





Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler: Bazı fasulye çeşitlerinin tarımsal karakterleri üzerine etkileri

Plant promoting bacteria: Effects on agricultural characteristics of some bean varieties

Barış YILDIRIM¹ , Mesude Figen DÖNMEZ¹ , Büşran SUNYAR¹ , İrfan ÇORUH² 

¹İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Iğdır, Türkiye.

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Erzurum, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p>Article history: Received / Geliş: 01.06.2023 Accepted / Kabul: 17.08.2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: PGPB <i>Phaseolus vulgaris</i> L. Verim</p> <p>Keywords: PGPB <i>Phaseolus vulgaris</i> L. Yield</p> <p>✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Mesude Figen DÖNMEZ sudefigen@hotmail.com</p>	<p>Bu çalışmada, bitki gelişimini teşvik eden bakteri (PGPB) strainlerinin Seyman ve Sarıkız fasulye çeşitlerinin bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma petri ve saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Petri denemesinde bakteri uygulamalarının fasulye tohumlarının çimlenmesine etkisi %1,5'lük agar içeren ortamda değerlendirilmiştir. Saksı denemesi, 3 farklı bakteri straini (<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> strain SY55, <i>Microbacterium esteraromaticum</i> strain SY48 ve <i>Rhizobium radiobacter</i> strain SK63), bakteri strainlerinin kombinasyonu (SY55+SY48+SK63), gübre ve negatif kontrol olarak 6 uygulamadan oluşmuştur. In vitro ortamda çeşitler ile uygulamaların interaksiyonunun ortalama çimlenme zamanı ve çimlenme hızı üzerine etkili olduğu görülmüştür. In vivo ortamda, Seyman ve Sarıkız fasulye çeşitlerinde bakteri uygulamalarının Seyman çeşidinde çıkış süresi (4,83 gün), kök uzunluğu (12,94 cm), gövde uzunluğu (35,71 cm), boğum sayısı 2,67 adet, gövde yaş ağırlığı (6,86 g) ve kök kuru ağırlığında (0,11 g), Sarıkız çeşidinde tohumların çıkış süresi (5,83 gün), kök uzunluğu (16,09 cm), yaprak sayısı (4,17 adet), boğum sayısını (3,33 adet) arttırdığı bulunmuştur. En etkili bakteri uygulamasının <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> strain SY55 olduğu tespit edilmiştir. Strainlerin bitki gelişimini teşvik etmede rol alan bazı spesifik özellikleri (katalaz, siderofor, ACC deaminaz ve indol asetik asit üretimleri) belirlenmiştir.</p>
<p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz.</p> <p>© Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd</p> <p>This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p> <p> </p>	<p>ABSTRACT</p> <p>In this study, the effects of plant growth promoting bacterial (PGPB) strains on some growth parameters of Seyman and Sarıkız bean varieties were investigated. The study was carried out as a petri dish and pot experiment. In the petri experiment, the effect of bacterial applications on the germination of bean seeds was evaluated in a medium containing 1.5% agar. The pot experiment consisted of 6 applications: 3 different bacterial strains (<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> strain SY55, <i>Microbacterium esteraromaticum</i> strain SY48 and <i>Rhizobium radiobacter</i> strain SK63) combination of 3 bacterial strains (SY55+SY48+SK63), fertilizer and negative control. It was observed that the interaction of cultivars and applications in vitro was effective on average germination time and germination rate. In vivo, emergence time of bacterial applications (4.83 days), root length (12.94 cm), stem length (35.71 cm), number of nodes (2.67), stem fresh weight (6.86 g) in Seyman variety and root dry weight (0.11 g), emergence time of seeds (5.83 days), root length (16.09 cm), number of leaves (4.17), number of nodes (3.33) in Sarıkız variety was found to increase. It was determined that the most effective bacterial application was <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> strain SY55. Some specific properties of strains (catalase, siderophore, ACC deaminase and indole acetic acid production) that play a role in promoting plant growth were determined.</p>
<p>Cite/Atıf</p>	<p>Yıldırım, B., Dönmez, M.F., Sunyar, B., & Çoruh, İ. (2023). Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler: Bazı fasulye çeşitlerinin tarımsal karakterleri üzerine etkileri. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i>, 28 (3), 616-632. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1307958</p>

GİRİŞ

Yemelik tane baklagiller içerisinde yer alan fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) dünya genelinde çok fazla üretim ve ekim alanına sahip olması ile ülke ekonomisi için büyük önem taşımaktadır (Sağlam ve ark., 2005). Fasulye insan ve hayvan beslenmesinin yanı sıra Rhizobium bakterileri ile olan etkileşimi yoluyla hektar başına 160 kg'dan fazla atmosferik nitrojeni fikse ederek toprak verimliliğini artırmaktadır (Beshir ve ark., 2015). Bu yönüyle her bir baklagil bitkisi kimyasal gübrenin küçük ölçekli bir fabrikası olarak kabul edilmekte, tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliğinde önemli rol oynamaktadır (Chekanai ve ark., 2018).

Azot (N) ve fosfor (P), bitki gelişimini en sınırlayıcı besin maddeleri arasındadır ve noksanlıkları verimin düşmesine neden olmaktadır (Collavino ve ark., 2010). Verimi yükseltmek için yapılan aşırı kimyasal gübre uygulaması ise üretim maliyetini artırmakta (Graham & Vance, 2002), toprak yapısına zarar vermekte, biyoçeşitliliği azaltmakta, çevre kirliliğine neden olmakta, gıda güvenliği konusunda endişe yaratmakta, bitki, hayvan ve insan sağlığını tehdit etmektedir (Amani Machiani ve ark., 2018). Bu nedenlerden dolayı tarım alanlarında toprak verimliliğini koruyarak bitki gelişimini destekleyen ve ürün kalitesinin artırılmasına yardımcı olan biyolojik uygulamalar önem kazanmaktadır (Prasad ve ark., 2019; Bechtaoui ve ark., 2020). Son yıllarda tarımsal üretimin ve çeşitli stres faktörlerine karşı bitkilerin toleransının artırılmasında bitki gelişimini teşvik eden bakteriler (PGPB) başarıyla kullanılmaktadır (Nadeem ve ark., 2010; Sülü ve ark., 2016; Mahmood ve ark., 2022).

Bakteriler azot bağlayarak, fosfor ve diğer bazı ağır metalleri çözerek bitkiler için yararlı formlara dönüştürmektedir (Barea & Richardson, 2015; Kumari ve ark., 2018). Birçoğu pirolnitritin, fenazinler, 2,4-diasetilfloroglusinol, tensin ve viskozinamid gibi antimikrobiyal maddeler (Ahemad & Kibret, 2014), HCN (Blumer & Hass, 2000) ve siderofor (Shen ve ark., 2013; Kara & Soylu, 2022) üreterek patojen gelişimini baskılayan biyokontrol etmenleri olarak işlev görmektedir. PGPB strainleri biyofilm ve ekzopolisakkarit üretme yetenekleri ile çeşitli stres koşullarında (tuzluluk, kuraklık vb.) bitki büyümesini iyileştirmektedir (Sandhya ve ark., 2009; Kasım ve ark. 2016; Mohammed, 2018). PGPB'ler tarafından üretilen indol asetik asit, gibberellik asit ve sitokininler gibi farklı fitohormonlar bitkinin tohum çimlenmesini, kök yüzey alanını, uzunluğunu ve sayısını artırarak bitki gelişimini teşvik etmektedir (Spaepen & Vanderleyden, 2011). Bazı PGPB'ler sahip oldukları ACC deaminaz ile ACC'yi amonyak ve a-ketobutirata hidrolize ederek bitkideki etilen seviyelerini düşürmekte ve stres faktörlerinin olumsuz etkisinin giderilmesini sağlayarak bitki gelişimi ve verimini önemli ölçüde arttırmaktadır (Yang ve ark. 2009; Saleem ve ark., 2018). Ayrıca bitkideki antioksidan enzim aktivitesini artırmaları, sistemik olarak dayanıklılığı uyarmaları (Munees & Mohammad, 2011) ve pestisit parçalanması (Ahemad & Kibret, 2014) gibi etkilerinden dolayı da bitki sağlığını desteklemektedirler. Bu konuda tarımsal ekosistemlerin devamlılığını ve verimliliğini sağlayacak bakteri strainlerinin seçimi oldukça önem taşımaktadır.

Bu çalışmada çeşitli bitkilerden izole edilen bitki gelişimini teşvik eden bakteri (PGPB) strainlerinin Seyman ve Sarıkız fasulye çeşitlerinin bazı büyüme ve gelişim karakterleri üzerine etkisinin araştırılması ve strainlerin bitki gelişiminin artışında rol oynadığı varsayılan etki mekanizmalarından bazılarının in vitro koşullarda belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada kullanılan bitki çeşitleri ve bakteri strainleri

Çalışmada Seyman ve Sarıkız isimleriyle Türkiye'de tescil edilmiş fasulye çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada yer alan üç bakteri straini (*Stenotrophomonas maltophilia* strain SY55, *Microbacterium esteraromaticum* strain SY48 ve *Rhizobium radiobacter* strain SK63) 2017-FBE-A26'nolu Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi kapsamında elde edilen strainler arasından seçilmiştir (Yılmaz ve ark., 2020). Strainlere ait bazı bilgiler Çizelge 1'de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bakteri strainlerine ait bazı bilgiler (Yılmaz ve ark., 2020)

Table 1. Some information about the bacterial strains used in the study (Yılmaz et al., 2020)

BAKTERİ STRAİNLERİ	İZOLE EDİLDİĞİ BİTKİ	A	P	Ka	F	HR
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> strain SY55	<i>Xanthium spinosum</i> (Yaprak)	-	-	-	+	-
<i>Microbacterium esteraromaticum</i> strain SY48	<i>Xanthium spinosum</i> (kök)	+	K ⁺	+	+	-
<i>Rhizobium radiobacter</i> strain SK63	<i>Veronica chamaedrys</i> L. (kök)	+	-	-	K ⁺	-

A: Azot fikse etme özelliği, P: Potasyum çözme özelliği, Ka: Kalsiyum kullanma özelliği, F: Fosfor çözme özelliği, HR: Tütünde aşırı duyarlılık testi K+: Kuvvetli pozitif sonuç, +: Pozitif sonuç, -: Negatif sonuç

Bakteri solüsyonlarının hazırlanması

Bakteri strainleri -80°C'de muhafaza edilen stok kültürlerinden alınarak Nutrient agar (NA) besi ortamında 48 saat süreyle 27°C'ye ayarlı inkübatörde gelişmeleri için inkübasyona bırakılmıştır. Gelişen bakteri kültürlerinden bir öze dolusu alınarak Nutrient broth (NB) besi ortamına aktarılmış ve solüsyon bir gece çalkalayıcıda (140 rpm) inkübe edilmiştir. Inkübasyon sonrası solüsyonunun konsantrasyonu steril distile su (sdH₂O) ile 107 CFU ml⁻¹ olacak şekilde turbidimetre ile ayarlanmıştır.

Tohum dezenfeksiyonu ve bakterizasyonu

Fasulye çeşitlerine ait tohumlar %70'lik etil alkol içerisinde 5 dakika bekletilmiş, ardından sdH₂O ile yıkandıktan sonra %5'lik NaOCl'de 3 dk bekletilmiştir. Bu süre sonunda tohumlar sdH₂O ile durularak kurumaya bırakılmıştır. Dezenfekte edilen tohumlar bakterizasyon işlemi için 107 CFU ml⁻¹ konsantrasyonunda sukroz içeren bakteri solüsyonları içerisine bırakılmış ve 120 rpm'de 2 saat çalkalayıcıda inkübasyona bırakılmıştır.

Bakteri uygulamalarının tohum çimlenmesine etkisi

Bakteri uygulamalarının fasulye tohumlarının çimlenmesine etkisi %1.5'lük agar ortamında 25±0.5°C'de test edilmiştir. Her bir petri kutusuna dezenfeksiyonu yapılmış 20 tohum bırakılmış ve çalışma 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çimlenen tohumlar her gün aynı saatte sayılmıştır. Kökçük 10 mm'ye ulaştığında tohum çimlenmiş olarak kabul edilmiş ve ortamdaki uzaklaştırılmıştır (Goertz & Coons, 1989; Elkoca, 1997). Çimlenme tamamlandıktan sonra çimlenme hızı (çimlenen tohum sayısı çimlenmenin gerçekleştiği gün sayısına oranlanarak bulunmuştur), çimlenme oranı (Eşitlik 1) ve ortalama çimlenme zamanı (Eşitlik 2) aşağıda belirtilen formüller yardımıyla hesaplanmıştır (Murillo-Amador ve ark., 2002; Kaya ve ark., 2005; Yıldırım & Güvenç, 2006). Ortalama çimlenme zamanı formülünde f; sayım gününde çimlenen tohum sayısını ve x; sayım yapılan gün sayısını ifade etmektedir.

$$\text{Çimlenme oranı (\%)} = \frac{\text{Çimlenen tohum sayısı} \times 20}{100} \quad \text{Eq.(1)}$$

$$\text{Ortalama Çimlenme Zamanı (gün)} = \frac{\sum (fx)}{\sum f} \quad \text{Eq.(2)}$$

Saksı denemesi

Saksı denemesi üç bakteri straini (*Stenotrophomonas maltophilia* strain SY55, *Microbacterium esteraromaticum* strain SY48 ve *Rhizobium radiobacter* strain SK63), strainlerin kombinasyonu (SY45+SY48+SK63), gübre (saksı başına 50 ppm N, 250 ppm K ve 100 ppm P) ve negatif kontrol (sdH₂O) olmak üzere 6 uygulama ile 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür (Şekil 2). Her bir uygulama için saksılara 6 adet fasulye tohumu ekilmiş ve çıkıştan sonra seyreltme yapılarak 3 bitki bırakılmıştır. Bakteri uygulaması tohuma ve gerçek yapraklar çıktıktan bir hafta sonra bitkilere sprey şeklinde uygulanmıştır (Şekil 1). Tohumların çıkış süresi kaydedilmiştir. Çıkış süresi (Eşitlik 3) aşağıda belirtilen

formül yardımı ile hesaplanmıştır. Formülde MGT; ortalama çıkış süresini, f; çıkan tohum sayısı, ve x; çıkış gününü ifade etmektedir.

$$MGT = \frac{\sum(fx)}{\sum f}$$

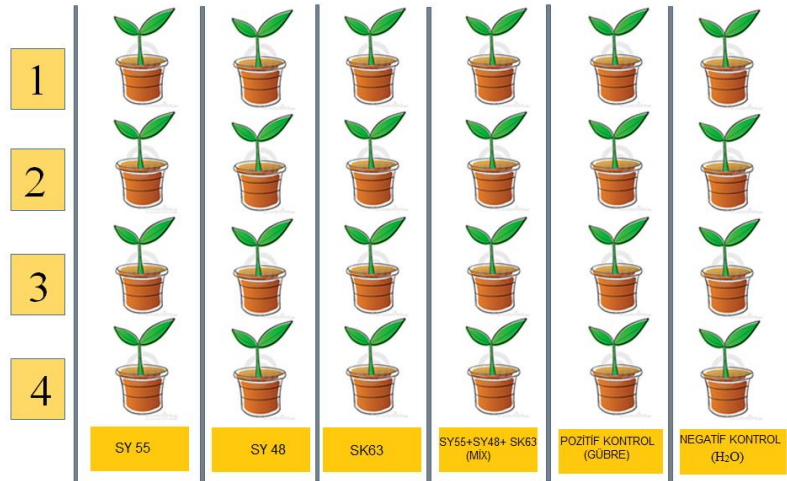
Eq.(3)

Bitkiler 1 ay sonra sökülüş ve uygulamaların bitki boyu, yaprak sayısı, ana gövdedeki boğum sayısı, toprak üstü yaş ağırlığı, toprak üstü kuru ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kuru kök ağırlığı belirlenmiştir. Kjeldahl yöntemi ile azot oranı tespit edilmiştir (Kacar, 1972). Belirlenen azot miktarı 6.25 katsayısı ile çarpılarak ham protein oranı % olarak hesaplanmıştır (Bremmer, 1965).



Şekil 1. Tohum ve bitkilere bakteri inokülasyonu

Figure 1. Bacterial inoculation into seeds and plants



Şekil 2. Deneme deseni

Figure 2. Experimental design

Verilerin değerlendirilmesi

In vitro ortamda, Seyman ve Sarıkız çeşitlerinde çimlendirme testi sonucu elde edilen verilerin varyans analizine uygunluğu Kolmogorov-Smirnov tek örnek testi ile belirlenmiştir ($p>0.05$). Levene Homojenlik testiyle varyansların homojenliği tespit edilmiştir ($p>0.05$). Ortalama çimlenme zamanı ve çimlenme hızı için interaksiyon etkisi önemli bulunmuştur ve gruplar arasındaki farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma testi belirlenmiş, gruplar arasındaki farklılıklar farklı harflerle ifade edilmiştir.

Bakteri strainlerinin etki mekanizmalarının belirlenmesi

Katalaz testi

Katalaz enziminin varlığı Klement ve ark. (1990)'ın belirttiği yöntemle yapılmıştır. NA besi ortamında 24-48 saat geliştirilen bakteri kültüründen alınan koloniler lam üzerine bırakılmış ve %70'lik H₂O₂ solüsyonundan ilave edilmiştir. Gözlenen kabarcık oluşumu katalaz pozitif olarak kaydedilmiştir.

1-Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase aktivitesi

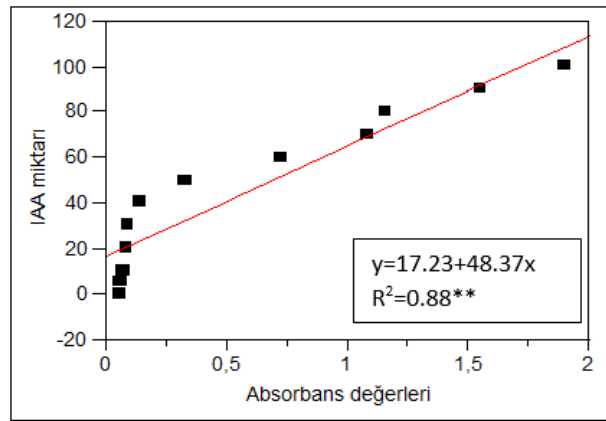
Bakteri strainlerinin ACC deaminaz aktivitesi Penrose & Glick (2003) yöntemine göre belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan PGPB strainlerinin Dworkin-Foster (1958) minimal tuz içeren besi ortamına çizgi ekimle inokule edilmiştir. ACC içeren besi ortamında bakteri gelişimi ACC deaminaz pozitif olarak değerlendirilmiştir.

Siderofor üretiminin belirlenmesi

Bakteri strainlerinin siderofor üretimi Blue-CAS Agar besi ortamı belirlenmiştir. Bakteri strainleri besi ortamına birbirlerine eşit uzaklıkta olacak şekilde dört noktaya ekim yapılarak 24°C'de 7 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda bakteri kolonisi etrafında portakal renkli alanın meydana gelmesi pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Klement ve ark., 1990) ve bu alanın çapı ve koloni çapı ölçülerek siderofor üretim indeksleri belirlenmiştir (Duman & Soylu, 2019).

İndol asetik asit (IAA) üretimi

Test edilen bakteri strainleri triptofan içeren Luria Broth (LB) besi ortamında (1 g L⁻¹) 30°C'de ve üç gün inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda süspansiyonun 1 ml'si 10 dk 10.000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Ardından süpernatant kısmı tüpe aktarılmış, 2-3 damla ortofosforik asit ve 4 ml Salkowski ayırıcı eklenmiştir. Tüpler 30 dakika oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletildiğinde meydana gelen pembe renk IAA üretimi pozitif olarak değerlendirilmiştir. Spektrofotometrede 535 nm'de yapılan ölçüm değerleri farklı konsantrasyonlarda IAA içeren çözeltiler ile spektrofotometrede yapılan ölçümler sonrası elde edilen standart eğriye (1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 ppm) göre hesaplanarak IAA miktarları µg ml⁻¹ olarak belirlenmiştir (Kaya Özdoğan, 2020).



Şekil 3. İndol Asetik Asit standart eğrisi
Figure 3. Indole Acetic Acid standard curve

BULGULAR ve TARTIŞMA

Uygulamaların çimlenme oranına (%), hızına ve zamanına (gün) etkisi

Yapılan petri denemesinde uygulamaların çimlenme oranına, hızına ve zamanına etkisi Çizelge 2’de sunulmuştur. Her iki fasulye çeşidinde de tohum inokulasyonunun çimlenme oranına etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Tohumların bakterizasyonunun çimlenme hızına ve ortalama çimlenme zamanına etkisi Seyman ve Sarıkız çeşitlerinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p= 0.000$). Bakteri uygulamalarının çimlenme hızına etkisi incelendiğinde hepsinin negatif kontrole kıyasla iyi sonuç verdikleri ve aynı grupta yer aldıkları tespit edilmiştir. Çimlenme zamanına bakteri uygulamalarının etkisi değerlendirildiğinde Seyman çeşidinde en iyi sonucu veren uygulama MİX (6.67 gün) olarak belirlenirken, *Stenotrophomonas maltophilia* strain SY55 uygulamasının kontrole göre tohumların çimlenme zamanını kısalttığı (7.18 gün) saptanmıştır. Uygulamalarının Sarıkız çeşidinin ortalama çimlenme zamanına etkisi değerlendirildiğinde ise bakteri inokulasyonlarının kontrol grubuna göre daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Bakteri uygulamalarının hepsinin kontrol grubuna kıyasla ortalama çimlenme zamanının düşürdüğü belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar bakteri uygulamaları ile çeşit interaksiyonunun çimlenme hızı, çimlenme zamanı ve çıkış sürelerinde etkili olduğunu göstermiştir.

Çizelge 2. Bakteri uygulamalarının çimlenme oranına, çimlenme hızına ve çimlenme zamanına etkisi

Table 2. Effect of bacterial applications on germination rate, germination rate and germination time

Çeşitler	Çimlenme Oranı (%)		Çimlenme Hızı (Gün)		Çimlenme Zamanı (Gün)	
	Seyman	Sarı Kız	Seyman	Sarı Kız	Seyman	Sarı Kız
SY55	100	100	2.92 ± 0.03 ^a	2.07 ± 0.06 ^a	7.18 ± 0.09 ^b	9.47 ± 0.12 ^a
SY48	100	100	3.00 ± 0.01 ^a	2.11 ± 0.02 ^a	6.88 ± 0.03 ^a	9.55 ± 0.08 ^a
SK63	100	100	3.01 ± 0.06 ^a	2.08 ± 0.02 ^a	6.88 ± 0.18 ^a	9.68 ± 0.08 ^a
Mix	100	100	3.1 ± 0.06 ^a	2.07 ± 0.01 ^a	6,67 ± 0.06 ^a	9.72 ± 0.04 ^a
Kontrol	100	100	2.26 ± 0.,02 ^b	1.85 ± 0.01 ^b	9,00 ± 0,08 ^c	10.92 ± 0.07 ^b
Sign.			0.000	0.000	0.000	0.000

*Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. Aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan fark yoktur ($p\leq 0.01$)

**SY-55; *Stenotrophomonas maltophilia*, SY-48; *Microbacterium esteraromaticum*, SK-63; *Rhizobium radiobacter*, MİX; *Stenotrophomonas maltophilia*+ *Microbacterium esteraromaticum*+*Rhizobium radiobacter*

Uygulamaların fasulye bitkisinin bazı tarımsal karakterleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi

Çıkış süresi (gün)

Uygulamaların Seyman ve Sarıkız çeşitlerinin çıkış süresine etkisi istatistiki olarak önemli ($p=0.000$) bulunmuştur ve sonuçlar Çizelge 3’te belirtilmiştir. Seyman çeşidinde bakteri inokulasyonu yapılan tohumların negatif kontrol ve gübre uygulamasına kıyasla daha hızlı çıkış gösterdiği tespit edilmiştir. Tohumlarda en hızlı çıkış, strainlerinin karışım şeklinde uygulandığı grupta (4.83 gün) belirlenmiştir. Bu değer gübre uygulamasında 6.84, negatif kontrol grubunda ise 7.42 gün olarak saptanmıştır. Sarıkız fasulye çeşidi için sonuçlar değerlendirildiğinde bakteri uygulamalarının gübre ve negatif kontrol grubuna göre ortalama çimlenme zamanını düşürdüğü tespit edilmiştir. En hızlı çıkış süresi (5.83 gün) *S. maltophilia* strain SY55 uygulaması yapılan tohumlarda belirlenirken gübre uygulamasının negatif kontrol ile aynı grupta yer aldığı ve en uzun çıkış süresine (10.08 gün) sahip olduğu saptanmıştır.

Kök uzunluğu (cm)

Uygulamaların çeşitlerin kök uzunluğuna etkisi Çizelge 3’de sunulmuştur. Seyman çeşidi için sonuçlar incelendiğinde en iyi kök uzunluğu 12.9 cm ile *S. maltophilia* strain SY55 inokulasyonu yapılan bitkilerde ölçülmüştür. Bakteri strainlerinin karışım şeklinde inokule edildiği bitkilerde ölçülen 11.2 cm kök uzunluğu ise ikinci en iyi sonuç olarak kaydedilmiştir. *R. radiobacter* strain SK63 uygulamasının ise gübre ve negatif kontrole göre kök uzunluğunda etkili

olmadığı belirlenmiştir. Çizelde 3 Sarıkız fasulye çeşidi için değerlendirildiğinde kök uzunluğu için ilk üç sırada *S. maltophilia* strain SY55 (16.09 cm), gübre (14.92 cm) ve *R. radiobacter* strain SK63 (10.85 cm) uygulamalarının yer aldığı görülmüştür.

Gövde uzunluğu (cm)

Uygulamaların fasulye çeşitlerinin gövde uzunluğuna etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Seyman çeşidinde en iyi gövde uzunluğu 3.71 cm ile *S. maltophilia* strain SY55 inokulasyonu sonucunda elde edilmiştir. Gübre ve *M. esteraromaticum* strain SY48 uygulamalarının sırasıyla 31.58 cm ve 32.13 cm bitki boyu uzunluğu ile aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Negatif kontrol grubu ile kıyaslandığında strainlerin karışım şeklinde inokulasyonunun Seyman çeşidinde gövde uzunluğuna etkisi daha düşük bulunmuştur. Sarıkız çeşidinde ise uygulamaların gövde uzunluğuna etkisinin $p \leq 0.01$ ihtimal sınırlarında önemsiz olduğu görülmüştür.

Yaprak sayısı (adet)

Yapılan uygulamaların Seyman ve Sarıkız fasulye çeşitlerinin yaprak sayısına etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Seyman çeşidinde uygulamaların yaprak sayısına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Sarıkız çeşidinde yapılan karşılaştırma testi sonucunda en yüksek yaprak sayısı (4.17 adet) *S. maltophilia* strain SY55 inokulasyonu sonucu elde edilmiştir. Ancak negatif kontrol grubuna göre *R. radiobacter* strain SK63, MİX ve gübre uygulamalarının daha az yaprak sayısına neden olduğu ve aynı grupta yer aldıkları tespit edilmiştir.

Boğum sayısı (adet)

Bitkilerin boğum sayısına uygulamaların etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Seyman çeşidi için sonuçlar incelendiğinde en yüksek boğum sayısı *S. maltophilia* strain SY55 ve *M. esteraromaticum* strain SY48 uygulamalarında sırasıyla 2.67 ve 2.58 adet olarak sayılmıştır. Sarıkız fasulye çeşidinde de 3.33 adet boğum sayısı ile en yüksek değer *S. maltophilia* strain SY55 uygulamasında belirlenmiştir. Her iki çeşit için de MİX uygulamasının negatif kontrol gurubu ile aynı gurupta yer aldığı, dolayısıyla etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Kök yaş ağırlığı (g)

Uygulamaların bitkilerin kök yaş ağırlığına etkisi Çizelge 3'te belirtilmiştir. Seyman çeşidinde *S. maltophilia* strain SY55, MİX ve gübre uygulamalarının negatif kontrol ile aynı grupta yer aldığı, yaş kök ağırlığına etkisi bakımından aralarında bir fark olmadığı tespit edilmiştir. *M. esteraromaticum* strain SY48 ve *R. radiobacter* strain SK63 uygulamalarının aynı grupta yer aldığı ve negatif kontrolle kıyaslandığında fasulyede kök yaş ağırlığı üzerinde etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sarıkız fasulye çeşidinde bakteri uygulamalarının etkili olmadığı, en iyi kök ağırlığının (1.73 g) gübre uygulaması sonucunda ortaya çıktığı görülmüştür.

Gövde yaş ağırlığı (g)

Uygulamaların Seyman ve Sarıkız fasulye çeşitlerinin gövde yaş ağırlığına etkisi Çizelge 3'te sunulmuştur. Seyman çeşidinde en yüksek ağırlık 6.86 g ile *S. maltophilia* strain SY55 straininin inokulasyonu sonucunda elde edilirken, Sarıkız çeşidinden uygulamaların bitkilerin gövde yaş ağırlığı üzerinde etkisi %1 ihtimal seviyesinde önemsiz bulunmuştur.

Kök kuru ağırlığı (g)

Uygulamaların fasulye bitkilerinin kök kuru ağırlığına etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Seyman çeşidinde en iyi sonuç *S. maltophilia* strain SY55 uygulaması sonucunda 0.11 g olarak elde edilmiştir. Strainlerin karışım şeklinde uygulanmasının negatif kontrol grubu ile aynı sonucu verdiği, kök kuru ağırlığına etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Negatif kontrol ile kıyaslandığında *R. radiobacter* strain SK63 uygulamasının kök kuru ağırlığına etkisinin olmadığı görülmüştür. Sarıkız çeşidinde ise uygulamaların kök kuru ağırlığı üzerinde etkisiz olduğu saptanmıştır.

Gövde kuru ağırlığı (g)

Yapılan varyans analizi sonucunda Seyman ve Sarıkız çeşitlerinde uygulamaların gövde kuru ağırlığına etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Uygulamaların bazı bitki parametreleri üzerine etkisi

Table 3. The effect of applications on some plant parameters

Çeşitler	Çıkiş Süresi (Gün)		Yaprak Sayısı (adet)		Boğum Sayısı (adet)	
	Seyman	Sarı Kız	Seyman	Sarı Kız	Seyman	Sarı Kız
SY55	5.25 ± 0.16 ^{abc}	5.83 ± 0.10 ^a	3.42 ± 0.08	4.17 ± 0.07 ^a	2.67 ± 0.14 ^a	3.33 ± 0.24 ^a
SY48	5.08 ± 0.16 ^{ab}	6.33 ± 0.24 ^{bc}	3 ± 0.001	3.5 ± 0.07 ^{cd}	2.58 ± 0.08 ^a	2.5 ± 0.1 ^{bc}
SK63	5.08 ± 0.21 ^{ab}	5.92 ± 0.28 ^{ab}	3.08 ± 0.08	3.67 ± 0.001 ^c	2.08 ± 0.08 ^b	2.83 ± 0.1 ^{ab}
MiX	4.83 ± 0.21 ^a	6.08 ± 0.16 ^{bc}	3.17 ± 0.1	3.33 ± 0.001 ^e	2.17 ± 0.1 ^b	2.33 ± 0.001 ^c
Gübre	6.84 ± 0.10 ^{de}	10.08 ± 0.16 ^d	3.33 ± 0.14	3.67 ± 0.14 ^c	2.5 ± 0.22 ^{ab}	2.92 ± 0.16 ^{ab}
NK	7.42 ± 0.64 ^d	9.42 ± 0.21 ^d	3.17 ± 0.1	3.83 ± 0.07 ^b	2.17 ± 0.1 ^b	2.33 ± 0.14 ^c
Sign.	0.000	0.000	0.170	0.002	0.030	0.005
Çeşitler	Gövde Uzunluğu (cm)		Gövde Yaş Ağırlığı (g)		Gövde Kuru Ağırlığı (g)	
	Seyman	Sarı Kız	Seyman	Sarı Kız	Seyman	Sarı Kız
SY55	35.71 ± 1.59 ^a	31.53 ± 2.47	6.86 ± 0.31 ^a	9.33 ± 0.41	0.5 ± 0.05	0.71 ± 0.04
SY48	32.13 ± 1.5 ^{ab}	25.75 ± 0.98	5.38 ± 0.33 ^{cd}	8.03 ± 0.85	0.44 ± 0.03	0.63 ± 0.06
SK63	27.81 ± 0.95 ^{bc}	28.33 ± 2.53	4.31 ± 0.35 ^d	9.84 ± 0.67	0.38 ± 0.03	0.74 ± 0.04
MiX	26.19 ± 1.33 ^c	31.17 ± 1.04	4.7 ± 0.05 ^{cd}	7.37 ± 0.87	0.36 ± 0.01	0.66 ± 0.04
Gübre	31.58 ± 1.9 ^{ab}	30.92 ± 0.37	6.54 ± 0.46 ^{ab}	8.58 ± 0.52	0.46 ± 0.04	0.69 ± 0.08
NK	29.42 ± 2 ^{bc}	27.58 ± 1.07	5.64 ± 0.49 ^{bc}	8.36 ± 0.5	0.41 ± 0.02	0.65 ± 0.06
Sign.	0.007	0.114	0.001	0.159	0.066	0.711
Çeşitler	Kök Uzunluğu (cm)		Kök Yaş Ağırlığı (g)		Kök Kuru Ağırlığı (g)	
	Seyman	Sarı Kız	Seyman	Sarı Kız	Seyman	Sarı Kız
SY55	12.94 ± 0.67 ^a	16.09 ± 0.72 ^a	0.54 ± 0.09 ^a	0.99 ± 0.14 ^{bc}	0.11 ± 0.02 ^a	0.25 ± 0.01
SY48	10.76 ± 1.04 ^{ab}	9.21 ± 0.36 ^b	0.32 ± 0.02 ^b	0.75 ± 0.11 ^{bc}	0.07 ± 0.001 ^b	0.09 ± 0.01
SK63	7.46 ± 0.77 ^c	10.85 ± 0.77 ^b	0.23 ± 0.06 ^b	0.74 ± 0.09 ^{bc}	0.04 ± 0.01 ^c	0.1 ± 0.01
MiX	11.24 ± 0.31 ^a	9.65 ± 0.59 ^b	0.56 ± 0.02 ^a	0.64 ± 0.05 ^c	0.06 ± 0.001 ^{bc}	0.11 ± 0.02
Gübre	10.33 ± 1.2 ^{ab}	14.92 ± 1.82 ^a	0.56 ± 0.06 ^a	1.73 ± 0.3 ^a	0.07 ± 0.01 ^b	0.22 ± 0.15
NK	8.58 ± 0.64 ^{bc}	10.33 ± 1.2 ^b	0.72 ± 0.07 ^a	1.23 ± 0.12 ^b	0.06 ± 0.001 ^{bc}	0.12 ± 0.01
Sign.	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.336

*Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır. Aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan fark yoktur ($p \leq 0.01$)

**SY-55; *Stenotrophomonas maltophilia*, SY-48; *Microbacterium esteraromaticum*, SK-63; *Rhizobium radiobacter*, MiX; *Stenotrophomonas maltophilia*+ *Microbacterium esteraromaticum*+*Rhizobium radiobacter*, NK; Negatif kontrol

Azot oranı (%)

Uygulamaların fasulye çeşitlerinin azot oranına etkisi Çizelge 4'te belirtilmiştir. Seyman fasulye çeşidinde uygulamaların interaksiyonunun önemsiz olduğu görülmüştür. Sarıkız çeşidinde ise uygulamaların azot oranına etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur. Uygulamalar arasında *S. maltophilia* strain SY55, *R. radiobacter* strain SK63 ve strainlerin karışım şeklinde muamelesinin azot oranına etkisinin en yüksek değerde olduğu ve istatistiksel olarak aynı grupta yer aldıkları tespit edilmiştir.

Ham protein oranı (%)

Fasulye çeşitlerinde 6 farklı uygulamanın ham protein oranına etkisi Çizelge 4'te belirtilmiştir. Seyman çeşidinde, ham protein oranı üzerinde bakteri uygulamalarının istatistiksel olarak etkili olmadığı tespit edilmiştir. Uygulamaların ham protein oranına etkisi Sarıkız çeşidi için değerlendirildiğinde istatistiki olarak farklılıkların önemli ($p=0.000$) olduğu tespit edilmiştir. En yüksek ham protein oranı *R. radiobacter* strain SK63 (48.51), *S. maltophilia* strain SY55 (48.04) ve MİX (47.22) uygulamalarında elde edilmiştir.

Çizelge 4. Uygulamaların ham protein ve azot oranı üzerine etkisi

Table 4. The effect of applications on crude protein and nitrogen ratio

Çeşitler	Azot Oranı (%)		Ham Protein Oranı (%)	
	Seyman	Sarı Kız	Seyman	Sarı Kız
SY55	6.19 ± 0.15	7.69 ± 0.06 ^a	38.71 ± 0.96	48.04 ± 0.37 ^a
SY48	6.08 ± 0.44	6.2 ± 0.13 ^c	37.98 ± 2.72	38.71 ± 0.80 ^c
SK63	6.45 ± 0.55	7.76 ± 0.13 ^a	40.29 ± 3.45	48.51 ± 0.82 ^a
MİX	38.71 ± 0.96	48.04 ± 0.37 ^a	38.71 ± 0.96	48.04 ± 0.37 ^a
Gübre	5.57 ± 0.1	6.88 ± 0.04 ^b	34.84 ± 0.66	42.65 ± 0.22 ^b
NK	5.41 ± 0.29	6.65 ± 0.37 ^{bc}	33.84 ± 1.78	41.55 ± 2.33 ^{bc}
Sign.	0.242	0.000	0.242	0.000

*Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır. Aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan fark yoktur ($p \leq 0.01$)

**SY-55; *Stenotrophomonas maltophilia*, SY-48; *Microbacterium esteraromaticum*, SK-63; *Rhizobium radiobacter*, MİX; *Stenotrophomonas maltophilia*+ *Microbacterium esteraromaticum*+*Rhizobium radiobacter*, NK; Negatif kontrol

PGPB strainlerinin etki mekanizmaları

Bakteri strainlerinin etki mekanizmalarına ait sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir. Test edilen bakteri strainlerin hepsinin katalaz pozitif sonuç verdiği ve aynı zamanda ACC deaminaz aktivitesine sahip olduğu bulunmuştur. Çalışmada yer alan 3 bakteri strainin de IAA ürettiği belirlenmiş, en yüksek IAA 41.02 $\mu\text{g ml}^{-1}$ ile *M. esteraromaticum* strain SY-48'de tespit edilmiştir. *S. maltophilia* strain SY-55 ve *R. radiobacter* strain SK-63'ün sırasıyla 3,25 ve 2,8 siderofor üretim indeksine sahip oldukları saptanırken, *M. esteraromaticum* strain SY-48'in siderofor üretimi negatif bulunmuştur.

Çizelge 5. Bakteri strainlerinin etki mekanizmaları

Table 5. Mechanisms of mode of action of bacterial strains

Strain No	Katalaz	Acc-Deaminaz	Siderofor Üretim İndeksi	IAA ($\mu\text{g ml}^{-1}$)
SY-55	+	+	3,25	26.71
SK-63	+	Z ⁺	2,8	24.53
SY-48	+	Z ⁺	-	41.02

*SY-55: *Stenotrophomonas maltophilia*, SK-63: *Rhizobium radiobacter*, SY-48: *Microbacterium esteraromaticum*, IAA: İndol Asetik Asit, Z⁺: Zayıf pozitif

Yapılan bu çalışmada bakteri uygulamalarının *in vitro* ortamda Seyman ve Sarıkız çeşitlerine ait tohumların çimlenme hızı ve zamanı üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Farklı çalışmalarda tohuma yapılan bakteri uygulamalarının tohumun çimlenme karakterlerini iyileştirdiği, tohumların çimlenme yüzdesini (Forti ve ark., 2020) ve çimlenme hızını (Gholami ve ark., 2009) artırdığı ortaya konulmuştur. Benzer şekilde, Entesari ve ark., (2013) ve Kumar ve ark., (2014) tarafından yapılan araştırmalarda da bakterilerle yapılan biyopriming uygulamasının tohum çimlenmesi üzerine olumlu sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırmacılar çimlenme hızındaki artışı, hızlandırılmış hücre bölünme hızına, proteaz ve nükleaz gibi çimlenmeye özgü enzimlerin aktivitesinin uyarılması üzerinde etkili olan IAA ve giberellinler gibi hormonların artan sentezine bağlamışlardır (Bench & Sanchez, 2004; Vishwa ve ark.,

2017; Kara ve ark., 2020). Artan giberallik asit sentezinin, α -amilaz gibi spesifik bir enzimin aktivitesini tetikleyeceği, bunun nişasta asimilasyonunun mevcudiyetinde bir artışa neden olarak erken çimlenmeyi etkileyebileceği belirtilmiştir (Gholami ve ark., 2009).

Mevcut çalışmada *in vivo* ortamda bakteri uygulamalarının fasulye tohumlarının çıkış süresini olumlu etkilediği, sonuçların gübre uygulamasından daha iyi olduğu görülmüştür. Bakteri uygulamaların etkisinin ise çeşitlere göre farklılık gösterdiği bulunmuştur. Seyman çeşidinde bakterilerin karışım şeklinde uygulanması en iyi sonucu verirken, Sarıkız çeşidinde *S. maltophilia* strain SY55 uygulamasının daha etkili olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Negi ve ark., (2020) tarafından fasulye tohumlarında, Kumar ve ark., (2014) tarafından nohut tohumlarında PGPB uygulamalarının etkili olduğunu gösteren raporlarda bildirilmiştir. Bakteri uygulamalarının Sarıkız çeşidinde gövde ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve boy uzunluğu üzerinde, Seyman çeşidinde ise yaprak sayısı, azot ve ham protein oranında etkisi önemsiz tespit edilmiştir. Negatif kontrolle kıyaslandığında genel olarak bakteri uygulamalarının incelenen parametreler üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Özellikle *S. maltophilia* strain SY55 uygulamasının Seyman çeşidinde kök uzunluğu, kök kuru ağırlığı, boy uzunluğu, gövde ağırlığı ve boğum sayısı üzerindeki etkisi gübre uygulamasından daha etkili bulunmuştur. Aynı strainin Sarıkız çeşidinde gübre uygulamasına göre kök uzunluğunu, yaprak sayısını, boğum sayısını, azot ve ham protein oranını artırdığı tespit edilmiştir. Angin & Dadaşoğlu (2022) tarafından bakteri strainleri ile yapılan tohum uygulamasının İspir ve Hınıs fasulye genotiplerinin protein oranını, bitki boyunu, yaprak sayısını, bitki yaş ağırlığını, bitki kuru ağırlığını, kök uzunluğunu, kök yaş ve kuru ağırlığını artırdığı belirlenmiştir. Korir ve ark. (2017) tarafından fasulyede rhizobiyal strain IITA-PAU 987 ve *B. megaterium*'un kombinasyon şeklinde uygulanmasının, yüksek sürgün kuru ağırlığına (6.84 g) yol açtığı, ancak *P. polymyxa* ile birlikte inokülasyonun önemli bir farka neden olmadığı bulunmuştur. Soya fasulyesinin *Bacillus* strainlerinin *Bradyrhizobium japonicum* ile birlikte inokülasyonunun sürgün ağırlığı, kök ağırlığı, toplam biyokütle, toplam nitrojen ve tane veriminde en büyük artışlar sağladığı bildirilmiştir (Bai ve ark., 2003). *P. stutzeri* strain AK17 ve *P. polymyxa* strain KM6 ile inokülasyonun normal ve kuraklık stresi koşullarında inokule edilmemiş kontrole kıyasla fasulye gelişim parametrelerini (kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, bitki taze ve kuru ağırlığı) iyileştirdiği tespit edilmiştir (Magnucka & Pietr, 2015). Abd El-Azeem ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada bakteri uygulamasından 39 gün sonra, kontrol ile karşılaştırıldığında 56 bakteri straininden 52'sinin baklanın bitki boyunu %0.47-27.2 oranında, sürgün kuru ağırlığını ise %3.87-41.9 oranında artırdığı bulunmuştur. Ricci ve ark. (2019), tarafından PGPB uygulamasının sürgün ve kök taze ağırlığını ve bunların kuru ağırlığını, bitki uzunluğunu ve boyunu iyileştirdiği gösterilmiştir. *B. cereus* inokülasyonunun, (Faisal & Hasnain, 2006), Rhizobium ile birlikte inokule edilen PGPB strainlerinin (Raza ve ark., 2004) maş fasulyesinin büyümesini ve verimini önemli ölçüde artırdığı, *Pseudomonas aeruginosa* BHU B13-398 ve *Bacillus subtilis* BHU M strainleri ile inokülasyonun ise maş fasulyesinin kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök ve sürgün taze ve kuru ağırlığı, yaprak alanı ve klorofil içeriği gibi büyüme parametrelerini geliştirdiği ortaya konulmuştur (Kumar ve ark., 2018).

Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin etki mekanizmaları değerlendirildiğinde hepsinin katalaz pozitif özellikte olduğu belirlenmiştir. Katalaz aktivitesine sahip PGPB'lerin, stres sırasında bitki ROS seviyesini ayarladıkları (Cowell ve ark., 1994), bunun sonucunda bitkileri kimyasal, çevresel ve mekanik strese karşı koruyarak bitki büyümesini destekleyici potansiyel sergiledikleri bildirilmiştir (Kumar ve ark., 2018). Bu çalışmada yer alan üç strainin IAA ürettikleri (26.71-41.02 $\mu\text{g ml}^{-1}$) tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular Rana ve ark. (2011) tarafından bildirilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Ancak Kumari et al., 2018 tarafından yapılan çalışmada *Pseudomonas* (iki), *Bacillus* (bir) ve *Acinetobacter* (bir) strainleri tarafından üretilen IAA konsantrasyonunun 45.66 ile 111.94 $\mu\text{g ml}^{-1}$ arasında, *Ensifer* (iki), *Rahnella* (bir) ve *Acinetobacter* (bir) strainleri tarafından üretilen IAA'in ise 10.76-290.64 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Bechtaoui ve ark., 2019). Bu durum kültür süpernatantlarının analizi ile açıklanmıştır ve bakteri strainlerinin farklı L-triptofan konsantrasyonlarında değişken miktarlarda oksin ürettiği ortaya konulmuştur (Akhtar & Basharat, 2011). Bakteri strainlerinin fasulye bitkisinin gelişim parametreleri üzerindeki olumlu etkisi kök proliferasyonunu arttırmakla ilgili olan IAA'i sentezleme kabiliyetleri ile açıklanmaktadır

(Spaepen ve ark., 2008). Akhtar & Basharat (2011) tarafından fasulyede yapılan çalışmada bakteriyel IAA'in biyolojik aktivitesi, kök uzunluğu üzerindeki inhibitör etkisi ve yanal kök sayısındaki artış ile gösterilmiştir. IAA'in kök yüzey alanını artırarak daha fazla besin alımı sağladığı ve bitki gelişimini uyardığı ifade edilmektedir (Bechtaoui ve ark., 2020). Yapılan bu çalışmada strainlerin siderofor üretimleri incelendiğinde *S. maltophilia* strain SY55'in pozitif, diğer iki strainin ise zayıf pozitif karakterde olduğu tespit edilmiştir. Siderofor üreten bakteri strainlerinin, bitki hastalık etmenlerinin in vitro ve in vivo koşullarda antifungal etkinlikte rol oynadığı gibi (Aktan & Soylu, 2020; Soylu ve ark., 2021; Soylu ve ark., 2022) çeşitli seviyelerde bitki büyümesini arttırdığı rapor edilmiştir (Verma ve ark. 2015; Ahmad ve ark., 2016). Bakteriler tarafından üretilen sideroforun, bitkilerin demir alımına yardımcı olduğu, demir-siderofor kompleksini absorbe edemeyen fitopatojenler için demir mevcudiyetini sınırlandırarak gelişmelerinde inhibisyona neden olduğu belirlenmiştir (Shen ve ark., 2013).

Mevcut çalışmada *S. maltophilia* strain SY55'in ACC deaminaz enzimine sahip olduğu belirlenmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da bakteri strainlerinin ACC deaminaz enzimine sahip oldukları ve bu enzimin aktivitesinin bitkilerin büyüme teşvikinde çok önemli rol oynadığı gösterilmiştir (Noreen ve ark., 2011; Lim & Kim, 2013; Naveed ve ark., 2014; Duman & Soylu, 2019). Önceki çalışmalarda, bakteri kaynaklı ACC deaminazın köklerdeki ACC seviyesini önemli ölçüde azalttığı ortaya konulmuştur (Penrose & Glick, 2003; Kruasuwan & Thamchaipenet, 2018). ACC, bitki köklerinden rizosfere salınmakta ve PGPB tarafından salgılanan ACC deaminaz tarafından NH₃ ve a-ketobutirata dönüştürülmekte ve böylece etilen seviyesi düşmektedir. Etilendeki azalmanın, uygun kök büyümesi, bitkiler tarafından iyileştirilmiş su ve besin alımı ile sonuçlandığı ve bitkinin genel büyümesini artırdığı belirtilmektedir (Naveed ve ark., 2014; Danish ve ark., 2019).

Yapılan bu çalışmada bakteri uygulamalarının Sarıkız çeşidinin ham protein oranına etkisi önemli bulunurken, Seyman çeşidinde uygulamaların etkisiz olduğu görülmüştür. Protein içeriğindeki artış, PGPB inokulasyonuna bağlı olarak nitrojen fiksasyonundaki daha yüksek nispi artışla ilişkili bulunmuştur (Stefan ve ark., 2013). Ancak bizim çalışmamızda, ham protein oranında en yüksek değere sahip olan *S. maltophilia* strain SY55'in nitrojen fiksasyon testi negatif bulunmuştur. Bu nedenle, protein içeriğindeki artış, bakteri inokulasyonu ile fasulye bitkisinin fizyolojik aktivitelerinin artması ve ardından büyümesi ile ilişkili olabilir. Aynı şekilde Stefan ve ark., (2013) tarafından yapılan araştırmada *Bacillus pumilus* Rs3 straini ile inokulasyonun soya fasulyesinde protein biyosentez süreçlerini uyardığı ve proteinin toplam miktarını %66 arttırdığı bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda fasulyede ham protein oranının genetik yapıya (Önder, 1992), biyoinkulanta (Nadeem ve ark., 2004) ve gübrelemeye (Erman ve ark., 2010) bağlı olarak değişiklik gösterdiği ifade edilmektedir.

Sonuç olarak, çalışmada kullanılan bakteri strainlerinin her iki çeşitte incelenen parametreler açısından olumlu etki gösterdiği görülmüştür. Kullanılan strainlerin etkisinin çeşit farklılığına bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Dos Santos ve ark. (2022) tarafından PGPB strainlerinin çeşitler arasında farklılık sergilediği ve her bitki türünün rizosferinde farklı zenginlik gösteren spesifik bakteri cinslerinin olduğu gösterilmiştir. Farklı araştırmalarda bitkilerin kök salgılarının kimyasal bileşenlerinin, bir organizmayı cezbederken, diğerini uzaklaştırabileceği (Chaparro ve ark., 2012), toprak özellikleri, bitki genotipleri ve bitkilerin gelişme dönemlerinin bakteri ve bitki interaksiyonunu şekillendirdiği bildirilmiştir (Moroenyane ve ark., 2021; Li ve ark., 2022).

Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada farklı bakteri strainlerinin (tek ve karışım şeklinde) fasulye çeşitlerinin tohumuna ve yapraklarına yapılan inokulasyonun bazı büyüme parametlerine etkisi incelenmiştir. Bakteri strainlerinin etkisinin çeşitlere bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, genel olarak test edilen parametreler üzerinde olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle strainler arasında *Stenotrophomonas maltophilia* strain SY55'in Seyman ve Sarıkız fasulye çeşitlerinde kök uzunluğu, kök kuru ağırlığı, gövde ağırlığı, boy uzunluğu, boğum sayısı, yaprak sayısı, azot ve ham protein oranı bakımından gübre uygulamasından daha iyi sonuç verdiği, fosfat çözme, katalaz, ACC deaminaz siderofor ve IAA üretimi ile bitki büyümesini destekleyici özelliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla çiftçilere pahalı kimyasal gübrelere bir alternatif sunmak ve gübrelerin aşırı kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların hafifletilmesine yardımcı olmak için *S. maltophilia* strain SY55 ürün formülasyonunda

kullanılabilir. Bu konuda farklı toprak ve iklim özelliklerine sahip alanlarda, farklı fasulye çeşitlerine uygun strainlerin seçilmesi ihtiyacının altını çizmek gereklidir.

TEŞEKKÜR

2019-FBE-L09 numaralı projenin desteklenmesinde verdikleri katkıdan dolayı Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abd El-Azeem, S.A.M., Mehana, T.A., & Shabayek, A.A. (2007). Some plant growth promoting traits of rhizobacteria isolated from Suez Canal region, Egypt. *In African Crop Science Conference Proceedings*, 8, 1517-1525.
- Ahemad, M., & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University-Science*, 26 (1), 1-20. <https://doi.org/10.1016/J.Jksus.2013.05.001>
- Ahmad, I., Akhtar, M.J., Asghar, H.N., Ghafoor, U., & Shahid, M. (2016). Differential effects of plant growth-promoting rhizobacteria on maize growth and cadmium uptake. *Journal of Plant Growth Regulation*, 35, 303-315. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9534-5>
- Akhtar, S., & Ali, B. (2011). Evaluation of rhizobacteria as non-rhizobial inoculants for mung beans. *Australian Journal of Crop Science*, 5 (13), 1723-1729.
- Angın, H., & Dadaşoğlu, E. (2022). PGPR izolatlarının bazı fasulye genotiplerinde bitki gelişimi üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12 (4), 2495-2505. <https://doi.org/10.21597/jist.1146090>
- Bai, Y., Zhou, X., & Smith, D.L. (2003). Enhanced soybean plant growth resulting from coinoculation of *Bacillus* strains with *Bradyrhizobium japonicum*. *Crop Science*, 43 (5), 1774-781. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1774>
- Barea, J.M., & Richardson, A.E. (2015). Phosphate mobilisation by soil microorganisms. *Principles of Plant-Microbe Interactions: Microbes for Sustainable Agriculture*, 225-234. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3>
- Bechtaoui, N., Raklami, A., Benidire, L., Tahiri, A.I., Göttfert, M., & Oufdou, K. (2020). Effects of PGPR co-inoculation on growth, phosphorus nutrition and phosphatase/phytase activities of faba bean under different phosphorus availability conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (2), 1557-1565. <https://doi.org/10.15244/pjoes/110345>
- Bechtaoui, N., Raklami, A., Tahiri, A.I., Benidire, L., El Alaoui, A., Meddich, A., & Oufdou, K. (2019). Characterization of plant growth promoting rhizobacteria and their benefits on growth and phosphate nutrition of faba bean and wheat. *Biology Open*, 8 (7), bio043968. <https://doi.org/10.1242/bio.043968>
- Bench Alr, Sanchez Ra. (2004). *Handbook of Seed Physiology*. Food Product Press, Ny/ London.

- Beshir, H.M., Walley, F.L., Bueckert, R., & Tar'an, B. (2015). Response of snap bean cultivars to Rhizobium inoculation under dryland agriculture in Ethiopia. *Agronomy*, 5 (3), 291-308. <https://doi.org/10.3390/agronomy5030291>
- Blumer, C., & Haas, D. (2000). Mechanism, regulation, and ecological role of bacterial cyanide biosynthesis. *Archives of Microbiology*, 173, 170-177. <https://doi.org/10.1007/s002039900127>
- Bose, B., & Mishra, T. (1992). Response of wheat seed to presowing seed treatment with Mg(NO₃)₂. *Annals Agriculture Research*, 13, 132-136.
- Bremner, J.M. (1965). Organic Forms of Nitrogen: Methods of Soil Analysis. *Chemical and Microbiological Properties Methods*, 9, 1238-1255.
- Chaparro, J.M., Sheflin, A.M., Manter, D.K., & Vivanco, J.M. (2012). Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. *Biology and Fertility of Soils*, 48, 489-499. <https://doi.org/10.1007/S00374-012-0691-4>
- Chekanai, V., Chikowo, R., & Vanlauwe, B. (2018). Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to nitrogen, phosphorus and rhizobia inoculation across variable soils in Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 266, 167-173. <https://doi.org/10.1016/J.Agee.2018.08.010>
- Collavino, M.M., Sansberro, P.A., Mroginski, L.A., & Aguilar, O.M. (2010). Comparison of in vitro solubilization activity of diverse phosphate-solubilizing bacteria native to acid soil and their ability to promote *Phaseolus vulgaris* growth. *Biology and Fertility of Soils*, 46, 727-738. <https://doi.org/10.1007/S00374-010-0480-X>
- Cowell, D.C., Dowman, A.A., Lewis, R.J., Pirzad, R., & Watkins, S.D. (1994). The rapid potentiometric detection of catalase positive microorganisms. *Biosensors and Bioelectronics*, 9 (2), 131-138. [https://doi.org/10.1016/0956-5663\(94\)80104-5](https://doi.org/10.1016/0956-5663(94)80104-5)
- Danish, S., Zafar-ul-Hye, M., Hussain, M., Shaaban, M., Núñez-Delgado, A., Hussain, S., & Qayyum, M.F. (2019). Rhizobacteria with ACC-deaminase activity improve nutrient uptake, chlorophyll contents and early seedling growth of wheat under PEG-induced osmotic stress. *International Journal of Agriculture & Biology*, 21 (6), 1212-1220. <https://doi.org/10.17957/ijab/15.1013>
- Dos Santos, S.R.L., Costa, R.M., de Aviz, R.O., Melo, V.M.M., de Almeida Lopes, A.C., de Araujo Pereira, A.P., & Araujo, A.S.F. (2022). Differential plant growth-promoting rhizobacteria species selection by maize, cowpea, and lima bean. *Rhizosphere*, 24, 100626. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100626>
- Duman, K., & Soyulu, S. (2019). Characterization of antagonistic and plant growth-promoting traits of endophytic bacteria isolated from bean plants against *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Plant Protection Bulletin*, 59 (3), 59-69. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.597214>
- Dworkin, M., & Foster, J. (1958). Experiments with some microorganisms which utilize ethane and hydrogen. *Journal of Bacteriology*, 75 (5), 592-603.
- Elkoca, E. (1997). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de tuza dayanıklılık üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 76 s.
- Entesari, M., Sharifzadeh, F., Ahmadzadeh, M., & Farhangfar, M. (2013). Seed biopriming with *Trichoderma* species and *Pseudomonas fluorescent* on growth parameters, enzymes activity and nutritional status of soybean. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (4), 610-619.
- Erman, M., Kotan, R., Çakmakçı, R., Çığ, F., Karagöz, F., & Sezen, M. (2010). Van Gölü Havzası'ndan izole edilen azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin buğday ve şeker pancarında büyüme ve verim özellikleri üzerine etkileri. *Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu*, 28, 325-329.
- Faisal, M., & Hasnain, S. (2006). Growth stimulatory effect of *Ochrobactrum intermedium* and *Bacillus cereus* on *Vigna radiata* plants. *Letters in Applied Microbiology*, 43 (4), 461-466. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2006.01977.x>

- Forti, C., Shankar, A., Singh, A., Balestrazzi, A., Prasad, V., & Macovei, A. (2020). Hydropriming and biopriming improve *Medicago truncatula* seed germination and upregulate DNA repair and antioxidant genes. *Genes*, 11 (3), 242. <https://doi.org/10.3390/genes11030242>
- Gholami, A., Shahsavani, S., & Nezarat, S. (2009). The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 3 (1), 9-14.
- Goertz, S.H., & Coons, J.M. (1989). Germination response of tepary and navy beans to sodium chloride and temperature. *Hortscience*, 24 (6), 923-925. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.24.6.923>
- Graham, P.H., & Vance, C.P. (2000). Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crops Research*, 65 (2-3), 93-106. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00080-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00080-5)
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri (I. Basım)*. Nobel Yayın No: 1241, Fen Bilimleri No: 63, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kara, M., & Soylu, S. (2022). Isolation of endophytic bacterial isolates from healthy banana trees and determination of their *in vitro* antagonistic activities against crown rot disease agent *Fusarium verticillioides*. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (1), 36-46. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1021349>
- Kara, M., Soylu, S., Kurt, Ş., Soylu, E.M., & Uysal, A. (2020). Determination of antagonistic traits of bacterial isolates obtained from apricot against green fruit rot disease agent *Sclerotinia sclerotiorum*. *Acta Horticulturae*, 1290, 135-142. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1290.25>
- Kasim, W.A., Gaafar, R.M., Abou-Ali, R.M., Omar, M.N., & Hewait, H.M. (2016). Effect of biofilm forming plant growth promoting rhizobacteria on salinity tolerance in barley. *Annals of Agricultural Sciences*, 61 (2), 217-227. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2016.07.003>
- Kaya Özdoğan, D. (2020). Ankara ili topraklarından bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin izolasyonu, tanımlanması ve genetik çeşitliliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 120 s.
- Kaya, M.D., Kaya, G., & Kolsarıcı, Ö. (2005). Bazı *Brassica* türlerinin çimlenme ve çıkışı üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (4), 448-452. http://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000567
- Klement, Z., Rudolph, K., & Sands, D.C. (1990). *Methods In Phytobacteriology*. Akademia Kiado, Budapest, Xiv+568 s.
- Korir, H., Mungai, N.W., Thuita, M., Hamba, Y., & Masso, C. (2017). Co-inoculation effect of rhizobia and plant growth promoting rhizobacteria on common bean growth in a low phosphorus soil. *Frontiers in Plant Science*, 8, 141. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00141>
- Kruasawan, W., & Thamchaipenet, A. (2018). 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase-producing endophytic diazotrophic *Enterobacter* sp. EN-21 modulates salt-stress response in sugarcane. *Journal of Plant Growth Regulation*, 37, 849-858. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9780-4>
- Kumar, A., Singh, A.K., & Kishore, A.S. (2018). *PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture: Food Security and Environmental Management*. Woodhead Publishing. ISBN: 9780128158791.
- Kumar, V., Shahid, M., Singh, A., Srivastava, M., Mishra, A., Srivastava, Y.K., & Sharma, A. (2014). Effect of biopriming with biocontrol agents *Trichoderma harzianum* (Th. Azad) and *Trichoderma viride* (O1pp) on chickpea genotype (Radhey). *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 5, 1000247. <http://doi.org/10.4172/2157-7471.1000247>
- Kumari, P., Meena, M., & Upadhyay, R.S. (2018). Characterization of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) isolated from the rhizosphere of *Vigna radiata* (mung bean). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.029>

- Li, Z., Zheng, Y., Li, Y., Cheng, X., Huang, S., Yang, X., & Qin, Y. (2022). Genotype-specific recruitment of rhizosphere bacteria from sandy loam soil for growth promotion of *Cucumis sativus* var. *hardwickii*. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.910644>
- Lim, J.H., & Kim, S.D. (2013). Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in pepper. *The Plant Pathology Journal*, 29 (2), 201. <http://doi.org/10.5423/PPJ.SI.02.2013.0021>
- Machiani, M.A., Javanmard, A., Morshedloo, M.R., & Maggi, F. (2018). Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Cleaner Production*, 171, 529-537. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.062>
- Magnucka, E.G., & Pietr, S.J. (2015). Various effects of fluorescent bacteria of the genus *Pseudomonas* containing ACC deaminase on wheat seedling growth. *Microbiological Research*, 181, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.04.005>
- Mahmood, S., Daur, I., Yasir, M., Waqas, M., & Hirt, H. (2022). Synergistic practicing of rhizobacteria and silicon improve salt tolerance: Implications from boosted oxidative metabolism, nutrient uptake, growth and grain yield in mung bean. *Plants*, 11 (15), 1980. <https://doi.org/10.3390/plants11151980>
- Mohammed, A.F. (2018). Effectiveness of exopolysaccharides and biofilm forming plant growth promoting rhizobacteria on salinity tolerance of faba bean (*Vicia faba* L.). *African Journal of Microbiology Research*, 12 (17), 399-404.
- Moroenyane, I., Mendes, L., Tremblay, J., Tripathi, B., & Yergeau, É. (2021). Plant compartments and developmental stages modulate the balance between niche-based and neutral processes in soybean microbiome. *Microbial Ecology*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01688>
- Munees, A., & Mohammad, S.K. (2011). Functional aspects of plant growth promoting rhizobacteria. *Insight Microbiology*, 1 (3), 39-54.
- Murillo-Amador, B., López-Aguilar, R., Kaya, C., Larrinaga-Mayoral, J., & Flores-Hernández, A. (2002). Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188 (4), 235-247. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2002.00563.x>
- Nadeem, M., Ahmad, R., & Ahmad, M. (2004). Maş fasulyesinin (*Vigna radiata* L.) büyümesi ve verimi. *Tarla Bitkileri Dergisi*, 3 (1), 40-42.
- Nadeem, S.M., Zahir, Z.A., Naveed, M., Asghar, H.N., & Arshad, M. (2010). Rhizobacteria capable of producing ACC-deaminase may mitigate salt stress in wheat. *Soil Science Society of America Journal*, 74 (2), 533-542. <https://doi.org/10.2136/sssaj2008.0240>
- Naveed, M., Hussain, M.B., Zahir, Z.A., Mitter, B., & Sessitsch, A. (2014). Drought stress amelioration in wheat through inoculation with *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. *Plant Growth Regulation*, 73, 121-131. <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9874-8>
- Negi, S., Bharat, N.K., Kaushal, R., & Rohiwala, P. (2020). Screening of bioagents for seed biopriming in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under laboratory condition. *International Journal of Chemical Studies*, 8 (3), 790-793. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3j.9298>
- Noreen, S., Ali, B., & Hasnain, S. (2012). Growth promotion of *Vigna mungo* (L.) by *Pseudomonas* spp. exhibiting auxin production and ACC-deaminase activity. *Annals of Microbiology*, 62, 411-417. <https://doi.org/10.1007/s13213-011-0277-7>
- Önder, M. (1992). Bodur kuru fasulye çeşitlerinin tane verimine ve morfolojik, fenolojik, teknolojik özelliklerine bakteri aşılama ve azot uygulamalarının etkisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 135 s.
- Penrose, D., & Glick, B. (2003) Methods for isolating and characterizing Acc deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. *Physiologia Plantarum*, 118, 10-15. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2003.00086.x>

- Prasad, M., Srinivasan, R., Chaudhary, M., Choudhary, M., & Jat, L.K. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture: perspectives and challenges. *PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture*, 129-157. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815879-1.00007-0>
- Rana, A., Saharan, B., Joshi, M., Prasanna, R., Kumar, K., & Nain, L. (2011). Identification of multi-trait PGPR isolates and evaluating their potential as inoculants for wheat. *Annals of Microbiology*, 61 (4), 893-900. <https://doi.org/10.1007/s13213-011-0211-z>
- Raza, W., Akhtar, M.J., Arshad, M., & Yousaf, S. (2004). Growth, nodulation and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.) as influenced by coinoculation with rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 41 (3/4), 125.
- Ricci, E., Schwinghamer, T., Fan, D., Smith, D.L., & Gravel, V. (2019). Growth promotion of greenhouse tomatoes with *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp. biofilms and planktonic cells. *Applied Soil Ecology*, 138, 61-68. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.009>
- Sağlam, S., Çiftçi, C.Y., Khawar, K.M., Atak, M., & Özcan, S. (2005). *In vitro* koşullarda fasulye bitkisine dört yapraklı aşamada transformasyon çalışmaları. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 291-294.
- Saleem, A.R., Brunetti, C., Khalid, A., Della Rocca, G., Raio, A., Emiliani, G., Mahmood, T., & Centritto, M. (2018). Drought response of *Mucuna pruriens* (L.) DC. inoculated with ACC deaminase and IAA producing rhizobacteria. *PLoS One*, 13 (2), e0191218. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191218>
- Sandhya, V., SK. Z., A., Grover, M., Reddy, G., & Venkateswarlu, B. (2009). Alleviation of drought stress effects in sunflower seedlings by the exopolysaccharides producing *Pseudomonas putida* strain GAP-P45. *Biology and Fertility of Soils*, 46, 17-26. <http://doi.org/10.1007/s00374-009-0401-z>
- Shen, X., Hu, H., Peng, H., Wang, W., & Zhang, X. (2013). Comparative genomic analysis of four representative plant growth-promoting rhizobacteria in *Pseudomonas*. *BMC Genomics*, 14, 1-20. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-271>
- Soylu, S., Kara, M., Soylu, E.M., Uysal, A., & Kurt, Ş. (2022). *Geotrichum citri-aurantii*'nin sebep olduğu turunçgil ekşi çürüklük hastalığının biyolojik mücadelesinde endofit bakterilerin biyokontrol potansiyellerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19, 177-191. <https://doi.org/10.33462/jotaf.944704>
- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş., & Soylu, E.M. (2021). Determination of antagonistic potential of endophytic bacteria isolated from lettuce against lettuce white mould disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108, 303-312. <https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.039>
- Spaepen, S., & Vanderleyden, J. (2011). Auxin and plant-microbe interactions. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 3 (4), a001438. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a001438>
- Spaepen, S., Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., & Vanderleyden, J. (2008). Effects of *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acid production on inoculated wheat plants. *Plant and Soil*, 312, 15-23. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9560-1>
- Stefan, M., Munteanu, N., Stoleru, V., & Mihasan, M. (2013). Effects of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on photosynthesis, antioxidant status and yield of runner bean. *Romanian Biotechnological Letters*, 18 (2), 8132-8143.
- Sülü, S.M., Bozkurt, İ.A., & Soylu, S. (2016). Bitki büyüme düzenleyici ve biyolojik mücadele etmeni olarak bakteriyel endofitler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21, 103-111. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/226513>
- Verma, P., Yadav, A.N., Khannam, K.S., Panjiar, N., Kumar, S., Saxena, A.K., & Suman, A. (2015). Assessment of genetic diversity and plant growth promoting attributes of psychrotolerant bacteria allied with wheat (*Triticum aestivum*) from the northern hills zone of India. *Annals of Microbiology*, 65, 1885-1899. <https://doi.org/10.1007/s13213-014-1027-4>

- Vishwa, S., AK, C., Bineeta, Mb., Debnath, A., Parihar, Nn., Brunda, K., & Saxena, R. (2017). Effect of priming on germination and seedling establishment of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6, 72-74.
- Yang, J., Kloepper, J.W., & Ryu, C.M. (2009). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in Plant Science*, 14 (1), 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.10.004>
- Yıldırım, E., & Güvenç, İ. (2006). Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30 (5), 347-353.
- Yılmaz, S., Dönmez, M.F., & Çoruh, İ. (2020). Farklı Lokasyonlarda yabani bitki türlerinden izole edilen bakterilerin tanısı ve azot fikse etme, fosfor, potasyum ve kalsiyum çözme özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Agriculture*, 3 (2), 71-90. <https://doi.org/10.46876/ja.825647>