

Atf İçin: Angın H, Dadaşoğlu E, 2022. PGPR İzolatlarının Bazı Fasulye Genotiplerinde Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(4): 2495 - 2505.

To Cite: Angın H, Dadaşoğlu E, 2022. Effect of PGPR Isolates on Plant Development in Some Bean Genotypes. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(4): 2495 - 2505.

PGPR İzolatlarının Bazı Fasulye Genotiplerinde Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Hilal ANGIN¹, Esin DADAŞOĞLU^{*}

ÖZET: Bu araştırma sera koşullarında NPK ve bakteri uygulamalarının fasulye genotiplerinde (Hınıs ve İspir) bitki gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 2020-2021 yıllarında yürütülmüştür. Yürütülen denemede kontrol, NPK uygulaması ve 6 farklı *Rhizobium* sp. izolatı (FR-2, FR-4, FR-9, FR-19, FR-20, FR-22) yer almıştır. Araştırma her uygulamada 3 tekrerrür olacak şekilde yürütülmüştür. Elde edilen bulgulara göre fasulye bitkisinde bakteri uygulamasının bitki boyu, gövde çapı, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, kök uzunluğu, yaprak alanı, yaprak sayısı, nodül sayısı, gövde protein oranı ve toplam klorofil miktarını artırdığı tespit edilmiştir. Ancak klorofil miktarı ve kökteki protein miktarı üzerine NPK uygulamasının etkisinin daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Genel olarak, çalışmada kullanılan farklı bakteri izolatlarının, ele alınan parametreler üzerine etkisinin NPK uygulamasına göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bakteri, fasulye, NPK, PGPR

Effect of PGPR Isolates on Plant Development in Some Bean Genotypes

ABSTRACT: This research was carried out in order to determine the effects of NPK and bacteria applications on the growth of bean genotypes (Hınıs and İspir) in greenhouse conditions between 2020-2021. Control, NPK application and 6 different *Rhizobium* sp. bacterial isolates (FR-2, FR-4, FR-9, FR-19, FR-20, FR-22) were included in the experiment. The research was carried out with 3 replications in each application.

According to the findings, it was determined that the application of bacteria in bean plants increased the plant height, stem diameter, plant fresh and dry weight, root fresh and dry weight, root length, leaf area, leaf number, nodule number, stem protein ratio and total chlorophyll amount. However, it was better that the effect of NPK application on chlorophyll and protein content in the root. In general, it was concluded that the effect of different bacterial isolates on parameters used in the study was better than the NPK application.

Keywords: Bacteria, Bean, NPK, PGPR

¹ Hilal ANGIN ([Orcid ID: 0000-0002-9518-0133](https://orcid.org/0000-0002-9518-0133)), Esin DADAŞOĞLU ([Orcid ID: 0000-0003-3515-5056](https://orcid.org/0000-0003-3515-5056)), Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Esin DADAŞOĞLU, e-mail: edadasoglu@atauni.edu.tr

Bu çalışma Hilal ANGIN'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Tüm dünya ülkelerinde gün geçtikçe hızla artan nüfus, beraberinde yetersiz ve dengesiz beslenme gibi sorunları getirmektedir. Dengeli beslenme karbonhidrat, protein, yağ, vitamin ve mineral maddeleri düzenli ve yeterli miktarda tüketmekle mümkün olmaktadır. Fakat ülkemizde insan beslenmesinin en önemli beslenme kaynağını karbonhidratlar oluşturmakta ve özellikle hayvansal proteinlerin tüketimi gelişmiş ülkelerin çok gerisinde kalmaktadır. İnsanların beslenmesinde yaygın olarak kullanılan yaklaşık 30 bitki grubu içinde en önemlileri tahıllar, endüstri bitkileri, sebzeler, meyve ağaçları ve baklagillerdir.

Geçmişten günümüze kadar insan beslenmesinde önemli yer tutan yemeklik tane baklagiller; fasulye, nohut, mercimek, bezelye, bakla ve börülce olarak karşımıza çıkmaktadır. Hayvansal proteinlerin çeşitli nedenlerle yeterince tüketilmediği toplumlarda, dengeli ve sağlıklı bir şekilde beslenebilmek için bitkisel proteinlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu eksikliğin giderilmesinde yemeklik baklagiller oldukça önemlidir (Adak, 2014). Baklagil grubunda yer alan bitkiler içerdikleri çeşitli vitaminler ve potasyum, fosfor, kalsiyum, demir gibi birçok mineral bakımından da oldukça zengindirler ve yine sağlıklı ve dengeli beslenmede önemli yer tutan yüksek oranda diyetel lif içerirler (Pekşen ve Artık, 2005). Genel olarak insan beslenmesinde bitkisel proteinlerin % 22'si, karbonhidratların % 7'si, hayvan beslenmesinde ise proteinlerin % 38'i ve karbonhidratların % 5'i yemeklik tane baklagillerden karşılanmaktadır (Adak ve ark., 2010).

Bitkisel üretimin artırılmasında ve bitki zararlılarının kontrolünde bilinçsizce ve aşırı miktarda kimyasal kökenli girdilerin (gübre, pestisit vb.) kullanımı sonucunda, toprak sağlığının bozulması, çevre kirliliğinin artması, patojen ve zararlı popülasyonlarının ortaya çıkması gibi birçok olumsuz durum ortaya çıkmaktadır (Bockman, 1997; Saber, 2001). Günümüzde tarımsal ekosistemlerinde birçok tehlikeli kimyasal madde bulunmaktadır. Bu kimyasal maddeler bitki, toprak, yüzey ve yeraltı suları ve gıdalara çeşitli yollarla bulaşmaktadır. Dünya genelinde yeterli miktarda ve kalitede güvenilir gıda temin edilmesinin temeli sürdürülebilir ve güvenilir tarımla mümkündür. Kimyasal kullanımına dayalı tarımsal yöntemler, tarım alanlarında su ve rüzgar erozyonunun artması, toprakta çeşitli besin elementi tükenmesi, toprak organik maddesinin kaybı gibi toprak verimliliğini azaltıcı birçok unsuru barındırmaktadır (Saber, 2001).

PGPR'lar (plant growth promoting rhizobacteria) bitkiye azot bağlaması, fosfor ve diğer bazı ağır metalleri çözebilmesi, hormon üretmesi, tuzluluk toleransı, mineral ve su alımını artırması, bitki hastalık ve zararlılarının biyolojik mücadelesi, ürettiği bazı sekonder metabolitler ile patojenin gelişimini engellemesi, kök gelişimini güçlendirmesi ve desteklemesi, bitkideki enzim aktivitesini artırması, pestisitlerin parçalanması gibi etkilerinden dolayı bitki gelişimini teşvik etmektedir (Dejordjevic ve ark., 1987; Ferreira ve ark., 1987; Mayak ve ark., 2004; Hynes ve ark., 2008; Çakmakçı, 2009; Ahemad ve Kibret, 2013; İmriz ve ark., 2014).

Günümüzde kimyasal kökenli girdilerin kullanımının aşırı artması ve çevresel sorunların ortaya çıkması, bilim insanlarını doğal (organik kökenli) girdilere bağlı üretim yöntemlerinin arayışına yöneltmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmada farklı fasulye (*Phaseolus vulgaris*) genotiplerinde PGPR kullanımının verim ve kalite üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Çalışmada Hınıs ve İspir olmak üzere iki farklı yerel genotip kullanılmıştır. Bunlardan Hınıs tescil belgesi almış olup, çeşit niteliğindedir. İspir fasulyesi 'coğrafi işaret tescil belgesi' almış olup, henüz tescil edilmemiştir. Dolayısıyla her iki fasulye tipi için genel bir ifade olarak 'genotip' terimi kullanılmıştır.

Fasulye genotiplerinin PGPR kullanımının verim ve kalite üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışma, 2020-2021 yıllarında, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezine ait kontrollü sera koşullarında yürütülmüştür. Çalışmanın ölçüm ve analizleri Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Bakteri Suşlarının Elde Edilmesi ve Tanınması

Erzurum merkezde farklı alanlarda yetiştiriciliği yapılan fasulye bitkilerinin köklerinden örnekler alınarak araç buzdolabında muhafaza edilmiş ve laboratuvara getirilmiştir. Nodül içeren kökler sdH₂O ile iyice yıkandıktan sonra nodüllerin dış yüzeyleri etanol ile steril edilmiş ve petri kaplarında steril bistüri ile parçalanmış, içerisinde 0.9 ml sdH₂O bulunan tüplere aktarılmıştır. Tüpler hematolojik çalkalayıcıda 2 saat karıştırıldıktan sonra 0.1 ml alınarak YEMA (Yeast Extract Mannitol Agar) besiyeri bulunan petrilere steril koşullarda ekim yapılmış ve 28°C'de inkübatörde 3-5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra elde edilen saf kültürler -80°C'de muhafaza edilmiştir (Vincent, 1970). Saf olarak elde edilen bakteri izolatları içerisinde bitki büyümesini teşvik edici özellikleri bakımından en iyi olduğu tespit edilen ve denemelerde kullanılan 6 farklı bakteri izolatu sekans analizi ile hizmet alımı yapılarak tanınmıştır.

Denemenin kurulması

Fide çalışması için stok kültürlerden sera denemesinde kullanılacak olan izolatların YMB (Yeast Mannitol Broth) besiyeri içinde sıvı kültürleri hazırlanmıştır. Fasulye tohumları % 10'luk sodyum hipokloritte 5 dakika bekletilerek yüzeysel dezenfeksiyon yapılmış daha sonra sdH₂O ile 5 kez yıkanarak kurutulmuştur. 108 kob ml⁻¹ olacak şekilde hazırlanan bakteri solüsyonları içerisinde tohumlar konularak yatay çalkalayıcıda tohumlara iyice bulaşma sağlanıncaya kadar bekletilmiştir. Tohumlara aşılama yapıldıktan sonra steril kurutma kağıtları içerisinde kurutularak saksı denemeleri için hazır hale getirilmiştir. Aşılanan tohumlar toprak, kum (2:1) karışımı bulunan 70 cm uzunluğunda, 17 cm derinliğindeki saksılara ekilmiştir. Çalışmada 6 farklı bakteri izolatu, katı formda NPK (1.6 g üre, 1.8 g TSP ve 0.8 g K₂SO₄) ve kontrol olmak üzere 8 farklı uygulama yapılmıştır. Araştırma tam şansa bağlı deneme deseninde 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 4 bitki olacak şekilde yürütülmüştür. Yaklaşık 45 gün sonra bitkilerde çeşitli gözlem, ölçüm ve tartım yapılmıştır.

Tablo 1. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değer	
pH (1;2,5)	7.76	Hafif alkalın
EC (dS m ⁻¹)	0.23	Tuzsuz
Kireç (%)	8.15	Orta kireçli
Organik madde (%)	1.67	Az
P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	5.72	Az
K ₂ O (kg da ⁻¹)	138	Yeterli
Tekstür	% kil : 14 % silt: 12 % kum: 74	Tınlı-kum

Denemede incelenen karakterler

Bitki büyüme parametreleri

Yapılan çalışma sonunda bitkilerin kök ve gövde uzunlukları cetvel ile ölçülerek cm olarak belirlenmiştir (Kılıçarslan, 2019).

Bitkiler hasat edildikten sonra toprak seviyesinden yukarıda kalan kısım hassas terazide tartılarak gövde yaş ağırlığı gram olarak belirlenmiştir. Bitki kökleri toprak içerisinde dikkatli bir şekilde çıkarılmış ve köklerde bulunan toprakların uzaklaştırılması amacıyla yıkama işlemi yapılmıştır.

Yıkama işleminden sonra köklerdeki nem, kağıt havlu yardımıyla alınmış ve daha sonra hassas terazide (0.001 g) tartılarak kök yaş ağırlığı gram olarak belirlenmiştir (Kılıçarslan, 2019).

Uzunluğu ölçülen kökler kese kağıtları içerisine konularak $67 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'deki etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş ve daha sonra hassas terazide tartımı yapılarak kök kuru ağırlığı gram cinsinden belirlenmiştir (Kılıçarslan, 2019).

Hasat edilen bitkilerin toprak üstü aksamı kese kağıtları içerisinde konularak $67 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'deki etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş ve daha sonra hassas terazide (0,001 gram) tartımı yapılarak gövde kuru ağırlığı gram olarak belirlenmiştir (Kılıçarslan, 2019).

Her bir tekerrürdeki bitkilerin gövde çapları kotiledon yapraklarının üstündeki kısımdan kumpas kullanılarak ölçülmüş ve mm cinsinden belirlenmiştir (Kılıçarslan, 2019).

Yaprak klorofil SPAD değeri taşınabilir klorofil metre cihazı (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan) ile belirlenmiştir. SPAD değer skalasında 1=kloratik veya sarı rengi, 50= koyu yeşil rengi ifade etmektedir (Kılıçarslan, 2019).

Yaprak alan ölçümleri hasadı yapılan her bir bitkide bütün yapraklar bitkilerden ayırt edilerek yaprak alanı ölçer (CI-202, Leaf Area Meter) ile ölçülmüş ve toplam yaprak alanı cm^2 cinsinden belirlenmiştir (Kılıçarslan, 2019).

Bitkilerin kök boğazı bölgesinden başlanarak oluşturduğu yaprak sayısı sayılmış ve adet bitki^{-1} olarak ifade edilmiştir (Kılıçarslan, 2019).

Hasat edilen bitkilerin köklerinde oluşan aktif nodüller sayılarak belirlenmiştir (Kaçar, 1972).

Klorofil a ve b konsantrasyonu için soğutulmuş bir havanda 100 mg taze yaprak örneği, 4 ml aseton (% 80'lik ($v v^{-1}$)) kullanılarak homojen hale getirildikten sonra, hacmi % 80'lik aseton ile 10 ml'ye tamamlanmış ve karışım 6000 rpm'de soğukta santrifüjlenmiştir. Elde edilmiş süpernatant absorbanansı spektrofometrede 663 ve 645 nm'de okunarak pigment konsantrasyonu Joshi ve ark. (2013)'de belirtilen şekilde (mg g^{-1}) hesaplanmıştır.

Protein içeriği

Kurutulan örnekler öğütüldükten sonra 0.3 g'lık örneklerde Mikro Kjeldahl metoduyla toplam azot tayini yapılmış, kök ve gövdedeki ham protein oranı bulunmuştur (Kaçar ve İnal, 2008).

İstatistiksel değerlendirme

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar SPSS şansa bağlı tam parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Yıldız ve Bircan, 1994).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bitki Büyüme Parametreleri

Yapılan çalışmada iki farklı fasulye genotipinde (Hınıs, İspir) PGPR kullanımının bitkisel parametreler üzerine etkileri ile ilgili karakterler incelenmiş olup elde edilen sonuçlar verilmiştir.

PGPR ve NPK uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisine bakıldığında; en yüksek değer (58.12 cm) Hınıs fasulyesinde FR-22 kodlu bakteri uygulamasından elde edilmiş olup, bunu sırasıyla FR-9, FR-4 ve FR-19 kodlu izolatların takip ettiği belirlenmiştir (Tablo 2). Daha önce yapılan çalışmalarda bitki boyunun bakteri uygulamalarından olumlu yönde etkilendiği araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Odabaş ve Gülümser, 2001; Bildirici, 2003; Bilen, 2003, Uyanöz ve ark., 2010, Akkurt, 2010). Bu araştırmacıların sonuçları ile çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar benzerlik göstermekte olup, bakteri uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisi olumlu olmuştur.

PGPR İzolatlarının Bazı Fasulye Genotiplerinde Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Kök uzunluğu bakımından veriler incelendiğinde en yüksek değer 62.46 cm ile FR-9 kodlu bakteri izolatından İspir genotipinden elde edilmiş, bunu FR-2 (54.75 cm), ve FR-4 (51.17 cm) kodlu izolatlar takip etmiştir. Uygulamalar arasındaki ortalamalar ele alındığında ise en iyi sonuç 56.33 g FR-9 kodlu bakteri izolatından elde edilmiştir. Genotipler arasındaki ortalamalara göre kök uzunluğuna sahip en yüksek değer 48.75 cm ile İspir genotipi olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı bakteri izolatları ve NPK uygulamasından elde edilen değerler

Genotip	Uygulama	Bitki Boyu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)	Gövde Çapı (mm)	Yaprak Alanı (cm ² bitki ⁻¹)	Yaprak Sayısı (adet bitki ⁻¹)	Nodül Sayısı (adet bitki ⁻¹)
Hıms	K	42.75de	42.08 ef	3.23 ef	156.65 fg	5.67 b-d	2.33 ı
	NPK	47.41 cd	47.30 c-e	3.35 d-f	242.58 c	7.50 a	2.37 ı
	FR-2	46.71 cd	42.85 ef	3.21 f	242.42 c	5.25 cd	3.17 hı
	FR-4	52.16 bc	45.30 d-f	3.44 c-f	348.44 a	6.17 bc	15.67 ef
	FR-9	53.17 ab	50.20 b-d	3.46 c-f	297.11 b	6.17 bc	28.33 d
	FR-19	51.83 bc	44.33 ef	3.54 c-f	346.88 a	5.58 b-d	15.00 ef
	FR-20	49.41 bc	41.32 f	3.72 b-d	243.37 c	6.42 b	9.17 f-h
	FR-22	58.12 a	50.40 b-d	3.48 c-f	302.55 b	5.50 b-d	11.50 e-g
	Genotip	**	**	**	**	**	**
	Uygulama	**	**	*	**	**	**
	Genotip x Uygulama	**	**	**	**	**	**
İspir	K	31.99 g-ı	41.25 f	3.46 c-f	141.90 fg	3.58 f	6.50 g-ı
	NPK	37.03 hı	41.90 ef	3.48 c-f	141.66 fg	4.75 de	13.33 ef
	FR-2	37.33 fg	54.75 b	3.95 ab	205.40 de	4.92 de	44.42 bc
	FR-4	38.83ef	51.17 bc	4.12 a	208.89 d	4.75 de	48.42 b
	FR-9	34.83 f-h	62.46 a	3.62 b-e	165.67 f	4.67 de	63.83 a
	FR-19	32.04 g-ı	50.32 b-d	3.77 a-c	174.78 ef	4.75 de	40.00 c
	FR-20	27.67 ı	44.42 ef	3.51 c-f	128.36 g	4.17 ef	18.00 e
	FR-22	35.39 f-h	43.71 ef	3.53	148.70 fg	5.00 de	14.33 ef
	Genotip	**	**	**	**	**	**
	Uygulama	**	**	*	**	**	**
	Genotip x Uygulama	**	**	**	**	**	**

** : p < 0,001 düzeyinde çok önemli, * : p < 0,05 düzeyinde önemsiz. Aynı sütunda aynı küçük harf ile gösterilen rakamlar arasındaki farklar önemsizdir

Gövde çapı bakımından veriler incelendiğinde en iyi sonuç (4.12 mm) FR-4 kodlu izolatın, İspir genotipinden elde edilmiştir. Bunu 3.95 mm ve 3.77 mm gövde çapı ile FR-2 ve FR-19 kodlu izolatların takip ettiği görülmüştür. Uygulamalara ait ortalama değerlere bakıldığında en fazla gövde çapı 3.78 mm ile FR-4 bakteri izolatından elde edilmiştir. Genotipler arasında farklılık olduğu açıkça görülmektedir (Tablo 2).

Yaprak alanı bakımından FR-4 ve FR-19 kodlu izolatlar istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ve FR-4 kodlu izolatın diğer uygulamalardan daha iyi (348.44 cm²) sonuç verdiği görülmüştür (Tablo 2). Çeşitler arasındaki ortalamalara göre en yüksek yaprak alanı Hıms (272.50 cm²) genotipinden elde edilmiştir.

Yaprak sayısı bakımından çalışmada kullanılan bakteri izolatları ve NPK uygulamalarının etkisine bakıldığında en iyi sonuç 7.50 adet bitki⁻¹ ile Hıms genotipinde, NPK uygulamasından elde edilmiştir. Bunu 6.42 adet bitki⁻¹ ile FR-20 kodlu bakteri izolatı izlemiştir. Bakteri uygulamasından elde edilen sonuçların tamamı NPK uygulamasından daha düşük olmuştur.

Nodül sayısı bakımından izolatlardan tamamının kontrol uygulamasına ve NPK uygulamasına göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Bakteri izolatlarından en iyi sonuç, 63.83 adet bitki⁻¹ ile FR-9 kodlu bakteri izolatından İspir genotipinden elde edilmiş olup, bunu sırasıyla FR-4, FR-2 ve FR-19 kodlu izolatların takip ettiği belirlenmiştir. Uygulama ortalamalarına göre, en fazla nodül 46.08 adet

PGPR İzolatlarının Bazı Fasulye Genotiplerinde Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

bitki⁻¹ ile FR-9 kodlu izolattan elde edilmiştir (Tablo 2). Yapılan çalışmaya benzer olarak, Öğüt ve ark. (2003), Karaca ve Uyanöz (2011) tarafından yapılan çalışmalarda da bakteri uygulamasının nodül sayısını artırdığı görülmüştür.

Kök yaş ağırlığı bakımından FR-4, FR-9, FR-20 ve FR-22 kodlu izolatlara ait uygulama sonuçlarının aynı istatistiki grupta yer aldığı, FR-20 kodlu izolatin diğer uygulamalara göre daha iyi (54,56 g) sonuç verdiği görülmüştür. Bakteri izolatlarının genotip üzerine etkisi incelendiğinde kök yaş ağırlığı bakımından Hınıs genotipinin, İspir genotipine göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir (Tablo 3). Gövde yaş ağırlığı bakımından ise en iyi sonuç 58.03 g ile FR-2 kodlu bakteri izolatından Hınıs genotipinden elde edilmiştir. Bunu 54.39 g ve 53.30 g gövde yaş ağırlığı ile FR-4 ve FR-9 kodlu izolatların takip ettiği görülmüştür. Uygulamalara ait ortalama değerlere bakıldığında en fazla gövde yaş ağırlığı 45.56 g ile FR-19 uygulamasından elde edilmiştir. Genotipler arasındaki ortalamalara göre gövde yaş ağırlığına ait en yüksek değer 51.43 g ile Hınıs genotipi olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

Kök kuru ağırlığı bakımından ortalama değerlere bakıldığında ilk sırada 5.83 g ile FR-9 kodlu bakteri izolatı (Hınıs genotipinde) yer almıştır. Bunu sırasıyla FR-20 (5.79 g) ve FR-2 (5.51 g) ile bakteri izolatları izlemiştir. İspir çeşidinde ise en iyi sonuç, 5.47 g ile FR-19 kodlu bakteri izolatından elde edilmiştir. Uygulamalar arasındaki ortalamalar dikkate alındığında ise en fazla kök kuru ağırlığı (5.26 g) FR-19 kodlu bakteri izolatından elde edilmiştir. Gövde kuru ağırlığı bakımından ise bakteri uygulamalarının tamamının aynı istatistiki grupta yer aldığı ve FR-19 kodlu izolatin diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (Tablo 3). İzolatlardan elde edilen değerlerin tamamı NPK uygulamasından daha yüksek olmuştur. İspir genotipinde ise FR-4 ve FR-19 kodlu izolatların aynı istatistiki grupta yer aldığı ve diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Genotipler arasındaki ortalamalara göre gövde kuru ağırlığına ait en yüksek değer 8.81 g ile Hınıs genotipi olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Farklı bakteri izolatları ve NPK uygulamasından elde edilen değerler

Genoti p	Uygulama	Kök Ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Yaş Gövde Ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Yaş Kök Ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Kuru Gövde Kuru Ağırlığı (g bitki ⁻¹)
Hınıs	K	35.73 cd	43.62 e	4.08 de	7.54 b
	NPK	47.54 ab	46.40 de	4.77 a-d	7.61 b
	FR-2	40.18 c	58.03 a	5.51 ab	9.08 a
	FR-4	53.09 a	54.39 b	4.60 b-d	9.34 a
	FR-9	51.94 a	53.30 bc	5.83 a	9.27 a
	FR-19	48.08 ab	54.20 b	5.04 a-d	9.36 a
	FR-20	54.56 a	49.80 cd	5.79 a	8.93 a
	FR-22	49.97 a	51.73 bc	5.26 a-c	9.35 a
	Genotip	**	ns	**	**
	Uygulama	**	ns	*	**
	Genotip x Uygulama	**	ns	**	**
	İspir	K	19.90 f	22.56 ı	3.32 c
NPK		22.42 f	26.45 gh	4.02 de	5.80 cd
FR-2		25.41 ef	28.24 g	4.26 c-e	5.90 cd
FR-4		31.51 de	28.08 g	4.30 c-e	6.70 bc
FR-9		25.59 ef	26.56 gh	3.41 e	4.67 ef
FR-19		41.35 bc	36.93 f	5.47 ab	6.73 bc
FR-20		23.70 f	23.49 hı	3.33 e	4.17 fg
FR-22		34.21 cd	27.15 gh	3.52 e	5.34 de
Genotip		**	ns	**	**
Uygulama		**	ns	*	**
Genotip x Uygulama		**	ns	**	**

** : p < 0,001 düzeyinde çok önemli, * : p < 0,05 düzeyinde önemli. Aynı sütunda aynı küçük harf ile gösterilen rakamlar arasındaki farklar önemsizdir

Yapılan çalışmalar sonucunda açıkça belirtilmektedir ki; bakteri izolatlarının gövde yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, kök uzunluğu, yaprak alanı, yaprak sayısı üzerine olumlu etki ettiği, ancak elde ettiğimiz değerler ile yapılan çalışmalardan elde edilen değerler arasındaki farklılıkların kullanılan farklı izolat tipleri ile alakalı olduğu düşünülmektedir (Yaman ve Sepetoğlu 1997; Karahan 1997; Yaman ve Sepetoğlu 1997; Aryal ve ark. 2003; Akkurt, 2010; Uyanöz ve ark. 2010; Al-Askar ve Rashad, 2010; Akkurt, 2010; Küçük, 2011; Karaca ve Uyanöz, 2011; Türkmen ve ark. 2016; Özturan-Akman, 2017; İmamoğlu, 2019). Sonuçlar kontrol ile karşılaştırıldığında, kök ve sürgün büyümesi bakımından rizobakterilerin yararlı olduğu görülmektedir. Rizobakterilerle tohum aşılamanın sürgün kuru ağırlığı ve bitki verimi üzerindeki iyileştirici etkisi daha önce rapor edilmiştir (Yıldırım ve ark., 2008; 2011). Bu durum, bakterilerin N₂-sabitlenme, fosfat-çözme kapasitelerine ve ayrıca bu mikroorganizmaların IAA gibi büyümeyi teşvik eden maddeler üretme yeteneğine bağlanabilir. (Salantur ve ark., 2006). Ayrıca Turan ve ark. (2021) IAA'nın genellikle PGPR tarafından çeşitli yollarla üretildiğini ve PGPR tarafından bitki oksin yolunun dolaylı aktivasyonunun da bitki büyümesini teşvik ettiğini belirtmiştir.

Klorofil miktarı (SPAD) bakımından her iki genotipte de bakteri izolatlarının tamamının kontrol uygulamasına göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ancak Hınıs genotipinde, NPK uygulamasından elde edilen değer izolatların tamamından daha yüksek olmuştur. İspir genotipinde ise 5 izolatın NPK ile aynı grupta yer aldığı görülmüştür. Bakteri izolatları arasında en iyi sonuç 38.83 ile FR-20 kodlu izolatdan Hınıs genotipinden elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 38.77 ve 38.10 klorofil miktarı ile FR-19 ve FR-4 kodlu izolatların takip ettiği görülmüştür (Tablo 4).

Yapılan çalışmada kullanılan bakteri izolatlarının, toplam klorofil içeriği üzerine etkisinin İspir genotipinde, Hınıs genotipine göre daha iyi olduğu görülmüştür. İzolatlar bakımından değerlendirme yapıldığında, İspir genotipinde en iyi sonuç 1.06 mg g⁻¹ ile FR-2 kodlu bakteri izolatından elde edilmiş, bunu 1.00 mg g⁻¹ ile FR-19 kodlu bakteri izolatı takip etmiştir. Ancak İspir genotipinde izolatlardan elde edilen değerlerin tamamının NPK uygulamasından daha düşük olduğu görülmektedir (Tablo 4).

Yaptığımız çalışmada klorofil miktarı bakımından en iyi sonuç, NPK uygulamasından elde edilmiştir. Ancak bakteri uygulamalarının her iki fasulye genotipinde de kontrole göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Fasulyede yapılan çalışmalarda bakteri uygulamalarının klorofil miktarını artırdığı sonucuna varılmıştır (Nyoki 2014; Havugimana ve ark. 2016).

Yapılan çalışmada toplam klorofil içeriği üzerine bakterilerin olumlu etki ettiği görülmüştür. Araştırmacılar tarafından fasulyede yapılan çalışmalarda da *Rhizobium*ların toplam klorofil içeriğini olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır (Bambara ve Ndakidemi 2009; Safikhani ve ark. 2013; Mfilinge, 2014). Börülce ve soya fasulyesinde de, yapılan çalışmaya benzer olarak rhizobiumların toplam klorofil içeriğini artırdığı belirlenmiştir (Tairo ve Ndakidemi, 2013; Nyoki ve Ndakidemi, 2014). Rhizobial inokulasyonun, yaprak fotosentezini (Zhou ve ark., 2006) ve yapraklardaki klorofil içeriğini (Tajini ve ark., 2008) artırarak baklagil bitkilerinin fizyolojik büyüme koşullarını etkileyebileceği bildirilmiştir (Lanier ve ark., 2005).

PGPR İzolatlarının Bazı Fasulye Genotiplerinde Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Tablo 4. Farklı bakteri izolatları ve NPK uygulamasından elde edilen değerler

Genotip	Uygulama	Gövde Protein Oranı (%)	Kök Protein Oranı (%)	Klorofil Miktarı (SPAD)	Klorofil a (mg g ⁻¹)	Klorofil b (mg g ⁻¹)	Toplam Klorofil (mg g ⁻¹)
Hınıs	K	16.39 c-f	16.40 c	35.83 bc	0.38 c	0.32 h	0.56 g
	NPK	19.79 b	18.46 b	43.07 a	0.56 a	0.56 cd	0.96 b-e
	FR-2	17.06 c-e	13.69 d	37.60 bc	0.49 b	0.40 g	0.84 d-f
	FR-4	16.62 c-e	13.26 d-f	38.10 bc	0.54 ab	0.55 cd	0.88 c-f
	FR-9	15.70 c-f	11.76 e-g	37.20 bc	0.54 ab	0.47 e-g	0.82 f
	FR-19	14.68 ef	12.09 d-g	38.77 bc	0.54 ab	0.52 d-f	0.86 c-f
	FR-20	14.92 ef	12.49 d-g	38.83 b	0.53 ab	0.61 bc	0.97 b-d
	FR-22	14.12 f	12.03 d-g	36.07 bc	0.53 ab	0.47 e-g	0.82 f
	Genotip	**	ns	**	**	**	**
	Uygulama	**	**	**	**	**	**
Genotip x Uygulama	**	**	ns	**	**	**	
İspir	K	18.07 bc	15.53 c	30.60 d	0.55 ab	0.62 bc	0.94 b-f
	NPK	25.83 a	21.24 a	37.50 bc	0.56 a	0.83 a	1.11 a
	FR-2	16.28 c-f	11.67 fg	36.13 bc	0.54 ab	0.68 d	1.06 ab
	FR-4	16.12 c-f	10.94 g	36.30 bc	0.53 ab	0.64 b	0.83 ef
	FR-9	17.62 cd	12.91 d-g	36.07 bc	0.53 ab	0.48 d-g	0.85 d-f
	FR-19	16.54 c-e	13.63 de	34.80 c	0.55 ab	0.45 fg	1.00 ac
	FR-20	16.89 c-e	13.47 d-f	37.43 bc	0.54 ab	0.55 c-e	0.94 b-f
	FR-22	15.35 d-f	12.33 d-g	37.03 bc	0.55 ab	0.65 b	0.99 ac
	Genotip	**	ns	**	**	**	**
	Uygulama	**	**	**	**	**	**
Genotip x Uygulama	**	**	ns	**	**	**	

** : p < 0,001 düzeyinde çok önemli, ** : p < 0,05 düzeyinde önemsiz. Aynı sütunda aynı küçük harf ile gösterilen rakamlar arasındaki farklar önemsizdir

Bitki protein içeriği

Yapılan çalışmada kullanılan bakteri izolatlarından gövde protein oranına dair en iyi sonuç %17.62 ile FR-9 kodlu bakteri izolatından İspir genotipinden elde edilmiştir (Tablo 4). Hınıs genotipinde FR-4 kodlu izolat ile aynı istatistiki grupta yer alan FR-2 kodlu izolat daha iyi (%17.06) sonuç vermiştir Ancak her iki genotipte de NPK uygulamasının daha yüksek oranda protein içeriğine sahip olduğu görülmüştür (Tablo 4).

Kök protein oranına ait değerlere bakıldığında, gövde protein oranının da olduğu gibi en yüksek oran her iki çeşitte de NPK uygulamasından elde edilmiştir. Hınıs genotipin de en yüksek oran %13.69 ile FR-2 kodlu izolattan, İspir genotipinde ise %13.63 ile FR-19 kodlu izolattan elde edilmiştir (Tablo 4). Her bir genotipte de izolatlar a ait değerlere bakıldığında birbirine yakın olduğu görülmektedir (Tablo 4).

Daha önce yapılan birçok araştırmada, bakteri uygulamalarının protein oranını artırdığı sonucuna varılmıştır (Şehirali ve ark., 1983; Önder ve Özkaynak, 1994; Bozoğlu ve Gülümser., 1997; Bildirici, 2003; Bilen, 2003; Tajini ve ark., 2008; Çetin Karaca, 2010; Küçük, 2011; Bulut, 2013; Özturan Akman, 2017).

Bakteri izolatları ve sekans tanı sonuçları

Erzurum merkezde farklı alanlarda yetiştiriciliği yapılan fasulye bitkilerinin köklerinden alınan örneklerden toplamda 24 adet farklı bakteri izolatı elde edilmiştir. Elde edilen izolatların fosfat çözünürlüğü ve azot fikse etme özellikleri belirlenerek bitki gelişimini teşvik edici özelliklere sahip en iyi 6 izolat sekans analizi sonucunda *Rhizobium* sp. olarak tanılanmıştır.

SONUÇ

Sonuç olarak, çalışmada kullanılan bakteri izolatlarının her iki genotipe ait incelenen parametreler üzerine olumlu etki ettiği görülmüştür. Kullanılan izolatların incelenen parametre ve

genotiplere bağlı olarak etkisi değişmekle birlikte, FR-9, FR-19 ve FR-20 kodlu izolatların biyogübre olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Ancak böyle bir sonuca ulaşabilmek için çalışmanın tarla şartlarında en az 2 yıl süre ile ve tohum verimi ile ilgili karakterlerin değerlendirilmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi BAP Birimi tarafından desteklenen FYL-2021-8674 nolu projeden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Adak MS, 2014. Türkiye’de Yemelik Baklagillerin Önemi, Üretimi ve İzlenen Politikalar, Tarım ve Mühendislik, 103:24-30.
- Adak MS, Güler M, Kayan N, 2010. Yemelik Baklagillerin Üretimini Artırman Olanakları, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara, 329-341.
- Ahemad M, Kibret M, 2013. Mechanisms and Applications of Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Current Perspective. Journal of King Saud University-Science.
- Akkurt M, 2010. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinde Bakteri Aşılmasının Azot Fiksasyonuna ve Bitkinin Kök ve Toprak Üstü Organlarına Etkisi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış)
- Al-Askar AA, Rashad YM, 2010. Arbuscular Mycorrhizal Fungi: A Biocontrol Agent Against Common Bean Fusarium Root Rot Disease. Plant Pathology Journal, 9(1): 31-38.
- Aryal UK, Xu HL, Fujita M, 2003. Rhizobia and AM Fungal Inoculation Improve Growth and Nutrient Uptake of Bean Plants Under Organic Fertilization. Journal of Sustainable Agriculture, 21(3): 27-39.
- Babaoğlu M, 2001. Temel Laboratuvar Teknikleri. Selçuk Üniversitesi Basımevi. Konya. 18- 21.
- Bambara S, Ndakidemi PA, 2009. Effects of Rhizobium Inoculation, Lime and Molybdenum on Photosynthesis and Chlorophyll Content of *Phaseolus vulgaris* L. African Journal of Microbiology Research, 3:791-798.
- Bildirici N, 2003. Van-Gevaş Koşullarında Farklı Azot ve Fosfor Dozları ile Bakteri Aşılmasının (*Rhizobium phaseoli*) Şeker Fasulyesi (*Phaseolus vulgaris* L) Çeşidinin Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Etkisi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 86.
- Bilen S, 2003. Farklı Yaşlardaki Değişik *Rhizobium* Kültürleri ile Aşılamanın ve Çeşitli Dozlardaki Azotlu Mineral Gübrelemenin Fasulye (*Phaseolus vulgaris*) Bitkisinin Kuru Madde Miktarı, Simbiyotik Özellikleri ve Fosfor İçeriği Üzerine Etkileri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi (Basılmış)
- Bockman OC, 1997. Fertilizers and Biological Nitrogen Fixation as Sources of Plant Nutrients: Perspectives for Future Agriculture. Plant Soil, 194:11-14.
- Bozoğlu H, Gülümser A, 1997. Kuru fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Bazı Tarımsal Özelliklerin Korelasyonları ve Kalıtım Derecelerinin Belirlenmesi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi (15-18 Kasım 1999), Cilt III, Çayır-Mera Yembitkileri ve Yemelik Baklagiller, 360-365, Adana.
- Bulut N, 2013. Aşılı Aşısız Koşullarda Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Organik Gübrelerin Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Etkisi., Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Çakmakçı R, 2009. Stres Koşullarında ACC Deaminaz Üretici Bakteriler Tarafından Bitki Gelişiminin Teşvik Edilmesi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40 (1):109- 125.
- Çetin Karaca U, 2010. Konya Yöresinde Yetiştirilen Kuru Fasulyeden İzole Edilen *Rhizobium* Bakterilerinin Etkinliklerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış)
- Dejordjevic MA, Gabriel DW, Rolfe BG, 1987. Rhizobium-the Refined Parasite of Legumes. Annu. Rev Phytopathology, 25:145-168.

- Ferreira MCB, Fernandes MS, and Döberner J, 1987. Role of Azospirillum brasilense Nitrate Reductase in Nitrate Assimilation by Wheat Plants. *Biol. And Ferti. of Soils*, 4: 47- 53.
- Giller KE, 2001. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. *Cabi*.
- Havugimana E, Bhople BS, Byiringiro E, Mugabo JP, 2016. Role of Dual Inoculation of Rhizobium and Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungi on Pulse Crops Production. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 13(1):1-7.
- Hynes RK, Leung GC, Hirkala DL, Nelson LM, 2008. Isolation, Selection, and Characterization of Beneficial Rhizobacteria from Pea, Lentil and Chickpea Grown in Western Canada. *Can. J. Microbiol.*, 54:248-258.
- İmriz G, Özdemir F, Topal İ, 2014. Bitkisel Üretimde Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri (PGPR)'ler ve Etki Mekanizmaları. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*. 12(2): 1-19.
- Joshi R, Ramanarao MV, Baisakh N, 2013. Arabidopsis Plants Constitutively Overexpressing a Myo-inositol 1-Phosphate Synthase Gene (SaINO1) from the Halophyte Smooth Cordgrass Exhibits Enhanced Level of Tolerance to Salt Stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 65:61-66.
- Kaçar B, 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: Ankara 453: 55-86.
- Kaçar B, İnal A, 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları No: 1241, Ankara
- Karaca Ü, Uyanöz R, 2011. Yunus 90 Kanada ve Akman 98 Fasulye Çeşitlerinde (*Phaseolus vulgaris* L.) Bakteri Aşılamanın Verim Ve Verim Unsurlarına Etkisi. *Toprak ve Su Sempozyumu*, 25-27 Mayıs 2011, Ankara.
- Karahan A, 1997. Trakya Koşullarında Şehirli-90 (*Phaseolus vulgaris* L. Dekap) Bodur Fasulye Çeşidinde Bakteri Aşılama ve Değişik Azot Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi., Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış)
- Karahan A, Şehirli S, 1999. Trakya koşullarında Şehirli 90 Fasulye Çeşidinde (*Phaseolus vulgaris* L. var. nanus DEKAP) Bakteri Aşılama ve Değişik Azot Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi. 15-20 Kasım, 1999. Adana.
- Kılıçarslan S, 2019. Kuraklık Stresinin Fasulyede Bitki Gelişimi ile Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış)
- Küçük Ç, 2011. Inoculation with Rhizobium spp. in Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Varieties. *Zemdirbyste = Agriculture*, 98: 49-56.
- Lanier JE, Jordan DL, Spears JF, Wells R, Johnson PD, 2005. Peanut Response to Inoculation and Nitrogen Fertilizer. *Agronomy. Journal*. 97:79- 84
- Mayak S, Tirosh T, Glick BR, 2004. Plant Growth-Promoting Bacteria Confer Resistance in Tomato Plants to Salt Stress. *Plant Physiol. Biochem.*, 42:565-572.
- Mfilinge A, Mtei K, Ndakidemi PA, 2014. Effects of Rhizobium Inoculation and Supplementation with P and K, on Growth, Leaf Chlorophyll Content and Nitrogen Fixation of Bush Bean Varieties. *American Journal of Research Communication*, 2(10):49-87.
- Nyoki D, Ndakidemi PA, 2014. Effects of Phosphorus and Bradyrhizobium japonicum on Growth and Chlorophyll Content of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp). *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(10):1120-1136.
- Odabaş MS, Gülümser A, 2001. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de Uygulanan Farklı Dozlardaki Değişik Azot Kaynaklarının Verim, Verim Unsurları ve Yapraktaki Klorofil Miktarına Etkisi Üzerine Bir Araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi)*, 16(1): 42-47.
- Öğüt M, Kılıç M, Bhoji AR, 2001. Azospirillum brasilense ve İki Rhizobium Türünün Bazı Yaygın Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşitlerinde Nodülasyona Etkisi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(31): 5-12.
- Önder M, Özkaynak İ, 1994. Bakteri Aşılama ve Azot Uygulamasının Bodur Kuru Fasulye Çeşitlerinin Tane Verimi ve Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, 18:463-471.
- Özturan Akman Y, 2017. Rhizobium ve Mikoriza Uygulamalarının Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'nin Tane Verimi ve Bazı Tarımsal Karakterleri Üzerine Etkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*. (Basılmış)
- Pekşen E, Artık C, 2005, Antibesinsel Maddeler ve Yemelik Tane Baklagillerin Besleyici Değerleri, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2):110-120.
- Rudresh DL, Shivaprakash MK, Prasad RD, 2005. Effect of Combined Application of Rhizobium, Phosphate Solubilizing Bacterium and Trichoderma spp. on Growth, Nutrient Uptake and Yield of Chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Applied Soil Ecology*, 28(2):139-146.
- Saber MSM, 2001. Clean Biotechnology for Sustainable Farming. *Eng. Life Sci.*, 1:217-223.

- Safikhani S, Chaichi MR, Porbabaei AA, 2013. The Effects of Different N Fertilizers (Chemical, Biological and Integrated) on Forage Quality of Berseem clover in an Intercropping System with basil. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(2):237-248.
- Salantur A, Ozturk A, Akten S, 2006. Growth and Yield Response of Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) to Inoculation with Rhizobacteria. *Plant Soil and Environment*, 52(3):111-118.
- Şehirli S, Güğün V, Çiftçi CY, Gençtan T, 1983. Bakteri Aşılması ve Değişik Azot Dozlarının Fasulyede Tane Verimi ve Protein Kapsamı Üzerine Etkileri. *Kükem Dergisi*, 6(2): 166-167.
- Tairo EV, Ndadikemi PA, 2013. Brady rhizobium japonicum Inoculation and Phosphorus Supplementation on Growth and Chlorophyll Accumulation in Soybean (*Glycine max* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 4,2281.
- Tajini F, Drevon JJ, Lamouchi L, Aouani ME, Trabelsi M, 2008. Response of Common Bean Lines to Inoculation: Comparison Between the Rhizobium tropici CIAT899 and the Native Rhizobium etli 12a3 and Their Persistence in Tunisian Soils. *World Journal of Microbiology Biotechnology*, 24:407-417.
- Togay N, Togay Y, Cimrin KM, Turan M, 2008. Effects of Rhizobium Inoculation, Sulfur and Phosphorus Applications on Yield, Yield Components and Nutrient Uptakes in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7(6):776-782.
- Turan M, Arjumend T, Argın S, Yıldırım E, Katırcıoğlu H, Gürkan B, Bolouri, P, 2021. Plant Root Enhancement by Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Plant Roots*, 145.
- Türkmen OS, Özçelik F, Nizam Ö, Baytekin H, 2016. Topraksız Fasulye Kültüründe Azotun Rhizobium Bakteri Nodülasyonu ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (Özel Sayı-1), 201-206.
- Uyanöz R, Karaca Ü, Karaarslan E, 2010. Konya Yöresinden İzole Edilen Doğal Rhizobium Bakterilerinin Kuru Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. 5. Ulusal Bitki Besleme Gübre Kongresi Bildiriler Kitabı, Bornova, İzmir. 15-17 Eylül 2010, 252-260.
- Vincent JM, 1970. A Manual for the Practical Study of the Root-Nodule Bacteria. A manual for the practical study of the root-nodule bacteria.
- Yaman M, Sepetoğlu H, 1997. Fasulyede Ekim Zamanının Bitki Büyümesi ve Morfolojik Özellikler Üzerine Etkisi. *Anadolu*, 7(2): 51-65.
- Yıldız N, Bircan H, 1994. Araştırma ve Deneme Metotları. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 697.
- Yıldırım E, Karlıdag H, Turan M, Dursun A, Goktepe F, 2011. Growth, Nutrient Uptake, and Yield Promotion of Broccoli by Plant Growth Promoting Rhizobacteria with Manure. *Hortscience*, 46(6):932-936.
- Yıldırım E, Turan M, Dönmez MF, 2008. Mitigation of Salt Stress in Radish (*Raphanus sativus* L.) by Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Roumanian Biotechnol Lett*, 13:3933-3943.
- Zhou XJ, Liang Y, Chen H, Shen SH, Jing YX, 2006. Effects of Rhizobia Inoculation and Nitrogen Fertilization on Photosynthetic Physiology of Soybean. *Photosynthetica*. 44:530-535.