



**T.C.**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**BAKTERİ VE HORMON UYGULAMALARININ İSTANBUL  
KEKİĞİNİN (*Origanum vulgare ssp. hirtum* (Link) Ietsw.) GELİŞİMİ,  
HERBA VE UÇUCU YAĞ VERİMİ İLE İÇERİĞİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ADA HAZAL MİLTON**

**Tez Danışmanı**

**PROF. DR. RAMAZAN ÇAKMAKÇI**

**ÇANAKKALE – 2022**





T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**BAKTERİ VE HORMON UYGULAMALARININ İSTANBUL KEKİĞİNİN  
(*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietsw.) GELİŞİMİ, HERBA VE UÇUCU YAĞ  
VERİMİ İLE İÇERİĞİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADA HAZAL MİLTON

Tez Danışmanı

PROF. DR. RAMAZAN ÇAKMAKÇI

ÇANAKKALE – 2022



T.C.  
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Ada Hazal MİLTON tarafından Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI yönetiminde hazırlanan ve 31/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Bakteri Ve Hormon Uygulamalarının İstanbul Kekikinin (*Origanum vulgare ssp. hirtum* (Link) Ietsw.) Gelişimi, Herba ve Uçucu Yağ Verimi İle İçeriğine Etkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Tarla Bitkileri Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

(Danışman)

Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŞ

Prof. Dr. Ali KOÇ

**İmza**

.....

.....

.....

Tez No : .....

Tez Savunma Tarihi : .././2022

.....

Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.././2022

## ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Ada Hazal MİLTON

14/01/2022

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmalarımı adım adım takip eden, karŐılaŐtıĐım tım zorluklarda tecrübeleriyle bana yol gÖsteren, desteğini bir an olsun esirgemeyen kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI'ya, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı BaŐkanı Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŞ'a ve Tarla Bitkileri ÖĐretim üyelerine, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü ÖĐretim üyelerine ve bölüm kurucularından merhum Hakan TURHAN'a, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü yetkililerine, Yalova Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü MüdürlüĐü'ne, Bingöl Üniversitesi ÖĐretim Görevlisi Zeynep ÜRÜŐAN'a ve çalıŐmam boyunca beni destekleyen aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Ada Hazal MİLTON

14/01/2022

## ÖZET

### **BAKTERİ VE HORMON UYGULAMALARININ İSTANBUL KEKİĞİNİN (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietsw.) GELİŞİMİ, HERBA VE UÇUCU YAĞ VERİMİ İLE İÇERİĞİNE ETKİSİ**

Ada Hazal MİLTON

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

14/01/2022, 59

Çanakkale ilinde 2019-2021 yılları arasında yürütülen saksı denemelerinde mineral gübre (NPK ve P gübresi), indol-3-asetik asit (IAA), benzil amino pürin (BAP) ve IAA+BAP ve azot fiksasyon yeteneğine sahip, mineral fosfat çözücü ve IAA üretici dört farklı bakteri straininin (*Pseudomonas fluorescens* RC215, *Bacillus licheniformis* RC106, *Bacillus subtilis* RC210 ve *Bacillus megaterium* RC16) tekli, ikili, üçlü ve dörtlü kombinasyonlarının İstanbul kekiğinin (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietsw.) gelişme, verim, kalite, uçucu yağ verimi ile içeriği üzerine etkisi araştırılmıştır. GC-MS analiz sonuçlarına göre, İstanbul kekiği uçucu yağının %98.6-99.9'unu temsil eden en az otuz dokuz bileşen tespit edilmiştir. Uçucu yağda karvakrol (%60,51- 70,32), p-simen (%5,50-9,95),  $\gamma$ -terpinen (%5,01-7,94), timol (%1,26-5,57),  $\beta$ -karyofillen (%1,61-2,49) ve  $\alpha$ -terpinen (%1,38-1,95) ana bileşenler olduğu ve bunları sırasıyla  $\beta$ -mirsen (%0,93-1,85),  $\alpha$ -pinen (%0,68-1,51), estragol (%0,33-2,36), metil sinamat (%0,16-2,15), terpinel-4-ol (%0,85-1,24), izoborneol %0,53-1,30) ve  $\beta$ -kayofillen oksit (%0,28-1,01) bileşenlerinin izlediği belirlenmiştir. Üç deneme seti ortalamasına göre kontrole kıyasla, kimyevi gübre (P ve NPK), hormon, ticari biyolojik gübre, tekli, çiftli, üçlü ve dörtlü bakteri uygulamalarıyla sırasıyla, kuru herba verimi % 9,7-36,5, 1,1-11,5, 33,3-34,3, 12,7-24,2, 24,6-37,4 ve 38,5; kuru yaprak verimi % 5,0-27,1, -1,5-6,7, 26,6-28,9, 9,1-12,2, 8,4-18,6, 17,1-23,3 ve 27,3; klorofil içeriği % 13,8-25,6, 2,3-8,3, 27,3-28,0, 5,0-16,4, 4,2-19,1, 8,1-24,1 ve 39,8; uçucu yağ verimi % 8,6-25,4, 0,1-1,1, 25,8-28,5, 6,3-15,2, 3,4-18,9, 13,8-27,3 ve 33,1 ve karvakrol verimi ise % 24,9-41,6, 1,9-11,5, 37,5-38,3, 14,8-22,2, 10,7-18,8, 24,2-48,2 ve 53,5 oranında artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tıbbi ve aromatik bitki, bitki gelişmesini teşvik edici bakteri, indol asetik asit, İstanbul kekığı, karvakrol





## ABSTRACT

### EFFECT OF BACTERIA AND HORMONE APPLICATIONS ON GROWTH, YIELD, ESSENTIAL OIL YIELD AND COMPONENTS OF İSTANBUL OREGANO (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietsw.)

Ada Hazal MİLTON

Canakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Field Crops

Advisor: Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

14/01/2022, 59

This study will be conducted in order to investigate the effects of mineral fertilizer (NPK and P), Indole 3-acetic acid (IAA), benzyl amino purine (BAP), and IAA+BAP and four N<sub>2</sub>-fixing, P-solubilizing, and IAA-producing bacteria (*Pseudomonas fluorescens* RC215, *Bacillus licheniformis* RC106, *Bacillus subtilis* RC210, and *Bacillus megaterium* RC16) in single, dual, triple, and quadruple strains combinations on growth, yield, quality, content and major component of the essential oil of İstanbul oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) (Link) Ietswaart). According to the GC-MS analysis results, the presence of at least thirty-nine compounds were identified in the samples analysed, representing 98.6-99.9% of oil. In terms of general categories, carvacrol (60.51-70.32%), p-cymene (5.50-9.95%),  $\gamma$ -terpinene (5.01-7.94%), thymol (1.26-5.57%),  $\beta$ -caryophyllene (1.61-2.49%) and  $\alpha$ -terpinene (% 1.38-1.95) as the main components. The other constituents were found to be myrcene (0.93-1.85%),  $\alpha$ -pinene (0.68-1.51%), estragole (0.33-2.36%), methyl cinnamate (0.16-2.15%), terpinene-4-ol (0.85-1.24%), isoborneol (0.53-1.30%) and  $\beta$ -caryophyllene oxide (0.28-1.01%). Application of İstanbul oregano with chemical fertilizers (P and NPK), hormone, commercial bio-fertilizers, single, dual, triple, and quadruple strains combinations gave increases over control respectively of by 9.7-36.5, 1.1-11.5, 33.3-34.3, 12.7-24.2, 24.6-37.4, and 38.5% in dry herbage yield, by 5.0-27.1, -1.5-6.7, 26.6-28.9, 9.1-12.2, 8.4-18.6, 17.1-23.3, and 27.3% in dry leaf yield; by 13.8-25.6, 2.3-8.3, 27.3-28.0, 5.0-16.4, 4.2-19.1, 8.1-24.1, and 39.8% in chlorophyll contents; by 8.6-25.4, 0.1-1.1, 25.8-28.5, 6.3-15.2, 3.4-

18.9, 13.8-27.3 and 33.1% in essential oil yield; by 24.9-41.6, 1.9-11.5, 37.5-38.3, 14.8-22.2, 10.7-18.8, 24.2-48.2, and 53.5% in carvacrol yield.

**Keywords:** Medicinal and aromatic plant, plant growth-promoting bacteria, indole-3-acetic acid, benzyl aminopurine, İstanbul oregano, carvacrol



# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### MATERYAL YÖNTEM

3.1. Araştırma Materyali.....	10
3.1.1. Araştırma Yerinin Tanımı ve Özellikleri.....	10
3.1.2. Toprak Özellikleri.....	10
3.1.3. Bitkisel Materyal.....	11
3.1.4. Bakteri Strainleri, İzolasyon Kaynağı ve Bazı Strain Özellikleri...	12
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Deneme Deseni ve Uygulamalar.....	12

3.2.2.	Bakteri Süspansiyonlarının Hazırlığı ve Uygulama.....	14
3.2.3.	Bakım ve Hasat.....	14
3.2.4.	Gelişme ve Verim Parametreleri.....	15
3.2.5.	İstatistik Analiz.....	17

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1.	İstanbul Kekığı Gelişme ve Verim Parametreleri.....	18
4.1.1.	Bitki Boyu.....	18
4.1.2.	Dal Sayısı.....	19
4.1.3.	Yeşil Herba Verimi.....	20
4.1.4.	Kuru Herba Verimi.....	21
4.1.5.	Kuru Yaprak Verimi.....	22
4.1.6.	Kuru Yaprak Oranı.....	23
4.1.7.	Kuru Sap Verimi.....	24
4.1.8.	Klorofil İçeriği (SPAD Değeri).....	25
4.1.9.	Antosiyanin İçeriği (ACI İndeks).....	26
4.2.	Uçucu Yağ Özellikleri.....	27
4.2.1.	Uçucu Yağ Oranı.....	27
4.2.2.	Uçucu Yağ Verimi.....	29
4.2.3.	Uçucu Yağ Bileşenleri.....	30

## BEŞİNCİ BÖLÜM SONUÇ ve ÖNERİLER

KAYNAKÇA	44
ÖZGEÇMİŞ	56

## SİMGELER VE KISALTMALAR

da	Dekar
dk	Dakika
eV	Elektronvolt
i.d.	Kapiller kolon iç çapı
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
kg	Kilogram
kob	Koloni oluşturan birim (colony forming unit)
m	Metre
cm	Santimetre
nmol	Nanomol
L	Litre
mL	Mililitre
µL	Mikrolitre
pH	Potansiyel hidrojen
ppm	Milyonda bir birim
sa	Saat
v	Hacim
°C	Celsius derece
%	Yüzde oranı
ACC	Aminosiklopropan karboksilat
ACI	Antosiyanin indeksi
BAP	6-benzilaminopürin
BBD	Bitki büyüme düzenleyici
Ca	Kalsiyum
Cu	Bakır
DSQMS	İki kademeli dört kutuplu kütle spektrometresi
F	F değeri
Fe	Demir
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GC	Gaz kromatografisi
H	Hidrojen
He	Helyum
IAA	Indol-3-asetik asit
K	Potasyum
KO	Kareler Ortalaması
LT	L-tryptophan
Mg	Magnezyum
MH	Monoterpen hidrokarbon
Mn	Mangan
MS	Kütle spektrofotometresi
MSD	Kütle seçici dedektör

N	Azot
Na	Sodyum
NB	Nutrient Broth besiyeri
NPK	Azot-Fosfor-Potasyum
O	Oksijen
OD <sub>600</sub>	Optik yoğunluk
OM	Oksijenli monoterpen
OS	Oksijenli seskiterpen
P	Fosfor
PGPR	Bitki gelişmesini teşvik edici rizobakteri
RI	Alıkonma indeksi
SD	Serbestlik derecesi
SH	Seskiterpen hidrokarbon
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TSP	Triple süper fosfat
Zn	Çinko
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
$\gamma$	Gamma
$\delta$	Delta
$\rho$	Ro

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo No</b>	<b>Tablo Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 1</b>	Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	11
<b>Tablo 2</b>	Bakteri streinleri, izolasyon kaynağı ve bazı strein özellikleri	12
<b>Tablo 3</b>	Denemelerde test edilen uygulamalar	13
<b>Tablo 4</b>	Bakteri, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği ( <i>Origanum vulgare</i> spp. <i>hirtum</i> (Link) Ietswaart) bitkisinde bitki boyu, dal sayısı, yeşil herba verimi ve kuru yaprak oranı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	18
<b>Tablo 5</b>	Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği bitkisinde bitki boyu, dal sayısı, yeşil herba verimi ve kuru yaprak oranı üzerine etkisi	19
<b>Tablo 6</b>	Bakteri, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği bitkisinde bitki boyu, dal sayısı, yeşil herba verimi ve kuru yaprak oranı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	22
<b>Tablo 7</b>	Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının bitkisinde kuru yaprak verimi, oranı ve sap verimi üzerine etkisi	23
<b>Tablo 8</b>	Bakteri, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği bitkisinde yaprak klorofil içeriği (SPAD değeri) ve antosiyanin içeriği (ACI indeksi) değerlerine ait varyans analiz sonuçları	25
<b>Tablo 9</b>	Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yaprak klorofil içeriği (SPAD değeri) ve antosiyanin içeriği (ACI indeksi) üzerine etkisi	26
<b>Tablo 10</b>	Bakteri, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği uçucu yağ oranı, verimi, karvakrol oranı ve verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	28
<b>Tablo 11</b>	Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının uçucu yağ ve karvakrol oranı, bitki başına yağ ve karvakrol verimi üzerine etkisi	28
<b>Tablo 12</b>	Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği uçucu yağ ana bileşenleri üzerine etkisi	32
<b>Tablo 13</b>	İstanbul kekiği ( <i>Origanum vulgare</i> subsp. <i>hirtum</i> (Link) Ietsw.) bitkisinde bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisi (%)	40

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	İstanbul kekiğinin farklı gelişme dönemlerinde morfolojik durumu	25
Şekil 2	Sera koşullarında yürütülen birinci deneme setinin görünümü	27
Şekil 3	Açık alanda yürütülen ikinci deneme setinin yerleşim planı ve hazırlığı	29
Şekil 4	Üçüncü deneme setine ait fidelerin bakteri aşılması sonrası görünümü	30
Şekil 5	Sera koşullarında yürütülen deneme setine ait İstanbul kekiği fidelerinin gelişimi	32
Şekil 6	Uygulamaların İstanbul kekiği uçucu yağ verimi ve karvakrol verimi üzerine etkisi	46



## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

Türkiye’de Lamiaceae familyasına giren *Thymus*, *Thymbra*, *Origanum*, *Coridothymus*, *Satureja* cinsleri “kekik” olarak adlandırılır ve ticari değere sahip türe özgün olan uçucu ve aromatik yağ üretirler. Bu cinslere ait türlerin en önemli kalite göstergesi ve ortak özellikleri uçucu yağ miktarı ile ana bileşenlerinin karvakrol, timol veya her iki bileşenin oranlarıdır. Diğer kekik türlerinden daha yüksek oranda bitkisel aksam üretmesi, daha yüksek uçucu yağ verimi ile kalitesine sahip olmasından dolayı, Türkiye’de daha çok *Origanum* türlerinin yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dünya’da *Origanum* cinsine ait türlerden elde edilen baharat “oregano” olarak bilinmekte, Türkiye’de “kekik yağı” adıyla ticareti yapılan yağlar çoğunlukla *O. onites* ve *O. vulgare* türlerinden elde edilmektedir.

*Origanum* (syn. *marjorams*) cinsi politipik özelliğe sahiptir ve bilinen 41 türü bulunmaktadır. Kekik, yabancı döllenmiş bir bitki olması nedeniyle hem çok sayıda türe hem de alt tür, çeşit ve melezlere ayrılmıştır (Jedrzejczyk, 2018). *Origanum vulgare* L.’nin 6 alt türü bulunmaktadır. İstanbul kekiği (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Iestwaart), diğer alt türlerden çiçek rengi ve sapsız salgı tüy (glandular trichome) yoğunluğuyla büyük ölçüde ayırt edilebilmektedir (Kokkini vd., 1994). İstanbul kekiği, Türkiye’nin Trakya, Batı Anadolu ve Güney Anadolu bölgelerinde (Davis, 1982); Ege adalarında, Yunanistan’ın güney, kuzey ve kıyı bölgelerinde doğal olarak yetişen beyaz veya mor çiçekleri olan Akdeniz iklimine özgü bir bitkidir (Kokkini vd., 1994).

İstanbul kekiği halk arasında “kara kekik, kaya kekiği, kara mercan, deli kekik, İstanbul kekiği, Çanakkale kekiği, mercanköşk, ayaklı kekik, keklik otu, güve kekiği, akkekik, dal kekiği” gibi isimlerle bilinir (Ertuğ vd., 2004; Ertuğ, 2002; Sağiroğlu vd., 2017; Satıl vd., 2006; Koyuncu vd., 2010; Tuzlacı ve Aymaz, 2001; Polat, 2010; Özdemir ve Kültür, 2017). İstanbul kekiği herbasından ve yapraklarından baharat olarak yararlanılan ve yağı yaygın olarak kullanılan bitkiler grubuna girmektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), kekikle ilgili derlenen verileri 2004 yılından itibaren yayımlamaktadır. Türkiye’de 2004 yılında 52.500 dekar alanda 7.000 ton kekik üretilirken 2010, 2015, 2018, 2019 ve 2020 yıllarında üretim alanı sırasıyla 85.351, 104.863,

139.061, 157.074 ve 184.711 dekar; üretim miktarı ise sırası ile 11.190, 12.992, 15.895, 17.965 ve 23.866 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2022). Ülkemizde kültür ortamlarında kekik üretiminde İzmir kekiği (*Origanum onites*) ve *Origanum vulgare* türleri tercih edilmekte ve Ege, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde üretilmektedir (Baydar, 2007; Bayram vd., 2010; Arabacı vd., 2019). Kekik türlerinin kültürünün yapılması doğal alanlardaki türlerin tahrip ve yok olmasının önlenmesi, pazarın istediği standart ve yeterli miktarda drogların temin edilmesi ve sürdürülebilir kekik tarımının desteklenmesine katkı yapmaktadır. Ülkemiz kekik, defne, kimyon, kebere, çay, haşhaş tohumu ve alkaloidlerinin de önemli tedarikçisi durumundadır.

Kekik, Akdeniz mutfağında önemli bir baharat bitkisidir ve yaygın olarak kullanılır. Kekik uçucu yağının antioksidant, antibakteriyel ve antifungal özelliklerinden dolayı gıda ve meşrubat sanayisinde, gıdaların korunması ve raf ömrünün uzatılmasında (Guan vd., 2019; Dutra vd., 2019), temizlik ve kimya sanayisinde, ecza ve kozmetik sanayisinde, tamamlayıcı tıp gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca çiftlik balıkçılığında gıda takviyesi olarak (Beltrán vd., 2018) ve arıcılıkta nektar kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Kekik, çok yıllık bir bitki olması, her yıl biçim yapılması ve fazla yeşil herba üretmesi nedeniyle topraktan oldukça fazla besin maddesi kaldırmaktadır. Gübrelerin ve bitkisel hormon uygulamalarının, tıbbi ve aromatik bitkilerde uçucu yağ miktarı ve bileşiminin değiştirilmesinde önemli birer araç olduğu bilinmektedir. Ancak, kimyasal uygulamalar çevresel endişeleri ve üretim maliyetini artırdığından tarımda sürdürülebilir tekniklerin kullanımı zorunlu olmaktadır. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerin yeşil aksamının çay ya da baharat olarak doğrudan tüketilmesi nedeniyle bu bitkilerin tarımsal üretiminde kimyasalların kullanımı özellikle sağlık sorunlarına neden olduğundan mümkün olduğunca kullanımının azaltılması veya tamamen kullanımına son verilmesi yönünde kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır. Buna ek olarak “Yeşil Devrim” de denilen tarımda kimyasal uygulamalarının, bitkisel üretimi artırmakla birlikte, toprakları çoraklaştırdığı, toprak verimliliğini azalttığı, su kaynaklarını ve çevreyi kirlettiği bilinmektedir. Oysaki konukçu bitkiye faydası olan belli mikroorganizmaların tohum veya bitki köklerine uygulanarak rizosfer florasının değiştirilmesi esasına dayanan biyolojik gübre kullanımı tarımda umut verici bir seçenek olarak kabul edilmektedir ve giderek yaygınlaşmaktadır.

Bitki gelişmesini teşvik eden rizobakterilerin (PGPR) doğrudan ve dolaylı olarak bitki büyümesini teşvik ettiği bilinmektedir. Ancak PGPR'ların bitki sekonder metabolitleri üzerine etkileri konusunda, özellikle de bitki uçucu yağ bileşenleri üzerine etkileri konusunda, yeterli veri yoktur. Tıbbi ve aromatik bitkilerde tarımsal uygulamaların yağ içeriğini ve bileşimini değiştirdiği bilinmektedir. Ancak PGPR uygulamalarının uçucu yağ sentezi ve sekonder metabolit üretim süreçlerindeki rolü az bilinmekte ve özellikle bakteriyel indol-3-asetik asit (IAA) ile sentetik oksin ve sitokinin uygulamalarının farklı tıbbi ve aromatik bitki türlerinde araştırılması gerekmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkilerde ekonomik öneme sahip uçucu yağ ve yağ bileşenlerinin, bakteri kaynaklı IAA kullanılarak artırılması önemli bir çalışma konusu olarak görülmüştür.

Türkiye'de *Origanum* cinsi kekiklerde PGPR uygulaması ve izolasyonu ile ilgili çalışmalar henüz yapılmamış ve hem konvansiyonel hem de organik kekik yetiştiriciliği için uygun biyolojik gübre geliştirilmemiştir. Başta IAA üretici strein olmak üzere, serbest azot fiksasyon ve fosfor çözme yeteneğine sahip etkin izolatlar kullanılarak kekik bitkisinin gelişme ve verim parametreleri ile birlikte uçucu yağ içeriğinin ve ikincil metabolit üretim süreçlerinin değiştirilmesiyle, uçucu yağ bileşenlerinin ve oranının artırılmasının avantajlı olup olmayacağı araştırılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada sentetik oksinlerle birlikte farklı IAA üretici bakterilerin kekik bitkisinde gelişme, herba verimi ve kalite özellikleri, uçucu yağ içeriği, bitki başına uçucu yağ verimi ve uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada Trakya ve Marmara bölgesinde ve özellikle Çanakkale yöresinde doğal olarak yetişen, çalı formunda ve çok yıllık olan İstanbul kekiği (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietsw.) yetiştiriciliğinde biyolojik gübre olarak kullanılma potansiyeline sahip etkin PGPR streinleri ve kombinasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Buna ek olarak bakteriyel oksin üretiminin ve harici hormon uygulamalarının İstanbul kekiği uçucu yağ kompozisyonuna etkisi de araştırma konuları arasındadır.

## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bitki gelişmesini teşvik eden rhizobakterilerin (PGPR), doğrudan ve dolaylı olarak bitki büyümesini teşvik ettiği bilinmektedir. Rhizosferik PGPR, biyolojik azot fiksasyonu, mineral fosfatların çözünmesi ve organik fosfatların mineralizasyonu, siderofor üretimi, çinko ve demir çözülmesi, oksinler, indol asetik asit, sitokininler, gibberellinler, etilen, bazı uçucu maddeler ve benzeri bitki gelişmesini teşvik edici metabolit salgıları, düşük moleküllü uçucu organik bileşik salgılama, atmosferik hava ve topraktan temel besin alımının (N, P, Fe, Zn) kolaylaştırılması, su ve besin alımının artırılması, kök geçirgenliğinin artırılması, organik maddenin mineralizasyonu, sülfür oksidasyonu, rhizosferin düzenlenmesi, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz enzim üretimi, bitki etilen seviyesinin düşmesi, zararlı sinyallerine karşı topluluk algısı, antifungal aktivite gösterme, uçucu bileşiklerin üretimi, bitki dayanıklılığının uyarılması, yararlı bitki-mikroorganizma birlikteliğini teşvik etme; siderofor, 1,3-glukanaz kitin, antibiyotikler, floresan pigment ve siyanid üreterek fitopatojenik mikroorganizmalara karşı antagonistik aktivite sergileme ve patojenlerin toksin ve benzeri madde üretimini engelleme gibi birçok mekanizma ile bitki gelişmesini doğrudan veya dolaylı olarak teşvik edebilmektedir (Dobbelaere vd., 2003; Lucy vd., 2004; Şahin vd., 2004; Çakmakçı vd., 2006, 2007a,b, 2017; Narula vd., 2006; Niranjan vd., 2006; Hayat vd., 2010; Santoro vd., 2011; Bhattacharyya ve Jha, 2012; Pérez-Montaño vd., 2014; Chauhan vd., 2015; Çakmakçı 2014, 2015).

Yapılan araştırmalarda bazı PGPR strainlerinin antioksidan, oksidatif pentoz fosfat yolu, hidrolitik, katalitik ve oksidatif enzim aktivitesini artırdığı (Çakmakçı vd., 2007b, 2009, 2015a, b); ACC deaminaze aktivitesi yoluyla bitki stres etileni seviyesini düşürerek stres koşullarına dayanıklılığı artırdığı (Glick vd., 2007; Çakmakçı, 2009; Çakmakçı vd., 2009; Sun vd., 2009) belirlenmiştir.

Bitki gelişimini teşvik edici bakteri aşılamalarının bitkilere etkileri çimlenme ve kök gelişmesinin teşviki, verim ve verim parametrelerinin artırılması, klorofil, azot ve protein oranlarının artırılması, kuraklığa dayanıklılık, yaprak alanı, kök ve gövde ağırlığı artışı ve yaprak yaşlanmasının geciktirilmesi ve tıbbi ve aromatik bitkilerde ikincil metabolizmanın

uyarılması şeklinde ortaya çıkmaktadır (Dobbelaere vd., 2003; akmakçı, 2005a, b, akmakçı vd., 2014, 2020). Bakteriyel aşılایıcıların, bitkilerde ikincil metabolizmayı uyarmak için etkili bir biyoteknolojik araç olma olasılığı ve bu konuda bazı heyecan verici bulgular olmasına rağmen, ekonomik olarak önemli tıbbi ve aromatik bitkilerde PGPR'nin uçucu yağ ve bileşenleri üzerine etkileri konusunda çok az çalışma ve bilgi bulunmaktadır (akmakçı vd., 2020). Ayrıca faydalı bakteri aşılایmalarının tıbbi ve aromatik bitkilerde sekonder metabolitleri üretme ve artırma potansiyeli ve yetenekleri ile monoterpenlerin ve fenolik bileşiklerin birikimini etkileyen süreçler hakkında çok az şey bilinmektedir (akmakçı vd., 2020). Tıbbi aromatik bitkilerde uçucu yağ oranları ve uçucu yağ bileşenlerinin kimyasal gübrelemeye kıyasla mikrobiyal gübre uygulamaları ile değiştirilebileceğine dair kısıtlı da olsa önceki araştırma bulgularından hareketle, bu araştırma planlanmıştır. Bu çalışmada Türkiye yabani flora koşullarından izole edilmiş başta IAA üretimi olmak üzere çoklu faydalı özelliklere sahip olan doğal bakteri formülasyonları uygulayarak *O. vulgare* subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart bitkisinde gelişme parametrelerinin, yaş-kuru herba veriminin, uçucu yağ veriminin ve uçucu yağ bileşenlerinin değiştirilip değiştirilemeyeceği araştırılmıştır.

IAA, kök uzama ve gelişmesinde rol oynayan ve doğada en yaygın bulunan oksin çeşitidir. Oksin üretimi, rizosferik bakterilerin doğrudan bitki gelişmesini teşvik edebilme yeteneklerinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Egamberdieva, 2011). IAA, birçok mikroorganizma tarafından L-tryptophan (LT) metabolizmasının yaygın bir ürünüdür (Frankenberger ve Brunner 1983; Lynch 1985; Ahmad vd., 2005). Özellikle rhizosfer bakterilerinin, rhizosfer dışında yaşayan yani bitki köklerinin temas etmediği diğer toprak kısımlarında yaşayan bakterilerden daha fazla indolik bileşik ürettiği belirlenmiştir (Khalid vd., 2004; Souza vd., 2013; Costa vd., 2004). Bakteriyel indolik bileşiklerin sentezi bitkinin kök salgılarındaki öncül maddelere bağlıdır. Değişik kök salgıları arasında L-tryptophan amino asiti bakterinin indolik bileşiklerin sentezlemesinin temel öncül maddesi olarak bilinmektedir (Souza vd., 2015).

IAA üretici bakteri aşılایmaları ile gül kokulu sardunya (*Pelargonium graveolens* cv. Bourbon) bitkisinde uçucu yağ verimiyle birlikte sitronelol ve geraniol bileşenlerinin de önemli oranda artırılmıştır (Dharni ve ark., 2014). Bitkisel hormonlarının kullanımının uçucu yağ miktarı ve bileşiminin değiştirilmesinde önemli bir uygulama

olduğu bilinmekte (Feizbakhsh ve ark., 2014); ancak IAA üretici bakteriler kullanılarak tıbbi aromatik bitkilerde uçucu yağ miktarı ve içeriğinin değiştirilmesi konusunda fazla araştırma bulunmamaktadır. İstanbul kekiğinin üzerinde çoğunlukla ıslah, çeşit geliştirme ve farklı alanlarda kullanımı konularında çok sayıda araştırma bulunmakla birlikte, bitki besleme konularında araştırmalar yetersiz olduğu gibi, bizim bilgilerimize göre mikrobiyal gübre kullanılarak kekik verim, kalite ve yağ bileşenleri konusunda kapsamlı araştırma yapılmamıştır.

Başer vd. (1993), ticari önemi olan *Origanum vulgare* var. *hirtum* uçucu yağ oranının %1,3-5,4 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir.

Sezik vd. (1993) *O. vulgare* subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart bitkilerinin Marmara bölgesinde ve çevre illerde baharat olarak yaygın kullanıldığını, yağ analizi sonuçlarına göre bu alt türün karvakrol bakımından zengin olduğu (%70,5) ve diğer *Origanum* alt türlerine kıyasla yağ içeriğinin yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Sarıhan vd. (2006) tarafından Ankara ekolojik koşullarında 2002-2004 yılları arasında yapılan bir çalışmada en yüksek yeşil herba verimi 3084,8 kg/da ve drog herba veriminin ise 1492,4 kg/da olduğu rapor edilmiştir.

Karik vd. (2007), tarafından 2003 ve 2004 yıllarında Yalova Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü araştırma alanlarında *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* kekiğinde, Balıkesir, Bursa ve Çanakkale illerini kapsayan 10 değişik lokasyondan toplanarak kùltür koşullarına aktarılan farklı popùlasyonların verim ve kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmada, kekik uçucu yağ oranının %3,2-6,5 arasında değiştiğini, en yüksek uçucu yağ oranının tam çiçeklenme döneminde yapılan biçimlerden alındığı, en yüksek kuru yaprak veriminin ise dekara 381 kg olduğunu belirlemişlerdir.

Sotiropoulou ve Karamano (2010) tarafından yürütölen bir çalışmada, farklı miktarlarda azot uygulamasının İstanbul kekiği herba verimine etkisi araştırılmış ve en uygun miktarın dekara 8 kg azot uygulaması olduğu rapor edilmiştir.

Karamanos ve Sotiropoulou (2013) tarafından yürütülen gübreleme araştırmasında, hektara 0, 40, 80 ve 120 kg azot dozları test edilmiş, gübreleme uygulamasının *O. vulgare* subsp. *hirtum* yağ içeriği üzerine önemli bir etki göstermediği, yağ veriminin dekara 8 kg azot dozunda en yüksek olduğu ve bu sonucun azot dozunun herba verimine etkisinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Araştırmacılar bitki başına yağ konsantrasyonunun ikinci dönemde %1,5'tan %2'ye, üçüncü dönemde ise %5,5 düzeyine yükseldiği, azot uygulamasının çiçeklerde linalol ve yaprak karvakrol içeriğini olumlu etkilediği, p-simen, karyofillen ve  $\alpha$ -pinen, timol ve kamfen içeriğinin gübresiz kontrol uygulamasında en yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır.

El-Wahab vd. (2016) tarafından kompost, biyolojik gübre ve alg özütü kombinasyonunun gelişme verim ve uçucu yağ üretimi üzerine yürüttükleri araştırmada, biyolojik gübre kaynağı olarak iki azot fikseri (*Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum lipoferum*) ve üç fosfat çözücü (*Bacillus polymixa*, *Bacillus megatherium* ve *Pseudomonas fluorescence*) test edilmiştir. Araştırma sonucunda alg özütü, biyolojik gübre ve kompost karışımının en yüksek yağ verimi sağladığı ve kekik uçucu yağı ana bileşenlerinin karvakrol, p-simen,  $\gamma$ -terpinen,  $\alpha$ -thujene, mirsen,  $\alpha$ -terpinen, osimen, karvakrol metil eter ve karyofillen olduğu belirlenmiştir.

Ninou vd. (2017), çeşitli tarımsal iklim koşullarından seçtikleri 10 farklı *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* populasyonunun 3 farklı azot uygulamasına tepkisini belirlemek için yürüttükleri araştırmada, uçucu yağ oranlarının 100 g kuru ağırlık başına 2,31-5,86 ml arasında değişim gösterdiği, azot uygulamasının uygulanmamışa kıyasla kuru madde üretimi ve uçucu yağ miktarını artırdığı ancak uçucu yağ içeriğini azalttığı belirlenmiştir. Araştırmada, genel olarak azot takviyesinin kuru madde üzerinde olumlu etkisi olmakla birlikte uçucu yağ oranı üzerine ters etki gösterdiği vurgulanmıştır.

Yabancı ot çimlenmesi üzerine *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* uçucu yağının test edildiği araştırma sonuçlarına göre; kekik uçucu yağının yabancı otların çimlenme ve gelişme dönemlerinde etkin olduğu ve organik tarım uygulamalarında zararsız doğal bir herbisit olarak kullanılabileceği gösterilmiştir (Araniti vd., 2018; Nikolova ve Berkov, 2018).

Węglarz vd. (2020) Orta Avrupa'nın ılıman ikliminde *O. vulgare* L. subsp. *hirtum* ve *O. vulgare* L. subsp. *vulgare* alt türleri arasındaki morfolojik parametreler ve kalite kriterleri bakımından farkları belirlemek için yürüttükleri araştırmada, her iki türün herbası hidrodistilasyonun ardından GC-MS ve GC-FID (kütle spektrometrisi ve alev iyonizasyon detektörü ile birleştirilmiş gaz kromatografisi) ile uçucu yağ oranı ve kompozisyonu, toplam fenolik asit içeriği ve rosmarinik asit içeriği ve duyuusal niteliği değerlendirilmiştir. *O. vulgare* L. subsp. *hirtum* kekiğinin daha fazla salgı bezi trikom içerdiği, yüksek uçucu yağ, fenolik asit ve rosmarinik asit oranına sahip olduğu, duyuusal özelliklerinin daha yüksek düzeyde olduğu, karvakrol/ $\gamma$ -terpinen kemotipi olduğu, uçucu yağ içeriğinin tam çiçeklenme aşamasında en yüksek değere ulaştığı, fenolik asit miktarının takiben rosmarinik asit miktarının tohum verme aşamasının başlangıcında en yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, Akdeniz bitkisi olan bu kekiğin ılıman bölgelere iyi uyum sağlayabildiği, yüksek uçucu yağ içeriği ve uçucu yağda yüksek karvakrol oranı bakımından uygun sonuçlar verdiği rapor edilmiştir.

Kosakowska vd. (2021) *O. vulgare* L. subsp. *hirtum* ve *O. vulgare* L. subsp. *vulgare* antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinin belirlenmesi ile ilgili olarak yürütmüş oldukları araştırmada, her iki alt türünde kimyasal bileşim olarak birbirinden farklılık gösterdiğini, uçucu yağda 22 bileşenin belirlendiğini, *Origanum vulgare* alt türlerinin antioksidan ve antiseptik olarak kullanılabilceğini ancak uçucu yağ ve ekstraktlarının potansiyel olarak kullanılmasından önce bu bitkilerin alt türlerinin tanımlanması gerektiği ve terpen ve fenolik bileşenlerle ilgili olarak kemotiplerin belirlenmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar antioksidan potansiyeli nedeniyle, her iki alt türün esansiyel yağları ve ekstraktlarının umut verici bir doğal antioksidan kaynağı olarak kabul edilebileceğini, ancak antimikrobiyal etki bakımından *O. vulgare* L. subsp. *hirtum* kekiğinin daha yüksek aktivite gösterdiğini, bakteri gelişmesinin engellenmesinde uçucu karvakrol ve timol gibi monoterpenlerin ve uçucu olmayan rosmarinik ve litospermik asit B gibi bileşiklerle ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Krumova, vd. (2021) tarafından yürütülen araştırmada, patates bitkisinde *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Neocosmospora* sp., *Alternaria solani*, *Alternaria alternata* ve *Botrytis cinerea* gibi başlıca mantar patojenlerine karşı *O. vulgare* subsp. *hirtum* yağının fungusidal etkisini test etmişlerdir. Araştırmada ucucu



yağın mantar gelişimi üzerine kuvvetli inhibitör etki yaptığı ve bu etkinin yüksek oranda karvakrol (%77,4) içeriğinden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Test edilen 0,2–0,8 µL/mL uçucu yağ konsantrasyonunun test edilen suşların gelişmesini tamamen engellediği ve bu bitkinin yağından alternatif bir mantar önleyici geliştirilmesine uygun olabileceği ortaya konulmuştur.



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Araştırma Materyali

##### 3.1.1. Araştırma Yerinin Tanımı ve Özellikleri

Bu araştırma 2020 ve 2021 yıllarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Dardanos Yerleşkesi seralarında ve açık alanda olmak üzere 3 farklı deneme seti olarak doğal ışık altında iki yıl süreyle yürütülmüştür.

##### 3.1.2. Toprak Özellikleri

Araştırmada uzun yıllar üzerinde herhangi bir tarımsal işlem yapılmamış tarla toprağı kullanılmıştır. Deneme alanından ve saksılardan alınan elenmiş toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonlarının belirlenmesi (tekstürü) Bouyoucus Hidrometre metoduyla (Gee ve Hortage, 1986); kireç miktarları Scheibler Klasimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Nelson, 1982); toprak pH'sı ise toprak-su saturasyon çamurunda (1:2,5'luk) cam elektrotlu pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmüştür (McLean, 1982). Saksılara doldurulan karışım toprak organik madde içeriğı Smith-Weldon yöntemiyle saptanmış (Nelson ve Sommer, 1982), toprakların toplam azot miktarı salisilik asit + tuz karışımı ile yaş yakma işleminden sonra yaygın mikro-Kjeldahl yöntemiyle ölçülmüştür (Bremmer ve Mulravey, 1982). Toprak alınabilir fosfor miktarı, sodyum bikarbonatla ekstrakte edilen süzüklerde (Olsen ve Summers, 1982), değışebilir K, Ca, Mg katyonları amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) çalkalanarak ekstrakte edildikten sonra (Rhoades, 1982); toprakta bitki tarafından alınabilir yararılı mikro element (Fe, Mn, Zn, Cu) içerikleri ise DTPA metoduyla ekstrakte edilen süzüklerde (Lindsay ve Norwell, 1978), ICP OES spektrofotometresi (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile okunarak tayin edilmiştir. Deneme setlerinde kullanılan toprağın organik madde içeriğı bakımından orta, kireç bakımından orta kireçli, P, K, Ca, Mg, Zn ve Cu bakımından yeterli, Mn bakımından az, Fe

bakımından ise iyi durumda olduğu görülmektedir. Deneme setlerinde kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Özelliği		Toprak Özelliği	
Kum (%)	39,8	K (mg/kg)	248
Silt (%)	28,6	Ca (mg/kg)	1397
Kil (%)	31,6	Mg (mg/kg)	228
pH (1:2,5)	7,5	Na (mg/kg)	83
Organik madde (%)	2,5	Bitkiye yararışlı Zn (ppm)	1,4
CaCO <sub>3</sub> (%)	13,3	Bitkiye yararışlı Fe (ppm)	6,6
N (%)	0,17	Bitkiye yararışlı Mn (ppm)	11,3
Alınabilir P (mg/kg)	17,3	Bitkiye yararışlı Cu (ppm)	1,8

### 3.1.3. Bitkisel Materyal

Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü’nden temin edilen İstanbul kekiği (*Origanum vulgare ssp. hirtum* (Link) Ietsw.) tohumları (Şekil 1) kum, torf, tarla toprağı (1:1:1) ile hazırlanan toprak karışımıyla hazırlanan yastıklara ekilmiş, çimlendirilmiş ve yetiştirilen İstanbul kekiği fideleri arasından uniform fideler deney materyali olarak seçilmiştir. Tohum ekim öncesi fideliğın üzeri bastırılmış, kum ile karıştırılan tohumlar ekilmiş, üzerine torf serpilerek tekrar bastırıldıktan sonra çıkış için ve fide gelişmesi için düzenli sulanmış, akabinde fideler aşılama sonrası saksılara dikilmiştir.



Şekil 1. İstanbul kekiğinin farklı gelişme dönemlerinde morfolojik durumu

#### 3.1.4. Bakteri Strainleri, İzolasyon Kaynağı ve Bazı Strain Özellikleri

Erzurum ilinin Yusufeli-Barhal, İspir-Aksu ve Çamlıkaya Çayı vadisi yabani bitki popülasyonlarının kök rizosfer topraklarından izole edilerek tanısı, karakterizasyonu, azot fiksasyonu, fosfat çözme, indol asetik asit üretimi ve 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz enzim üretimi gibi faydalı özellikleri belirlenerek saklanan; bitki yetiştiriciliğinde kullanılabilme potansiyeline sahip koleksiyonda bulunan 320 izolat arasından seçilen dört farklı bakteri streini ve bunların kombinasyonları araştırmada kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2

Bakteri streinleri, izolasyon kaynağı ve bazı strein özellikleri

Bakteri kodu	Bakteri streini	İzolasyon kaynağı	IAA üretimi ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ OD <sub>600</sub> Unit <sup>-1</sup> )*	Nitrojenaze aktivitesi (nmol C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , 10 <sup>7</sup> kob sa <sup>-1</sup> )	Fosfat Çözme ( $\mu\text{g P mL}^{-1}$ d <sup>-1</sup> )	ACC deaminaze aktivitesi (nmol $\alpha$ -ketobutyrate mg <sup>-1</sup> protein sa <sup>-1</sup> )
RC215	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Yabani asma	32,4 $\pm$ 2,6	0,88 $\pm$ 0,15	41,6 $\pm$ 1,8	268,6 $\pm$ 19,8
RC106	<i>Bacillus licheniformis</i>	Yabani çilek	26,7 $\pm$ 1,5	0,71 $\pm$ 0,16	68,5 $\pm$ 2,9	367,8 $\pm$ 21,2
RC210	<i>Bacillus subtilis</i>	Ahududu	46,4 $\pm$ 2,6	0,86 $\pm$ 0,14	48,7 $\pm$ 2,2	549,2 $\pm$ 22,5
RC16	<i>Bacillus megaterium</i>	<i>Origanum</i>	34,4 $\pm$ 2,1	0,76 $\pm$ 0,13	52,3 $\pm$ 2,7	448,7 $\pm$ 24,5

\*48, 72 ve 168 saatlik saf kültürlerin üç tekerrürlü ortalamaları ve standart hataları

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Deneme Deseni ve Uygulamalar

Araştırma 3 farklı deneme seti halinde tesadüf parselleri deneme deseninde 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 4 saksı (bitki) olacak şekilde kurulmuştur (Şekil 2 ve Şekil 3). Araştırmada kimyasal NPK (dekar 10 kg N, 10 kg P ve 10 kg K ve 300 mg N, 300 mg P ve 300 mg K/saksı, kompoze %20,20,20 formunda), P gübrelemesi (10 kg P/dekar ve 300 mg saksı, TSP formunda); üç sentetik hormon uygulaması indol asetik asit (IAA), benzil amino pürin (BAP) ve IAA+BAP); iki ticari biyolojik gübre, tekli, ikili, üçlü ve dördü bakteri formülasyonları terst edilmiştir. Uygulamalar Tablo 3'de aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Sera koşullarında yürütülen birinci deneme setinin görünümü

Tablo 3

Denemelerde test edilen uygulamalar

Uygulama	Açıklama	Miktar
Kontrol	Bakteri ve gübre uygulanmamış	
NPK	Kompoze 20,20,20	10 kg N + 10 kg P + 10 kg K/dekar tarla veya 300 mg N + 300 mg P + 300 mg K/bitki saksı
P	TSP, Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O	10 kg P/dekar ve 300 mg P/bitki
BMusaVita	Ticari biyolojik gübre	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
BMusaGreen	Ticari biyolojik gübre	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
IAA	Indol-3-asetik asit	100 ppm/bitki
BAP	Benzil amino pürin	100 ppm/bitki
IAA+BAP		100 ppm/bitki
RC215	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC106	<i>Bacillus licheniformis</i>	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC210	<i>Bacillus subtilis</i>	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC16	<i>Bacillus megaterium</i>	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC215+RC106	İkili	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC215+RC210	İkili	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC215+RC16	İkili	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC215+RC106+ RC210	Üçlü	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC215 + RC106+ RC16	Üçlü	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC215 + RC210 + RC16	Üçlü	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )
RC215 + RC106+ RC 210+ RC16	Dörtlü	5 mL/bitki (10 <sup>8</sup> kob mL <sup>-1</sup> )

Mineral gübre uygulanması uzun yıllar tarım yapılmamış tarla toprağının elenerek saksılara doldurulması aşamasında gerçekleştirilmiştir. Her üç deneme setinde de 17 farklı uygulamayla yürütülmüştür. Saksı denemeleri 4 tekerrürlü olmak üzere elenmiş tarla toprağı doldurulmuş 13 L kapasiteli saksılarda kurulmuştur. Dikim öncesi saksılar tarla kapasitesinin %100'ü oranında sulanmıştır (Şekil 3 ve Şekil 4). Üç yinelemeli saksı denemelerine ilaveten tarla denemeleri de kurulmuş ancak, tarla denemeleri KOVİD-19 Küresel Pandemi sürecinde ortaya çıkan bazı çıkış ve bakım sorunları nedeniyle bu tez kapsamında değerlendirilmemiştir.

### **3.2.2. Bakteri Süspansiyonlarının Hazırlığı ve Uygulama**

Sıvı kombinasyon ve biyolojik gübre hazırlanırken öncelikle suşlar saf kültür olarak NB ortamında 28 °C de 24 saat geliştirilmiş ve  $10^8$  kob/mL konsantrasyonda sıvı taşıyıcı içinde formülasyon için kullanılmıştır. Saf bakteri kolonileri alınarak önceden fermentörde hazırlanan ve yatay çalkalayıcıda 121 °C 'de 20 dakika otoklavlanarak sterilize edilen NB besiyerine aktarılmıştır (Çakmakçı vd., 2013). Bakteriler, 24 saat süresince optimum pH, oksijen ve sıcaklık sağlanarak geliştirilmiş daha sonra tamamen buharla sterilize edilen sıvı taşıyıcı karışıma 1:10 oranında aşılanmıştır. Bakteri aşılanmış organik sıvı taşıyıcı, optimum büyüme koşulları altında biyoreaktörde inkübe edilmiş, 48 saat sonunda mililitredeki canlı bakteri sayısı  $1 \times 10^8$  kob hücreyi aştığında ürün steril koşullarda paketlenerek kullanıma kadar 5°C'de soğuk bir odada saklanmıştır. Dikim öncesinde üniform kekik fideleri aşılanmıştır. Bunun için fidelerin kök aksamı 60 dakika süreyle sıvı biyolojik gübre, ikili, üçlü ve dörtlü bakteri süspansiyonu içine daldırılarak bekletilmiş ve aşılama sonrasında dikim yapılmıştır (Çakmakçı vd., 2012). Kontrol ve mineral gübre uygulanacak fideleri bakteri aşılanmamış sıvı taşıyıcı besi ortamına daldırılarak dikim yapılmıştır. Dikim sonrasında bütün fidelere can suyu verilmiştir. Her saksıda bir fide olacak şekilde inoküle edilen fideler dikilmiş. Kalan bakteri süspansiyonu dikim işleminden sonra saksı toprağına da 5 mL hacimde uygulanmıştır.



Şekil 3. Açık alanda yürütülen ikinci deneme setinin yerleşim planı ve hazırlığı





Şekil 4. Üçüncü deneme setine ait fidelerin bakteri aşılması sonrası görünümü

### 3.2.3. Bakım ve Hasat

Sulama işlemi topraktaki nem durumuna göre uygulanmıştır. Başlangıçta saksılar su ile doymuş hale getirilip tarla kapasitesi belirlenmiştir. Bunun için saksılar su ile doymuş hale getirilmiş ve buharlaşmayı önlemek için saksıların yüzeyleri kapatılarak serbest drenaja bırakılmış, drenaj durduktan sonra saksılar tartılıp tarla kapasitesi belirlenmiştir. Su uygulamasında bütün saksılar tarla kapasitesinin %100'ü oranında sulanmıştır. Ağırlık esasına göre eksilen su miktarı saksılara uygulanmıştır (Şekil 5). Belli aralıklarla saksıların yerleri değiştirilmiştir. Denemeler süresince herhangi bir kimyasal ilaç uygulaması yapılmamıştır. Yabancı ot kontrolü elle yapılmıştır. Hasat işlemi toprak üstünden 5-6 cm yükseklikte biçilerek elle yapılmıştır. Bitkiler tam çiçeklenme döneminde hasat edilmiştir.



Şekil 5. Sera koşullarında yürütülen deneme setine ait İstanbul kekiği fidelerinin gelişimi

### 3.2.3. Gelişme ve Verim Parametreleri

**Bitki boyu (cm):** Hasat öncesinde ana sürgünün toprak seviyesinden en uç noktasına kadarki boyu ölçülerek cm cinsinden kaydedilmiştir.

**Dal sayısı (adet/bitki):** Bitkilerin dal sayıları tek tek sayılarak ortalamaları alınarak bitki başına dal sayıları belirlenmiştir.

**Taze (yeşil) herba verimi (g/bitki):** Taze herba verimi için bitkiler bahçe makası kullanılarak toprak seviyesinden itibaren 5-8 yükseklikten biçilmiş yaş olarak tartılarak ve gram olarak hesaplanmıştır.

**Drog herba verimi (g/bitki):** Taze (yeşil) herba verimi olarak elde edilen kekikler 35 °C' de kurutulup nem kayıpları belirlenmiş ve drog herba verimleri hesaplanmıştır.

**Drog yaprak verimi (g/bitki):** Drog herba örneklerinde yaprak-sap ayrımı yapıldıktan sonra tartılarak kuru yaprak ağırlıkları (verimleri) saptanmıştır.

**Drog Yaprak Sap Oranı:** Kurutulmuş kekikten, yaprak ve sap birbirinden ayıklandıktan sonra (drog yaprak /drog yaprak+sap)\*100 formülüne göre hesaplanmıştır.

**Uçucu Yağ Oranı:** Uçucu yağ oranını bakımından biçim tam çiçeklenme döneminde yapılmıştır (Kırıcı ve İnan 2001). Uçucu yağ oranı Çanakkale OnsekizMart Üniversitesi Tarla Bitkileri Analiz Laboratuvarı'nda Neo-Clevenger tipi cihazı kullanılarak su buharı distilasyon yöntemi ile saptanmıştır. Analizlerde 20 g 35 °C' de kurutulmuş örnek alınarak, distilasyon süresi 3 saat tutulmuştur. Böylece uçucu yağ oranları volumetrik olarak (mL/100 g drog herba) ölçülmüştür. Distilasyon her bir örnek için 3 kez tekrarlanarak ortalama yağ oranları belirlenmiştir.

**Uçucu yağ bileşenleri (%):** Uçucu yağın bileşenleri Bingöl Üniversitesi Merkez Laboratuvarı ve Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM) laboratuvarlarında GC ve GC/MS analizi ile belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşenleri Thermo Finnigan TRACE™ A1300 DSQMS cihazı ile belirlenmiştir. Yağ bileşenleri GC-MS sistemi Wiley 7N ve literatür dataları oransal tutulma süresi ve kütle spektrumları karşılaştırmalarına dayanılarak saptanmıştır. Sonuçlar literatürdeki polar olmayan fazdaki nispi alıkonma indeksleriyle (RI) bileşiklerin yıkanmasının karşılaştırılması ile de teyit edilmiştir (Adams, 2007). Cihaz çalışma koşulları:

Cihaz: Gas Chromatograph Mass Spectrometer AGILENT 7890A GC sistem

Kolon: AGILENT 122-7061 J&W GC Column DB-WAX (60 m x 0,25 mm i.d., 0,15 µm, 7 inch cage)

Dedektör: AGILENT 5975C GC/MSD

MS iyonizasyonu: 70 eV

Enjeksiyon sıcaklığı: 230 °C

MS dedektör sıcaklığı: 200 °C

Taşıyıcı gaz: He

Gaz akış hızı: 15 mL/dk

Sıcaklık programı: 50°C-150°C (1°C/dk), 230 °C (3°C/dk), 15 dk

Örnek seyreltme: (1/100 v/v, methylene chloride)

Örnek miktarı: 1 µL

**Klorofil içeriği (SPAD değeri):** İstanbul kekiğinde olgun yapraklardaki klorofil içeriği, Konica Minolta marka taşınabilir SPAD-502 Plus model dijital cihaz ile ölçülmüştür. Her bitkide, tam olgunlaşmış yaprağın orta damarının her iki kenarından, yaprağın 4 farklı noktasında ölçüm yapılmıştır.

**Antosiyanin indeksi (ACI):** İstanbul kekiğinde olgun yapraklardaki antosiyanin içeriği Opti-Sciences marka taşınabilir ACM-200 Plus model dijital cihaz ile ölçülmüştür. Her bitkide, tam olgunlaşmış yaprağın orta damarının her iki kenarından, yaprağın 4 farklı noktasında ölçüm yapılmıştır.

#### 3.2.4. İstatistik Analiz

Saksı ve tarla denemelerinde belirlenen tüm veriler STATISTICA (StatSoft-2003) ve SPSS (IBM SPSS Statistics 20) programları kullanılarak (özellikle varyans, korelasyon ve çoklu karşılaştırma testleri yapılarak) istatistikî olarak analiz edildikten sonra, uygulamalar arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 4.1. İstanbul Kekığı Gelişme ve Verim Parametreleri

##### 4.1.1. Bitki Boyu

Bitki boyu değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 4 ve Tablo 5’de verilmiştir. İstanbul kekiği bitki boyu bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur. En yüksek bitki boyu dördü (RC215 + RC106 + RC210 + RC16) ve ikili (RC215 + RC106) bakteri aşılamalarında elde edilmiş ve bu uygulamaları aynı gruba giren üçlü aşılama, ticari biyolojik gübre aşılama ve mineral gübre (NPK) uygulamaları izlemiştir. Bitki boyu bakımından bütün hormon uygulamaları tek başına mineral fosfor (P) uygulaması ve tekli bakteri aşılama ile belirlenen farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrolle kıyasla bitki boyu mineral gübre (NPK) uygulaması ile %24,5; tekli uygulamalarla %8,4-13,9 arasında; ikili uygulamalarla %9,8-33,9 arasında; üçlü uygulamalarla %20,6-26,4 arasında ve dördü uygulamada ise %34,4 oranında artmıştır.

Tablo 4

Bakteri, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği bitkisinde bitki boyu, dal sayısı, yeşil herba verimi ve kuru yaprak oranı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Bitki Boyu		Dal Sayısı		Yeşil Herba Verimi		Kuru Herba Verimi	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	18	148,53	9,45**	164,68	8,61**	4125,04	25,07**	624,73	15,16**
Hata	57	15,72		19,12		164,55		41,21	

\*:p<0,05 , \*\*: p<0,01

Tablo 5

Bakteri aşılama ları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği bitki boyu, dal sayısı, yeşil herba verimi ve kuru yaprak oranı üzerine etkisi

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Dal sayısı (adet/bitki)	Yeşil Herba Verimi (g/bitki)	Kuru Herba Verimi (g/bitki)
Kontrol	47,8 ± 1,4 cd	66,0 ± 3,6 e	228,5 ± 23,8 g	101,0 ± 4,8 g
NPK	59,5 ± 2,9 ab	84,3 ± 3,2 a	330,6 ± 12,9 a	137,8 ± 6,2 a
Mineral P	48,4 ± 3,1 cd	72,1 ± 4,8 c-e	272,7 ± 11,7 ef	110,8 ± 3,8 e-g
BMusaVita	60,1 ± 1,5 ab	80,0 ± 4,0 a-c	316,0 ± 6,1 ab	135,5 ± 6,1 ab
BMusaGreen	59,2 ± 3,0 ab	82,2 ± 5,0 ab	302,5 ± 16,5 b-d	135,2 ± 5,7 ab
IAA	45,9 ± 2,4 d	68,6 ± 5,8 de	253,9 ± 16,2 fg	112,5 ± 7,0 ef
BAP	45,8 ± 2,1 d	66,5 ± 4,8 e	228,0 ± 8,9 g	104,5 ± 3,7 fg
IAA + BAP	45,8 ± 2,5 d	65,9 ± 3,0 e	234,5 ± 9,2 g	102,2 ± 6,7 g
RC215	51,8 ± 1,7 b-d	72,8 ± 4,0 b-e	279,5 ± 6,6 d-f	114,7 ± 9,0 e
RC106	52,6 ± 5,5 b-d	78,4 ± 6,1 a-c	268,1 ± 8,5 ef	113,8 ± 7,9 ef
RC210	54,4 ± 2,3 bc	76,5 ± 3,5 a-d	261,0 ± 11,4 ef	117,0 ± 8,3 c-e
RC16	52,5 ± 7,4 b-d	68,6 ± 3,6 de	253,5 ± 11,1 fg	115,8 ± 7,4 de
RC215+ RC106	64,0 ± 9,8 a	70,7 ± 2,7 c-e	284,8 ± 8,6 c-e	119,0 ± 4,2 c-e
RC215+ RC210	58,2 ± 3,3 ab	77,5 ± 4,7 a-d	303,0 ± 18,2 b-d	125,5 ± 6,7 b-d
RC215+ RC16	52,5 ± 2,1 b-d	76,6 ± 5,2 a-d	274,9 ± 8,2 ef	114,9 ± 6,7 e
RC215+ RC106+ RC210	60,4 ± 3,5 ab	76,6 ± 3,1 a-d	308,3 ± 8,7 a-c	126,2 ± 6,7 bc
RC215+ RC106+ RC16	57,6 ± 2,7 ab	83,6 ± 3,7 a	316,3 ± 20,0 ab	125,9 ± 8,6 bc
RC215+ RC210+ RC16	59,2 ± 3,8 ab	84,3 ± 3,7 a	312,2 ± 10,7 ab	138,8 ± 5,6 a
Dörtlü Mikrobiyal Uyg.	64,0 ± 3,6 a	81,8 ± 6,4 ab	313,6 ± 9,6 ab	139,9 ± 1,2 a
<b>Ortalama</b>	54,7 ± 6,9	75,4 ± 7,4	281,1 ± 33,4	120,6 ± 13,5

\*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli ( $p \leq 0,05$ ) değildir,  $\pm$ : standart hata

#### 4.1.2. Dal Sayısı

Mineral ve mikrobiyal gübre, hormon uygulamaları, tekli ve kombine bakteri aşılama larının İstanbul kekiğinde dal sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait veriler Tablo 4 ve Tablo 5’de verilmiştir. Tablo 4’de gösterildiği üzere İstanbul kekiğinde dal sayısı bakımından uygulamaların etkisinin istatiki bakımdan çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) olduğu belirlenmiştir.

İstanbul kekiğinde en yüksek dal sayısı mineral gübre (NPK), üçlü (RC215 + RC106+ RC16 ve RC215 + RC210 + RC16) uygulamalarda ölçülmüş ve bunu sırasıyla dörtlü, ticari biyolojik gübreler (BMusaVita ve BMusaGreen) izlemiştir. Dal sayısı

bakımından bütün hormon uygulamaları, mineral fosfor (P) ve tekli (RC215 ve RC16) uygulamalar kontrol ile aynı gruba girmiştir.

Kontrole kıyasla dal sayısı mineral gübre (NPK), tekli, ikili, üçlü, dördü ve ticari biyolojik gübre uygulamaları sırasıyla %27,7, %10,3-18,8, %7,1-17,4, %16,0-27,7, %23,9 ve %9,2-21,1 oranında artırmıştır.

#### 4.1.3. Yeşil Herba Verimi

İstanbul kekiğinde mineral ve mikrobiyal gübre, hormon uygulamaları, tekli ve kombine bakteri aşlamalarının yeşil herba verimine ilişkin varyans analizine ilişkin sonuçları ve uygulamalara ait veriler Tablo 4 ve Tablo 5 'de verilmiştir. Tablo 4 'de görüldüğü üzere İstanbul kekiği yeşil herba verimi bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel olarak çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur.

*B. megaterium* RC16 ve hormon uygulamaları dışında diğer bütün uygulamalar kontrole kıyasla İstanbul kekiği yeşil herba verimini istatistiksel olarak çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) oranda arttırmıştır.

Araştırmadan elde edilen veri sonuçlarına göre İstanbul kekiğinde en yüksek yeşil herba verimi mineral NPK uygulaması ile elde edilmiştir. Bunu sırasıyla ticari biyolojik gübre BMusaVita, üçlü ve dördü formülasyonlar, ikili formülasyonlar ve tekli aşlamalar izlemiştir. Kontrole kıyasla yeşil herba verimi mineral gübre (NPK), mineral fosfor (P), tekli, ikili, üçlü, dördü ve ticari biyolojik gübre uygulamaları sırasıyla %44,7, %19,3, %10,9-22,3, %20,3-32,6, %34,9-38,4, %37,2 ve %32,4-38,3 oranında artırmıştır.

#### 4.1.4. Kuru Herba Verimi

İstanbul kekiğinde mineral ve mikrobiyal gübre, hormon uygulamaları, tekli ve kombine bakteri aşılamalarının kuru herba verimine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait veriler Tablo 4 ve Tablo 5’de verilmiştir. Tablo 4’de görüldüğü üzere İstanbul kekiği kuru herba verimi bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel olarak çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur.

Bütün uygulamalar bitki başına kuru herba verimini artırmıştır. Ancak mineral P uygulaması, bir tekli (RC106) uygulama ve hormon uygulamalarındaki artış oranları önemli bulunmamış ve bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir.

İstanbul kekiğinde bitki başına en yüksek kuru herba verimi dörtlü bakteri formülasyonundan elde edilmiştir. Onu sırasıyla üçlü (RC215+RC210+RC16) aşılama, mineral NPK uygulaması ve ticari biyolojik gübre uygulamaları izlemiştir.

Kuru herba verimi bakımından bu uygulamaları takip eden üçlü, ikili ve tekli bakteri aşılama istatistiksel olarak aynı gruba dahil olmuşlardır.

Bitki büyüme düzenleyici (BBD), mineral gübre ve biyolojik gübre uygulanmamış kontrole kıyasla kuru herba verimi mineral gübre (NPK), mineral P, tekli, ikili, üçlü, dörtlü formülasyonlar, ticari biyolojik gübre uygulamaları ve hormon uygulamaları sırasıyla %36,5, %9,7, %12,7-15,8, %13,7-24,2, %24,6-37,4, %38,5, %33,8-34,3 ve %1,1-11,4 oranında artmıştır.



#### 4.1.5. Kuru Yaprak Verimi

İstanbul kekiğinde mineral ve mikrobiyal gübre, hormon uygulamaları, tekli ve kombine bakteri aşılamalarının kuru yaprak verimine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 6’nın incelenmesinden anlaşılacağı üzere İstanbul kekiği kuru yaprak verimi bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel bakımdan çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur.

Tablo 6

Bakteri, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği bitkisinde bitki boyu, dal sayısı, yeşil herba verimi ve kuru yaprak oranı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kuru Yaprak Verimi		Kuru Yaprak Oranı		Kuru Sap Verimi	
		KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	18	149,52	11,31**	13,74	6,54**	175,92	13,88**
Hata	57	13,22		2,10		12,67	

\*:  $p < 0,05$  , \*\*:  $p < 0,01$

İstanbul kekiği kuru yaprak verimi bitki başına 67,3-85,5 gram arasında değişmiş olup en yüksek kuru yaprak verimi ticari biyolojik gübre BMusaVita, en düşük yaprak verimi ise kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol uygulamasına kıyasla, tek başına fosforlu gübre ve hormon uygulamaları ile ikili RC215+RC16 bakteri formülü aşılması ve tekli bakteri aşılamalarının tamamında ortaya çıkan kuru yaprak verimi farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 7). Araştırmada test edilen ikili RC215+RC16 bakteri aşılması ile ölçülen kuru yaprak verimi, istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte, bu formülasyona giren bakterilerin tekli bakteri aşılamalarından daha düşük bulunmuştur.

Kontrole göre en yüksek kuru yaprak verimi artışı sağlayan ticari biyolojik gübre BMusaVita uygulamasını dörtlü formülasyon, mineral NPK, ticari biyolojik gübre BMusaGreen ve üçlü bakteri (RC215+RC210+RC16) uygulamaları izlemiştir.

Araştırmada test edilen ticari biyolojik gübre uygulamaları ile %26,6-28,9 oranında artan bitki başına kuru yaprak verimi; mineral NPK uygulaması ile %27,1, dörtlü bakteri aşılması ile %27,3, üçlü formülasyonlarla %17,1-23,3, ikili formülasyonlarla %8,4-18,6 ve tekli formülasyonlarda ise %9,1-12,2 oranında artmıştır.

Tablo 7

Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının bitkisinde kuru yaprak verimi, oranı ve sap verimi üzerine etkisi

Uygulamalar	Kuru Yaprak Verimi (g/bitki)	Kuru Yaprak Oranı (%)	Kuru Sap Verimi (g/bitki)
Kontrol	66,3 ± 3,1 f	66,7 ± 1,4 a	34,7 ± 2,4 h
NPK	84,3 ± 2,0 ab	61,2 ± 2,4 c-e	53,6 ± 5,5 a-c
Mineral P	69,6 ± 1,3 ef	62,9 ± 2,4 cd	41,1 ± 3,9 fg
BMusaVita	85,5 ± 2,3 a	63,1 ± 1,5 b-d	50,0 ± 4,1 b-d
BMusaGreen	84,0 ± 3,6 ab	62,1 ± 1,1 cd	51,2 ± 2,8 b-d
IAA	70,8 ± 4,4 d-f	62,9 ± 0,7 cd	41,7 ± 2,8 fg
BAP	67,3 ± 2,2 f	64,4 ± 0,5 a-c	37,2 ± 1,6 gh
IAA+BAP	67,4 ± 3,0 f	66,1 ± 2,0 ab	34,8 ± 4,1 h
RC215	72,5 ± 5,1 d-f	63,3 ± 1,0 b-d	42,1 ± 4,1 fg
RC106	72,3 ± 3,4 d-f	63,6 ± 1,5 bc	41,5 ± 4,6 fg
RC210	73,4 ± 5,5 c-f	62,7 ± 0,6 cd	43,6 ± 2,8 ef
RC16	74,4 ± 4,6 c-f	64,3 ± 0,9 a-c	41,3 ± 3,1 fg
RC215+RC106	75,3 ± 2,5 c-e	63,3 ± 0,6 b-d	43,7 ± 2,0 ef
RC215+RC210	78,6 ± 4,2 a-d	62,7 ± 1,5 cd	46,8 ± 3,5 d-f
RC215+RC16	71,9 ± 4,1 d-f	62,6 ± 1,6 cd	43,0 ± 3,5 ef
RC215+ RC106+ RC210	77,7 ± 3,4 b-d	61,6 ± 0,7 cd	48,4 ± 3,4 c-e
RC215 + RC106+ RC16	77,6 ± 4,5 b-d	61,7 ± 0,7 cd	48,3 ± 4,1 c-e
RC215 + RC210 + RC16	81,1 ± 3,0 a-c	58,5 ± 0,3 e	57,6 ± 2,6 a
Dörtlü Mikrobiyal Uyg.	84,5 ± 3,7 ab	60,4 ± 2,9 de	55,4 ± 4,4 ab
<b>Ortalama</b>	<b>75,6 ± 6,8</b>	<b>62,9 ± 2,2</b>	<b>45,0 ± 7,2</b>

\*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli ( $p \leq 0,01$ ) değildir, ±: standart hata

#### 4.1.6. Kuru Yaprak Oranı

İstanbul kekiğinde mineral ve mikrobiyal gübre, hormon uygulamaları, tekli ve kombine bakteri aşılamaalarının kuru yaprak oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 6’da verilen İstanbul kekiği kuru yaprak verimi değerleri bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel olarak çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur.

İstanbul kekiği kuru yaprak oranı değerleri % 58,5-66,7 arasında değişim göstermiş olup, en yüksek kuru yaprak oranı kontrol uygulamasında belirlenmiş olup bunu sırası ile İAA+BAP, BAP ve Tekli RC16 bakteri aşılamaasının izlediği hesaplanmıştır (Tablo 7).

#### 4.1.7. Kuru Sap Verimi

İstanbul kekiğinde mineral ve mikrobiyal gübre, hormon uygulamaları, tekli ve kombine bakteri aşılamaalarının kuru sap verimi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait verilerin verilmiş olduğu Tablo 6 ve Tablo 7’de görüldüğü gibi İstanbul kekiği kuru herba verimi bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel olarak çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur.

İAA+BAP ve BAP uygulamaları dışında test edilen diğer bütün uygulamalar kontrole kıyasla bitki kuru sap ağırlığını artırmıştır ve artış oranları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek kuru sap ağırlığı üçlü (RC215+RC210+RC16) bakteri aşılması uygulanmış kekiklerde ölçülürken onu dörtlü bakteri formülasyonu, mineral NPK ve ticari biyolojik gübre BMusaGreen ve BMusaVita uygulamaları takip etmiştir. Kuru sap ağırlığı bakımından en yüksek etkinliğin belirlendiği söz konusu üçlü formülasyon aynı gruba girdiği dörtlü kombinasyon ve mineral NPK uygulamaları dışında kalan uygulamalara kıyasla kuru sap ağırlığını önemli oranda artırmıştır (Tablo 7).

#### 4.1.8. Klorofil İçeriği (SPAD değeri)

Araştırmada test edilen İstanbul kekiğinde mineral ve mikrobiyal gübre, hormon uygulamaları, tekli ve kombine bakteri aşılamalarının kekik yaprak klorofil içeriği (SPAD) değeri ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir. Tablo 6'da görüldüğü üzere İstanbul kekiği kuru yaprak verimi bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel olarak çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur. Bu çalışmada İstanbul kekiği olgun yapraklarında ölçülen klorofil indeks SPAD değerlerinin 45,8- 64,2 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Sentetik BAP ve IAA+BAP hormon uygulamaları ile tekli *Bacillus licheniformis* RC106 ve ikili RC215+RC16 bakteri aşılama dışıda diğer bütün uygulamalar kontrole kıyasla İstanbul kekiği klorofil indeks değerini istatistiksel olarak çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) oranda arttırmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre İstanbul kekiğinde en yüksek klorofil içeriği dörtlü bakteri formülasyonu aşılama kekik yapraklarında ölçülürken, bunu sırası ile BMusaGreen, BMusaVita, NPK ve üçlü RC215 + RC210 + RC16 bakteri formülasyonu uygulamaları izlemiştir. Kontrole kıyasla klorofil indeks SPAD değerleri, mineral gübre (NPK), mineral fosfor (P), hormon uygulamaları, tekli, ikili, üçlü, dörtlü ve ticari biyolojik gübre uygulamaları ile sırasıyla %25,6, % 13,8, %0,2-8,3, %5,0-16,4, %4,2-19,1, %8,1-24,1, %39,8 ve %27,3-28,0 oranında artmıştır.

Tablo 8

Bakteri, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği bitkisinde yaprak klorofil içeriği (SPAD) ve antosiyanin içeriği (ACI) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Klorofil İçeriği		ACI	
		KO	F	KO	F
Uygulamalar	18	104,48	49,36**	7,85	26,16**
Hata	57	2,12		0,30	

\*\* :  $p \leq 0,01$

Tablo 9

Bakteri aşılama ları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yaprak klorofil içeriği (SPAD) ve antosiyanin içeriği (ACI) üzerine etkisi

Uygulamalar	Klorofil içeriği (SPAD)*	Antosiyanin içeriği (ACI)
Kontrol	45,8 ± 1,0 f	6,1 ± 0,2 e
NPK	57,5 ± 1,2 b	9,6 ± 1,0 a
Mineral (P)	52,1 ± 0,9 d	6,8 ± 0,4 c-e
BMusaVita	58,3 ± 0,5 b	8,9 ± 1,0 ab
BMusaGreen	58,6 ± 2,3 b	8,8 ± 0,3 ab
IAA	49,6 ± 1,0 e	5,9 ± 0,3 e
BAP	46,0 ± 1,3 f	6,0 ± 0,2 e
IAA+BAP	45,9 ± 0,4 f	6,2 ± 0,4 e
RC215	49,8 ± 1,2 e	7,4 ± 0,6 cd
RC106	48,1 ± 1,4 ef	9,3 ± 0,3 a
RC210	49,7 ± 0,4 e	6,6 ± 0,5 de
RC16	53,3 ± 1,0 cd	5,9 ± 0,3 e
RC215+RC106	54,6 ± 0,5 c	7,4 ± 0,3 cd
RC215+RC210	54,3 ± 1,0 cd	9,1 ± 0,3 a
RC215+RC16	47,7 ± 1,4 ef	8,7 ± 0,9 ab
RC215+ RC106+ RC210	49,5 ± 0,7 e	7,9 ± 0,3 bc
RC215 + RC106+ RC16	54,7 ± 1,8 c	6,7 ± 0,4 de
RC215 + RC210 + RC16	56,9 ± 1,5 b	9,6 ± 0,9 a
RC215 + RC106+ RC 210+ RC16	64,2 ± 3,8 a	9,2 ± 0,5 a
<b>Ortalama</b>	52,5 ± 5,2	7,7 ± 1,5

\*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli ( $p \leq 0,01$ ) değildir, ±: standart hata

#### 4.1.9. Antosiyanin İçeriği (ACI indeksi)

İstanbul kekiğinde mineral ve mikrobiyal gübre, hormon uygulamaları, tekli ve kombine bakteri aşılama larının kekik yapraklarında ölçülen antosiyanin içeriği (ACI indeksi) değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait veriler Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir. İstanbul kekiği yaprak ACI indeksi bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel olarak çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur (Tablo 8).

Bu çalışmada test edilen İstanbul kekiğinde ölçülen antosiyanin indeksi (ACI indeks) değerleri 5,9-9,6 arasında değişim göstermiştir. Araştırma sonuçlarına göre İstanbul kekiğinde en yüksek ACI değeri mineral NPK ve üçlü (RC215 + RC210 + RC16) bakteri uygulanmış kekik yapraklarında 9,6 olarak ölçülürken, bu uygulamaları tekli RC106 (9,3), dördü RC215 + RC106+ RC 210+ RC16 (9,2), ikili RC215+RC210 (9,1) bakteri aşılama ları

izlemiştir. ACI indeks değeri bakımından hormon ve tek başına fosforlu gübre uygulamaları, tekli RC210 ve RC16 ve üçlü RC215 + RC106+ RC16 bakteri aşılımları kontrolle aynı gruba girmiştir (Tablo 9).

## 4.2. Uçucu Yağ Özellikleri

### 4.2.1. Uçucu Yağ Oranı

İstanbul kekiği bitkisinde uygulamalar sonucunda elde edilen uçucu yağ oranına ilişkin varyans analizi ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir. İstanbul kekiği uçucu yağ oranı bakımından uygulamaların etkisi istatiki bakımdan çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur (Tablo 10).

Bu çalışmada İstanbul kekiğinde ölçülen uçucu yağ oranı değerlerinin %4,53-5,19 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Uygulamalara bağlı olarak kekik uçucu yağ oranı azalış ve artışı sırasıyla %-6,4 ile %7,1 arasında değişmiştir. İstanbul kekiğinde en yüksek uçucu yağ oranı tekli *Pseudomonas fluorescens* RC215 ve dördü bakteri uygulamasından elde edilmiştir. Uçucu yağ oranı bakımından bu uygulamaları sırasıyla üçlü RC215 + RC210 + RC16 bakteri formülasyonu aşılması, fosforlu gübre uygulaması, ikili RC215+RC210 ve ticari biyolojik gübre BMusaVita uygulamaları izlemiştir. Araştırmada test edilen mineral gübre ve bakteri formülasyonlarının kontrole kıyasla uçucu yağ oranında kayda değer önemli bir artış sağlamamış olması önceki araştırma bulgularıyla benzerlik göstermektedir (Ninou vd., 2017).

Tablo 10

Bakteri, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği uçucu yağ oranı, verimi, karvakrol oranı ve verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Uçucu Yağ Oranı		Uçucu Yağ Verimi		Karvakrol Oranı		Karvakrol verimi	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	18	0,11	2,72*	0,49	7,54**	26,92	37,66**	0,36	12,92**
Hata	57	0,41		0,06		0,72		0,028	

\* :  $p \leq 0,05$  , \*\* :  $p \leq 0,01$

Tablo 11

Bakteri aşulamaları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının uçucu yağ ve karvakrol oranı, bitki başına yağ ve karvakrol verimi üzerine etkisi

Uygulamalar	Uçucu yağ oranı (% , g/100 g kuru ağırlık)	Uçucu yağ verimi (g/bitki)	Karvakrol oranı (%)	Karvakrol verimi (g/bitki)
Kontrol	4,85 ± 0,17 a-d	3,27 ± 0,22 g	60,5 ± 1,9 g	1,98 ± 0,17 k
NPK	4,88 ± 0,17 a-c	4,10 ± 0,19 a-d	68,2 ± 1,1 b	2,80 ± 0,15 a-c
P	5,10 ± 0,12 ab	3,55 ± 0,13 e-g	69,5 ± 0,6 a	2,47 ± 0,09 e-h
BMusaVita	4,92 ± 0,24 a-c	4,20 ± 0,20 ab	65,0 ± 1,1 ef	2,73 ± 0,14 b-d
BMusaGreen	4,90 ± 0,16 a-c	4,11 ± 0,20 a-d	66,1 ± 0,2 de	2,72 ± 0,13 b-e
IAA	4,53 ± 0,14 d	3,21 ± 0,22 g	64,3 ± 0,1 f	2,06 ± 0,14 i-k
BAP	4,88 ± 0,16 a-c	3,29 ± 0,21 g	61,3 ± 0,9 g	2,01 ± 0,14 jk
İAA+ BAP	4,91 ± 0,23 a-c	3,31 ± 0,10 g	66,7 ± 0,3 cd	2,20 ± 0,06 h-k
RC215	5,19 ± 0,20 a	3,77 ± 0,37 c-f	64,1 ± 0,7 f	2,42 ± 0,26 f-h
RC106	4,81 ± 0,33 b-d	3,48 ± 0,26 e-g	65,2 ± 0,4 ef	2,27 ± 0,18 g-j
RC210	4,85 ± 0,17 a-d	3,56 ± 0,27 e-g	64,1 ± 0,6 f	2,28 ± 0,17 g-i
RC16	4,67 ± 0,11 cd	3,48 ± 0,28 e-g	66,8 ± 0,4 cd	2,33 ± 0,20 g-i
RC215+RC106	4,84 ± 0,20 a-d	3,64 ± 0,13 e-g	64,4 ± 0,7 f	2,35 ± 0,10 f-h
RC215+RC210	4,95 ± 0,24 a-c	3,89 ± 0,13 b-e	66,9 ± 0,9 cd	2,60 ± 0,09 c-f
RC215+RC16	4,71 ± 0,28 cd	3,38 ± 0,24 fg	67,7 ± 1,3 bc	2,29 ± 0,18 g-i
RC215+ RC106+ RC210	4,82 ± 0,24 b-d	3,74 ± 0,20 d-f	66,7 ± 0,8 cd	2,50 ± 0,14 d-g
RC215 + RC106+ RC16	4,75 ± 0,13 cd	3,72 ± 0,31 d-f	66,5 ± 0,5 cd	2,45 ± 0,21 f-h
RC215 + RC210 + RC16	5,13 ± 0,18 ab	4,16 ± 0,27 a-c	70,3 ± 0,6 a	2,93 ± 0,20 ab
Dörtlü Mikrobiyal Uyg.	5,15 ± 0,24 ab	4,35 ± 0,35 a	69,7 ± 1,0 a	3,03 ± 0,25 a
<b>Ortalama</b>	4,88 ± 0,24	3,39 ± 0,40	66,0 ± 2,6	2,44 ± 0,33

\*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli ( $p \leq 0,05$ ) değildir, ±: standart hata

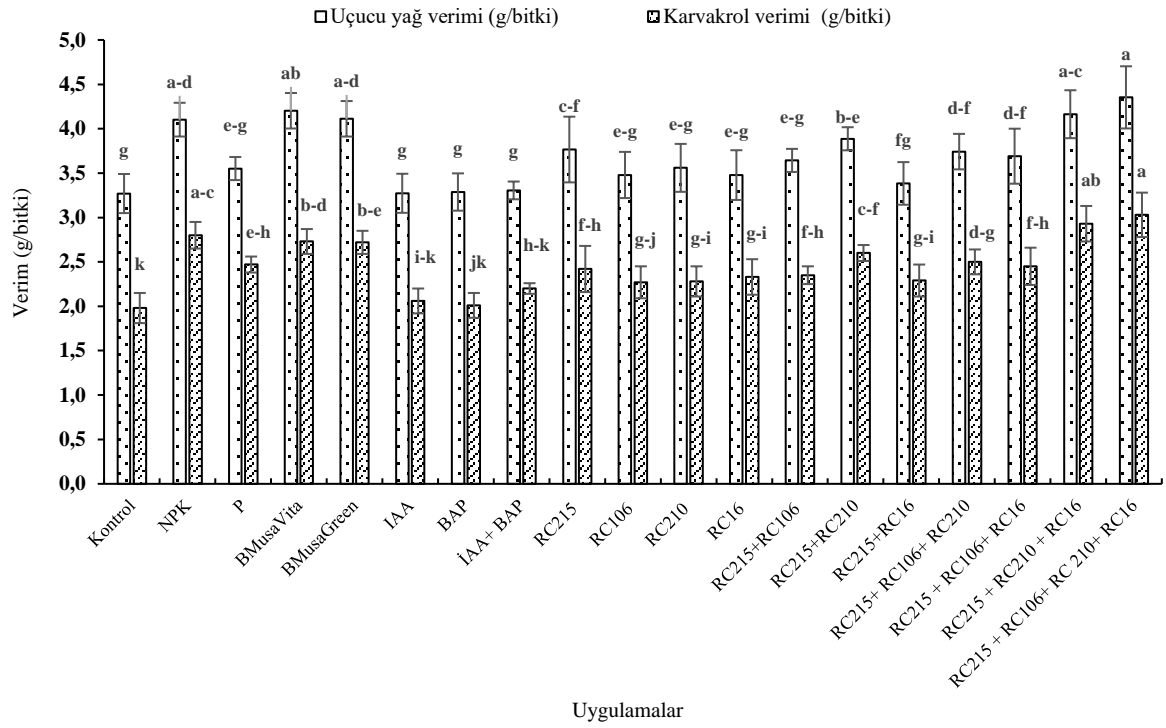
#### 4.2.2. Uçucu Yağ Verimi

İstanbul kekiğinde mineral ve mikrobiyal gübre, hormon uygulamaları, tekli ve kombine bakteri aşılamalarının bitki başına uçucu yağ verimi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir. Tablo 10’da görüldüğü üzere İstanbul kekiği uçucu yağ verimi bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel olarak çok önemli ( $p \leq 0,01$ ) bulunmuştur.

Bitki başına en yüksek uçucu yağ verimi dördü bakteri aşılamaında (4,35 g/bitki) belirlenmiş, bunu sırasıyla BMusaVita (4,20 g/bitki), üçlü RC215 + RC210 + RC16 (4,16 g/bitki), ticari biyolojik gübre BMusaGreen (4,11 g/bitki) ve mineral NPK (4,10 g/bitki) uygulaması izlemiştir (Şekil 6). Bitki başına uçucu yağ verimi bakımından test edilen bütün hormon uygulamaları, mineral P ile tekli (RC106, 210 ve RC16) ve ikili (RC215+RC16) uygulamalar kontrol ile aynı gruba girmiştir.

Araştırmada uygulamalara bağlı olarak İstanbul kekiğinde belirlenen bitki başına uçucu yağ verimi değerlerinin 3,27-4,35 g/bitki arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kontrol uygulamasına kıyasla İstanbul kekiğinde bitki başına uçucu yağ verimi, hormon uygulamaları, tekli, ikili, üçlü, dördü ve ticari biyolojik gübre uygulamaları ile sırasıyla %0,1-1,1, %6,3-15,2, %3,4-18,9, %13,8-27,3, %33,1 ve %25,8-28,5 oranında artmıştır. Öte yandan mineral gübre (NPK) ve mineral fosforlu gübre uygulamalarıyla kontrole kıyasla kekik uçucu yağ verimi sırasıyla %25,4 ve 8,6 oranında artış göstermiştir. İstanbul kekiğinde İAA üretici, azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerden geliştirilen dördü formülasyon (*P. fluorescens* RC215 + *B. licheniformis* RC106 + *B. subtilis* RC210 + *B. megaterium* RC16) aşılması ile bitki başına uçucu yağ verimi NPK ve mineral P gübre uygulamalarına kıyasla sırasıyla %6,1 ve %22,6 oranında artmıştır. Öte yandan tek başına fosforlu gübre uygulamasına kıyasla, üçlü bakteri aşılması (RC215 + RC210 + RC16) ile bitki başına uçucu yağ verimi %17,2 oranında artarken, ticari biyolojik gübre uygulamalarıyla %15,8 ile %18,3 artış oranı elde edilmiştir.





Şekil 6. Uygulamaların İstanbul kekiği uçucu yağ verimi ve karvakrol verimi üzerine etkisi

#### 4.2.3. Uçucu Yağ Bileşenleri

GC-MS analiz sonuçlarına göre İstanbul kekiği uçucu yağ profilinin %98,6-99,9'unu toplam otuz dokuz bileşenin oluşturduğu, bunların içinde karvakrol (%60,51- 70,32), p-simen (%5,50-9,95),  $\gamma$ -terpinen (%5,01-7,94), timol (%1,26-5,57),  $\beta$ -karyofillen (%1,61-2,49) ve  $\alpha$ -terpinen (%1,38-1,95) ana bileşenler olduğu ve bunları sırasıyla  $\beta$ -mirsen (%0,93-1,85),  $\alpha$ -pinen (%0,68-1,51), estragol (%0,33-2,36), metil sinamat (%0,16-2,15), terpinel-4-ol (%0,85-1,24), izoborneol %0,53-1,30),  $\beta$ -kayofillen oksit (%0,28-1,01), germakren D (%0,34-0,70), karvakrol metil eter (%0,30-0,63), linalol (%0,30-0,62), limonen (%0,30-0,54),  $\beta$ -bisabolen (%0,22-0,59),  $\delta$ -kadinen (%0,11-0,61),  $\alpha$ -fellandren (%0,25-0,48) ve 1-okten-3-ol (%0,24-0,47) ve borneol (%0,25-44) bileşenlerinin izlediği belirlenmiştir (Tablo 12 ve Tablo 13).

*Origanum vulgare* subsp. *hirtum* uçucu yağında ana bileşenlerin Sezik vd., (1993) karvakrol (% 70,47),  $\gamma$ -terpinen (%8,22), *p*-simen (%7,65) ve  $\beta$ -karyofillen (%2,12); Baser vd., (1994) karvakrol (23,43-78,73), *p*-simen (%4,93-24,9),  $\gamma$ -terpinen (%0,98-16,32), timol (%0,17-39,81),  $\beta$ -mirsen (%0,45-2,94) ve  $\alpha$ -pinen (0,78-2,69); Gounaris vd., (2002) karvakrol (%70,39-74,49), *p*-simen (%3,82-12,33),  $\gamma$ -terpinen (%7,13-9,68) ve  $\beta$ -mirsen (%1,41-1,83); Johnson vd., (2004) karvakrol (%61,17-69,16), *p*-simen (%9,16-24,26),  $\gamma$ -terpinen (%1,54-11,54) ve  $\beta$ -mirsen (%0,73-2,39); Bernáth vd., (2006) karvakrol (%68,6-85,9),  $\gamma$ -terpinen (%3,56-12,90), *p*-simen (%4,0-6,36),  $\beta$ -pinen (%1,63-2,07) ve  $\beta$ -karyofillen (%0,05-1,78); Esen vd., (2007) karvakrol (%5,3-85,4), timol (%0,3-68)), *p*-simen (%2,8-28,1) ve  $\gamma$ -terpinen (%0,1-19,5); Veres vd., (2007) karvakrol (%61,7-84,2), *p*-simen (%4,2-9,5),  $\gamma$ -terpinen (%1,3-16,0),  $\beta$ -karyofillen (%1,4-3,3), timol (%0,3-3,1) ve  $\beta$ -pinen (%1,4-2,1); Tibaldi vd., (2011)  $\gamma$ -terpinen (%14,58-14,95), 4-terpineol (%13,27-17,51), karvakrol (%12,31-14,58), *p*-simen (%8,43-10,07),  $\alpha$ -terpinen (%2,84-5,33), allosimen (%2,98-4,95) ve *cis*-sabinen hidrat (%1,56-4,80); Gülsoy (2012) karvakrol (%39,1), timol (%22,2),  $\gamma$ -terpinen (%13,5), *p*-simen (%9,3),  $\alpha$ -terpinen (%5,7),  $\alpha$ -tujen (%5,0),  $\beta$ -pinen (%4,4) ve  $\beta$ -karyofillen (%2,9); Özcan vd., (2012) karvakrol (%51,4-63,3), linalol (%2,3-28,3),  $\gamma$ -terpinen (%6,0-9,9), *p*-simen (%4,8-8,7),  $\beta$ -mirsen (%1,3-2,6) ve  $\alpha$ -terpinen (%1,0-2,0); Karamanos ve Sotiropoulou (2013) karvakrol (%56,5-84,9), *p*-simen (%4,2-21,4) ve  $\alpha$ -pinen (%0,1-1,9); Stefanakis vd., (2013) karvakrol (%73,83-85,52), timol (%6,30-9,58) ve *p*-simen (%0,40-3,33); Evrendilek (2015) karvakrol (%68,2), *p*-simen (%11,8),  $\gamma$ -terpinen (%8,1),  $\beta$ -karyofillen (%3,4), linalool (%2,1) ve  $\alpha$ -pinen (%1,7); Shiwakoti vd., (2016) karvakrol (%38-61), *p*-simen (%8-20) ve  $\gamma$ -terpinen (%11-15), ve  $\beta$ -mirsen (%2,4-3,0) ve  $\beta$ -karyofillen (%1,6-3,2); Hodaj-Çeliku vd., (2017) karvakrol (%78,6-81),  $\gamma$ -terpinen (%5,1-7,1) ve *p*-simen (%4,1-4,9); Özer vd., (2018) karvakrol (49,2-64,7),  $\gamma$ -terpinen (%6,0-14,6) ve *p*-simen (%6,8-14,0); Stešević vd., (2018) karvakrol (%74,3), *p*-simen (%7,8),  $\gamma$ -terpinen (%6,5); Kosakowska vd., (2019) karvakrol (%64,44-73,85),  $\gamma$ -terpinen (%8,72-13,18), *p*-simen (%2,83-4,62), timol (%0,59-3,10) ve  $\beta$ -mirsen (%2,07-2,52); Weglarz vd., (2020) karvakrol (%28,4-32,0),  $\gamma$ -terpinen (%19,6-28,0), *p*-simen (%8,9-14,5),  $\alpha$ -terpinen (%3,4-5,3),  $\alpha$ -tujen (%1,7-4,4),  $\beta$ -pinen (%3,2-4,0) ve terpinen-4-ol (%2,4-3,7); Emrahi vd., (2021) karvakrol (%43,46-68,22), *p*-simen (%4,90-20,80) ve  $\gamma$ -terpinen (%5-19,4); Kosakowska vd., (2021) karvakrol (%37,2),  $\gamma$ -terpinen (%17,2), *p*-simen (%11,1),  $\alpha$ -terpinen (%5,7),  $\alpha$ -tujen (%5,0),  $\beta$ -pinen (%4,4) ve  $\beta$ -karyofillen (%2,9); Krumova vd., (2021) karvakrol (%77,4), *p*-simen (%10,1),  $\gamma$ -terpinen (%7,0) ve  $\beta$ -pinen

(%1,5); Plati vd., (2021) karvakrol (%80), *p*-simen (%6,1),  $\gamma$ -terpinen (%5,2),  $\beta$ -karyofillen (%2,2) ve  $\alpha$ -terpinen (%1,7) ve Tsitlakidou vd., (2021) karvakrol (%63,12-82,76), *p*-simen (%6,0-12,41),  $\gamma$ -terpinen (%2,26-16,55) ile  $\alpha$ -terpinen (%0,60-2,85) olduğunu belirlemişlerdir.

Çanakkale Bayramiç, Çan, Gökçeada, Yenice ve Lapseki bölgesinden toplanan yabani *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* popülasyonlarında karvakrol, timol, *p*-simen ve  $\gamma$ -terpinen oranları sırasıyla %31,9-82,9, %1,2-48,1, %8,0-13,4 ve %0,1-7,2 arasında değişim göstermiştir. Aynı popülasyonların kültür şartlarında karvakrol, timol, *p*-simen ve  $\gamma$ -terpinen oranları ise sırasıyla %14,2-88,6, %0,3-42,3, %2,8-31,6 ve %1,7-19,5 arasında değişim göstermiştir (Esen vd., 2007). İlâveten Goncariuc vd., (2021) tarafından yürütülen araştırmada Moldova kurak koşullarında *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* (Link) Ietsw. taksonlarında uçucu yağ ana bileşenlerinin karvakrol (%76,46-86,26),  $\gamma$ -terpinen (%3,2-8,76), *p*-simen (%2,86-4,48) ve  $\beta$ -karyofillen (%1,48-3,08) olduğu rapor edilmiştir.

#### 4.2.3.1. Karvakrol

İstanbul kekiği uçucu yağında karvakrol oranı başta üçlü (RC215 + RC210 + RC16) ve dördü (RC215 + RC106+ RC 210+ RC16) bakteri aşılama, mineral P ve NPK gübre uygulamaları olmak üzere, tek başına BAP hormon uygulaması dışındaki, diğer bütün uygulamalarla kontrole kıyasla artmıştır ve artış oranları istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Üç deneme setinin ortalamalarına göre uygulamalara bağlı olarak değişen karvakrol oranı %60,51-70,32 arasında değişmiştir (Tablo 11). Bakteri ve gübre uygulanmamış kontrole kıyasla Çanakkale kekiği uçucu yağında ölçülen karvakrol oranı NPK ve mineral P gübre uygulamaları ile sırasıyla %12,7 ve %14,8 oranında artarken; tekli, ikili, üçlü ve dördü bakteri formülasyonları aşılama ile artış oranları sırasıyla %6,0-10,4, %6,5-11,9, %10,0-16,2 ve %15,15 olmuştur. Öte yandan kekik uçucu yağında ölçülen karvakrol oranı kontrol uygulamasına kıyasla IAA, BAP ve IAA+BAP uygulamalarıyla sırası ile %6,3, %1,2 ve %10,2 oranında, ticari biyolojik gübre BMusaVita ve BMusaGreen aşılama ile ise sırasıyla %7,5 ve %9,2 oranında artmıştır.

Tablo 12

Bakteri aşılama ları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının İstanbul kekiği uçucu yağ ana bileşenleri üzerine etkisi

Uygulamalar	Karvakrol	<i>p</i> -Simen	<i>y</i> -Terpinen	Timol	$\beta$ -Karyofillen	$\alpha$ -Terpinen
Kontrol	60,51 g	7,40 d	7,40 d	3,17 c	1,61 g	1,39 g
NPK	68,21 b	5,52 f	5,52 f	3,29 c	1,65 g	1,58 ef
P	69,48 a	6,79 e	6,79 e	2,31 d	1,88 d-f	1,71 b-d
BMusaVita	65,02 ef	8,78 ab	8,78 ab	1,61 fg	1,94 d-f	1,78 b
BMusaGreen	66,07 de	7,88 cd	7,88 cd	1,57 fg	2,49 a	1,42 g
IAA	64,31 f	8,87 ab	8,87 ab	3,24 c	1,88 d-f	1,62 d-f
BAP	61,26 g	9,95 a	9,95 a	5,57 a	1,63 g	1,77 bc
İAA+ BAP	66,67 cd	7,93 cd	7,93 cd	2,32 d	1,84 ef	1,44 g
RC215	64,13 f	8,91 ab	8,91 ab	4,14 b	1,76 fg	1,38 g
RC106	65,21 ef	8,96 ab	8,96 ab	1,58 fg	1,93 d-f	1,69 b-e
RC210	64,15 f	9,03 ab	9,03 ab	1,57 fg	2,05 cd	1,44 g
RC16	66,85 cd	8,96 ab	8,96 ab	1,77 ef	1,84 ef	1,44 g
RC215+RC106	64,42 f	8,20 c	8,20 c	2,00 de	2,29 b	1,95 a
RC215+RC210	66,85 cd	7,80 cd	7,80 cd	1,36 g	2,49 a	1,62 d-f
RC215+RC16	67,69 bc	8,20 c	8,20 c	1,31 g	2,35 ab	1,39 g
RC215+ RC106+ RC210	66,69 cd	7,79 cd	7,79 cd	1,75 ef	2,04 c-e	1,66 c-f
RC215 + RC106+ RC16	66,50 cd	7,69 cd	7,69 cd	1,34 g	2,29 b	1,69 b-e
RC215 + RC210 + RC16	70,32 a	5,51 f	5,51 f	1,26 g	2,30 ab	1,41 g
Dörtlü Uygulama	69,66 a	7,60 d	7,60 d	1,31 g	2,22 bc	1,56 f
<b>Ortalama</b>	66,00	7,99	7,10	2,24	2,02	1,57

\*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli ( $p \leq 0,05$ ) değildir,  $\pm$ : standart hata

Araştırmada bitki başına karvakrol oranı ve bitki başına uçucu yağ verimi değerleri kullanılarak hesaplanan bitki başına karvakrol verimi değerleri Tablo 11’de verilmiştir. Bitki başına en yüksek karvakrol verimi dörtlü bakteri aşılması (3,03 g/bitki) ve üçlü (RC215 + RC210 + RC16) bakteri aşılama ları ile elde edilirken bu uygulamaları mineral NPK gübrelemesi, ticari mikrobiyal gübre BMusaVita aşılması izlemiştir (Şekil 6).

Kontrole kıyasla bitki başına karvakrol verimi mineral NPK ve P gübre uygulamaları ile sırasıyla %41,6 ve %24,9 oranında artarken; ticari biyolojik gübre, tekli, ikili, üçlü ve dörtlü bakteri formülasyonları ile artış oranları sırasıyla %37,5-38,3, %14,8-22,2, %10,7-18,8, %24,2-48,2 ve %53,5 olmuştur. Sentetik hormon uygulamaları ile bitki başına karvakrol verimi kontrole kıyasla %1,8-11,5 oranında artmış, ancak artış oranları istatistiki bakımdan önemli bulunmamış ve hormon uygulamaları kontrolle aynı gruba girmiştir.

#### 4.2.3.2. *p*-Simen

*O. vulgare* subsp. *hirtum* uçucu yağ ana bileşenlerinden *p*-simen oranı BAP uygulaması ile en yüksek değere ulaşırken (%9,95) bunu tekli bakteri *Bacillus subtilis* RC210 ve *Bacillus licheniformis* RC106 aşılama izlemiştir (%9,03 ve %8,96). Kontrol, üçlü (RC215 + RC210 + RC16), NPK ve mineral P uygulamalarına kıyasla test edilen diğer uygulamaların tamamı kekik uçucu yağında bulunan *p*-simen bileşeninin oranını artırmış ve artış oranları istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur.

#### 4.2.3.3. $\gamma$ -Terpinen

İstanbul kekiği uçucu yağında bulunan temel bileşenlerden  $\gamma$ -terpinen oranının en yüksek değeri ikili bakteri formülasyonu RC215 + RC106 (%7,94) ve ticari biyolojik gübre BMusaVita (%7,92) aşılama izlenmiş bitkilerde belirlenmiş olup (kontrolle kıyasla artış %12,7 ve 12,3), IAA+BAP uygulaması ve mineral gübre uygulamaları, tekli (*Bacillus megaterium* RC16), ikili (RC215 + RC16) ve dördü (RC215 + RC106+ RC 210 + RC16) bakteri aşılama kontrolle kıyasla uçucu yağdaki  $\gamma$ -terpinen içeriğini azaltmıştır (Tablo 12). Kontrol uygulamasına kıyasla  $\gamma$ -terpinen içeriği üçlü bakteri aşılama ile %5,2-6,9 oranında artarken, IAA ve BAP hormon uygulamaları ile artış oranı sırasıyla %11,6 ve %10,4 olmuştur.

#### 4.2.3.4. Timol

Bu araştırmada tek başına BAP uygulaması dışındaki bütün uygulamalar uçucu yağ karvakrol oranını artırırken, bunun aksine olarak timol içeriği BAP, IAA, NPK ve *Pseudomonas fluorescens* RC215 uygulamaları dışındaki diğer bütün uygulamalarla kontrolle kıyasla önemli oranda azalmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, kontrolle ve NPK gübrelemesine kıyasla uçucu yağda timol içeriği BAP ve RC215 uygulamalarıyla (%5,57 ve 4,15) en yüksek değere ulaşılırken en düşük timol oranları üçlü (RC215 + RC210 + RC16)

ve dörtlü (RC215 + RC106+ RC 210+ RC16) bakteri aılanmı (%1,26 ve 1,31) uygulamalardan elde edilen uçucu yağ örneklerinde ölçülmüştür.

#### 4.2.3.5. $\beta$ -Karyofillen

Bu araştırmada test edilen bütün uygulamalar kontrole kıyasla kekik uçucu yağında  $\beta$ -karyofillen oranını artırmış, BAP hormon uygulaması, mineral NPK gübrelemesi ve tekli *Pseudomonas fluorescens* RC215 aılaması hariç diğer uygulamaların tamamında artış oranları istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur. Kekik yağında en yüksek  $\beta$ -karyofillen içeriği ikili yeni formül (RC215 + RC210) ve ticari biyolojik gübre BMusaGreen aılamaları (%2,49) ile elde edilirken, bu uygulamaları ikili (RC215 + RC16) ve l (RC215 + RC210 + RC16 ve RC215 + RC106+ RC16) bakteri kombinasyonları izlemiştir. Bakteri ve gübre uygulanmamış kontrole kıyasla, İstanbul kekiği uçucu yağında ölçülen  $\beta$ -karyofillen oranı mineral NPK ve P gübre uygulamaları ile sırasıyla %2,4 ve 16,5 oranında artarken; İAA, İAA+BAP, tekli, ikili, üçlü, dörtlü bakteri formülasyonları ve ticari biyolojik gübre aılamaları ile artış oranları sırasıyla %16,6, %14,2, %9,4-27,0, %41,8-54,5, %26,4-42,7, %37,5 ve %20,4-54,5 olmuştur. Kekik yağında  $\beta$ -karyofillen içeriği gerek İAA hormonu ve tek başına mineral P gübre uygulaması ve gerekse IAA retici ve fosfor çözücü bakterilerin tekli ve çoklu aılamaları ile mineral NPK gübrelemesi ve gübresiz kontrole kıyasla önemli oranda artmıştır. Bu önemli bir sonuçtur. Bu araştırmada İstanbul kekiği uçucu yağında  $\beta$ -karyofillen oranı %1,61-2,49 oranında değimitir. Benzer olarak Kosakowska vd., (2019) kapalı tünel ve açık tarla koşullarında organik retimde İstanbul kekiği uçucu yağında  $\beta$ -karyofillen içeriğinin %1,39-1,61 arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir.

#### 4.2.3.6. $\alpha$ -Terpinen

Tekli *Pseudomonas fluorescens* RC215 aılaması dışında diğer uygulamaların tamamı, kontrol uygulamasına kıyasla Çanakkale kekiği uçucu yağı  $\alpha$ -terpinen oranını artırmış ve artış oranları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek  $\alpha$ -terpinen içeriği ikili (RC215 + RC106) bakteri formlasyonu aşılanan uygulamalara ait uçucu yağ

örneklerinde belirlenmiş ve bunu sırasıyla ticari biyolojik gübre BMusaVita, BAP ve mineral P uygulaması izlemiştir. Kontrole kıyasla  $\alpha$ -terpinen içeriği mineral NPK ve P gübre uygulamaları ile sırasıyla %13,4 ve %23,1 oranında artarken; ticari biyolojik gübre, tekli, ikili, üçlü ve dördü bakteri formülasyonları ile artış oranları sırasıyla %2,5-28,4, %3,2-21,7, %0,37-40,4, %1,2-21,3 ve %12,3 oranında artmıştır. Hormon uygulamaları ile  $\alpha$ -terpinen oranındaki artış %3,3 ve %27,1 arasında değişmiştir. Mineral NPK uygulamasına kıyasla  $\alpha$ -terpinen içeriği ikili formülasyon (RC215 + RC106), BAP, mineral P ve ticari biyolojik gübre BMusaVita uygulamalarıyla artmış ve artış oranları istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.3.7. Diğer bileşenler

Sera ve açık hava koşullarında yürütülen deneme sonuçlarına göre İstanbul kekiğinde  $\alpha$ -felandren, limonen, linalool, borneol, izoborneol, germakren D ve  $\beta$ -karyofillen oksit içeriği uygulamalara bağlı olarak değişmekle birlikte kontrole kıyasla artmıştır (Tablo 13). Öte yandan araştırmada kekik uçucu yağında saptanan  $\alpha$ -pinen, kamfen, mirsen, sabinene, ökaliptol, osimen, trans-sabinen hidrat,  $\alpha$ -kopaen,  $\beta$ -burbon, cis-sabinen hidrat, karvakrol metil eter,  $\alpha$ -humulen, bisabolen,  $\delta$ -kadinen,  $\gamma$ -kadinen, metil sinamat ve estragol içeriği mineral gübre, hormon, ticari biyolojik gübre, tekli ve çoklu bakteri uygulamalarıyla kontrol uygulamasına benzer veya kontrolden daha düşük oranda bulunmuştur.

#### $\alpha$ -Felandren

*Pseudomonas fluorescens* RC215 ve BAP uygulamaları dışında diğer uygulamaların tamamı  $\alpha$ -felandren içeriğini artırmıştır. En yüksek  $\alpha$ -felandren içeriği (%0,48) ikili formülasyon (RC215 + RC106) aşılması yapılan örneklerde ölçülürken bunu sırasıyla üçlü RC215 + RC210 + RC16 ve RC215+ RC106+ RC210 bakteri, formülasyonu ve BMusaVita ticari biyolojik gübre aşılamları izlemiştir.

## Limonen

En düşük limonen içeriği kontrolle aynı gruba dahil olan tekli *Bacillus megaterium* RC16 ve *Bacillus subtilis* RC210 aşılamalarıyla belirlenmiş; en yüksek limonen içeriği (%0,54) üçlü (RC215+RC210+RC16 ve RC215+RC106+ RC210) bakteri formülasyonları aşılama uygulamalarındaki uçucu yağ örneklerinde belirlenmiştir. Kekik uçucu yağında limonen içeriği kontrole kıyasla NPK uygulaması ile azalırken tek başına mineral fosfor uygulaması ile %29,4 oranında artmıştır. Hormon uygulamaları, ticari biyolojik gübre, ikili, üçlü ve dördü bakteri formülasyonlarıyla uçucu yağda limonen oranındaki artış sırasıyla %21,6-38,8, %46,7-56,0, %2,9-53,6, %54,3-68,5 ve %57,5 olmuştur.

## Linalool

Mineral NPK, tekli *P. fluorescens* RC215 ve *B. subtilis* RC210 aşılama dışında diğer bütün uygulamalar kekik uçucu yağında linalool içeriğini artırmış, uygulamalar arasında *B. megaterium* RC16, mineral fosfor ve IAA uygulamaları dışındaki diğer bütün uygulamaların linalool artış oranı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ).

Mineral fosfor uygulamasıyla %17,9 oranında artan linalool içeriği, hormon uygulamalarıyla %22,1-56,2, ticari biyolojik gübre uygulamalarıyla %55,7-60,4, çiftli bakteri formülasyonlarıyla %32,1-49,2, üçlü formülasyonlarla %31,0-55,8 ve dördü bakteri aşılamaında ise %72,6 oranında artırmıştır.

## Borneol

Kekik uçucu yağında en düşük borneol içeriği kontrol uygulamasında (%0,25) belirlenmişken en yüksek borneol içeriği *P. fluorescens* RC215 ve BAP uygulamalarından elde edilen uçucu yağ örneklerinde tespit edilmiştir. Borneol içeriği bakımın en etkin



uygulamalar sırasıyla BAP, *P. fluorescens* RC215, NPK, IAA+BAP, *B. megaterium* RC16, BMusaVita, *B. licheniformis* RC106 ve ikili RC215 + RC16 olmuştur.

#### Izoborneol

Üçlü (RC215+RC106+RC210 ve RC215+RC210+RC16) bakteri formülasyonları dışındaki bütün uygulamalar izoborneol içeriğini kontrole kıyasla artırmış ve artış oranları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ). En yüksek izoborneol içeriği IAA+BAP hormon kombinasyonunda belirlenmişken bunu sırasıyla RC16 bakteri aşılama ve mineral NPK uygulamaları izlemiştir. Uygulamalara bağlı olarak izoborneol içeriğindeki değişim % -0,46 ile %138,1 arasında değişmiştir.

#### Germakren D

En düşük germakren D içeriği kontrol uygulamasında (%0,34), en yüksek germakren D içeriği mineral NPK (%0,70) ve üçlü RC215 + RC106+ RC210 (%0,63) bakteri aşılama uygulamalarında ölçülmüştür. İstanbul kekiği uçucu yağının germakren D içeriği mineral NPK ve mineral fosfor uygulamalarıyla sırasıyla %104,0 ve %32,3 oranında artarken; İAA, İAA+BAP, tekli, ikili, üçlü, dördü bakteri formülasyonları ve ticari biyolojik gübre aşılama ile artış oranları sırasıyla %37,6 %26,2, %50,2, %4,4-67,7, %24,8-46,4, %14,3-83,6, %25,7 ve %47,9-52,2 olmuştur.

#### $\beta$ -Karyofillen Oksit

BAP, IAA ve mineral fosfor uygulamaları dışında diğer bütün uygulamalar kontrole kıyasla uçucu yağdaki  $\beta$ -karyofillen oksit oranını önemli derecede artırmıştır. En yüksek  $\beta$ -karyofillen oksit oranı üçlü RC215+RC210+RC16 bakteri aşılama (%1,01)

ölçümlenmiş ve bunu sırasıyla *B. subtilis* RC210 ve dörtlü bakteri aşılması uygulamalar izlemiştir.

Bu araştırmada test edilen İstanbul kekiği (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*) uçucu yağında tanılanan ve karakterize edilen bileşenlerin monoterpen hidrokarbonlar (MH:  $\alpha$ -pinen, kamfen,  $\beta$ -pinen,  $\beta$ -mirsen,  $\alpha$ -fellandren,  $\alpha$ -terpinen, limonen, sabinen, (Z)- $\beta$ -osimen,  $\gamma$ -terpinen, *p*-simen ve terpinolen), oksijenli monoterpenler (MO: ökaliptol, *Trans*-sabinen hidrat, linalool, *Cis*-sabinen hidrat, karvakrol metil eter, borneol, terpinen-4-ol,  $\alpha$ -terpineol, Izoborneol, karvon, *p*-simen-8-ol, timol, ve karvakrol), sesquiterpene hidrokarbonlar (SH:  $\alpha$ -copaen,  $\beta$ -burbon,  $\beta$ -kopaen,  $\beta$ -karyofillen,  $\alpha$ -humulen,  $\beta$ -bisabolen, germakren D,  $\delta$ -kadinen,  $\gamma$ -kadinen ve  $\beta$ -karyofillenoksit), oksijenli seskiterpen (OS: viridifloren) ve diğer (estragol, 1-octen-3-ol, metil sinnamat) olarak beş sınıfa ayrılmıştır (Tablo 13). Uygulamalara bağlı olarak gruptardan oksijenli monoterpenler (OM) en yüksek orana (%68,32-76,25) ulaştığı, bunu monoterpen hidrokarbonlar (MH) izlediği (%17,11-24,68), sesquiterpene hidrokarbonlar (%3,14-5,2021) ve diğer bileşenlerin (%1,10-4,83) takip ettiği ve düşük kimyasal bileşen sınıfının ise OS (%0,00- 0,11) olduğu görülmüştür.

Araştırma sonuçlarına göre kontrol, mineral gübre (NPK), mineral fosfor (P), hormon uygulamaları, ticari biyolojik gübre, tekli, ikili, üçlü ve dörtlü bakteri uygulamalarında *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* uçucu yağında monoterpen oranı sırasıyla %89,45 (MH: %21,13 ve OM: %68,32); %93,36 (MH: %17,1 ve OM: %76,25); %94,55 (MH: %18,59 ve OM: %75,95), % 92,70-94,58 (MH: %18,83-24,68 ve OM: %70,70-73,87), %93,19-94,16 (MH: %21,11-23,23 ve OM: %70,93-72,08); %92,14-94,03 (MH: %20,45-22,35 ve OM: %69,79-72,72); %92,97-93,69 (MH: %19,63-23,20 ve OM: %70,01-73,35); %93,42-93,85 (MH: %18,45-21,68 ve OM: %71,97-75,16) ve %94,20 (MH: %19,36 ve OM: %74,81) olmuştur. Kekik uçucu yağında en yüksek MH bileşen oranı BAP hormon uygulamasında, en yüksek OM oranı NPK mineral gübrelemesinde, en düşük OM bileşenleri oranı ise kontrol uygulamasında ortaya çıkmıştır. Kekik uçucu yağında kontrol uygulamasına kıyasla oksijenli monoterpen bileşenlerinin oranı, NPK gübresi, mineral P gübresi, üçlü bakteri formülasyonu (RC215+RC210+RC16), dörtlü formülasyon (RC215+RC106+RC210+RC16) ve İAA+BAP hormon uygulamalarında sırasıyla %11,6,

%11,2, %10,0, %9,5 ve %8,1 oranında artmıştır. Kekik uçucu yağında en yüksek oksijenli monoterpen miktarı mineral gübre (NPK ve P) uygulamasında belirlenmiş olup, bunu sırasıyla üçlü (RC215+RC210+RC16) ve dörtlü (RC215+RC106+RC210+RC16) bakteri kombinasyonları ve ikili bitki gelişme düzenleyici hormon (IAA+BAP) uygulamaları takip etmiştir. Bu araştırmada özellikle inorganik gübreleme, bakteri ve sentetik hormon uygulamalarında ortaya çıkan monoterpen konsantrasyonlarının artması, bu uygulamaların bitki beslenmesine etkileri ve bakteriler tarafından üretilip salgılanan, bitki metabolik süreçlerini etkileyen büyüme destekleyici maddelerden kaynaklanabilir. Nitekim kontrol konusunda monoterpen bileşenleri oranının bakteri aşılama, gübre ve hormon uygulamalarına oranla düşük çıkması, gübre ve bakteri uygulanmamış kontrol bitkilerinin yetersiz beslenmesi ve daha erken olgunlaşmasından kaynaklanmış olabilir.

**Tablo 13**

İstanbul kekiği (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietsw.) bitkisinde bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisi (%)

Uçucu Yağ Bileşeni	RI	Uygulamalar*																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
α-pinen	6336	1,43b	0,92f	0,93f	1,15de	0,92f	1,15de	1,61a	1,05ef	1,11e	1,11e	1,16de	1,07e	1,32bc	1,27cd	1,14de	1,16de	1,10e	0,78g	0,68g
kamfen	6601	0,32a	0,23e-g	0,22g	0,22fg	0,24de	0,25cd	0,33a	0,27c	0,22g	0,22fg	0,29b	0,22fg	0,23e-g	0,23e-g	0,26cd	0,32a	0,29b	0,24de	0,24ef
β-pinen	6884	0,15e	0,13f	0,14f	0,21b	0,19c	0,19c	0,27a	0,19c	0,15e	0,13f	0,15e	0,15e	0,16d	0,15e	0,13f	0,19c	0,17d	0,17d	0,19c
β-mirsen	7067	1,75a	1,56bc	1,26e	1,47cd	1,32e	1,48cd	1,85a	1,60b	1,51b-d	1,44d	1,49b-d	1,31e	1,79a	1,58bc	1,26e	1,49b-d	1,48cd	1,33e	0,93f
α-fellandren	7150	0,25f	0,39cd	0,38d	0,42bc	0,33e	0,39cd	0,25f	0,25f	0,25f	0,25f	0,29ef	0,32e	0,30e	0,48a	0,42b-d	0,38d	0,44ab	0,41b-d	0,44ab
α-terpinen	7239	1,39g	1,58ef	1,71b-d	1,78b	1,42g	1,62d-f	1,77bc	1,44g	1,38g	1,69b-e	1,44g	1,44g	1,95a	1,62d-f	1,39g	1,66c-f	1,69b-e	1,41g	1,56f
limonene	7353	0,32g	0,32g	0,42de	0,47bc	0,50ab	0,39ef	0,45cd	0,45cd	0,35fg	0,39ef	0,31g	0,30g	0,49ab	0,41de	0,33g	0,54a	0,50ab	0,54a	0,51ab
sabinen	7431	0,45a	0,26e	0,35b	0,35b	0,28c-e	0,35b	0,18f	0,24e	0,20f	0,32bc	0,33b	0,27de	0,35b	0,34b	0,28c-e	0,35b	0,34b	0,31b-d	0,28de
ökaliptol	7446	0,74a	0,46b	0,38c	0,31d	0,25de	0,28de	0,39c	0,31d	0,27de	0,29de	0,18f	0,00g	0,00g	0,00g	0,00g	0,00g	0,23ef	0,27de	0,28de
(Z)-β-osimen	7482	0,31a	0,16b	0,09d	0,12c	0,13c	0,12c	0,00e	0,13c	0,00e	0,00e	0,00e	0,16b	0,00e	0,00e	0,00e	0,00e	0,00e	0,00e	0,00e
γ-terpinen	7628	7,05cd	5,84e	6,02e	7,92a	7,65ab	7,87ab	7,79ab	5,01f	7,72ab	7,68ab	7,69ab	6,05e	7,94a	7,53ab	5,97e	7,42bc	7,54ab	7,49ab	6,71d
p-simen	7778	7,40d	5,52f	6,79e	8,78ab	7,88cd	8,87ab	9,95a	7,93cd	8,91ab	8,96ab	9,03ab	8,96ab	8,20c	7,80cd	8,20c	7,79cd	7,69cd	5,51f	7,60d
terpinolen	7851	0,30a-c	0,19e	0,29bc	0,33a	0,25d	0,31ab	0,24d	0,28c	0,14f	0,11g	0,15f	0,23d	0,29bc	0,28c	0,29bc	0,33a	0,25d	0,24d	0,29bc
1-octen-3-ol	8660	0,32e	0,32e	0,32e	0,44b	0,40b-d	0,41b-d	0,30e	0,31e	0,24f	0,31e	0,49a	0,32e	0,39cd	0,43bc	0,45b	0,41b-d	0,39cd	0,38d	0,42b-d
Trans-sabinenhidrat	8847	0,47a	0,43b	0,45b	0,30e	0,25fg	0,25fg	0,32de	0,32de	0,29e	0,23g	0,41c	0,32d	0,33d	0,27f	0,34d	0,27f	0,33d	0,23g	0,26fg
α-copaen	8904	0,09a-c	0,05c	0,00c	0,02c	0,07a-c	0,17ab	0,00c	0,08a-c	0,00c	0,02c	0,06a-c	0,06bc	0,09a-c	0,04c	0,11a-c	0,05bc	0,05bc	0,18a	0,01c
Linalool	9200	0,36ef	0,33f	0,42de	0,57ab	0,55a-c	0,44de	0,54a-c	0,56a-c	0,35ef	0,48cd	0,30f	0,37ef	0,50b-d	0,53a-c	0,47cd	0,47cd	0,49b-d	0,56a-c	0,62a
β-burbon	9330	0,27c	0,19e	0,00f	0,00f	0,38a	0,00f	0,00f	0,33b	0,00f	0,00f	0,00f	0,19e	0,00f	0,00f	0,25d	0,00f	0,00f	0,00f	0,00f
Cis-sabinenhidrat	9340	0,40a	0,21cd	0,21cd	0,16ef	0,22c	0,21cd	0,14f	0,14f	0,22c	0,13f	0,15f	0,06g	0,21cd	0,16ef	0,26b	0,19c-e	0,21cd	0,19c-e	0,18de
Carvacrolmethylether	9646	0,63a	0,35d-f	0,54b	0,33f	0,35d-f	0,44c	0,31f	0,36d-f	0,36d-f	0,40c-e	0,45c	0,35d-f	0,30f	0,30f	0,40c-e	0,41cd	0,41cd	0,30f	0,34ef
Borneol	9665	0,25d	0,41ab	0,27d	0,38bc	0,35c	0,26d	0,44a	0,40ab	0,44a	0,38bc	0,37bc	0,38bc	0,37bc	0,36bc	0,38bc	0,34c	0,37bc	0,25d	0,27d
Terpinen-4-ol	9693	0,89f	1,15f	0,93f	0,99f	1,01f	1,04f	0,88ef	0,88ef	0,88ef	0,91de	1,03c-e	1,15c-e	0,93cd	1,09cd	1,24cd	1,03bc	0,99ab	0,85ab	0,86a
β-kopaen	9771	0,08b	0,06d	0,00e	0,00e	0,07c	0,00e	0,06d	0,00e	0,06d	0,00e	0,08b	0,07c	0,00e	0,10a	0,11a	0,00e	0,00e	0,07c	0,00e
β-karyofillen	9820	1,61g	1,65g	1,88d-f	1,94d-f	2,49a	1,88d-f	1,63g	1,84ef	1,76fg	1,93d-f	2,05cd	1,84ef	2,29b	2,49a	2,35ab	2,04c-e	2,29b	2,30ab	2,22bc
Estragol	10103	2,36a	0,55fg	0,33g	0,44g	0,73ef	0,74ef	0,43g	1,85b	0,87de	1,02d	1,62bc	0,56fg	0,33g	0,38g	0,91de	0,74ef	1,43c	0,90de	0,85de
α-terpineol	10212	0,21ef	0,21ef	0,21ef	0,26a	0,25ab	0,23cd	0,20f	0,26a	0,22de	0,20f	0,22de	0,26a	0,21ef	0,22de	0,24bc	0,22c-e	0,24bc	0,26a	0,25ab
α-humulen	10264	0,47a	0,31b	0,13g	0,23cd	0,23c	0,18ef	0,21c-e	0,22cd	0,24c	0,21c-e	0,20de	0,20de	0,13g	0,23cd	0,23c	0,21cd	0,16f	0,20de	0,18ef
Izoborneol	10310	0,55f	1,02f	0,64f	0,73e	0,78e	0,75e	0,54e	1,30e	0,62e	0,63e	0,78d	1,10d	0,64d	0,65d	0,79d	0,65d	0,75c	0,53b	0,65a
Viridifloren	10378	0,06g	0,08g	0,00g	0,00g	0,04g	0,09g	0,00g	0,00g	0,05g	0,00f	0,00f	0,00ef	0,04ef	0,05d-f	0,05de	0,11d	0,00c	0,00b	0,00a
β-bisabolen	10425	0,59a	0,30ef	0,39cd	0,29fg	0,33d-f	0,44bc	0,37c-e	0,45bc	0,38cd	0,35d-f	0,55a	0,47b	0,45bc	0,57a	0,48b	0,48b	0,37c-e	0,32d-f	0,22g
GermakrenD	10492	0,34f	0,70a	0,45c-f	0,52b-d	0,51cd	0,47c-f	0,43d-f	0,51b-d	0,57bc	0,37ef	0,36f	0,41d-f	0,43d-f	0,46c-f	0,50c-e	0,63ab	0,39d-f	0,49c-e	0,43d-f
Karvon	10637	0,11f	0,11f	0,12f	0,16c-e	0,31a	0,13ef	0,11f	0,13ef	0,16cd	0,11f	0,15de	0,11f	0,12f	0,25b	0,12f	0,18c	0,15de	0,16cd	0,15de
δ-kadinen	10705	0,32c	0,27de	0,29cd	0,23e	0,15f	0,29cd	0,12f	0,33c	0,23e	0,15f	0,61a	0,45b	0,24de	0,21e	0,26de	0,16f	0,21e	0,22e	0,11f
γ-kadinen	10788	0,32a	0,16d	0,13e	0,18c	0,18c	0,12ef	0,09g	0,18c	0,11f	0,11f	0,08g	0,21b	0,08g	0,09g	0,15d	0,11f	0,09g	0,08g	0,08g
p-simen-8-ol	11156	0,03f	0,06e	0,00g	0,09d	0,11c	0,00g	0,00g	0,24a	0,00g	0,00g	0,00g	0,00g	0,00g	0,00g	0,12b	0,00g	0,00g	0,00g	0,00g
β-karyofillenoksit	12697	0,29g	0,50e	0,30g	0,46e	0,57d	0,29g	0,28g	0,58d	0,75c	0,39f	0,83ab	0,50e	0,40f	0,57d	0,72c	0,76c	0,61d	1,01a	0,81ab
Metilsinnamat	13294	2,15a	0,82c	0,45de	0,43de	0,35ef	0,31ef	0,16g	0,21fg	0,42de	1,24b	0,16g	0,86c	0,55d	0,52d	0,24fg	0,21fg	0,25fg	0,22fg	0,16g
Timol	14010	3,17c	3,29c	2,31d	1,61fg	1,57fg	3,24c	5,57a	2,32d	4,14b	1,58fg	1,57fg	1,77ef	2,00de	1,36g	1,31g	1,75ef	1,34g	1,26g	1,31g
Karvakrol	14197	60,51g	68,21b	69,48a	65,02ef	66,07de	64,31f	61,26g	66,67cd	64,13f	65,21ef	64,15f	66,85cd	64,42f	66,85cd	67,69bc	66,69cd	66,50cd	70,32a	69,66a

Tablo 13 devam

MH	21,13de	17,11i	18,59h	23,23b	21,11de	22,99b	24,68a	18,83gh	21,93cd	22,33bc	22,35bc	20,45ef	23,20b	21,63cd	19,63fg	21,68cd	21,45c-e	18,45h	19,39gh
OM	68,32j	76,25a	75,95ab	70,93g-i	72,08 fg	71,59f-h	70,70hi	73,87cd	72,10fg	70,54hi	69,79i	72,72d-f	70,01i	72,06fg	73,35de	72,18e-g	71,97fg	75,16ab	74,81bc
Toplam Monoterpen	89,45i	93,36d-h	94,55b	94,16bc	93,19e-h	94,58b	95,38a	92,70hi	94,03b-d	92,87gh	92,14h	93,18e-h	93,21e-h	93,69c-e	92,97e-h	93,85c-e	93,42d-g	93,63c-f	94,20bc
SH	4,40de	4,18ef	3,58h	3,88g	4,98ab	3,84g	3,14i	4,58cd	4,05fg	3,53h	4,82bc	4,44de	4,11fg	4,76bc	5,15a	4,43de	4,18ef	4,87b	4,06fg
OS	0,06d	0,08c	0,00g	0,00g	0,04ef	0,09b	0,00g	0,00g	0,00g	0,05ef	0,00g	0,00g	0,04f	0,05d-f	0,05de	0,11a	0,00g	0,00g	0,00g
Toplam Seskiterpen	4,46de	4,26ef	3,58i	3,88h	5,02ab	3,94gh	3,14j	4,58cd	4,05f-h	3,57i	4,82bc	4,44de	4,14f-h	4,81bc	5,20a	4,54d	4,18e-g	4,87b	4,06f-h
Diğer	4,83a	1,69de	1,10gh	1,31fg	1,48d-f	1,46d-f	0,89h	2,37bc	1,53d-f	2,57b	2,28bc	1,74d	1,27fg	1,33fg	1,60d-f	1,36e-g	2,07c	1,50d-f	1,43d-g
Toplam	98,74d	99,31cd	99,22b-d	99,34a-d	99,68a-d	99,98a-d	99,40a-d	99,64a-d	99,60a-d	99,01a-c	99,23a-c	99,35a-c	98,62a-c	99,83a-c	99,77ab	99,75ab	99,66ab	100,00a	99,69a
Tanımlanamayan	1,29ab	0,70b-d	0,78b-d	0,66c-e	0,35de	0,03e	0,70b-d	0,36de	0,40c-e	1,00a-c	0,77b-d	0,65c-e	1,38a	0,18de	0,23de	0,25de	0,35de	0,03e	0,31de

\*1: Kontrol, 2: NPK, 3: P, 4: BMusaVita, 5: BMusaGreen, 6: IAA, 7: BAP, 8: IAA+BAP, 9: RC215, 10: RC106, 11: RC210, 12: RC16, 13: RC215+RC106, 14: RC215+RC210, 15: RC215+RC16, 16: RC215+ RC106+ RC210, 17: RC215+RC106+RC16, 18: RC215+RC210+RC16, 19: RC215+RC106+RC 210+RC16.

MH: Monoterpen hidrokarbon, OM: Oksijenat monoterpen, SH: Seskiterpen hidrokarbon, OS: Oksijenat Seskiterpen

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda (aynı satırda) önemli ( $p \leq 0,05$ ) değildir.

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Üç farklı set halinde yürütülen bu çalışmada uygulama ortalamalarına bağlı olarak, İstanbul kekiğinde bitki boyunun 45,8-64,0 cm, dal sayısının 65,9-84,3 adet, yeşil herba veriminin 228,0-330,6 g/bitki, kuru herba veriminin 101,0-139,9 g/bitki, kuru yaprak veriminin 67,3-85,5 g/bitki, kuru sap veriminin 33,7-57,6 g/bitki, kuru yaprak oranının %58,5-66,7, klorofil içeriğinin (SPAD değeri) 45,8-64,2, antosiyanin indeks değeri (ACI indeks) 5,9-9,6, uçucu yağ oranı değerlerinin %4,53-5,19, uçucu yağ verimi değerlerinin 3,27-4,35 g/bitki, uçucu yağdaki karvakrol oranının %60,5-69,7 ve karvakrol veriminin ise 1,98-3,03 g/bitki arasında değiştii belirlenmiştir. Bu çalışmada test edilen uygulamalar arasında en yüksek etkinlik gösteren özellikle dörtlü (*P. fluorescens* RC215 + *B. licheniformis* RC106 + *B. subtilis* RC210 + *B. megaterium* RC16) ve üçlü (*P. fluorescens* RC215 + *B. subtilis* RC210 + *B. megaterium* RC16) formüllerinin İstanbul kekiğinde gelişme parametreleri, verim, uçucu yağ oranını ve verimi değerlerini denemede kullanılan mineral gübrelemeye eşit veya daha fazla artırabilmiştir. Bitki gelişme yanıtı aşıl原因an bakteri, seçilen kombinasyonlar ve değerlendirme parametrelerine bağlı olarak değişmiştir. Bitki gelişimini teşvik edici bakteri aşıl原因amaları ve ticari biyolojik gübre uygulamaları ile İstanbul kekiğinde uçucu yağ verimi ile bileşenlerinin değiştirilebileceği belirlenmiştir. Bu çalışmada test edilen etkin ikili, üçlü ve dörtlü bakteri formülasyonlarının ve kullanılan ticari biyolojik gübrelerin kekik gelişimi, verimi ve kalitesinde herhangi bir olumsuzluğa yol açmaksızın, kekik yetiştiriciliğinde kimyasal gübre gereksinimini azaltabileceği, konvansiyonel, iyileştirilmiş, sürdürülebilir ve organik tarımda biyolojik gübre olarak kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma ile alanında ilk olarak özellikle bitkisel oksin hormonu IAA üretici izolatlar başta olmak üzere çoklu bitki gelişmesini teşvik edici bakteriler kullanılarak geliştirilen biyolojik gübre formüllerinin, İstanbul kekiğinde karvakrol oranı ve karvakrol verimi başta olmak üzere,  $\gamma$ -terpinen,  $\beta$ -karyofillen,  $\alpha$ -terpinen,  $\alpha$ -fellandren, limonen, linalool, borneol, izoborneol, germakren D ve  $\beta$ -karyofillen oksit içeriği uygulamalara bağlı olarak değişmekle birlikte, genel olarak bakteri formülasyonları ve mikrobiyal gübre uygulamalarıyla kontrole kıyasla artmıştır. Bu sonuçlar mikrobiyal gübre aşıl原因amalarının tıbbi ve aromatik bitkilerde uçucu yağ verimine ilaveten uçucu yağ bileşenlerinin oranının

da artırılabilceğini ortaya koymuştur. Bu durum gelecekte baharat, ilaç, tıp ve kozmetik gibi alanlarda kullanılabilcek bitkilerde gerek uçucu yağ verimi ve gerekse bileşenlerinin istenilen yönde değıştirilebilmesi biyolojik gübre kullanılarak mümkün olabileceği ve bu ve benzeri çalışmaların tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliğinde yenilikçi bir strateji olabileceğini göstermesi bakımından önemlidir.

Araştırmamızda test edilen azot fikseri, fosfor çözücü, indol asetik asit üreci izolatların aşılamlarının beklenenden daha yüksek potansiyele sahip olduğu ve gelişim, verim ve kalite kriterlerini teşvik ettiği görölmüştür. Test edilen etkin formüller veya etkin olan tekli izolatlarla oluşturulabilcek yeni biyolojik gübre konsorsiyumlarının kullanılması sonucunda İstanbul kekiğinde bitki beslenmesinin teşviki, drog herba verimi, drog yaprak verimi, uçucu yağ verimi ve karvakrol veriminin artırılması ve uçucu yağda temel bileşenlerin değıştirilmesi mümkün olabilecektir. Araştırmada kullanılan izolatlarla ve bunların formölasyonlarıyla gerek gelecekte geliştirilecek yeni biyolojik gübre formölasyonları, başta İstanbul kekiği olmak üzere, kekik ve benzeri tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliğinde kullanılabilir. Özellikle etkin üçlü ve dörütlü bakteri formölasyonu ve test edilen ticari biyolojik gübrelerin kullanılması durumunda, kimyasal gübre kullanılmaksızın, verim ve kalite kaybı olmadan organik tarıma uygun olarak kekik üretimi mümkün olabilecektir. Bu araştırmada test edilen etkin formölasyonların diğer önemli tıbbi ve aromatik bitkilerde kapsamlı tarla denemeleriyle test edilmesi ve geliştirilen formüllerin bu bitkilerde kullanımının sağlanması ve tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliğinin rekabet kapasitesinin güçlenmesine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- Adams, R.P. (2007). *Identification of Essential Oil Component by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (4th edition)*. Allured Publishing Corporation: USA
- Ahmad, F., Ahmad, I. and Khan, M. S. (2005). "Indole acetic acid production by the indigenous isolates of azotobacter and fluorescent pseudomonas in the presence and absence of tryptophan". *Turk Journal of Biology*, 29, 29-34.
- Arabacı, O., Sönmez Ç., Taghiloofer, A. H., Tan, U. and Bayram, E. (2019) Characterization of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (Link) Iestwaart Population and Determination of A Clones". *Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants*, 2 (2), 66-75.
- Araniti, F., Landi, M., Lupini, A., Sunseri, F., Guidi, L. and Abenavoli, M. R. (2018). "Origanum vulgare essential oils inhibit glutamate and aspartate metabolism altering the photorespiratory pathway in Arabidopsis thaliana seedlings". *Journal of Plant Physiology*, 231, 297-309.
- Baser, K. H. C., Özek, T., Kürkçüoğlu, M. and Tümen, G. (1994). "The Essential Oil of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* of Turkish Origin". *Journal of Essential Oil Research*, 6 (1), 31-36. <https://doi.org/10.1080/10412905.1994.9698321>.
- Başer, K. H. C. (1993). "Essential Oils of Anatolian Labiateae: A Profile". *Acta Horticulturae*, 333, 217-237.
- Baydar, H. (2007). *Tıbbi Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilim ve Teknolojisi* (2nd edition). Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Isparta. 228p.
- Beltrán J. M. G., Espinosa C., Guardiola F. A. and Ángeles Esteban M. (2018). "In vitro effects of *Origanum vulgare* leaf extracts on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) leucocytes, cytotoxic, bactericidal and antioxidant activities". *Fish & Shellfish Immunology*, 79, 1-10.
- Bernáth, J., Novák, I., Szabó, K. and Seregély, Z. (2006). "Evaluation of Selected Oregano (*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* Iestwaart) Lines with Traditional Methods and Sensory Analysis, *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 11 (4), 19-26. [https://doi.org/10.1300/J044v11n04\\_03](https://doi.org/10.1300/J044v11n04_03).



- Bhattacharyya, P.N. and Jha, D.K. (2012). "Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture". *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 1327-1350.
- Bremner, J.M. ve Mulvaney, C.S. (1982). "Nitrogen—Total". A.L. Page (ed.). in: *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. (s. 595-624). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America: USA.
- Chauhan, H., Bagyaraj, D. J., Selvakumar, G. and Sundaram, S.P. (2015). "Novel plant growth promoting rhizobacteria. Prospect and potential". *Applied Soil Ecology*, 95, 38-53.
- Costa, M. H., Souza-Filho, J. D. C. and Ribeiro, A. (2004). "Comments on "The regional evapotranspiration of the Amazon."". *Journal of Hydrometeorology*, 5, 1279-1280.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A. and Şahin, F. (2006). "Growth promotion of plants by plant growth promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions". *Soil Biology and Biochemistry*, 38 (6), 1482-1487.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü. and Dönmez, M. F. (2007a). "The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants". *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 288-295.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Oral, B, Erdoğan, Ü. and Şahin, F. (2009). "Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria". *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84, 375-380.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Atasever, A., Kotan, R., Erat, M., Varmazyari, A., Türkyılmaz, K., Sekban, R. and Haznedar A. (2015b). "Cultivable plant growth promoting rhizobacterial diversity in the acidic tea rhizosphere soils in the eastern black sea region and their using in tea production", *International Symposium Microorganisms and Biosphere (Microbios-2015)*, 25 - 29 Kasım 2015, Taşkent, Özbekistan.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Varmzyari, A., Atasever, A., Kotan, R., Erat, M., Türkyılmaz, K., Sekban, R. and Haznedar, A. (2015a). "The effect of mixed cultures of plant growth promoting bacteria and mineral fertilizers on tea (*Camellia sinensis* L.) growth, yield, nutrient uptake, and enzyme activities", *International Soil Science Congress Soil*

*Science in International Year of Soils 2015*, 23-25 September 2015, Sochi, Russia. 67-71.

Çakmakçı, R., Turan, M., Kıtır, N., Güneş, A., Nikerel, E., Özdemir, B. S., Yıldırım, E., Olgun, M., Topçuoğlu, B., Tüfenkçi, Ş., Karaman, M. R., Tarhan, L., Mokhtari, N. E. P. (2017). “The Role of Soil Beneficial Bacteria in Wheat Production, A Review”. R. Wanyera and J. Owuoché (eds.) in: *Wheat Improvement, Management and Utilization*. (s. 115-149). Intechopen: UK.

Çakmakçı, R. (2005a). “Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi”. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (35), 93-108.

Çakmakçı, R. (2005b). “Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı”. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36, 97-107.

Çakmakçı, R. (2009). “Stres koşullarında ACC deaminase üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi”. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40, 109-125.

Çakmakçı, R. (2014). “Mikrobiyal gübre olarak kullanılabilir mikroorganizmaların etki mekanizmaları ve özellikleri”. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı, Ankara. 5-17.

Çakmakçı, R. (2015). “Some plant species traditionally consumed as tea in Anatolia”, *The Third International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus*, 1-4 October 2015, Sarajevo, Bosna and Herzegovina.

Çakmakçı, R., Aslantaş, R., Erdoğan, Ü. ve Erdoğan, Y. (2014). “Çoruh Vadisinde Odun dışı orman altı otsu bitkilerin botanik turizmde önemi”, *Third International Non-Wood Forest Products Symposium (Uluslararası Odun dışı Orman Ürünleri Sempozyumu)*, Kahramanmaraş. 647-657.

Çakmakçı, R., Dönmez, M.F. and Erdoğan, Ü. (2007b). “The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts”. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31, 189-199.

Çakmakçı, R., Ertürk, Y. Dönmez, F., Erat, M., Haznedar, A. and Sekban, R. (2012). “Tea growth and yield in relation to mixed cultures of N<sub>2</sub>-fixing and phosphate

solubilizing bacteria”, *Proceedings of the 23rd International Scientific-Experts Congress on Agriculture and Food Industry*, 27-29 September 2012, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Special Issue, 1, 17-21.

Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Sekban, R., Haznedar, A. and Varmazyari, A. (2013). “The effect of single and mixed cultures of plant growth promoting bacteria and mineral fertilizers on tea (*Camellia Sinensis*) growth, yield and nutrient uptake”. *Soil Water Journal*, 2 (Special Issue), 653-662.

Çakmakçı, R., Mosber, G., Milton, A.H., Alatürk, F. and Ali, B. (2020). “The effect of auxin and auxin-producing bacteria on the growth, essential oil yield, and composition in medicinal and aromatic plants”. *Current Microbiology*, 77 (4), 564–577.

Davis, P.H. (1982). *Flora of Turkey and The East Aegean Island Vol 7*. (s. 297-313). Univ Press: Edinburgh, UK.

Dharni S., Srivastava, A. K., Samad A. and Patra, D.D. (2014). “Impact of plant growth promoting *Pseudomonas monteilii* PsF84 and *Pseudomonas plecoglossicida* PsF610 on metal uptake and production of secondary metabolite (monoterpenes) by rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* cv. Bourbon) grown on tannery sludge amended soil”. *Chemosphere*, 117, 433–439.

Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. and Okon, Y. (2003). “Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere”. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22, 107-149.

Dutra, T. V., Castro, J. C., Menezes, J. L., Ramos, T. R., Prado, I. N., Junior, M. M., Mikcha, J. M. G. and Abreu Filho, B. A. (2019). “Bioactivity of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil against *Alicyclobacillus* spp.”. *Industrial Crops & Products*, 129, 345-349.

Egamberdieva, D. (2011). “Indole-acetic acid production by root associated bacteria and its role in plant growth and development”. A.H. Keller and M.D. Michelle (eds.) in: *Auxins, Structure, Biosynthesis and Functions*. (s. 1-14). Nova Science Publishers, USA. 1-14.

El-Wahab, A.M.A., Hosny E.M. and Moghith, W.M.A. (2016). “Combined effect of organic and biofertilizer on herb yield and essential oil production of *Origanum vulgare* L.

- plants under sandy soil conditions”. *Journal of Agriculture Research*, 42 (2), 144-159.
- Emrahi, R., Morshedloo, M.R., Ahmadi, H. and Javanmard, A. (2021). “Intraspecific divergence in phytochemical characteristics and drought tolerance of two carvacrol-rich *Origanum vulgare* subspecies: subsp. *hirtum* and subsp. *gracile*”. *Industrial Crops & Products*, 160, 113557. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113557>.
- Ertuğ, F., Tümen, G., Çelik, A. ve Dirmenci, T. (2004). “Buldan (Denizli) etnobotanik alan araştırması 2003”. *TÜBA Kültür Envanteri Dergisi*, 2, 187-218.
- Esen, G., Azaz, A.D., Kurkcuoglu, M., Baser, K.H.C. and Tinmaz, A. (2007). “Essential oil and antimicrobial activity of wild and cultivated *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart from the Marmara region, Turkey”. *Flavour and Fragrance Journal*, 22, 371-376.
- Evrendilek, G. A. (2015). “Empirical prediction and validation of antibacterial inhibitory effects of various plant essential oils on common pathogenic bacteria”. *International Journal of Food Microbiology*, 202, 35-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.02.030>.
- Feizbakhsh, A., Pazoki, H., Mohammadrezaei, V., Ebrahimzadeh, M. A. (2014). “Effect of Phytohormones on the Composition of Sambucus ebulus Leaf Essential Oil”. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13 (4), 581-586.
- Frankenberger, W.T. and Brunner, W. (1983). “Methods of detection of auxin-indole acetic acid in soil by high performance liquid chromatography”. *Soil Science Society of America Journal*, 47, 237-241.
- Gee, G.W. ve Hortage, K.H. (1986). “Particle-Size Analysis”. A. Klauete (ed.). in: *Methods of Soil Analysis Part 1 Physical and Mineralogical Methods*. (s. 383-441). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America: USA.
- Glick, B.R., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J. and McConkey, B. (2007). “Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase”. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 26, 227–242.

- Gonceariuc, M., Muntean, M.V., Butnaraș, V., Duda, M.M., Benea, A., Jelezneac, T., Vornicu, Z., Cotelea, L. and Botnarenco, P. (2021). “Quality variation of the Moldovan *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare* L. and *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* (Link) Ietsw. varieties in drought conditions”. *Agriculture*, 11 (12), 1211. <https://doi.org/10.3390/agriculture11121211>.
- Gounaris, Y., Skoula, M., Fournaraki, C., Drakakai, G. and Makris, A. (2002). “Comparison of essential oils and genetic relationship of *Origanum* × *intercedens* to its parental taxa in the island of Crete”. *Biochemical Systematics and Ecology*, 30, 249-258.
- Guan, W., Ren, X., Li, Y. and Mao, L. (2019). “The beneficial effects of grape seed, sage and oregano extracts on the quality and volatile flavor component of hairtail fish balls during cold storage at 4 °C”. *LWT*, 101, 25-31.
- Gülsoy, S. (2012). “Evaluation of Essential Oils and Phenolic Compounds of Some *Origanum* (Labiatae/Lamiaceae) Taxonomy”. *Asian Journal of Chemistry*, 24 (6), 2479-2483.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I. (2010). “Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review”. *Annals of Microbiology*, 60, 579-598.
- Hodaj-Çeliku, E., Tsiftoglou, O., Shuka, L., Abazi, S., Hadjipavlou-Litina, D. and Lazari, D. (2017). “Antioxidant Activity and Chemical Composition of Essential Oils of some Aromatic and Medicinal Plants from Albania”. *Natural Product Communications*, 12 (5), 785-790.
- Johnson, C. B., Kazantzis, A., Skoula, M., Mitteregger and Novak, J. (2004). “Seasonal, Populational and Ontogenic Variation in the Volatile Oil Content and Composition of Individuals of *Origanum vulgare* subsp. *Hirtum*, Assessed by GC Headspace Analysis and by SPME Sampling of Individual Oil Glands”. *Phytochemical Analysis*, 15, 286-292. <http://dx.doi.org/10.1002.pca.780>.
- Karamanos, A. J. and Sotiropoulou, D. E. K. (2013). “Field Studies of Nitrogen Application on Greek Oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart) Essential Oil During Two Cultivation Seasons”. *Industrial Crops and Products*, 46, 246-252.

- Karik, Ü., Tinmaz, A.B, Kürkçüoğlu, M., Başer, K.H.C. ve Tümen, G. (2007). “İstanbul kekiği (*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum*) populasyonlarında farklı biçim zamanlarının verim ve kaliteye etkileri”. *Bahçe*,36 (1-2), 37-48.
- Khalid, A., Tahir, S., Arshad, M., Zahir, Z.A. (2004). “Relative efficiency of rhizobacteria for auxin biosynthesis in rhizosphere and non-rhizosphere soils”. *Soil Research*, 42, 921-926.
- Kırıcı, S. ve İnan, M. (2001). “Çukurova koşullarında kekik (*Origanum syriacum* var. *bevani* L.)’de farklı biçim sayısının verim ve verim komponentleri üzerine etkisi”, *Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi*, 17-21 Eylül, Tekirdağ. Cilt II, 291-294.
- Kokkini, S., Karousou, R. and Vokou, D., (1994). “Pattern of Geographic Variation of *Origanum vulgare* Trichomes and Essential Oil Content in Greece”. *Biochemical Systematics and Ecology*, 22 (5), 517-528.
- Kosakowska, O., Węglarz, Z. and Bączek K. (2019). “Yield and quality of ‘Greek oregano’ (*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum*) herb from organic production system in temperate climate”. *Industrial Crops & Products*, 141, 111782. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111782>.
- Kosakowska, O., Węglarz, Z., Pióro-Jabrucka, E., Przybył, J. L., Kraśniewska, K., Gniewosz, M. and Bączek, K. (2021). “Antioxidant and antibacterial activity of essential oils and hydroethanolic extracts of Greek oregano (*O. vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart) and common oregano (*O. vulgare* L. subsp. *vulgare*)”. *Molecules*, 26 (4), 988. <https://doi.org/10.3390/molecules26040988>.
- Koyuncu, O., Yaylacı, Ö.K., Öztürk, D., Potoğlu Erkara, İ., Savaroğlu, F., Akçoşkun, Ö. and Ardıç, M. (2010). “Risk categories and ethnobotanical features of the Lamiaceae taxa growing naturally in Osmaniye (Bilecik/Turkey) and environs”. *Biological Diversity and Conservation*, 3, 31-45.
- Krumova, E., Nikolova, M., Staleva, J., Kostadinova, N., Abrashev, R., Dishliyska, V., Berkov, S., Mutafova, B. and Angelova, M. (2021). “Bio-efficacy of the essential oil isolated from *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* against fungal pathogens of potato”. *Comptes Rendus de l’Academie des Sciences, La vie des Sciences*, 74, 1571-1578.

- Lindsay, W.L. ve Norwell, W.A. (1978). “Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper”. *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3), 421-428. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B.R. (2004). “Application of Free Living Plant Growth-Promoting Rhizobacteria”. *Antoine van Leeuwenhoek*, 86, 1-25.
- Lynch, J.M. (1985). “Origin, Nature and biological activity of aliphatic substances and growth hormones found in soil”. D. Vaughan and R.E. Malcolm (eds.). in: *Soil Organic Matter and Biological Activity*. (s. 151-174). Dordrecht, Boston Lancaster: USA.
- Mclean, E.O. (1982). “Soil pH and Lime Requirement”. A.L. Page (ed.). in: *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. (s. 199-224). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America: USA.
- Narula, N., Deubel, A., Gans, W., Behl, R.K. and Merbach, W. (2006). “Paranodules and colonization of wheat roots by phytohormone producing bacteria in soil”. *Plant Soil Environment*, 52, 119-129.
- Nelson, D. W. ve Sommers, L. E. (1982). “Total carbon, organic carbon and organic matter”. A.L. Page (ed.). in: *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. (s. 539-579). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America: USA.
- Nelson, R.E. (1982). “Carbonate and Gypsum”. A.L. Page (ed.). in: *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. (s. 191-197). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America: USA.
- Nikolova, M. T. and Berkov, S. H. (2018). “Use of essential oils as natural herbicides”. *Ecologia Balkanica*, 10 (2), 259-265.
- Ninou, E. G., Konstantinos, Paschalidis, A., Mylonas, I. G., Vasilikiotis, C. and Athanasios G. Mavromatis (2017) “The effect of genetic variation and nitrogen fertilization on productive characters of Greek oregano”. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B— Soil & Plant Science*, 67 (4), 372-379. <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1283438>.

- Niranjan, S.R., Shetty, H.S. and Reddy, M.S. (2006). "Plant growth promoting rhizobacteria: potential green alternative for plant productivity". Z.A. Siddiqui (ed.). in: *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*. (s. 197-216). Springer, Dordrecht Netherlands.
- Novak, I., Zambori-Nemeth, E., Horvath, H., and Sergely, Z.K.K. (2003). "Study on essential oil composition in different *Origanum* species by GC and sensory analysis". *Acta Alimentaria*, 32 (2), 142–150.
- Olsen, S.R. ve Sommers, L.E. (1982). "Phosphorus". A.L. Page (ed.). in: *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. (s. 403-430). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America: USA.
- Ozer, Z., Kilic, T., Selvi, S. and Pasa, C. (2018). "Effect of Different Drying Methods and Development Stages on the Essential Oil Chemical Composition of Aerial Parts of *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietsw". *Journal Of Essential Oil Bearing Plants*, 21 (5), 1403-1409.
- Özcan, M. M., Pedro, L. G., Al-Juhami, F., Endes, Z., Erol, A. S., Duman, E. and Er, F. (2012). "Constituents of the Essential oil of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* Growing Wild in Turkey". *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15 (4), 572-576. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2012.10644090>.
- Özdemir, E. ve Kültür, Ş. (2017). "Wild Edible Plants of Savaştepe District (Balıkesir, Turkey)". *Marmara Pharmaceutical Journal*, 21 (3), 578-589.
- Özer, Z., Kiliç, T., Selvi, S. and Pasa, C. (2018). "Effect of different drying methods and development stages on the essential oil chemical composition of aerial parts of *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* (link) Letsw". *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21 (5), 1403-1409. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1439774>.
- Pérez-Montaño, F., Alías-Villegas, C., Bellogín, R. A., del Cerro, P., Espuny, M. R., Jiménez-Guerrero, I., López-Baena, F. J., Ollero, F. J. and Cubo, T. (2014). "Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production". *Microbiological Research*, 169, 325-336.



- Plati, F., Papi, R. and Paraskevopoulou, A. (2021). “Characterization of Oregano Essential Oil (*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum*) Particles Produced by the Novel Nano Spray Drying Technique”, *Foods*, 10, 2923. <https://doi.org/10.3390/foods10122923>.
- Polat, R. (2010). Havran ve Burhaniye (Balıkesir) çevresinde tarımsal biyoçeşitlilik ve etnobotanik araştırmaları. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Rhoades, J.D. (1982). “Soluble Salts”. A.L. Page (ed.). in: *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. (s. 167-179). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America: USA.
- Sağiroğlu, M., Köseoğlu, S.T. ve Turna, M. (2017). “İkramiye Vadisi (Sapanca/Sakarya/Türkiye) Florasında Bulunan Tıbbi Bitkiler”. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21, 527-539.
- Santoro, M. V., Zygadlo, J., Giordano, W. and Banchio, E. (2011). “Volatile organic compounds from rhizobacteria increase biosynthesis of essential oils and growth parameters in peppermint (*Mentha piperita*)”. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49, 1177-1182.
- Sarıhan, E. O., İpek, A., Arslan, N. and Gürbüz, B. (2006). “Farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerinin kekik (*Origanum vulgare* var. *hirtum*)’de verim ve verim öğeleri üzerine etkisi”. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12, 246-251.
- Satıl, F., Tümen, G., Dirmenci, T., Çelik, A., Arı, Y. ve Malyer, H. (2006). “Kazdağı Milli Parkı ve Çevresinde (Balıkesir) Etnobotanik Envanter Çalışması 2004-2006”. *TÜBA Kültür Envanteri Dergisi*, 5, 171-203.
- Sezik, E., Tümen, G., Kırimer, N., Özek, T. and Başer, K. H. C. (1993). “Essential Oil Composition of Four *Origanum vulgare* Subspecies of Anatolian Origin”. *Journal of Essential Oil Research*, 5, 425-431. <https://doi.org/10.1080/10412905.1993.9698253>.
- Shafiee-Hajiabad, M., Hardt, M. and Honermeier, B. (2014). “Comparative investigation about the trichome morphology of Common oregano (*Origanum vulgare* L. subsp. *vulgare*) and Greek oregano (*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum*)”. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 1, 50-58.

- Shiwakoti, S., Zheljzkov, V. D., Schlegel, V. and Cantrell, C. L. (2016). “Growing spearmint, thyme, oregano, and rosemary in Northern Wyoming using plastic tunnels”. *Industrial Crops and Products*, 94, 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.08.036>.
- Sotiropoulou, D.E. and Karamanos, A.J. (2010). “Field studies of nitrogen application on growth and yield of Greek oregano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart)”. *Industrial Crops and Products*, 32, 450–457.
- Souza, R., Ambrossini, A. and Passaglia, L.M.P. (2015). “Plant growth-promoting bacteria as inoculant in agricultural soil”. *Genetics and Molecular Biology*, 38, 401-419.
- Souza, R., Beneduzi, A., Ambrosini, A., Costa, P. B., Meyer, J., Vargas, L. K., Schoenfeld, R. and Passaglia, L. M. P. (2013). “The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) cropped in southern Brazilian fields”. *Plant and Soil*, 366, 585-603.
- Stefanakis, M. K., Touloupakis, E., Anastasopoulos, E., Ghanotakis, D., Katerinopoulos, H. E., Makridis, P. (2013). “Antibacterial activity of essential oils from plants of the genus *Origanum*”. *Food Control*, 34, 539-546.
- Stešević, D., Jaćimović, Z., Šatović, Šapčanin, A., Jančan, G, Kosović, M. and Damjanović-Vratnica, B. (2018). “Chemical characterization of wild growing *origanum vulgare* populations in Montenegro”. *Natural Product Communications*, 13 (10), 1357-1362.
- Sun, Y., Cheng, Z. and Glick, B. R. (2009). “The presence of a 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase deletion mutation alters the physiology of the endophytic plant growth-promoting bacterium *Burkholderia phytofirmans* PsJN”. *FEMS Microbiology Letters*, 296, 131-136.
- Şahin, F., Çakmakçı, R. and Kantar, F. (2004). “Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N<sub>2</sub>-fixing and phosphate solubilizing bacteria”. *Plant and Soil*, 265, 123-129.
- Tibaldi, G., Fontana, E. and Nicola, S. (2011). “Growing conditions and postharvest management can affect the essential oil of *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart”. *Industrial Crops and Products*, 34 (3), 1516– 1522.

- Tsitlakidou, P., Papachristoforou, A., Tasopoulos, N., Matzara, A., Hatzikamari, M., Karamanoli, K. and Mourtzinis, I. (2021). "Sensory analysis, volatile profiles and antimicrobial properties of *Origanum vulgare* L. essential oils". *Flavour and Fragrance Journal*, 37, 43-51.
- Tuzlacı, R. ve Aymaz P. E. (2001). "Turkish folk medicinal plants, Part IV: Gönen (Balıkesir)". *Fitoterapia*, 72, 323-343.
- TÜİK (2022). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim: 10 Ocak 2022, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>
- Van den Berg, A.K. ve Perkins, T.D. (2005). "Nondestructive estimation of anthocyanin content in autumn sugar maple leaves". *HortScience*, 40 (3), 685-686.
- Veres, K., Varga, E., Schelz, Z. Molnár, J., Bernáth, J. and Máthé, I. (2007). "Chemical composition and antimicrobial activities of essential oils of four lines of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart grown in Hungary". *Natural Product Communications*, 2 (11), 1155-1158.
- Weglarz, Z., Kosakowska, O., Przybył, J.L., Pióro-Jabrucka, E. and Baczek, K. (2020). "The quality of Greek Oregano (*O. vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart) and common oregano (*O. vulgare* L. subsp. *vulgare*) cultivated in the temperate climate of Central Europe". *Foods*, 9, 1671.
- Werker, E. (1993). "Function of essential oil-secreting glandular hairs in aromatic plants of the Lamiaceae". *Flavour and Fragrance Journal*, 8, 249-255.