

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

**KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.)’DA YÜKSEKLİĞE BAĞLI
TERPEN PROFİLLERİNİN VARYASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CAVİDAN GÜZEL

DENİZLİ, EYLÜL - 2019

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



**KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.)’DA YÜKSEKLİĞE BAĞLI
TERPEN PROFİLLERİNİN VARYASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CAVİDAN GÜZEL

DENİZLİ, EYLÜL - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

CAVİDAN GÜZEL tarafından hazırlanan “KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.)’DA YÜKSEKLİĞE BAĞLI TERPEN PROFİLLERİNİN VARYASYONU” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 02.09.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

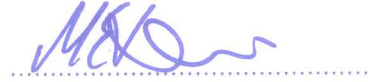
Danışman
Prof. Dr. Gürkan SEMİZ
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Gürçay Kıvanç AKYILDIZ
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Mithat Evrim DEMİR
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
16/10/2019 tarih ve ...41/07... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından 2016FEBE062 nolu proje ile desteklenmiştir.

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

Cavidan GÜZEL



ÖZET

**KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.)’DA YÜKSEKLİĞE BAĞLI TERPEN
PROFİLLERİNİN VARYASYONU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
CAVİDAN GÜZEL
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. GÜRKAN SEMİZ)
DENİZLİ, EYLÜL - 2019**

Kızılçam (*Pinus brutia*) ekonomik olarak değerli bir türdür ve dünyada en geniş yayılışı Türkiye’dedir. Türkiye’de bulunan iğne yapraklı orman ağaçları içinde en fazla yayılışa sahip tür %18 oranı ile *P. brutia*’dır. Yerel gereksinim olarak özellikle ambalaj sanayinde çok kullanılır. Ülkemizde reçine üretiminde kullanımı mevcuttur. Kızılçam, birçok biyotik ve abiyotik strese karşı dayanıklılığını artıran alkaloidler, glikozitler, oksalatlar, fitotoksinler, reçineli bileşikler, tanenler, uçucu yağlar ve organik toksik maddeler içerir. Çamların reçinesi olarak da adlandırılan terpenin, çok akışkan ve keskin kokulu bir maddedir. Ağacın dokuları içerisinde bulunan bu terpenoid bileşiklerinin miktarı genetik olarak kontrol edilmektedir. Fakat bu genetik kontrolün etkinliği; sıcaklık artışı, ışık miktarı, kuraklık, hava kirliliği, herbivor baskısı gibi biyotik ve/veya abiyotik faktörlerden çok çabuk etkilenip değişebilmektedir. Bu çalışma Antalya ili Tahtalı dağında 0-400-800-1200 metrelik, dört farklı rakımda gerçekleştirilmiştir. Her rakım için 20 ağaç olmak üzere toplam 80 ağaçtan yeterli sayıda ibre örnekleri toplanmıştır ve bu örneklerin terpen analizleri yapılmıştır. Belirlenen bileşiklerin yükseltiye bağlı değişimleri gözlenmiş ve yükseltiye bağlı varyasyonları ortaya çıkarılmıştır. Sonuçlara göre 24 bileşik tespit edilmiş ve bunların 14’ünün monoterpen, 10’unun seskiterpen olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda, 3-carene ($P=0,001$), trans- β -ocimene ($P<0,001$), linalyl acetate ($P=0,026$), bornyl acetate ($P=0,040$) monoterpenleri ile caryophyllene oxide ($P=0,010$) seskiterpeni konsantrasyonlarında yükseltiye bağlı olarak istatistiksel anlamda fark gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Pinus brutia* Ten., yükselti, varyasyon, terpen, Antalya, Tahtalı dağı.

ABSTRACT

ALTITUDINAL VARIATION OF TERPENE PROFILES IN TURKISH RED PINE (*Pinus brutia* Ten.)

MSC THESIS

CAVIDAN GÜZEL

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

DEPARTMENT OF BIOLOGY

(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜRKAN SEMİZ)

DENİZLİ, SEPTEMBER 2019

Pinus brutia is an economically valuable species in the world and it is most widely distributed in Turkey. Among the coniferous forest trees of Turkey, *P. brutia* is the most common species with a rate of 18 %. It is especially used in the packaging industry as a local need. It is also available in resin production in Turkey. *Pinus brutia* contains alkaloids, glycosides, oxalates, phytotoxins, resinous compounds, tannins, volatile oils and organic toxicants that increase the resistance to many biotic and abiotic stresses. The amount of terpenoid compounds found in the tissues of the tree is genetically controlled. However, the effectiveness of this genetic control can be affected and changed very quickly by biotic and/or abiotic factors such as temperature increase, light amount, drought, air pollution, herbivore pressure. This study was carried out at four different altitudes of 0-400-800-1200 meters in Tahtali Mountain in Antalya. A sufficient number of pine needle samples were collected from 80 trees, 20 trees for each altitude, and terpene analyzes of these samples were performed. Altitudinal variations of the identified compounds were observed and altitudinal variations were revealed. According to the results, 24 compounds were identified and 14 of them were monoterpenes and 10 of them were sesquiterpenes. In our study, statistically significant difference was observed in 3-carene (P = 0.001), trans- β -ocimene (P <0.001), linalyl acetate (P = 0.026), bornyl acetate (P = 0.040) monoterpenes and caryophyllene oxide (P = 0.010) sesquiterpene concentrations due to elevation differences.

Key Words: *Pinus brutia* Ten., altitude, variation, terpene, Antalya, Tahtali mountain.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-----------|
| ÖZET..... | i |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | iv |
| TABLO LİSTESİ | vii |
| SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ..... | viii |
| ÖNSÖZ..... | ix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Çalışmanın Amacı | 2 |
| 2. GENEL BİLGİLER | 4 |
| 2.1. Kızıлчаamın Özellikleri | 4 |
| 2.1.1. Kızıлчаamın Botanik Özellikleri | 4 |
| 2.1.2. Kızıлчаamın Taksonomi ve Biyolojisi | 5 |
| 2.1.3. Kızıлчаamın Doğal Yayılış Alanı | 6 |
| 2.1.4. Kızıлчаamın Ekolojik ve Ekonomik Önemi..... | 7 |
| 2.1.5. Kızıлчаam ve Terpen İlişkisi | 7 |
| 2.1.6. Sekonder Metabolitler..... | 9 |
| 2.1.7. Terpenler | 10 |
| 2.1.7.1. Monoterpenler | 11 |
| 2.1.7.2. Diterpenler..... | 11 |
| 2.1.7.3. Seskiterpenler | 11 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 12 |
| 3.1. Arazi Çalışmaları..... | 12 |
| 3.1.1. Çalışma alanı..... | 12 |
| 3.1.2. Çalışma alanından ibre örneklerinin toplanması | 12 |
| 3.2. Laboratuvar Çalışmaları | 13 |
| 3.2.1. Terpen Analizleri | 13 |
| 3.2.2. İstatiksel Analizler | 15 |
| 4. BULGULAR | 16 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ | 44 |
| 6. KAYNAKLAR..... | 47 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 3. 1. Çalışmaya ait örneklemelerin yapıldığı alan | 12 |
| Şekil 3. 2. İbrelere ve gövdenin küçük parçalar haline getirilmesi ve ekstraksiyon işlemleri..... | 13 |
| Şekil 3. 3. Ekstraksiyonların süzülmesi ve elde edilen özütün vial tüplere aktarılması..... | 14 |
| Şekil 4. 1. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının toplam terpen konsantrasyonları | 19 |
| Şekil 4. 2. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama tricyclene konsantrasyonları..... | 20 |
| Şekil 4. 3. Ortalama tricyclene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki ... | 20 |
| Şekil 4. 4. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama α -pinene konsantrasyonları | 21 |
| Şekil 4. 5. Ortalama α -pinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 21 |
| Şekil 4. 6. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama camphene konsantrasyonları | 22 |
| Şekil 4. 7. Ortalama camphene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki... | 22 |
| Şekil 4. 8. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama sabinene konsantrasyonları | 23 |
| Şekil 4. 9. Ortalama sabinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 23 |
| Şekil 4. 10. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama β -pinene konsantrasyonları | 24 |
| Şekil 4. 11. Ortalama β -pinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 24 |
| Şekil 4. 12. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama myrcene konsantrasyonları..... | 25 |
| Şekil 4. 13. Ortalama myrcene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 25 |
| Şekil 4. 14. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama 3-carene konsantrasyonları..... | 26 |
| Şekil 4. 15. Ortalama 3-carene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 26 |
| Şekil 4. 16. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama limonene konsantrasyonları..... | 27 |
| Şekil 4. 17. Ortalama limonene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki.... | 27 |
| Şekil 4. 18. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama trans- β -ocimene konsantrasyonları | 28 |
| Şekil 4. 19. Ortalama trans- β -ocimene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 28 |
| Şekil 4. 20. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama α -terpinolene konsantrasyonları | 29 |
| Şekil 4. 21. Ortalama α -terpinolene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 29 |
| Şekil 4. 22. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama linalyl acetate konsantrasyonları | 30 |

| | |
|---|----|
| Şekil 4. 23 Ortalama linalyl acetate konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 30 |
| Şekil 4. 24. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama α -terpineol konsantrasyonları..... | 31 |
| Şekil 4. 25. Ortalama α -terpineol konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki.. | 31 |
| Şekil 4. 26. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama bornyl acetate konsantrasyonları..... | 32 |
| Şekil 4. 27. Ortalama bornyl acetate konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 32 |
| Şekil 4. 28. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama α -terpinene konsantrasyonları | 33 |
| Şekil 4. 29. Ortalama α -terpinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki. | 33 |
| Şekil 4. 30. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama α -copaene konsantrasyonları..... | 34 |
| Şekil 4. 31. Ortalama α -copaene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki... | 34 |
| Şekil 4. 32. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama longifolene konsantrasyonları | 35 |
| Şekil 4. 33. Ortalama longifolene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki. | 35 |
| Şekil 4. 34. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama trans- β -caryophyllene konsantrasyonları | 36 |
| Şekil 4. 35. Ortalama trans- β -caryophyllene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki | 36 |
| Şekil 4. 36. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama α -humulene konsantrasyonları | 37 |
| Şekil 4. 37. Ortalama α -humulene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki | 37 |
| Şekil 4. 38. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama germacrene-D konsantrasyonları..... | 38 |
| Şekil 4. 39. Ortalama germacrene-D konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 38 |
| Şekil 4. 40. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama δ -cadinene konsantrasyonları | 39 |
| Şekil 4. 41. Ortalama δ -cadinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki.. | 39 |
| Şekil 4. 42. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama cis- α -bisabolene konsantrasyonları | 40 |
| Şekil 4. 43. Ortalama cis- α -bisabolene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki..... | 40 |
| Şekil 4. 44. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama caryophyllene oxide konsantrasyonları..... | 41 |
| Şekil 4. 45. Ortalama caryophyllene oxide konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki | 41 |
| Şekil 4. 46. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama cembrene konsantrasyonları | 42 |
| Şekil 4. 47. Ortalama cembrene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki.... | 42 |

| | |
|--|----|
| Şekil 4. 48. Farklı yüksekliklerden alınan <i>P. brutia</i> ibre yapraklarının ortalama thunbergol konsantrasyonları | 43 |
| Şekil 4. 49. Ortalama thunbergol konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki.. | 43 |

TABLO LİSTESİ

- Tablo 4. 1. Kızılcam ibre yapraklarında monoterpen ve seskiterpenlerin yüksekliğe göre istatistiksel değişimi ($\mu\text{g/g}$ fwt \pm SE; $n=20$). Tablodaki her bir harf istatistiksel anlamda farkı temsil etmektedir. 18

SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ

| | |
|----------------------|--|
| pH | : Hidrojen iyonu konsantrasyonu |
| g | : Gram |
| mg | : Miligram |
| µg | : Mikrogram |
| m | : Metre |
| cm | : Santimetre |
| mm | : Milimetre |
| m³ | : Metreküp |
| ml | : Mililitre |
| C | : Karbon |
| °C | : Santigrat derece |
| % | : Yüzde |
| ha | : Hektar alan |
| ° | : Derece |
| α | : Alfa |
| β | : Beta |
| δ | : Delta |
| n.d. | : Tanımsız değer |
| GC-MS | : Gaz Kromatografisi- Kütle Spektrometresi |
| Ar-Ge | : Araştırma ve Geliştirme |
| DPT | : Devlet Planlama Teşkilatı |
| OGM | : Orman Genel Müdürlüğü |
| İng. | : İngilizce |
| Lat. | : Latince |
| UV | : Ultraviyole |
| ANOVA | : Varyans analizi |
| SPSS | : Statistical Package for Social Sciences |
| SE | : Standart hata |
| n | : Birey sayısı |
| f.wt | : Yaş ağırlık |

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine her danıştığım da bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle dinleyen, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Gürkan SEMİZ'e teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Yine çalışmamda yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren ve gelecekteki hayatında çok daha başarılı olacağına inandığım Arş. Gör. Kübra KOCABIYIK, Arş. Gör. Batıkan GÜNAL, Doğukan MUTLU'ya, ve Pamukkale Üniversitesi Kimyasal Ekoloji Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında gösterdiği anlayış ve hoşgörü için idari birim koordinatörüm olan Doç. Dr. Zeha YAKAR'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca zor zamanlarımda tezimi bitirmem için bana destek olan annem, babam, abime, her zaman beni destekleyen Dr. Öğr. Üyesi Aysun GÜZEL'e, maddi yönden destekleyen Pamukkale Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Koordinatörlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

EYLÜL 2019

Cavidan GÜZEL

1. GİRİŞ

Yirmi birinci yüzyılda insanlığın yaşadığı en önemli problemlerden biri hızlı nüfus artışı ve artan nüfusla beraber canlıların tüm gereksinimlerini karşıladığı doğal kaynakların tükenmeden dengede tutulabilmesi sorunudur. Dünyanın çoğu yerinde olduğu gibi, Türkiye’de de ekonomik faktörler nüfus ve çevre ilişkileri ile birebir ilgilidir (Toros ve diğ. 1997). İklim ve arazi yapısının özellikleri sebebiyle tarımsal üretimin kısıtlı olduğu yerler olan orman köylerinde, orman ürünlerine olan bağımlılık çok fazla olmaktadır. İnsan hayatı için önemli ihtiyaç maddelerinin çoğunluğu ormanlardan sağlanmakta, diğer sektörleri destekleyen temel bir alan olduğu için de ekonomik kalkınmada önemli bir yere sahiptirler. Orman endüstrisi son yıllarda dönüşüm geçirmiş daha çok bilgi ve sermayeye yönelik yoğunluğunu devam ettiren bir sektör olarak gelişimini sürdürmektedir. Eğer ülkemiz, mevcut potansiyelini ve stratejik pozisyonunu dikkate alır, çalışmalarını sürekli şekilde yürütür ve Ar-Ge faaliyetlerine gereken önemi verirse uluslararası pazarda daha iyi bir konuma gelecektir (Ekti 2013).

Ülkemizde orman ürünleri ve mobilya endüstrisinde, bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunlar; hammadde temininde yaşanan sorunlar, teknolojik yetersizlik ve buna paralel bilgi kirliliği olarak sınıflandırılabilir. Türkiye hammadde alanında rekabetçi piyasa şartlarına henüz erişemediği için orman kaynaklarının büyük bir miktarı (yaklaşık %50) yakacak olarak temin edilmektedir. Kaynaklar çoğunlukla endüstride değerlendirilmektedir. Bu yüzden hammadde israfının önlenerek üretimde kaybın minimum düzeye indirilmesi önem taşımaktadır (DPT 2006). Bu bağlamda kaynak verimliliği, temiz üretim, kirliliği kaynağından önleme vb. yaklaşımlar olduğu sürece kuruluşların performanslarında artış olacak ve üretim maliyetlerinde düşüş de sağlanmış olacaktır.

Ormanlar ülkemizin genel alanının yaklaşık ¼’ünü kaplamaktadır. Bu alanlar içerisinde yer alan orman kaynaklarından, geçmişten bugüne farklı şekillerde yararlanılmış ve bu bugün de devam etmektedir. Ülkemizde 21,3 milyon hektar orman bulunmaktadır ve toplam ülke yüz ölçümünün %27,6’sını kaplamaktadır. Biyolojik çeşitliliği oldukça yüksek olan ormanlarımızın yaklaşık olarak yarısı ibre yapraklı, diğer kalan yarısı ise geniş yapraklı türlerden meydana gelmektedir. En fazla yayılışı, Akdenizi temsil eden kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) yayılışı, 5,6 milyon ha’dır. Kızılçamdan sonra büyüklüklerine göre en fazla yayılış gösterenler;

meşe türleri, karaçam, kayın, sarıçam, göknar, ardıç, sedir, ladin, kızılağaç, kestane, fıstıkçami, gürgen, ihlamur, dişbudak, kavak ve okaliptüs gelmektedir (OGM 2012).

Kızılçamın doğal yayılış alanının dışında kalan bazı kurak bölgeler vardır. Bu kurak bölgelerin ağaçlandırılması büyük önem taşımaktadır (Schiller 1994). Türkiye’de ağaçlandırma çalışmalarında ortalama 42.000 ha alanda (yıllık tüm ağaçlandırma alanlarının %37’si) kızılçam kullanılmaktadır (Işık ve Kara 1997). Bununla birlikte, 270 milyon m³ servet ve 7.95 milyon m³ yıllık artım ile Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)’ından sonra ikinci sırayı alan kızılçam, 262 bin hektar gençleştirme alanı ve 3,4 milyon m³ yıllık ortalama miktarıyla da ilk sırayı almaktadır (Anonim 2006).

Kızılçam alanlarının %47’lik kısmı Akdeniz bölgesinde bulunmaktadır. Yoğun olarak doğal yayılışı Toros dağlarının denize bakan yamaçlarında olmaktadır. Fakat deniz etkisinin iç kısımlara kadar sürdüğü Aksu, Seyhan, Ceyhan gibi akarsu vadilerinde daha içlere kadar sokulabilmektedir. Akdeniz’de 1300-1400 m’ye kadar yükseltilerde orman kurabilmektedir. Bu bölgede 1400-1500 m’ye kadar çıkabilen tek ağaçtır (Anşin 1994).

1.1. Çalışmanın Amacı

Kızılçam ekonomik olarak değerli bir türdür. Yaz kuraklığına dayanıklı olması ve çok hızlı bir yayılma yeteneği göstermesi ile ülkemizde genetik ıslah yönünden Ulusal Ağaç-İslah ve Ağaçlandırma Programlarında en ön sırada yer almaktadır. Türkiye’de ağaçlandırma çalışmalarında ortalama 42.000 ha alanda (yıllık tüm ağaçlandırma alanlarının %37’si) Kızılçam kullanılmaktadır.

Bu türün biyotik ve abiyotik strese karşı dayanıklı olması kayıp oranının azalmasını sağlamaktadır. Bu türlerin strese karşı dayanıklılık geliştirmelerinde en önemli faktörler terpenler, glikozitler, organik sekonder bileşikler, oksalatlar, fitotoksinler, alkaloidler, fitotoksinler ve uçucu yağlardır. %18 oranı ile Kızılçam, Türkiye’de ekonomik değeri en fazla olan ağaçlardan biridir.

Kızılçam’ın stres durumlarına dayanıklı olmasını sağlayan birçok bileşik bulunmaktadır ve bu konuda birçok yayın mevcuttur. Bu bileşiklerin içinde önemli bir doğal ürünler sınıfı olan terpenler, organizmalar arasında antagonistik ve yararlı etkileşimlere aracılık etmede çeşitli rollere sahiptir. Avcılara, patojenlere ve rakiplere karşı birçok bitki, hayvan ve mikroorganizma türünü savunurlar. Yiyeceklerin, eşlerin ve düşmanların varlığına ilişkin mesajlar iletirler. Bilinen terpenlerin

çeşitliliğine rağmen filogenetik olarak uzak organizmaların benzer yapıları ortak amaçlar için kullanmaya başlaması dikkat çekicidir.

Terpenler ayrıca hayvanlar aleminde, özellikle de böceklerde koruyucu madde olarak işlev görür. Burada direk savunma rolüne bürünürler. Terpenler genellikle doğrudan düşmana püskürtülür. Çünkü mikroplar ve diğer canlılar gibi kolay şekilde görünmezler (Gershenzon ve Dudareva 2007). Terpenoidler veya izoprenoitler olarak da bilinen, doğal ürün grubu olan terpenler hakkında çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bildirilen yaklaşık 25.000 terpen yapısından 1 tanesi işlevsel bir bakış açısıyla çok az sayıda araştırılmıştır. Bir zamanlar tüm doğal ürünlerin sadece metabolik bir atık olduğuna dair yaygın bir inanç vardı ve bu inanç terpen hakkındaki çalışmaları kısıtlamıştır. Geçen yüzyılın çoğu için, terpen ders kitaplarında detoksifikasyon veya taşıma metabolizmasının ürünleri olarak tasvir edilmiştir. Bununla birlikte, yapılan çalışmalarda 1970'lerden başlayarak, bir takım terpenlerin, diğer organizmalar için toksinler, kovucular veya çekiciliği olduğu gösterildi ve bu da organizmalar arasında antagonistik veya karşılıklı etkileşimlerde ekolojik rolleri olduğuna inanıldı. Terpenleri doğal ortamlarda test etmek zor olsa da, modern genetik ve moleküler yöntemler artık fonksiyonlarını incelemek için daha deneysel araçlar sunmaktadır. (Gershenzon ve Dudareva 2007). Bunlardan hareket ederek, klasik olarak doğal ürünler olarak kabul edilen bu bileşiklere vurgu yaparak, doğada terpenlerde yükseltiye bağlı varyasyonlarının ilk defa ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Kızılçamda terpen içeriğinin yükseltiye bağlı varyasyonu ve bu bileşiğin değişik çevresel parametrelerde ilişkisini gösteren herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Elde edilen bulguların literatüre katkı sağlayacağı düşünülmekte ve bu çalışma sonucunda kızılçam türünün ortaya çıkardığı doğal bir ürün olan terpenin profillerinde oluşan varyasyon açığa çıkartılacaktır

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kızılçamın Özellikleri

2.1.1. Kızılçamın Botanik Özellikleri

Kızılçam, Türkiye’de yayılış gösteren yedi çam türünden biridir. Bitkiler aleminde tohumlu bitkiler (Spermatophyta) bölümü, açık tohumlular (Gymnospermae) alt bölümü koniferae sınıfı Pinaceae familyasının *Pinus* cinsi içinde yer alır (Boydak ve diğ. 2006).

Her daim yeşil bir ağaç türü olan Kızılçam, 15-20 metre boylarında, 1-1,2 metre çapındadır. Gövde yapısı genellikle düzdür. Boylu ve düz gövdelerden oluşan bükleri vardır (Anonim 2006). Tepe tacı gençlik döneminde sivri bir yapıya sahiptir. İleri yaşlarla dağınık bir tepe yapısına sahip olmaktadır. Kabuk boz renkli bir yapıya sahiptir. Kabuk zamanla beraber derin çatlaklar oluşturur ve esmer kızıla yakın bir kabuğa dönüşür. Sürgünler/Dallar: Genç sürgün tipleri tüysüz, genellikle önceleri kırmızı, sonrasında yeşilimsi kahverengi, nadir olarak da kurşuni-boz renklidir. Tomurcuklar çoğunlukla yumurta şeklindedir. Tomurcuk pulları aşağı doğru bakar, kenarları kirpikli şekildedir. Erkek çiçekleri sivri şekilde ve sarıdır. Dişi çiçekler; sürgünlerin uzaması sonucu oluşurlar. İnci ve uzun şekilleriyle belirgindirler. Kızılçam kozalaklarının ayrılması zordur. Tohumlarının boyu 7 mm’dir. Kanatlı şekilde ve renkleri koyudur. İğne yapraklar; yapıları yumuşaktır. 10-18 cm ya da daha büyük olabilirler. Renkleri açık yeşildir. Kenarları ince dişlidir.

Odunu ve kullanım alanları; Kızılçamın kalın dallı odunları değerlidir. Travers olarak dış ülkelere satılmaktadır. Yerel gereksinim olarak özellikle ambalaj sanayinde çok kullanılır. Ülkemizde reçine üretiminde kullanımı mevcuttur. Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde 100.000 ha’lık alanda reçine üretimi yapılmaktadır (Anşin 1994).

Kızılçamın tepe yapısı genç dönemde piramit şeklinde olup, ileri dönemlerde yayvan bir görünüm almaktadır. Dalları gövdeye dik açıyla birleşmiştir. Uç kısımlarında çoğunlukla kısa sürgünleri vardır. Kabuğu düzgün bir şekildedir, Görünüm genellikle boz renkte, ileri yaşlarda kalın, derince yarıklı ve esmer kırmızımsıdır. Genç sürgünleri tüysüz, önceleri kırmızımsı, gelişimiyle birlikte yeşilimsi kahverengi renktedir. Adını genç sürgünlerinin renginden dolayı almıştır. İğne yapraklar 10-18 cm uzunlukta, yumuşak, açık yeşil renkte kenarları ince dişli,

kısa sürgünleri dalların ucunda toplanmış ve fırça biçiminde görülür. Tomurcuklar, genel olarak yumurta biçiminde ve 15-20 mm uzunlukta olup, tomurcuk pulları aşağıya doğru bakar ve kenarları kirpiklidir, reçinesiz, erkek çiçekler sivri piramit görünüşündedir. Kozalak 6-11 cm boyunda, parlak açık kahverengi ve topaç bir görünüme sahiptirler. Çok kısa saplı veya sapsız kozalak sürgünlere dik oturur ya da yan durumlu olarak çoğunlukla 2-6 adedi bir arada çevrel halde bulunur. Apofiz yan pervazlı, göbek büyük, içe doğru hafifçe basıktır. Kızılçam odununun kullanım alanları oldukça fazladır. Bunlar; kereste, inşaat malzemesi, ambalaj sandığı, tel direği, maden direği, çit kazığı, döşeme, travers, tarım aletleri, mobilya yapımı olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca, kontraplak ve selüloz sanayinde önemli bir ham madde ve kabukları tanen üretiminde değerlendirilmektedir. Ayrıca, odunu sülfat yöntemiyle selülozik madde elde edilmesinde gerek lif morfolojisi, gerekse kimyasal bileşim ve fiziksel dayanım özellikleri bakımından elverişli bir hammadde olduğu bulunmuştur.

Habitat; Kızılçam gençlik döneminde hızlı büyümektedir. Verdiği sürgün bazen yılda birkaç kez olabilmektedir. Hızlı gelişen yerli bir tür olarak adlandırılır. Kuraklığa dayanıklı bir türdür ve ılık bir kış ister. Genelde sahil kesiminde yayılmaktadır. Bazen 1300m yükseltilere değin çıkabilir. Kurak ve verimsiz alanların ağaçlandırılmasında sıklıkla kullanılır. Ayrıca Kızılçam yangına karşı uyum özelliklerini geliştirmiş, yangın yardımıyla gençleşebilmiş ve günümüze kadar evrilmişlerdir (Neyişçi 1989).

2.1.2. Kızılçamın Taksonomi ve Biyolojisi

Kızılçam (*P. brutia*), tarihte ilk kez İtalya'da tanımlanmıştır. Dünyada en geniş yayılışı Türkiye'dedir (Nahal 1986). Türkiye'de bulunan iğne yapraklı orman ağaçları içinde en fazla yayılışa sahip tür %42 oranı ile *P. brutia*'dır (OGM 2012). Kızılçam'ın genetik çeşitliliği çok fazladır ve yedi farklı varyetesi vardır (Frankis 1993). *P. brutia*'nın doğal populasyonları arasında çeşitli morfolojik farklılıklar vardır. Bu farklılıklar yetiştikleri ortama ve yükseltiye bağlıdır (Arbez ve diğ. 1974).

P. brutia, her daim yeşil kalabilen bir orman ağacıdır. Gövde yapısı düzensizdir, boyu 25 m'ye kadar çıkabilmektedir ve 1-1.2 m çapında yan kalın yan dalları bulunmaktadır. Kozalak şekli topaç halinde, açık kahverengi, 6-11 cm boyunda, saplı ya da sapsız bir yapıda olabilmektedir (Anşin ve Özkan 1997). İlk

olarak kırmızı renkte görünmektedir. Zamanla yeşilimsi bir kahverengine dönüşmektedir (Ertürk 2015). Yaprağı yumuşak ve açık yeşil renge sahiptir. *P. brutia*'nın yayılış gösterdiği alanlar verimli topraklar olmasının yanı sıra kumlu, kayalık ve kireçli topraklar olabilmektedir (Öktem 1987). Akdeniz iklim özelliği gösteren *P. brutia*, ağır kış şartlarının hüküm sürdüğü alanlar için uygun değildir (Zencirkıran 2013).

2.1.3. Kızılçamın Doğal Yayılış Alanı

Kuzey yarım kürede bulunan Kızılçam, yaklaşık 15°-45° doğu boylamları ile 32°-45° kuzey enlemleri arasında kalan bir bölgede doğal yayılışını göstermektedir (Kayacık 1965). Genel olarak da, Doğu Akdeniz havzasında yayılış yapmaktadır. (Boydak ve diğ. 2006). Bu yayılışın görüldüğü en batı nokta Kalabriya yarımadasıdır. En doğu noktası olarak da Irak'ın kuzeyi olduğu kaynaklarda belirtilmiştir (Asmaz 1993). Kuzeyde, Kırım'a kadar çıkmaktadır ve Güney'de Filistin'e kadar inmektedir (Kayacık 1965). Kızılçam'ın ülkemizde en yoğun olduğu iller; Muğla, Antalya, Mersin, Adana, Antakya'da deniz seviyesinden 1500 m yükseltiye kadar çıkabilmektedir (Kılıç ve Güner 2000).

Türkiye'de yaklaşık 6 milyon hektar alan çam türü vardır. Bunun içinde en geniş yayılışa sahip olan çam türü kızılçamdır (Sarıbaş ve Ekici 2004). Bu ağaç türü yerli orman ağacı türleri bakımından Doğu Akdeniz havzasında ekonomik ve ekolojik açıdan önemli bir orman ağacı türüdür.

Akdeniz iklim özelliği olan kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak bölgenin temsilcisi olan kızılçamın, Marmara, Ege, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu'da Akdeniz ikliminin görüldüğü yörelerde doğal yayılış olmaktadır (Saatçioğlu 1976). Kızılçam genellikle 1000 m'ye kadar saf halde, sonraki kademelerde genel olarak Karaçam (*Pinus nigra* Arn.), Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.), Toros köknarı (*Abies cilicia* Carr.), Kokulu ardıç (*Juniperus foetidissima* Willd.) ve Katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus* L.) ile çeşitli meşcereler kurar (Çatal ve diğ. 2005).

Kızılçam karasal iklimlerde var olabilen bir tür değildir. Sıcaklık isteği yüksektir ve donlara karşı hassastır (Kayacık 1965). Geliştiği alanlarda ortalama sıcaklık 10-25 °C'dir. Ocak ayında ortalama sıcaklığı 5-10 °C, bazı kuzey ve yüksek

alanlarda 3-4 °C ve 0 °C'nin altında olmamaktadır. -15 °C altına inmeyen sıcaklığı, en düşüğe +4 ile -11 °C arası olmaktadır. Yazları temmuz ayında ortalama sıcaklığı 23-28 °C arasındadır. Saptanmış en yüksek sıcaklık ise 45 °C'dir (Atalay ve diğ. 1998).

2.1.4. Kızılçamın Ekolojik ve Ekonomik Önemi

Kızılçamın gelişme gösterdiği yerler, kumtaşı, kiltası, silttaşı ve konglomeralardan oluşmuş Miyosene ait flişler ile üst Kratese yaşlı kalker ve Paleozoyik yaşlı şistler üzerindedir ve buralarda gelişirler. *Pinus brutia* ve maki türlerinin üzerinde gelişme imkanı bulduğu toprak bazı toprak tipleri bulunmaktadır. Bu toprak tipleri; kırmızı Akdeniz (Terra rossa) toprakları, kahverengi orman toprakları ve rendzinalardır (Baştürk ve Aladağ 2009).

Kızılçam odununun kullanım alanı oldukça fazladır. Ülkemizde, orman ürünleri endüstrisinde, mobilya malzemelerinin yapımında, iç mekanlarda döşeme ve doğramalarda kullanımı yaygındır. Fakat bu ağaç türü fazla dayanıklı değildir. Dayanım süresi 5-10 yıl arası değişmektedir. Dış ortamda ve toprakla temas ettiğinde dayanıksız bir ağaç türüdür. Bu ağaçtan elde edilen malzemelerin kullanıldığı mekanlarda rutubet ve çürüme durumları mevcutsa koruyucu tedbirler alınmalıdır. Diri odun miktarının yüksek oluşu böcek istilası durumunu oluşturmakta ve bu duruma karşı önlemler alınması gerekmektedir. Dış mekanlarda kullanılmadan önce mutlaka emprenye işleminin uygulanması gerekmektedir (Bozkurt ve diğ. 1993; Erten 1986). Kızılçam odununun diğer kullanım alanları; inşaat malzemesi, ambalaj, maden direği, selüloz ve kağıt endüstrisi gibi değişik alanlarda kullanımı vardır. Diğer yerli ağaç türleri ile kıyaslandığı zaman daha hızlı büyüdükleri gözlemlenmiştir (Işık ve diğ. 1987).

2.1.5. Kızılçam ve Terpen İlişkisi

Kızılçam ülkemizde en hızlı gelişen iğne yapraklı doğal türlerimizden birisidir. Ülkemiz odun hammaddesi açığının kapatılabilmesi bakımından klasik ve endüstriyel ağaçlandırmalarda önde gelen bir türdür. Kızılçamın ülkemizde yapılan ağaçlandırmadaki payı %40'a yaklaşmıştır. Ağaçlandırma çalışmalarında ilk sırada yer almasını, ülkemiz şartlarına uyum sağlayan bir tür olması ve hızlı gelişim göstermesi ile açıklanmaktadır (Tolbolski ve Hanover 1971).

Günümüzde bir çok ilacın hammaddesini tıbbi ve aromatik bitkilerin sentezlemiş olduğu bazı maddeler oluşturmaktadır. Bunlar; flavonoid, alkaloid, terpenoid, tanin, berberin ve emetinler gibi bitki uçucu yağlarında bulunan bileşiklerdir. Aromatik bitkiler ve bunların uçucu yağları; ilaç, kozmetik ve gıda gibi pek çok sanayi dalında antimikrobiyal koruyucu madde olarak kullanılmaktadır (Özmen 2010).

Kızılcım, birçok biyotik ve abiyotik strese karşı dayanıklılığını artıran alkaloidler, glikozitler, oksalatlar, fitotoksinler, reçineli bileşikler, tanenler, uçucu yağlar ve organik toksik maddeler içerir. Terebentin yağı çamgillerde stres faktörü ile orta çıkabilen hoş kokulu, vizkoz bir maddedir. Terebentin yağı reçine asitlerini ve terpenler bulunmaktadır. (Boztaş 2012). Koniferler fazla miktarlarda terpen ve türevi maddeler üretebilmekte ve üretilen bu bileşiklerin miktarı, aynı türün bireyleri arasında dahi çok büyük varyasyonlara sebep olmaktadır (Tolbolski ve Hanover 1971).

Terpen, Almanca '*terpentin*' (ing: *turpentine*, lat: *balsamum terebinthinae*) kelimesinden gelmektedir (Croteau 1998). Akışkan bir yapıya sahiptir. Çamların reçinesi olarak adlandırılır ve keskin bir kokusu vardır (Breitmaier 2006). Terpen ağaç dokularının içinde bulunur ve genetik olarak kontrol edilebilmektedir (Hiltunen ve diğ. 1975; Gref ve Tenow 1987; Baradat ve Yazdani 1988). Genetik kontrolden etkisini değiştiren bazı durumlar vardır. Bunlar; biyotik ve abiyotik faktörler, sıcaklık artışı, kuraklık, ışık miktarı, herbivor baskısı ve hava kirliliğidir (Hanover 1966, 1992; Gleizes ve diğ. 1980; Yazdani ve Nilsson 1986; Gref ve Tenow 1987; Kainulainen ve diğ. 1993, 1996; Tomlin ve diğ. 2000; Turtola ve diğ. 2003; Miller 2005).

Koniferler fazla miktarlarda terpen ve türevi maddeler üretebilmekte ve üretilen bu bileşiklerin miktarı, aynı türün bireyleri arasında dahi çok büyük varyasyonlara sebep olmaktadır (Tolbolski ve Hanover 1971). Aynı zamanda bu üretilen madde miktarları mevsimsel olarak farklılık gösterebilmektedirler (Nerg ve diğ. 1994; Williams ve diğ. 1994). Terpenler hoş kokulu ve cezbedicidir. Terpenik bileşikler izopren birimlere bölünür ve bu birimlerin sayısına bağlı olarak kendi aralarında sınıflandırılırlar (Özmen 2010). 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 oluşturmalarıdır (Arimura ve diğ. 2005). 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. 2004a,b; Turlings ve Wäckers 2004; Arimura ve diğ. 2005).

2.1.6. Sekonder Metabolitler

Sekonder metabolitler bitkiler tarafından üretilirler. Günümüzde birçok alanda kullanımları mevcuttur. Hammadde olarak kullanımları oldukça yaygındır. Bitkilerin yaşamsal işlevleri ile doğrudan ilişkili olan primer metabolitler (protein, yağ, karbonhidrat) kadar önemli işlevleri vardır. Bitkilerden sentezlenen ikincil metabolitlerin de bitki yaşamında rolleri bulunmaktadır. Hastalıklara karşı direnç sağlamaları (virüsler, mikoplazma, bakteri ve mantar), herbivorlardan korunma, kendileriyle rekabet halinde olan diğer bitki türlerinden kaçınma (allelokimyasal ilişkiler şeklinde) ve abiyotik strese korunma (UV ışığı vb.) şeklinde sınıflandırılabilir. Zira mücadelede de sekonder metabolitlerin oldukça önemli yeri vardır. Bunun en önemli sebebi sekonder metabolitler doğal maddelerdir. Diğer suni insektisitlerin çevreye olumsuz etkileri bulunmaktadır fakat sekonder metabolitlerin çevreye olumsuz etkisi yoktur. 20. yüzyılda tarımsal verimde bir yükselme yaşanmıştır. Bunun en önemli sebebi insektisitlerdir. Bitkiler, insektisitler için önemli mevcut kaynaktır ve bu birçok çalışmada ispatlanmıştır. 2000'den fazla bitkinin tarımda zararlı olan böceklere karşı doğal bir savunma yapabildiği bilinmektedir. Bu kadar çok bitkinin insektisit etkisinin olduğunun bilinmesine rağmen pratikte yararlanılanları az sayıda olmaktadır. Bunun sebepleri doğal kaynakların sınırlı olması, standardizasyon ve ruhsat almadaki zorluklar ve ilaç sektöründe sentetiklerin kullanımındaki kolaylıklar olduğu inancı yaygındır. Bitkilerdeki biyokimyasal olaylardan sonra sentezlenen sekonder metabolitler çok değişik kategorilerde sınıflandırılmakta olup bunların en önemlilerinin alkaloidler, glikozitler, fenoller, terpenoidler, tanenler ve saponinler olduğu belirtilmiş ve tarımda bu maddelerden bazıları, zararlılara karşı yüzyıllardan beri doğrudan veya dolaylı olarak kullanılmıştır (Mammadov ve Aydın 2017). *Citrus aurantium* türünün uçucu yağında yapılan çalışmaya göre sekonder metabolitlerdeki kimyasal bileşim,

büyüyen habitatlar, genetik farklılıklar, hasat süresi, depolama koşulları ve ekstraksiyon prosedürü gibi sayısız faktöre bağlı olarak değişebilmektedir (Değirmenci ve diğ. 2019).

2.1.7. Terpenler

Terpen teriminin kökeni turpentinden gelmektedir. Turpentin'de hidrokarbon ve reçine asitleri bulunmaktadır ve bu kelime çam reçinesi anlamına gelmektedir. Terpenler izopren alt birimlerinden oluşmaktadırlar ve bu bileşen bitki çiçek ana bileşenini meydana getirir. (Breitmaier 2006; Özyağcı 2015). Dünya'da Turpentin üretimi 250.000-265.000 ton civarında değişiklik göstermekte olup bu oran Türkiye'de 40.000 civarındadır (Gül 1999). İzopren birimleri kafa-kuyruk şeklinde art arda birleşerek terpen bileşiklerini meydana getirir. İzopren birimlerinin (2-metil-1,3-bütadien) bir araya gelmesiyle oluşurlar ve doğal ürünlerin en yaygın olarak bulunan gruplarından biridir (Yaylı 2013). Terpenler, üç tekrardan büyük izopren sayısına sahip iseler genelde uçucu özelliktedirler, uçucu özelliğe sahip olmaları için küçük olmalıdırlar (Kayman 2013). Terpenler sekiz sınıfa ayrılırlar. Bunlar hemiterpenler, monoterpenler, seskiterpenler, diterpenler, trieterpenler ve politerpenlerdir (Boztaş 2012).

Terpenler bitki dokularında proteinlerle birleşmiş şekilde, glikozit veya organik esterleri halinde ve çoğunlukla serbest halde bulunurlar. Terpenlerin karbon sayısı 10-15 arasındadır. Bitkiden su buharı distilasyonu ile yüksek miktarda, karbon içerenler ise ekstraksiyon yöntemi ile ayrılır (Sönmez 1994). Terpenler ksilem ve floemde bulunan reçine hücreleri, kanalları ve parankima hücreleri içinde depolanmaktadır. Terpenler, epitelium hücreleri tarafından salgılanır (Hudgins ve Vincent 2004). Terpen içeren bitkiler alternatif tıpta ilaç olarak kullanılır. Çünkü antiparositik, antihiperglisemik, antimikrobiyal, antifungal, antiviral, antihiperglisemik etkiye sahiptirler. Esans yağları gıda sektörü, aroma terapi ve parfümlerde kullanılır (Özmen 2010). Terpenoidler oksijen atomuna sahiptirler. Selüloz biyosentezinde çok önemlidirler. Çünkü eterik yağlar ve reçine yapısında bulunurlar. Bitkileri korurlar, kök ve gövde kısımlarında oluşan yaraların tedavisinde oldukça önemlidirler (Mammadov 2014). Terpenler maddeler uçucu özelliğe sahiptir. Oleoresin bileşenlerinde ve kozalaklı ağaç türlerinin genelinde yapısında

üretirler. Terpenlerin üretilme amacı ağaçlarda savunma mekanizması görevi üstlendiği içindir ve kolaylıkla üretilebilirler (Gallis 2007).

2.1.7.1. Monoterpenler

Monoterpenler bitkilerden elde edilirler, hoş bir kokuya sahip uçucu bileşendirler ve uçucu yağlar sınıfına girerler (Gomes ve diğ. 1998). 10 karbonlu bileşiklerdir ve iki izopren grup taşırlar (Kayman 2013). Monoterpenlerin uçuculuğu çok yüksektir. Böcekleri uzaklaştırma, öldürme ve onların beslenmelerini önleme özellikleri ile zararlılarla mücadelede kullanımı yaygındır. D-limonene ve bazı monoterpenler böceklerde üremeyi engellemektedir (Karr ve diğ. 1990; Ahn ve diğ. 1998).

2.1.7.2. Diterpenler

Diterpenler, bitkiler aleminde çok yaygındır. Dört izopren molekülünden meydana gelirler. Farmakolojik özellikleri fazladır ve 20 C'ludurlar. Diterpenlerin sınıflandırması ana iskelete göre değişmektedir. Hormonları yaygın olarak görülen bitkilerde bulunurlar. Aynı zamanda bazı antibiyotiklere benzer davranışlar gösterirler, anti tümör ve kanser etkisi vardır (Özer 2010).

2.1.7.3. Seskiterpenler

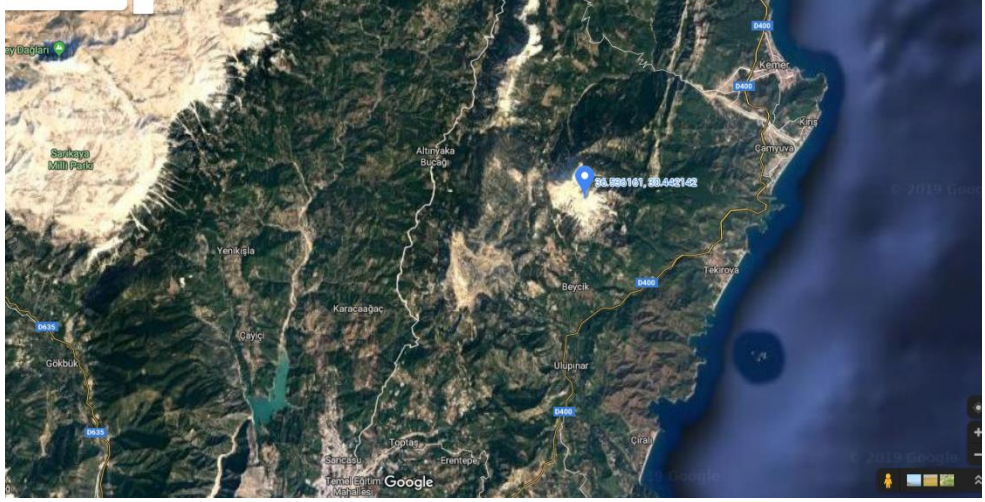
Seskiterpenler, terpenlerin en yoğun olduğu sınıftır. Doğada yaygın olarak görülürler ve farklı bitkilerden izole edilebilirler. Bunlara örnek olarak; β -cadinene ve trans- β -caryophyllene'i verebiliriz. Seskiterpenlerin birçoğu α - ve β - doymamış karbonil grubuna sahiptir. Yapılarında bulunan halka numaralarına göre dört çeşitleri vardır izopren kuralı uygulandığında, izopren üniteleri birbirine bağlandığı zaman bir asiklik seskiterpen hidrokarbon formu oluşur, sonuncu dört tane çift bağ içerecektir. Her izopren ünitesi çift bağ içerecektir. Her izopren ünitesi iki çift bağ içerir, fakat bir tanesi her parça bağlandığında kaybolur (Özer 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Arazi Çalışmaları

3.1.1. Çalışma alanı

Çalışmamızı gerçekleştirdiğimiz saha Antalya ili, Tahtalı dağı bölgesinde yer almaktadır. *Pinus brutia* türünden aldığımız örneklerimizde 4 farklı lokalite bulunmaktadır. Bu lokaliteler 0-400-800-1200 metre rakımları arasında değişmektedir. Deniz seviyesi 0 metre olarak kabul edilmiştir. Yükseklik ölçümü GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi) yardımı ile belirlenmiştir.



Şekil 3. 1. Çalışmamıza ait örnekleme alanı

3.1.2. Çalışma alanından ibre örneklerinin toplanması

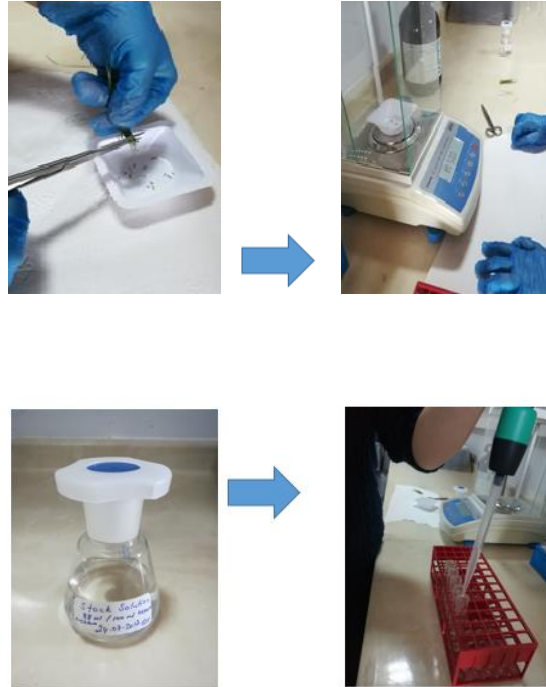
Çalışmamız için düzenlediğimiz arazi çalışmaları 2018 yılı Temmuz ayında Antalya ili Tahtalı dağında 0-400-800-1200 metrelik, dört farklı rakımda gerçekleştirilmiştir. Her rakım için rastgele 20 ağaç belirlenmiş her lokalitede toplam 80 ağaçtan yeterli sayıda ibre örnekleri toplanmıştır. İbre yaprakları ağacın aynı yükseklik (~1,5-2 m) ve güneye bakan dallarından toplanmasına özen gösterilmiştir. Toplanan ibreler 50 ml'lik falkon tüplere konulmuş, kuru buz içinde bekletilmiş ve o gün içinde Pamukkale Üniversitesi Biyoloji Bölümü, Kimyasal

Ekoloji Laboratuvarına getirilerek -80 °C’de analiz ve ekstraksiyon işlemleri yapılabilmek üzere bekletilmiştir.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

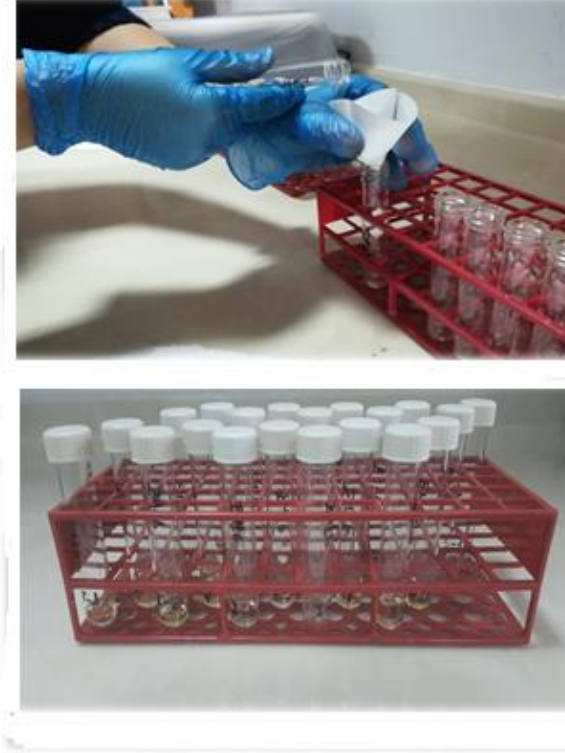
3.2.1. Terpen Analizleri

Tüm işlemler Pamukkale Üniversitesi, Kimyasal Ekoloji Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır. Analizler için kullanılan prosedür şu şekilde olmuştur; Araziden toplanan ve -80 °C’de bekletilen 80 adet ibre örneği üzerinden yapılmıştır. Analizler için önce ibre örnekleri 200 mg küçük parçalar şeklinde makasla kesilmiş, tartılmış ve ayrılmıştır. İbre örneklerinin üstüne 2 ml 1-chlorooctane/100 ml hekzan eklenmiş ve oda sıcaklığında 1 saat süre ile ekstrakte edilmeye bırakılmıştır. Sürenin sonunda, elde edilmiş ekstrakt hekzan ile nemlendirilmiş, filtre kağıdından süzülerek diğer vida kapaklı tüpe aktarılmış ve önceki tüp içerisinde kalan ibreler iki defa n-hekzan ile yıkayıp (ikişer dakika süre ile), elde edilen toplamda 6 ml olan özüt vida kapaklı tüplere eklenmiştir. Daha sonra tüpler, GC-MS için gerekli olan küçük serum şişelerine gerektiği miktarda (~ 1.5 ml) aktarılmış ve -20°C’de saklanmaya alınmıştır. Bu işlem tüm örnekler için tekrarlanmıştır.



Şekil 3. 2. İbrelerin ve gövdenin küçük parçalar haline getirilmesi ve ekstraksiyon işlemleri.

2 x



Şekil 3. 3. Ekstraksiyonların süzülmesi ve elde edilen özütün vial tüplere aktarılması.

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 mm uzunluğunda HP-5MS bir kapillar kolon kullanılmıştır (ID 0.25 mm, film kalınlığı 0.25 μ m, Hewlett Packard). Helyum, taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Sıcaklık programı 50°C’den 250°C’ye olacak şekilde ayarlanmıştır. Sıcaklık artış hızı 5 °C/dk şeklinde programlanmıştır. Her bir terpen bileşiği kütle spektralleri ve alıkonulma süreleri ile ilişkili olarak tanımlama yapılmıştır. Kalibrasyonlar (terpen miktarının belirlenmesi için), internal standardın (1-chlorooctane) bilinen mevcut değerleri temel alınarak saf bileşiklerin değerleri üzerinden yapılmıştır. Bu işlemler toplamda 80 örnek için tekrarlanmış ve işlemler Pamukkale Üniversitesi Kimyasal Ekoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. İstatiksel Analizler

Tüm örneklerde elde edilen veriler, SPSS (SPSS, versiyon : 15.0.1, Chicago, IL) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bileşiklerin yükseltiye göre değişimini belirlemek için tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır. Güven aralığı $P < 0,05$ olarak esas alınmıştır. Bileşiklerden yükseklikler arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunan değerler ikinci testlere tabi tutulmuştur. Bu testler Duncan ve Tukey testleridir. Duncan ve Tukey'de farklılık gösteren değerler a, b, c olarak adlandırılmış ve ANOVA tablosuna aktarılmıştır. Analizde tanımlanamayan değerler için n.d. (not deffinition; tanımsız değer) kısaltması kullanılmıştır. Tüm grafikler Microsoft Office Excel programında hazırlanmıştır.

4. BULGULAR

Bu çalışmayla, Antalya ili, Tahtalı dağında dört farklı lokalitedeki kızılçam ağaçlarından alınan ibrelere ait terpen miktarları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır. 0, 400, 800, 1200 m rakımlarda yapılan arazi çalışmasında her bir rakım için rastgele 20 ağaç olmak üzere toplam 80 ağaçtan yeterli sayıda ve ağaçların aynı yükseklerinden ibre örnekleri toplanmış ve terpen içerikleri belirlenmiştir. Analizler sonucunda kızılçam ibre örneklerinde 24 bileşik tespit edilmiş ve bunların 14'ünün monoterpen, 10'unun seskiterpen olduğu belirlenmiştir. Bu bileşiklerden monoterpen olanlar; tricyclene, α -pinene, camphene, sabinene, β -pinene, myrcene, 3-carene, limonene, trans- β -ocymene, α -terpinolene, linalyl acetate, α -terpineol, bornyl acetate ve α -terpinene olarak belirlenmiştir. Seskiterpen olanlar ise; α -copane, longifolene, trans- β -caryophyllene, α -humulene, germacrene D, δ -cadiene, cis- α -bisabolene, caryophyllene oxide, cembrene, thunbergol olarak belirlenmiştir.

Elde edilen bileşiklerin konsantrasyonu her bir yükseltide farklılık göstermekle birlikte, bazı bileşikler belirli yükseltelerde gözlenmemiştir. *Pinus brutia* ibre örneklerinin ortalama tricyclene konsantrasyonu 400 metre rakımda en üst noktaya ulaşmıştır. α -pinene, 800 metre rakımda en üst noktaya ulaşmıştır. Camphene konsantrasyonu 0 metre rakımda en üst noktaya ulaşmıştır ve diğer rakımlarda düşüş gözlenmiştir. Sabinene konsantrasyonları 0 ve 400 metre rakımda az görülürken, 800 metre rakımda en üst noktaya ulaşmış ve 1200 metre rakımda da benzer yüksekliği sürdürmüştür. β -pinene konsantrasyonları, 0-400-800-1200 metre rakımlarda yüksek oranda çıkmıştır. En yüksek konsantrasyon 0 metre rakımda gözlenmiştir. Myrcene konsantrasyonları her rakımda yüksek çıkmıştır. 1200 metre rakımda en üst noktaya ulaşmıştır. Limonene konsantrasyonları 0 metre rakımda en üst noktaya ulaşmıştır. Trans- β -ocimene konsantrasyonları 400 metre rakımda en üst noktaya ulaşmıştır. α -terpinolene konsantrasyonları 0 metre rakımda en üst noktaya ulaşmıştır. Linalyl acetate konsantrasyonları 0 ve 400 metre rakımda artmış, 800 metre rakımda düşüş gözlenmiş ve 1200 metre yükseklikte tekrar yükselişe geçmiştir. α -terpineol konsantrasyonları 0 metrede rakımda yüksek çıkmış, 400 metre rakımda hiç gözlenememiş, 800 ve 1200 metre rakımlarda tekrar yükselişe geçmiştir.

Bornyl acetate konsantrasyonları yüksek çıkmış, 400 metre rakımda ani bir düşüşe geçmiş, 800 ve 1200 metre rakımlarda tekrar yükselmiştir. α -terpinene

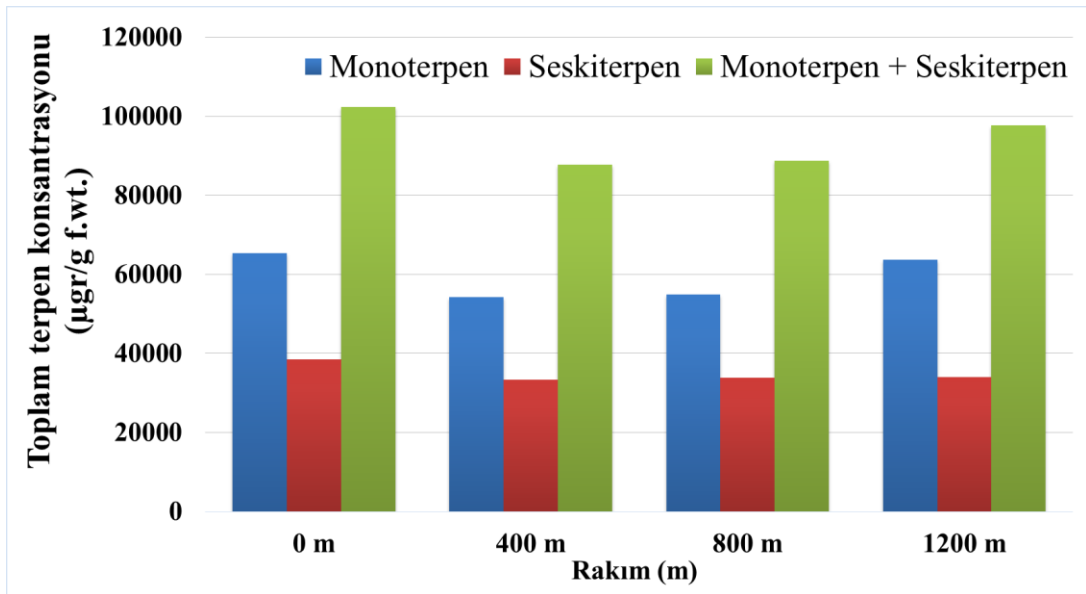
konsantrasyonları 0 metre rakımda artış göstermiş, 400 ve 800 metre rakımlarda kademeli şekilde azalmış ve 1200 metre rakımda tekrar artış göstermiştir. α -copaene konsantrasyonları 0 metre rakımda en üst noktaya ulaşmış, 400 metre rakımda düşüş göstermiş, 800 metre ve 1200 metre rakımda gözlenememiştir. Longifolene konsantrasyonları 400 metre rakımda en üst noktaya ulaşmış, 1200 metre rakımda düşüş göstermiş, 0 ve 800 metre rakımlarında gözlenememiştir. Trans- β -caryophyllene konsantrasyonları 0 metre rakımda en üst noktaya ulaşmış, 400, 800 ve 1200 metre rakımlarda da benzer seviyesini korumuştur. α -humulene konsantrasyonları 0 metre rakımda en üst noktaya ulaşmış, 400, 800 ve 1200 metre rakımlarda da benzer seviyesini korumuştur. Germacrene D konsantrasyonları 0 metre rakımda en üst noktaya ulaşmış, 400, 800 ve 1200 metre rakımlarda da benzer seviyesini korumuştur. δ -cadinene konsantrasyonlarının 0 ve 400 metrede artış gösterirken, 800 metre rakımda düşüş yaşamış, 1200 metre rakımda ani bir yükseliş göstermiştir. δ -cadinene konsantrasyonlarının 0 ve 400 metrede artış gösterirken, 800 metre rakımda düşüş yaşamış, 1200 metre rakımda ani bir yükseliş göstermiştir. Trans- β -caryophyllene konsantrasyonları 400 metre rakımda en üst noktaya ulaşmıştır. 1200 metre rakımda düşüş gözlenmiştir. 0 ve 800 metre rakımda gözlenememiştir. Cembrene konsantrasyonları 0 ve 800 metre rakımda yükselmiş, 800 metre rakımda en üst noktaya ulaşmış, 400 ve 1200 metre rakımda ani düşüş gözlenmiştir. Thunbergol konsantrasyonları 800 metre rakımda en üst noktaya ulaşmış, 0, 400 ve 1200 metre rakımlarında düşüş gözlenmiştir.

Çalışma sonucunda kızılçam türünün, bitkilerin yaşam sınırlarında önemli bir belirleyici olan yüksekliğe bağlı olarak terpen profillerinde oluşan varyasyon açığa çıkartılmıştır. Farklı yükseltelere ait 80 ağaçtan alınan ibrelerdeki terpen içerikleri SPSS programı ile analiz edilmiş ve tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır. Test sonucu P değerlerine bakılarak yorumlanmış ve ağaçlardan elde edilen bileşikler farklı yükseltilerde istatistiksel anlamda fark gösterdiği gözlenmiştir. Elde edilen bileşiklerin ortalama değerleri, standart hata değerleri ve ANOVA testi sonuçları aşağıda yer alan tabloda belirtilmiştir (Tablo 4.1). İncelemeler sonucunda ibrelerdeki terpen içeriklerinin yüksekliklere bağlı değişimleri belirlenmiştir. Çalışmamızda, 3-carene ($P=0,001$), trans- β -ocimene ($P<0,001$), linalyl acetate ($P=0,026$), bornyl acetate ($P=0,040$) monoterpenleri ile caryophyllene oxide ($P=0,010$) seskiterpeni konsantrasyonlarında yükseltiye bağlı olarak istatistiksel anlamda fark gözlemlenmiştir.

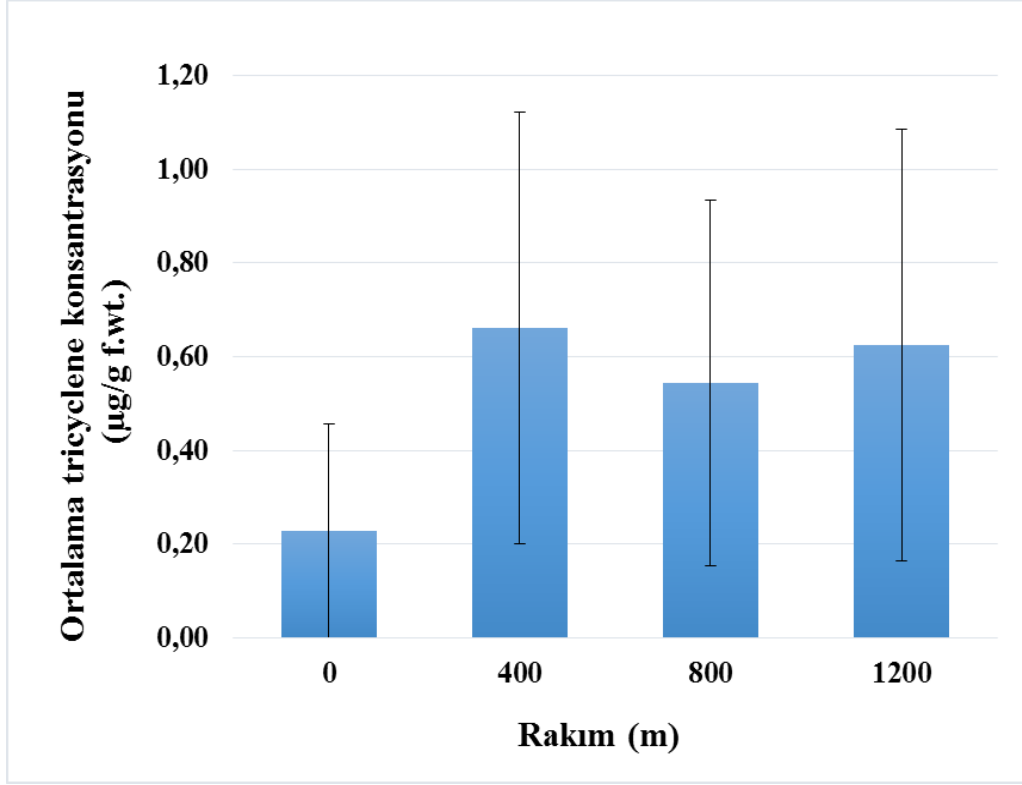
Tablo 4. 1. Kızılcım ibre yapraklarında monoterpen ve seskiterpenlerin yüksekliğe göre istatistiksel değişimi ($\mu\text{g/g}$ f.wt \pm SE; $n=20$). Tablodaki her bir harf istatistiksel anlamda farkı temsil etmektedir (n.d.= not definition; tanımsız değer).

| BİLEŞİKLER | 0 m | 400 m | 800 m | 1200 m | ANOVA |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Tricyclene | 0,23 \pm 0,23 | 0,66 \pm 0,46 | 0,54 \pm 0,39 | 0,63 \pm 0,46 | F:0,253 P=0,859 |
| α -Pinene | 938,24 \pm 72,9 | 896,75 \pm 108,72 | 976,40 \pm 97,32 | 939,11 \pm 97,16 | F:0,118 P=0,949 |
| Camphene | 31,33 \pm 2,54 | 24,45 \pm 3,29 | 24,58 \pm 2,60 | 24,44 \pm 2,81 | F:1,466 P=0,231 |
| Sabinene | 0,08 \pm 0,05 | 0,13 \pm 0,08 | 1,62 \pm 1,27 | 1,42 \pm 1,01 | F:1,010 P=0,393 |
| β -Pinene | 1814,80 \pm 119,77 | 1431,54 \pm 145,33 | 1416,29 \pm 169,44 | 1745,39 \pm 169,43 | F:2,111 P=0,106 |
| Myrcene | 151,13 \pm 15,55 | 125,25 \pm 18,43 | 115,81 \pm 13,40 | 156,75 \pm 17,65 | F:1,461 P=0,232 |
| 3-Carene | 60,33 \pm 9,38 b | 15,31 \pm 3,9 a | 36,39 \pm 8,38 ab | 58,37 \pm 10,09 b | F:6,523 P=0,001 |
| Limonene | 62,21 \pm 6,19 | 43,54 \pm 6,10 | 41,99 \pm 4,51 | 53,70 \pm 7,17 | F:2,424 P=0,072 |
| Trans- β -ocimene | 47,51 \pm 8,40 bc | 60,59 \pm 9,43 c | 16,61 \pm 2,91 a | 25,68 \pm 3,75 ab | F:8,855 P<0,001 |
| α -Terpinolene | 95,49 \pm 12,16 | 57,27 \pm 27,41 | 75,73 \pm 38,35 | 70,54 \pm 13,46 | F:0,394 P=0,758 |
| Linalyl acetate | 38,78 \pm 9,77 ab | 48,63 \pm 15,32 ab | 26,82 \pm 8,19 a | 81,90 \pm 16,99 b | F:3,262 P=0,026 |
| α -Terpineol | 0,55 \pm 0,55 | n.d. | 0,62 \pm 0,62 | 0,70 \pm 0,70 | F:0,342 P=0,795 |
| Borynl acetate | 8,36 \pm 2,55 ab | 2,72 \pm 1,08 a | 5,11 \pm 1,57 ab | 11,30 \pm 3,02 b | F:2,912 P=0,040 |
| α -Terpinene | 16,88 \pm 14,89 | 8,31 \pm 5,75 | 4,41 \pm 4,41 | 16,73 \pm 9,88 | F:0,418 P=0,740 |
| α -Copaene | 3,72 \pm 1,77 | 1,44 \pm 1,44 | n.d. | n.d. | F:2,359 P=0,078 |
| Longifolene | n.d. | 0,23 \pm 0,16 | n.d. | 0,07 \pm 0,07 | F:1,582 P=0,201 |
| Trans- β -caryophyllene | 760,87 \pm 126,33 | 618,98 \pm 140,28 | 742,38 \pm 93,86 | 610,73 \pm 85,14 | F:0,488 P=0,692 |
| α -Humulene | 73,01 \pm 12,97 | 58,44 \pm 14,35 | 68,21 \pm 9,3 | 55,77 \pm 8,18 | F:0,499 P=0,684 |
| Germacrene-D | 924,48 \pm 127,99 | 833,31 \pm 120,49 | 708,19 \pm 96,75 | 861,63 \pm 92,57 | F:0,676 P=0,569 |
| δ -Cadinene | 46,19 \pm 12,81 | 42,84 \pm 11,66 | 26,77 \pm 5,11 | 74,68 \pm 53,02 | F:0,506 P=0,679 |
| Cis α -bisabolene | 44,36 \pm 12,09 | 60,86 \pm 22,72 | 26,42 \pm 6,60 | 48,76 \pm 10,43 | F:1,001 P=0,397 |
| Caryophyllene oxide | n.d. | 22,06 \pm 10,65 b | n.d. | 1,61 \pm 1,61 a | F:4,012 P=0,010 |
| Cembrene | 40,88 \pm 25,40 | 10,96 \pm 6,70 | 43,94 \pm 31,80 | 11,54 \pm 8,42 | F:0,881 P=0,455 |
| Thunbergol | 23,45 \pm 14,93 | 21,70 \pm 15,30 | 76,46 \pm 54,64 | 37,64 \pm 28,09 | F:0,612 P=0,609 |

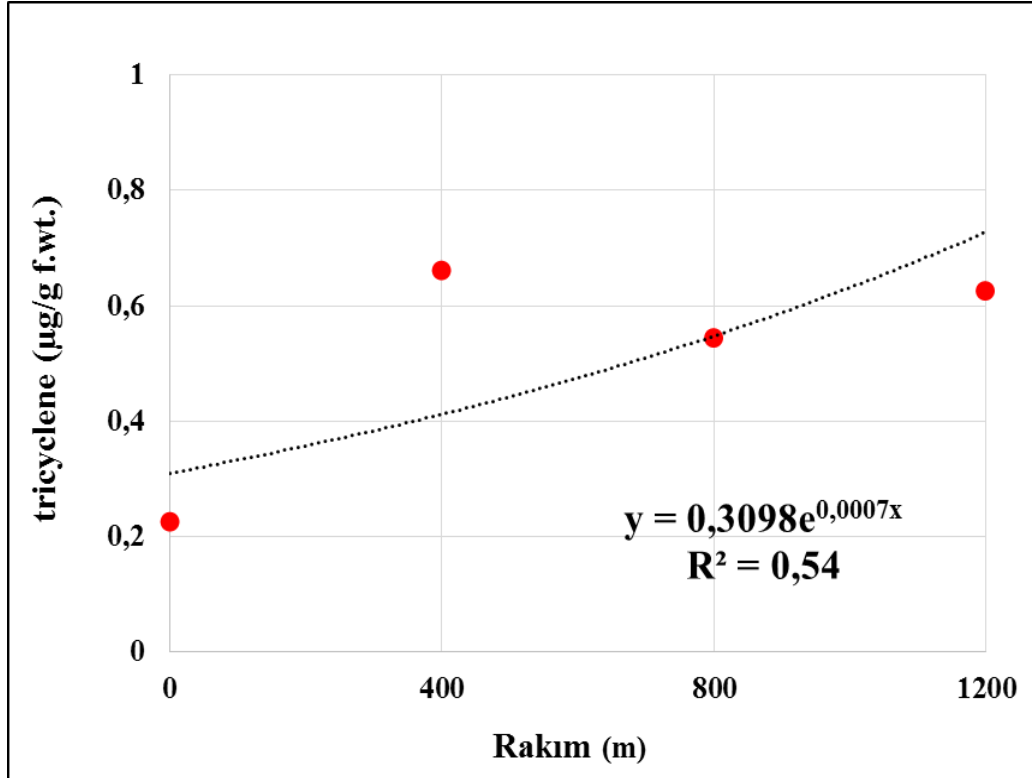
ANOVA testi sonucunda 3-carene bileşiğinin konsantrasyonu 400 m'den itibaren 1200 m'ye çıkıldıkça artış göstermektedir. Trans- β -ocimene bileşik değerleri ile yükseklikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Rakım arttıkça bileşiğin konsantrasyonunda kısmen de olsa düşüş gözlenmiştir. Linalyl acetate monoterpeninin konsantrasyonu ile yükseklikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bileşiğin yoğunluğu 0 m'den 1200 m'ye çıkıldıkça artış göstermekle birlikte 800 m'de diğer lokasyonlara göre düşüş göstermiştir. Bornyl acetate bileşik değerleri 0 ve 1200 m'de yaklaşık olarak aynı konsantrasyonda gözlenmesine karşın, 400 ve 800 m'de bu iki yüksekliğe kıyasla daha düşük konsantrasyonlarda gözlenmiştir. Caryophyllene oxide seskiterpenini 0 ve 800 m rakımında hiç gözlenmezken, 400 m rakımında en yoğun konsantrasyonda tespit edilmiştir. Belirlenen diğer tricyclene, α -pinene, α -terpinene, camphene, sabinene, β -pinene, myrcene, limonene, α -terpinolene, longifolene, trans β -caryophyllene, α -humulene, germacrene D, δ -cadiene, cis- α -bisabolene, cembrene ve thunbergol bileşiklerinin konsantrasyonlarında yükseltiye bağlı anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Her bir yükseltide en yoğun konsantrasyonda gözlenen monoterpenler β -pinene ve α -pinene iken, tricyclene, sabinene ve α -terpineol monoterpenleri en düşük konsantrasyonlarda gözlenmiştir. Seskiterpen sınıfında en yoğun gözlenen bileşik trans- β -caryophyllene ve ardından takip eden germacrene D bileşiğidir. Toplanan örneklerin yükseklik farkına bağlı olarak içerdikleri terpen konsantrasyonları aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.



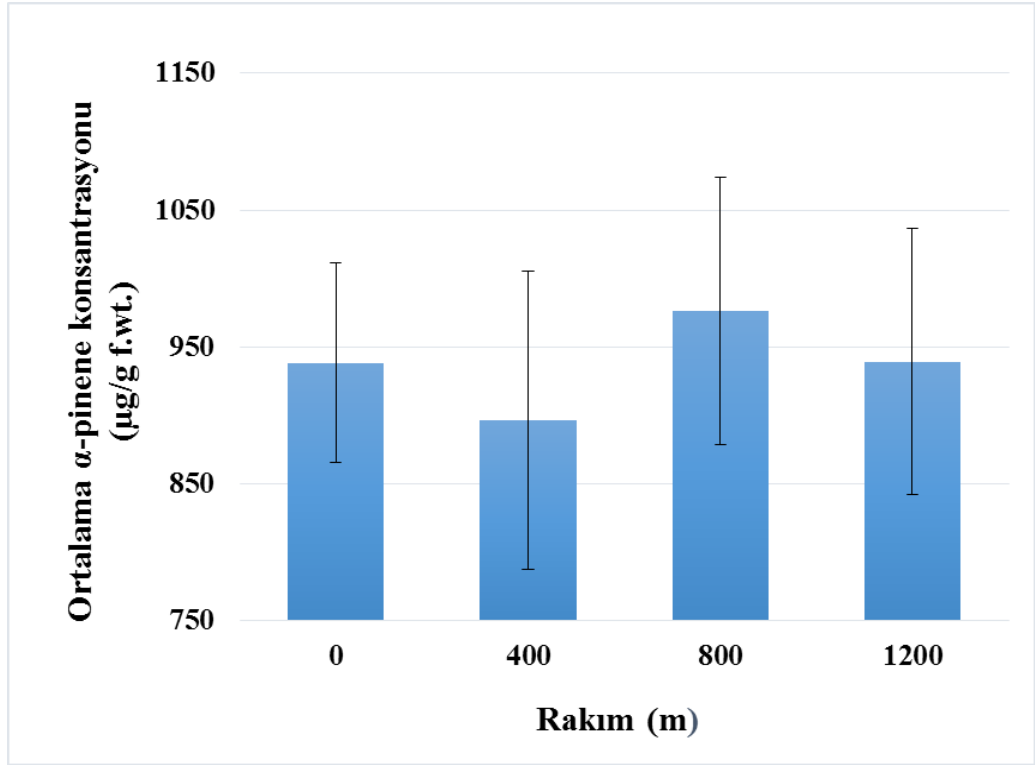
Şekil 4. 1. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının toplam terpen konsantrasyonları



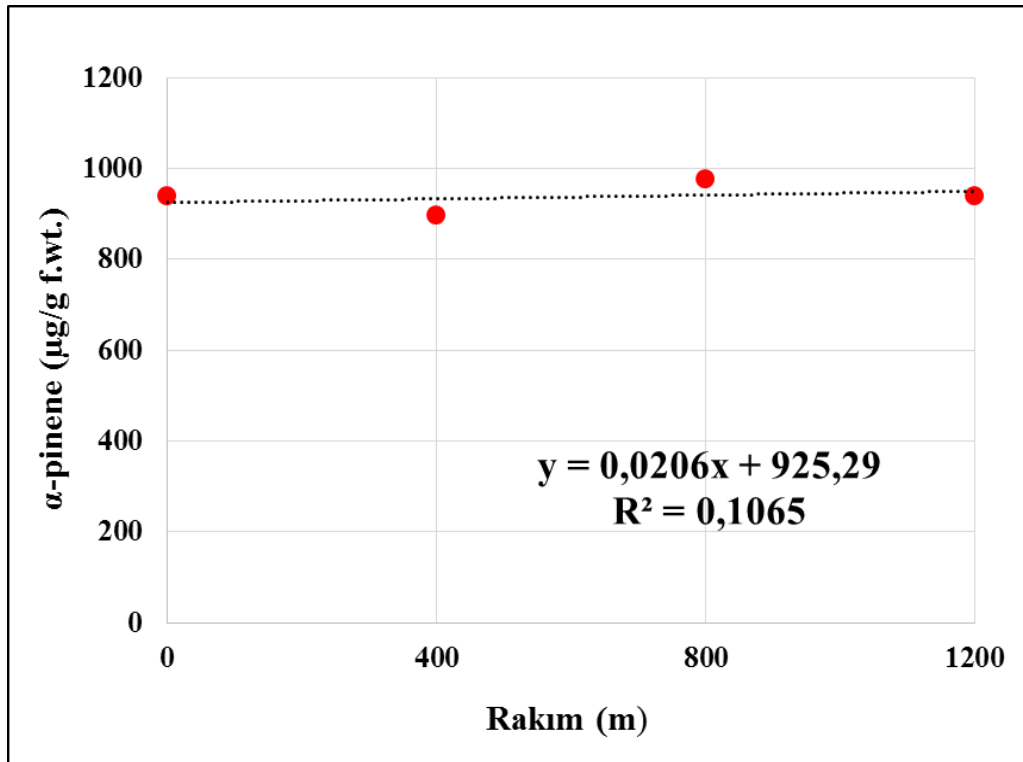
Şekil 4. 2. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama tricyclene konsantrasyonları



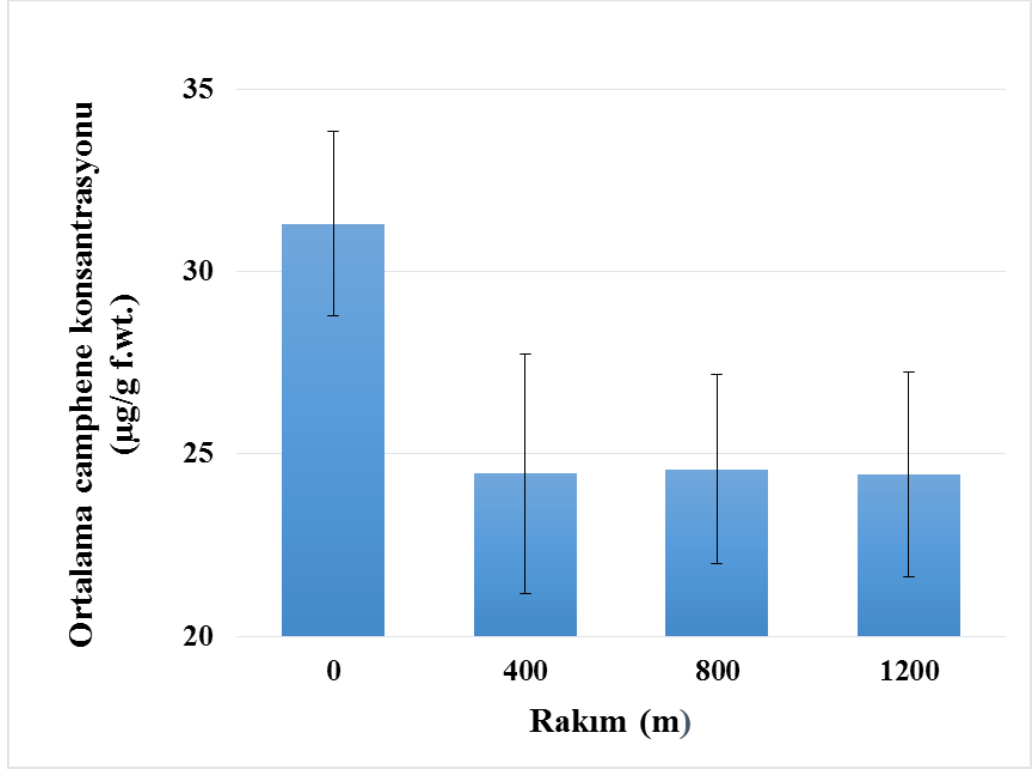
Şekil 4. 3. Ortalama tricyclene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



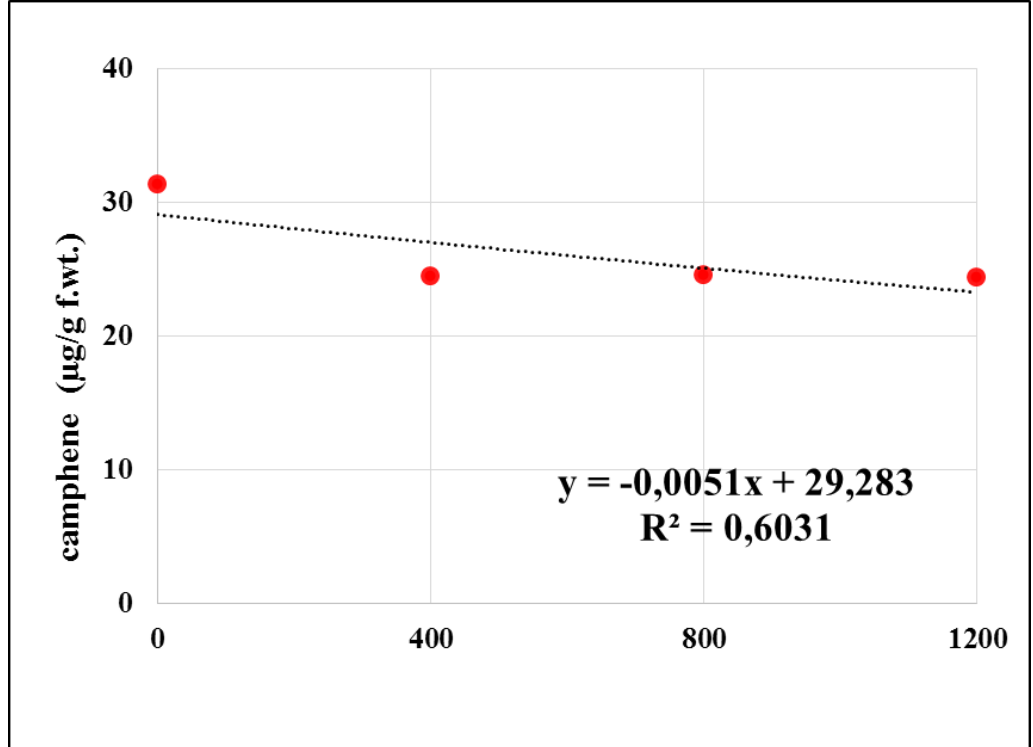
Şekil 4. 4. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama α -pinene konsantrasyonları



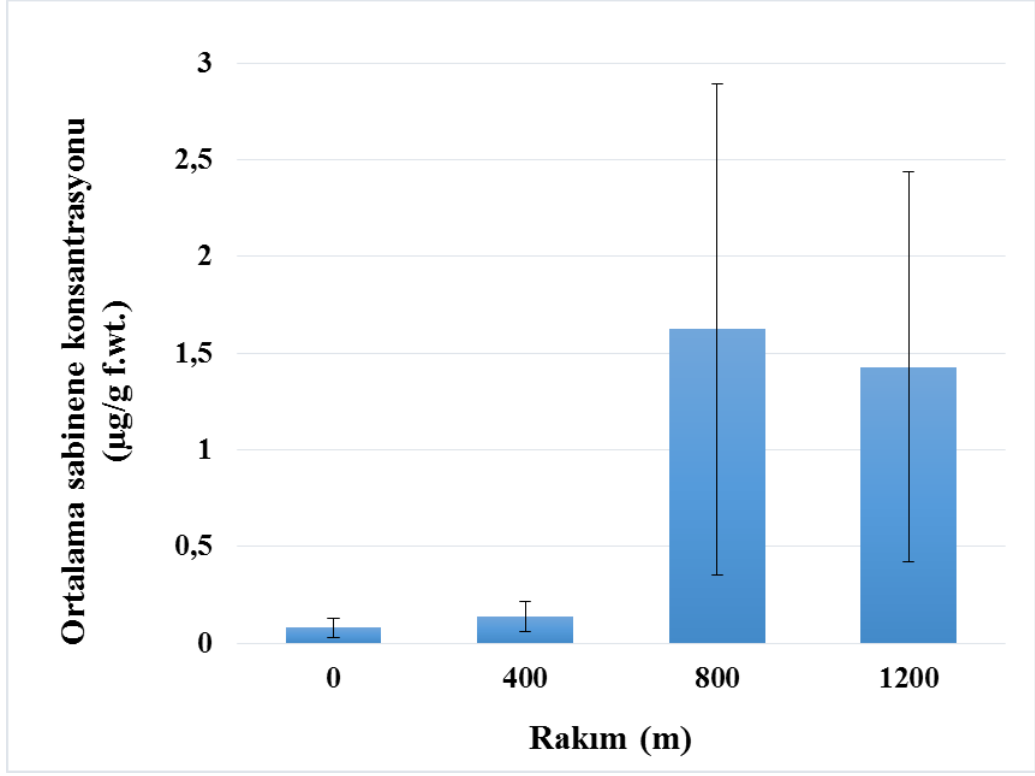
Şekil 4. 5. Ortalama α -pinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



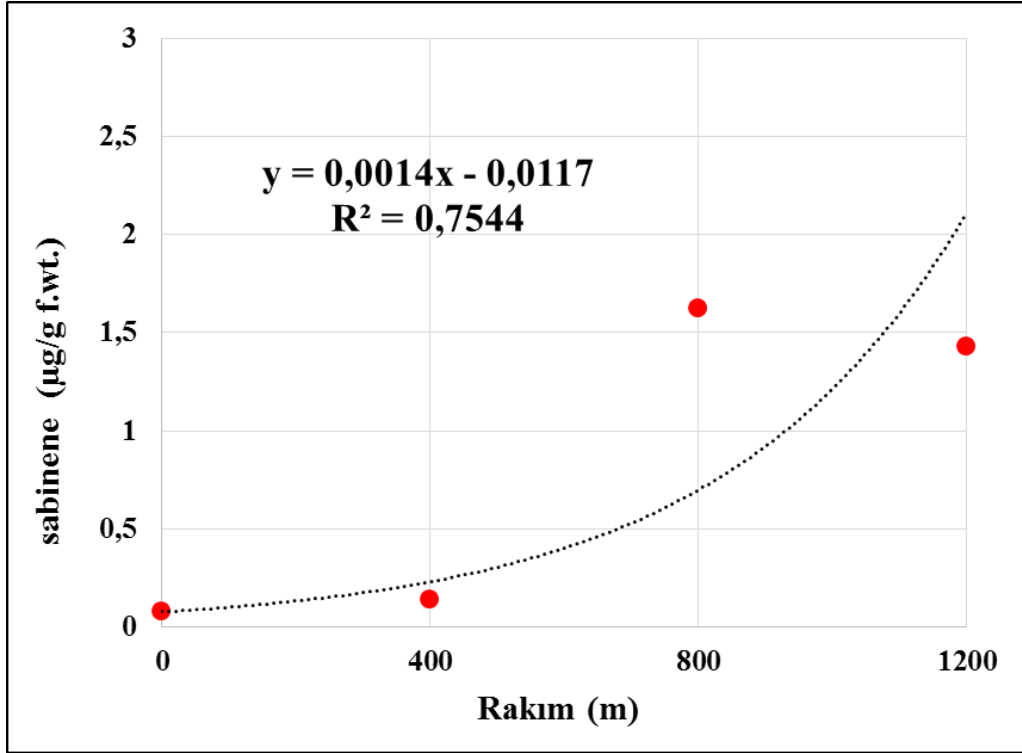
Şekil 4. 6. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama camphene konsantrasyonları



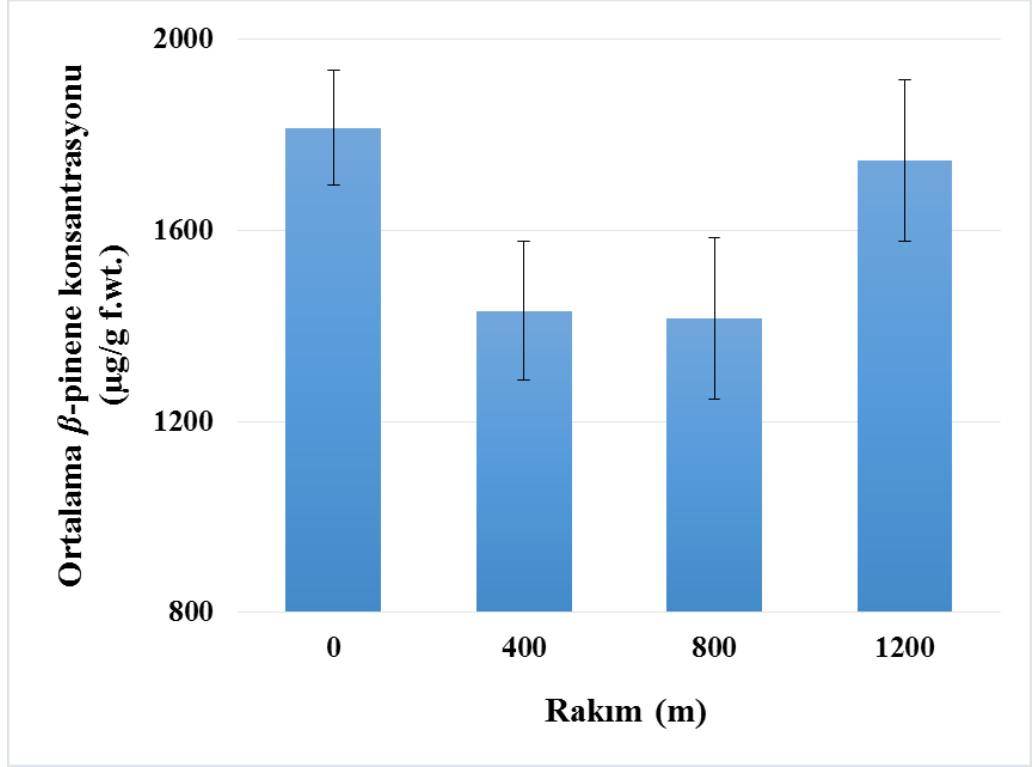
Şekil 4. 7. Ortalama camphene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



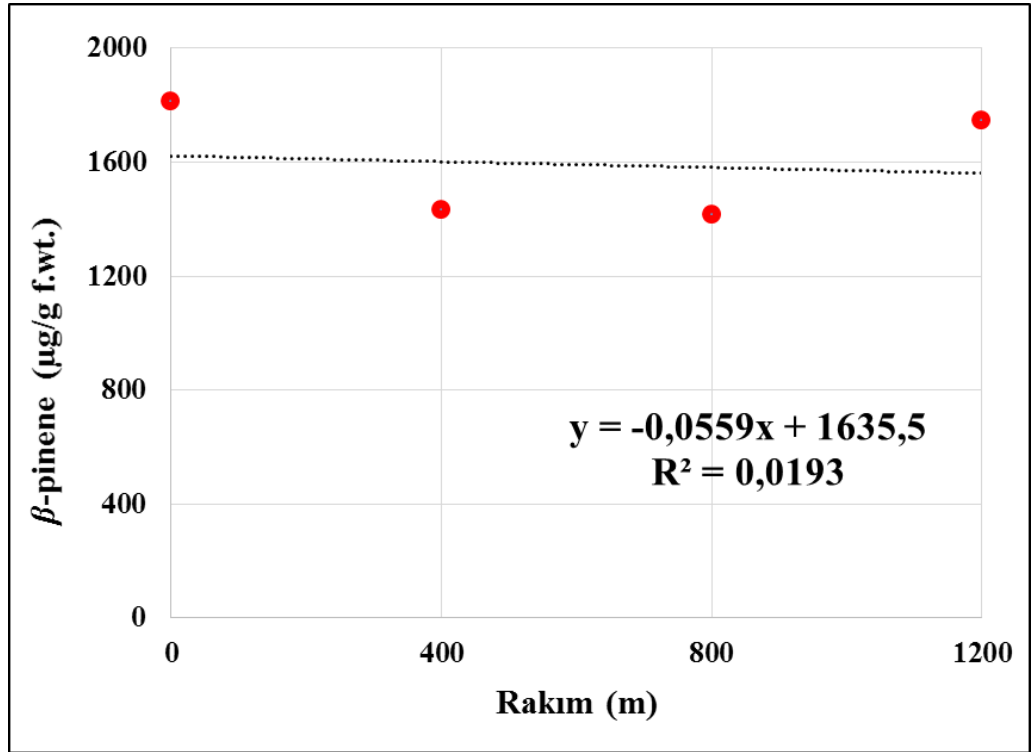
Şekil 4. 8. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama sabinene konsantrasyonları



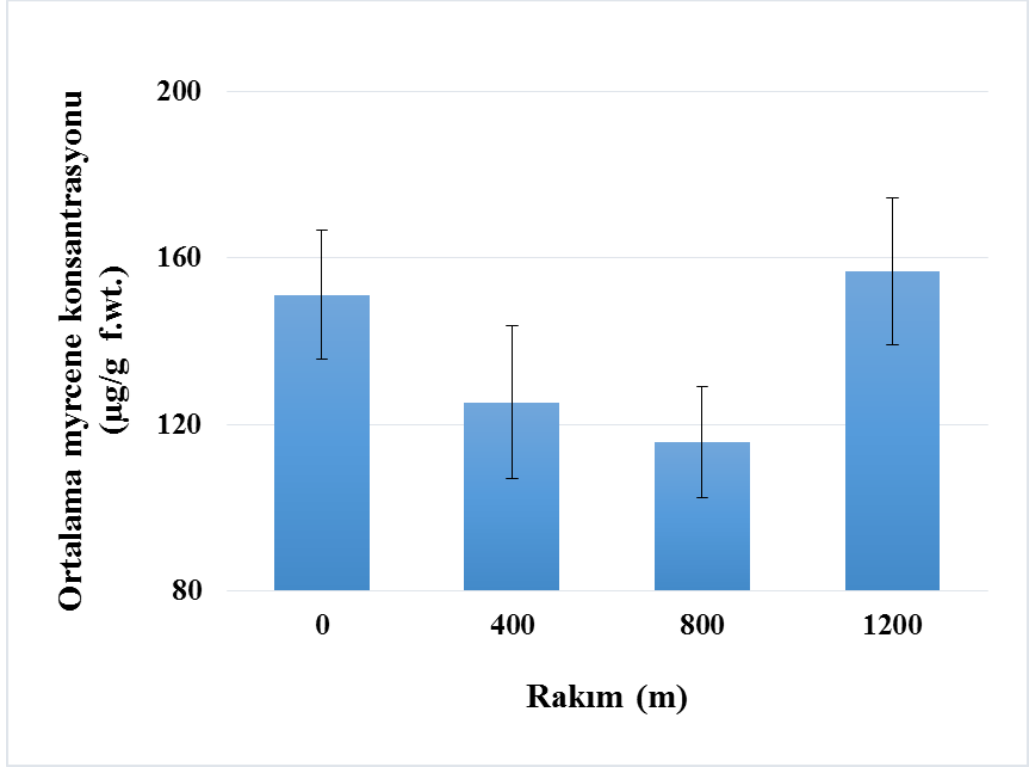
Şekil 4. 9. Ortalama sabinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



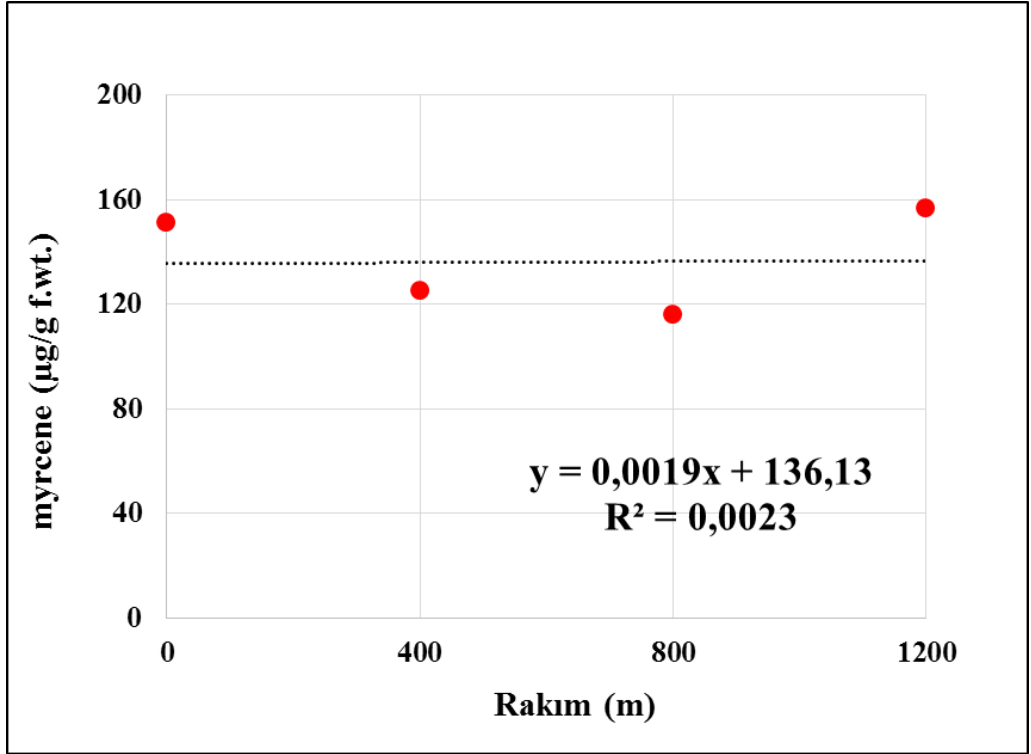
Şekil 4. 10. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* iğre yapraklarının ortalama β -pinene konsantrasyonları



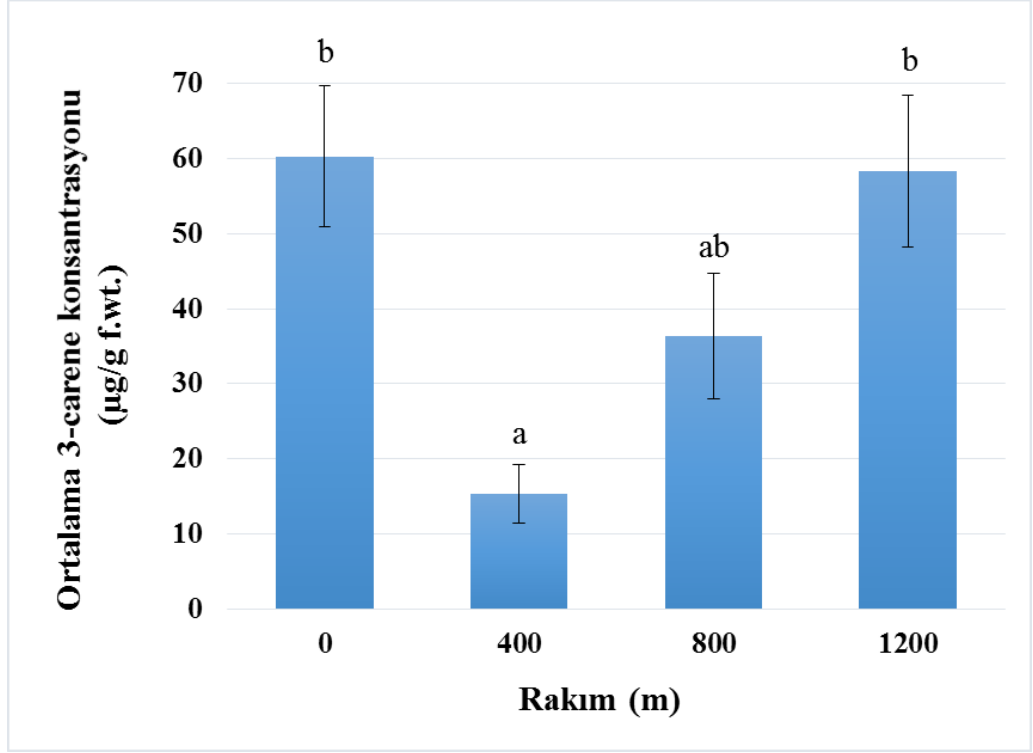
Şekil 4. 11. Ortalama β -pinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



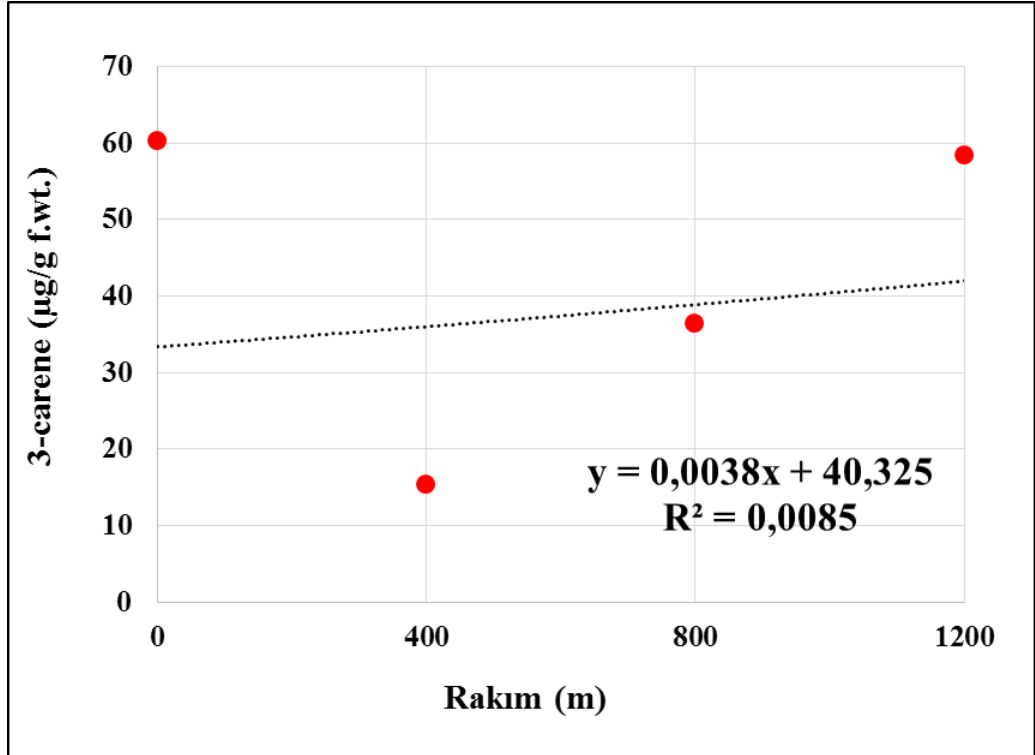
Şekil 4. 12. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama myrcene konsantrasyonları



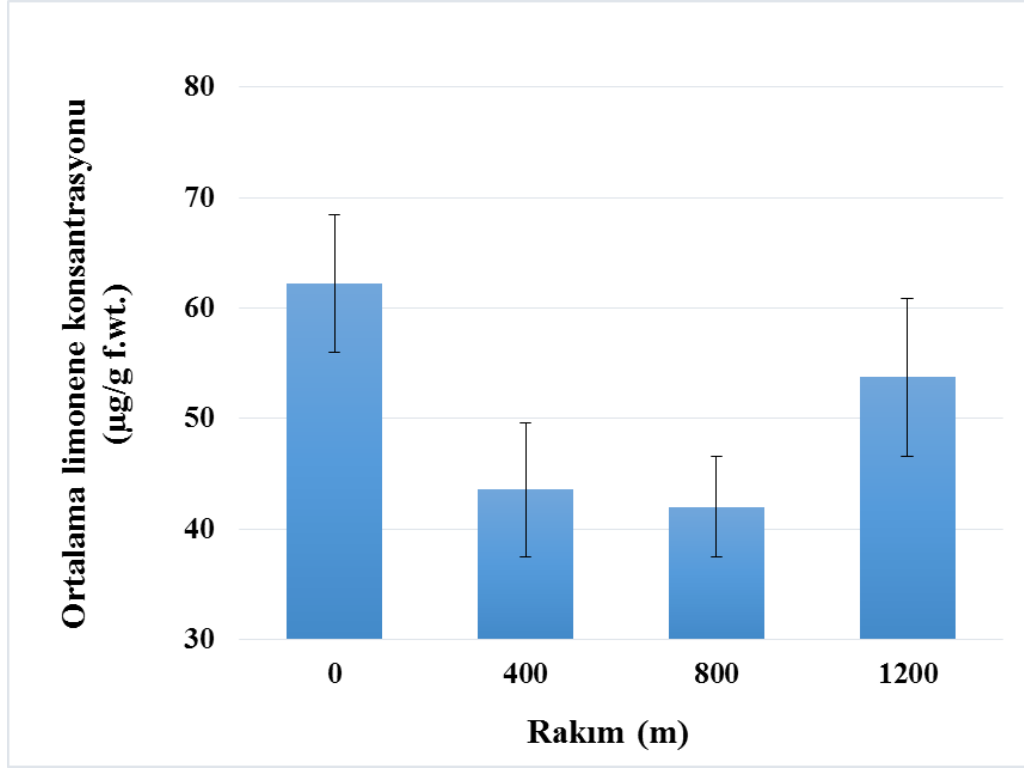
Şekil 4. 13. Ortalama myrcene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



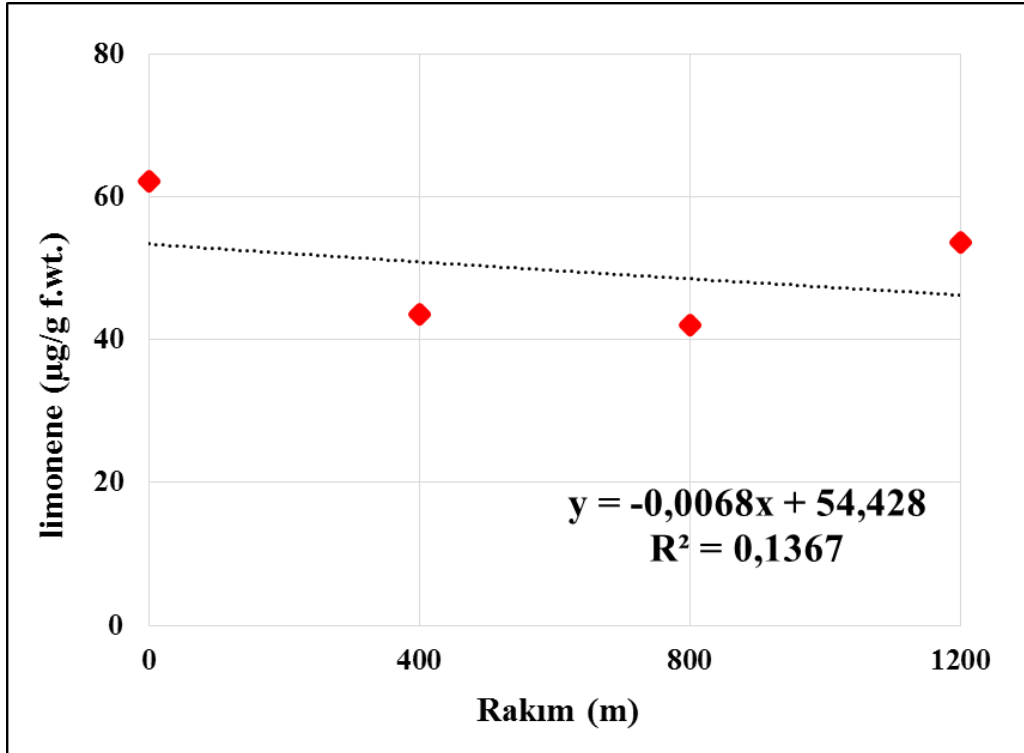
Şekil 4. 14. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama 3-carene konsantrasyonları



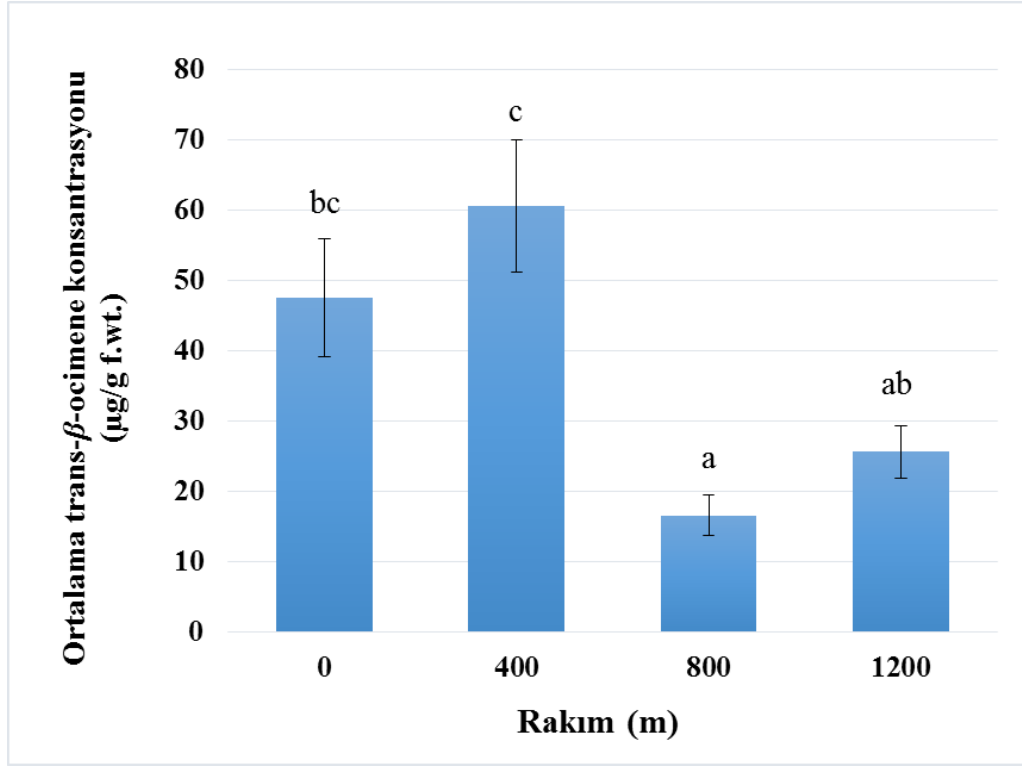
Şekil 4. 15. Ortalama 3-carene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



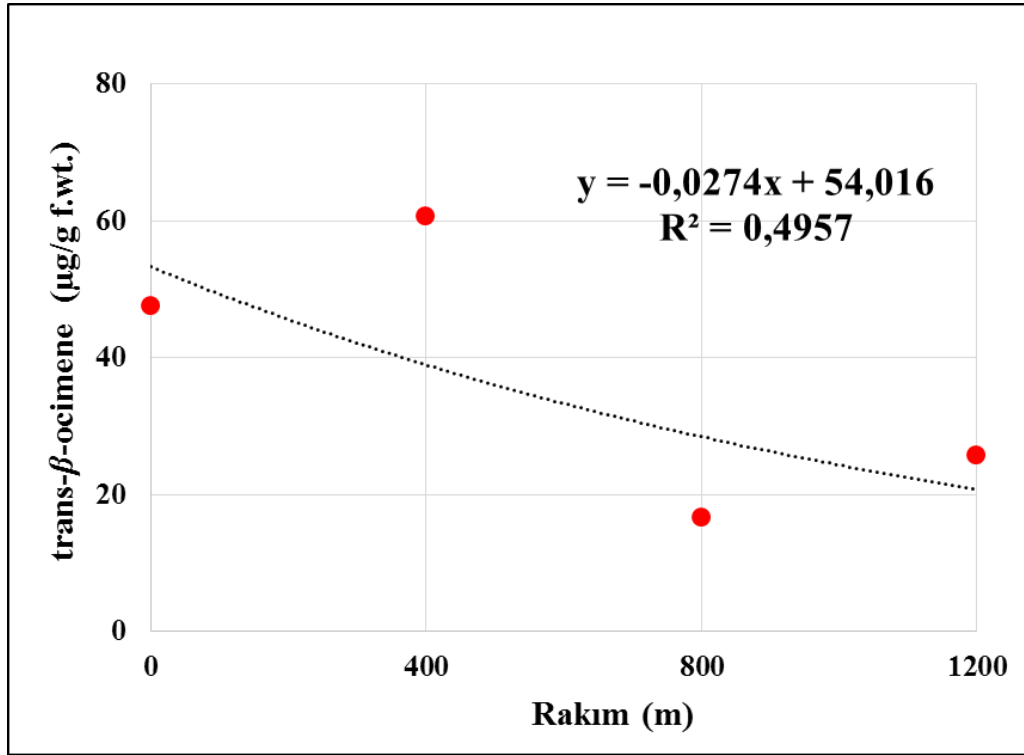
Şekil 4. 16. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama limonene konsantrasyonları



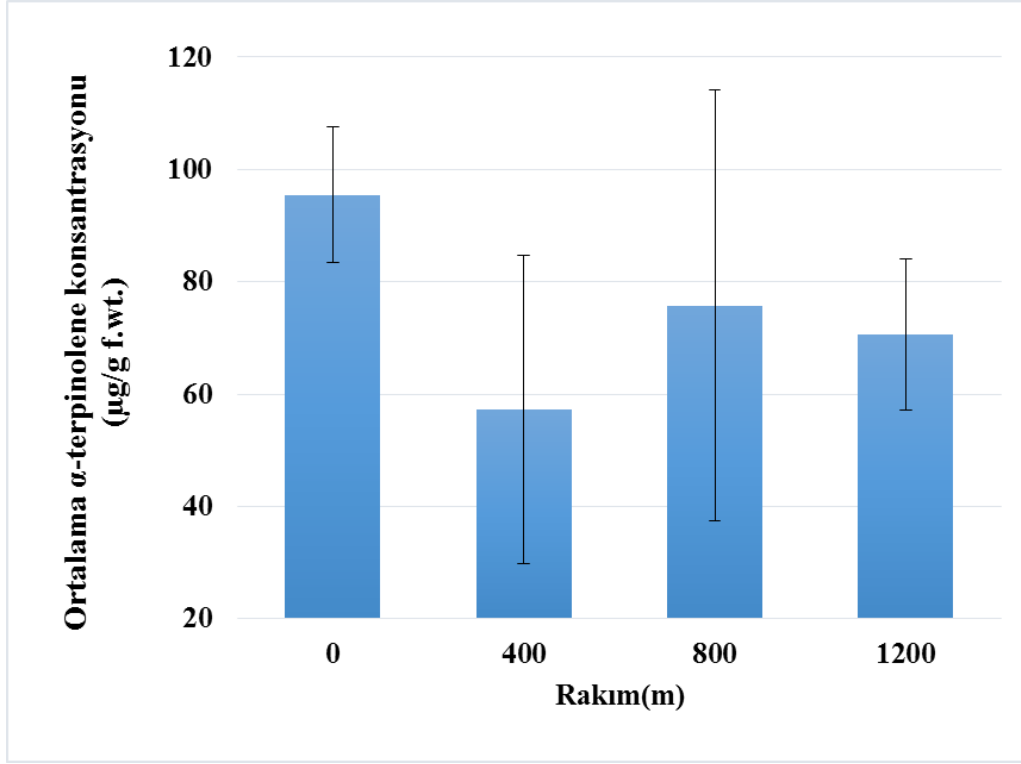
Şekil 4. 17. Ortalama limonene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



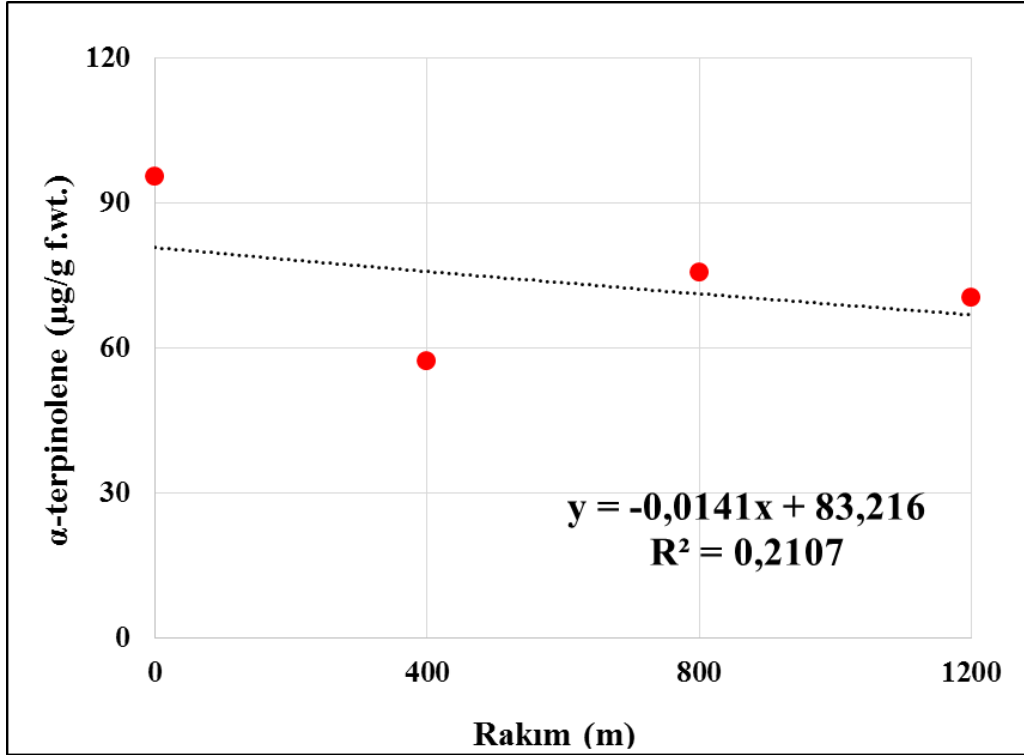
Şekil 4. 18. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama trans-β-ocimene konsantrasyonları



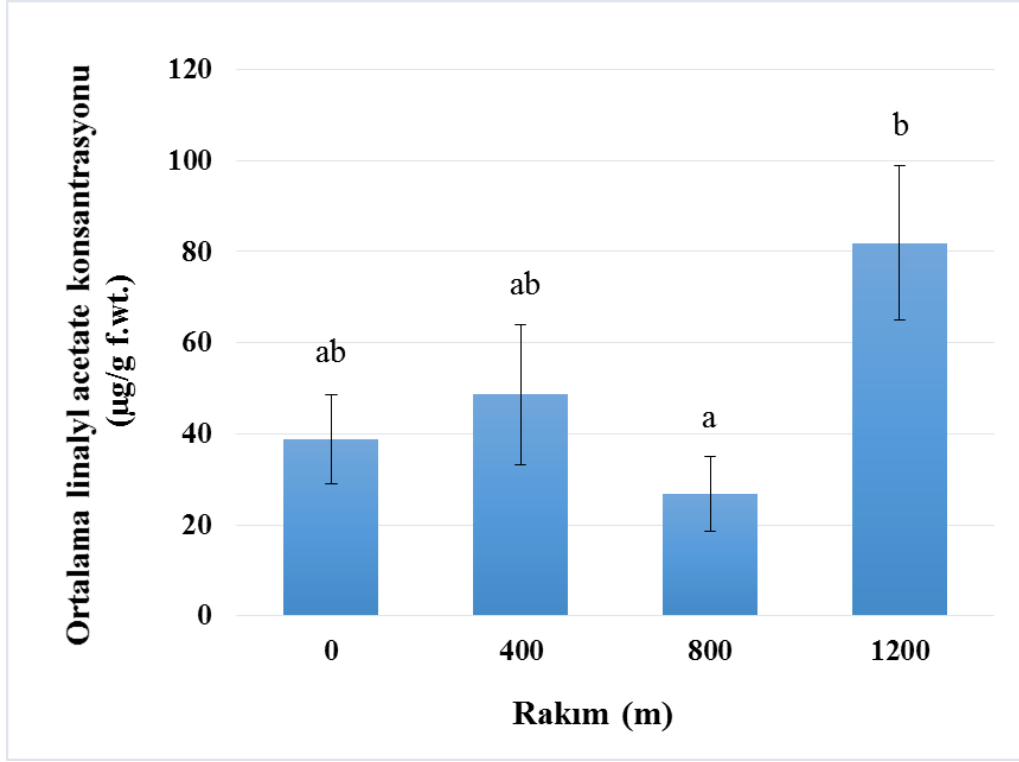
Şekil 4. 19. Ortalama trans-β-ocimene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



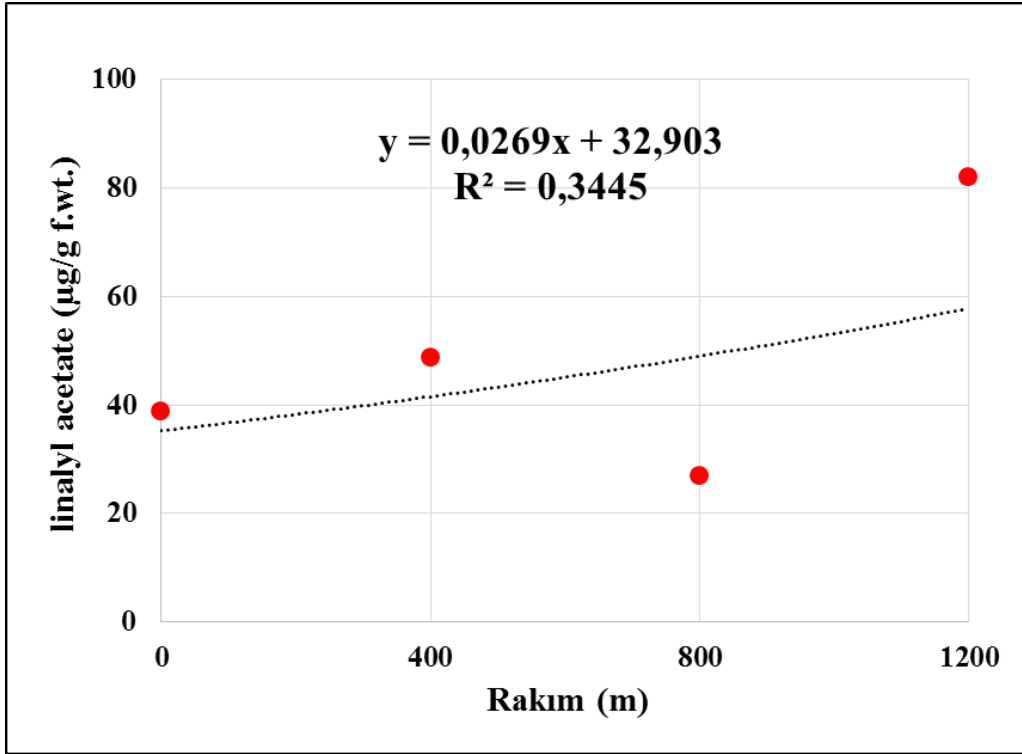
Şekil 4. 20. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama α -terpinolene konsantrasyonları



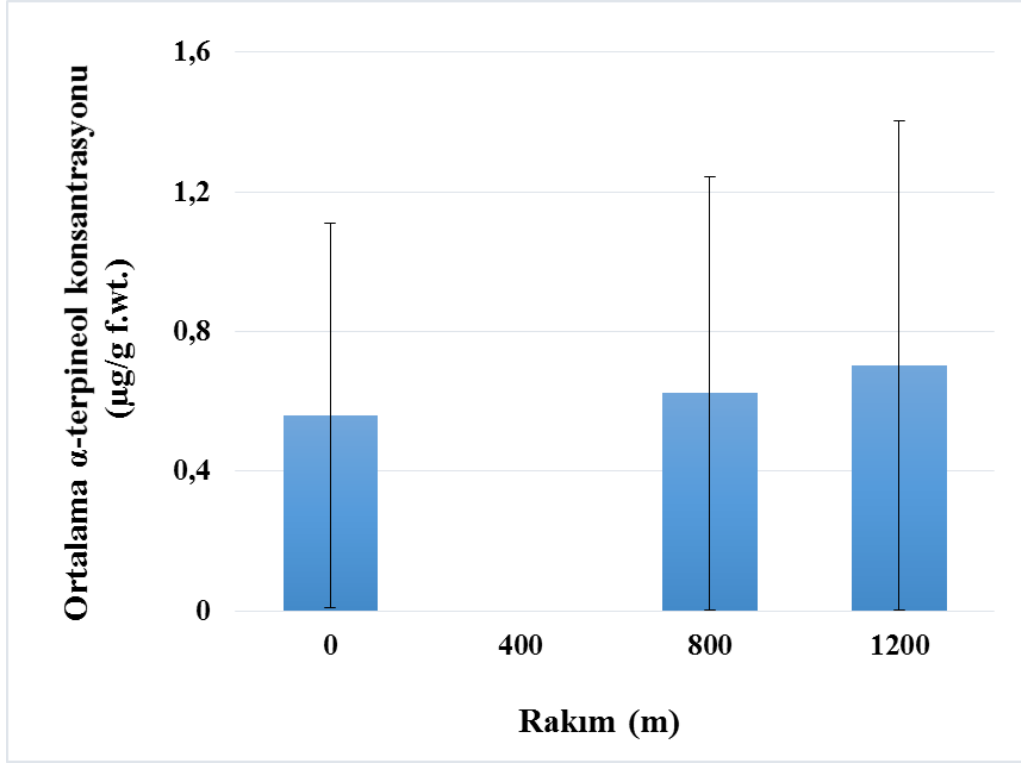
Şekil 4. 21. Ortalama α -terpinolene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



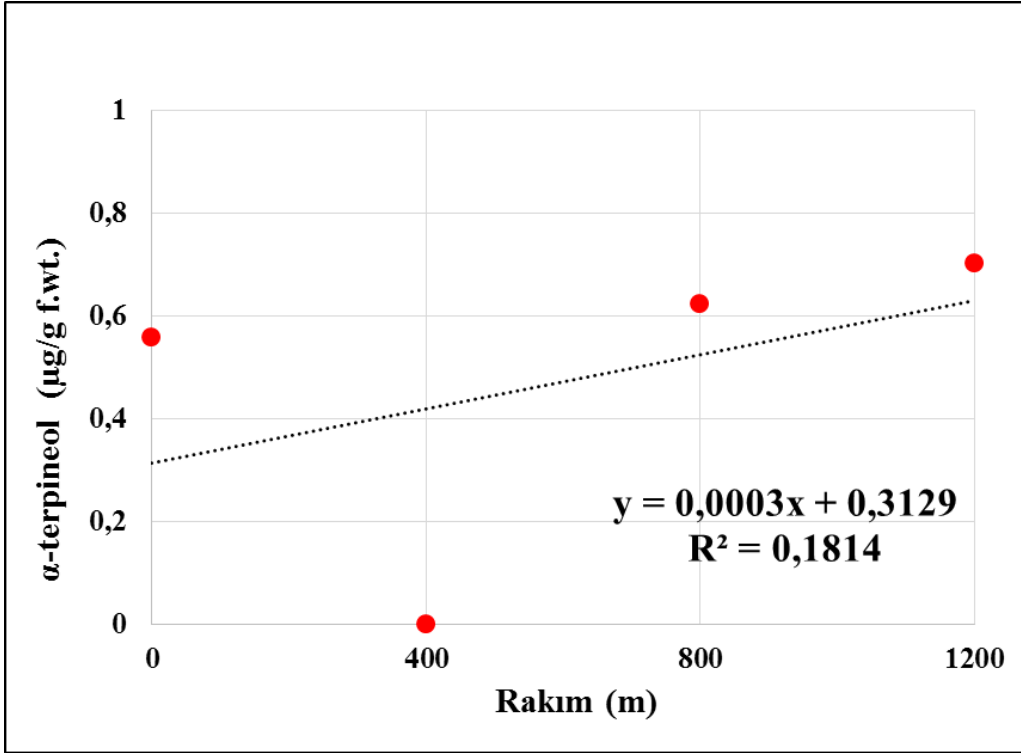
Şekil 4. 22. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama linalyl acetate konsantrasyonları



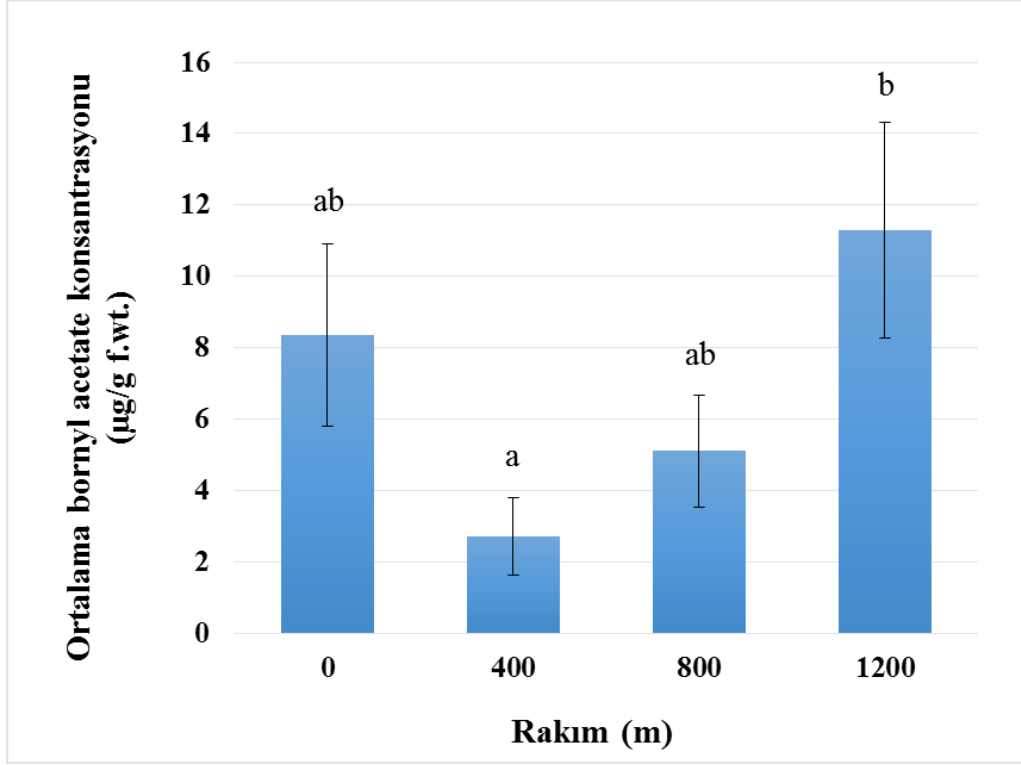
Şekil 4. 23 Ortalama linalyl acetate konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



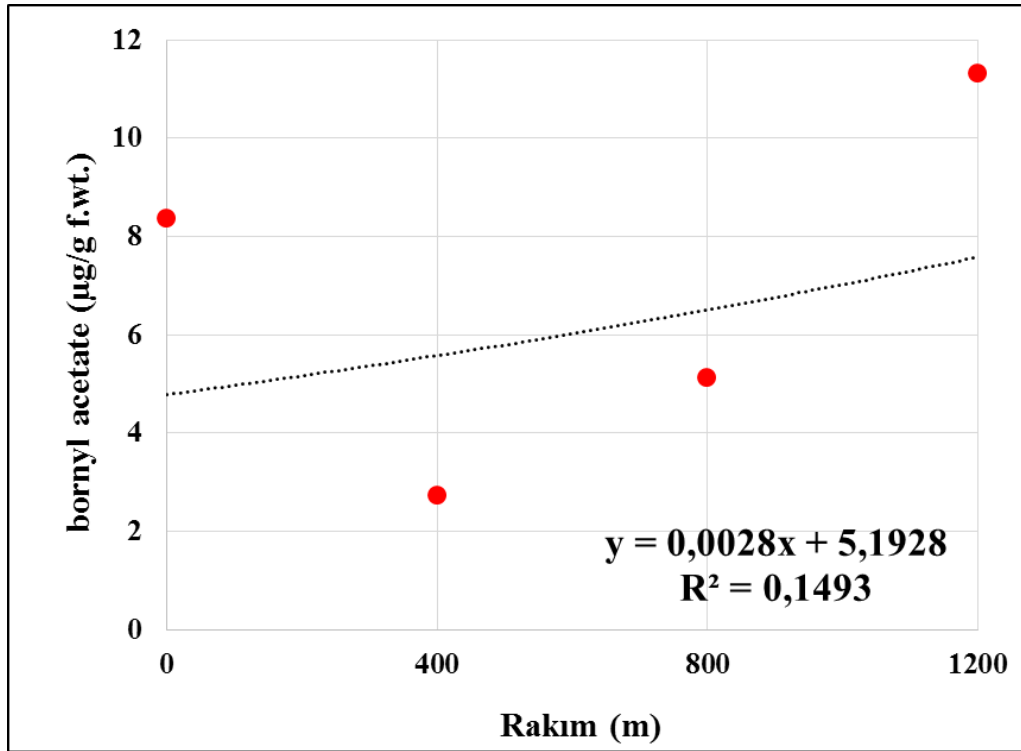
Şekil 4. 24. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama α -terpineol konsantrasyonları



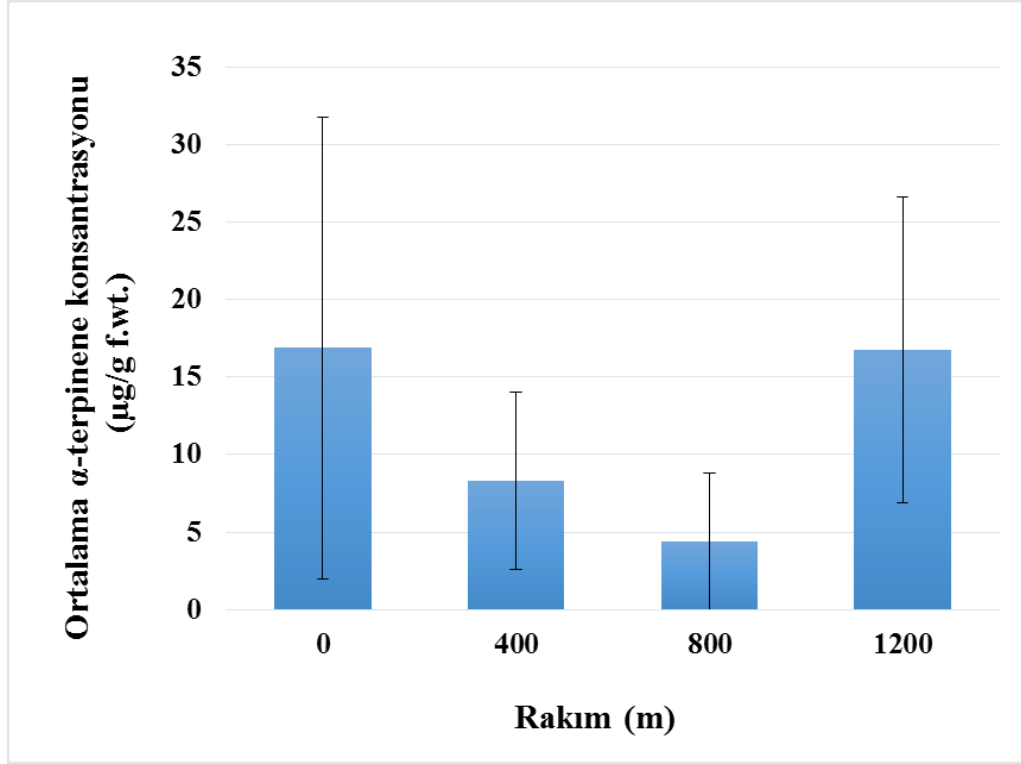
Şekil 4. 25. Ortalama α -terpineol konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



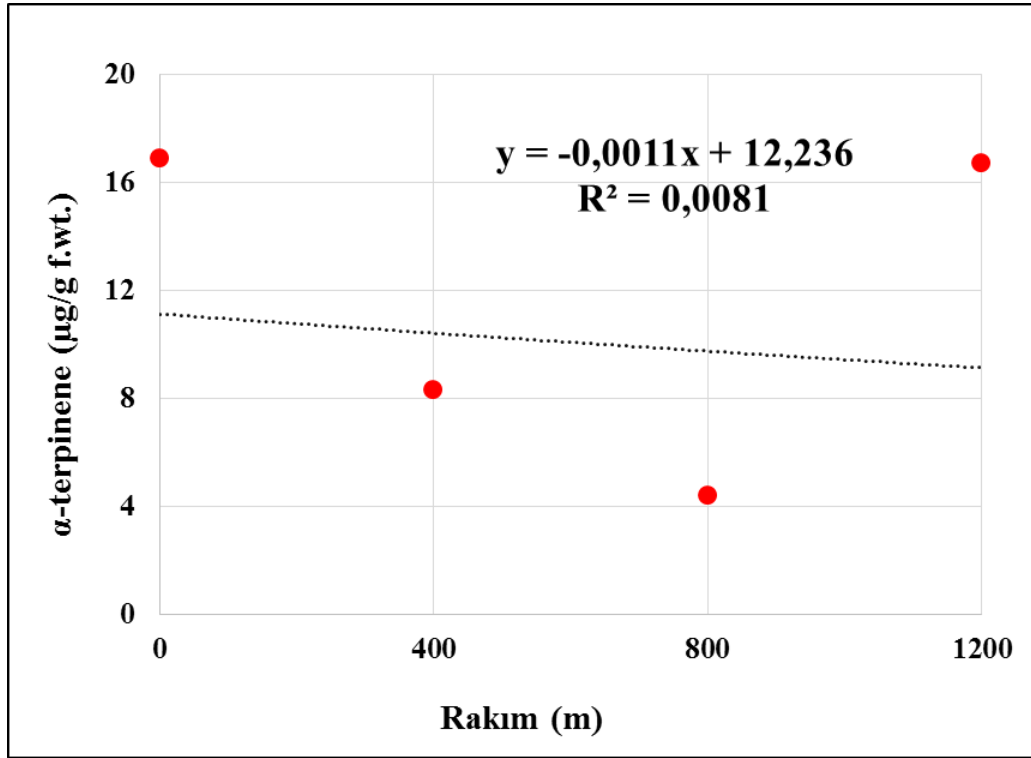
Şekil 4. 26. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama bornyl acetate konsantrasyonları



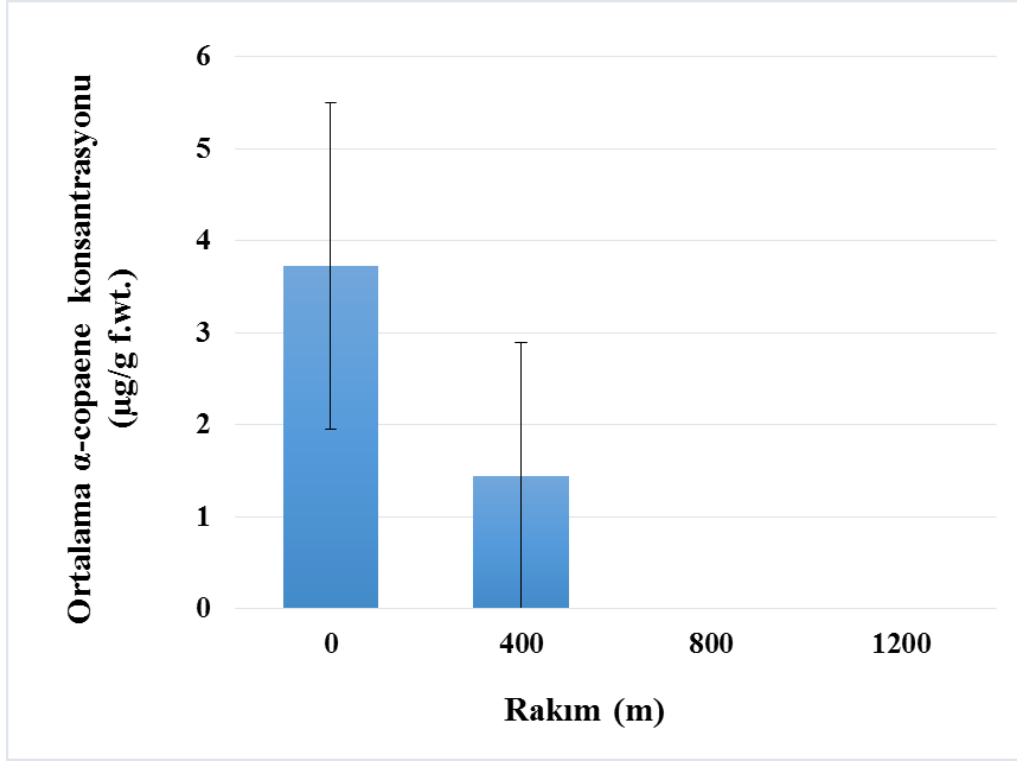
Şekil 4. 27. Ortalama bornyl acetate konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



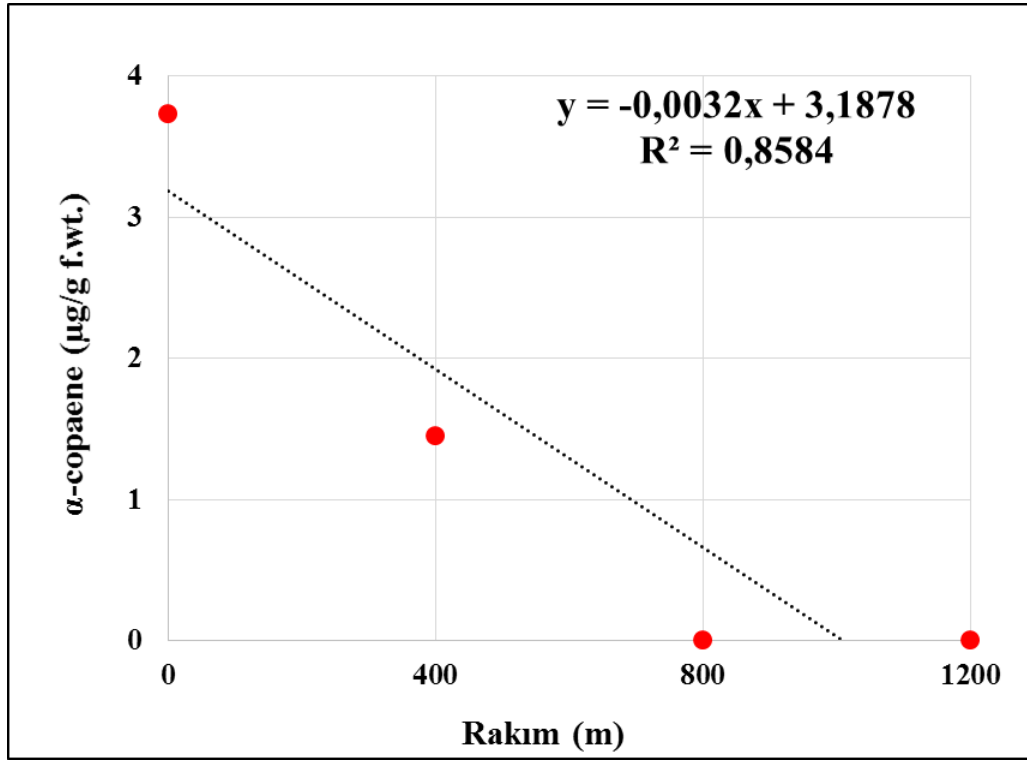
Şekil 4. 28. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama α -terpinene konsantrasyonları



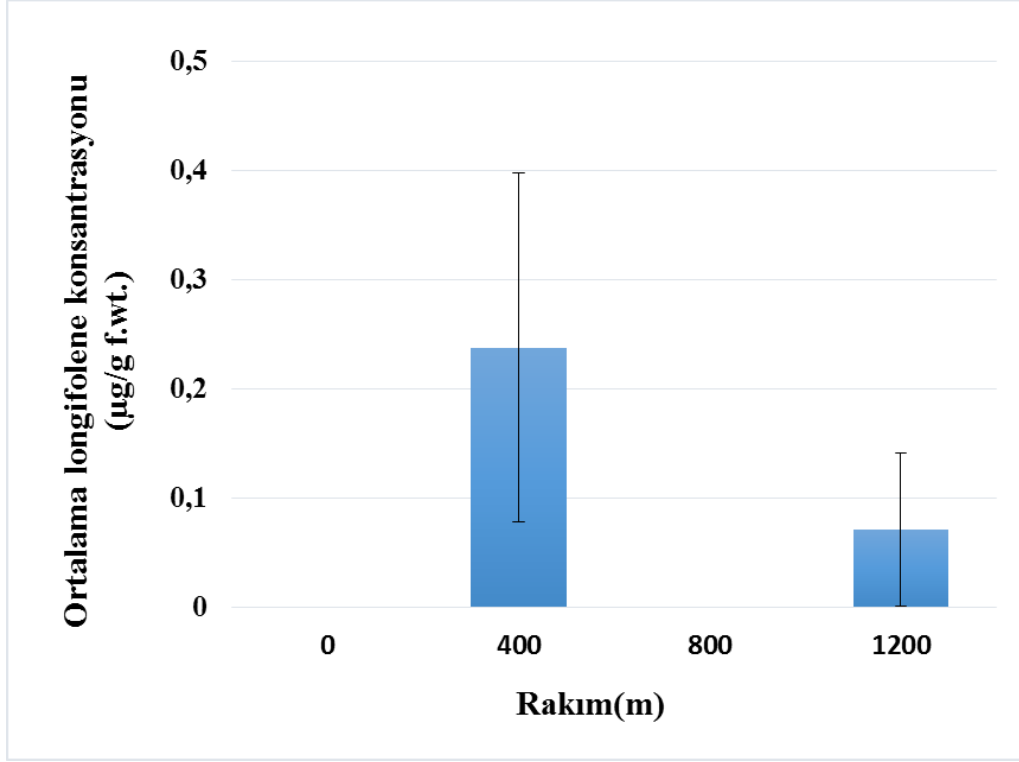
Şekil 4. 29. Ortalama α -terpinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



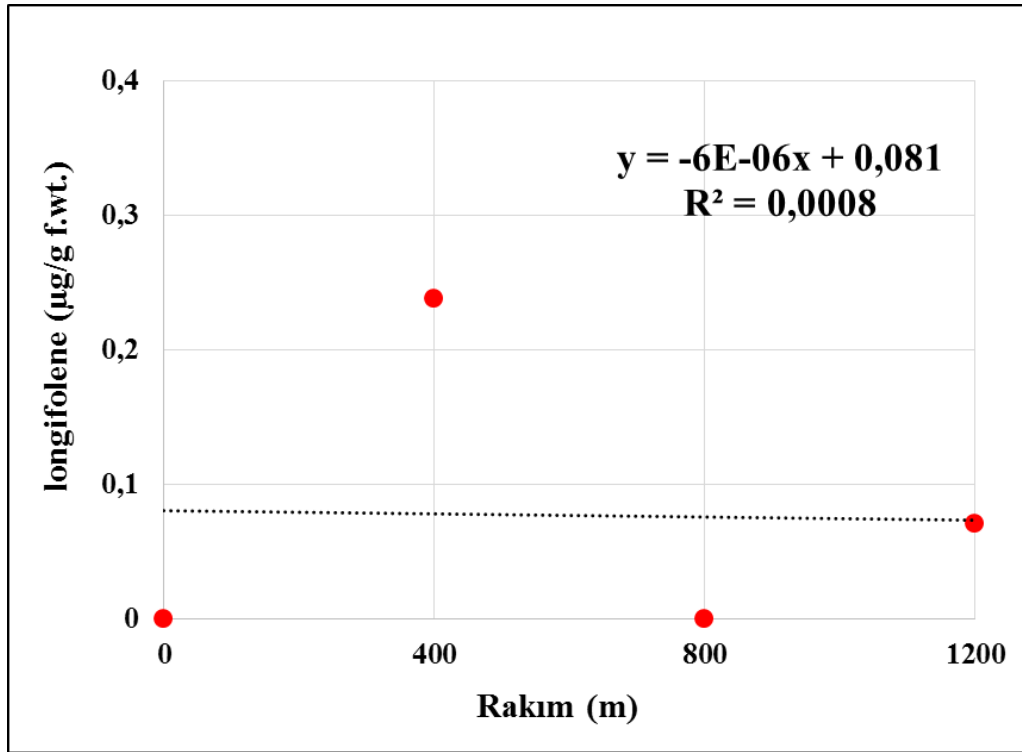
Şekil 4. 30. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama α -copaene konsantrasyonları



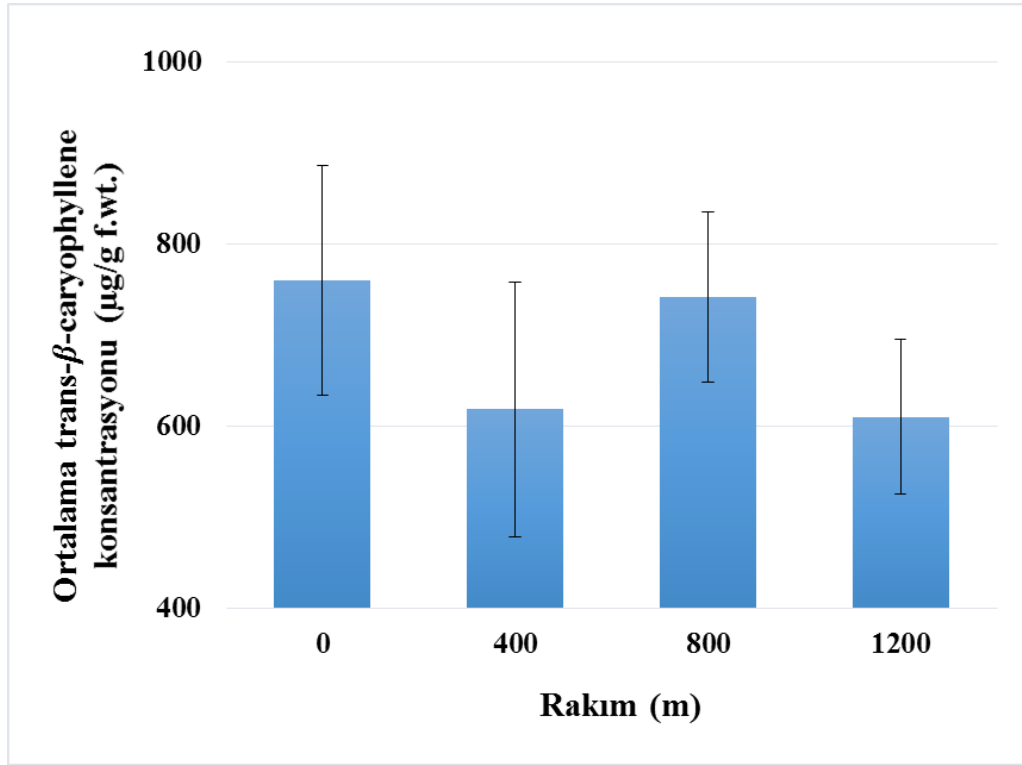
Şekil 4. 31. Ortalama α -copaene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



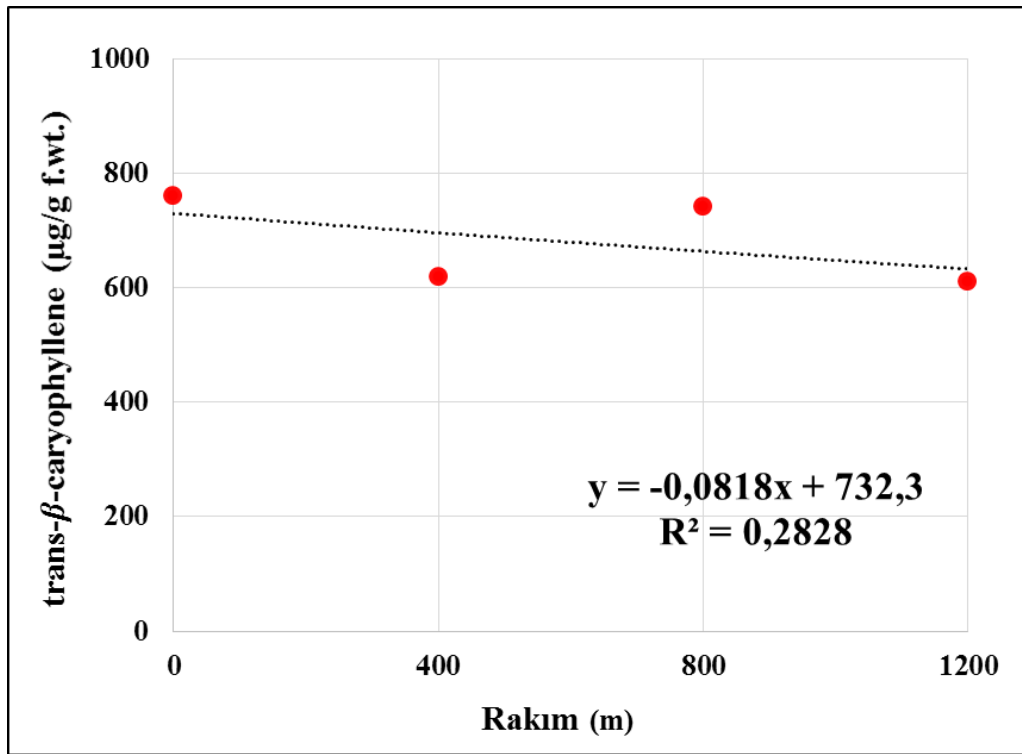
Şekil 4. 32. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama longifolene konsantrasyonları



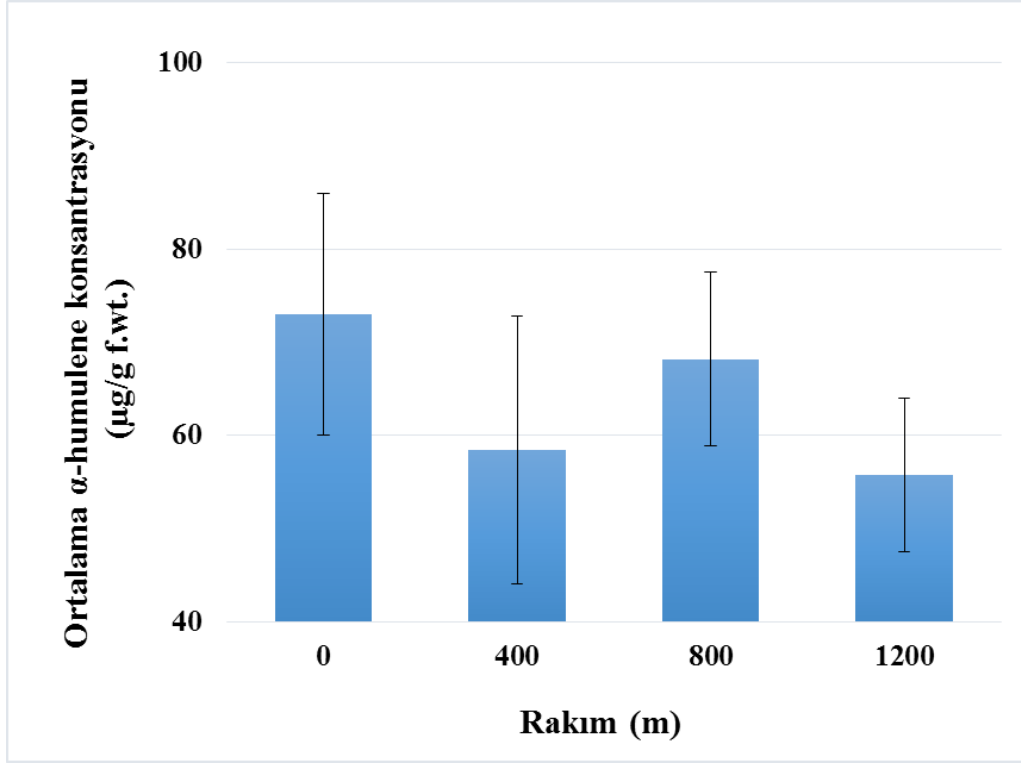
Şekil 4. 33. Ortalama longifolene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



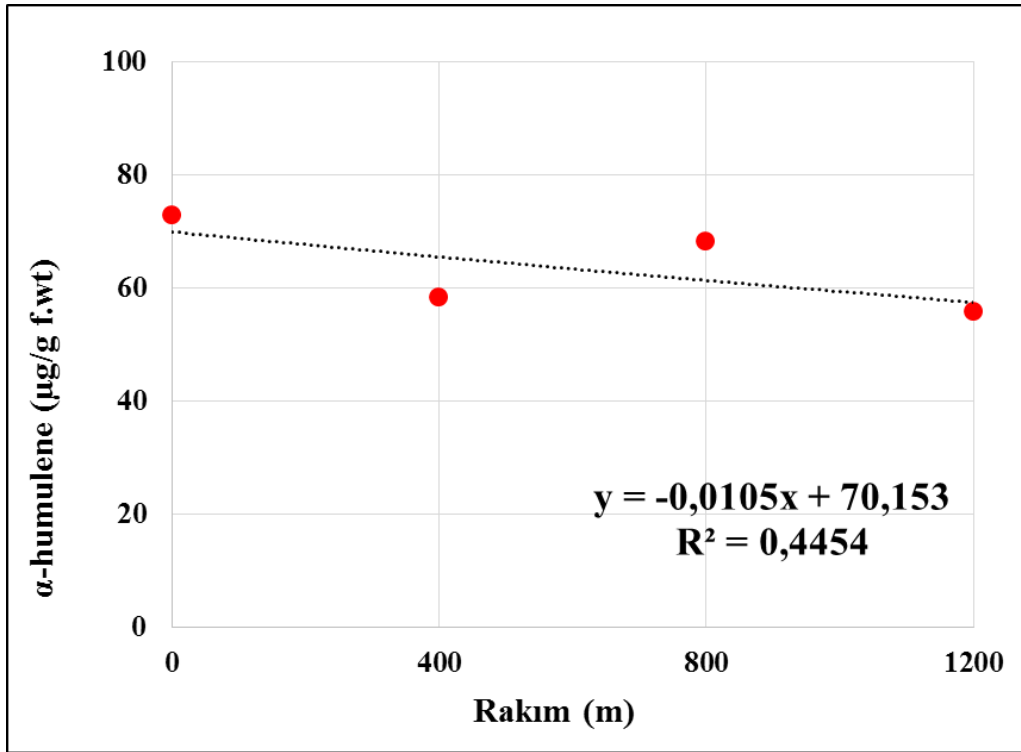
Şekil 4. 34. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama trans-β-caryophyllene konsantrasyonları



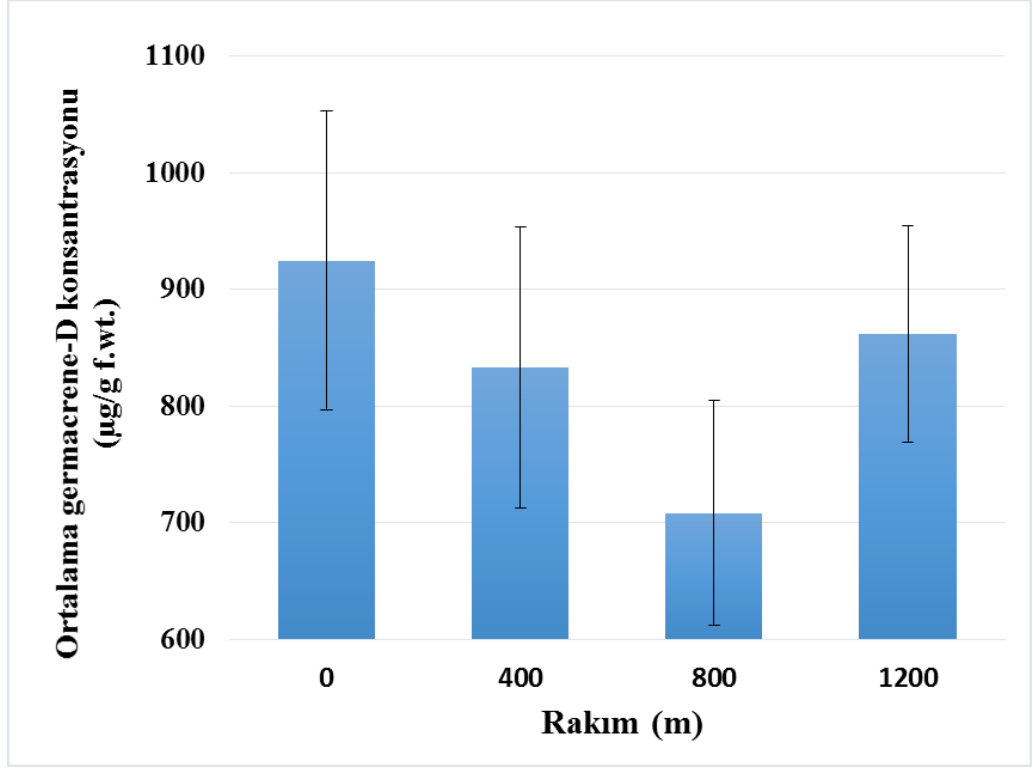
Şekil 4. 35. Ortalama trans-β-caryophyllene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



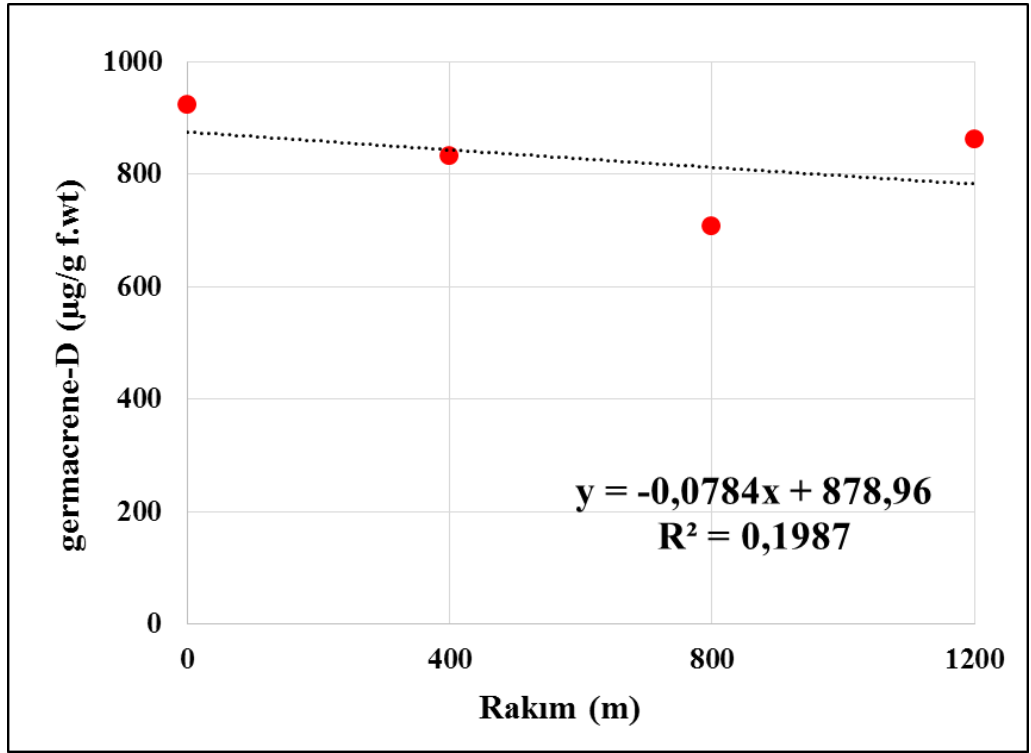
Şekil 4. 36. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama α -humulene konsantrasyonları



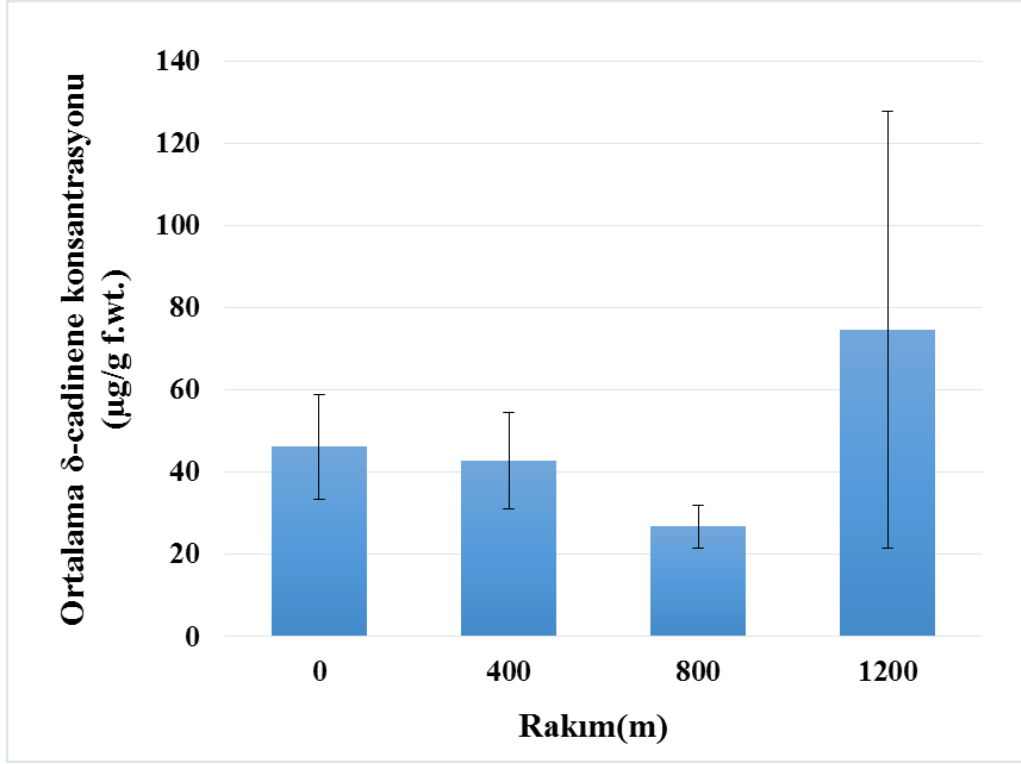
Şekil 4. 37. Ortalama α -humulene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



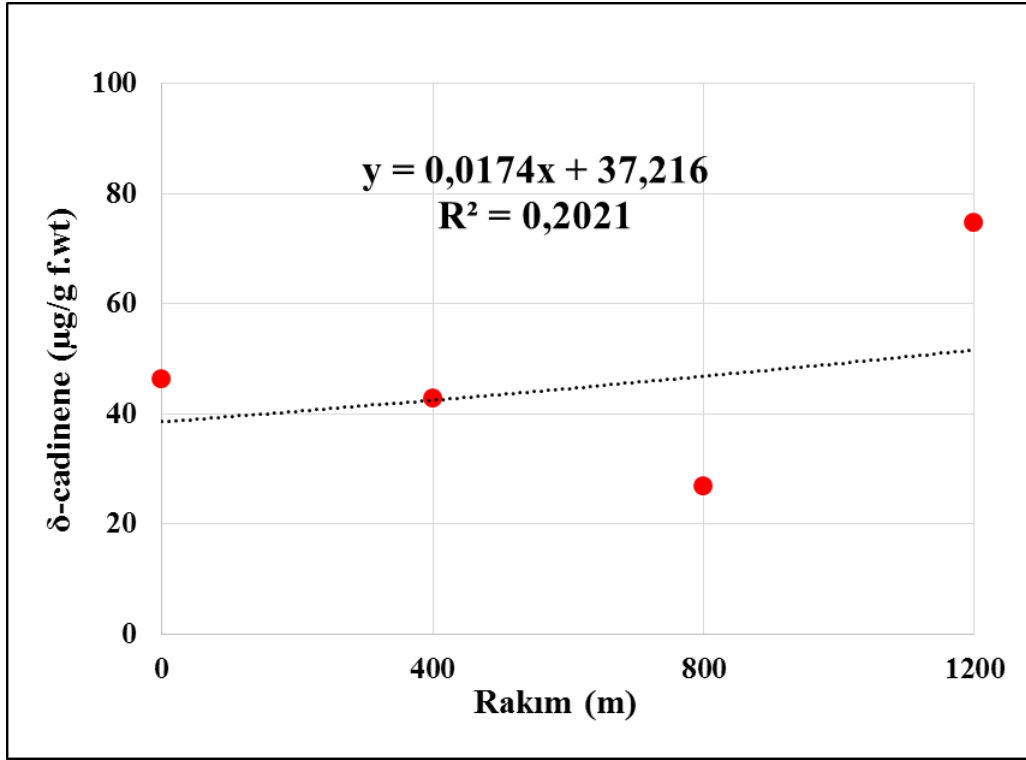
Şekil 4. 38. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama germacrene-D konsantrasyonları



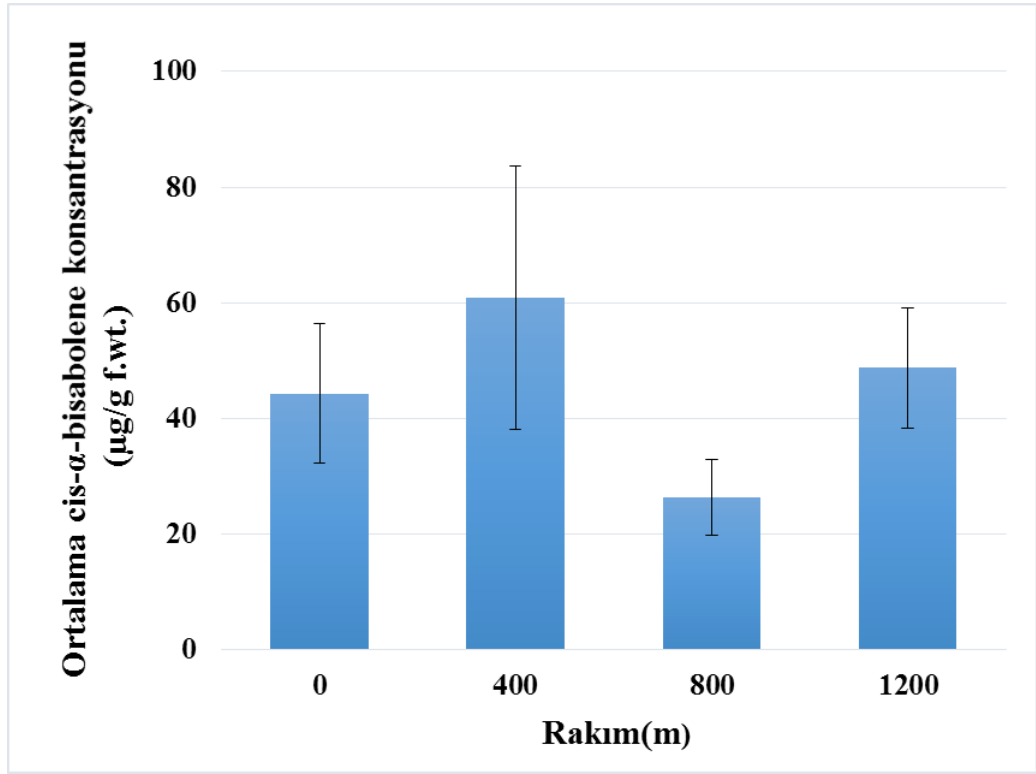
Şekil 4. 39. Ortalama germacrene-D konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



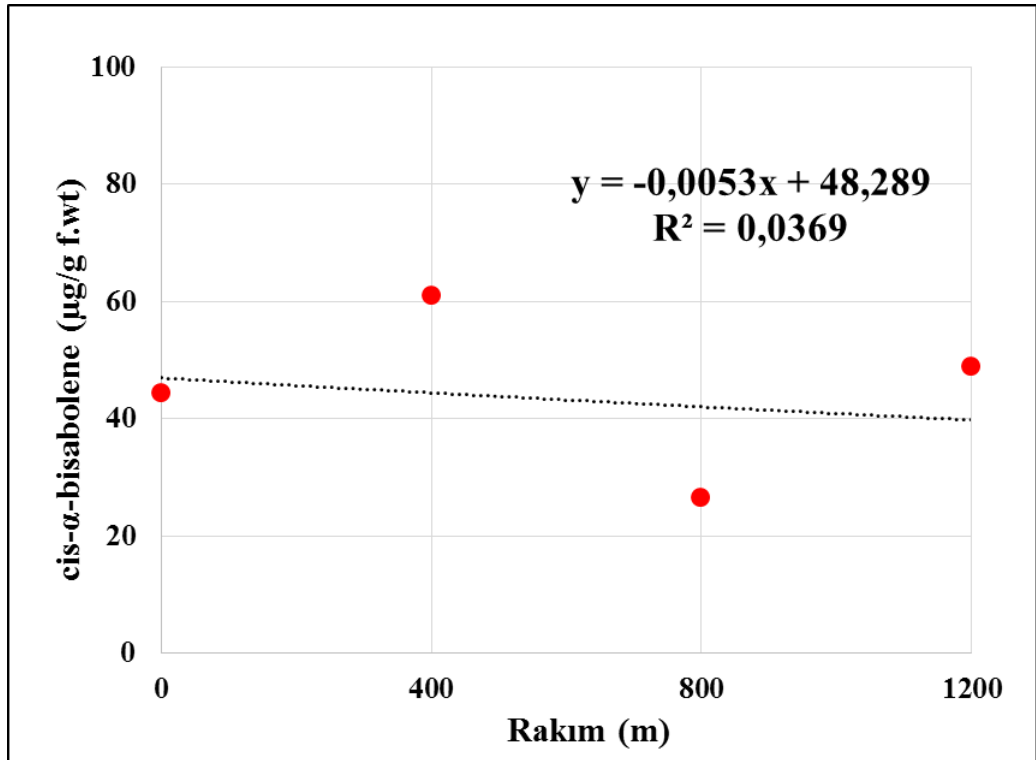
Şekil 4. 40. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama δ-cadinene konsantrasyonları



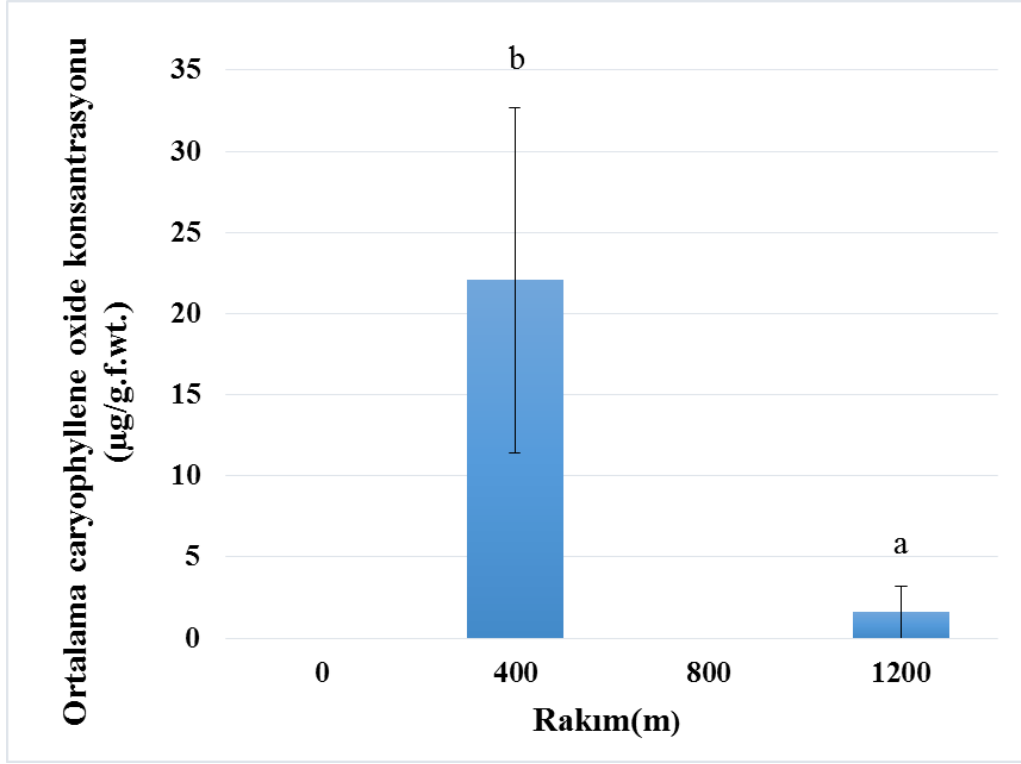
Şekil 4. 41. Ortalama δ-cadinene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



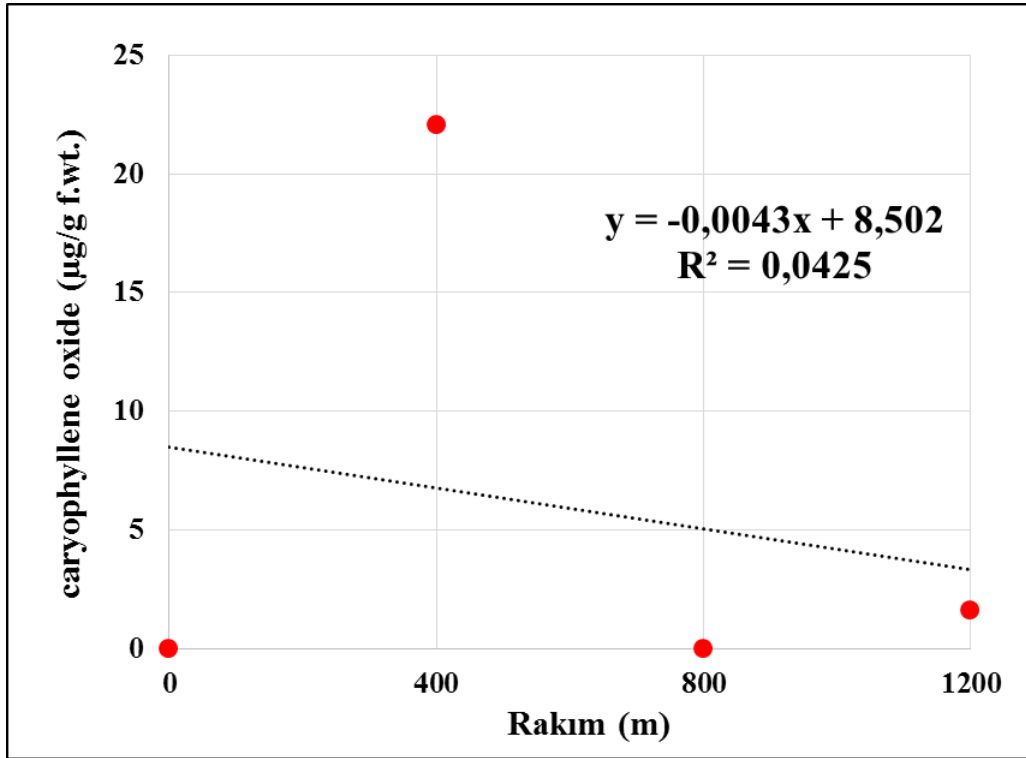
Şekil 4. 42. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama cis-α-bisabolene konsantrasyonları



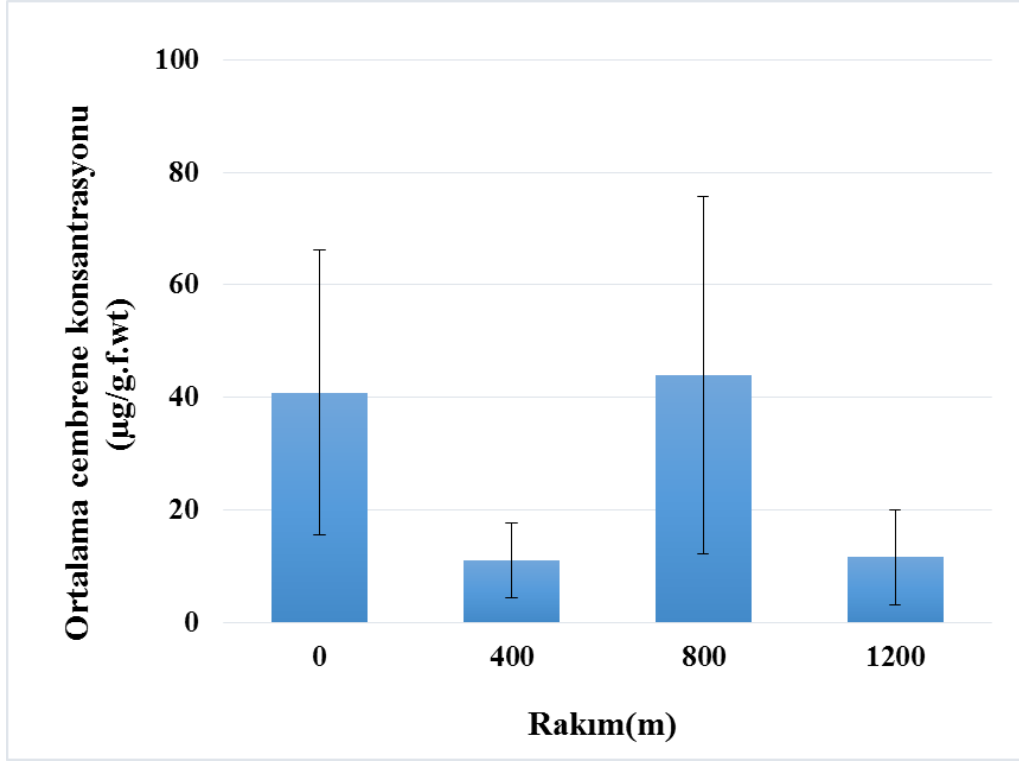
Şekil 4. 43. Ortalama cis-α-bisabolene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



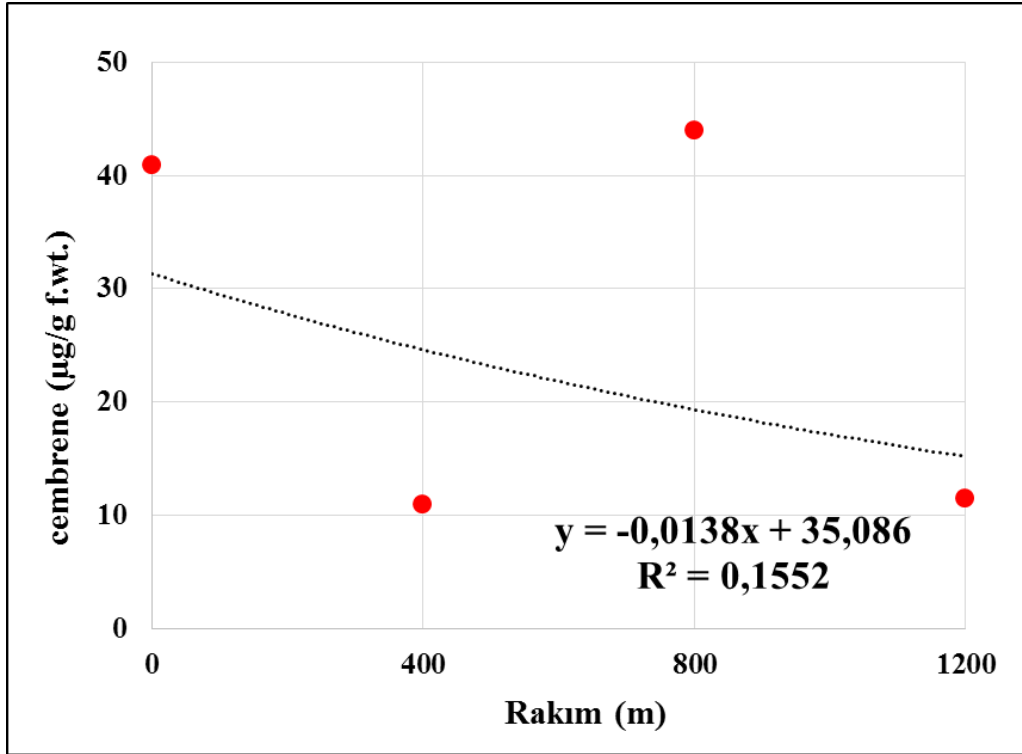
Şekil 4. 44. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama caryophyllene oxide konsantrasyonları



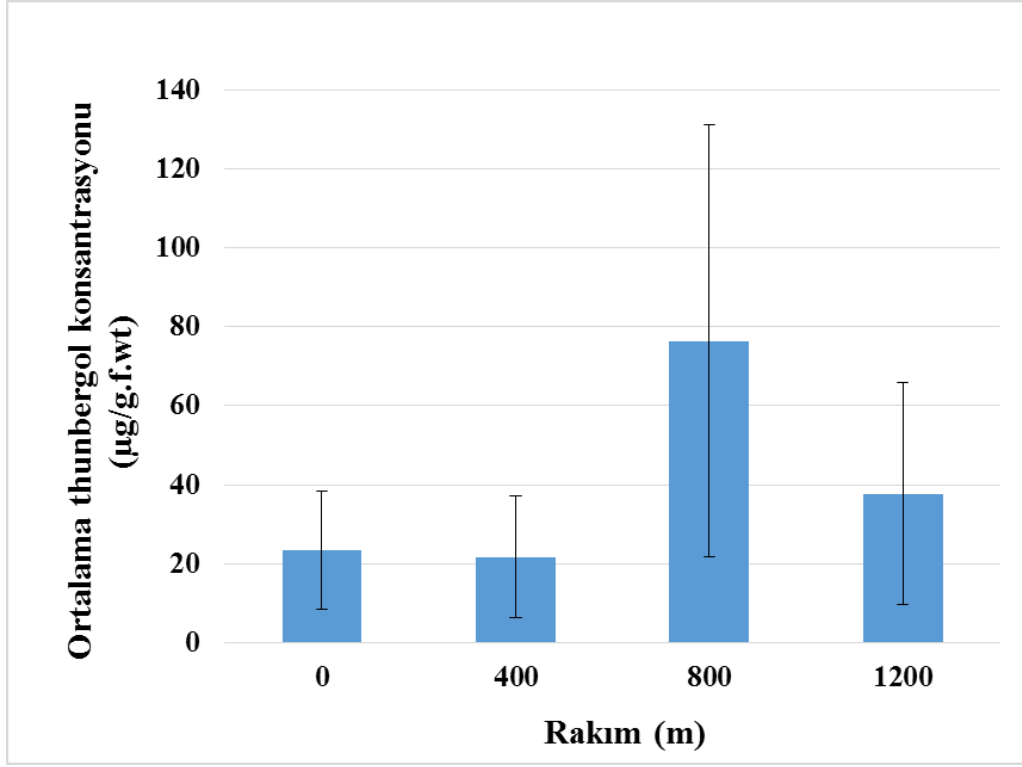
Şekil 4. 45. Ortalama caryophyllene oxide konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



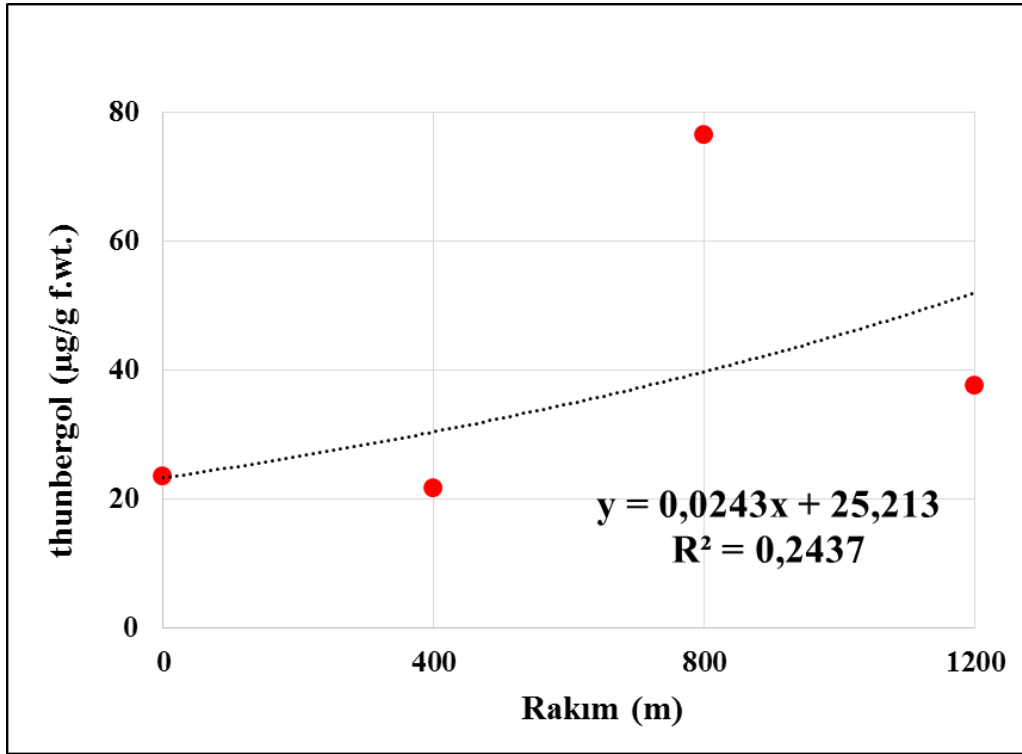
Şekil 4. 46. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama cembrene konsantrasyonları



Şekil 4. 47. Ortalama cembrene konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki



Şekil 4. 48. Farklı yüksekliklerden alınan *P. brutia* ibre yapraklarının ortalama thunbergol konsantrasyonları



Şekil 4. 49. Ortalama thunbergol konsantrasyonları ile yükseklik arasındaki ilişki

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kızılcım, doğal yayılış alanının dışında kalan bazı kurak yerlerin ağaçlandırılmasında, günden güne önemi artan bir bitkidir (Schiller 1994). Ülkemizde, ortalama yıllık 42.000 ha alan kızılçam ile ağaçlandırılmaktadır (Işık ve Kara 1997).

Ağaçlandırılan doğal sistemlerde yükseltinin artması ile birlikte çevresel faktörler değişime uğramaktadır. Bu faktörler yağış, ortalama sıcaklık, günlük termal genlik, toprak verimliliği, rüzgar hızı, aşırı sıcaklıklar, atmosferik basınç, kar örtüsü süresi, bitki örtüsü süresinin uzunluğu, radyasyon yoğunluğu şeklinde sınıflandırılabilir (Körner 1999). Bitkiler canlılığını iyi bir şekilde devam ettirmek değişen faktörlerle mücadele etmek ve kendilerini savunmak zorundadırlar.

Bitkilerin korunmak adına çeşitli savunma (kaçınma) mekanizmaları mevcuttur. Bunlardan en çok yaygın olanının bitki dokularındaki reçine miktarı ve kalitesi (bileşenleri) olduğu belirtilmiştir. Reçine miktarları ve kalitesi aynı türlerde olan bireyler arasında bile çok büyük farklılık gösterebilmektedir (Tobolski 1971). Bitki reçineyi, kendi düşmanlarına antibiyoti etkisi yaratmak üzere kullanmaktadır. Antibiyoti, birlikte yaşayan iki mikroorganizmadan birisinin diğerinin yaşamı üzerine zararlı etki yapmasıdır. Özellikle terpenler, herbivor böcekler üzerinde beslenmeyi durdurucu ve caydırıcı etkiler gösterebilmektedir. Terpenoid grupları arasında en büyük gruba monoterpenler sahiptir. Monoterpenler, herbivora ve hastalıklara karşı kimyasal bir savunma mekanizması işlevi gösterirken, tozlaştırıcılara karşı güzel kokusu ile çekicilik görevi de yapmaktadırlar (Langenheim 1994). Ayrıca yapılan geçmiş çalışmalarda reçine asitlerinde artış meydana geldikçe çevresel faktörlere karşı savunmanın arttığı gözlemlenmiştir. Yani yüksek rakımlara çıkıldıkça ağacın hayatta kalma olasılığının yükseldiğini söyleyebiliriz.

Arrabal ve arkadaşlarının (2005) İspanya'da *Pinus pinaster* türünde yaptığı bir çalışmada monoterpen bileşikleri elde edilmiş, α -pinene, camphene, β -pinene, myrcene, α -terpinolene, bileşikleri abiyotik faktörlerden olan bitkinin bulunduğu alana düşen yağış ve sıcaklık yüzdesi arasında anlamlı bir ilişki gözlenememiştir. Bizim çalışmamız sonucunda kızılçam türünün, bitkilerin yaşam sınırlarında önemli bir belirleyici olan yüksekliğe bağlı olarak terpen profillerinde, oluşan varyasyon

açığa çıkartılmış, α -pinene, camphene, β -pinene, myrcene, α -terpinolene bileşikleri ile diğer bir abiyotik faktör olan yükselti arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanamamıştır. Her iki çalışmayı incelediğimiz zaman benzer durumlar ortaya çıkmakta bu monoterpen türlerin sıcaklık, yağış ve yükselti gibi abiyotik faktörlere karşı negatif etki gösterdikleri kanıtlanmaktadır.

Semiz ve arkadaşlarının (2007) farklı bölgelerdeki *Pinus sylvestris* türün terpen ve reçine asitlerinde yaptığı çalışmada terpenlerde tespit edilen 3-carene ve caryophyllene bileşiklerinin pozitif ilişkisi bulunmuştur. Bazı bölgedeki terpen üretimini kontrol eden çeşitli genetik mekanizmaların olduğunu doğrulamış, bu genetik özelliklerin diğer bölgelerde çok rahat ayırt edilebildiğini ortaya koymuştur. Bizim yaptığımız çalışmada da 3-carene ve caryophyllene bileşikleri ile yükseklikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Sonuç olarak genetik ve çevresel faktörlerin bileşikler üzerinde etkisi olduğunu söyleyebiliriz. Bölgenin düşük rakım, şehir bölgesine yakın olması çevresel kirliliği ve antropojenik etkiyi arttırabilmekte ve bileşiğin değerlerini değiştirebilmektedir. Yükseklerle çıkıldıkça antropojenik etki azalmakta, bitki genetik varlığını daha kesin şekilde gösterebilmekte ve bileşik artış gösterebilmektedir.

Trans- β -ocimene bileşik değerleri ile yükseklikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p < 0,001$). Rakım arttıkça bileşikte düşüş gözlenmiştir. Her rakımda farklı konsantrasyonlar elde edilmiştir. Loreto ve arkadaşlarının (1998) *Quercus ilex* L. türünün, yapraklarındaki monoterpen miktarının ısı stresine olan etkisini araştırdığında, α -pinene ve β -pinene bileşiklerinin yüksek ısıya pozitif cevap verdiğini gözlemlemişlerdir. Fakat trans- β -ocimene bileşiğine baktıklarında bileşiğin, artan ısıya herhangi bir etki göstermediği gözlenmiştir. Loreto ve arkadaşlarına göre monoterpen oluşumları enzimler tarafından kontrol edilmektedir. α -pinene, β -pinene gibi bileşikler siklazlar tarafından sentezlenmekte ve enzimatik yapıdadır. Fakat trans- β -ocimene bileşiği asiklik yapıda olduğu için enzimatik bir etkiye sahip değildir ve sıcaklıkla beraber artış göstermemektedir. Yükseltinin fazla olduğu yerlerde basınç ve sıcaklık farklılıklarına bağlı olarak soğuk olma ihtimali artmakta ve soğuk iklim kuşağı yer almaktadır. Her iki çalışma da birbirini destekler nitelikte olup trans- β -ocimene bileşiği enzimatik yapıda olmadığı için yükseltinin artması ve sıcaklığın azalması ile beraber azalma göstermektedir.

Peana ve arkadaşlarının (2002) yaptığı çalışmaya göre linalyl acetate esans yağları, organizmalarda iltihaplanma aktivitesinde önemli rol oynayan bir bileşiktir. Linalyl acetate üreten türler potansiyel olarak anti-enflamatuar etki gösteren türlerdir. Bizim çalışmamızda Linalyl acetate bileşiği ile yükseklikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Yükselti arttıkça bileşiğin artış gösterdiği gözlenmiştir. Yükseklere çıkıldıkça vejetasyon süresinin kısılması nedeniyle, ağaçların toprak tarafından tutunması güçleşmekte ve değişen ortam koşulları yüzünden zararlı etkilere açık hale gelmektedir. Tür, zararlı etkilerle baş edebilmek ve yaşamını devam ettirebilmek için linalyl acetate bileşiği artan yükselti ile beraber artış gösterdiği sonucuna ulaşabiliriz.

Kızılçam ekonomik olarak değerli bir türdür. Yayılışı 5,6 milyon ha.'dır. İklim bölgesinde yer alan dağlar ya da dağ sırasında belirli özellikler değişmektedir. Bu özellikler artışa bağlı olarak sıcaklık azalması, vejetasyon süresinin azalması, doğrudan gelen güneş radyasyonunun artması, duruma göre yağış miktarındaki artış veya azalmadır. Bu durumlar, dağın mevcut durumuna bağlı olarak dikey yönde ayrı bir veya birden fazla ortamın oluşmasını sağlar (Atalay ve diğ. 2014). Kızılçamın bu tarz stres durumlarına dayanıklı olmasını sağlayan, doğal ürünler sınıfı olan terpenler, organizmalar arasında antagonistik ve yararlı etkileşimlere aracılık etmede çeşitli rollere sahiptir. Terpenler bitkinin büyüme ve gelişim fizyolojisini düzenledikleri gibi abiyotik ve biyotik stres faktörlerin toleransında rol oynamaktadırlar. Bu çalışmada Kızılçamda terpen içeriğinin yükseltiye bağlı varyasyonu ve bu bileşiğin değişik çevresel parametrelerde ilişkisi ortaya çıkarılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Ahn, Y., Lee, S., Lee, H. and Kim, G., "Insecticidal and Acaricidal Activity Of Carvacrol and β -Thujaplicine Derived From *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* Sawdust", *J. Chem. Ecol.*, 24 (1), 81-89, (1998).
- Anonim., Orman Varlığımız, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 160s, Ankara, (2006).
- Anşin, R. Tohumlu Bitkiler *Gymnospermae* (Açık Tohumlular), Karadeniz Teknik Üniversitesi, 262s, Trabzon, (1994).
- Anşin, R., ve Z. C. Özkan. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, (1997).
- Arbez, B., Dagan, B. and Fillon, C., "Variabilité intraspécifique des monoterpènes de *Pinus nigra* Arn.: bilan des premiers résultats", *Annales des Sciences Forestières*. Vol., 31. No. 1., (1974).
- Arimuda, G., Kost, C. and Boland, W., "Herbivore-induced, indirect defences", *Biochim. Biophys. Acta* 1734 (2), 91-111, (2005).
- Arrabal, C., Cortijo, M., Simon, B., Vallejo, M. and Cadahia, E., "Differentiation among five Spanish *Pinus pinaster* provenances based on its oleoresin terpenic composition", *Biochem. System. Ecol.*, 33(10), 1007-1016, (2005).
- Asmaz, H., "Akdeniz peyzajında kızılçamın önemi", Uluslararası Kızılçam Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Marmaris, s:18-23, (1993).
- Atalay, I., Sezer, I. ve Çukur, H., "Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarının ekolojik özellikleri ve tohum nakli açısından bölgelere ayrılması", Orman Bakanlığı Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü, Ankara, (1998).
- Atalay, I., Efe, R., and Öztürk M., "Effects of topography and climate on the ecology of Taurus mountains in the Mediterranean region of Turkey", *Procedia-Soc. Behav. Sci.*, 120, 142-156, (2014).
- Mammadov, R. and Aydın, C., "Phenolic composition, antioxidant, antibacterial, larvicidal against *Culex pipiens*, and cytotoxic activities of *Hyacinthella lineata* Steudel extracts", *Int. J. Food Prop.*, 20(10), 2276-2285, (2017).

- Baradat, P.H. and Yazdani, R., "Genetic expression for monoterpenes in clones of *Pinus sylvestris* grown on different sites", *Scand. J. For. Res.*, 3, 25-36, (1988).
- Baştürk, K., ve Aladağ, C., "Maki ve Garig topluluklarının Türkiye'deki yayılış alanları ve ekolojik özelliklerinin incelenmesi", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22, 67-80, (2009).
- Breitmaier, E., *Terpenes: flavors, fragrances, pharmaca, pheromones*, John Wiley & Sons, p: 29, (2006).
- Boydak, M., Dirik H. and Calikoglu M., "Biology and Silviculture of Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.)", OREM-Vak, 253 p., Ankara, (2006).
- Bozkurt, Y., Göker, Y. ve Erdin, N., *Emprenye Tekniği Ders Kitabı*, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3779/425, s. 395, İstanbul, (1993).
- Boztaş, G. F., "Bazı Terpenlerin Tetrasitannoetilen (TCNE) Katalizatorlüğünde Alkoliz Reaksiyonları ve Stereokimyalarının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 68s, Kocaeli, (2012).
- Çatal, Y., Gürlevik, N., Karatepe, Y. ve Carus, S., "Isparta-Gölcük Yöresi Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosu", *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 6 (2), 78-90, (2005).
- Colazza, S., Fucarino, A., Peri, E., Salerno, G., Conti, E. and Bin, F., "Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids", *J. Experiment. Biol.*, 207, 47-53, (2004).
- Colazza, S., Mc Elfresh, J.S. and Millar, J.G., "Identification of volatile synomones, induced by *Nezara viridula* feeding an oviposition on bean spp., that attract the egg parasitoid *Trissolcus basalus*", *J. Chem. Ecol.*, 30, 945-964, (2004).
- De Moraes, C.M., Lewis, W.J., Pare, P.W., Alborn, H.T., Tumlinson, J.H., "Herbivore infested plants selectively attract parasitoids", *Nature*, 393, 570-573, (1998).
- Değirmenci, H. and Erkurt, H., "Relationship between volatile components, antimicrobial and antioxidant properties of the essential oil, hydrosol and extracts of *Citrus aurantium* L. flowers." *J. Infect. Public. Heal.*, 10, (2019).
- Dicke, M., "Evolution of induced indirect defence of plants. In: R. Tollrian and C. D. Harvel (Editors.)", *The Ecology and Evolution of Inducible Defenses*, pp.62-88, Princeton University Press, Princeton, NJ, USA, (1999).

- DPT, "Ağaç ürünleri ve mobilya sanayii özel ihtisas komisyonu raporu", Dokuzuncu Kalkınma Planı, Ankara, http://plan9.dpt.gov.tr/oik57_agacmobilya/agac_mobilya.pdf, (2006).
- Erten, A., "Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Toros sedirinin (*Cedrus libani* A. Richard) çeşitli yöntemlerle emprenyesi", Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 29 s., (1986).
- Gallis, A. T., Doulis, A. G., and Papageorgiou, A. C., "Variability of cortex terpene composition in *Cupressus sempervirens* L. provenances grown in Crete, Greece" *Silvae Genet.*, 56, 294-299, (2007).
- Gershenzon, J., and Dudareva, N., "The function of terpene natural products in the natural world", *Nature Chem. Biol.*, 3(7), 408-414, (2007).
- Gleizes, M., Pauly, G., Dagan, C. and Jacques, R., "Effects of light on terpene hydrocarbon synthesis in *Pinus pinaster*", *Physiol. Plant.*, 50(1), 16-20 (1980).
- Gref, R. and Tenow, O., "Resin acid variation in sun and shade needles of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)", *Can. J. Forest Res.*, 17(4), 346-349, (1987).
- Hanover, J.W., "Environmental variation in the monoterpenes of *Pinus monticola* Dougl", *Phytochem.*, 5, 713-717, (1966).
- Hanover, J.W., "Applications of terpene analysis in forest genetics", *New Forest.*, 6(1-4), 159-178, (1992).
- Hilker, M., Rohfritsch, O. and Meiners, T., "The plant's response towards insect egg deposition" *Chemoecology of Insect Eggs and Egg Deposition*, Blackwell, pp. 205-233, Berlin, (2002).
- Hudgins, J. W. and Vincent R., "Methyl jasmonate-induced ethylene production is responsible for conifer phloem defense responses and reprogramming of stem cambial zone for traumatic resin duct formation", *Plant Physiol.*, 135(4), 2134-2149, (2004).
- Işık, K., Topak, M., ve Keskin, A.C., "Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijin Denemeleri", *Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Enstitüsü Yayınları* 3; 139 s., (1987).
- Isik, K. and Kara, N., "Altitudinal variation in *Pinus brutia* Ten. and its implication in genetic conservation and seed transfers in southern Turkey", *Silvae Genet.*, 46(2), 113-119, (1997).

- Kainulainen, P., Holopainen, J., Hyttinen, H. and Oksanen, J., "Effect of ozone on the biochemistry and aphid infestation of Scots pine", *Phytochem.*, 35(1), 39-42, (1993).
- Kainulainen, P., Holopainen, J., Halopainen, T. and Palomaki, V., "Effects of nitrogen fertilization on secondary chemistry and ectomycorrhizal state of Scots pine seedlings and on growth of grey pine aphid", *J. Chem. Ecol.*, 22(4), 617-636, (1996).
- Kayacık, H., "Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematığı. 1. Cilt. Gymnospermae (Açık Tohumlular)", (1965).
- Kılıç, M. ve Güner, Ş., "Göhlisar Kızılcım Meşcereleri." *Orman Mühendisliği* 37(5): 18-21, (2000).
- Körner, C., "Alpine plants: stressed or adapted", (eds: J.D. Scholes, M.G. Barker), *Physiological Plant Ecology*, Oxford, Blackwell Science, 297-312, (1999).
- Langenheim, J., "Higher plant terpenoids: a phytocentric overview of their ecological roles", *J. Chem. Ecol.*, 6, 1223-1280, (1994).
- Loreto, F., Forster, A., Dürr, M., Csiky, O, Sevfert, G., "On the monoterpene emission under heat stress and on the increased thermotolerance of leaves of *Quercus ilex* L. fumigated with selected monoterpenes", *Plant. Cell. Environ.*, 21(1), 101-107, (1998).
- Mammadov, R., "Tohumlu bitkilerde sekonder metabolitler", Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, (2014).
- Miller, D. G., "Ecology and radiation of *Tamalia* galling aphids on their host plants in the Ericaceae", *Basic Appl. Ecol.*, 6, 463-469, (2005).
- Nahal, I., "Taxonomie et aire géographique des pins du groupe halepensis", *Obtions Méditerranéennes*, 1-9, (1986).
- Nerg, A., Kainulainen, P., Vuorinen, M., Hanso, M., Holopainen, J. and Kurkelo, T., "Seasonal and geographical variation of terpenes, resin acids and total phenolics in nursery grown seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)", *New Phytol.*, 128(4), 703-713, (1994).
- Neyişci, T., "Kızılcım orman ekosistemlerinde denetimli yakmanın toprak kimyasal özellikleri ve fidan gelişimi üzerine etkileri", Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara, (1989).
- OGM, "Türkiye Orman Varlığı", Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Yayın No.: 85, Envanter Serisi No: 12, Ankara, (2012).

- Öktem, E., Kızılcım. Ormancılık Araştırma Enstitüsü El Kitabı Serisi 2: 182, (1987).
- Özer, Z., “*Sideritis* L. (Lamiaceae) türlerinden izole edilen siderol bileşiği üzerine deneysel ve hesapsal çalışmalar”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 93 s., (2010).
- Özyağcı, B., "Organosilan Bileşikleri İle Modifiye Edilmiş Doğal Zeolitin Terpenlerin Dimerleşme Reaksiyonlarındaki Katalitik Aktivitesinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 61 s., (2015).
- Peana, A., D'aquila, P., Panin, F., Serra, G., Pippia, P. and Moretti, M., "Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils", *Phytomedicine*, 9(8), 721-726, (2002).
- Saatçioğlu, F. "Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri", İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın, 2187 (1976).
- Sarıbaş, M. and Ekici, B., "Kızılcımın (*Pinus brutia* Ten.) Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki doğal yayılışına katkı", Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 6(6),127-135, (2004).
- Schiller, G., “Diversity among *P. brutia* subsp. *brutia* and related taxa- A review”, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 44(1), 133-147, (1994).
- Semiz, G., Heijari, J., Isik, K. and Holopainen, J., "Variation in needle terpenoids among *Pinus sylvestris* L. (Pinaceae) provenances from Turkey", *Biochem. System. Ecol.*, 35(10), 652-661, (2007).
- Tobolski, J.J. and Honover, J.W., “Genetic variation in monoterpenes of Scotch pine”, *Forest Sci.*, 17, 293–299, (1971).
- Tomlin, E., Antonejevic, E., Alfaro, and R. and Borden, J., "Changes in volatile terpene and diterpene resin acid composition of resistant and susceptible white spruce leaders exposed to simulated white pine weevil damage", *Tree Physiol.*, 20(16), 1087-1095, (2000).
- Turlings, T. C. J., and Wäckers, F., “Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-injured plants”, (eds: R.T. CARDE and J.G. Millar), *Advances in Insect Chemical Ecology*, pp. 21-75, Cambridge University Press, Cambridge, (2004).
- Turlings, T.C.J., Tumlinson, J.H., and Lewis, W.J. “Exploitation of herbivore - induced plant odors by host-seeking parasitic wasps”, *Science*, 250:1251-1253, (1990).

- Vinson, S. B. The behavior of parasitoids, (eds: G. A. Kerkut and L. I. Gilbert), *Comprehensive Insect Physiology , Biochemistry and Pharmacology , Vol. 9*, pp. 417-469, Pergamon Press, New York, (1985).
- Yazdani, R., and Nilsson, J., "Cortical monoterpene variation in natural populations of *Pinus sylvestris* in Sweden", *Scand. J. For. Res.*, 1(1-4), 85-93, (1986).
- Williams, R.S., Lincoln, D.E., and Thomas, R. B., "Loblolly pine grown under elevated CO₂ affects early instar pine sawfly performance", *Oecol.*, 98, 64–71, (1994).
- Zencirkıran M. Peyzaj Bitkileri 1:(Açık Tohumlu Bitkiler-*Gymnospermae*). Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, (2013).

7. ÖZGEÇMİŞ

| | |
|-----------------------------|--|
| Adı Soyadı | : Cavidan Güzel |
| Doğum Yeri ve Tarihi | : Denizli – 22.01.1991 |
| Lisans Eğitimi | : Pamukkale Üniversitesi, Biyoloji Bölümü |
| Elektronik Posta | : cguzel@pau.edu.tr |
| İletişim | : Pamukkale Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, DENİZLİ |

AKADEMİK FAALİYETLER

1. Uluslararası Toplantılardaki Bildiriler

Semiz, G., Armağan, M., **Güzel, C.**, Kocabıyık, K., ‘‘Essential oil composition of *Nepeta viscida* Boiss. From Buharkent (Aydın) – Turkey’’, *The 4th International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, s158, Ukrayna, (2018).

2. Görev Alınan Faaliyetler

Erasmus+ Ka2 Stratejik Ortaklık Projesi – Gençlik Çalışanı: Academy of International Techno Entrepreneurship. Aralık 2015, Polonya.

Erasmus+ Ka1 Bireylerin Öğrenme Hareketliliği Projesi - Gençlik Çalışanı: Healthy Life European Spirit. Ekim 2016, Portekiz.

Erasmus+ Ka1 Bireylerin Öğrenme Hareketliliği Projesi – Eğitimci: Echoes Of Art. Mart 2017, Hırvatistan.

Türkiye-AB Gençlik Forumu - Delege: Değişen Hayatlar, Genişleyen Ufuklar. Nisan 2017. İstanbul.

Erasmus+ Staff Week – Gençlik Çalışanı: Diversity and Internationalization in Higher Education. Ekim 2017, Almanya.

Ulusötesi İş Birliği Faaliyeti (TCA) – Delege: European platform on learning mobility, from good to better. Mayıs 2018, Fransa.

Türkiye-AB Gençlik Forumu - Delege: Genç nesiller kültürel mirasla buluşuyor. Ekim 2018, Muş.

Pamukkale University 9th International Week – Ofis Personeli: Nisan 2019, Denizli.