



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

<http://dergi.toprak.org.tr>



Kaya fosfat ve TSP gübresi ile uygulanan *Micrococcus luteus* AR-72'nin toprağın bazı biyolojik özellikleri, NO₃ ve alınabilir P içeriğine etkisi

 **Betül Bayraklı ***

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

Özet

Bu çalışmada, kaya fosfat ve TSP (triple süper fosfat) gübresi ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* aşılmasının toprakların bazı alınabilir P ve NO₃-N içerikleri ile toprakların biyolojik özellikleri (toprak solunumu, mikrobiyal biyomas C, dehidrogenaz, fosfataz aktivitesi) üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Denemede materyal olarak kullanılan toprağın fosfor fiksasyon kapasitesi ve topraktaki alınabilir P içeriği dikkate alınarak, buğday bitkisi özelinde toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ün kaya fosfat ve TSP'den karşılanması ve *Micrococcus luteus* AR-72 ile toprağın aşılması ve aşılama yapılmamasına göre deneme konuları oluşturulmuştur. Deneme konularına göre oluşturulan saksılar 25 °C'de 120 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon denemesi boyunca 30'ar günlük periyotlarda 4 toprak örnekleme yapılmıştır. Her bir inkübasyon döneminde saksılardan alınan toprak örneklerinde alınabilir P ve NO₃-N ile toprak solunumu (TS), mikrobiyal biyomas C (MBC), dehidrogenaz (DHA) ve alkalin fosfataz (FA) aktivitesi değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların alınabilir P ve NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı saptanmıştır. Bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise kaya fosfata göre alınabilir P ve NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılması, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların MBC, TS, DHA ve FA içeriğini daha fazla artırmış, kaya fosfat gübresi ile beraber yapılan aşılama TSP'ye göre toprakların MBC, TS ve DHA içeriğinde daha fazla artış sağlamış ancak FA değerleri TSP gübresi ile beraber yapılan aşılama daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Micrococcus luteus* AR-72, aşılama, alınabilir P, NO₃-N, toprak biyolojik özellikleri.

Effect of *Micrococcus luteus* AR-72 applied with rock phosphate and TSP fertilizer on some soil biological properties, NO₃ and available P content of soil

Abstract

In this study, effects of *Micrococcus luteus* inoculation with rock phosphate and TSP (triple super phosphate) fertilizers on available P, NO₃-N contents and some biological soil properties (soil respiration, microbial biomass C, dehydrogenase and phosphatase activities) were researched. Considering the phosphorus fixation capacity of the soil used as a material in the experiment and available P content in the soil, trial subjects were established according to meeting the phosphorus from rock phosphate and TSP by 0, 25, 50, 75 and 100 % that should be given to the soil and specific to wheat and inoculation of the soil with *Micrococcus luteus* AR-72 and the non-inoculation. Pots formed according to the trial subjects were left for 120 days incubation at 25°C. During the incubation experiment, 4 soil samplings were done in 30-day periods. In the soil samples taken from the pots during each incubation period, values of available P and NO₃-N and soil respiration (SR), microbial biomass C (MBC), dehydrogenase (DHA) and alkaline phosphatase (FA) activities were determined. According to the results, it was determined that *Micrococcus luteus* AR-72 inoculation with both rock phosphate and TSP increased the available P and NO₃-N contents of the soils more than the non-inoculation applications. On the other hand, it was determined that the inoculation with TSP fertilizer increased the available P and NO₃-N contents more than the inoculation with rock phosphate. Also, inoculation of *Micrococcus luteus* AR-72 with both rock phosphate and TSP increased the MBC, TS, DHA and FA contents of the soils more than the non-inoculation applications. Inoculation of *Micrococcus luteus* AR-72 with rock phosphate fertilizer increased MBC, TS and DHA contents of the soils more than TSP, but FA values were found higher in inoculation with TSP fertilizer.

Keywords: *Micrococcus luteus* AR-72, inoculation, available P, NO₃-N, biological properties of soils.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 445 16 00

E-posta : betul.bayrakli@tarimorman.gov.tr

Geliş Tarihi : 10 Temmuz 2020

Kabul Tarihi : 17 Aralık 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbdd.848527

Giriş

Tarımsal üretimde kalite ve verimi artırmak amacıyla, kimyasal girdiler uzun yıllardır kullanılmaktadır. Özellikle bitkilerin en fazla ihtiyaç duyduğu N ve P'lu gübre kullanımı oldukça yoğun ve yaygındır. Ancak bitkiye gübre olarak verilen fosforun büyük bölümü hızla bitkilerin faydalanamayacağı formlara dönüşebilmektedir. Ayrıca fazla N'lu gübrelerinin kullanımı sonunda, N'un bir kısmı yağışların veya sulamanın etkisiyle NO_3^- formunda yıkanmakta, bir kısım N ise, yine toprak koşullarına bağlı olarak gaz formunda atmosfere kaçarak, önemli çevresel problemleri de oluşturabilmektedir. Buna karşın, P'lu gübrelerde yıkanma veya atmosfere kaçma gibi bir süreç olmamasına karşın, önemli miktarlarda fosfor toprakta fikse olmakta ve bitkiler tarafından kullanılamamaktadır. Bununla beraber, P'lu gübre üretim teknolojisinde hali hazırda kullanılan P'lu gübrelerin granüleleştirilmesi aşamasında kullanılan kireç, jips veya çeşitli killerde, gübre uygulanması esnasında besin maddeleri ile beraber topraklarda birikmekte, sulama veya yağışların etkisiyle meydana gelen çözümler sonucunda koloidal büyüklükteki taşıyıcı materyaller toprak boşluklarındaki gözenekleri tıkayabilmektedir. Dolayısıyla, kimyasal gübrelerin toprakta veya doğada uzun vadede oluşturabileceği hasarların önüne geçmek amacıyla, tarımsal kimyasallara alternatif çözümler aranmaktadır. Bu alternatif çözümlerden birisi de son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan mikrobiyolog gübreler (biyo-gübreler) dir. Mikroorganizmalar, besin maddelerinin doğadaki çevrimlerinde ve bitki beslenmesinde önemli rol oynamakta olup, özellikle sürdürülebilir tarımda biyogübre olarak kullanılmaktadır.

Bir kısım rizosfer mikroorganizmaları, stres koşulları altında bitki performansını iyileştirerek bitkisel ürün verimini artırmaktadır (Dimkpa ve ark., 2009; Raza ve Faisal, 2013). Yapılan çalışmalar ile bazı mikroorganizmaların siderefor, enzim, organik asit ve fitohormon üreterek, topraktaki inorganik fosforun çözünürlüğünü artırdığı ve havadaki moleküler azotu fikse ederek bitki gelişimini teşvik ettiği belirlenmiştir (Ndung'u-Magiroyi, 2012; Islam et al. 2013; Vacheron et al. 2013; Ahemad and Kibret 2014). Bu mikroorganizmalardan biriside *Micrococcus*'lardır. Bu türlerin topraktaki inorganik fosforun çözünürlüğünü artırma, oksin üretimi gibi mekanizmalarla bitki büyümesini teşvik edici özelliklere sahip olduğu yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (Antoun et al. 2004; El-Azeem, 2007; Ekundayo, 2010). Kumar ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada *Micrococcus sp.* fosfat çözebildiğini amonyum ve IAA ürettiğini bildirmişlerdir. Dastager ve ark. (2010) *Micrococcus sp.*'nin toprakta inorganik fosforu çözdüğü, oksin ve siderefor üreterek ve 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase aktivitesi oluşturarak bitki gelişimini artırıcı yönde etkide bulunduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde Vendan ve ark. (2010) *Micrococcus luteus*'u fosfor çözebilen, IAA ve siderofor oluşturabilen ve bitki gelişimini teşvik edici bir mikroorganizma olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada, kaya fosfat ve TSP (Triplesüper fosfat) gübresi ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* aşılmasının toprakların bazı alınabilir P ve $\text{NO}_3\text{-N}$ içerikleri ile toprakların biyolojik özellikleri (toprak solunumu, mikrobiyal biyomas C, dehidrogenaz, fosfataz aktivitesi) üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Denemede materyal olarak yabancı asmadan izole edilmiş *Micrococcus luteus* AR-72 suşu kullanılmıştır. Bu suş, Ramazan Çakmakçı (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)'ya ait mikrobiyal kültür koleksiyonundan temin edilmiştir. Toprakta inorganik fosforu çözebilme ve havadaki moleküler azotu fikse etme yeteneğinde olan bu suşun bazı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo1. Denemelerde kullanılan *Micrococcus luteus* AR-72 bazı özellikleri

SİMI	NA'da koloni rengi	Gram reaksiyon	Oksidaz	Katalaz	N-free ortamda gelişme Azot fikse etme	Sükroz	NBRIP-BPB ortamda gelişme Fosfat Çözme	Amilaz aktivitesi
0.836	Krem	+	+	+	+	-	+	+

Denemede P kaynağı olarak Mardin Mazı dağı kaynaklı kaya fosfat ile piyasadan temin edilen TSP (Triplesüper fosfat) gübresi kullanılmıştır. Kaya fosfat ile TSP gübresinin bazı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kaya fosfat ile TSP gübresinin bazı özellikleri

P kaynağı	pH	EC, mS	Toplam P_2O_5 , %	Suda+sitratta çözünen P_2O_5 , %
Kaya fosfat	8.22	0.092	27.00	0.081
TSP gübresi	3.50	18.480	47.02	42.660

Denemede materyal olarak kullanılan toprak örneği, Samsun-Atakum'dan temin edilmiş olup siltli tın (%38.28 kum, %11.51 kil, % 50.21 silt) bünyeye sahiptir. Toprağın pH'sı 7.80, kireç içeriği % 42.6 ve organik madde içeriği ise % 0.90'dır. Toprağın alınabilir P içeriği 3.04 ppm ve toplam N içeriği ise % 0.08'dir.

İnkübasyon denemesi

Denemede materyal olarak kullanılan toprağın fosfor fiksasyon kapasitesi ve topraktaki alınabilir P içeriği dikkate alınarak, buğday bitkisi özelinde toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ün kaya fosfat ve TSP'den karşılanması ve *Micrococcus luteus* AR-72 ile toprağın aşılması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, liyofilize *Micrococcus luteus* AR-72 kültürü tamamen aseptik koşullarda aktifleştirilmiş, Nutrient agar (pepton 5 gr, meat extract 3 gr, 10 mg MnSO₄.H₂O / lt, pH=7) içerisinde bakterinin sıvı kültürü oluşturulmuştur.

İnkübasyon denemesinin kurulması için saksılar içerisindeki fırın kuru ağırlık üzerinden 250 gr toprak (<2 mm) üzerine, toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ü sırasıyla kaya fosfat ve TSP'den karşılanacak şekilde fosfor kaynakları toprakla karıştırılmış ve *Micrococcus luteus* AR-72'nin sıvı kültüründen toprağa 10 ml aşılama (10⁸ KOB. ml⁻¹) yapılmıştır. Aynı şekilde mikrobiyal aşılamanın etkisini görebilmek amacıyla aşılamanın olmadığı uygulamalarda yapılmıştır. Saksılar 25 °C'de 120 gün inkübasyona bırakılmıştır. Toprakların nem içeriği tarla kapasitesi seviyesinde tutmak için, eksilen su her gün tartımlar alınarak saf su ile tamamlanmıştır. 120 günlük inkübasyon denemesi boyunca 30'ar günlük periyotlarda 4 toprak örnekleme yapılmıştır. Her bir inkübasyon döneminde bozulan saksılardan alınan toprak örneklerinde Tablo 3'te verilen analizler yapılmıştır. Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 240 [4 (inkübasyon) x 3 (paralel) x 2 (fosfor kaynağı) x 2 (bakteri) x 5 (fosfat dozları) = 240] saksı ile yürütülmüştür.

Tablo 3. İnkübasyon süresince alınan toprak örneklerinde uygulanan analizler

Analizler	Yöntem	Kaynak
NO ₃ -N	2 N KCl ekstraktında	Kacar (1994)
Alınabilir P	0,5 N NaHCO ₃ ekstraktında	Kacar (1994)
Toprak solunumu	Mikroorganizmalar tarafından salınan CO ₂ 'nin bazik bir çözelti tarafından tutulması ve geriye kalan çözelti miktarının hidroklorik asit ile titrimetrik olarak belirlenmesi	Anderson (1982)
Mikrobiyal biyomas karbon	Nemli koşullarda toprağa glikoz ilave edilmesi sonucu açığa çıkan CO ₂ 'nin belirlenmesi (Substrat indirgenmesi yöntemi) ile	Anderson ve Domsch (1978)
Dehidrogenaz aktivitesi	Hücre içine giren TTC'nin TPF'ye dönüşümünün belirlenmesi ile	Pepper ve ark. (1995)
Fosfataz enzim aktivitesi	p-nitrofenilfosfatın parçalanması ve açığa çıkan p-nitrofenol'ün belirlenmesi ile	Tabatabai ve Bremner (1969)

İstatistiksel Analizler

Denemeden elde edilen bulgulara uygulanan VARYANS analizi ve farklılıklara uygulanan LSD testlerinde JMP paket programı kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Yurtsever (1984)'e göre değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Alınabilir P ve NO₃-N

Toprağın alınabilir P içeriği dikkate alınarak, buğday bitkisi özelinde toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ün kaya fosfat ve TSP'den karşılanması ve *Micrococcus luteus* AR-72 suşu ile toprağın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların alınabilir P ve NO₃-N içeriğine etkisi Tablo 4 ve 5'te verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların alınabilir P içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise kaya fosfata göre alınabilir P içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat ve TSP dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda alınabilir fosforun da önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Kuşkusuz, TSP gübresi ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın kaya fosfata göre topraklara daha fazla alınabilir P sağlamasındaki katkı, TSP gübresinin suda+sıtratta çözünen P₂O₅ içeriğinin kaya fosfata göre çok daha fazla seviyelerde içermesinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 4. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların alınabilir P içeriğine (mg kg⁻¹) etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				ort	ort	TSP				ort	ort
		İnkübasyon dönemi (gün)						İnkübasyon dönemi (gün)					
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşlanmamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	3.10	3.10	3.10	2.98	3.31	3.41	3.10	3.10	3.10	2.98	6.25	6.50
	25	3.10	3.65	3.19	3.07			4.99	5.21	4.77	4.20		
	50	3.13	3.61	3.21	3.12			6.97	6.06	6.45	5.41		
	75	3.50	3.65	3.27	3.25			9.12	7.22	7.92	7.09		
	100	3.63	3.70	3.35	3.43			9.89	8.82	9.54	8.99		
	Ort.	3.29	3.54	3.22	3.17			6.81	6.08	6.36	5.73		
Aşlanmamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	3.50	3.65	3.39	2.85	3.53	3.41	4.11	4.50	4.07	3.66	6.79	6.50
	25	3.58	3.70	3.75	2.71			5.26	5.84	5.16	4.70		
	50	3.86	3.92	3.12	3.25			7.28	6.29	6.02	6.05		
	75	3.83	4.63	3.48	3.39			9.39	8.20	8.05	8.22		
	100	3.71	4.05	3.39	2.89			11.37	9.31	9.72	8.67		
	Ort.	3.70	3.99	3.43	3.02			7.48	6.83	6.60	6.26		
LSD doz	0.1809				0.2859								
LSD dönem	0.2495				0.2715								
LSD aşılama	0.1144				0.2347								

Ayrıca, *Micrococcus luteus* AR-72 aşılmasının toprakların alınabilir P içeriğinde meydana getirdiği artış, bu süşun inorganik P'un çözünürlüğüne sağladığı katkı ile ilgilidir. İnorganik P, asitlerin hidroksil ve karboksil gruplarının katyonlarını (Al, Fe) şelatladığı ve alkale reaksiyonlu topraklarda pH'yı düşürerek, inorganik fosforu çözen bakteriler tarafından salgılanan organik ve inorganik asitlerin etkisiyle, ortamdaki P çözünür hale gelebilmekte ve alınabilir P miktarı artmaktadır (Kpombekou, 1994; Behera, 2014). Benzer şekilde, Dastager ve ark. (2010) tarafından *Micrococcus sp* NII-0909 süşunun topraktaki P'un çözünürlüğüne olan etkisinin bu mikroorganizmalar tarafından organik asitlerin sentezlenmesi ve ortam pH'sında meydana gelen asitleşme ile ilgili olduğu saptanmıştır. Buna karşın, Rashid ve ark. (2004) ise, P çözünürlüğü ile pH arasında negatif bir ilişki olduğunu ifade etmiştir. Wan ve Wong (2004) ise *Bacillus metarium* aşılmasının toprakların inorganik ve suda çözünebilir P kapsamlarını kontrole göre artırdığını saptamıştır.

Tablo 5. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Nitrat içeriğine (mg kg⁻¹) etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				ort	ort	TSP				ort	ort
		İnkübasyon dönemi (gün)						İnkübasyon dönemi (gün)					
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşlanmamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	237	136	141	58	137	146	278	138	113	45	150	167
	25	231	154	121	45			310	154	114	47		
	50	224	142	101	45			297	134	112	57		
	75	231	147	113	43			295	138	120	54		
	100	245	140	117	62			280	143	116	52		
	Ort.	234	144	119	51			292	141	115	51		
Aşlanmamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	349	154	120	57	158	146	322	165	128	45	165	167
	25	352	143	132	54			313	157	129	45		
	50	282	125	111	53			331	163	134	35		
	75	329	157	131	49			336	154	119	45		
	100	254	140	120	40			332	161	158	33		
	Ort.	313	144	123	51			327	160	134	40		
LSD doz	0.0011				ÖD								
LSD dönem	0.0007				0.0022								
LSD aşılama	0.0007				0.0009								

Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların NO₃-N içeriği üzerine olan etkisi alınabilir P içeriğine olan etkiler ile benzer

sonuçlar göstermiştir. Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise kaya fosfata göre NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda NO₃-N'in da önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Bu durum, *Micrococcus luteus* AR-72 suşunun N fikse etme yeteneği ile ilgilidir. [Çakmakçı ve ark \(2007\)](#) ve [Kızılkaya \(2008\)](#) tarafından yapılan çalışmalarla topraklara N fikse etme yeteneğinde olan mikroorganizmaların aşılama ile toprakların NO₃-N içeriğinin arttığını belirlemişlerdir. Buna karşın inkübasyonun ilerleyen dönemlerinde, tüm uygulamalarda toprakların nitrat içeriğinde dramatik bir şekilde düşmelerin de bulunduğu saptanmıştır. Bu durum, muhtemelen deneme toprağının yüksek kireç içeriğinden kaynaklanan alkalin reaksiyon göstermesinin bir sonucu olarak, ortamdaki NO₃'ün bir kısmının atmosfere denitrifikasyon ile kaçmasından ve mikrobiyal N fiksasyonu sonunda indirgenen N'un daha sonrasında yine atmosfere NH₃ formunda kaçmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Toprakların Biyolojik özellikleri

Toprağın alınabilir P içeriği dikkate alınarak, buğday bitkisi özelinde toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ün kaya fosfat ve TSP'den karşılanması ve *Micrococcus luteus* AR-72 suşu ile toprağın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların biyolojik özellikleri üzerindeki etkisi Tablo 6,7,8 ve 9'da verilmiştir.

Tablo 6. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Mikrobiyal Biyomas karbon (MBC) içeriğine (mg CO₂-C g⁻¹ toprak) etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				ort	ort	TSP				ort	ort
		İnkübasyon dönemi (gün)						İnkübasyon dönemi (gün)					
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşılama (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	0.551	0.494	0.415	0.473	0.534	0.554	0.551	0.494	0.415	0.473	0.513	0.548
	25	0.644	0.491	0.421	0.599			0.649	0.359	0.523	0.506		
	50	0.727	0.443	0.476	0.579			0.760	0.417	0.506	0.523		
	75	0.725	0.430	0.513	0.658			0.695	0.357	0.435	0.513		
	100	0.698	0.469	0.372	0.510			0.714	0.456	0.408	0.517		
	Ort.	0.669	0.465	0.439	0.564			0.674	0.417	0.457	0.506		
Aşılama (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	0.890	0.456	0.504	0.594	0.577	0.554	0.628	0.488	0.505	0.690	0.589	0.548
	25	0.729	0.423	0.522	0.656			0.689	0.600	0.475	0.644		
	50	0.696	0.469	0.495	0.572			0.570	0.678	0.407	0.561		
	75	0.657	0.441	0.557	0.673			0.625	0.675	0.459	0.574		
	100	0.733	0.418	0.464	0.592			0.633	0.771	0.538	0.571		
	Ort.	0.741	0.441	0.508	0.617			0.629	0.643	0.477	0.608		
LSD doz	ÖD				ÖD								
LSD dönem	0.0601				0.0161								
LSD aşılama	0.0260				0.0350								

Mikrobiyal biyomas, toprakta besin maddesi döngüsü ve organik kirleticilerin parçalanmasından sorumlu olan önemli ve aktif bir toprak bileşeni olup, bitkisel ve hayvansal kökenli organik atık ve artıkların ayrıştırılmasından ve inorganik yapıdaki bazı bitki besin maddelerinin çözünürlüğünün artırılmasına değin önemli faaliyetler içererek toprak verimliliğinin sağlanması ve sürdürülebilirliğinin korunmasında da önemli katkılar sağlamaktadır. Topraktaki bakteri ve mantarlar, genellikle mikrobiyal biyomasın dominant mikroorganizmalarını oluşturmaktadır olup, topraktaki toplam organik karbonun %1-3'ü mikrobiyal biyomas karbonundan oluşmaktadır ([Smith ve Paul 1990](#); [Schloter ve ark., 2003](#)). Sürdürülebilir toprak verimliliğinin korunmasında mikrobiyal populasyon ve bunların aktivitesi önemli rol oynamaktadır. Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların MBC içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber kaya fosfat gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise TSP'ye göre MBC içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. [Kim ve ark. \(1998\)](#) yaptıkları çalışmada *Enterobacter agglomerans* aşılması ile toprakların MBC'unun arttığını ve aşılama zamanı ilerledikçe MBC değerlerinde düşüş meydana geldiğini bildirmiştir. Benzer şekilde [Ouahmane ve ark. \(2009\)](#) tarafından, ektomikozal bir fungus olan *Pisolithus sp.* ile aşılama toprakların MBC içeriğinde artış sağlandığı da saptanmıştır.

Tablo 7. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Toprak Solunumu (TS) içeriğine (mg CO₂ g⁻¹ toprak) etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				TSP							
		İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort	İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşlanmamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	0.0030	0.0037	0.0021	0.0024	0,0029	0,0031	0.0030	0.0037	0.0021	0.0024	0,0028	0,0028
	25	0.0034	0.0040	0.0020	0.0028			0.0031	0.0038	0.0016	0.0023		
	50	0.0034	0.0038	0.0020	0.0027			0.0029	0.0037	0.0020	0.0023		
	75	0.0034	0.0035	0.0024	0.0028			0.0027	0.0037	0.0019	0.0021		
	100	0.0032	0.0035	0.0021	0.0024			0.0033	0.0038	0.0024	0.0023		
	Ort.	0.0033	0.0037	0.0021	0.0026			0.0030	0.0037	0.0020	0.0023		
Aşlanmamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	0.0033	0.0037	0.0022	0.0031	0,0032	0,0031	0.0031	0.0038	0.0024	0.0025	0,0029	0,0028
	25	0.0032	0.0034	0.0026	0.0023			0.0036	0.0035	0.0025	0.0020		
	50	0.0035	0.0038	0.0023	0.0026			0.0031	0.0037	0.0023	0.0022		
	75	0.0040	0.0039	0.0024	0.0025			0.0031	0.0036	0.0023	0.0023		
	100	0.0065	0.0039	0.0026	0.0023			0.0030	0.0035	0.0025	0.0023		
	Ort.	0.0041	0.0037	0.0024	0.0026			0.0032	0.0036	0.0024	0.0023		
LSD doz	0.0001				ÖD								
LSD dönem	0.0001				0.0001								
LSD aşılama	0.0001				0.0001								

Toprak canlılarının solunumları sonucunda ürettikleri CO₂, toprak solunumu olarak adlandırılmakta olup; üretilen CO₂'nin 2/3'lük büyük kısmı toprak canlılarından (toprak faunası ve mikroflora), 1/3'lük kısmı ise bitki kökleri tarafından üretilmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997). Bu nedenle, CO₂ üretiminin belirlenmesi toprakların biyolojik aktivitesinin ortaya konulmasında sıklıkla kullanılan bir değerlendirme şeklidir (Anderson, 1982). Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların TS içeriği üzerine olan etkisi MBC içeriğine olan etkiler ile benzer sonuçlar göstermiştir. Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların TS içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber kaya fosfat gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise TSP'ye göre TS içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda TS'nin de önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Namlı ve ark. (2017), fosfor çözen bakteri uygulaması ile toprakların TS değerlerinde artış sağladıklarını bildirmişlerdir. *Bacillus aryabhatai* türleri (MDSR7 ve MDSR14) ile aşılamanın, soya fasulyesi ve buğdayın rizosfer topraklarında pH'yı önemli ölçüde düşürmüş ve dehidrojenaz, glukozidaz, oksin üretimi, mikrobiyal solunum ve mikrobiyal biyokütle-C'yi artırdığı Ramesh (2014) tarafından belirlenmiştir. Adnan ve ark. (2018) fosfor çözen bakteri uygulamasının toprak solunumunu artırdığını, Singh ve ark. (2015) bakteriyel aşılamanın, mikrobiyal solunumu ve bitki biyokütlesini artırdığını saptamışlardır.

Dehidrojenaz aktivitesi, o toprağın mikrobiyolojik aktivitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir hücre içi (intraselüler) enzim olup (Skujins, 1973; Trevors, 1984), toprak mikroorganizmalarının oksidatif aktivitesinin toplam miktarını göstermektedir (Bolton ve ark., 1985; Rossel ve Tarradellas, 1991; Obbard, 2001). Başka bir ifadeyle; dehidrojenaz aktivitesi toprakların toplam mikrobiyolojik aktivitesinin değerlendirilmesinde indikatör olarak kullanılan önemli bir enzimdir (Benfield ve ark., 1977; Nannipieri ve ark., 1990; Tabatabai, 1994; Masciandaro ve ark., 2000). Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların DHA içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber kaya fosfat ile beraber yapılan aşılamanın ise TSP gübresine göre DHA içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat ve TSP dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda DHA'nın da önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Dinesh ve ark. (2010) biyo gübre uygulanmış topraklarda daha yüksek bir dehidrojenaz aktivitesi olduğunu ve dehidrojenaz aktivitesi ile mikrobiyal popülasyonların aktivitesi arasında önemli bir korelasyon bulunduğunu belirlemiştir. Stephen ve ark. (2015), *Gluconacetobacter sp.*, *Burkholderia sp.* and *Pseudomonas* türleri ile aşılamanın kontrol toprağına göre DHA aktivitesini önemli ölçüde artırdığını, Hajnal-Jafari ve ark. (2012) ise *A.chroococcum*+*A. Lipoferum* ile aşılamanın toprakların DHA'sinde artış sağladıklarını saptamıştır. Ayrıca, Hridya ve ark. (2014) ise, yaptığı çalışmada tüm mikrobiyal kültürler ile toprakların aşılama ile toprağın dehidrojenaz aktivitesini kontrole göre arttırdığını belirlemiştir.

Tablo 8. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ toprak) üzerine etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				TSP							
		İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort	İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşılammamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	5.51	3.45	3.89	2.77	4.42	4.54	5.51	3.45	3.89	2.77	4.13	4.23
	25	5.02	3.67	3.73	5.18			4.53	3.75	4.31	3.79		
	50	5.78	3.51	3.67	3.97			4.47	4.34	3.91	4.41		
	75	4.61	5.81	4.04	4.46			4.6	4.2	3.46	4.26		
	100	5.12	5.8	4.91	3.57			4.66	4.44	3.67	4.27		
	Ort.	5.21	4.45	4.05	3.99			4.75	4.04	3.85	3.90		
Aşılammamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	4.81	5.35	4.54	4.54	4.67	4.54	4.89	4.02	3.89	3.32	4.34	4.23
	25	5.2	4.47	3.84	3.74			4.89	4.02	3.89	3.32		
	50	4.93	4.96	4.71	4.24			5.03	5.7	3.75	3.79		
	75	5.7	5.67	4.27	3.38			4.94	4.8	5.02	4.39		
	100	6.11	5.42	3.74	3.82			4.87	4.46	3.7	3.8		
	Ort.	5.35	5.17	4.22	3.94			4.92	4.56	4.06	3.84		
LSD doz	0.2952				0.2363								
LSD dönem	1.8154				0.2079								
LSD aşılama	0.1867				0.1159								

Tablo 9. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Fosfataz enzim aktivitesi (FA) ($\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ toprak) üzerine etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				TSP							
		İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort	İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşılammamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	168	132	91	105	130	132	168	132	91	105	136	147
	25	182	143	101	111			172	171	107	109		
	50	180	142	86	115			152	185	114	111		
	75	166	131	103	118			150	169	97	114		
	100	163	145	111	110			163	208	97	108		
	Ort.	172	139	98	112			161	173	101	109		
Aşılammamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	172	141	98	102	133	132	177	176	97	113	159	147
	25	178	118	94	105			180	214	135	123		
	50	188	135	86	109			199	195	134	131		
	75	175	141	116	111			190	206	127	130		
	100	182	192	118	108			196	194	118	145		
	Ort.	179	145	102	107			188	197	122	128		
LSD doz	7.2614				7.7351								
LSD dönem	11.0576				2.9991								
LSD aşılama	ÖD				5.0847								

Toprakta organik fosforlu bileşiklerin mineralizasyonu sonucunda inorganik fosforlu bileşiklerin oluşumu süreçleri fosfataz enzimleri tarafından katalizlenen reaksiyonlarla gerçekleşmektedir. Fosfataz, toprak organik maddesindeki hem ester hem de anhidrit H_3PO_4 'lerin hidrolizinden sorumlu olan ekstraselüler bir enzim olup, tarımsal açıdan büyük öneme sahiptir (Amador ve ark., 1997) ve toprakların biyolojik aktivitesinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir göstergedir (Pascual ve ark. 1998, 2002). Kaya fosfat ile beraber yapılan aşılama toprakların FA değerleri artırmış ancak istatistiksel olarak etkili olmazken, TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların FA içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise kaya fosfata göre FA içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat ve TSP dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda FA'sında önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Topraktaki serbest yaşayan bazı mikroorganizmaların fosfataz enzimi üretme yeteneğine sahip oldukları

(Coleman, 1992) ve mikroorganizmaların fosfat çözme kapasitesi ile fosfataz enzim aktivitesi arasında pozitif bir korelasyon olduğu bilinmektedir (Ponmurugan ve Gopi, 2006). Fosfataz enzimi inorganik kaynaklardan P salgılayarak P'un çözünürlüğünü artırmakta ve bitkiler tarafından P'un alınımının artmasını sağlamaktadır (Nannipieri ve ark., 2011). Yapılan çalışmalarda (Dutta ve Neog, 2015; Suleman ve ark. 2018) inorganik fosforu çözen bakteriler ile aşılamanın toprakların fosfataz aktivitesinde önemli artışların olduğu saptanmıştır.

Sonuç

Bu çalışmada, kaya fosfat ve TSP (Triplesüper fosfat) gübresi ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* aşılmasının toprakların bazı alınabilir P ve NO₃-N içerikleri ile toprakların biyolojik özellikleri (toprak çözünürlüğü, mikrobiyal biyomas C, dehidrogenaz, fosfataz aktivitesi) üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların bazı alınabilir P, NO₃-N içeriğini ve toprakların biyolojik özelliklerin daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın kaya fosfata göre toprakların alınabilir P ve NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı ancak toprakların MBC, TS ve DHA içeriğinin kaya fosfat ile beraber yapılan aşılama TSP gübresine göre daha fazla arttığı görülmüştür. Bu durum, gübreleme amaçlı kaya fosfat gibi daha doğal kaynakların mikrobiyal aşılama ile beraber kullanılması durumunda, kimyasal gübrelere göre toprakların biyolojik özelliklerini üzerinde meydana getirdiği olumlu etkinin daha fazla olacağı sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Ancak, sera ve tarla koşullarında bitkilerinde kullanılacağı takip çalışmalarının yapılarak, elde edilen sonuçların geliştirilmesi de gerekmektedir.

Kaynaklar

- Adnan M, Shah Z, Sharif M, Rahman H, 2018. Liming induces carbon dioxide (CO₂) emission in PSB inoculated alkaline soil supplemented with different phosphorus sources. *Environmental Science and Pollution Research* 25(10), 9501-9509.
- Ahemad M, Kibret M, 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University* 26(1), 1-20.
- Amador JA, Glucksman AM, Lyons JB, Görres JH, 1997. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest1. *Soil Science* 162(11), 808-825.
- Anderson JPE, 1982. Soil respiration. In: *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties*. Page, A. L. (Ed.) ASA - SSSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 831-871.
- Anderson JPE, Domsch KH, 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil, *Soil Biology and Biochemistry* 10: 215-221.
- Antoun H, Beauchamp CJ, Goussard N, Chabot R, Llande R, 2004. Potential of Rhizobium and Bradyrhizobium species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: effect on radishes. *Plant and Soil* 204:57-67.
- Behera BC, Singdevsachan SK, Mishra RR, Dutta SK, Thatoi HN, 2014. Diversity, mechanism and biotechnology of phosphate solubilising microorganism in mangrove—a review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 3(2), 97-110.
- Benfield CB, Howard PJA, Howard DM, 1977. The estimation of dehydrogenase activity in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 9(1), 67-70.
- Bolton H, Elliott LF, Papendick RI, Bezdicek DF, 1985. Soil microbial biomass and selected soil enzyme activities: Effect of fertilization and cropping practices. *Soil Biology and Biochemistry* 17(3), 297-302.
- Coleman JE, 1992. Structure and mechanism of alkaline phosphatase. *Annual Review of Biophysics & Biomolecular Structure* 21, 441-483.
- Çakmakçı R, Dönmez MF, Erdoğan Ü, 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 31(3), 189-199.
- Dastager SG, Deepa CK, Pandey A, 2010. Isolation and characterization of novel plant growth promoting *Micrococcus* sp NII-0909 and its interaction with cowpea. *Plant Physiology and Biochemistry* 48(12), 987-992.
- Dimkpa C, Weinand T, Ash F, 2009. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant Cell Environ.* 32: 1682-1694.
- Dinesh R, Srinivasan V, Hamza S, Manjusha A, 2010. Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop [Turmeric (*Curcuma longa* L.)]. *Bioresource Technology* 101(12), 4697-4702.
- Dutta SC, Neog B, 2015. Effects of AM Fungi and Plant Growth-promoting Rhizobacteria on Enzymatic Activities of Soil under Turmeric (*Curcuma longa* L.) Cultivation. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 63(4), 442-448.
- Ekundayo FO, 2010. Comparative influence of benomyl on rhizosphere and non-rhizosphere bacteria of cowpea and their ability to solubilise phosphate. *Journal of Soil Science and Environmental Management* 1(9), 234-242.
- El-Azeem A, Mehana T, Shabayek A, 2007. Response of Faba bean (*Vicia faba* L.) to inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences* 2(1), 67-75.

- Hajnal-Jafari T, Jarak M, Đurić S, Stamenov D, 2012. Effect of co-inoculation with different groups of beneficial microorganisms on the microbiological properties of soil and yield of maize (*Zea mays* L.). *Ratarstvo i povrtarstvo* 49(2), 183-188.
- Haktanır K, Arcak S, 1997. *Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş)*.
- Hridya AC, Byju G, Misra RS, 2014. Effects of microbial inoculations on soil chemical, biochemical and microbial biomass carbon of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) growing Vertisols. *Archives of Agronomy and Soil Science* 60(2), 239-249.
- Islam M, Sultana T, Joe MM, Yim W, Cho JC, Sa T, 2013. Nitrogen-fixing bacteria with multiple plant growth promoting activities enhances growth of tomato and red pepper. *Journal of Basic Microbiology* 53(12), 1004–1015.
- Kacar B, 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. toprak analizleri, Ankara üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Ankara No:3.
- Kızılkaya R, 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering* 33(2), 150-156.
- Kim KY, Jordan D, McDonald GA, 1998. Enterobacter agglomerans, phosphate solubilizing bacteria, and microbial activity in soil: effect of carbon sources. *Soil Biology and Biochemistry* 30(8-9), 995-1003.
- Kpombekou K, Tabatabai MA. 1994. Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. *Soil Science* 158:442-453.
- Kumar A, Kumar A, Devi S, Patil S, Payal C, Negi S, 2012. Isolation, screening and characterization of bacteria from rhizospheric soils for different plant growth promotion (PGP) activities: an in vitro study. *Recent Research in Science and Technology* 4(2), 1-5.
- Masciandaro G, Ceccanti B, Ronchi V, Bauer C, 2000. Kinetic parameters of dehydrogenase in the assessment of the response of soil to vermicompost and inorganic fertilisers. *Biology and Fertility of Soils* 32(6), 479–483.
- Namlı A, Mahmood A, Sevilir B, Özkır E, 2017. Effect of phosphorus solubilizing bacteria on some soil properties, wheat yield and nutrient contents. *Eurasian Journal of Soil Science* 6(3), 249.
- Nannipieri P, Grego S, Ceccanti B, 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. In: *Soil Biochemistry*. Bollag J (Ed.). Volume 6, Taylor and Francis.
- Nannipieri P, Giagnoni L, Landi L, Renella G, 2011. Role of phosphatase enzymes in soil. In: *Phosphorus in action*. Bünemann E, Oberson A, Frossard E (Eds.). Springer. p. 215–43.
- Ndung'u-Magiroyi KW, Herrmann L, Okalebo JR, Othieno CO, Pypers P, Lesueur D, 2012. Occurrence and genetic diversity of phosphate-solubilizing bacteria in soils of differing chemical characteristics in Kenya. *Annals of Microbiology* 62(3), 897-904.
- Obbard JP, (2001). Ecotoxicological assessment of heavy metals in sewage sludge amended soils. *Applied Geochemistry* 16(11-12), 1405-1411.
- Ouahmane L, Revel JC, Hafidi M, Thioulouse J, Prin Y, Galiana A, Duponnois R, 2009. Responses of *Pinus halepensis* growth, soil microbial catabolic functions and phosphate-solubilizing bacteria after rock phosphate amendment and ectomycorrhizal inoculation. *Plant and Soil* 320(1-2), 169-179.
- Pascual JA, Garcia G, Hernandez T, Moreno JL, Ros M, 2000. Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 1877–1883.
- Peper IL, Gerba CP, Brendecke JW, 1995. *Environmental Microbiology: A Laboratory Manual*. Academic Press, New York, 175p.
- Ponmurugan P, Gopi C, 2006. In vitro production of growth regulators and phosphatase activity by phosphate solubilizing bacteria. *African Journal of Biotechnology* 5(4), 348-350.
- Ramesh A, Sharma SK, Sharma MP, Yadav N, Joshi OP, 2014. Inoculation of zinc solubilizing *Bacillus aryabhatai* strains for improved growth, mobilization and biofortification of zinc in soybean and wheat cultivated in Vertisols of central India. *Applied Soil Ecology* 73, 87-96.
- Rashid M, Khalil S, Ayub N, Alam S, Latif F, 2004. Organic acids production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7(2), 187-196.
- Raza FA, Faisal M, 2013. Growth promotion of maize by desiccation tolerant *Micrococcus luteus*-chp37 isolated from Cholistan desert, Pakistan. *Australian Journal of Crop Science* 7(11), 1693-1698.
- Rossel D, Tarradellas J, 1991. Dehydrogenase activity of soil microflora: Significance in ecotoxicological tests. *Environmental Toxicology and Water Quality* 6(1), 17-33.
- Schlöter M, Dilly O, Munch JC, 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98(1-3), 255-262.
- Skujins J, 1976 Extracellular enzymes in soil. *CRC Critical Reviews in Microbiology* 4: 383–421.
- Singh M, Awasthi A, Soni SK, Singh R, Verma RK, Kalra A, 2015. Complementarity among plant growth promoting traits in rhizospheric bacterial communities promotes plant growth. *Scientific Reports* 5, 15500.
- Smith JL, Paul EA, 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. In: *Soil Biochemistry*. Bollag JM, Stotzky G (Eds.). Volume 6, Marcel Dekker Inc. pp. 357-396.
- Stephen J, Shabanamol S, Rishad KS, Jisha MS, 2015. Growth enhancement of rice (*Oryza sativa*) by phosphate solubilizing *Gluconacetobacter* sp.(MTCC 8368) and *Burkholderia* sp. (MTCC 8369) under greenhouse conditions. *3 Biotech*, 5(5), 831-837.

- Suleman M, Yasmin S, Rasul M, Yahya M, Atta BM, Mirza MS, 2018. Phosphate solubilizing bacteria with glucose dehydrogenase gene for phosphorus uptake and beneficial effects on wheat. *PloS one*, 13(9), e0204408.
- Tabatabai MA, 1994. Soil enzymes. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds) *Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp 775-833.
- Tabatabai MA, Bremner JM, 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity, *Soil Biology and Biochemistry* 1, 301-307.
- Trevors JT, 1984. Dehydrogenase activity in soil: a comparison between the INT and TTC assay. *Soil Biology and Biochemistry* 16(6), 673-674.
- Vacheron J, Desbrosses G, Bouffaud ML, Touraine B, Moënne-Loccoz Y, Muller D, Legendre L, Wisniewski-Dyé F, Prigent-Combaret C, 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science* 4, 356.
- Vendan RT, Yu YJ, Lee SH, Rhee YH, 2010. Diversity of endophytic bacteria in ginseng and their potential for plant growth promotion. *The Journal of Microbiology* 48(5), 559-565.
- Wan JH, Wong MH, 2004. Effects of earthworm activity and P-solubilizing bacteria on P availability in soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 167(2), 209-213.
- Yurtsever N, 1984. Deneysel istatistik metotları. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.