



**İNDOL ASETİK ASİT ÜRETİCİ BAKTERİLERİN
VE HORMON UYGULAMALARININ SATER
(*Satureja hortensis* L.) GELİŞME, VERİM VE
UÇUCU İÇERİĞİNE ETKİSİ**

Goltay MOSBER

Yüksek Lisans Tezi

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilim Dalı

Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

2017

Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNDOL ASETİK ASİT ÜRETİCİ BAKTERİLERİN VE HORMON
UYGULAMALARININ SATER (*Satureja hortensis* L.) GELİŞME,
VERİM VE UÇUCU YAĞ İÇERİĞİNE ETKİSİ

Goltay MOSBER

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilim Dalı

ERZURUM
2017

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**İNDOLASETİK ASİT ÜRETİCİ BAKTERİLERİN VE HORMON
UYGULAMALARININ SATER (*Satureja hortensis* L.) GELİŞME, VERİM VE UÇUCU
YAĞ İÇERİĞİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI danışmanlığında Goltay MOSBER tarafından hazırlanan hazırlanan bu çalışma 20/06/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarla Bitkileri Anabilim Dalı – Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr.Ramazan ÇAKMAKÇI

İmza :

Üye : Doç.Dr.Arzu GÖRMEZ

İmza :

Üye :Doç.Dr.Taşkın POLAT

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 06/07/2017 tarih ve 27/33 nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İNDOL ASETİK ASİT ÜRETİCİ BAKTERİLERİN VE HORMON UYGULAMALARININ SATER (*Satureja hortensis* L.) GELİŞME, VERİM VE UÇUCU YAĞ İÇERİĞİNE ETKİSİ

Goltay MOSBER

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

Bu araştırmada mineral gübre (NPK), iki bitki büyüme düzenleyici (indol asetik asit + 6-benzil amino pürin IAA+BAP ve 6-benzil amino pürin BAP) ve azot fikseri, fosfat çözücü ve indol asetik asit üretici 5 bakteri straininin (*Pseudomonas fluorescens* RC26, *Pseudomonas putida* RC48, *Micrococcus luteus* RC17A, *Bacillus subtilis* RC17C ve *Bacillus subtilis* RC631) yazlık sater kekiğinde (*Satureja hortensis* L.) gelişme, verim, yağ oranı ve uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Büyüme sürecinde bitki büyüme düzenleyiciler (IAA+BAP ve BAP) bitkilere 100 ppm (100 mg/L) olarak püskürtülmüş, ilk spreysel bitkilerin saksılara nakilden iki hafta sonra ikinci 15 gün sonra uygulanmıştır. Uçucu yağlar GC-MS ile analiz edilmiştir. IAA+BAP ve BAP uygulamaları uçucu yağ veriminde sırası ile %8,2 ve 40,5 oranında artışa neden olmuştur. Bakteri etkinliği aşıl原因 strain ve ele alınan parametrelere göre değişmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, NPK ve IAA uygulaması ve özellikle *Pseudomonas fluorescens* RC26, *Micrococcus luteus* RC17A, *Bacillus subtilis* RC17C sater bitkisinde bitki boyu, gövde çapı, yaş ve drog herba verimi, yaprak oranı, yeşil ve kuru yaprak verimi, uçucu yağ oranı ve verimi ve karvakrol gibi uçucu yağ bileşenleri dahil gelişmeyi teşvik etmiştir. Belirlenen temel monoterpenler p-simen, karvakrol ve bunların prekürsörü γ -terpinendir. Analiz edilen farklı numunelerde toplam yağ içeriğini temsil eden otuz bir bileşik tespit edildi. Genel kategoriler açısından, uçucu yağda monoterpen hidrokarbonlar hakim olup, karvakrol (%48,18- 53,96), γ -terpinen (%23,76-31,11), p-simen (%4,25-7,85) ve α -terpinen (%3,91-6,24) ana bileşenleridir. Diğer bileşenlerin β -mirsen (%1,56-2,73), β -bisabolen (%0,67-3,13), α -tujen (%0,79-2,13), α -pinen (%0,58-2,13), β -pinen (%0,41-2,25), β -karyofillen (%0,41-1,87), α -felandren (%0,38-0,70) ve spathulenol (%0,26-0,67) olduğu, kalan tüm yağ bileşenlerinin miktarının %1'den az veya tüm numunelerde bulunamadığı belirlenmiştir. Test edilen etkin bakteriler genellikle mineral gübrelemeye eşit veya daha yüksek oranda sater bitkisinde verim ve gelişme sağlamıştır. Araştırmada test edilen etkin bakterilerin bitki gelişmesi için kimyasal gübre gereksinimini azaltabileceği, yazlık sater uçucu yağ ve karvakrol verimini artırabileceği ve yağ bileşimini değiştirebileceği, sürdürülebilir ve organik sater üretiminde biyolojik gübre olarak kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.

2017, 120 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yazlık sater, bitki gelişmesini teşvik edici bakteri, indol-3- asetik asit (IAA), 6-benzil amino purin (BAP), yaş ve kuru herba ağırlığı, kök ağırlığı, uçucu yağ oranı, uçucu yağ bileşenleri, karvakrol, γ -terpinen

ABSTRACT

MS Thesis

EFFECT OF INDOLE ACETIC ACID PRODUCING BACTERIA AND HORMONE APPLICATIONS ON GROWTH, YIELD AND ESSENTIAL OIL COMPONENTS OF SAVORY (*Satureja hortensis* L.)

Goltay MOSBER

Atatürk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agronomy

Section Medicinal and Aromatic Plants

Supervisor: Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

The objective of this study was to evaluate possible effects of mineral fertilizer (NPK), two plant growth regulators (Indole 3-acetic acid + benzylaminopurine IAA+BAP and benzylaminopurine BAP) and five N₂-fixing, P-solubilizing, and IAA-producing bacteria (*Pseudomonas fluorescens* RC26, *Pseudomonas putida* RC48, *Micrococcus luteus* RC17A, *Bacillus subtilis* RC17C, and *Bacillus subtilis* RC631) strains, which isolated from the wild oregano and red raspberries, as biofertilizer on growth, yield and quality characteristics of the plant, essential oil content and major component of the essential of summer savory (*Satureja hortensis* L.). During growth, the plants are sprayed with 100 ppm (100 mg/L) of each plant growth regulators (IAA+BAP and BAP), the first spray was applied two weeks after the transplantation, the second spray fifteen day after the 1st one wetting agent. The hydro-distillated essential oils were analyzed by GC-MS. BAP and IAA+BAP caused an increase in the yield of essential oil (8.2% and 40.5% respectively). Bacterial efficiency were variable and depended on the inoculants strain and growth parameters evaluated. Trial results show that inoculation with IAA-producing, N₂-fixing and P-solubilizing bacterial strain especially *Pseudomonas fluorescens* RC26, *Micrococcus luteus* RC17A and *Bacillus subtilis* RC17C stimulated overall plant growth, including plant height, trunk diameter, drug and fresh herb yield, dry leaf ratio, fresh and dry leaf and root weight, essential oil ratio and yield, essential oil components such as carvacrol of savory. The main monoterpenes found were p-cymene, carvacrol and their precursor γ -terpinene. The presence of at least thirty one compounds were identified in the samples analysed, representing 99% of the total oil contents. In terms of general categories, monoterpene hydrocarbons dominated the chemical profile of the oils with carvacrol (48.18-53.96%), γ -terpinene (23.76-31.11%), p-cymene (4.25-7.85%), and α -terpinene (3.91-6.24%) as the main components. The other constituents were found to be myrcene (1.56-2.73%), β -bisabolene (0.67-3.13%), α -thujene (0.79-2.13%), α -pinene (0.58-2.13%), β -pinene (0.41-2.25%), β -caryophyllene (0.41-1.87%), α -phellandrene (0.38-0.70%) and spathulenol (0.26-0.67%), the amount of all remaining oil components was less than 1% or not found in all samples. Of the effective bacteria tested usually gave growth and yields of summer savory equal to or higher than chemical fertilizers application. In this research, the effective and efficient bacteria in plant growth has decreased the need for chemical fertilizer, volatile oil and carvacrol and also has changed the volatile oil in savory, using this method as a biological fertilizer in organic farming has been proved.

2017, 120 pages

Keywords: Summer savory, plant growth-promoting bacteria, indole-3- acetic acid (IAA), benzylaminopurine (BAP), fresh and dry weight of herb, root weight, essential oil content, essential oil composition, carvacrol, γ -terpinene

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasını büyük bir titizlikle takip ederek, maddi manevi hiç bir desteğini esirgemedi fikirleri ile bana ışık tutan hocam Sayın Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI'ya ve araştırma görevlisi Furkan ÇOBAN'a, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Kemalledin Kara'ya, Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü ve Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM) laboratuvarlarında görev yapmakta olan ve benden yardımını esirgemeyen hocalarıma ve birbirinden çok değerli burada isimlerini sayamadığım birlikte çalışmaktan büyük haz duyduğum ayrıca bana çok şey kattıklarına inandığım kıymetli arkadaşlarım ve saygıdeğer hocalarıma, aldığım bütün kararlarda arkamda olup hiç bir zaman desteğini esirgemeyen sevgili aileme, teşekkür ederim.

Goltay MOSBER

Haziran 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİN	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	14
2.1. Yazlık Sater (<i>Satureja hortensis</i> L.) İlişkin Çalışmalar	14
2.2. Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteri ve Büyüme Düzenleyicilerle İlgili Çalışmalar.....	33
3. MATERYAL ve METOT	60
3.1. Araştırma Materyali	60
3.1.1. Araştırma yerinin tanımı ve özellikleri	60
3.1.2. Deneme materyali.....	60
3.1.3. Toprak özellikleri	61
3.1.4. Araştırmada kullanılan bakteriler ve özellikleri	62
3.1.5. Araştırmada kullanılan besi yerleri	63
3.2. Yöntem	63
3.2.1. Deneme deseni ve deneme konuları	63
3.2.2. Fide üretimi, dikimi ve inokulasyonu.....	64
3.2.3. Sulama uygulamaları	65
3.2.4. Bakım ve hasat işlemleri	65
3.2.5. Bakterilerin bazı biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi.....	65
3.2.6. Gelişme ve verim parametrelerinin incelenmesi	68
3.2.7. Uçucu yağ bileşenlerinin analiz edilmesi.....	70
3.2.8. Sonuçların analiz edilmesi.....	71
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	72
4.1. Test Edilen Bakterilerin Özellikleri	72

4.2. Gelişme ve Verim Parametreleri	72
4.2.1. Taç genişliği	72
4.2.2. Bitki boyu	74
4.2.3. Gövde çapı.....	74
4.2.4. Yeşil (yaş) kök-gövde ağırlığı	76
4.2.5. Kuru kök-gövde ağırlığı	77
4.2.6. Yaş herba ağırlığı	79
4.2.7. Kuru herba ağırlığı	79
4.2.8. Yeşil yaprak ağırlığı	80
4.2.9. Kuru yaprak ağırlığı	81
4.2.10. Kuru yaprak oranı.....	82
4.2.11. Yaş kök ağırlığı	82
4.2.12. Kuru kök ağırlığı	83
4.3.1. Uçucu yağ oranı.....	86
4.3.2. Uçucu yağ ve karvakrol verimi	88
4.3.3. Uçucu yağ bileşenleri	90
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	96
KAYNAKLAR	98
ÖZGEÇMİŞ	121

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİN

°C	: Derece
µm	: Mikrometre
2,4-D	: 2,4-Dichlorop henoxycetic acid
6PGD	: 6-fosfoglukonat dehidrogenaz
BAP	: 6-benzil amino purin
Ca	: Kalsiyum
cm	: Santimetre
Cu	: Bakır
da	: Dekar
dk	: Dakika
Fe	: Demir
g	: Gram
G6PD	: Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz
GC	: Gaz kromotografisi (Gas Chromatograpy)
GC-MS	: Gaz kromotografisi/Kütle Spektrometresi
ha	: Hektar
IAA	: İndol-3-asetik asit
IBA	: İndol Butirik Asit
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
KOH	: Potasyum hidroksit
L	: litre
m ²	: Metrekare
Mg	: Magnezyum
ml	: Mililitre
mm ²	: Milimetrekare
Mn	: Mangan
N	: Azot
NA	: Nutrient agar

Na	: Sodyum
P	: Fosfor
PGPR	: Bitki gelişimini teşvik edici bakterileri (plant growth promoting rhizobacteria)
PGR	: Bitki gelişme düzenleyiciler
pH	: Ortamda bulunan H^+ konsantrasyonunun negatif logaritması
ppm	: Milyonda bir birim
sa	: Saat
sn	: Saniye
v	: Hacım
w	: Ağırlık
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Kontrole kıyasla, <i>P. fluorescens</i> RC26, <i>B. subtilis</i> RC17C ve <i>M. luteus</i> RC17A aşılamaalarının yazlık sater gövde yapısına etkisi	78
Şekil 4.2. Kontrole kıyasla <i>P. Fluorescens</i> RC26 aşılamaasının sater kök gelişmesine etkisi	84
Şekil 4.3. Kontrole kıyasla <i>P. Fluorescens</i> RC26 ve <i>M. luteus</i> RC17A bakteri aşılamaaları ve IAA+BAP hormon uygulamasının sater kök gelişimine etkisi.	85
Şekil 4.4. Bakteri aşılamaaları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yazlık sater uçucu yağ oranı üzerine etkisi.....	88
Şekil 4.5. Bakteri aşılamaaları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yazlık sater uçucu yağ verimi ve karvakrol veriminin üzerine etkisi.....	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	62
Çizelge 4.1. Denemelerde kullanılan izolatlar ve bazı özellikleri	72
Çizelge 4.2. <i>S. hortensis</i> bitkisinde taç genişliği, gövde çapı ve bitki boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları	73
Çizelge 4.3. Bakteri aşılama ları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının sater bitkisi taç genişliği, gövde çapı ve bitki boyu üzerine etkisi.....	73
Çizelge 4.4. <i>S. hortensis</i> bitkisinde yaş ve kuru kök-gövde ağırlığı ve yaş ve kuru herba ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	75
Çizelge 4.5. Bakteri aşılama ları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yaş ve kuru kök-gövde ağırlığı ve yaş ve kuru herba ağırlığı üzerine etkisi	76
Çizelge 4.6. <i>S. hortensis</i> bitkisinde yaş ve kuru yaprak ağırlığı, kuru yaprak oranı ve yaş ve kuru kök ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	81
Çizelge 4.7. Bakteri aşılama ları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yaş ve kuru yaprak ağırlığı, kuru yaprak oranı ve yaş ve kuru kök ağırlığı üzerine etkisi.....	81
Çizelge 4.8. <i>S. hortensis</i> bitkisinde uçucu yağ oranı ve yağ ve karvakrol verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	87
Çizelge 4.9. Bakteri aşılama ları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının uçucu yağ oranı, bitki başına yağ ve karvakrol verimi üzerine etkisi.....	87
Çizelge 4.10. <i>S. hortensis</i> bitkisinde bakteri aşılama ları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisi (%)	94

1. GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler koruyucu ve tıbbi özellikleri yanısıra gıdalara tat aroma ve lezzet vermek için eski çağlardan beri kullanılmakta ve bu bitkilerin kullanımı yeni kullanım alanları ile birlikte her geçen gün artmaktadır. Yaygın kullanım alanları nedeni ile bitkisel droglara ve tıbbi aromatik bitkilere duyulan gereksinim yıldan yıla giderek daha da artmaktadır. Bu bitkilerin kullanımı, bitki, etken madde ve tüketim alanları bakımından çok büyük bir alanı kapsamaktadır.

Kimya sanayinin gelişmesine paralel olarak bitkisel drogların içermiş oldukları bileşikler sentetik olarak daha ucuza üretilebildiğinden bitkisel droglara olan ilgi azalmıştır. Ancak günümüzde sentetik maddelerin yol açtığı olumsuz etkilerinden dolayı bitkisel droglara ve doğal kaynaklı ilaçlara olan ilgi artmıştır (Avcı ve Bayram 2013). Günümüzde birçok tıbbi bitki tanımlanmış ve tanımlanmaktadır. Yine son yıllarda doğal antioksidan olarak fenollerin kullanımı üzerine yürütülen araştırmalar ve gıdaların korunmasında doğal antioksidanların kullanımına olan ilginin artması tıbbi bitkilerin önemini artırmıştır. Bitkisel kaynaklı ilaç ve aroma hammaddelerine talebin artması, gıda sanayinde bazı uçucu yağların antioksidan, antimikrobiyal olarak kullanımının yaygınlaşması ve organik tarıma olan ilgi, tıbbi ve baharat bitkilerinin kültüre alınması ve ıslahı çalışmalarını gündeme getirmiştir (Çakmakçı ve Erdoğan 2008). Uçucu yağların özellikle organik tarımda sentetik ilaçların yerine doğal bir alternatif olabileceği ve ciddi çevre problemlerini çözebileceği öngörülmektedir (Blázquez 2014).

Türkiye coğrafik konumu, farklı ekoloji ve iklimatik alanlara sahip olması nedeni ile tıbbi, aromatik ve baharat bitkileri bakımından zengindir. Kekikler kendine özgü hoş kokusuyla baharat veya çeşni olarak özellikle çorbaları, et yemeklerini, pizza ve salataları lezzetlendirirken, Akdeniz mutfağının da vazgeçilmezi haline gelmiştir. Tıbbi olarak da yoğun kullanımı olan aromatik bitkilerin dış satımının önemli bir kısmını kekikler oluşturmakta (Özgüven vd 2005), önemli bileşenleri karvakrol, borneol, timol ve linalool olan kekiklerin yaygın olarak yeşil aksamı kullanılmaktadır (Ceylan 1987).

Yüksek bitkilerden elde edilen çeşitli organik bileşikleri genellikle birincil ya da ikincil metabolit olarak sınıflandırılır. Bitkilerin temel hücre metabolizmasında ki rolü nedeniyle bitkilerin fizyolojik gelişmesi için gerekli ve yaygın olan, genellikle de bitki tohum ve vejetatif organlarında konsantre halde bulunan, endüstriyel hammadde, gıda, gıda katkısı olarak kullanılan, bitkisel yağlar, yağ asitleri ve karbonhidratlar birincil metabolitlerdir. İkincil metabolit birincil metabolitlerden elde edilebilen, fakat tıbbi aromatik bitkiler gibi, bitkiler aleminde belli taksonomik gruplarda sınırlı olarak bulunabilen, çoğu zaman bitkilerin hayatta kalmasında rol oynayan biyolojik, fizyolojik aktif bileşikler olarak genellikle özel hücrelerde ve bitkinin belli dönemlerinde sentezlenen ve bitkide daha az miktarda biriktirilen maddelerdir. İkincil metabolitler ticari olarak aroma, koku, ilaç ve pestisit olarak kullanılan maddelerdir ve flavonoidler, alkaloidler ve terpenoidler faydalı ikincil metabolitlerdir. Yüzyıllardır insanoğlu barınma ve gıda için protein, karbonhidrat ve yağ kaynağı olarak bitkilere bağımlı olmuştur. Ayrıca bitkiler ilaç, tarım kimyasalı, lezzet verici, koku verici, renklendirici, biyopestisit ve gıda katkısı olarak kullanılabilen birçok sekonder metabolitin değerli kaynaklarıdır. Bugün bile, dünya nüfusunun %75'i sağlık için geleneksel tıp ve bitkisel ürünlere güvenmektedir (Grech-Baran and Pietrosiuk 2012). Günümüzde bitkilerden ilaç ve kimyasal üretimi benzeri kullanımlar için mevcut araziler etkin kullanılmalıdır. Bu nedenle insan gereksinimlerini karşılayabilmek için daha etkin arazi kullanımını sağlayacak uygun modern teknolojiler geliştirmek gerekmektedir.

Bitkisel kökenli metabolitler bitkilerin büyüyüp gelişebilmeleri için kendilerine ihtiyaç duyulan ve tüm hücrelerde bulunan primer metabolitler ve tüm hücrelerde bulunmayan veya bitkilerin hayatında önemli fonksiyonlara sahip olmayan sekonder metabolitler olarak ikiye ayrılır. Ancak sekonder metabolitler bitkilerce bitkilerin temel yaşamsal işlevleri ile doğrudan ilişkisi olmayan, ancak en az primer metabolitler kadar önemli olan maddelerdir. Bitkilerin üretmiş olduğu en önemli sekonder metabolitlerden birisi uçucu yağlardır. Uçucu yağ; bitkilerden veya bitkisel droglardan su ve su buharı distilasyonu ve çözücü ekstraksiyonu gibi çeşitli yöntemler ile elde edilen özel kokulu, oda sıcaklığında sıvı halde olan uçucu maddeler karışımıdır (Kürkçüoğlu 2010; Baydar 2013; Mammadov 2014). Uçucu yağlar monoterpen, seskiterpen ve diterpenlerin çok

bileşenli karışımları ve fenilpropan türevleridir. Farklı uçucu yağların bileşiminde 1500'den fazla hidrokarbonlar, alkoller, aldehitler, ketonlar ve esterler, sülfür ve azotlu maddeler, asetilen türevleri, kumarinler ve organik asitler gibi bileşikler tespit edilmiştir (Alizadeh *et al.* 2010; Nurzyńska-Wierdak 2013).

Koku ve aroma endüstrisi her geçen gün büyümekte olan milyar dolarlık bir pazardır. Bu pazarın önemli bir kısmını uçucu yağlar oluşturmaktadır. Dünyadaki aroma ve koku endüstrisinin yıllık 18 milyar dolarlık bir ticaret hacmine sahip olduğu ve uluslararası ticaretteki uçucu yağların her yıl yaklaşık olarak %10 arttığı ifade edilmiştir (Bano *et al.* 2016). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde uçucu yağ içeren bitkilere olan ihtiyaç katlanarak artmıştır ve gelecekte de yağ talebinin artacağı tahmin edilmektedir.

Özellikle bitkisel hormonlar uçucu yağ üretiminde önemli rol oynamaktadırlar. Bitki gelişmesini düzenleyicilerin konsantrasyonu, uygulama zamanı ve tipi sekonder metabolit birikimi için çok önemli bir faktördür ve uçucu yağ içeriğini etkileyebilmektedir (Deus and Zenk 1982; DiCosmo and Towers 1984; Sharafzadeh and Zare 2011). Diğer taraftan uygulanan bitki büyüme düzenleyicilerinin cins ve miktarı ikincil metabolit metabolizması üzerinde önemli etkiye sahiptir (Khan *et al.* 2008; Karalija and Parić 2011). Oksin veya sitokinlerin tip ve konsantrasyonu bitki hücrelerinin üretim ve gelişmesinde büyük değişmelere neden olmaktadır (Mantell and Smith 1984). Naftalin asetik asit (NAA) ve indol asetik asit (IAA) uygulamalarının *Daucus carota* süspansiyonlarında antosiyanin üretimini artırdığı belirlenmiştir (Rajendran *et al.* 1992-1994). Sıcaklık, nem, ışık şiddeti, su temini, mineraller ve CO₂ bitki gelişmesini ve sekonder metabolit üretimini etkilemektedir. Amonyum/nitrat azotu oranı ve toplam azot oranı bitkilerde sekonder metabolit üretimini belirgin olarak etkilemektedir. Kök kültürü araştırmaları gelişme ortamındaki düşük toplam azot konsantrasyonu ve yüksek amonyak nitrat (NH₄⁺/NO₃⁻) oranının metabolit konsantrasyonunun arttığını ortaya koymuştur (Ramachandra Rao and Ravishankar 2002).

Bitkiler tıbbi öneme sahip yeni ürünler geliştirmek için muazzam bir kaynaktır. Günümüzde bitkilerden elde edilen sekonder metabolitler ilaç, lezzet ve koku, boya ve pigmentler, pestisitler ve gıda katkı maddeleri olarak ekonomik açıdan büyük öneme sahiptir. Günümüzde satılan ilaçların büyük çoğunluğu basit sentetik, modifiye veya doğal olarak elde edilmiş maddelerin kopyalarıdır. Son yıllarda özellikle doku kültürleri teknolojisi ile biyoaktif sekonder metabolitlerin değiştirilme imkanı ve gelişen, sekonder metabolitlerin ticari önemini ikincil metabolizmaya büyük bir ilgi ile sonuçlanmıştır. Sekonder metabolitlerin bitkilerin yetiştiği çevreye adaptasyonda ve özellikle stres koşullarının üstesinden gelmede önemli rol oynadığı bilinmekte ve ayrıca ilaçların önemli bir kaynağını temsil etmektedir (Ramachandra Rao and Ravishankar 2002). Bitki sekonder metabolitlerinin ticari değeri, kimyasal, fizyolojik ve biyoteknolojik yollar kullanılarak biyosentezini idare etmek için birçok araştırmanın ana itici gücü olmaktadır.

Aromatik bitkilerin tıbbi özellikleri kısmen uçucu yağlara dayanmaktadır. Uçucu yağlar bitki cinslerine ve bu cinslere ait farklı türlere göre çok değişik kompozisyon, yapı ve miktarda bulunabilirler. Uçucu yağlar ve bu maddeleri içeren bitkiler birçok alanda kullanılmaktadır. Uçucu yağlardan eczacılıkta, parfümeri ve gıda sanayinde yoğun bir şekilde yararlanılmaktadır Uçucu yağ bitkilerinden kekik, gıda endüstrisinde baharat ve koku verici ve yağının bileşenleri parfümeride hammadde olarak kullanılırlar. Uçucu yağların kalitesini belirleyen en önemli faktör uçucu yağın içerisinde bulunan bileşiklerin türü ve oranıdır. Bitkideki uçucu yağ oranları; bitki organları ve gelişme dönemine, bitkinin yaşı ve genetik yapısı, gün içindeki sıcaklık değişimleri, iklim, çevre ve topografya bağlı olarak değişmektedir. Uçucu yağı taşıyan bitkinin genotipi, bitkinin yetiştirildiği veya yetiştiği bölgenin iklim ve toprak özellikleri ve yetiştiricilik uygulamaları uçucu yağın kompozisyonunu etkilemektedir (Alizadeh *et al.* 2010; Baydar 2013; Mammadov 2014). Yetiştirme koşulları bazen ham materyal verimi ve kalitesini belirlemektedir. Yetiştirme yöntemi, gübreleme, sulama, bitki materyalinin hasat tarihi ve yöntemi, yağ içerik ve bileşenlerini değiştirebilmektedir.

Türkiye’de *Origanum*, *Thymus*, *Satureja*, *Coridothymus* ve *Thymbra* cinsine ait türler kekik olarak bilinmektedir (Sarı ve Oğuz 2002). *Satureja hortensis* L. Lamiaceae familyasına ait, kökleri dışında kalan bitki aksamının tamamı çay, baharat ve uçucu yağ elde edilmesinde kullanılan; çok sayıda gelişmiş yan dallara sahip ve 30–35 cm kadar boylanabilen; eflatun, morumsu ve beyaz çiçeklere sahip, tek yıllık bir bitkidir. *S. hortensis* L. türünün *S. hortensis* L. var. *grandiflora* Boiss. ve *S. hortensis* L. var. *speciosa* Nab. olmak üzere iki alt türü mevcuttur (Katar 2015). *Satureja* türleri yöresel olarak "kekik", "yer kekiği", "sivri kekik", "çam kekiği", "karanfil çayı", "çay kekiği", "ebem kekiği", "dağ anugu", "geyikotu", "zahter" "sater", "keklik otu", "kılıç kekik", "çatlı", "fırību", "çibriska veya çubriza", "süpürge kekiği" isimleri ile bilinmektedir (Baytop 1984, 1999; Satıl vd 2002; Tümen vd 2003; Başer et al. 2004; Aşçı 2009; Katar vd 2011; Dinç 2014).

Türkiye’nin ABD, Avustralya, Kanada ve Avrupa ülkeleri başta olmak üzere dış satımı en çok yapılan ve uçucu yağ üretiminde kullanılan kekik türleri *Origanum onites*, *Origanum minutiflorum*, *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, *Origanum majorana*, *Origanum syriacum* var. *bevanii*, *Coridothymus capitatus*, *Thymbra spicata*, *Thymbra sintenisii*, *Satureja hortensis*, *Satureja cuneifolia*, *Satureja montana*, *Satureja spicigera* ve *Thymus* türleridir (Fakılı 2010; Avcı ve Bayram 2013). Adı geçen türlerin genel özelliği yüksek uçucu yağ içerikleri ve uçucu yağın ana bileşeninin genellikle karvakrol ve/veya timol olmasıdır. Timol ve karvakrol bakterisit, fungusit, antispazmodik, nefes açıcı, öksürük kesici, antioksidan, antiseptik, analjezik ve hepatoprotektif etkilidir. Karvakrol içerikleriyle nedeniyle parfümeri ve kozmetikte yaygın olarak kullanılan kekikler, timol nedeniyle de sabun ve deterjanların kokulandırılmasında kullanılmaktadır (Fakılı 2010).

Satureja türleri; baharat olarak kullanılması, tıbbi özellikleri ve ihraç edilmeleri nedeniyle ekonomik bakımdan oldukça önemli bitkilerdir. Ancak *Satureja* cinsine ait türlerin asıl önemi ülkemizin bitkisel dışsatım ürünü olmasından kaynaklanmakta ve özellikle *S. hortensis* L.’in aromatik bitkiler içerisinde önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir (Azaz et al. 2005). *Satureja* cinsinin bir çok türü tıbbi ve aromatik

özellikler taşımakta, bu türlerin toprak üstü aksamaları kendine özgü tat ve aromaları dolayısıyla dolmalara, kıymalı böreklerle, sosislere; tatlandırıcı olarak bezelye, fasulye ve mercimek yemeklerine katılabilmekte; maydanoz gibi garnitür olarak veya yaprak, gövde ve çiçekleri bitki çayı olarak tüketilebilmektedir (Çakmakçı *et al.* 2009a). Türkiye Satureja cinsi için önemli bir gen merkezi olarak görülmektedir. Türkiye’de özellikle Akdeniz ve Ege bölgeleri olmak üzere, birçok ilden ticari amaçlı olarak yılda yaklaşık 700–800 ton *Satureja hortensis* toplanmaktadır (Satıl *et al.* 2008; Aşçı 2009). Satureja türlerinden *S. hortensis*, *S. cuneifolia*, *S. wiedemanniana*, *S. thymbra*, *S. cilicica* ve *S. spicigera* türlerinin ekonomik anlamda ticareti yapılmakta ve ihraç edilmektedir (Tümen vd 2003).

Kekik türleri arasında önemli bir yeri olan *S. hortensis* L. ’nin türünün kökeni Doğu Akdeniz ve Karadeniz’dir. Türkiye’de ticareti yapılan Satureja’ların 15 türü bulunmakta ve bunların beş adedinin endemik olduğu bilinmektedir (Davis 1982; Tümen *et al.* 1998, 2000). Doğu Akdeniz bölgesinde 30’dan fazla Satureja cinsi bulunmakta, bu cinsin üyelerinin çoğunluğunun aromatik ve tıbbi özellikleri bilinmekte, mutfakta ve halk hekimliğinde farklı hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Papadatou *et al.* 2015). Yazlık (*S. hortensis* L.) ve kışlık (*S. montana* L.) sater türleri tat, koku ve kimyasal içerik bakımından benzerlik göstermektedirler. Yugoslavya, Fransa, İspanya ve ABD gibi ülkelerde tarımı yapılmaktadır (Aşçı 2009). *S. hortensis* L. türü İstanbul, Sakarya, Samsun, Zonguldak, Amasya, Ankara, Nevşehir, Sivas, Erzurum, Erzincan, Osmaniye, Kars, Adıyaman, Adana, Diyarbakır ve Tokat illerinde doğal olarak yayılış göstermektedir (Katar vd 2011). Türkiye’nin her bölgesinde Satureja cinsinin türlerine rastlanabilmekte ancak hibrit orijinli taksona henüz rastlanmamıştır (Sadıkoğlu 2005).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde *Satureja*’nın ‘sater’ olarak adlandırıldığı ve toprak üstü aksamalarının baharat olarak kullanıldığı (Aşçı 2009), Çoruh vadisinde ise timol ve karvakrolce zengin olan *S. hortensis* L., bitkisinin yaygın olduğu kurutulmuş çiçekli ve yapraklı dallarının tat ve aroma verici olarak kullanıldığı (Çakmakçı and Erdoğan 2013; Çakmakçı vd 2014) bildirilmiştir. *Satureja* cinsinin birçok türünün (*S. hortensis*, *S. spicigera*, *S. cuneifolia*, *S. thymbra*) yaprak, çiçek ve gövde kısımlarının çoğunlukla çay

ve tatlandırıcı olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Çakmakçı 2015). *Satureja* (kış kekiği, sater), yemeklere, çay, etlere, sos, sucuk çeşni verici, yağı parfüm, mideyi, uyarıcı, afrodizyak, çözücü ve ateş düşürücü özelliklere sahip olduğu ve *Satureja* tıbbi ve baharat bitkisi olarak, mutfaklarda, gıda endüstrisinde (peynir üretimi) ve tıpta kullanıldığı vurgulanmıştır (Hejja *et al.* 2002; Çakmakçı ve Erdoğan 2008). Çoruh vadisinde bazı yörelerinde ‘pire otu, pire süpürgesi’ olarak adlandırılan doğal *Satureja* bitkisi koku verici, baharat olarak ve dallı saplarının küçük çaplı süpürge yapımında kullanılmaktadır. Salata yapılarak, salatalara ilave edilerek ve kokulu tuz üretiminde de kullanılmaktadır (Sağlam ve Yaver 2011). Baytop (1984) tarafından drogda uçucu yağ oranının %0,3–2 arasında değişmekte olduğu ve sater uçucu yağında fenol türevi karvakrol (%20–30)’ün bulunduğunu bildirilmiştir. *S. hortensis* L. bitkisinin drog uçucu yağ içeriği %0,3-2,9 arasında değişim göstermektedir (Hadian *et al.* 2010). Uçucu yağın ana bileşeni bazı genotiplerde karvakrol, diğer bazı genotiplerde ise timoldür (Başer *et al.* 2004). Bunlara ilaveten yazlık kekik dünyada gıda, içecek ve parfüm sanayiinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Sefidkon *et al.* 2006; Skocibusic *et al.* 2006). Temel bileşenleri ise genellikle karvakrol ve timol gibi fenolik bileşikler olup, γ -terpinen, p-simen, β -kariyofilen, linalol ve diğer terpenoidlerdir (Şahin *et al.* 2003; Zawislak 2008). Bazı araştırmacılar bitkinin yağ bileşenlerinin timol, karvakrol, γ -terpinen ve borneol (Boskabady *et al.* 2007) olduğunu belirlemiştir.

Sater bitkisinin drogları gaz giderici, ateş düşürücü, terletici, çözücü, iştah açıcı, idrar artırıcı, uyarıcı ve cinsel gücü artırıcı afrodizyak özelliklere sahiptir ve yağdaki fenolik maddelerden ötürü antimikrobiyal olarak kullanılmakta ve mikroorganizmalara olan etkisi özellikle bileşiminde yer alan karvakrol ve timolden kaynaklanmaktadır (Baytop 1984, 1999; Deans and Svoboda 1989; Aşçı 2009). *S. hortensis* L. bitkisinin uçucu yağın antibakteriyel etkileri dolayısıyla gıdaların bozulmasını önlemede kullanılabileceği bildirilmiştir (Özkalp and Özcan 2009). Aromatik *S. hortensis* baharat olarak kullanımına ilave olarak doğal gıda koruyucu olarak ve geleneksel halk hekimliğinde kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde (Yazdanparast and Shahriyari 2008); kas ağrısı, mide ve bağırsak rahatsızlıklar (Hajhashemi *et al.* 2000); minosinüzit tedavisinde (Uslu *et al.* 2003); özüt ve uçucu yağları antioksidan (Bandoniene *et al.*

2002; Güllüce *et al.* 2003; Dorman and Hiltunen 2004; Shojaee-Aliabadi *et al.* 2013) antibakteriyel-antimikrobiyal (Şahin *et al.* 2003; Güllüce *et al.* 2003; Mihajilov-Krstev *et al.* 2009; Dikbaş *et al.* 2009; Djenane *et al.* 2011; Kotan *et al.* 2007, 2013; Shojaee-Aliabadi *et al.* 2013), böcek öldürücü (Pavela *et al.* 2008; Tozlu *et al.* 2011), antigenotoksik (Mosaffa *et al.* 2006) ve antifungal (Güllüce *et al.* 2003; Boyraz and Özcan 2006; Gumus 2010) olarak kullanılmaktadır. *Satureja* türlerinin flavonoidler, steroidler, esansiyel yağlar ve tanen gibi ikincil metabolitlerin varlığı nedeniyle uzun zamandan beri iyileştirici özellikleri bilinmekte ve kramplar, kas ağrıları, mide bulantısı, hazımsızlık, ishal ve enfeksiyon gibi çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde geleneksel halk ilacı olarak kullanılmaktadır (Bezić *et al.* 2009). *Satureja* uçucu yağının gıda kaynaklı patojenlerin gelişmesini engellediği, gıdalar için sentetiklere karşı faydalı bir alternatif olabileceği ortaya konulmuştur (Rota *et al.* 2004; Razzaghi-Abyaneh *et al.* 2008).

S. hortensis yağının içerdiği timol ve karvakrolün gram pozitif ve negatif bakterilere karşı güçlü bir antibakteriyel etki gösterdiği, tıp ve gıda muhafazasında kullanılabileceği ve bitkisel yağların ana bileşenleri ile antibakteriyel aktiviteleri arasında güçlü bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Dikbaş *et al.* 2009). Aromatik bir monoterpen olarak karvakrol içeriği; düşük toksidite ve zayıf genotoksik potansiyeli olan antimikrobiyal, antiseptik ve antoksidan ajanı olarak yüksek bir ticari öneme sahiptir (Papadatou *et al.* 2015). Uçucu yağının antibakteriyel etkileri nedeniyle *S. hortensis* L. bitkisinin gıdaların bozulmasını önlemek amacıyla kullanılabileceği vurgulanmıştır (Özkalp and Özcan 2009).

S. hortensis L. ekstratları flavonoid ve kafeik asit bileşikleri içermektedir. Bunlar arasında rosmarinik asit daha yüksek miktarda bulunmakta ve ekstratların biyolojik aktivitesinin temel nedeni olmaktadır. Rosmarinik asit; antibakteriyel, antiviral, antienflamatuar, antioksidan özelliklere sahip olduğundan farmasotik ve kozmetik endüstrilerinde kullanılan önemli bir üründür (Babalar 2010).

S. hortensis L. yağının güçlü antimikrobiyel ve antifungal etkisinden nedeniyle halk arasında haricen ve dahilen kullanılmaktadır. Öte yandan bitki arılar için iyi bir polen kaynağı ve süt veren hayvanlar için de kaliteli bir ot kaynağı olmaktadır. *S. hortensis* L. ile beslenen arıların balı ve bitkiyle otlatılan hayvanların süt ürünlerinin kaliteli olduğu bildirilmektedir (Ortiz and Fernandez 1992).

Başlangıçta tıbbi ve aromatik bitki gereksinimi doğadan toplama yoluyla karşılanırken günümüzde artan nüfusun da etkisi ile doğadan toplama ile elde edilen materyal yetersiz kalmıştır. Ayrıca, bilinçsizce ve yoğun toplama işlemi, bazı türlerin kaybolma riskini doğurmuş, gen erozyonuyla karşı karşıya kalınmış ve bunların ötesinde toplanan droglarda kalitenin standart olmadığı anlaşılmıştır (Avcı ve Bayram 2013). Bu nedenlerle faydalı ve ticari önemi bulunan bitkilerin kültüre alınması ve hatta çeşit geliştirilmesi gerekliliği doğmuştur (Ceylan 1987). Halen Türkiye’de ihraç edilen kekikler çoğunlukla doğadan toplanmaktadır. Ancak doğadan toplanan bitki materyali içerisine farklı otlar karışabilmekte veya erken bilinçsiz yapılan toplamalar dolayısı ile kalite düşmektedir. Oysa kontrollü koşullarda ve tarlada yetiştirilen kekiklerde ise, arzu edilen kalite standartlarını elde etmek daha kolay olmaktadır. Bu nedenle söz konusu bitkilerin organik olarak yetiştirilmesi ve yetiştiriciliğinde biyolojik gübre kullanımı zorunlu hale gelmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda aşırı nüfus artışının yol açtığı gıda üretiminin artırılma ihtiyacı nihayi hedef haline gelmektedir. Ancak, ekilebilir tarım alanlarında ortaya çıkan azalmalar nedeniyle, birim alana üretim miktarını artırma için sulama, gübreleme ve yeni verimli varyetelerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Ancak günümüzde çiftçinin karşılaştığı en önemli sorun gıda üretimi için kimyasal gübre maliyetidir. Çiftçinin karşılaştığı en önemli sorunlar olarak gıda üretimi için kimyasal gübre maliyeti, bu gübrelerin farklı ülkelerden ithal edilme zorunluluğu ve kullanımının hava, toprak ve su kirliliğine neden olmasıdır. Üstelik özellikle tıbbi ve aromatik bitkiler bakımından aşırı kimyasal uygulamalarının üretim ve çevre bakımından negatif etkileri belirgin hale gelmiştir. IAA ve IBA gibi bitki gelişme düzenleyiciler köklenme ve adventif kök oluşumunu teşvik amacıyla yaygın olarak kullanılmakta (Bona *et al.* 2010;

Kasem and El-baset 2014), ancak kimyasal uygulamaları çevresel endişeleri ve üretim maliyetlerini artırmakta olduğundan tıbbi ve aromatik bitkilerin üretiminde sürdürülebilir tekniklerin kullanımı zorunlu olmaktadır. Bu nedenle konukçu bitkiye faydalı etki gösterebilen belli organizmaların tohum veya toprağa uygulanarak rizosfer florasının değiştirilmesi esasına dayanan biyolojik gübre kullanımı umut verici bir alternatif olarak kabul edilmektedir. Bir çok araştırma farklı çevre koşullarında PGPR aşılamaalarının, bir çok tıbbi ve aromatik bitkinin, başta köklenmesi olmak üzere, yetiştirilmesinde kullanıldığını göstermiştir (Kaymak *et al.* 2008; Kasem and El-baset 2014; Pereira and Castro 2014; Pereira *et al.* 2015).

Aromatik bitkilerde bitki gelişme parametrelerinin ve sekonder metabolit risponsunun geliştirilmesi genellikle faydalı mikropların aşılması sonucudur. Bakteri aşılamaaları bitkilerde sekonder metabolit üretim mekanizmasını uyarıcı etki gösteren etkin biyoteknolojik bir araç olabilecektir (Cappellari *et al.* 2015). Farklı bitki büyüme düzenleyiciler kullanılarak uçucu yağ verimi, kompozisyonu ve içeriğini geliştirmek, ekonomik öneme sahip bazı moleküllerin kompozisyonunu değiştirme fırsatı yaratacak araştırmalar önem kazanmaktadır (Hazzoumi *et al.* 2014). Bir çok tıbbi ve aromatik bitki türü hasat sonrasında başka bir işleme tabi tutulmaksızın tüketilmekte, bu durum bu bitkilerin hasatta hiç bir sentetik bileşik içermemesini gerektirmektedir. Sonuçta bu bitkilerin organik olarak üretimi önem kazanmaktadır.

Yazlık sater antimikrobiyal etkinliği ve alternatif tıptaki kullanım alanlarıyla birçok araştırmacı tarafından yoğun olarak çalışılmış bir bitki türüdür. Türkiye’de doğadan toplanan *S. hortensis* L. ’in gıda, kozmetik ve ilaç sanayinde hammadde olarak kullanılması, yazlık ve tek yıllık bir bitki olması nedeniyle organik veya iyi tarım uygulamaları ile ürün deseninde yer alması bu bitkinin iç ve dış pazarda katma değeri artırabilecektir. Bu araştırmada *S. hortensis* üretiminde, organik tarım uygulamalarına katkı sağlama yönünden, biyolojik gübre olarak kullanılabilecek bakteri aşılamaalarının verim ve bazı kalite öğelerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada özellikle organik kekik yetiştiriciliğinde kullanılabilecek, saterin gerek bitkisel verimini

ve gerekse bitkiden elde edilen yağ oranını artıracak, uygun bitki gelişmesini teşvik edici bakterilerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bakteri aşılama ları uçucu yağ kimyasal bileşimini önemli miktarda etkilemektedir. Nitekim IAA üretici bakteri aşılama ları ile gül kokulu sardunya (*Pelargonium graveolens* cv. Bourbon) bitkisinde uçucu yağ verimine ilave olarak, sitronelol ve geraniol içeriğinin de önemli oranda artırılabil diğ i ortaya konulmuştur (Dharni *et al.* 2014). Bitki gelişme karakteristikleri, verim, uçucu yağlar ve bileşenleri, sabit yağlar, karbonhidratlar, çözünebilir şekerler ve tıbbi ve aromatik bitkilerin besin maddeleri biyolojik gübreleme ile kimyasal gübrelemeye kıyasla önemli ölçüde değ iş tirilebilmektedir (Khalid 2012). Bitkisel hormon kullanımının uçucu yağ miktarı ve bileşiminin değ iş tirilmesi bakımından önemli bir strateji olabileceğ i bilinmekle birlikte (Feizbakhsh *et al.* 2014), IAA üretici bakteri kullanılarak tıbbi aromatik bitkilerde uçucu yağ miktar ve içeriğinin belirlenmesine yönelik çok az araştırma yapılmıştır. Bu nedenle bu çalış tırmda IAA üretici bakteriler kullanılarak yağ verimi ve bileşenlerinin değ iş tirilip değ iş tirilemeyeceğ i araştırılacaktır.

Bitki gelişmesini teşvik eden rhizobakterilerin (PGPR), doğrudan ve dolaylı olarak bitki büyümesini teşvik ettiğ i düşünölmektedir. Rizosferik PGPR, biyolojik azot fiksasyonu, fosfat çö zme, siderofor üretimi, çinko ve demir çö zölmesi, oksinler, indol asetik asit, sitokininler, giberalinler, etilen, bazı uçucu maddeler ve benzeri bitki gelişmesini teşvik edici metabolit salgıları, düşük molekül lü uçucu organik bileşik salgılama, atmosferik hava ve topraktan temel besin alımının (N, P, Fe, Zn, vs) kolaylaştırılması, su ve besin alımının artırılması, kök geçirgenliğinin artırılması, organik maddenin mineralizasyonu, sülfür oksidasyonu, rizosferin düzenlenmesi, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz enzim üretimi, bitki etilen seviyesinin düşmesi, zararlı sinyallerine karşı topluluk algısı, antifungal aktivite gösterme, uçucu organik bileşiklerin üretimi, sistemik dayanıklılığın uyarılması, faydalı bitki-mikrop birlikteliğ ini teşvik etme; siderofor, 1,3-glukanaz kitin, antibiyotikler, floresan pigment ve siyanid üreterek fitopatogenik 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 *et al.* 2003; Lucy *et al.* 2004; Şahin *et al.* 2004; Çakmakçı *et al.* 2006, 2007 a,b; Narula *et al.* 2006; Niranjan *et al.* 2006; Hayat *et al.* 2010; Santoro *et al.* 2011; Bhattacharyya and Jha 2012; Pérez-Montaña *et al.* 2014; Chauhan *et al.* 2015; Çakmakçı 2014, 2015). Son yıllar da yapılan araştırmalarda bazı PGPR strainlerinin antioksidan, oksidatif pentoz fosfat yolu, hidrolitik, katalitik ve oksidatif enzim aktivitesini artırdığı (Çakmakçı *et al.* 2007b, 2009 b, 2015 a,b); aminosiklokloropan karboksilat deaminaze aktivitesi yoluyla bitki stres etileni seviyesini düşürerek stres koşullarına dayanıklılığı artırdığı (Glick *et al.* 2007; Çakmakçı 2009; Çakmakçı *et al.* 2009c; Sun *et al.* 2009) belirlenmiştir. Bitki gelişimini teşvik edici bakteri aşılamaalarının bitki gelişimine katkısı çimlenme oranı, kök gelişimi, verim, yaprak alanı, klorofil içeriği, azot ve protein oranı, sekonder metabolitlerde değişimler, stres koşullarına dayanıklılık ve tolerans, kök ve gövde ağırlığı artışı ve yaprak yaşlanmasının geciktirilmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır (Dobbelaere *et al.* 2003; Çakmakçı 2005 a, b, Çakmakçı *et al.* 2014). PGPR kullanımının bitki gelişmesi üzerine etkileri oldukça fazla çalışılmış ve bazı yönleri açıklığa kavuşmuştur. Ancak PGPR sekonder metabolit ve özellikle bitki uçucu yağ bileşenleri üzerine etkileri konusunda yeterli araştırma ve bilgi birikimi yoktur.

IAA kök uzama ve gelişmesinde rol oynayan en yaygın bulunan endojen oksindir. IAA PGPR dahil birçok mikroorganizma tarafından L-tryptophan metabolizmasının yaygın bir ürünüdür (Frankenberger and Brunner 1983; Lynch 1985; Ahmad *et al.* 2005). Oksin üretimi rizosferik bakterilerin doğrudan bitki gelişmesini teşvik edebilme yeteneklerinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Egamberdieva 2011). Rizosferden izole edilen bakterilerin önemli bir kısmının IAA ürettiği ve rizosfer bakterilerinin rizosfer dışındaki bitki köklerinin temas etmediği diğer toprak kısımlarındaki bakterilerinden daha fazla indolik bileşik ürettiği belirlenmiştir (Khalid *et al.* 2004; Souza *et al.* 2013; Costa *et al.* 2014). Bakterilerce indolik bileşiklerin sentezi kök salgılarındaki öncü maddelere bağlıdır. Değişik kök salgıları arasında L-tryptophan bakterinin indolik bileşiklerin sentezlemesinin temel öncü maddesi olarak tanımlanmıştır (Souza *et al.* 2015). Mikrobiyal oksin üretimi sadece bitki mikroorganizma ilişkilerinin güçlendirilmesinden sorumlu olmakla kalmaz aynı zamanda bitki büyüme ve

gelişmesini de olumlu bir şekilde teşvik eden önemli bir faktördür. Böylece, bakteriyel oksin üretim potansiyeli, yüksek verim elde etmek için kullanılan kimyasal gübrelerin ekosistem üzerindeki zararlı etkilerinin azaltılmasında etkili olabilecek, bitkisel gelişmenin iyileştirilmesi için kullanılabilir (Ahmed and Hasanian 2014). Tarımsal uygulamalar tıbbi ve aromatik bitkilerde yağ içeriği ve bileşimini az-çok değiştirebilmekte, PGPR uygulamalarının uçucu yağ sentezi ve ikincil metabolit üretim süreçlerindeki rolü az bilinmekte ve bakteriyel IAA ile sentetik oksin uygulamalarının farklı tıbbi ve aromatik türlerde araştırılması gerekmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkilerde değerli uçucu yağ ve bileşenlerinin bakteriyel IAA kullanılarak artırılabilmesi önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye’de tek yıllık sater kekiğinde bitki gelişmesini teşvik edici bakteri uygulaması ve izolasyonu yapılmamış ve bu bitkiler için uygun biyolojik gübre geliştirilmemiştir. Özellikle IAA üretici etkin izolatlar kullanılarak kekik gelişme ve verimi ile birlikte uçucu yağ içerik ve bileşenlerinin artırılması veya değiştirilebilmesinin avantajlı olup olmayacağı kapsamlı olarak araştırılmamıştır. Ayrıca azot fikseri, fosfat çözücü ve oksin üretici bakterilerin, sentetik oksinlerde kullanılarak bakteriyel oksin üretiminin sater verim ve kalitesine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada sentetik oksinlere ilave olarak farklı düzeyde IAA üretici bakteriler test edilmiştir. Araştırma tek yıllık sater kekiğinde biyolojik gübrelemede kullanılabilecek etkin PGPR suşları ortaya konulması amacıyla planlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Yazlık Sater (*Satureja hortensis* L.) İlişkin Çalışmalar

Baytop (1984)'un bildirdiğine göre, *S. hortensis* L. sater, çibriska, çubriza, geyikotu ve zahter isimleriyle bilinmekte, 10-30 cm arasında boylu, %0,3–2,0 oranında uçucu yağ içeren, uçucu yağın ana bileşenin %20-30 oranında karvakrol olan bir bitkidir. Davis (1988) ise *S. hortensis* L.'i 10-35 cm yüksekliğinde, dallanmış gövdeye sahip, kayalık veya erezyonlu yamaçlar, yol ve tarla kenarlarında yetişen, Avrupa ve Anadolu'da çok değişken türleri bulunan tek yıllık bir bitki olarak tanımlanmaktadır. Bu bitki gevşek kumsallarda, nadas alanlarında ve çakıllı yerlerde de yaygın olarak bulunmaktadır.

Kökdil (1993), *Satureja* cinsine ait bitkilerin Avrupa ve Asya kıtasına dağılmış olarak bulunduğunu, bazı türlerinin baharat olarak ve tıbbi amaçla da kullanıldığını ve *Satureja* türlerinden elde edilen uçucu yağların genellikle fenollerle karakterize edildiğini vurgulamıştır. Araştırmacı *S. hortensis* bitkisinin uçucu yağ oranının %4,8 ve bu yağın ana bileşeninin timol (%47,02) ve karvakrol (%36,79) olduğunu ve yağın antibakteriyal ve antifungal etkileri bulunduğunu belirlemiştir.

Tansi ve Tonçer (1999) Diyarbakır koşullarında doğal olarak yetişen sater bitkisinin bitki boyunun 23,7–30,0 cm, dal sayısının 5,4-8,0 adet/bitki, taze herba ağırlığının 7,73–22,31 g/bitki, drog herba ağırlığının 1,85–2,58 g/bitki, bir bitkide yaprak sayısı 461-883, yaprak uzunluğu 1,81-2,11 cm ve uçucu yağ oranının ise %1,23–1,43 olduğunu bildirmişlerdir.

Kızıl ve Tonçer (2001) tarafından Güneydoğu Anadolu Bölgesi florasında yaygın olarak bulunduğu bildirilen *S. hortensis* L.'nin Diyarbakır ilinden toplanan materyallerde; bitki boyu 35-69 (40,4-42,7) cm, taze herba verimi 389,9-596,5 kg/da, kuru herba verimi 131,51-223,39 kg/da, drog yaprak verimi 67,9-103,8 kg/da; uçucu yağ oranı %2,69-3,14 ve uçucu yağ verimi 1,804-2,858 l/da arasında değişim göstermiştir. Araştırmacılar

yetiştiricilikte taze herba ve drog yaprak verimleri ve kalite kriterleri bakımından en uygun sıra aralığının 30 cm, sıra üzeri mesafelerinin ise 20 ve 30 cm (11111-16666 bitki/da) olduğunu saptamışlardır.

Baher *et al.* (2002) tarafından sulama sıklığının *S. hortensis* bitkisinde bitki yüksekliği, yaş ve kuru ağırlık, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ bileşenlerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada; su stresinin bitki yüksekliği yaş ve kuru ağırlığını azalttığını, vejetatif ve çiçeklenme döneminde aşırı su stresinin uçucu yağ miktarını etkilediği belirlenmiştir. uçucu yağ oranları tarla kapasitesinde yapılan sulamada %1,75, tarla kapasitesinin %66'sı sulamalarda %2,2, tarla kapasitesinin %33'ünde yapılan su uygulamasında ise %2,3 olmuştur. Su stresinde uçucu yağ miktarı artmıştır. Araştırmacılar *S. hortensis* bitkisinde uçucu yağda temel bileşenlerin karvakrol ve γ -terpinen olduğunu, γ -terpinen içeriğinin orta ve aşırı stres koşullarında azalırken, karvakrol içeriğinin ortalama su stresini ile arttığını belirlemişlerdir. Bu araştırmada GC-MS analiz sonuçlarına göre, İran'a özgü *S. hortensis* uçucu yağında yüksek oranda monoterpen bulunduğunu, temel bileşenlerin γ -terpinen (%37,8-40,9), karvakrol (%40,3-44,5), α -thujene (%1,4-1,9), α -pinene (%1,3-2,1), myrcene (%0,7-2,7), α -terpinene (%4,9-5,4), p-cymene (%2,2-2,7), limonene (%0,6-1,1), thymyl acetate (%0,7-1,7) ve β -caryophyllene (%1,2-1,5) olduğu belirlenmiştir.

Farklı orijinlere sahip 15 *S. hortensis* L. popülasyonunu yetiştirerek morfolojik özelliklerini karşılaştıran Hájja *et al.* (2002), birinci ve ikinci biçimde bitki boyunun sırası ile 31,6-60,0 ve 25,5-36,5 cm, uçucu yağ oranının %1,66-4,64 ve %0,55-2,33 arasında değiştiğini ve uçucu yağ ana bileşenin karvakrol (%56) olduğunu belirtmişlerdir.

Ghannadi (2002) tarafından yapılan çalışmada *S. hortensis* tohumlarından hidrodistilasyonla elde edilen uçucu yağın GC ve GC/MS analiz sonucuna göre, yağın %96,7'sinin toplam 42 bileşenden oluştuğu, karvakrol (%59,7), γ -terpinen (%12,8) ve p-simen (%9,3) yağ ana bileşenleri olduğu görülmüştür. Ana bileşenleri sırası ile α -

terpinene (%2,1), eugenol (%1,7), β -caryophyllene (%1,2), terpinen-4-ol, β -myrcene ve β -bisabolene (%1,1) izlemiştir.

Satıl vd (2002), Türkiye’de *S. hortensis* L., *Satureja cuneifolia*, *Satureja wiedemanniana*, *Satureja thymbra* ve *S. cilicica* türlerinin ticaretinin özellikle Ege ve Akdeniz’de yoğunlaştığını, ticaretin 600-800 ton arasında gerçekleştiğini, çiçekli halde yoğun toplanma ve ticaretinin yapılmasının bitkiye zarar verdiğini, *Satureja* toplama sahalarında ocaklar halinde bırakılacak kekik tohumlama alanlarının bu alanlardaki kekik ürününün devamlılığı bakımından faydalı olacağını ifade etmişlerdir.

Güllüce *et al.* (2003), tarafında yapılan çalışmada, *S. hortensis* uçucu yağının test edilen 23 bakteri 15 mantar ve maya türüne karşı yüksek antimikrobiyal etki gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, hidrodistilasyon yoluyla elde edilmiş sater uçucu yağının gaz kromatografi (GC-MS) ve alev iyonizasyon dedektörü (GC-FID) GC kütle spektrometri analiz sonuçlarına göre, uçucu yağın %99,9’unun toplam 22 bileşenin oluşturduğu, bunların içinde timol (%28,9-29,0), karvakrol (%26,1- 26,5), γ -terpinen (%21,5- 22,6) ve p-simen (%10,0- 9,3) ana bileşenler olduğu, bunları α -pinene (%3,0- 2,7), β -pinene (%2,5-2,6), α -terpinene (%2,7-2,2), β -myrcene (%1,4-1,7) ve thujene (%0,8-0,8)’nin izlediği belirlenmiştir. Araştırmada, sater yağının antimikrobiyal maddeler içerdiği, insan ve bitki hastalıklarının doğal tedavisinde ham ve işlenmiş gıdaların raf ömrünün uzatılmasında kullanılabileceği; antioksidan özelliği dolayısı ile reaktif oksijen türlerine (ROS) karşı koruyucu etkisi olduğu ve bu nedenle gıda ve ilaç endüstrisinde doğal koruyucu katkı maddesi olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Özaydın (2004) *Satureja* cinsinin Türkiye’ de 15 türle temsil edildiğini, Başer *et al.* (2004) ise Türkiye’de doğal olarak yetişen 14 *Satureja* türünün bulunduğunu, halk arasında baharat ve bitki çayı olarak tüketildiğini, ayrıca mide ağrılarına karşı, antidiyabetik ve antidepresan olarak kullanıldığını belirtmektedirler. Araştırmacılar, çibriska, çibrika, yer kekiği, çay kekiği, karanfil çayı, ebem kekiği, dağ anugu, çam

kekiği ve kekik olarak adlandırılan *Satureja* türlerinin Edirne, Denizli, Eskişehir, İzmir, Bursa, Balıkesir, Konya ve Kayseri’de kültürünün yapıldığını bildirmişlerdir.

Başer *et al.* (2004), Türkiye’de doğal olarak yetişen 14 *Satureja* türünün, baharat ve bitki çayı olarak tüketildiğini, mide ağrılarına karşı, anti diyabetik ve anti depresan olarak kullanıldığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar Türkiye’nin doğusunda yaygın ve doğal olarak yetişen *Satureja* kekiğinin, Edirne, Bursa, Balıkesir, İzmir, Denizli, Eskişehir, Konya ve Kayseri’de kültürünün yapıldığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada toplanan yabani ve kültür *S. hortensis* örneklerinin GC-MS analiz sonuçlarına göre, yabani formlarında uçucu yağ oranı %1,28-4,75 iken ana bileşen timol (%29-43), kültür formlarında ise uçucu yağ oranı %1,30- 2,67 temel bileşenin karvakrol (%42- 63) olduğu belirlenmiştir. Başer *et al.* (2004) ve Özaydın (2004) çalışmalarında *S. hortensis*’in kültür formlarında karvakrol, doğal formlarında ise timolün temel bileşen olduğu, Türkiye’nin doğusundan alınan örneklerdeki yağlarda timolün ana bileşen olduğu, batısında yetişenlerde ana bileşenin karvakrol olduğunu ortaya koymuşlardır

Pank *et al.* (2004) tarafından karvakrolce zengin uçucu yağ üretimi, için 34 farklı sater popülasyonunun (*S. hortensis* L.) test edildiği araştırmada, çeşitler ve tipler botanik bahçeleri, şirketler ve gen bankalarından temin edilmiştir. Her popülasyondan 30 bitki yaz sezonunda ekilip sonbaharda hasat edilerek kurutulmuş, yaprak ve çiçek fraksiyonu saplardan elle ayrılarak analiz edilmiş, yağ içeriği hidrodistilasyonla uçucu yağda karvakrol içeriği ise gaz kromatografisi ile belirlenmiştir. Popülasyon ortalamalarına göre bitki başına yaprak/çiçek fraksiyonu ortalama 9,5 olup 4,2 ile 17,8 g arasında; ortalama uçucu yağ %2,34 (v/v) olup 1,28 ile %3,50; ortalama karvakrol %65,2 olup 54,2 ile 88,3 arasında değişim göstermiştir. Uçucu yağ verimi 0,21 ml olup 0,05 ile 0,38 ml arasında değişmiştir. Dikim ve çiçeklenme arası 29 ile 51 gün arasında değişmiştir.

Azaz *et al.* (2005) tarafından Malatya Karacaköy yöresinden toplanan *S. hortensis* örneklerinde uçucu yağ oranının %0,5; uçucu yağ ana bileşenlerinin p-simen (%40,6), timol (%39,9), karvakrol (%5,7), γ -terpinen (%3,7) ve α -pinen (%1,2) olduğunu belirlenmiştir. Bu araştırmada Kahramanmaraş Andırın ilçesinden toplanan örneklerde

ise %0,7 uçucu yağ elde etmiş ve uçucu yağ temel bileşenlerinin timol (%43,4), p-simen (%35,9), karvakrol (%6,0), γ -terpinen (%3,2) ve α -pinen (%1,1) olduğu saptanmıştır.

Erdoğan vd (2005) tarafından 2000-2004 yılları arasında Çoruh Havzası, Kaçkar dağları, İspir, Doğu Karadeniz Dağları, Kop dağları, Soğanlı dağları, Artvin, Bayburt, Tortum ve Oltu civarından *Origanum*, *Melissa*, *Thymus*, *Nepeta*, *Satureja*, *Ziziphora* türlerinden 242 farklı kökenli bitki materyalinin toplanıp özelliklerinin test edildiği araştırmada, bölgede türlerin büyük oranda genetik varyasyon gösterdiği, *Thymus*, *Origanum* ve *Satureja* türlerinin kekik olarak adlandırıldığı, taze ve kurutulmuş olarak yemeklere, kırmızı ve beyaz etlere çeşni verici olarak katıldığını ifade etmişlerdir. Araştırmada ikisi çeşit bahçesinde yetiştirilmiş olmak üzere toplam altı farklı popülasyona ait *Satureja spicigera* (%1,20-3,25), *T. vulgaris* (%0,24-1,56) ve *S. hortensis* (%1,11-2,23) türlerinin yağ oranlarının önemli değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Sefidkon et al. (2006), İran'da kültürü yapılan *S. hortensis* kekikini tam çiçeklenme döneminde hasat etmiş, üç şekilde (güneşte, gölgede ve 45 derecelik fırında) kurutarak, üç şekilde (su ile, su ve buharla ve sadece buharla) damıttıktan sonra GC ve GC/MS yöntemleriyle uçucu yağ bileşenlerini analiz etmişlerdir. Yağ miktarı bakımından kurutma yöntemleri arasında farklılık bulunmamış, uçucu yağ oranları fırında kurutma da %1,06, gölgede %0,94, güneşte kurutmada ise %0,87 olmuştur. Su ile damıtmada (%0,94) buharla damıtmaya göre % 0,27 daha fazla yağ içeriği elde edilmiştir. Farklı kurutma metotlarıyla 23 bileşen belirlenmiş ve karvakrol (%46-48) ve γ -terpinenin (%37,7-39,4) temel bileşen olduğu görülmüştür. Farklı damıtma yöntemleriyle elde edilen yağlarda 17 bileşen bulunmuş; temel bileşenler karvakrol %12,3- 46 ve γ -terpinen %37,7- 70,4 olmuştur. Çalışmada kurutma yönteminin etkisi olmazken; damıtma yönteminin ana bileşenlerin oranını değiştirebildiği; buharla damıtmanın karvakrolün değerini düşürürken γ -terpineni yükselttiği ve su ile damıtmanın en iyi sonuçları verdiği ortaya konulmuştur.

Novak *et al.* (2006) *S. hortensis* L. bitkisinde genç, orta ve yaşlı yapraklarında uçucu yağın ana bileşeninin karvakrol olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar karvakrol oranının (%58,9) orta yaşlı yaprakta (%57,3) en az, yaşlı yaprakta ise en fazla (%59,1) bulunduğunu; γ -terpinen oranının ise genç yaprakta %30,7, orta yaşlı yaprakta %31,5, yaşlı yaprakta ise %30,3 olarak saptamışlardır.

Adiguzel *et al.* (2007) tarafından Artvin Yusufeli ilçesinde tam çiçeklenme döneminde toplanan *S. hortensis* örneğinde %1,13 uçucu yağ bulunmuş ve yağ analizinde 30 bileşen tespit edilmiştir. Çalışmada uçucu yağın ana bileşenlerinin timol (%40,54), γ -terpinen (%18,56), karvakrol (%13,98) ve p-simen (%8,97) olduğu ve yazlık kekik uçucu yağının 25 bakteri, 8 mantar ve bir maya üzerinde inhibe edici etki gösterdiği saptanmıştır.

Lis *et al.* (2007), Polonya pazarında bir kaç üretici tarafından üretilen mercanköşk (*Origanum majorana*) ve sater (*S. hortensis* L.) baharatlarının uçucu yağ içeriği ve kimyasal kompozisyonunu belirleme çalışmasında; ticari mercanköşk tüm örneklerinde ana bileşenlerin terpinen- 4-ol (%27-46), cis-sabinen hidrat (%3-21) ve γ -terpinen (%8-17) olduğu yağ oranının ise %0,57 ile %2,0 arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmada ticari sater örneklerinin %2,30 ve 3,80 arasında uçucu yağ içerdiği belirlenmiş, sater yağının ana bileşenlerinin karvakrol (%39-52) ve γ -terpinen (%31-39) olduğu görülmüştür. Polonya saterinin karvakrol / γ -terpinen kemotipine ait olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar tek yıllık sater bitkisinin Avrupa'da doğal olarak yetiştiğini ve güney Avrupa'da (İspanya, İtalya, Sırbistan ve Türkiye) yetiştirildiğini, aroması nedeniyle popüler olduğunu, kurutulmuş herbasında yağ oranının %0,3 ile %4,5 arasında değiştiğini, yaprak ve çiçeklerinin birçok gıda kategorisinde koku verici madde olarak kullanıldığını ifade etmelidirler. Aynı araştırmacılar tarafından Dünyanın farklı bölgelerinden herbasında bulunan uçucu yağ kompozisyonuna göre saterin üç kemotipi bulunduğu bildirilmiştir. Yağında karvakrol ve γ -terpinenin hakim olduğu ilk kemotip: İspanya da karvakrol (%52) ve γ -terpinen (%25); Türkiye'de karvakrol (%42-63) ve γ -terpinen (%22-42); İran'da karvakrol (%40-45) ve γ -terpinen (%37-41); İtalya'da γ -terpinen (%38-53) ve karvakrol (%24-37); İskoçya'da karvakrol (%40-49) ve γ -terpinen

(%36-45); Polonya'da γ -terpinen (%41) ve karvakrol (%40) ve Moğolistan'da γ -terpinen (%47) ve karvakrol (%34) (Svoboda *et al.* 1990; Zani *et al.* 1991; Lawrence 1992; Góra *et al.* 1996; Shatar and Altantsetseng 2000; Baher *et al.* 2002; Başer *et al.* 2004). Karvakrol dışında p-simen içeren ikinci kemotip: Rusya'da p-simen (%36) ve karvakrol (%9); Kırım'da karvakrol (%58) ve p-simen (%21) (Misharina *et al.* 1999; Başer *et al.* 2004); üçüncü kemotip ise timol ve γ -terpinence zengin Türkiye'de timol (%29-43) ve γ -terpinen (%25-37) içermektedir (Başer *et al.* 2004).

İspanya'da *S. hortensis* L. bitkisinde en uygun ekim zamanının, 14-21 Nisan; hasat zamanının ise; çiçeklenme başlangıcı ve tam çiçeklenme zamanı olduğu ifade edilmiştir (Ziombra and Fraszczak 2008). Türkiye'de ise Aşçı (2009) *S. hortensis* L. yetiştiriciliğinde en uygun hasat zamanının; yetiştiricilik amacı yeşil herba bakımından temmuz ayının ilk haftası; kuru herba verimi için temmuzun ikinci haftasından sonuna kadar; uçucu yağ oranı bakımından haziran ayının ikinci haftası ve uçucu yağ verimi için yapılacak yetiştiricilikte ise temmuz ayının ikinci ve üçüncü haftası olduğunu ortaya koymuştur.

Pfefferkorn *et al.* (2008), yaz ve sonbaharda yetiştirilmiş hava kurusu *S. hortensis* L. yaprak ve çiçek aksamının GC/FID analizi sonuçlarına göre, karvakrol içeriği yazlık bitkilerde %55,3-59,5, sonbaharda yetiştirilen bitkilerde ise %55,5-57,9 olmuştur. γ -terpinene içeriği ise yazlık yetiştirilen bitkilerde %30,1-33,8, güzlük yetiştirilenlerde ise %32,1-33,5 arasında değişim göstermiştir. Diğer bileşiklerden α -terpinene (%2,9-3,3) ve p-simen (%2,3-3,8) yüksek oranda belirlenmiştir. Uçucu yağın %99,7'sini on iki bileşik oluşturmuştur. γ -terpinen içeriği yaz döneminde tam çiçeklenme döneminde en yüksek değere ulaşmış (%33,8) çiçeklenme sonuna kadar azalarak %30,1 düşmüştür. Yaz sezonunda γ -terpinen oranı artarken, karvakrol'da bir azalma belirlenmiştir. Yazlık yetiştirilen bitkilerde yağ oranı minimum %3,84 (v/w, çiçeklenme başlangıcı) ile maksimum %4,64 (tam çiçeklenme dönemi) arasında değişmiştir. Monoterpenler olarak γ -terpinen, p-simen ve karvakrol bileşimin %91,6 ve 92,8 oluşturmaktadır. Araştırmada karvakrolün γ -terpinen ve p-simene bağlı olduğunu, tam çiçeklenme öncesi karvakrol

azalırken γ -terpinene azaldığı, p-simenin ise çiçeklenme sonuna kadar arttığı bildirilmiştir.

Aşçı (2009), Çukurova koşullarında iki yıl süreyle sekiz hasat boyunca kekiğin (*S. hortensis* L.) çiçeklenme döneminde tarımsal karakterler ve uçucu yağ oranındaki değişimleri belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada; 1 ve 2. yıl genel ortalamaları olarak bitki boyu değerleri 28,1- 31,0 cm, ortalama dal sayısı 22,5- 22,9 adet/bitki, yeşil herba verimi 790,5- 1085,0 kg/da, kuru herba verimi 345,4- 455,7 kg/da, kuru yaprak verimi 76,3- 101,2 kg/da, uçucu yağ oranı %3,15- %2,30, uçucu yağ verimi ise 7,23 l/da- 6,36 l/da olarak belirlenmiştir. Araştırmada uçucu yağ oranı dikkate alındığında en uygun hasat zamanının çiçeklenme başlangıcı olduğu saptanmıştır. Ayrıca kekik uçucu yağının ana bileşenleri karvakrol, γ -terpinen ve p-simen olarak ölçülmüştür.

Bezić *et al.* (2009) tarafından Hırvatistan'da dört farklı *satureja* türünün GC/FID ve GC/MS metoduyla uçucu yağ profilinin ele alındığı araştırmada; filogenetik analiz sonucuna göre *S. montana* ve *S. cuneifolia* türlerinin monoterpenik hidrokarbon karvakrolca zengin, benzer bir uçucu yağ kompozisyonu profili ile karakterize edilebildiği gösterilmiştir. Aksine *S. subspicata* ve *S. visianii* birbirine benzersiz kendilerine özgü bir yağ profili göstermiştir. Yağ kompozisyonu olarak *S. montana* ve *S. cuneifolia* türlerinin *S. hortensis* türüne benzer olmasına rağmen, test edilen dört Hırvatistan *satureja* türü Macar *S. hortensis* türünden farklı kümelenme göstermiştir. Test edilen *S. montana*, *S. cuneifolia*, *S. subspicata* ve *S. visianii* türlerinin çiçeklenme döneminde uçucu yağ içerikleri sırası ile %2,8, 2,6, 2,0 ve 2,4 olmuştur. Uçucu yağlardaki ana bileşenler *S. montana* ve *S. cuneifolia* türlerinde benzer olarak fenolik monoterpen karvakrol (%13,7 ve 17,7), p-simen (%11,8 ve 9,8) ve γ -terpinen (%10,6 ve 14,8), bunları takiben asidik monoterpen alkol linalol (%4,6 ve 6,6) ve limonen (%9,5 ve 6,2) olmuştur. Şaşırtıcı olarak *S. subspicata* türünde monoterpenik hidrokarbonlar α -pinen (%24,2), limonen (%7,1) ve α -terpinen (%6,2) temel bileşenler olurken; *S. visianii* uçucu yağında bisiklik monoterpen kamfor (%18,7) ana bileşen olurken bunu α -tujen (%10,9), α -pinen (%5,8) ve limonen (%5,1) izlemiştir.

Çakmakçı *et al.* (2009 a) tek yıllık otsu bir bitki olan *S. hortensis* uçucu yağının ana bileşenleri olarak fenoller, karvakrol ve timol gibi, p-simen, β -kariyofilen, linalol ve terpenoidleri içerdiğini ve bu türün Çoruh vadisinde yaygın olarak yetiştiğini vurgulamışlardır. Yaprak, gövde ve çiçekleri çay olarak kullanıldığı gibi, ticari olarak ta bir çok gıdaya tat ve aroma verme amacıyla katılabildiği, bitkinin yeşil aksamı taze olarak kullanıldığı, tatlandırma ajanı ve baharat olarak sebze yemekleri, sosisler, güveç, et ve tavuk yemeklerine katılabildiği ifade edilmiştir.

Kızıl (2009), Kahramanmaraş ve Diyarbakır orijinli *S. hortensis* türleri ile yürüttüğü araştırmada uçucu yağ bileşenleri arasında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmada Diyarbakır orijinli materyallerin uçucu yağ temel bileşenlerini %39,8 karvakrol, %26,1 timol, %8,8 α -pinene ve %8,4 myrcene oluştururken; Kahramanmaraş menşeli saterlerin ana bileşenlerini %58,5 karvakrol, %29,1 α -terpineol, %2,9 α -pinene, %2,9 camphene ve %1,6 myrcene oluşturmuştur.

Kızıl *et al.* (2009), *S. hortensis* L. bitkisinde uygun gelişme döneminin herba verim ve yağ oranı üzerine etkisini ele aldıkları çalışmada; buhar damıtma yoluyla elde edilen uçucu yağı GC-MS analizine tabi tutmuşlardır. Sonuçta yüksek yaprak verimi, taze ve kuru herba verimi tam çiçeklenme ve sonrası dönemde elde edilmiş, en yüksek uçucu yağ oranına %2,6 olarak tam çiçeklenme döneminde ulaşılmıştır. Uçucu yağ temel bileşenleri olarak timol, γ -terpinen, karvakrol ve cymol oranının sırasıyla %47,9, 19,6, 14,7 ve 9,7 olduğu belirlenmiştir. γ -terpinen oranının aksine olarak timol içeriğinin hasat sonrası dönemde arttığı ve en yüksek yağ veriminin tam çiçeklenme dönemi hasatından elde edilebildiği görülmüştür.

Mihajilov-Krstev *et al.* (2009), tarafından *S. hortensis* uçucu yağı GC ve GC / MS ile analiz edilmiş, 10 farklı cinse ait 30 patojenik bakteriye karşı test edilmiştir. Sater yağı içindeki ana bileşenler karvakrol (%67), γ -terpinen (%15,3) ve p-simen (%6,73) olup bunları α -terpinen (%1,29), β -kariyofilen (%1,90%) ve β -bisabolen (%1,01%) olarak belirlenmiştir. Toplam yağ verimi kuru ağırlık esasına göre %2,05 (v/w) olarak ölçülmüştür.

Tonçer ve Kızıl (2009), halk arasında sater ve sivri kekik olarak adlandırılan *S. hortensis* L. türünün Maraş ekotipinde farklı hasat zamanlarının (ieklenme öncesi, çiçeklenme dönemi ve çiçeklenme sonrası) bazı tarımsal karakterlere etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırma sonuçlarına göre; kuru herba, drog yaprak ve uçucu yağ oranı hasat dönemlerinden önemli derecede etkilenmiş, kuru herba verimi 3,0-4,0 kg/10 m², drog yaprak verimi 2,2-3,1 kg/10 m² ve uçucu yağ oranı %0,7-1,3 arasında değişmiştir.

Alizadeh *et al.* (2010), İran'da kültüre alınan *S. hortensis* türüne farklı gübre dozlarının (0, 500, 1000 ve 1500 mg/bitki, 10-10-10 NPK) herba verimi, uçucu yağ ve toplam fenolik bileşenleri ve antioksidan üzerine etkisini ele aldıkları araştırmada; gübre dozlarının yağ ve herba verimini etkilediğini ve 1500 mg/bitki dozundaki gübrelemenin uçucu yağ verimi ve etkinliğini arttırdığı ortaya konulmuştur. Sater uçucu yağ analizinde 19 farklı bileşen belirlenmiş, yağın temel bileşenlerinin ise %43,9-59,2 karvakrol, %30,7-40,2  -terpinene, %2,8-4  -terpinene ve %1,8-2,2 *p*-cymene olduğu g r lm ştir. Toplam fenolik değeri en yüksek uygulama, bitki başına 1000 mg'lık gübrelemeden elde edilmiştir. Gübre kullanımının *S. hortensis* 'te toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktiviteyi arttırdığı ve en yüksek toplam fenolik içeriğinin bitki başına 1000 mg gübre uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir.

Najafi *et al.* (2010), *Satureja* bitkilerine farklı konsantrasyonlarda NaCl uygulayarak (0, 30, 50, 70 ve 100 mM), kontrollü koşullarda yetiştirip, 42 gün sonra hasat ederek biyokimyasal ve fizyolojik parametrelerini değerlendirmişler ve kurutulmuş toprak üstü aksamında izole edilen yağların GC/MS ile analizlerini yapmışlardır. Çalışmada ana yağ bileşenleri kontrol bitkilerinde karvakrol (%55,37) ve  -terpinen (%32,92) olarak tespit edilmiş, NaCl uygulanmış bitkilerde NaCl miktarı artıkça karvakrol oranının arttığı,  -terpinen ve uçucu yağ oranının azaldığını bildirmişlerdir. En yüksek tuzluluk seviyesinde karvakrol ve  -terpinen içerikleri %69,04 ve %18,18 olmuştur. Bütün bitkilerde NaCl uygulamaları ile prolin ve çözünebilir şeker miktarları artarken, gelişme parametreleri, pigment içeriği ve fotosentez hızı azalmıştır. Araştırma sonuçlarına göre,

artan tuzluluk ile karvakrol içeriği tıbbi kullanımlar için kabul edilebilir bir miktarda artabildiğini ifade edilmiştir.

Hadian *et al.* (2010) 30 farklı gözlem bahçesinde *S. hortensis* L. bitkisinin morfolojik ve fitokimyasal özellikleri ele aldığı araştırmada Isfahan, Maragheh ve Yasooj gözlem bahçelerinden 53,0, 40,8 ve 39,5 g/bitki drog herba verimi elde etmişlerdir. Bu araştırmada uçucu yağ oranları %0,5 ile %2,9 arasında farklılık gösterirken, uçucu yağlarda tespit edilen 29 bileşenden temel bileşenlerin karvakrol (%42,0-83,3), γ -terpinen (%0,5-28,5) ve *p*-cymene (%1,0-17,1) olduğu saptanmıştır.

Mumivand *et al.* (2011), azotlu (0, 5, 10 ve 15 kg N/da) ve kalsiyumlu (0, 500 ve 1000 kg CaCO₃/da) gübrelemenin *S. hortensis* L. üzerine etkisini ele aldıkları çalışmada, azotlu gübrelemenin bitki boyu, yeşil ve kuru tek bitki verimi, sap çapı, ortalama yaprak alanı, drog herba verimi ve yaprağın azot içeriği ve uçucu yağ verimini arttırdığı belirlenmiştir. Kalsiyum karbonat uygulamasının tek bitki yaş ve kuru ağırlığını ve yaprak alanını arttırdığını, yaprağın Ca⁺² oranı, uçucu yağ oranı ve verimi üzerinde pozitif etkide bulunduğunu saptanmıştır. Azot gübrelemesi ile uçucu yağın bileşiminin etkilendiği, kalsiyum uygulamasının ise karvakrol, γ -terpinen ve β -bisabolen oranını arttırdığı ve uçucu yağ üretimi için hektara 100 kg azot ve 500 kg CaCO₃ uygulamasının tavsiye edilebileceği vurgulanmıştır.

Fathi *et al.* (2011) *S. hortensis* L. ve *Zataria multiflora* uçucu yağlarının (200 ve 1000 ppm), sentetik antioksidan butile hidroksitolüene (BHT) kıyasla antioksidan kapasitesinin ele alındığı araştırmada, her iki uçucu yağın da oldukça iyi antioksidan aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar sater uçucu yağının temel bileşenlerini karvakrol (%24,50), thymol (%23,12), γ -terpinene (%20,72) ve *p*-cymene (%6,52) olduğu, ayrıca diğer önemli bileşenlerin ise α -thujene (%1,24), α -pinene (%2,91), β -myrecene (%1,98), α -terpinene (%2,93), limonene (%2,55) ve caryophyllen (%1,70) olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bahtiyarca Bağdat (2011), Ankara koşullarında 2009 ve 2010 sater kekiği ile yürüttüğü araştırmada her bir yılda iki biçim uygulamış, verim ve kaliteyi araştırmıştır. Araştırmada 2009 ve 2010 yıllarında bitki boyununun I. biçimde 33,5-32,9 cm, II. biçimde 27,0-27,8 cm; droğ herba verimi I. biçimde 293,1-218,9, II. biçimde ise 189,8-235,5 kg/da; droğ yaprak verimi I. biçimde 170,1-161,3, II. biçimde 53,6-149,0 kg/da; uçucu yağ oranının I. biçimde %2,85-2,30, II. biçimde %1,87-1,75; uçucu yağ veriminin ise I. biçimde 8,25-5,05, II. biçimde ise 3,55-4,10 L/da olduğu belirlenmiştir. Araştırmada 2009 yılında *S. hortensis* uçucu yağında temel bileşenlerin ilk biçimde %61,82 ve %25,18, ikinci biçimde %50,62 ve 29,63 oranında karvakrol ve γ -terpinen olduğu belirlenmiştir. 2010 yılında I. biçimde uçucu yağının temel bileşenleri %64,69 carvacrol, %21,27 γ -terpinene, %2,11 α -terpinene, %2,01 p-cymene ve %1,34 myrcene; II. Biçimde ise %55,29 carvacrol, %26,72 γ -terpinene, %6,94 p-cymene, %2,90 α -terpinene ve %1,76 myrcene olmuştur.

Mahboubi and Kazempour (2011) tarafından *S. hortensis* ve *Trachyspermum copticum* uçucu yağlarının kimyasal kompozisyonu ve farklı türlere karşı antimikrobiyal aktivitesini ele aldıkları araştırmada, uçucu yağ GC ve GC/MS ile analiz edilmiş, *S. hortensis* uçucu yağında temel bileşenlerin timol (%28,2), p-simen (19,6), γ -terpinen (16,0) ve karvakrol (%11,0) olup bunları β -pinen (%4,5), sabinen (%4,4), α -pinene (%2,7), 4-terpineol (%1,6) olduğu rapor edilmiştir. *T. copticum* yağında ise ana bileşenler timol (%45,9, γ -terpinen (%20,6) ve p-simen (%19,0) olmuş ve bunları etilen metakrilat (%6,9), β -pinen (%1,9) ve heksadekan (%1,1) izlemiştir. *T. copticum* yağı daha etkin olmak üzere, her iki bitkiye ait yağında yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdiği görülmüştür. Yağlarda temel bileşen olan timolün antimikrobiyal aktivite de önemli rol oynadığı belirlenmiştir.

Mumivand *et al.* (2011), dünyanın birçok bölgesinde kültürü yapılan tıbbi ve baharat bitkisi tek yıllık kekik, sater (*S. hortensis* L cv. Saturn) üzerinde azot (0, 50, 100 ve 150 Kg/ha) ve kalsiyum karbonat (0,5 ve 10 t/ha) uygulamalarının gelişme uçucu yağ içeriği ve kompozisyonu üzerine etkisini belirlemek amacıyla tarla denemesi yürütmüşlerdir. Azot gübrelemesi, bitki boyu, bitki taze ve kuru ağırlıkları, yaprak alanı, gövde çapı,

drog verimi ve yaprak N içeriği yanı sıra uçucu yağ verimini de artırmıştır. 100 kg/ha N uygulaması bitki yüksekliğini (37,64 cm) kontrole kıyasla (35,25) artırmıştır. Yaş ve kuru bitki ağırlığı ve ortalama yaprak alanı değerleri 5 t/ha CaCO₃ uygulamasına kadar artmış, ilaveten bu uygulama yaprak Ca²⁺ içeriği, uçucu yağ oranı ve verimini artırırken bitki genişliği ve yaprak N içeriğini olumsuz olarak etkilemiştir. Azot ve CaCO₃ interaksiyonu yaprak N ve uçucu yağ içeriği bakımından önemli bulunmuş, gaz kromatografisi-alev iyonlaşma dedektörü (GC-FID) ve gaz kromatografisi kütle spektrometrisi (GCMS) analizine göre N uygulaması *S. hortensis* uçucu yağ kompozisyonunu değiştirmezken, CaCO₃ uygulaması oransal karvakrol, γ -terpinen ve β -bisabollene içeriğini artırmıştır. Kekik uçucu yağında karvakrol yüzdesi artarken, p-simen, α -thujene, mirsen ve α -terpinen gibi hidrokarbon içerikleri azalma göstermiştir.

Katar vd (2011) tarafından Ankara şartlarında *S. hortensis* L. bitkisinde uçucu yağ oranı ve bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla 2009 yılında yürütülen çalışmada farklı gelişme dönemlerinde yaprak verimi, uçucu yağ oranı ve bileşenlerinin değiştiğini, en yüksek uçucu yağ oranı (%2,20) ve karvakrol oranının (%59,94) %40–60 çiçeklenme döneminde yapılan hasattan, en düşük uçucu yağ oranını ise (%1,66) çiçeklenme başlangıcında yapılan hasattan elde edilebildiği ortaya konulmuştur. Araştırmacılar, bitki boyunun 28–31 cm, yaş yaprak veriminin 217–297 kg/da, drog yaprak veriminin 45–66 kg/da, uçucu yağ oranlarının %1,66–2,20, uçucu yağ veriminin 726-1319 ml/da, karvakrol oranının %55–60 arasında değiştiğini ve Ankara ekolojik koşullarında sater bitkisinden en yüksek kalite ve miktarda herba ve karvakrol elde etmek amacıyla en uygun hasat zamanının bitkilerin %40–60 çiçeklenme dönemi olduğunu belirlenmişlerdir.

Karimi *et al.* (2012), tek yıllık, aromatik ve biyolojik aktivitesi önemli ölçüde uçucu yağında bulunan yüksek oranda karvakrole bağlı olan *S. hortensis* bitkisinin farklı dönemlerdeki gelişme, mineral içeriği ve uçucu yağ kompozisyonunu araştırmışlardır. Bitkiler çiçeklenme öncesi ve sonrası dönemlerde hasat edilmiş, kuru ağırlık ölçülmüş, uçucu yağ GC-MS ile analiz edilmiş, çiçeklenme öncesi ve tam çiçeklenme döneminde 29 bileşen karakterize edilmiştir. Her iki dönemde de karvakrol en yüksek oranı

göstermiş, çiçeklenme öncesinden ful çiçeklenmeye %47,77'den %49,96 düzeyine yükselmiş, oysa α -terpinen ve simen döküm döneminden çiçeklenme dönemine doğru azalan bir seyir izlemiştir. Farklı pomolojik dönemlerde elde edilen yağların kompozisyonu benzer olup ana bileşenleri karvakrol (%47,77), γ -terpinen (%17,99), ve simen (5,04) olduğu görülmüştür. Bitki olgunlaşırken erken gelişme dönemi ve kademeli seyretilme sürecinde mineral alımı hızlanmış, P ve Mg konsantrasyonları kök ve gövdenin büyüme ve gelişmesinin ilerlemesiyle artmıştır. Araştırmacılar bitkinin biomass üretimi, uçucu yağ kompozisyonu ve mineral içeriğinin gelişme ve büyüme şartlarına bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Çakmakçı *et al.* (2013 a), yedi farklı fenolojik dönemde (vejetatif, tomurcuklanma, çiçeklenme başlangıcı, %40-60 çiçeklenme, tam çiçeklenme, tohum oluşum başlangıcı ve ileri tohum oluşumu) *Satureja spicigera* (C. Koch) Boiss kekiğinin uçucu yağını GC ve GC/MS ile analiz etmişlerdir. Uçucu yağın %96,2- 99,9'unun 16-33 bileşikten ibaret olduğu, yağ oranının %1,1 ile %2,1 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmada, uçucu yağ ana bileşenlerinin timol (%6,11-36,70) ve karvakrol (%7,53-38,26) olduğu bunu p-simen (%3,61-17,75), karvakrol metil eter (%8,86-6,16), γ -terpinen (%0,11-34,88), α -thujene (%0,20-7,74), α -terpinen (%0,0 8,44), kariyofilen oksit (%0,0 4,25 kadar), β -caryophyllene (%0,16-4,17), β -mirsene (%0,06-3,35), α -pinen (%0,0-3,34), ve (E)- β -osimen (%0,0-2,93) bileşenlerinin izlediği ve önemli değişim gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada, sater yağ verimi ve timol içeriğinin vejetatif dönemde düşük olduğu, çiçeklenme başlangıcından itibaren giderek arttığı ve tam çiçeklenme döneminde en yüksek düzeye çıktığı, daha sonra tekrar azalmaya başladığı, yağ verimi ve timol içeriği açısından en iyi hasat döneminin tam çiçeklenme dönemi olduğu ifade edilmiştir.

Djenane *et al.* (2013) Cezayir'de *Satureja* uçucu yağının analizinde ana bileşenlerin karvakrol (%46,10), p-simen (%12,04), γ -terpinen (%11,43) ve karvakrol asetat (%9,57) olduğunu; bunları β -caryophyllene (%5,06), α -terpinene (%3,70), β -bisabolene (%2,65) ve kamfenin (%2,06) izlediğini belirlemiş, coğrafik koşullar, sıcaklık, gün uzunluğu, besin durumu gibi çevresel faktörlerin uçucu yağ bileşiminde önemli rol oynadığını vurgulamışlardır.

Mohammadhosseini and Beiranvand (2013), *S. hortensis* taze üst kısımlarından çiçeklenme döneminde elde edilen su ile damıtılmış uçucu yağ GC ve GC/MS analizine tabi tutulmuş, yağda 20 farklı bileşik analiz edilmiştir. Genel kategori açısından yağların kimyasal profilinde monoterpen hidrokarbonların γ -terpinen (%27,4), karvakrol (%23,7), p-simen (%11,1), α -terpinen (%10,2), α -pinen (%5,1) ve mirsen (%5,1) ana bileşenler olurken; diğer bileşenler α -thujon (%3,9), β -pinen (%3,0), sylvestrene (%3,0), α -fellandren (%1,2) ve terpinen-ol (%1,0) olarak belirlenmiştir. *S. hortensis* taze üst kısımlarından çiçeklenme döneminde elde edilen su ile damıtılmış uçucu yağ GC ve GC/MS analizine tabi tutulmuş, yağda 20 farklı bileşik analiz edilmiştir.

Mashmoul *et al.* (2013), tarafından kimyasal ve biyolojik fosfor gübrelemesinin sater gelişme parametreleri üzerine etkisini değerlendirildiği araştırmada, kimyasal fosfor (0, 50, 100 ve 150 kg/ha P triple süper fosfat olarak) ve biyolojik fosfor gübresi (0, 100, 200 ve 300 g/ha *Pseudomonas putida* Strain P13 ve *Bacillus lentus* Strain P5) test edilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek gövde çapı (5,3 mm), kanopi (28 cm) ve en yüksek yan dal sayısı (16 adet) kimyasal gübre kullanılmaksızın 200 g/ha fosfor biyolojik gübresi uygulamasında elde edilmiş; en uzun gövde (43.66 cm) 150 kg/ha kimyasal fosfor uygulanmış bitkilerde ölçülmüş, en yüksek yaprak alanı (63890 mm²) ve kuru yaprak ağırlığı (676 kg/ha) ise 100 kg/ha kimyasal gübre uygulanmış bitkilerde ölçülmüştür.

Pistelli *et al.* (2013), tarafından Toskana adalarında tıbbi aromatik *S. hortensis* bitkilerine ait iki farklı numunede temel bileşenlerin γ -terpinene (%29,0 ve 11,7), p-simen (%15,6 ve 30,3), karvakrol (%14,4% ikincide sıfır) ve metil timol ve timol (%11,9 ve %5,5) olduğu belirlenmiştir. Çalışmada bir ve ikinci tipte diğer önemli bileşenler caryophyllene (%20,0 ve 5,0), β -bisabolene (%4,0 ve 3,5), α -terpinene (%3,4 ve 2,5), germacrene D (%2,0 ve 2,2), α -thujene (%1,5 ve 1,4), α -pinene (%1,5 ve 3,0), camphene (%0,1 ve 3,3), β -pinene (%1,0 ve 1,8), myrcene (%1,0 ve 1,7), borneol (%0 ve 2,0), methyl carvacrol (%0,3 ve 4,1) ve α -humulene (%1,1 ve 0,6) olmuştur.

Sani (2013), İran'da sater bitkisinde (*S. hortensis* L.) biyolojik gübrelemenin uçucu yağ üzerine etkilerini test etmiştir. Araştırmada dört doz hayvan gübresi (gerekli azot dozunun %0, 50, 75 ve 100 oranında N), iki biyolojik gübre ve üç sulama seviyesinin (Klas A Pan buharlaşma kabından 60, 90 ve 120 mm suyun buharlaşması sonra sulama)

etkisi ele alınmıştır. Nitroksin uygulamasının biyolojik gübre kullanımını azalttığı, uçucu yağ miktarını artırdığı ve biyolojik gübrelemenin uçucu yağ üzerine olumlu etki gösterdiği vurgulanmıştır.

Sharafzadeh *et al.* (2013), Bitki gelişmesini teşvik edici bakteri (PGPR) aşılamaalarının sater gelişme, uçucu yağ verimi ve aktif maddeleri üzerine etkisini test etmek amacıyla *Azotobacter* and *Pseudomonas* strainlerini kullanarak yürüttükleri araştırma sonuçlarına göre; bakterilerin gelişme parametreleri ve bitki aktif maddelerini değiştirmiş, en yüksek uçucu yağ yüzde oranı (%1,87) *Azotobacter* 06 ile aşılanmış bitkilerden elde etmişlerdir. En yüksek yağ verimi (27,32 mg/bitki) *Pseudomonas* MC1 aşılması ile elde edilmiş ve bu uygulama yağ verimini kontrole kıyasla %66 oranında artırmıştır. Uçucu yağda 37 bileşenin analiz edildiği çalışmada, γ -terpinen (%45,3-49,4) ve karvakrolün (%37,0-41,3%) ana bileşenler olduğu belirlenmiştir. En yüksek yağ verimi ve uçucu yağda karvakrol içeriği (%41,3) *Pseudomonas* MCI aşılanmış bitkilerden elde edilmiş ve bu uygulama ümitvar bulunmuştur.

Dinç (2014), İstanbul ili, Silivri İlçesinde 2013 yılında sater (*S. hortensis* L.) bitkisinde organik ve inorganik gübre uygulamalarının verim ve bazı kalite unsurlarına etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürüttüğü araştırmada, bitki boyu, bitkide dal sayısı, yeşil herba verimi, drog herba verimi, uçucu yağ oranı, uçucu yağ verimi ve uçucu yağ bileşenleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; bitki boyu değerleri 28,8–35,9 cm, dal sayısı 26,6-29,4 adet/bitki, yeşil herba verimi 251,3-332,3 kg/da, drog herba verimi 125,6–166,1 kg/da, uçucu yağ oranı %1,65- 3,15, uçucu yağ verimi 1,61-3,86 l/da, karvakrol oranı %39,9–62,4, gamma-terpinen oranı ise %17,14-25,71 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Kargar *et al.* (2014), *S. hortensis* toprak üstü aksamının hidrodistilasyonla elde edilen uçucu yağ oranının %2,78 (w/w) olduğunu, yağın 98,87'sinin 28 bileşenden oluştuğunu, GC/MS analizinde ana bileşenlerinin karvakrol (%54,73), γ -terpinen (%26,37), P-cymene (%5,47) ve α -terpinen (%2,42) olduğunu belirlemişlerdir.

Nenov *et al.* (2014), Bulgaristan'da sater (*S. hortensis* L.) yağının GC ve GC/MS analizi sonucunda % ana bileşeninin %73,91 oranı ile timol olduğunu ve bu yağın kuvvetli antimikrobiyal ve antioksidan etkisi gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, bu bitkinin birçok Avrupa ülkesinde (Fransa, Almanya, Polonya, Çek Cumhuriyeti, Yunanistan, Sırbistan, Karadağ ve Moldova) ve Kuzey Amerika'da endüstriyel olarak yetiştirildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar diğer bazı araştırmalara atfen sater uçucu yağının başlıca bileşenlerinin karvakrol (%14,3-77,6) ve timol (%0.01 - 46,0) olduğunu fakat linalool (%26,0' kadar), γ -terpinen (%7,6 - 52,9) ve p-simen (%2,8 - 16,0) bileşenlerinin de yaygın olarak bulunabildiğini ifade etmişlerdir.

Nouri *et al.* (2014), kuraklık stresi ve azot uygulamasının (0, 100 ve 200 kg/ha) sater gelişme ve yağ verimine etkisini incelediği çalışmada, kuraklığın bitki yüksekliği, yan dal sayısı, gövde yaş ve kuru ağırlığı uçucu yağ verimini etkilediği ve en yüksek değerlerin her altı günde bir sulama uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Kuraklık uçucu yağ oranına etki etmemiş, en yüksek bitki boyu, yan dal sayısı, gövde yaş kuru ağırlığı ve uçucu yağ verimi, 100 kg N/ha uygulaması ile alınmıştır. Ancak yüksek uçucu yağ oranı 200 kg/ha uygulaması ile elde edilmiştir.

Vafa *et al.* (2015), tarafından dört farklı nano çinko dozu (0, 50, 100 ve 200 mg her bir 1000 ml su) ve dört farklı dozda hümitik asidin (0, 0,5, 1, ve 1,5 her bir 1000 ml su) *Satureja* bitkisinde kantitatif ve kalitatif karakterler üzerine etkisinin test edildiği araştırmada; hümitik asit ve nano çinko uygulamalarının bitki yüksekliği, yaş ve kuru yaprak ağırlığı, fosfor içeriği, yaprak sayısı, klorofil içeriği ve uçucu yağ içeriğini önemli oranda artırdığı belirlenmiştir. En yüksek bitki boyu, yaş ve kuru yaprak ağırlığı, fosfor, bitki başına yaprak sayısı, klorofil ve uçucu yağ içeriği N₄H₄ (200 mg nano Zn /1000 ml su +1,5 cc hümitik asit/1000 uygulaması ile elde edilmiştir.

Farahani *et al.* (2015) tarafından farklı gübre uygulamalarının yazlık kekik (*S. hortensis* L.) drog ve uçucu yağ verimi üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla üç yıllık süren araştırmada, üç kimyasal gübre dozu (önerilenin %50, 100 ve 150'si kadar), hayvan gübresi (10, 30 ve 50 t/ha) ve biyolojik gübre (Nitroxen ve Barvar2) test edilmiştir. Uygulamalara bağlı olarak kök uzunluğu, bitki boyu, sürgün dal sayısı, yağ oranı, biyokütle verimi ve uçucu yağ verimi önemli ölçüde değişmiştir. Üç yıllık sonuçlara göre en yüksek bitki boyu (53,2 cm), uçucu yağ oranı (%2,04), biyolojik verim (1405 kg/ha) ve maksimum uçucu yağ verimi (28,59 kg/ha) N100 P80 K100 uygulamasıyla elde edilmiştir. Bu uygulama ile 30 t/ha çiftlik gübresi arasında herhangi bir farklılık bulunmamıştır. Biyolojik gübre uygulaması ise 21,29 kg/ha uçucu yağ verimi ile kontrole göre yüksek kimyasal gübrelemeye göre düşük bulunmuştur.

El-Gohary *et al.* (2015), gaz giderici, sindirimi kolaylaştırıcı ve öksürük kesici olarak kullanılan yazlık *S. hortensis* L. üzerine yürüttükleri araştırmada farklı iki tarihte (20 kasım ve 20 şubat) ekilmiş ve gübre etkisini test etmişlerdir. Denemede yüksek yağ oranı taze kuru herba verimi ikinci ekim tarihinde elde edilmiş, NPK ve amino asit test edilen karakterleri etkilemiş, uçucu yağ ana bileşenleri olarak γ -terpinen (%31,5-46,08), karvakrol (%23,71-51,22) ve p-simen (%2,81-14,92) belirlenmiştir.

Faezeh *et al.* (2015), kimyasal (65 kg/ha üre gübresi) ve organik (5,10,15 t/ha vermikompost, 5,10,15 t/ha kompost, 25,45 ve 65 t/ha hayvan gübresi) gübrelemenin *S. hortensis* üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuçta 45 t/ha hayvansal gübrenin bitki yüksekliğini en fazla etkilediği, uçucu yağ oranının ise 15 t/ha vermikompost uygulamasıyla en yüksek düzeyde arttığı, organik gübrelemenin sater verim ve kalitesini olumlu etkilediği belirlenmiştir.

Katar (2015), Eskişehir koşullarında farklı azot dozlarının sater (*S. hortensis* L.) bitkisinde verim, verim öğeleri, uçucu yağ oranı ve bileşenleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bir araştırma yapmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre bitki boyu 30,6 - 33,9 cm, yan dal sayısı 17,9-20,5 adet/bitki, yeşil herba verimi 915,3-1358,2 kg/da, drog herba verimi 256,3 - 359,2 kg/da, yeşil yaprak verimi 568,7-924,8 kg/da,

drog yaprak verimi 221,3 - 330,4 kg/da, yaprak oranı %62,1-%68,1, uçucu yağ oranı %2,4-%2,5, ve uçucu yağ verimi değerleri ise 6,3-8,1 L/da arasında değişmiştir. Sater bitkisinde ana uçucu yağ bileşenleri karvakrol %50,3-56,2 ve γ -terpinen %30,4-35,7 olarak bulunmuştur. En yüksek drog herba, drog yaprak verimi 10–20, en yüksek uçucu yağ oranı ve uçucu yağ verimi ise 15 kg/da azot uygulamasından elde edilmiştir.

Papadatou *et al.* (2015), Yunanistan'ın farklı bölgelerinden *Satureja montana*, *Satureja parnassica* subsp. *hellenica*, *Satureja pilosa* subsp, *Satureja pilosa* subsp, *Satureja origanita* ve *Satureja thymbra* türlerine ait on sekiz popülasyonun kültürü ve daha sonra uçucu yağlarını analiz etmişlerdir. Hidrodistilasyonla elde edilen uçucu yağlar GC ve GC-MS yöntemiyle analiz edilmiş, karvakrol, timol, p-simen, γ -terpinen, linalol, borneol, cis-sabinen hidrat, spathulenol ve kariyofilen oksit farklı oranlarda olsa da hemen hemen tüm örneklerde bulunmuştur. Çoğu *Satureja* türünün yüksek oranda karvakrol / timol / p-simen veya linalol veya geraniol / geranil asetat üretmesi dikkat çekici bulunmuştur. Araştırma sonuçlarının kültürü yapılan *Satureja* türlerinin ham materyal ve endüstriyel yağ bileşiklerinin faydalı bir kaynağı olduğunu göstermiştir.

Shahrivar and Moghadam (2015), farklı organik gübre, vermikompost ve 4 farklı dozda NPK gübrelemesinin yazlık kekik üzerine etkisini test etmiş, uygulamaların herba verimini önemli etkilediği belirlenmiştir. Kontrol ve NPK (50, 70, 80) uygulamasının fenol içeriğini artırdığı, organik gübre ve NPK (80, 70, 80) uygulamasının 1,2-benzenedicar karboksilik asit içeriğini teşvik ettiği ve herbada yağ oranını teşvik ettiği belirlenmiştir. Araştırmacılar tıbbi ve aromatik bitkilerde sekonder metabolit sentezinin çevresel faktörler tarafından önemli miktarda etkilendiğini, bu koşulların yaş ve kuru ağırlıkta olduğu gibi aktif bileşenleri de değiştirebildiğini vurgulamışlardır.

Radácsi *et al.* (2016), *S. hortensis* üzerine sulama (70-50-30 saturasyon yüzdesi etkisinin ele alındığı çalışmada, toprak su kapasitesinin fizyolojik parametreleri etkilediği, en yüksek uçucu yağ miktarının (5,300 ml 100/g) orta su setresinde (%50) gerçekleştiği ölçülmüştür. Yağın ana bileşeninin karvakrol (%56,7-60,6) ve γ -terpinene

(%29,7–32,3) olduğu ve sulama farklılıklarının yağ bileşimini önemli ölçüde etkilemediği belirlenmiştir.

2.2. Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteri ve Büyüme Düzenleyicilerle İlgili Çalışmalar

Bitkisel üretimde önemli rolü olan azot ve fosfor, çeşitli nedenlerle topraktan uzaklaştırıldığında veya bitkilerce kullanıldığında kimyasal gübrelemeye sürekli ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak kimyasal gübrelerin üretimi yüksek maliyet gerektirdiği gibi üretim süreçlerinde yenilenemeyen kaynakların tüketimine ve çevre kirliliğine de yol açmaktadır (Çakmakçı ve Erdoğan 2012). Konveksiyonel tarımda girdi maliyetlerinin artması ve kimyasal gübrelerin yoğun uygulanması sonucunda toprak yorgunluğu meydana gelmekte ve verimin üst sınırına ulaşabilmektedir. Kimyasal gübrelerin küresel nitrojen döngüsü dengesi, yeraltı sularının kirlenmesi, kimyasal kirlenme riskinin artması ve atmosferik nitroz oksit başta olmak üzere sera gazlarının artması gibi birçok olayda olumsuz etkileri bulunmaktadır (Çakmakçı 2005a,b; Çakmakçı ve Erdoğan 2012). Çevre kirliliğinin önlenmesi ve tarımsal sürdürülebilirlik ve kaynakların devamlılığının sağlanması mikroorganizma kullanımını zorunlu kılmaktadır. Serbest yaşayan, bitkisel gelişimi teşvik eden, biyolojik mücadelede veya biyolojik gübre olarak kullanılan bakterilere bitki gelişimini teşvik edici rizobakteriler (plant growth promoting rhizobacteria, PGPR) adı verilmekte ve bu bakterilerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Biyolojik azot fiksasyonu ve mikrobiyal hormon üretiminin, su ve besin alımı için etkin kök sisteminin gelişmesine yardımcı olan PGPR tarafından bitki gelişmesinin teşvik edilmesinden sorumlu başlıca faktörler olduğu belirlenmiştir (Baset Mia *et al.* 2010; Meldau *et al.* 2012; Rajendran *et al.* 2012). Çoklu bitkisel hormonların fonksiyonları ve çevresel sinyallerin etkileri oksinlerin lateral kök gelişmesinde baskın düzenleyici olduğunu göstermiştir (Benkova and Hejatko 2009; Fukaki and Tasaka 2009; Overvoorde *et al.* 2010). Oksin üretici bitki gelişmesini teşvik edici bakterilerle aşılانmış bitkilerin en önemli özelliklerinden biri kök morfolojisi ve gelişmesinde

meydana gelen değişmedir. Böylece, PGPR besin alımını artırmak suretiyle dolaylı olarak bitki gelişmesini teşvik eden kök yüzey alanını artırarak, kök gelişmesini teşvik etmektedir (Egorshina *et al.* 2012). Bakteriyel oksin üretimi kök artışına yol açar, sonuçta toplam kök yüzey alanı yükselir, bu durum bitkinin topraktan daha fazla su ve besin maddesi emilimine imkan verir (Lambrecht *et al.* 2000). Oksinler lateral köklerin çoğalmasını uyarmakta besin absorbe edici yüzeylerin artmasını ve sonuçta topraktan besin ve suyun daha iyi asimilasyonunu sağlar ve kök-gövde uzama ve gelişmesi artar (Egamberdieva 2011). PGPR tarafından oksin üretimi biyosentetik sinyal yollarını aktive etmektedir (Roy *et al.* 2010). Bitki çevresinde bulunan oksinlerin seviyesinin bitki gelişmesine kritik etkilerinden dolayı, PGPR tarafından mikrobiyal oksin üretiminin, sadece oksin düzeyini değiştirdiği ve oksinler tarafından tüm fizyolojik süreçleri etkilenererek gelişme ve verimin artırıldığı dşnlmektedir (Molina-Favero *et al.* 2008; Khan and Doty 2009). Bitki hormonları çimlenme, kök formasyonu, iek oluşumu, meyve verme ve yayılma gibi fizyolojik süreçlerde rol oynamaktadır. IAA en yaygın doğal olarak oluşan hormon olarak, vasküler dokuların farklılaşması, yanal kök başlangıcı, uzama ve genişleme, apikal dominans, meyve tutumu ve olgunlaşma gibi bitkisel gelişmenin birçok yönlerini düzenlemektedir (Macdonald 1997; Woodward and Bartel 2005).

Bir oksin bileşiği olan indol-3-asetik asit farklı biyosentetik yollarla bakteriler tarafından retilenilmektedir (Spaepen *et al.* 2007; Wu *et al.* 2009). Çeşitli bitki rizosferinde yaşayan mikroorganizmalar, rizosfer dışı toprakla karşılaştırıldığında, köklerden sızan zengin substratlar nedeniyle, sekonder metabolit olarak oksin sentezleyebilmekte ve serbest halde ortama bırakmaktadır (Kampert *et al.* 1975; Strzelczyk and Pokojaska-Burdziej 1984; Ahmad *et al.* 2005). Rizosferde kök salgılarının zenginliği nedeniyle sekonder metabolit olarak muhtemel oksin sentezleyen bakteri yüzdesinin yüksek olması nedeniyle, rizosferdeki oksin düzeyi genellikle yüksektir (Egamberdieva 2011). Bitki yüzeylerinde veya rizosferde bulunan spesifik bileşik veya bitki ekstreleri bakteriyel IAA üretimini etkileyen faktörler arasında bulunmaktadır. IAA retimi için farklı mikroorganizmaların nitrojen ve karbon kaynağı tercihleri değişebilmektedir. Organik azot kaynakları, inorganik azot kaynaklarından

daha iyi IAA üretimini teşvik etmektedir (Narayana *et al.* 2009; Malhotra and Srivastava 2009; Duca *et al.* 2014). Bitki rizosferinde bakteri etkisi büyük ölçüde oksin fitohormonunun üretimi ile ilgilidir ve birçok bakteri türünün ürettiği IAA gibi indolik bileşikler bakteri-bitki interaksyonunda önemli fizyolojik rol oynamaktadır (Spaepen *et al.* 2007). IAA üretici izolatlar bitki-mikrop interaksyonunun uyumunu artırıp geliştirebilmekte (DBrandl and Lindow 1998; Salamone *et al.* 2005), ayrıca bakteriyel IAA konukçu bitkinin kök sisteminin gelişmesini uyardığından, kök salgılarını daha çok artırarak daha fazla rizosfer bakterisini cezbedebilmektedir (De Salamone *et al.* 2005; Etesami *et al.* 2015). IAA savunma mekanizmasında olduğu gibi bitki büyüme ve gelişmesinin hemen hemen bütün safhalarına karışmaktadır. Bakteriyel IAA bitki hücre duvarları gevşetir ve bunun sonucu olarak rizosfer bakterilerinin gelişmesinin desteklenmesi için giderek artan miktarda kök salgılarını teşvik eder (James *et al.* 2002; Chi *et al.* 2005). IAA bitkide kılcal köklerin ve lateral köklerin aşırı üretimini uyarır ve uzama sürecinde bitki hücre duvarlarından sakkaritlerin salınımını teşvik eder (Davies 2010). Bakterilerin ürettiği IAA bitki oksin havuzunu değiştirerek bitki fizyolojik süreçlerini etkilemektedir. Ayrıca bakteriyel IAA kök yüzey alanı ve uzunluğunu artırmakta, böylece bitkinin besin maddelerine daha kolay ulaşmasını sağlamaktadır. Ayrıca bakteriyel IAA hücre duvarlarını gevşetmekte bunun sonucunda rizosfer bakterilerinin gelişmesini destekleyen kök salgıları miktarının artmasını sağlamaktadır.

Bakteriler tarafından salgılanan IAA'nın bir kısmı bitki hücreleri tarafından alınabilmekte ve bitki endogen IAA içeriği ile birlikte bitki hücrelerinin çoğalmasını uyurabilmektedir (Glick *et al.* 2007). Mikrobiyal oksin üretimi tarafından ACC deaminaze aktivitesi artırılabilir çünkü oksin bitkide ACC sentaz enziminin biyosentezini uyardığından ACC'nin sentezlenmesini artırır (Argueso *et al.* 2007). Bakteriler tarafından salgılanan IAA bitkide hücre büyüme ve bölünmesini uyurarak kök gelişmesini artırabilmekte, ayrıca dolaylı olarak ACC deaminaze üretebilmektedir (Patten and Glick 2002). Genel olarak bakteriyel IAA ve ACC deaminaze kök yüzey alanını ve uzunluğunu artırmak suretiyle bitkinin topraktaki besin maddeleri ve suya daha kolay erişmesini sağlar (Vessey 2003). Diğer taraftan aynı anda IAA ve ACC

deaminaze içeren PGPR, tek başına IAA veya ACC üretici bakterilere kıyasla bitkilerin daha iyi büyümesine yol açabilir (Belimov 2012; Çakmakçı 2016).

Oksin üretim potansiyeli sadece PGPR'lerle sınırlı değildir ve endofitik bakteriler ve bitki gelişmesini teşvik edici funguslar da oksin üretebilmektedir. Bakterilerin sitokinin ve giberallin gibi diğer bitkisel hormonları üretebildiği rapor edilmiş olmakla birlikte, bitkisel hormon üretici bakterilerin büyük çoğunluğu IAA üretebilmektedir (Ortiz-Castro *et al.* 2008; Morrone *et al.* 2009). *Erwinia herbicola*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium rhizogenes* ve *Pseudomonas syringae* gibi patojenik bakteriler ve bitki gelişmesini teşvik edici *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Azospirillum* sp., *Rhizobium* sp., *Bacillus* sp., *Paenibacillus* sp., *Burkholderia* sp., *Aeromonas* sp., *Enterobacter* sp. ve *Rhizobium* türleri IAA üretebilmektedir (Aslantaş *et al.* 2007; Çakmakçı *et al.* 2007 a,b; Swain *et al.* 2007; Ahmad *et al.* 2008; Ouzari *et al.* 2008; Khan and Doty 2009; Abd El-Hadi Nadia *et al.* 2009; Hariprasad and Niranjana 2009; Merzaeva and Shirokikh 2010; Roy *et al.* 2010; Celloto *et al.* 2012; Çakmakçı 2016). Toprak, epifitik, endofitik, deniz, methylotrophs ve siyanobakteri dahil olmak üzere bir çok bakteri türü IAA sentez yeteneğine sahiptir (Sergeeva *et al.* 2002). Bitkiler *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Alcaligenes*, *Pantoea* ve *Streptomyces* cinslerine ait milyonlarca IAA üretici bakterinin sığınağıdır (Apine and Jadhav 2011; Duca *et al.* 2014). Bitkiler karşılıklı olarak yararlanan bakteriyel ortağına ideal bir sığınak ve besin içeren salgıları sağlamaktadır. Bakteriyel IAA ideal konsantrasyon aralığında yan ve birincil köklerin sayı ve uzunluğunu artırıp, saçak kök oluşumunu uyarmakta; ancak yüksek konsantrasyonlarda bakteriyel IAA birincil kök büyümesini engellemektedir (Davies 1995).

Bitki büyüme ve gelişmesini teşvik eden kimyasal bileşikler olarak bitkisel hormonlar, genellikle oksinler, sitokininler, giberalinler, absisik asit ve etilen olarak beş ana gruba ayrılır; ilave olarak yakın zamanlarda keşfedilen fitohormonlar ise strigolactonlar, brassinosteroidler, jasmonik asit, salisilik asit, poliaminler ve nitrik oksit hormon grubuna aittir (Santner and Estelle 2009; Bulgarelli *et al.* 2013; Spaepen 2015).

Oksinler, sitokininler, gibberalik asit, absisik asit ve etilen gibi fitohormonlar bitkide birçok gelişim süreçlerinde gerekli sinyal molekülleridir (Wu *et al.* 2009). Klasik görüşe göre, hormonlarının beş ana sınıfı oksinler, sitokininler, gibberellinler, etilen ve absisik asitdir (Jamil *et al.* 2012; Robles *et al.* 2012), ancak bitkilerde diğer bileşiklerinde bitkisel gelişmeyi düzenlediği yönünde artan kanıtlar vardır. Oksinler, tek başına veya başka bitki hormonları ile birlikte bitki büyüme ve gelişmesini etkileyen en önemli bitkisel hormon grubudur (Miransari *et al.* 2014). Ayrıca oksin düzeyleri sitokinin, etilen, gibberalinler, jasmonatlar ve brassinosteroidler gibi bitkisel hormonlar tarafından etkilenmektedir (Acosta and Farmer 2010; Stewart and Nemhauser 2010; Blomster *et al.* 2011; Koltai 2011; Müller and Munné-Bosch 2011; Chiu *et al.* 2012; Facella *et al.* 2012; Muday *et al.* 2012; Robles *et al.* 2012). Karşılıklı etki ve sinyaller çeşitli bitkisel süreçlerin düzenlenmesinin koordinasyonuna yardımcı olmaktadır.

Oksinler kök oluşumu ve lateral kök başlangıcını teşvik etmektedir. Ancak oksinler belli bir optimal düzeye kadar kök büyümesini teşvik ederken, daha yüksek konsantrasyonlarda, kök gelişimini geciktirmektedir (Taiz and Zeiger 2010; Facella *et al.* 2012; Ahmed and Hasanian 2014). Yüksek oksin konsantrasyonlarının bitki köklerini engelleyici etkisi, oksin düzeyinin, etilenin öncü maddesi olan ACC sentezini artırması yoluyla etilen sentezinin uyarılması artışının sonucudur ve oksinler tarafından kök gelişmesinin engellenmesinin etilen sentezini engelleyicilerin uygulanması ile tersine olduğu bulunmuştur (Ruzicka *et al.* 2007; Muday *et al.* 2012; Ahmed and Hasanian 2014). PGPR'lerin etilenin öncüsü olan ACC'nin aktivitesini engellediği ve böylece kök gelişmesinin engellenmesinden sorumlu etilen sentezinin azaltıldığı bulunmuştur (Glick *et al.* 1997, 1998; Glick 2005). Oksinlerle ilgili gözlenen bitkisel yanıt hücre büyümesi, hücre bölünmesi, ışık ve yerçekimine tepki, kök ve gövde yapısı, organ farklılaşması, doku kültüründe vasküler büyüme ve gelişme, etilen üretimi, protein ve RNA sentezinin ve RNA polimeraz aktivitesinin artmasıdır (Davies 1995; Taiz and Zeiger 2010; Muday *et al.* 2012; Niklas and Kutschera 2012). Oksinler bitkiler için kritiktir ve birçok gelişim sürecini ayarlamakta ve yönetmektedir. Çeşitli bitki hormonları arasında, temel kontrol mekanizması olarak hareket eden oksinler, bitkisel süreçlerin en etkin düzenleyicisi olarak, doğrudan ve dolaylı olarak, bitkideki gelişme desenlerinin çoğu için sorumlu

olarak kabul edilebilir (Tanimoto 2005; Wu *et al.* 2011). Hormonların içinde en yaygın olanı oksinlerdir ve indol asetik asit (IAA) bitkilerde en aktif fizyolojik oksinlerden biridir.

Bitkilerde IAA hormonunun hücre uzaması, hücre farklılaşması, hücre bölünmesi, vasküler doku başkalaşması, ışığa yönelme, gravitropizma, tepe baskınlığı, etilen sentezi, meyve gelişimi ve yaşlanması (Hagen 1990; Davies 2010; Çakmakçı 2014; Duca *et al.* 2014), köklenme, yapraklanma ve çiçeklenmenin başlatılması (Phillips *et al.* 2011), lateral ve adventif kök oluşumu (McSteen 2010); kambium büyümesi ve ksilem hücrelerinin boyutlarının artırılmasında (Uggla *et al.* 1996) rol oynamaktadır. Gelişen yaprakların çevresinde bulunan hücreler genellikle oksinleri tükettiğinden birbirine çok yakın olan yeni yaprakların oluşumunu kısıtlamaktadır. Oksinlerin önemli bir kısmı genç yaprak ve meyvelerin bozulmadan sağlam kalmasına yardımcı olmakta, oysa oksin düzeylerindeki azalma ile petiol veya meyve sapının dalla birleşin tabakasında ayrılmaya yol açar ve sonuçta yaprak ve meyvelerin düşmesine neden olur. Araştırmalarda IAA üretimi yetersiz bitkilerin gölgeden kaçınma yeteneklerini kaybettiği ve normal bitkilerle karşılaştırıldıklarında daha bodur büyüme gösterdiği belirlenmiştir (Tao *et al.* 2008). IAA genellikle hücre bölünmesi, uzama ve farklılaşmasını etkilemekte; tohum ve yumru çimlenmesini uyarmakta; ksilem ve kök gelişme hızını artırmakta; vejetatif gelişme süreçlerini kontrol etmekte; lateral ve adventif kök oluşumunu başlatmakta; ışık, yer çekimi ve çiçeklenmeye tepkiye aracılık etmekte; fotosentez, pigment oluşumu, farklı metabolitlerin biyosentezi ve stres koşullarına dayanıklılığı etkilemektedir (Ahemad and Kibret 2014).

Çevresel faktörler biyokimyasal yol ve fizyolojik süreçleri etkileyen bitki gelişme düzenleyicileri (PGR) veya bitkisel hormonlar uçucu yağ üretimini etkilemektedir. Dışardan uygulandığında ise uçucu yağ miktarı ve bileşenlerini etkilemektedir. Çevresel faktörler biyokimyasal yol ve fizyolojik süreçleri etkileyebilmekte ve uçucu yağlarda olduğu gibi bitki metabolizmasını değiştirebilmektedir. Bitki üzerinde büyüme regülatörlerinin etkileri muhtemelen terpenoid biyosentez yolunu değiştirmek ve savunma yanıtlarını uyaran bir stres faktörü oluşturmaktır. Diğer taraftan IAA çevresel

streslere karşı bakterileri de koruyabilmektedir (Duca *et al.* 2014). IAA uygulamasının *Melissa officinalis* bitkisinde nerol ve geraniol yükseldiği gözlenmiştir (Silva *et al.* 2005). Bitki büyüme düzenleyicilerin fesleğen ve kişniş ve çemen herba verimini artırdığı (Rohamare *et al.* 2013; Nourafcan *et al.* 2014). Diğer bir araştırmada, 100 ppm IAA uygulamasının papatya (*Chamomile recutita* L. Rausch) bitkisinde α -bisabolol oxide içeriğini artırdığı belirlenmiştir (Reda *et al.* 2010). Oksin ve sitokininlerin melisa yağında bazı bileşenleri artırdığı (Silva *et al.* 2005), benzer olarak NAA ve IAA uygulamasının *Mentha piperita* uçucu yağını artırdığı (Koseva-kovacheva and Stanev 1978) rapor edilmiştir. Hazzoumi *et al.* (2014) IAA çeşitli tıbbi ve aromatik bitkiler üzerine bitki gelişme düzenleyicileri etkisi ile ilgili çalışmasında IAA uygulamasının reyhan uçucu yağ verimini artırdığı ve metil karvakrolde küçük değişim meydana geldiğini belirlemiştir. Önceki bazı araştırmalarda bitki gelişmesini düzenleyicilerin *Ocimum basilicum* ve *Lavendula dentata* bitkilerinde monoterpenleri etkilediği (Li *et al.* 2007; Hazzoumi *et al.* 2014); sitokininlerin *Mentha piperita* L. ve *Salvia officinalis* L. bitkilerinde uçucu yağ metabolizma ve birikimini ve özellikle monoterpenleri teşvik ettiği (El-Keltawi and Croteau 1987) ortaya konulmuştur. Bitki doku kültürleri ve gelişme düzenleyicilerin uçucu yağ profili, kompozisyonu ve verimi üzerine etkisinin ele alındığı çalışmalarda sekonder metabolitlerin etkilendiği görülmektedir (Sudriá *et al.* 2001; Silva *et al.* 2005; Affonso *et al.* 2007).

Tarımsal uygulamalar tıbbi ve aromatik bitkilerde aktif madde miktarları ve kimyasal bileşimi değiştirebilmektedir. Patten and Glick (2002), indolpürüvik asit yolu ile *Pseudomonas putida* tarafından üretilen indol-3-asetik asidin kök gelişimi üzerinde direk pozitif etkisini göstermişlerdir. Diğer taraftan *Azospirillum* sp. tarafından IAA üretimi bitki gelişmesini teşvik eden temel faktör olduğu kabul edilmektedir (Mehry *et al.* 2008). Martinez-Morales *et al.* (2003) tarafından *A. brasilense* streininin, bitki gelişmesini düzenleyen oksin aktivitesi ile ilişkili bir madde olan IBA ürettiği bildirilmiştir. Kılcal köklenmenin teşvik edilmesi yoluyla kök sisteminin geliştiren *A. brasilense* aşılmasının lateral ve adventif kök oluşumunu teşvik ettiği gözlenmiştir. Bitki büyüme ve gelişmesi üzerine PGPR etki mekanizmaları arasında en etkin rolü bakterilerce mikrobiyal oksin üretiminin oynadığı ortaya konulmuştur. IAA bakterilerce

Üretilen sekonder bir metabolittir ve çoğunlukla kök sistemini etkilemekte, adventif kök sayısı ve boyutlarını artırmaktadır (Ribeiro and Cardoso 2012). IAA retici bakterilerin bitki gelişmesinde çok önemli bir araç olduğu (Wahyudi *et al.* 2011) ayrıca lateral ve kılcal köklenmeyi teşvik ettiği, çimlenme oranı, kok ve gövde gelişmesini artırdığı ifade edilmiştir (Fatima *et al.* 2009; Mohite 2013).

İndol-3-asetik asit faydalı ve zararlı yönleriyle bitki gelişmesini kontrol etme kapasitesine sahip önemli bitkisel hormonlardan biridir. Bitki gelişmesini teşvik edici veya fitopatojen özelliğinde olan birçok bakteri IAA sentezleyebilmektedir. IAA sentezinde indol-3-piruvik asit, indol-3-asetamit ve indol-3-asetonitril olmak üzere üç temel yol vardır (Duca *et al.* 2014). Örneğin kantitatif olarak *Azospirillum* tarafından üretilen en önemli oksinin IAA olduğu (Glick 2014; Mehnaz 2015), bazı araştırmaların ise (Couillerot *et al.* 2013) indol-3-butirik asitinde (IBA) yüksek oranda retilbildiini göstermiştir. *Azospirillum* tüm gelişme aşamalarında IAA retebilmektedir (Malhotra and Srivastava 2009). Duca *et al.* (2014) tarafından İndol-3-bütirik asidin *Azospirillum* suşlarında IAA için önemli bir kaynak ve rezerv olduğu; *Azospirillum* sp dört farklı yolla IAA üretebildiği, bunların üçünün triptofana bağımlı indol-3-piruvik asit (IPA), indol-3-asetamit (IAM) ve triptamin (TAM) yolları, diğerinin ise triptofandan bağımsız yol olduğu bildirilmiştir. Çevresel dalgalanmalar, besin noksanlıkları, özellikle azot, karbon ve fosfor kısıtlılığı altında IAA düzeyleri artmaktadır (Malhotra and Srivastava 2009).

Farklı aromatik bitki türleri üzerinde yrtlen birçok araştırmada PGPR kullanımının verim ve monoterpen üretimini artırıcı önemli bir strateji olduğu (Banchio *et al.* 2009; Santoro *et al.* 2011, 2015; Cappellari *et al.* 2013); mentol içeriği ve bakteriyel IAA retimi arasındaki güçlü pozitif ilişki göstermiştir ki, oksin üretiminin yüksek ticari önemi olan nanede monoterpen birikimini artırdığı tespit edilmiştir (Santoro *et al.* 2015). Mikroorganizmalar ile yrtlen araştırmalarda, *Glomus fasciculatum*, *Azotobacter chroococcum* ve *A. awamori* aşılamalarının reyhanda (*Ocimum* spp.) uçucu ya içeriği, kok ve gövde aırlıını ve toplam biyoması artırdığı (Vinutha 2005), *G. fasciculatum*, *Pseudomonas fluorescens* ve *Bacillus megaterium* aşılamaları ile *Ocimum*

basilicum gelişmesinin arttığı (Hemavathi *et al.* (2006), benzer olarak *Pseudomonas putida* ve *Azotobacter chroococcum* aşılamları ile kök ve gövde kuru ağırlığı, N, P ve K içeriği ve uçucu yağ içeriğinin arttığı (Ordookhani *et al.* 2011) belirlenmiştir.

Benzer olarak tekli ve kombine PGPR uygulamaları veya mikorizalarla birlikte aşılamları ile *Silybum marianum* (Egamberdieva *et al.* 2013), *Foeniculum vulgare* (Darzi 2012), *Ocimum basilicum* (Heidari *et al.* 2011), *Withania somnifera* (Rajasekar and Elango 2011), *Catharanthus roseus* (Abdul Jaleel *et al.* 2007; Karthikeyan *et al.* 2010), *Chrysanthemum cinerariifolium* (Mishra *et al.* 2010), *Calendula officinalis* (Hosseinzadah *et al.* 2011), *Hibiscus sabdariffa* (Hassan 2009), *Origanum majorana* (Banchio *et al.* (2008) ve *Phyllanthus amarus* (Earanna and Bagyaraj 2004) tıbbi ve aromatik bitkilerinde gelişme verim artışı ile birlikte sinerjistik etkiler elde edilmiştir. Türkiye’de çay (*Camellia sinensis* L.) rizosferinden izole edilen PGPR strainlerinin kullanılarak farklı çay klonlarında gövde gelişmesi, bitki yüksekliği, gövde çapı, yaprak verimi, besin alımı, klorofil ve antioksidan içeriği, yaprak alanı, katalitik, hidrolitik ve antioksidan enzim aktivitesi dahil gelişmenin teşvik edilebildiği; PGPR aşılamlarıyla çay yapraklarının makro ve mikro element içeriğinin artırılabilirdiği; glutatyon redüktaz, glutatyon S-transferaz, glukoz 6-fosfat dehidrogenaz, 6-fosfoglukonat dehidrogenaz, polifenol oksidaz, peroksidaz, üreaz, 5-dehidroksişikimat redüktaz ve alkol dehidrogenaz enzim aktivitesinin değiştirilebildiği belirlenmiştir (Varmazyari *et al.* 2014; Çakmakçı *et al.* 2012, 2013 b, 2014, 2015 a,b,c; Çakmakçı, 2014, 2016). PGPR aşılamları ile anason (Gomaa and Abo-Aly 2001), limon otu (Ratti *et al.* 2001), dereotu (Kandeel *et al.* 2004), hoda ve çörek otu (Shaalan 2005a, b), rezene (Darzi *et al.* 2007; Moradi *et al.* 2011), fesleğen (Rashmi *et al.* 2008) ve kimyon (Saeid Nejad and Rezvani Moghaddam 2011) gibi tıbbi ve aromatik bitkilerde gelişme, tohum ve uçucu yağ verimi artırılabilmiştir.

Bitki gelişmesini teşvik edici *Pseudomonas fluorescence* aşılması Cezayir menekşesi (*Catharanthus roseus*) bitkisinde biomass verimi ve alkaloid içeriğini (Abdul Jaleel *et al.* 2007); fosfat çözücü bakterilerin tıbbi *Phyllanthus amarus* türünde dane verimini (Annamalai *et al.* 2004); *Azotobacter* ve *Azospirillum* bakterilerinin adaçayında (*Salvia*

officinalis) bitki boyu, kök yaş ve kuru ağırlığı (Vande Broek *et al.* 1999); *Azotobacter* aşılmasının biberiye bitkisinde (*Rosmarinus officinalis*) uçucu yağ oranını (Leithy *et al.* 2006); mycorrhizal funguslarla *Azospirillum* ve *Bacillus* bakterilerinin kombine aşılamaalarının *Cymbopogon Martinii* türünde toplam biomas üretimini (Ratti *et al.* 2001) ve biyolojik gübre uygulamalarının kekik (*Thymus vulgaris*) bitki türünde gelişmesini önemli oranda artırdığı (Youssef *et al.* 2004) belirlenmiştir.

P. fluorescens bakterisi ile aşılması *M. piperita* yağında ana bileşenler pulegon, menton, mentol ve menthofuran miktarını artırmıştır (Santoro *et al.* 2011). Bakterilerin bitkilerle tam interaksyonu, sekonder metabolit risponsunu uyarmaktadır (Banchio *et al.* 2008, 2010). Mercanköşk (*Origanum majorana*) bitkisinin *P. fluorescens* ile aşılması uçucu yağ verim esansiyel madde birikimini artırabilmiştir. Bakteriler bitki büyüme hormon üretimi, uçucu organik bileşik üretimi, fosfat çözme, sülfürün oksidasyonu, nitrat alımının artırılması, kök geçirgenliğinin artması, bakteriyel uçucular ve bunların kombinasyonu ile bitki gelişmesi teşvik edilmektedir (Santoro *et al.* 2011).

Lee and Yi (2003), tarafından ilaç, kozmetik, parfüm ve likör üretiminde yaygın olarak kullanılan ve uçucu yağının böcek kovucu etkisi de bulunan fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisi farklı konsantrasyonlarda NAA, IAA, BA, Kinetin, 2iP ve TDZ ile desteklenmiş kültür ortamında geliştirilmiş ve bitki gelişme düzenleyicileri ve kombinasyonlarının kallus gelişmesi ve bitki rejenarasyonunda önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Çalışmada, en yüksek kallus başlangıcı ve çoğalması 1 mg/ L NAA + 1 mg/L BA içeren besi ortamında ortaya çıkmış, bitki büyüme düzenleyicilerin ikincil metabolit yolu üzerine farklı etki gösterdiği belirlenmiştir.

Silva *et al.* (2005), oğulotu (*Melissa officinalis*) bitkisinin kültür ortamında 60 gün süreyle oksin ve sitokinin (IAA 11,42 $\mu\text{mol L}^{-1}$; BA 8,87 $\mu\text{mol L}^{-1}$ ve IAA+BA) ilave edilmesiyle; nerol içeriğinin 1,4 kat ve geraniol içeriğinin ise 4,1 kat arttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılara göre kültür ortamına hormon ilave edilmesinin alkollerin aldehitlere indirgenme reaksiyonunu engelleyebilmektedir.

Harici IAA uygulamalarının çelik köklenmesini etkilediği bilinmektedir. Nitekim Rout (2006) tarafından çay bitkisinde (*Camellia sinensis* var. TV-20) yürütülen ve farklı IAA, NAA ve IBA dozlarının test edildiği araştırmada; köklendirilme ortamına aktarıldıktan 3 hafta sonra hormon içermeyen besi ortamında köklenme görülmezken, 25, 50, 75 ve 100 ppm IAA uygulamalarının köklenme oranının sırasıyla %26,8, 38,6, 50,8 ve 64,2; ortalama kök uzunluğunun ise 0,36, 0,84, 1,12 ve 1,24 cm olduğu ve fenolik bileşiklerin çayda adventif kök oluşum başlangıcında önemli rol oynadığı ve çay köklenmesini teşvik edici olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) üzerine yürütülen araştırmalarda PGPR uygulamaları ile salgı bezleri ve uçucu yağ veriminin artırılabilirdiği (Copetta *et al.* 2006), laboratuvar koşullarında bakteri aşılamları ile bu bitkide uçucu yağ verimi ile birlikte yağ bileşenlerinden α -terpineol ve eugenol içeriğinin de artırılabilirdiği (Banchio *et al.* 2009) ortaya konulmuştur.

Leithy *et al.* (2006), biberiye (*Rosmarinus officinalis*) bitkisinde gelişme, verim ve kimyasal içerik üzerine iki farklı toprak tipinde, farklı sulama rejimi (normal sulama, her 7 günde bir, 14 günde bir ve 21 günde bir sulama) ve biyolojik gübrelemenin etkisini araştırmışlardır. Su stresinin, kumlu toprakta killi toprağa kıyasla daha yüksek olmak üzere, gelişme parametrelerini azalttığı; bu azalmanın bitki boyu, bitki başına dal sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlıklarında sırası ile killi toprakta 20,6, 52,3, 57,9 ve 45,2 ve kumlu toprakta ise %43,5, 43,1, 68,8 ve 47,0 olduğu belirlenmiştir. Biyolojik gübre (*Azotobacter vinelandii*) ve hücre stabilizatörü (salisilik asit) kullanımının gelişmeyi teşvik ettiği, bitkideki N, P, K su stresi tarafından etkilenirken, N içeriği sadece biyolojik gübreleme ile artış gösterdiği görülmüştür. Araştırmada uçucu yağ bileşenleri sulama aralıklarının uzatılması ile etkilenmiş; α -pinene, β -pinene, limonen, 1,8-sineol, linalol, campor, β -terpineol, borneol, terpinen-4-ol, karvon, timol, karvakrol, linalylacetate, geranylacetate, β -kariyofilen ve kariyofilen oksit gibi bileşenler biyolojik gübreleme ve hücre stabilizatörü tarafından önemli ölçüde artırılmış, diğer bileşenlerde her hangi bir değişme görülmemiştir.

Mahfouz and Sharaf-Eldin (2007), rezene (*Foeniculum vulgare* Mill; Fam) bitkisinde 2003-2005 yıllarında kimyasal gübreleme ile birlikte biyolojik gübre uygulamalarının (*Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum liboferum* ve *Bacillus megatherium*) gelişme, verim ve yağ bileşimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, biyolojik gübre uygulamaları, kimyasal gübrelemeye kıyasla, vejetatif gelişmeyi (bitki boyu, dal sayısı, taze ve kuru bitki ağırlığı) artırmış; en yüksek bitki uzunluğu, bitki başına dal sayısı ve taze ve kuru ağırlığı biyolojik gübre ile birlikte yarım doz kimyasal gübre (357 kg amonyum sülfat + 238 kg kalsiyum süper fosfat + 60 kg potasyum sülfat ha⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. Araştırmada biyolojik gübreleme kuru maddede toplam karbonhidrat miktarını etkilemiş ve en yüksek miktarı biyolojik gübre ile birlikte yarım doz azot ve fosfor uygulamasından elde edilmiştir. Çalışmada N, P ve K miktarı azot fikseri, fosfat çözücü ve iki bakterinin karışımı uygulanan bitkilerde önemli artış göstermiş, biyolojik gübre yarım doz kimyasal gübrelemeye kıyasla uçucu yağ içeriğini artırmış ve en yüksek yağ verimi (1,45 ml bitki veya 51,81 ml/ha) biyolojik gübre artı yarım doz kimyasal gübre (NPK) uygulamasından elde edilmiştir. Biyolojik gübrelemenin oksijenli bileşikler artırdığı araştırmada, rezene uçucu yağında en yüksek anetol (trans-1-methoxy-4-(prop-1-enyl) benzen; C₁₀H₁₂O) miktarı yarım doz N,P ve K ile birlikte *Bacillus megatherium* aşılmasından elde edilmiştir. Araştırmacılar yüksek gelişme ve yağ verimi için biyolojik gübrenin yarım doz NPK uygulaması ile birlikte kullanımının en iyi sonucu verdiğini ifade etmişlerdir.

Khalid *et al.* (2007), tarafından fosfor kaynağı olarak kaya fosfat, potasyum kaynağı olarak felispat farklı dozlarda (0, 25, 50 ve 100 g/l) biyolojik potasyum ve fosfor gübrelemesi ile birlikte sedefotu (*Ruta graveolens* L) bitkisinde kimyasal gübrelemeye kıyasla test edilmiştir. Kaya fosfat ve Feldispatlarla birlikte biyolojik gübre uygulamasının bitki boyu, dal sayısı, yaprak, gövde ve kök gibi farklı bitki kısımlarının yaş ve kuru ağırlığı gibi vejetatif gelişme parametreleri ile birlikte bazı uçucu yağ bileşenleri, toplam flavonoidler, P, K, Fe, Zn ve Cu içeriğini artırmıştır.

Banchio *et al.* (2008), bitki gelişmesini teşvik edici bakterilerin tıbbi aromatik mercanköşk (*Origanum majorana* L.) bitkisinde biyomas, kalitatif ve kantitatif uçucu

yağ kompozisyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Sinorhizobium meliloti* ve *Bradyrhizobium* sp. strainleri test edilmiştir. Çalışmada sadece *P. fluorescens* ve *Bradyrhizobium* sp. izolatlarının, kontrol ve diğer bakteri aşılımlarına kıyasla, kekik sürgün uzunluğu, sürgün ağırlığı, yaprak sayısı, nod sayısı ve kök kuru ağırlığını artırdığı, ayrıca oransal olarak uçucu yağ veriminin, kompozisyon değişikliği olmaksızın, önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşimi açısından, bakteri aşılması bazı terpenleri artırdığı, bakteri aşılımlarına yanıt olarak toplam uçucu yağ verim artışı biomas artışından değil, terpenlerin biyosentezinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Toplam yağ içeriğinin %95,9'unu altmış sekiz bileşenin oluşturduğu, terpinene-4-ol, cis-sabinen hidrat, trans-sabinen hidrat ve α -terpineol gibi ana bileşenlerin *P. fluorescens* aşılması ile arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak *P. fluorescens* straininin ticari olarak kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Gharib *et al.* (2008), kompost ve biyolojik gübrelemenin mercanköşk (*Majorana hortensis* L.) gelişme, verim ve yağ bileşenleri üzerine etkisini ele aldıkları çalışmada, 45 günlük fideler kompost ve biyolojik gübrenin (*Azospirillum brasiliense*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus polymyxa* ve *B. circulans* karışımı) %15 ve %30 sulu ekstrleri ile muamele edildikten sonra toprağa aktarılmıştır. İlave olarak N,P ve K önerilen dozu kontrol olarak kullanılmıştır. Kombine biyolojik gübreleme uygulaması bütün parametreler bakımından azot fikserleri (*A. brasiliense*, *A. chroococcum*, *B. polymyxa*) veya tek başına *B. circulans* aşılmasına kıyasla en iyi sonucu vermiştir. Üç hasat ortalaması olarak yağ oranı ve bitki başına yağ verimi kontrole kıyasla düşük seviyede kompost ve biyolojik gübrenin birlikte uygulanması ile yaklaşık iki kat artmış, bu durum nispeten iyi yağ verimi elde edebilmek için entegre besin yönetimin ve düşük girdi sistemi kombinasyonunun faydalı olacağını göstermiştir. Çalışmada mercanköşk uçucu yağ komponentlerinin gübreleme tip ve düzeyinden etkilenmediği, en yüksek cis-sabinen hidrat (18,47%) ve terpinen-4-ol (24,24%) seviyesinin %30 sulu kompost ekstrsi ile birlikte *B. circulans* ve *A. brasiliense* + *A. chroococcum* + *B. polymyxa* aşılması uygulanmış bitki yağlarından elde edilmiş, diğer bileşenler gübre ve seviyelerine bağlı olarak değişim göstermiştir.

Affonso *et al.* (2009) kekikte (*Thymus vulgaris* L.) 1, 5, ve 10 μM konsantrasyonda oksin (IAA), sitokinin benzil adenin (BA), zeatin (ZA) ve kinetin (KIN) uygulamalarının köklenme, biomas üretimi ve uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, en yüksek gövde biomas üretimi 5,0 μM , BA uygulaması ile elde edilirken, en yüksek köklenme (%100 köklenme) IAA'nın bütün dozlarında ortaya çıkmıştır. Kekik yağında ana bileşenler γ -terpinen (%22,8-38,8), p-simen (%13,8-27,9), ve timol (%5,5-29,0) olduğunu ve 1,0 μM IAA ile desteklenen ortamda timol (%315 artış) gibi uçucu yağ bileşenlerinin arttığını saptamışlardır. Araştırmacılar tarafından yüksek IAA, BA ve ZA (5 ve 10 μM) konsantrasyonlarının timol içeriğini azalttığını ve timol oranının artıkça γ -terpinen ve p-cymene içeriğinin azaldığı vurgulanmıştır.

Banchio *et al.* (2010), İtalyan kekiği (*Origanum x majoricum*) bitkisinde üç bitki gelişmesini teşvik edici bakteri aşılamaının (*Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*) bitki gelişmesi ve uçucu yağ içeriğine etkisini ele aldıkları çalışmada; *P. fluorescens* ve *A. brasilense* aşılamaı ile uçucu yağ veriminin taze ağırlık olarak 3,57 ve 3,41 $\mu\text{g}/\text{mg}$ olduğu, kontrole göre yaklaşık 2,5 kat arttığı, uçucu yağ ana bileşenlerinden, cis- ve trans-sabinen hidrat, γ -terpinen, karvakrol ve timol, biyosentezinin arttığı belirlenmiştir. karvakrol *A. brasilense* aşılanmış bitkilerde artan tek terpen olmuş, bütün PGPR aşılamaı ile yağ gövde ağırlığı artmış, ancak kuru kök ağırlığı sadece *P. fluorescens* ve *A. brasilense* aşılamaılarıyla artmıştır. Bu iki türün mercanköşk bitkisinde ticari potansiyele sahip olduğu, monoterpenlerin birikimi ve verimi etkileyen faktörlerin anlaşılması, ekonomik açıdan önemli bitki bileşenlerinin üretiminin artırılması için gereklidir.

De Oliveira *et al.* (2010) tarafından yürütölen araştırmada, kozmetik endüstrisi ve ilaç sanayiinde faydalı uçucu yağ üretici bitkilerden *Melaleuca alternifolia* bitkisinde, köklenme aşamasında üç farklı oksin (NAA, IAA ve IBA) iki farklı dozda (0,53 ve 2,64 μM) test edilmiştir. Sonuçlara göre, 0,53 μM oksin ve özellikle IAA ve IBA kullanımı ile kök uzunluğunun arttığı ve toprak üstü organların gelişmesinin 2,64 μM IAA veya IBA ortamda yüksek olduğu görölmüştür.

Hellal *et al.* (2011), dereotunda (*Anethum graveolens* L.) kimyasal gübrelemenin belli bir kısmının biyolojik gübreleme ile karşılanması amacıyla yürüttükleri tarla denemesinde yağ verimi ve kompozisyonu ele alınmıştır. Çalışmada beş farklı bakteri straini (*Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum lipoferum*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus megatherium* ve *Pseudomonas fluorescens*) eşit oranlarda karıştırılarak kombine biyolojik gübre olarak kullanılmıştır. Biyolojik gübre tek başına veya önerilen mineral kimyasal azot gübreleme dozunun 1/3 ve 2/3'lük kısmı ile birlikte uygulanmıştır. Çalışmada, tek başına ve mineral gübreleme ile birlikte biyolojik gübrelemenin gelişme, verim ve uçucu yağ bileşenlerini artırdığı belirlenmiştir. En yüksek vejetatif gelişme, yağ verimi, klorofil içeriği ve NPK yüzdesi biyolojik gübrenin önerilen N dozunun 2/3'ü ile birlikte kullanılması ile elde edilmiştir. Uçucu yağ ana bileşenlerinin karvon, limonen ve apiol olduğu, bileşenlerin biyolojik ve kimyasal gübreleme ile değiştiği, kimyasal gübrenin belli kısmı ile birlikte biyolojik gübrelemenin dereotunda verimin yanı sıra kaliteyi de artırdığı belirlenmiştir. Yüksek kaliteli ürün için 2/3 azot gübrelemesine ilave olarak biyolojik gübrelemenin önerildiği çalışmada, biyolojik gübrelemenin temiz tarım için bir çıkış olabileceğine işaret edilmiştir.

Karaliya and Parić (2011), kekik (*Thymus vulgaris* L.) bitkisine *in vitro* koşullarda farklı konsantrasyonlarda BA ve IBA uygulamalarının etkisini ele almış, çalışmada en yüksek gövde sayısının 2 mg/L BA + 0,1 mg/L IBA ve 4 mg/L BA + 0,1 mg/L IBA uygulaması ile ulaşılmış, klorofil a, klorofil b ve karotenoid içeriği büyüme regülatörlerinin farklı konsantrasyonlarına bağlı olarak değişmiştir. BA konsantrasyon 2 mg/L'den 4 mg/L düzeyine çıkarken flavonoid üretimi 0,61'den 0,64 mg/g taze ağırlık düzeyine çıkmış, bunun aksine olarak monomerik antosiyaninlerde azalma olmuştur. Araştırmada özellikle, yüksek BA konsantrasyonlarının sürgün çoğalması ve flavonoid üretimini teşvik ettiği gözlenmiştir.

Santoro *et al.* (2011), nane (*Mentha piperita*) bitkisinde uçucu organik bileşik üretici bakterilerin (*Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*) uçucu yağ ve gelişme parametreleri üzerine etkisinin ele alındığı çalışmada; *P. fluorescens* ve *B. subtilis* bakterilerinin düşük moleküler ağırlıklı ve yüksek buhar basınçlı uçucu

organik bileşiklerine maruz kalan bitkilerde gelişme parametreleri kontrolden yüksek bulunurken, *P. fluorescens* aşılınmış bitkilerde uçucu yağ (monoterpen) üretimi iki kat artmış ve temel uçucu yağ bileşeni pulegon ve mentonun sentezi yükselmiştir. *A. brasilense* aşılınmış bitkilerde tek ana bileşen olan mentol azalmıştır. Araştırma sonuçları rizobakteri uçucu organik bileşiklerinin ikincil metabolitlerin biyosentezini uyarıp teşvik etme yanında monoterpen metabolizması yolunun akışı ve belirli aşamalarını etkilediğini düşündürmektedir. Bakteriyel uçucu organik bileşikler doğal bileşikler için yeni bir kaynak olarak ekonomik olarak önemli bitki türlerinde bitki gelişme ve yağ verimini artırmaktadır.

Victorio *et al.* (2011), tarafından yürütülen araştırmada bir çeşit zencefil (*Alpinia zerumbet*) bitkisinde indol-3-asetik asit, kinetin, Thidiazuron ve 6-benzilaminopurin uygulamalarının doku kültürlerinde yaprak, kök uçucu yağ kompozisyonu etkileri araştırılmıştır. Yüksek oranda beta-pinen ve düşük oranda sabinen içeriği kontrol, IAA ve IAA + TDZ ortamında geliştirilen bitkilerin uçucu yağında gözlenmiştir. Ortama IAA ilave edilmesi durumunda uçucu yağ bileşenlerinde hafif değişimler meydana geldiği, bitki büyüme düzenleyicilerin *A. zerumbet* uçucu üzerinde etki gösterdiği, terpenoid niteliği ve niceliğini değiştirdiği, sabinen, β -pinen, γ -terpinen ve kariyofilen içeriğini değiştirebildiği gözlenmiştir.

Darzi (2012), biyolojik gübrelemenin rezene (*Foeniculum vulgare*) bitkisinde, sürdürülebilir yetiştiricilikte kalitatif ve kantitatif verim üzerine etkisi araştırmıştır. Tarla koşullarında 2005 ve 2006 yıllarında yürütülen çalışmada, mikoriza aşılması (aşılı ve aşılansız), fosfatlı biyolojik gübre (0, 30, 60 kg/ha) ve vermikompost (0, 5, 10 ton/ha) uygulamaları denenmiştir. Sonuçlara göre, en yüksek tohum verimi ve uçucu yağ verimi mikoriza uygulamasıyla elde edilmiş, en yüksek tohum verimi 30 kg/ha, uçucu yağ verimi ise 60kg/ha fosfatik biyolojik gübre uygulaması ile alınmıştır. Hektara 10 ton vermikompost uygulaması tohum ve uçucu yağ verimini önemli oranda artırmıştır.

Darzi and Hadi (2012) kişnişte (*Coriandrum sativum*) organik gübre ve azot fikseden bakterilerin uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisini test edildiği çalışmada dört sığır gübresi kombinasyonu (5, 10, 15 ve 20 ton/ha) ve üç bakteri uygulaması (*Azotobacter*, *Azospirillum* ve *Azotobacter* + *Azospirillum*) konusu ele alınmıştır. Uçucu yağda en yüksek limonen içeriği 20 t/ha organik gübreleme ile alınırken, azot fiksasyon bakteri aşılımları uçucu yağda geranil asetat, limonen ve beta pinen üzerine önemli etki göstermiştir. Uçucu yağda en yüksek geranil asetat ve limonen içeriği birlikte aşılama (*Azotobacter* + *Azospirillum*), en yüksek beta pinen içeriği ise tek başına *Azospirillum* aşılması ile elde edilmiştir.

Mohebalipour *et al.* (2012), tıbbi ve aromatik 9 farklı oğulotu genotipi (*Melissa officinalis* L.) üzerine bitki büyüme düzenleyicilerin, AP (2 mg l⁻¹), IAA (2 mg l⁻¹) ve IAA + BAP (2 mg l⁻¹) mikroçoğaltım üzerine etkisinin ele alındığı araştırma sonuçlarına göre; en yüksek gövde sayısı artışı 2 mg l⁻¹ BAP uygulaması ile alınmış bunu BAP+IAA izlemiştir; en yüksek gövde uzunluğu ve bitki başına nod sayısı ise 2 mg l⁻¹ IAA uygulamasında belirlenmiştir. Araştırma da bitki gelişme düzenleyicilerin melisa bitkisinde *in vitro* ortamda kallus gelişmesini, gövde ve kök oluşumunu teşvik ettiği belirlenmiştir.

Kim *et al.* (2012), farklı ortam ve oksinler (indol-3-asetik asit, IAA, indol-3-bütirik asit, IBA ve 1-naftalenasetik asit, NAA) farklı konsantrasyonlarda (0,1, 0,5 ve 1 mg/L) kullanılarak geleneksel Çin tıbbında yaygın olarak kullanılan Baikal skullcap bitkisi (*Scutellaria baicalensis*) kök kültüründe gelişme ve flavon üretimi test edildiği çalışmada, kök gelişme oranı bakımından oksin uygulamaları arasında farklılık görülmezken, oksin flavon üretimini artırmıştır. Araştırmada, 0,1 ve 0,5 mg/L IBA ve 1 mg/L IAA uygulamaları kontrole kıyasla daha fazla saçak kök üretimine yol açmıştır. 1 mg/L IAA oksin uygulaması baicalin ve baicalein birikimi için en uygun performans gösterirken, kök kültüründe en yüksek wogonin seviyesi 1 mg / L indol bütirik asit uygulamasında belirlenmiş bunu 0,1 mg/L IAA uygulaması izlemiştir. Çalışmada S. baicalensis bitkisinde yarım kuvvette B5 ortamında oksin uygulamasının flavonoid

üretimi için faydalı bir alternatif yaklaşım olduğu ortaya konulmuş ve ikincil metabolit üretiminin çevresel ve beslenme faktörleri tarafında etkilendiği vurgulanmıştır.

Dadaşoğlu *et al.* (2013) mineral gübre, bitkisel kökenli bir katı ve iki sıvı organik gübre, vermikompost gübresi ve azot fikseri ve fosfat çözücü mikroorganizma esaslı yedi farklı biyolojik gübre (*Paenibacillus polymyxa* RC05, *Pseudomonas putida* RC106, *Bacillus subtilis* RCK17, *Pseudomonas fluorescens* RCK1136, *Pantoea agglomerans* RK79, *Pseudomonas fluorescens* RC77+*Bacillus subtilis* RC63 ve *Pseudomonas fluorescens* RC77+*Bacillus megaterium* RC07) uygulamasının dağ çayı (*Sideritis montana*) gelişmesi üzerine etkisini test etmişlerdir. İki yıllık ortalamalara göre, organik ve biyolojik gübre uygulamaları yaş gövde ağırlığı (0,4- %79,1); toplam klorofil içeriği (%0,3-35,49), yaprak alan indeksini ise (%13,3- 64,4) değişen oranlarda artırmış; oysa NPK gübrelemesi yaş gövde ağır 52,2, klorofil içeriğinde %25,7, yaprak alan indeksinde ise %64,4 artış sağlamıştır. Test edilen biyolojik gübrelerden yüksek etkinlik gösterenler (RC05, RCK77+RC63 ve RCK77+RC07) dağ çayı gövde ve kök gelişmesi, yaprak alanı ve klorofil içeriğini denemede kullanılan mineral gübrelemeye eşit veya daha fazla artırabilmiştir. Test edilen *Pseudomonas fluorescens* RC77+*Bacillus subtilis* RC63, *Pseudomonas fluorescens* RC77+*Bacillus megaterium* RC07, *Paenibacillus polymyxa* RC05 ve *Pseudomonas fluorescens* RCK1136 biyolojik gübrenin ve bitkisel kökenli sıvı BRCK5 ve BE1250 organik gübrelerin sürdürülebilir ve organik dağ çayı yetiştiriciliğinde kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Mohite (2013) tarafından muz, pamuk, mısır ve buğday rizosferinden IAA üretici bakteri izolasyonu amacıyla yürütülen çalışmada, izole edilerek tanılanan 10 strain 5 adedinin IAA üretebildiği, kök ve gövde uzunluğu ve klorofil içeriğini artırdığı ve indol üretici bakterilerin etki biyolojik gübre ajanı olarak bitki gelişimini teşvik ettiği belirlenmiştir.

Cappellari *et al.* (2013) aromatik *Tagetes minuta* bitkisinde tekli ve ikili kombinasyonlar halinde *Pseudomonas fluorescens* ve *Azospirillum brasilense* aşılamaalarının bitki büyümesi, uçucu yağ kompozisyon ve fenolik içeriğine etkisini

araştırmışlardır. Çalışmada, *P.fluorescens* ve ikili bakteri aşılانmış bitkilerde, uçucu yağ bileşimi değışmeksizin uçucu yağ verimi %70 oranında artmıştır. *P.fluorescens* ve ikili aşılانmalar ile gövde ağırlığı ve uçucu yağ verimi kontrole kıyasla artmış, aşılانmış bitkilerde temel uçucu yağ bileşenleri değışmiş, toplam fenolik içeriğı tekli ve komple bakteri aşılانmalı ile kontrole kıyasla iki kat artmıştır. Araştırmacılar monoterpenler ve fenolik bileşiklerin gıda ve kozmetik sanayiinde önemli olduğunu, *P.fluorescens* ve diğer PGPR uygulamalarının kültürü yapılan aromatik bitkilerde verimliliğı artırmak için önemli bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılar sekonder metabolitlerin birikiminin değeri doğال ürünlerin verimini artırmada önemli bir etken olacağını belirtmişlerdir,

Emiliani *et al.* (2014), tarafından endofitik bakterilerin biyoaktif madde üretiminde ve bitki yaşamında önemli rol oynadığı dikkate alınarak, antik çağlardan beri terapötik olarak kullanılan lavanta (*Lavandula angustifolia* Mill) bitkisinde biyoaktif metabolit üretimi ve fizyoloji üzerine etkisi olabilecek bakteri izolasyonu yapılmıştır. Lavanta dokularında Proteobakteriler hakim olurken, rizosferde Actinobakteriler ve Firmicutlerin yaygın olduğu belirlenmiştir. Bitki rizosferinde en yaygın olan bakteriler sırası ile *Bacillus* (%44), *Pseudomonas* (%30), *Microbacterium* (%10), *Rhizobium* (%7) ve *Arthrobacter* (%6) cinslerine ait türler olmuştur. Lavanta bitkisinde endofitik bakteriler toplam 11 cinse ait olup, sırasıyla *Pseudomonas* (%51), *Stenotrophomonas* (%13), *Pantoea* (%9), *Rhizobium* (%14), *Microbacterium* (%6), *Bacillus*, *Plantibacter*, *Psychrobacter*, *Sanguibacter*, *Salinibacterium* ve *Jeotgalibacillus* cinslerine ait türlerdir. Bakteri kolonizasyonu bakımından göreceli olarak sert koşullara rağmen lavanta dokularının bakteri çeşitliliğı bakımından zengin olduğu, farklı bitki kısımlarında bakteri çeşitliliğı farklılık gösterdiği ve yapraklarda yüksek çeşitlilik gösterirken sap ve gövdede düşük olduğu görölmüştür. Araştırmacılar tarafından, ekstrem ve alışılmamış ortamlarda yaşayan bakteri topluluklarının analizi biyolojik çeşitlilik ve biyoaktif moleküllerin üretilmesinde kullanılmayan kaynakların keşfi için uygun strateji olduğu vurgulanmıştır.

Bharti *et al.* (2014), tuza dayanıklı PGPR (*Bacillus pumilus* STR2, *Halomonas desiderata* STR8 ve *Exiguobacterium oxidotolerans* STR36) izolatının uçucu yağ ve doğal mentol kaynağı olarak nanede (*Mentha arvensis*) bitki gelişme potansiyeli ve farklı düzeylerde tuz konsantrasyonuna (NaCl: 0, 100, 300 ve 500 mM) dayanıklılık üzerine etkisini test etmişlerdir. Uçucu yağ oranları, inokule edilmemiş bitkilerde 100, 300 ve 500 mM NaCl uygulamaları sırası ile %0,46, 0,42 ve 0,35 olurken; aynı tuz konsantrasyonlarında uçucu yağ oranı *Halomonas desiderata* STR8 aşılansmış bitkilerde %0,71 ve 0,60 ve 0,48 olarak belirlenmiştir. Tuza dayanıklı bakteri uygulamalarının düşük ve orta tuz düzeylerinde (100, 300 mM NaCl) aşılansmamış ve tuz stresi uygulanmamış bitkilere kıyasla daha yüksek verime yol açtığı bu durumun antioksidant özelliği ve besin alımının bakteri tarafından teşvik edilmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Çakmakçı *et al.* (2014), geliştirilen yedi katı ve sıvı organik ve inorganik taşıyıcı ile birlikte (çay kompostu, torf, perlit, leonardit, zeolit ve vermikülit ve sıvı) beş farklı bakteri formülasyonunu (F1: *Bacillus subtilis* RC11+ *Bacillus megaterium* RC07+ *Pseudomonas fluorescens* RC77; F2: *Bacillus subtilis* RC63+ *B. megaterium* 21/3+ *P. fluorescens* 8/4; F3: *B. subtilis* 36/10+ *B. megaterium* 42/2+ *P. fluorescens* 8/6; F4: *B. subtilis*, 39/3+ *B. megaterium* 42/4+ *P. fluorescens* 9/7; F5: *B. subtilis* RC521 + *B. megaterium* 42/4+ *P. fluorescens* 9/7) çay gelişme ve verimi üzerine test etmişlerdir. Biyolojik formüllerin etkinliğinin ele alınan parametreler, kullanılan strainler ve taşıyıcılara bağlı olarak değiştiği, etkin formüllerin bitki yüksekliği, gövde çapı, yaş ve kuru yaprak ağırlığı, yaprak alanı ve klorofil içeriğini artırdığı ve etkin formüllerin kimyasal gübreleme ile benzer sonuç verdiği belirlenmiştir.

Harca *et al.* (2014) yağlık palmye plantasyonlarından IAA üretici ve azot fikseri bakteri izolasyonu amacıyla yürüttükleri araştırmada, on toprak örneğinden izole edilen yedi bakterinin tamamı IAA üretebilirken, bütün isolatlar yarı katı azotsuz ortamda gelişebilmiş ancak yedi izolatin üçü nitrojenaz aktivitesi göstermiş, dört izolat ise asetileni etilene indirgeme özelliği göstermemiş, isolatların asetilen indirgeme kabiliyetleri farklı olmuştur. Araştırmacılar yüksek azot ve pestisit uygulamalarının

nitrojenaz afinitesini azaltabildiği ve fiksasyon prosesini engelleyebildiğini ifade etmişlerdir.

Hazzoumi *et al.* (2014) tarafından geleneksel tıp ve baharat olarak yaygın kullanımı olan tıbbi ve aromatik reyhan (*O. gratissimum* L) bitkisinde, giberalik asit (GA), indol-3-asetik asit (IAA) ve benzilaminopurin (BAP) üç bitki büyüme düzenleyicinin başta uçucu yağın temel bileşenleri metil kavikol ve izomeri trans-anetol olmak üzere, uçucu yağ kompozisyonu ve içeriği araştırılmıştır. Sonuçta yağ verimi, içeriği ve yağın molekül bileşenleri büyük varyasyon göstermiş, GA yağ veriminde çok az bir azalmaya yol açmış ancak bileşenlerin çeşitliliğini artırmış ve dört yeni bileşen (naftalin, kafur, germakren-D ve ledene) ortaya çıkarmıştır. IAA ve BAP ana bileşenler üzerine fazla etki etmezken uçucu yağ verimini artırmıştır.

Nourafcan *et al.* (2014) tıbbi ve baharat olarak kullanılan limonotu (*Lippia citriodora* H.B.K.) bitkisine dışarıdan bitki gelişme regülatörü uygulamalarının yağ üretimi ve yağın kimyasal içeriği üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada IAA (2 mg L^{-1}), 6-benzil amino purin (BAP) (2 mg L^{-1}) ve IAA + BAP (2 mg L^{-1}) test edilmiş, uçucu yağ GC ve GC/MS ile analiz edilmiştir. Limon otu yağında 23'den fazla bileşen belirlenmiş, yağda ana bileşenlerin neral, geranial, 1,8-sineol ve limonen olduğu görülmüştür. Neral miktarı IAA+ BAP (2 mg L^{-1}) uygulaması ile, 1,8-cineole ise IAA (2 mg L^{-1}). Uygulaması ile önemli artış göstermiştir. Araştırmacılar sitralin (geranial+neral) gıda ve parfüm endüstrisinde kullanılan önemli bir tat ve koku reaktifi olduğunu, IAA ve IAA+BAP uygulamalarının limonotunda tıbbi ve besinsel değerini artırdığını vurgulamışlardır.

Dharni *et al.* (2014), deri arıtma çamuru ile kirletilmiş topraktan izole edilen *Pseudomonas monteilii* PsF84 ve *Pseudomonas plecoglossicida* PsF610 izolatlarının gül kokulu sardunya (*Pelargonium graveolens* cv. bourbon) bitkisinin, farklı dozlarda deri arıtma çamuru ilave edilmiş toprakta (toprak: arıtma çamuru oranları 100:0, 25:75, 50:50, 75:25 ve 0:100) metal alımı ve sekonder metabolit (monoterpen) üretimine etkisini araştırmışlardır. İzolatların IAA ve siderofor üretebildiği ve fosfat çözebildiği, PsF84 ve PsF610 aşılamaının gövde kuru biomas, kuru kök ağırlığı, uçucu yağ

verimi ve klorofil içeriğini sırası ile %44 ve 38, %48 ve 40, %43 ve 39 ve %31 ve 28 oranlarında artırdığı belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarının uçucu yağ kompozisyonunu önemli oranda etkilediği, yüzde elli arıtma çamuru içeren toprakta PsF84 ve PsF610 strainleri ile aşılama ların sitronelol içeriğini sırası ile %29 ve 23; geraniol içeriğini ise %39 ve 43 oranlarında artırdığı belirlenmiştir. Araştırmacılar bitkilerde sekonder metabolitlerin oluşumu üzerini bakterilerin kantitatif ve kalitatif katkısının aydınlatılması için çok az çalışma olduğunu ifade etmişlerdir.

Sağlam *et al.* (2014), Anadolu adaçayında (*Salvia fruticosa* Mill.) çiçeklenme öncesinde damıtılmış su içinde hazırlanan NAA ve IBA (0, 60, 120, 180, 240 ppm), IAA (0, 100, 200, 300, 400 ppm) uygulanmasında IAA kök sayısını artırmış, yüksek hormon dozları kök ağırlığı ve sayısını artırırken düşük dozlar kök uzunluğuna etkisi görülmemiştir.

Varmazyari *et al.* (2014) tarafından Hazar Denizinin Güney kıyılarında asidik çay rizosferi topraklarından izole edilerek tanısı, karakterizasyonu, azot fiksasyonu, fosfat çözme ve bitki gelişmesini teşvik etme gibi özellikleri belirlenerek çay yetiştiriciliğinde biyolojik gübre olarak kullanılabilecek bakteri geliştirilmesi amacıyla araştırma yürütülmüştür. Çay rizosfer topraklarında yaygın ve hakim olan ve faydalı bakterilerin çoğunluğu *Bacillus* (%39,9) ve *Pseudomonas* (%15,2) cinslerine ait *B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. licheniformis*, *B. laevolacticus*, *P. fluorescens*, *B. megaterium* ve *P. putida* türleri olduğu görülmüştür. Araştırmada testleri tamamlanan 263 izolattan, 214'ünün serbest azot fiksede bildiği, 159 izolatin fosfat çöze bildiği, 134'ünün ise azot fiks edebildiği ve fosfat çöze bildiği belirlenmiştir. Yürütülen deneme sonuçlarına göre, azot fikseri ve fosfat çözücü *Bacillus pumilus* AR-22, *Bacillus subtilis* AR-17, *Bacillus pumilus* AR-14, *Arthrobacter globiformis* AR-33 ve *Lysobacter enzymogenes* AR-4 izolatları Pazar klonunda enzim aktivitesi, klorofil içeriği, gövde ve yaprak verimi dahil gelişmeyi teşvik etmiştir. Çalışmada yüksek etkinlik gösteren izolatların, kullanılan mineral gübrelemeye benzer olarak çay gelişmesini teşvik ettiği ve organik yetiştiricilikte kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Kammak *et al.* (2015), aynısafa (*Calendula officinallis* L.) bitkisinde bakteri uygulamalarının kalitatif ve kantitatif karakterler üzerine *Azotobacter chroococcum*, *Azosperillum brasilense* ve *Pseudomonans putida* srainlerinin tekli, ikili ve üçlü uygulamaları ve iki farklı inokulasyon tekniğinin etkisini test etmişlerdir. Sonuçlara göre gelişmeyi teşvik edici bakteriler ve uygulama teknikleri analiz edilen tüm parametreleri önemli oranda etkilemiş, tohum aşılamaşı dane verimi, dane hasat indeksi, yağ oranı ve yağ verimini üzerine önemli etki gösterip kalite parametreleri bakımından etkin bulunurken, yapraktan uygulama kantitatif karakterler (çiçek sayı ve çiçek verimi, toplam biomas verimi) bakımından daha uygun olmuştur. *Azospirillum* + *Pseudomonas* aşılamaşı aynı sefa bitkisinin kalitatif ve kantitatif özellikleri üzerine büyük etki göstermiştir. Yağ içeriği ve yağ verimi bakteri aşılama şekli ve gelişmeyi teşvik edici bakteriler tarafından önemli ölçüde etkilenmiştir. Tohum aşılamaşı uygulanmış bitkilerde yağ verimi (725 kg/ha) yapraktan bakteri aşılamaşılarına (246 kg/ha) kıyasla yağ verimini önemli ölçüde artırmıştır.

Cappellari *et al.* (2015) aromatik bitkiler üzerinde PGPR etkileri konusunda araştırmaların yetersiz oluşundan hareketle nane bitkisinde (*Mentha piperita*) *Bacillus subtilis* GB03, *Pseudomonas fluorescens* WCS417r, *P. putida* SJ04 ve WCS417r+ SJ04 bakteri kombinasyonunun bitki gelişme parametreleri, tüy yoğunluğu, klorofil içeriği, stoma yoğunluğu ve sekonder metabolit düzeyleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuçta bakteri aşılamaşı ile gövde ve kök bioması, yaprak alanı, nod sayısı, tüy yoğunluğu ve stoma yoğunluğunda artış ve monoterpenlerde belirgin kantitatif ve kalitatif değişiklikler görülmüştür. Ana uçucu yağ bileşenleri (pulegon, menton, mentol, 1,8-sineol ve linaol) bakteri aşılamaşı ile önemli oranda artmıştır. Araştırmacılar, monoterpenlerin birikimi ve sekonder metabolitlerin biyosentezini etkilemek veya kontrol etmek, aromatik ve diğer bitkilerin üretimi ve kültürünü geliştirmek için, kimyasal gübre ve pestisit kullanılmadan, yeni stratejilerin geliştirilmesine yol açabileceğine dikkat çekmişlerdir.

Çakmakçı *et al* (2015a) tarafından mineral gübre, ticari biyolojik gübre ve sekiz üçlü bakteri kombinasyonundan oluşan biyolojik gübre formülasyonunun iki yıl süresince

çay bitkisinde test edildiği çalışmada, çoklu özelliklere sahip bakterilerin glutation redüktaz, glutation S-transferaz, glikoz-6-fosfat dehidrojenaz, 6-fosfoglukonat dehidrojenaz, polifenol oksidaz, peroksidaz, 5-dehydroshikimate redüktaz ve alkol dehidrojenaz enzim aktivitesini; sürgün gelişimi, yaprak alanı, taze ve kuru yaprak verimleri, makro ve mikro besin alımı, klorofil ve antosiyanin içeriği artırdığı belirlenmiştir. Çalışmada, bazı yeni formülasyonların asidik topraklarda çay yetiştiriciliğinde yüksek verim ve enzim aktivitesi gösterdiği ve beklenenden daha etkin olduğu vurgulanmıştır.

Çakmakçı *et al.* (2015c) azot bağlama ve fosfor çözme özelliğine sahip ikili bakteri straininden oluşan yedi farklı formülasyonun (*Bacillus subtilis* RC521+ *Pseudomonas fluorescens* RC77, *Bacillus subtilis* RC63+ *Lysobacter enzymogenes* 12/5, *Pseudomonas putida* 53/5+ *Bacillus megaterium* 21/3, *Bacillus subtilis* 2/8+ *Pseudomonas fluorescens* 48/3, *Pseudomonas putida* 3/10+ *Bacillus megaterium* RC07, *Bacillus subtilis* AR-110+ *Bacillus atrophaeus* AR-59 ve *Bacillus subtilis* AR-17+ *Rhodococcus erythropolis* AR-49) çay gelişme enzim aktivitesine etkisini araştırmış, PGPR aşılamaının çay yapraklarındaki GR, GST, G6PD, 6PGD, POD, PPO ve DHSK aktivitesini artırdığını belirlemişlerdir. Seçilen formülasyonların stres koşullarına toleransta etkin olabileceği ve çay kalitesini iyileştirebildiği belirlenmiştir. Araştırmacılar enzimlerin çay üretim prosesinde, antioksidan sisteminde, siyah çay bileşiklerinin oluşumu ve oksidasyonunda önemli rol oynadığı; ozmotik stresi azalttığı, polifenollerin ve flavonoidlerin biyosentezinde görev aldığını vurgulamıştır.

Santoro *et al.* (2015), nane (*Mentha piperita*) bitki rizosferinden izole ettiği IAA üretici ve fosfat çözücü üç *Pseudomonas putida* izolatları ve referans *P. fluorescens* straininin gelişme ve verimine etkisini ele aldığı araştırmada, PGPR aşılamaaları ile yaş gövde ağırlığı, glandüler tüy sayısı, dallanma, kuru ağırlık, bitkilerde uçucu yağ verimi ve ana bileşenlerin biyosentezi artmış, PGPR aromatik bitki üretiminin teşvik edilmesinde inokulant olarak önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür. PGPR aşılamaalarının ana monoterpenler üzerine etkilerinin değişken olduğu, terpineol ve menton içeriğinin ve uçucu yağ içeriğinin PGPR uygulamaları ile arttığı, IAA üretimi ile mentol içeriği

arasında pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. Ayrıca uçucu yağ, glandüler tüy sayısı, limonen içeriği ve terpineol içeriği arasında; ayrıca mentofuran, pulegon ve menton arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir. Çalışmada doğal PGPR izolatlarının aromatik bitkilerin üretiminde önemli bir biyoinokulasyon potansiyeline sahip olabildiği, doğal ve yerel izolatların farklı ortamlardan getirilen izolatlara kıyasla mevcut koşullara daha iyi adapte olabildiği ve rekabet avantajı olması nedeniyle tercih edilmesinin daha avantajlı olduğu vurgulanmıştır.

Çakmakçı (2016), Üç yıl süreyle tarla koşullarında çoklu özelliklere sahip 20 farklı izolatın çay büyüme, besin alımı, klorofil içeriği ve enzim aktiviteleri üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmada, IAA üretici, fosfat çözücü, nitrojenaze ve ACC deaminaze aktivitesine sahip bakterilerin gövde gelişmesi, yaprak verimi dahil bitki gelişmesini teşvik ettiği, makro ve mikro element alımını artırdığı, bitki yaprak klorofil ve enzim içeriğini artırdığı belirlenmiş; birden fazla bitki gelişimine etki mekanizmasına sahip bakteri kullanımının etkili bir yaklaşım olduğu görülmüştür. Çalışmada PGPR tarafından bitki gelişmesinin teşvik edilmesi sadece IAA üretimi, azot fiksasyonu veya fosfat çözme özelliği ile değil bu mekanizmalar ve daha fazlası ile birlikte, belirli bir ortamda bitki-mikrop etkileşiminin toplu bir ifade ve sonucu olduğu vurgulanmıştır.

Teshome *et al.* (2016) önemli bir tıbbi ve aromatik bitki olan ve aşırı otlatma, ormansızlaştırma ve tıbbi amaçlar için bütün bitki kısımlarının toplanması ile tehdit altında olan *Satureja punctata* bitkisinde *in vitro*da çimlendirilmiş fideler kullanılarak 6-benzil amino pürinin (BAP) ve kinetin (KIN) farklı konsantrasyonları ile desteklenmiş MS ortamı üzerinde kültürü yapılmış, eksplant başına en yüksek gövde başlangıcı 0,5 mg/L BAP uygulaması ile alınmıştır. Köklenme başlaması yarı kuvvetli MS ortamında farklı konsantrasyonlarda İndol-3-butirik asit (IBA), İndol-3-asetik asit (IAA) ve NAA kök indüksiyonu için kullanılmıştır. En yüksek köklenme yüzdesi (%100), kök sayısı ve kök uzunluğu 1,0 mg/L IBA uygulamasından elde edilmiştir. *S. punctata* bitkisinin köklenmesi için IBA oksininin NAA ve IAA dan daha uygun olduğu görülmüştür.

Pereira *et al.* (2016) organik yetiştirilen aromatik sağlıklı lavanta (*Lavandula dentata* L.) bitkilerinin kök ve gövde dokularından bitki gelişmesini teşvik edebilecek endofitik bakteri izolasyon, karakterizasyon ve kullanımı üzerine yürüttükleri araştırmada; IAA, amonyum, hidrojen siyanit (HCN), siderofor ve ekstraselüler enzimler (lipazlar, selülozlar, proteazlar, pektinazlar), fosfat çözme gibi bitki gelişmesini teşvik (PGP) özellikleri belirlenmiş ve tıbbi aromatik bitkilerin vejetatif çoğaltılmasında biyoinokulant olarak kullanımı irdelenmiştir. Filogenetik analiz sonuçlarına göre endofitik bakterilerin *Proteobakteriler* (%50) ve *Firmicutes* (%30) iki ana gruba ayrıldığı, en yaygın türlerin *Pseudomonas* ve *Bacillus* cinslerine ait olduğu, lavanta köklerinde 6 farklı cinse ait yüksek bakteri çeşitliliği bulunduğu (*Pseudomonas*, *Variovorax*, *Rhizobium*, *Caulobacter*, *Bacillus* ve *Paenibacillus*), gövdede ise çeşitliliğin az olduğu ve sadece 3 cinse (*Bacillus*, *Pseudomonas* ve *Xanthomonas*) ait türlerin bulunduğu belirlenmiştir. Çalışmada, enzim ve çoklu PGP özelliği gösteren bakterilerin sürdürülebilir tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliğinde kullanılabileceği saptanmıştır.

Llorente *et al.* (2016), *Azospirillum brasilense* Cd ve Az39 strainlerinin *in vitro* koşullarda tıbbi ve ornamental *Handroanthus ochraceus* bitkisinin gelişmesi üzerine etkisini ele aldıkları araştırmada, oksin içermeyen ortamda *A. brasilense* Cd aşılmasının köklenme, yaş ve kuru kök ağırlığını sırası ile %55, 45 ve 77 oranında artırdığı, ayrıca bakteri aşılama salgı tüy (glandular) miktarını da artırmıştır. Bitki risponsunun kültür ortamı ve aşılama bakteri strainine göre değiştiği çalışmada bitki-mikroorganizma interaksyonu kullanılarak bitki biyoteknolojisinde yenilikçi bir strateji öne sürülmektedir. Araştırmacılar, oksin kullanılmaksızın *A. brasilense* aşılmasının *Handroanthus ochraceus* bitkisinde köklenme ve salgı tüylerini artırdığını, bu durumun sekonder metabolit üretimi için daha uygun olduğu, ekolojik ve ekonomik açıdan bazı bitkilerde mikro çoğaltım sorunlarına çözebileceği vurgulamıştır.

Ghorbanpour *et al.* (2016), bitki gelişimini teşvik edici iki *Pseudomonas fluorescens* (Pf Ap1, Pf Ap18) ve iki *P. putida* (Pp Ap9, Pp Ap14) straininin tekli ve kombine aşılama adaçayı (*Salvia officinalis*) gelişme, uçucu yağ, toplam fenolik ve

flavonoid gibi sekonder metabolit biyosentezi üzerine etkisini araştırmışlardır. Ayrıca bitki ekstraktının ve uçucu yağının antioksidan ve antimikrobiyal etkileri de test edilmiştir. Çalışmada PGPR toprak, köklendirilmiş fide ve yapraktan uygulanmıştır. Çalışmada farklı PGPR strainlerinin farklı oranlarda oksin, siderofor, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat deaminaz ürettiği ve fosfat çözebildiği belirlenmiştir. Bakteri aşılammamış kontrole kıyasla tekli bakteri aşılammaları kök ve gövde bioması, yaprak P içeriği, uçucu yağ verimi, toplam fenolik içeriği ve flavonoid içeriğini önemli ölçüde artırmıştır. PGPR aşılammaları ile uçucu yağ ana bileşenlerinden cis-thujene, camphor ve 1,8-cineol içeriğinin arttığı görülmüştür. *Pseudomonas fluorescens* Ap18 izolatu ile aşılammış bitki uçucu yağının yüksek antioksidan özelliği gösterdiği, *P. putida* Ap14 izolatu ile aşılammış bitki uçucu yağının ise yüksek antimikrobiyal etki gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum söz konusu bakterilerin uçucu yağ bileşenlerine etkisinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Sonuç olarak araştırmacılar etkin PGPR strainleri ile tekli aşılammaların *S. officinalis* bitkisinde gelişme ve sekonder metabolit üretimini artırdığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, bitkilerin çevresel stres koşullarına maruz kaldığında sekonder metabolit ürettiği ve bitkilerde sekonder metabolizmanın yüksek oranda bitkilerin içinde bulunduğu ortamdaki biyotik ve abiyotik etmenler tarafından uyarıldığı ve düzenlendiğini vurgulamışlardır.

Khalid (2016) tarafından Mısır'da *S. hortensis* bitkisinin yayılması ve adaptasyonu amacıyla yürütölen araştırmada, tohumlar nisan ayının ilk haftasında açık alana ekilmiş, ekimden 60 gün sonra bitkiler toprak yüzeyinden 5 cm yukarıdan hasat edilerek değerlendirilmiştir. Bitkinin toprak üstü aksamından su distilasyonu ile uçucu yağ veriminin %1,2 (v/w) ve yağ bileşenlerinin %99,7'sinin mevcut sekiz bileşenin oluşturduğu ve bunlar arasında en önemli bileşenlerin γ -terpinen (%46,4), karvakrol (%40,2) ve α -thujene (%8,8) olduğu belirlenmiştir. *Satureja* uçucu yağında elde edilen bileşenlerin monoterpen hidrokarbonlar (MH, α -thujene, β -thujen, p-simen, γ -terpinen, 1,3,8-D-menthatriene), oksijenli monoterpenler (OM, karvakrol ve karvakrol asetat) ve sesquiterpene hidrokarbonlar (SH, β -kariyofilen) olmak üzere üç sınıfa ayrıldığı, gruplardan MH en yüksek orana (%57,8) ulaştığı, bunu OM (%41,3) izlediği ve en düşük kimyasal sınıfın ise SH (%0,6) olduğu görülmüştür.

3. MATERİYAL ve METOT

3.1. Araştırma Materyali

3.1.1. Araştırma yerinin tanımı ve özellikleri

Bu araştırma 2016 yılında, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri bölümü seralarında doğal ışık altında yürütülmüştür.

3.1.2. Deneme materyali

Denemede kullanılan sater (*S. hortensis* L.) bitkisinin tohumları İran Horasan bölgesinden getirilen tohumlardan Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında elde edilen fideler kullanılmıştır.

S. hortensis L. halk arasında kekik, kaya kekiği, geyik otu, anık, çubriska, çubriza (Baytop 1997); yer kekiği, çay kekiği, çibriska, çibrika, karanfil çayı, ebem kekiği, dağ anugu, çam kekiği ve kekik (Başer *et al.* 2004); süpürge kekiği, dağ reyhanı, kekik, çibriska, çubriza gibi isimlerle anılan bitki (Fakılı 2010), TSE'ye göre ise “sater” ve “bakla otu” olarak nitelendirilmektedir.

Lamiaceae familyasından tek yıllık otsu bir bitki olan yazlık Sater, İran Horasan, Mazenderan, Tebriz, Golestan bölgelerinde, Türkiye’de ise Samsun, Gümüşhane, Kars, Karabük, Ankara, Sivas, Adana, Osmaniye, Adıyaman, Artvin, Erzincan, Erzurum, İstanbul, Sakarya, Kocaeli, Balıkesir, Diyarbakır, Zonguldak, Amasya, Tokat, Nevşehir, Bingöl ve Mersin bölgelerinde doğal olarak yetişmektedir. Bitki genellikle 10-35 cm boyunda, çok dallı, çiçek rengi eflatunumsu, lila veya beyaz renktedir.

Taç yaprakları tüp şekilli olup uç kısımları üstte iki altta üç parça olmak üzere iki dudaklıdır. Kayalık veya aşınmış meyilli alanlarda, dağ eteklerinde, çakıllı ve taşlı

alanlarda, kıyı bölgelerinde kum tepelerinde, yol kenarlarında, nadas alanlarda ve deniz seviyesinden 1920 m yüksekliğe kadar yayılış göstermektedir (Davis 1982; Aşçı 2009). Dış görünüşü yapraklı ve çiçekli dallardan ibarettir. Bitkinin yaprakları genellikle 1-3 cm uzunluk ve yarım cm kadar genişlikte, sapsız ve tüylüdür. Korolla iki dudaklı, pembe veya beyaz renkli; Kaliks beş sivri dişli, dişler yaklaşık olarak tüp kısmına eşit ve satıcılarda bitkisel drogu çoğunlukla toz haline getirilmiş halde bulunmaktadır (Baytop 1999; Fakılı 2010).

3.1.3. Toprak özellikleri

Deneme setlerinde kullanılan toprakların tekstürü Bouyoucus Hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee and Hortage 1986). Toprakların kireç içerikleri Scheibler Klasimetresi ile volümetrik olarak (Nelson 1982), toprak pH'sı ise toprak-su süspansiyonunda (1:2,5'luk) "Cam Elektrotlu" pH metre ile Potansiyometrik olarak ölçülmüştür (McLean 1982). Toprak organik madde içeriği Smith-Weldon yöntemiyle (Nelson and Sommer 1982), toplam azot içeriği salisilik asit+tuz karışımı ile yaş yakmadan sonra mikro-Kjeldahl metoduyla ölçülmüştür (Bremmer and Mulravey 1982). Toprak fosfor tayini sodyum bikarbonatla ekstrakte edilen süzüklerde (Olsen and Sommers 1982). Toprak değişebilir katyonları (Na, K, Ca, Mg) Amonyum Asetatla (1 N, pH=7,0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra (Rhoades 1982); toprakta bitki tarafından alınabilir mikro element (Fe, Mn, Zn, Cu) miktarları ise DTPA yöntemine göre ekstrakte edilen süzüklerde (Lindsay and Norwell 1978), ICP OES spektrofotometresi (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile belirlenmiştir. Denemede kullanılan toprağa ait bazı özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Özeliği			
Kum (%)	43,6	K (mg/kg)	426
Silt (%)	28,5	Ca (mg/kg)	3260
Kil (%)	27,9	Mg (mg/kg)	468
pH (1:2.5)	7,4	Na (mg/kg)	73
Organik madde (%)	3,1	Bitkiye yararışlı Zn (ppm)	1,3
CaCO ₃ (%)	9,8	Bitkiye yararışlı Fe (ppm)	5,97
N (%)	0,16	Bitkiye yararışlı Mn (ppm)	9,3
Alınabilir P (mg/kg)	17,4	Bitkiye yararışlı Cu (ppm)	1,6

Not: Toprak analizleri Atatürk Üniversitesinde Ziraat Fakültesinde gerçekleştirilmiştir

3.1.4. Araştırmada kullanılan bakteriler ve özellikleri

Bu araştırma da Yusufeli Barhal Çayı vadisi kekik (*Origanum rotundifolium*) rizosfer toprakları ve Kaçkar dağları yabani ahududu (*Rubus ideaus*) rizosfer topraklarından izole edilen tanısı, karakterizasyonu, azot fiksasyonu, fosfat çözme ve bitki gelişmesini teşvik etme gibi özellikleri belirlenerek bitki yetiştiriciliğinde biyolojik gübre olarak kullanılabilecek bakteriler kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan bakteriler Çoruh vadisi kaynaklı kekik ve ahududu rizosfer topraklarından izole edilerek saklanan bakteri koleksiyonuna ait 320 izolat içerisinde seçilmiştir. Araştırmada yazlık kekikte kullanılmak üzere fosfat çözücü, azot fikseri ve indol asetik asit (IAA) üretici 2 gram negatif (*Pseudomonas fluorescens* RC26 *Pseudomonas putida* RC48) ve 3 gram pozitif (*Micrococcus luteus* RC17A, *Bacillus subtilis* RC17C ve *Bacillus subtilis* RC631) izolatlar kullanılmıştır. Seçilen izolatların önceden tanı ve karakterizasyonu verilmiş ancak bakterilere ait bazı testler bu çalışma kapsamında yinelenmiştir.

3.1.5. Araştırmada kullanılan besi yerleri

Nutrient agar besiyeri: 20 gr Nutrient Agar (Merck) 1 L dH₂O içinde çözülmüş pH 7,0'a ayarlanarak 121°C'de 15 dk steril edilerek ve 45°C'ye kadar soğutulduktan sonra steril petrilere dökülerek katılaşmaya bırakılmıştır (Lelliot and Stead 1987).

Azotsuz (N-Free) besiyeri: Hassas terazide 10 gr sukroz, 5 gr L-malik asit, 0,1 gr K₂HPO₄, 0,4 gr KH₂PO₄, 0,2 gr MgSO₄.7H₂O, 0,01 gr FeCl₃, 0,1 gr NaCl, 0,02 gr CaCl₂.2H₂O, 0,02 gr Na₂MoO₄.2H₂O ve 12 gr agar tartılarak 1 L dH₂O içinde çözülmüştür. pH 7,0-7,2'ye ayarlanarak 121°C'de 15 dakika steril edilmiş ve daha sonra 45°C'ye kadar soğutulduktan sonra steril petrilere dökülerek katılaşmaya bırakılmıştır (Han *et al.* 2005).

NBRIP-BPB besiyeri: Hassas terazide 10 g glukoz, 5 g Ca₃(PO₄)₂, 5g MgCl₂.6H₂O, 0,25 g MgSO₄.7H₂O, 0,2 g KCl, 0,1 g (NH₄)₂SO₄ ve 0,025 g BPB (Brom Phenol Blue) 1 L dH₂O içinde çözülerek pH 7,0'a ayarlandıktan sonra besi yeri tüplere aktarılmış ve 121°C'de 15 dk steril edilmiştir (Mehta and Nautiyal 2001; Karagöz 2009).

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme deseni ve deneme konuları

Araştırma iki farklı deneme seti halinde tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Araştırmada iki adet gram negatif *Pseudomonas fluorescens* RC26 ve *Pseudomonas putida* RC48 ve üç adet gram pozitif *Micrococcus luteus* RC17A, *Bacillus subtilis* RC17C, *Bacillus subtilis* RC631 olmak üzere 5 bakteri izolatu, bir adet mineral NPK (1500 mg/bitki veya 55 kg/da kompoze 20:20:20) gübre uygulaması, indol asetik asit + benzil amino purin (IAA+BAP, 100 ppm), benzil amino purin (BAP, 100 ppm) ve kontrol (bakteri ve mineral gübre uygulanmamış) olmak üzere 9 uygulama saksılara tesadüfi olarak dağıtılmıştır. Kimyasal gübre uygulanması homojen karıştırılmış ve elenmiş toprağın saksılara doldurulması esnasında, her saksıda bir bitki

olacak şekilde bitki başına 1500 mg (55 kg/da) kompoze gübre olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 6 tekerrürlü ve iki yinelemeli olarak (6 kg) kapasiteli saksılarda kurulmuştur.

3.2.2. Fide üretimi, dikimi ve inokulasyonu

Kekik tohumları İran Horasan Bölgesinden temin edilmiştir. Denemeler Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri bölümü seralarında saksılarda kurulmuş ve doğal ışık altında yürütülmüştür. Kekiklerin yetiştirilmesinde tohum, fide ve kök şaşırtmaları saksılara uygulanmıştır. Biyolojik gübre amacıyla kullanılan bakterilerin bitkilere uygulanması fide köklerinin bakteri süspansiyonuna daldırılması ve artan süspansiyonun kök bölgesine enjeksiyonu şeklinde olmuştur.

Satureja tohumlarının küçük olması ve yüzlek bir ekime ihtiyaç duyması nedeniyle 20 Mart 2016 tarihinde tohumlar önce 1/3 kum, 1/3 torf ve 1/3 bahçe toprağından oluşan harç karışımı ile hazırlanan yastıklara ekilmiş ve çimlendirilmiştir. Hazırlanan harç ile doldurulan fideliğin üzeri bastırılarak, düzeltilmiş ve toprak yüzeyi pürüzsüz hale getirilmiştir. Bir metrekaareye 3-4 gram tohum ekimi yapılmıştır. Tohumların çok küçük olmasından dolayı tohumlar ekim öncesinde kum ile karıştırılmıştır. Kekik tohumları 1 x 1,5 m ebadında yastıklara 15 cm sıra arası aralıklarla ekilmiştir. Tohumlar ekildikten sonra üzerine birkaç mm'yi geçmeyecek şekilde torf serpilerek kapatılmış (kapak), torf ile tohumların iyice temas etmesini sağlamak üzere tekrar bastırma tahtası ile bastırılarak çıkış suyu uygulanmıştır. Gerekliği sürece sulama suyu uygulamaları çimlenme sağlanıncaya kadar sulama süzğüsü ile 2-4 gün aralıklarla düzenli olarak torf nemli kalacak şekilde devam ettirilmiştir. Fideliğin herbir tarafının aynı miktarda su almasına ve göllenmemesine dikkat edilmiştir. Tek yıllık olan *S. hortensis* tohumları kasalarda çimlendirilip 5-8 cm fide oluşturduktan sonra mayıs ayında bakteri inokulasyonundan sonra fideler saksıya şaşırtılmıştır.

Uzun yıllar üzerinde herhangi bir tarımsal işlem yapılmamış olan tarla toprağı elenerek saksılara doldurulmuştur. Söküm ve saksılara dikim öncesi fidelik sulanmıştır. Uniform

görüntüdeki kekik fideleri, hazırlanan bakteri süspansiyonunun (10^9 cfu ml⁻¹) içine daldırılarak bir saat bekletilmiş ve bakterilerin fide köklerine inokulasyonu sağlanmıştır. Her bir saksıya bir fide olacak şekilde fideler saksılara dikildikten sonra kalan bakteri süspansiyonu, her bir fideye 5 ml bakteri süspansiyonu (10^8 cfu ml⁻¹) olacak şekilde fidelerin kök rizosfer bölgesine enjekte edilmiştir.

3.2.3. Sulama uygulamaları

Sulama işlemi topraktaki nem durumuna göre belirlenerek uygulanmıştır. Denemenin başlangıcında her saksıdaki tarla kapasitesinin belirlenmesi için saksılar su ile doymuş hale getirilmiş ve buharlaşmayı önlemek için saksıların üzerleri kapatılarak serbest drenaja bırakılmış, drenaj durduktan sonra saksılar tartılarak ağırlık olarak tarla kapasitesi belirlenmiştir. Sulama suyu uygulamasında tüm saksılar tarla kapasitesinin %100'ü oranında sulanmıştır. Ağırlık esasına göre her 4 günde bir eksilen su miktarı saksılara uygulanmıştır. Dikim sonrasında belli bir sıra dahilinde her on günde bir saksıların yerleri değiştirilmiştir.

3.2.4. Bakım ve hasat işlemleri

Deneme süresince bitkilere kimyasal ilaç uygulanması yapılmamış, yabancı ot çıkması durumunda elle kontrol edilmiştir. Yabancı ot hasadı toprak yüzeyinden 4-5 cm yükseklikte biçilerek yapılmıştır. Önceki araştırmalarda önerilen, sater (*S. hortensis* L.) yazlık kekiğinde en yüksek uçucu yağ oranı bakımından en uygun dönemin tam çiçeklenme (Kırıcı ve İnan 2001; Kızıl 2009) ve %40-60 çiçeklenme (Katar vd 2011) dönemi olduğu dikkate alınarak, hasat bitkilerin %50-60 çiçeklenme döneminde elle yapılmıştır.

3.2.5. Bakterilerin bazı biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi

Nutrient Agar (NA) besi ortamında çoğaltılan bakteri kültürleri, %30'luk Gliserol ve Loria-Bertoni Broth (LB) besi ortamın içerisinde -80°C'de muhafaza edilmiştir. Bu

proje kapsamında önceden izole edilerek %30 gliserolde depolanmış bakteri suşları saf kültür olarak NB ortamında 28°C de geliştirilmiş ve bakterilere ait bazı testler yinelenmiştir.

Gram reaksiyon testi

Bakterilerin hücre duvarlarındaki farklılığı belirleyebilmek için bir lam üzerine, %3'lük KOH çözeltisinden bir iki damla damlatılıp, ardından NA'da geliştirilen 24–48 sa'lik bakteri kültüründen öze ile alınarak KOH çözeltisi ile 5-10 sn karıştırıldıktan sonra öze yukarıya doğru kaldırılarak uzama olup olmadığı belirlenmiştir. Öze yukarı kaldırıldığında uzama olması, bakterilerin %3 KOH ile muamele edildiğinde hücre duvarlarının parçalanması sonucu sitoplazma ve nükleer materyalin açığa çıkarak viskoz yapı oluşturmamasından kaynaklanmaktadır (Fahy and Hayward 1983; Saygılı 1995).

Katalaz testi

Katalaz enzimin varlık veya yokluğunu belirlemek için bakteri hatları NA ortamında geliştirilmiştir. 24–48 saatlik bakteri kültüründen bir öze alınıp üzerine 1 damla hidrojen peroksit (H_2O_2) ilave edilmesinin akabinde kabarcık oluşumu katalaz pozitif, kabarcık oluşmaması ise katalaz negatif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Saygılı 1995). Katalaz enzimine sahip bakterilerde, bu enzim elektron transferinin sonunda açığa çıkan hidrojen peroksiti (H_2O_2) parçalayıp su (H_2O) ve oksijene (O_2) dönüştürmekte ve oksijen (O_2) gazı oluşumu kabarcık halinde görülmektedir (Klement *et al.* 1990).

Oksidaz testi

Bakterilerin solunumunda görev alan ve elektron transfer sisteminde indirgeyici olarak hücresel enerji oluşumuna neden olan oksidaz enzimine sahip olup olmadıklarını belirlemek için bu test yapılmıştır. Test için %1 tetra methyl-p-phenyldiamine dihydrochloride içeren diskler kullanılmıştır. Bu diskler 1 damla sdH₂O ile

doğurulduktan sonra üzerleri 24-48 sa'lik bakteri ile kaplanmıştır. Gözlemlenen mavimsi-mor renk, değişiminin oluşması pozitif, oluşmaması ise negatif sonuç olarak kabul edilmiştir (Saygılı 1995). Test edilen bakteri bu enzime sahip ise enzimin reaksiyona girmesi sonucu mavi renk oluşmaktadır (Kovacs 1956).

Bakterilerin azotsuz (N-free) kültürde geliştirilmesi

Bakteriler stok kültürlerden NA besiyerine çizgi ekimle bulaştırılarak, 2-7 günlük bir inkübasyon süresi sonrasında gelişen bakteri kolonileri azotsuz besi ortamına (N-Free Solid Malate Sucrose Medium) çizilip 7-10 gün süreyle 25-28°C'ye ayarlı inkübatörde gelişmeye bırakılmıştır. Besi yerinde görülen bakteri gelişimi azot fiksasyonu pozitif olarak değerlendirilmiştir.

Bakterilerin fosfat çözme özellik ve miktarının belirlenmesi

İzolasyon aşamasında trikalsiyum fosfat agarda saflaştırılarak stoklanan bakteri kültürleri NA besiyerinde geliştirilmiş; öze ile besiyeri yüzeyinden bir miktar alınarak sdH₂O içinde süspanse edilerek ve yoğunlukları 10⁸ hücre/ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir süspansiyon içinde 5 ml NBRIP-BPB bulunan tüplere inoklasyon yapılmış, 15 günlük inkübasyon döneminden sonra besi yerinde renk açılması gösteren bakterilerin fosfatı çözme yetenekleri izolasyon aşamasındaki sonuçla da teyit edilerek pozitif olarak değerlendirilmiştir (Mehta and Nautiyal 2001). Pozitif sonuç veren bakteriler üzerinde geliştirilip 24 saatlik bakteri kültürleri sdH₂O içinde süspanse edilmiş yoğunlukları 10⁸ hücre/ml olarak ayarlanan bakteri süspansiyonları, içinde NBRIP besiyeri (Mehta and Nautiyal 2001) bulunan erlenlere inokule edilmiştir. Bir hafta 90 rpm'de dönen çalkalayıcıda 25-27°C'de geliştirilmiştir. Daha sonra 10.000 rpm'de 10 dk santrifüj edilerek süpernatanttan 1 ml alınıp farklı bir tüpe aktarılmıştır. Süpernatant üzerine 5 ml dH₂O ve 1 ml Barton Mixed reagent eklenerek 30 dk karanlık ortamda inkübe edilmiştir (Yıldız 2007). Çözeltilerin absorbanları 400 nm'de ölçülmüştür (Barton 1948). Belirlenen değerler 0,25, 50, 100 µg/ml konsantrasyonda hazırlanan standart fosfor çözeltilerin absorban değerleri ile karşılaştırılarak

yorumlanmıştır. Elde edilen absorbans değerleri standart değerle karşılaştırılarak aralarındaki benzerlik veya farklılığı veren bir eğri oluşturulmuştur (Yıldız 2007).

IAA Ölçümü

Bakteriler 18 saat 27°C’de geliştirilmiş, daha sonra 40 mL TSB içeren 125 ml kaplarda 0,1 ve 25 mg triptofan ile desteklenmiş ve 1 mL bakteri süspansiyonu ile inokule edilmiştir (Bent *et al.* 2001). Bakteriyel IAA üretimi inkübasyondan 48, 72 ve 168 saat sonra 600 nm olan dalga boyu ile spektrofotometrik olarak ölçülüp, santrifüj edilmiş ortamda IAA düzeyi kolorimetrik olarak hesaplanmıştır. Bakteriyel sıvılardan IAA konsantrasyonunu ölçümünde Salkowski reaktifi (50 ml %35 HClO₄ + 1 ml FeCl₃) kullanılmıştır. IAA üretimi her bir suş için üç tekrarlı ölçülmüştür. Her bir karışım santrifüj edilmiş, 530 nm’de UV-Spektrofotometre ile absorbans ölçülmüş, 30 dk 10,000 rpm’de santrifüj edilerek hücreler ayrılmış, kültür ortamının IAA konsantrasyonu standart eğrilerle karşılaştırılarak saptanmıştır.

3.2.6. Gelişme ve verim parametrelerinin incelenmesi

Bitki boyu (cm): Hasat döneminde toprak yüzeyinden her bitkinin en uç noktasına kadar olan uzunluk cetvelle ölçülerek belirlenmiş ve elde edilen ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

Bitki taç genişliği (cm): Hasattan önce bitkinin gölge iz düşümü çapı mesafesi cetvel ile ölçülerek ortalaması alınmıştır.

Gövde çapı (mm): Toprak yüzeyinden itibaren yaklaşık 3-5 cm yükseklikten dallanmanın başlangıç noktasının altından dijital kumpas kullanılarak ölçülmüş ve mm olarak kaydedilmiştir. Bitkide kök boğazının yakınından dallanma olması durumunda, gövde çapı ölçümü dallanmanın başladığı noktadan yapılmıştır.

Yaş kök-gövde ağırlığı (g/bitki): Saksılardaki bitkiler hasat döneminden sonra toprak üstü ve toprak altı aksamı tartılarak belirlenmiştir

Kuru kök-gövde ağırlığı (g/bitki): Saksılardaki bitkiler sökülerek toprak üstü ve toprak altı aksamı oda sıcaklığında kurutulup tartılarak belirlenmiştir

Yaş herba ağırlığı (g/bitki): Taze herba verimi için bütün bitkiler toprak yüzeyinden 4-5 cm hasat edilmiş tartılarak ve g olarak hesaplanmıştır

Kuru herba ağırlığı (g/bitki): Yeşil (yaş) herba verimi olarak elde edilen kekik örnekleri gölgede oda sıcaklığında kurutularak tartılmış, elde edilen kuru ağırlıktan g olarak hesaplanmıştır.

Yeşil (yaş) yaprak ağırlığı (g/bitki): Hasat edilen bitkilerde yaprak ve saplar birbirinden ayrılarak tartılmış ve yeşil yaprak ağırlıkları (verimleri) bulunmuştur.

Kuru yaprak ağırlığı (g/bitki): Örneklerde sap yaprak ayırımı yapıldıktan sonra yapraklar kurutulup, tartılarak kuru yaprak ağırlıkları (verimleri) saptanmıştır.

Kuru yaprak oranı (%) : Drog herbadan sap-yaprak ayırımı yapılarak yaprakların tartılması ve yüzdesinin alınması ile bulunmuştur.

$$\text{Kuru Yaprak Oranı (\%)} = (\text{Kuru Yaprak Verimi} / \text{Kuru Herba Verimi}) \times 100$$

Uçucu Yağ Oranı (%): Sater uçucu yağ oranı bakımından biçim tam çiçeklenme döneminde yapılmıştır. Uçucu yağ oranı Atatürk Üniversitesi Tarla Bitkiler Analiz Laboratuvarında Neo-Clevenger tipi cihazı kullanılarak su buharı destilasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Analizlerde etüv de 35°C’de kurutulmuş bitkiler alınarak, destilasyona 3 saat tabi tutulmuştur. Kurutulmuş drog yapraklarda Neo-clevenger aparatı ile belirlenmiş uçucu yağ oranları % olarak uçucu yağ oranları (g/100 g drog herba, w/w)

belirlenmiştir. Distilasyon her bir örnek için 3 kez tekrarlanarak ortalama yağ oranları belirlenmiştir.

Uçucu yağ verimi (g/bitki): Bitki başına uçucu yağ verimi bitki kuru herba ağırlığı ile uçucu yağ oranının çarpılması sonucu hesaplanmıştır.

Uçucu Yağ Oranı (g/bitki)= (Uçucu yağ oranı (%) x Kuru herba ağırlığı g)/100

Karvakrol verimi (g/bitki):= (Uçucu yağ karvakrol oranı (%) x yağ verimi g)/100

3.2.7. Uçucu yağ bileşenlerinin analiz edilmesi

Uçucu yağın bileşenleri Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü ve Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM) laboratuvarlarında GC ve GC/MS analizi ile ortaya konulmuştur. Uçucu yağ bileşenleri Shimadzu GC MS QP 2010 ultraThermo Gaz kromatografisi (E.İ. Quadrapole) ile belirlenmiştir. Yağ bileşenleri GC-MS sistemi Wiley 7N ve literatür dataları oransal tutulma süresi ve kütle spektrumları karşılaştırmalarına dayanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar literatürdeki polar olmayan fazdaki nispi retensiyon endeksleriyle bileşiklerin yikanmasının karşılaştırılması ile de teyit edilmiştir (Adams 2007). Cihaz çalışma koşulları:

Cihaz: Gas Chromatograph Mass Spectrometer GCMS-QP2010 Ultra

Kolon: HP-5 MS kapiler (30 m x 0,250 mm i.d., 0,25 µm) USA

MS iyonizasyonu: 70 eV

Enjeksiyon sıcaklığı: 250°C

MS dedektör sıcaklığı: 200°C

Taşıyıcı gaz: Helyum

Gaz akış hızı: 14 mL/dk

Sıcaklık programı: 140C-240°C (4°C/dk)

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

Örnek miktarı: 1 µL

3.2.8. Sonuçların analiz edilmesi

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



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Test Edilen Bakterilerin Özellikleri

Araştırmada kullanılan bu bakterilere ait yapılan test sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan bakterilerin tamamının azot fiks ettiği, fosfat çözebildiği ve indol asetik asit üretebildiği belirlenmiştir. Tüm izolatların katalaz ve oksidaz testi pozitif olurken, ikisi bakteri negatif (*Pseudomonas fluorescens* RC26 ve *Pseudomonas putida* RC48) üç bakteri (*Micrococcus luteus* RC17A, *Bacillus subtilis* RC17C ve *Bacillus subtilis* RC631) ise gram pozitif olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Denemelerde kullanılan izolatlar ve bazı özellikleri

Kullanılan bakteri izolatları	Kaynak	Gram reaksiyon	Oksidaz test	Katalaz test	Sükroz test	IAA Üretimi	Azotsuz ortamda gelişme	NBRIP-BPB ortamda gelişme
<i>P. fluorescens</i> RC26	Ahududu	-	+	+	+	K+	+	+
<i>M. luteus</i> RC17A	Ahududu	+	+	+	-	K+	K+	+
<i>B. subtilis</i> RC17C	Ahududu	+	Z+	+	+	K+	K+	+
<i>B. subtilis</i> RC631	Kekik	+	+	+	+	+	K+	Z+
<i>P. putida</i> RC48	Kekik	-	+	+	+	+	+	+

* *Pseudomonas fluorescens* RC26, *Micrococcus luteus* RC17A, *Bacillus subtilis* RC17C, *Bacillus subtilis* RC631, *Pseudomonas putida* RC48, +: pozitif; K⁺: kuvvetli pozitif, Z⁺: zayıf pozitif

4.2. Gelişme ve Verim Parametreleri

4.2.1. Taç genişliği

Tek yıllık sater (*S. hortensis* L.) kekiğinde mineral gübre, hormon ve farklı bakteri aşılımlarının taç genişliğine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.2 ve 4.3’te verilmiştir. Sater bitkisinde taç genişliği bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli (p<0,01) bulunmuştur.

En yüksek ta genişliği *P. fluorescens* RC26 aşılması (33,5 cm) ve mineral gübre uygulamasından (29,9 cm) elde edilmiştir. Araştırmada test edilen BAP dışındaki uygulamaların tamamının sater ta genişliğini kontrole kıyasla çok önemli ($p<0,01$) miktarda artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Kontrole kıyasla ta genişliği mineral gübreleme ile %40,7, hormon uygulamaları ile %4,5-19,1; bakteri aşılamlarında ise %18,1-57,6 oranında artmıştır. Ta genişliği bakımından *P. fluorescens* RC26 dışındaki bakteri aşılamları indol asetik asit (IAA) + benzil amino pürin (BAP) uygulaması ile aynı gruba girmiştir.

Çizelge 4.2. *S. hortensis* bitkisinde ta genişliği, gövde çapı ve bitki boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları (VK)	Serbestlik derecesi (SD)	Ta genişliği		Gövde apı		Bitki boyu	
		KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	8	84,24	17,70**	6,35	4,98**	33,25	15,48**
Hata	45	4,76		1,28		2,15	
*: $p<0,05$, **: $p<0,01$, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri							

Çizelge 4.3. Bakteri aşılamları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının sater bitkisi ta genişliği, gövde çapı ve bitki boyu üzerine etkisi.

Uygulamalar	Ta genişliği (cm)*	Bitki boyu (cm)	Gövde apı (mm)
Kontrol	21,3 ± 3,1 e	46,2 ± 1,7 d	9,88 ± 1,01 bc
Mineral gübre (NPK)	29,9 ± 1,7 b	52,6 ± 1,8 a	12,55 ± 1,11 a
IAA+ BAP	25,3 ± 1,7 cd	49,4 ± 1,6 bc	11,75 ± 0,94 ab
BAP	22,2 ± 1,9 de	48,5 ± 1,4 b-d	9,75 ± 1,13 c
<i>P. fluorescens</i> RC26	33,5 ± 3,3 a	53,5 ± 0,7 a	12,65 ± 1,15 a
<i>M. luteus</i> RC17A	26,5 ± 0,5 bc	47,1 ± 1,6 cd	11,72 ± 1,29 ab
<i>B. subtilis</i> RC17C	27,8 ± 2,3 bc	50,0 ± 1,5 b	11,53 ± 1,31 a-c
<i>B. subtilis</i> RC631	25,1 ± 2,0 cd	48,4 ± 1,3 b-d	11,20 ± 1,23 a-c
<i>P. putida</i> RC48	25,5 ± 1,7 cd	49,0 ± 1,3 bc	10,83 ± 0,93 a-c
Ortalama	26,3 ± 4,1	49,4 ± 2,6	11,32 ± 1,43

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

4.2.2. Bitki boyu

Yazlık kekikte uygulamaların bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Yazlık sater kekiği bitki boyu bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Sater bitkisinde en yüksek bitki boyu *P. fluorescens* RC26 aşılması (53,5 cm) ve mineral gübre uygulamasından (52,6 cm) elde edilmiş ve bu uygulamalar birinci grubu oluşturmuşlardır. Bitki boyu bakımından bu uygulamaları aynı gruba giren *B. subtilis* RC17C ve *P. putida* RC48 aşılması ve IAA+BAP uygulaması izlemiştir. Bitki boyu bakımından *M. luteus* RC17A, *B. subtilis* RC631 ve BAP uygulamaları ile belirlenen farklılıklar istatistikî bakımdan önemli bulunmamış olup, bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla bitki boyu mineral gübreleme ile %13,9 hormon uygulamaları ile %5,1-7,0; bakteri aşılamaalarında ise %2,1-15,8 oranında artmıştır.

S. hortensis'de bitki boyu değerlerinin, Davis (1982) 10-35 cm, Tansi ve Tonçer (1999) 23,7–30,0 cm; Baher *et al.* (2002) 43,3-62,7 cm; Aşçı (2009) 27,3-32,0 cm; Katar vd (2011) 29-31 cm; Bahtiyarca Bağdat (2011) 27,0-33,5 cm; Sharafzadeh *et al.* (2013) 31,8-43,4 cm; Dinç (2014) 28,8-35,9 cm; Katar (2015) 30,6-34,0 cm ve Farahani *et al.* (2015) tarafından 42,9-53,2 olarak bildirilmiştir. Bu araştırmada belirlenen bitki boyu (46,2- 53,5 cm) önceki araştırma sonuçlarının bazılarında büyük bazıları ile uyum içindedir. Bitki boyu değerlerinde ortaya çıkan farklılıklar bitkinin genotipinin, uygulanan yetiştirme tekniklerinin ve ekolojik koşulların farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.3. Gövde çapı

Sater bitkisinde mineral gübre, hormon ve farklı bakteri aşılamaalarının gövde çapı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler

Çizelge 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Sater bitkisinde gövde çapı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî olarak çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Sater kekiğinde en yüksek gövde çapı birinci grubu oluşturan *P. fluorescens* RC26 aşılması (12,65 mm) ve mineral gübre uygulaması (12,55 mm) yapılmış bitkilerde ölçülmüş ve IAA+BAP uygulaması, *M. luteus* RC17A ve *B. subtilis* RC17C aşılması izlemiştir. Bu uygulamalar gövde çapı değerlerini kontrole kıyasla istatistiki bakımdan önemli ($p<0,05$) oranda artırmıştır. Diğer uygulamalarla ortaya çıkan farklılıklar önemli bulunmamış ve istatistiki olarak kontrole aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla bitki gövde çapı *P. fluorescens* RC26, mineral gübreleme, IAA+BAP, *M. luteus* RC17A ve *B. subtilis* RC17C uygulamaları ile sırasıyla %28,1, %27,1, %18,9, %18,7 ve %16,8 oranında artmıştır. Çalışmadan elde ettiğimiz sater bitkisi gövde çapı değerleri 9,75-12,65 mm arasında değişmiş olup, Mumivand *et al.* (2011)'nin belirlediği (7,39-8,91 mm) ve Mashmoul *et al.* (2013)'nin bildirmiş olduğu (4,0-5,5 mm) değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.4. *S. hortensis* bitkisinde yaş ve kuru kök-gövde ağırlığı ve yaş ve kuru herba ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	S.D	Yaş kök gövde ağırlığı		Kuru kök gövde ağırlığı		Yaş herba ağırlığı		Kuru herba ağırlığı	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	8	332,3	21,0**	26,05	13,82**	235,94	19,13**	18,07	11,01**
Hata	45	15,8		1,89		12,33		1,64	

*: $p<0,05$, **: $p<0,01$, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri

Çizelge 4.5. Bakteri aşılama ları, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yaş ve kuru kök-gövde ağırlığı ve yaş ve kuru herba ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar	Yaş kök gövde ağırlığı (g/bitki)	Kuru kök gövde ağırlığı (g/bitki)	Yaş herba ağırlığı (g/bitki)	Kuru herba ağırlığı (g/bitki)
Kontrol	71,0±3,8 e	21,9±0,9 b	59,5±3,5 d	17,02±0,96 c
NPK	89,8±2,8 ab	26,2±1,6 a	75,2±2,9 a	20,34±1,61 a
IAA+BAP	84,6±5,3 bc	25,0±1,4 a	70,7±5,2 ab	19,32±0,93 ab
BAP	75,4±2,5 de	21,8±0,9 b	62,2±1,9 cd	16,65±0,80 c
RC26	91,8 ±5,9 a	25,9±1,2 a	76,0±4,7 a	19,98±1,05 a
RC17A	89,9±3,4 ab	26,8±1,4 a	75,1±1,7 a	21,02± 1,35 a
RC17C	79,4±3,3 cd	24,8±2,0 a	67,0±3,2 bc	19,81±1,85 a
RC631	78,8±3,7 cd	22,6±1,2 b	65,4±3,4 bc	17,73±0,81 bc
RC48	75,8±3,7 de	21,7±1,5 b	62,7±3,6 cd	16,51±1,65 c
Ortalama	81,3±7,6	24,0±2,2	67,8±6,5	18,60±2,00

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

4.2.4. Yeşil (yaş) kök-gövde ağırlığı

Sater bitkisinde mineral gübre ve hormon uygulamaları ve farklı bakteri aşılama larının yeşil kök-gövde ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.4 ve 4.5’de verilmiştir. Bitki yaş kök-gövde ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur.

Sera koşullarında yürütülen araştırma sonuçlarına göre sater bitkisinden en yüksek yeşil kök ve gövde ağırlığı *P. fluorescens* RC26 (91,8 g/bitki) aşılmasıyla elde edilmiş bunu *M. luteus* RC17A aşılması (89,9 g/bitki) ve mineral NPK gübrelemesi (89,8 g/ bitki) izlemiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.1). Araştırmada test edilen IAA+BAP uygulaması, *B. subtilis* RC17C ve *B. subtilis* RC631 izolatının kekik yaş kök ve gövde ağırlığı üzerine etkisi kontrole kıyasla önemli bulunurken, BAP ve *P. putida* RC48 uygulamaları ile ortaya çıkan artış önemli olmamış ve bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla bitki yaş kök-gövde ağırlığı mineral gübreleme ile %26,4, hormon uygulamaları ile %6,2-19,1; bakteri aşılama larında ise %6,7-29,2 oranında artmıştır.

4.2.5. Kuru kök-gövde ağırlığı

Sater bitkisinde mineral gübre ve hormon uygulamaları ve farklı bakteri aşılama yöntemlerinin kuru kök-gövde ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.4 ve 4.5’de verilmiştir. Bitki kuru kök-gövde ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

En yüksek sater bitkisi kuru kök-gövde ağırlığı mineral NPK gübrelemesinden (26,2 g/bitki) elde edilirken; bunu istatistikî bakımdan aynı gruba giren *P. fluorescens* RC26 (25,9 g/bitki), *M. luteus* RC17A (26,8 g/bitki) ve *B. subtilis* RC17C (24,8) aşılama yöntemleri ve IAA+BAP (25,0 g/bitki) uygulaması izlenmiştir. Diğer uygulamalarla kontrol arasındaki farklılıklar istatistikî bakımdan önemli bulunmamıştır. Kontrole kıyasla kuru kök-gövde ağırlığı mineral NPK, *P. fluorescens* RC26, *M. luteus* RC17A, *B. subtilis* RC17C ve IAA+BAP uygulamaları ile sırasıyla %21,1, %19,4, %18,1, %14,6 ve %15,6 oranında artmıştır. Çalışmamızda sater bitkisi yaş kök-gövde ağırlığı 71,0-91,8 g, kuru kök-gövde ağırlığı ise 21,7-26,8 g arasında değişmiş olup, Mumivand *et al.* (2011) tarafından belirlenen yaş (166,2-220,3 g/bitki) ve kuru (37,95-52,75 g/bitki) bitki ağırlığı değerlerinden düşük bulunmuştur.



Şekil 4.1. Kontrole kıyasla, *P. fluorescens* RC26, *B. subtilis* RC17C ve *M. luteus* RC17A aşılamalarının yazlık sater gövde yapısına etkisi

4.2.6. Yaş herba ağırlığı

Sater bitkisinde mineral gübre ve hormon uygulamaları ve farklı bakteri aşılama yöntemlerinin yeşil herba ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.4 ve 4.5’de verilmiştir. Bitki yeşil herba ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre sater bitkisinden en yüksek yeşil herba ağırlığı *P. fluorescens* RC26 (76,0 g/bitki) aşılmasıyla elde edilmiş bunu NPK (75,2 g bitki) *M. luteus* RC17A aşılması (75,1 g/bitki) ve IAA+BAP uygulaması (70,7 g/ bitki) izlemiştir. Yaş herba ağırlığı *B. subtilis* RC17C ve *B. subtilis* RC631 aşılama yöntemleri ile kontrole kıyasla istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) artış gösterirken; *P. putida* RC48 aşılması ve BAP uygulaması kontrole aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla bitki yeşil herba ağırlığı mineral gübreleme ile %26,3, hormon uygulamaları ile %4,4-18,8; bakteri aşılama yöntemlerinde ise %5,4-27,6 oranında artmıştır. Bu çalışmada belirlenen taze (yeşil) herba ağırlığı (59,5-76,0 g/bitki), Tansi ve Tonçer (1999)’un bildirdiği 7,73–22,31 g/bitki değerlerden yüksek bulunmuştur.

4.2.7. Kuru herba ağırlığı

Sater bitkisinde mineral gübre ve hormon uygulamaları ve farklı bakteri aşılama yöntemlerinin kuru (drog) herba ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.4 ve 4.5’de verilmiştir. Bitki kuru (drog) herba ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre sater bitkisinden en yüksek kuru (drog) herba ağırlığı *M. luteus* RC17A (21,02g/bitki) aşılmasıyla elde edilmiş bunu NPK (20,34g bitki) uygulaması izlemiştir. Kuru herba ağırlığı *P. fluorescens* RC26, *M. luteus* RC17A, *B. subtilis* RC17C olarak NPK ve IAA+BAP uygulamaları kontrole kıyasla istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) artış gösterirken; *B. subtilis* RC631, *P. putida* RC48 aşılması ve BAP uygulaması istatistikî bakımdan kontrole aynı gruba girmiştir.

Kontrole kıyasla kuru herba ağırlığı mineral NPK ve IAA+BAP uygulamaları ile 19,5 ve 13,5 oranında artarken; *P. fluorescens* RC26, *M. luteus* RC17A, *B. subtilis* RC17C ve *B. subtilis* RC631 aşılımları ile artış oranları sırasıyla %17,4, %23,5, %16,4 ve 4,2 olmuştur. *P. putida* RC48 aşılması ve BAP uygulaması ile drog herba ağırlığı kontrole kıyasla %3,0 ve 2,2 oranında azalmıştır.

Bu araştırmada *S. hortensis*'de belirlenen kuru herba (drog) ağırlığı (16,51-21,02 g/bitki) değerleri, Tansi ve Tonçer (1999) tarafından belirlenen bitki başına drog herba ağırlığı (1,85–2,58 g/bitki) değerlerinden yüksek; Hadian *et al.* (2010)'ın bildirdiği 39,5-53,0 g/bitki değerlerden ise daha düşük bulunmuştur.

4.2.8. Yeşil yaprak ağırlığı

Sater bitkisinde mineral gübre ve hormon uygulamaları ve farklı bakteri aşılımlarının yaş yaprak ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.6 ve 4.7'de verilmiştir. Bitki yaş yaprak ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre sater bitkisinden en yüksek yaş yaprak ağırlığı *P. fluorescens* RC26 (42,8g/bitki) aşılmasıyla elde edilmiş bunu mineral gübre (NPK) (42,2 g/bitki) ve *M. luteus* RC17A (41,3 g/bitki) izlemiştir. Bu uygulamalar yaş yaprak ağırlığını diğer bütün uygulamalara kıyasla artırırken, *P. putida* RC48 dışındaki tüm uygulamalar yaprak ağırlığını kontrol uygulamasına kıyasla çok önemli ($p<0,01$) oranda artırmıştır. Kontrole kıyasla bitki yaş herba ağırlığı mineral gübreleme ile %31,7, hormon uygulamaları ile %10,6-19,3; bakteri aşılımları *P. fluorescens* RC26, *M. luteus* RC17A, *B. subtilis* RC17C, *B. subtilis* RC631, *P. putida* RC48 ile sırasıyla %33,5, %28,7, %17,5, %12,5 ve %3,1 oranında artmıştır.

Çizelge 4.6. *S. hortensis* bitkisinde yaş ve kuru yaprak ağırlığı, kuru yaprak oranı ve yaş ve kuru kök ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	S.D.	Yaş yaprak ağırlığı		Kuru yaprak ağırlığı		Kuru yaprak oranı		Yaş kök ağırlığı		Kuru kök ağırlığı	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	8	90,33	24,29**	9,24	27,32**	76,86	5,44**	10,01	4,93**	1,15	7,14**
Hata	45	3,72		0,34		14,13		2,03		0,16	

*:p<0,05, **: p<0,01, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri

Çizelge 4.7. Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yaş ve kuru yaprak ağırlığı, kuru yaprak oranı ve yaş ve kuru kök ağırlığı üzerine etkisi.

Uygulamalar	Yaş yaprak ağırlığı (g/bitki)	Kuru yaprak ağırlığı (g/bitki)	Kuru yaprak oranı (%)	Yaş kök ağırlığı (g/bitki)	Kuru kök ağırlığı (g/bitki)
Kontrol	32,1 ±1,9 d	9,02±0,83 d	53,1±5,0 c	11,5±1,0 c	4,88±0,37 c
NPK	42,2±1,6 a	12,37±0,47a	61,1±4,5 ab	14,6±1,2 ab	5,89±0,42 a
IAA+BAP	38,2±2,8 b	11,20±0,82 b	58,0 ±2,6 a-c	13,9 ±1,3 a-c	5,72±0,53 ab
BAP	35,4±1,1 bc	9,90±0,29 cd	59,6±3,6 a-c	13,3±0,8 bc	5,15±0,23 bc
RC26	42,8±2,6 a	12,65±0,68 a	63,3±2,1 a	15,8±1,8 a	5,89±0,24 a
RC17A	41,3±0,9 a	11,26±0,26 b	53,8±3,7 c	14,8±2,2 ab	5,81±0,17ab
RC17C	37,7±1,8 b	10,52±0,51 bc	53,4±5,0 c	12,4±2,1 bc	5,02±0,50 c
RC631	36,0±1,9 bc	10,07±0,52 c	56,8±1,9 bc	13,4 ±0,7 a-c	4,91±0,58 c
RC48	33,1±1,9 cd	9,56±0,56 cd	58,2±4,1 a-c	13,0±1,0 bc	5,15±0,34 bc
Ortalama	37,6±4,1	10,73±1,30	57,5±4,9	13,6±1,8	5,38±0,56

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli (p≤0,01) değildir.

4.2.9. Kuru yaprak ağırlığı

Sater bitkisinde mineral gübre ve hormon uygulamaları farklı bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının kuru yaprak ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.6 ve 4.7’de verilmiştir. Bitki kuru yaprak ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli (p<0,01) bulunmuştur.

Yaş yaprak ağırlığı sonuçlarına benzer olarak, sater bitkisinden en yüksek kuru yaprak ağırlığı *P. fluorescens* RC26 aşılmasıyla (12,65 g/bitki) elde edilmiş, bunu NPK (12,37 g/bitki), *M. luteus* RC17A (12,26 g/bitki) ve IAA+BAP uygulaması (11,20 g/ bitki) izlemiştir. Kuru yaprak ağırlığı bakımından *P. putida* RC48 aşılması ve BAP

uygulaması istatistiki bakımdan kontrole aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla bitki kuru yaprak ağırlığı mineral gübreleme ile %37,1, hormon uygulamaları ile %9,7-24,1, bakteri aşılamlarında ise %6,0-40,2 oranında artmıştır.

4.2.10. Kuru yaprak oranı

Sater bitkisinde mineral gübre ve hormon uygulamaları ve farklı bakteri aşılamlarının kuru yaprak oran değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.6 ve 4.7’de verilmiştir. Bitki kuru yaprak oranı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre sater bitkisinden en yüksek kuru yaprak oranı *P. fluorescens* RC26 (%63,3) aşılmasıyla elde edilmiş bunu NPK (%61,1), BAP (%59,6), IAA+BAP (%58,0) ve *P. putida* RC48 (%58,2) uygulaması izlemiştir. Kuru yaprak oranı bakımından *P. fluorescens* RC26 aşılması ve NPK gübrelemesi dışındaki uygulamalar kontrole aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla bitki kuru yaprak oranı mineral gübreleme ile %15,1, hormon uygulamaları ile %9,2-12,3, bakteri aşılamlarında ise %0,7-19,3 oranında artmıştır. Çalışmamızda ortaya çıkan %53,1-63,3 kuru yaprak oranı değerleri Katar (2015) tarafından bildirilen drog yaprak oranı değerleri ile (%62,1-68,1) benzer bulunmuştur.

4.2.11. Yaş kök ağırlığı

Sater bitkisinde mineral gübre hormon uygulamaları ve farklı bakteri aşılamlarının yaş kök ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.6 ve 4.7’de verilmiştir. Bitki yaş kök ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre sater bitkisinden en yüksek yaş kök ağırlığı *P. fluorescens* RC26 (15,8 g/bitki) aşılmasıyla elde edilmiş bunu NPK (14,6 g/bitki) ve *M. luteus* RC17A (14,8 g/bitki) izlemiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.2-3). Diğer uygulamalar yaş kök

ağırlığını artırmış ancak artış oranları istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır. Kontrole kıyasla bitki yaş kök ağırlığı mineral gübreleme ile %26,8, hormon uygulamaları ile %15,4-20,9; bakteri aşılamlarında ise %7,7-37,0 oranında artmıştır.

4.2.12. Kuru kök ağırlığı

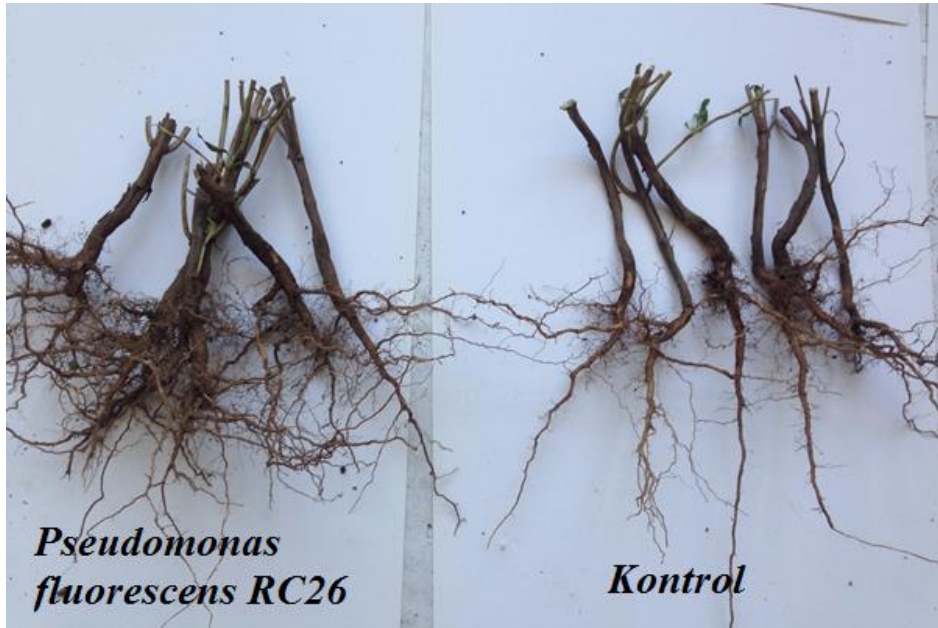
Sater bitkisinde mineral gübre hormon uygulamaları ve farklı bakteri aşılamlarının kuru kök ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.6 ve 4.7’de verilmiştir. Bitki kuru kök ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Sera koşullarında yürütülen araştırma sonuçlarına göre sater bitkisinden en yüksek kuru kök ağırlığı mineral NPK gübrelemesi (5,89 g/bitki) ve *P. fluorescens* RC26 aşılmasıyla (5,89 g/bitki) elde edilmiş bunu *M. luteus* RC17A aşılması (5,81 g/bitki) ve IAA+BAP (5,72g/bitki) hormon uygulaması izlemiştir. Araştırmada test edilen NPK ve IAA+BAP uygulaması, *P. fluorescens* RC26 ve *M. luteus* RC17A izolatının kekik kuru kök ağırlığı üzerine etkisi kontrole kıyasla önemli bulunurken, BAP uygulaması, *B. subtilis* RC17C, *B. subtilis* RC631 ve *P. putida* RC48 aşılması ile ortaya çıkan artış önemli olmamış ve bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.3). Kontrole kıyasla bitki kuru kök ağırlığı mineral gübreleme ile %20,6, hormon uygulamaları ile %05,5-17,3, bakteri aşılamlarında ise %0,6-20,8 oranında artmıştır.

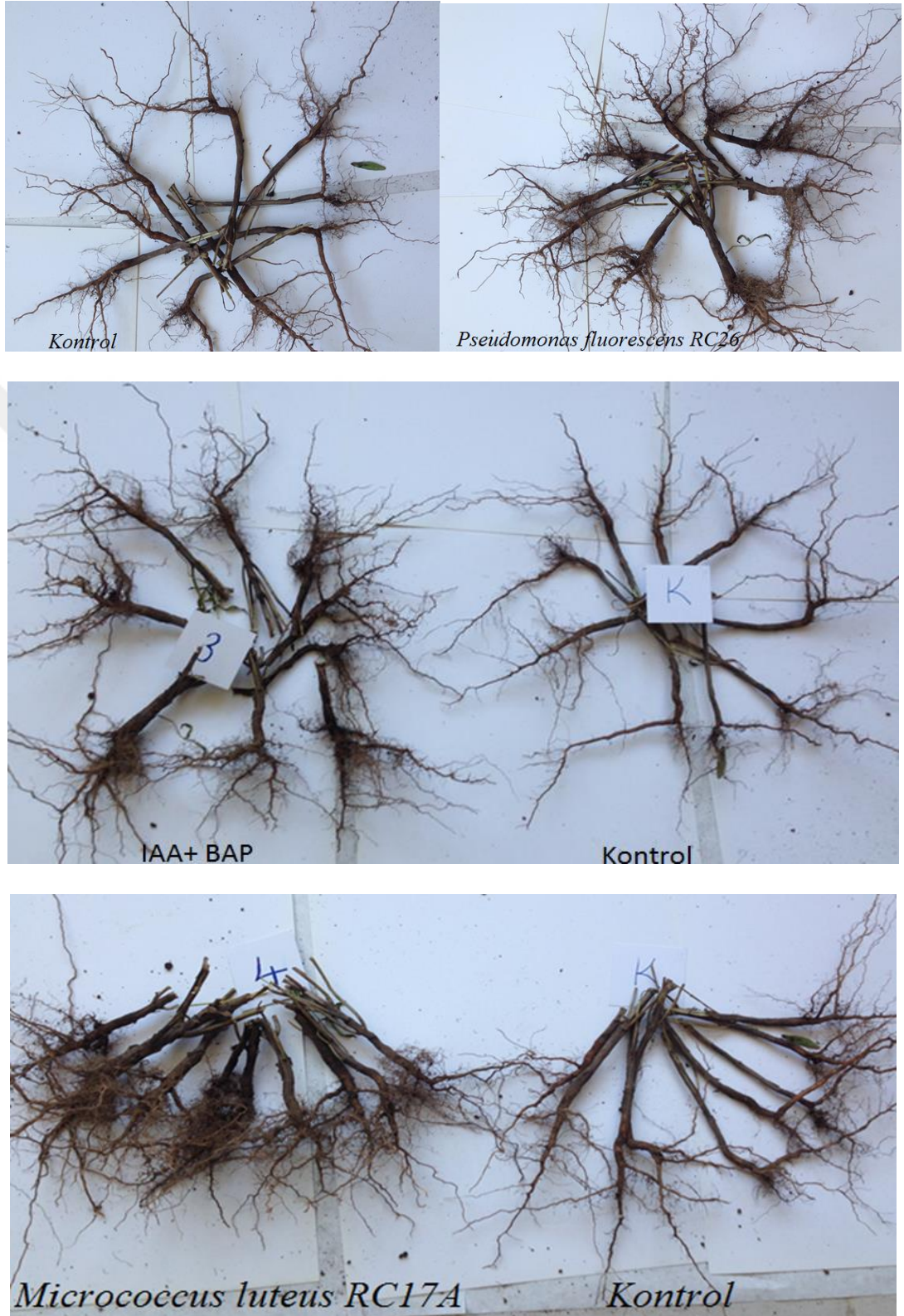
Çalışmamızda özellikle biyolojik azot fikseden ve IAA üretici bakterilerin veya haricen IAA uygulamasının sater bitkisinde köklenmeyi teşvik ederek özellikle yaş ve kuru kök ağırlığını artırdığı belirlenmiştir. Biyolojik azot fiksasyonu ve mikrobiyal hormon üretiminin etkin kök sisteminin gelişmesine yardımcı olan PGPR strainlarının bitki gelişmesini teşvik etmesinden sorumlu başlıca faktörler olduğu bildirilmiştir (Baset Mia *et al.* 2010; Meldau *et al.* 2012; Rajendran *et al.* 2012). Bakteriler tarafından üretilen IAA+BAP’nın kök gelişimi üzerinde direkt pozitif etkisi olduğu (Patten and Glick 2002), bitki gelişmesini teşvik edici bakteri uygulamalarının yaş ve kuru kök ağırlığını (Vande Broek *et al.* 1999; Dobbelaere *et al.* 2003; Çakmakçı 2005 a, b;

Banchio *et al.* 2008; Ordookhani *et al.* 2011; Çakmakçı *et al.* 2014) ve kök yüzey alanını (Lambrecht *et al.* 2000; Egorshina *et al.* 2012) artırdığı; lateral ve kılcal köklenmeyi teşvik ettiği (Fatima *et al.* 2009; Mohite 2013); ayrıca bakteriyel IAA konukçu bitki kök sistemini uyararak, kök salgılarını artırdığı ve rizosfer bakterilerini cezbedtiği (De Salamone *et al.* 2005; Etesami *et al.* 2015) ortaya konulmuştur.

Bakteriler tarafından üretilen IAA'nın bitkide hücre büyüme ve bölünmesini uyararak kök gelişmesini teşvik eden temel faktör olduğu (Patten and Glick 2002; Mehry *et al.* 2008); IAA ve BAP uygulamalarının köklenme ve adventif kök oluşumunu teşvik amacıyla kullanılabildiği (Bona *et al.* 2010; Kasem and El-baset 2014), IAA bitkide kılcal köklerin ve lateral köklerin üretimini uyardığı (Davies 2010) ve kök sayı, boyut ve ağırlığını artırdığı (Ribeiro and Cardoso 2012; Sağlam *et al.* 2014) rapor edilmiştir. Ayrıca, oksinlerin lateral köklerin çoğalmasını uyararak besin absorbe edici yüzeyleri artırdığı ve sonuçta topraktan besin ve suyun daha iyi asimilasyonunu sağlayarak, kök-gövde uzama ve gelişmesi teşvik ettiği vurgulanmıştır (Egamberdieva 2011; Çakmakçı 2014).



Şekil 4.2. Kontrole kıyasla *P. Fluorescens* RC26 aşılmasının sater kök gelişmesine etkisi



Şekil 4.3. Kontrole kıyasla *P. Fluorescens* RC26 ve *M. luteus* RC17A bakteri aşılımaları ve IAA+BAP hormon uygulamasının sater kök gelişimine etkisi.

4.3. Uçucu Yağ Oranı, Verimi ve Bileşenleri

4.3.1. Uçucu yağ oranı

Sater bitkisinde mineral gübre hormon uygulamaları ve farklı bakteri aşılamalarının uçucu yağ oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.8 ve 4.9’de verilmiştir. Bitki uçucu yağ oranı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre sater bitkisinden en yüksek uçucu yağ oranı *B. subtilis* RC631 (%2,82 g/100 g kuru ağırlık) aşılması ile elde edilmiş, *P. fluorescens* RC26 (%2,74 g/100g kuru ağırlık) aşılması ve IAA (%2,63 g/100g kuru ağırlık) uygulaması izlemiştir. Araştırmada test edilen IAA+BAP uygulaması, *P. fluorescens* RC26 ve *B. subtilis* RC631 izolatının kekik uçucu yağ oranı üzerine etkisi kontrole kıyasla önemli bulunurken, BAP uygulaması ve *P. putida* RC48 aşılması ile ortaya çıkan artış önemli olmamış ve bu uygulamalar kontrole aynı gruba girmiştir (Şekil 4.4). Kontrole kıyasla bitki uçucu yağ oranı mineral gübreleme ile %14,6, hormon uygulamaları ile %10,7-23,6, bakteri aşılamaalarında ise %11,2-32,8 oranında artmıştır. Bu araştırmada uçucu yağ oranı değerleri %2,12-2,82 (w/w) arasında değişim göstermiştir.

S. hortensis bitkisinde uçucu yağ oranı değerleri; Baytop (1984)’un %0,3–2,0, Kökdil (1993) %4,8; Tansi ve Tonçer (1999) %1,23- 1,43; Kızıl ve Tonçer (2001) %2,69-3,14; Baher *et al.* (2002) %1,75-2,3; Héjja *et al.* (2002) %1,66–4,64; Pank *et al.* (2004) %1,28-3,50; Lis *et al.* (2007) %2,30-3,80; Sefidkon *et al.* (2006) %0,87-1,06; Aşçı (2009) %1,73-3,77; Kizil *et al.* (2009) %2,6; Mihajilov-Krstev *et al.* (2009) %2,05; Hadian *et al.* (2010) %0,5-%2,9; Katar vd (2011) %1,66–2,20; Bahtiyarca Bağdat (2011) %1,75-2,85; Karimi *et al.* (2012) %2,05; Sharafzadeh *et al.* (2013) %0,92-1,87; Dinç (2014) %1,65-3,15; Kargar *et al.* (2014) %2,78 (w/w), Farahani *et al.* (2015) %1,8-2,04; Katar (2015) %2,43-2,55 ve Khalid (2016) tarafından %1,2 olarak bildirilmiştir. Diğer taraftan Başer *et al.* (2004) sater uçucu yağ oranını yabani formlar için %1,28-4,75 ve kültür formları için %1,30-2,67 olarak belirlemiştir. Bu araştırmada

belirlenen uçucu yağ oranı (%2,12-2,82) yukarıda bildirilen yağ oranlarının büyük çoğunluğu ile uyumlu bulunmuştur. Araştırmada test edilen etkin izolatların uçucu yağ oranı bakımından mineral gübrelemeye eşdeğer ve daha yüksek sonuç vermesi önemlidir. Bu sonuçlar, yazlık sater kekiğinin biyolojik gübreleme ile mineral gübrelemeye kıyasla, daha etkin beslendiğini göstermiştir.

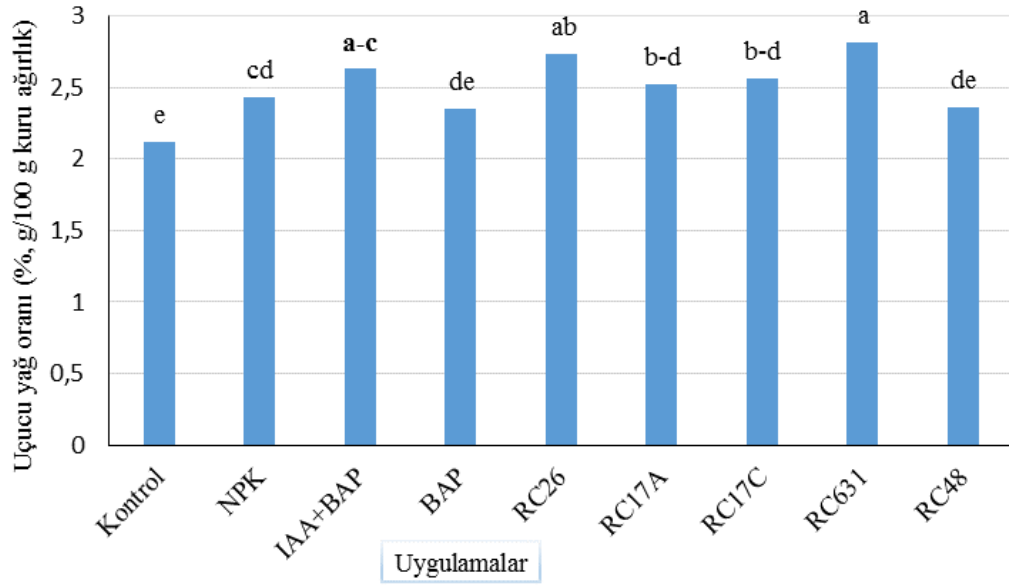
Çizelge 4.8. *S. hortensis* bitkisinde uçucu yağ oranı ve yağ ve karvakrol verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları (VK)	Serbestlik derecesi (SD)	Uçucu yağ oranı		Uçucu yağ verimi		Karvakrol verimi	
		KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	8	0,278	12,62**	0,028	15,94**	0,004	12,77**
Hata	45	0,022		0,002		0,00	
*:p<0,05, **: p<0,01, KO: Kareler ortalaması, F: F değeri							

Çizelge 4.9. Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının uçucu yağ oranı, bitki başına yağ ve karvakrol verimi üzerine etkisi

Uygulamalar	Uçucu yağ oranı (%, g/100 g kuru ağırlık)	Uçucu yağ verimi (g/bitki)	Karvakrol verimi (g/bitki)
Kontrol	2,12±0,10 e	0,362±0,032 b	0,187 ± 0,002 e
NPK	2,43±0,09 cd	0,495±0,050 a	0,248± 0,012 bc
IAA+BAP	2,63±0,19 a-c	0,508±0,059 a	0,274 ±0,029 a-c
BAP	2,35±0,07 de	0,391±0,021 b	0,212± 0,002 de
RC26	2,74±0,10 ab	0,548±0,033 a	0,294± 0,010 a
RC17A	2,52±0,21 b-d	0,527±0,024 a	0,281± 0,013 ab
RC17C	2,56±0,19 b-d	0,507±0,044 a	0,264± 0,016 a-c
RC631	2,82±0,18 a	0,500±0,040 a	0,241± 0,027 cd
RC48	2,36±0,14 de	0,391±0,058 b	0,193± 0,030 e
Ortalama	2,50±0,25	0,470±0,076	0,243± 0,403

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli (p≤0,01) değildir



Şekil 4.4. Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yazlık sater uçucu yağ oranı üzerine etkisi

4.3.2. Uçucu yağ ve karvakrol verimi

Sater bitkisinde, bakteri aşılama, mineral gübre hormon uygulamalarının uçucu yağ verimi ağırlığı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Çizelge 4.8 ve 4.9’da verilmiştir. Bitki uçucu yağ verim bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre sater bitkisinden en yüksek uçucu yağ verimi *P. fluorescens* RC26 aşılmasıyla (0,548 g/bitki) elde edilmiş, bunu *M. luteus* RC17A (0,527 g/bitki), *B. subtilis* RC17C (0,507 g/bitki), *B. subtilis* RC631 (0,500 g/bitki) aşılması ve IAA+BAP (0,508 g/bitki) ve NPK (0,495 g/bitki) uygulaması izlemiştir. Bu uygulamaların tamamı bitki başına uçucu yağ verimini kontrole kıyasla çok önemli oranda artırmış ve birinci grubu oluşturmuştur (Çizelge 4.9, Şekil 4.5). Uçucu yağ verimi bakımından BAP uygulaması ve *P. putida* RC48 aşılması ile ortaya çıkan artış önemli olmamış ve bu uygulamalar kontrole aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla bitki

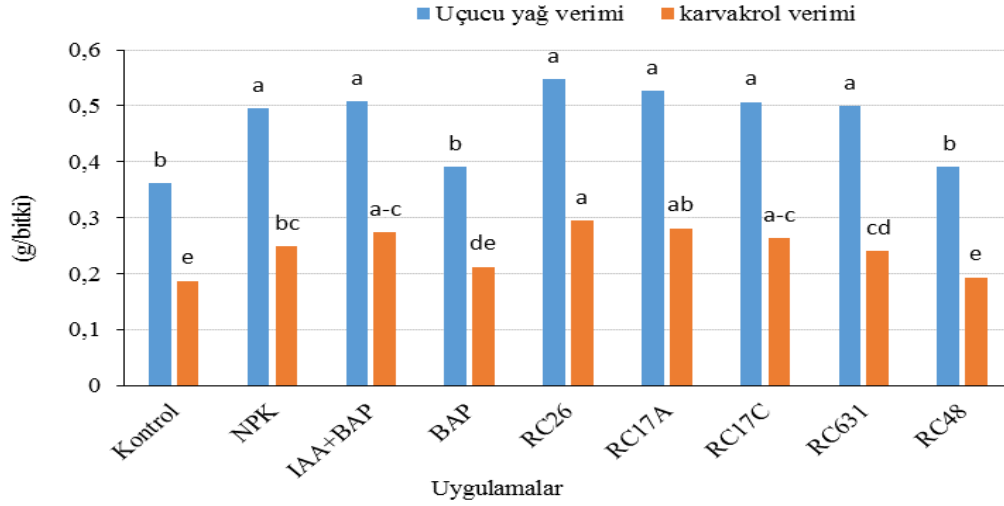
başına uçucu yağ verimi mineral gübreleme ile %36,9, hormon uygulamaları ile %8,2-40,5, bakteri aşılamaalarında ise %8,2-51,5 oranında artmıştır.

Mineral NPK, IAA+BAP uygulamaları ve IAA bakterilerin sater bitkisinde uçucu yağ verimini artırdığı belirlenmiştir. Test edilen uçucu yağ verimi üzerine PGPR aşılamaalarının etkisinin ele alındığı önceki araştırmalarda Copetta *et al.* (2006) ve Banchio *et al.* (2009) fesleğen (*Ocimum basilicum* L.), Mahfouz and Sharaf-Eldin (2007) rezene (*Foeniculum vulgare* Mill., Fam), Banchio *et al.* (2008) mercanköşk (*Origanum majorana* L.), Banchio *et al.* (2010) İtalyan kekiği (*Origanum majoricum*), Hellal *et al.* (2011) dereotu (*Anethum graveolens* L.), Santoro *et al.* (2011, 2015) nane (*Mentha piperita*), Sharafzadeh *et al.* (2013) yazlık kekik (*S. hortensis*), Cappellari *et al.* (2013) aromatik (*Tagetes minuta*), Dharni *et al.* (2014) kokulu sardunya (*Pelargonium graveolens*), Kammak *et al.* (2015) aynısafa (*Calendula officinallis* L.) ve Ghorbanpour *et al.* (2016) adaçayı (*Salvia officialis*) bitkilerinde yağ veriminin PGPR kullanılarak artırılabilirdiği ortaya konulmuştur.

Bu araştırma sonuçlarına paralel olarak *S. hortensis* bitkisinde mineral veya organik gübre uygulamalarının yağ verimini artırdığı farklı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Alizadeh *et al.* 2010; Mumivand *et al.* 2011; Hellal *et al.* 2011; Farahani *et al.* 2015; Katar 2015). Ayrıca IAA uygulamalarının bitki yağ verimini artırabilirdiği yönünde bazı araştırma bulguları da bulunmaktadır (Koseva-kovacheva and Stanev 1978; Hazzoumi *et al.* 2014).

Yazlık sater kekiğinde bitki başına en yüksek karvakrol verimi *P. fluorescens* RC26 aşılmasıyla elde edilmiş, bunu *M. luteus* RC17A, IAA+BAP ve *B. subtilis* RC17C uygulamaları izlemiştir. Bitki başına karvakrol verimi BAP uygulaması ve *P. putida* RC48 dışındaki uygulamalarla kontrole kıyasla önemli oranda artmıştır. Kontrole kıyasla bitki başına uçucu yağ verimi mineral gübreleme ile %32,6, hormon uygulamaları ile %13,3-46,5, bakteri aşılamaalarında ise %3,2-57,2 oranında artmıştır. Araştırma sonuçlarına göre ikili hormon uygulamaları ve etkin bakteri aşılamaaları ile

yazlık sater bitkisinde uçucu yağın en önemli bileşiği olan karvakrol veriminin artırılabilceği ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.5. Bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının yazlık sater uçucu yağ verimi ve karvakrol veriminin üzerine etkisi

4.3.3. Uçucu yağ bileşenleri

GC-MS analiz sonuçlarına göre *S. hortensis* uçucu yağın uygulamalara bağlı olarak %98,3-100'ünü toplam 31 bileşenin oluşturduğu, bunların içinde karvakrol (%48,18-53,96), γ -terpinen (%23,76-31,11), p-simen (%4,25-7,85) ve α -terpinen'in (%3,91-6,24) ana bileşenler olduğu; bunları β -mirsene (%1,56-2,73), β -bisabolen (%0,67-3,13), α -tujene (%0,79-2,13), α -pinene (%0,58-2,13), β -pinene (%0,41-2,25), β -karyofillen (%0,41-1,87), α -fellandren (%0,38-0,70) ve spathulenol (%0,26-0,67)'un izlediği belirlenmiştir.

Kontrol uygulamasına kıyasla karvakrol oranı NPK uygulaması, *B. subtilis* RC631 ve *P. putida* RC48 aşılama ile azalmış; IAA+BAP (%3,9) ve BAP (%4,0) hormon uygulamaları *P. fluorescens* RC26 (%3,9) ve *M. luteus* RC17A (%2,3) bakteri aşılama ile artmış, ancak artış oranları istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır. Karvakrol oranı ve bitki başına uçucu yağ verimi değerleri kullanılarak kabaca hesaplanan bitki başına karvakrol verimi değerleri Şekil 4.10'de verilmiştir. Bitki başına en yüksek

karvakrol verimi *P. fluorescens* RC26 (0,294 g/bitki) ve *M. luteus* RC17A (0,281 g/bitki) aşılamları ile elde edilirken bu uygulamaları IAA+BAP hormon uygulaması, *B. subtilis* RC17C aşılması ve NPK gübrelemesi izlemiştir. Bitki başına karvakrol verimi bakımından *P. putida* RC48 aşılması ve BAP uygulamaları kontrolle aynı gruba girmiştir.

S. hortensis uçucu yağında başta mineral NPK gübrelemesi olmak üzere *M. luteus* RC17A, *B. subtilis* RC17C ve *B. subtilis* RC631 aşılamları ile γ -terpinen oranı kontrole kıyasla artmış ve artış miktarı istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Diğer uygulamalar kontrolle aynı gruba girerken, NPK gübrelemesi γ -terpinen oranını bütün uygulamalara kıyasla önemli düzeyde artırmıştır.

S. hortensis Sater uçucu yağ bileşenlerinde p-simen oranı *P. putida* RC48 aşılması ile en yüksek değere ulaşırken (%7,85) bunu kontrol uygulaması izlemiştir (%5,55). *B. subtilis* RC631 aşılması dışındaki bütün uygulamalar kontrole kıyasla p-simen içeriğini azaltmıştır (Çizelge 4.10).

S. hortensis uçucu yağında α -terpinen oranı kontrol ve BAP uygulamalarına kıyasla başta *P. fluorescens* RC26 ve *B. subtilis* RC631 aşılamları olmak üzere diğer uygulamaların tamamında artmış ve artış oranları istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur.

En yüksek α -tujen, α -pinen ve β -pinen oranı *P. putida* RC48 aşılınmış bitkilerde ölçülürken, bunu *B. subtilis* RC631 aşılması izlemiştir. Sater uçucu yağında en yüksek β -mirsen ve α -fellandren oranı *P. fluorescens* RC26 ve *B. subtilis* RC631 aşılınmış bitkilerde, en düşük oran ise BAP uygulaması ile ortaya çıkmıştır. Oysa en yüksek β -karyofillen oranı kontrol ve BAP uygulamalarında belirlenmiştir. En yüksek β -bisabolen oranı kontrol, spathulenol oranı ise IAA+BAP uygulaması ile ortaya çıkmıştır.

S. hortensis uçucu yağında elde edilen bileşenlerin monoterpen hidrokarbonlar (MH, α -tujen, α -pinen, β -pinen, β -mirsen, α -fellandren, α -terpinen, p-simen, γ -terpinen, *Trans*-sabinen hidrat), oksijenli monoterpenler (MO, karvakrol ve karvakrol metil eter), sesquiterpene hidrokarbonlar (SH, β -karyofillen, β -bisabolen, bisiklogermakren) ve oksijenli seskiterpen (SO) olmak üzere dört sınıfa ayrıldığı, gruplardan MO en yüksek orana (%48,35-54,05) ulaştığı, bunu MH (%38,86-49,40) ve SH (%1,32 - 6,21) izlediği ve en düşük kimyasal sınıfın ise SO (%0,37-0,86) olduğu görülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre kontrol, NPK, IAA+BAP, BAP, *P. fluorescens* RC26, *M. luteus* RC17A, *B. subtilis* RC17C, *B. subtilis* RC631 ve *P. putida* RC48 uygulamalarında sater uçucu yağında monoterpen oranı sırası ile %92,64 (MH:%39,87 ve MO: %52,77); %98,01 (MH:%47,9 ve MO: %50,11); %96,46 (MH:%42,54 ve MO: %53,92); %92,82 (MH:%38,86 ve MO: %53,96); %96,53 (MH:%42,48 ve MO: %54,05); %96,49 (MH:%43,05 ve MO: %53,44); %97,0 (MH:%44,67 ve MO: %52,33); %97,75 (MH:%49,4 ve MO: %48,35) ve %98,0 (MH:%47,32 ve MO: %50,68) olmuştur. Uçucu yağda en yüksek SH oranı kontrol (%6,21) ve BAP (4,97) uygulamalarında, en düşük SO oranı ise NPK (%1,32) ve *P. putida* RC48 (%1,63) uygulamalarında ortaya çıkmıştır.

En yüksek monoterpen hidrokarbon miktarı *B. subtilis* RC631 aşılması ile belirlenmiş, bunu sırası ile mineral gübreleme, *P. putida* RC48 ve *B. subtilis* RC17C aşmaları izlemiştir. Oksijenli monoterpen kapsamı kontrol ve NPK uygulamalarına kıyasla IAA+BAP, BAP, *P. fluorescens* RC26 ve *M. luteus* RC17A uygulamaları ile artmış ancak artış oranları önemli ($p < 0,05$) bulunmamıştır. En yüksek seskiterpen hidrokarbon (SH) oranı kontrol ve BAP uygulaması, en yüksek oksijenli seskiterpen (SO) oranı ise *M. luteus* RC17A ve *B. subtilis* RC17C ile aşılanmış *S. hortensis* ortaya çıkmıştır. Aşılanmış bitkilerde gözlemlediğimiz monoterpen konsantrasyonlarının artması, PGPR tarafından salgılanan, bitki metabolik süreçlerini etkileyen büyüme destekleyici maddelerden kaynaklanabilir. Benzer olarak önceki araştırmalarda bakteri aşılamalarının farklı bitkilerde uçucu yağlarda monoterpenlerin üretimini arttırdığı ortaya konulmuştur (Banchio *et al.* 2009,2010; Cappellari *et al.* 2013, Santoro *et al.* 2015). Kontrol uygulamasında uçucu yağ ve monoterpen oranının (MO) bakteri

aşılamaları ve hormon uygulamalarına kıyasla daha düşük bulunması bu bitkilerin yetersiz beslenme ve olgunluğa daha fazla yaklaşmış olmalarından kaynaklanmış olabilir. Nitekim önceki araştırmalarda uçucu yağ verimi ve monoterpenlerin tam olgunlukta azalma gösterdiği yönünde bulgulara ulaşıldığı vurgulanmıştır (Lattoo *et al.* 2006). Yazlık sater bitkisinde gübre dozlarının artması ile makro ve mikro element içeriğinin artması, yağ verimi ile birlikte yağın kimyasal içeriğini de değiştirdiği rapor edilmiştir (Alizadeh *et al.* 2010).

Bakteri aşılamaları uçucu yağ kimyasal bileşimini ve bitkilerde sekonder metabolit üretim mekanizmasını önemli miktarda etkilemiştir. Benzer olarak önceki araştırmalarda PGPR kullanımının verim, uçucu yağ ana bileşenleri, monoterpen üretimi ve birikimini artırdığı (Banchio *et al.* 2008, 2009, 2010; Gharib *et al.* 2008; Hellal *et al.* 2011; Santoro *et al.* 2011, 2015; Darzi and Hadi 2012; Cappellari *et al.* 2013, 2015; Nourafcan *et al.* 2014; Santoro *et al.* 2015) fenolik, flavonoid gibi sekonder metabolit biyosentezini etkilediği ve yağ ana bileşenlerini arttırdığı Ghorbanpour *et al.* (2016) belirlenmiştir. Diğer bazı çalışmalarda haricen hormon uygulamalarının uçucu yağ ana bileşenlerini etkilediği görülmüştür (Affonso *et al.* 2009; Victorio *et al.* 2011).

Çizelge 4.10. *S. hortensis* bitkisinde bakteri aşılama, mineral gübre ve hormon uygulamalarının uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisi (%)

Uçucu yağ bileşeni	Uygulamalar**								
	Kontrol	NPK	IAA+BAP	BAP	RC26	RC17A	RC17C	RC631	RC48
α -tujen	0,87 d	1,46 b	1,10 c	0,79 d	1,25 c	1,14 c	1,25 c	2,09 a	2,13 a
α -pinen	0,65 de	0,76 d	0,58 e	0,64 de	1,06 c	0,70 de	0,78 d	1,31 b	2,13 a
Kamfen									0,20
Sabinen		0,12			0,15				
β -pinen	0,47 d	0,46 d	0,47 d	0,53 cd	0,46 d	0,41 d	0,60 c	0,91 b	2,25 a
β -mirsen	1,64 c	2,21 b	2,03 b	1,56 c	2,73 a	2,04 b	2,05 b	2,73 a	2,26 b
α - fellandren	0,46 b	0,53 b	0,49 b	0,38 c	0,64 a	0,48 b	0,50 b	0,70 a	0,51 b
δ -3-carene		0,10							0,12
α -terpinen	4,25 e	5,23 bc	4,75 cd	3,91 e	5,31 b	4,57 d	4,79 b-d	6,24 a	4,52 d
p-simen	5,56 b	4,99 c	4,81 c	4,30 d	4,37 d	4,25 d	5,12 c	5,64 b	7,85 a
Sylvestrene	0,34	0,82		0,60		0,79		1,00	
Limonen			0,77				0,79		1,02
β - fellandren					0,45				
(Z)- β -osimen									0,37
γ -terpinen	25,59 cd	31,11 a	27,54bc	25,97 cd	26,06 cd	28,67 b	28,59 b	28,61 b	23,76 d
<i>Trans</i> -sabinen hidrat	0,04	0,11		0,18			0,20	0,17	
α -terpinolen									0,20
Borneol	0,17								0,17
α -terpineol									0,14
Karvakrol metileter	0,65	0,09			0,16	0,12		0,17	0,65
Karvakrol	51,89 ab	50,02 bc	53,92 a	53,96 a	53,89 a	53,09 ab	51,91 ab	48,18 c	49,72 bc
Karvakrol asetat	0,05					0,22	0,28		
β -karyofillen	1,87 a	0,59 d	0,95 bc	1,80 a	0,96 bc	1,10 b	0,97 b	0,80 c	0,41 e
aromadendren	0,35		0,30	0,53					
γ -selinene									0,07
Bisiklogermakren	0,77			0,49	0,53			0,22	0,48
β -bisabolen	3,13 a	0,73 e	1,62 c	1,94 b	1,43 cd	1,41 cd	1,20 d	0,83 e	0,67 e
Cis- α -bisabolen	0,09			0,21		0,14			
Spathulenol	0,52 b	0,26 d	0,67 a	0,57 b	0,53 b	0,50 b	0,52 b	0,40 c	0,37 c
Karyofillen oksit	0,10	0,10				0,20	0,15		
3-fluoropheny	0,04	0,22				0,16	0,14		
MH*	39,87 d	47,90 ab	42,54 cd	38,86 d	42,48 cd	43,05 cd	44,67 bc	49,40 a	47,32 ab
MO	52,77 ab	50,11 ab	53,92 a	53,96 a	54,05 a	53,44 a	52,33 ab	48,35 b	50,68 ab
SH	6,21 a	1,32 f	2,87 c	4,97 b	2,92 c	2,65 c	2,17 d	1,85 de	1,63 ef
SO	0,67 b	0,58 c	0,67 b	0,57 c	0,53 c	0,86 a	0,81 a	0,40 d	0,37 d
Toplam	99,52	99,91	100	98,36	99,98	99,99	99,84	100	100

*MH: monoterpen hidrokarbon; MO: oksijenli monoterpen, SH: seskiterpen hidrokarbon SO: oksijenli seskiterpen, **Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda (aynı satır) önemli ($p \leq 0,05$) değildir

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi *S. hortensis* L. uçucu yağının ana bileşeni olan karvakrol %48,18–53,96 arasında değişmiştir. Uçucu yağ ana bileşeni olarak karvakrol oranına ait bulgularımız, Héjja *et al.* (2002)'in bildirdiği %56; Pfefferkorn *et al.* (2008)'in %55,3–59,5; Kızıl (2009)'un %39,8–58,5; Alizadeh *et al.* (2010)'un %43,9–59,2; Najafi *et al.* (2010)'un %55,4; Katar vd (2011)'in %55–60; Dinç (2014)'ün %39,9–62,4; Kargar *et al.* (2014)'ün %54,7; El-Gohary *et al.* (2015)'un %23,7–51,2; Katar (2015)'in %50,3–56,2 ve Radácsi *et al.* (2016)'nın %56,7–60,6 karvakrol oranları ile uyumlu bulunmuştur.

Bu araştırmada GC-MS analiz sonuçlarına göre *S. hortensis* uçucu yağın uygulamalara bağlı olarak %99,9'unun toplam 31 bileşenden oluşturulan, bunların içinde karvakrol (%48,18– 53,96), γ -terpinen (%23,76–31,11), p-simen (%4,25–7,85) ve α -terpinen'in (%3,91–6,24) ana bileşenler olduğu belirlenmiştir. *S. hortensis* uçucu yağında ana bileşenlerin Baher *et al.* (2002) γ -terpinen (%37,8–40,9), karvakrol (%40,3–44,5) ve α -terpinene (%4,9–5,4); Ghannadi (2002) karvakrol (%59,7), γ -terpinen (%12,8) ve p-simen (%9,3); Sefidkon *et al.* (2006) karvakrol (%12,3–46) ve γ - terpinen (%37,7–70,4); Mihajilov-Krstev *et al.* (2009) karvakrol (%67), γ -terpinen (%15,3) ve p-simen (%6,73); Alizadeh *et al.* (2010) karvakrol (%43,9–59,2), γ -terpinen (%30,7–40,2), α -terpinen (%2,8–4) ve P-simen (%1,8–2,2); Hadian *et al.* (2010) karvakrol (%42,0–83,3), γ -terpinen (%0,5–28,5) ve p-cymene (%1,0–17,1); Mohammadhosseini and Beiranvand (2013) γ -terpinen (%27,4), karvakrol (%23,7), p-simen (%11,1), α --terpinen (%10,2), α -pinen (%5,1) ve mirsen (%5,1); Sharafzadeh *et al.* (2013) γ -terpinen (%45,3–49,4) ve karvakrol (%37,0–41,3); Dinç (2014) karvakrol (%39,9–62,4,) γ -terpinen (%17,1–25,7); Kargar *et al.* (2014) karvakrol (%54,7), γ - terpinen (%26,4), p-cymene (%5,5) ve α -terpinen (%2,4); El-Gohary *et al.* (2015) γ -terpinen (%31,5–46,08), karvakrol (%23,7–51,2) ve p-simen (%2,8–14,9); Katar (2015) karvakrol (%50,3–56,2) ve γ -terpinen (%30,4–35,7) ve Radácsi *et al.* (2016) karvakrol (%56,7–60,6) ve γ -terpinen (%29,7–32,3) olduğunu belirlemişlerdir. Bu araştırmada belirlenen uçucu yağ ana bileşenleri yukarıda verilen literatür bulgularıyla benzerdir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

S. hortensis taç genişliği, bitki yüksekliği, gövde çapı, yaş ve kuru kök- gövde ağırlığı, yeşil ve herba verimi, yaş ve kuru yaprak ağırlığı, yaprak oranı, yaş ve kuru kök ağırlığı, uçucu yağ oranı, uçucu yağ karvakrol verimi uçucu yağ bileşenleri gibi verim ve kalite değerleri toplu olarak değerlendirildiğinde, sater bitkisinde verim ve kalite kriterleri bakımından, mineral NPK gübrelemesi, IAA+BAP uygulaması özellikle indol asetik asit üretici, azot fikseri ve fosfat çözücü *Pseudomonas fluorescens* RC26, *Micrococcus luteus* RC17A ve *Bacillus subtilis* RC17C aşılama ları en etkin uygulamalar olmuştur.

Araştırmada yazlık sater kekiğinde bitki boyunun 46,2-53,5 cm, taç genişliğinin 21,3-33,5 cm, gövde çapının 9,75-12,65 mm; yaş kök gövde ağırlığının 71,0-91,8 g/bitki, kuru kök gövde ağırlığının 21,7-26,8 g/bitki, yaş (taze) herba ağırlığının 59,5-76,0 g/bitki, kuru (drog) herba ağırlığının 16,5-21,0 g/bitki, yaş yaprak ağırlığının 32,1-42,8 g/bitki, kuru yaprak ağırlığının 9,0-12,6 g/bitki, kuru yaprak oranının %53,1-63,3, yaş kök ağırlığının 11,5-15,8 g/bitki, kuru kök ağırlığının 4,88-5,89, uçucu yağ oranının %2,12-2,82, uçucu yağ veriminin 0,362-0,548 g/bitki ve bitki başına karvakrol veriminin ise 0,187-0,294 g/bitki arasında değiştiği görülmüştür.

Genel kategoriler açısından, uçucu yağda monoterpen hidrokarbonlar hakim olup, karvakrol (%48,18-53,96), γ -terpinen (%23,76-31,11), p-simen (%4,25-7,85) ve α -terpinen (%3,91-6,24) ana bileşenleridir. Diğer bileşenlerin β -mirsen (%1,56-2,73), β -bisabolen (%0,67-3,13), α -tujen (%0,79-2,13), α -pinen (%0,58-2,13), β -pinen (%0,41-2,25), β -karyofillen (%0,41-1,87), α -fellandren (%0,38-0,70) ve spathulenol (%0,26-0,67) olduğu, kalan tüm yağ bileşenlerinin miktarının %1'den az veya tüm numunelerde bulunamadığı belirlenmiştir. *Satureja* yağında monoterpen oranı %92,64-98,01 olup bu bileşenler içinde oksijenli monoterpen (MO) oranı %48,35-54,05 ve monoterpen hidrokarbon (MH) oranı ise %39,87-49,40 arasında değişmiştir. Yağın üçüncü kategorisini oluşturan seskiterpen hidrokarbonların (SH) oranı %1,62-6,21 ve dördüncü kategori oksijenli seskiterpen (SO) oranı ise %0,37-0,86 arasında değişmiştir. Bakteri

aşılamaları ve NPK gübrelemesi uçucu yağda monoterpen konsantrasyonlarını artırmıştır.

Test edilen bakterilerden yüksek etkinlik gösterenler yazlık kekik (*S. hortensis*) gelişme, verim, uçucu yağ oranını ve verimini denemede kullanılan mineral gübrelemeye eşit veya daha fazla artırabilmiştir. Bitki gelişme yanıtı aşılama bakterisi, bitki türü ve değerlendirme parametrelerine bağlı olarak değişmiştir. Bitki gelişimini teşvik edici bakteri aşılama ve IAA+BAP uygulaması ile *S. hortensis* bitkisinde yağ oranı, yağ verimi, uçucu yağ bileşenleri ve özellikle karvakrol, γ -terpinen, β -mirsene ve α -terpinen oranlarının değiştirilebileceği ve karvakrol veriminin artırılabilirliği belirlenmiştir.

Bakteriyel etkinlik izolatlarına bağlı olarak değişmekle birlikte, araştırmada test edilen etkin bakterilerin ve bu izolatlarla geliştirilecek biyolojik gübre formülasyonlarının bitki gelişmesi için kimyasal gübre gereksinimini azaltabildiği, konvansiyonel, iyileştirilmiş, sürdürülebilir ve organik sater kekiği üretiminde biyolojik gübre olarak kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Tek yıllık yazlık kekik (*S. hortensis*) PGPR aşılama ve NPK gübrelemesinin beklenenden daha yüksek potansiyele sahip olduğu, gelişme, verim ve kalite kriterlerini teşvik ettiği görülmüştür. Ayrıca indol asetik asit üretici bakterilerin sater bitkisinde haricen hormon uygulamalarının yerine kullanımının yağ oranı, verimi ve bileşenleri bakımından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Bu bakteriler kullanılarak drog herba verimi, drog yaprak verimi, uçucu yağ oranı ve veriminin artırılması ile uçucu yağda temel bileşenlerin değiştirilmesi mümkün olabilecektir. Etkin izolat ve formüllerinin kullanılması durumunda, kimyasal gübre kullanılmaksızın, verim ve kalite bakımından her hangi bir kayıp olmadan organik olarak sater üretimi mümkün olabilecektir. Ancak gelecekte etkin strainler kullanılarak tekli veya kombinasyon halinde daha kapsamlı tarla denemeleri yürütülmesi, başta sater olmak üzere tıbbi ve aromatik bitkilerde biyolojik gübre kullanımının sağlanması ve bu bitkilerin tarımının yaygınlaşması bu sektörün rekabet kapasitesinin güçlenmesine yardım edecektir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Hadi, Nadia, I.M., Aboel-Ala, H.K., Abdel-Azim, W.M., 2009. Response Of Some Mentha Species To Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) Isolated From Soil Rhizosphere, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4), 4437-4448.
- Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 60, 7–11.
- Acosta, I.F., Farmer, E.E., 2010. Jasmonates. Department of Plant Molecular Biology, University of Lausanne, Biophore, CH-1015 Lausanne, Switzerland.
- Adams, R.P., 2007. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. 4th edition. Allured Publishing Corp, Carol Stream, IL. USA.
- Adiguzel, A., Ozer, H., Kilic, H., Cetin, B., 2007. Screening of antimicrobial activity of essential oil and methanol extract of *satureja hortensis* on foodborne bacteria and fungi. Czech Journal of Food Sciences, 25, 81–89.
- Affonso, V.R., Bizzo, H.R., Lage, C. L. S., Sato, A., 2009. Influence of growth regulators in biomass production and volatile profile of in vitro plantlets of *Thymus vulgaris* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57, 6392–6395.
- Affonso, V.R., Bizzo, H.R., Lima, S.S., Esquibel, M.A., Sato, A., 2007. Solid Phase Microextraction (SPME) Analysis of Volatile Compounds Produced by In vitro Shoots of *Lantana camara* L. Under the Influence of Auxins and Cytokinins. Journal of the Brazilian Chemical Society, 18(8), 1504–1508.
- Ahemad, M., Kibret, M., 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University Science, 26, 1–20.
- Ahmad, F., Ahmad, I., Khan, M.S., 2005. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of azotobacter and fluorescent *pseudomonas* in the presence and absence of tryptophan. Turkish Journal Of Biology, 29, 29-34.
- Ahmad, F., Ahmad, I., Khan, M.S., 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbiological Research, 163(2), 173–181.
- Ahmed, A., Hasanian, S., 2014. Auxins as one of the factors of plant growth improvement by plant growth promoting rhizobacteria. Polish Journal of Microbiology, 63, 261–266.
- Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O., Tafazoli, E., Khalighi, A., 2010. Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. Medicinal Plants Research, 4(1), 33-40.
- Annamalai, A., Lakshmi, P.T.V., Lalithakumari, D., Murugesan, K., 2004. Optimization of biofertilizers on growth, biomass and seed yield of *Phyllanthus amarus*

- Bhumyamalaki) in sandy loam soil. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 26(4), 717-720.
- Apine , O.A., Jadhav, J.P.,2011. Optimization of medium for indole-3-acetic acid production using *Pantoea agglomerans* strain PVM. Journal of Applied Microbiology, 110, 1235–1244.
- Argueso, C.T., Hansen, M., Kieber, J.J., 2007. Regulation of ethylene biosynthesis. Journal of Plant Growth Regulation, 26, 92-105.
- Aslantaş, R., Çakmakçı, R., Şahin, F., 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. Scientia Horticulturae, 111, 371–377.
- Aşçı, M., 2009. Çukurova Koşullarında *Satureja Hortensis* L.'nin Çiçeklenme Döneminde Tarımsal Karakterler ve Uçucu Yağ Oranındaki Değişimlerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Avcı, A.B., Bayram, E., 2013. Geliştirilmiş İzmir kekiği (*Origanum Onites* L.) klonlarının farklı ekolojik koşullarda bazı agronomik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50 (1), 13-20.
- Azaz, A.D., Kürkcüoğlu, M., Satıl, F., Baser, K.H.C., Tümen, G., 2005. In vitro antimicrobial activity and chemical composition of some *satureja* essential oils. Flavour and Fragrance Journal, 20, 587-591.
- Babalar, M., 2010. Effects of nitrogen and calcium carbonate on growth, rosmarinic acid content and yield of *Satureja hortensis* L. Agricultural Science, 2(3),92-98.
- Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M., Rezaii, M.B., 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. Flavour and Fragrance Journal, 17, 275–277.
- Bahtiyarca Bağdat, R. 2011. TLC separation of certain medicinal and aromatic plants. International Journal of Pure & Applied Chemistry. 6(3), 353-356.
- Banchio, E., Bogino, P.C., Santoro, M., Torres, L., Zygodlo, J., Giordano, W., 2010. Systemic induction of monoterpene biosynthesis in *Origanum majoricum* by soil bacteria. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(1), 650-654.
- Banchio, E., Bogino, P.C., Zygodlo, J., Giordano, W., 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. Biochemical Systematics and Ecology, 36, 766–771.
- Banchio, E., Xie, X., Zhang, H., Paré, P.W., 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet Basil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57(2), 653-657.
- Bandoniene, D., Venskutonis, P.R., Gruzdiene, D., Murkovic, M., 2002.. Antioxidative activity of sage (*Salvia officinalis* L.), savory (*Satureja hortensis* L.) and borage (*Borago officinalis* L.) extracts in rapeseed oil. European Journal of Lipid Science and Technology, 104 (5)286-292.
- Bano, U., Khan, A.F., Mujeeb, F., Maurya, N., Tabassum, H., Siddiqui, M.H., Haneef, M., Osama, K., Farooqui, A., 2016. Effect of plant growth regulators on essential oil yield in aromatic plants. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 8(7), 733-739.
- Barton, C. J., 1948. Photometric analysis of phosphate rock. Analytical Chemistry, 20 (11), 1068-1073.

- Baset Mia, M.A.B., Shamsuddin, Z.H., Wahab, Z., Marziah, M., 2010. Rhizobacteria as bioenhancer and biofertilizer for growth and yield of banana (*Musa* spp. Cv 'Berangan'). *Scientia Horticulturae*, 126, 80-87.
- Başer, K.H.C., Özek, T., Kirimer, N. Tümen, G., 2004. A comparative study of the essential oils of wild and cultivated *Satureja hortensis* L. *Journal of Essential Oil Research*, 16, 422-424.
- Baydar, H., 2013. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 51, 339 s, Isparta.
- Baytop, T., 1984. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi İstanbul Üniversitesi yayınları. No:3255, Eczacılık Fakültesi Yayınları No:40, 282-283, İstanbul.
- Baytop, T., 1997. Türkçe Bitki Adları Sözlüğü. Türk Dil Kurumu Yayınları. Yayın, 578, 512, Ankara.
- Baytop, T., 1999. Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi (Geçmişte ve Bugün). Başbakanlık, DİE Kayıtları, 254-255.
- Belimov, A.A., 2012. Interactions between associative bacteria and plants: the role of biotic and abiotic factors. Palmarium Academic Publishers, Moscow.
- Benkova, E., Hejatko, J., 2009. Hormone interactions at the root apical meristem. *Plant Molecular Biology*, 69, 383-396.
- Bent, E., Tuzun, S., Chanway, C.P., Enebak, S., 2001. Alterations in plant growth and in root hormone levels of lodgepole pines inoculated with rhizobacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 47, 793-800.
- Bezić, N., Šamanić, I., Dunkić, V., Besendorfer, V., Puizina, J., 2009. Essential oil composition and internal transcribed spacer (ITS) sequence variability of four South-Croatian *Satureja* species (Lamiaceae). *Molecules*, 14, 925-938.
- Bharti, N., Barnawal, D., Awasthi, A., Yadav, A., Kalra, A., 2014. Plant growth promoting rhizobacteria alleviate salinity induced negative effects on growth, oil content and physiological status in *Mentha arvensis*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36, 45-60.
- Bhattacharyya, P.N., Jha, D.K., 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 1327-1350.
- Blázquez, M.A., 2014. Role of natural essential oils in sustainable agriculture and food preservation. *Journal of Scientific Research & Reports* 3(14), 1843-1860.
- Blomster, T., Salojärvi, J., Sipari, N., Brosche, M., Ahlfors, R., Keinänen, M., Overmyer, K., Kangasjärvi, J., 2011. Apoplastic reactive oxygen species transiently decrease auxin signaling and cause stress-induced morphogenic response in arabidopsis. *Plant Physiology*, 157, 1866-1883.
- Bona, C.M., Biasi, L.A., Lipski, B., Masetto, M.A.M., Deschamps, C., 2010. Adventitious rooting of auxin-treated *Lavandula dentata* cuttings. *Ciência Rural*, 40, 1210-1213.
- Boskabady, M.H., Aslani, M.R., Mansuri, F., Amery, S., 2007. Relaxant effect of *Satureja hortensis* on guinea pig tracheal chains and its possible mechanism(s). *Daru*. 5(4), 199-204.
- Boyraz, N., Ozcan, M., 2006. Inhibition of phytopathogenic fungi by essential oil, hydrosol, ground material and extract of summer savory (*Satureja hortensis* L.) growing wild in Turkey. *International Journal of Food Microbiology*, 107, 238-242.

- Brandl, M.T., Lindow, S.E., 1998. Contribution of indole-3-acetic acid production to the epiphytic fitness of *Erwinia herbicola*. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(9), 3256-3263.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. *Methods Of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties*, part 2, Ed: Norman, A.G. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, America, 595-624.
- Bulgarelli, D., Schlaeppi, K., Spaepen, S., Ver Loren van Themaat, E., Schulze-Lefert, P., 2013. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 807-838.
- Cappellari, L.R., Santoro, M.V., Reinoso, H., Travaglia, C., Giordano, W., Banchio, E., 2015. Anatomical, Morphological, and Phytochemical Effects of Inoculation with Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Peppermint (*Mentha piperita*). *Journal of Chemical Ecology*, 41, 149-158.
- Cappellari, L.R., Santoro, M.V., Nievas, F., Giordano, W., Banchio, E., 2013. Increase of secondary metabolite content in marigold by inoculation promoting rhizobacteria. *Applied Soil Ecology*, 70, 16–22.
- Celloto, V.R., Oliveira, A.J.B., Gonçalves, J.E., Watanabe, C.S.F., Matioli, G., Gonçalves, R.A.C., 2012. Biosynthesis of Indole-3-Acetic Acid by New *Klebsiella oxytoca* Free and Immobilized Cells on Inorganic Matrices. *The Scientific World Journal*, 2012, 1-7.
- Ceylan, A., 1987. *Tıbbi Bitkiler II (Uçucu Yağ İçerenler)*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Basımevi, Yayın No:481, 208-220, Bornova İzmir.
- Chauhan, H., Bagyaraj, D.J., Selvakumar, G., Sundaram, S.P., 2015. Novel plant growth promoting rhizobacteria-Prospects and potential. *Applied Soil Ecology*, 95, 38–53.
- Chi, F., Shen, S.H., Cheng, H.P., Jing, Y.X., Yanni, Y.G., Dazzo, F.B., 2005. Ascending migration of endophytic rhizobia, from roots to leaves inside rice plants and assessment of benefits to rice growth physiology. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 7271–7278.
- Chiu, R.S., Nahal, H., Provart, N.J., Gazzarrini, S., 2012. The role of the *Arabidopsis* FUSCA3 transcription factor during inhibition of seed germination at high temperature. *PMC Plant Biology*, 12-15.
- Copetta, A., Lingua, G., Berta, G., 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. *Mycorrhiza*, 16, 485–494.
- Costa, M. H., Souza-Filho, J. D. C., Ribeiro, A., 2004: Comments on “The regional evapotranspiration of the Amazon.”. *J. Hydrometeor*, 5, 1279–1280.
- Couillerot, O., Ramírez-Trujillo, A., Walker, V., von Felten, A., Jansa, J., Maurhofer, M., Défago, G., Prigent-Combaret, C., Comte, G., Caballero-Mellado, J., Moëgne-Loccoz, Y., 2013. Comparison of prominent *Azospirillum* strains in *Azospirillum-Pseudomonas-Glomus* consortia for promotion of maize growth. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97, 4639–4649.
- Çakmaç, R., Erat, M., Erdogan, U., 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, Dönmez, M.F., 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., 2005a. Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. Selçuk Univ. 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 deaminaze üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40 (1), 109-125.
- Çakmakçı, R., 2014. Mikrobiyal gübre olarak kullanılabilecek mikroorganizmaların etki mekanizmaları ve özellikleri. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı, 23-24 Ekim, Kastamonu, T.C. Gıda tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 60. Yıl. Toprak Gübre ve Su kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayını. 5-17. Ankara.
- Çakmakçı, R., 2015. Some plant species traditionally consumed as tea in anatolia. The 3rd International Symposium on Traditional Foods From Adriatic to Caucasus, 01-04 October Abstract Book 469, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.
- Çakmakçı, R., 2016. Screening of multi-trait rhizobacteria for improving the growth, enzyme activities, and nutrient uptake of tea (*Camellia sinensis*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47 (13-14), 1680-1690.
- Çakmakçı, R., Aslantaş, R., Erdoğan, Ü., Erdoğan Y., 2014. Çoruh vadiisinde odun dışı orman altı otsu bitkilerin botanik turizminde önemi. 3rd International Non-Wood Forest Products Symposium (Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu), 8-10 Mayıs, Bildiriler Kitabı, 647-657, Kahramanmaraş.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F., 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, 38(6), 1482-1487.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Oral, B., Erdogan, Ü. ve Şahin, F., 2009b. Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 84 (4), 375-380.
- Çakmakçı, R., Erdoğan Ü., 2013. Economically important plants which have been used for various purposes of the Ispir region in Turkey. The 2nd International Symposium on Traditional Foods From Adriatic to Caucasus, 24-26 October, Abstract Book, 586, Struga-Ohrid/Macedonia.
- Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü., 2008. Çoruh havzasının ekonomik öneme sahip tıbbi ve aromatik bitkileri potansiyeli. İspir Pazaryolu, Tarih, Kültür ve Ekonomi Sempozyumu 26-28 Haziran, 333-346, İspir, Erzurum.
- Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü., Erdoğan, Y., 2009 a. Economically important medicinal and aromatic and others plants of ispir region. International Rural Development Symposium, İspir, Erzurum.
- Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü., Erdoğan, Y., Mete, E., 2013 a. Variation of essential oil yield and composition of *Satureja Spicigera* (C. Koch) Boiss. aerial parts during different stages of plant growth. The First Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants (MESMAP), 17-20 April, 2013, 137, Gazimagosa, K.Kıbrıs.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Atasever, A., Kotan, R., Erat, M., Varmazyari, A., Türkyılmaz, K., Haznedar, A., Sekban, R., 2014. Development of plant growth-

- promoting bacterial based bioformulations using solid and liquid carriers and evaluation of their influence on growth parameters of tea. 9th International Soil Science Congress on the Soul of the Soil and Civilization, 14-16 October 2014, Book of Proceedings, 801-808, Side, Antalya.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Atasever, A., Kotan, R., Erat, M., Varmazyari, A., Türkyılmaz, K., Sekban, R., 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), November 25-29, 2015, Abstract Book, 18, Tashkent, Uzbekistan.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Dönmez, F., Erat, M., Haznedar, A., Sekban, R., 2012. Tea growth and yield in relation to mixed cultures of N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. The Journal of Ege University Faculty of Agriculture Special Issue, 1,17-21, İzmir.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Sekban, R., Haznedar, A., Varmazyari, A., 2013 b. 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, Secial Issue for AGRICASIA, 2(1) , 653-662.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Varmazyari, A., Atasever, A., Kotan, R., Erat, M., Türkyılmaz, K., Sekban, R., 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, 19-23 October, Article Book 67-71, Sochi, Russia.
- Çakmakçı, R., Varmazyari, A., Atasever, A., Ertürk, Y., Erat, M., Kotan, R., Sekban, R., Haznedar, A., Türkyılmaz, K., 2015 c. Effect of the inoculation with multi-traits rhizobacteria on growth, yield, and enzyme activities in tea (*Camellia sinensis* L.). Third International Congress on CoCoa Coffee and Tea 2015, 22-24 June 2015, 42, Aveiro, Portugal.
- Dadaşoğlu, E., Dadaşoğlu, F., Varmazyari, A., Kotan, R., Çakmakçı, R., 2013. Effect of vermicompost, solid and liquid organic fertilizer and biological fertilizer applications on the growth and chlorophyll contents of mountain tea (*Sideritis montana* L.). The First Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants. MESMAP 17-20 April, 2013, 97.
- Darzi, M.T., 2012. Effect of biofertilizers application on quantitative and qualitative yield of fennel (*foeniculum vulgare*) in a sustainable production system. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4 (4), 187-192.
- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., Sephidkon, F., 2007. Effects of Biofertilizers Application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(4), 276-292.
- Darzi, M.T., Hadi, M.H.S., 2012 , Effects of organic manure and nitrogen fixing bacteria on some essential oil components of coriander (*coriandrum sativum*). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(12), 787-792.
- Davis, P.H., 1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh University Press, 7, 1-948, Edinburgh.

- Davies, P.J., 1995. The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, And Functions. In Plant Hormones, ed. Davies, P.J. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 1–12.
- Davies, P.J., 2010. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!. ISBN 978-1-4020-2686-7, Originally published by Kluwer Academic Publishers, 802, New York.
- Davis, P.H, Mill, R.R, Tan, K., 1988. Flora of Turkey and the Aegean Islands, . Edinburgh University Press, 314-323, Edinburgh.
- De Oliveira, Y., Pinto, F., da Silva, A.L.L, Guedes, I., Biasi, L.A., Quoirin, M., 2010. An efficient protocol for micropropagation of *Melaleuca alternifolia* Cheel. In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant, 46, 192–197.araşt
- De Salamone, I.E.G., Hynes, R.K., Nelson, L.M., 2005. Role of cytokinins in plant growth promotion by rhizosphere bacteria. PGPR: Biocontrol and Biofertilization, Chapter 6, SIDDIQUI, Z.A., Department of Botany, Aligarh Muslim University, Aligarh, India, 173-195.
- Deans, S.G., svoboda, K.P., 1989. Antibacterial activity of summer savory (*S. hortensis* L.) essential oil and its constituents. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 64(2), 205-210.
- Deus, B., Zenk, M.H., 1982. Exploitation of plant cells for the production of natural compounds. Biotechnology and Bioengineering, 24, 1965–1974.
- Dharni, S., Srivastava, A.K., Samad; A., 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.
- Dicosmo, F., Towers, G., 1984 Stress and secondary metabolism in cultured plant cells. In Timmerman BN, C Streelich, FA Loewus, eds. Phytochemical Adaptations to Stress. Plenum, 95-175 New York.
- Dikbaş, N., Kotan, R., Dadaşoğlu, F., Karagöz, K., Çakmakçı, R., 2009. Correlation between major constituents and antibacterial activities of some plant essential oils against some pathogenic bacteria. Turkish Journal of Science & Technology, 4 (1), 57–64.
- Dinç, E., 2014. Sater (*Satureja hortensis* L.) Bitkisinde İnorganik ve Organik Gübre Uygulamalarının Verim ve Bazı Kalite Unsurlarına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.
- Djenane, D., Yangüela, J., Roncalés, P., Aider, M., 2013. Use of essential oils as natural food preservatives: effect on the growth of salmonella enteritidis in liquid whole eggs stored under abuse refrigerated conditions. Journal of Food Research, 2(3), 60-78.
- Djenane, D., Yangüela, J., Amrouche, T., Boubrit, S., Boussad, N., Roncalés, P., 2011. Chemical composition and antimicrobial effects of essential oils of *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* and *Satureja hortensis* against *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* in minced beef. Food Science and Technology International, 17(6), 505-515.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., Okon,Y., 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Reviews in Plant Sciences, 22, 107-149.

- Dorman, H.J.D., Hiltunen, R., 2004., Fe(III) reductive and free radical-scavenging properties of summer savory (*Satureja hortensis* L.) extract and subfractions. *Food Chemistry*, 88 (2), 193-199.
- Duca, D., Lorv, J., Patten, C.L., Rose, D., Glick, B.R., 2014. Indole-3-acetic acid in plant-microbe interactions. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 106(1), 85-125.
- Earanna, N., Bagyaraj, D.J., 2004. Influence of AM fungi and growth promoting rhizomicroorganisms on growth and herbage yield of *Phyllanthus amarus* Schumu. and *Thom*. *Geobios*, 31, 117-120.
- Egamberdieva, D., 2011. Indole-acetic acid production by root associated bacteria and its role in plant growth and development. In: *Auxins: Structure, Biosynthesis and Functions*. In: H. Keller, A.H., Michelle D. Fallon, M.D. (Eds), Nova Science Publishers ,7, 1-14, USA,
- Egamberdieva, D., Jabborova, D., Mamadalieva, N., 2013. Salt-tolerant *Pseudomonas extremorientalis* able to stimulate growth of *Silybum marianum* under salt stress. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 7(1), 7-10.
- Egorshina, A.A., Khairullin, R.M., Sakhabutdinova, A.R., Luk'yantsev, M.A., 2012. Involvement of phytohormones in the development of interaction between wheat seedlings and endophytic *Bacillus subtilis* strain 11BM. *Russian Journal of Plant Physiology*, 59(1), 134-140.
- El-Gohary, A.E., El Gendy, A.G., Hendawy, S.F., El-Sherbeny, S.E., Hussein, M. S., Geneva, M., 2015. Herbage yield, essential oil content and composition of summer savory (*Satureja hortensis* L.) as affected by sowing date and foliar nutrition. *Genetics and Plant Physiology*, 5(2), 170-178.
- El-Keltawi, N.E., Croteau, R., 1987. Influence of foliar applied cytokinins on growth and essential oil content of several members of the lamiaceae. *Phytochemistry*, 26, 891-895.
- Emiliani, G., Mengoni, A., Maida, I., Perrin, E., Chiellini, C., Fondi, M., Gallo, E., Gori, L., Maggini, V., Vannacci, A., Biffi, S., Firenzuoli, F., Fani, R., 2014. Linking bacterial endophytic communities to essential oils: clues from *Lavandula angustifolia* Mill. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2014, 16.
- Erdoğan, Ü.G., Çakmakçı, R., Kordalı, Ş., 2005. Çoruh havzasında bazı uçucu yağ bitkilerinin tanımlanması; çimlendirilmesi ve adaptasyonu. *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi*, 5-9 Eylül, Cilt I, 575-580, Antalya.
- Etesami, H., Alikhani, H.A., Mirseyed Hosseini, H., 2015. Indol-3-acetic acid (IAA) production trait, a useful screening to select endophytic and rhizosphere competent bacteria for rice promoting agents. *MethodsX*, 2, 72-78.
- Facella, P., Daddiego, L., Giuliano, G., Perrotta, G., 2012. Gibberellin and Auxin influence the diurnal transcription pattern of photoreceptor genes via CRY1a in tomato. *Plos ONE* , 7(1), 1-10.
- Faezeh, T.S., Abolfazl, S., Javad, A., 2015. Study of organic and chemical fertilizers effects on quantitative and qualitative characteristics of Summer Savory (*Satureja Hortensis* L.). 4th National Congress on Medicinal Plants 12, 13 May 2015, 84, Tehran- Iran.
- Fahy, P.C., Hayward, A.C., 1983. Media and Methods for Isolation and Diagnostic. In: Fahy, P. C. and Persley, G. J. (Eds.). *Plant Bacterial Diseases, A Diagnostic Guide*. Academic Press Pub, 337-378, Sydney, Australia.

- Fakılı, O., 2010. Türkiye’de Kekik Adı ile Anılan Bitkiler Konusunda Yapılan Çalışmaların Envanteri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Farahani, E., Roudgarmi, P., Naderi, G., 2015. The effect of different fertilizers on grow parameter, yield and essential oil quantity of summer savory in Iran. DAV International Journal of Science, 4 (2), 611-621.
- Fathi, A., Sahari, M.A., Zangiabadi, M., Barzegar M., 2011. Application of *Satureja hortensis* L. and *Zataria multiflora* Boiss. essential oils as two natural antioxidants in soybean oil during microwave heating. Journal of Medicinal Plants, 10 (39), 12-21.
- Fatima, Z., Saleemi, M., Zia, M., Sultan, T., Aslam, M., Riaz-ur-Rehman, Chaudhary, M.F., 2009. Antifungal activity of plant growth-promoting rhizobacteria isolates against *Rhizoctonia solani* in wheat. African Journal of Biotechnology, 8, 219-225.
- 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., 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.
- Fukaki, H., Tasaka, M., 2009. Hormone interactions during lateral root formation. Plant Molecular Biology, 69(4), 437-449.
- Gee, G.W., Hortege, K.H., 1986. Particle- Size Analysis. Methods of Soil Analysis, Part 1, 2. Edition, Physical and Mineralogical Methods Second Edition, Madison, Wisconsin USA 383-441.
- Ghannadi, A., 2002. Composition of the essential oil of *Satureja hortensis* L. seeds from Iran. Journal of Essential Oil Research, 14 (1), 35- 36.
- Gharib, F.A, Moussa, L.A., Massoud O.N., 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of *sweet marjoram* (*Majorana hortensis*) plant .International Journal Of Agriculture & Biology, 10 (4), 381-387.
- Ghorbanpour, M., Hatami, M., Kariman, K., Abbaszadeh Dahaji, P., 2016. Phytochemical variations and enhanced efficiency of antioxidant and antimicrobial ingredients in *salvia officinalis* as inoculated with different rhizobacteria. Chemistry and Biodiversity, 13 (3), 319-330.
- Glick, B.R., 2005. Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase. FEMS Microbiology Letters ,251(1), 1-7.
- Glick, B.R., 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. Microbiological Research, 169(1), 30-39.
- Glick, B.R., Penrose, D.M., Li, J., 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth promoting bacteria. Theoretical Biology, 190, 63-68.
- Glick, B.R., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J., McConkey, B., 2007. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. Critical Reviews in Plant Sciences, 26, 227-242.
- Gomaa, A.O., Abou-Aly, H.E., 2001. Efficiency of biofertilization in the presence of both inorganic and organic fertilizers on growth, yield and chemical constituents

- of anise plant (*Pimpinella anisum* L.). Proc. of the fifth Arabian Hort. Conf Ismailia, Egypt, 24-28.
- Góra, J., Lis, A., Lewandowski, A., 1996. Chemical Composition of the Essentials Oil of Cultivated Summer Savory (*Satureja hortensis* L. cv. Saturn). Journal of Essential Oil Research , 8(4), 427-428.
- Grech-Baran, M., Pietrosiuk, A., 2012. Artemisia species in vitro cultures for production of biologically active secondary metabolites. Bio Technologia, 93(4), 371-380.
- Gumus, T., 2010. Determination of the changes of antifungal properties of *Satureja hortensis*, *Thymus vulgaris* and *Thymbra spicata* exposed to gamma irradiation. Radiation Physics and Chemistry, 79(1), 109-114.
- Güllüce, M., Sökmen, M., Daferera, D., Ağar, G., Ozkan, H., Kartal, N., Polissiou, M., Sökmen, A., Sahin, F., 2003. In vitro antibacterial, antifungal, and antioxidant activities of the essential oil and methanol extracts of herbal parts and callus cultures of *Satureja hortensis* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 3958-3965.
- Hadian, J., Ebrahimi, S.N., Salehi, P., 2010. Variability of morphological and phytochemical characteristics among *Satureja hortensis* L. accessions of Iran. Industrial Crops and Products, 32 (1), 62-69.
- Hagen, G., 1990. The Control Of Gene Expression By Auxin. Plant Hormones And Their Role In Plant Growth And Development, Davies PJ (ed), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 149–163.
- Hajhashemi, V., Sadraei, H., Ghannadi, A.R., Mohseni, M., 2000. Antispasmodic and anti-diarrhoeal effect of *Satureja hortensis* L. essential oil. Journal of Ethnopharmacology, 71(1-2), 187-92.
- Han, J., Sun, L., Dong, X., Cai, Z., Sun, X., Yang, H., Wang, Y., Song, W., 2005. Characterization of a novel plant growth-promoting bacteria strain Delftia tsuruhatensis HR4 broth as a diazotroph and a potential biocontrol agent against various plant pathogens. Systematic and Applied Microbiology, 28, 66-76.
- Harca, N.N., Mubarik, N.R., Wahyudi, A.T., 2014. Isolation and identification of nitrogen fixing and indole acetic acid producing bacteria from oil plantation in jambi Indonesia. Journal of International Environmental Application & Science, 9(4), 546-553.
- Hariprasad, P., Niranjana, S.R., 2009. Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. Plant Soil, 316, 13–24.
- Hassan, F., 2009. Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. Annals of Agricultural Sciences, 54(2), 437 – 446.
- 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 (4), 579-598.
- Hazzoumi, Z., Moustakime, Y., Joutei, K.A., 2014. Effect of gibberellic acid (ga3), indole acetic acid (1aa) and benzylaminopurine (bap) on the synthesis of essential oils and the isomerization of methyl chavicol and trans-anethole in *Ocimum gratissimum* L. Springer Plus., 3, 1-7.
- Heidari, M., Mousavinik, S.M., Golpayegani, A., 2011. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) effect on physiological parameters and mineral uptake

- in basil (*Ocimum basilicum* L.) under water stress. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6, 6–11.
- Héjja, M., Bernáth, J., Szentgyörgyi, E., 2002. Comparative investigation of *Satureja hortensis* of different origin. *Acta Horticulturae*, 576, 65-68.
- Hellal, F.A., Mahfouz, S.A., Hassan, F.A.S., 2011. Partial substitution of mineral nitrogen fertilizer by bio-fertilizer on (*Anethum graveolens* L.) plant. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 2(4), 652-660.
- Hemavathi, V.N., Shivakumar, B.S., Suresh, C.K., Earanna, N., 2006. Effect of *Glomus fasciculatum* and plant growth promoting rhizobacteria on growth and yield of *Ocimum basilicum*. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 19, 17–20.
- Hosseinzadah, F., Satei, A., Ramezanpour, M.R., 2011. Effects of mycorrhiza and plant growth promoting rhizobacteria on growth, nutrient uptake and physiological characteristics in *Calendula officinalis* L. *Middle East Journal of Scientific Research*, 8(5), 947–953.
- James, E.K., Gyaneshwar, P., Mathan, N., Barraquio, W.L., Reddy, P.M., Iannetta, P.P., Olivares, F.L., Ladha, J.K., 2002. Infection and colonization of rice seedlings by the plant growth-promoting bacterium *herbaspirillum seropedicae* z67. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 15(9), 894-906.
- Jamil, M., Charnikhova, T., Houshyani, B., van Ast, A., Bouwmeester, H.J., 2012. Genetic variation in strigolactone production and tillering in rice and its effect on *Striga hermonthica* infection. *Planta*, 235(3), 473–484.
- Kammak, F.D., Dahmardeh, M., Khammari, I., Rahimian, A.R., 2015. The effect of application type and composition of growth stimulating bacteria on quantitative and qualitative characteristics of medicinal plant *calendula* (*Calendula officinalis* L.). *Indian Journal of Science and Technology*, 8(13), 1-9.
- Kampert, M., Strzelczyk, E., Pokojaska, A., 1975. Production of auxins by bacteria isolated from the roots of pine seedlings (*Pinus silvestris* L.). *Acta Microbiologica Polonica*, 7(2), 135-143.
- Kandeel, Y.M., Menesy, F.A., Khalafalla, M.M., Gad, W.M., 2004. Effect of some commercial biofertilizers on growth, seed, volatile oil yield and chemical composition of *Anethum graveolens* L. *Journal Agricultural Science Tanta University*, 30 (3), 705-720.
- Karagöz, K., 2009. Bazı PGPR Bakterilerin Marulun Gelişimi ve Marul Yaprak Leke Hastalığı Üzerine Etkileri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Karaliija, E., Parić, A., 2011. The effect of BA and IBA on the secondary metabolite production by shoot culture of *Thymus vulgaris* L. *Biologica Nyssana*, 2(1), 29-35.
- Kargar, V., Alizadeh, A., Namayandeh, A., 2014. Essential oil constituents of *Satureja sahendica* Bornm. and *Satureja hortensis* L. cultivated in Iran . *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3 (1), 91-94.
- Karimi, N., Yari, M., Ghasmpour, H.R., 2012. Identification and comparison of essential oil composition and mineral changes in different phenological stages of *Satureja hortensis* L. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3 (1), 577-582.
- Karthikeyan, B., Joe, M.M., Jaleel, C.A., Deiveekasundaram, M., 2010. Effect of root inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on plant

- growth, alkaloid content and nutrient control of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Natura Croatica*, 19(1), 205–212.
- Kasem, M.M., El-baset, M.M.A., 2014. A comparative study to improve rooting of English lavender stem cuttings. *African Journal of Agricultural Research*, 9, 3632–3637.
- Katar, D., Arslan, Y., Subaşı, İ., Bülbül, A., 2011. Ankara ekolojik koşullarında sater (*Satureja hortensis* L.) bitkisinde uçucu yağ ve bileşenlerinin ontogenetik varyabilitesinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 29-36.
- Katar, N., 2015. Farklı Azot Dozlarının Sater (*Satureja Hortensis* L.) Bitkisinde Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kaymak, H.C., Yarali, F., Guvenc, I., Donmez, M.F., 2008. The effect of inoculation with plant growth rhizobacteria (PGPR) on root formation of mint (*Mentha piperita* L.) cuttings. *African J. Biotechnol*, 7 (24), 4479–4483.
- 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.
- Khalid, K.A., 2016. Essential Oil Constituents Of Summer Savory Plants Propagated And Adapted Under Egyptian Climate. *Journal of Applied Sciences*, 16 (2), 54-57.
- Khalid, K.A., El-Sherbeny, S.E., Shafei, A.M., 2007. Response of *Ruta graveolens* L. to rock phosphate and /or feldspar under biological fertilizers. *Arab Universities Journal of Agricultural Science*, 15 (1), 203-213.
- Khan, S.A., Razafimandimbison, S.G., Bremer, B., Liede-Schumann, S., 2008. Sabiceae and virentarieae (rubiaceae): one or two tribes? new tribal and generic circumscriptions of sabiceae and biogeography of *sabicea* s.l. *Taxon* 57(1), 1–17.
- Khan, Z., Doty, S.L., 2009. Characterization of bacterial endophytes of sweet potato plants. *Plant and Soil*, 322, 197–207.
- Kırııcı, S., 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, Cilt II, 291-294. Tekirdağ.
- Kızıl, S., 2009. Essential oil composition of different originated summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Research on Crops*, 10 (1), 65-67.
- Kızıl, S., Tonçer, Ö., 2001. Farklı bitki sıklıklarının kekik (*Satureja Hortensis* L.) 'te bazı tarımsal ve kalite karakterleri üzerine etkisi. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, Cilt II, 17-21 Eylül, 239-242, Tekirdağ.
- Kim, Y.S., Li, X., Park, W.T., Uddin, M.R., Park, N.I., Kim, Y.B., Lee, M.Y., Park, S.U., 2012. Influence of media and auxins on growth and flavone production in hairy root cultures of baical skullcap. *Plant Omics*, 5(1), 24-27.
- Kızıl, S., Turk, M., Özguven, M., Khawar, K.M., 2009. Full blooming stage is suitable for herbage yield and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal Of Essential Oil-Bearing Plants JEOP*, 12(5), 620-629.
- Klement, Z., Rudolph, K. and Sands, D.C., 1990. Methods in phytopathology. Akademiai Kiado, 153-180, Budapest.
- Koltai, H., 2011. Strigolactones are regulators of root development. *New Phytologist*, 190, 545–549.

- Koseva-kovacheva, D., Stanev, D., 1978. Effect of some growth regulators and hydrogen peroxide on the content and quality of peppermint oil. *Resteniedni dni u Nauki*, 15, 21-25.
- Kotan, R., Dadasoglu, F., Karagoz, K., Cakir, A., Ozer, H., Kordali, S., Cakmakci, R., Dikbas, N., 2013. Antibacterial activity of the essential oil and extracts of *Satureja hortensis* against plant pathogenic bacteria and their potential use as seed disinfectants. *Scientia Horticulturae*, 153, 34-41.
- Kotan, R., Dadasoglu, F., Kordali, S., Cakir, A., Dikbas, N., Cakmakci, R., 2007. Antibacterial activity of essential oils extracted from some medicinal plants, carvacrol and thymol on *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye causes bacterial spot disease on pepper and tomato. *Journal of Agricultural Technology*, 3(2), 299-306.
- Kovacs, N., 1956. Identification of *Pseudomonas pyocyanea* by the oxidase reaction, *Nature*, 178(4535), 703.
- Kökdil, G., 1993. Güney Anadolu Bölgesinde Yetişen *Satureja* Türlerinin Uçucu Yağlarının Kimyasal Bileşimleri ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Ankara.
- Kürkçüoğlu, M., 2010. Uçucu Yağlar Üzerinde Yapılacak Analizler. Bitki Kimyası ve Analiz Yöntemleri, 6 part, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No :2100, Açık Öğretim Fakültesi Yayını No : 1130, Eskişehir.
- Lambrecht, M., Okon, Y., Vande Broek, A., Vanderleyden, J., 2000. Trends in Microbiology, 8(7), 298–300.
- Lattoo, S.K., Dhar, R.S., Dhar, A.K., Sharma, P.R., Agarwal, S.G., 2006. Dynamics of essential oil biosynthesis in relation to inflorescence and glandular ontogeny in *Salvia sclarea*. *Flavour and Fragrance Journal*, 21, 817-821.
- Lawrence, B.M., 1992. Chemical components of labiatae oils and their exploitation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(2), 399-436, Brazil.
- Lee, K.J., Yi, B.Y., 2003. Rapid multiplication of basil (*ocimum basilicum*), factors affecting callus formation and plant regeneration. *Acta horticulturae*, 625, 265-269.
- Leithy, S., El-Meseiry, T.A., Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(10), 773-779.
- Lelliott, R.A., Stead, D.E., 1987. Methods for Diagnosis of Bacterial Diseases of Plants. Blackwell Scientific Publications, 216, Oxford, UK.
- Lindsay, W.L., Norwell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper, *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
- Li, Z., Wang, X., Chen, F., Kim, H.J. 2007. Chemical changes and overexpressed genes in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) upon methyl jasmonate treatment. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55(3), 706–713.
- Lis, A., Piter, S., Góra, J., 2007. A comparative study on the content and chemical composition of essential oils in commercial aromatic seasonings. *Herba Polonica*, 53(1), 21-26.
- Llorente, B.E., Alasia, M.A., Larraburu, E.E., 2016. Biofertilization with *azospirillum brasilense* improves in vitro culture of *Handroanthus ochraceus*, a forestry, ornamental and medicinal plant. *New Biotechnology*, 33 (1), 32-40.

- Lucy, M., Reed, E., Glick, B.R., 2004. Applications of Free Living Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86, 1–25.
- Lynch, J.M., 1985., Origin, Nature And Biological Activity Of Aliphatic Substances And Growth Hormones Found In Soil. *Soil Organic Matter And Biological Activity*. Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht, Boston , Lancaster, , 151-174.
- Macdonald, H., 1997. Auxin perception and signal transduction. *Physiologia Plantarum*, 100, 423–430.
- Mahboubi, M., Kazempour, N, 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* and *Trachyspermum copticum* essential oil. *Iranian Journal of Microbiology*, 3 (4), 194-200.
- Mahfouz, S.A., Sharaf Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). *International Agrophysics*, 21(4), 361-366.
- Malhotra, M., Srivastava, S. 2009. Stress-responsive indole-3-acetic acid biosynthesis by *Azospirillum brasilense* SM and its ability to modulate plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 45(1), 73–80.
- Mammadov, R., 2014. Tohumlu bitkilerde sekonder metabolitler. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No:841,428s, Ankara.
- Mantell, S.H., Smith, H., 1984. Cultural Factors That Influence Secondary Metabolite Accumulation in Plant Cell and Tissue Cultures. *Plant Biotechnology, Seminar Series 18*. eds: Mantell S.H., Smith, H., Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, New Rochelle. 76–108.
- Martinez-Morales, L.J., Soto-Urzu, L., Baca, B.E., Sanchez-Ahedo, J.A., 2003. Indole-3-butyric acid (IBA) production in culture medium by wild strain *Azospirillum brasilense*. *FEMS Microbiology Letters*, 228(2), 167–173.
- Mashmoul, A., Hassani, A., Pirzad, A., Azimi, J., 2013. Effect of chemical and biological phosphorus on the some morphological characters of summer savory (*Satureja hortensis*). *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (2), 184-188.
- McClean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed., Agronomy. No: 9 Part 2. 199-224.
- McSteen, P., 2010. Auxin and monocot development. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(3), 1–27.
- Mehnaz, S., 2015. *Azospirillum* A Biofertilizer For Every Crop. *Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets*, Ed: Arora, N.K. Springer India. 297-314.
- Mehry, A., Akbar, M., Giti, E., 2008. Colonization and nitrogenase activity of *Triticum aestivum* (cv. Baccross and Mahdavi) to the dual inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium meliloti* plus 2,4-D. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(12), 1541–1550.
- Mehta, S., Nautiyal, C.S., 2001. An efficient method for qualitative screening of phosphate-solubilizing bacteria. *Current Microbiology*, 43 (2001), 51–56.
- Meldau, D.G., Long, H.H., Baldwin, I.T., 2012. A native plant growth promoting bacterium, *Bacillus* sp. B55, rescues growth performance of an ethylene-insensitive plant genotype in nature. *Frontiers in Plant Science*, 3, 1-13.

- Merzaeva, O.V., Shirokikh, I.G., 2010. The production of auxins by the endophytic bacteria of winter rye. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 46(1), 44–50.
- Mihajilov-Krstev, T., Radnović, D., Kitić, D., Zlatković, B., Ristić, M., Branković, S., 2009. Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil. *Central European Journal of Biology*, 4(3), 411–416.
- Miransari, M., Abrishamchi, A., Khoshbakht, K., Niknam, V., 2014. Plant hormones as signals in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Critical Reviews in Biotechnology*, 34, 123–133.
- Misharina, T.A., Golovnya, R.V., Belotskii, I.V., 1999. Determination of volatile compounds in the essential oil of summer savory by capillary gas chromatography. *Journal of analytical chemistry*, 54, 198–201.
- Mishra, R.K., Prakash, O., Alam, M. and Dikshit, A., 2010. Influence of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the productivity of *Pelargonium Graveolens* L. herit. *Recent Research in Science and Technology*, 2(5), 53–57.
- Mohammadhosseini, M., Beiranvand, M., 2013. Chemical composition of the essential oil from the aerial parts of *Satureja hortensis* as a potent medical plant using mohite traditional hydrodistillation. *Journal of Chemical Health Risks*, 3(4), 43–54.
- Mohebalipour, N., Aharizad, S., Mohammadi, S.A., Motallebiazar, A.R., Maddah Arefi, H., 2012. Effect of plant growth regulators BAP and IAA on micropropagation of Iranian lemon balm (*Melissa officinalis* L.) landraces. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10 (1), 280–286.
- Mohite, B., 2013. Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. *Soil Science and Plant Nutrition*, 13(3), 638–649.
- Molina-Favero, C., Creus, C.M., Simontacchi, M., Puntarulo, S., Lamattina, L., 2008. Aerobic nitric oxide production by *Azospirillum brasilense* Sp245 and its influence on root architecture in tomato. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 21(7), 1001–1009.
- Moradi, R., Nasiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., Nejad Ali, A., 2011. The Effect of Application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 25(1), 25–33.
- Morrone, D., Chambers, J., Lowry, L., Kim, G., Anterola, A., Bender, K., Peters, R.J., 2009. Gibberellin biosynthesis in bacteria: Separate ent-copalyl diphosphate and ent-kaurene synthases in *Bradyrhizobium japonicum*. *Federation of European Biochemical Societies, Elsevier*, 583, 475–480.
- Mosaffa, F., Behravan, J., Karimi, G., Iranshahi, M., 2006. Antigenotoxic effects of *Satureja hortensis* l. on rat lymphocytes exposed to oxidative stress. *Archives of Pharmacal Research*, 29 (2), 159–164.
- Muday, G.K., Rahman, A., Binder, B.M., 2012. Auxin and ethylene: collaborators or competitors?. *Trends in Plant Science*, 17(4), 181–195.
- Mumivand, H., Babalar, M., Hadian, J. and Fakhr-Tabatabaei, M., 2011. Plant growth and essential oil content and composition of *Satureja hortensis* L. cv. saturn in response to calcium carbonate and nitrogen application rates. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 1859–1866.

- Müller, M., Munné-Bosch, S., 2011. Rapid and sensitive hormonal profiling of complex plant samples by liquid chromatography coupled to electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Plant Methods*, 7(37), 1-11.
- Najafi, F., Khavari-Nejad, R.A. M. Siah Ali, M., 2010. The effects of salt stress on certain physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) *Plant. Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 6(1), 13-21.
- Narayana, K.J, Peddikotla, P., Krishna, P.S.J., Yenamandra, V., Muvva, V., 2009. Indole-3-acetic acid production by *Streptomyces albidoflavus*. *Journal of Biological Research*, 11, 49-55.
- Narula, N., Deubel, A., Gans, W., Behl, R.K., Merbach, W., 2006. Paranodules and colonization of wheat roots by phytohormone producing bacteria in soil. *Plant Soil Environ*, 52, 119-129.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. *Methods Of Soil Analysis. Chemical And Microbiological Properties, Part 2*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Chemical and Microbiological Properties-Agronomy Monograph no. 9 (2nd Edition), Purdue University West Lafayette, Indiana, 539-579.
- Nenov, N., Gochev, V., Stoilova, I., Girova, T., Atanasova, T., Stoyanova, A., 2014. Low temperature extraction of Bulgarian essential oil bearing plants from Lamiaceae by liquefied gases 17. savory (*Satureja hortensis* L.). *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3 (6), 2128-2135.
- Niklas, K.J., Kutschera, U., 2012. Plant Development, auxin, and the subsystem incompleteness theorem. *Frontiers in Plant Science*, 3, 1-11.
- Niranjan, S.R, Shetty, H.S., Reddy, M.S., 2006. Plant growth promoting rhizobacteria: potential green alternative for plant productivity. in: Z.A. Siddiqui (Ed.), *PGPR, Biocontrol and Biofertilization*. Springer, 197-216, Netherlands
- Nourafcan, H., Sefidkon, F., Ahmad Khalighi, A., Mousavi, A., Sharifi, M., 2014. Effects of iaa and bap on chemical composition and essential oil content of lemon verbena (*Lippia Citriodora* H.B.K). *Herbal Drugs*, 5, 25-32.
- Nouri, M., Asadi, P., Rahimabadi, A.D., Golchin, A., 2014. The effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on growth and essential oil of savory (*Satureja hortensis* L.). *bulletin of environment. Pharmacology and Life Sciences*. 3 (10), 71-77.
- Novak, J., Bahoo, L., Mitteregger, U. and Franz, C., 2006. Composition of individual essential oil glands of savory (*Satureja hortensis* L., *Lamiaceae*) from Syria. *Flavour and Fragrance Journal*, 21, 731-734.
- Nurzyńska-Wierdak, R., 2013. Does mineral fertilization modify essential oil content and chemical composition in medicinal plants. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 12(5), 3-16.
- Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd edn, Ed: A.L. Page., R. H. Miller., D. R. Keeney. American Society of Agronomy, Madison, 403-430.
- Ordookhani, K., Sharafzadeh, S., Zare, M., 2011. Influence of PGPR on growth, essential oil and nutrients uptake of sweet basil. *Advances in Environmental Biology*, 5(4), 672-677.

- Ortiz, P., Fernandez, I., 1992. Microscopic Study of Honey and Apiary Pollen From the Province of Seville. Departamento de Biología Vegetal, Ecología Facultad de Biología, Apdo, Spain.
- Ortiz-Castro, R., Martinez-Trujillo, M., Lopez-Bucio, J., 2008. N-acyl-L-homoserine lactones: a class of bacterial quorum-sensing signals alter post-embryonic root development in *Arabidopsis thaliana*. Plant, Cell And Environment, 31, 1497–1509.
- Ouzari, H., Khsairi, A., Raddadi, N., Jaoua, L., Hassen, A., Zarrouk, M., Daffonchio, D., Boudabous, A., 2008. Diversity of auxinproducing bacteria associated to *Pseudomonas savastanoi*- induced olive knots. Journal of Basic Microbiology, 48(5), 370–377.
- Overvoorde, P., Fukaki, H., Beeckman, T., 2010. Auxin Control of Root Development. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 2(6), 1-16.
- Özaydın, S., 2004. Çanakkale-küçükkuyu *Satureja* örnekleri üzerinde sitogenetik bir çalışma. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6, 89-96.
- Özgüven, M., Sekin, S., Gürbüz, B., Şekeroğlu, N., Ayanoğlu, F., Ekren, S., 2005. Tütün, tıbbi ve aromatik bitkiler üretimi ve ticareti. Türkiye Ziraat Mühendisleri VI. Teknik Kongresi, 1, 481-501, Ankara.
- Özkalp, B., Özcan, M., 2009. Antibacterial activity of several concentrations of sater (*Satureja hortensis* L.) essential oil on spoilage and pathogenic food - related microorganisms. World Applied Sciences Journal, 6 (4), 509-514.
- Pank, F., Pfefferkorn, A., Krüger, H. 2004. Evaluation of a summer savory (*Satureja hortensis* L.) collection with regard to morphology, precocity, yield components and essential oil and carvacrol content. Zeitschrift für Arznei and Gewürzpflanzen, 9(2), 72–79.
- Papadatou, M., Argyropoulou, C., Grigoriadou, C., Maloupa, E., Skaltsa, H., 2015. Essential oil content of cultivated *Satureja* spp. in Northern Greece. Natural Volatiles & Essential Oils, 2(1), 37-48.
- Patten, C.L., Glick, B.R., 2002. Role of *Pseudomonas putida* indole-acetic acid in development of the host plant root system. Applied and Environmental Microbiology, 68, 3795-3801.
- Pavela, R., Sajfirtova, M., Sovova, H., Barnett, M., 2008. The insecticidal activity of *Satureja hortensis* L. extracts obtained by supercritical fluid extraction and traditional extraction techniques. Applied Entomology and Zoology, 43 (3), 377-382.
- Pereira, S.I.A., Barbosa, L., Castro, P.M.L., 2015. Rhizobacteria isolated from a metal polluted area enhance plant growth in zinc and cadmium contaminated soil. International Journal of Environmental Science and Technology, 12, 2127–2142.
- Pereira, S.I.A., Castro, P.M.L., 2014a. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance *Zea mays* growth in agricultural P-deficient soils. Ecological Engineering, 73, 526–535.
- Pereira, S.I.A., Castro, P.M.L., 2014b. Diversity and characterization of culturable bacterial endophytes from *Zea mays* and their potential as plant growth-promoting agents in metal-degraded soils. Environmental Science and Pollution Research, 21, 14110–14123.
- Pereira, S.I.A., Monteiro, C., Vega, A.L., Castro, P.M.L., 2016. Endophytic culturable bacteria colonizing *Lavandula dentata* L. plants: Isolation, characterization and

- evaluation of their plant growth-promoting activities. *Ecological Engineering*, 87, 91 – 97.
- Pérez-Montaña, F., Alías-Villegas, C., Bellogín, R.A., del Cerro, P., Espuny, M.R., Jiménez-Guerrero, I., López-Baena, F.J., Ollero, F.J., Cubo, T., 2014. Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production. *Microbiological Research*, 169, 325–336.
- Pfefferkorn, A., Krüger, H., Pank, F., 2008. Chemical composition of *Satureja hortensis* L. essential oils depending on ontogenetic stage and season. *Journal of Essential Oil Research*, 20, 303-305.
- Phillips, K.A., Skirpan, A.L., Liu, X., Christensen, A., Slewinski, T.L., Hudson, C., Barazesh, S., Cohen, J.D., Malcomber, S., McSteen, P., 2011. Vanishing tassel2 encodes a grass-specific tryptophan aminotransferase required for vegetative and reproductive development in maize. *The Plant Cell*, 23(2), 550–566.
- Pistelli, L., Noccioli, C., D'Angiolillo, F., Pistelli, L., 2013. Composition of volatile in micropropagated and field grown aromatic plants from Tuscany Islands. *Acta Biochimica Polonica*, 60 (1), 43–50.
- Radácsi, P., Inotai, K., Sárosi, S., Németh, E., 2016. Effect of soil water content on the physiological parameters, production and active substances of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *ACTA Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 15(2), 3-12.
- Rajasekar, S., Elango, R., 2011. Effect of microbial consortium on plant growth and improvement of alkaloid content in *Withania somnifera* (Ashwagandha). *Current Botany*, 2(8), 27–30.
- Rajendran, G., Patel, M.H., Joshi, S.J., 2012. Isolation and characterization of nodule-associated *exiguobacterium* sp. from the root nodules of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) and their possible role in plant growth promotion. *International Journal of Microbiology*, 2012, 1-8.
- Rajendran, L., Ravishankar, G.A., Venkataraman, L.V., Prathiba, K.R., 1992. Anthocyanin production in callus cultures of *Daucus carota* L. as influenced by nutrient stress and osmoticum. *Biotechnology Letters*, 14, 707–712.
- Rajendran, L., Suvarnalatha, G., Ravishankar, G.A., Venkataraman, L.V., 1994. Enhancement of anthocyanin production in callus cultures of *daucus carota* l. under influence of fungal elicitors. *Applied Microbiology And Biotechnology*, 42, 227–31.
- Ramachandra Rao, S., Ravishankar, G.A., 2002. Plant cell cultures: chemical factories of secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 20, 101-153.
- Rashmi, K.R., Earanna, N., Vasundhara, M., 2008. Influence of biofertilizers on growth, biomass and biochemical constituents of *Ocimum gratissimum*. L. *Biomedical Journal*, 3(2), 123-130.
- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., Gautam, S.P., 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. *motia* by rhizobacteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. *Microbiological Research*, 156, 145-149.
- Razzaghi-Abyaneh, M., Shams-Ghahfarokhi, M., Yoshinari, T., Rezaee, M.B., Jaimand, K., Nagasawa, H., Sakuda, S. 2008. Inhibitory effects of *Satureja hortensis* L. essential oil on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. *International Journal of Food Microbiology*, 123, 228-233.

- Reda, F., Abd El-Wahed, M.S.A., Gamal El-Din, K.M., 2010. Effect of indole acetic acid, gibberellic acid and kinetin on vegetative growth, flowering and essential oil pattern of chamomile plant. *World Journal of Agricultural Sciences*, 6, 595-600.
- Rhoades, J.D., 1982. Soluble Salts. *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd Edition, Page, A. L., Keeney, D.R., Baker, D.E., Miller, R.H., Roscoe Ellis, J.r., Rhoades, J.D. Agronomy, Madison, Wisconsin USA, 167-179.
- Ribeiro, C.M., Cardoso, E.J.B.N., 2012. Isolation, selection and characterization of root-associated growth promoting bacteria in Brazil pine (*Araucaria angustifolia*). *Microbiological Research*, 167, 69-78.
- Robles, L.M., Deslauriers, S.D., Alvarez, A.A., Larsen, P.B., 2012. A loss-of-function mutation in the nucleoporin AtNUP160 indicates that normal auxin signalling is required for a proper ethylene response in Arabidopsis. *Experimental Botany*, 63(5), 2231-2241.
- Rohamare, Y., Nikam, T.D., Dhumal, K.N., 2013. Effect of foliar application of plant growth regulators on growth, yield and essential oil components of Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). *International Journal of Seed Spices*, 3(2), 34-41.
- Rota, C., Carramiñana, J.J., Burillo, J., Herrera, A. 2004. In vitro antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants against selected foodborne pathogens. *Journal of food protection*, 67(6), 1252-1256.
- Rout, G.R., 2006. Effect of auxins on adventitious root development from single node cuttings of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze and associated biochemical changes. *Plant Growth Regulation*, 48, 111-117.
- Roy, B.D., Deb, B., Sharma, G.D., 2010. Role of acetic acid bacteria in biological nitrogen fixation. *Biofrontiers*, 1(2), 83-98.
- Ruzicka, W.B., Zhubi, A., Veldic, M., Grayson, D.R., Costa, E., Guidotti, A., 2007. Selective epigenetic alteration of layer I GABAergic neurons isolated from prefrontal cortex of schizophrenia patients using laser-assisted microdissection. *Molecular Psychiatry*, 12(4), 385-97.
- Sadıkoğlu, N., 2005. Kekik Olarak Kullanılan Türler Üzerinde Farmasötik Botanik Araştırmalar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmasötik Botanik Anabilim Dalı, İstanbul.
- Saeid Nejad, A.H., Rezvani Moghaddam, P., 2011. Evaluation of compost, vermicompost and cattle manure application on yield, yield components and essential oil percent in cumin (*Cuminum cyminum*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 24(2), 142-148.
- Sağlam, A.C., Yaver, S., Başer, İ., Cinkılıç, L., 2014. The effects of different hormones and their doses on rooting of stem cuttings in anatolian sage (*Salvia Fruticosa* Mill.). *APCBEE Procedia*, 8, 348-353.
- Sağlam, C., Yaver, S., 2011. Trakya’ da ilaç ve gıda olarak tüketilen bazı bitkiler IX. Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül, Bursa.
- Sani, B., 2013. Investigation of nitroxin and animal manure influences on essential oil in summer savory (*Satureja hortensis* L.) under different irrigation regimes. *Advances in Environmental Biology*, 7(3), 462-465.
- Santner, A., Estelle, M., 2009. Recent advances and emerging trends in plant hormone signalling. *Nature*, 459, 1071-1078.

- Santoro, M.V., Cappellari, L.R., Giordano, W., Banchio, E., 2015. Plant growth-promoting effects of native *Pseudomonas* strains on *Mentha piperita* (peppermint): an in vitro study. *Plant Biology*, 17(6), 1218-1226.
- Santoro, M.V., Zygadlo, J., Giordano, W., 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.
- Sarı, A.O., Oğuz, B., 2002. Kekik. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 108, İzmir.
- Satıl, F., Dirmenci, T., Tumen, G., Turan, Y., 2008. Commerical and ethnic uses of *Satureja* (Sivri Kekik) species in Turkey. *Ekoloji*, 17(67), 1-7.
- Satıl, F., Dirmenci, T., Tümen, G., 2002. Türkiye’deki *Satureja* L. Türlerinin Ticareti ve Doğadaki Durumu-I. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı. Eskişehir. Eds: Başer, K.H.C., Kırimer, N, Bildiri Kitabı, 94-100.
- Saygılı, H., 1995, Fitobakteriyoloji. Doğruluk Matbaası, İzmir, 203 s.
- Sefidkon, F., Abbasi, K., Bakhshi Khaniki, G., 2006. Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*. *Food Chemistry*, 99, 19–23.
- Sergeeva, E., Liaimer, A., Bergman, B., 2002. Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. *Planta*, 215, 229–238.
- Shaalán, M.N., 2005a. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis*, L.). *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83(1), 271-284.
- Shaalán, M.N., 2005b. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *Nigella sativa*, L. plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83(2), 811-828.
- Shahrivar, R. H., Moghadam, A.L., 2015. Effects of different levels of organic fertilizer, vermicompost and 4 treatment with levels different NPK on the essential oil of the herb summer savory. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 9 (10), 1677-1681.
- Sharafzadeh, S., Sabahi, A., Ordoorkhani, K., Zare, M., 2013. Growth and active substances of summer savory as affected by PGPR. *Journal of Novel Applied Sciences*. 2 (2S), 997-1000.
- Sharafzadeh, S., Zare, M., 2011. Influence of growth regulators on growth and secondary metabolites of some medicinal plants from lamiaceae family . *Advances in Environmental Biology*, 5(8), 2296-2302.
- Shatar, S., Altantsetseng, S., 2000. Essential oil composition of some plants cultivated in mongolian climate. *Journal of Essential Oil Research* , 12(6), 745-750.
- Shojaee-Aliabadi, S., Hosseini, H., Mohammadifar, M.A., Mohammadi, A., Ghasemlou M., Ojagh, S.M., Hosseini, S.M., Khaksar, R., 2013. Characterization of antioxidant-antimicrobial k-carrageenan films containing *Satureja hortensis* essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 52, 116-124.
- Silva, S., Sato, A., Lage, C. L. S., San Gil, R.A.S., Azevedo, D.A., Esquibel, M.A. 2005. Essential Oil Composition of *Mellisa officinalis* L. In vitro Produced Under the Influence of Growth Regulators. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 16, 1387–1390.

- Silva, S., Sato, A., Lage, C. L. S., San Gil, R.A.S., Azevedo, D.A., Esquibel, M.A. 2005. Essential oil composition of *Mellisa officinalis* L. in vitro produced under the influence of growth regulators. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 16, 1387–1390.
- Skocibusic, M., Bezic, N., Dunkic, V., 2006. Phytochemical composition and antimicrobial activities of the essential oils from *Satureja subspicata* Vis. growing in Croatia. *Food Chem*, 96, 20-28.
- Souza, R., Ambrosini, A., Passaglia, L.M.P., 2015. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*, 38, 4, 401-419.
- Souza, R., Beneduzi, A., Ambrosini, A., Costa, P.B., Meyer, J., Vargas, L.K., Schoenfeld, R., 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.
- Spaepen, S., 2015. Plant Hormones Produced by Microbes. *Principles of Plant-Microbe Interactions*, Chapter 26, Ben Lugtenberg, Springer International Publishing, Köln, Germany, 247-256.
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., Remans, R., 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *Federation of European Microbiology Societies Microbiology Reviews*, 31, 425-448.
- Stewart, J.L., Nemhauser, J.L., 2010. Do trees grow on money? auxin as the currency of the cellular economy. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(2), 10.1101.
- Strzelczyk, E., Pokojaska-Burdziej, A., 1984. Production of auxins and gibberellin like substances by mycorrhizal fungi, bacteria and actinomycetes isolated from soil and mycorrhizosphere of pine (*Pinus silvestris* L.). *Plant and Soil*, 81, 185-194.
- Sudriá, C., Palazón, J., Cusidó, R., Bonfill, M., Piñol, M.T., Morales, C., 2001. Effect of benzyladenine and indolebutyric acid on ultrastructure, glands formation, and essential oil accumulation in *Lavandula dentata* plantlets. *Biologia Plantarum*, 44, 1–6.
- Sun, Y., Cheng, Z. and Glick, B. R., 2009. The presence of 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.
- Svoboda, K.P., Hay, R.K.M., Waterman, P.G., 1990. Growing summer savory *Satureja hortensis* in Scotland; Quantitative and qualitative analysis of the volatile oil and factors influencing oil production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 53, 193-202.
- Swain, M.R., Naskar, S.K., Ray, R.C. 2007. Indole 3-acetic acid production and effect on sprouting of yam. (*Dioscorea rotundata* L.) Minisette by *Bacillus subtilis* Isolated from culturable cowdung microflora. *Polish Journal of Microbiology*. 56, 103-110.
- Şahin, F., Çakmakçı, R. Kantar, F., 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 265, 123-129.
- Şahin, F., Karaman, İ., Güllüce, M., Oğütçü, H., Şengül, M., Adigüzel, A., Oztürk, S., Kotan, R., 2003. Evaluation of antimicrobial activities of *Satureja hortensis* L., *Journal of Ethnopharmacology*, 87, 61-65.

- Taiz, L., Zeiger, E., 2010. Plant Physiology fifth Edition. Sinauer Associates Inc, Publishers Sunderland, Massachusetts U.S.A.
- Tanimoto, E., 2005. Regulation of root growth by plant hormones: roles for auxin and gibberellin. Critical Reviews in Plant Sciences, 24, 249–265.
- Tansi, L.S., Tonçer, Ö., 1999. Diyarbakır bölgesinde doğal olarak yetişen sater otu (*Satureja hortensis*) 'nun morfolojik, biyolojik ve tarımsal karakterleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 14, 71-76.
- Tao, Y., Ferrer, J., Ljung, K., Pojer, F., Hong, F., Long, J.A., Moreno, J.E., Bowman, M.E., Ivans, L.J., Cheng, Y., Lim, J., Zhao, Y., Ballare, C.L., Sandberg, G., Noel, J.P., Chory, J., 2008. Rapid synthesis of auxin via a new tryptophan-dependent pathway is required for shade avoidance in plants. Cell, 133, 164–176.
- Teshome, I., Teshome, S., Soromessa, T., Feyissa, T., 2016. Development of an efficient in vitro propagation protocol for *Satureja punctata* - a rare aromatic and medicinal plant. Taiwania, 61(1), 41–48.
- Tonçer, Ö., Kızıl S., 2009. Kahramanmaraş sater (*Satureja hortensis* L.) ekotipinde uygun hasat döneminin belirlenmesi. Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim 2009, Cilt 2, 330-334, Hatay.
- Tozlu, E., Cakir A., Kordali, S., Tozlu, G., Ozer, H., Akcin, T.A., 2011. Chemical compositions and insecticidal effects of essential oils isolated from *Achillea gypsicola*, *Satureja hortensis*, *Origanum acutidens* and *Hypericum scabrum* against broadbean weevil (*Bruchus dentipes*). Scientia Horticulturae, 130, 9–17.
- Tümen, G., Kirimer, N., Ermin, N., Başer, K.H.C, 1998. The essential oils of two new *Satureja* species from Turkey: *Satureja pilosa* and S. *İcarica*. Journal of Essential Oil Research, 10, 524-526.
- Tümen, G., Satıl, F., Dirmenci, T., Öztekin, M., 2003. Ticareti Yapılan *Satureja* L. Türlerinin Doğadaki Durumu, Tübitak Tbag Ç. Sek Proje No. 12;101T011: 1-123, Ekler.
- Tümen, G., Satıl, F., Duman, H., Başer, K.H.C, 2000. Two new records for the flora of Turkey: *Satureja icarica* P.H. Davis, *S. pilosa* Velen. Turkish Journal of Botany, 24, 211-214.
- Uggla, C., Moritz, T., Sandberg, G., Sundberg, B., 1996. Auxin as a positional signal in pattern formation in plants. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 93, 9282-9286.
- Uslu, C., Karasen, R.M., Sahin, F., Taysi, S., Akcay, F., 2003. Effects of aqueous extracts of *Satureja hortensis* L. on rhinosinusitis treatment in rabbit, Journal of Ethnopharmacology, 88, 225-228.
- Vafa, Z.N., Sirousmehr, A.R., Ghanbari, A., Khammari, I., Falahi, N., 2015. Effects of nano zinc and humic acid on quantitative and qualitative characteristics of savory (*Satureja hortensis* L.). International Journal of Biosciences, 6 (3), 124-136.
- Vande Broek, A., Lambrecht, M., Eggermont, K., Vanderleyden, J., 1999. Auxin regulate expression of the indol-3-pyruvate decarboxylase gene in *Azospirillum brasilense*. Journal of Bacteriology, 181, 1338-1342.
- Varmazyari, A., Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Atasever, A., 2014. Diversity and plant growth promoting properties of rhizobacteria isolated from acidic soils of tea. International Mezsopotamia Agriculture Congress, 22-25 September, Abst. Book, 49-51, Diyarbakır.

- Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255, 571–586.
- Victorio, C.P., Kuster, R.M., Lage, C.L.S., 2011. Leaf and root volatiles produced by tissue cultures of *alpinia zerumbet* (pers.) burtt & smith under the influence of different plant growth regulators. *Química Nova*, 34, 430-433.
- Vinutha, T., 2005. Biochemical studies on *ocimum* species inoculated with micorbial inoculants. M.Sc. Thesis. University of Agricultural Sciences, Bangalore, India. 109.
- Wahyudi, A.T., Astuti, R.P., Widyawati, A., Meryandini, A., Nawangsih, A.A., 2011. Characterization of *Bacillus* sp. strains isolated from rhizosphere of soybean plants for their use as potential plant growth for promoting Rhizobacteria. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 3(2), 34-40.
- Woodward, A.W., Bartel, B., 2005. Auxin: regulation, action, and interaction. *Annals of Botany*, 95(5), 707–735.
- Wu, C.H., Bernard, S.M., Andersen, G.L., Chen, W., 2009. Developing microbe–plant interactions for applications in plant-growth promotion and disease control, production of useful compounds, remediation and carbon sequestration. *Microbial Biotechnology*, 2(4), 428–440.
- Wu, H-m., Hazak, O., Cheung, A.Y., Yalovsky, S., 2011 . RAC/ ROP GTPases and auxin signaling. *Plant Cell*, 23, 1208–1218.
- Yazdanparast, R., Shahriyary, L., 2008. Comparative effects of *Artemisia dracunculus*, *Satureja hortensis* and *Origanum majorana* on inhibition of blood platelet adhesion, aggregation and secretion, *Vascular Pharmacology*, 48(1), 32-37.
- Yıldız, R.Ç., 2007. Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığı Etmeni [*clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (smith) davis et. al.]’nin Tanılanması ve Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteriler ile Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Adana.
- Youssef, A.A., Edris, A.E., Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. *Plant Annals of Agricultural Science*, 49, 299-311.
- Zani, F., Massimo, G., Benvenuti, S., Bianchi, A., Albasini, A., Melegari, M., Vampa², A. Bellotti¹, P. Mazza., 1991. Studies on the Genotoxic Properties of Essential Oils with *Bacillus subtilis* rec-Assay and *Salmonella*/Microsome Reversion Assay. *Planta Medica*, 57(3), 237-241.
- Zawislak, G., 2008. Yielding and quality of herb of garden savory (*Satureja hortensis* L.) cv. Saturn grown from transplants (In Polish, with English abstract). *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*. 527, 327-333.
- Ziombra, M., Fraszczak, B., 2008. Effect of sowing and harvest date on yielding in summer savory (*Satureja hortensis* L.) herbage, *Nauka PrzyrodaTechnologie*, 2, 1-5.

ÖZGEÇMİŞ

Goltay MOSBER İran’da Gonbad-E-Kavoos şehrinde doğdu. Liseyi Pajoohesh lisesinde tamamladıktan sonra 2005 de Daneshgah Azad e Eslami e Damghan da Ziraat Fakültesine girdi. 2010 yılında Ziraat Fakültesinden mezun oldu. 2014 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsünde Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bölümünü kazandı.

