirgin bir farklılık sergilemiştir. Semiz (2009)'un önerdiği hipotezlerle de uyum gösteren verilerde, bu bileşenin dirençli olan klon 9268'de yüksek miktarda olduğu ve bu durumda böceğe karşı kullanılan bir strateji olduğu düşünülmektedir.

Yukarıda bahsi geçen terpen türevli bileşiklerin tek başlarına veya bir kaç birlikte orman zararlılarına karşı bir direnç unsuru olarak görev aldıkları kesinleşmiştir. Örneğin, Douglas göknarı [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco]'nda sürgün zararlısına karşı hem bornil-asetat ve hem de β -pinen'in çok şiddetli toksik etki yaptığı görülmüştür (Cates vd 1983, Cates ve Redak 1986). Douglas göknarının

başka bir zararlısı olan yün yaprak biti (*Gilletteella cooleyi* Gill.) ile olan ilişkisinde ağacın böceğe karşı en etkili savunma elemanı olarak, 3-karen öne çıkmaktadır (Stephan 1987). Karaçam (*Pinus nigra*) ve onun zararlısı çam sürgün güvesi (*Rhyacionia buoliana* Dennis & Schiff.) sisteminde ise direnci oluşturan monoterpenler fellandren, 3-karen ve kamfen bileşikleri olarak belirlenmişlerdir (Charles vd 1982). Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.)'nın *Matsucoccus josephi* Bodenh. & Harpaz zararlısına karşı olan direncinde limonen ve fellandren en etkili bileşikler olarak bulunmuştur (Schiller ve Grunwald 1987). Diğer bir konifer türü olan *Pinus contorta* Dougl.'nın *Panolis flammea* Dennis & Schiff.'ya olan direncinde ise limonen ve kamfen bileşiklerinin ağacın bireyleri arasındaki değişiminin, konak seçiminde çok önemli etkenler olarak belirlenmiştir (Leather 1985). Kamfen bileşiği, ergin dişinin uygun konağı aradığı süreçte uzaklaştırıcı etki yapmasına karşın, ergin dişiler α -pinen ve β -pinen'deki çok hassas değişimleri bile algılayabilmektedir. Yani, diğer bir deyişle kamfen böcek için kovucu (uzaklaştırıcı) bir görev yaparken, α -pinen ve β -pinen dişi bireyin konukçu seçiminde bir tür çekicilik görevi yapmaktadır (Leather 1987, 1990). Son yüzyılda küresel ısınmadan -birçok canlı grubu gibi- böcekler de etkilenmektedir. Küresel ısınma (diğer bir deyişle kış mevsimi sürecinde meydana gelen sıcaklık yükselmeleri, ya da kış mevsiminin sertliğindeki düşüş), böceklerin yayılış alanlarını genişletmektedir (Crozier ve Dwyer 2006). Kendileri için daha önce hiç yaşam alanı olmamış alanlara yayılmalarını, ya da daha yüksek alanlarda veya daha kuzey enlemlerde yayılış gösteren ağaç ve bitki türlerine arız olmalarını sağlamaktadır (Battisti vd 2005, Nehring 1996, Walter 2000). Bu konuda ÇKB üzerinde yapılan çalışmada, Fransa'da populasyonun 1972'den bugüne kadar 87 km daha kuzeye doğru yayıldığı, İtalya'da ise 110–230 m kadar daha yüksek bölgelere sıçrama yapıp buralarda zararlar oluşturduğu gözlenmiştir (Battisti vd 2005, 2006). Buradaki tehlike yüksek alanlarda daha önce istila yapmayan ÇKB'nin gelecekte bu alanları potansiyel tehlike altına sokabilecek olmasıdır. Hódar vd (2003) ve Hódar ve Zamora (2004) yaptıkları çalışmalarla bu durumu açıkça gözler önüne sermiş ve gelecekteki muhtemel ÇKB saldırısının ne derece ciddi olabileceğini ortaya koymuşlardır. Küresel ısınma yüzünden olası bir başka tehlike de, yeni ÇKB konukçularının ortaya çıkabilecek olmasıdır. ÇKB, kendisi için yeni konukçu türlere kolaylıkla uyum sağlayabilmekte ve kısa bir süreç sonunda alanda zarar meydana getirebilmektedir. Bu konudaki en iyi örnekler, kuzey İtalya'da yayılış gösteren *Pinus*

mugo Turra türü (Benigni ve Battisti 1999) ve Fransa'da yayılış gösteren *Pseudotsuga menziesii*'dir (Roques vd 2002). Bu türler daha önceleri, ÇKB'nin menüsü içinde yer almazken, son yıllarda böceklerin yeni genotiplerinin bu alanlara ulaşması ile istila altına girmişlerdir. Bu alanlarda çok ciddi ÇKB saldırıları görülmekte ve bir çok ülke, bilimadamı veya meslek grupları ortak strateji arayışı içerisine girmişlerdir.

Bu çalışmamızla, ÇKB'nin kızılçamla olan kimyasal ilişkisinde ilgi çekici sonuçlara rastlanmıştır. Çalışmamızda, kızılçam türünde ÇKB'ye karşı genetik olarak dirençli bireylerin var olduğu ortaya konulmuştur. Bu genetik olarak dirençli bireyler, mevcut yüksek/düşük terpen profillerini zamana ve çevre şartlarına bağlı olarak değiştirebildikleri görülmüştür. ÇKB'ne karşı genetik direncin temelinde, farklı genotiplerin ürettikleri sekonder metabolitlerin konsantrasyonlarının farklı olması yer almaktadır. Bu metabolitlerin çoğu, ÇKB için uzaklaştırıcı etki göstermektedir. Öte yandan elde edilen veriler, bir kaç metabolitin çekicilik görevi de yapabileceğini göstermiştir. Uzaklaştırıcı etki gösteren bileşikler, böceğin hem larval hem de ovipozisyon sırasında etkili olmaktadır. Bu ilişkilerin ne olduğu, kızılçamdaki sekonder bileşiklerin (kalite ve kantite bakımından) aralarında sinerjik ya da antagonistik etkiler olup olmadığı gibi yeni sorular ve konular ortaya çıkarmaktadır. Böceğin ağaçla olan ilişkisine genel bir çerçeveden bakıldığında, bu karışık süreçte bir çok bileşiğin birlikte dahil olabildiği, çevresel parametrelerinde önemli etki yaptığı görülmüştür. Ağaçlardan salınan ya da yapraklarda depo edilen bileşiklerin mevsime hatta gün içinde bile değişim gösterebildiği belirlenmiştir. Bu durum, ağaçların böceklerin ortamda görülmeye başladığı ya da ağaçtan salınan bileşenleri takip etme yeteneğinde oldukları dönemlerde (eylül, ekim, kasım ayları gibi) ve gün içinde yayılım göstermeleri bu projenin en önemli bulgularıdır. Bütün bu konular, ilgili böcek ve ilgili kimyasallar üzerindeki bilgilerimiz arttıkça, daha net bir şekilde ortaya çıkacaktır. Araştırmamız, bazı sorulara cevap bulurken, pek çok yeni soruların da ortaya çıkmasına yol açmış bulunmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, 22 yaşındaki bir kızılçam klonal tohum bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Alanda görülen ÇKB populasyonunun konukçu ağaçları seçerken, veya seçilmiş olsa bile meydana gelmiş populasyonun kararlı bir biçimde büyüme ve gelişmesini devam ettiren, bu tercihin klonların içerdiği terpenlerle olan ilişkisi saptanmaya çalışılmıştır. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi ana başlık altında toplanabilir:

- (1) ÇKB'ne karşı direncin temelinde, değişik terpen bileşikleri bakımından bireyler arasında (genotipler, klonlar) genetik çeşitlilik bulunması yatmaktadır. Bu nedenle, kızılçamın genetik ıslah stratejisinde, şimdiye kadar dikkate alınan bitki karakterlerine ek olarak; α -pinen, β -pinen, limonen, borneol, terpinen-4-ol, α -terpineol, trans- β -osimen, allo-osimen, α -terpinolen, trans- β -karyofillen, α -murolen ve α -humulen ve bileşiklerinin konsantrasyonları dikkate alınmalı, bunlardan daha yüksek konsantrasyona sahip olan klonlar tercih edilmelidir. Karyofillen oksit bileşiği için ise, diğer bileşiklerin aksine, bu bileşiğe düşük miktarda sahip olan klonlar tercih edilmelidir.
- (2) Çam kese böceğinin, ağaçların odun üretiminde %40'a kadar varan artım kayıplarına yol açtığı bildirilmektedir (Cadahia ve Insua 1970; Laurent ve Hervouët 1986, Lemoine 1977). Ayrıca, ÇKB'den zarar gören ağaçların kuraklık, patojenler ve diğer herbivorlar gibi dış etkenlere karşı direnci azalabilmektedir (Laurent-Hervouët 1986, Kanat ve Özbolat 2006). Ağaçlar üzerinde bu derece yüksek ve çok boyutlu olabilen artım kayıplarını önleyebilmek için kızılçam ıslah stratejisinde yalnızca hızlı büyüme ve odun özellikleri değil, ÇKB'ne karşı dirençli bireylerin seçilmesi de ön plana alınmalıdır.
- (3) Bu projede yaptığımız terpen analizlerine ek olarak, ibrelerin besin kalitesi ile ilgili özelliklerinin (şeker ve glikozit miktarı, alkoloitler, yağ asitleri, aminoasitler bakımından zenginliği vb) de araştırılması gerekmektedir. Böylece, bu

bileşikler ile terpenler arasında olabilecek olası sinerjik ve/veya antagonistik etkiler de anlaşılacaktır.

(4) Larvaların hayatta kalma başarıları, bir anlamda dişi bireyin yumurta bırakmadan önce uygun bir konukçuyu bulup-bulamamasına bağlıdır. Dişilerin yumurta bırakacakları ağaçları seçerken, ilgili ağaçtan çıkan uçucu maddelere göre davrandığı konusunda bulgular vardır (Hódar vd 2002). Dişi bireylerin bir ağaçtan salınan kimyasalları algılayarak yumurta yerine karar verdiği hipotezinin kızılçam ve ÇKB için de geçerli olduğu fakat hala bazı testlerin (en azında laboratuvar koşullarına bazı davranış testlerinin) ayrıntılı bir şekilde yapılarak konunun daha net açığa çıkarılması gerekmektedir.

(5) “İndüklenmiş direnç” kavramı, zararlının daha az tercih edilen bir besinle karşı karşıya bırakılmasıdır (Pianka 1988). Böyle durumlarda, zararlının popülasyonunun yoğunluğunda azalmalar olması beklenir (Cornell vd 1988, Leather vd 1987, Smits ve Larsson 1999). Bu çalışma bu konuya açıklık getirmiştir. Şöyleki, ağaçlarda var olan terpen profilleri klonla göre farklılık göstermektedir (Semiz 2009). Bu farklılık zamana ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebildiği bu çalışma ile gösterilmiştir. Yani ağaçların üzerinde istila miktarı ve şiddetine bağlı ya da değişik hava parametrelerine bağlı olarak bu bileşenlerin nitel ve nicel miktarlarını değiştirebilmektedirler. Fakat hala bu hipotezin tüm bileşikler için geçerli olmadığı yani “indüklenme” mekanizmasının en azından bazı bileşikler için geçerli olmadığı da belirlenmiştir.

(6) ÇKB'nin kızılçam üzerinde yaşam döngüsünü etkileyen biyotik faktörlerden olan parazitoidlerin, bu sürece olan etkisi daha ayrıntılı biçimde araştırılmalıdır. Örneğin, dirençli klonlarda daha yüksek miktarda bulunan trans-b-karyofillen bileşiğinin parazitoidlere çekici özellik gösterdiği ve herhangi bir böcek saldırısı karşısında, parazitoidlerin davet edilmesi amacıyla kullanıldığı bilinmektedir (Colazza vd 2004b). Mevcut bireyler tarafından atmosfere salınan bu ve benzeri terpen türevi bileşiklerin, sosyal çevre

içindeki diğler canlı türleri üzerine herhangi bir etki (çekici ya da itici) yapıp yapmadığı araştırılmalıdır.

(7) Ülkemizin ağaçlandırma ve orman koruma ile ilgili birimleri, ÇKB aşırı epidemiy yaptığı zaman ve mekanlarda, bu alanlarda rastlanılacak muhtemel istila görmemiş ağaçları belirlemesi ve gerekiyorsa da bu ağaçlardan gelecek nesiller için gerekli görülen genetik materyal (çelik, aşu kalemi, tohum vb) toplanmasını sağlaması gerekmektedir. Bu kısmın doğada var olması istenen doğal dengenin herhangi bir ikincil etmen olmadan arzu edilen seviyede korunmasına (örneğin kimyasal mücadele olmadan) en büyük katkıyı sağlayacağı açıktır.

7. KAYNAKLAR

- Åhman, I., Wiersma, N., Lindström, M. 1988. Electroantennogram responses in *Cydia strobilella* (L.) (Lep. Tortricidae) to flower and twig odors of its host plant *Picea abies* (L.) Karst. *Journal of Applied Entomology*, 105: 314–316.
- Alfaro, R.I., Pierce, H.D., Borden, J.H., Oehlschlager, A.C. 1981. Insect feeding and oviposition deterrents from Western Red Cedar foliage. *Journal of Chemical Ecology*, 1981(7): 39–48.
- Alfaro, R.I., Pierce, H.D., Borden, J.H., Oehlschlager, A.C. 1980. Role of volatile and non volatile components of Sitka spruce bark as feeding stimulants for *Pissodes strobi* Peck (Coleoptera: Curculionidae). *Canadian Journal of Zoology*, 58: 626–632.
- Alfaro, R.I., Taylor, S., Brown, R.G., Clowater, J.S. 2001. Susceptibility of northern British Columbia forest to spruce budworm defoliation, *Forest Ecology and Management*, 145: 181–190.
- Alfaro, R.I. and Hulme, M. 1993. Variation in attack by Sitka Spruce Weevil, *Pissodes strobi* (Peck), within a resistant provenances of Sitka Spruce. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 90: 24–30.
- Altero, N. and Moller, H. 2000. Secondary poisoning of stoats (*Mustela erminea*) in a South Island podocarp forest, New Zealand: implications for conservation. *Wildlife Res*, 27, 501–508.
- Anonim, 2003. Ortohum web sayfası. <http://www.ortohum.gov.tr>
- Arimura, G., Kost, C., Boland, W. 2005. Herbivore-induced, indirect defences. *BBA-Molecular Cell Biology of Lipids*, 1734: 91–111.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Gakis, S.F., Kyrtza, L.A., Mazomenos, B.E., Gravanis, F.T. 2006. Influence of trap type, trap colour, and trapping location on the capture of the pine moth, *Thaumetopoea pityocampa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 122: 117–123.
- Avcı, M. ve Kara, K. 2002. Tachinidae parasitoids of *Traumatocampa ispartaensis* from Turkey. *Phytoparasitica*, 30: 361–364.
- Avcı, M. 2000. Investigations on structure of egg-batches, parasitism and egg laying habits of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep.: Thaumetopoeidae) in various regions of Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 24: 167–178.
- Avcı, M. 2003. Parasitism of egg batches of the cedar processionary moth *Traumatocampa ispartaensis* in Turkey. *Phytoparasitica*, 31: 118–123.

- Avcı, M. ve Sarıkaya, O. 2005. Expansion, damage and natural enemies of pine processionary moth in Turkey. In: Global change and pine processionary moth: a new challenge for integrated pest management. PROMOTH Project final meeting, abstract book, pp. 13–14. Corsica, France.
- Avtzis, N.D. 1998. The use of *Bacillus thuringiensis* against *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in Greece. In: M. L. McManus and A.M. Liebhold (editors), Proceedings: Population Dynamics, Impacts, and Integrated Management of Forest Defoliating Insects. USDA Forest Service General Technical Report NE-247, pp. 311–316, USA.
- Babur, H. 2002. The effect of damage of *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) in Calabrian pine seedling in Turkey, Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, pp: 37–38, Kahramanmaraş-Türkiye.
- Bannan, M.W. 1936. Vertical resin ducts in the secondary wood of the abietineae. *New Phytologist*, 35: 11–46.
- Baradat, P. and Yazdani, R. 1988. Genetic expression for monoterpenes in clones of *Pinus sylvestris* grown on different sites. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3: 25–36.
- Barbéro, M., Loisel, R., Quézel, P., Richardson, D.M. Romane, F. 1998. Pines of the Mediterranean Basin. In: D. M. Richardson (Editor), Ecology and biogeography of Pinus, Cambridge University Press, pp.153–170, Cambridge, UK.
- Barnola, L.F., Cedeno, A., Hasegawa, M. 1997. Intraindividual variations of volatile terpene contents in *Pinus caribaeae* needles and its possible relationship to *Atta laevigata* herbivory. *Biochemical Systematics and Ecology*, 25: 707–16.
- Battisti A., Longo S., Tiberi R., Triggiani O. 1998. Results and perspectives in the use of *Bacillus thuringiensis* Berl. var. *kurstaki* and other pathogens against *Thaumetopoea pityocampa* (Den. et Schif.) in Italy (Lep., Thaumetopoeidae), *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 71: 72–76.
- Battisti, A. 1998. Host-plant relationships and population dynamics of the pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller), *Journal of Applied Entomology*, 105: 393–402.
- Battisti, A., Bernardi, M., Ghirardo, C. 2000. Predation by the hoopoe (*Upupa epops*) on pupae of *Thaumetopoea pityocampa* and the likely influence on the other natural enemies. *Biocontrol*, 45: 322–323.
- Battisti, A., Stastny, M., Buffo, E., Larsson, S. 2006. A rapid altitudinal range expansion in the pine processionary moth produced by 2003 climatic anomaly. *Global Change Biology*, 12: 662–671.

- Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A., Larsson, S. 2005. Expansion of the geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological Applications*, 15: 2084–2096.
- Beck, L., Rombke, J., Ruf, A., Prinzing, A., Woas, S. 2004. Effects of diflubenzuron and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* toxin on soil vertebrates of a mixed deciduous forest in upper Rhine Valley, Germany. *European Journal of Soil Biology*, 40: 55–62.
- Benigni, M. and Battisti, A. 1999. Climatic change and the pine processionary moth: adaptation of a defoliator to changing environmental conditions. *Italia Forestale e Montana*, 54: 76–84.
- Berryman, A.A. 1996. What causes population cycles of forest Lepidoptera? *Tree*, 11: 28–32.
- Betts, M.M. 1955. The food of titmice in oak woodland. *Journal of Animal Ecology*, 24: 282–323.
- Beuker, E., Valtonen, E., Repo, T. 1998. Seasonal variation in the frost hardiness of Scots pine and Norway Spruce in old provenance experiments in Finland. *Forest Ecology and Management*, 107: 87–98.
- Binder, B.F., Robbins, J.C., Wilson, R.L. 1995. Chemically mediated ovipositional behaviours of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Chemical Ecology*, 21: 1315–1327.
- Bochar, D.A., Friesen, J.A., Stauffacher, C.V., Rodwell, V.W. 1999. Biosynthesis of mevalonic acid from acetyl-CoA. In: D.E. Cane (Editor), *Isoprenoids, including carotenoids and steroids*, Vol. 2. *Comprehensive natural products chemistry*, Elsevier, pp. 15–44, London, UK.
- Bowers, M.D. 1993. Aposematic caterpillars: life-styles of warningly colored and unpalatable, In: N. E. Stamp, T. M. Casey (Editors), *Caterpillars: ecological and evolutionary constraints on foraging*, Chapman and Hall, pp. 331–371, New York.
- Boydak, M. ve Dirik, H. 1998. Ülkemizde hızlı gelişen türlerle bugüne kadar yapılan çalışmalarda ulaşılan aşama, uygulanan politika ve stratejiler, buna bağlı olarak uygulanacak politika ve strateji önerileri. Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar, Workshop, 8–9 Aralık 1998, ss: 13–24, Ankara.
- Bragança, M. Zanuncio, J.C., Picanço, M., Laranjeiro, A. 1998. Effects of environmental heterogeneity on Lepidoptera populations in *Eucalyptus* plantations in Brazil. *Forest Ecology and Management*, 103: 287–292.

- Bratesten, L.B. 1983. Cytochrome P-450 involvenet in the interactions between plant terpenes and insect herbivores, In: P. A. Hedin (Editor), Plant resistance to insects, American Chemical Society, pp. 173–195, Washington, DC.
- Breitmaier, E. 2006. *Terpenes: Flavors, Fragrances, Pharmaca, Pheromones*, Wiley-VCH, Weinheim. 223 p.
- Breuer, M. and Devkota, B. 1990. Studies on the importance of nest temperature of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep.: Thaumetopoeidae), *Journal of Applied Entomology*, 109: 331–335.
- Breuer, M., Devkota, B., Douma-Petridou, E., Koutsaftikis, A., Schmidt, G.H. 1989. Studies on the exposition and temperature of nests of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae) in Greece, *Journal of Applied Entomology*, 107: 370–375.
- Bruchim, Y., Ranen, E., Saragusty, J., Aroch, I. 2005. Severe tongue necrosis associated with pine processionary moth (*Thaumetopoea wilkinsoni*) ingestion in three dogs. *Toxicon*, 45: 443–447.
- Buckingham, J. 1998. *Dictionary of Natural Products on CD-ROM*, Vol 6.1. Chapman & Hall, London.
- Buxton, R.D. 1983. Forest management and the Pine Processionary Moth. *Outlook on Agriculture*, 12: 34–39.
- Byers, J.A. 1995. Host tree chemistry affecting colonization in bark beetles. In: R. T. Cardé, W. J. Bell (Editors), *Chemical Ecology of Insects 2*, Chapman and Hall, pp. 154–213, New York.
- Cadahia, D. and Insua, A. 1970. Estimacion de los danos producidos por *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. En repoblaciones de *Pinus radiata* Don. *Boletín del Servicio de Plagas Forestales*, 13: 159–171.
- Caissard, J., Meekijironenroj, A., Baudino, S., Anstett, M. 2004. Localization of production and emission of pollinator attractant on whole leaves of *Chamaerops humilis* (Arecacea). *American Journal of Botany*. 91 (8): 1190–1199.
- Calas, J. 1987. La processionnaire du pin. *Revue des Eaux et Forêts*, 705–723.
- Cane, D.E. 1990. Enzymatic formation of sesquiterpenes. *Chemical Reviews*, 90: 1089–1103.
- Cane, D.E. 1999. Sesquiterpene biosynthesis: cyclization mechanisms. In: D.E. Cane (Editor), *Isoprenoids, including carotenoids and steroids*, Vol. 2. *Comprehensive natural products chemistry*, Elsevier, pp. 155–200, London, UK.

- Cates, R.G. and Redak, R.A. 1998. Variation in the terpene chemistry of Douglas- fir and its relationship to western spruce budworm success. In: K.C. Spencer (Editor), *Chemical Mediation of Coevolution*, Academic Press, pp. 317–344, San Diego.
- Cates, R.G. and Redak, R.A. 1986. Between-year population variation in resistance of Douglas-fir to the western spruce budworm. In: M. B. Green, P. A. Hedin (Editors), *Natural resistance of plants to pests*, American Chemical Society Symposium, pp. 106–115, Washington.
- Cates, R.G., Redak, R.A., Henderson, C.B. 1983. Patterns in defensive natural product chemistry: Douglas-fir and western spruce budworm interactions. In: P. A. Hedin (Editor), *Plant Resistance to Insects*, Symposium Series, 208. American Chemical Society, pp: 1–19, Columbus, OH.
- Chappell, J. 1995. The biochemistry and molecular biology of isoprenoid metabolism. *Plant Physiology*, 107: 1– 6.
- Charles, P.J., Delphanque, A., Marpeau, A., Bernard-Dagan, C., Arbez, M. 1982. 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. In: H. M. Heybroek, B. R. Stephan, K. von Weissenberg (Editors), *Resistance to Diseases and Pest in Forests Trees*, pp. 206–212, Wageningen.
- Chou, C.K.S. and Zabkiewicz, J.A. 1976. Toxicity of monoterpenes from *Pinus radiata* cortical oleoresin to *Diplodia pinea* spores. *Journal of Forest Pathology*, 6: 354–359.
- Colazza, S., Fucarino, A., Peri, E., Salerno, G., Conti, E., Bin, F. 2004a. Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids. *The Journal of Experimental Biology*, 207: 47–53.
- Colazza, S., Mcelfresh, J.S., Millar, J.G. 2004b. Identification of volatile synomones, induced by *Nezara viridula* feeding and oviposition on bean spp., that attract the egg parasitoid *Trissolcus basalus*. *Journal of Chemical Ecology*, 30: 945–964.
- Conrath, J., Hadjadj, E., Balansard, B., Ridings, B. 2000. Caterpillar setae induced acute anterior uveitis: a case report. *American Journal of Ophthalmology*, 130: 841–843.
- Cornell, H.V., Hawkins, B.A., Hochberg, M.E. 1998. Towards an empirically-based theory of herbivore demography. *Ecological Entomology*, 23: 340–349.
- Costa, J.T. 1993. Larval ontogeny and survivorship of eastern tent caterpillar colonies. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 32: 89–98.

- Cowie, R.J. and Hinsley, S.A. 1988. Feeding ecology of great tits (*Parus major*) and blue tits (*Parus caeruleus*) breeding in suburban gardens. *Journal of Animal Ecology*, 57: 611–626.
- Croteau, R. 1998. The discovery of terpenes. In: S. d-. Kung and S. -f. Yang (Editors), *Discoveries in Plant Biology*, Vol. 1, World Scientific, pp. 329–343, Singapore.
- Crozier, L., and Dwyer, G. 2006. Combining population-dynamic and ecophysiological models to predict climate-induced insect range shifts. *American Naturalist*, 167: 853–866.
- Çanakçioğlu, H., ve Mol, T. 1998. Orman Entomolojisi Zararlı ve Yararlı Böcekler, İstanbul Üniversitesi Orman Ekolojisi, İstanbul, 541 ss.
- Damman, H. 1987. Leaf quality and enemy avoidance by the larvae of a pyralid moth. *Ecology*, 68: 88–97.
- Davis, E.M. and Croteau, R. 2000. Cyclization enzymes in the biosynthesis of monoterpenes, sesquiterpenes, and diterpenes. In: F.J. Leeper, J.C. Vederas (Editors), *Biosynthesis: aromatic polyketides, isoprenoids, alkaloids*, Vol. 209. Topics in current chemistry, Springer-Verlag, pp. 53–95, Heidelberg, Germany.
- De Groot, R.C. 1972. Growth of wood-inhabiting fungi in saturated atmospheres of monoterpenoids. *Mycologia*, 64: 863–870.
- De Moraes, C.M., Lewis, W.J., Paré, P.W., Alborn, H.T., Tumlinson, J.H. 1998. Herbivore infested plants selectively attract parasitoids. *Nature*, 393: 570–573.
- Demirsoy, A. 1997. Yaşamın Temel Kuralları, Omurgasızlar/Böcekler, Entomoloji, Meteksan A.Ş., Ankara, 941 ss.
- Demolin, G. 1969. Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique. *Annales des Sciences Forestières*, 26: 81–102.
- Devkota, B., and Schmidt, G. H. 1990. Larval development of *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) from Greece as influenced by different host plants under laboratory conditions. *Journal of Applied Entomology*, 109: 321–330.
- Devkota, B., Breuer, M., Schmidt, G.H. 1992. Observations on the flight activity of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* (Den & Schiff.) in Greece, using synthetic sex-pheromone and light traps (Insecta, Lepidoptera, Thaumetopoeidae). *Bolletino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 24: 147–154.

- Dicke, M. 1999. Evolution of induced indirect defense of plants. In: R. Tollrian and C. D. Harvell (Editors.), *The Ecology and Evolution of Inducible Defenses*, pp. 62–88, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Doğanlar, M., ve Avcı, M. 2001. A new species of *Traumatocampa wallengren* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) feeding on cedar from Isparta (Turkey), *Turkish Journal of Entomology*, 25: 19–22.
- Douma-Petridou, E. 1989. European *Thaumetopoea* species (Lep., Thaumetopoeidae): Characteristics and life-cycles, In: G. H. Schmidt (Editor), *On the biology and control of Thaumetopoea spp.*, Proc. of the *Thaumetopoea-Symposium*, pp. 12–19, Hannover.
- Dudareva, N., Negre, F., Nagegowda, D.A., Orlova, I. 2006. Plant volatiles: recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25: 417–440.
- Ekerbiçer, H., Çelik, M., Aral, M., Şaşmaz, S. 2002. Çam kese böceğinin (*Th. pityocampa*) insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri, Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Kahramanmaraş-Türkiye, pp. 203–211.
- Engel, M.S. and GRIMALDI, D.A. 2004. New light shed on the oldest insect. *Nature*, 427: 627–630.
- Eppo 2004. *Thaumetopoea pityocampa*. Diagnostic protocols for regulated pests. European and Mediterranean Plant Protection Organization, *EPPO Bulletin*, 34: 295–297.
- Er, M. K., Karadağ, S., Mart, C. 2007. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* on *Thaumetopoea solitaria* Frey. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) larvae in laboratory conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31: 255–261.
- Fäldt, J., Martin, D., Miller, B., Rawat, S., Bohlmann, J. 2003. Traumatic resin defense in Norway spruce (*Picea abies*): Methyl jasmonate-induced terpene synthase gene expression, and cDNA cloning and functional characterization of (+)-3-carene synthase. *Plant Molecular Biology*, 51: 117–133.
- Figueroa, C., Simon, J.C., Le Gallic, J.F., Prunier-Leterme, N., Briones, L.M., Dedryver, C.A., Niemeyer, H.M. 2004. Effect of host defense chemicals on clonal distribution and performance of different genotypes of the cereal aphid *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Chemical Ecology*, 30: 2515–2525.
- Fitzgerald, T.D. 2003. Role of the trail pheromone in foraging and processionary behavior of pine processionary caterpillars *Thaumetopoea pityocampa*. *Journal of Chemical Ecology*, 29: 513–532.

- Fitzgerald, T.D. and Pescador-Rubio, A. 2002. The role of tactile and chemical stimuli in the formation and maintenance of the processions of the social caterpillar *Hylesia lineata* (Lepidoptera: Saturniidae). *Journal of Insect Behaviour*, 15: 659–674.
- Floater, G.J. 1996a. Life history comparisons of ground and canopy-nesting populations of *Ochrogaster lunifer* Herrich-Schaffer (Lepidoptera: Thaumetopoeidae): evidence for two species? *Australian Journal of Entomology*, 35: 223–230.
- Floater, G.J. 1996b. The Brooks-Dyar rule and morphometrics of the processionary caterpillar *Ochrogaster lunifer* Herrich-Schaffer (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Australian Journal of Entomology*, 35: 271–278.
- Floater, G.J. and Zalucki, M.P. 2000. Habitat structure and egg distribution in the processionary caterpillar *Ochrogaster lunifer*: lessons for conservation and pest management. *Journal of Applied Ecology*, 37: 87–99.
- Franceschi, V.R., Krekling, T., Berryman, A.A., Christiansen, E. 1998. Specialized phloem parenchyma cells in Norway spruce (Pinaceae) bark are an important site of defense reactions. *American Journal of Botany*, 85: 601–615.
- Franceschi, V.R., Krokene, P., Christiansen, E., Krekling, T. 2005. Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests. *New Phytologist*, 167: 353–376.
- Franceschi, V.R., Krokene, P., Krekling, T., Christiansen, E. 2000. Phloem parenchyma cells are involved in local and distant defense responses to fungal inoculation or bark-beetle attack in Norway spruce (Pinaceae). *American Journal of Botany*, 87: 314–326.
- Funk, C. and Croteau, R. 1994. Diterpenoid resin acid biosynthesis in conifers: characterization of two cytochrome P450-dependent monooxygenases and an aldehyde dehydrogenase involved in abietic acid biosynthesis. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 308: 258–266.
- Geri, C. 1983. Dynamique de la processionnaire du pin dans la vallée de Niolo en Corse au cours des cycles 1965-1966, 1967-1968, 1969-1970. Rôle de certains caractères du milieu forestier. *Annales des Sciences Forestières*, 40: 123–156.
- Geri, C. and Miller, C. 1985. Mesures des populations de processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.-Lepidoptera, Thaumetopoeidae) au Mont-Ventoux. *Annales des Sciences Forestières*, 42: 143–184.
- Gershenson, J. and Croteau, R. 1991. Terpenoids, In: G. A. Rosenthal, M. R. Berenbaum (Editors), *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites*, Vol. 1: The Chemical Participants, Academic Press, pp: 165–219, New York.

- Gindin, G., Navon, A., Protasov, A., Saphir, A., Mendel, Z. 2007a. Differing susceptibility to *Bacillus thuringiensis* formulations of *Thaumetopoea wilkinsoni* populations between forests with different *Bt* management in Israel. *Phytoparasitica*, 35: 179–190.
- Gindin, G., Navon, A., Saphir, A., Protasov, A., Mendel, Z. 2007b. Environmental persistence of *Bacillus thuringiensis* products tested under natural conditions against *Thaumetopoea wilkinsoni*. *Phytoparasitica*, 35: 255–263.
- Gleizes, M., Pauly, G., Bernard-Dagan, C., Jacques, R. 1980. Effects of light on terpene hydrocarbon synthesis in *Pinus pinaster*. *Physiologia Plantarum*, 50: 16–20.
- Gotarrendonda, A., Carroasco, J.J., Gonzales, M.J., Garcia, A. 2001. Equilibrios Biologicos. *Revista Medio Ambiente, Consejeria de Medio Ambiente*, pp.1–8.
- Gottschling, S. and Meyer, S. 2006. An epidemic airborne disease caused by the Oak Processionary Caterpillar. *Pediatric Dermatology*, 23: 64–66.
- Gref, R. and Tenow, O. 1987. Resin acid variation in sun and shade needles of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Canadian Journal of Forest Research*, 17: 346–349.
- Greig, B.J. and Sharpe, A.L. 1991. Pine stem rust (*Peridermium pini*) in a Scots pine provenance trial at Teindland forest. *Scottish Forestry*, 45: 169–174.
- Guilford, T. 1990. The evolution of aposematism, In: D. L. Evans, J. O. Schmidt, Insect defenses, State University of New York Press, pp. 23–62, Albany, New York.
- Haars, A., Chet, I., Hüttermann, A. 1981. Effect of phenolic compounds and tannin on growth and laccase activity of *Fomes annosus*. *European Journal of Forest Pathology*, 11: 67–76.
- Halperin, J. 1990. Life history of *Thaumetopoea* spp. (Lep. Thaumetopoeidae) in Israel. *Journal of Applied Entomology*, 100: 1–6.
- Hanover, J.W. 1966. Environmental variation in the monoterpenes of *Pinus monticola* Dougl. *Phytochemistry*, 5: 713–717.
- Hanover, J.W. 1992. Application of terpene analysis in forest genetics. *New Forest*, 6: 159–178.
- Hanula, J.L., Berisford, C.W., Debarr, G.L. 1985. Monoterpene oviposition stimulants of *Dioryctria amatella* in volatiles from fusiform rust galls and second-year loblolly pine cones. *Journal of Chemical Ecology*, 11: 943–952.
- Haukioja, E. 1980. On the role of plant defences in the fluctuation of herbivore populations. *Oikos*, 35: 202–213.

- Haukioja, E. and Neuvonen, S. 1987. Insect population dynamics and induction of plant resistance: the testing of hypothesis. In: Barbosa, P. and Schultz, J. C. (editors), *Insect outbreaks*. Academic Pres Inc., pp. 411–432, San Diego, USA.
- Hilker, M. and Weitzel, C. 1991. Oviposition deterrence by chemicals of conspecific larvae in *Diprion pini* (Hymenoptera: Diprionidae) and *Phyllodecta vulgatissima* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Entomologia Generalis*, 15: 293–301.
- Hilker, M., Rohfritsch, O., Meiners, T. 2002. The plant's response towards insect egg deposition. In: M. Hilker and T. Meiners (Editors), *Chemoecology of Insect Eggs and Egg Deposition*, Blackwell, pp. 205-233, Berlin.
- Hiltunen, R., Tigerstedt, P.M.A., Juvonen, S., Pohjola, J. 1975. Inheritance of 3-carene quantity in *Pinus sylvestris* L. *Farmaseuttinen Aikakauslehti*, 84: 69–72.
- Hódar, J.A. and Zamora, R. 2004. Herbivory and climatic warming: a Mediterranean outbreaking caterpillar attacks a relict, boreal pine species. *Biodiversity Conservation*, 13: 493–500.
- Hódar, J.A., Castro, J., Zamora, R. 2003. Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming. *Biological Conservation*, 10: 123–129.
- Hódar, J.A., Zamora, R., Castro, J. 2002. Host utilization by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three *Pinus* species. *Ecological Entomology*, 27, 292–301.
- Hofstetter, R.W., Mahfouz, J.B., Klepzig, K.D., Ayres, M.P. 2005. Effects of tree phytochemistry on the interactions among endophloedic fungi associated with the southern pine beetle. *Journal of Chemical Ecology*, 31: 539–560.
- Hough-Goldstein, J.A. 1990. Antifeedant effects of common herbs on the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, 19: 234–238.
- Houri, A. and Doughan, D. 2006. Behaviour patterns of the pine processionary moth (*Th. wilkinsoni* Tams; Lep.: Thaumetopoeidae). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 1: 1–5.
- Huber, D.P., Ralph, S., Bohlmann, J. 2004. Genomic hardwiring and phenotypic plasticity of terpenoid-based defenses in conifers. *Journal of Chemical Ecology* 30: 2399–2418.

- Huber, D.P.W and Bohlmann, J. 2004. Terpene synthases and the mediation of plant-insect ecological interactions by terpenoids: a mini review. In: Cronk, Q.C.B., Whitton, J., Ree, R.H., Taylor, I.E.P (Editors), Plant adaptation: Molecular Genetics and Ecology. NRC Research Press, pp. 70–81, Ottawa, Ontario.
- Huchon, H. and Demolin, G. 1970. La bioécologie de la Processionnaire du pin, dispersion potentielle, dispersion actuelle. *Rev. For. Franc. n. spéc. "La Lutte Biologique en Forêt":* 220–233.
- Hudgins, J.W. and Francesci, V. 2004. Methyl Jasmonate-induced ethylene production is responsible for conifer phloem defense responses and reprogramming of stem cambial zone for traumatic resin duct information. *Plant Physiol*, 135: 2134–2149.
- Işık, K. 1986. Altitudinal variation in *Pinus brutia* Ten: Seed and Seedling characteristics. *Silvae Genetica*, 35: 58–67.
- Işık, K. ve Kara, N. 1997. Altitudinal variation in *Pinus brutia* Ten. and its implication in genetic conservation and seed transfers in southern Turkey. *Silvae Genetica*, 46: 113–120.
- Işık, K., Topak, K., Keskin, A.C. 1987. Kızıldağ'da (*Pinus brutia* Ten.) Orijin Denemeleri: Altı Farklı Populasyonun Beş Ayrı Deneme Alanında İlk Altı Yıldaki Büyüme Özellikleri. Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No.3, Ankara, 139 ss.
- İpekdal, K. 2005. Çam Kese Böceği *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)'nin biyo-ekolojisi ve mücadelesi üzerine araştırmalar, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 116 ss.
- Jennewein, S., Long, R.M., Williams, R.M., Croteau, R. 2004. Cytochrome P450 taxadiene 5-alpha-hydroxylase, a mechanistically unusual monooxygenase catalyzing the first oxygenation step of taxol biosynthesis. *Chemical Biology*, 11: 379–387.
- Johne, A.B., Weissbecker, B., Schütz, S. 2006. Volatile emissions from *Aesculus hippocastanum* induced by mining of larval stages of *Cameraria ohridella* influence oviposition by conspecific females. *Journal of Chemical Ecology*, 32: 2303-2319.
- Kainulainen, P. 1997. The role of environmental factors in the variation of secondary compounds in Scots pine and Norway spruce. Kuopio University Publications C. Natural and Environmental Sciences 58. Kuopio, 40 pp.

- Kainulainen, P., Holopainen, J.K., Palomäki, V., Holopainen, T. 1996. Effects of nitrogen fertilization on secondary chemistry and ectomycorrhizal state of Scots pine seedlings and on growth of grey pine aphid. *Journal of Chemical Ecology*, 22: 617–636.
- Kainulainen, P., Nissinen, A., Piirainen, A., Tiilikkala, K., Holopainen J.K. 2002. Essential oil composition in leaves of carrot varieties and preference of specialist and generalist sucking insect herbivores. *Agricultural Forest Entomology*, 4: 211-216.
- Kainulainen, P., Satka, H., Mustaniemi, A., Holopainen, J.K., Oksanen, J. 1993. Conifer aphids in an air-polluted environment. II. Host plant quality. *Environmental Pollution*, 80: 193–200.
- Kamata, N. 2000. Population dynamics of the beech caterpillar, *Syntypistis punctatella*, and biotic and abiotic factors. *Population Ecology*, 42: 267–278.
- Kanat, M. and Mol, T. 2008. The effect of *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae) feeding on the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffmüller) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in the laboratory. *Turkish Journal of Zoology*, 32: 367–372.
- Kanat, M. ve Sivrikaya, H. 2004. Kahramanmaraş yöresinde kızılçamalarda (*Pinus brutia* Ten.) çam keseböceği, *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.)'ne karşı yapılan ilaçlı mücadelenin çap artımına etkisi. *KSÜ, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7: 60–64.
- Kanat, M. ve Alma, M.H. 2003. Insecticidal effects of essential oils from various plants against larvae of the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Pest Management Science*, 60: 173–177.
- Kanat, M., Alma, M.H., Sivrikaya, F. 2005. Effect of defoliation by *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) on annual diameter increment of *Pinus brutia* Ten. in Turkey. *Annals of Forest Science*, (61) 1-4.
- Kanat, M. ve Özbolat, M. 2006. Mass production and release of *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae) used against the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), in biological control. *Turkish Journal of Zoology*, 30: 181–185.
- Kanat, M., Sivrikaya, F., Serez, M. 2002. A research on the effects of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff), *Pinus brutia* Ten trees and tending activities on the diameter increment of calabrian pine in Kahramanmaraş, Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Kahramanmaraş-Türkiye. pp: 44–51.

- Karr, L.L., Coats, J.R. 1992. Effects of monoterpenoids on growth and reproduction of the German cockroach (Blattodeae: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*, 85: 425–429.
- Kaya, N. 2001. Kızılcımın (*Pinus brutia* Ten.) Çameli-Göldağı orijinli Asar-Antalya klonal tohum bahçesinde eşleşme sisteminin ve genetik kontaminasyonunun saptanması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Antalya, 81 ss.
- Kaya, Z. and Işık, F. 1997. The pattern of genetic variation in shoot growth of *Pinus brutia* Ten. populations sampled from the Toros Mountains in Turkey. *Silvae Genetica*, 46: 73–81.
- Keeling, C.I. and Bohlmann, J. 2006. Genes, enzymes, and chemicals of terpenoid diversity in the constitutive and induced defence of conifers against insects and pathogens. *New Phytologist*, 170: 657–675.
- Keskin, S. 1998. Kızılcımın (*Pinus brutia* Ten.) bir tohum bahçesinde çiçeklenme özellikleri bakımından klonal farklılığının belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 95 ss.
- Keskin, S. 1999. Çameli-Göldağı orijinli kızılçam tohum bahçesinde çiçek ve kozalak verimi açısından klonal farklılıklar ve çiçeklenme fenolojisi. Orman Bak. Yayın No: 91, Batı Akd. Orm. Araşt. Müd., Antalya, ss: 96.
- Kimmins, J. P. 1997. Forest ecology. A foundation for sustainable management. 2nd ed. Prentice Hall, Inc., pp. 596, New Jersey, USA.
- Koski, V. and Antola, J. 1994. National tree breeding and seed production programme from Turkey 1994–2003. Turkish-Finnish Forestry Project. Vol. II Technical Instructions, Ankara, pp: 24. +4 Appendix.
- Kozer, E., Lahat, E., Berkovitch, M. 1999. Hypertension and abdominal pain: uncommon presentation after exposure to a pine caterpillar. *Toxicon*, 37: 1797–1801.
- Krauze-Baranowska, M., Mardarowicz, A., Wiwart, M., Poblocka, L., Dynowska, M. 2003. Antifungal activity of the essential oils from some species of the genus *Pinus*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 57: 478–482.
- Krebs, C.J. 1994. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance, Harper Collins, New York, 801 pp.
- Lamy, M. 1990. Contact dermatitis (erucism) produced by processionary caterpillars (Genus: Thaumetopoea). *Journal of Applied Entomology*, 110: 425–437.

- Lamy, M., Pastureaud, M. H., Novak, F., Ducombs, G., Vincendeau, P., Maleville, J., Texier, L. 1986. Thaumetopoein: an urticating protein from the hairs and integument of the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff., Lepidoptera, Thaumetopoeidae),. *Toxicon*, 24: 347–356.
- Langenheim, J. 1990. Plant Resins. *American Scientist*, 78: 16–24.
- Langenheim, J.H. 1994. Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles. *Journal of Chemical Ecology*, 20: 1223–1280.
- Larsen, J.B. ve Suner, A. 1986. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) orijinleri arasındaki kuraklık ve donma dayanma farklılıkları. OAE Yayınları, Dersi Serisi No: 63, Ankara, ss. 95–109.
- Laurent-Hervouet, N. 1986. Mesure des pertes de croissance radiale sur quelques espèces de *Pinus* dues à deux défoliateurs forestiers. I. Cas de la processionnaire du pin en région méditerranéenne. *Annales des Sciences Forestières*, 43: 239–262.
- Leather, S.M. 1987. Pine monoterpenes stimulate oviposition in the pine beauty moth, *Panolis flammea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 43: 295–303.
- Leather, S.R. 1985. Oviposition preferences in relation to larval growth rates and survival in the pine beauty moth, *Panolis flammea*. *Ecological Entomology*, 10: 213–217.
- Leather, S.R. 1990. Two case studies: the pine beauty moth and the bird cherry aphid. In: J. J. Burdon, S. R. Leather (Editors), *Pests, Pathogens and Plant Communities*, Oxford: Blackwell Scientific Publications, pp: 145–167.
- Leather, S.R., Watt, A.D., Forrester G.I. 1987. Insect-induced chemical changes in young lodgepole pine (*Pinus contorta*): the effect of previous defoliation on oviposition, growth and survival of the pine beauty moth, *Panolis flammea*. *Ecological Entomology*, 12: 275–281.
- Lee, S., Peterson, C.J., Coats, J.R. 2003. Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 39: 77–85.
- Lemoine, B. 1977. Contribution à la mesure des pertes de production causées par la chenille processionnaire *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. au pin maritime dans les Landes de Gascogne. *Annales des Sciences Forestières*, 34: 205–214.
- Lichtenthaler, H.K. 1999. The 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate pathway of isoprenoid biosynthesis in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50: 47–65.

- Lin, J., Hu, Y., He, X., Ceulemans, R. 2002. Systematic survey of resin canals in Pineaceae. *Belgium Journal of Botany*, 135 (1-2): 3–14.
- Lindgren B. S., Norlander G., Birgersson G. 1996. Feeding deterrence of verbenone to the pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). *Journal of Applied Entomology*, 120: 397–403.
- Litvak, M.E. and Monson, R. K. 1998. Patterns of induced and constitutive monoterpenes production in conifer needles in relation to insect herbivory. *Oecologia*, 114: 531–540.
- Maier, H., Spigel, W., Kinaciyan, T., Krehan, H., Cabaj, A., Schopf, A., Hönigsmann, H. 2003. The oak processionary caterpillar as the cause of an epidemic airborne disease: survey and analysis. *British Journal of Dermatology*, 149: 990–997.
- Manninen, A-M., Tarhanen, S., Vuorinen, M., Kainulainen, P. 2002. Comparing the variation of needle and wood terpenoids in Scots pine provenances. *Journal of Chemical Ecology*, 28: 211–228.
- Markalas, S. 1998. Biomass production of *Pinus pinaster* after defoliation by the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.), USDA, For. Serv. Gen. Technical Report, NE-247, pp: 292–302.
- Marquis, R.J. and Whelan, C.J. 1994. Insectivorous birds increase growth of the white oak through consumption of leaf-chewing insects. *Ecology*, 75: 2007–2014.
- Mart, C., Uygun, N., Altın, M., Erkiliç, L., Bolu, H. 1995. General review on the injurious and beneficial species and pest control methods used in pistacio orchards of Turkey. *Acta Horticulture*, 419: 379–385.
- Martin, D.M., Fäldt, J., Bohlmann, J. 2004. Functional characterization of nine Norway spruce TPS genes and evolution of gymnosperm terpene synthases of the TPS-d subfamily. *Plant Physiology*, 135: 1908–1927.
- Martinat, P. J. 1987. The role of climatic variation and weather in forest insect outbreaks. In: Barbosa, P. and Schultz, J. C. (editors), *Insect outbreaks*. Academic Press Inc., pp. 241–268, San Diego, USA.
- Masutti, L. 1964. Ricerche sui parassiti oofagi della *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Annali. Centro Economia. Montana delle Venezie* 4: 205–271.
- Masutti, L. and Battisti, A. 1990. *Thaumetopoea pityocampa* (Den & Schiff.) in Italy. Bionomics and perspectives of integrated control. *Journal of Applied Entomology*, 110: 229–234.

- Mattson, W. J., Scriber, J. M. 1987. Nutritional ecology of insect folivores of woody plants: nitrogen, water fiber and mineral considerations. In: F. Slansky, Jr. Rodrigues, J. G. Rordiguez (Editors), *Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates*, pp. 105–146, Wiley, New York.
- Mayr, E. 2001. What evolution is, Basic Books, New York, 192 pp.
- Mckay, S.A., Hunter, W.L., Godard, K.A., Wang, S.X., Martin, D.M., Bohlmann, J., Plant, A.L. 2003. Insect attack and wounding induced traumatic resin duct development and gene expression of (-)-pinene synthase in Sitka spruce. *Plant Physiology*, 133: 368–378.
- Mendel, Z. 1990. On the origin of the pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams (Lep., Thaumetopoeidae) in Israel. *Journal of Applied Entomology*, 109: 311–314.
- MGM, 2014. Meteroloji Genel Müdürlüğü, Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu Sonucu, Ankara.
- Michelozzi, M., Squillace, A.E., White, T.L. 1990. Monoterpene composition and fusiform rust resistance in slash pine. *Forest Science*, 36: 470–475.
- Miller, B., Madilao, L.L., Ralph, S., Bohlmann, J. 2005. Insect-induced conifer defense. White pine weevil and methyl jasmonate induce traumatic resinosis, de novo formed volatile emissions, and accumulation of terpenoid synthase and putative octadecanoid pathway transcripts in Sitka spruce. *Plant Physiology*, 137: 369–382.
- Miller, D.R. and Borden, J.H. 2000. Dose-dependent and species specific responses of pine bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) to monoterpenes in association with pheromones. *Canadian Entomologist*, 132: 183–195.
- Mirchev, P., Schmidt, G.H., Tsankov, G., Avcı, M. 2004. Egg parasitoids of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae) and their impact in SW Turkey. *Journal of Applied Entomology*, 128: 533–542.
- Mıta, E., Tsitsimpikou, C., Tsiveleka, L., Petrakis, P.V., Ortis, A., Vagias, C., Roussis, V. 2002. Seasonal variation of oleoresin terpenoids from *Pinus halepensis* and *Pinus pinea* and host selection of the scale insect *Marchalina hellenica* (Homoptera, Coccoidea, Margarodidae, Coelostoniinae). *Holzforschung*, 56: 572–578.
- Mol, T. ve Küçükosmanoğlu, A. 2002. Ülkemizde *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.)'ya karşı kullanılan savaş metodları, Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Kahramanmaraş-Türkiye, pp: 135–147.

- Montaya, R. 1984. Description de un nuevo modelo de trampa para captura de machos de Procesionaria del pino. *Boletín de la Estación Central de Ecología*, 13: 99–103.
- Mumm, R. and Hilker, M. 2006. Direct and indirect chemical defence of pine against folivorous insects. *Trends in Plant Science*, 11(7): 351–358.
- Murakami, M and Nakamo, S. 2000. Species-specific bird functions in a forest-canopy food web. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 267: 1597–1601.
- Myers, J.H. 2000. Population fluctuations of the western tent caterpillar in southwestern British Columbia. *Population Ecology*, 42: 231–241.
- Nehring, S. 1998. Establishment of thermophilic phytoplankton species in the North Sea: biological indicators of climatic changes? *ICES Journal of Marine Sciences*, 55: 818–823.
- Nerg, A., Kainulainen, P., Vuorinen, M., Hanso, M., Holopainen, J.K., Kurkela, T. 1994. Seasonal and geographical variation of terpenes, resin acids and total phenolics in nursery grown seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L). *New Phytologist*, 128: 703–713.
- Nerg, A-M., Heijari, J., Noldt, U., Viitanen, H., Vuorinen, M., Kaunilainen, P., Holopainen, J. K. 2004. Significance of wood terpenoids in the resistance of Scots pine provenances against the old house borer, *Hylotrupes bajalus*, and Brown-rot fungus, *Coniphora puteana*. *Journal of Chemical Ecology*, 30: 125–141.
- Neuvonen, S. and Haukioja, E. 1991. The effects of inducible resistance in host foliage on birch-feeding herbivores, In: D. W. Tallamy, M. J. Raupp (Editors), *Phytochemical induction by herbivores*, John Wiley and Sons, Inc., pp. 277–291, New York.
- Niccoli, A., Nori, F., Panzavolta, T., Tiberi, R. 2004. Effects of host monoterpenes on survival and development of the gregarious pine processionary caterpillars. *Redia* LXXXVII, 257–260.
- Niccoli, A., Panzavolta, T., Marziali, L., Peverieri, G.S., Florenzano, G.T., Tiberi, R. 2008. Further studies on the role of monoterpenes in the pine host selection and oviposition of *Thaumetopoea pityocampa*. *Phytoparasitica*, 36: 313–321.
- Özdal, M.H. 2002. Çam kese böceği ile adacıklarla mücadele yöntemi, Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Kahramanmaraş-Türkiye, pp: 101–108.

- Özkazanç, O. 2002. Çam Kese Böceği, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lep: Thaumetopoeidae)'nın Akdeniz Bölgesindeki Biyoekolojisi. Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Kahramanmaraş-Türkiye. pp: 1–11.
- Öztürk, H. 2003. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tohum bahçelerinde yer alan klonların ıslah değerlerinin açık tozlaşma döl denemeleri ile belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 219 ss.
- Paré, P. and Tumlinson, J. 1996. Plant volatile signals in response to herbivore feeding. *Florida Entomologist*, 79: 93–103.
- Pasquier-Barre, F., Geri, C., Goussard, F., Auger-Rozenberg, M.A.A., Grenier, S. 2000. Oviposition preference and larval survival of *Diprion pini* on Scots pine clones in relation to foliage characteristics. *Agricultural Forest Entomology*, 2: 185–192.
- Pérez-Contreras, T., Soler, J. J., Soler, M. 2008. Needle asymmetry, pine vigour and pine selection by the processionary moth *Thaumetopoea pityocampa*. *Acta Oecologia*, 33: 213–221.
- Peterson, S.C. and Fitzgerald, T.D. 1991. Chemoorientation of the eastern tent caterpillars to trail pheromone 5 β -cholestane-3,24-dione. *Journal of Chemical Ecology*, 17: 1963–1972.
- Petrakis, P. V., Roussis, V., Papadimitriou, D., Vagias, C., Tsitsimpikou, C. 2005. The effects of terpenoids extracts from 15 pine species on the feeding behavioural sequence of the late instars of the pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa*. *Behavioural Process*, 69: 303–322.
- Phillips, M.A. and Croteau, R. B. 1999. Resin-based defenses in conifers. *Trends Plant Science*, 4: 184–190.
- Pianka, E.R. 1988. *Evolutionary Ecology*, 4th Edition, Harper&Row Publishers, 468 pp.
- Pichersky, E. and Gershenzon, J. 2002. The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. *Current Opinions in Plant Biology*, 5: 237–243.
- Pollack, C.J. 1990. The response of plants to temperature. *Journal of Agricultural Sciences*, 115: 1–5.
- Raffa, K.F., Berryman, A.A., Simasko, J., Teal W., Wong, B.L. 1985. Effects of grand fir monoterpenes on the fir engraver, *Scolytus ventralis* (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology*, 14: 552–556.

- Rausell, C., Martinez-Ramirez, A.C., Garcia-Robles, I., Real, M.D. 1999. The toxicity and physiological effects of *Bacillus thuringiensis* toxins and formulations on *Thaumetopoea pityocampa*, the pine processionary caterpillar. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 65: 44–54.
- Richardson, J.S. 2001. Life cycle phenology of common detritivores from a temperate rainforest stream. *Hydrobiologia*, 455: 87–95.
- Ricklefs, R.E. and Wikelski, M. 2002. The physiology/life-history nexus. *Trends in Ecology and Evolution*, 17: 462–468.
- Ro, D.K., Arimura, G., Lau, S.Y., Piers, E., Bohlmann, J. 2005. Loblolly pine abietadienol/abietadienal oxidase PtAO (CYP720B1) is a multifunctional, multisubstrate cytochrome P450 monooxygenase. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 102: 8060–8065.
- Roques, A., Boivin, S., Auger-Rozenberg, M.A. 2002. Douglas fir vs. Lodgepole pine in Europe: colonization of exotic conifer species by native phytophagous insects depends on taxonomic isolation. Pacific Temperate Conifers International Symposium, IUFRO Working Parties S2.02.05 and S2.01.06. Orleans, France.
- Royama, T. 1970. Factors governing the hunting behaviour and selection of food by the great tit (*Parus major* L.). *Journal of Animal Ecology*. 39: 619–668.
- Ruf, C., Costa, J. T., Fiedler, K. 2001. Trail-based communication in social caterpillars of *Eriogaster lanestris* (Lepidoptera: Lasiocampidae), *Journal of Insect Behaviour*, 14: 231–245.
- Ruzicka, L. 1953. The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds. *Experientia* 9, 357–396.
- Salvato, P., Battisti, A., Concato, S., Masutti, L., Patarnello, T., Zane, L. 2002. Genetic differentiation in the winter pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*– *wilkinsoni* complex), inferred by AFLP and mitochondrial DNA markers. *Molecular Ecology*, 11: 2435–2344.
- Sarıbaş, M. ve Ekici, B. 2004. Kızıldağın (*Pinus brutia* Ten.) Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki doğal yayılışına katkı. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 6: 127–135.
- SAS Institute 2003. SAS for Windows, version: 9.1.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Savela, M. 2005. Lepidoptera and some other life forms, <http://www.funet.fi/pub/sci/bio/life/insecta/lepidoptera/ditrysia/noctuoidea/notodontidae/thaumetopoeinae/thaumetopoea/>

- Schiller, G. 1994. Diversity among *P. brutia* subsp. *brutia* and related taxa- A review. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt. 44, Sayı 1, ss: 133–134, İstanbul.
- Schiller, G. and Grunwald, C. 1987. Resin monoterpenes in range-wide provenance trials of *Pinus halepensis* Mill in Israel. *Silva Genetica*, 36: 109–114.
- Schmidt, G.H. 1989. Life cycle of *Thaumetopoea* species distributed in different regions of Europe, North Africa and Near East. Proc. In: Schmidt (Editor), Proc. Thaumetopoea Simp. Neustadt/RBGE. pp. 20–34, University of Hannover (FRG).
- Schmidt, G.H. 1990. The egg-batch of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae): Structure, hatching of the larvae and parasitism in southern Greece. *Journal of Applied Entomology*, 110: 217–228.
- Schroeder, L.M. 1998. Attraction of the bark beetle *Tomicus piniperda* and some other bark- and wood-living beetles to the host volatiles α -pinene and ethanol. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 46: 203-210.
- Scott, A.C., Anderson, J.M., Anderson, H.M. 2004. Evidence of plant–insect interactions in the upper Triassic Molteno Formation of South Africa. *Journal of the Geological Society*, 161: 401–410.
- Sczcepanik, M., Dams, I., Wawrzeńczyk, C. 2005. Feeding deterrent activity of terpenoid lactones with the p-menthane system against the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, 34: 1433–1440.
- Sekendiz O. A., ve Varlı S. V. 2002. Türkiye’de çam keseböceği mücadelesi üzerine deneyim ve düşünceler, Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, Kahramanmaraş-Türkiye. Pp: 19–27.
- Semiz, G., ve Işık, K. 2006. Kızılçam’da Çam Kese Böceği’ne [*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae)] karşı genetik direnç. I. Arazi gözlemlerine dayalı klonal varyasyon. XVIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Aydın-Türkiye. ss: 204.
- Semiz, G. 2009. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)’da Çam Kese Böceği’ne (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.) karşı direncin genetik çeşitliliğinin terpenler bakımından araştırılması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 135 s, Antalya.
- Seybold, S.J., Bohlmann, J., Raffa, K.F. 2000. Biosynthesis of coniferophagous bark beetle pheromones and conifer isoprenoids: an evolutionary perspective and synthesis. *Canadian Entomology*, 132: 1–57.

- Shevelev, A.B., Battisti, A., Volynskaya, A.M., Novikova, S.I., Kostina L.I., Zalunin I.A. 2001. Susceptibility of the pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) toward δ -endotoxins of *Bacillus thuringiensis* under laboratory conditions. *Annals of Applied Biology*, 138: 255–61.
- Shiga, M. 1976. A quantitative study on food consumption and growth of the tent caterpillar *Malacosoma neustria testacea* Motschulsky (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Bulletin of the Fruit Tree Research Station*, 3: 67–86.
- Shu, S., Grant, G.G., Langevin, D., Lombardo, D.A., Macdonald, L. 1997. Oviposition and electroantennogram responses of *Dioryctria abietivorella* (Lepidoptera: Pyralidae) elicited by monoterpenes and enantiomers from eastern white pine. *Journal of Chemical Ecology*, 23: 35–50.
- Simonato, M., Mendel, Z., Kerdelhué, C., Rousselet, J., Magnoux, E., Salvato, P., Roques, A., Battisti, A., Zane, L. 2007. Phylogeography of the pine processionary moth *Thaumetopoea wilkinsoni* in the Near East. *Molecular Ecology*, 16: 2273–2283.
- Simpson, D.G. 1994. Seasonal and geographic origin effects on cold hardiness of white spruce buds. Foliage, and stems. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 1066–1070.
- Smits, A. and Larsson, S. 1999. Effects of previous defoliation on pine looper larval performance. *Agricultural and Forest Entomology*, 1: 19–26.
- SPSS Inc. 2005. SPSS for Windows Release 14.0.1, SPSS inc., Chicago, IL.
- Städler, E. 1974. Host plant stimuli affecting oviposition behaviour of the eastern spruce budworm. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 17: 176–188.
- Stamp, N.E. 1982. Behaviour of parasitoids and Baltimore chekerspot caterpillars, *Euphydryas phaeton*. *Environmental Entomology*, 11: 100–104.
- Stamp, N.E. 1984. Interactions of parasitoids and, chekerspot caterpillars, *Euphydryas* spp. (Nymphalidae). *Journal of Research on the Lepidoptera*, 23: 2–18.
- Staudt, M. and Lhoutellier, L. 2007. Volatile organic compounds emission from holm oak infested by gypsy moth larvae: evidence for distinct responses in damaged and undamaged leaves. *Tree Physiology*, 27: 1433–1440.
- Steele, C.L., Crock, J., Bohlmann, J., Croteau, R. 1998. Sesquiterpene synthases from grand fir (*Abies grandis*): comparison of constitutive and wound-induced activities, and cDNA isolation, characterization, and bacterial expression of δ -selinene synthase and γ -humulene synthase. *Journal of Biological Chemistry*, 273: 2078–2089.

- Stephan, B.R. 1987. Differences in the resistance of Douglas fir provenances to the woolly aphid, *Gillettella cooleyi*. *Silvae Genetica*, 36: 76–79.
- Stephan, B.R., Scholz, F., Singh, U.P. 1984. Physiological and biochemical factors in Austrian pine clones with different susceptibility to *Gremmeniella abietina*. In: Manion, P. D. (Editor.), Scleroderris Canker of Conifers, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publ., pp. 181–188, The Hague.
- Stevens, D.J. 2004. Pupal development temperature alters adult phenotype in the speckled wood butterfly, *Pararge aegeria*. *Journal of Thermal Biology*, 29: 205–210.
- Şeref, S. 2003. Gibberellin A_{4/7/9} Karışımı Uygulaması ve İçsel Bitki Hormonları Seviyesinin Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Tohum Bahçesinde Çiçeklenme Üzerine Etkileri, (Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 68 ss.
- Şimşek, Y. ve Tulukçu, M. 1982. Marmara ve Karadeniz Bölgesinde Tesis Edilen *Pinus radiata* Don. Orjin Denemelerinde Gelişme ve Gövde Kalitesi Üzerine Araştırmalar. KHGYTOA-Araştırma Enst. Teknik Bülten No: 187, İzmit.
- Tallamy, D.W. and Raupp, M.J. 1991. Phytochemical induction by herbivores, John Wiley and Sons, Inc., New York, pp: 135–154.
- Tams, W.H.T. 1925. A new processionary moth (Notodontidae) injurious to pine trees in Cyprus. *Bulletin Entomological Researches*, 15: 293–294.
- Theis, N. and Lerchau, M. 2003. The evolution of function in plant secondary metabolites. *International Journal of Plant Sciences*, 164 (3): 93–102.
- Thompson, J.N. and Pellmyr, O. 1991. Evolution of oviposition behaviour and host preference in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 36: 65–89.
- Thoss, V. and Byers, J.A. 2006. Monoterpene chemodiversity of ponderosa pine in relation to herbivory and bark beetle colonization. *Chemoecology*, 16: 51–58.
- Tiberi, R. 1983. Sulla distribuzione delle ovature di *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) in un giovane impianto di *Pinus pinaster* e *P. insignis*. *Redia*, 66: 603–614.
- Tiberi, R., Niccoli, A., Curini, A., Epifano, F., Marcotullio, M.C., Rosati, O. 1999. The role of the monoterpene composition in *Pinus* spp. needles, in host selection by the pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea pityocampa*. *Phytoparasitica*, 27: 263–272.
- Tisdale, R.A. and Wagner, M.R. 1991. Host stress influences oviposition preference and performance of a pine sawfly. *Ecological Entomology*, 16: 371–376.

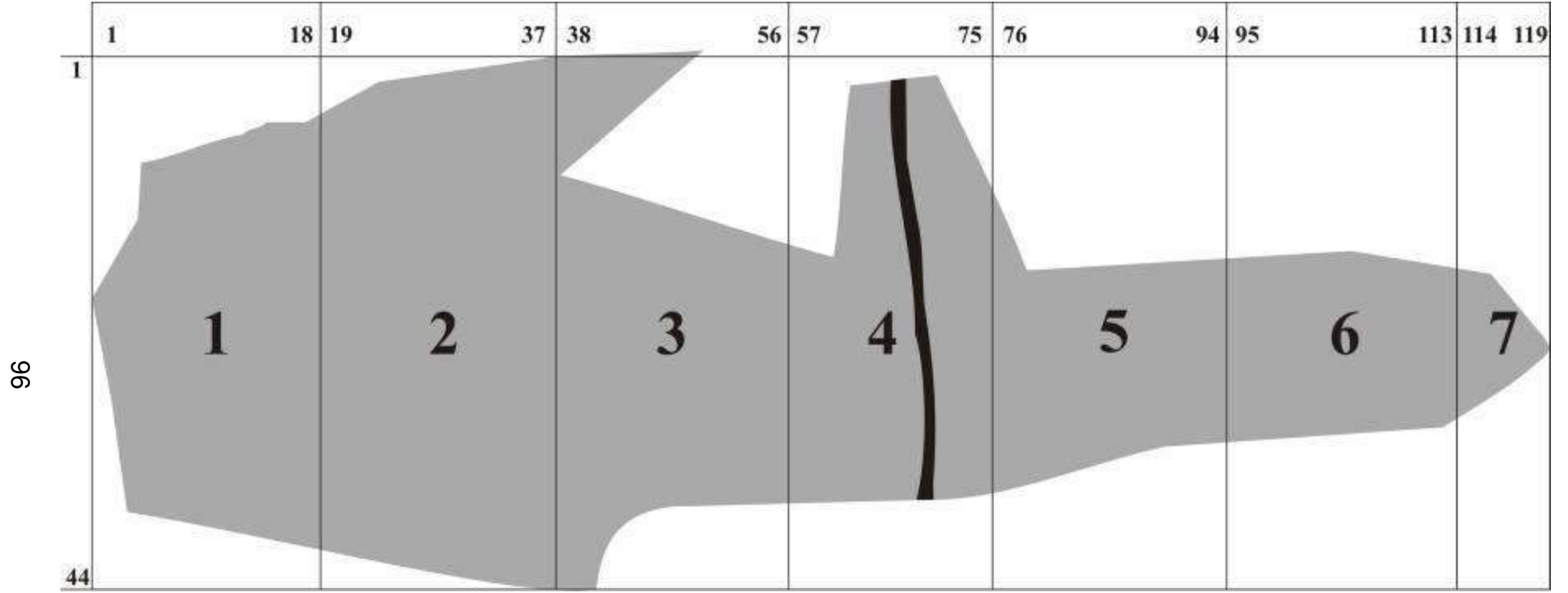
- Tobolski, J.J. and Honover, J.W. 1971. Genetic variation in monoterpenes of Scotch pine. *Forest Science*, 17: 293–299.
- Tomlin, E.S., Antonejevic, E., Alfaro, R.I., Borden, J.H. 2000. Changes in volatile terpene and diterpene resin acid composition of resistant and susceptible white spruce leaders exposed to simulated white pine weevil damage. *Tree Physiology*, 20: 1087–1095.
- Toplu, F., Tunçtaner, K., Tulukçu, M. 1987. Kocaeli yarım adasındaki radiata çamı (*Pinus radiata* Don.) orjinlerinin gelişmelerinde ve çam sürgün bükücüsü (*Evetria buoliana* Schiff.) böceğine mukavemetleri üzerine araştırmalar, KHGYTOA-Araştırma Enst., Teknik Bülten No: 139, ss: 45–49, İzmit.
- Trapp, S. and Croteau, R. 2001. Defensive resin biosynthesis in conifers. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52: 689–724.
- Turlings, T. C. J., and Wäckers, F. 2004. Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-injured plants. In: R. T. Cardé and J. G. Millar (Editors.), *Advances in Insect Chemical Ecology*, pp. 21–75, Cambridge University Press, Cambridge.
- Turlings, T.C.J., Tumlinson, J.H., Lewis, W.J. 1990. Exploitation of herbivore-induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. *Science*, 250: 1251–1253.
- Turtola, S., Manninen, A.M., Rikala, R., Kainulainen, P. 2003. Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in Scots pine and Norway spruce seedlings. *Journal of Chemical Ecology*, 29: 1981–1995.
- Usta, H.Z. 1991. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları, Ormancılık Araş. Enst. Yay. Teknik Bülten No. 219, ss: 138, Ankara.
- Valterova, I., Nehin, G., Borg-Karlson, A.K. 1997. Host plant chemistry and preferences in egg-laying *Trioza apicalis* (Homoptera: Psylloidea). *Biochemical Systematics and Ecology*, 25: 477–491.
- Vega, J.M., Moneo, I., Armentia, A., Fernandez, A., Vega, J., Fuente, R.R., Sanchez, P., Sanchis, M.E. 1999. Allergy to the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa*). *Clinical and Experimental Allergy*, 29: 1418–1423.
- Vega, J.M., Vega, J., Vega, M.L., Moneo, I., Armentia, A., Sanchez, B. 2003. Skin reactions to pine processionary caterpillar. *Allergy*, 58: 87–88.
- Velioğlu, E., İçgen, Y., Çengel, B., Öztürk, H., Kaya, Z. 2003. Moleküler Belirteçler Yardımıyla Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Tohum Meşcerelerinde, Tohum Bahçelerinde ve Ağaçlandırmalarında Bulunan Genetik Çeşitliliğin Karşılaştırılması. Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten No:10.

- Villorbina, G., Rodriguez, S., Camps, F., Fabriàs, G. 2003. Comparative sex pheromone biosynthesis in *Thaumetopoea pityocampa* and *T. processionea*: a rationale for the phenotypic variation in the sex pheromone within the Genus *Thaumetopoea*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 33: 155–161.
- Vinson, S. B. 1985. The behavior of parasitoids. In: G. A. Kerkut and L. I. Gilbert (Editors), *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, Vol. 9, pp. 417–469, Pergamon Press, Elmsford, New York.
- Walther, G.R. 2000. Climatic forcing on the dispersal of exotic species. *Phytocoenologia*, 30: 409–30.
- Watanabe, K., Shono, Y., Kakimizu, A., Okada, A., Matsuo, N., Satoh, A., Nishimura, H. 1993. New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41: 2164–2166.
- Watt, A.D. 1989. The chemical composition of pine foliage in relation to the population dynamics of the pine beauty moth, *Panolis flammea*, in Scotland. *Oecologia*, 78: 251–258.
- Werno, J., Lamy, M., Vincèdeau, P. 1993. Caterpillar hairs as allergens. *Lancet*, 342: 936–937.
- Wilkinson, D.S. 1927. The Cyprus processionary caterpillar (*Thaumetopoea wilkinsoni*, Tams). *Bulletin Entomological Researches*, 18: 173–182.
- Williams, R.S., Lincoln, D.E., Thomas, R. B. 1994. Loblolly pine grown under elevated CO₂ affects early instar pine sawfly performance. *Oecologia*, 98: 64–71.
- Wise, M.L. and Croteau, R. 1999. Monoterpene biosynthesis. In: D.E. Cane (Editor), *Isoprenoids, including carotenoids and steroids*, Vol. 2. *Comprehensive natural products chemistry*, Elsevier, pp. 97–153, London, UK.
- Yang, D., Michel, L., Chaumont, J.-P., Millet-Clerc, J. 1999. Use of the caryophyllene oxide as an antifungal agent in an in vitro experimental model of onychomycosis. *Mycopathologia*, 148: 79–82.
- Yazdani, R. and Nilsson, J.E. 1986. Cortical monoterpene variation in natural populations of *Pinus sylvestris* in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1: 85–93.
- Young, A.M. and Moffett, M.W. 1979. Studies on the population biology of the tropical butterfly *Mechanitis isthmia* in Costa Rica. *American Midland Naturalist*, 101: 309–319.

- Zhang, Q.H. and Paiva, M.R. 1998. Female calling behaviour and male response to the sex pheromone in *Thaumetopoea pityocampa* (Den & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae). *Journal of Applied Entomology*, 122: 353–360.
- Zhang, Q.H., Schlyter, F., Battisti, A., Birgersson, G., Anderson, P. 2003. Electrophysiological responses of *Thaumetopoea pityocampa* females to host volatiles: implications for host selection of active and inactive terpenes. *Journal of Pest Science*, 76: 103–107.
- Zobel, B. and Talbert, J. 1984. Applied Forest Tree improvement. John Wiley & Sons, pp: 167–215, New York, USA.

8. EKLER

EK-1 Çalışmanın yapıldığı Kızılcım 38* no'lu tohum bahçesinin genel arazi planı (Genel plan üzerindeki no'lar, o bölüme ait ayrıntılı planın yer aldığı sayfaları göstermektedir)



EK-1 'den devam: Çalışmanın yapıldığı Kızılçam 38* no'lu tohum bahçesinde klonların (rametlerin) dikildiği noktayı gösteren arazi planı
 Fidan Adedi: 2166 Alan: 17.8 ha Dikim tarihi: Şubat 1992 Dikim Aralığı: 8 x 8 m Orijin: Gündoğmuş-Eskibağ

SIRA NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6													9270	9271				
7										9272	9273	9274	9275	9276	9277		9279	9280
8								9275		9277	9278	9279	9280	9281	9282		9284	9285
9					9277	9278	9279		9281	9282	9283	9284		9286	9287	9288		9289
10				9281	9282	9283	9284	9285			9288	9289		9291	9292		9294	9295
11				9286	9287	9288			9291	9292	9293	9294	9295	9266		9268		
12				9291	9292	9293	9294	9295		9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273	9274	9275
13					9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273		9275		9277		9279	9280
14				9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279		9281	9282	9283	9284	9285
15			9275	9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283		9285		9287	9288	9289	9290
16			9280	9281	9282		9284	9285	9286	9287	9288			9291	9292	9293	9294	
17			9285	9286	9287	9288	9289		9292			9294	9295	9266	9267	9268	9269	9270
18		9289	9290	9291	9292	9293	9294	9295		9267	9268		9270	9271	9272	9273	9274	9275
19		9294	9295	9266	9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278		9280
20		9269	9270	9271		9273	9274		9276	9277	9278		9280	9281	9282			
21	9273		9275	9276	9277		9279		9281	9282	9283	9284				9288	9289	9290
22	9278	9279		9281	9282	9283	9284	9285			9288		9290	9291	9292	9293	9294	9295
23		9284	9285	9286	9287	9288				9292	9293	9294	9295	9266		9268	9269	9270
24			9290			9293	9294	9295		9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273		9275
25		9294	9295						9271	9272	9273	9274	9275	9276		9278	9279	
26				9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284	
27				9281	9282	9283	9284			9287	9288	9289		9291	9292	9293	9294	9295
28			9290		9292	9293		9295	9266	9267	9268	9269		9271	9272	9273	9274	9275
29		9294	9295		9267	9268		9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279	9280
30			9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284	
31			9275	9276			9279	9280	9281	9282	9283	9284	9285		9287	9288	9289	9290
32			9280	9281	9282	9283	9284	9285		9287	9288	9289			9292	9293	9294	9295
33				9286		9288	9289	9290	9291	9292			9295	9266	9267	9268	9269	9270
34					9292						9268	9269	9270	9271	9272	9273		9275
35									9271		9273	9274	9275	9276		9278	9279	9280
36					9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284	9285
37							9279	9280	9281		9283	9284	9285		9287	9288	9289	9290
38											9288	9289		9291	9292	9293	9294	9295
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		

* Tohum bahçesi no'ları Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü'nce verilen Ulusal Kayıt No'larıdır.

EK-1 'den devam

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
									9295				9269					
		9293							9270									
	9267	9268	9269	9270		9272	9273					9278	9279					
	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279		9281	9282		9284					
9276		9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284	9285									
9281	9282		9284	9285	9286	9287	9288	9289				9292			9294			
9286	9287	9288	9289	9290	9291	9292	9293	9294	9295			9267	9268	9269				
9291	9292	9293	9294	9295	9266	9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273	9274					
9266	9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279					
9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284					
9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284	9285	9286	9287		9289					
9281	9282	9283		9285		9287	9288		9290									9269
9286	9287	9288					9293		9295	9266	9267	9268	9269			9271		
	9292							9269	9270	9271	9272	9273	9274	9275			9278	
9266					9271		9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284
9271	9272		9274	9275	9276	9277		9279	9280	9281	9282	9283	9284	9285	9286	9287	9288	9289
9276			9279	9280	9281	9282	9283	9284	9285	9286	9287			9290	9291	9292		9294
9281		9283	9284	9285	9286	9287	9288		9290	9291	9292	9293	9294		9266	9267		9269
	9287	9288	9289		9291	9292	9293	9294	9295	9266	9267	9268	9269	9270	9271	9272		9274
9291	9292	9293	9294	9295	9266	9267	9268		9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276		9278	
9266	9267	9268	9269	9270			9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279	9280	9281			
	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279	9280		9282	9283	9284	9285	9286		9288	9289
9276		9278		9280	9282	9283	9284		9286	9287	9288	9289	9290	9291	9292	9293	9294	9294
	9282		9284	9285	9286	9287	9288	9289	9290	9291		9293	9294	9295	9266	9267		9269
	9287			9290	9291	9292	9293			9266			9269	9270	9271			
9266			9269	9270	9271	9272			9275	9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283	
9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284	9285	9286	9287	9288	9289	9290	9291	9292	9293	9294
9281	9282		9284	9285	9286	9287	9288	9289	9290	9291	9292			9295	9266	9267		
		9288	9289	9290		9292	9293	9294	9295	9266			9268	9269	9270	9271		
9291	9292	9293	9294	9295	9266	9267		9269	9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	
9266	9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273	9274	9275		9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284	
9271	9272	9273	9274	9275		9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283		9285	9286	9287	9288	
9276	9277	9278	9279		9281	9282	9283	9284	9285			9288	9289	9290			9293	
	9282	9283	9284		9286	9287	9288	9289				9292		9294	9295			9269
9286	9287	9288	9289	9290		9292	9293	9294	9295	9266	9267		9273	9274	9275	9276	9277	9279
	9292	9293	9294	9295	9266	9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279
9266	9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277		9279	9280	9281	9282	9283	9284
9271	9272	9273	9274	9275		9277	9278	9279	9280	9281	9282			9284	9285	9286	9287	9288
9276	9277	9278	9279		9281	9282	9283	9284	9285			9288	9289	9290			9293	9294
									9285	9286			9289	9290			9292	9294
									9290	9291	9292	9293			9266	9267	9268	9269
													9269			9272	9273	9274
																	9278	9279

EK-1 'den devam

38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	
9270		9272	9273	9274	9275	9276	9277												
9275	9276	9277	9278	9279			9282	9278	9272	9276									
9280	9281	9282	9283		9285			9288	9289	9274	9291	9271	9280	9288	9295				
9285	9286	9287	9288		9290			9292	9293	9294									
		9292		9294	9295			9267		9270	9267	9273	9283	9293	9289	9282	9294	9290	
9295	9266		9268	9269	9270	9271	9272			9276	9292	9293	9274	9285			9283	9288	9295
9270		9272	9273	9274		9276				9291	9281	9275	9288	9295	9292		9281	9284	9271
	9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9274		9268	9278	9277	9290	9276	9294	9291	9282	9293	
			9283	9284	9285					9288	9283	9279	9270	9269	9287		9290	9275	
9285	9286	9287	9288		9290	9291	9292	9293	9294	9275	9276	9266	9271	9289	9286				9269
9290	9291	9292		9294		9266	9267	9284	9295	9269	9280		9272	9292		9277	9283	9270	
9295	9266		9268	9269	9270						9281		9273	9290	9285		9278	9289	
9270	9271	9272	9273	9274	9275						9291	9277	9274	9283		9276	9278	9292	
	9276	9277	9278	9279	9280	9281		9283	9284	9270	9271	9278	9285	9275	9287	9282	9288	9290	
9285	9286		9288	9289	9290			9285	9288	9275	9276	9285	9278	9289	9280	9295	9273	9285	
		9267	9268	9269	9270			9272	9273	9274	9295	9269	9286	9282	9272	9284	9269	9277	9283
9270	9271	9272	9273	9274				9278	9279	9289	9266	9287	9267	9293	9279	9294	9279	9294	9275
	9276		9278	9279				9282	9283		9285	9284	9288	9268	9270	9281	9292	9266	9288
9280	9281				9285	9286	9287	9288	9294	9271	9273	9291	9277	9295	9271	9287	9282	9290	
		9287	9288	9289	9290		9292	9268	9269	9280	9278	9293	9279	9294	9289	9283	9280	9277	
		9292	9293	9294	9295		9267	9293	9277	9275	9274	9286	9267	9276	9269	9284	9291	9278	
9295	9266	9267	9268	9269	9270	9271	9272	9284	9270	9276	9294	9285	9282	9290	9292	9274	9293		
9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276		9278		9268	9269	9284	9280	9287	9295	9285	9288		
9275	9276		9278	9279	9280			9282		9267	9271	9273	9266	9291	9289	9270	9294	9283	9290
9285		9282	9283																
			9288																
			9293																
9295	9266																		
9270																			
9275																			

EK-1'den devam

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
					9286	9275	9282							9282	9289				
					9278	9287	9281	9277				9283	9290	9284					
					9271	9272	9289	9275						9292	9294				
					9273	9274	9282	9295					9289	9282			9287		
					9276	9279	9290						9283		9290	9270	9284		
					9289	9295							9287			9293	9277		
				9288	9279	9285	9294						9290	9294	9295			9269	
				9292	9275	9274	9277	9290							9292	9266	9281	9294	
					9291	9280		9293					9289	9282	9288	9287	9275		
				9287	9269	9289	9288	9286						9272	9290	9286	9284	9276	
					9278	9292	9270	9295					9293	9270	9295			9291	
					9290	9271	9283	9282						9269	9294	9268	9290		
9283	9293				9290	9271	9283	9282						9271	9289	9277	9292	9279	
9287	9278	9291		9283	9276	9294	9281	9284						9290	9275	9287	9278	9281	
9289	9283		9286		9295	9285	9293	9291						9291	9295	9282	9293	9266	
9285	9294	9281		9289	9277	9287	9274	9292					9284	9292	9294	9280	9284	9285	
	9266	9287		9272	9283	9280	9290	9288					9290	9283	9273	9288	9271	9289	
	9276	9288	9275	9292	9270	9284	9269	9275						9289	9281	9290	9270	9269	
9284	9282	9279	9290	9278	9294	9268	9285	9289						9287	9293	9286	9292	9277	
9274	9277	9283	9291	9271	9295	9282	9293	9291	9290					9276	9295	9285		9294	
9281	9294	9286	9285	9289	9276	9283	9281	9280	9295					9294	9291	9284	9283	9268	
9271	9293	9269	9292	9267	9287	9275	9294	9292	9288					9269	9290	9282	9275	9289	
9287	9276	9295	9280		9270	9290	9284	9273									9293	9270	9269
9289	9268	9284	9282		9274	9295	9278									9292	9280	9287	9266
9270	9291	9278	9294	9277	9283	9285	9291	9286	9293					9274	9288	9294	9271	9283	
9293	9286	9292		9289	9266	9281	9271	9294						9290	9276	9281	9277	9291	
9285	9295		9287	9275	9269	9292	9288	9276	9290					9282	9284	9285	9293	9286	
9269	9276	9283	9279	9280	9284	9270	9274	9295	9277					9289	9270	9295	9275		
9289	9267	9281	9288	9293	9286	9282	9283	9287	9275					9286	9294	9266	9288	9273	
9270	9294	9282	9271	9291		9289	9285							9283	9291	9269	9292	9282	
	9275		9290	9287	9294	9276									9277			9285	
9277	9295	9289	9285	9283	9272	9295									9295		9289	9279	9283

EK-1 'den devam

76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
9269																		
9280																		
9288	9282																	
9295	9286																	
9283	9287	9270																
9276	9290	9274	9269	9295	9287	9290	9276	9289	9279	9287	9294	9295	9271	9290	9284	9289	9292	9275
9291	9275	9288	9294	9271	9291		9293	9269	9283	9290		9289	9288	9281	9293	9273	9287	9269
9272			9286	9277	9283	9292	9280		9291	9286	9293	9275	9285	9283	9286	9295	9282	9283
9295		9293	9285	9289	9272	9270	9294	9285	9288	9292		9282	9287	9276	9294	9291	9288	9280
	9279	9292	9266		9282	9284		9287	9278	9277	9284	9295	9274	9269	9279	9292	9272	9285
9288	9290	9278	9269	9295	9276	9290	9268	9281	9289		9294		9281	9289	9284	9290	9277	9287
9281	9273	9291	9274	9288	9271	9293	9291	9279	9283	9271	9290	9291	9267	9293	9271	9270	9295	9267
9276	9284		9294	9270	9289				9266	9293	9270	9292	9283	9282	9287	9294	9291	9275
9295	9272			9283	9285	9292	9294	9282	9287	9276	9288	9278	9295	9285	9272	9269	9286	9293
9285	9282	9290	9287	9277	9269	9278	9290	9272	9284	9289	9275	9294	9273	9284	9289	9276	9283	9266
9278	9292	9268	9281					9280	9283	9281	9285	9269	9290	9291	9277	9288	9290	9280
9289	9270	9294	9279	9284	9276			9291	9270	9295	9267	9292	9286	9293	9287	9268	9292	9294
9280	9269	9288	9283	9286	9282			9271	9294	9277	9288	9276	9283	9279	9281	9295	9270	9291
9284	9274		9266	9290	9275	9269	9292	9274	9287		9289	9282	9294	9290	9275	9289	9285	9293
9281	9295	9277	9292	9287	9285	9295	9281	9284										
9294	9272	9289	9271	9291	9294													
9290																		

EK-1'den devam

95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113
9294	9278	9289	9280	9290	9276	9295	9269	9287										
9290	9281	9295		9282	9294	9279	9283	9293	9272	9295	9273	9292	9281	9291				
9266	9284	9292	9273	9293	9271	9284	9292	9280	9291	9270	9284	9294	9266	9288	9293	9277	9283	9273
9293	9270	9291	9283	9277	9289	9281	9266	9288	9286	9289	9279	9287	9280	9276	9269	9274	9287	9288
9276	9289	9286	9288	9267	9285	9274	9295	9282	9276	9269	9285	9268	9290	9289	9275	9295	9270	9285
9278	9294	9269	9275	9290	9287		9268		9290	9273	9293	9295	9282	9272	9284	9292	9279	9289
9281	9274	9282	9295	9279	9292	9278	9283	9271	9294	9281	9275	9292	9286	9294	9281	9273	9291	9282
9290	9284	9283	9272	9293	9273	9284	9289	9291	9288	9267	9283	9270	9287	9266	9276	9269	9290	9287
9279	9292	9280	9291	9276	9294	9281	9282	9266	9287	9284	9278	9289	9280	9277	9293	9271	9285	9288
9287	9285	9289	9268	9288	9286	9295	9280	9293	9269	9276	9290	9291	9274	9288	9267	9283		9294
9278		9277	9290	9270	9287	9267	9292	9285		9295	9281	9279	9294	9282	9295	9281		
9284	9271	9281		9275	9269	9289	9277	9283	9294	9288		9293	9266	9284	9290	9275	9289	9272
9288	9283	9294	9282	9292	9291	9278	9290	9274	9284	9289	9292	9283	9280	9291	9278	9293	9282	9295
9290	9279	9289	9295	9290	9294	9293	9292	9282	9291	9290	9295	9284	9289	9294	9292	9287		

102

EK-2 9268 nolu klona ait ağaçlardan elde edilen bileşenlerin homojenite, tek yönlü Anova tablosu, dağılım alt küme setleri ve Kruskal Wallis analizleri SPSS program çıktıları.

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
apinen	1,723	11	108	,078
kamfen	3,350	11	108	,001
bpinen	,297	11	108	,985
mirsen	1,522	11	108	,134
karen	3,121	11	108	,001
limonen	,369	11	108	,965
bosimen	3,001	11	108	,002
aterpinolene	,347	11	108	,973
bkaryofillen	1,103	11	108	,366
ahumulen	1,215	11	108	,286
germakrenD	3,692	11	108	,000
dkadien	4,311	11	108	,000

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
apinen	Between Groups	20210366	11	1837306,009	3,833	,000
	Within Groups	51771541	108	479366,124		
	Total	71981908	119			
kamfen	Between Groups	22732,573	11	2066,598	1,014	,439
	Within Groups	220025,7	108	2037,275		
	Total	242758,3	119			
bpinen	Between Groups	69553750	11	6323068,157	5,108	,000
	Within Groups	1,3E+008	108	1237996,178		
	Total	2,0E+008	119			
mirsen	Between Groups	1334472	11	121315,638	2,083	,027
	Within Groups	6289736	108	58238,294		
	Total	7624208	119			
karen	Between Groups	88894,976	11	8081,361	2,406	,010
	Within Groups	362730,3	108	3358,614		
	Total	451625,3	119			
limonen	Between Groups	34200,782	11	3109,162	2,495	,008
	Within Groups	134605,7	108	1246,349		
	Total	168806,4	119			
bosimen	Between Groups	59599,777	11	5418,162	6,667	,000
	Within Groups	87767,732	108	812,664		
	Total	147367,5	119			
aterpinolene	Between Groups	181708,3	11	16518,939	,145	,999
	Within Groups	12274296	108	113650,886		
	Total	12456004	119			
bkaryofillen	Between Groups	3208115	11	291646,790	1,042	,416
	Within Groups	30237357	108	279975,529		
	Total	33445472	119			
ahumulen	Between Groups	28383,560	11	2580,324	,704	,732
	Within Groups	395857,8	108	3665,350		
	Total	424241,4	119			
germakrenD	Between Groups	1518147	11	138013,365	2,555	,007
	Within Groups	5834185	108	54020,235		
	Total	7352332	119			
dkadien	Between Groups	16251,537	11	1477,412	2,695	,004
	Within Groups	59196,062	108	548,112		
	Total	75447,598	119			

Homogeneous Subsets

apinen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Ekim	10	1819,5780		
Eylul	10	1834,0390		
Ocak	10	1892,1330		
Aralik	10	1975,1660	1975,1660	
subat	10	2053,3830	2053,3830	2053,3830
Kasim	10	2156,4430	2156,4430	2156,4430
mart	10	2167,2300	2167,2300	2167,2300
haziran	10	2491,7590	2491,7590	2491,7590
mayis	10	2565,3230	2565,3230	2565,3230
nisan	10	2574,1390	2574,1390	2574,1390
temmuz	10		2940,7780	2940,7780
agustos	10			3080,6850
Sig.		,391	,091	,053

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

kamfen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
Ocak	10	38,3530
Ekim	10	42,2310
subat	10	42,4850
mart	10	43,3340
Aralik	10	44,8780
haziran	10	46,6190
Kasim	10	49,7830
mayis	10	53,6440
nisan	10	58,9560
temmuz	10	60,3110
agustos	10	66,1170
Eylul	10	89,8830
Sig.		,320

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

bpinen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Eylul	10	3133,8880		
Ekim	10	3174,2000		
Ocak	10	3432,0790	3432,0790	
Aralik	10	3821,9150	3821,9150	3821,9150
subat	10	4051,1630	4051,1630	4051,1630
Kasim	10	4067,9310	4067,9310	4067,9310
mart	10	4175,6680	4175,6680	4175,6680
haziran	10	4569,5100	4569,5100	4569,5100
mayis	10		4855,7150	4855,7150
nisan	10		4972,9570	4972,9570
temmuz	10			5319,7020
agustos	10			5469,0630
Sig.		,161	,097	,055

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

mirsen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Ocak	10	291,2110	
Aralik	10	424,5640	424,5640
subat	10	463,0220	463,0220
Ekim	10	464,2020	464,2020
Eylul	10	486,1690	486,1690
mart	10	487,9880	487,9880
Kasim	10	526,1530	526,1530
haziran	10	537,3240	537,3240
mayis	10	552,2150	552,2150
nisan	10	592,8340	592,8340
temmuz	10	617,9550	617,9550
agustos	10		737,8870
Sig.		,115	,155

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

karen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Eylul	10	31,1140	
agustos	10	31,4330	
Ekim	10	54,1410	54,1410
haziran	10	72,8640	72,8640
Ocak	10	77,6890	77,6890
subat	10	79,6260	79,6260
Kasim	10	81,1380	81,1380
mart	10	85,5560	85,5560
temmuz	10	95,0180	95,0180
mayis	10	98,7710	98,7710
Aralik	10	99,4180	99,4180
nisan	10		129,7460
Sig.		,274	,150

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

limonen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Ocak	10	99,8980	
Eylul	10	106,5720	106,5720
Aralik	10	110,2340	110,2340
Ekim	10	111,7770	111,7770
subat	10	115,3030	115,3030
mart	10	116,1150	116,1150
haziran	10	125,3650	125,3650
Kasim	10	129,4410	129,4410
mayis	10	133,0610	133,0610
nisan	10	141,0190	141,0190
temmuz	10	148,2050	148,2050
agustos	10		156,7470
Sig.		,106	,078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

bosimen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
temmuz	10	25,8560		
haziran	10	26,9040		
mayis	10	32,2900		
Aralik	10	40,9710		
mart	10	43,0820		
nisan	10	44,6020		
subat	10	46,0430		
agustos	10	53,4700	53,4700	
Ocak	10	59,2650	59,2650	59,2650
Kasim	10	61,4070	61,4070	61,4070
Eylul	10		90,6660	90,6660
Ekim	10			100,2530
Sig.		,200	,150	,071

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

aterpinolene

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
Ocak	10	59,5970
haziran	10	86,8270
temmuz	10	99,4970
Eylul	10	111,7920
mayis	10	115,3530
mart	10	135,2740
Aralik	10	145,9680
nisan	10	153,5790
agustos	10	154,4910
Ekim	10	157,7300
subat	10	169,0380
Kasim	10	209,1490
Sig.		,998

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

bkaryofillenTukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
Aralik	10	1220,2450
mart	10	1293,0920
Ekim	10	1301,6390
Eylul	10	1308,1320
subat	10	1337,1120
haziran	10	1358,2160
Ocak	10	1378,7630
mayis	10	1443,7020
Kasim	10	1449,8880
temmuz	10	1557,6640
nisan	10	1593,2240
agustos	10	1839,0670
Sig.		,285

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

ahumulenTukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
Aralik	10	125,1390
mart	10	131,5590
haziran	10	132,1040
Ekim	10	136,5300
Eylul	10	137,7550
subat	10	137,8480
Ocak	10	139,3330
mayis	10	143,8900
temmuz	10	147,6460
Kasim	10	153,1740
nisan	10	162,2900
agustos	10	184,0100
Sig.		,571

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

germakrenD

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
temmuz	10	309,8320	
mayis	10	334,7840	334,7840
haziran	10	341,8510	341,8510
Ocak	10	371,8280	371,8280
Aralik	10	381,0130	381,0130
mart	10	402,6940	402,6940
nisan	10	407,0720	407,0720
subat	10	442,6020	442,6020
agustos	10	469,5530	469,5530
Kasim	10	546,7850	546,7850
Eylul	10	623,2690	623,2690
Ekim	10		680,3690
Sig.		,118	,052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

dkadien

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
temmuz	10	,0000	
haziran	10	6,5410	6,5410
mayis	10	9,2790	9,2790
nisan	10	12,7450	12,7450
mart	10	17,9800	17,9800
agustos	10	18,3980	18,3980
Ocak	10	21,8120	21,8120
Aralik	10	22,6320	22,6320
Kasim	10	28,4900	28,4900
Eylul	10	34,2730	34,2730
Ekim	10		36,2700
subat	10		37,9570
Sig.		,060	,123

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

NPar Tests

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
kamfen	120	53,0495	45,16620	1,79	497,31
karen	120	78,0428	61,60496	7,01	372,50
bosimen	120	52,0674	35,19066	5,29	243,85
germakrenD	120	442,6377	248,56449	79,97	1171,97
dkadien	120	20,5314	25,17962	,00	194,93
VAR00001	120	6,5000	3,46653	1,00	12,00

Kruskal-Wallis Test

Test Statistics^{a,b}

	kamfen	karen	bosimen	germakrenD	dkadien
Chi-Square	32,432	37,227	44,491	17,524	35,162
df	11	11	11	11	11
Asymp. Sig.	,001	,000	,000	,093	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: VAR00001

EK-2 devam. 9294 nolu klona ait ait ağaçlardan elde edilen bileşenlerin homojenite, tek yönlü Anova tablosu, dağılım alt küme setleri ve Kruskal Wallis analizleri SPSS program çıktıları.

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
apinen	1,524	11	108	,133
kamfen	2,706	11	108	,004
bpinen	1,013	11	108	,440
mirsen	,830	11	108	,610
karen	1,567	11	108	,119
limonen	,893	11	108	,550
bosimen	4,547	11	108	,000
aterpinolene	2,395	11	108	,011
bkaryofillen	,800	11	108	,639
ahumulen	1,032	11	108	,423
germakrenD	1,591	11	108	,112
dkadien	3,702	11	108	,000

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
apinen	Between Groups	10528684	11	957153,135	2,128	,024
	Within Groups	48587818	108	449887,206		
	Total	59116503	119			
kamfen	Between Groups	2575,588	11	234,144	,600	,825
	Within Groups	42151,690	108	390,293		
	Total	44727,278	119			
bpinen	Between Groups	27589368	11	2508124,393	2,788	,003
	Within Groups	97163576	108	899662,739		
	Total	1,2E+008	119			
mirsen	Between Groups	149941,8	11	13631,071	,582	,840
	Within Groups	2528009	108	23407,491		
	Total	2677951	119			
karen	Between Groups	209114,3	11	19010,387	2,250	,017
	Within Groups	912573,4	108	8449,753		
	Total	1121688	119			
limonen	Between Groups	10474,759	11	952,251	1,034	,422
	Within Groups	99461,104	108	920,936		
	Total	109935,9	119			
bosimen	Between Groups	44535,728	11	4048,703	9,289	,000
	Within Groups	47075,225	108	435,882		
	Total	91610,953	119			
aterpinolene	Between Groups	36955,666	11	3359,606	,815	,625
	Within Groups	445240,3	108	4122,595		
	Total	482195,9	119			
bkaryofillen	Between Groups	1107705	11	100700,425	,715	,722
	Within Groups	15205538	108	140792,017		
	Total	16313243	119			
ahumulen	Between Groups	15459,890	11	1405,445	,923	,521
	Within Groups	164407,0	108	1522,287		
	Total	179866,9	119			
germakrenD	Between Groups	997190,4	11	90653,671	14,706	,000
	Within Groups	665740,6	108	6164,265		
	Total	1662931	119			
dkadien	Between Groups	8301,986	11	754,726	11,818	,000
	Within Groups	6896,995	108	63,861		
	Total	15198,981	119			

Homogeneous Subsets

apinen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
Ekim	10	1551,0370
Eylul	10	1702,3660
Ocak	10	1932,0840
mart	10	1946,9470
subat	10	1970,7910
Kasim	10	2035,7910
Aralik	10	2067,3580
temmuz	10	2320,4130
haziran	10	2353,0090
mayis	10	2380,1230
nisan	10	2469,4800
agustos	10	2538,9770
Sig.		,057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

kamfen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
temmuz	10	29,3780
mart	10	30,5900
Ekim	10	31,9940
subat	10	33,3090
haziran	10	33,4000
Eylul	10	33,5930
Ocak	10	33,9520
agustos	10	39,3520
Kasim	10	40,0080
mayis	10	40,5160
Aralik	10	42,2360
nisan	10	43,6040
Sig.		,902

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

bpinen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
Ekim	10	2096,1090	
Eylul	10	2120,4490	
subat	10	2836,6960	2836,6960
Ocak	10	2871,7030	2871,7030
mart	10	3006,4840	3006,4840
Kasim	10	3107,4430	3107,4430
Aralik	10	3131,1200	3131,1200
temmuz	10	3167,5840	3167,5840
haziran	10	3371,7190	3371,7190
mayis	10	3415,1230	3415,1230
agustos	10	3504,8500	3504,8500
nisan	10		3716,1600
Sig.		,053	,642

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

mirsen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
Ekim	10	225,9700
Eylul	10	248,2720
mart	10	261,0000
temmuz	10	261,0640
Ocak	10	264,1300
subat	10	264,4550
Kasim	10	274,9620
Aralik	10	302,8040
mayis	10	303,1570
nisan	10	315,0560
haziran	10	317,9920
agustos	10	358,8660
Sig.		,730

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

karen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
agustos	10	47,2600
Eylul	10	49,3360
temmuz	10	62,4540
Ekim	10	66,9090
Ocak	10	103,2500
subat	10	116,3270
Kasim	10	116,4500
Aralik	10	118,1610
haziran	10	120,5340
mart	10	138,3150
mayis	10	161,8730
nisan	10	184,0460
Sig.		,052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

limonen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
Ekim	10	72,2090
Eylul	10	72,6190
subat	10	80,2670
Ocak	10	80,3630
temmuz	10	80,6440
mart	10	80,8030
haziran	10	88,9480
Kasim	10	90,1590
Aralik	10	91,0080
mayis	10	92,6170
agustos	10	100,1060
nisan	10	102,2500
Sig.		,544

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

bosimen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
temmuz	10	10,1610			
haziran	10	19,4480	19,4480		
nisan	10	28,5670	28,5670		
mayis	10	29,0900	29,0900		
Aralik	10	36,1700	36,1700	36,1700	
subat	10	37,3290	37,3290	37,3290	
mart	10	37,5500	37,5500	37,5500	
Ocak	10		46,6070	46,6070	
Kasim	10		46,8280	46,8280	
agustos	10		48,4690	48,4690	
Ekim	10			62,7280	62,7280
Eylul	10				86,8260
Sig.		,144	,094	,177	,304

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

aterpinolene

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
mart	10	,0000
temmuz	10	,0000
subat	10	21,1650
nisan	10	22,7470
haziran	10	23,6050
agustos	10	31,9500
mayis	10	32,7110
Ocak	10	35,6060
Eylul	10	44,2380
Kasim	10	47,6620
Aralik	10	52,3560
Ekim	10	55,9280
Sig.		,727

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

bkaryofillen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
Ekim	10	809,8730
mart	10	839,2940
Eylul	10	857,3320
Ocak	10	870,1880
subat	10	881,0100
temmuz	10	890,6790
mayis	10	922,0270
haziran	10	926,9230
Kasim	10	976,0330
Aralik	10	1001,7680
nisan	10	1071,5100
agustos	10	1149,1970
Sig.		,678

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

ahumulen

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05
		1
temmuz	10	70,7780
mart	10	77,9720
Ekim	10	79,3030
haziran	10	80,8250
subat	10	83,2460
Ocak	10	83,5930
Eylul	10	84,3640
mayis	10	89,8540
Kasim	10	95,0450
Aralik	10	98,0170
nisan	10	103,7240
agustos	10	111,7980
Sig.		,448

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

germakrenD

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
temmuz	10	182,1500					
haziran	10	194,2990	194,2990				
mayis	10	243,3970	243,3970	243,3970			
nisan	10	263,8130	263,8130	263,8130	263,8130		
mart	10	288,7300	288,7300	288,7300	288,7300		
Aralik	10	292,1680	292,1680	292,1680	292,1680		
subat	10		309,4560	309,4560	309,4560		
agustos	10			326,5440	326,5440	326,5440	
Ocak	10			333,7790	333,7790	333,7790	
Kasim	10				373,3010	373,3010	
Ekim	10					438,6720	438,6720
Eylul	10						513,4100
Sig.		,088	,059	,308	,091	,075	,604

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

dkadien

Tukey HSD^a

VAR00001	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
temmuz	10	,0000				
haziran	10	,8020				
mayis	10	1,3240	1,3240			
nisan	10	4,2090	4,2090	4,2090		
subat	10	10,3740	10,3740	10,3740	10,3740	
mart	10	10,5920	10,5920	10,5920	10,5920	
agustos	10		13,0630	13,0630	13,0630	13,0630
Kasim	10			14,1040	14,1040	14,1040
Aralik	10			15,7400	15,7400	15,7400
Ekim	10				19,1580	19,1580
Ocak	10					24,3080
Eylul	10					24,7220
Sig.		,134	,059	,069	,378	,062

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

NPar Tests

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
kamfen	120	35,9943	19,38710	2,55	86,80
bosimen	120	40,8144	27,74599	1,43	148,88
aterpinolene	120	30,6640	63,65584	,00	279,75
dkadien	120	11,5330	11,30144	,00	78,78
VAR00001	120	6,5000	3,46653	1,00	12,00

Kruskal-Wallis Test

Test Statistics^{a,b}

	kamfen	bosimen	aterpinolene	dkadien
Chi-Square	7,934	58,069	37,952	80,986
df	11	11	11	11
Asymp. Sig.	,719	,000	,000	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: VAR00001



TÜBİTAK PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 110T976
Proje Başlığı: Çam kese böceği (<i>Thaumetopoea wilkinsoni</i> Tams.) istilasına bağlı olarak kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.)dan salınan uçucu bileşiklerinin mevsimsel değişimi, konukçu tercihindeki rolleri ve bu bileşiklerin istila öncesi ve sonrası indüklenme potansiyellerinin belirlenmesi
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Doç. Dr. Gürkan SEMİZ
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Pamukkale Üniversitesi, DENİZLİ
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: (1) TÜBİTAK, Atatürk Bulvarı, No: 221, Kavaklıdere- Ankara. (2) Pamukkale Üniv., Fen-Ed. Fakültesi, Biyoloji Böl., 20070, Kınıklı-DENİZLİ
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.04.2011 - 01.04.2014
Öz (en çok 70 kelime) Bu çalışma ile, kızılçamda bulunan bazı terpen türevli bileşenlerin ağacın çam kese böceği ile olan etkileşiminde önemli rol oynadığı, bu bileşiklerin bitki tarafından böceğe karşı savunma elemanı olarak kullanılabildikleri, bu bileşiklerin miktarlarının da gerek abiyotik gerekse biyotik çevre şartlarına göre değişebildiği gösterilmiştir. Ağaçların böcek tarafından saldırıya uğrayacağı zaman diliminde bazı bileşenleri yapraklarında depolama yoluna gittikleri (hava sıcaklığı azalışına rağmen) gösterilmiş, bu durumun da kızılçam-çam kese böceği ilişkisinin temellerinin daha iyi anlaşılması adına bilim dünyasına sunulmaktadır.
Anahtar Kelimeler: <i>Pinus brutia</i> , Çam Kese Böceği, Uçucu Bileşen Emisyonu, Monoterpenler, Seskuioterpenler, Mevsimsel Değişim.
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/> Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: 1. Semiz, G., Blande, J., Heijari, J., Isik, K., Niinemets, Ü., Holopainen, J. K. 2011. Manipulation of VOC emissions with methyl jasmonate and carrageenan in evergreen conifer <i>Pinus sylvestris</i> and evergreen broadleaf <i>Quercus ilex</i> . Plant Biology 14: 57-65. 2. Semiz, G., Bilgen, B., Kaya, N. 2012. Peripheral population of widespread species: How genetically rich are they? The second international symposium on the biology of rare and endemic

plant species (BIORARE2012). 24-27 April 2012, Fethiye-Muğla, Abstract and Program Book, p: 21.

3. Semiz, G., Parlak, M., Gönen, E., Doğan, F. 2012. Kızılçamlarda Bazı Monoterpenlerin Mevsime Bağlı Varyasyonu. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, 3-7 Eylül 2012, İzmir, Bildiri Kitabı: s: 178-179.

4. Semiz, G., Parlak, M., Gönen, E., Doğan, F. 2012. Metil Jasmonat Uygulamasının Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) İbre Yaprakları Mono- ve Seskuiterpen Profili üzerine olan etkisi. Kırgızistan Birinci Uluslararası Biyoloji Kongresi, 24-27 Eylül 2012. Bişkek-Kırgızistan, Program ve Özet Kitabı, s: 192.

5. Semiz, G., Parlak, M., Gönen, E. 2013. What we know about genetic resistance in *Pinus brutia* Ten. to Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.)? New Findings. 7th International Symposium on Ecology and Environmental Problems, 18-21 December 2013, Antalya, Program and Abstract Book, p: 59.

6. Semiz, G., Özel, M. Z. 2013. Essential oil composition of *Sideritis leptoclada* O. Schwarz & P. H. Davis (Lamiaceae) from Turkey by using two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry (GcxGC-TOF/MS). International Symposium on Ecology and Environmental Problems, 18-21 December 2013, Antalya, Program and Abstract Book, p: 146

7. Semiz, G. 2014. Some needle contents and volatile organic compounds emitted by *Pinus brutia* Ten. in relation to herbivore attack. 2nd International Symposium Seconder Metabolites: Chemistry, Biology and Biotechnology, 19-23 May 2014, Moscow, Abstract Book, p: 24.

8. Şeker G., Semiz, G., Akdoğan, A., Semiz, A., Gönen, E. 2014. Denizli Şehir Merkezindeki Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'larda Bazı Ağır Metallerin Varyasyonu ve Hava Kirliliğinin İbre Yapraklardaki Toplam Terpen Miktarı Üzerine Olan Etkisi, 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran 2014, Eskişehir (kabul edildi, henüz sunulmadı).

9. Şişman, B., Semiz, A., Çelik, G., Gönen, E., Semiz, G. 2014. Kızılçam İbre Yapraklarındaki Toplam Glutasyon S-Transferaz Enzim Aktivitesinin İncelenmesi ve Çam Kese Böceği İstila Potansiyelindeki Rolünün Belirlenmesi, 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran 2014, Eskişehir (kabul edildi, henüz sunulmadı).

NOT: 30 Mayıs 2014 tarihi itibari ile, bu proje kapsamında elde edilen sonuçlar kullanılarak hazırlanan ve şu an yazım aşamasında olunan 4 (dört) adet daha makalemiz vardır.