



## Azot Fikseri ve Fosfat Çözücü Bakterilerin Muradiye 10 Çay Klonunda Gelişme, Verim ve Besin Alımı Üzerine Etkisi

Ramazan ÇAKMAKÇI\* Yaşar ERTÜRK<sup>2</sup> M. Figen DÖNMEZ<sup>3</sup> Mustafa ERAT<sup>4</sup>  
Meral KUTLU<sup>1</sup> Remzi SEKBAN<sup>5</sup> Ayhan HAZNEDAR<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup>Bozok Üniv. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Yozgat, Türkiye

<sup>3</sup>Iğdır Üniv. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Iğdır, Türkiye

<sup>4</sup>Atatürk Üniv. Erzurum MYO, Teknik Programlar Bölümü, Kimya Programı, Erzurum, Türkiye

<sup>5</sup>Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Atatürk Çay ve Bahçe Bitkileri Araştırma Enstitüsü, Rize, Türkiye

\*Sorumlu yazar

e-posta: rcakmak@atauni.edu.tr

Geliş Tarihi: 30 Mart 2012

Kabul Tarihi: 15 Mayıs 2012

### Özet

Bu araştırma Doğu Karadeniz Bölgesi asidik çay rizosferi topraklarından izole edilerek azot fiksasyonu ve fosfat çözüme gibi özellikleri belirlenerek çay yetiştiriciliğinde biyolojik gübre olarak kullanılabilecek bakteri geliştirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Denemeler, laboratuvar test sonuçlarına göre seçilen 26 farklı bakteri izolatının, ahır gübresi, 3 farklı mineral gübre ve kontrole kıyasla Muradiye 10 çay klonunda gelişme ve verim üzerine etkisini belirlemek amacıyla tarla koşullarında 3 yıllık süreyle yürütülmüştür. Deneme sonuçlarına göre, PGPR çay gelişmesini teşvik etmiş, yaprak makro ve mikro element içeriklerini artırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, özellikle *Bacillus simplex* 6/4, *Paenibacillus validus* 22/1, *Bacillus megaterium* 42/4, *Chryseobacterium indologenes* 21/5, *Pantoea agglomerans* 36/2, *Bacillus cereus* 27/6, *Brevibacillus centrosporus* 66/4, *Paenibacillus polymyxa* 66/6, *Pantoea agglomerans* 5/8, *Burkholderia cepacia* 65/6, *Pseudomonas caligenes* 27/1, *Paenibacillus polymyxa* 24/3, *Pseudomonas sp.* 30/5 ve *Brevibacillus choshinensis* 2/5 izolatları Muradiye 10 klonunda yaprak makro ve mikro element içeriği, gövde çapı, fidan yüksekliği, gövde gelişmesi ve yaprak verimi dahil gelişmeyi teşvik etmiştir. Bu bakterilerden yüksek etkinlik gösterenler çay gelişmesini ve yaprak verimini denemede kullanılan mineral gübrelemeye eşit veya daha fazla artırabilmiştir. Araştırmada test edilen bakterilerin, kimyasal gübre gereksinimini azaltabildiği, organik ve iyileştirilmiş tarım uygulamalarında biyolojik gübre olarak kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Rizobakteri, azot fiksasyonu, fosfat çözücülüğü, makro ve mikro element alımı, *Camellia sinensis*

## The effect of N<sub>2</sub>-fixing and P-solubilizing Bacteria on Turkish Tea Clone Muradiye 10 Growth, Yield and Nutrient Uptake

### Abstract

This study was conducted to isolate and identify plant growth promoting bacteria (PGPR) as biofertilizers from the acidic rhizosphere of tea grown in Eastern Black Sea region and to evaluate their potential use for nitrogen fixation, phosphate solubilization and improving plant growth of tea. The selected 26 different potential PGPR from a pool obtained from the tea rhizosphere on the basis of their laboratory tests value, were tested for their growth and yield of Turkish tea clone Muradiye 10 in comparison to farmyard manure and three different mineral fertilizers application as well as a control treatment without inoculation and any fertilizer application by conducting field experiments in three years. PGPR improved macro- and micro-nutrient concentrations in tea leaves, and stimulated plant growth. Trial results show that inoculation with *Bacillus simplex* 6/4, *Paenibacillus validus* 22/1, *Bacillus megaterium* 42/4, *Chryseobacterium indologenes* 21/5, *Pantoea agglomerans* 36/2, *Bacillus cereus* 27/6, *Brevibacillus centrosporus* 66/4, *Paenibacillus polymyxa* 66/6, *Pantoea agglomerans* 5/8, *Burkholderia cepacia* 65/6, *Pseudomonas caligenes* 27/1, *Paenibacillus polymyxa* 24/3, *Pseudomonas sp.* 30/5, and *Brevibacillus choshinensis* 2/5 stimulated overall plant shoot growth, macro- and micro-nutrient concentrations, trunk diameter, plant height and leaf yield of Turkish tea clones Muradiye 10 in the field experiments. Of the effective bacteria tested consistently gave growth and yields of tea equal to or higher than chemical fertilizers applied. The bacterial strain tested in this study improved for enhanced plant growth promotion will enable reductions in inputs of chemical fertiliser, had a potential to be used as a bio-fertilizer in sustainable and organic tea production.

**Key Words:** Rhizobacteria, nitrogen fixation, phosphate solubilization, macro and micro element content, *Camellia sinensis*

## GİRİŞ

Kimyasal gübre üretimi ve uygulaması yüksek enerji kullanımı gerektirmekte, azot döngüsünü etkilemekte, tarımsal maliyeti artırmakta ve suları kirletmektedir. Asidik topraklarda P alımının azaldığı ve kullanılan azotun yıkandığı ve fazla gübre kullanıldığı göz önünde tutulursa; çay alanlarından N fikseri ve P çözücü bakterilerin izolasyonu ve kimyasal gübre kullanımını azaltmak amacıyla iyileştirilmiş ve organik çay yetiştiriciliğinde kullanımı önemlidir. Bitki gelişmesini teşvik edici bakterilerin, gelişmeyi teşvik mekanizmaları tam olarak açıklanamamış olmakla birlikte, bu bakterilerin bitkisel hormon üretebildiği [1, 2], N fiks ettiği [3, 4], bitki enzim aktivitesini artırdığı [3, 5], mineral fosfatı çözebildiği ve organik fosfat ve diğer besin elementlerini mineralize ettiği [2]; stres etileni miktarını azalttığı [6], tuz stresinin olumsuz etkilerini azalttığı [7], vitamin üretimi, siderofor, antibiyotik, enzim ve fungusit bileşikler sentezleyerek veya rekabet gibi mekanizmalarla patojenlere karşı antagonistik etki gösterdiği [8, 9, 10, 11] bilinmektedir. Türkiye’de bakteri izolasyonu amacıyla rizosfer çalışmaları yetersiz olmakla birlikte, son yıllarda başlanmıştır [12]. Yüksek yağışlı ve asidik topraklarda gübre etkinliği düşük olmakta [13], bu topraklarda fosfor Fe ve Al fosfatlar şeklinde tutulmakta alımı zorlaşmakta [14] ve P bakımından zayıf, asidik topraklarda N tüketimi fazla olan çay yetiştiriciliği için biyolojik gübre geliştirilmesi önem taşımaktadır [4].

Azot çay yaprağında proteinlerin oluşumu, fotosentez miktarı, karbonhidrat kapsamı gibi önemli parametrelere etki yapmakta ve bitkinin topraktan kaldırdığı azot miktarı oldukça yüksek olmaktadır. Çok yıllık olan çay bitkisi uzun yıllar aynı toprakta kaldığından sürekli aynı bitki besin maddelerini topraktan kaldırmakta ve toprağı besin maddeleri yönünden fakirleştirmektedir. Yıkanma ve buharlaşma kayıpları da toprakların yoksullaşmasına neden olmaktadır. Ülkemiz çay yetiştirme alanlarında çiftlik gübresinin üretimi ve uygulanması kısıtlı ve yeşil gübreleme de gereği gibi yapılmamakta ve çaylıklarımızda kimyasal gübre kullanılması kaçınılmaz hale gelmektedir. Çay bitkisinin yapraklarından yararlanılması, taze sürgünlerinin vejetasyon periyodu içinde 3-4 kez kesilerek hasat edilmesi gibi nedenlerden ötürü topraktan kaldırdığı azot miktarının yüksek olması çay için alternatif biyolojik gübre geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Çayın asidik topraklarda yetişmesi, bizzat çay rizosferinde etkin ve aktif olabilen PGPR suşları izolasyonunun çay yetiştiriciliğinde kimyasal gübrelere alternatif olabileceğini göstermektedir. Siyah çay üretimi yanında tüketicilerin organik ve yeşil çaya olan talepleri arttığından piyasalardaki bu gelişmeler dikkate alınarak organik ve yeşil çay pazarında yerimizi almak için organik yeşil çay üretimine geçilmesi gerekmektedir. Doğu Karadeniz bölgesinin doğal şartları gereği kimyasal mücadele yapılmaması nedeniyle üretilen kuru çaylarda pestisit kalıntısı bulunmamaktadır. Bu durum organik tarım için ciddi bir

avantaj olduğundan mikrobiyal gübreleme ile desteklenmesi durumunda çay yetiştirme alanlarımızda organik çay tarımı yapılabilecektir.

Ekibimiz tarafından yürütülen araştırmalarda 56 farklı lokasyondan 413 toprak örneği üzerinde çalışılmış ve 460 orijinal bakteri izolatının testleri tamamlanmıştır. Bu izolatların 394’ünün serbest N fiksedelediği, 305’inin P çözelediği, 265’inin ise hem N fiksedelediği hem de P çözelediği belirlenmiştir. Laboratuvar, sera, pot, saksı ve tarla denemelerinde Hayrat, Fener 3, Muradiye 10, Tuğlalı 10, Gündoğdu ve Pazar çay klonlarında testleri tamamlanan bu bakteriler arasında 45 farklı türe ait toplam 98 izolatin biyolojik gübre formülasyonlarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır [4, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. Asidik topraklarda PGPR aşılamalarının beklenenden daha yüksek potansiyele sahip olduğu ve bazı PGPR izolatlarının mineral gübrelemeye eş veya daha yüksek oranda çay yaprak verimi ve gelişmesini teşvik ettiği görülmüştür [19].

Bitki rizosferindeki bakteri kompozisyonu toprak özellikleri, iklim, bitki türleri, türler arasındaki varyete ve ekotip farklılıklarına göre değişmektedir. Kültür ve yabani bitkilerin rizosfer topraklarındaki bakteri popülasyonunun yoğunluğu, niteliği ve özellikleri farklı olmaktadır. Bu nedenlerle farklı çevre koşullarına ve bitki rizosferine adapte olabilen faydalı bakterilerin bitki rizosferinden izole edilmesi önem taşımaktadır. Asidik çay rizosferinde bulunan, tarımsal ve toprak sağlığı bakımından önemli olabilecek faydalı bakterilerin belirlenerek kayıt ve koruma altına alınması önemli bir konu olmakla birlikte yeterince araştırılmamıştır. Bu nedenlerle, bu araştırmalarda, yetiştiricilikte kimyasal gübre gereksiniminin azaltılması, organik ve iyileştirilmiş tarım uygulamalarının desteklenmesi amacıyla, biyolojik gübre formülasyonlarında kullanılabilecek asidik koşullara dayanıklı, çay rizosfer topraklarında yaygın ve hakim olan, bitki gelişmesini teşvik edici bakteri izole edilerek tanı ve karakterizasyonu yapılmış, kayıt ve koruma altına alınmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bakteri izolasyonu asidik Doğu Karadeniz Bölgesi çay rizosfer topraklarından alınan örneklerde gerçekleştirilmiştir. İzolatlar FAMES analizi ve BIOLOG sistemine göre tanılanmış, fosfat çözücülük aktivitesinin belirlenmesinde NBIRP-BPB besiyeri kullanılmıştır [4]. Toplam N ise hızlı Kjeldahl Distilasyon Metoduyla Vapodest 10 aparatıyla belirlenmiştir [23]. Örneklerin P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu ve B içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145 °Cde %75 mikrodalga gücünde 5 dakika, 2. adım; 180 °Cde %90 mikrodalga gücünde 10 dakika ve 3. adım 100 °Cde %40 mikrodalga gücünde 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrowave yaş yakma ünitesine tabi tutulduktan [24] sonra ICP OES spektrofotometresinde okunarak belirlenmiştir [25]. Denemeler Çay İşletmeleri

Genel Müdürlüğü Rize Atatürk Çay ve Bahçe Bitkileri Araştırma Enstitüsünde seki-teraslarda Muradiye 10 çay fidanları kullanılarak kurulmuştur. Fidan aşılması 5 ml bakteri süspansiyonu ( $10^9$ cfu ml<sup>-1</sup>) steril şırınga kullanılarak kök rizosferine enjekte edilmiştir. İkinci yıl inokulum kök bölgesine enjeksiyon yöntemiyle uygulanmıştır. Tarla denemelerinde ön değerlendirmelere göre seçilen 26 farklı bakteri izolatu, ahır gübresi (3 ton/da), 3 farklı mineral gübre (NPK: 48 kg/da kompoze %25-8-5; N1:48 kg/da AN %33 ve N2:24 kg/da AN %33) ve kontrole kıyaslamalı test edilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Tarla denemesinin 2010 yılı sonuçlarına göre, kontrole kıyasla 11 izolat, NPK ve N1 uygulaması fidan çapı, 12 izolat ve mineral gübre uygulamaları ise fidan yüksekliğini önemli miktarda artırmıştır (Çizelge 1). En yüksek fidan çapı değerine *B. simplex* 6/4, *P. agglomerans* 36/2 ve *P. polymyxa* 66/6 aşılması ve N1 ve NPK uygulaması ile ulaşılmıştır. Fidan yüksekliği bakımından *B. cereus* 27/6, *B. centrosporus* 66/4, *P. agglomerans* 36/2, *C. indologenes* 21/5 aşılmaları ve N1 ve NPK uygulamaları etkin bulunmuştur.

Tek başına düşük azot (24 g/da AN) gübresi, 48/1 ve 35/4 nolu izolatlar dışında tüm uygulamalar ilk hasatta, toplamda ise N2, 57/3, 28/5, 4/8 ve 35/4 nolu izolatlar dışındaki uygulamalar çay dal+ yaprak ağırlığını önemli oranda artırmıştır. Kontrole kıyasla yaprak ağırlığı ilk hasatta 20, ikinci hasatta 9, her iki hasat toplamında ise 18 bakteri aşılmasıyla önemli ( $p < 0.01$ ) miktarda artmıştır. Toplam dal+yaprak ağırlığı ve yaprak verimi bakımından ilk hasatta *B. cepacia* 65/6, *P. agglomerans* 36/2, *Pseudomona* ssp. 30/5, *P. validus* 22/1 ve *B. megaterium* 42/4; ikinci hasatta *C. indologenes* 21/5, *P. fluorescens* 48/1, *P. alcaligenes* 27/1, *P. polymyxa* 66/6, *B. simplex* 6/4, *P. polymyxa* 24/3; toplamda ise *P. agglomerans* 36/2, *P. polymyxa* 66/6, *C. indologenes* 21/5, *P. alcaligenes* 27/1, *P. polymyxa* 24/3, *A. faecalis* 47/11 ve *P. agglomerans* 5/8 uygulamaları en etkin bakteriler olarak öne çıkmıştır. İkinci hasatta gübrelerin etkinliğinin bakterilere kıyasla daha az olması ve hasat tarihine göre bakteri etkinliğinin değişmesi, rizosferde bakteri aktivitesinin daha uzun süre devam ettiğini ve bazı izolatların rizosferde daha uzun süre etkin olabildiğini gösteren önemli bir sonuçtur.

Hasat tarihlerine göre bakteri etkinlikleri değişmekle birlikte yaprak verimi bakımından *P. agglomerans* 36/2, *P. polymyxa* 66/6, *A. faecalis* 47/11, *P. agglomerans* 5/8, *C. indologenes* 21/5, *P. validus* 22/1, *B. subtilis* 52/1 ve *B. choshinensis* 2/5 izolatları özellikle etkin olmuştur. Bazı izolatlar çayda verimin ana göstergesi olan yaprak verimi bakımından mineral gübrelemeye benzer veya daha yüksek oranda etkin bulunmuştur. Gübre uygulamaları arasında gelişme parametreleri ile N ve P alımı bakımından en etkin sonuç NPK ile alınmış bunu hayvan gübresi takip etmiştir (Çizelge 1,2). İki hasat ortalamasına göre kontrole kıyasla çay fidanı yaprak ağırlığı hayvan gübresi uygulamasıyla %27,9, mineral

gübre uygulamaları ile %0,5-40,1, bakteri aşılmalarında ise %0,3-58,2 oranında artmıştır. Yaprak makro ve mikro element içeriği bakteri ve gübre uygulamalarıyla değişmiştir (Çizelge 2).

Kullanılan 26 izolattan kontrole kıyasla, toplam 8 izolat yaprak N, 7 izolat P, 6 izolat K, 10 izolat Ca, 12 izolat Mg, 13 izolat S, 14 izolat Fe ve Cu, 18 izolat Mn ve 22 izolat Zn içeriğini önemli miktarda ( $p < 0.01$ ) artırmıştır. Yaprak azot içeriği NPK ve N1 uygulamasıyla 5/6, 2/5, 66/4 ve 36/2 aşılması; yaprak P içeriği 42/4, 60/5, 21/5, 48/1 ve 2/5; K içeriği bakımından ise 36/2, 66/4, 28/5 ve 2/5 izolatları etkin olmuştur. Yaprak Ca içeriği 4/8, 21/5, 27/1 ve 4/7, Mg içeriği bakımından ise 21/5, 4/8 ve 2/5 aşılmaları ve hayvan gübresi özellikle etkin olmuştur. Yaprak Ca içeriği 4/8, 21/5, 27/1 ve 4/7, Mg içeriği bakımından ise 21/5, 4/8 ve 2/5 aşılmaları ve hayvan gübresi özellikle etkin olmuştur. Yaprak Fe içeriği bakımından 27/1, 66/9, 48/1, 60/5 ve 27/6; Cu içeriği 30/5, 21/5, 28/5 ve 57/3; Mn içeriği 66/9, 27/1, 60/5 ve 47/11 aşılmaları ve hayvan gübresi; Zn içeriği ise 66/6, 22/1, 21/5, 66/4, 35/4 ve 4/7 en etkin uygulamalar olmuştur. Kullanılan bakterilerin gelişme, yaprak verimi ve yaprak makro ve mikro element içeriğinin artırılabilmesi, mineral gübre uygulamalarına benzer olarak hatta bazı izolatların daha yüksek oranda etki göstermiş olması, bu izolatların fazla sayıda karbon kaynağı kullanabilme ve yüksek N fiksasyonu ve P çözme özelliğinden kaynaklanmaktadır [4].

## SONUÇ

Yıllardan beri tek yönlü ve yüksek dozda kimyasal gübreleme sonunda çay topraklarımızın fiziksel ve kimyasal yapısı bozulmakta ve asitlik artarak topraklarda biyolojik aktivite azalmaktadır. Gereğinden fazla verilen azotlu gübre siyah çayda lif miktarının artmasına ve çay fabrikalarında lifin çaydan ayrıştırılması için daha fazla masraf gerektirmektedir [26, 27]. Diğer yandan son zamanlarda tüketiciler, doğayı tahrip etmeyen yöntemlerle üretilen ve toksik etki yapmayan tarımsal ürünleri tüketmeyi tercih etmeye başlamış ve organik çay yetiştiriciliği gündeme gelmiştir. Özellikle siyah çay üretimi yanında tüketicilerin organik ve yeşil çaya olan talepleri arttığından organik ve yeşil çay pazarında yerimizi almamız gerekmektedir. Bölgenin doğal şartları gereği kimyasal mücadele yapılmaması nedeniyle çaylarımızda pestisit kalıntısı bulunmamaktadır. Bu durum organik tarım için bir avantaj olduğundan mikrobiyal gübreleme ile desteklenmesi durumunda organik çay tarımına kolaylıkla geçilebilecektir. Araştırmalarımızda izole edilen ve test edilen bakteriler çayda bitki gelişmesini ve kalite düzeyini sağlayacak özelliklere sahiptir. Bu izolatlarla geliştirilecek biyolojik gübreler çay yetiştiriciliğinde kimyasal gübre gereksinimini azaltabilecektir. Muradiye 10 çay klonunda PGPR ile yaprak besin element içeriği mineral gübrelemeye eş veya daha yüksek oranda artmış, bu izolatların çay bitkisinin beslenmesini ve besin alımını teşvik ettiği

belirlenmiştir. Çay yapraklarının P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn ve Zn içeriğinin PGPR kullanılarak artırılacağı ortaya konulmuştur. Bu izolatlarla hazırlanacak biyolojik gübreler çay sektörünün rekabet kapasitesini güçlendirecektir. PGPR uygulaması bölge ekonomisi, organik tarım, çay tüketicisi ve yöre insanının sağlığı bakımından önemli olacaktır. Doğu Karadeniz Bölgesinde toprakların fazla asidik olmaları, uygulanan gübrelerin toprak asitliğini artırması ve yoğun azot kullanımının yol açtığı su kirliliği ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri dikkate alındığında; iyileştirilmiş tarım ve çevre korunması bakımından bu araştırmanın sonuçları bölge için önemlidir. Seçilen bakteriler çay klonlarında gelişmeyi teşvik etme bakımından biyolojik gübre olarak kullanılabilir. Önceki çalışmalarda, bu bakterilerin çay yaprak verimini, besin elementi içeriğini ve enzim aktivitesini

artırabildiği, organik tarımda kullanılacağı belirlenmiştir [19, 20, 21].

Tarafımızca çay rizosferinden izole edilip etkinliği test edilmiş bakterilerin eksik testlerinin tamamlanması durumunda, bu bakterilerden geliştirilecek aşı formülasyonları çay yetiştiriciliği ve benzer bitki ve toprak koşullarında biyolojik gübre sorununu çözebilecek özelliklere sahip olacaktır. Bu çalışmalarda orijinal olarak izole edilen bakterilerin organik çay tarımında en önemli sorun olabilecek mineral gübrelemenin yasaklanması durumunda ortaya çıkabilecek bitki besleme sorunlarının çözümüne önemli katkı sağlayacaktır. Bu bakterilerin ikili ve üçlü kombinasyonları hazırlanarak test edilmesi ve ülkemiz çay tarımında kullanılacak biyolojik gübre formülasyonlarının hazırlanması çalışmalarına gereksinim vardır.

**Çizelge 1.** Bakteri ve gübre uygulamalarının Muradiye 10 çay klonu fidanlarında gelişmeye etkisi.

Uygulama	Bitki Yüksekliği (cm)	Çap kalınlığı (cm)	I Hasat		II Hasat		Toplam	
			Dal+yaprak-ağırlığı (g/fidan)	Yaprak-ağırlığı (g/fidan)	Dal+yaprak-ağırlığı (g/fidan)	Yaprak-ağırlığı (g/fidan)	Dal+yaprak-ağırlığı (g/fidan)	Yaprak-ağırlığı (g/fidan)
Kontrol*	58,3 i	9,58 g	10,8 g	9,4 h	30,0 fg	28,0 fg	40,8 h	37,3 g
HG	63,0 f-i	10,19 e-g	22,2 cd	17,4 b-d	38,1 b-e	30,3 c-g	60,3 b-d	47,7 b-f
NPK	76,7 a-c	12,81 a-d	23,7 bc	18,3 b-d	39,7 b-d	34,0 a-f	63,4 a-c	52,3 a-c
N1	79,3 ab	12,94 a-c	15,8 ef	13,2 fg	36,0 cf	28,9 eg	50,8 e-g	42,1 d-g
N2	73,0 a-e	10,47 d-g	10,8 g	9,2 h	31,1 fg	28,3 fg	41,9 h	37,5 g
BC 27/6	80,2 a	13,70 ab	22,2 cd	18,8 bc	32,8 e-g	29,7 c-g	55,0 de	48,5 b-e
BM 42/4	74,0 a-e	12,50 a-e	27,0 ab	19,0 b	38,0 b-e	28,6 e-g	65,0 a-c	47,6 b-f
BPU 35/6	64,7 e-i	10,72 c-g	23,0 c	17,8 b-d	34,7 d-g	28,9 e-g	57,6 cd	46,6 c-g
BSi 6/4	79,3 ab	14,02 a	20,5 cd	16,0 b-f	43,4 ab	35,9 ae	63,9 ac	51,9 a-c
BSp 57/3	70,3 b-f	10,56 d-g	16,5 ef	12,7 f-h	31,0 fg	25,7 g	27,4 f-h	38,4 fg
BSu 52/1	57,9 i	10,67 c-g	22,2 cd	18,5 bc	38,4 b-e	34,4 a-f	60,5 b-d	52,9 a-c
PPo 24/3	73,3 a-e	9,80 g	23,1 c	17,0 be	44,2 ab	35,0 a-f	67,3 ab	52,0 a-c
PPo 66/6	66,3 d-i	12,92 a-c	20,7 cd	18,3 b-d	41,9 bc	38,6 a	62,6 a-c	56,8 ab
PVa 22/1	73,7 a-e	12,81 a-d	24,5 bc	19,1 b	38,1 b-e	33,9 a-f	62,5 a-c	53,0 a-c
BrCh 2/5	69,3 c-g	9,66 g	18,9 de	15,9 b-f	40,5 b-d	36,5 a-d	59,5 cd	52,4 a-c
BrCe 66/4	79,8 ab	12,42 a-e	21,7 cd	18,3 b-d	36,0 cf	30,7 b-g	57,7 cd	49,0 b-d
BBli 28/5	59,5 hi	9,68 g	14,5 f	12,0 gh	28,8 g	25,5 g	43,3 gh	37,5 g
REr 4/8	62,7 f-i	9,88 g	15,5 ef	12,1 gh	28,7 g	25,4 g	44,2 gh	37,4 g
RRh 66/9	66,3 d-i	9,91 g	16,7 ef	11,8 gh	38,3 b-e	29,1 d-g	55,0 de	40,9 d-g
BCe 65/6	65,7 e-i	12,28 a-f	28,5 a	24,3 a	30,1 fg	27,5 fg	58,6 cd	51,8 a-c
AF 47/11	67,0 d-i	10,03 fg	21,1 cd	16,9 b-e	38,0 b-e	38,1 ab	59,1 cd	55,0 a-c
StAc 4/7	57,8 i	11,57 b-g	18,3 de	14,7 d-g	31,8 fg	27,5 fg	50,1 e-g	42,1 d-g
SMA 60/5	65,3 e-i	9,82 g	21,4 cd	18,1 b-d	38,0 b-e	34,0 a-f	59,4 cd	52,1 a-c
PAI 27/1	66,7 d-i	12,45 a-e	21,1 cd	15,0 c-g	48,4 a	37,1 a-c	69,5 a	52,1 a-c
PFlu 48/1	61,0 f-i	10,80 c-g	11,1 g	9,2 h	42,8 ab	38,1 ab	53,9 d-f	47,3 b-f
PPu 35/4	59,7 g-i	10,67 c-g	10,8 g	9,4 h	31,6 fg	29,4 d-g	42,5 h	38,8 fg
PSa 27/3	75,5 a-d	11,81 a-g	18,9 de	13,6 e-g	31,3 fg	25,4 g	50,2 e-g	38,8 fg
P sp.30/5	68,7 c-h	11,63 b-g	24,4 bc	19,3 b	33,4 e-g	28,1 fg	57,8 cd	47,4 b-f
PAG 5/8	60,3 g-i	12,36 a-e	21,3 cd	17,6 b-d	41,8 bc	36,9 a-c	63,0 a-c	54,5 a-c
PAG 36/2	77,0 a-c	13,79 ab	28,1 a	23,1 a	40,6 b-d	35,8 a-e	68,7 a	59,0 a
ChIn 21/5	78,3 a-c	12,36 a-e	21,2 cd	15,9 b-f	47,9 a	38,6 a	69,1 a	54,5 a-c

\*Kontrol (bakteri ve gübre uygulanmamış); HG (3 ton/da); NPK (48 kg/da kompozit %25-8-5), N1 (48 kg/da AN %33); N2 (24 kg/da AN %33); *Bacillus cereus* 27/6, *Bacillus megaterium* 42/4, *Bacillus pumilus* 35/6, *Bacillus simplex* 6/4, *Bacillus sphaericus* 57/3, *Bacillus subtilis* 52/1, *Paenibacillus polymyxa* 24/3, *Paenibacillus polymyxa* 66/6, *Paenibacillus validus* 22/1, *Brevibacillus choshinensis* 2/5, *Brevibacillus centrosporus* 66/4, *Brevibacterium liquefaciens* 28/5, *Rhodococcus erythropolis* 4/8, *Rhodococcus rhodochrous* 66/9, *Burkholderia cepacia* 65/6, *Alcaligenes faecalis* 47/11, *Stenotrophomonas acidaminiphila* 4/7, *Stenotrophomonas maltophilia* 60/5, *Pseudomonas alcaligenes* 27/1, *Pseudomonas fluorescens* 48/1, *Pseudomonas putida* 35/4, *Pseudomonas savastano* ifraxinus 27/3, *Pseudomonas* sp.30/5, *Pantoea agglomerans* 5/8

\*\*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli ( $p < 0.01$ ) değildir.

**Çizelge 2.** Bakteri ve kimyasal gübre uygulamalarının yaprak makro ve mikro element miktarına etkisi

Uygulama	Makro element g/kg kurumadde*						Mikro element mg/kg kuru madde*			
	N (%)	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn
Kontrol	2,23 f	2,5 fg	21,2 d-g	8,2 g	1,9 h	3,1 e	107 h	13,0 f	630 f	23,4 f
AG*	2,58 a-f	3,3 b-e	27,9 bc	12,3 d	3,7 b	4,2 b-e	211 g	19,3 de	2126 a	64,2 b-d
NPK	2,87 a	3,7 b	21,9 d-g	15,3 c	3,3 b-d	4,4 b-d	238 g	27,7 bc	1497 b	58,8 c-e
N1	2,75 a-c	2,6 d-g	23,7 c-f	11,0 d-g	3,0 c-e	4,4 b-d	142 h	20,0 de	1083c-e	53,2 de
N2	2,34 d-f	2,7 d-g	24,1 c-e	8,6 fg	2,2 f-h	4,3 b-e	110 h	14,8 ef	888 de	43,8 e
BC 27/6	2,71 a-d	3,4 b-d	29,2 ab	10,0 d-g	2,5 e-g	4,5 b-d	503 b	22,7 b-d	511 f	55,0 de
BM 42/4	2,71 a-d	4,8 a	19,1 fg	9,4 d-g	2,6 ef	3,1 e	131 h	26,8 bc	1091c-e	47,1 e
BPU 35/6	2,29 ef	2,7 d-g	29,7 ab	10,7 d-g	2,3 f-h	5,0 b	105 h	12,4 f	1240 c	25,3 f
BSi 6/4	2,60 a-f	2,8 c-g	19,1 fg	11,9 de	2,7 ef	3,0 e	149 h	22,6 cd	1028c-e	16,8 f
BSp 57/3	2,36 d-f	3,3 b-e	26,0 b-d	9,6 d-g	2,3 f-h	4,2 b-e	242 g	26,3 bc	506 f	45,0 e
BSu 52/1	2,78 ab	2,5 fg	23,5 d-g	15,1 c	2,5 e-g	4,6 b-d	153 h	11,7 f	1248 c	45,1 e
PPo 24/3	2,44 b-f	2,3 g	22,8 d-g	8,2 g	1,9 h	3,7 c-e	265e-g	17,0 ef	905 de	67,7 b-d
PPo 66/6	2,76 a-c	2,6 e-g	22,8 d-g	10,3 d-g	1,8 h	4,2 b-e	120 h	16,8 ef	606 f	<b>113,6 a</b>
PVa 22/1	2,33 d-f	2,3 g	23,6 c-f	8,9 e-g	1,8 h	3,7 c-e	251 fg	15,3 ef	456 f	<b>111,0 a</b>
BrCh 2/5	2,77 ab	3,5 bc	30,3 ab	9,1 e-g	3,5 bc	4,9 bc	142 h	22,7 b-d	477 f	45,0 e
BrCe 66/4	2,79 ab	2,7 d-g	30,4 ab	9,8 d-g	1,9 h	5,1 b	220 g	19,7 de	872 e	77,7 b
BBli 28/5	2,32 ef	2,5 fg	29,1 ab	11,2 d-g	3,4 bd	5,1 b	221 g	28,2 bc	1094c-e	55,0 de
REr 4/8	2,26 f	2,6 eg	20,7e-g	24,1 a	3,6 b	5,1 b	411 c	24,0 b-d	1671 b	43,6 e
RRh 66/9	2,55 a-f	2,4 g	21,1 d-g	20,9 b	3,0 c-e	5,0 b	653 a	24,1 b-d	2231 a	55,5 de
BCe 65/6	2,62 a-f	3,2 b-f	7,0 h	8,2 g	1,8 h	1,2 f	146 h	11,8 f	630 f	43,5 e
AF 47/11	2,25 f	2,5 fg	18,7 g	15,3 c	2,6 e-f	3,1 e	127 h	12,0 f	1497 b	22,4 f
StAc 4/7	2,25 f	2,3 g	24,0 c-f	22,7 ab	3,3 b-d	6,7 a	307d-f	24,5 b-d	1240 c	72,3 bc
SMA 60/5	2,26 f	4,7 a	18,7 g	11,0 d-g	1,9 h	3,5 de	647 a	20,0 de	1683 b	64,0 b-d
PAI 27/1	2,60 a-f	3,0 c-g	22,1 d-g	23,5 ab	2,9 de	5,2 b	663 a	24,1 b-d	2200 a	58,4 c-e
PFlu 48/1	2,32 ef	3,5 bc	23,0 d-g	11,2 d-g	2,6 ef	4,8 bc	648 a	19,7 de	561 f	45,4 e
PPu 35/4	2,47 b-f	2,5 fg	26,1 b-d	11,5 d-f	2,3 f-h	4,0 b-e	324 d	20,0 de	1175 c	74,3 b
PSa 27/3	2,35 d-f	2,6 e-g	26,1 b-d	9,1 e-g	2,3 f-h	4,1 b-e	112 h	11,7 f	1038c-e	43,8 e
P sp.30/5	2,46 b-f	3,1 b-g	22,5 d-g	10,9 d-g	2,9 de	3,4 de	156 h	65,9 a	1096c-e	58,3 c-e
PAg 5/8	2,87 a	2,9 c-g	7,9 h	8,3 g	1,7 h	1,2 f	103 h	11,6 f	412 f	22,4 f
PAg 36/2	2,67 a-e	2,8 c-g	33,6 a	11,9 de	2,3 f-h	5,1 b	114 h	15,1 ef	1245 c	43,3 e
Chln 21/5	2,39 c-f	4,6 a	26,0 b-d	24,3 a	5,0 a	5,1 b	315 de	28,3 b	1111 cd	77,9 b

\*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli ( $p < 0.01$ ) değildir

### Teşekkür

Bu araştırmaları 107 O 360 No'lu projeye destekleyen TÜBİTAK yetkililerine teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

[1] Aslantaş R., R. Çakmakçı, F. Şahin, 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulturae*, 111: 371-377.

[2] Çakmakçı R., M. F. Dönmez, A. Aydın, F. Şahin, 2006. Growth promotion of plants by plant

growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 1482-1487.

[3] Çakmakçı R., M. Erat, Ü. Erdoğan, F. Dönmez, 2007. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170: 288-295.

[4] Çakmakçı R., M.F. Dönmez, Y. Ertürk, M. Erat, A. Haznedar, R. Sekban, 2010a. Diversity and metabolic potential of culturable bacteria from the

rhizosphere of Turkish tea grown in acidic soils. Plant and Soil. 332:299-318.

[5] Çakmakçı R., M. Erat, B. Oral, Ü. Erdogan, F. Şahin, 2009a. Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 84:375-380.

[6] Çakmakçı R., 2009. Stres koşullarında ACC deaminaze üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(1): 109-125.

[7] Yıldırım E., M. Turan, M. F. Dönmez, 2008. Mitigation of salt stress in radish (*Raphanussativus* L.) by plant growth promoting rhizobacteria. Romanian Biotechnological letters, 13: 3933-3943.

[8] Akgül D. S., M. Mirik, 2008. Biocontrol of *Phytophthora capsici* on pepper plants by *Bacillus megaterium* strains. Journal of Plant Pathology, 90: 29-34.

[9] Eşitken A., H. Karlıdağ, S. Ercişli, M. Turan, F. Sahin, 2003. The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (*Prunusarmeniaca* L. cv. Hacıhaliloglu), Australian Journal of Agricultural Research, 54: 377-380.

[10] Kotan R., F. Sahin, 2002. Bitki hastalıkları ile biyolojik mücadelede bakteriyel organizmaların kullanılması. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 31:111-119.

[11] Özaktan H., T. Bora, 2006. Studies on biological control of fire blight with some antagonistic bacteria. Proceedings of the Xth International Workshop on Fire Blight, ACTA Horticulturea, 704: 337-340.

[12] Çakmakçı, R., Ü. Erdoğan, R. Kotan, B. Oral, F. Dönmez, 2008. Çoruh vadisinde yabancı ahududu rizosfer topraklarında heterotroph azot fikseri bakteri çeşitliliği 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 8-10 Ekim 2008 Konya, 706-717.

[13] Thakuria D., N. C. Talukdar, C. Goswami, S. Hazarika, R.C. Boro, M. R. Khan, 2004. Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. Current Science, 86: 978-985.

[14] Johnson S. E., R. H. Loeppert, 2006. Role of organic acids in phosphate mobilization from iron oxide. Soil Science Society of America Journal, 70: 222-234.

[15] Çakmakçı R., Y. Ertürk, M. F. Dönmez, M. Erat, A. Haznedar, R. Sekban, 2009b. Organik çay yetiştiriciliği için biyolojik gübre araştırmaları. 1. Gap Organik Tarım Kongresi. 193-201. 17-20 Kasım 2009, Şanlıurfa.

[16] Çakmakçı R., Y. Ertürk, M. F. Dönmez, M. Erat, A. Haznedar, R. Sekban, 2009c. Plant growth promoting rhizobacteria for organic teaproduction improvement. Advances in Bioinoculation/Biopesticide Production, Formulation and Application, Abs. Book 7-9.

[17] Çakmakçı R., Y. Ertürk, M. F. Dönmez, R. Sekban, 2010b. Research of Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer to enhance organic tea production. International Conference on Organic Agriculture in Scope of Environmental Problems, Book of Proceedings, 371-376. 3-7 February 2010 Famagusta/K. Kıbrıs.

[18] Çakmakçı R., Y. Ertürk, M. F. Dönmez, R. Sekban, A. Haznedar, 2010c. Farklı çay klonlarında biyolojik gübrelemenin kullanım olanakları. Türkiye 4. Organik Tarım Sempozyumu, 777-782. 28 Haziran- 1 Temmuz 2010, Erzurum.

[19] Çakmakçı R., Y. Ertürk, M. F. Dönmez, M. Turan, A. Atasever, R. Sekban, M. Kutlu, A. Haznedar, 2011a. Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin çay gelişme, verim, besin alımı ve enzim aktivitesi üzerine etkisi. GAP VI. Tarım Kongresi, 22-28. 09-12 Mayıs 2011, Şanlıurfa.

[20] Çakmakçı R., Y. Ertürk, A. Atasever, S. Ercişli, M. Şentürk, M. Erat, A. Haznedar, R. Sekban, 2011 b. The use of plant growth promoting rhizobacteria for organic teaproduction in Turkey. Proceedings of Tea-Organic-Low Carbon International Symposium. 89-97, 6-9 June, 2011, Guangyuan/China.

[21] Çakmakçı R., Y. Ertürk, M. F. Dönmez, M. Turan, R. Sekban, A. Haznedar, 2011c. Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin tuğlalı çay klonunda gelişme, verim, besin alımı üzerine etkisi. Uluslararası Katılımlı 1. Ali Numan Kırış Tarım Kongresi Ve Fuarı, Cilt1, 571-581, 27-30 Nisan 2011, Eskişehir.

[22] Ertürk Y., R. Çakmakçı, M. F. Dönmez, R. Sekban, A. Haznedar, 2011. Fener -3 çay klonu fidanlarında enjeksiyon ve daldırma metotları ile PGPR uygulamalarının verim üzerine etkilerinin incelenmesi. GAP VI. Tarım Kongresi, 29-34, 09-12 Mayıs 2011, Şanlıurfa.

[23] Bremner J. M., 1996. Nitrogen-total. In: Methods of soil analysis part 3: chemical methods. (ed.) Bartels J. M. ve Bigham, J. M., The Soil Science Society of America and the American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1085-1121.

[24] Mertens D., 2005a. AOAC Official Method 922.02. Plants Preparation of Laboratory Sample. In: Official Methods of Analysis, 18th edn. (ed.) Horwitz, W., Latimer G.W., Chapter 3, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA, 1-2.

[25] Mertens D., 2005b. AOAC Official Method 931.01. Phosphorus in Plants. In: Official Methods of Analysis, 18th edn., (ed.) Horwitz, W., Latimer G.W., Chapter 3, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA, 21-22.

[26] Kacar B., 1984. Çayın Gübrenmesi. Çay Kur Yayın No: 4, Ankara, 356 s.

[27] Ural N., 1991. Çayda Gübreleme Sorunları ve Çözümleri, Panel, Çaykur Yayını No: 13, 49-59, Rize.