

T.C.  
SİİRT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZAKKUM ÇELİKLERİNİN KÖKLENMESİNDE BİTKİ BÜYÜMEYİ TEŞVİK  
EDİCİ BAKTERİ VE SALİSİLİK ASİT UYGULAMALARININ ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Saadet Merve DİRİKOLU  
(223125002)

Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Arzu ÇİĞ

OCAK-2025  
SİİRT

## TEZ KABUL VE ONAYI

Saadet Merve DİRİKOLU tarafından hazırlanan “Zakkum Çeliklerinin Köklenmesinde Bitki Büyüme Teşvik Edici Bakteri ve Salisilik Asit Uygulamalarının Etkileri” adlı tez çalışması 10/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

**Başkan/Danışman**  
Prof. Dr. Arzu ÇİĞ

**Üye**  
Doç. Dr. M. Zeki KARİPÇİN

**Üye**  
Dr. Öğr. Üyesi Fazlı ÖZTÜRK

### İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Harun BEKTAŞ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖN SÖZ

Bu tez konusunun belirlenip sonuçlandırılması dâhil tezin her aşamasında yol göstericiliği, rehberliği ve katkılarıyla beni yönlendiren, benden desteklerini esirgemeyen değerli Danışmanım Prof. Dr. Arzu ÇİĞ hocama,

Tez çalışmamızda kullandığımız bakteri izolatlarını temin eden, çalışmamıza destek veren hocam Doç. Dr. Fatih ÇİĞ'a

Verilerin istatistik değerlendirmesi konusunda destek olan hocam Doç. Dr. Nazire MİKAIL'e

Aynı dönemde yüksek lisans sürecine başladığımız tez çalışmalarımızı birlikte yürüttüğümüz Ziraat Mühendisi Muazzez DEĞERLİ ERDOĞAN ve Eşine,

Konu ve koşullar ne olursa olsun her daim desteklerini esirmeyen, varlıklarından güç aldığım kıymetli dostlarım Tuba KIRS, Türkan Dilara YILMAZ ve Sevda BAŞARAN'a,

Kardeşim Esmâ Betül DİRİKOLU'na, ve aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu tezi bana her zaman güvenen, cesaret veren ve sevgisiyle yolumu aydınlatan anneme ithaf ediyorum.

Saadet Merve DİRİKOLU  
SİİRT-2025

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖN SÖZ .....	iiiv
İÇİNDEKİLER .....	iv
TABLolar LİSTESİ .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	vii
ÖZET .....	viii
ABSTRACT.....	ix
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>12</b>
3.1. Materyal .....	12
3.1.1. Bitki materyali .....	12
3.1.2. Bakteri izolatları .....	12
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Uygulamalar.....	14
3.2.2. Yapılan gözlem ve analizler .....	14
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>19</b>
4.1. Morfolojik Ölçümler .....	19
4.1.1. Köklenme yüzdesi (%).....	20
4.1.2. Kök sayısı (adet) .....	21
4.1.3. Kök genişliği (mm).....	22
4.1.4. En uzun kök uzunluğu (mm) .....	23
4.1.5. Kök yaş ağırlığı (g) .....	24
4.1.6. Kök kuru ağırlığı (g) .....	25
4.1.7. Sürgün sayısı (adet) .....	26
4.1.8. Sürgün uzunluğu (cm) .....	27
4.1.9. Sürgün yaş ağırlığı (g) .....	28
4.1.10. Sürgün kuru ağırlığı (g) .....	29
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>31</b>
5.1. Sonuçlar .....	31
5.2. Öneriler .....	32
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>34</b>

## TABLULAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 3.1.</b> Araştırmada kullanılacak bakteri suşu ve özellikleri.....	12
<b>Tablo 3.2.</b> Çalışmada yapılan uygulamalar.....	13
<b>Tablo 4.1.</b> Uygulanan yararlı bakterilerin ve salisilik asidin zakkum çeliklerinin köklenmesinde etkileri .....	19



## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1. Çelik alınan zakkum bitkisi .....	12
Şekil 3.2. Laboratuvarıda dikim için hazırlanan kasalar ve kasalara dikilmiş çelikler ...	13
Şekil 3.3. Çeliklerin alınması .....	14
Şekil 3.4. SA uygulanmış bakteriler .....	14
Şekil 3.5. Bakteride bekletilen çelikler .....	15
Şekil 3.6. Bakteride bekletilmiş dikime hazır çelikler.....	16
Şekil 3.7. Ölçüm alınmaya hazırlanan çelikler .....	16
Şekil 3.8. Kökleri ölçülen çelikler .....	17
Şekil 3.9. Kök ve sürgünlerin yaş ağırlıklarının alınması .....	18
Şekil 4.1. Bakteri ve salisilik asit uygulanan zakkumların genel görünüşleri .....	20
Şekil 4.2. Zakkum çeliklerinin köklenme yüzdesi (%) .....	21
Şekil 4.3. Zakkum çeliklerinin köklenme sayısı (adet) .....	22
Şekil 4.4. Zakkum çeliklerinin kök genişliği (mm).....	23
Şekil 4.5. Zakkum Çeliklerinin en uzun kök uzunluğu (mm) .....	24
Şekil 4.6. Zakkum çeliklerinin kök yaş ağırlığı (g).....	25
Şekil 4.7. Zakkum çeliklerinin kök kuru ağırlığı (g).....	26
Şekil 4.8. Zakkum çeliklerinin sürgün sayısı (adet) .....	27
Şekil 4.9. Zakkum çeliklerinin sürgün uzunluğu (cm) .....	28
Şekil 4.10. Zakkum çeliklerinin sürgün yaş ağırlığı (gr).....	29
Şekil 4.11. Zakkum çeliklerinin sürgün kuru ağırlığı (g).....	30

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
<b>Cd</b>	: Kadmiyum
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>DNA</b>	: Deoksiribonükleik asit
<b>NAA</b>	: Naftalin asetik asit
<b>PB</b>	: Kurşun
<b>PGPB</b>	: Plant Growth Promoting Bacteria
<b>PGPR</b>	: Plant Growth Promoting Rhizobacteria
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>Zn</b>	: Çinko

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
<b>%</b>	: Yüzdeler
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>g</b>	: Gram
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>°C</b>	: Santigrat derece

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### ZAKKUM ÇELİKLERİNİN KÖKLENMESİNDE BİTKİ BÜYÜMEYİ TEŞVİK EDİCİ BAKTERİ VE SALİSİLİK ASİT UYGULAMALARININ ETKİLERİ

Saadet Merve DİRİKOLU

Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Arzu ÇIĞ

2025, 39+X Sayfa

Bu çalışma, Zakkum (*Nerium oleander* L.) çeliklerinin köklenme ve sürgün gelişiminde bitki büyüme teşvik edici bakteriler (KF3B, TV53D, KF63C) ve salisilik asit (SA) uygulamalarının etkilerini incelemeyi amaçlamıştır.

Çalışmada, bakteriyel uygulamaların ve Salisik asit kombinasyonlarının köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu, kök kalınlığı, sürgün sayısı, sürgün uzunluğu, sürgün ve köklerin yaş ve kuru ağırlıkları gibi temel büyüme parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bakteriyel uygulamaların bitkisel büyüme üzerinde pozitif etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Köklenme oranı kontrol grubunda %70 iken, KF3B uygulamasında %50, KF63C uygulamasında %73,33'e ulaşmıştır. KF63C ve SA kombinasyonunun uygulandığı grupta ise köklenme oranı %26,67 olarak ölçülmüş ve bu kombinasyonun köklenme üzerindeki olumsuz etkisi dikkat çekmiştir. Kök gelişimi incelendiğinde, en uzun kök uzunluğu 121,92 mm ile KF3B uygulamasında gözlemlenirken, en düşük değer 52,73 mm ile KF63C + SA uygulamasında tespit edilmiştir. Sürgün gelişiminde ise KF3B uygulaması 3,67 adet sürgün sayısı ile en yüksek verimi sağlarken, en düşük sürgün sayısı 1,18 adet ile KF63C + SA uygulamasında gözlenmiştir.

Sonuçlar, bakteriyel uygulamaların özellikle KF3B'nin köklenme ve sürgün gelişimi üzerinde olumlu etkiler yarattığını, ancak bazı kombinasyonların olumsuz sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bakteri, Köklenme, Salisik asit, Zakkum

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **EFFECTS OF PLANT GROWTH PROMOTING BACTERIA AND SALICYLIC ACID APPLICATIONS ON ROOTING OF OLEANDER CUTTINGS**

**Saadet Merve DİRİKOLU**

**The Graduate School of Natural and Applied Science of Siirt University  
The Degree of Master of Science  
Department of Horticulture**

**Supervisor : Prof. Dr. Arzu ÇİĞ**

**2025, 39+X Pages**

This study investigated the effects of plant growth-promoting bacteria (PGPB) (strains KF3B, TV53D, KF63C) and salicylic acid (SA) on the rooting and shoot development of Nerium oleander L. cuttings. The research evaluated the impact of bacterial and SA treatments, alone and in combination, on key growth parameters, including rooting rate, number of roots, root length, root thickness, number of shoots, shoot length, and fresh and dry weights of shoots and roots.

Results indicated that bacterial applications had significant positive effects on plant growth. The rooting rate in the control group was 70%, while it reached 50% with KF3B, 73.33% with KF63C, and 26.67% in the KF63C + SA combination. Notably, this combination had an adverse effect on rooting.

Regarding root development, the longest root length (121.92 mm) was observed with KF3B, while the shortest (52.73 mm) was in the KF63C + SA treatment. For shoot development, KF3B yielded the highest number of shoots (3.67), whereas the lowest (1.18) was recorded in the KF63C + SA group.

In conclusion, bacterial applications, particularly KF3B, promoted rooting and shoot development in N. oleander cuttings. However, certain combinations, such as KF63C + SA, had negative impacts, highlighting the importance of careful selection and application of PGPB and SA in plant propagation.

**Keywords:** Bacteria, Rooting, Salicylic acid, Oleander

## 1. GİRİŞ

Ülkemiz dünyada sayılı bitki zenginliği olan ülkelerdendir. Doğal olarak yetişen otsu ve odunsu bitki sayısı çok fazladır. Bu sayının ortalama 12000 civarı olduğu bilinmektedir (Anonim, 2011a). Her ne kadar ülkemizde bu çeşitlilik fazla olsa da kentleşme hızla artmakta ve insanlar yeşil alanlara ve doğaya hasret kalmaktadırlar. Şehirleşme hızındaki artış ile beraber birlikte çevre sorunları da artmıştır. Doğadan gittikçe uzaklaşmış olan insanların doğaya olan özlemi süs bitkilerinin önemini artırmış ve büyük pazarların doğmasına neden olmuştur. Ticari açıdan önemi 20. yüzyılın başlarında artmaya başlamış olan süs bitkileri yetiştiriciliği, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede önemli bir ticari faaliyet haline gelmiştir. Özellikle son 50 yılda Dünya'da ve ülkemizde süs bitkilerinin üretim ve pazarlamasında hızlı bir gelişim ve değişim yaşanmaktadır. Bugün bu sektör birçok ülkenin ekonomisine katkı sağlayan güçlü bir sektör olarak kabul edilmektedir. Süs bitkilerinin en önemli ve en bilinen kollarından biri dış mekân süs bitkileridir.

Dış mekân süs bitkilerine son yıllarda verilen önem oldukça artmıştır. Dış mekân süs bitkileri iç ve dış pazarda önemli role sahip olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Bu nedenle konu ile ilgili yapılan çalışmalar önem kazanmıştır. Özellikle parklarda ve bahçelerde peyzaj alanlarında kullanılan dış mekân süs bitkileri kullanıldıkları alanları güzelleştirmemelerinin yanı sıra insan sağlığını olumlu yönde etkileyip turizm ve ticari faaliyetlerde önemli rol oynamaktadır. Süs bitkileri sektörü politika raporunun 2020-2024 verileri incelendiğinde %73,4 oranla dış mekân süs bitkileri 2020 yılı verilerine göre en fazla üretim alanına sahip grup olduğu paylaşılmıştır. Ürün grupları arasındaki değişimin 2009-2020 yıllarında verilerinde %102,6 artışla dış mekân süs bitkilerinde olduğuna yer verilmiştir. Yine aynı raporda yıllara üretim alanına 2020 yılında iller bazında İzmir, Sakarya, Bursa sıralaması ile sektörde bu 3 il öncülük yapmaktadır (Anonim, 2020).

Zakkum (*Nerium oleander* L.) son yıllarda çiçekli saksı bitkisi olarak yetiştirilmektedir ve bu nedenle ticari kullanım için bol miktarda çoğaltılan bitki materyali büyük önem taşımaktadır. Zakkum, yaprak dökmeyen yaprakları ve farklı renklerde bulunan gösterişli terminal çiçek salkımları ile değerli, bitkisel olarak üretilen bir süs bitkisidir. Yapılan araştırmalar köklenmenin, bitki büyüme düzenleyicilerinin zakkum gibi sert rizogenetik bitkilerin köklenmesinde etkili faktörlerden biri olduğunu

göstermiştir (Siahkamari ve ark., 2018). Dış mekân süs bitkilerinden olan zakkum her dem yeşil olan fıçı bitkilerindendir. Estetik duruşu, renkli çiçekleri, tuzlu topraklara dayanıklı oluşu ile peyzaj alanlarının vazgeçilmezleri arasında yer almıştır. Ayrıca kanser tedavisinde kullanıldığı da bilinmektedir (Anonim, 2016). Birkaç türü bulunan zakkumun yaprakları koyu yeşil, mızrak gibi, uzun ve tam kenarlıdır. Çiçekleri ise salkım biçiminde beyaz, pembe, kırmızı renklidir. Haziran ve Ekim aylarında çiçek açan zakkumun ortalama boyu 2-3 m dolaylarındadır. Nem ihtiyacı gelişme döneminde fazladır. Güneşi seven kurak yerlerde yetişen serin bölgelerde verimi düşen bitkilerdendir. Tohumları zehirli olan zakkumun 3 farklı yetiştirme biçimi vardır. Bunlar; tohum, çelik ve daldırmadır (Anonim, 2011b).

Çok geniş coğrafi dağılım alanları olan zakkum Batıda Güney Portekiz'den başlayarak tüm Akdeniz'de dağılmış, Akdeniz sahillerinden Suriye'ye kadar yayılmıştır. Kültüre alınma tarihi 1596 olarak bilinmektedir (Kayacık, 1975). Yaprakları 10-15 cm boyundadır. Sert yaprakları uzun şerit halinde, mızrak ucu şeklindedir. Yapraklarında reçine, tanen, C vitamini, glikoz, oleadrin adında glikoz gibi maddeler bulunur. Kalp kuvvetlendirici olarak düşük dozlarda verilir (Efe ve ark., 2013). "Ağu" veya "Avu" halk dilindeki adlarındandır. Etrafı güzelleştiren her zaman aranan rekreatif bir bitkidir.

Kültivarları:

- *N. oleander* .cv. 'Atropurpureum' - Çiçekleri koyu pembe, kırmızı.
- *N. oleander* .cv. 'Album Plenum' -Çiçekleri katmerli beyaz.
- *N. oleander* .cv. 'Roseum Plenum' - Çiçeklen katmerli, pembe kırmızı.
- *N. oleander* .cv. "Luteum Plenum" Çiçekleri katmerli, sarı ya da açık sarı.
- *N. oleander*.cv. 'Variegatum' - Yaprak kenarları sarımtırak beyaz şeritli (Ermeydan ve ark., 2011).

Tarımsal üretimde verim ve kaliteyi arttırmak için geçmişten günümüze çok çeşitli uygulamalar denenmiştir. Denenen yöntemlerin çoğu kimyasal içerikli ürünleri toprağa verme yolu ile gerçekleştiğinden ve bu kimyasalların zararları tespit edildiğinden bu yana araştırmacılar konu ile ilgili alternatif verim ve kaliteyi artırma arayışları içine girmişlerdir. Tam da bu noktada PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) devreye girmiştir.

Kimyasal ilaç ve gübrelerin aşırı kullanımı çeşitli olumsuzluklara neden olur. Bu olumsuzlukları iyileştirmek ve önlemek için birçok araştırma yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda mikroorganizmaların biyolojik gübre ve mücadele elementleri olarak kullanılabilmesi düşüncesi araştırmaların mikroorganizmaların bakterileri üzerine odaklanmasına neden olmuştur. Azot fiksasyonunda önemli rol oynayan bakteriler bu nedenle toprak verimliliğinin artmasında önemli rol oynamaktadır. Aslında, dünya atmosferi zengin bir nitrojen ve oksijen bileşimine sahiptir. Bununla birlikte, atmosferik nitrojenin bitki tarafından kullanılabilir hale dönüştürülmesi, simbiyotik veya simbiyotik olmayan bakterilerin yardımıyla gerçekleşir. Tarımsal üretimde toprak mikroorganizmaları olarak adlandırılan bakteri, mantar ve alg gibi canlı organizmalar biyolojik gübre olarak kullanılmaktadır. Toprağa doğal ekosistemi sağlayarak çevresel risk azalır ve yıllarca kullanımı devam eder. Böylece mikroorganizmalar bitki beslemede aktivitelerini otomatik olarak sürdürürler. Etkili mikroorganizmalar olarak adlandırılan bu canlılar; toprak kalitesini, toprak sağlığını, bitki büyümesini, bitki üretimini ve kalitesini iyileştirirler (Higa ve Parr, 1994).

Biyolojik ürünlerin üretim araştırmalarında PGPR'lerin bitki büyümesi üzerinde olumlu etkisi, hastalıklarla mücadeledeki etkinliği ve bitki sistem direnci üzerindeki olumlu etkisi her geçen gün artmaktadır. Rizosfer olarak tanımlanan toprağın üst bölümünde, köklerin çevresinde yoğun bir mikroorganizma popülasyonu yaşamaktadır. Toprağın fiziko-kimyasal fonksiyonları tamamen bu mikroorganizmalara bağlı olarak gerçekleşmektedir.

Dünya genelinde yapılan araştırmalara bakıldığında pek çok kez PGPR teriminin kullanıldığı görülmektedir. Bitki büyümesini uyarıcı kök bakterileri, bitki büyümesini uyarıcı etkilerinin yanı sıra hastalıklara, özellikle toprak kaynaklı patojenlere karşı biyolojik savaşta etkili olabilmektedir (Lemanceau ve ark., 2000; Parmar ve Dudarwal, 2000). Yararlı rizobakteriler baklagil bitkilerinin köklerinde yaşayan simbiyotik ve simbiyotik olmayan (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*) ve simbiyotik yaşam olmadan yaşayanlar (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Azoonasspirillum*) olarak iki gruba ayrılır (Ahemad ve Kibret, 2013; Ram ve ark., 2013).

PGPR'lerin etki mekanizması tam olarak açıklanmamış olsa da tarımsal üretimi sınırlayan biyotik ve abiyotik faktörlerin potansiyel ve mekanizmalarına yönelik araştırmalar halen artan bir ilgi görmektedir.

Verim ve kaliteyi arttırma alternatif yöntemlerinden birisi de fenolik bileşikler olmuştur. İlk olarak 1838 yılında Raffaele Piria isimli araştırmacı tarafından salisilik asit adı kullanılmıştır. Salisilik asit Latince *Salix* (söğüt) sözcüğünden gelmektedir.

Salisilik asit bitki büyümesinin düzenlenmesi, gelişimi gibi fenolik asitlerin gösterdiği olumlu parametrelere sahiptir (Özeker, 2005). Salisilik asit (SA), orto-hidroksi benzoik asit ve diğer salisilatlar, bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini etkileyerek, büyüme ve verimliliklerini düzenlemede ve çevresel streslere karşı verdikleri tepkilerde önemli bir rol oynayabilir (Hayat ve ark., 2010). Salisilik asit, bitkilerde biyotik ve abiyotik stres koşullarında hızla sentezlenir ve stres altındaki ortamlarda adeta bir sinyal aktivatörü olarak bitkilerin savunma mekanizmalarında kritik bir rol oynar (Khan ve ark., 2015).

Çeliklerde adventif köklenmenin fenolik bileşikler tarafından uyarıldığı çeşitli bitki türlerinde üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, ortaya konmuştur. Kateşol, p-hidroksibenzoik asit, pirogallol ve salisilik asitin kök oluşumunu Mung fasulyesi çelikleri ile yapılan bir araştırmada, uyardığı görülmüştür (Kling ve Meyer, 1983). Bitkilerin dayanıklılığını arttırmak amacıyla, biyotik uyarıcılar (bakteriler, mantarlar, virüsler ve nematodlar) ile abiyotik uyarıcılar (salisilik asit, glisin, jasmonat, etilen ve bazı herbisitler) birçok farklı patojen türüne karşı ve pek çok kültür bitkisi üzerinde kullanılmıştır (Ozeretskoykaya, 1995; Çelik ve ark., 2020).

Zakkum süs bitkileri içinde dış mekân bitkileri grubunda yer alan en önemli bitkilerdendir. Bitkiyi üretmede alınacak çeliklerin köklenmesinde ve köklenme parametrelerinde en uygun ve olumlu etkide bulunacak bakteri seçimi, zakkum bitkisine dış mekân süs bitkileri yetiştiriciliğinde önemli bir yenilik getirecektir. Bu tezin amacı zakkum çeliklerinin köklendirilmesinde salisilik asit ve faydalı bakterilerin etkisini ortaya koymaktır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Süs bitkileri sektörü ülkemizde ve dünyada tarıma önemli katkıları olan sürekli gelişmekte olan bir sektördür. Süs bitkileri kesme çiçekler, dış mekân süs bitkileri, iç mekân süs bitkileri ve doğal çiçek soğanları olarak dört gruba ayrılmaktadır. Dış mekan süs bitkileri, bu sektörde üretim ve önem bakımından en büyük paya sahip gruplardandır. Süs Bitkileri Üretici Alt Birliği'nin, 2024 yılı süs bitkilerinin TÜİK aracılığıyla yayınladığı sektör raporuna göre 2023 yılında dış mekân süs bitkilerinin üretim alanları 41.026 dekadır. 2023 yılı üretim adetleri ise 525.484.719'dur. Zakkum da bu grupta yer alan gerek kullanım alanlarının fonksiyonel olması gerek dayanıklı olması ile tercih edilen önemli bir dış mekân süs bitkisidir (Anonim, 2024).

Akdeniz'in kendine özgü doğal çalı türleri arasında en yaygın olanı %82 oranla zakkumdur. Bunu %77 oranında mersin, %66 ile defne ve biberiye, %21 ile hayıt, %16 ile laden ve %13 ile azgan izlemiştir (Atik ve ark., 2013).

*Nerium oleander* L. (zakkum) bitkisinin ağır metallerin birikimiyle ilgili biyoindikatör potansiyeli test edilmiştir. Çalışmada farklı çevresel değişkenler (şehir içi, yol kenarı, parklar ve şehir alanları) kapsamında toprak ve yaprak örnekleri (yıkamış ve yıkamamış) Pb, Cd, Zn ve Cu açısından analiz edilmiştir. Yıkamış ve yıkamamış yaprak örnekleri arasında ağır metal birikimi açısından farklılıklar gözlemlenmiş ve bu durum, metal türüne bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Ayrıca toprak ve yıkamış yaprak örnekleri arasındaki ilişkiler kayda değer bulunmuştur. Bu bulgular, *Nerium oleander*'in belirli ağır metaller için etkili bir biyoindikatör olabileceğini göstermektedir (Aksoy ve Öztürk, 1997; Özay ve Mamodov, 1997).

Zakkumun çelikle üretimi için yaz sonuna doğru odunlaşmış sürgünlerden 7,5–15 cm uzunluğunda çelikler kullanılmalıdır. Bu çelikler, özel olarak hazırlanmış topraklara dikilmelidir. Ayrıca, zakkum üretiminde daldırma yöntemi, adi ayırıştırma tekniği kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bölgesel bitkilerin peyzaj alanlarında kullanımı, özellikle İran'daki uygulamalarda, çevresel avantajlar sağlamaktadır (Valizadeh ve ark., 2013).

Zakkum, yıl boyu yeşil kalması, düşük yanıcılığı ve ateşten uzaklaştırıldıktan sonra yanmaya devam etmemesi özellikleriyle orman yangını koruma şeritlerinde kullanılmak için uygun bir bitkidir. Ülkemizin orman yangınları açısından en yüksek

risk taşıyan Akdeniz ve Ege Bölgeleri'ne özgü doğal bir bitki olan zakkum, hızlı büyüme ve yoğun dallanma özellikleri sayesinde bu tür alanlarda kullanımını kolaylaştırmaktadır (Özyiğit, 1973).

Tarımda üretim ve kârların artması, üretim girdilerinin yoğun olarak kullanılmasını beraberinde getirmiştir. Bu nedenle, bitki büyümesini hızlandırmak için rizosferden elde edilen çeşitli mikroorganizmalar kullanılmıştır. PGPR'ler, atmosferdeki azotu sabitleme, belirli organik maddeleri alma, toprakta fosfat çözme, antibiyotikler ve fitohormonlar üretme, sideroforlar salgılama ya da patojenleri inhibe etme gibi çeşitli önemli bakteriyel özelliklere sahiptir (James ve ark., 2002; Shakir ve ark., 2012; Ram ve ark., 2013; İmriz ve ark., 2014; Pérez-Montaña ve ark., 2014; Sülü ve ark., 2016). Bu sebeple, bitki büyümesini ve verimini artıran, ayrıca toprak kalitesini iyileştiren PGPR'ler, dünya çapında süs bitkilerinin yetiştirilmesinde bitki büyüme düzenleyicisi olarak kullanılarak birçok araştırmaya konu olmuştur (Srivastava ve Govil, 2007; Eid ve ark., 2009; Sharma ve Kaur, 2010; García-Fraile ve ark., 2012; Flores-Félix ve ark., 2013; Zulueta-Rodriguez ve ark., 2014; Karagöz ve ark., 2016).

Klopper (1994), PGPR'leri bir dizi özellik ile karakterize etmiştir. Bunlar; 1. Kök yüzeyini kolonize edebilmelidir, 2. Popülasyonları sürdürebilmeli, çoğalabilmeli ve diğer mikroorganizmalarla rekabet ederek bitki büyümesini teşvik edebilmeli veya bitkileri patojenler gibi stresörlere karşı koruyabilmelidir, 3. Bitki büyümesini teşvik etmelidirler. Bununla birlikte Somers ve ark. (2004), PGPR'leri etki özelliklerine göre 4 gruba ayırmıştır. Bunlar; besin elementlerinin bitki kullanımına hazır hale getirmesi (biyofertilizer grubu), bitki gelişimini teşvik etmesi (bitki stimülatörü grubu), organik kirleticileri parçalayarak indirgemesi (rizoremediator grubu) ve biyopestisit grubu altında toplanmışlardır. Ram ve ark. (2013), PGPR'leri direkt ve indirekt olarak etki mekanizmalarını göre iki gruba ayırmışlardır.

20. yüzyılda, Sovyetler Birliği ve Hindistan'da PGPR'nin çeşitli ürünlerdeki araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Tarla denemelerinden elde edilen bulgular her ne kadar tutarsızlık gösterse de, kontrollerin karşılaştırmalı olarak %50-70 oranında verim artışı sağlandığı rapor edilmiştir. Bu dönemdeki PGPR'nin bitki örtüsünün parametrelerinin tam olarak anlaşılabilmesi için, bu bitkilerin hedef hücrelerinde bölünmüş kolonizasyon ve büyüme için uygun koşulların belirlenmesine ilişkin talimatlar sunulmuştur. Yapılan araştırmalarda PGPR'nin çimlenme hızı, kök gelişimi,

verimliliği, yaprak alanı, klorofil düzeyi, magnezyum ve azot içerikleri, protein düzeyi, hidrolik aktivite, kuraklığa dayanıklılık, sürgün ve kök ağırlığı ile yaprak kopmasının varlığının gecikmesi gibi birçok parametre üzerinde bitkilere faydalı etkilerin sağlandığının mümkün olduğu görünmüştür (Lucy ve ark., 2004).

Widnyana ve Javandira (2016), domates bitkisinde çimlenme ve fide gelişimi üzerinde *Pseudomonas* spp. ve *Bacillus* spp. bakterilerinin etkilerini inceledikleri çalışmalarında, uygulanan bu bakterilerin çimlenme oranlarını artırdığını belirtmişlerdir.

Karagöz ve ark. (2019a), sümbül fidelerinde *Paenibacillus polymyxa* izolatının gövde çapını artırdığını (17,76 mm) belirlemişlerdir. Karagöz ve ark. (2019b) glayöl bitkisi ile yapmış oldukları bir çalışmada *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans* ve *Hafnia alvei* bakteri uygulamalarının kontrole kıyasla fide boyunu %24,55 oranında artırdığını belirlemişlerdir.

Anbi ve ark. (2020), adaçayı bitkisinin farklı türlerinde PGPR'ların fotosentetik kapasite ve besin elementi alımı üzerindeki etkilerini belirledikleri çalışmalarında, *Pseudomonas* spp.'nin bitki boyunu artırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, lale çeşitlerinde, *Pantoea agglomerans* RK-79, *P. agglomerans* RK-92, *Bacillus megaterium* TV-91C, *B. subtilis* TV-17C, *B. megaterium* TV-3D, *Paenibacillus polymyxa* TV-12E, *B. megaterium* TV-6D ve *Pseudomonas putida* TV-42A bakteri uygulamalarının bitki boyunu artırdığı bildirilmiştir (Karagöz ve Dursun, 2018).

Son yıllarda, bitki büyümesini destekleyen bakterilerin, köklenmesi ve üretimi güç olan meyve ve sebze türlerinde yaygın bir şekilde kullanıldığı, ancak süs bitkilerindeki kullanımlarının sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Bir çalışmada, üretimi zor olan süs bitkileri ve bu bitkilerin büyüme parametrelerini etkileyerek büyümelerini teşvik eden bakteriler kullanılıp etkileri açıklanmıştır. Araştırma sonunda, hangi süs bitkilerinin incelendiği ve hangi bakterilerin kullanıldığı açıklanmış, çevreye zarar vermeyen ve süs bitkilerinin gelişimini destekleyen doğal kaynaklı bakterilerin kullanımının çoğaltılıp yaygınlaştırılmasının önemine değinilmiştir (Sezen ve Külekçi, 2020).

De Feritas ve ark. (1997), yürütmüş oldukları çalışmada, tarımsal üretim alanlardaki rizosfer toprağından 111 rizobakteriyel izolat elde etmişlerdir. Araştırmacılar bu izolatları, *Bacillus brevis*, *B. megaterium*, *B. polymyxa*, *B. sphericus*, *B. thuringiensis* ve *Xanthomonas maltophila* olarak tespit etmişlerdir. İzolatların

%32'sinin trikalsiyum-fosfatı çözme kabiliyetlerinin olduğunu belirlemişlerdir. Mena-Violante ve Olalde-Portugual (2007), domates bitkisinde, meyve kalitesi üzerine yapmış oldukları çalışmada bir PGPR izolatı olan BEB-13bs'nin bakteri uygulaması yapılmış bitkilerin özellikle meyve büyüklüğü ve yapısal dokusunda olumlu yönde bir etki meydana geldiğini tespit etmiştir.

Yıldırım ve Arslan (2023) tarafından yapılan çalışmada, *Stenotrophomonas maltophilia* SY55 suşunun Seyman ve Sarıkız fasulye çeşitleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma, bu suşun kök uzunluğu, gövde uzunluğu ve boğum sayısı gibi büyüme parametrelerinde anlamlı artışlar sağladığını göstermiştir. Araştırma, PGPB'nin bitkilerin gelişim süreçlerini iyileştirdiğini ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılıklarını artırdığını ortaya koymuştur.

Akçay ve Karakoç (2023), kıvırcık marul bitkilerinde farklı rizobakteri suşlarının tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar bakteriyel uygulamaların kök kuru madde oranını, yaprak sayısını ve bitki kuru ağırlığını artırdığını, ayrıca bitkilerde su kullanım etkinliğini artırarak kuraklık gibi stres faktörlerine karşı direnç sağladığını belirtmişlerdir.

Bahçe ve süs bitkisi yetiştiriciliğinde bakterilerin kullanımı artmaya başlamıştır fakat bununla birlikte, süs bitkilerinde bitki büyümesini destekleyen kök bakterilerinin kullanımına ilişkin çok az araştırma vardır (Van Peer ve ark., 1991; Padmadevi ve ark., 2004; Arab ve ark., 2015; Parlakova Karagoz ve Dursun, 2019).

Diyarbakır ilinde sağlıklı badem ağaçlarından izole edilen endofitik ve epifitik bakterilerin etkileri incelenmiştir. Bu bakterilerin azot fiksasyonu, fosfor çözünürlüğü artırma ve patojen baskılama gibi özelliklerle bitki gelişimini destekleyebileceği bulunmuştur. Ayrıca bu bakterilerin, tarımsal biyoteknolojide sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesine katkı sağladığı vurgulanmıştır (Angelika ve ark., 2023).

Çeliklerin köklerinin oluşumunda etkili olan birçok fizyolojik faktör ve çevresel etki vardır. Özellikle çeliklere yapılan fiziki müdahaleler köklenmede önemlidir (Couvillon, 1998).

Salisilik asitlerin, kavak, akçaağaç ve ıhlamur gibi bazı odunsu bitki türlerinin çeliklerinde tek başına veya oksinlerle birlikte uygulanması, köklenen çeliklerin kök miktarı ve kök uzunluğunun belirgin bir şekilde arttığını göstermiştir. Ayrıca köklenme süresinin de kısaltıldığını tespit edilmiştir (Özeker, 2005).

Sülüşoğlu ve ark. (2013), Şubat ayında zakkum çeliklerine 1000, 2000, 4000, 6000 ppm IBA uygulandıktan sonra çelikleri alttan ısıtmalı koklendirme yastıklarında perlit ortamında koklenmeye almışlardır. Yarı-odun olarak alınan çelikler sera koşullarında ve toprak:torf (1:1) koklendirme ortamına dikilmiştir. Sonuçlar 90 gün sonra kaydedilmiştir. Çalışmada koklenme oranı (%), kok sayıları (adet/bitki), kok uzunluğu (cm) ve çeliklerde koklenme anında sürgün oluşumu (%) belirlenmiştir. Sonuçlar, %5 hata sınırlarında varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiş ve farklı bulunan gruplar, 'Duncan' oklu karma yöntemi ayrıntılı gruplandırılmıştır. Yaşama oranları adaptasyon aşamasında % olarak belirlenmiştir. Zakkum eliklerinde en iyi koklenme 1000 ppm IBA uygulamalarında %46,7 olarak tespit edilmiştir.

Kılınç Selek (2019) yaptığı yüksek lisans çalışmasında 5 BB anacı üzerine aşılı olan asmalara iki farklı dönemde salisilik asit ve 5-klorosalisilik asit uygulamıştır. Çalışmada şaraplık üzümlerde salisilik asidin 0,75 mm dozu en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. Salisilik asidin çok farklı etkileri bulunmaktadır.

Türkyılmaz ve ark. (2005), farklı SA konsantrasyonlarının (50, 100 ve 200 ppm) serada ve tarlada yetiştirilen *Phaseolus vulgaris* L. fidelerinin büyümesi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerindeki etkilerini araştırmış; salisilik asidin bitki büyümesi ve azot metabolizması üzerinde doza bağımlı bir şekilde olumlu etkiler ortaya koyduğunu belirlemişlerdir. Elde ettikleri analiz sonuçları foliar salisilik asit uygulamalarının elma bitkisinde donma stresinin etkilerini azalttığı, verim ve kaliteyi artırdığını göstermiştir.

Türkyılmaz nal ve ark. (2014), çalışmalarında elmada donma direncini artırmayı ve verim ile kaliteyi iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmada foliar olarak uygulanan 500 ppm salisilik asit uygulamasının elma bitkilerinde sürgün ve meyve sayılarında artış sağladığı, meyve ağırlıklarının ise hem 500 ppm hem de 1000 ppm salisilik asit uygulamaları ile kontrol grubuna kıyasla yükseldiği ve ayrıca uygulama yapılan gruplarda elma renklerinin daha koyu hale geldiği gözlemlenmiştir.

SA, oksine duyarlı faz sırasında (24-96 saat) IAA'nın oksidasyonunu arttırarak in vitro elma sapı dilimlerinin IAA kaynaklı koklenmesini inhibe etmiştir (De Klerk ve ark., 1997). SA kullanımı kınanın (*Lawsonia inermis* L.) koklenmesi üzerinde olumlu etkiye neden olmuş, maksimum yaprak sayısı 2000 ml L<sup>-1</sup> NAA + 200 ml L<sup>-1</sup> salisilik asitte elde edilmiştir (Salehi Sardoei ve ark., 2013).

Beyaz ve kırmızı çiçek açan zakkum çeşitlerinden alınan çelikler 30 dakika süreyle %3'lük benomil çözeltisine daldırıldıktan sonra 2 saat süreyle salisilik asit büyüme düzenleyicileri (0, 100, 200, 300 ve 400 mg L<sup>-1</sup>) ile muamele edilmiştir. Kuma dikilen çeliklerden elde edilen sonuçlar SA uygulamalarının köklenme yüzdesinin artmasına neden olduğunu göstermektedir. SA kullanımı köklenme üzerinde olumlu etkiye neden olmuştur (Siahkamari ve ark., 2018).

Köse ve Kostak (2000) tarafından yapılan “Panaşalı Zakkumun (*Nerium oleander* L. cv. *Variegata*) Çelikle Çoğaltılması ve Paclobutrazolün Büyüme ve Çiçeklenmeye Etkileri” başlıklı çalışmada, *Nerium oleander* L. cv. *Variegata*'nın köklenme süreci, çelik alma dönemleri, köklenme ortamları ve IBA (indol-3-bütirik asit) uygulamalarının etkileri ile Paclobutrazolün aynı türün büyüme ve çiçeklenme üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmaya göre, *N. oleander* L. cv. *Variegata*'da en iyi köklenme, Şubat ayında alınan sert odun çeliklerinden elde edilmiştir. Bunu, Temmuz ayında alınan yumuşak odun çelikleri takip etmiştir. Eylül ayında alınan çeliklerde ise köklenme gözlemlenmemiştir. Köklenme ortamları olarak kullanılan perlit ve perlit+torf karışımları arasında anlamlı bir fark kaydedilmemiştir. Ayrıca, IBA uygulamaları (0, 4000, 6000 ve 8000 ppm) köklenme oranı, kök sayısı ve kök uzunluğunu olumlu yönde etkilemiştir. *N. oleander* L. cv. *Variegata*'nın büyüme ve çiçeklenmesine yönelik yapılan Paclobutrazol uygulamalarında ise topraktan 0 (kontrol), 10, 20, 30 ve 50 mg/saksı, yapraktan ise 0 (kontrol), 125, 250, 500 ve 1000 ppm Paclobutrazol çözeltisi püskürtülmüştür. Çalışmada, Paclobutrazol'un büyümeyi kontrol altına alırken, çiçeklenme süresini kısaltıp, çiçek sayısında bir artış gözlemlenmediği sonucuna varılmıştır.

Habib ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, salisilik asidin tuz stresine maruz kalan bitkilerde büyümeyi teşvik ettiği ve antioksidan enzim aktivitelerini artırarak stres toleransını iyileştirdiği belirlenmiştir. SA uygulamaları, bitkilerin stres koşullarında gelişimlerini sürdürebilmeleri için önemli bir düzenleyici rol üstlenmiştir. Çalışma, SA'nın bitkilerin stres toleransını artırarak büyüme ve gelişme üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamaktadır.

Akçay ve Karakoç (2023) tarafından yapılan araştırma, salisilik asidin kuraklık stresi koşullarında marul bitkilerinin su kullanım etkinliğini artırdığını ve büyümeyi desteklediğini göstermiştir. Çalışma, SA'nın bitki stomalarını düzenleyerek su kaybını

azaltmaya yardımcı olduğunu ve bu şekilde bitkilerin kuraklık koşullarına karşı daha dirençli hale geldiğini ortaya koymuştur.

Zahir ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada, salisilik asidin kadmiyum toksisitesine karşı buğday bitkilerindeki büyümeyi desteklediği ve toksik etkileri hafiflettiği bulunmuştur. SA, ağır metal stresine maruz kalan bitkilerde, bitki gelişimini iyileştiren ve fotosentez oranlarını artıran bir etki göstermiştir. Çalışma, SA'nın bitkilerdeki oksidatif stresi azaltarak ağır metal toksisitesinin olumsuz etkilerini dengelediğini göstermektedir.

Karaltın ve ark. (2004), zakkum bitkisinin çeşitli bölümlerinden elde edilen kök, gövde, tomurcuk, yaprak ve karışım ekstraktlarının, fasulye ve buğday tohumları üzerinde uygulandığı çalışmada, bu ekstraktların tohumların çimlenme oranı, fide boyu ve diğer gelişim parametreleri üzerinde belirgin bir allelopatik etki gösterdiğini saptamışlardır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Bitki materyali

Çelikler Siirt Üniversitesi Kezer Yerleşkesi içinde, sağlıklı ve düzgün formda yetişen zakkum bitkilerinden alınmıştır. Şekil 3.1’de çelik alınan bir zakkum bitkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çelik alınan zakkum bitkisi

##### 3.1.2. Bakteri izolatları

Kullanılan bakteri izolatları KF3B *Paenarthrobacter nitroguajacolicus*, TV53D *Brevibacillus choshinensis* ve KF63C *Paenibacillus xylanilyticus* bakterisi suşlarıdır. Bakteri ırklarının özellikleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Araştırmada kullanılan bakteri suşu ve özellikleri

Bakteri Kodu ve Adı	Azot Bağlama	Fosfat Çözme	ACC Deaminaz	Siderofor Üretimi
KF3B <i>Paenarthrobacter nitroguajacolicus</i>	+	-	+++	+
TV53D <i>Brevibacillus choshinensis</i>	K	K	+	-
KF63C <i>Paenibacillus xylanilyticus</i>	+	++	++	+

-: Özelliğe sahip değil, +: Normal, ++: Kuvvetli, +++: Çok kuvvetli, K: Süper kuvvetli

Kullanılan bakteri suşlarının izolatları Siirt ve Van illeri ekolojik koşullarında izole edilen ve PGPB (Bitki Büyüme Teşvik Edici Bakteri) aktiviteleri tespit edilen ırktır. Tarla Bitkileri Bölümü'nden temin edilen bu izolatlar 16s ribozomal DNA analizi ile tanısı yapılarak PGPB etkinliği laboratuvar koşullarında ortaya konulan izolatlardır.

### 3.2. Yöntem

Tez çalışması Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri bölümü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş olup her tekerrürde adet çelik kullanılmıştır. Şekil 3.2.'de laboratuvarda uygulama yapılan ve dikim için hazırlanan kasalar gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Laboratuvarda dikim için hazırlanan kasalar ve kasalara dikilmiş çelikler

Tez çalışmasında yapılan uygulamalar Tablo 3.2'de verilmiştir:

Tablo 3.2. Çalışmada yapılan uygulamalar

Uygulama 1	Kontrol
Uygulama 2	Salisilik asit (350 ppm SA)
Uygulama 3	Bakteri 1 (B1)- (KF3B <i>Paenarthrobacter nitroguajacolicus</i> )
Uygulama 4	Bakteri 2 (B2)- (TV53D <i>Brevibacillus choshinensis</i> )
Uygulama 5	Bakteri 3 (B3)- (KF63C <i>Paenibacillus xylanilyticus</i> )
Uygulama 6	B1 + SA
Uygulama 7	B2 + SA
Uygulama 8	B3 + SA

### 3.2.1 Uygulamalar

**Çeliklerin hazırlanması:** Çelikler söz konusu sağlıklı bitki türlerinin 1-2 yıllık sürgünlerinden alınmıştır. Şekil 1.3'te çeliklerin budama makası ile alınması gösterilmiştir.

En az 3 göz içerecek şekilde ve 30 cm uzunluğunda alınan çelikler hemen aynı gün içinde dikime hazırlanmıştır. Kallus oluşumunu sağlamak için çeliklerin toprağa dikileceği dip kısımlarında 1 cm uzunluğunda kabuk kaldırılarak yara dokusu açılmıştır.



Şekil 2.3. Çeliklerin alınması

**Salisilik asit uygulaması:** Salisilik asit (SA) konsantrasyonları 350 ppm olarak hazırlanmıştır. Zakkum çeliklerinin 10-12 cm'lik dip kısımları hazırlanan salisilik asit çözeltisinin içine 2 saat süre ile batırılmıştır. Şekil 3.4'te SA uygulanmış çelikler gösterilmiştir.



Şekil 3.4. SA uygulanmış çelikler

**Bakteri için katı besi ortamı hazırlama:** Bakterilerin çoğaltılmasında katı besi yeri olarak nutrientagar (Merck-VM71680604) kullanılmıştır. Bir litre saf suya 20 g nutrientagar eklenerek, pH 7.0'ye ayarlanmış ve karışım otoklav yardımıyla, 121 °C'de 15 dakika sterilize edilmiştir. Sterilizasyonun ardından besi yerleri 50 °C'ye kadar soğutulmuş ve daha sonra petri kaplarına aktarılıp ve katılaşması için beklenmiştir. Bakterilerin stok kültürleri, öze yardımıyla nutrientagar besi yerine ekilip,  $26 \pm 2$  °C'de, 24 saat inkübe edilmiştir.

**Sıvı besi ortamı hazırlama:** Sıvı besi yeri olarak ise nutrientbroth (Merck-VM775843711) kullanılmıştır. Bir litre saf suya 8 g nutrientbroth besi yeri eklenecek ve pH 7.0'ye ayarlanmıştır. Karışım otoklav yardımıyla, 121 °C'de 15 dakika sterilize edilmiş ve ardından soğumaya bırakılmıştır. Nutrientagar besi yerinde geliştirilen bakterilerden tek koloni alınıp, aseptik koşullarda nutrientbroth besi yerine aktarılmıştır. Sıvı besi yerine aktarılan bakteriler  $26 \pm 2$  °C'de 24 saat süre ve 120 rpm hızda yatay çalkalayıcıda inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından bakteri konsantrasyonları turbidimetrik olarak  $\sim 108$  cfu / ml'ye ayarlanmıştır.

**Bakteriyel inokulasyon:** Çeliklerin dip kısımları bakteri solüsyonunda bekletilmiştir. Şekil 3.5'te bakteride bekletilen çelikler, Şekil 3.6'da bakteride bekletildikten sonra dikime hazırlanan çelikler gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Bakteride bekletilen çelikler

Bakteri ile muamele edilen çelikler dikildikten sonra hazırlanan bakteriyel solüsyon bitkilerin harcına eşit miktarda (5 ml) şırınga ile kök boğazı kısmından verilmiştir.



Şekil 3.6. Bakteride bekletilmiş dikime hazır çelikler

### 3.2.2 Yapılan gözlem ve analizler

Çalışmanın sonunda, çelikler için aşağıda sayılan gözlem ve analizler yapılmıştır; Şekil 3.7’de bitki köklerinin zarar görmemesi için kasalardan steril ortama aktarılan ölçüm alınmaya hazırlanan çelikler gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ölçüm alınmaya hazırlanan çelikler

**Çeliklerde köklenme yüzdesi:** Her uygulama içinde köklenen çeliklerin dikilen çelik sayısına bölünmesiyle elde edilen % orandır.

**Köklenen çeliklerde kök sayısı (adet):** Oluşan kökler sayılmıştır.

**En uzun kök uzunluğu (mm):** Köklenen çeliklerdeki en uzun kökler dijital kumpas ile ölçülerek ortalama uzunluk hesaplanmıştır.

**Kök genişliği (mm):** Köklerin genişliği (çapı) dijital kumpas ile ölçülerek ortalama kalınlıkları hesaplanmıştır. Şekil 3.8’de kökleri ölçülen çelikler gösterilmiştir.

**Kök yaş ağırlığı (g):** Çelikler dikim ortamından alındıktan sonra kökler ayrılmış ve kökler yaş iken hassas tartım cihazında ağırlık ortalamaları hesaplanmıştır.

**Kök kuru ağırlığı (g):** Çeliklerin kökleri önce laboratuvar koşullarında ve sonrasında 50 °C sıcaklıktaki etüvde kurutulduktan sonra hassas tartım cihazında tartılarak ağırlık ortalamaları hesaplanmıştır.

**Sürgün sayısı (adet):** Köklenen çeliklerde oluşan sürgünler sayılarak ortalamaları hesaplanmıştır.

**Sürgün uzunluğu (cm):** Her sürgün uzunluğu dijital kumpas ile ölçülerek ortalamaları alınmıştır.



Şekil 3.8. Kökleri ölçülen çelikler

**Sürgün yaş ağırlığı (g):** Köklenen çeliklerde oluşan sürgünler ayrılmış ve sürgünler yaş iken hassas tartım cihazında ağırlık ortalamaları hesaplanmıştır. Şekil 3.9’da kök ve sürgünlerin yaş ağırlıklarının alındıktan sonra ortalamalarının hesaplanması gösterilmiştir.

**Sürgün kuru ağırlığı (g):** Köklenen çeliklerin sürgünleri önce laboratuvar koşullarında ve sonrasında 50 °C sıcaklıktaki etüvde kurutulduktan sonra hassas tartım cihazında tartılarak ağırlık ortalamaları hesaplanmıştır.



Şekil 3.9. Kök ve sürgünlerin yaş ağırlıklarının alınması

**İstatistiksel değerlendirmeler:** Çalışmadan elde edilen veriler R istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalamaları karşılaştırmak için LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Testler  $\alpha = 0.05$  önem düzeyinde yapılmıştır. (Düzgüneş ve ark., 1987).

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Morfolojik Ölçümler

Bu çalışmada, zakkum çeliklerinin köklenmesinde salisilik asit (SA), bitki büyüme teşvik edici bakteriler (KF3B, TV53D ve KF63C) ve bunların kombinasyonlarının etkileri değerlendirilmiştir. Uygulamaların etkilerini mukayese etmek için ayrıca hiçbir uyulama yapılmayan çeliklerden meydana gelen kontrol grubu oluşturulmuştur. Uygulanan yararlı bakterilerin ve salisilik asidin zakkum çeliklerinin köklenmesindeki etkileri Tablo 4.1’de, ayrıca kontrol grubu ve bakteri ve salisilik asit uygulanan zakkumların genel görünüşleri Şekil 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Uygulanan yararlı bakterilerin ve salisilik asidin zakkum çeliklerinin köklenmesinde etkileri

Uygulamalar	Çeliklerde köklenme yüzdesi (%) **	Köklene n çeliklerde kök sayısı (adet) *	En uzun kök uzunluğu (mm) *	Kök genişliği (mm) **	Kök yaş ağırlığı (g) **	Kök kuru ağırlığı (g) *	Sürgün sayısı (adet)	Sürgün uzunluğu (cm) *	Sürgün yaş ağırlığı (g) **	Sürgün kuru ağırlığı (g) **
Kontrol	70,00 a	6,56 abc	121,72 a	0,58 b	2,32 b	0,31 abc	1,85	42,05 a	1,93 cd	0,50 c
Bakteri-1 (KF3B)	50,00 b	9,34 ab	117,67 ab	0,70 b	3,48 a	0,47 ab	1,67	38,16 ab	6,52 a	1,42 a
Bakteri-2 (TV53D)	33,33 c	8,77 ab	121,91 a	0,52 b	0,86 c	0,21 bc	1,72	39,91 a	1,28 d	0,3 cd
Bakteri-3 (KF63C)	73,33 a	2,67 c	84,94 abc	0,66 b	2,91 ab	0,30 abc	2,29	50,38 a	4,97 b	1,06 b
B1 (KF3B) + SA	30,00 c	4,22 bc	107,86 ab	1,04 a	0,67 c	0,50 a	1,66	60,74 a	2,20 c	0,4 cd
B2 (TV53D) + SA	33,33 c	3,39 c	41,86 c	0,54 b	0,24 c	0,20 c	1,86	45,46 a	1,59 cd	0,50 c
B3 (KF63C) + SA	26,67 c	9,55 a	72,73 bc	0,52 b	0,28 c	0,05 c	0,28	14,87 b	0,19 e	0,50 d
P değeri	P<0,001	P<0,05	P<0,05	P<0,01	P<0,001	P<0,05	ÖD	P<0,05	P<0,001	P<0,001

SA: Salisilik Asit; KF3B: *Paenarthrobacter nitroguaiacolicus*; KF63C: *Paenibacillus xylanilyticus*; TV53D: *Brevibacillus choshinensis*

ÖD: önemli değil, \* Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark vardır.

\*\* Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında %1 düzeyinde fark vardır

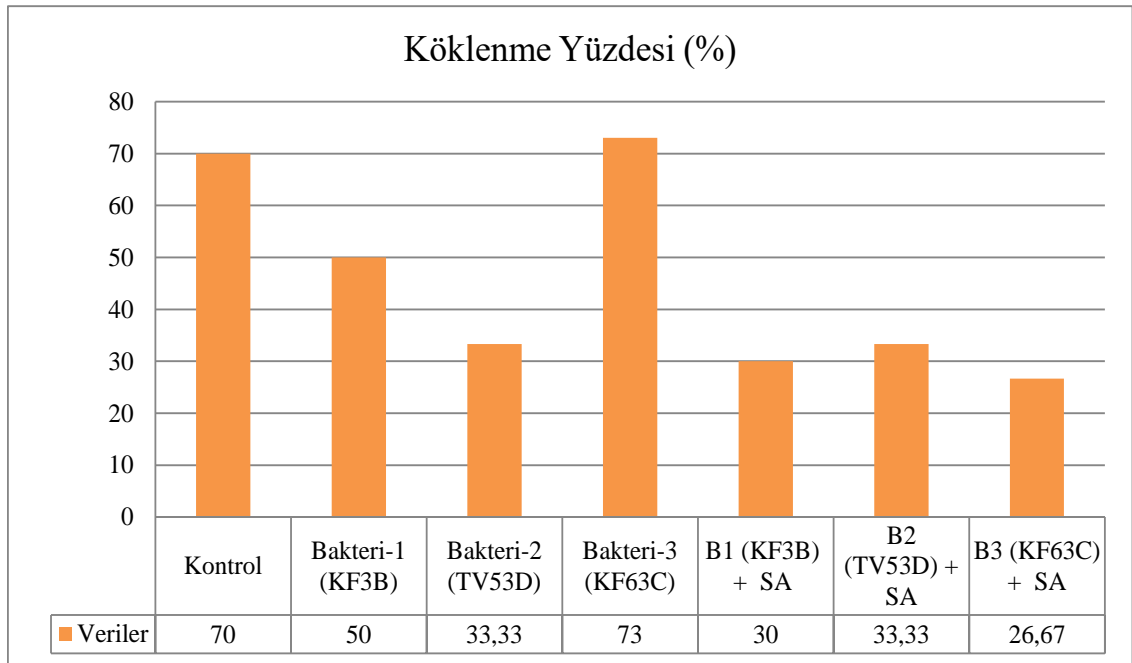


Şekil 4.1. Bakteri ve salisilik asit uygulanan zakkumların genel görünüşleri

#### 4.1.1. Köklenme yüzdesi (%)

KF63C uygulaması %73,33 ile en yüksek oranı sağlamış, kontrol grubuyla (%70,00) istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir. Ancak sadece salisilik asit

uygulaması köklenme sağlamamıştır. Salisilik asidin, bitki büyümesi üzerindeki etkisinin etilen biyosentezini engelleme mekanizması ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Etilen biyosentezinin bloke edilmesi, bitkilerin stres koşullarında daha dayanıklı hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, salisilik asidin bazı durumlarda kök gelişimini olumsuz etkileyebileceği de literatürde vurgulanmıştır (Leslie ve Romani, 1988; Yalpani ve ark., 1993). Şekil 4.2’de zakkum çeliklerinin köklenme yüzdesi (%) grafikleştirilerek gösterilmiştir.

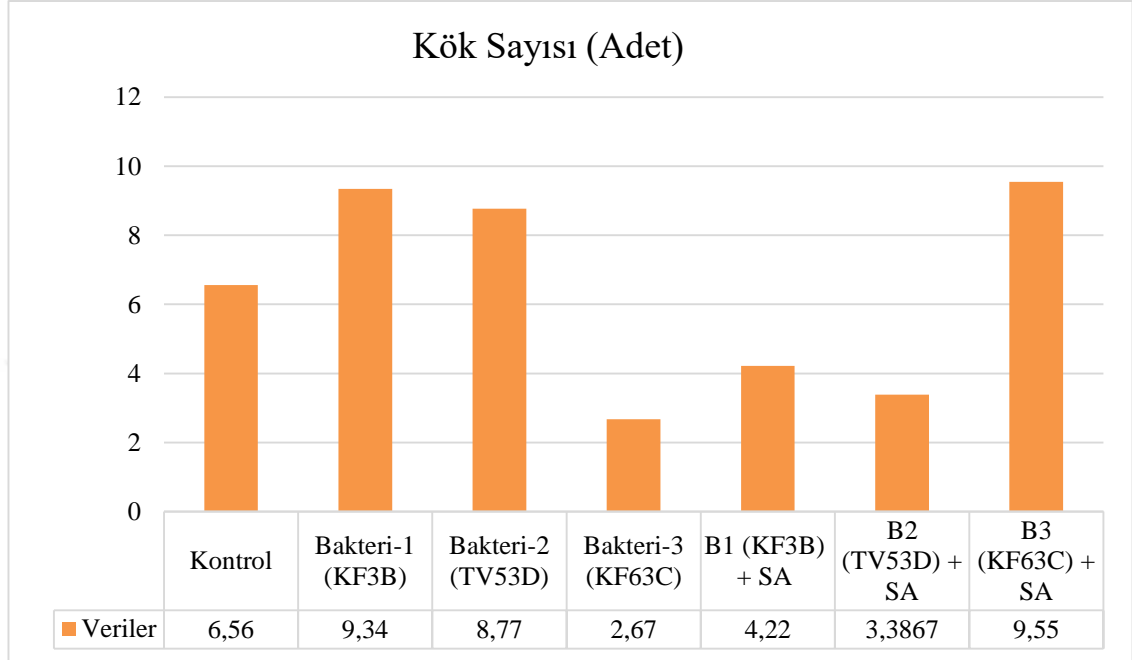


Şekil 4.2. Zakkum çeliklerinin köklenme yüzdesi (%)

#### 4.1.2 Kök sayısı (adet)

Kök sayısı bakımından en yüksek değer, 9,55 adet ile B3 (KF63C) + SA kombinasyonunda kaydedilmiştir. Ancak salisilik asit tek başına etkili olmamış ve kök gelişimi gözlenmemiştir. Bitki büyümeyi teşvik edici bakterilerin (PGPB) kök gelişimi üzerindeki olumlu etkileri, çeşitli araştırmalarla desteklenmiştir. Karakurt ve ark. (2010), bu bakterilerin oksin gibi fitohormonları doğal yollarla sentezleyerek kök yüzey alanını artırdığını ve köklenme oranlarını yükselttiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Yuwono ve ark. (2005), osmotolerant rizobakterilerin, kuraklık gibi stres koşullarında bile bitki büyümesini destekleyerek su kullanım etkinliğini artırdığını vurgulamaktadır. Her iki çalışma, bu tür bakterilerin bitki gelişimi üzerindeki pozitif etkilerinin, özellikle kök gelişimini destekleyici mekanizmalarla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur

(Karakurt ve ark., 2010; Yuwono ve ark., 2005). Şekil 4.3'te zakkum çeliklerinin köklenme sayısı (adet) grafikleştirilerek gösterilmiştir.

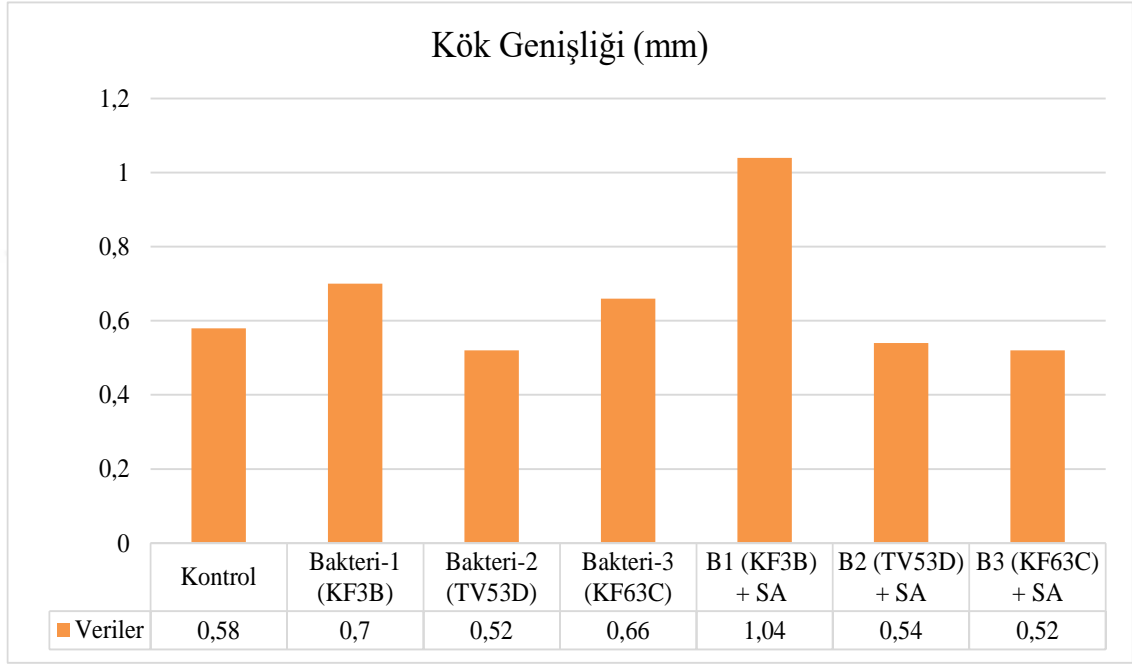


Şekil 4.3. Zakkum çeliklerinin köklenme sayısı (adet)

#### 4.1.3. Kök genişliği (mm)

Kök genişliği B1 (KF3B) + SA uygulamasında, 1,04 mm ile en yüksek değeri elde edilmiştir. Bu sonuç, özellikle Bakteri-1 (KF3B) uygulamasının kök kalınlığı üzerinde olumlu bir etki yarattığını göstermektedir. Diğer uygulamalarda ise, en yüksek kök kalınlığı kontrol grubunda (0,58 mm) ve Bakteri-2 (TV53D) uygulamasında (0,52 mm) gözlemlenmiştir. Bu durum, bakterilerin kök gelişimini ve kalınlığını artırıcı etkilerini işaret etmektedir. Salisilik asit (SA) ve bakterilerin kombinasyonlarına bakıldığında, özellikle B3 (KF63C) + SA uygulamasında, kök kalınlığında belirgin bir artış gözlenmemiştir. B3 (KF63C) + SA uygulamasındaki kök kalınlığı, 0,52 mm ile oldukça düşük kalmıştır. Bu durum, salisilik asit uygulamasının, bazı bakteriyel kombinasyonlarla birlikte kullanıldığında kök kalınlığını olumsuz etkileyebileceği sonucuna varılmasını sağlamıştır. Literatürden yapılan değerlendirmelere göre, Karakurt ve ark. (2010), bakterilerin kök gelişimi üzerindeki etkilerini vurgulamış ve özellikle fitohormonlar gibi bileşiklerin bu süreçte rol oynadığını belirtmiştir. Bu çalışma, bakterilerin oksin üretimiyle kök kalınlığını artırabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca,

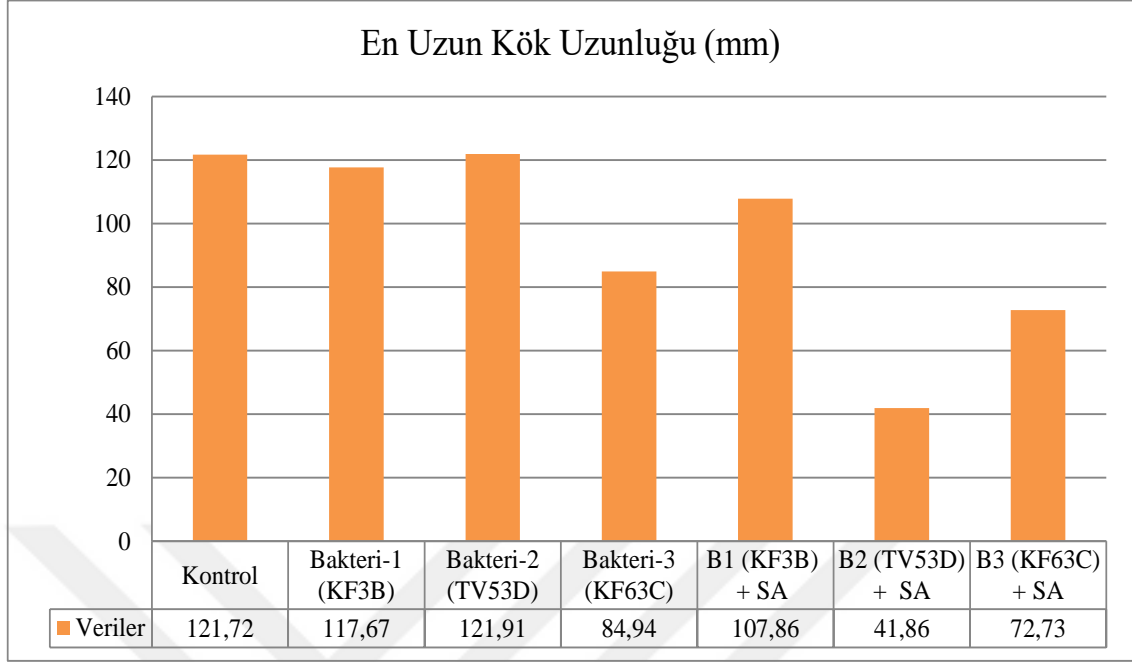
Yuwono ve ark. (2005), osmotolerant rhizobakterilerin, stres koşullarında bile kök gelişimini teşvik edici özellikler sergilediğini belirtmiş, bununla birlikte kök kalınlığının artırılmasında önemli bir etkiye sahip olabildiği sonucuna ulaşmışlardır. Şekil 4.4'te zakkum çeliklerinin kök genişliği (mm) grafikleştirilerek gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Zakkum çeliklerinin kök genişliği (mm)

#### 4.1.4. En uzun kök uzunluğu (mm)

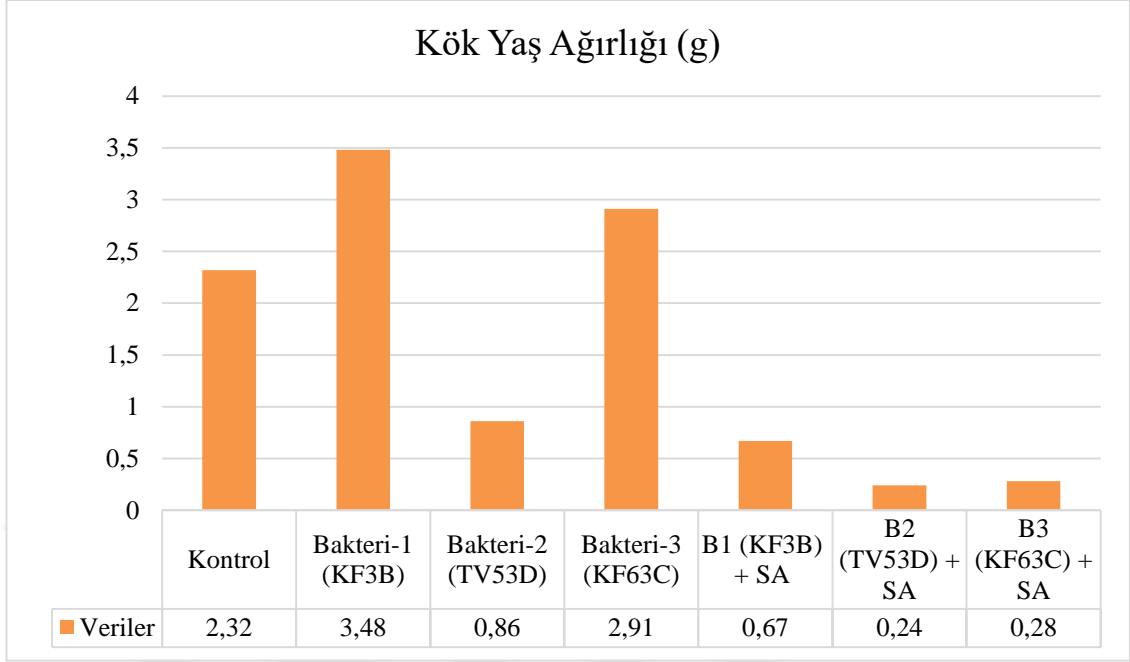
En uzun kök uzunluğu açısından, kontrol grubu (121,72 mm) ve TV53D uygulaması (121,91 mm) en yüksek sonuçları elde etmiştir. Bununla birlikte, yalnızca salisilik asit uygulamasının kök oluşumunda etkili olmadığı gözlemlenmiştir (Barea ve Richardson, 2015; Zahir ve ark., 2008). Zahir ve ark. (2008) salisilik asidin, kök oluşumunda belirgin bir iyileşme sağlamadığını ifade etmişlerdir. Karakurt ve ark. (2010) ile Yuwono ve ark. (2005), bitki büyüme teşvik edici bakterilerin kök gelişimini artırarak, özellikle stres koşullarında bile olumlu etkiler sağladığını belirtmişlerdir. Şekil 4.5'te zakkum çeliklerinin kök uzunluğu (mm) grafikleştirilerek gösterilmiştir.



**Şekil 4.5.** Zakkum çeliklerinin en uzun kök uzunluğu (mm)

#### 4.1.5. Kök yaş ağırlığı (g)

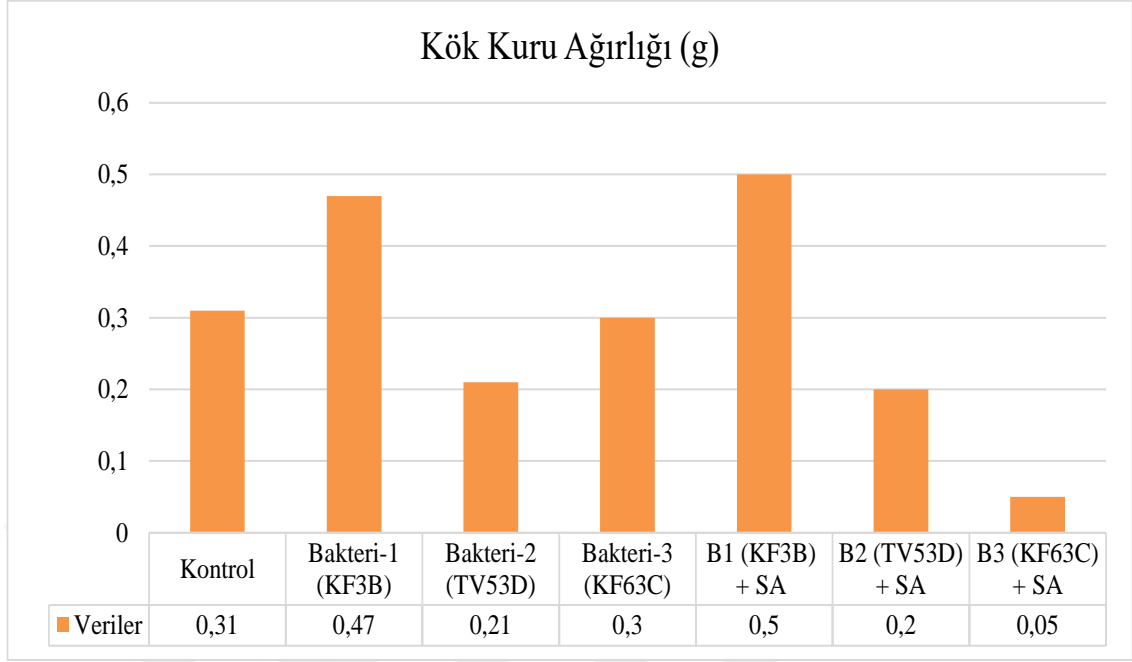
Kök yaş ağırlığı açısından yapılan değerlendirme, bakteriyel uygulamaların kök gelişimi üzerinde belirgin bir etki yarattığını göstermektedir. Çalışmalardan elde edilen verilere göre, Bakteri-1 (KF3B) uygulaması 3,48 g ile en yüksek kök yaş ağırlığına sahipken, Bakteri-3 (KF63C) + SA kombinasyonu 0,28 g ile en düşük değeri almıştır. Bu, bakterilerin tek başlarına uygulandıklarında kök yaş ağırlığını artırıcı bir etkiye sahip olduğunu, ancak salisilik asit (SA) ile yapılan kombinasyonların bu etkinin yetersiz kalmasına yol açabileceğini düşündürmektedir. Çalışmamızda salisilik asidin 2 saat süreyle uygulanmış olması, bu sürenin etkili olamamasının olasılıklarından biri olarak değerlendirilebilir. Kontrol grubunda ise kök yaş ağırlığı 2,32 g olarak kaydedilmiştir. Bakteri-1 (KF3B) uygulaması, kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bir kök yaş ağırlığı sunarak bakterilerin kök gelişimine destek olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Bakteri-2 (TV53D) uygulaması da 0,86 g ile oldukça düşük bir değer elde etmiştir. Bu sonuç, her bakteriyel uygulamanın kök yaş ağırlığı üzerinde farklı etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Şekil 4.6'da zakkum çeliklerinin kök yaş ağırlığı (g) grafikleştirilerek gösterilmiştir.



**Şekil 4.6.** Zakkum çeliklerinin kök yaş ağırlığı (g)

#### 4.1.6. Kök kuru ağırlığı (g)

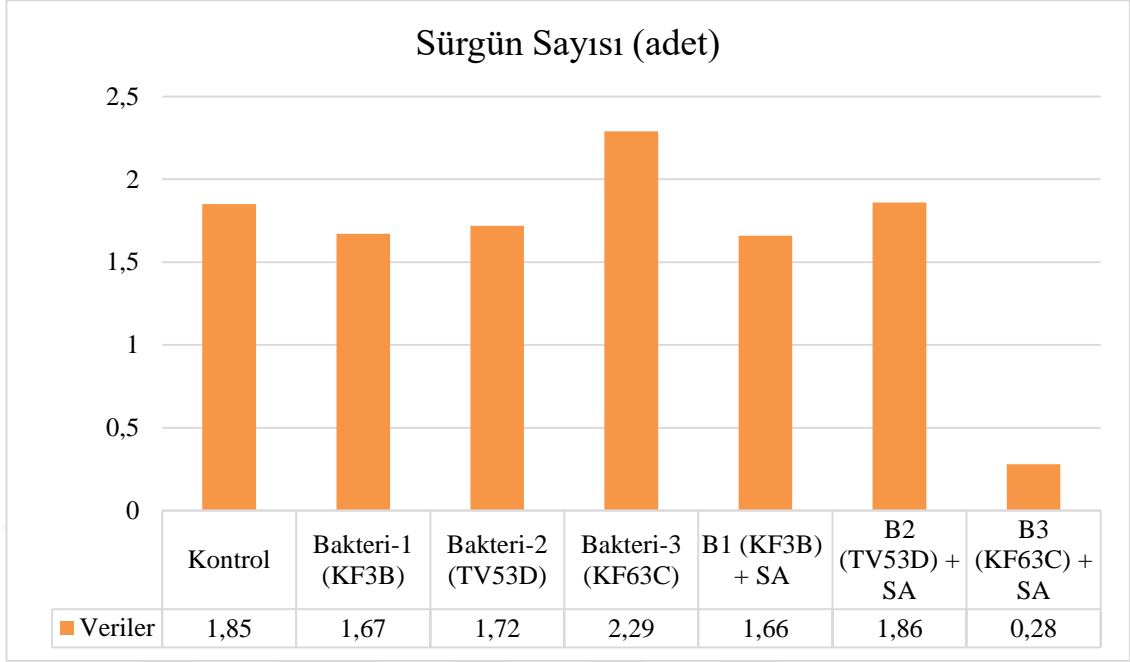
Kök kuru ağırlığı açısından yapılan değerlendirmede, en yüksek değer 0,50 g ile B1 (KF3B) + SA kombinasyonu ve kontrol grubunda kaydedilmiştir. Bu durum, bakteriyel uygulamaların tek başına kullanıldığında kök kuru ağırlığını artırdığını, ancak salisilik asit kombinasyonlarının bu parametre üzerindeki etkilerinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca Bakteri-3 (KF63C) + SA uygulamasında 0,05 g gibi oldukça düşük bir değer elde edilmiştir. Şekil 4.7'de zakkum çeliklerinin kök kuru ağırlığı (g) grafikleştirilerek gösterilmiştir. Habib ve ark. (2016), PGPB'nin oksin üretimi yoluyla kök gelişimini destekleyerek kök kuru ağırlığını artırabileceğini rapor etmişlerdir.



**Şekil 4.7.** Zakkum çeliklerinin kök kuru ağırlığı (g)

#### 4.1.7. Sürgün sayısı (adet)

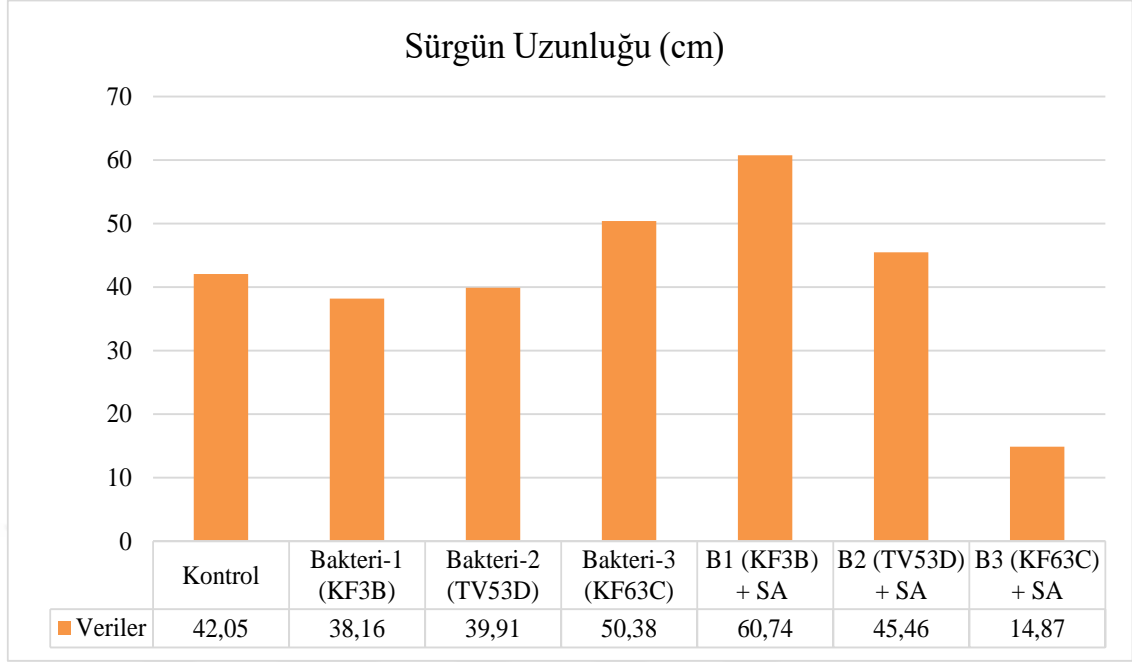
Sürgün sayısı açısından yapılan değerlendirmede, en yüksek değer 2,29 adet ile Bakteri-3 (KF63C) uygulamasında elde edilmiştir. Buna karşın, Bakteri-3 (KF63C) + SA kombinasyonunda sürgün sayısı 0,28 adet ile en düşük değeri almıştır. Bu durum, bazı bakteriyel uygulamaların oksin üretimi gibi mekanizmalarla sürgün gelişimini destekleyebileceğini, ancak salisilik asit (SA) kombinasyonlarının bu etkiyi baskılayabileceğini göstermektedir. Şekil 4.8'de zakkum çeliklerinin sürgün sayısı (adet) grafikleştirilerek gösterilmiştir. Habib ve ark. (2016), bitki büyümeyi teşvik edici bakterilerin (PGPB), stres koşullarında bile büyümeyi destekleyici enzimler ürettiğini ve sürgün gelişimini artırdığını belirtmiştir.



**Şekil 4.8.** Zakkum çeliklerinin sürgün sayısı (adet)

#### 4.1.8. Sürgün uzunluğu (cm)

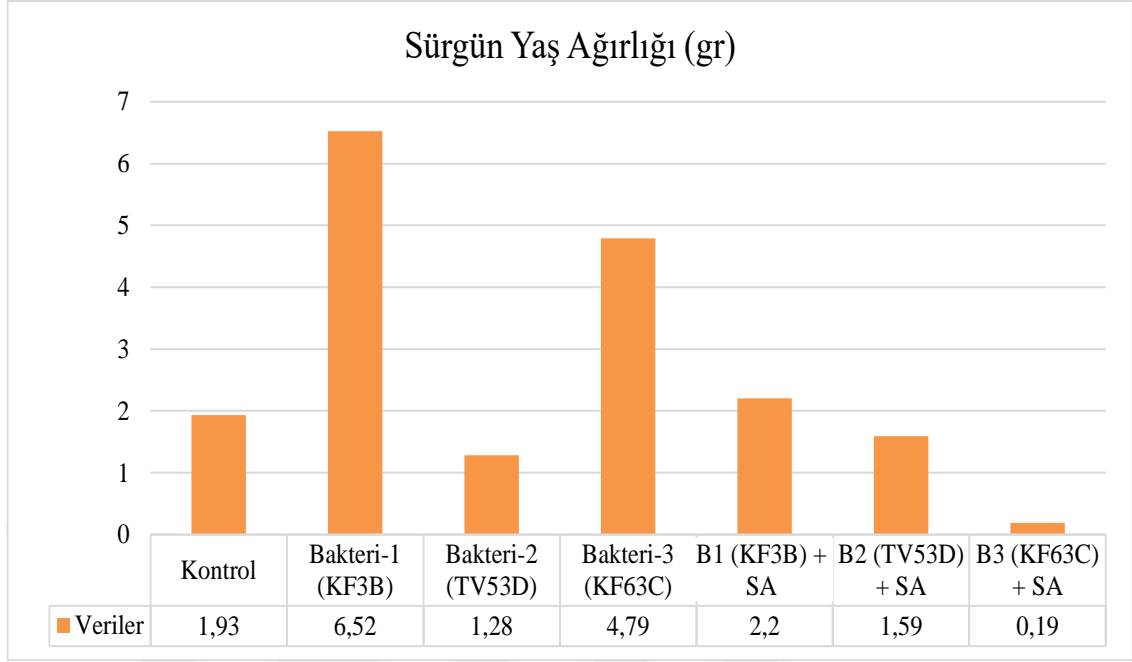
Sürgün uzunluğu açısından en yüksek değer 60,74 mm ile B1 (KF3B) + SA kombinasyonunda görülmüştür. Bunun aksine, Bakteri-3 (KF63C) + SA uygulamasında bu değer yalnızca 14,87 mm olarak kaydedilmiştir. Bu durum, salisilik asidin bazı kombinasyonlarda büyümeyi sınırlayabileceğine işaret etmektedir. Şekil 4.9’da zakkum çeliklerinin sürgün uzunluğu (cm) grafikleştirilerek gösterilmiştir. Bianco (2024), PGPB'nin sürgün uzunluğunu artırarak bitki morfolojisini düzenleyen önemli hormonları (gibberellin ve oksin) üretebildiğini ifade etmiştir.



**Şekil 4.9.** Zakkum çeliklerinin sürgün uzunluğu (cm)

#### 4.1.9. Sürgün yaş ağırlığı (g)

Sürgün yaş ağırlığı parametresinde en yüksek değer 6,52 g ile Bakteri-1 (KF3B) uygulamasında elde edilmiştir. Buna karşın, Bakteri-3 (KF63C) + SA kombinasyonunda sürgün yaş ağırlığı yalnızca 0,19 g olarak kaydedilmiştir. Bu bulgu, salisilik asidin bakteriyel uygulamalarla birlikte büyümeyi baskılayıcı bir etki yaratabileceğini düşündürmektedir. Şekil 4.10'da zakkum çeliklerinin sürgün yaş ağırlığı (gr) grafikleştirilerek gösterilmiştir. Angelika ve ark. (2023), bakterilerin bitkilerde biyokütle artışını destekleyerek sürgün ağırlığını artırdığını rapor etmişlerdir.

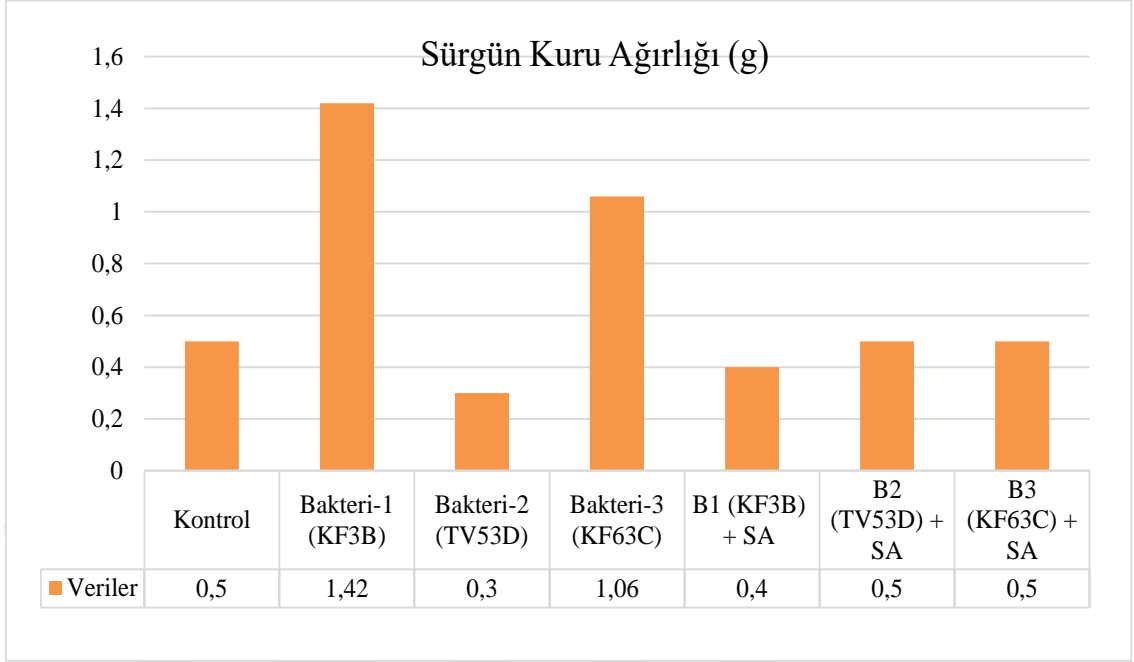


**Şekil 4.10.** Zakkum çeliklerinin sürgün yaş ağırlığı (gr)

#### 4.1.10. Sürgün kuru ağırlığı (g)

Sürgün kuru ağırlığı açısından, en yüksek değer 1,42 g ile Bakteri-1 (KF3B) uygulamasında görülmüştür. Buna karşın, Bakteri-3 (KF63C) + SA uygulaması 0,50 g ile en düşük değeri almıştır. Şekil 4.11’de zakkum çeliklerinin sürgün kuru ağırlığı (g) grafikleştirilerek gösterilmiştir. Bu sonuç, bakteriyel uygulamaların bitki sürgün büyümesini destekleyen hormon üretimi ve besin elementlerinin alımını artırıcı etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur.

Bianco (2024), PGPB'nin fotosentetik etkinliği artırarak bitkilerin biyokütle artışını desteklediğini ifade etmiştir. Bunun yanı sıra, kontrol grubu da sürgün kuru ağırlığı açısından dikkate değer bir performans sergilemiş, ancak bakteriyel uygulamaların sağladığı olumlu etkinin gerisinde kalmıştır. Angelika ve ark. (2023), bitki büyümeyi teşvik edici bakterilerin stres koşullarında bile biyokütle artışını destekleyerek verimlilik sağladığını vurgulamıştır.



**Şekil 4.11.** Zakkum çeliklerinin sürgün kuru ağırlığı (g)

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Zakkum süs bitkileri içinde dış mekân bitkileri grubunda yer alan en önemli bitkilerdendir. Bitkiyi üretmede alınacak çeliklerin köklenmesinde ve köklenme parametrelerinde en uygun ve olumlu etkide bulunacak bakteri seçimi, zakkum bitkisine dış mekân süs bitkileri yetiştiriciliğinde önemli bir yenilik getirecektir.

Bu çalışmada, zakkum çeliklerinin köklenme ve sürgün gelişimi üzerine bitki büyüme teşvik edici bakteriler (KF3B, TV53D ve KF63C), salisilik asit (SA) ve bunların kombinasyonlarının etkileri araştırılmıştır. Bulgular, bakteriyel uygulamaların zakkum çeliklerinde köklenme yüzdesi, kök sayısı, kök kalınlığı, sürgün uzunluğu, sürgün sayısı ve sürgün yaş ağırlığı gibi parametrelerde önemli iyileşmeler sağladığını gösterse de zakkum çeliklerinin köklenme ve sürgün gelişimi üzerindeki etkilerinin oldukça farklı olduğu detayı belirgin bir şekilde görülmüştür.

En yüksek köklenme yüzdesi (%73,33), Bakteri-3 (KF63C) uygulaması ile elde edilmiştir. KF63C bakterisinin, köklenme yüzdesi ve sürgün gelişiminde sağladığı üstün başarı, bu bakterinin kök ve sürgün gelişiminde biyolojik bir uyarıcı olarak etkili olduğunu göstermektedir. Buna karşılık sadece salisilik asit uygulamasının, köklenme veya sürgün oluşumunda hiçbir etki yaratmaması, bu bileşiğin zakkum çeliklerinde tek başına etkili olmadığını ya da uygulanmış konsantrasyonun yetersiz kaldığını düşündürmektedir.

Bakterilerle salisilik asit kombinasyonlarının etkileri daha karmaşık bir profil sergilemiştir. Örneğin, B3 (KF63C) + SA kombinasyonu, köklenme yüzdesi ve sürgün ağırlıkları gibi parametrelerde düşük sonuçlar verirken, kök sayısında en yüksek değere ulaşmıştır. Aynı zamanda da sürgün parametrelerinde, bu kombinasyonun sürgün uzunluğunda (60,74 mm) en yüksek değeri sağladığı görülmüştür. Bu durum, belirtildiği gibi karmaşık bir profil ortaya koysa da genel çerçevede sonuçların beklenenin altında kalmasından dolayı, bakteriyel uyarımın salisilik asit ile etkileşiminde antagonistik etkilerin ortaya çıkabileceğine işaret ettiği sonucuna varılmasını sağlamıştır. Sadece salisilik asit uygulamasının başarısız olması, bu bileşiğin zakkum çeliklerinin köklenme mekanizmasını doğrudan tetiklemeyebileceğini ya da belirli stres koşullarında etkili

olabileceğini göstermektedir. Literatürde salisilik asidin bazı bitkilerde köklenmeyi teşvik ettiği, ancak bu etkinin genellikle diğer büyüme düzenleyicileri ile birlikte ya da belirli abiyotik stres koşullarında ortaya çıktığı belirtilmektedir.

Elde edilen bulgular, literatürde PGPB'nin (Plant Growth-Promoting Bacteria) bitkisel büyümeyi artırıcı etkilerine dair çalışmalarla uyumlu sonuçlar sunmaktadır (Angelika ve ark., 2023).

Bu bulgular, bitki büyümeyi teşvik edici bakterilerin tek başına veya doğru kombinasyonlarla kullanılmasının zakkum çeliklerinin köklenme ve sürgün gelişiminde etkili bir yöntem olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, salisilik asit uygulamalarının etkilerinin optimize edilmesi için konsantrasyon, uygulama yöntemi ve diğer çevresel faktörlerin detaylı bir şekilde araştırılması gerekmektedir.

## 5.2. Öneriler

Zakkum çeliklerinin köklenme ve sürgün gelişimini artırmak için, bakteriyel uygulamaların doğru şekilde optimize edilmesi gerekmektedir. Özellikle KF3B ve KF63C bakterilerinin potansiyelleri daha ayrıntılı incelenmeli ve bu bakterilerin farklı konsantrasyonları ile uzun vadeli etkileri araştırılmalıdır. Bakterilerin etkilerini destekleyen mekanizmalar, örneğin oksin üretimi ve strese karşı dayanıklılık artırıcı özellikler, daha kapsamlı çalışmalarda ele alınmalıdır.

Salisilik asit (SA) uygulamalarının etkilerinin anlaşılabilmesi için farklı konsantrasyonlar ve uygulama yöntemleriyle denemeler yapılmalıdır. Çalışmamızda gözlemlenen negatif etkiler, salisilik asidin doğru doz ve kombinasyonlarla kullanılmadığında büyümeyi baskılayabileceğini göstermiştir. Bu nedenle, salisilik asidin bakteriyel uygulamalarla birlikte daha verimli çalışabilmesi için alternatif çalışmalar yapılması gerektiğini göstermektedir. Sadece salisilik asit değil bakteriyel uygulamaların ve yapılan kombinasyonların da farklı toprak tipleri ve çevresel stres koşulları altındaki performanslarını değerlendiren saha çalışmaları yapılmalıdır.

Sonuç olarak, bakteriyel uygulamaların tarımsal üretimdeki potansiyeli, sürdürülebilir ve çevre dostu üretim yöntemlerinin geliştirilmesi için önemli bir fırsat sunmaktadır. Bakteriyel uygulamaların toprak sağlığı üzerindeki etkileri ve ürün verimliliğine katkıları daha geniş ölçekli çalışmalarda değerlendirilmelidir. Ayrıca, bu tür biyoteknolojik yöntemlerin yaygınlaştırılması, hem tarımsal verimliliği artıracak

hem de kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmanın bulguları, ss bitkilerinin üretiminde biyoteknolojik uygulamaların kullanımına yönelik yeni yaklaşımlar geliştirilmesine rehberlik edebilir ve bu alandaki araştırmalara temel oluşturabilir.



## 6. KAYNAKLAR

- Ahemad, M., and Kibret, M., 2013. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective, *Journal of King Saud University-Science*, 26(1), 1-20.
- Akçay, Ü., and Karakoç, S., 2023. Salicylic acid and drought stress in lettuce plants, *Environmental Research and Sustainable Agriculture*, 19(2), 87-96.
- Aksoy, A., ve Öztürk, M., 1997. *Nerium oleander* L.'in ağır metaller açısından biyoindikatör olarak kullanılabilirliği, *Turkish Journal of Botany*, 21(1), 21-28.
- Anbi, A. A., Mirshekari, B., Eivazi, A., Yarnia, M., Behrouzfar, E. K., 2020. PGPRs affected photosynthetic capacity and nutrient uptake in different *Salvia* species, *Journal of Plant Nutrition*, 43(1), 108-121.
- Angelika, F., Kumar, P., Rana, A., 2023. Biofilm-forming PGPB: A strategy for sustainable agriculture, *Diversity*, 15(1), 112.
- Anonim, 2011a. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. Bahçıvanlık El Kitabı, Artus Basım, İstanbul.
- Anonim, 2011b. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Orta Öğretim Projesi Tarım Teknolojileri Küçük Ağaç ve Çalılar Yetiştiriciliği 622B00173, Ankara, 66 ss.
- Anonim, 2016. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Tarım, Süs Çalıları, Ankara, 70 ss.
- Anonim, 2020. Tarım ve Orman Bakanlığı. Süs bitkileri sektörü politika belgesi 2020-2024, Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/SU%CC%88S%20BI%CC%87TKI%CC%87LERI%CC%87sekte%CC%88rpolitika%20.pdf> [Ziyaret Tarihi: 1 Aralık 2024].
- Anonim, 2024. Süs bitkileri sektör raporu, Süsbir, 2024, Süsbir, <https://www.susbir.org.tr/belgeler/raporlar/sus-bitkileri-sektor-raporu-2024.pdf> [Ziyaret Tarihi: 5 Aralık 2024].
- Arab, A., Zamani, G. R., Sayyari, M. H., Asili, J., 2015. Effects of chemical and biological fertilizers on morpho-physiological traits of marigold (*Calendula officinalis* L.), *European Journal of Medicinal Plants*, 8(1), 60-68.
- Atik, M., Karagüzel, O., Durak, A., 2013. Bitkisel Tasarımda Doğal Bitki Türleri ve Antalya Örneğinde Kullanım Potansiyeli, *V. Süs Bitkileri Kongresi* (ss. 30), Yalova, Türkiye.
- Barea, J. M., and Richardson, A. E., 2015. Role of plant growth-promoting bacteria in nutrient cycling, *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, 715-721.
- Bianco, C., 2024. Role of plant growth-promoting bacteria in agriculture, *Plants*, 13(10), 1323.
- Couvillon, G. A., 1998. Farklı uygulamalara köklenme tepkileri, *Acta Horticulturae*, 227, 187-196.

- Çelik, Y., Yarşi, G., Özarslandan, A., 2020. Yararlı bakteri uygulamalarının bitkisel verim ve dayanıklılık mekanizmalarına etkileri, *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 3(1), 37-44.
- De Freitas, J. R., Banerjee, M. R., Germida, J. J., 1997. Phosphate solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brasica napus* L.), *Biology and Fertility of Soils*, 24, 358-364.
- De Klerk, G. J., Marinova, S., Rouf, S., Ter-Brugge, J., 1997. Salicylic acid affects rooting of apple microcuttings by enhancement of oxidation of auxin, *Acta Horticulturae*, 447, 247-248.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (Yayın No: 1021, Ders Kitabı: 295), Ankara: A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Efe, R., Soykan, A., Cürebal, İ., Sönmez, S., 2013. Balıkesir'in Ağaçları ve Çalıları.
- Eid, A. R., Awad, M. N., Hamouda, H. A., 2009. Evaluate effectiveness of bio and mineral fertilization on the growth parameters and marketable cut flowers of *Matthiola incana* L., *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 5(4), 509-518.
- Ermeşdan, M., Ermeşdan, N., Bekaroğlu, G., 2011. Bitki Bilgisi, Bahçivanlık El Kitabı, İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yayınları, 13-107 ss.
- Essalimi, B., Esserti, S., Rifai, L. A., Koussa, T., Makroum, K., Belfaiza, M., Faize, M., 2022. Enhancement of plant growth, acclimatization, salt stress tolerance and *Verticillium* Wilt disease resistance using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) associated with plum trees (*Prunus domestica*), *Scientia Horticulturae*, 291, 110621.
- Flores-Félix, J. D., Menéndez, E., Rivera, L. P., Marcos-García, M., Martínez-Hidalgo, P., Mateos, P. F., Rivas, R., 2013. Use of *Rhizobium leguminosarum* as a potential biofertilizer for *Lactuca sativa* and *Daucus carota* crops, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(6), 876-882.
- García-Fraile, P., Carro, L., Robledo, M., Ramírez-Bahena, M. H., Flores-Félix, J. D., Fernández, M. T., Velázquez, E., 2012. Rhizobium promotes non-legumes growth and quality in several production steps: Towards a biofertilization of edible raw vegetables healthy for humans, *PLoS ONE*, 7(5), 81-22.
- Habib, S. H., Kausar, H., Saud, H. M., 2016. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance salinity stress tolerance in okra through ROS-scavenging enzymes, *Biomed Research International*, 2016, 6284547.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A., 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review, *Environmental and Experimental Botany*, 68(1), 14-25.
- Higa, T., and Parr, J. F., 1994. *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*, International Nature Farming Research Center, Atami, Japan.

- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, N., Yakışır, E., Okur, O., 2014. Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları, *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 12(2), 1-19.
- James, E. K., Gyaneshwar, P., Mathan, N., Barraquio, W. L., Reddy, P. M., Iannetta, P. P. M., 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.
- Karaaltın, S., İdikut, L., Uslu, Ö. S., Erol, A., 2004. Zakkum bitkisinin kök, gövde, yaprak ve tomurcuk ekstraktlarının fasulye ve buğday tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 111-115.
- Karagöz, F. P., Dursun, A., Kotan, R., 2019a. Effects of rhizobacteria on plant development, quality of flowering and bulb mineral contents in *Hyacinthus orientalis* L., *Alinteri Journal of Agricultural Sciences*, 34(1), 88-95.
- Karagöz, F. P., Dursun, A., Kotan, R., Ekinci, M., Yıldırım, E., Mohammadi, P., 2016. Assessment of the effects of some bacterial isolates and hormones on corm formation and some plant properties in saffron (*Crocus sativus* L.), *Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(4), 500-511.
- Karagöz, F. P., Dursun, A., Tekiner, N., Kul, R., Kotan, R., 2019b. Glayölde bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde solucan gübresi ve/veya bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin etkinliği, *Süs Bahçe Bitkileri*, 25, 180-188.
- Karagöz, F. P., ve Dursun, A., 2018. Effects of nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria on plant development, number of bulb, quality of bulb of some tulip cultivars, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(2), 241-248.
- Karakurt, H., Kotan, R., Aslantaş, R., 2010. Inoculation effects of *Pantoea agglomerans* strains on growth and chemical composition of plum, *Journal of Plant Nutrition*, 33(13), 1998-2009.
- Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A., Khan, N. A., 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants, *Frontiers in Plant Science*, 6, 462.
- Kılınç Selek, N., 2019. Farklı dönemlerde uygulanan salisilik asit ve 5-klorosalisik asit elisitörlerinin Syrah üzüm çeşidinde kalite özellikleri üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Kling, G., and Meyer, M. M., 1983. Effects of phenolic compounds and indoleacetic acid on adventitious root initiation in cuttings of *Phaseolus aureus*, *Acer saccharinum*, and *Acer griseum*, *HortScience*, 18(3), 352-354.
- Kloepper, J. W., 1994. Plant growth-promoting rhizobacteria (Other Systems). In Y. Okon (Ed.), *Azospirillum/Plant Associations* (pp. 111-118). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Köse, H. ve Kostak, S., 2000. Panasalı zakkumun (*Nerium oleander* L. cv. Variegata) çelikle çoğaltılması ve paclobutrazolun büyüme ve çiçeklenmeye etkileri, *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Anadolu*, 10(1), 31-42.

- Lemanceau, P., Steinberg, C., Thomas, D. J. I., Edel, V., Raaijmakers, J., Alabouvette, C., 2000. Natural soil suppressiveness to soilborne diseases, *Fifth International PGPR Workshop*, Cordoba, Arjantin.
- Leslie, A. and Romani, A. 1988. Salicylic acid and its role in blocking ethylene biosynthesis, *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 42(1), 213-223.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B. R., 2004. Applications of free-living plant growth-promoting rhizobacteria, *Antonie van Leeuwenhoek*, 86, 1-25.
- Mena-Violante, H. G. and Olalde-Portugal, V., 2007. Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs, *Scientia Horticulturae*, 113, 103-106.
- Özay, A. ve Mamodov, R., 1997. *Alyssum* L.'un fitoremediasyon (yeşil ıslah) uygulamalarında kullanılabilirliği, *V. Ulusal Peyzaj Bitkileri ve Süs Bitkileri Kongresi Bildiri Özetleri*, 120-124.
- Özeker, E., 2005. Salisilik asit ve bitkiler üzerindeki etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(1), 213-223.
- Özyiğit, A., 1973. Zakkum (*Nerium oleander* L.)'un orman yangın koruma şeritleri tesisinde önemi, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 23, 138-146.
- Padmadevi, K., Jawaharlal, M., Vijayakumar, M., 2004. Effect of biofertilizers on floral characters and vase life of *Anthurium* (*Anthurium andreanum* Lind.) cv. Temptation, *South Indian Horticulture*, 52(1-6), 228-231.
- Parlakova Karagöz, F. and Dursun, A., 2019. A study of different bacterial formulations in increasing the nutrient content of bulb and leaf of tulips and grown soil samples, *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 11(1), 52-65.
- Parmar, N. ve Dadarwal, K. R., 2000. Pathogenic suppressive abilities of rhizosphere bacteria from healthy chickpea plants, *Fifth International PGPR Workshop*, Cordoba, Arjantin.
- Pérez-Montaño, F., Alías-Villegas, C., Bellogín, R. A., Del Cerro, P., Espuny, M. R., Jiménez-Guerrero, I., Cubo, T., 2014. Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production, *Microbiological Research*, 169(5-6), 325-336.
- Ram, R. L., Maji, C., Bindroo, B. B., 2013. Role of PGPR in different crops-An overview. *Indian Journal of Sericulture* 52(1), 1-13.
- Salehi Sardoei, A., Sarhadi, H., Rahbarian, P., Rohany Yazdi, M., Arbabi, M., Jahantigh, M., 2013. Effect of plant growth regulators on rooting of henna (*Lawsonia inermis* L.), *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(11), 1466-1470.
- Sezen, I. ve Külekçi, A. E., 2020. Süs bitkilerinin gelişimi parametreleri üzerine bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin etkisi, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(özel sayı), 9-20.
- Shakir, M. A., Bano, A., Arshad, M., 2012. Rhizosphere bacteria containing ACC deaminase conferred drought tolerance in wheat grown under semiarid climate, *Soil and Environment*, 31(1), 108-112.

- Sharma, S. and Kaur, M., 2010. Antimicrobial activities of rhizobacterial strains of *Pseudomonas* and *Bacillus* strains isolated from rhizosphere soil of carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. Sunrise), *Indian Journal of Microbiology*, 50(2), 229-232.
- Siahkamari, S. F., Khazaei, I., Khodabakhsh, A., Sharak, H. M., Sardoei, A. S., 2018. Cutting propagation of oleander (*Nerium oleander* L.) using application of salicylic acid, *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 7(1), 121-124.
- Somers, E., Vanderleyden, J., Srinivasan, M., 2004. Rhizosphere bacterial signalling: A love parade beneath our feet, *Critical Reviews in Microbiology*, 30, 205-240.
- Srivastava, R., and Govil, M., 2007. Influence of biofertilizers on growth and flowering in *Gladiolus* cv. *American Beauty*, *Acta Horticulturae*, 742(742), 183-188.
- Sülü, S. M., Bozkurt, İ. A., Soylu, S., 2016. Bitki büyüme düzenleyici ve biyolojik mücadele etmeni olarak bakteriyel endofitler, *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21, 103-111.
- Sülüsoğlu, M., Çavuşoğlu, A., Erkal, S., 2013. Fejoya (*Feijoa sellowiana*) meyvesi, Oya ağacı (*Lagerstroemia indica*) ve Zakkum (*Nerium oleander*) türlerinin çelikle çoğaltılma olanaklarının araştırılması, *V. Süs Bitkileri Kongresi*, 884-889.
- Türkyılmaz Ünal, B., Aktaş, L., Güven, A., 2005. *Phaseolus vulgaris* L.'de salisilik asit uyarımlı bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimler, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(2), 319-326.
- Türkyılmaz Ünal, B., Mentiş, O., Akyol, E., 2015. Elma bitkisi (*Malus domestica* L.)'nde foliar uygulanan salisilik asitin donmaya karşı etkileri, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 3(5), 221-225.
- Valizadeh, N., Rahimi, A., Javani, M., 2013. İran'da bölgesel peyzaj alanlarının kullanımlarının kişilerin, *V. Süs Bitkileri Kongresi Kitabı - Cilt II*, 636-640.
- Van Peer, R., Niemann, G. J., Schippers, B., 1991. Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of Fusarium wilt of carnation by *Pseudomonas* sp. strain WCS417r, *Phytopathology*, 81(7), 728-734.
- Widnyana, I. K., and Javandira, C., 2016. Activities of *Pseudomonas* spp. and *Bacillus* sp. to stimulate germination and seedling growth of tomato plants, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 419-423.
- Yalpani, N., Silverman, P., Klessig, D. F., Iba, K., 1993. Pathway of salicylic acid biosynthesis in healthy and virus-inoculated tobacco, *Plant Physiology*, 103, 315-321.
- Yıldırım, H., and Arslan, D., 2023. Effects of PGPB applications on bean varieties under stress conditions, *Journal of Agricultural Sciences*, 15(3), 245-253.
- Yuwono, T., Handayani, D., Soedarsono, J., 2005. The role of osmotolerant rhizobacteria in rice growth under different drought conditions, *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, 715-721.

- Zahir, Z. A., Munir, A., Arshad, M., Shah, Z., 2008. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*), *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18, 958–963.
- Zulueta-Rodriguez, R., Cordoba-Matson, M. V., Hernandez-Montiel, L. G., Murillo-Amador, B., Rueda-Puente, E., Lara, L., 2014. Effect of *Pseudomonas putida* on growth and anthocyanin pigment in two poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) cultivars, *The Scientific World Journal*, 810192.

