T.C.

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Cedrus libani A. Rich.'DE *Gravitarmata osmana* (Obraztsov, 1952) ZARARININ TERPEN PROFİLLERİ İLE OLAN İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HARİKA AKKUZU

DENİZLİ, EYLÜL 2021

T.C.

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Cedrus libani A. Rich.'DE *Gravitarmata osmana* (Obraztsov, 1952) ZARARININ TERPEN PROFİLLERİ İLE OLAN İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HARİKA AKKUZU

DENİZLİ, EYLÜL 2021

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

Harika AKKUZU

ÖZET

Cedrus libani A. Rich.'DE _Gravitarmata osmana_ (Obraztsov, 1952) ZARARININ TERPEN PROFİLLERİ İLE OLAN İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİKA AKKUZU
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜRKAN SEMİZ)

DENİZLİ, EYLÜL- 2021

Türkiye, dünya genelinde orman varlığını artırabilen ülkelerden biri olma özelliğine sahiptir. Fakat yangın, iklim değişimi, otlatma, kaçakçılık gibi nedenler orman alanlarında tahribatlara sebep olmakta ve orman varlığını tehdit etmektedir. Böcek ve hastalık etmenleri de bitkilere zarar vermekte, büyüme ve gelişmesini engellemekte ve zaman zaman epidemi nedeniyle bitkilerin ölümüne neden olmaktadır. Lepidoptera türleri, özellikle iğne yapraklı ağaçlarda zarar yapanlar, üzerinde durulması gereken önemli zararlara neden olmaktadır. Lepidoptera türleri sayısı fazla olmamasına rağmen Türkiye ormanlarının en önemli zararlıları arasındadır. Sedir kozalak kelebeği olarak bilinen *Gravitarmata osmana* (Obraztsov, 1952), gelişiminin ilk yıllarında Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) kozalaklarının tohum ve pullarını yiyerek bitkiye zarar verir. Bu beslenme şekli kozalakta açıklıklar şeklinde deformasyonların oluşmasına neden olur. Böcek istilasının kozalak üzerindeki diğer belirtileri ise renk değişikliği, öğüntü ve sızıntıdır. Koniferler değişen çevre koşullarına karşı savunma stratejileri geliştirmekte ve çeşitli kimyasallar üreterek kendilerini korumaya çalışmaktadırlar. Bu savunma mekanizmasında yer alan başlıca kimyasallar terpen türevli bileşiklerdir. Bu çalışmanın amacı, *Gravitarmata osmana* konakçı tercihinde sedir kozalak içeriklerinin etkisinin araştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda böcek istilasının gözlendiği Denizli/Acıpayam ve böcek istilasının gözlenmediği Antalya/Elmalı lokalitelerinde yer alan sedir ormanlarından kozalak örneklemesi rastgele olarak yapılmıştır. Kozalak örneklerinin terpen profillerini belirlemek için GC-MS analizleri yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda iki grubun (Acıpayam ve Elmalı) α-pinene bileşikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ($p<0.05$) bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: ***Cedrus libani*, *Gravitarmata osmana*, Kozalak, Terpen, GC-MS, Lepidoptera, Denizli, Türkiye**

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP OF *Gravitarmata osmana* (Obraztsov, 1952) DAMAGE WITH TERPENE PROFILES ON *Cedrus libani* A. Rich
MSc THESIS
HARİKA AKKUZU
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
BIOLOGY
(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜRKAN SEMİZ)

DENİZLİ, SEPTEMBER- 2021

Turkey has the status of being one of the countries with the potential to expand the presence of forests in the world. Unfortunately, factors such as fire, climate change, grazing and smuggling devastate forest ecosystems and threatens the existence of forests. Insect and disease factors also harm plants, preventing growth and development and, in certain cases, causing plant mortality owing to epidemics. Lepidoptera species, particularly those that damage coniferous trees, cause significant economic losses that should be emphasized. Although the presence of Lepidoptera species is minor in Turkey, it is the most important forest pest in the country. *Gravitarmata osmana* (Obraztsov, 1952), known as the cedar cone pest, damages the plant by eating the seeds and scales of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) cones in the early stages of its development. This feeding method causes deformations in the form of galleries on the cone axis. Other signs of insect infestation on cones are discoloration, interior deformation and leakage. Conifers evolve defensive mechanisms in response to changing environmental conditions and attempt to protect themselves by producing a variety of chemicals. The main chemicals involved in this defense mechanism are mostly terpene-derived compounds. The main objective of this study is to explore the effect of Cedar cone contents on the host preference of *G.osmana*. For this purpose, cones were randomly sampled from cedar forests located in Denizli/Acıpayam, where insect infestation was observed, and Antalya/Elmalı, where the infestation was not observed. The terpene profiles of cone samples were characterized using GC-MS analyses. As the result of this study, a significant difference was found statistically ($p<0.05$) within the α-pinene compounds of two groups (Acıpayam, Elmalı).

KEYWORDS: *Cedrus libani, Gravitarmata osmana,* Cone, Terpene, GC-MS, Lepidoptera, Denizli, Turkey

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **v**
ABSTRACT ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **ix**
SEMBOL LİSTESİ ..... **x**
ÖNSÖZ ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **3**
2.1 Toros Sediri'nin Genel Özellikleri 3
2.1.1 Toros Sediri ormanlarının tarihi önemi 4
2.1.2 Toros Sediri'nin botanik özellikleri 4
2.1.3 Toros Sediri ormanlarının yayılış alanları 6
2.2 Sedir Kozalak Kelebeği *(Gravitarmata osmana)* 7
2.3 Terpenler 8
2.4 Koniferlerin Kimyasal Savunmasında Terpen Türevli Bileşikler 11
2.5 Çalışmanın Amacı 12
3. YÖNTEM **13**
3.1 Çalışma Alanı ve Örnekleme 13
3.2 Örneklerin Ekstraksiyonu ve Terpen Analizleri 15
3.3 İstatistiksel Analizler 16
4. BULGULAR **17**
5. SONUÇ VE ÖNERİLER **20**
6. KAYNAKLAR **25**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.)..... 3
Şekil 2.2: *Cedrus libani* türünün Türkiye sınırları içindeki yayılışı..... 6
Şekil 2.3: Gravitarmata osmana türünün hayat evreleri 8
Şekil 2.4: İzopren birimi ve bazı terpenoid birimlerin kimyasal yapıları..... 10
Şekil 3.1: Cedrus libani kozalak örneklerinin toplandığı alanlar. 13
Şekil 3.2: Sedir Kozalak Kelebeği'nin kozalak üzerindeki etkisi..... 14
Şekil 3.3: Örneklerin toplanması ve laboratuvar işlemleri. 16
Şekil 4.1: Kozalak örneklerine ait ortalama monoterpen değerleri 18
Şekil 4.2: Kozalak örneklerine ait ortalama seskiterpen değerleri 19

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: *G. osmana* istilasına uğramış ve uğramamış sedir kozalak örneklerinde monoterpenlere ait t-testi sonuçları 17
Tablo 4.2: *G. osmana* istilasına uğramış ve istilaya uğramamış sedir kozalak örneklerinde seskiterpenlerin istatistiksel değişimi *t*-testi sonuçları 18

SEMBOL LİSTESİ

C_{10}	**:** On karbonlu
C_{15}	**:** Onbeş karbonlu
C_{20}	**:** Yirmi karbonlu
fwt	**:** Yaş ağırlık
g	**:** Gram
GC-MS	**:** Gaz Kromotografisi Kütle Spektrometresi
ha	: Hektar (10.000 m2)
İng.	**:** İngilizce
n	: örneklem sayısı
N/A	: Belirlenememiş
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
RT	: Alıkonma süresi
SE	**:** Standart hata
SPSS	**:** Statistical Package for Social Sciences
vb.	**:** ve benzeri
w/w	**:** Hacimce
%	**:** Yüzde
µg	**:** mikrogram

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının konusunun belirlenmesi, araştırılması için beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Gürkan SEMİZ'e, çalışmalarım esnasında çalışma süresi boyunca arazi çalışmalarında ve laboratuvar çalışmalarında yardımları ile teknik konularda desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Batıkan GÜNAL'a ve her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Canlıların temel ihtiyaçlarını karşılayabilmesi açısından ormanlık alanların sürdürülebilirliği önemlidir. Biyoçeşitliliğin temel unsurlarından biri olan ormanlar, ekolojik ve sosyal yaşamın temel kaynağını da oluşturmaktadır. Ülkemizde toplam 22.342.935 ha alan kaplayan ormanlar, 19.619.718 ha koru ve 2.723.217 ha baltalık şeklinde meşcereler oluşturmaktadır (Kaya 2021). Ülkemizdeki orman alanlarının %48'ini ibreli türler, %33'ünü yapraklı türler ve %19'unu ise ibreli ve yapraklı tür birliktelikleri oluşturmaktadır.

Orman alanlarımız; yangın, iklim değişikliği, otlatma ve kaçakçılık gibi nedenlerle tehdit altındadır. Böcek ve hastalık etmenleri de bitkilerin çeşitli kısımlarına zarar vermektedir. Bu etmenler bitkilerin büyüme ve gelişmesini engeller, çoğu zaman epidemiye neden olarak bitki ölümlerine yol açmakta ve bitki örtüsünü etkilemektedir. Bu kaybın telafi edilebilmesi için zarar yapan böceklerin biyolojilerinin bilinmesi gerekir. Orman zararlılarının ve iklim değişikliğinin ilgili etkileri nedeniyle artan baskı yaşayan kozalaklı ağaçlar, dünyanın orman ekosistemlerinin çoğuna hakimdir (Demir 2009).

Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) (Pinaceae); Türkiye, Suriye ve Lübnan'da doğal olarak yayılış gösteren bir tür olup 324.453 ha'lık alanla dünyadaki en geniş doğal ormanları Türkiye'de bulunmaktadır. Lübnan ve Suriye'de ise aşırı kesimler, yangınlar ve otlatma sonucu çok küçük alanlarda yayılış gösterebilmektedir (Boydak & Çalıkoğlu 2008).

Toros sediri tarihi, kültürel, bilimsel ve ekonomik açılardan çok önemli türlerimizden birisidir. Günümüzde geniş ve görkemli sedir ormanları sadece Toros Dağları'nda bulunmaktadır (Sevim 1952, Evcimen 1963, Saatçioğlu 1969, Odabaşı 1990, Boydak 1986, Boydak ve diğ. 1996). Tarihi belgelere göre, Lübnan'ın önceleri görkemli sedir ormanları ile kaplı olduğu anlaşılmaktadır (Sevim 1952, Mayer ve Sevim 1959, Evcimen 1963). Toros sediri Anadolu'da da uzun yıllardan beri yıkıma uğramıştır (Mayer ve Sevim 1959, Aytuğ 1970).

Kozalaklarda zarar yapan böcekler kozalak gelişimi ve verimini olumsuz yönde etkilerler. Bu zamana kadar ülkemizin çeşitli bölgelerinde kozalak zararlıları

üzerine yapılan çalışmalarda, *Gravitarmata osmana'*nın *Cedrus libani* kozalaklarında zarar yaptığı tespit edilmiştir (Çanakçıoğlu 1963). Tortricidae familyasına ait olan bu türün Acıpayam, Kaş, Fethiye ve Finike'de *C. libani*'nin tohum ve kozalaklarına zarar verdiği bildirilmiştir (Öymen 1990).

Otoburlar ve patojenlerle başa çıkmak için, kozalaklı ağaçlar karmaşık biyokimyasal savunma sistemleri geliştirmiştir. Bitkiler bu savunma ve adaptasyon stratejileri için terpen türevli bileşikleri kullanmaktadır (Turlings ve Wackers 2004). Kozalaklı ağaç savunma sisteminin önemli bir bileşeni terpen bakımından zengin bileşiklerdir (Langenheim 1994, Phillips ve Croteau 1999, Keeling ve Bohlmann 2006, Zulak ve Bohlmann, 2010).

Sekonder metabolitler, organizmanın büyümesinde, gelişiminde ve çoğalmasında doğrudan yer almayan, mikroorganizmalar veya bitkiler tarafından üretilen organik bileşiklerdir. Sekonder metabolitler, böceklerin ve mikroorganizmaların korunmasına karşı bitki savunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Koniferler tarafından üretilen reçinenin bileşimi bahsedilen savunma stratejilerinde büyük bir role sahip olan terpen türevli bileşiklerden oluşmaktadır. Bu bileşikler; monoterpen, seskuiterpen (uçucu özellik gösteren) ve diterpenlerden (uçucu özellik göstermeyen) oluşmaktadır (Michelozzi 1999).

Sekonder bileşiklerin çalışıldığı ilk yıllarda bu maddelerin "işlevsiz ve atık maddeler" olduğu tartışılmıştır (Paech 1950, Mothes 1955). Sonraki yıllarda bu bileşenlerin bitkilerin savunma sistemi açısından çok önemli olduğu birçok bilim adamı tarafından açıklanmıştır (Stahl 1888, Fraenkel 1959, Levin 1976, Levinson 1976, Schildknecht 1977, Rosenthal ve Berenbaum 1979, Harborne 1986). Sekonder metabolit olarak da adlandırılan terpen türevli bileşikler, herbivorun gelişimini sınırlamakta, beslenmesini engellemekte ve herbivorun predatörlerini cezbederek populasyonlarının azalmasına neden olabilmektedir (Alaca ve Arslan 2012).

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Toros Sedirinin Genel Özellikleri

Sedirler bitkiler aleminin en geniş grubunu oluşturan Spermatophyta bölümünün Gymnospermae alt bölümünden, Coniferae sınıfı, Pinoideae takımı, Pinaceae familyasına aittir (Kayacık 1967, Evcimen 1961). Cinse tanımlanan Himalaya sediri (*Cedrus deodora* Loud.), Kıbrıs sediri (*C. brevifolia* (Hook. f. Henry)), Toros sediri (*C. libani* A. Rich.) ve Atlas sediri (*C. atlantica* Manetti.) olmak üzere dört tür bulunmaktadır (Çelik ve diğ. 2005).

Ortalama 40 m boy, 2 m çap ve 35 mm kabuk kalınlığına erişebilen Toros sediri dolgun gövdeli, kalın dallı ve 1000 yaşına kadar yaşayabilen görkemli bir orman ağacıdır (Kayacık 1967, Evcimen 1961).

Şekil 2.1: Toros Sediri

2.1.1 Toros Sediri ormanlarının tarihi önemi

Toros sediri tarihi olarak eskilere dayanan bir ağaç türüdür. Sedir ormanları, renk, koku ve dış görünüşünün güzel olması, özellikle çürümemesi sebebiyle eski çağlarda birçok devlet tarafından ele geçirilme isteğiyle tahrip edilmiştir (Kayacık 1980, Mayer ve Sevim 1959). Sedir ağacının odunu reçinesinden faydanılarak firavunlar ve rütbeli memurlar için mumya tabutları yapılmıştır. Kokusunun güzel olması, değerli ve dayanıklı odunu, güzel renginden ötürü Mısırlılar dini yapılarında kullanmıştır. Sedir odunu kalitesi ve dayanıklılığı sebebiyle Finikeliler tarafından saray ve gemi inşaatında, kapı, mobilya ve ev eşyalarında, ağaç oymacılığında sıklıkla kullanılmıştır (Mayer ve Sevim 1959).

İskit kadınlarının selvi ve sedir ağaçlarının özünü bir kapta döverek merhem haline getirdikten sonra, bu merhemi çam sakızı ve su ile karıştırarak macun haline getirip güzelleşmek için yüzlerine sürerlerdi (Akrep 2013). Frigler ise, ölülerini ilk önce ahşap sedirler üzerine yatırılmaları, sedir ağacının ekonomik, dini önemi yanında temizlik ve arınma konusunda da kutsal olarak kabul edilirdi (Birecikli 2010). Gordion Kral mezarı, Diana tapınağı gibi değerli tarihi yapılarda Toros sediri odunun kullanıldığı araştırmalarla ortaya konmuştur (Anşin ve Özkan, 2006).

2.1.2 Toros Sediri'nin botanik özellikleri

Toros sediri dolgun gövdeli, kalın dallı uzun ömürlü (1000 yılın üzerinde yaşayabilen), anıt ağaç ve ormanları da bulunan, görkemli görünüme sahip bir türdür (Asan 1987, Asan ve Pelivan 1985, Boydak 1988, Boydak ve diğ. 1996, Boydak ve Asan 1990; 1993, Evcimen 1963, Akkayan 1969).

Halk tarafından "katran ağacı" olarak bilinir. Sedirden elde edilen katran insanların ve hayvanların yaralarını ve hastalıklarını iyileştirmesi için kullanılır, ahşap yapılarıda böceklere, mantarlara ve bakterilere karşı korumak amacıyla faydanılmaktadır (Bal ve diğ. 2012, Kurt ve diğ. 2008).

Sedir çok değişik anakayalar (tortul, metamorfik, volkanik) üzerinde yetişebilmektedir (Atalay 1987, Günay 1990). Toros sedirinin genel yayılış alanlarındaki toprak tipi; kahverengi orman, kırmızımsı ve kırmızımsı kahverengi

Akdeniz topraklarıdır (Atalay 1987). Topraklar sığ ve taşlılığı fazladır (Kantarcı 1990). Yarı ışık seven sedir, oluşan gölge baskısına karşı oldukça dayanıklıdır (Boydak 2014). Sedir ağaçları toprakta nem istekleri fazla değildir. Kalkerli toprakta yetişirler (Saatçioğlu 1969). Sedir ağacı dalları gençlikte, yukarı doğru piramidal bir görünümdeyken, yaşlılıkta gövdeyle doksan derece açı yapacak şekilde yayvan durumdadır (Boydak 1986). Gençlikte, düzgün gövde yapısına ve yeşilimsi kül renginde sahip olan sedir; yaşlılıkta pullu çatlakları boyuna oluşan bir yapı halini gelir. Sedir gençliğinden itibaren oldukça derine ulaşan kazık kök ve köke bağlı olan ikincil köklerle çok iyi bir kök sistemi oluştururlar ve bu nedenle kalkerli topraklarda çatlak ve yarıklardan çokça faydalanarak derin tabakalara ulaşırlar (Saatçioğlu 1969).

Toros sedirinin, temmuz ayında oluşmaya başlayan erkek çiçekleri ağustos ayı sonunda 3-5 cm büyüklüğüne ulaşır. Eylül ayında tozlaşma başlar. Başlangıçta yavaş büyüyen dişi çiçekler mayıs, haziran ayına doğru 2-3 cm büyüklüğe ulaşır ve eylül ayında tam anlamıyla olgun kozalak görünümü alırlar. Başlangıçta yeşil renkte olan kozalaklar zamanla gri-kahverengini alırlar (Erkuloğlu 1994). Toros sedirinin çokça tohum oluşturduğu yıllar oldukça seyrektir ve 3-5 yıl aralıklarla bolca tohum oluşmaktadır (Ata 1995). Toros sediri, ilk defa 30 yaşlarında kozalak tutmaya başlar. Kozalaklar düşük rakımlarda büyük, yükseklerde ise daha küçük olabilmektedir. Genç ağaçların kozalakları, orta ve yaşlı ağaçlardakinden daha büyük ebatlarda olmaktadır. Ayrıca 200 metrelik yükseklik farkı tohumların aleyhine olup sayı ve ağırlık bakımından oldukça büyük etki yapmaktadır (Erkuloğlu 1994).

Sedir ağacının diri odunu geniş, hafif kırmızımsı ile sarımsı beyaz renkte, öz odunu açık sarımsı ile kırmızımsı kahverengindedir. Boyuna kesitleri oldukça parlaktır. Odunu orta sert ve orta ağırlıkta olup hoş aromatik kokuludur. Kolay işlenir, yarılır ve lifleri düzgündür. Renk verme ve cilalanması güçtür. İyi yapıştırılır (Bozkurt ve Erdin 1997).

Toros sedirinin yayılış alanlarında kışları sert geçmektedir. Sedir kış şartlarına ve yaz sıcaklıklarına toleranslı geniş bir türdür. Sedirin ekstrem mevsim koşullarına dayanıklılığı ve adaptasyonunun yüksek olması sebebiyle ağaçlandırma çalışmalarında tercih edilmektedir (Ata 1995).

2.1.3 Toros Sediri ormanlarının yayılış alanları

Toros sedirinin esas yayılışı Toros Dağları'ndadır. Ülkemizde ana yayılış 36º16' (Kaş), 38º 05' (Eğridir Barla Dağı) Kuzey enlemleri ile 29º 02' (Acıpayam-Bozdağ ile Köyceğiz-Çaldağ hattı), 37º19' (Kahramanmaraş-Engizek Dağı- Ahırdağı hattı) Doğu boylamları arasındadır (Sevim 1952, Evcimen 1963, Saatçioğlu 1969, Boydak 1986, Boydak ve diğ.1996, Atalay 1987). Bu yayılışa 50 km uzakta Afyon-Sultandağı (Evcimen 1963), 250 km uzakta Erbaa-Çatalan (Selçuk 1962) ve Niksar-Akıncıköy yöresinde (Akıncı 1963, Varol 1965) de izole yayılış alanları bulunmaktadır (Şekil 2.1). Ayrıca, Afyon, Emirdağ, Yukarı Çaykışla vadisinde ve stebe geçiş zonunda izole bir yayılışı daha saptanmıştır (Günay 1990).

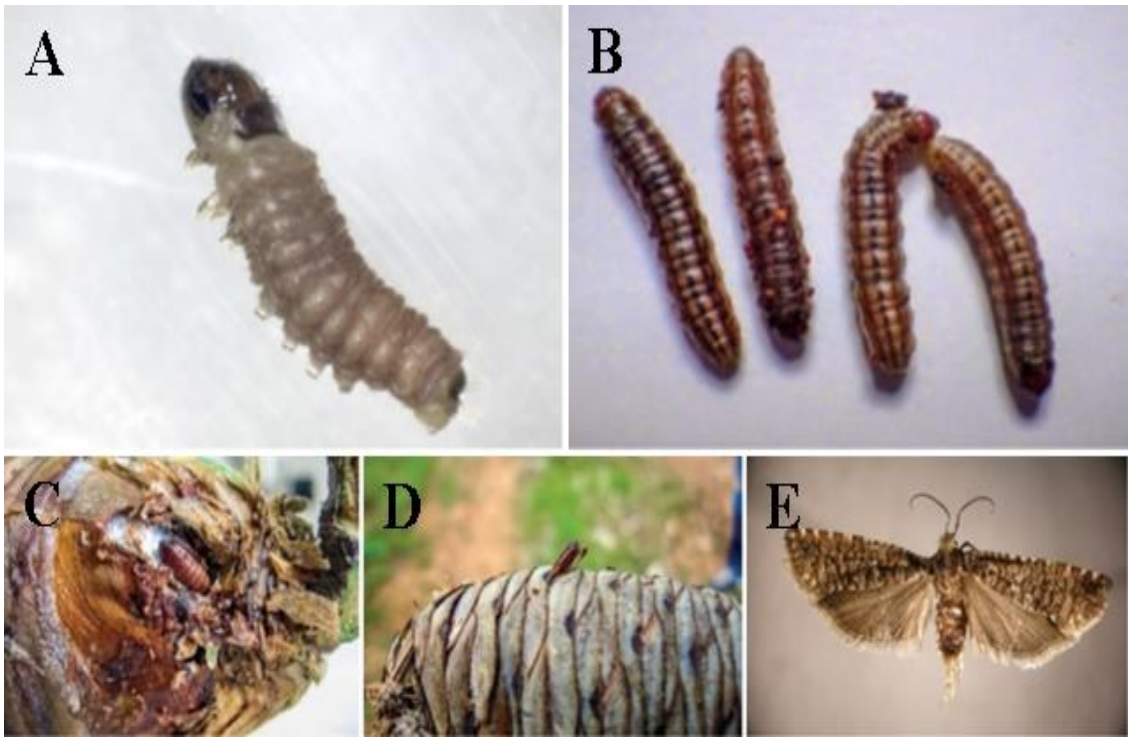
Şekil 2.2: *Cedrus libani* türünün Türkiye sınırları içindeki yayılışı

2.2 Sedir Kozalak Kelebeği *(Gravitarmata osmana*)

Lepidoptera takımı Tortricidae familyası, dünyada 5000 tür ile temsil edilmektedir (Geest 1991). Grubun Türkiye'deki kayıtlı tür sayısı ise 400'ün üzerindedir (Koçak ve Kemal 2006). Genç larvalarının beyazımsı, baş kısmının siyah, olgun larvaların ise kırmızımsı renkte olduğu görülmüş ve larva boyu 20 mm olarak ölçülmüştür. Larvaların sırt kısmında kırmızımtırak renkte boyuna iki bant, ortada ise boyuna siyah renkte bir bant bulunduğu gözlenmiştir. Erginlerin ön kanatlarının esmerimsi kahverengi ve yer yer turuncumsu desenli olduğu, her kanadının ucunda beyaz renkli saçakların bulunduğu ve antenin filiform yapıda olduğu görülmüştür. Gerilmiş ön kanatları arasındaki açıklığı 21-25 mm olan kelebeğin ön kanatları koyu kahverengi siyah zemin üzerine beyazımtırak gri lekelidir. Arka kanatları ise siyahımtırak esmer renkte ve genişçe saçaklıdır (Erdem 1968, Tosun 1977, Öymen 1990, Çanakçıoğlu ve Mol 1998). Ortalama 17 mm büyüklüğünde olan tırtılların sırtında koyu kahverengi bir çizgi ile bunun iki yanında kirli açık yeşil renkte enine birer şerit vardır. Uçma deliklerinde yarısı dışarıya çıkmış pupa gömleklerinin bulunuşu karakteristiktir (Erdem 1968, Öymen 1990, Çanakçıoğlu ve Mol 1998). Pupaların boyları 9-11 mm arasındadır (Çanakçıoğlu 1963).

Olgunlaşmasının ilk senesi içinde bulunan kozalakların üzerine bırakılan yumurtalardan çıkan tırtıllar kozalağa girerek kozalağın içinde ve kozalak sapına yakın bir yerde pupa olur. Kışı pupa döneminde geçirdikten sonra haziran ayında erginleşerek kozalağı terk eder. Tür, basit generasyona sahiptir (Çanakcıoğlu 1963, Erdem 1968, Çanakçıoğlu ve Mol 1998).

Tür, Acıpayam/Bozdağ/Oklukaya ve Davutin, Fethiye, Finike/Ördübek, Kaş/Sütleğen/Katrandağı'nda *C. libani* kozalaklarında görülmüştür (Tosun 1977, Çanakçıoğlu 1982, Çanakçıoğlu ve Mol 1998). Gelişiminin ilk yılındaki *C. libani* kozalaklarının tohum ve pullarını yemek suretiyle zarar veren bu kelebeğin tırtıllarının kozalağın iç kısmında beslenmesi sonucunda, kozalakların delik deşik görünmesine neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Larvaların beslenmesi sonucu zarara uğrayan kozalaklarda renk değişikliği, deforme, öğüntü ve reçine sızıntılarının bulunması zararın belirtisi olduğunu ifade etmişlerdir. (Çanakçıoğlu 1963, Erdem 1968, Tosun 1977, Çanakçıoğlu 1982).



Şekil 2.3: *Gravitarmata osmana* türünün hayat evreleri A: *Gravitarmata osmana* türünün genç larvası, B: *G. osmana*'nın olgun larvası, C: *G. osmana* pupa, D: *G. osmana*'nın karakteristik pupası, E: *G. osmana* ergini (Özek 2017)

2.3 Terpenler

Bitki sekonder metabolitleri terpenler, alkaloitler ve fenolikler olmak üzere üç ana sınıfa ayrılmaktadır. Terpen, Almanca 'terpentin' kelimesinden gelmektedir (Croteau 1998). Terpenler en büyük doğal ürün sınıflarından biridir ve 22.000'in üzerinde bileşiğin tanısı yapılmıştır (Connolly ve Hill 1991).

Sadece hidrokarbon içeren terpenler olabileceği gibi, oksijen içeren terpenler de bulunmaktadır. Terpenler oksijen içeriyorsa "terpenoitler" olarak adlandırılır. Terpenler bitki dokularında çoğunlukla serbest olarak, bazen glikozitleri bazen organik asit esterleri halinde, ya da proteinlerle birleşmiş olarak bulunmaktadır (Boiteau ve diğ. 1969).

Bu grubtaki bileşiklerin koku potansiyeli çok önemlidir (Özkaya ve diğ. 2018). Terpenler izopren (beş karbon) birimlerinin sayısına göre sınıflandırılmaktadır. İzopren birimler baş-kuyruk şeklinde bağlanarak düz zincirler oluşturabilirler veya baş-baş, baş-orta şeklinde bağlanarak halkalar oluşturabilirler (Croteau ve diğ. 2000).

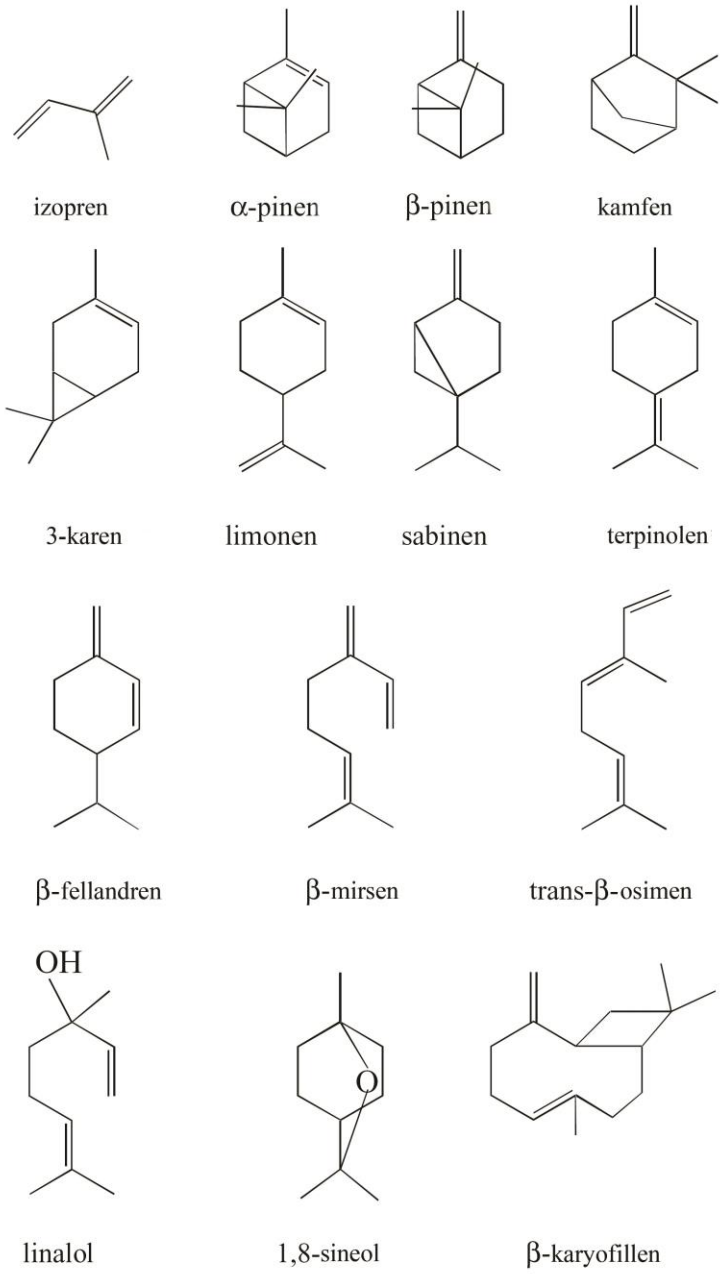
Terpenler, izopren birimlerinin (2-metil-1,3-bütadien) bir araya gelmesiyle oluşur ve doğal ürünler en yaygın olarak bu gruptatır. Terpenler sekiz sınıfa ayrılırlar. Bunlar hemiterpenler, monoterpenler, seskiterpenler, diterpenler, trierpenler ve politerpenlerdir (Boztaş 2012).

Monoterpenler, iki izopren biriminden oluşan C_{10} terpenoitleri, 1850'lerde terebentinden izole edilen ilk terpenoitler olarak bilinmektedir (Ludwiczuk ve ark., 2017). Pinenler; çam, ladin ve köknar gibi ağaçların en fazla ürettiği monoterpenler arasındadır ve dünyadaki konifer türlerin ciddi zarar almasına neden olan, kabuk patojenik mantar ve kabuk böcekleri için toksiktir (Tiring ve ark., 2020). Bitkilerden elde edilen monoterpenler, güzel kokuya sahip uçucu bileşendirler ve uçucu yağlar sınıfına girerler (Gomes ve diğ. 1998). Monoterpenlerin uçuculuğu çok fazladır. Monoterpenler başlıca Pineaceae (Çamgiller), Arecaceae (Palmiyegiller), Rosaceae (Gülgiller), Oleaceae (Zeytingiller) vb. gibi birçok bitki familyalarında fazla miktarda bulunur. Kozalaklı türler bazı terpen gruplarını depolayabildikleri gibi bazı izopren ve monoterpen gruplarını bulundukları ortama yayabilirler (Copolovici ve Niinemets 2016).

Seskiterpenler, terpenlerin en yoğun olduğu sınıf seskiterpenlerdir. Doğada yaygın olarak görülürler ve farklı bitkilerden izole edilebilirler. C_{15} terpenoitleri, üç izopren biriminden oluşmakta olup 15 karbon atomu içermektedir (Ludwiczuk ve ark., 2017). Seskiterpenlerden bir diğeri de bitki hormonu absisik asittir (Cordell, 1976).

Sekonder metabolitler bitkilerin çevrelerinde karşılaştıkları stres şartlarını atlatmak için önemli roller oynar. Terpen üretimi miktarının bazı stres koşulları altında artabileceği ya da azalabileceği görülmüştür (Copolovici ve Niinemets 2016). Sekonder metabolitler bitkiler tarafından sentezlenen önemli bileşiklerdir. Bu bileşikler doğrudan etkileri olmasa da büyüme, gelişmede ya da stres faktörlerine karşı bitki savunmasında önemli rol oynar (Bartwal ve diğ. 2013). Stres faktörlerinin neden olduğu savunma sistemleri terpenlerin kozalaklı ağaçların evrimsel başarılarına katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Celedon ve Bohlmann 2019).

Kozalaklı ağaçlardaki en tipik savunma mekanizmalarından biri, uçucu ve uçucu olmayan terpenoidlerin kompleks, hoş kokulu bir karışımı olan oleoresin ile ilgilidir (Keeling ve Bohlman 2006).



Şekil 2.4: İzopren birimi ve bazı terpenoid birimlerin kimyasal yapıları (Semiz 2009).

2.4 Koniferlerin Kimyasal Savunmasında Terpen Türevli Bileşikler

Dünyanın yaklaşık %80'ini kaplayan koniferler, uzun ömürlü ve ağaç formundaki bitkilerdir (Scagel ve diğ. 1965). Optimum fiziksel yapıları ve yayılış alanlarının çok geniş olması koniferleri, herbivorlara ve patojenlere karşı hedef haline getirmektedir (Kurz ve diğ. 2008). Terpenoidlerin ve fenoliklerin bir karışımı olan reçine koniferler tarafından üretilir (Michelozzi 1999). Terpenoidler, izopentenil pirofosfatla ortak bir biyosentetik kökene sahip olsalar da fonksiyonel ve yapısal çeşitlilik gösteren en geniş bitki bileşikleri familyasıdır. (Dudareva ve diğ. 2004). Koniferlerin reçinesi olarak adlandırılır ve kokusu keskindir (Breitmaier 2006). Bitkiler patojen ve herbivorlara karşı savunma mekanizması olarak ürettikleri bu bileşikleri reçine kanalları ve reçine kapsülleri içinde depolayabilmektedir. Bazı bitkiler ise bu bileşikleri biyosentezleri tamamlandıktan sonra emisyonla doğaya bırakır (Blanch ve diğ. 2009).

Koniferlerin ürettiği reçinenin yaklaşık yarısı monoterpenlerden (C_{10}) oluşurken, diğer yarısı diterpenlerden (C_{20}) ve az miktarda seskuiterpenlerden (C_{15}) oluşmaktadır. Bu terpenoid bileşiklerden monoterpenler ve seskuiterpenler uçucu özellik gösterirken, diterpenler uçucu özellik göstermemektedir (Michelozzi 1999). Koniferlerde, salınan terpenlerin miktarı bireyler arasında farklılık gösterebileceği gibi, aynı bireyden salınan terpen yoğunluğu da mevsimsel olarak değişiklik gösterebilmektedir (Staudt ve Bertin 1998). Salınan bileşiğin içeriği ve miktarı günün farklı saatlerinde de farklılık göstermektedir (Takabayashi ve diğ. 1994). Farklı herbivor türü ya da aynı türün farklı gelişim aşamaları bile bitkiden salınan uçucu bileşik içeriğini etkileyebilmektedir (Dicke 1999, Gouinguene ve diğ. 2003).

Uçucu özellikteki terpenoidler ve alkoloidler gibi diğer bazı sekonder metabolitler, herbivorlara ve patojenlere karşı birincil savunma kimyasalları olarak rol oynar (Baydar 2009). Bitkiler herbivorlara karşı kendini savunabilmek için çeşitli savunma teknikleri geliştirmiştir (Arimura ve diğ. 2005).

Bitkilerin abiyotik ve biyotik ortam koşullarına karşı geliştirdikleri savunma sistemleri vardır. Bunlar; direkt savunma ve dolaylı savunma olarak adlandırılır. Doğrudan savunma; Bitkilerdeki morfolojik yapıların herbivorlara karşı fizyolojik bir bariyer oluşturmasıdır (Arimura ve diğ. 2005). Doğrudan savunma, dikenler ve tüyler

gibi fiziksel bariyerlerle ya da sekonder metabolit (terpenler, alkaloidler vb.) adı verilen kimyasallarla herbivorun beslenmesini engelleyebilmektedir (Kesdek ve Yıldırım 2006). Dolaylı savunma; Bitkilerin terpen türevi bileşiklerini ortamdaki herbivorun doğal düşmanını davet amaçlı kullanmasıdır (Vinson 1985, Turlings ve diğ. 1990, De Moraes ve diğ. 1998, Dicke 1999, Hilker ve diğ. 2002, Colazza ve diğ. 2004, Turlings ve Wäckers 2004, Arimuda ve diğ. 2005). Bu iki savunma stratejisi her zaman bulunabilir ya da saldırı anında indüklenebilir (Arimura ve diğ. 2005). Bitkilerin bu terpenoid bileşikleri, herbivor saldırısı ile karşılaştıklarında herbivoru uzaklaştırıcı olarak ya da zararlının doğal düşmanlarını davet etme amaçlı kullandığı bilinmektedir (Birgücü ve diğ. 2014).

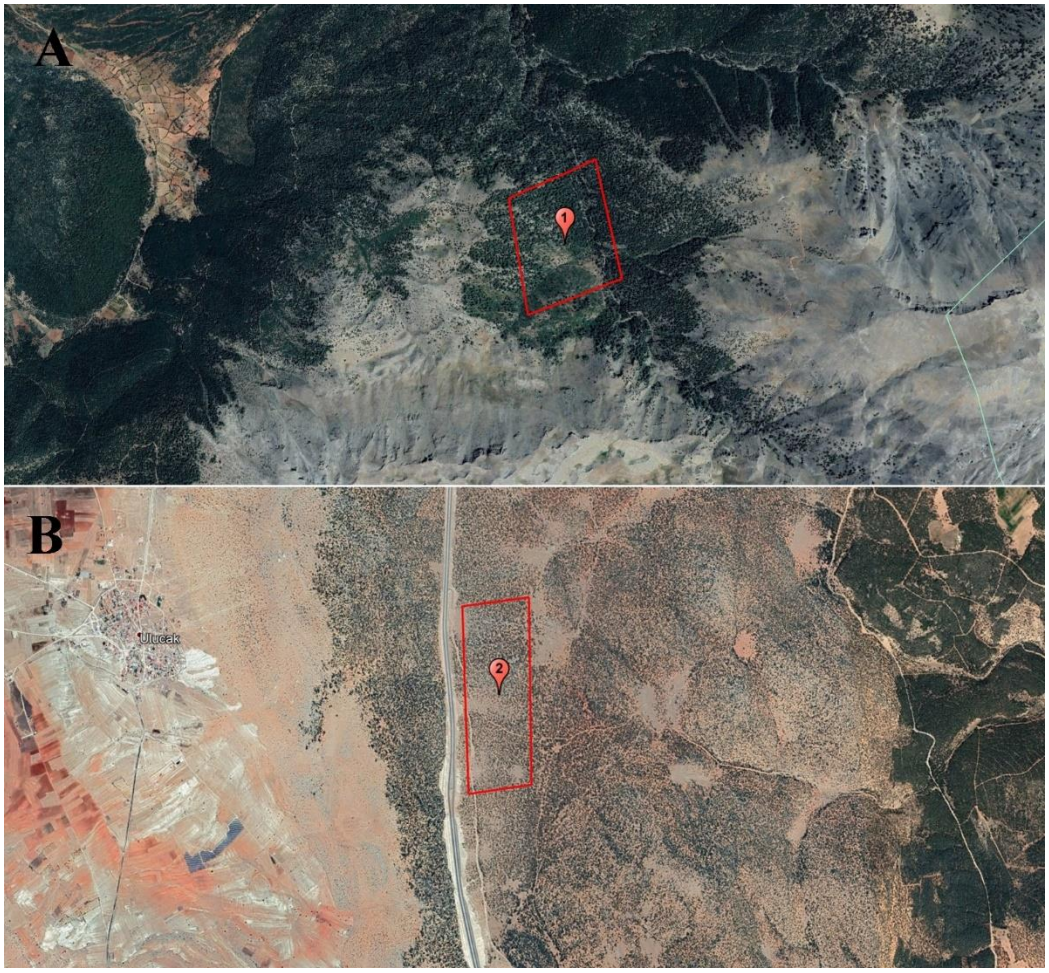
2.5 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Toros sedirinin *Gravitarmata osmana* konukçu tercihinde terpen türevli uçucu bileşiklerin rolünü ve türün varlığında ağacın geliştirdiği kozalaklardaki terpen profillerinde oluşan konsantrasyon miktarlarını açığa çıkartmaktır. Ayrıca, büyük öneme sahip olan *C. libani* türünün korunması ve biyolojisinin eksiksiz ortaya çıkarılması ve zararlı türe karşı önlemler alınması adına mevcut literatürlere katkı yapılması planlanmıştır.

3. YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı ve Örnekleme

Arazi çalışmalarının yürütüldüğü Sedir Kozalak Kelebeği tarafından istila edilmiş Denizli/Acıpayam/Bozdağ sahasında istilalı kozalaklar ve Antalya/Elmalı sahasından istilasız kozalaklar toplanmıştır (Şekil 3.1). Toplanan kozalaklar rastgele ağaçlardan alınmıştır. Denizli/Acıpayam/Bozdağ'dan 37 tane istilalı kozalak toplanmıştır. Antalya/Elmalı'dan ise 31 tane sağlıklı kozalak toplanmıştır.



Şekil 3.1: Cedrus libani kozalak örneklerinin toplandığı alanlar. A: Tavas, B: Korkuteli

Arazi çalışmaları için Denizli/Acıpayam/Bozdağ sedir ormanının belirlenmesinin nedeni *Gravitarmata osmana* (Sedir Kozalak Kelebeği) zararlısının ilk defa burada tespit edilmesidir. Böcek tarafından zarara uğrayan kozalaklarda renk değişikliği, deformasyon, sızıntı, öğüntü ve reçine sızıntıları görülmüştür (Şekil 3.2). Arazi çalışması esnasında bu zararların görüldüğü kozalak örnekleri toplanmıştır.

Şekil 3.2: Sedir Kozalak Kelebeği'nin kozalak üzerindeki etkisi

Numaralandırılan örnekler her biri farklı kilitli poşetlere konarak muhafaza edilmiş, arazi çalışması süresince buzda bekletilmiş ve aynı gün içerisinde Pamukkale Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Ekolojik Araştırmalar Laboratuvarı'na getirilerek -80°C'de ekstraksiyon ve analizleri yapılıncaya kadar muhafaza edilmiştir.

3.2 Örneklerin Ekstraksiyonu ve Terpen Analizleri

Alandan toplanan ve -80°C'de muhafaza edilen 68 adet kozalak örnekleri ekstraksiyon solüsyonu ile ekstrakte edilerek terpen analizlerine hazır hale getirilmiştir. Ekstraksiyon solüsyonunun hazırlanması için uygulanan prosedür şu şekildedir: 88 µl 1-chlorooctane (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Fluka, EC No. 2093155) n-hekzan (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, 34859) ile 100 ml'ye tamamlanarak standart solüsyon hazır hale getirilmiştir. Ardından standart solüsyon n-hekzan ile 1:20 oranında seyreltilerek ekstraksiyon solüsyonu elde edilmiştir (Manninen ve diğ. 2002).

Kozalak örnekleri kıl testere ile önce ikiye bölünüp daha sonra makas ve çekiç yardımıyla daha küçük parçalara ayrılmıştır. Kozalak örnekleri daha küçük parçalara ayrılabilmesi için sıvı azot kullanılmış ve donan kozalak örnekleri havan yardımıyla ezilerek ekstrakte edilebilecek hale getirilmiştir. Analizler için, her bir ağaçtan alınan kozalak örnekleri minimum 200 mg olmak üzere hassas terazi ile tartılmış ve vida kapaklı deney tüplerine alınmıştır. Küçük parçalara ayrılan kozalak örneklerinin üzerlerine 2 ml ekstraksiyon solüsyonu eklenerek laboratuvar sıcaklığında 1 saat ekstrakte edilmiştir. Bir saatlik ekstraksiyonun sonunda elde edilen terpen içerikli solüsyon n-hekzan ile nemlendirilmiş filtre kâğıdı ile süzülerek tortulardan uzaklaştırılmıştır. Tüpte kalan kozalak parçaları ikişer kez iki dakika bekletilerek 2 ml n-hekzan ile yıkanarak tekrar süzülmüş ve toplanan kozalak örnekleri için ayrı ayrı yaklaşık 6 ml özüt elde edilmiştir. Daha sonra bu özüt GC-MS (Gaz Kromotografisi-Kütle Spektrometresi) analizi için yeterli miktarda alınarak vial (~ 1,5 ml) tüplere aktarılmıştır. Bu işlemler 68 kozalak örnekleri üzerinde tekrarlanmıştır (Şekil 3.3).

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

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

Şekil 3.3: Örneklerin toplanması ve laboratuvar işlemleri. A: Kozalak örneklerinin çalışma sahasından toplanması, B: Kozalakların küçük parçalar haline getirilmesi, C: Kozalak parçalarının sıvı azot ile öğütülmesi, D-E: Öğütülen kozalak parçalarının ependorflara aktarımı ve saklanması, F: Öğütülmüş kozalakların deney tüplerine aktarılması ve ekstraksiyonu, G: Ekstraktları süzme işlemi, H: Kozalak ekstraktlarının vial tüplere aktarılması

3.3 İstatistiksel Analizler

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

4. BULGULAR

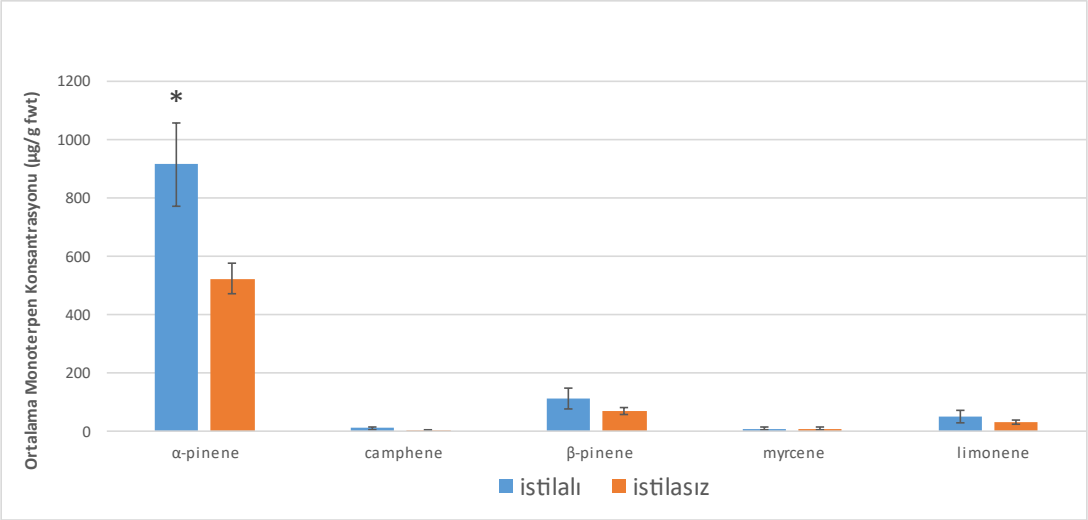
Bu çalışma Denizli/Acıpayam/Bozdağ ve Antalya/Elmalı arazi alanından rastgele seçilmiş, *Gravitarmata osmana* istilası altında olan ve olmayan sedir ağaçlarının kozalak örneklerine ait terpen miktarları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır. Analizler sonucunda sedir kozalak örneklerinde belirlenen toplam 9 bileşikten 5 tanesi monoterpen, 4 tanesi seskiterpen olduğu belirlenmiştir. Bu bileşiklerden monoterpen olanlar; *α*-pinene, camphene, *β*-pinene, myrcene, limonene olarak kaydedilmiştir. Seskiterpen olanlar ise; *trans*-*β*-caryophyllene, guaiol, eudesmol, selinene olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda elde edilen bileşik değerleri, bağımsız *t*-testi (Independent-sample *t*-test) ile analiz edilmiştir. Kozalak örnekleri kendi içinde ayrı ayrı test edilmiştir. Test sonucunda *P* değerlerine bakılarak istilaya uğramış ve uğramamış sedir kozalak örneklerinde istatistiksel anlamda fark bulunmuştur.

Kozalak örneklerinde istatistiksel olarak fark gösteren bileşik *α*-pinene (*t*: 2,561, $p<0,05$) olarak bulunmuştur. Selinene bileşiği sadece istilalı kozalak örneğinde kaydedilmiştir. İstilalı kozalak örneklerinde *α*-pinene sağlıklı kozalak örneklerine göre daha yüksek değer göstermektedir. *trans*-*β*-caryophyllene, guaiol, eudesmol, selinene seskiterpenleri istilalı ve istilasız kozalak örneklerindeki değerleri düşüktür. Bunun yanında myrcene ve limonene monoterpenleri de düşük değerdedir. trans-*β*-caryophyllene ve guaiol seskiterpenleri istilasız kozalaklardaki değeri istilalı kozalaklara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.1: *G. osmana* istilasına uğramış ve uğramamış sedir kozalak örneklerinde monoterpenlere ait *t*-testi sonuçları (µg/g fwt ± SE; *n*=68).

Bileşikler	**İstitalı kozalak**	**İstilasız kozalak**	***t***	***P***
α-pinene	917,07 ± 143,58	525,12 ± 52,91	2,56	,014
camphene	11,48 ± 4,19	2,78 ± 1,60	1,94	,059
β-pinene	111,72 ± 34,75	71,19 ± 12,88	1,02	,312
myrcene	9,69 ± 5,80	10,12 ± 3,73	-,059	,953
limonene	50,06 ± 21,24	30,31 ± 6,35	,824	,413

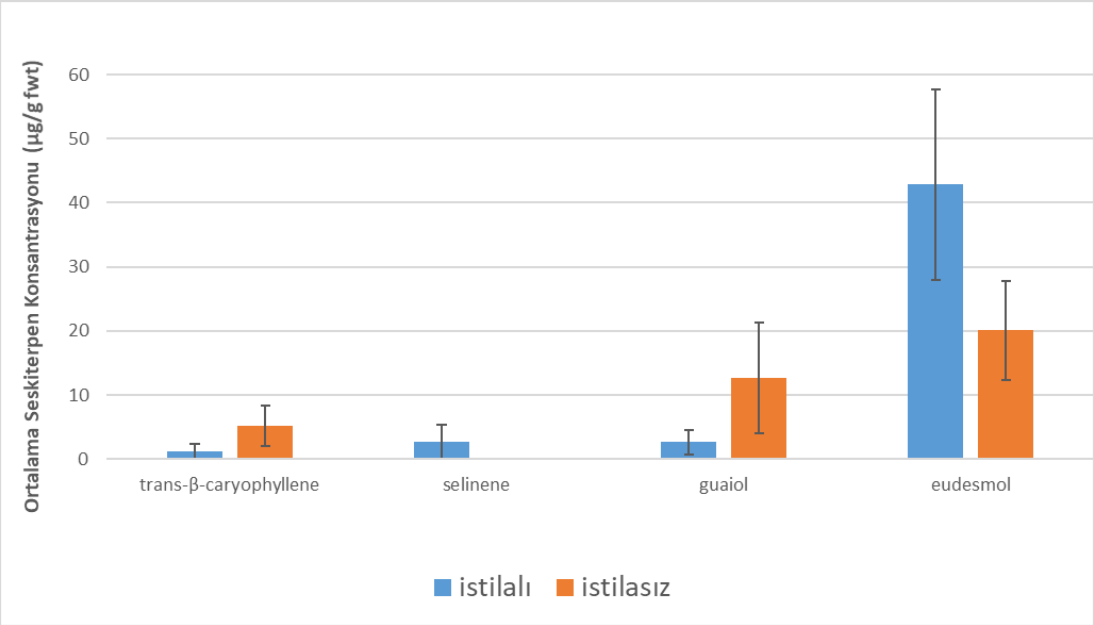


Şekil 4.1: Kozalak örneklerine ait ortalama monoterpen değerleri

(*istatistiksel anlamda fark gösteren bileşikleri temsil etmektedir P<0,05)

Tablo 4.2*: G. osmana* istilasına uğramış ve istilaya uğramamış sedir kozalak örneklerinde seskiterpenlerin istatistiksel değişimi *t*-testi sonuçları (µg/g fwt ± SE; *n*=68).

Bileşikler	**İstilalı kozalak**	**İstilasız kozalak**	***t***	***P***
trans-*β*-caryophyllene	1,18 ± 1,181	5,22 ± 3,15	-1,200	,237
guaiol	2,62 ± 1,88	12,69 ± 8,64	-1,138	,263
eudesmol	42,84 ± 14,85	20,07 ± 7,74	1,360	,180
selinene	2,71 ± 2,71	N/A	,914	,364



Şekil 4.2: Kozalak örneklerine ait ortalama seskiterpen değerleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Uzun yıllardır insanlığın ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ormanlık alanlara daha çok önem verilmektedir. Ülkemizde ağaçlandırma faaliyetlerinde çokça tercih edilen önemli türlerden biri olan sedir orman varlığı sürekli artmaktadır. Besin, yakacak, sağlık ve otlatma gibi ihtiyaçların karşılanabilmesi için ormanlık alanlara büyük zararlar verildiği bilinmektedir.

Kaliteli odunu nedeniyle geçmişten bu yana yoğun miktarda tahribata uğrayan Toros sediri ormanları biyotik etmenler nedeniyle de zarar görmüştür. En önemli zararlılardan birisi *Gravitarmata osmana'*dır. Bu tür, Toros sedirinin önemli bir zararlısıdır. Ayrıca göz ardı edilemeyecek zararlar yapmaktadır. Larvaların ilk olarak kozalak pullarını yediği ve kısa bir süre sonra kozalağın içine girdiği saptanmıştır. Kozalak içerisine giren *G. osmana* larvası, burada bulunan tohum, karpel ve diğer dokularını yiyerek beslendiği belirlenmiştir. Rakıma bağlı olarak Mayıs-Haziran gibi başlayan bu zararın kasım ayına kadar devam ettiği kaydedilmiştir (Çanakçıoğlu 1963, Tosun 1977, Çanakçıoğlu ve Mol 1998). *G. osmana*'nın sadace Toros sedirine zarar yaptığı bilinmektedir (Çanakçıoğlu 1963, Tosun 1977, Çanakçıoğlu ve Mol 1998).

Çanakçıoğlu (1963) ve Çanakçıoğlu ve Mol (1998) göre, zararlının görüldüğü ve saptandığı kozalaklar imha edilmelidir. Bunun nedeni sedir kozalak kelebeği larva ve pupa evrelerini kozalak içerisinde korunaklı bir şekilde geçirmektedir ve uygulanacak kimyasal zararlıya ulaşamayacaktır. Bu yüzden biyolojik evrelerinde mücadele imkansız hale geliyor. Ergin döneminde ise açık ortamda olmasına rağmen geniş salgınlar yaptığı durumlarda birçok ekosistemi etkileyeceği için kimyasal uygulamanın zararı faydasından çok olacaktır. *G. osmana*'nın yaşam döngüsünden kaynaklanan zorluklar nedeniyle biyolojik bir mücadelesi bilinmemektedir.

Bitkiler doğal popülasyonlarında kendilerine saldıran düşmanlarından kaçamadıkları, saklanamadıkları ya da göç edemediklerinden kendilerini korumak için adaptasyon göstermek zorundadırlar (Nagy ve Schäfer 2002, Scheel ve Wasternack 2002). Bitkilerden elde edilen güzel kokulu karışımlar olan uçucu yağların ana bileşenini monoterpenler oluşturmaktadır (Gomes ve diğ. 1998). Herbivorların konak bitki tercihi büyük ölçüde bitkilerin sekonder kimyasına bağlıdır (Bernays 1998).

Grodnitzky ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmaya göre birçok bitkinin uçucu yağ bileşeni olan monoterpenoidlerin, faydalı böcekleri çekerek tozlaşmaya yardımcı olduğunu ve bitki savunma sistemini zararlılara karşı güçlendirdiğini göstermişlerdir. Çalışmamız sonunda elde edilen değerlerde istilalı kozalaklarda belirlenen α-pinene bileşiğinin savunma amaçlı konsantrasyonunun arttığı görülmüştür. Başka bir öneri abiyotik strese giren sedir kozalakları savunma sistemini güçlenmesi *α*-pinene monoterpeninin artışına neden olabileceği durumudur.

Renksiz bir sıvı olan *α*-pinene doğada oldukça yaygındır ve kozalaklı ağaçların esansiyel yağlarında bolca bulunur (Azizoğlu 2004). Yapılan araştırmalar sonucunda pinene türevlerinin antioksidant, antikarsinojen, antistres, antifungal özelliklerinin yanı sıra bakteri ve böcek öldürücü özellikte olduğu gözlenmiştir (Mercier ve diğ. 2009).

Loizzo ve diğ. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada *C. libani* odununun esansiyel yağı ile kozalak ve yapraklarının etanol ekstraktlarının fitokimyasal bileşimini GS-MS ile analizlemeleri sonucunda kozalaklarda *α*-pinene (%51,0) ve *β*-myrcene (%13,0) bileşikleri elde edilmiştir. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada *α*-pinene ana bileşik olmasıyla benzerlik göstermektedir.

Tumen ve diğ. (2009), Pinaceae familyası kozalaklarının uçucu yağlarındaki terpen grupları inceledikleri çalışmada *C. libani* kozalaklarında bulunan ana bileşiklerin *α*-pinene, *β*-pinene, *β*-myrcene, 3-carene, limonene, *trans-β*-caryophyllene olarak belirlenmiştir. Saptanan bileşiklerden konsantrasyon değerleri (w/w %) sırasıyla limonene, *α*-pinene, *β*-pinene, *b*-myrcene, *trans-β*-caryophyllene ve 3-carene şeklindedir. Bu çalışmada uçucu bileşikler içinde en fazla miktara sahip olan bileşik limonene olarak kaydedilmiştir. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada hem Acıpayam hem de Elmalı popülasyonlarındaki kozalaklarda 3-carene bileşiğine rastlanmamıştır. Ayrıca *α*-pinene konsantrasyonu, limonene konsantrasyonundan daha fazladır.

Langsi ve diğ. (2020) *α*-pinene ve 3-carene böcek öldürücü aktivitelerinin üzerine yaptıkları çalışmada monoterpenlerin çok aktif olduğu ve bu bileşiklerin solunum sistemine nufüz etme yeteneği olduğu gözlenmiştir. Ayrıca çalışmada 3-carene, *α*-pinene'den daha aktif insektisidal aktivite göstermiştir. *α*-Pinene sınırlı

insektisidal potansiyelleri de gösterilmiştir. Heil (2008) monoterpen ve seskiterpenlerin böcek istilasından 24 saat sonra salınmaya başladığını belirtmiştir.

Mumm ve Hilker (2006)'e göre, α-pinene bileşiği ipsdienol ve lanerione ile birlikte, bir bitki zararlısı türü olan *Thanasimus dubius* (Fabricius, 1777)'a karşı çekicilik özellik gösterebileceği gösterilmiştir. Yine aynı çalışmada, düşük miktarlardaki α-pinene miktarının kabuk böceklerine karşı çekicilik özellik gösterebilirken, yüksek miktarlardaki α-pinene miktarının da tam tersi bir etkiye neden olabileceği gösterilmiştir.

Uçucu yağlar ve fitokimyasallar, sırasıyla sentetik biyositlere ve herbisitlere çevre dostu alternatifler olarak uzun süredir araştırılmaktadır. Özellikle α-pinene açısından zengin uçucu yağlar, farklı organizmalara karşı geniş yayılma aktivitesi göstermiştir. (Avato ve diğ. 2017; Avila Murillo ve diğ. 2014; Cao ve diğ. 2019; Isman ve diğ. 2008; Wang ve diğ. 2019).

Naidoo ve diğ. (2018) yaptığı çalışmada, *Eucalyptus grandis'te* artan terpinene ve pinene üretimi ile *Leptocybe invasa* istilasına karşı duyarlılığı arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu terpenlerin cezbedici olarak veya potansiyel bir tuzak olarak etkinlik gösterdikleri düşünülmektedir.

Korankye ve diğ. (2017) bitki yaşlanmasında uçucu bileşiklerin rolünü araştıran çalışmalarında, abiyotik stresin bitkilerde yaşlanmaya, apoptoz ve absisyona neden olan uçucu terpenleri indüklediği gözlenmiştir. *Arabidopsis*'te yaşlanma sitral, nane, pinene ve camphene tarafından indüklendiği gösterilmiştir.

Kleiber ve diğ. (2017) farklı orjinlerde bulunan *Pseudotsuga menziesi* kuraklık etkise karşısında ürettiği terpen miktarı araştırılmıştır. Bu kozalaklaklı ağaçlar bol miktarda monoterpen depolamaktadır. İklim değişikliği sıcaklık artışıyla birlikte kuraklığa neden olmaktadır. Kuraklığa bağlı olarak *a*-pinene, β-pinene, 3-carene, camphene, β-citronellol monoterpenlerinde artış gözlenmiştir.

Liu ve diğ. (2013), *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov türünün diklorometan fraksiyonlarını GC ve GC-MS ile analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarında 34 bileşik tanımlamışlardır. Fraksiyondaki ana bileşik olan guaiol saflaştırılmıştır. Elde edilen saf guaiol 70 mg/l konsantrasyonla afitler üzerinde kayda değer bir inhibisyon etkisi

göstermiştir. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada istilaya uğramamış popülasyondaki bireylerin guaiol seviyesinin yüksek çıkması bu çalışmanın sonuçları ile paralellik göstermektedir. İstilaya uğramamış populasyondaki guaiol seviyesi yüksek olduğu için *G. osmana* zararlısının bu bireyleri seçmemiş olabileceği ileri çalışmalarla araştırılmalıdır.

Pang ve diğ. (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada *Atalantia buxifolia* (Poir.) Oliv. ex Benth. türünün yapraklarından elde edilen uçucu yağın insektisidal ve kovucu aktiviteleri 3 böcek türüne karşı (*Tribolium castaneum, Lasioderma serricorne* ve *Liposcelis bostrychophila*) değerlendirmişlerdir. Hidrodistilasyon ile elde edilen uçucu yağ, GC-FID ve GC-MS ile analiz edilmiştir. 24 bileşik tanımlanmış ve uçucu yağdaki ana bileşenler *β*-caryophyllene (%25,8), caryophyllene oksit (%19,1) ve epiglobulol (%7,5) olarak belirlenmiştir. Bu ana bileşenler içinden *β*-caryophyllene ve caryophyllene oksit, üç hedef böceğe karşı farklı seviyelerde kovucu aktiviteler göstermiştir. Bu sonuçlar, *A. buxifolia* yapraklarından elde edilen uçucu yağın ve iki ana bileşeninin, böcek zararlılarının kontrolü için doğal böcek öldürücü ve kovucu olarak geliştirilme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Gerçekleştirdiğimiz çalışmanın bulgularına göre istilaya uğramamış popülasyondaki bireylerin kozalaklarında istila altındaki popülasyona göre daha fazla miktarda *trans-β*-caryophyllene tanımlanmıştır. Pang ve diğ. (2020) çalışması göz önüne alındığında bu bileşiğin *G. osmana* üzerinde kovucu bir etki göstermiş olabileceği tahmin edilmektedir.

Bu çalışma sedir kozalak kelebeğinin konakçı tercihini sedir kozalak içeriklerinin terpenler açısından etkisinin incelenmesi amaçlı yapılmıştır. Çalışma sonunda böceğin biyolojisinin eksiksiz bilinmesi ve sedirin korunması açısından mevcut literatüre katkı sağlanması planlanmıştır. Ülkemiz açısından daha önceki dönemlerde çok büyük öneme olan sahip olan ve giderek önemini kaybeden sedir biyolojisinin, biyotik ve abiyotik çevre ile ilişkisinin anlaşılması gelecek çalışmalar açısından önem arz etmektedir. Çalışma terpen profilleri ile zararlı arasındaki ilişkiyi açıklamaya yardımcı olacaktır. Bu çalışma ile böceğin konukçu tercihinde etkili olduğunu düşündüğümüz *a*-pinene bileşiğin çeşitli testlerle denenmesi ve ilişkilerinin belirlenmesine yararı olacaktır. Monoterpen ve seskiterpenler ile *Gravitarmata osmana* istilasının arasındaki ilişkinin de çalışılması terpen profilleri ile zararlı

arasındaki ilişkiyi açıklamaya yardımcı olacaktır. Sedir kozalak kelebeğinin ülkemizde yayılış gösterdiği ve istila altında olan diğer sahalardan da örnekleme yapılması ve kozalak örneklerinin terpen profilleri üzerinde yapılacak çalışmalar elde ettiğimiz sonucun güvenilirliği açısından etkili olacaktır. Ayrıca *Cedrus libani* kozalak ve tohumlarının saf su distilasyonu ile yağlarının çıkarılarak yapılacak GS-MS analizleri ektra bilgi verici olabileceği öngörülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Akkayan, S. C., "Yeni bir tabiat abidesi Koç Sedir", *Orman Mühendisliği Dergisi*, (1), 35-36, (1969).

Akıncı, Y., "Doğu Karadeniz mıntıkası (*Cedrus libani*) sedir meşcereleri", *J. Fac. For. Istanbul U.*, 13(1), 104-113, (1963).

Akrep, M., "Eskiçağ Anadolusu'nda Sedir Ağacının Önemi" *Mavi Atlas GŞÜ Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 1, 21-27, (2013).

Alaca, F. ve Arslan, N., "Sekonder metabolitlerin bitkiler açısından önemi", *Ziraat Mühendisliği*, (358), 48-55, (2012).

Allenspach, M. ve Steuer, C., *"α*-Pinene: A never-ending story", *Phytochem.*, 190, 112857, (2021).

Anşin, R. ve Özkan, Z. C., "Tohumlu Bitkiler (Spermatophytha) odunsu taksonlar", *KTÜ Orman Fakültesi Yayınları*, 167/19, (2006).

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

Asan, Ü., "Türkiye ormanlarında saptanabilen anıt nitelikli ağaçların dünyadaki benzerleriyle karşılaştırılması", *J. Fac. For. Istanbul U.*, 37(2), (1987).

Asan, Ü. ve Pehlivan, N., "Beydağları yöresindeki yaşlı sedir ormanları", *Çevre Koruma*, 24, 10-11, (1985).

Ata, C., *Silvikültür Tekniği*, Zonguldak: Z.K.Ü Yayınları, 4, 3, 453, (1995).

Atalay, İ., "Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ormanlarının yayılış gösterdiği alanlar ve yakın çevresinin genel ekolojik özellikleri ile tohum transfer rejiyonlaması", *Orman Genel Müd. Yayınları*, 663, (1987).

Avato, P., Laquale, S., Argentieri, M. P., Lamiri, A., Radicci, V. ve D'Addabbo, T., "Nematicidal activity of essential oils from aromatic plants of Morocco", *J. Pest. Sci.*, 90(2), 711-722, (2017).

Aytuğ, B., “Arkeolojik araştırmaların ışığı altında İç Anadolu stebi”, *J. Fac. For. Istanbul U.*, 20(1), (1970).

Azizoğlu, A., “Bicyclic strained allenes: incorporation of an allene unit into alpha-pinene and benzonorbornadien”, Doktora Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü*, (2004).

Bal, B. C., Bektaş, İ. ve Kaymakçı, A., “Toros Sedirinde genç odun ve olgun odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri”, *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2),17-27, (2012).

Bartwal, A., Mall, R., Lohani, P., Guru, S. K. ve Arora, S., “Role of secondary metabolites and brassinosteroids in plant defense against environmental stresses”, *J. Plant Growth Regul.*, 32(1), 216-232, (2013).

Baydar, H., *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi*, Isparta: SDÜ Yayınları, (51), 1-347, (2009).

Bernays, E. A., “Evolution of feeding behavior in insect herbivores”, *Bioscience*, 48(1), 35-44, (1998).

Birecikli F., “Ana hatlarıyla Friglerde din”, *Akademik Bakış*, 4(7), 215-232, (2010).

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

Boiteau, P., Pasich, B. ve Ratsımamanga, R., “Triterpenoides”, *Gauthier-Villars Paris*, 3-5, (1969).

Boydak, M., “Lübnan (Toros) Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) yayılışı, ekolojik ve silvikültürel nitelikleri, doğal ve yapay gençleştirme sorunları”, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 32(2), (1986).

Boydak, M., “*Cedrus libani*; A magnificent tree forming large forests in Turkey”, *Int. Dendrol. Soc. year book*, (1988).

Boydak, M. ve Asan, Ü., “Monumental forests and trees of *Cedrus libani* in Turkey” Uluslararası Sedir Sempozyumu (22-27 Ekim 1990, Antalya) bildirisi, *Ormancılık Araş. Ens. Muhtelif Yayınlar*, 59, 847-853, (1990).

Boydak, M. ve Asan, Ü., “Ülkemizin anıt sedirleri ve ormanları”, *Turing Dergisi*, 81, 360, (1993).

Boydak, M., Ünal, E. ve Pehlivan, N., “Antalya-Elmalı yöresi sedirlerinin (*Cedrus libani* A. Rich). gençleştirilmesinde denetimli yakma ve diğer bazı faktörlerin etkileri”, *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Rapor*, 2, (1996).

Boydak, M. ve Çalıkoğlu, M., “Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) biyolojisi ve silvikültürü”, *OGEM-VAK Yayınlar*, (2008).

Boydak, M., “Toros Sedirinin ekolojisi, doğal gençleştirilmesi ve bu türle karstik alan ağaçlandırmaları”, *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 22-24, (2014).

Bozkurt Y. ve Erdin N., *Ağaç Teknolojisi*, İstanbul: J. Fac. For. Istanbul U., 445, 136-336, 1997.

Boztaş, G. F., “Bazı terpenlerin Tetrasitannoetilen (TCNE) katalizatörlüğünde alkoliz reaksiyonları ve stereokimyalarının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı*, (2012).

Breitmaier, E. (Ed.), “Terpenes: importance, general structure, and biosynthesis”, *Terpenes: Flavors, Fragrances, Pharmaca, Pheromones*, Weinheim: John Wiley & Sons, 1-9, (2006).

Cao, J. Q., Pang, X., Guo, S. S., Wang, Y., Geng, Z. F., Sang, Y. L., ...ve Du, S. S., “Pinene-rich essential oils from *Haplophyllum dauricum* (L.) G. Don display anti-insect activity on two stored-product insects”, *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 140, 1–8, (2019).

Celedon, J. M. ve Bohlmann, J., “Oleoresin defenses in conifers: chemical diversity, terpene synthases and limitations of oleoresin defense under climate change”, *New Phytol.*, 224(4), 1444-1463, (2019).

Colazza, S., Fucarino, A., Peri, E., Salerno, G., Conti, E. ve Bin, F., “Insect oviposition ınduces volatile emission in herbaceous plats that attracts egg parasitoins”, *J. Exp. Biol.*, 207, 47-53, (2004).

Connolly, J. D. ve Hill, R. A., *Dictionary of Terpenoids*, London: Chapman and Hall, (1991).

Cordell, G. A., “Biosynthesis of sesquiterpenes”, *Chem. Rev.*, 76(4), 425-460.

Copolovici, L. ve Niinemets, Ü., “Environmental impacts on plant volatile emission”, (Eds: Blande J. D. ve Glinwood R.), *Deciphering Chemical Language of Plant Communication*, Amsterdam: Springer, 35-59, (2016).

Croteau, R., “The discovery of terpenes”, (Eds: Kung, S. D. ve Yang S. F.), *Discoveries in Plant Biology*, Singapur: World Scientific, 1, 329-343, (1998).

Croteau, R., Kutchan, T. M. ve Lewis, N. G., “Natural products (secondary metabolites)”, (Eds: B. Buchanan, Wilhem Gruissem ve Russel l. Jones), *Biochemistry and molecular biology of plants*, Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 24, 1250-1319, (2000).

Çanakçıoğlu, H., “Orman ağaçlarımızın tohumlarına arız olan böcekler ve bazı önemli türlerin mücadeleleri üzerine araştırmalar”, *OGM Yayınları*, 343(17), 100, (1963).

Çanakçıoğlu, H., “Türkiye ormanlarının zararlı Tortricidae (Lepidoptera) türleri”, *J. Fac. For. Istanbul U.*, 32(1), 17-43, (1982).

Çanakçıoğlu, H. ve Mol, T., “Orman entomolojisi, zararlı ve yararlı böcekler”, *J. Fac. For. Istanbul U.*, 4063(451), 541, (1998).

Çelik, O., Ayhan, A., Ş., Dündar, M. Dinçer, S. ve Boydak, M., “Sedirin (*Cedrus libani* A. Rich.) Toros ardı doğal yayılış alanlarında tohum ekimi

metodu ile gençleştirilmesi", *İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 282, (2005).

De Moraes, C. M., Lewis, W. J., Pare, P. W., Alborn, H. T. ve Tumlinson, J. H., "Herbivore infested plants selectively attract parasitoids", *Nature*, 393, 570-573, (1998).

Demir, A., "Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi", *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 1(2), 37-54, (2009).

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

Dudareva, N., Pichersky, E. ve Gershenzon, J., "Biochemistry of plant volatiles", *Plant Physiol.*, (135), 1893-1902, (2004).

Erdem, R., "Ormanın faydalı ve zararlı böcekleri", *J. Fac. For. Istanbul U.*, 1265(118), 182, (1968).

Erkuloğlu, Ö. S., "Sedirin tohum özellikleri", *Ormancılık Araştırma Enstitüsü*, 6, 81-93, (1994).

Evcimen, B. S., "Türkiye'nin yaşlı sedirleri", *J. Fac. For. Istanbul U.*, (1961).

Evcimen B. S., "The economic importance of Turkey cedar forests, revenue and forest management principles", *General Directorate of Forestry*, 355, 199, (1963).

Fraenkel, G. S., "The raison d'être of secondary plant substances", *Science*, 1466-1470, (1959).

Geest, L. P. S. ve Evenhuis, H. H. (Eds.), "Tortricid pest: their biology, natural enemies and control", *World Crop Pests*, New York: Elsevier, 10010, 808, (1991).

Gomes-Carneiro, M. R., Felzenszwalb, I. ve Paumgartten, F. J., "Mutagenicity testing of (±)-camphor, 1, 8-cineole, citral, citronellal,(−)-menthol and terpineol with the *Salmonella*/microsome assay", *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.*, 416(1-2), 129-136,(1998).

Gouinguené, S., Alborn, H. ve Turlings, T. C., "Induction of volatile emissions in maize by different larval instars of *Spodoptera littoralis*", *J. Chem. Ecol.*, 29(1), 145-162, (2003).

Grodnitzky, J. A. ve Coats, J. R., "QSAR evaluation of monoterpenoids' insecticidal activity", *J. Agric. Food Chem.*, 50(16), 4576-4580, (2002).

Günay, T., "Afyon-Emirdağ Yukarı Çaykışla vadisinde stebe geçiş kuşağında yeni tespit edilen bir sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) kalıntı meşceresi ve ekolojik özellikleri", *Uluslararası Sedir Sempozyumu*, Antalya, Ormancılık Araş. Ens. Muhtelif Yayınlar, 59, 53-63, (1990).

Harborne, J. B., "The natural distribution in angiosperms of anthocyanins acylated with aliphatic dicarboxylic acids", *Phytochem.*, 25(8), 1887-1894, (1986).

Heil, M., "Indirect defence via tritrophic interactions", *New Phytol.*, 178, 41-61, (2008).

Hilker, M., Rohfritsch, O. ve Meiners, T., "The plant's response towards insect egg deposition", (Ed: Hilker, M.), *Chemoecology of insect eggs and egg deposition*, Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 205-233, (2002).

Isman, M. B., Wilson, J. A., ve Bradbury, R. "Insecticidal activities of commercial rosemary oils (*Rosmarinus officinalis*) against larvae of *Pseudaletia unipuncta* and *Trichoplusia ni* in relation to their chemical compositions", *Pharm. Biol.*, 46(1-2), 82-87, (2008).

Kantarcı, M. D., "Türkiye'de sedir ormanlarının yayılış alanında ekolojik ilişkiler", *Uluslararası Sedir Sempozyumu*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayınlar, (59), 12-25, (1990).

Kaya, M., “Fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) ibre yapraklarında terpen konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı*, (2021).

Kayacık, H., *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği. Gymnospermae (Açık Tohumlular)*, J. Fac. For. Istanbul U., 1, (1967).

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

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

Kleiber, A., Duan, Q., Jansen, K., Verena Junker, L., Kammerer, B., Rennenberg, H. ve Kreuzwieser, J., “Drought effects on root and needle terpenoid content of a coastal and an interior Douglas fir provenance” *Tree Physiol.*, 37(12), 1648-1658, (2017).

Koçak, A.Ö. ve M. Kemal., *Checklist of the Lepidoptera of Turkey*, Ankara: Centre for Entomological Studies, 1–196, (2006).

Korankye, E. A., Lada, R., Asiedu, S. ve Caldwell, C., “Plant senescence: the role of volatile terpene compounds (VTCs)”, *Am. J. Plant Sci.*, 8(12), 3120-3139, (2017).

Kurt, Y., Kaçar, M. S. ve Isik, K., “Traditional tar production from *Cedrus libani* A. Rich on the Taurus Mountains in Southern Turkey”, *Economic Botany*, 62(4), 615-620, (2008).

Kurt, Y., Kaya, N. ve Işık, K., “Isozyme variation in four natural populations of *Cedrus libani* A. Rich. in Turkey*”, Turk. J. Agric. For.*, 32(2), 137-145, (2008).

Kurz, W. A., Dymond, C. C., Stinson, G., Rampley, G. J., Neilson, E. T., Carroll, A. L., Ebata, T. ve Safranyik, L., “Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change”, *Nature*, 452,987-990, (2008).

Langenheim, J. H., “Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles”, *J. Chem. Ecol.*, 20(6), 1223-1280, (1994).

Langsi, J. D., Nukenine, E. N., Oumarou, K. M., Moktar, H., Fokunang, C. N., & Mbata, G. N., “Evaluation of the insecticidal activities of α-Pinene and 3-Carene on Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)”, *Insects*, 11(8), 540, (2020).

Levin, D. A., “The chemical defenses of plants to pathogens and herbivores”, *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 7(1), 121-159, (1976).

Levinson, H. Z., “The defensive role of alkaloids in insects and plants”, *Experientia*, 32, 408-411, (1976).

Liu, T., Wang, C. J., Xie, H. Q., ve Mu, Q., “Guaiol-a naturally occurring insecticidal sesquiterpene”, *Nat. Prod. Commun.*, 8(10), (2013).

Loizzo, M. R., Saab, A., Tundis, R., Statti, G. A., Lampronti, I., Menichini, F. ve Doerr, H. W., “Phytochemical analysis and in vitro evaluation of the biological activity against herpes simplex virus type 1 (HSV-1) of *Cedrus libani* A. Rich”, *Phytomedicine*, 15(1-2), 79-83, (2008).

Ludwiczuk, A., Skalicka-Woźniak, K. ve Georgiev, M. I., “Terpenoids” Pharmacognosy: Fundamentals, Applications and Strategies, (Eds: Badal S. ve Delgoda R.), Academic Press, 233-266, (2017).

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

Mayer, H., Sevim, M., “Lübnan sediri, Lübnan’daki 5000 yıllık tahribatı, Anadolu’daki bugünkü yayılış sahası ve bu ağaç türünün Alplere tekrar getirilmesi hakkında düşünceler*”, J. Fac. For. Istanbul U.*, 9, 111-142, (1959).

Mercier, B., Prost, J. ve Prost, M., “The essential oil of turpentine and its major volatile fraction (α-and β-pinenes): a review”, *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, 22(4), 331-342, (2009).

Michelozzi, M., “Defensive roles of terpenoid mixtures in conifers”, *Acta Bot. Gall.*, 146(1), 73-84, (1999).

Mothes, K., “Physiology of alkaloids”, *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 6(1), 393-432, (1955).

Mumm, R., Hilker, M., “Direct and indirect chemical defence of pine against folivorous insects”, *Trends Plant Sci.*, 11, 351–358, (2006).

Murillo, M. C. Á., Suarez, L. E. C. ve Salamanca, J. A. C., “Chemical composition and insecticidal properties of essential oils of *Piper septuplinervium* and *P. subtomentosum* (Piperaceae)”, *Nat, Prod. Commun*, 9, 1527–1530, (2017).

Nagy, F. ve Schäfer, E., “Light perception and signal transduction”, (Eds: Scheel D, Wasternack C), *Plant Signal Transduction*, Oxford, İngiltere: *Oxford University Press*, 6-19, (2002).

Naidoo, S., Christie, N., Acosta, J. J., Mphahlele, M. M., Payn, K. G., Myburg, A. A., ve Külheim, C., “Terpenes associated with resistance against the gall wasp, *Leptocybe invasa*, in *Eucalyptus grandis*”, *Plant Cell Environ.*, 41(8), 1840-1851, (2018).

Odabaşı, T., “Lübnan Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.)’nin kozalak ve tohumu üzerine araştırmalar”, *OGM Yayınları*, (1990).

Öymen, T., “Türkiye’de iğne yapraklı ağaçlarda zarar yapan önemli Lepidoptera türleri*”, J. Fac. For. Istanbul U.*, 40(3), 59-65, (1990).

Özek, T. ve Avcı, M., “Cone pests of fir, pine and cedar forests in Isparta Forest Regional Directorate”, *Turk. J. Agric. For.*, 18(3), 178-186, (2017).

Özkaya, O., Şen, K., Aubert, C., Dündar, Ö. ve Gunata, Z. “Characterization of the free and glycosidically bound aroma potential of two important tomato cultivars grown in Turkey”, *J. Food Sci. Technol.*, 55(11), 4440-4449, (2018).

Paech, K., “Biologische Probleme der Tiefkuhlung von Obst und Gemusen”, *Angew. Chem.*, 62(17), 416-416), (1950).

Pang, X., Almaz, B., Qi, X. J., Wang, Y., Feng, Y. X., Geng, Z. F., ... ve Du, S. S., “Bioactivity of essential oil from *Atalantia buxifolia* leaves and its major sesquiterpenes against three stored-product insects”, *J. Essent. Oil-Bear. Plants*, 23(1), 38-50, (2020).

Phillips, M. A. ve Croteau R. B., “Resin-based defenses in conifers.”, *Trends Plant Sci.*, 4, 184-190, (1999).

Rosenthal G. A. ve Berenbaum M. R. (Eds), *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites*, Nueva York: Academic Press, 353-385, (1979).

Saatçioğlu, F., *Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*, İstanbul: J. Fac. For. Istanbul U., 1429(138), (1969)

Scagel, R. F., Bandoni, R. J., Rouse, G. E., Schofield, W. B., Stein, J. R. ve Taylor, T. M. C., *An Evolutionary Survey of the Plant Kingdom*, Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, (1965).

Scheel, D. ve Wasternack, C. (Eds.), *Plant Signal Transduction*, Oxford, İngiltere: *Oxford University Press*, (2002).

Schildknecht, H., “Protective substances of arthropods and plants”, *Pontif. Accad. Sci.*, 3, 59-107, (1977).

Selçuk, H., “Erbaa, Çatalan sedir ormanı rejyonal kesiti ve yeni bir sedir ormanımız”, *Orman Mühendisliği Dergisi*, 4, 3-7, (1962).

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

Sevim, M., “Lübnan Sediri’nin (*Cedrus libani* Barr.) Türkiyedeki Tabi Yayılışı ve Ekolojik Şartları”, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University,* 2(2)., (1952).

Stahl E. (Ed), *Pflanzen und Schnecken. Biologische Studien über die Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfraß*, Jena: Verlag von Gustav Fischer, 557-684, (1888).

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

Takabayashi, J., Dicke, M. ve Posthumus, M. A., “Volatile herbivore-induced terpenoids in plant-mite interactions: variation caused by biotic and abiotic factors”, *J. Chem. Ecol*, 20(6), 1329-1354, (1994).

Tiring, G., Satar, S. ve Özkaya, O., “Sekonder Metabolitler” *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 203-215, (2020).

Tosun, İ., “Akdeniz bölgesi iğne yapraklı ormanlarında zarar yapan böcekler ve önemli türlerin parazit ve yırtıcıları üzerine araştırmalar” *J. Fac. For. Istanbul U.*, 26(2), 218-254, (1977).

Tumen I., Hafızoğlu, H., Kılıc, A., Donmez, E., Sıvrıkaya, H. ve Gulsoy, S. K., “Essential oil yields of cones from Pinaceae family grown natively in Turkey”, *Forest, Wildlife and Wood Sciences for Society Development*, Prag, 543-548, (2009).

Turlings, T. C. J., Tumlinson, J. H. ve Lewis, W. J., “Exploitation of herbivore -induced plant odors by host-seeking parasitic wasps”, *Science*, 250, 1251-1253, (1990).

Turlings, T. C. J. ve Wäckers, F., “Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-ınjured plants”, *Cambridge University Press*, 21-75, (2004).

Varol, M., “Erbaa-Çatalan ve Niksar-Akıncıköy sedir meşcereleri ve alınması gerekli silvikültürel tedbirler hakkında bazı tavsiyeler”, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 50-63, (1965).

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

Wang, X., Yu, Y., Ge, J., Xie, B., Zhu, S. ve Cheng, X., “Effects of α-pinene on the pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) and its symbiotic bacteria”, *PloS one*, 14(8), (2019).

Zulak, K. G. ve Bohlmann, J., “Terpenoid biosynthesis and specialized vascular cells of conifer defense.”, *J. Integr. Plant Biol.*, 52(1), 86-97, (2010).