

Çayda Besin Alımı, Gelişme, Enzim Aktivitesi ve Verimim Artırılması İçin Farklı Bitki Büyümesini Teşvik Edici Bakterilerin Birlikte Aşılmasının Etkinliği

*Ramazan ÇAKMAKÇI¹, Recep KOTAN², Ali ATASEVER³, Mustafa ERAT⁴,
Kubilay TÜRKYILMAZ⁵, Remzi SEKBAN⁵, Ayhan HAZNEDAR⁵

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Erzurum

³Atatürk Üniversitesi, İspir Hamza Polat MYO, İspir, Erzurum

⁴Atatürk Üniversitesi, Erzurum MYO, Teknik Programlar Bölümü, Kimya Programı, Erzurum

⁵Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Rize

*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail): rcakmak@atauni.edu.tr

Öz

Türkiye’de çay üretimi, kimyasal gübre uygulaması nedeniyle ciddi sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle, adeta tek tarımsal uğraşının çay yetiştiriciliği olduğu Doğu Karadeniz Bölgesi’nde, kimyasal gübre ihtiyacını azaltacak ve çay üretimini arttıracak yeni çevre dostu strateji ve ilave alternatif kaynakların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, mineral NPK gübrelemesi (80 kg/da kompoze %25:5:10), bir ticari sıvı biyolojik gübre ve azot fikseri ve fosfat çözücü üçlü kombinasyon halinde bakteri esaslı iki farklı biyolojik gübre formülasyonunun (BFV1: *Bacillus subtilis* RC521 + *Bacillus megaterium* RC07 + *Pseudomonas fluorescens* RC77; BFVII: *Bacillus subtilis* RC11 + *Bacillus megaterium* RC07 + *Pseudomonas putida* RC06) asidik tarla koşullarında üç yıl süreyle çay gelişme, verim, enzim aktivitesi ve bitki besin element içeriği üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Deneme, beş uygulama ve her bir tekrürde altı çay öbeği olacak şekilde üç tekrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiştir. Bakteri süspansiyonları bitki kök bölgesine enjekte edilerek uygulanmıştır. Biyolojik gübre formülasyonları ve mineral gübreleme Fener-3 Türk çay klonunda yaş ve kuru yaprak verimi, ikinci ve üçüncü yaprak alanı, yaprak makro ve mikro element, klorofil ve antioksidan içeriği, oksidatif, katalitik, hidrolitik ve antioksidan enzim aktivitesi dahil gelişmeyi teşvik etmiştir. Ayrıca, bakteri formülasyonu aşılama, glutatyon redüktaz (GR), glutatyon S-transferaz (GST), glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD), 6-fosfoglukonat dehidrogenaz (6PGD), polifenol oksidaz (PPO), peroksidaz (POD) ve alkol dehidrogenaz (ADH), 5-dehidroksikimat redüktaz (DHSK) enzim aktivitesini değiştirebilmiştir. Bu araştırma bitki gelişmesini teşvik edici bakterilerle geliştirilen kararlı formülasyonların büyük önem taşıdığını ve sürdürülebilir çay tarımı için umut verici olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki gelişmesini teşvik edici rizobakteriler (PGPR), biyo-formülasyon, verim ve kalite, enzim aktivitesi, organik tarım

Effectiveness of Co-inoculation of Different Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Improving Nutrients Uptake, Growth, Enzymes Activity and Yield of Tea

Abstract

Tea production in Turkey causes serious problems due to application of chemical fertilizer. For this reason, it is necessary to evaluate the environment-friendly strategies and additional alternative resources that will reduce the need for chemical fertilizers and increase tea production in the Eastern Black Sea Region, where the only agricultural activity is tea growing. The objective of this study was to evaluate possible effects of mineral NPK fertilizer (800 kg ha⁻¹ a compound fertilizer 25:5:10%), one commercial liquid bio-fertilizer and ACC deaminase-containing, N₂-fixing, and P-solubilizing bacteria based bio-fertilizers in triple strains combinations (BFV1: *B. subtilis* RC521+B. *megaterium* RC07+P. *fluorescens* RC77; BFVII: *B. subtilis* RC11+B. *megaterium* RC07+P. *putida* RC06) on the growth, yield, enzyme activities and nutrient uptake in tea under acidic field conditions in three years. The experiment was arranged as a completely randomized design with five treatments and three replicates (each having five tea bushes). Bio-fertilizer formulations and mineral fertilizer stimulated overall plant growth, including fresh and dry leaf yield, second and third leaf area, macro- and micro-nutrient concentrations chlorophyll and anthocyanin content in tea leaves, and activities of oxidative, catalytic, hydrolytic and anti-oxidative enzymes of Turkish tea clones Fener-3. In addition, inoculation with bacterial formulation also changed the activities of the enzyme like glutathione reductase (GR), glutathione S-transferase (GST), glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PD), 6-phosphogluconate dehydrogenase (6PGD), polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD), urease, 5-dehydroshikimate reductase (DHSK), and alcohol dehydrogenases (ADH). This study clearly indicates that the development of stable formulation of plant growth promoting bacteria is of great importance and a promising approach to a sustainable tea agriculture.

Keywords: Plant growth promoting rhizobacteria, bio-formulation, yield and quality, enzyme activity, organic farming

Giriş

Çok yıllık olan çay bitkisi, uzun yıllar aynı toprakta kaldığından, sürekli aynı bitki besin maddelerini topraktan kaldırmakta, çay toprakları besin maddeleri yönünden fakirleştirmekte ve uygulanan gübreler toprak asitliğini arttırmaktadır. Toprakta eksilen N ve P miktarını karşılamak için yüksek oranda kimyasal gübre, özellikle azot kullanımı maliyetleri arttırmakta, önemli düzeyde yıkanmaya uğramakta, su ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Tarımsal kimyasalların aşırı ve dengesiz kullanımı üretim maliyetlerini arttırmakta ve verimliliği düşürmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesinde yoğun monokültür, tarımı nitrat kirliliğini ciddi boyutlarda arttırmakta, P alım etkinliği giderek azalmakta, yıllardan beri tek yönlü ve yüksek dozda kimyasal gübreleme sonunda çay topraklarımızın fiziksel ve kimyasal yapısı giderek bozulmaktadır. Gereğinden fazla verilen azotlu gübre siyah çayda lif miktarının artmasına ve çay fabrikalarında lifin çaydan ayrıştırılması için daha fazla masraf yapılmasına neden olmaktadır. Çayın 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. Bu çalışmada azot fikseri ve fosfat çözücü bakteri esaslı biyolojik gübre formülasyonlarının çay gelişme, verim ve enzim aktiviteleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Tarla denemesi, Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Rize Atatürk Çay ve Bahçe Bitkileri Araştırma Enstitüsü'ne bağlı Hayrat Deneme İstasyonu'nda sekilerde 12 yaşlı Fener-3 çay klonundan oluşan çaylıkta kurulmuştur. Bu denemede sıvı taşıyıcıda geliştirilen 2 farklı bakteri kombinasyonu (BFV1: *Bacillus subtilis* RC521 + *Bacillus megaterium* RC07 + *Pseudomonas fluorescens* RC77; BFVII: *Bacillus subtilis* RC11 + *Bacillus megaterium* RC07 + *Pseudomonas putida* RC06) ve 1 biyolojik gübre, optimum NPK (80 kg/da kompoze %25:5:10) ve kontrole kıyaslamalı olarak üç tekerrürlü ve her bir tekerrürde altı çay öbeği olacak şekilde

kurulmuştur. Bakteri ve biyolojik gübre çay kök bölgesine enjekte edilmiştir.

Sıvı kombinasyon ve biyolojik gübre hazırlanırken suşlar saf kültür olarak Nutrient Agar (NA) ortamında 28°C'de geliştirilmiş, taze kültürlerden bir öze dolusu alınarak 100 mL NB içerisine inokule edilmiş ve bir gece çalkalayıcıda (150 rpm/dk) inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra karışım saf su ile seyreltilerek bakteri konsantrasyonu 10⁸ hücre/mL olacak şekilde turbidimetre ile ayarlanmıştır. Karışık formülasyonlarının hazırlanmasında, bakteri solüsyonu her bir bakterinin eşit miktar ve sayıda karışımından oluşturulmuştur. Biyoreaktörde tamamen organik maddelerden oluşan ve buharla sterilizasyonu yapılan taşıyıcı sıvıya 1:10 oranında karıştırılarak aşılama yapılmıştır. Çaylar Mayıs ayının ikinci haftasında (ilk sürgün), Temmuz ayının üçüncü haftasında (ikinci sürgün) ve Eylül ayının üçüncü haftasında (üçüncü sürgün) hasat edilmiştir.

Yaprak enzim aktivitesi spektrofotometrik olarak (UV-1208) belirlenmiştir. Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD) ve 6-fosfoglukonat dehidrogenaz (6PGD) aktivitesi Beutler (1984), Glutasyon redüktaz (GR) aktivitesi Carlberg ve Mannervik (1985), glutathione S-transferase (GST) aktivitesi ise Habig et al. (1974), protein içeriği ise Bradford metoduna (Bradford, 1976) göre belirlenmiştir. Polifenol oksidaz (PPO), peroksidaz (POD), üreaz, 5-dehidroksişikimat redüktaz (DHSK) ve alkol dehidrojenaz (ADH) aktivitesi sırasıyla Lee ve ark (1991), Mei et al. (2009), Nannipieri et al. (1980), Sanderson (1966) ve Hatanaka et al. (1974) tarafından ortaya konulan yöntemlere göre belirlenmiştir. Enzimatik aktiviteler 25°C'de spektrofotometrik olarak ölçülmüştür (Shimadzu 1208 UV spektrofotometre). Çay yaprak klorofil miktarı taşınabilir klorofil metre (SPAD-502, Konica Minolta); antosiyanin içeriği taşınabilir antosiyanin ölçer (ACM-200 plus Anthocyanin Content Meter) ile ölçülmüştür. Yaprak numuneleri 68°C'de 48 saat fırında kurutulmuş, N içeriği Kjeldahl yöntemi (Vapodest 10 Rapid Kjeldahl Distilasyon Ünitesi), yaprak makro ve mikro element içeriği İndüktif Coupled Plasma spektrofotometre ile (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT) belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bu denemede kullanılan biyolojik gübreler mineral gübrelenmeye eş değer yaprak verim artışına neden olmuştur (Çizelge 1). Nitekim üç sürgün dönemi toplamına göre, kontrole kıyasla, denemenin ilk yılında dekara 80 kg olarak uygulanan kompoze gübreleme ile %24.9 ve %24.8 oranında artan yaş ve kuru yaprak ağırlığı, farklı biyolojik gübre kombinasyonları ile sırası ile %18.1–27.0 ve %13.7–23.8 oranında artmıştır. Benzer olarak yaş ve kuru yaprak verimi kompoze gübreleme ile ikinci yılda %28.9 ve %23.7, farklı biyolojik gübre kombinasyonlarında sırası ile %13.2–34.1 ve %14.2–25.7 oranında artmıştır. Önceki yıllara benzer olarak her üç sürgün dönemi ve toplamda yaş ve yaprak verimi bakımından en etkin uygulama mineral NPK gübrelemesi ve BFV1 formülasyonu olmuştur. Kontrole kıyasla BFV1 ile kontrole kıyasla %20.7 ve %20.9; dekara 80 kg olarak uygulanan kompoze gübreleme ile %20.9 ve %19.9 oranında artan yaş ve kuru yaprak verimi; BFVII formülasyonu ile %15.0 ve %15.6 oranında artmıştır.

Çay bitkilerindeki gram yaprak başına enzim ünitesi olarak PPO aktivitesi NPK, BG ve BFVII, POD aktivitesi ise başta BFVI olmak üzere NPK ve biyolojik gübre uygulaması; üreaz, ADH ve DHSK redüktaz aktivitesi BFVI bakteri formülasyonu aşılması ile kontrol ve kimyasal NPK gübre uygulamalarına kıyasla artmış ve artış oranları istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. PPO dışındaki ölçümü yapılan enzimler bakımından en uygun sonucu BFV1 formülasyonu vermiştir (Çizelge 2).

İkinci yılda ölçülen yaprak GR ve GST aktivitesi bakteri formülasyonu ve gübre uygulamaları ile artmış, G6PD enzim aktivitesi başta BFVII formülü olmak üzere BFV1 ve NPK uygulamalarıyla; 6PGD aktivitesi ise BFV1 ve BFVII bakteri formülasyonu aşılamalarıyla artmış ve artış oranları kontrole kıyasla önemli bulunmuştur. Yaprak GR, GST ve G6PD enzim aktivitesi bakımından BFVII bakteri formülü ve NPK, 6PGD enzim aktivitesi bakımından ise bakteri formülleri etkin olmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 1. Tarla koşullarında Fener-3 klonunda farklı sürgün dönemlerinde mineral gübre ve farklı bakteri kombinasyonlarının çay yaprak verimi üzerine etkisi

Table 1. Effect of different combinations of bacteria and fertilizer applications on leaf yield at different harvesting periods of tea cv. Fener-3 in the field experiment during the 2013–2015 seasons.

Uygulama*	Birinci sürgün		İkinci sürgün		Üçüncü sürgün		Toplam	
	Yaş yaprak verimi (g/ocak)	Kuru yaprak verimi (g/ocak)	Yaş yaprak verimi (g/ocak)	Kuru yaprak verimi (g/ocak)	Yaş yaprak verimi (g/ocak)	Kuru yaprak verimi (g/ocak)	Yaş yaprak verimi (g/ocak)	Kuru yaprak verimi (g/ocak)
İlk yıl (2013)								
Kontrol	258 b	128 b	278 b	141 b	159 b	79 b	694 b	347 b
NPK	322 a	154 a	347 a	169 a	198 a	99 a	867 a	422 a
BG	304 a	141 a	329 a	161 a	188 a	94 a	820 a	395 a
BFV1	327 a	157 a	354 a	173 a	202 a	101 a	882 a	430 a
BFVII	310 a	149 a	336 a	164 a	192 a	96 a	837 a	409 a
İkinci yıl (2014)								
Kontrol	273.0 d	130.0 c	259.0 d	125.6 c	181.3 d	87.9 c	713.4 d	343.6 c
NPK	358.3 ab	166.0 a	329.5 ab	152.0 ab	231.6 b	107.0 ab	919.5 ab	425.0 a
BG	306.7 c	147.0 b	294.5 c	144.4 b	206.1 c	101.1 b	807.3 c	392.5 b
BFV1	365.0 a	163.0 a	341.3 a	156.2 a	250.5 a	112.8 a	956.8 a	432.0 a
BFVII	339.3 b	159.3 a	327.9 b	149.8 ab	229.5 b	109.6 ab	896.8 b	418.7 ab
Üçüncü yıl (2015)								
Kontrol	307 d	137 d	298 d	138 c	194 c	91 c	799 c	365 c
NPK	377 a	171 a	357 a	160 ab	232 ab	107 b	967 a	438 a
BG	329 c	153 c	320 c	152 b	227 b	105 b	876 b	409 b
BFV1	357 ab	165 ab	361 a	163 a	247 a	114 a	965 a	441 a
BFVII	345 bc	156 bc	342 b	159 ab	232 ab	107 b	919 ab	422 ab

* Kontrol: Bakteri ve gübre uygulanmamış; NPK: 80 kg/da kompoze %25:5:10; BG: Ticari biyolojik gübre; BFV1: *Bacillus subtilis* RC521+*Bacillus megaterium* RC07+*Pseudomonas fluorescens* RC77; BFVII: *Bacillus subtilis* RC11+*Bacillus megaterium* RC07+*Pseudomonas putida* RC06

** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli ($p < 0.05$) değildir.

Çizelge 2. Tarla koşullarında mineral gübre ve farklı bakteri kombinasyonlarının yaprak PPO, POD, üreaz, ADH ve DHSK enzim aktivitesi üzerine etkisi

Table 2. The effect of different combinations of bacteria and fertilizer applications on tea leaf PPO, POD, urease, ADH and DHSK enzymes activities under field experiment (First year)

Uygulama*	Enzim aktivitesi (EU/g yaprak)*				
	Polifenol oksidaz (PPO)	Peroksidaz (POD)	Üreaz	Alkol dehidrogenaz (ADH)	5-Dehidroksişikimat redüktaz (DHSK)
Kontrol	7.38 d	13.39 d	1.03 c	1.41 bc	2.46 c
NPK	10.09 a	24.24 b	1.06 c	1.36 bc	2.54 bc
BG	9.21 ab	20.56 c	1.23 bc	1.63 ab	3.15 ab
BFV1	8.15 cd	31.50 a	2.02 a	1.86 a	3.66 a
BFVII	9.01 bc	15.61 d	1.46 b	1.38 c	2.88 bc

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli (p<0.05) değildir.

Üçüncü yıl sonuçlarına göre çay yapraklarında ölçülen GR, GST, G6PD ve 6PGD aktivitesi, biyolojik gübre dışındaki, bakteri formülasyonu ve gübre uygulamaları ile artmış ve artış oranları önemli bulunmuştur. Ölçülen her dört enzim aktivitesi bakımından BFVI bakteri formülü en etkin sonucu vermiştir. Araştırmanın ikinci yılında birinci sürgün döneminde alınan, klorofil içeriği ve yaprak alanı bütün uygulamalarla kontrole kıyasla önemli oranda artmış, antosiyanin miktarı artışı ise sadece NPK ve BFV1 formülasyonu aşılmasında önemli bulunmuştur. Üçüncü yılda ise yaprak klorofil içeriği, antosiyanin indeks değeri, ikinci ve üçüncü yaprak alanı bütün uygulamalarla kontrole kıyasla önemli oranda artmıştır. Ölçülen parametreler bakımından yeni test edilen biyolojik gübre olabilecek

bakteri formülleri kimyasal gübrelemeye eş ve test edilen biyolojik gübreyle kıyasla daha etkin bulunmuştur (Çizelge 3).

Bu araştırmada test edilen çoklu bitki geliştirme özelliklerine sahip üçlü bakteri formülasyonlarının Fener-3 Türk çay klonunda yaprak alanı, yaprak klorofil ve antosiyanin içeriği, yaprak makro ve mikro element içeriği, yaş ve kuru yaprak verimi, yaprak antioksidan, oksidatif pentoz fosfat yolu ve çay işleme, tat ve aroması oluşumunda önemli olabilecek enzim aktivitesi (GR, GST, G6PD, 6PGD PPO, POD, üreaz, ADH ve DHSK) dahil gelişmeyi teşvik edebildiği görülmüştür.

Denemenin ikinci ve üçüncü yılında çay yapraklarında ölçülen N, P, K, Mg, S ve Al içeriği kimyasal gübre ve biyolojik gübre olabilecek

Çizelge 3. Tarla koşullarında uygulamaların çay yaprak alanı, klorofil ve antosiyanin, GR, GST, G6PD ve 6PGD enzim aktivitesi üzerine etkisi

Table 3. Effects of The effect of different combinations of bacteria and fertilizer applications on the chlorophyll (SPAD) and anthocyanin (ACI) content, leaf area and enzymes activities (GR, GR, GST, G6PD ve 6PGD) in leaves of tea

Uygulama	Klorofil (SPAD) değeri*	Antosiyanin (ACI) değeri	İkinci yaprak alanı (cm ²)	Üçüncü yaprak alanı (cm ²)	Enzim aktivitesi EU/mg protein			
					GR	GST	G6PD	6PGD
İkinci yıl (2014)								
Kontrol	70.9 c	26.9 b	11.5 c	19.8 c	1.91 c	1.78 c	1.42 c	1.21 c
NPK	77.6 a	29.7 a	14.7 a	24.9 a	2.36 a	2.06 a	1.87 b	1.19 c
BG	73.9 b	27.8 ab	13.0 b	22.4 b	1.88 b	1.91 b	1.45 c	1.20 c
BFV1	77.4 a	29.4 a	15.2 a	25.8 a	2.18 b	1.96 ab	1.84 b	1.57 a
BFVII	75.8 ab	28.8 ab	14.3 a	24.0 ab	2.33 a	2.03 a	1.99 a	1.48 b
Üçüncü yıl (2015)								
Kontrol	72.18 c	26.21 c	12.62 c	21.07 c	1.90 c	1.74 d	1.49 c	1.19 c
NPK	82.83 a	30.12 ab	15.98 a	25.62 ab	2.30 a	2.07 ab	1.84 a	1.38 ab
BG	80.48 b	29.46 b	14.18 b	24.63 b	2.04 bc	1.93 c	1.62 bc	1.28 bc
BFV1	84.76 a	31.72 a	16.34 a	26.71 a	2.26 a	2.12 a	1.85 a	1.48 a
BFVII	83.79 a	30.16 ab	15.27 ab	25.07 b	2.21 ab	1.99 bc	1.82 ab	1.39 ab

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli (p< 0.05) değildir.

Çizelge 4. Tarla koşullarında farklı bakteri kombinasyonları ve mineral gübre uygulamalarının yaprak makro ve mikro element içeriğine etkisi

Table 4. Effect of different bacterial combinations and chemical fertilizer applications on the macro- and micro-nutrient concentrations in tea leaves

Uygulama	(% N	Makro element içeriği (g/kg)*						(mg/kg) Na
		P	K	Ca	Mg	S	Al	
İkinci Yıl (2014)								
Kontrol	2.18 c	2.41 d	16.3 d	9.56 e	1.93 d	2.77 d	0.76 d	45 d
NPK	2.99 a	3.92 b	24.8 c	12.91 d	2.67 c	3.18 c	2.34 ab	56 cd
BG	2.82 b	3.12 c	22.4 c	15.28 c	2.54 c	3.67 b	1.19 c	82 b
BFV1	3.06 a	4.48 a	27.6 b	20.80 a	3.47 a	3.99 a	2.13 b	74 bc
BFVII	2.95 a	4.06 b	33.9 a	17.93 b	2.91 b	3.72 ab	2.48 a	112 a
Üçüncü yıl (2015)								
Kontrol	2.38 c	2.93 c	20.2 c	12.19 b	2.24 c	2.97 c	1.39 b	59 b
NPK	2.98 ab	3.90 ab	26.0 ab	15.15 ab	2.81 ab	3.52 b	2.04 a	71 ab
BG	2.80 b	3.43 bc	24.1 b	15.26 ab	2.64 b	3.53 b	1.58 ab	76 a
BFV1	3.04 a	4.09 a	27.2 a	17.96 a	3.11 a	3.83 a	1.99 a	78 a
BFVII	2.87 ab	3.77 ab	27.1 a	16.26 a	2.79 ab	3.57 b	2.02 a	83 a
Mikro element (mg/kg)								
Uygulama	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Mo	Ni	Pb
İkinci Yıl (2014)								
Kontrol	171 d	17.7 d	1772 d	36.9 d	23.3 d	0.04 c	114 c	0.62 ab
NPK	204 c	24.6 c	2295 b	52.4 bc	45.5 ab	0.59 ab	253 a	0.81 a
BG	252 b	32.2 ab	2012 c	45.8 cd	35.8 bc	0.10 a-c	252 a	0.47 b
BFV1	361 a	31.6 ab	2735 a	64.4 a	34.6 c	0.08 bc	189 b	0.48 b
BFVII	251 b	35.7 a	1878 cd	60.2 ab	50.0 a	0.65 a	215 ab	0.39 b
Üçüncü yıl (2015)								
Kontrol	203 c	23.4 b	1855 d	43.0 d	32.1 c	0.19 b	159 b	0.53 a
NPK	244 b	28.3 a	2281 b	54.3 b	43.4 ab	0.40 a	229 a	0.66 a
BG	249 b	29.6 a	2092 c	49.8 c	38.4 bc	0.23 b	220 a	0.53 a
BFV1	299 a	31.0 a	2453 a	58.9 a	40.3 ab	0.31 ab	211 a	0.56 a
BFVII	250 b	31.0 a	2064 c	55.0 b	47.0 a	0.41 a	209 a	0.50 a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli (p<0.05) değildir.

bakteri formülasyonları aşılamalarıyla kontrole kıyasla artmış ve artış oranları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4).

Mineral gübreleme ve bakteri formülasyonları yaprak Fe, Cu, Mn, Zn ve B içeriğini kontrole kıyasla artırmıştır. Çay yapraklarında ölçülen Mo içeriği ise NPK ve BFVII formülasyonu ile artmıştır. Yaprak makro ve mikro element analiz sonuçlarına göre bu deneme setinde test edilen bakteri formülasyonlarının çay beslenmesinde önemli olduğu ve besin element alımını artırdığı belirlenmiştir.

Önceki araştırmalarda Karadeniz Bölgesi çay rizosferinden izole edilerek (Çakmakçı ve ark., 2010) seçilen ve farklı çay klonlarında kullanılan tekli veya kombine biyolojik gübre formülasyonlarının, çay gelişme ve verim parametrelerini, yaprak verimini, besin elementi içeriği ve enzim aktivitesini artırabileceği,

organik yetiştiricilikte kullanılabileceği belirlenmiştir (Çakmakçı ve ark., 2011; 2012; 2016; Çakmakçı, 2016). Araştırma sonuçlarına göre, çay üretiminde biyolojik gübre uygulaması durumunda, daha az N ve P kimyasal gübresi kullanılarak geleneksel veya organik çay yetiştiricilerinin yüksek verim ve kaliteli üretimlerini devam ettirmeleri mümkün olabilecektir.

Sonuç

Çalışma sonuçları çay ürün kalitesini artırma bakımından taşımaktadır. Çaydaki primer flavonollerin oksitlenmesi, tat ve rengin oluşmasında önemli katkısı olan PPO; flavonollerin oksitlenmesinde, enzimlerin oksidasyon reaksiyonları, arıtma, aroma oluşumu ve terpenlerin biyolojik dönüşümünde rolü olan POD; azot metabolizmasında rol

alan üreaz; bazı alkollerin oluşumu ve çayda aromanın gelişim ve oluşumunda görev yapan ADH ve polifenollerin biyosentezinde anahtar rol oynayan DHSK enzimleri aktivitesinin bakteri kullanılarak artırılmış olması çay üretiminde önemli olabileceği gibi bu konuda özgün yeni araştırmalara da ışık tutacaktır.

Bu çalışmada, çay tarımında kimyasal gübre gereksinimini azaltabilecek, bitki besleme ve kaliteyi teşvik edebilecek, yaprak makro ve mikro element içeriğini arttırabilecek, antioksidan ve çay kalite ve işleme teknolojisinde önemli olabilecek enzim aktivitesini arttıracak, çay

yetiştiriciliğinde kullanılacak, ticarileşme potansiyeli olan biyolojik gübre formülasyonları açık olarak ortaya konulmuştur. Bu araştırmalarla geliştirilen ticarileşme potansiyeli olan biyolojik gübre formülleri organik çay yetiştiriciliğinde bitki besleme sorununu çözümüne önemli katkı yapacaktır.

Teşekkür

Bu araştırmayı TOVAG; 112O313 nolu proje kapsamında destekleyen TÜBİTAK ve yetkililerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Beutler E., 1984. Red Cell Metabolism. Manual of Biochemical Methods. Third Edition, Grune Stratton, Inc. Orlando, FL 32887, London
- Bradford M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72 : 248-254
- Carlberg I. ve Mannervik B., 1985. Glutathione Reductase. *Methods Enzymol.* Academic Press, Orlando, FL.113, 484-490
- Çakmakçı R., 2016. Screening of multi-trait rhizobacteria for improving the growth, enzyme activities, and nutrient uptake of tea (*Camellia sinensis*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47: 1680-1690. doi: 10.1080/00103624.2016.1206559
- Çakmakçı R., Dönmez M.F., Ertürk Y., Erat M., Haznedar A. ve Sekban R 2010. Diversity and metabolic potential of culturable bacteria from the rhizosphere of Turkish tea grown in acidic soils. *Plant and Soil*, 332:299-318
- Çakmakçı R., Ertürk Y., Atasever A., Ercişli S., Şentürk M., Erat M., Haznedar A. ve Sekban R., 2011. The use of plant growth promoting rhizobacteria for organic tea production in Turkey. *Proceedings of Tea- Organic-Low Carbon International Symposium*, 6-9 June, 2011, Guangyuan/China, 89-97
- Çakmakçı R., Ertürk Y., Dönmez M.F., Erat M., Kutlu M., Sekban R. ve Haznedar A., 2012. Azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin Muradiye 10 çay klonunda gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(2):176-181
- Çakmakçı R., Ertürk Y., Atasever A., Kotan R., Erat M., Varmazyari A., Türkyılmaz K., Sekban R. ve Haznedar A., 2016. Development of Plant Growth-Promoting Bacteria Based Bio-formulations Using Liquid and Solid Carrier and Evaluation of their Influence on Growth Parameters and Enzyme Activity of Tea Plants. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(2): 313-321
- Habig W.H., Pabst M.J. ve Jakoby W.B., 1974. Glutathione S-transferase: The first enzymatic step in mercaptric acid formation. *The Journal of Biological Chemistry*, 249: 7130-7139
- Hatanaka A., Kajiwara T., Tomohiro S. ve Yamashita H., 1974. Alcohol dehydrogenase from *Thea sinensis* seeds. *Agricultural and Biological Chemistry*, 38:1835-1844. doi: 10.1080/00021369.1974.10861430
- Lee P.M., Lee K.H., Ismail M. ve Karim A., 1991. Biochemical studies of cocoa bean polyphenol oxidase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55: 251-260. doi: 10.1002/jsfa.2740550210
- Mei X., Lin D.H., Xu Y., Wu Y.Y. ve Tu, Y.Y., 2009. Effects of phenanthrene on chemical composition and enzyme activity in fresh tea leaves. *Food Chemistry*, 115: 569-573
- Nannipieri P., Ceccanti B., Cervelli S. ve Matarese E., 1980. Extraction of phosphatase, urease, protease, organic carbon, and nitrogen from soil. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 1011-1016
- Sanderson G.W., 1966. 5-dehydroshikimate reductase in the tea plant (*Camellia sinensis* L.) properties and distribution. *Biochemical Journal*, 98: 248-252. doi: 10.1042/bj0980248