



T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü



# RİZOBAKTERİLERİN DOMATES YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TUZLULUK STRESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Tezi

Fodié DIAGANA

Bitki Koruma Anabilim Dalı Adı

İzmir  
2024



T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü

**RİZOBAKTERİLERİN DOMATES  
YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TUZLULUK STRESİNE  
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Fodié DIAGANA

Danışman: Prof. Dr. Hatice ÖZAKTAN

Bitki Koruma Anabilim Dalı  
Fitopatoloji Yüksek Lisans Programı

İzmir  
2024



## KABUL ONAY SAYFASI

Fodié Youssouf DIAGANA tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “ Rizobakterilerin Domates Yetiştiriciliğinde Tuzluluk Stresine Etkilerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 09 Eylül 2024 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

### **Jüri Üyeleri:**

### **İmza**

**Jüri Başkanı** : Prof. Dr. Hatice ÖZAKTAN .....

**Raportör Üye** : Prof. Dr Ayşe GÜL .....

**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Emek ASLAN .....



## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Rizobakterilerin Domates Yetiştiriciliğinde Tuzluluk Stresine Etkilerinin Araştırılması” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

İZMİR

29.07.2024

Fodié DIAGANA



**ÖZET****RİZOBAKTERİLERİN DOMATES YETİŞTİRİCİLİĞİNDE  
TUZLULUK STRESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

DIAGANA, Fodié Youssouf

Yüksek Lisans Tezi Bitki Koruma Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hatice ÖZAKTAN

Ağustos 2024

Tuzluluk stresi, bitki büyümesini ve tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyen önemli ve giderek büyüyen bir sorundur. Dolayısıyla bu sorunun çözümü tarımda önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı; domates bitkisinde tuz stresini tolere etmede yararlı bakterilerin kullanılma olasılıklarının araştırılmasıdır. Bunun için 6 domates çeşidi kullanılmış ve sonuçta yalnızca en tolerant ve en hassas çeşitler çalışma için seçilmiştir. Laboratuvar stoklarından seçilen 19 bakteri izolatu arasında, *in vitro* koşullarda tuz stresine karşı en başarılı olan 7'si arasında 3'ü seçilerek *in vivo* koşullarda tuz stresine karşı etkileri testlenmiştir. *In vivo* saksı denemeleri iki kez yenilenmiştir. *In vivo* tuz stresi denemesinde, seçilen bakteri izolatları tuzluluğa tolerant ve hassas olarak belirlenen domates çeşitlerine tohum bakterizasyonu ve kök içirme uygulaması biçiminde verilmiştir. Bakteri uygulamalarının gövde ve kök yaş ve kuru ağırlığını işlem görmemiş kontrol bitkilerine oranla artırdığı saptanmıştır. Moleküler tanılama ve sekans analizi sonucunda bu bakterilerin *Pantoea ananatis*, *Acinetobacter calcoaceticus* ve *Pantoea vagans* olduğu değerlendirilmiştir. Tuzlu ortamlarda bitki gelişimini artırma potansiyelleri ile tanınan bu halofitik bakterilerin tuzluluk stresini tolere etme, bitki gelişimi ve verimi artırma konusunda umut verici olduğu değerlendirilmiştir.

**Anahtar sözcükler** : tuzluluk stresi, rizobakteriler, domates, bitki gelişimi.



**ABSTRACT****INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF RHIZOBACTERIA ON  
SALINITY STRESS IN TOMATO CULTIVATION**

DIAGANA, Fodié Youssouf

MSc in Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Hatice ÖZAKTAN

August 2024

Salinity stress is a significant and increasing problem that negatively affects plant growth and agricultural production. Therefore, the solution of this problem has become an important issue in agriculture. The purpose of this study is to investigate the possibilities of using beneficial bacteria in terms of tolerating the salt stress in tomato plants. For this purpose, 6 tomato varieties were used and as a result, only the most tolerant and sensitive varieties were selected for further study. Among the 19 bacterial isolates selected from laboratory stocks, 3 of the 7 most successful against salt stress *in vitro* were selected and their effects against salt stress *in vivo* were tested. *In vivo* pot experiments were repeated twice. In the *in vivo* salt stress experiment, selected bacterial isolates were applied to salinity tolerant and sensitive tomato cultivars by seed bacterization and root drenching. It was found that bacterial applications increased the fresh and dry weight of stem and roots compared to untreated control plants. As a result of molecular identification and sequence analysis, these bacterial strains were evaluated as *Pantoea ananatis*, *Acinetobacter calcoaceticus* and *Pantoea vagans*. These halophytic bacteria, known for their potential to increase plant growth in saline conditions, have been evaluated as promising in tolerating salinity stress and increasing plant growth and yield.

**Key words:** salinity stress, rhizobacteria, tomato, plant growth.



## ÖNSÖZ

Birleşmiş Milletler'e göre, dünya nüfusu önümüzdeki 30 yıl içinde 7,7 milyardan 9,7 milyara çıkarak 2 milyar kişi artacak. Bu büyük nüfus artışı, küresel olarak gıda talebini artıracaktır. Tarım ürünleri, biyotik ve abiyotik birçok hastalıkla karşı karşıya kalmaktadır ; bunların en önemlilerinden biri her yıl dünya genelinde tarım arazilerini ve ürün verimini azaltan tuzluluktur. Bu kayıplar, küresel düzeyde önemli sonuçlara yol açmaktadır.

Ancak dünya nüfusunun yıllık artışı nedeniyle tarımsal üretimin artırılması kritik öneme sahiptir ve bu hastalıklarla mücadele etme ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu amaçla dünya genelinde birçok çalışma yapılmış olup bunların içinde en önemlisi ve umut vericisi, rhizosfer bakterilerinin (PGPR) kullanımınıdır. Bu yöntem, kimyasal ürün kullanımını azaltabilir veya durdurabilir ve böylece patojenlerin direnç geliştirmemesine katkıda bulunurken toprakların da yapısını bozmaz.

Bu çalışmada, bu rhizosfer bakterilerin domates bitkilerinin üzerindeki tuzluluğa etkisi incelenmiştir. Bitki gövde ve kök kısımlarının yaş ve kuru ağırlıkları ile yaprakların yeşil aksam yoğunluğu gibi farklı parametrelerin artırılmasıyla, umut verici sonuçlar gözlemlenmiştir. Bu bulgular, bu yöntemin daha detaylı araştırılmasıyla hedeflenen amaçlara ulaşılmasının önemini vurgulamaktadır.

İZMİR

29.07.2024

Fodié DIAGANA



**İÇİNDEKİLER****Sayfa**

İÇ KAPAK .....	i
KABUL ONAY SAYFASI.....	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
ÖNSÖZ .....	xi
İÇİNDEKİLER.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xv
TABLolar DİZİNİ .....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xviii
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Tez çalışmasında kullanılan bakteri izolatları.....	8
3.1.2. Tez çalışmasında kullanılan Bitkisel materyal .....	9
3.1.3. Tez çalışmasında kullanılan besiyerleri ve bitki yetiştirme ortamı .....	9
3.2. Yöntem.....	9
3.2.1. <i>In vitro</i> testler.....	9
3.2.1.1. Tez çalışmasında kullanılan bakteri izolatlarının tuza toleransının <i>in vitro</i> koşullarda belirlenmesi .....	9

**İÇİNDEKİLER (devam)****Sayfa**

3.2.1.2. Domates çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarına dayanımı ve vigorite indeksine (VI) etkisi.....	9
3.2.1.3. Tuza tolerans gösteren bakteri izolatlarının tuza hassas domates çeşidinde Vigorite indeksine (VI) etkisi .....	10
3.2.2. <i>In vivo</i> testler .....	12
3.2.3. Tuza tolerans gösteren bakteri izolatlarının tanısının yapılması .....	14
3.2.4. Verilerin analizi.....	14
4. BULGULAR.....	15
4.1. Tez çalışmasında kullanılan bakteri izolatlarının tuza toleransının <i>in vitro</i> koşullarda belirlenmesi sonuçları.....	15
4.2. Farklı tuz konsantrasyonlarının Domates çeşitlerinin çimlenme oranına (%) ve vigorite indeksine (VI) etkisi sonuçları.....	17
4.3. Tuza tolerans gösteren bakteri izolatlarının tuza hassas domates çeşidinde Vigorite indeksine (VI) etkisinden elde edilen sonuçlar .....	19
4.4. <i>In vivo</i> testlerden sonra elde edilen sonuçlar.....	21
4.5. Tuza tolerans gösteren bakteri izolatlarının moleküler tanı sonuçları .....	26
5. TARTIŞMA.....	27
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	31
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	32
TEŞEKKÜR .....	36
ÖZGEÇMİŞ.....	37

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3.1. Farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme ve vigorite testi için domates tohumlarının hazırlanması.....	10
3.2. Tohum bakterizasyonu için bakteri süspansiyonlarının ve tohumların hazırlanması .....	11
3.3. Tohum bakterizasyonu sonrası 121 rpm’de kaplama işlemi, tohumların kurutulması, petrilere yerleştirilmesi ve nemlendirme aşaması .....	11
3.4. Viyollere torf doldurulması, bakterizasyon yapılmış tohumların ekimi, sulama ve çimlendirme aşaması .....	12
3.5. <i>İn vivo</i> testler için torfa tuz karıştırılarak saksıların doldurulması, fidelerin viyollerden saksılara şaşırtma aşaması.....	13
3.6. Fidelerin şaşırtma sonrası bakteri süspansiyonu ile içirme uygulaması yapılması .....	13
3.7. <i>İn vivo</i> denemelerin değerlendirilmesi.....	13
4.1. Testlenen bakteri izolatlarının 1500 mM tuz konsantrasyonu içeren NA besiyerinde gelişimi .....	16
4.2. Testlenen bakteri izolatlarının 1000 mM tuz konsantrasyonu içeren NA besiyerinde gelişimi .....	16
4.3. Farklı tuz konsantrasyonlarının domates çeşitlerinin radisil + hipokotil uzunluğuna etkisi (mm).....	18
4.4. 40mM tuz konsantrasyonunda domates çeşitlerinin vigorite indeksi (VI)’nin Negatif Kontrol ile karşılaştırılması.....	18
4.5. Tuza tolerant bakteri izolatlarının tuza hassas SC2121 domates çeşidinde 40mM tuz konsantrasyonunda çimlenme oranına (yukarıda) ve vigorite indeksine (Aşağıda) etkisi.....	20

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

### Şekil

### Sayfa

- 4.6. 302 nolu bakteri izolatının tuz stresi yokluğunda ve varlığında SC2121.... domates çeşidinde çimlenmeye etkisi (soldan sağa : Negatif kontrol, tuz stresi. yokluğunda 302 nolu izolat, 40mM tuz stresi (Pozitif Kontrol), 40mM tuz..... stresi+302 nolu izolat)..... 20
- 4.7. 67 nolu bakteri izolatının tuz stresi yokluğunda ve varlığında SC2121 .... domates çeşidinde çimlenmeye etkisi (soldan sağa : Negatif kontrol, tuz stresi. yokluğunda 302 nolu izolat, 40mM tuz stresi (Pozitif Kontrol), 40mM tuz ..... stresi+302 nolu izolat)..... 21
- 4.8. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde gövde yaş ağırlığına etkisi (değerler 2 denemenin ortalamasıdır)..... 22
- 4.9. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde kök yaş.. ağırlığına etkisi (değerler 2 denemenin ortalamasıdır)..... 23
- 4.10. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde gövde kuru ağırlığına etkisi (değerler 2 denemenin ortalamasıdır)..... 24
- 4.11. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde kök kuru. ağırlığına etkisi (değerler 2 denemenin ortalamasıdır)..... 25
- 4.12. Bakteri uygulamalarının tuz stresi varlığında ve yokluğunda toplam bitki yaş ağırlığına etkisi ..... 26
- 4.13. Bakteri uygulamalarının tuz stresi varlığında ve yokluğunda toplam bitki kuru ağırlığına etkisi..... 26

**TABLolar DİZİNİ**

<b><u>Tablo</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1. Dünya genelinde domates üretimi.....	1
3.1. Tez çalışmasında kullanılan bakteri izolatlarına ilişkin bilgiler .....	8
4.1. Tez çalışması için seçilen bakteri izolatlarının farklı tuz konsantrasyonlarında (mM) <i>In vitro</i> 'da NA besiyerinde gelişimi.....	15
4.2. Farklı tuz konsantrasyonlarının domates çeşitlerinde çimlenme oranına etkisi (%) 17	17
4.3. Farklı tuz konsantrasyonlarının domates çeşitlerinin radıcıl + hipokotil uzunluğuna etkisi (mm) .....	17
4.4. 40mM tuz konsantrasyonunda domates çeşitlerinin vigorite indeksi (VI) .....	18
4.5. Tuza tolerant bakteri izolatlarının tuza hassas domates çeşidinde çimlenme oranı ve (%) ve vigorite indeksine (VI) etkisi .....	19
4.6. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde gövde yaş ağırlığına etkisi .....	21
4.7. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde kök yaş ağırlığına etkisi .....	22
4.8. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde gövde kuru ağırlığına etkisi .....	23
4.9. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde kök kuru ağırlığına etkisi .....	24
4.10. Tez çalışmasında tuzluluk stresine karşı başarılı bulunan bakteri izolatlarının sekans analizi sonuçları.....	26

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ****Simge**      **Acıklama**

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
g	gram
ha	Hektar
m <sup>2</sup>	Metrekare
mM	Milimolar
mm	Milimetre

**Kısaltmalar**

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACC	1-Aminosiklopropan-1-Karboksilat
ACCD	1-Aminosiklopropan-1-Karboksilat Deaminaz
CMC	Karboksimetilselüloz
EC	Elektrik İletkenliği
EPS	Ekzopolisakkarit
FAO	Dünya Tarım Örgütü
FPA	Fosfor Parçalama Aktivitesi
IAA	Indol Asetik Asit
KB	King-B
NA	Nurtient Agar
NB	Nurtient Broth
PCR	Çoklu Zincir Reaksiyonu
PGPB	Bitki Büyümesini Destekleyen Bakteriler

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

PGPR	Bitki Gelişimini Artıran Kök Bakterileri
POD	Peroksidaz
RNA	Ribo Nükleik Asit
SID	Siderofor Üretimi
SOD	Süperoksit Dismutaz
TSA	Triptik Soy Agar
VI	Vigorite İndeksi





## 1. GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicum*), Solanaceae familyasına ait çok yıllık bir sebzedir. Domates çok yönlü, popüler ve dünyadaki en önemli sebze ürünlerinden biridir. Özel besin değeri ve dünya çapında yaygın üretimi nedeniyle önemli bir gıda olarak bilinmektedir.

Domates, dünyanın birçok ülkesinde açıkta ve örtü altında yetiştirilmesi sayesinde nispeten soğuk bölgeler de dahil olmak üzere çeşitli iklimlerde kültüre alınabilmektedir.

Üretim hacmine göre, karpuz ve lahananın önünde, ancak patates ve tatlı patateslerin arkasında dünyadaki ilk sebzelerden biridir (FAO, 2009). FAO verilerine göre 2020 yılında dünyada 5.051.983 hektar alanda 186.821 milyon ton domates üretilerek ortalama 37,1 ton/hektar (mT/ha) verim elde edilmiştir.

Çin, 1.111.480 hektar alanda 64.865.807 mt domates veya hektar başına 58,4 mt domates üretimiyle dünyanın önde gelen üreticisidir. Türkiye ise 181.879 hektar alanda 13.204.015 ton, yani hektar başına 72,6 ton domates üretimiyle Hindistan'ın (20.573.000 mT/812.000 ha) ardından üçüncü sırada yer almaktadır (Tablo 1).

Moritanya'da sebze (domates dahil) yetiştirilen alan yaklaşık 3.000 hektar olup, yıllık üretim 45.000 tondur. Ortalama verim 15 ton/ha'dır.

**Tablo 1.1.** Dünya genelinde domates üretimi (World Population Review, 2022)

Ülke	Toplam mT	Endüstriyel işleme için ekili alanların (ha)	Ha	mT/ha
Çin	64 865 807	5 800 000	1 111 480	58,4
Hindistan	20 573 000	152 000	812 000	25,3
Türkiye	13 204 015	2 500 000	181 879	72,6
ABD	12 227 402	n.a.	110 439	110,7
Mısır	6 731 220	420 000	170 862	39,4
İtalya	6 247 910	5 166 000	99 780	62,6
İran	5 787 094	1 300 000	129 058	44,8
İspanya	4 312 900	2 650 000	55 470	77,8
Meksika	4 137 342	40 000	84 926	48,7
Brezilya	3 753 595	1 421 000	51 960	72,2
Nijerya	3 693 722	n.a.	844 445	4,4
Rusya	2 975 588	515 000	80 765	36,8

Ukrayna	2 250 300	800 000	74 900	30,0
Özbekistan	1 928 508	n.a.	57 746	33,4
Cezayir	1 635 616	800 000	26 311	62,2
Tunus	1 423 000	961 000	25 012	56,9
Portekiz	1 399 210	1 262 000	15 040	93,0
Fas	1 398 831	100 000	14 781	94,6
Kamerun	1 246 658	n.a.	101 350	12,3
İnonezya	1 084 993	n.a.	57 304	18,9
Kenya	1 046 181	n.a.	35 653	29,3
Hollanda	910 000	n.a.	1 870	486,6
Yunanistan	908 B250	420 000	15 820	57,4
Kazakistan	788 760	n.a.	30 208	26,1
Suriye	780 617	42 000	14 458	54,0
Şili	779 237	907 000	11 216	69,5
Azerbaycan	774 877	n.a.	19 371	40,0
Irak	754 759	n.a.	31 979	23,6
Polonya	718 300	175 000	8 500	84,5
Japonya	706 000	23 000	11 400	61,9
Diğerleri	17 875 173	12 948 000	769 995	23,2
<b>Toplam</b>	<b>186 918 865</b>	<b>38 402 000</b>	<b>5 055 978</b>	<b>37,0</b>

Pek çok ürün gibi domates yetiştiriciliği de çoğu zaman gelişmesini ve üretilmesini engelleyen streslerle karşı karşıyadır. Bu stresler biyotik (Bakteri, virüs, fungus, nematod vb.) veya abiyotik (kuraklık, tuz stresi, su stresi, sıcaklık değişimi, mineral eksiklikleri vb.) olabilir.

21. yüzyılda, küresel ısınma, küresel su kaynaklarının kıtlığı, çevre kirliliği ve tarımsal toprakların ve suyun artan tuzlanması gibi dünya nüfusunu etkileyen birçok sorunla karşılaşmaktadır.

Çeşitli çevresel sorunlar; kuvvetli rüzgarlar, aşırı sıcaklıklar, toprak tuzluluğu, kuraklık ve sel gibi, tarım arazilerinin üretimini ve işlenmesini etkilemiştir; bunların arasında toprak tuzluluğu, en yıkıcı çevresel streslerden biridir ve ekili arazi alanında, üretkenlikte ve mahsul kalitesinde önemli azalmalara neden olmuştur (Yamaguchi and Blumwald, 2005 ; Shahbaz and Achraf, 2013).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, dünyadaki sulanan arazilerin %20'sinin tuzluluk sorunlarından etkilendiğini tahmin etmektedir. Dünya çapında her yıl 10 milyon hektar tarım alanı toprağın tuzlanması nedeniyle yok olmaktadır.

Topraklar iki şekilde tuzlanabilir : doğal veya antropojenik nedenlerle. Doğal nedenler arasında çözünebilir tuzlar içeren kayaların aşınması, volkanik aktivite, deniz tuzlarının rüzgar yoluyla atmosferde birikmesi vb. sayılabilir. Antropojenik nedenler ise, çoğunlukla uygunsuz sulama yöntemleriyle bağlantılıdır ve genellikle kötü drenaj koşullarıyla ilişkilidir. Az yağış, yüksek buharlaşma ve tarımsal uygulamalar gibi diğer faktörler de toprak tuzluluğunun artmasına katkıda bulunur. İklim değişikliği, yeraltı suyunun aşırı kullanımı, düşük kaliteli sulama suyunun kullanımının artması, yarı-kurak ila kurak iklim bölgelerinde yoğun sulama ve toprak süzülmesinin eksikliği bu toprağın tuzlanma olgusunu yoğunlaştırabilir. Bu nedenle, 2050 yılına kadar ekilebilir arazilerin %50'sinden fazlasının tuzlanacağı tahmin edilmektedir (jamil et al., 2011).

Tarım topraklarındaki tuz stresi sorununun önlenmesi ve yönetimi çeşitli yöntemlerle yapılabilir :

- Tuz seviyesini belirlemek için toprağın elektrik iletkenliği (EC) açısından test edilmesi,
- Tuza dayanıklı çok yıllık bitkilerin ekilmesi,
- Tuza dayanıklı bitkilerin seçilmesi,
- Tuza dayanıklı bir örtü bitkisi ekilmesi,
- Sulama sularının tuzluluğunu kontrol edilmesi,
- Toprak profilindeki tuzları gidermek için sulama suyu ve drenaj sistemlerini kullanarak kök bölgesindeki tuz oluşumunu azaltmak için toprağı süzülmesi...

Son yıllarda, patojenik olmayan kök bakterileri (KB) ya da bitki gelişimini artıran kök bakterileri (PGPR)'nin bitki hastalıklarıyla biyolojik savaş, bitki gelişimini artırma ve kuraklık / tuzluluk stresine toleransı artırma konularında çalışmaların olduğu dikkati çekmektedir. Bu tez projesinin amacı; domateste tuzluluk stresine karşı kök bakterilerinin (KB) kullanılma olasılığının araştırılmasıdır. Bu lisansüstü tez proje önerisi ile KB'nin tuzluluk stresine karşı domates bitkisinde etkisini aydınlatmak üzere bitki gelişimi (yaprak sayısı, kök ve gövde, kök ve yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları) araştırılmıştır. Böylece, çözümü güç olan bir abiyotik stres faktörüyle başa çıkma ve bitki gelişimini artırma konusunda ortak bir yaklaşım geliştirilme olasılığı hedeflenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Birçok üründe olduğu gibi, domates yetiştiriciliğinin karşılaştığı en önemli sorunlar biyotik ve abiyotik kökenlidir. Abiyotik problemler arasında en önemli problemlerden biri tuzluluktur. Her yıl dünya genelinde ekilebilir arazi alanını azaltmaya devam eden bu soruna çözüm bulmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Abiyotik stresle başa çıkmada, son yıllarda, bitki gelişimini artıran bakterilerden yararlanılmaktadır. *Pseudomonas*, *Bacillus* ve *Achromobacter* tuza dayanıklı olarak bilinen PGPR'lerdir. *Bacillus* yüksek tuz konsantrasyonlarına dayanabilir ve olumsuz ortamlara maruz kaldığında strese dayanıklı sporlar oluşturabilir, bu da topraktaki hayatta kalma oranını önemli ölçüde artırır (Hajiabadi et al., 2022).

2004 yılında İsrail'de "PGPR bakterilerinin uygulanmasından sonra tuzlu ortamda domates yetiştiriciliğinin değerlendirilmesi" üzerine bir çalışma yapılmıştır. Domatesin gelişimini tuzlu bir ortamda teşvik edecek bakteri izolatlarını seçmek için ön testler yapılmıştır. Domates tohumları, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz aktivitesine sahip olan 7 farklı bakteri izolatu ile kaplanmış ve 7 günlük bir süre boyunca 43 mM tuz konsantrasyonunda ekilmeden önce tutulmuştur. Ön testlerden alınan sonuçlara göre, daha ileri çalışmalar için sadece domates bitkisinin gelişimi için en uygun bakteri seçilmiştir. Moleküler analizler seçilen bakterinin *Achromobacter piechaudii* olduğunu göstermiştir. Seçilen bakteride şu özellikler saptanmıştır:

- 172 mM NaCl varlığında yetiştirilen domates bitkilerinin taze ve kuru ağırlıklarını önemli ölçüde artırmıştır;
- Fideler artan tuz konsantrasyonlarıyla karşı karşıya kaldığında uyarılan domates fidelerinin etilen üretiminde azalma olmuştur, ancak sodyum içeriği azalmamıştır ;
- Fosfor ve potasyum emiliminde hafif bir artışı teşvik edilmiştir, bu da kısmen tuzun etkisini hafifletmede yer alan işlemlerin aktivasyonuna katkıda bulunmuştur;
- Domates bitkisinin su kullanım verimliliğinde bir artışı teşvik edilmiştir (Mayak et al, 2004).

Egamberdieva et al (2017) tarafından, "Toprak tuzluluğunun bitki büyümesi üzerine etkisi – rizobakterilerinin teşviki ve biyolojik kontrol yetenekleri" teması altında benzer bir çalışma gerçekleştirilmiş, bu çalışmada bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin bitki büyümesi ve farklı toprak tuzluluk koşulları altında *Fusarium solani'nin* neden olduğu domates kök ve kökboğazı çürüklüğünün kontrolü üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için daha önce tuzlu toprakta yetişen buğdayın

rizosferinden izole edilen *Pseudomonas putida* TSAU1, *P. extremorientalis* TSAU6, *P. chlororaphis* TSAU13, *P. extremorientalis* TSAU20 ve *P. aurantiaca* TSAU22 olmak üzere 5 bakteri izolatı kullanılmıştır (Egamberdieva et al., 2017).

*In vitro* testlerle tuz stresine etkisi araştırılan beş bakteri izolatından sadece *Pseudomonas chlororaphis* TSAU13 ve *Pseudomonas extremorientalis* TSAU20, bitki büyümesini uyarabilmiş ve tuzluluk altında domates kök ve kök boğazı çürüklüğü için biyolojik mücadele elemanı olarak hareket edebilmiştir. Böylece, daha spesifik olarak *Pseudomonas extremorientalis* TSAU20 izolatının bitki boyu, domatesin **meyve verimi** ve antioksidan enzimlerin aktivitelerinin iyileştirilmesi üzerindeki olumlu etkileri saptanmış, bu izolat domates bitkisinin köklerinde kolaylıkla kolonize olup yaşayabilmiştir. Bitkilerin stres toleransında önemli bir rol oynayan bu bakteri izolatlarının tuzluluğa dayanıklı olma özellikleri bu araştırma sonucunda kanıtlanmıştır (Egamberdieva et al., 2017).

**Medeiros and Bettiol (2021)** tarafından Brezilya'da "**Bacillus spp.'nin domateste tuz stresi ve Fusarium solgunluğuna karşı çok yönlü etkisi**" konusunda yapılan bir araştırmada, bazı *Bacillus* izolatlarının domates bitkisi üzerinde tuz stresi ve *Fusarium solgunluğuna* (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*) karşı olumlu etkilerinin olabileceği saptanmıştır. Bunun için çeltik bitkilerinden izole edilen 154 *Bacillus* izolatından *Bacillus velezensis* (AP-3) ve *Bacillus spp.* (AP-6, AP-85 ve AP-100)) ile *Bacillus subtilis* QST-713 sideroforlar ve indol-asetik asit (IAA) üretimi, selüloz ve katalaz aktiviteleri, azot fiksasyonu ve fosfat çözünürlüğüne dayalı biyokimyasal değerlendirmeler yapıldıktan sonra seçilmiştir. Tuzlu suya toleranslı *Bacillus* izolatlarını seçmek için tüm kültür ortamlarında 100 mM NaCl konsantrasyonu kullanılmıştır. Domates tohumları, bakteri süspansiyonu ile kaplanarak viyollere ekilmiştir. 20 günlük fideler, 100 mM NaCl içeren saksılara aktarılmıştır. Deney saksılarına, kontrol bitkileri hariç, bitki başına 5 mL ( $1 \times 10^8$  cfu/ml) olacak şekilde *Bacillus* izolatları haftada bir kez uygulanmıştır. Deney sonunda bitki büyüme parametreleri değerlendirilmiş, bitki boyunda ve kuru ağırlıklarında bir artış gözlenmiştir. Bu durumda seçilen bakterilerin tuzluluk üzerinde olumlu bir etki sağladığı öne sürülmüştür (Medeiros and Bettiol, 2021).

**Gopalakrishnan et al (2022)** tarafından kavun bitkilerinde tuzluluk stresini hafifletmek için bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin uygulanması üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bunun için Brezilya'nın Rio de Janeiro kentindeki *Digitaria decumbens* köklerinden izole edilen 2 bakteri *Azospirillum brasilense* Sp7 ve İsraili fizikçi merhum E. Ben-Jacob tarafından sağlanan *Paenibacillus dendritiformis* ve ek olarak *Escherichia coli* kullanılmıştır. *In vitro* testlerinin ardından, *A. brasilense* Sp7 ve *P. dendritiformis* T bakteri izolatları seçilerek teksel ve kombinasyon halinde 2 kez bitkilere uygulanmıştır: tohum kaplama ve fidelerin tarlaya şaşırtılmasından hemen önce kök içirme. Sonuçlar; bu bakterilerin bitki köklerini etkili bir şekilde kolonize edebildiğini ve tuz stresi altında üç kavun çeşidinin kök uzunluğunu (%25-33) ve kök biyokütlesini (%46-210) artırabildiğini göstermiştir. Sera ve tarla deneyleri, özellikle tuzlu su ile sulanan üç kavun çeşidinin (Ofir, Raymond ve AN-305) köklerinin (% 78 ila 102) ve sürgünlerinin (% 37 ila 57) ağırlığı üzerinde bakterilerin olumlu bir etkisi olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, üç kavun çeşidi

için **Ofir, Raymond ve AN-305** çeşitlerinde sırasıyla %102, %96 ve %78 kök kuru ağırlığında ve %57, %41 ve %37 sürgün kuru ağırlığında artış olmuştur. *A. brasilense* ve *P. dendritiformis* kombinasyonu ile aşılana **Offir, Raymond ve AN-305** çeşitlerinde bakterilerin kombine ve teksel şekilde aşılmasından sonra anlamlı bir fark gözlenmemekle birlikte, her bir bakteri izolatıyla teksel aşılana çeşitlere kıyasla daha yüksek ortalama sürgün ve kök ağırlıklarına doğru eğilim göstermiştir.

Deney, aynı koşullarda yetiştirilen 50 Mm NaCl miktarındaki domates bitkileri üzerinde de gerçekleştirilmiş, tuz stresine maruz kalmaları sırasında büyüme geriliği görülmemiş, ancak söz konusu bakteri ile aşılana olmalarına rağmen, bakteri uygulaması görmemiş bitkilere oranla büyümelerinde de olumlu bir gelişme gözlenmemiştir. Bu durum; domates bitkilerinin bu koşullar altında önemli bir stres yaşamama olasılığını düşündürmüştür. Ayrıca *E. coli* ile uygulama gören bitkilerde gelişme geriliği gözlenmiştir (Gopalakrishnan et al., 2022).

**Naseri et al**, (2022) tarafından yapılan çalışmada, domates bitkisinde tuzluluk sorunlarını çözmek için rizobakteriler (PGPR) kullanılmıştır. Bunun için 5 bakteri izolatu (*Pseudomonas geniculata* B11, *Achromobacter sp.* B124, *Bacillus megaterium* P2, *Lysinibacillus sphaericus* B19 ve *Bacillus cereus* B40) seçilmiştir. 30 günlük domates fidelerinin kök kısımları, 2 hafta boyunca her 2 günde bir musluk suyu ile sulanmış ve saksılara aktarılmadan önce 5 bakteri izolatının bakteriyel süspansiyonu ile kaplanmıştır ve ardından deney sonuna kadar farklı tuz konsantrasyonları ile sulanmıştır. Bitki gelişme parametrelerinin ölçümleri ve deney sonunda toplanan verilerin analizinden sonra, tuzlu olmayan stres koşullarında bile stoma direncini azaltmak dışında kök hacmi ve kuru ağırlık üzerinde önemli bir etkisi olmayan *Bacillus cereus* B40 hariç, diğer bakteriler kök gelişimini iyileştirmiş ve sürgün büyümesini artırmıştır. Böylece; bu rizobakteriler tuz stresine karşı direnç geliştirmiş, bitki büyüme faktörlerini ve toprak biyolojik göstergelerini iyileştirmiş, stoma direncini artırmış ve uygun tohum çimlenmesi, çiçeklenme ve bitki gelişiminin diğer aşamalarında prolin içeriğinde artışa neden olmuştur (Naseri et al., 2022).

**de Souza Ribeiro et al**, (2023), Brezilya'da tuz stresinin morfolojik etkisini hafifletmede çilek bitkilerinin büyümesini destekleyen bakterilerin etkisini de değerlendirmiştir. Deney, 2'si kontrol ve 4'ü bakteri içeren (*Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces sp.*, *Rhizobium sp.*, *Enterobacter sp.*) 6 uygulamayı içermiştir. Bakteri izolatları agar ortamında 24 saat boyunca yeniden aktive edildikten sonra, 24 saat boyunca çalkalama kültürde ve 30 ° C'lik bir sıcaklıkta geliştirilmiştir. *In vitro* kültürden elde edilen 2 çilek çeşidi, serada 30 gün boyunca substrat içeren tepsilere aktarılarak bitki büyüme kabinde tutulmuştur. Daha sonra, mikroorganizmalarla aşılana ve 50 mM NaCl ile karıştırılmış aynı substratı içeren saksılara aktarılmışlardır. 90 gün boyunca sürekli sulama yapılan bir serada yetiştirilerek, büyüme faktörleri ölçülmüştür. Deney sonunda çilek çeşitlerinde bakterilerin olumlu etkisi

gözenmiştir. Bitkilerin yeşil aksam ve kök kısımlarının yaş ve kuru ağırlıklarının biyoması ve yaprak sayılarının kontrollere göre arttığı saptanmıştır.

Toprakların tuzlanması dünya çapında büyüyen bir tarımsal sorundur. Sulama uygulamaları, kuraklık ve iklim değişikliği birçok bölgede tuzluluk seviyelerinin yükselmesine ve dolayısıyla mahsul veriminin azalmasına neden olmaktadır. Ancak doğal olarak tuza dayanıklı bitkiler olan halofitlerin mikrobiyomunda yer alan bakterilerin tuzluluk sorununa çözüm potansiyeli olduğu öne sürülmektedir (Mckay et al., 2023). Bu bitkiler, rizosferlerinde (köklerin çevresinde) ve endosferlerinde (bitki dokusu içinde) tuza dayanıklı bir mikrobiyom barındırırlar. Bu bakteriler tuz stresi ile başa çıkmada önemli bir rol oynayabilir.

Bu, tuza toleranslı bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (ST-PGPB) olarak bilinen yararlı bakterilerin, hassas bitkilere aktarılmasının tuzdan etkilenen alanlarda ürün verimliliğinin artırmasına olanak tanıyacağı vurgulanmaktadır.

Oldukça tuzlu ortamlarda yaygın olarak bulunan Gram-negatif bakterilerden, Halomonas ve Kushneria cinslerinin bazı halofit bitkilerle ilişkili olduğu bulunmuştur, bu da onların ST-PGPB aktivitesini kolaylaştırma potansiyelini ortaya koymaktadır. Tuza dayanıklı mikrobiyomlar ve bunların PGPB olarak kullanılması, tuzdan etkilenen bölgelerde bitki gelişimini ve verimi iyileştirme çabaları bağlamında toprak tuzluluğunun yarattığı zorlukların üstesinden gelme konusunda umut vaat etmektedir (McKay et al., 2023).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Tez çalışmasında kullanılan bakteri izolatları

Bölümümüz, bakteriyoloji laboratuvarı stoklarında bulunan geniş KB koleksiyonundan (epifitik ve endofitik karakterler), daha önceki projelerde bitki büyümesini başarıyla artıranlar arasından ACC deaminaz (aminosiklopropan karboksilaz deaminaz), IAA (indol 3 asetik), fosfor parçalama aktivitesi, siderofor üretimi vb bitki gelişim parametreleri gibi bazı *In vitro* test sonuçları ve tür farklılıkları dikkate alınarak 19 bakteri izolat seçilmiştir.

**Tablo 3.1.** Tez çalışmasında kullanılan bakteri izolatlarına ilişkin bilgiler

İzolat sayısı	Örnek kodu	İzole edildiği domates bitki materyali	Bitki gelişimini artırıcı özellikleri				Örnek Alınan Yer
			SID (mm)	IAA <sup>ppm</sup>	ACC	FPA (mm)	
23	KD 07/1	Kök	3,25	137	+++	10,25	Karaburun / Eğlenhoca
40	KD 11/5	Gövde	2,5	338	++	5	Karaburun / Mordoğan
44	KD 13/1	Kök	5,75	203	++	21	Urla / Balıklıova
67	KD 20/2	Kök	3	481	++	22	Çeşme / Germiyan
89	KD 28/1	Kök	3,5	217	++	19,5	Bayındır / Çırpı
108	KD 34/2	Gövde	1	334	++++	2,25	Bayındır / Çırpı
121	KD 40/2	Yaprak	12,25	440	+	1,5	Tire / Alacalı
160	KD 56/1	Gövde	2,25	327	++	3	Efeler / Gölhisar
173	KD 60/4	Yaprak	3	343	+++	2,25	Efeler / Şahnalı
178	KD 63/2	Kök	8,5	256	+++	0	Efeler / Şahnalı
213	KD 80/2	Yaprak	15	484	+	7,75	Kınık / Yayakent
217	KD 82/1	Gövde	6	449	++	9,5	Kınık / Poyracık
224	KD 84/3	Yaprak	10,5	343	+	5,5	Kınık ovası
235	KD 88/2	Kök	4	311	+++	1	Bergama / Bölcek
236	KD 89/1	Kök	4,5	249	+++	3	Bergama / Bölcek
278	KD 108/4	Yaprak	5,25	367	+++	0	Kırkağaç / Gelenbe
296	KD 117/2	Gövde	5	409	++	0	Akhisar / Beyoba
300	KD 119/2	Gövde	4,75	412	+++	1	Saruhanlı / Dereli
302	KD 120/1	Gövde	3,75	420	+++	1,5	Saruhanlı / Dereli

### 3.1.2. Tez çalışmasında kullanılan Bitkisel materyal

Bu çalışmada test bitkisi olarak, tez için yapılacak olan ön deneme sonucunda, piyasada yaygın olarak üretimi yapılan domates çeşitleri arasından tuzluluğa tolerant ve hassas domates tohumları seçilmiştir. Bu amaçla, 6 farklı domates çeşidinin (Sakata F1 Jasmine 10, Sakata F1 Pink Pearl 13, Sakata Karasuta F-1 24, Sakata Beysin F-1 36, SC 2121 ve Syngenta Torry 33) tohumları kullanılmıştır.

### 3.1.3. Tez çalışmasında kullanılan besiyerleri ve bitki yetiştirme ortamı

Bu çalışmada besiyeri olarak, King B (KB), Tryptic Soy Agar (TSA) gibi besiyerleri kullanılmıştır. Çalışmada YB'lerin kültüre alınması için King B (KB), ucuz substratta (Torf) üretim sırasında izlenecek yolu belirlemek amacıyla YB'lerin büyüme kinetiklerini çıkarmak için Nutrient agar (Na) kullanılmıştır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. *In vitro* testler

#### 3.2.1.1. Tez çalışmasında kullanılan bakteri izolatlarının tuza toleransının *in vitro* koşullarda belirlenmesi:

Tez projesinde tuza tolerans düzeyleri açısından testlenecek 19 bakteri izolatının 48 saatlik kültüründen alınarak, farklı konsantrasyonda sodyum klorür (NaCl) içeren (0 mM, 200 mM, 400 mM, 600 mM, 850 mM, 1000 mM, 1500 mM ve 2000 mM) kültür ortamlarına (NA) çizgi ekim yapılmıştır. Petriler 24° C 'de 3-4 gün süreyle inkubasyona bırakılmış ve koloni oluşumu izlenmiştir (Fischer vd., 2007; Ramadoss vd., 2013). Yüksek tuz ortamında gelişen bakteri izolatları %10 NaCl, %30 gliserol içeren NB ortamında -80°C'de bir sonraki kullanıma kadar saklanmıştır. 19 bakteri izolatı arasından tuza en tolerant olanlar arasından seçim yapılmıştır.

#### 3.2.1.2. Domates çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarına dayanımı ve vigorite indeksine (VI) etkisi :

Denemeye alınan 6 farklı domates çeşidi tohumları farklı tuz konsantrasyonları (0 mM, 10 mM, 20 mM, 30 mM, 40 mM, 50 mM, 100 mM, 200 mM, 1000 mM ve 1500 mM) uygulanarak nemlendirilmiş kurutma kağıtlarında ISTA kurallarına uygun olarak çimlenme (%) açısından testlenmiştir. Daha sonra, 0 mM ve 40 mM konsantrasyonları kullanılarak, vigorite indeksi (VI) belirlenmiştir. Yüzey dezenfeksiyonu yapılan (%0.2'lik Na-hipoklorit ile dezenfekte edilmiş) tohumlar, farklı tuz konsantrasyonları içeren çözeltilerde 30' süreyle bekletilmiş, daha sonra aynı tuz konsantrasyonlarıyla nemlendirilmiş çift

katlı kurutma kağıtları arasında çimlendirmeye bırakılmıştır (Şekil 3.1). Steril saf su ile nemlendirilen kurutma kağıtlarına bırakılan tohumlar negatif kontrol olarak değerlendirilmiştir. Deneme her çeşit için 10 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 tohum olacak şekilde planlanmıştır. Yedi gün süreyle, yüksek oransal nem altında (%95) 24°C'de çimlenmeye bırakılan tohumlardaki çimlenme oranı saptanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda, çimlenmenin gerçekleştiği doz, tuza hassas ve toleranslı 2 domates çeşitleri seçilmiş ve aşağıdaki formül kullanılarak vigorite indeksi belirlenmiştir :

VI : çimlenme oranı (%) X (radicil uzunluğu + hipokotil uzunluğu)



Şekil 3.1. Farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme ve vigorite testi için domates tohumlarının hazırlanması

### 3.2.1.3. Tuza tolerans gösteren bakteri izolatlarının tuza hassas domates çeşidinde Vigorite indeksine (VI) etkisi

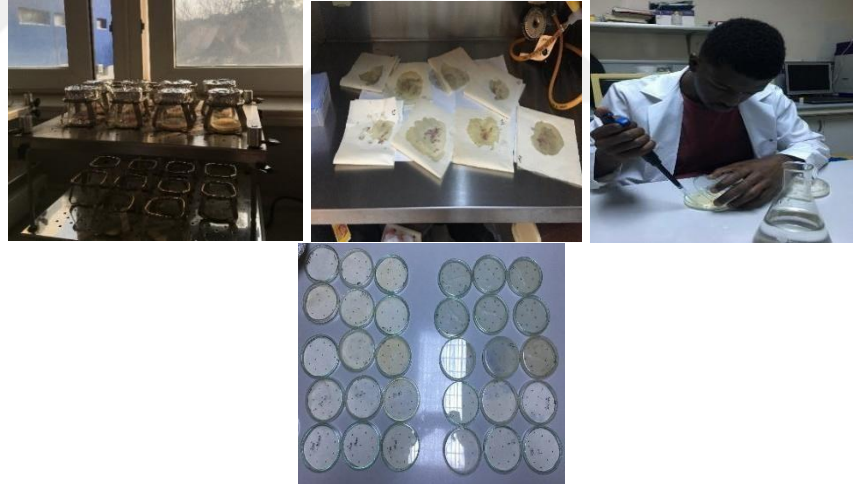
Ön denemeler sonucunda, tuzluluğa en hassas bulunan domates çeşidi, *in vitro* testlerde tuzlu ortamda gelişim açısından en tolerant bulunan 7 bakteri izolatının 48 saatlik kültüründen %0.1'lik Carboxy Methyl Cellulose (CMC) ile süspanse edilerek hazırlanan inokulumlar, önceden yüzeyi %0.2'lik Na-hipoklorit ile dezenfekte edilmiş domates tohumları (5g tohum / 5ml süspanسیون) ile 30 dakika boyunca 121 rpm'de çalkalanarak kaplanmış ve kurutma kağıtları arasında 24°C'de 1 saat kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.2, Şekil 3.3) (Sarma ve Saikia, 2014). Daha sonra, bakteri ile kaplanan tohumlar çift katlı steril kurutma kağıdı içeren petri kaplarına (9cmØ) yerleştirilmiştir. Petri kapları 40 mM NaCl içeren steril su ile nemlendirilmiş ve petri kapları 24°C'de 7 gün süreyle çimlenmeye bırakılmıştır. Deneme her bakteri için 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 tohum olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Herhangi bir bakteri ve tuzlu su uygulaması görmeyen domates tohumları negatif kontrol, sadece 40mM tuzlu su uygulaması yapılanlar ise pozitif kontrol olarak değerlendirilmiştir. Deneme

sonunda çimlenme oranı (%) saptanmış, hassas çeşitte en yüksek çimlenme oranını (%) gösteren bakteriler arasından *in vivo* testler için seçim yapılmıştır ve aşağıdaki formül kullanılarak vigorite indeksi belirlenmiştir :

VI : çimlenme oranı (%) X (radicil uzunluğu + hipokotil uzunluğu)



Şekil 3.2. Tohum bakterizasyonu için bakteri süspansiyonlarının ve tohumların hazırlanması



Şekil 3.3. Tohum bakterizasyonu sonrası 121 rpm'de kaplama işlemi, tohumların kurutulması, petrilere yerleştirilmesi ve nemlendirme aşaması

### 3.2.2. *In vivo* testler

Ön denemeler sonucunda tuzluluğa karşı en hassas ve tolerant bulunan 2 domates çeşidi tohumları, tuza tolerans düzeyleri en yüksek olan 3 farklı bakteri izolatı ile *in vivo* denemeler gerçekleştirilmiştir. NA'da 24 – 48 saat süreyle geliştirilen bakteriyel inokulumlar %0.1'lik Carboxy Methyl Cellulose (CMC) ile süspansiyon edilmiş, önceden yüzeyi %0.2'lik Na-hipoklorit ile dezenfekte edilmiş domates tohumları (5g tohum / 5ml süspansiyon) bu bakteri süspansiyonu ile 30 dakika boyunca 121 rpm'de çalkalanarak kaplanmış ve kurutma kağıtları arasında 24°C'de 1 saat kurumaya bırakılmıştır (Sarma ve Saikia, 2014). Tohum bakterizasyonu yapılan domates tohumları daha sonra steril torf içeren viyollere ekilmiştir (Şekil 3.4). Deneme 5 tekerrürlü ve her tekerrürde 1 bitki olacak şekilde olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre bitki büyüme odasında (24C sıcaklık, 16h aydınlık, 8 saat karanlık periyotta) kurulmuştur. 2 yapraklı aşamaya gelen domates fideleri 10 cm Ø saksılara şaşırtılmıştır (Şekil 3.5). Saksılarda yetiştirme ortamı olarak steril torf kullanılmış ve saksı toprağına 40 mM NaCl (11.6 g NaCl/100 g torf) eklenerek homojen biçimde karıştırılmıştır (Şekil 3.5). Şaşırtma sonrası seçilen kökbakterisi izolatları ile can suyu verilmiştir (10<sup>8</sup> cfu/ml, 50 ml /saksı, Şekil 3.6). Negatif Kontrol uygulamasında yararlı bakteri ve NaCl olmaksızın, sadece %0.1 CMC ile kaplanan tohumlar yer almış, pozitif kontrol uygulamasında ise yararlı bakteri olmaksızın 40 mM NaCl içeren saksılarda yetiştiricilik yapılmıştır. Bitkiler 6 – 8 hafta süreyle periyodik gözlenmiş, *in vivo* testler sonunda bitki boyu, bileşik yaprak sayısı, çiçeklenme vb fizyolojik parametrelerin yanı sıra, her tekerrürdeki toplam bitki biyoması yaş ve kuru ağırlık olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.7). Pozitif ve negatif kontrol bitkilerinin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki fark (% etki) ABBOTT formülü ile değerlendirilmiştir. *in vivo* denemeler 2 kez yinelenmiştir.



Şekil 3.4. Viyollere torf doldurulması, bakterizasyon yapılmış tohumların ekimi, sulama ve çimlendirme aşaması



**Şekil 3.5.** *In vivo* testler için torfa tuz karıştırılarak saksıların doldurulması, fidelerin viyollerden saksılara şaşırtma aşaması



**Şekil 3.6.** Fidelerin şaşırtma sonrası bakteri süspansiyonu ile içirme uygulaması yapılması



**Şekil 3.7.** *In vivo* denemelerin fotoğraflanması

### 3.2.3. Tuza tolerans gösteren bakteri izolatlarının tanısının yapılması

*In vitro* ve *in vivo* denemelere (PGPR aktivite ve tuz stresi) göre seçilen 3 adet bakteri izolatının moleküler tanısında 16s rRNA hedef bölgesine göre dizayn edilmiş, 27F/1492R (Forward: AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG, Reverse: GGT TAC CTT GTT ACG ACT T) universal primer çiftleri kullanılmıştır (Hodkinson ve Lutzoni 2009). Hazırlanan master mix PCR tüplerine 20 µl olarak bölünerek Termal Cycler'de (95oC'de 5', [94 oC'de 1', 55oC 30s, 72oC 1' toplam 35 döngü], 72oC'de 1', 15oC'de ∞) çoğaltılmıştır. Elde edilen PCR ürünleri TAE buffer (Fermentase, 0.5M) ile hazırlanan %1.5'luk Agaroz jelde 80 Voltta 1 saat elektroforezde koşularak sonuçlar UV transilluminator görüntüleme cihazında 1460 bp'de bantların varlığıyla değerlendirilmiştir. Elde edilen PCR ürünleri sekans analizine gönderilmiş ve sekans sonuçları NCBI veri tabandaki bilgiler ile karşılaştırılarak bakteri izolatları tanılanmıştır.

### 3.2.4. Verilerin analizi

Denemelerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi için tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA) ve karakterler arası ortalamaların istatistiksel olarak karşılaştırılması için %95 güven ile çoklu aralık testi DUNCAN kullanılmıştır.

#### 4. BULGULAR

Tez çalışması kapsamında tuza toleransları açısından denemeye alınan izolatlar önce *in vitro* sonra *in vivo* koşullarda test edilmiştir.

##### 4.1. Tez çalışmasında kullanılan bakteri izolatlarının tuza toleransının *in vitro* koşullarda belirlenmesinden sonra elde edilen sonuçlar

Tez çalışmasında toplam 19 adet bakteri izolatı 0-1500Mm arasında değişen farklı tuz konsantrasyonunda tuza toleransları açısından NA besiyerinde kültüre alınmıştır. 72 saat süreyle 24°C'de inkubasyon sonrasında gelişen koloniler değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'de görülmektedir.

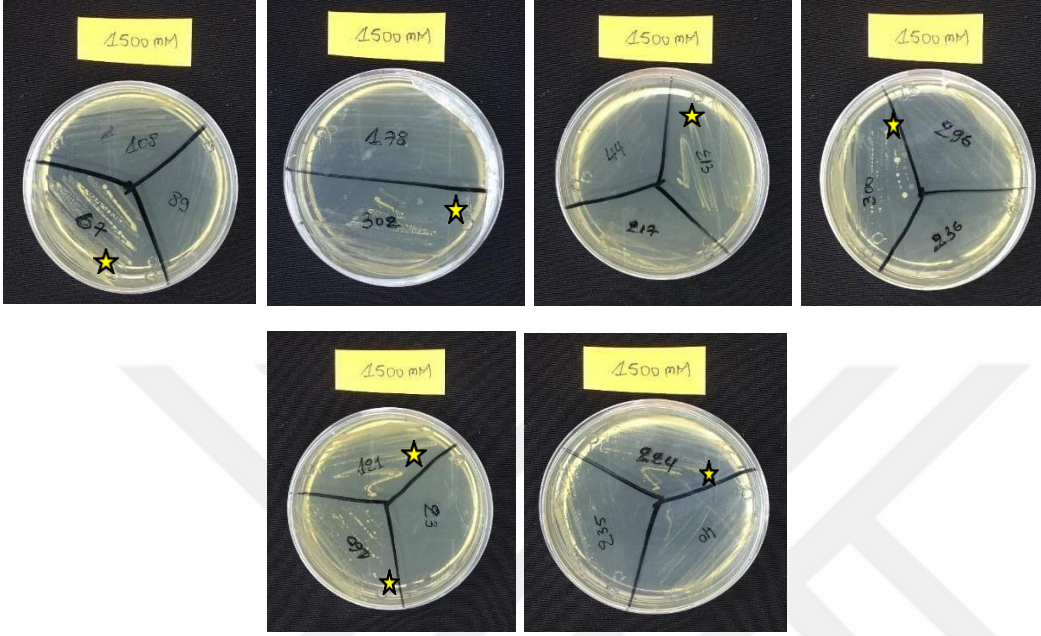
**Tablo 4.1.** Tez çalışması için seçilen bakteri izolatlarının farklı tuz konsantrasyonlarında (mM) *In vitro*'da NA besiyerinde gelişimi\*

Doz (mM)	0	200	400	600	850	1000	1500	2000
Izolat No								
23	+**	+	+	+	+	+	-	-
40	+	+	+	+	+	+	-	-
44	+	+	+	+	+	+	-	-
67	+	+	+	+	+	+	+	-
89	+	+	+	+	+	-	-	-
108	+	+	+	+	+	+Z	-	-
121	+	+	+	+	+	+	+	-
160	+	+	+	+	+	+	+	-
173	+	+	+	+	+	+Z	-	-
178	+	+	+	+	-	-	-	-
213	+	+	+	+	+	+	+	-
217	+	+	+	+Z	+Z	+Z	-	-
224	+	+	+	+	+	+	+	-
235	+	+	+	+	+	+	-	-
236	+	+	+	+	+Z	-	-	-
278	+	+	+	+	+	+	-	-
296	+	+	+	+	+	+	-	-
300	+	+	+	+	+	+	+	-
302	+	+	+	+	+	+	+	-

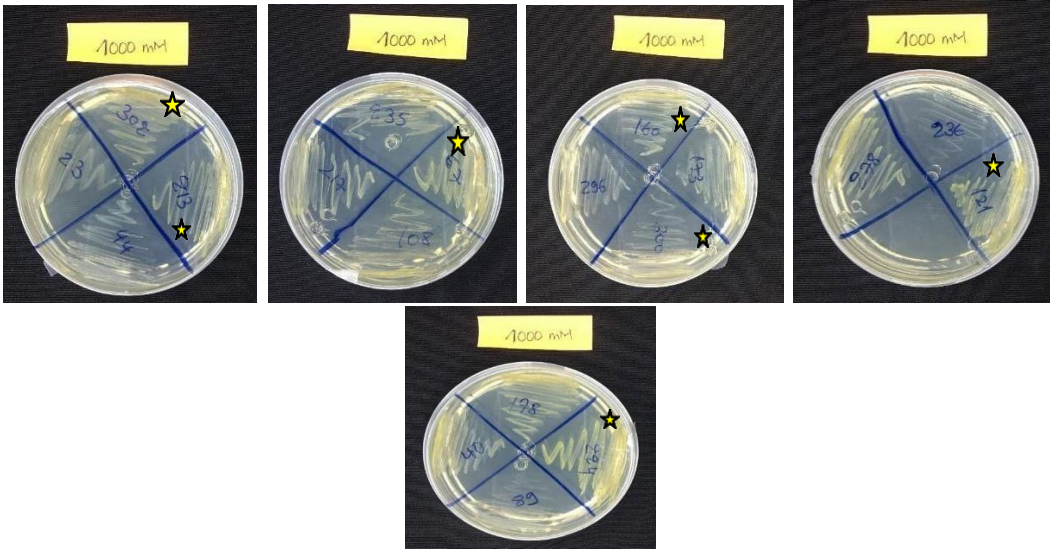
\*Değerler birbirinden bağımsız 2 farklı denemenin sonucudur

+ : iyi gelişme, +Z : zayıf gelişme, - : gelişme yok

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi ; teste alınan 19 bakteri izolatının 13’ü 1000 mM tuz konsantrasyonunda iyi bir gelişme göstermiş (Şekil 4.2) ; bu izolatların arasında 67, 121, 160, 213, 224, 300 ve 302 nolu bakteri izolatları ise 1500 mM gibi yüksek tuz konsantrasyonu içeren besiyerinde iyi bir gelişme göstermiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Testlenen bakteri izolatlarının 1500 mM tuz konsantrasyonu içeren NA besiyerinde gelişimi



Şekil 4.2. Testlenen bakteri izolatlarının 1000 mM tuz konsantrasyonu içeren NA besiyerinde gelişimi

#### 4.2. Farklı tuz konsantrasyonlarının Domates çeşitlerinin çimlenme oranına (%) ve vigorite indeksine (VI) etkisi sonuçları

Denemeye alınan 6 farklı domates çeşidi tohumları farklı tuz konsantrasyonlarında (0 mM, 10 mM, 20 mM, 30 mM, 40 mM) çimlenme oranı (%), radıcil + hipokotil uzunluğu (mm) ve vigorite indeksi (VI) açısından testlendiğinde elde edilen sonuçlar, sırasıyla, Tablo 4, 5 ve 6'de görülmektedir.

**Tablo 4.2.** Farklı tuz konsantrasyonlarının domates çeşitlerinde çimlenme oranına etkisi (%)

Domates çeşidi	Farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama çimlenme oranı (%)*				
	0mM	10mM	20mM	30mM	40mM
Syngenta 33	82,5	100	100	100	80
Sakata 13	95	100	100	100	100
Sakata 24	97,5	100	100	100	100
Sakata 36	80	80	60	80	40
Sakata 10	100	100	100	80	80
SC 21 21	80	80	60	100	60

\*Değerler her birinde 10 tohum bulunan 4 tekrerrün ortalamasıdır. Her deneme 2 kez tekrarlanmıştır

Farklı tuz konsantrasyonlarında domates çeşitlerinin çimlenme oranı (%) değerlerine bakıldığında ; en tolerant çeşitlerin Syngenta33, Sakata13, Sakata 24 ve Sakata 10 olduğu, en hassas çeşitlerin ise Sakata36 ve SC2121 olduğu gözlenmektedir (Tablo 4.2).

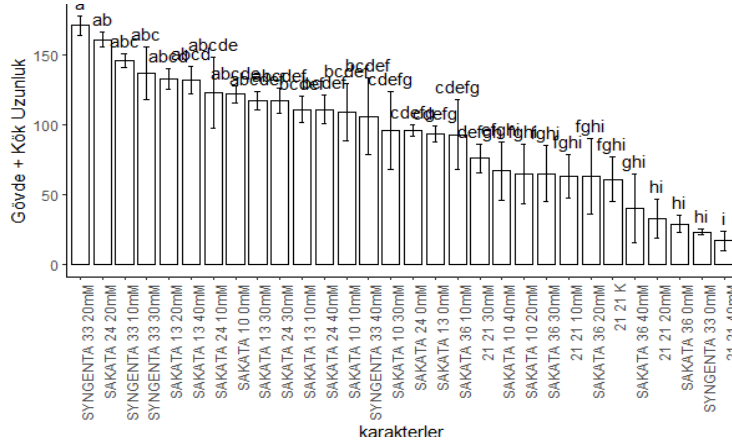
Tablo 4.3'de farklı tuz konsantrasyonlarında domates çeşidi tohumlardan elde edilen radıcil + hipokotil değerlerine bakıldığında ; 40mM gibi yüksek tuz konsantrasyonunda en iyi gelişimin Syngenta33 çeşidine, en zayıf gelişimin ise SC2121 çeşidine ait olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.3). Testlenen çeşitlerin vigorite indeksi değerleri de bu bulgumuzu destekler nitelikte olmuştur (Tablo 4.4, Şekil 4.4). Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda ; daha sonraki denemeler için tuz stresine en tolerant çeşit olarak Syngenta33 ve en hassas olarak SC2121 domates çeşidi seçilmiştir.

**Tablo 4.3.** Farklı tuz konsantrasyonlarının domates çeşitlerinin radıcil + hipokotil uzunluğuna etkisi (mm)

Domates çeşidi	Farklı tuz konsantrasyonlarında radıcil + hipokotil uzunluğu (mm)				
	0mM	10mM	20mM	30mM	40mM
Syngenta 33	33,65 hi**	147,55 abc	174 a	135 abc	102 bcdef
Sakata 13	119,16 cdefg	55,5 cdef	66 ,5 abcd	58,5 bcde	66 bcd
Sakata 24	95,625 cdefg	61,5 abcde	80 ,5 ab	58,5 bcde	55,5 bcdef
Sakata 36	25 hi	119 cdefg	67, 35 fghi	70 fghi	37,4 ghi
Sakata 10	122 abcde	102 bcdef	70 fghi	97,8 cdefg	73,5 fghi
SC 21 21	65 fghi	67,35 fghi	29,72 hi	69 defg	13 i

\*Değerler her birinde 10 tohum bulunan 4 tekrerrün ortalamasıdır. Her deneme 2 kez tekrarlanmıştır

\*\* Duncan test sonucuna göre aynı harfi taşıyan değerler P=0.05 olasılıkla birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.3.** Farklı tuz konsantrasyonlarının domates çeşitlerinin radicle + hipokotil uzunluğuna etkisi (mm)

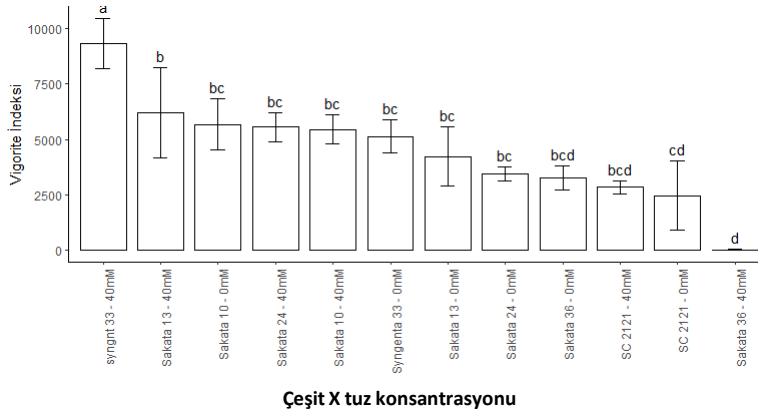
**Tablo 4.4.** 40mM tuz konsantrasyonunda domates çeşitlerinin vigorite indeksi (VI)

Domates çeşidi	Farklı tuz konsantrasyonlarında vigorite indeksi (VI)*	
	0mM	40mM
Syngenta 33	5143,33 bc**	9346,66 a
Sakata 13	4224,66 bc	6223,33 b
Sakata 24	3464,66 bc	5564,33 bc
Sakata 36	3256,33 bcd	2333 d
Sakata 10	5688,6 bc	5456,66 bc
SC 21 21	2473,33 cd	2838 bcd

\*Değerler her birinde 10 tohum bulunur

Her deneme 4 tekrarı ortalamasıdır. Her deneme 2 kez tekrarlanmıştır

\*\* Duncan test sonucuna göre aynı harfi taşıyan değerler  $P=0.05$  olasılıkla birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.4.** 40mM tuz konsantrasyonunda domates çeşitlerinin vigorite indeksi (VI)'nin Negatif Kontrol ile karşılaştırılması

### 4.3. Tuza tolerans gösteren bakteri izolatlarının tuza hassas domates çeşidinde Vigorite indeksine (VI) etkisinden elde edilen sonuçlar

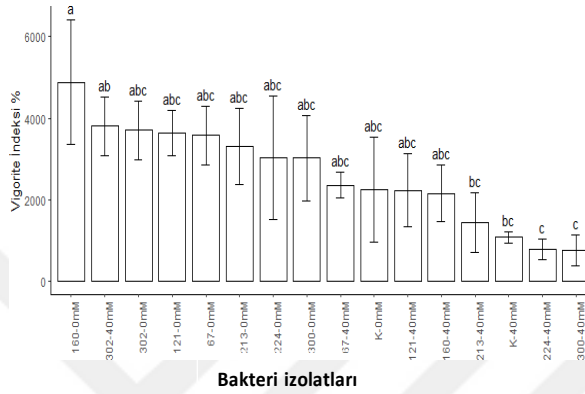
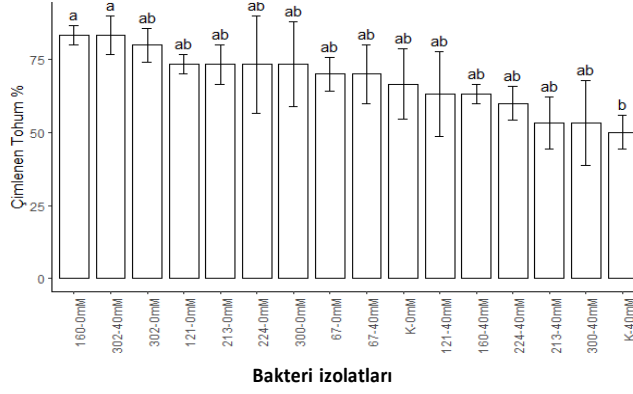
4.2. bölümünde elde edilen sonuçlar doğrultusunda tuza en hassas domates çeşidinin SC2121 olduğu saptanmıştır. *In vivo* testlere geçmeden önce, tuza tolerant olduğu saptanan 67, 121, 160, 213, 224, 300 ve 302 nolu bakteri izolatları ile en hassas domates çeşidi tohumları uygulama görmüş ve bu bakterilerin 40mM tuz konsantrasyonunda çimlenme oranı (%) ve VI'e etkisi testlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.5 ve Şekil 4.5'de görülmektedir. Tablo 4.5'deki verilerden çimlenme oranı ve VI açısından, uygulama görmemiş pozitif kontrole oranı, tuz stresinden en az etkilenmenin 302 nolu bakteri izolatında olduğu (Şekil 4.6), bunu sırasıyla 67 (Şekil 4.7) ve 121'in izlediği anlaşılmaktadır. Ayrıca ; tuz stresi yokluğunda testlenen 7 bakteri izolatı uygulama görmemiş negatif kontrole oranla vigorite indeksini artırmayı başarmıştır (Tablo 4.5). Böylece; tuza toleransı en yüksek bakteri izolatları arasından 67, 121 ve 302 nolu izolatlar *vivo* testler için seçilmiştir.

**Tablo 4.5.** Tuza tolerant bakteri izolatlarının tuza hassas domates çeşidinde çimlenme oranı ve (%) ve vigorite indeksine (VI) etkisi

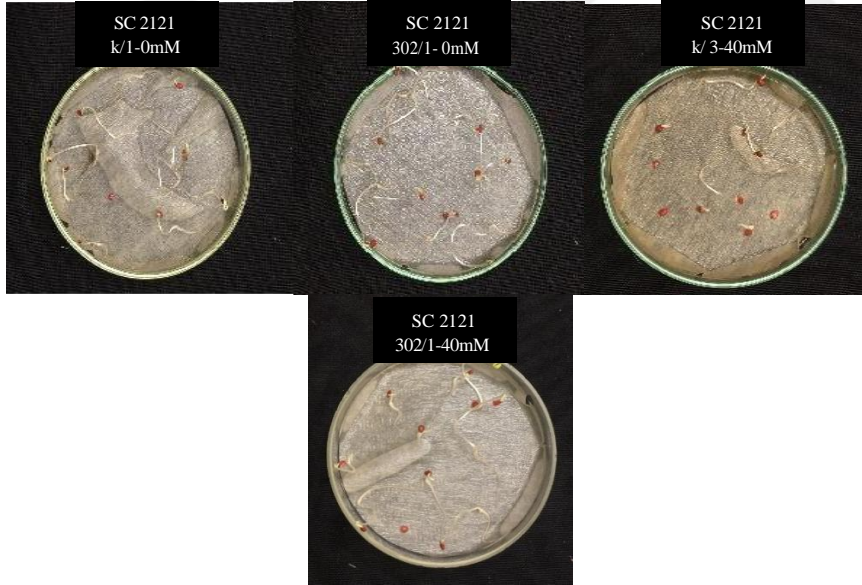
İzolat no	Farklı tuz konsantrasyonunda ortalama çimlenme oranı (%)*		Farklı tuz konsantrasyonunda ortalama vigorite indeksi (VI)*	
	0mM	40mM	0mM	40mM
K-	66,6 ab**	50 b**	2238,30 abc**	1078,3 bc**
67	70 ab	70 ab	3585,00 abc	2355 abc
121	73,3 ab	63,3 ab	3635,6 abc	2228,3 abc
160	83,3 a	63,3 ab	4883,00 a	2148,3 abc
213	73,3 ab	53,3 ab	3314,00 abc	1445,6 bc
224	73,3 ab	60 ab	3040,00 abc	785,6 c
300	73,3 ab	53,3 ab	3025,00 abc	764,6 c
302	80 ab	83,3 a	3708,30 abc	3801,6 ab

\*Değerler her birinde 10 tohum bulunan 4 tekerrürün ortalamasıdır. Her deneme 2 kez tekrarlanmıştır

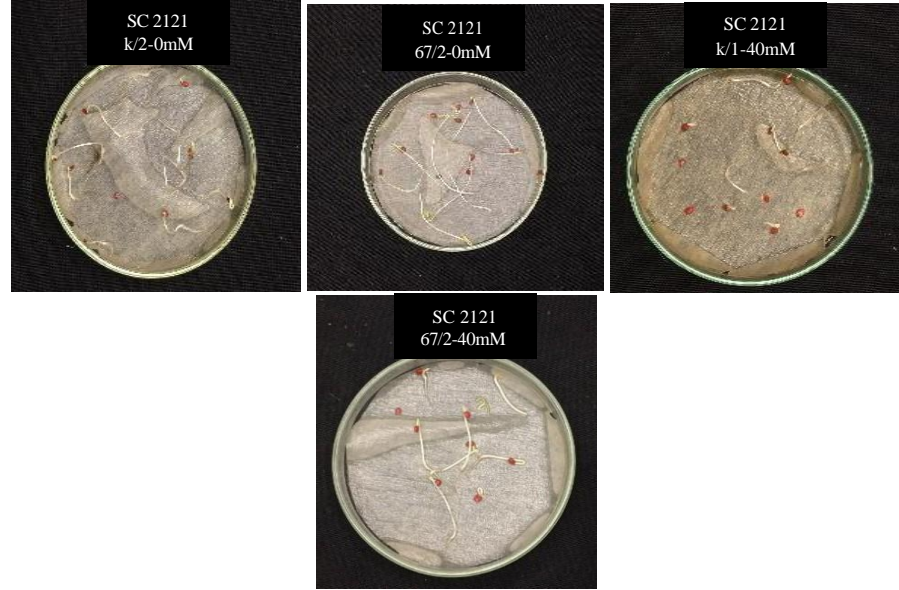
\*\* Duncan test sonucuna göre aynı harfi taşıyan değerler P=0.05 olasılıkla birbirinden farklıdır.



**Şekil 4.5.** Tuza tolerant bakteri izolatlarının tuza hassas SC2121 domates çeşidinde 40mM tuz konsantrasyonunda çimlenme oranına (Yukarıda) ve vigorite indeksine (Aşağıda) etkisi



**Şekil 4.6.** 302 nolu bakteri izolatının tuz stresi yokluğunda ve varlığında SC2121 domates çeşidinde çimlenmeye etkisi (soldan sağa : Negatif kontrol, tuz stresi yokluğunda 302 nolu izolat, 40mM tuz stresi (Pozitif Kontrol), 40mM tuz stresi+302 nolu izolat)



**Şekil 4.7.** 67 nolu bakteri izolatının tuz stresi yokluğunda ve varlığında SC2121 domates çeşidinde çimlenmeye etkisi (soldan sağa : Negatif kontrol, tuz stresi yokluğunda 67 nolu izolat, 40mM tuz stresi (Pozitif Kontrol), 40mM tuz stresi+67 nolu izolat)

#### 4.4. *In vivo* testlerden sonra elde edilen sonuçlar

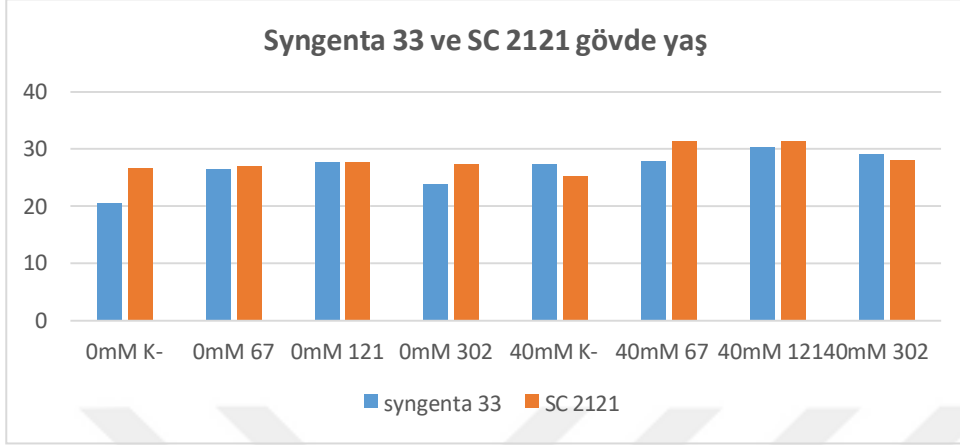
*In vitro* tuza tolerans test sonuçlarına göre ; en hassas ve en tolerant olarak seçilen 2 domates çeşidi ve tuza toleransı en yüksek bakteri izolatları arasından seçilen 67, 121 ve 302 nolu izolatlar ile *in vivo* testler bitki büyüme odasında gerçekleştirilmiştir. Tohum bakterizasyonu şeklinde uygulama gören domates tohumları viyollerde 2 yapraklı aşamaya gelince, tuz stresi etkisini gözlemek amacıyla saksılara şaşırtılmıştır. Bitkiler iki ay boyunca tuz stresi altında gelişim açısından izlenmiştir. Denemeler iki kez tekrarlanmış ve elde edilen gövde, kök yaş ve kuru ağırlık değerleri, sırasıyla, Tablo 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9’da belirtilmiştir. **Tablo 4.6.** Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde gövde yaş ağırlığına etkisi

Domates çeşidi	İzolot no	Birinci deneme gövde yaş ağırlık (g) sonuçları*		İkinci deneme gövde yaş ağırlık (g) sonuçları*		İki denemenin ortalaması*	
		0mM	40mM NaCl	0mM	40mM NaCl	0mM	40mM NaCl
Syngenta 33	K-	26,244 abcd**	24,092 abcd	14,748 d	30,608 abc	20,496	27,350
	67	27,342 abcd	23,000 bcd	25,538 bc	32,815 ab	26,440	27,908
	121	28,444 abc	26,952 abcd	27,044 abc	33,784 a	27,744	30,368
	302	21,404 cd	26,712 abcd	26,114 bc	31,360 abc	23,759	29,036
SC 2121	K-	25,248 abcd	20,306 d	28,046 abc	30,282 abc	26,665	25,294
	67	29,146 ab	30,400 ab	25,026 c	32,364 ab	27,086	31,382
	121	27,034 abcd	30,442 a	28,328 abc	32,120 abc	27,681	31,281
	302	26,724 abcd	27,626 abcd	28,082 abc	28,382 abc	27,403	28,004

\*Değerler her birinde 1 bitki bulunan 5 tekrerrüt ortalamasıdır

\*\* Duncan test sonucuna göre aynı harfi taşıyan değerler P=0.05 olasılıkla birbirinden farklıdır.

Gövde yaş ağırlık değerlerinin iki deneme ortalamasına bakıldığında ; uygulama görmemiş negatif kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında tüm bakteri uygulamaları, her iki domates çeşidinde de tuz stresi varlığında ve yokluğunda gövde yaş ağırlığını artırmıştır (Tablo 4.6, Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde gövde yaş ağırlığına etkisi (değerler 2 denemenin ortalamasıdır)

Tablo 4.7. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde kök yaş ağırlığına etkisi

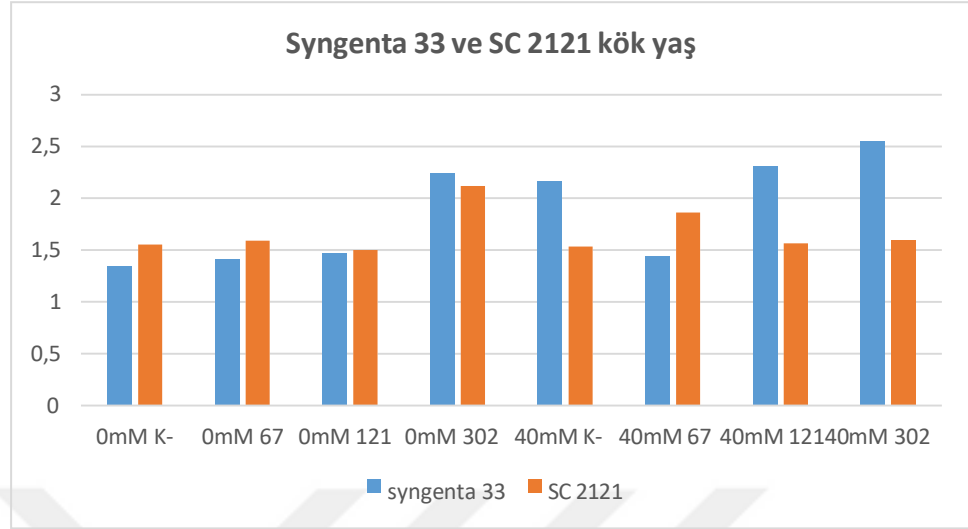
Domates çeşidi	İzolasyon no	Birinci deneme kök yaş ağırlık (g) sonuçları*		İkinci deneme kök yaş ağırlık (g) sonuçları*		İki denemenin ortalaması*	
		0mM	40mM NaCl	0mM	40mM NaCl	0mM	40mM NaCl
Syngenta 33	K-	1,160 ab**	1,536 ab**	1,526 de**	2,800 ab**	1,343	2,168
	67	1,532 ab	0,904 b	1,290 e	1,976 bcde	1,411	1,440
	121	1,252 ab	1,978 a	1,680 de	2,640 abc	1,466	2,309
	302	1,374 ab	2,062 a	3,112 a	3,036 a	2,243	2,549
SC 2121	K-	1,276 ab	0,862 b	1,832 cde	2,210 abcde	1,554	1,536
	67	1,246 ab	1,792 ab	1,936 bcde	1,932 bcde	1,591	1,862
	121	1,358 ab	1,492 ab	1,644 de	1,642 de	1,501	1,567
	302	1,462 ab	0,876 b	2,774 ab	2,314 abcd	2,118	1,595

\*Değerler her birinde 1 bitki bulunan 5 tekrür ortalamasıdır

\*\* Duncan test sonucuna göre aynı harfi taşıyan değerler P=0.05 olasılıkla birbirinden farklıdır.

Kök yaş ağırlık değerlerinin iki deneme ortalamasına bakıldığında ; uygulama görmemiş negatif kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında tüm bakteri uygulamaları, her iki domates çeşidinde tuz stresi varlığında kök yaş ağırlığını artırmıştır (Tablo 4.7, Şekil 4.9). Tuzluluk stresi altında, bakteri uygulamaları SC2121 domates çeşidinde oranla, Syngenta 33 çeşidinde negatif kontrolden daha

iyi kök biyoması oluşturmuş, en başarılı bakteri uygulamasının 302 nolu uygulama olduğu saptanmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde kök yaş ağırlığına etkisi (değerler 2 denemenin ortalamasıdır)

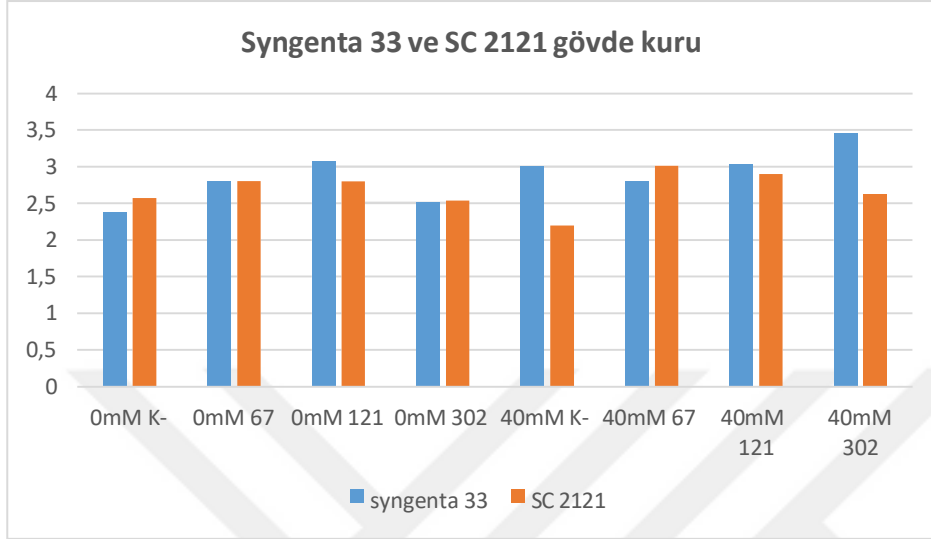
Tablo 4.8. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde gövde kuru ağırlığına etkisi

Domates çeşidi	İzolasyon no	Birinci deneme gövde kuru ağırlık (g) sonuçları*		İkinci deneme gövde kuru ağırlık (g) sonuçları*		İki denemenin ortalaması*	
		0mM	40mM NaCl	0mM	40mM NaCl	0mM	40mM NaCl
Syngenta 33	K-	2,922 abcd**	2,968 abcd**	1,846 d**	3,036 ab**	2,384	3,002
	67	3,402 abc	2,564 cde	2,206 cd	3,028 ab	2,804	2,796
	121	3,586 ab	2,934 abcd	2,556 abc	3,146 a	3,071	3,040
	302	2,426 de	3,730 a	2,590 abc	3,188 a	2,508	3,459
SC 2121	K-	2,746 bcde	2,014 e	2,392 bcd	2,376 bcd	2,569	2,195
	67	3,464 abc	3,404 abc	2,140 cd	2,622 abc	2,802	3,013
	121	3,242 abcd	3,356 abc	2,356 bcd	2,438 bcd	2,799	2,897
	302	3,078 abcd	2,766 bcde	1,992 cd	2,470 bcd	2,535	2,618

\*Değerler her birinde 1 bitki bulunan 5 tekerrür ortalamasıdır

\*\* Duncan test sonucuna göre aynı harfi taşıyan değerler P=0.05 olasılıkla birbirinden farklıdır.

Gövde kuru ağırlık değerlerinin iki deneme ortalamasına bakıldığında ; uygulama görmemiş negatif kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında Syngenta33 domates çeşidinde tuz stresi varlığında 121 ve 302 nolu bakteri uygulamaları gövde kuru ağırlığını artırmıştır (Tablo 4.8 ; Şekil 4.10). Genel olarak, en başarılı bakteri uygulamaların 121 ve 302 nolu uygulamalar olduğu dikkati çekmiştir.



Şekil 4.10. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde gövde kuru ağırlığına etkisi (değerler 2 denemenin ortalamasıdır)

Tablo 4.9. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde kök kuru ağırlığına etkisi

Domates çeşidi	İzolasyon no	Birinci deneme kök kuru ağırlık (g) sonuçları*		İkinci deneme kök kuru ağırlık (g) sonuçları*		İki denemenin ortalaması*	
		0mM	40mM NaCl	0mM	40mM NaCl	0mM	40mM NaCl
Syngenta 33	K-	0,238 c**	0,250 c**	0,204 bc**	0,330 abc**	0,221	0,290
	67	0,304 c	0,202 c	0,148 c	0,272 abc	0,226	0,237
	121	0,346 bc	0,316 c	0,198 bc	0,328 abc	0,272	0,322
	302	0,224 c	1,060 a	0,376 ab	0,364 ab	0,300	0,712
SC 2121	K-	0,274 c	0,324 c	0,200 bc	0,250 bc	0,237	0,275
	67	0,376 bc	0,372 bc	0,198 bc	0,226 bc	0,287	0,299
	121	0,382 bc	0,366 bc	0,182 bc	0,196 bc	0,282	0,281
	302	0,294 c	0,670 b	0,290 abc	0,470 a	0,292	0,570

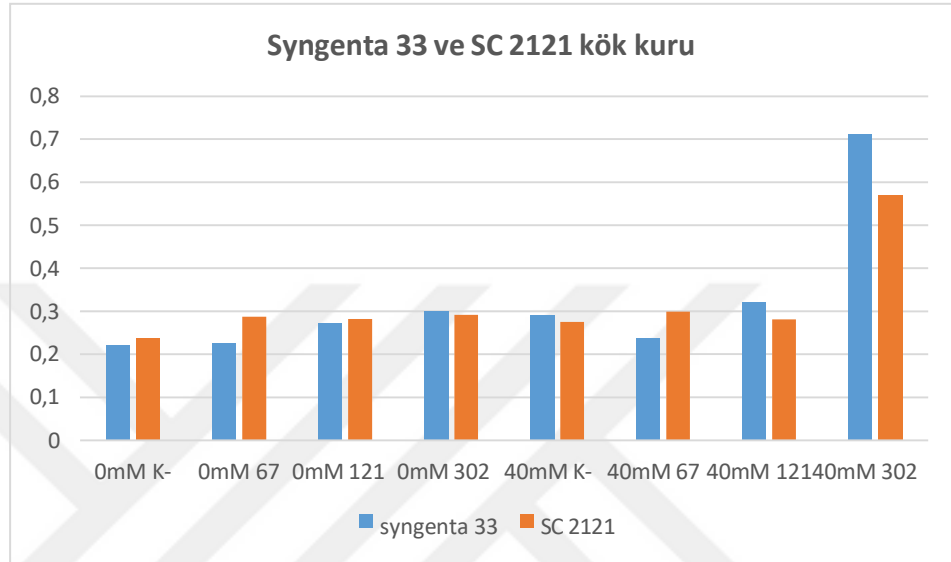
\*Değerler her birinde 1 bitki bulunan 5 tekrür ortalamasıdır

\*\* Duncan test sonucuna göre aynı harfi taşıyan değerler P=0.05 olasılıkla birbirinden farklıdır.

Kök kuru ağırlık değerlerinin iki deneme ortalamasına bakıldığında ; uygulama görmemiş negatif kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında tüm bakteri uygulamaları, her iki domates çeşidinde de tuz stresi varlığında 302 nolu bakteri

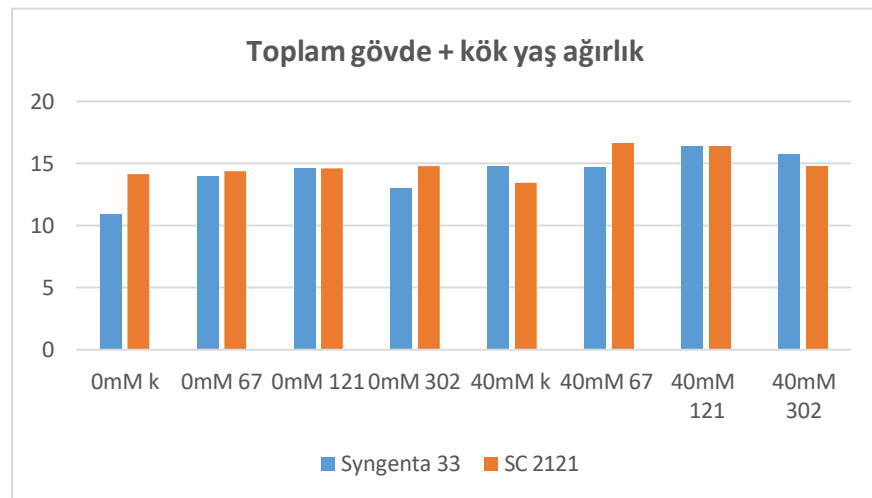
uygulaması kök kuru ağırlığını artıran en başarılı uygulama olmuştur (Tablo 4.9 ; Şekil 4.11).

Genel olarak bakıldığında ; tuz stresi altındaki domates bitkilerinde bakteri uygulamaları bitki kuru ağırlığını (kök + gövde) artırma konusunda tuza tolerant çeşit olarak seçilen Syngenta33'de hassas domates çeşidi olan SC2121 'e oranla daha başarılı bulunmuştur.



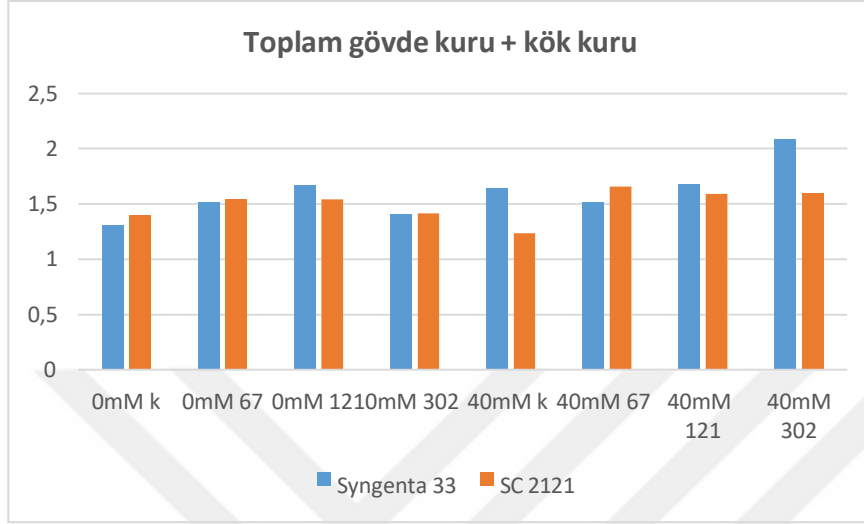
Şekil 4.11. Bakteri uygulamalarının tuz stresi altındaki domates çeşitlerinde kök kuru ağırlığına etkisi (değerler 2 denemenin ortalamasıdır)

*In vivo* denemelerden elde edilen sonuçlar toplam ortalama bitki biyoması olarak da değerlendirilmiştir. Şekil 4.12'da tuzluluk stresi altındaki bitkilerde elde edilen ortalama toplam yaş ağırlık (kök + gövde) değerleri ; Şekil 4.13'de ise ortalama toplam kuru ağırlık değerleri birlikte görülmektedir.



Şekil 4.12. Bakteri uygulamalarının tuz stresi varlığında ve yokluğunda toplam bitki yaş ağırlığına etkisi

Şekil 4.12'deki verilerden ; bakteri uygulamalarının tuzluluk stresi altındaki bitkilerde toplam bitki yaş ağırlığı (kök+gövde) üzerine tuz stresi yokluğundaki bitkilerden daha olumlu etki yaptıdır. Tuz stresi altındaki bitkilerde bitki yaş ağırlığı üzerine her iki domates çeşidinde de 3 bakteri uygulaması da etkili bulunmuştur.



Şekil 4.13. Bakteri uygulamalarının tuz stresi varlığında ve yokluğunda toplam bitki kuru ağırlığına etkisi

Bakteri uygulamalarının tuz stresi varlığında ve yokluğunda toplam bitki kuru ağırlığına etkisine bakıldığında (Şekil 4.13) ; 302 nolu bakteri uygulamasının 40mM tuz stresi varlığında uygulama görmemiş kontrol bitkilerine oranla bitki kuru ağırlığını artırdığı, bunu 121 ve 67 nolu izolatların izlediği dikkati çekmektedir.

#### 4.5. Tuza tolerans gösteren bakteri izolatlarının moleküler tanı sonuçları

*In vitro* ve *in vivo* denemelere (PGPR aktivite ve tuz stresi) göre seçilen 3 adet bakteri izolatının moleküler tanısında 16s rRNA hedef bölgesine göre dizayn edilmiş, universal primer çiftleri kullanılmıştır (Hodkinson ve Lutzoni 2009). Elde edilen PCR ürünleri sekans analizine gönderilmiş ve sekans sonuçları NCBI veri tabandaki bilgiler ile karşılaştırılarak bakteri izolatları tanılanmıştır. Sekans sonucunda, 302 numaralı izolatın bu tez çalışmasında tuz stresine karşı en etkili olduğu bulunmuş, bunu sırasıyla 121 numaralı izolat ve ardından 67 numaralı izolat takip etmiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Tez çalışmasında tuzluluk stresine karşı başarılı bulunan bakteri izolatlarının sekans analizi sonuçları

İzolat kodu	Türü / izolat no	NCBI erişim numarası
FO67	<i>Pantoea ananatis</i> strain KD20/2	PQ009206
FO121	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> strain KD40/2	PQ009214
FO302	<i>Pantoea vagans</i> strain KD120/1	PQ009608

## 5. TARTIŞMA

Endofitler, sağlıklı bitkilerin iç dokularını kolonize eden genellikle zararsız mikroorganizmalardır. Bitki büyümesini teşvik etmelerinin yanında bitkilerdeki biyotik ve abiyotik streslerle başa çıkma ve tolere etme konusunda da başarılı bulunmaktadır (Vaishnav et al., 2019). Bitkilerde biyotik ve abiyotik stresle başa çıkmada bakteriyel endofitlerden yararlanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, abiyotik stres kaynağı olarak tuzluluk seçilmiş ve laboratuvar stoklarımızda bulunan ve IAA üretme, siderofor salgılama, fosfatı parçalama, ACCD<sup>+</sup> gibi *in vitro* bitki gelişimin artırma parametreleri açısından başarılı bulunan bakteri izolatları *in vitro* ve *in vivo* testlerle domateste tuzluluk stresine karşı denenmiştir.

Özellikle NaCl'ün 40mM'lık konsantrasyonunun bitki gelişimi için olumsuz etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Aamir et al., 2020; Sahab et al., 2021). Bu tez çalışmasında tuz stresine karşı denenilen ve seçilen bakteri izolatları *in vitro* testlerde 1500mM, *in vivo* saksı testlerinde ise 40mM konsantrasyonda bir tuz stresine maruz bırakıldığında bitki gelişimini yaş ve kuru ağırlık olarak bakteri uygulaması görmemiş kontrol bitkilerine oranla artırmayı başarmıştır. Bu doz seviyesinin *in vivo* testler için uygun olduğu bu çalışmayla teyit edilmiştir.

Bitki biyokütlesini ve stres toleransını arttırmak için ACC deaminaz üreten bakterilerden yararlanılmaktadır. Bitkilerden tuz stresinin neden olduğu etilen emisyonu, ACC deaminaz (ACCD) aktivitesi olan bakterilerin aşılmasıyla azaltılabilir. Bu bakteriler Tuz stresi altındaki bitki hücresinde etilen emisyon yolunun düzenlenmesi yoluyla tuzun neden olduğu apoptozu (planlı hücre ölümü) kısıtlayarak ve bitkide yaşlanmayı geciktirerek fizyolojik, biyokimyasal ve genetik yoldan stres gidermede işe yaramaktadır (Choudhury et al., 2023). ACCD<sup>+</sup> çok yönlü bitki büyümesini teşvik eden PGPB'ler pirinç köklerinde hücre canlılığının arttırılmasında yaşlanmayla ilişkili protein (SAP) mRNA ekspresyonu, ACCD enzimiyle koordineli biçimde yukarı doğru düzenlenmiştir. Böylece, PGPB tarafından Etilen emisyonu düzenlenerek stresin hafifletilmesi sağlanmakta ve apoptozun kısıtlanması yoluyla bitki biyokütlesinin arttırılmasında merkezi rol oynamaktadır. Bu sonuçlar, laboratuvar stoklarımızdan seçilen ve domates bitkisinde yaratılan tuzluluk stresine karşı *in vitro* ve *in vivo* testlerde en başarılı bulunan 67 nolu ve KD 20/2 kodlu P. ananatis, 121 nolu KD 40/2 kodlu A. calcoaceticus ve 302 nolu KD 120/1 kodlu P. vagans bakteri izolatlarının ACCD<sup>+</sup> özelliklerinin belirgin olması, 400 ppm'in üzerinde IAA salgılaması ve siderofor salgılama özelliklerinin bulunması nedeniyle, tuzluluk stresine karşı bu özelliklerin doğru seçme kriterinin olduğunu kanıtlamıştır.

Sonuç olarak; özellikle, bakteriyel izolatların ACCD<sup>+</sup>, siderofor salgılama, IAA üretme ve kaya fosforunu parçalama gibi *in vitro* PGPR özellikleri tuzluluk stresine karşı başa çıkma konusunda iyi birer seçme kriteri olmuştur.

Bitki büyümesini teşvik eden bir bakteri olan *Pseudomonas entomophila* PE3, farklı tuz konsantrasyonu altında ekzopolisakkarit (EPS) üretimi açısından test edilmiştir. EPS'nin karbonhidrat, protein ve fenolik içerikleri %2'de maksimum, %8 NaCl konsantrasyonunda minimumdur. Gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) analizi, EPS'nin olağandışı koşullarda ve tuzluluğa maruz kaldığında değiştiğini göstermiştir. Tüm tuz konsantrasyonlarında EPS'de melezitoz ( $\alpha$ -D glikoz ve  $\beta$ -D fruktoz) zirveleri göstermiştir. %2 NaCl'de ekstrakte edilen EPS'de ilave şekerlerin ( $\alpha$ -D glukoz ve  $\alpha$ -D galaktoz) rapor edildiği belirtilmiştir (Tahmish and Naveen, 2023). EPS'nin tuz toleransı özelliklerinin sergilenmesi, polimerin 'stres molekülü' olduğunu daha da doğrulamıştır. Çalışma ayrıca bu bakteri izolatının ve EPS'in tek başına uygulanmasının tuz stresine maruz kalan ayçiçeği bitkilerinin saksı koşullarında tuza tolerans özelliklerini teşvik ettiğini ve onların uygun olmayan koşullar altında hayatta kalmalarını sağladığını, büyüme ve verimliliğinde önemli iyileşmelere neden olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada da tuz stresine karşı etkili bulunan bakteri izolatları arasında EPS üretimi ile bilinen *Pantoea* grubu bakteri izolatlarının olması bu hipotezi destekleyici bulunmuştur.

Tuz stresi bitki büyümesini engelleyen ve ürün verimini kısıtlayan önemli bir faktördür. Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR)'in tuz stresi altındaki marul üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, bitki rizosferindeki tuza dayanıklı ve büyümeyi teşvik eden bakteri *Bacillus velezensis* JB0319 'in farklı NaCl konsantrasyonlarına (0, 50, 100, 150 mM) sahip topraklara ekilen marulun büyümesine, SOD aktivitesine, ozmotik dengeye ve rizosfer bakteri topluluğu üzerindeki etkilerine bakılmıştır. *B. velezensis* JB0319 ile tohum bakterizasyonu ve kök içirme uygulaması marulun gövde uzunluğunu, kök uzunluğunu ve gövde biyokütlesini, SOD, POD aktivitesini ve ozmotik düzenleme maddesi olarak çözünür şekerlerin ve proteinlerin birikimini artırmıştır (Bai et al., 2023). En önemlisi, *B. velezensis* ile tohum ya da toprağa içirme uygulaması marulun rizosferindeki bakteri topluluğunun yapısını da değiştirmiştir. *B. velezensis* aşılmasının marulun daha fazla azot fikse eden bakterinin popülasyonunun artmasına yardımcı olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, *B. velezensis* uygulamasının marul üzerindeki tuz stresinin bitki gelişimini engelleyici etkisini hafifletebileceğini ve marul büyümesini destekleyebileceğini göstermiştir (Bai et al., 2023). Bu tez çalışmasında *in vivo* koşullarda yaratılan 40mM tuz stresine karşı denenen bakteriler de tohum bakterizasyonu ve kök içirme uygulaması biçiminde uygulandığında tuz stresine karşı bitki gelişimini teşvik etme konusunda başarılı bulunmuştur. Bu uygulama yönteminin tuz stresine karşı bakterilerin sisteme verilmesinde önerilebileceği düşünülmüştür.

Artan çevre sorunları ve küresel açlık, strese dayanıklı ürün çeşitlerinin geliştirilmesinde genetik mühendisliği ve diğer geleneksel bitki yetiştirme yaklaşımlarının geliştirilmesine ve benimsenmesine yol açmıştır. Ancak, bu tür streslere dayanıklı çeşitlerin üretilmesi süreci teknolojiyi laboratuvardan tarlaya getirmek için aylar hatta yıllar almaktadır. Böyle bir senaryoda, bakteri kullanımına olanak tanıyan sürdürülebilir ve iklim açısından akıllı tarım uygulamaları, küresel nüfusun sürekli gıda talebini karşılamanın yollarını açmaktadır. Bakteriler  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  ve yüksek afiniteli potasyum taşıyıcılarının

ifadesini kontrol etmenin yanı sıra iyonları ekzopolisakkarit matrislerinde hapsederek bitki tuz alımını en aza indirir (Bhat et al., 2020). Bu mekanizma tez çalışmasındaki bakteriyel izolatların başarısını açıklamaya yardımcı olabilir.

Abiyotik stres olarak tuz stresi, hasara neden olabilen ve sonuç olarak ürünün büyümesini ve verimliliğini bozabilen sorunlardan biridir. Bu nedenle, çilekte NaCl'nin neden olduğu tuz stresinin morfolojik etkisini azaltmada büyümeyi teşvik eden bakterilerin etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces* sp., *Rhizobium* sp., *Enterobacter* sp. gibi bakteri izolatları 50 mM NaCl içeren toprakta 2 farklı çilek çeşidine uygulanmış ve bitki büyüme parametrelerine bakılmıştır. *Streptomyces* sp. bakterisi analiz edilen tüm fitoteknik parametrelerde pozitif olarak öne çıktı. Büyümeyi teşvik eden bakteriler, tuzluluğun çilek bitkileri üzerindeki etkilerini hafifletmiş, pigmentasyonu teşvik etmiş ve NaCl toksisitesi nedeniyle büyümeleri ve fotosentetik üretimleri tehlikeye girmemiştir (Sahab et al., 2021).

Lu et al (2021), çeltik köklerinden elde edilen ve tuza dayanıklı bulunan endofitik bakteriler arasından çeltik tohumlarında vigorite indeksini artıran, fosfat çözünürlüğü, indol-3-asetik asit üretimi, 1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit (ACC) deaminaz ve siderofor dahil olmak üzere birden fazla bitki büyümesini teşvik edici yeteneği nedeniyle seçilen *Pantoea ananatis* D1 izolatı, normal ve tuzlu koşullar altında çeltik kök ve sürgün büyümesini artırmış, ayrıca, tuz stresi altındaki çeltik fidelerinde klorofil, toplam çözünür protein ve prolin içeriğini önemli ölçüde artırmıştır. Sonuç olarak *P. ananatis* D1'in , çeltik fidelerinin tuza dayanıklılığını artırma yeteneğine sahip olduğu kanıtlanmıştır. Bu tez çalışmasında tuzluluk stresini başarıyla tolere eden ve sulanmayan tarım topraklarından elde edilen bakteriyel izolatlardan birisinin de moleküler tanılama sonunda *P. ananatis* olduğu anlaşılmıştır. Yürütülen tez çalışmasında, 67 nolu *P. ananatis* KD 20/1 izolatının yüksek düzeyde siderofor salgılaması, IAA ve ACCD<sup>+</sup> aktivitesi göstermesi nedeniyle, tuz stresi varlığında ve yokluğunda bitki gelişimini artırmıştır. Bu sonuçlar literatür verileriyle uyumludur. Böylece; *P. ananatis* izolatının tuzdan etkilenen topraklarda bitki büyümesini artırmak için etkili bir halotolerant PGPB olarak kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, ACCD, Siderofor üretimi, IAA aktivitesi vb ön eleme testlerine göre seçim yapılmasının isabetli olduğunu da göstermiştir.

Patel et al (2022) tarafından, tuz stresi altındaki topraklardan elde edilen rizosferik *Acinetobacter* sp RSC9'un tuz stresi altında şeker kamışı bitkisinin büyümesi üzerindeki etkisini incelemek için yürütülen bir çalışmada bu bakteri izolatının %1 ve %2 NaCl stres koşulları altında IAA üretebildiği, fosfat, potasyum ve çinkoyu çözebildiği ve atmosferik azotu fikse edebildiği ortaya konmuştur. Bitki büyümesini teşvik edici özellikler saptanan bu bakteri izolatı. %1 NaCl konsantrasyonunda tuz stresi yaratılan bir saksı denemesinde bitki büyüme parametrelerini pozitif kontrole kıyasla önemli ölçüde iyileşmiştir ve tuz stresinin hafifletilmesini sağlamıştır. %2 NaCl durumunda ise, daha yüksek tuz stresi nedeniyle uygulama görmemiş bitkilerde tohum çimlenmesi olmamış; ancak *Acinetobacter* sp RSC9 ile uygulama görmüş tohumlarda %100 çimlenme gözlenmiştir. Bu tez çalışmasında da 121 nolu *Acinetobacter* sp. benzer şekilde *in vitro* ve *in vivo* koşullarda tuz stresi altındaki domates bitkilerinde bitki büyüme

parametrelerini uygulama görmemiş bitkilere oranla belirgin biçimde artırmıştır. Bu sonuçlar, tuz stresine karşı uyguladığımız *in vitro* testlerin iyi birer eleme yöntemi olduğunu göstermektedir.

Sharavin (2021), tuzlu topraklardan elde ettiği *Pantoea* cinsine ait iki halotolerant bakteri izolatının IAA ürettiğini ve fosfatın çözünürlüğünü artırdığını saptamıştır. Bu bakteriler buğday tohumlarına inokule edilip %1 NaCl stresi altında yapılan deneylerde taze ağırlıktaki prolin konsantrasyonları kontrollerden 3 kat daha yüksek olmuş, protein içeriği ise uygulama görmemiş tuzlu kontroldeki toplam protein miktarından sırasıyla daha yüksek bulunmuştur. Tez çalışmasında tuz stresine karşı başarılı bulunan 2 *Pantoea* spp. İzolatının saptanması bu grup bakterilerin biyolojik mücadelede olduğu kadar tuz stresine karşı da başarıyla kullanılacaklarını göstermiştir.

Toprak tuzlanması bitki büyümesini ciddi şekilde engeller ve ürün veriminde ciddi düşümlere yol açar. Lu et al (2021), pirinç köklerinden elde ettikleri tuza dayanıklı endofitik bakterileri NaCl varlığında pirinç tohumlarının çimlenmesini teşvik etme yeteneği yönüyle testlediğinde *Pantoea ananatis* D1 izolatının en başarılı olduğunu; fosfat çözünürlüğü, IAA, ACC deaminaz ve siderofor üretimi dahil olmak üzere birden fazla bitki büyümesini teşvik edici özellik sergilediğini saptamıştır. *P. ananatis* D1 kök bölgesine çirime biçiminde uygulandığında; normal ve tuzlu koşullar altında pirinç kök ve sürgün büyümesini uygulama görmemiş kontrol bitkilerine kıyasla artırmış, ayrıca tuz stresi altındaki pirinç fidelerinde klorofil, toplam çözünür protein ve prolin içeriğini de önemli ölçüde artırmıştır. Böylece; *P. ananatis* D1'in, tuzluluk sorunu olan topraklarda pirinç büyümesini artırmak için etkili bir halotolerant PGPB olarak kullanılacağı belirtilmiştir (Lu et al., 2021). Bu tez çalışmasında tuzluluk stresini başarıyla tolere eden bakteriyel izolatlardan birisinin de moleküler tanımlama sonunda *P. ananatis* olduğu anlaşılmıştır. Kurak topraklardan elde edilen bu izolatın da, siderofor üretmesi, yüksek IAA üretmesi, ACCD aktivitesinin olması yapılan ön eleme testlerine göre seçim yapılmasının isabetli olduğunu göstermiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tuzluluk, küresel gıda güvenliği ve çevresel sürdürülebilirliği tehdit eden en yaygın ve önemli problemlerden biridir ve tahminler 2050 yılına kadar tüm ekilebilir arazilerin %50'sinin tuzluluktan etkileneceğini öngörmektedir. Tuzlanma verimli bir araziye çorak hale getirir; bitki örtüsünü ve tüm canlıları olumsuz olarak etkiler.

Tuzluluk stresine karşı bitki gelişimini artıran bakterilerin (PGPR) kullanımı umut vericidir. Bu bakteriler tuzlu toprağın aynı anda ıslahı ve verimliliğinin artırılması için uygundur.

Tuza dayanıklı bakteriler, bitkilerde tuz stresiyile başa çıkmak için fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler mekanizmaları kullanırlar. Bu mekanizmalar; iyon dengesini, osmotik basınç dengesini ayarlamayı, serbest radikalleri temizleyen enzimleri üreterek serbest radikallerde korunmayı ve oksidatif stresi içerir.

Bu çalışmada yararlı bakterilerden, özellikle, 302 nolu *P. vagans* izolatu 40 mM tuz konsantrasyonunda tuzluluğa hassas ve tolerant domates çeşitlerinde bitki yaş ve kuru ağırlığını, her iki deneme sonucunda, uygulama görmemiş pozitif kontrole (40 mM tuz stresi) oranla başarıyla artırmıştır. 121nolu *A. calcoaceticus* ve 67 nolu *P. ananatis* bakterilerinde de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Üstelik bu bakteriler tuz stresi altındaki bitkilerde bitki yaş ve kuru ağırlığını tuz stresi olmayan negatif kontrol bitkileri ile kıyaslandığında da artırmayı başarmıştır.

Bu stresle başa çıkmada çeşit dayanıklılığı da önemlidir ve bu tez çalışmasında farklı domates çeşitlerinin tuza reaksiyonu farklı olmuştur ve tuz stresiyile başa çıkmada dayanıklı çeşit seçimi önemli olabilir.

*In vitro* PGPR testleri tuza tolerant bakterilerin seçiminde anahtar rol oynayabilir. Bunlar arasında ACCD, siderofor ve IAA üretimi testlerinin önemi bu tez çalışmasında da kanıtlanmıştır.

Ayrıca, bu çalışmada denenen PGPR olarak nitelendirilen ve bitki gelişimini verimini artıran bu bakteriler sadece abiyotik strese karşı değil, bitki patojenleri ile biyolojik mücadelede ve bitki zararlısı böceklere karşı entomopatojen olarak da başarı göstermektedir. Entegre mücadele yaklaşımıyla bu bakterilerden birden fazla alanda yararlanılabilir.

Sonuç olarak bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin (PGPB) uygulanması, bitkinin abiyotik streslere karşı toleransını iyileştirmek için çevre dostu bir stratejidir. Bu çalışmada tuzluluk stresine karşı başarılı bulunan bakterilerin üretici koşullarında denenmesi ve etkili bulunanların uygun biyofarmulasyonlarının elde edilmesi tarımsal üretim açısından çok yararlı olabilir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

**Bai Y., Zhou Y., Yue T., Huang Y., He C., Jiang W., Liu H., Zeng H., Wang J.,** 2023, Plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus velezensis* JB0319 promotes lettuce growth under salt stress by modulating plant physiology and changing the rhizosphere bacterial community.

Environmental and Experimental Botany, 213: 105451.

**Bertrand, H., Nalin, R., Bally, R., Cleyet-Marel, J.C.** 2001. Isolation and identification of the most efficient plant growth-promoting bacteria associated with canola (*Brassica napus*). *Biol Fertil Soils*, 33, 152-156.

**Bric, M.J., Bostock, R.M., Silverstone, S.E.** 1991. Rapid in situ assay for indoleacetic acid production by bacteria immobilized on a nitrocellulose membrane. *Applied and Environmental Microbiology*. 555-538.

**Bhat M.A., Kumar V., Mudasir Ahmad, Bhat M. A., Wani I. A., Dar F.L., Farooq I., Bhatti F., Koser R., Rahman S., Jan A. T.,** 2020. Mechanistic insights of the interaction of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) with plant roots toward enhancing plant productivity by alleviating salinity stress. *Front. Microbiol.* 1.

**Bouchra,** (4 janvier 2023). Production mondiale de tomates en 2020. Hortimedia. Hortimedia - : l'actualité des fruits et légumes pour le Maroc. <https://hortimedia.ma/production-mondiale-de-tomates-en-2020>.

**Choudhury A. R, Trivedi P., Madhaiyan M., Choi J., Choi W., Park J., Walitang D. I., Sa T.,** 2023. ACC deaminase producing endophytic bacteria enhances cell viability of rice (*Oryza sativa* L.) under salt stress by regulating ethylene emission pathway.

Environmental and Experimental Botany, 213: 105411

**De Souza Ribeiro, M., Rodrigues, FA, de Araujo, RC et al.** Les bactéries favorisant la croissance induisent une tolérance au stress salin chez les plants de fraisiers. *J Plant Growth Regul* 42, 7606–7613 (2023).

**Dworking, M.F., Foster, J.** 1958. Experiments with some microorganisms which utilize ethane and hydrogen. *J.Bacteriol.* 75, 592-601.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

**Egamberdieva, Difuza et al.** “Impact of soil salinity on the plant-growth - promoting and biological control abilities of root associated bacteria.” *Saudi journal of biological sciences* vol. 24,7 (2017): 1601-1608. doi: 10.1016/j.sjbs.2017.07.004

**Fischer, G., F.N. Tubiello, H. van Velthuizen, and D.A. Wiberg,** 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990-2080. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 74, 1083-1107.

**Gopalakrishnan V, Burdman S, Jurkevitch E, Helman Y.** From the Lab to the Field: Combined Application of Plant-Growth- Promoting Bacteria for Mitigation of Salinity Stress in Melon Plants. *Agronomy*.2022;12(2):408.<https://doi.org/10.3390/agronomy12020408>

**Hajiabadi, A., Arani M., Etesami, H.,** 2022. Salt-tolerant genotypes and halotolerant rhizobacteria: a potential synergistic alliance to endure high salinity conditions in wheat. *Environ. Exp. Bot.* 202, 105033

**Hodkinson, B. & Lutzoni, F.,** 2009. A microbiotic survey of lichen-associated bacteria reveals a new lineage from the Rhizobiales. *Symbiosis* 49: 163–180.

**Kalefetoğlu, T. ve Ekmekçi, E.,** 2005. THE EFFECTS OF DROUGHT ON PLANTS AND TOLERANCE MECHANISMS. *G.U. Journal of Science* 18(4): 723-740.

**King, E. O., Ward, M. K., Raney, D. E.,** 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. *J. Lab. Clin. Med.* 44, 301-307.

**La Mauritanie ambitionne de développer sa production nationale en légumes** (15 octobre 2021). Les Panafricaines. <https://lespanafricaines.com/lnq/fr/2021/10/15/la-mauritanie-ambitionne-de-developper-sa-production-nationale-en-legumes>.

**Lelliot, R.A., Stead, D.E.,** 1987. Methods for Diagnosis of Bacterial Diseases of Plants. *Blackwll Scientific Publications*, 216 p.

**Lim, J., Kim, S.,** 2013. Induction of Drought Stress Resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in pepper. *Plant Pathology Journal*, 29(2), 201–208.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lu L., Chang M., Han X., Wang Q., Wang J., Yang H., Guan Q. and Dai S.,** 2021. Beneficial effects of endophytic *Pantoea ananatis* with ability to promote rice growth under saline stress. *Journal of Applied Microbiology* 131, 1919--1931
- Mayak, Shimon et al.** “Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress.” *Plant physiology and biochemistry : PPB* vol. 42,6 (2004): 565-72. doi:10.1016/j.plaphy.2004.05.009
- Medeiros, C A A, and W Bettiol.** “Multifaceted intervention of *Bacillus* spp. against salinity stress and *Fusarium* wilt in tomato.” *Journal of applied microbiology* vol. 131,5 (2021): 2387-2401. doi:10.1111/jam.15095
- Mishra, A., & Tanna, B.,** 2017. Halophytes : ressources potentielles pour les gènes et les promoteurs de tolérance au stress salin. *Frontières en sciences végétales*, 8.
- Naseri, Sheida et al.** “Rhizobacteria modify soil biological indices and induce tolerance to osmotic stress in tomato depending on the salinity level and bacteria species.” *Brazilian Journal of Microbiology* 53 (2022): 1473 - 1481.
- Patel P., Gajjar H., Joshi B., Krishnamurthy R., Amaresan N.,** 2022. Inoculation of Salt-Tolerant *Acinetobacter* sp (RSC9) Improves the Sugarcane (*Saccharum* sp. Hybrids) Growth Under Salinity Stress Condition. *Sugar Tech* 24(2):494–501
- Penrose, D.M., Glick, B.R.,** 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth promoting rhizobacteria. *Physiol. Plant.* 118:10-15.
- Ramadoss, D., Lakkineni, V.K., Bose, P., Ali S., and Annapurna, K.,** 2013. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by halotolerant bacteria isolated from saline habitats. *SpringerPlus* 2-6.
- Sahab, S., Suhani, I., Srivastava, V., Chauhan, P.S., Singh, R.P., Prasad, V.,** 2021. Potential risk assessment of soil salinity to agroecosystem sustainability: current status and management strategies. *Sci. Total Environ.* 764, 144164

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Sarma R. K. ve Saikia R.**, 2013. Alleviation of drought stress in mung bean by strain *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21. Plant Soil DOI 10.1007/s11104-013-1981-9.
- Schaad, N., Jones, J., Chun, W.**, 2001. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. 3. Baskı ed., *APS press*. 543p.
- Schwyn, B., Neilands, J.B.**, 1987. Universal chemical assay for detection and determination of siderophores. *Anal.Biochem.* 160, 47-56.
- Shrivastava, P. and Kumar, R.**, 2015. Soil Salinity: A Serious Environmental Issue and Plant Growth Promoting Bacteria as One of the Tools for Its Alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22, 123-131.
- Tahmish F., Naveen K. A.**, 2023. Structural, compositional characterization of novel exopolysaccharide from halotolerant strain of *Pseudomonas entomophila* PE3 and their role in growth promotion of sunflower under saline condition. *Environmental and Experimental Botany*, 213:105418.

## TEŞEKKÜR

Deęerli hocam Prof. Dr. Hatice ÖZAKTAN'a, deneyimlerini benimle paylaőtığı, fikirleri ve katkılarıyla rehberlik ettiği, değerli bilgi ve zamanını benimle paylaőtığı ve sabrıyla destek olduğu için derin Őükranlarımı sunmak istiyorum. Yüksek lisans sürecim boyunca bu önemli adımı atabilmem için kendisinin olmazsa olmaz desteği büyük önem taşıdı.

Yüksek lisansım süresince sürekli desteği ve değerli yardımları için Dr. Utku ŐANVER'e teşekkür ederim.

ÇalıŐmalarımını uygulama aŐamasında ve tezimi yazma aŐamasında yardımlarını esirgemeyen Zir. Müh. Gizem TOYGAR, Zir.Müh. Fatih PEKCAN, Zir. Müh. Pınar YILDIRIM ve Zir. Müh. El hacen MAGHA baŐta olmak üzere katkı sağlayan herkese teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi olarak her türlü desteği esirgemeyen babam Youssouf DIAGANA, annem Diouma KOITA, abim Mahamadou DIAGANA ve kız kardeŐim Fatimata DIAGANA'ya teşekkür ederim.

29 / 07 / 2024

İmzası

Fodié DIAGANA

## ÖZGEÇMİŞ

Fodié Youssouf DIAGANA, İlkokulu Kaédi'deki Soninké Okulu'nda tamamladı, ortaokulu Nouakchott'taki Arafat 2 Koleji'nde ve Excellence 2 Lisesi'nde, sınavla kazanarak tamamladı. Fen bilimleri alanında 2017 yılında lise diplomasını aldıktan sonra aynı yıl Moritanya'daki Rosso şehrinde, Yüksek Teknoloji Eğitim Enstitüsü'nde (ISET) üniversite eğitime başladı ve 2020 yılında Bitki Üretimi ve Koruma bölümünde (PPV) lisans derecesini çok iyi derece ile tamamladı. Yüksek lisansı kapsamında Türkiye devleti tarafından sağlanan burs ile Ege Üniversitesi'nde Bitki Koruma bölümünde kazandı ve halen eğitime devam etmektedir.

