



Bazı bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokkoli (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkileri

Effects of different plant growth promoting rhizobacteria on growth and quality of broccoli (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) seedling

Melek EKİCİ¹, Ertan YILDIRIM¹, Recep KOTAN²

¹ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 25240, Erzurum

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 25240, Erzurum

Sorumlu yazar (Corresponding author): Ertan Yıldırım, e-posta (e-mail): ertanyil@atauni.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 23 Aralık 2014
Düzeltilme tarihi 02 Nisan 2015
Kabul tarihi 03 Nisan 2015

Anahtar Kelimeler:

Rizobakteri
Mineral madde
Aminoasit
Organik asit
Hormon

ÖZ

Araştırma bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin (Plant Growth Promoting Rhizobacteria-PGPR) brokkolide (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, *Bacillus megaterium* TV-3D, *Bacillus megaterium* TV-91C, *Pantoea agglomerans* RK-92 ve *Bacillus megaterium* KBA-10 bakteri ırkları kullanılmıştır. Uygulamalar brokkoli fidelerine tohum çimlenmesinden sonra süspansiyon şeklinde birer hafta aralıklarla iki kez olacak şekilde yapılmıştır. Araştırmada, PGPR uygulamalarının kontrol uygulamasına göre fide boyunu % 7.85, gövde çapını % 42.56, yaprak alanını % 18.12 yaprak kuru madde miktarını ise % 41.98 oranlarına kadar artırdığı saptanmıştır. Çalışmada, PGPR uygulamalarının fide besin elementi içeriğini Na hariç artırdığı belirlenmiştir. PGPR uygulamalarının brokkoli fidelerinde aminoasit içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli (treonin, methionin, fenilalanin ve hidrokisiprolin hariç) bulunmuştur. Fide organik asit içerikleri ise PGPR uygulamalar ile genellikle önemli bir artış göstermiştir. En yüksek giberallik asit (GA), salisilik asit (SA) ve absisik asit (ABA) içeriği *P. agglomerans* RK-92 uygulamasından elde edilmiştir. Araştırma sonucunda kullanılan PGPR uygulamalarının brokkoli fidelerinde mineral madde, aminoasit, organik asit ve hormon içeriklerini etkileyerek fide gelişimi ve kalitesini olumlu etkilediği belirlenmiştir.

ARTICLE INFO

Received 23 December 2014
Received in revised form 02 April 2015
Accepted 03 April 2015

Keywords:

Rhizobacteria
Mineral content
Aminoacid
Organic acid
Hormone

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of different plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) strains on growth and quality of broccoli seedlings. The strains of *B. megaterium* TV-3D, *B. megaterium* TV-91C, *P. agglomerans* RK-92 and *B. megaterium* KBA-10 were used in this study. The suspension of bacteria was applied twice into root zone with one-week interval after germination of seeds. The results of the study showed that PGPR treatments increased seedling length, stem diameter, leaf area, and leaf dry matter at ratios of 7.85 %, 42.56 %, 18.12 % and 41.98 %, respectively, compared to the control. Except for Na, the mineral element content was also increased with PGPR treatments. Amino acids in broccoli seedlings were significantly affected with PGPR applications (except for theonine, methionine, phenylalanine and hydroxyproline). Furthermore, organic acids of seedlings were increased with PGPR applications. The highest gibberallik acid (GA), salicylic acid (SA) and abscisic acid (ABA) contents were obtained from *P. agglomerans* RK-92 application. As a result, *B. megaterium* TV-3D, *B. megaterium* TV-91C, *P. agglomerans* RK-92 and *B. megaterium* KBA-10 applications improved growth and quality of broccoli seedlings by affecting mineral element, amino acid, organic acid and hormone contents.

1. Giriş

Günümüzde modern sebze yetiştiriciliğinde kalite ve verimi artırmak amacıyla üretimlerde farklı yöntem ve teknikler kullanılmaktadır. Bunlardan biri tohum sarfiyatını azaltmak, erkencilik sağlamak, sağlıklı ve dayanıklı bitkiler yetiştirmek ve

masrafları azaltmak adına yetiştiricilikte kaliteli fide kullanılmasıdır. Ülkemiz sebze üretim potansiyeli yüksek olan ülkelerden biridir. En fazla domates gibi meyvesi tüketilen sebze türlerinin üretimi yapılmakla birlikte, lahanagiller üretimi

de yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Ülkemizde sebze tarımında son yirmi yılda çeşit, tohumluk ve fidecilik konularında önemli derecede ilerlemeler sağlanmıştır. Sebze üreticileri son yıllarda örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde tamamına yakınında, açıkta yetiştiricilikte ise önemli bir kısmında birçok avantajından dolayı hazır fide kullanımına yönelmişlerdir. Kontrollü koşullarda çok gözlü saksılar içerisinde fide üretiminin hızlı bir şekilde benimsenmesinin temelinde tohumları pahalı olan F1 hibrit sebze çeşitlerinde kayıpların azaltılması yatmaktadır. Türkiye'de modern olarak 1995 yılında faaliyete başlayan fide üretim tesislerinin 2012 yılsonu itibarıyla 100'ün üzerinde üretim tesisiyle 3,2 milyar adet fide üretimine ulaştığı bildirilmektedir. Lahana, karnabahar ve brokoli gibi sebze türlerinin yetiştiriciliğinde fide kullanımı ekonomik olması ve diğer olumlu etkilerinden dolayı yaygınlaşmaktadır. Nitekim lahanagillerde doğrudan ekim ya da yastıklarda fide yetiştiriciliğinde seyreltme, şaşırtma, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi nedenlerle birlikte hem kullanılan tohum miktarı fazla olmakta hem de zaman kaybı söz konusu olmaktadır. Bu durum ayrıca hibrit tohum kullanılması ile daha fazla maliyet demektir. Bu nedenle bu tür sebzelerde fide kullanımı tercih edilmektedir.

Tarımsal üretimde yüksek verim ve kalite artışı sağlamaya yönelik yapılan uygulamalar beraberinde yoğun kimyasal kullanımını getirmiştir. Bu kimyasalların maliyet artışına neden olmalarının yanı sıra insan ve çevreye olan zararlı etkileri nedeniyle de üzerinde durulmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda çevreye dost, sürdürülebilir ve organik tarım sistemleri tercih edilmektedir. Kimyasal kullanımına alternatif olabilecek ve organik tarımda rahatlıkla kullanılabilen yöntemlerden biri bitki gelişimini teşvik eden rhizobakteri (PGPR) uygulamalarıdır. Bu bakteriler genellikle *Azotobacterium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Serratia* vb. cinslerine ait bakterilerdir (Adesemoye ve ark. 2008). PGPR uygulamaları son yıllarda bitkisel üretimde biyogübre olarak kullanılmaktadırlar. Bu bakterilerin, azot fiksasyonu vasıtasıyla bitkinin azot beslenmesini, fosforun çözünürlüğünü, su kullanım etkinliğini ve bitkisel hormon üretimini (oksin, stokinin ve giberallin) artırdığı, besin elementlerinin bitki tarafından alınımı etkinleştirerek veya bitkide etilen seviyesini enzimatik yolla azaltarak bitki gelişimi üzerine olumlu etki yaptığı tespit edilmiştir (Glick 1995). PGPR'lerin ayrıca bitkilerin fitapatojenlere dayanıklılık göstermesine, kuraklığa, tuzluluğa ve oksidatif strese (Saleem ve ark. 2007) tolerans sağlamasına yardımcı olduğu ve suda çözünebilir B vitamini kompleksleri üretmek bitki gelişimini etkilediği belirlenmiştir (Revillas ve ark. 2000). PGPR uygulamalarının bitki gelişimini ve verimini artırdığına yönelik yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Garcia ve ark. 2003, Karlidağ ve ark. 2007, Dursun ve ark. 2008, Yıldırım ve ark. 2008, Ekinci ve ark. 2009, Dursun ve ark. 2010, Misra ve ark. 2010, Yıldırım ve ark. 2011, Ibiene ve ark. 2012). Bakterilerin bitki gelişimi ve verimi üzerine etkileri üzerine yapılan çok sayıda araştırma olmasına rağmen, sebzecilikte fide gelişimi ve kalitesi üzerine yapılmış çalışmalar yaygın değildir. Yapılan bazı araştırmalarda, PGPR uygulamaları ile fide üretiminde daha sağlıklı ve güçlü fideler yanında standart büyüklükteki fidelerin daha kısa sürede elde edildiği belirlenmiştir (Vavrina 1999a, 1999b, Kokalis-Burrelle ve ark. 2003). Ayrıca tohuma ve fidelere yapılan PGPR uygulamalarının zararlı mikroorganizmaları kontrol altına alarak stres şartları altındaki fidelerin daha sağlıklı olmasını sağladığı belirtilmektedir (Gül ve ark. 2008). Lahana fidelinde

yapılan bir çalışmada bazı PGPR ırklarının tohum inokulasyonunun fide gelişimi ve kalitesini artırdığı belirlenmiştir (Turan ve ark. 2014).

Sebze üretiminin ilk basamağı kaliteli tohum ve bundan elde edilecek kaliteli fidedir. Kaliteli fide ile üretim, hem verimi artıracak hem de kaliteli ürün elde etmemizi sağlayacaktır. Literatür araştırmalarında PGPR uygulamalarının brokkolide fide gelişimi ve kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesine yönelik çalışmalara rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu araştırmada, üretimde fide kullanımı tercih edilen brokkolide fide gelişimi ve kalitesi üzerine *Bacillus megaterium* TV-3D, *Bacillus megaterium* TV-91C, *Pantoea agglomerans* RK- 92 ve *Bacillus megaterium* KBA-10 bakteri ırklarının etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait serada yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) ye ait Monet F1 çeşidi kullanılmıştır. Denemede ortam gündüz/gece sıcaklığı yaklaşık olarak 26/13°C ve nemi ise % 70 oranında ölçülmüştür. Brokoli tohumları 45 bölmeli viyoller içerisinde torf yetiştirme ortamına ekilmiştir. Deneme süresince fidelere besin uygulaması yapılmamıştır.

Bakteriyel solüsyonlarının hazırlanması ve uygulanması: Çalışmada kullanılan bakteri (*B. megaterium* TV-3D, *B. megaterium* TV-91C, *P. agglomerans* RK- 92, *B. megaterium* KBA-10) ırkları Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü mikroorganizma kültür koleksiyonundan alınmıştır. Bu bakteriler Doğu Anadolu bölgesinde yetişen bazı meyve ve yapraklı sebzelerin köklerinden izole edilmiştir (Kotan ve ark. 2005, Erman ve ark. 2010). Kullanılan bakterilerin tanımlanması Sherlock Microbial Identification System (Microbial ID, Newark, DE, USA) analizi kullanılarak yağ asidi metil esterlerine göre yapılmıştır (Miller 1982). -80 °C'de, % 30 gliserol ve sıvı besi yeri (Lauryl Broth) içerisinde muhafaza edilen bakteriler nutrient agar katı besi ortamına çizgi ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petripler 27 °C'ye ayarlı inkübatörde 48 saat inkübe edildikten sonra gelişen her bir bakteriden bir öze dolusu alınarak 250 ml nutrient broth içeren erlenlere aktarılmış ve bakteri ile kontamine edilen sıvı besi yerleri, bakterilerin aerobik gelişimi için 27 °C'ye ayarlı çalkalayıcıda 91 rpm'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Hazırlanan bakteriyel süspansiyonlar steril saf su ile seyreltilmiş ve spektrofotometrik ölçümle son konsantrasyon 10⁸ cfu ml⁻¹ ye ayarlanmıştır. Kullanılan bakterilerin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir (Kotan ve ark. 2014, Turan ve ark. 2014). Bakteri süspansiyonları tohumlar çimlenip çıkış yaptıktan sonra fide kök bölgesine birer hafta aralıklarda iki kez sulama olarak uygulanmıştır. Kontrol uygulamasında ise bakteri kontamine edilmemiş sıvı besi yeri içeren su kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bakterilerin azot fiksasyon ve fosfat çözübilme durumları.

Table 1. Nitrogen fixation and phosphorus solubilization by bacteria used in the study.

Bakteri ırkları	Azot fiksasyonu	Fosfat çözünürlüğü
<i>Bacillus megaterium</i> TV-3D	s+	+
<i>Bacillus megaterium</i> TV-91C	+	w+
<i>Pantoea agglomerans</i> RK- 92	+	s+
<i>Bacillus megaterium</i> KBA-10	s+	+

-; negatif reaksiyon, +; pozitif reaksiyon; s+; güçlü pozitif reaksiyon; w+; zayıf pozitif reaksiyon

Bitki gelişim parametrelerinin ölçümü: Fideler yaklaşık olarak 40 günlük olduğunda her uygulama ve her tekrardan 20 fide örneği üzerinde bitki boyu, gövde çapı, yaprak ve kök yaş ağırlığı ile ilgili ölçümler yapılmıştır. Yaprak ve kök örnekleri 65 °C'de 48 saat kurularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Fide yaprak alanları yaprak alanı ölçer ile (LI-3100, LICOR) ölçülmüştür. Klorofil miktarı ise hasattan önce portatif klorofil metre (SPAD-502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japan) ile yaprağın her iki tarafından ve dört farklı bölümde yapılan ölçümler ile belirlenmiştir (Khan ve ark. 2003).

Mineral madde analizi: Bitki örneklerinin toplam azot içerikleri salisilik-sülfürik asit ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikro kjeldahl yöntemiyle (AOAC 2005) belirlenmiştir. Bitki örneklerinin P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145 °C de % 75 mikrodalga gücün de 5 dakika, 2. adım; 180 °C de % 90 mikrodalga gücün de 10 dakika ve 3. adım 100 °C de % 40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrowave yaş yakma ünitesine (speedwave MWS-2 Berghof products + Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Gernmany) tabi tutulduktan (Mertens 2005a) sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spektrofotometre) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

Hormon Analizi: Ekstraksiyon ve saflaştırma işlemleri Kuraishi ve ark. (1991) ve Battal ve Tileklioğlu (2001) metotlarına göre yapılmıştır. İndol asetik asit, giberallik asit, salisilik ve absisik asit analizlerinde HPLC kullanılmıştır (Horgan ve Kramers 1979, Koshimizo ve Iwamura 1986, Morris ve ark. 1990).

Aminoasit Analizi: Örneklerin serbest aminoasit kompozisyonunun belirlenmesinde Aristoy ve Toldra (1991), Antoine ve ark. (1999)'da verilen yöntemler (HPLC yöntemi) esas alınmıştır. Örneklerin serbest aminoasit kompozisyonunun belirlenmesinde tek dedektörlü (UV) ve Zorbax Eclipse-AAA 4.6 x 150mm, 3.5 µm (Agilent PN 963400-902) kolonlu Agilent 1200 model HPLC kullanılarak sistin, valin, hidroksiprolin, aspartat, glutamat, asparagin, serin, glutamin, histidin, glisin, treonin, arjinin, alanin, sarkozin, tirozin, metiyonin, triptofan, fenilalanin, lösin, izosilin lizin, prolin aminoasitleri belirlenmiştir.

Organik Asit Analizi: Organik asit analizleri Flores ve ark. (2012)'na göre yapılmıştır. Organik asitlerin analitik ölçümünde 15,6 µM oksalik asit, propionik asit, bütirik asit, 66,6 µM tartarik asit, 74,6 µM malik asit, 339 µM süksinik asit, 96 µM malonik asit, 5,7 µM askorbik asit, 1,7 µM maleik asit, 95,1 µM sitrik asit ve 1,7 µM fumarik asit karışımını içeren organik asitler kullanılmıştır. Standartlar hazırlanmış ve her bir organik asit karışımı HPLC ile okunarak en yüksek noktalar belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz: Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre, 5 bakteri uygulaması (kontrol dahil) ve 3 tekrarlolu olarak yürütülmüştür. Denemeden elde edilen veriler SPSS 18 paket program kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (SPSS 2010).

3. Bulgular

Bakteri uygulamalarının brokkoli fidelerinde fide gelişimi üzerine etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. Uygulamaların yaprak klorofil miktarı, kök boyu ve kök kuru ağırlığı dışında incelenen

diğer parametrelerde etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fide boyu en fazla (14.83 cm) *P. agglomerans* RK-92 uygulamasında ölçülürken, en az (13.33 cm) *B. megaterium* TV-3D ve kontrol uygulamasında meydana gelmiştir. Gövde çapı, yaprak alanı, yaprak yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlığı en fazla *B. megaterium* KBA-10 uygulamasında (sırasıyla, 3.45 mm, 25.23 cm², 24.53 g ve 15.57 g) elde edilirken, yaprak kuru ağırlığı *B. megaterium* TV-91C uygulamasında en yüksek (3.01 g) bulunmuştur.

Çizelge 2. PGPR uygulamalarının brokkolide fide gelişimi üzerine etkileri.

Table 2. Effects of PGPR applications on plant growth in broccoli seedling.

	Kontrol	TV-3D	TV-91C	RK-92	KBA-10
Fide boyu (cm)	13.75b*	13.33b	14.09ab	14.83a	14.18ab
Gövde çapı (mm)	2.42d***	3.05c	3.29b	2.94c	3.45a
Yaprak klorofil	45.41 ^{ns}	47.59	48.67	48.32	47.90
Yaprak alanı (cm ²)	21.36b**	21.35b	22.36b	20.72b	25.23a
Yaprak yaş ağır (g)	19.36b**	19.10b	21.60ab	23.70a	24.53a
Yaprak kuru ağır (g)	2.12c***	2.38b	3.01a	2.36bc	2.60b
Kök boyu (cm)	24.02 ^{ns}	24.83	25.08	25.10	25.52
Kök yaş ağır (g)	9.92c***	11.54bc	12.61b	13.45b	15.57a
Kök kuru ağır (g)	0.65 ^{ns}	0.75	0.86	0.84	0.94

Satır ortalamalarında aynı harfle belirtilen ortalamalar arasında önemli bir fark bulunmamaktadır (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns: p>0.05)

Means within rows not followed by the same letter differ significantly (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns: p>0.05)

Bakteri uygulamalarının fide besin içerikleri üzerine etkisi Cu hariç istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (Çizelge 3). *B. megaterium* TV-91C uygulaması N, Ca ve P içeriğini diğer uygulamalara göre daha fazla artırmıştır (sırasıyla, % 0.86, 4230.67 mg kg⁻¹ ve 771.67 mg kg⁻¹). K, Mg, Fe ve Mn içeriği en fazla (5028.00 mg kg⁻¹, 196.00 mg kg⁻¹, 31.76 mg kg⁻¹ ve 5.07 mg kg⁻¹) *P. agglomerans* RK-92 uygulamasında, Zn içeriği en yüksek (3.15 mg kg⁻¹) *B. megaterium* KBA-10 uygulamasında ve Na içeriği ise en yüksek (148.67 mg kg⁻¹) kontrol kontrol ile birlikte **RK-92 ve KBA-10** uygulamalarındaki bitkilerden elde edilmiştir. Na ve Zn dışında diğer besin madde miktarı en düşük kontrol bitkilerinde meydana gelmiştir.

Çizelge 3. PGPR uygulamalarının brokkoli fidelerinin besin içeriği üzerine etkileri.

Table 3. Effects of PGPR applications on mineral content in broccoli seedling.

	Kontrol	TV-3D	TV-91C	RK-92	KBA-10
N (%)	0.73c*	0.84ab	0.86a	0.78bc	0.85ab
Na (mg kg ⁻¹)	148.67a***	132.00b	130.67b	146.33a	142.00a
K(mg kg ⁻¹)	4784.00c*	4885.33abc	4843.00bc	5028.00a	4961.67ab
Ca (mg kg ⁻¹)	3962.67b**	4178.67a	4230.67a	4202.00a	4096.00ab
Mg (mg kg ⁻¹)	153.00c***	180.67b	174.33b	196.00a	180.33b
P (mg kg ⁻¹)	713.00c***	734.00b	771.67a	738.67b	761.67a
Fe (mg kg ⁻¹)	23.15c***	28.50b	26.61b	31.76a	27.16b
Cu (mg kg ⁻¹)	3.37 ^{ns}	3.70	3.65	3.53	3.65
Mn (mg kg ⁻¹)	3.99d***	4.39c	4.67bc	5.07a	4.81ab
Zn (mg kg ⁻¹)	2.84b**	2.71bc	2.77bc	2.58c	3.15a

Satır ortalamalarında aynı harfle belirtilen ortalamalar arasında önemli bir fark bulunmamaktadır (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns: p>0.05)

Means within rows not followed by the same letter differ significantly (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns: p>0.05)

Aminoasit içeriği bakımından uygulamaların etkisi treonin, metiyonin, fenilalanin ve hidroksiprolin dışında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aspartat, serin, arjinin ve izölösün miktarları en yüksek (sırasıyla; 3766.33 ng µl⁻¹, 5492.33 ng µl⁻¹, 8437.67 ng µl⁻¹ ve 1771.33 ng µl⁻¹) kontrol bitkilerinde olmuştur. *B. megaterium* TV-3D uygulaması glutamin (4472.00 ng µl⁻¹), glisin (2773.67 ng µl⁻¹), tirozin (932.22 ng µl⁻¹), valin (811.00 ng µl⁻¹), triptofan (1772.33 ng µl⁻¹), lizin (2939.00 ng

μl^{-1}) ve sarkozin (6187.33 ng μl^{-1}) içeriği en yüksek uygulama olmuştur. Glutamat, asparagin, alanin, sistin ve lösin içeriği en fazla (sırasıyla; 1518.33 ng μl^{-1} , 13823.33 ng μl^{-1} , 7858.00 ng μl^{-1} , 1181.67 ng μl^{-1} ve 2123.00 ng μl^{-1}) *B. megaterium* TV-91C uygulamasında elde edilirken, histidin (2435.33 ng μl^{-1}) ve prolilin (81.33 ng μl^{-1}) *B. megaterium* KBA-10 uygulamasında fazla olmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. PGPR uygulamalarının brokkoli fidelerinde aminoasit içeriği üzerine etkileri (ng μl^{-1}).

Table 4. Effects of PGPR applications on amino acids content in broccoli seedling (ng μl^{-1}).

	Kontrol	TV-3D	TV-91C	RK-92	KBA-10
Aspartat	3766.33a***	3702.67a	3686.67a	2946.00c	3574.67b
Glutamat	1487.33a*	1503.00a	1518.33a	1326.50b	1415.00ab
Asparagin	13736.00a***	12589.33b	13823.33a	11047.50c	12949.33b
Serin	5492.33a**	5340.00a	5390.33a	4892.00b	5287.33a
Glutamin	4443.33a***	4472.00a	4457.00a	3707.00b	4247.33a
Histidin	2230.67b***	2088.67c	2432.00a	1896.50d	2435.33a
Glisin	2667.33a***	2773.67a	2620.33a	1977.00c	2332.67b
Treonin	3313.33ns	2985.00	3214.00	2913.00	3169.00
Arjinin	8437.67a***	8251.67b	7853.33c	5647.00d	7723.00c
Alanin	7122.67b***	6717.00d	7858.00a	4379.50e	6949.00c
Tirozin	890.67ab***	932.33a	867.33b	806.00c	749.67c
Sistin	1096.33ab***	1115.67ab	1181.67a	1058.50b	863.67c
Valin	697.00b***	811.00a	706.33b	560.00d	640.67c
Metiyonin	1378.33ns	1312.33	1246.00	1137.00	1267.67
Triptofan	1641.67ab***	1772.33a	1524.33b	1169.00c	1752.67a
Fenilalanin	1462.00ns	1541.33	1664.67	1472.50	1522.00
İzölösün	1771.33a**	1600.67a	1671.33a	1367.00b	1609.67a
Lösün	2077.00a***	2003.00a	2123.00a	1771.00b	1747.33b
Lizin	2730.00b***	2939.00a	2637.67b	2354.00c	2538.67c
Hidroksiprolin	1138.00ns	1126.00	1178.33	1122.00	1102.33
Sarkozin	5179.67b***	6187.33a	5329.33b	4840.50c	5183.33b
Prolin	81.00a***	77.67a	70.67b	65.50b	81.33a

Satır ortalamalarında aynı harfle belirtilen ortalamalar arasında önemli bir fark bulunmamaktadır (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns:p>0.05)
Means within rows not followed by the same letter differ significantly (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns:p>0.05)

Bakteri uygulamalarının brokkoli fidelerindeki organik asit içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. *P. agglomerans* RK-92 uygulaması ile okzalik asit (9.47 ng μl^{-1}), propionik asit (5.44 ng μl^{-1}), malonik asit (9.38 ng μl^{-1}), maleik asit (0.47 ng μl^{-1}) ve fumarik asit (2.94 ng μl^{-1}) içerikleri en yüksek bulunmuştur. Malik asit, laktik asit, sitrik asit ve suksinik asit içeriği en fazla *B. megaterium* KBA-10 uygulamasından (sırasıyla; 9.38 ng μl^{-1} , 24.49 ng μl^{-1} , 4.14 ng μl^{-1} ve 28.61 ng μl^{-1}) elde edilirken, tartarik asit (4.24 ng μl^{-1}) ve bütirik asit (4.12 ng μl^{-1}) içeriği *B. megaterium* TV-91C uygulamasında en yüksek değerlerde bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. PGPR uygulamalarının brokkoli fidelerinde organik asit içeriği üzerine etkisi.

Table 5. Effects of PGPR applications on organic acids content in broccoli seedling (ng μl^{-1}).

	Kontrol	TV-3D	TV-91C	RK-92	KBA-10
Okzalik asit	7.94b***	7.93b	8.41b	9.47a	9.09a
Propionik asit	4.51b**	4.69b	5.03ab	5.44a	5.42a
Tartarik asit	2.47d***	2.58d	4.24a	3.13c	3.58b
Bütirik asit	3.89a***	3.28b	4.12a	3.86a	3.46b
Malonik asit	7.29c***	6.65d	8.33b	9.38a	7.56c
Malik asit	7.80bc***	7.38cd	6.88d	8.29b	9.38a
Laktik asit	20.56b***	17.75c	22.57ab	23.53a	24.49a
Sitrik asit	3.56b***	2.82d	3.13c	3.28c	4.14a
Maleik asit	0.19d***	0.26c	0.18d	0.47a	0.36b
Fumarik asit	2.50a**	2.04b	2.87a	2.94a	2.81a
Suksinik asit	19.71c***	15.27d	20.58c	25.97b	28.61a

Satır ortalamalarında aynı harfle belirtilen ortalamalar arasında önemli bir fark bulunmamaktadır (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns:p>0.05)
Means within rows not followed by the same letter differ significantly (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns:p>0.05)

Brokkoli fidelerinde hormon içerikleri üzerine bakteri uygulamalarının etkisi indol asetik asit dışında önemli

bulunmuştur. *P. agglomerans* RK-92 uygulaması ile giberallik asit, salisilik asit ve absisik asit içerikleri daha yüksek (sırasıyla; 235.95 ng μl^{-1} , 83.63 ng μl^{-1} ve 0.23 ng μl^{-1}) olmuştur. Giberallik asit ve salisilik asit içeriği en düşük (sırasıyla, 187.79 ng μl^{-1} ve 51.31 ng μl^{-1}) kontrol uygulamasından elde edilirken, absisik asit içeriği *B. megaterium* TV-91C uygulamasında en düşük (0.13 ng μl^{-1}) seviyede olmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. PGPR uygulamalarının brokkoli fidelerinde hormon içeriği üzerine etkileri (ng μl^{-1}).

Table 6. Effects of PGPR applications on hormone content in broccoli seedling (ng μl^{-1}).

	Kontrol	TV-3D	TV-91C	RK-92	KBA-10
Giberallik asit	187.79c***	212.71b	217.72b	235.95a	235.87a
Salisilik asit	51.31c***	54.95c	55.20c	83.63a	71.74b
Absisik asit	0.19b**	0.19b	0.13c	0.23a	0.21ab
İndol asetik asit	7.78ns	7.65	8.99	8.13	8.23

Satır ortalamalarında aynı harfle belirtilen ortalamalar arasında önemli bir fark bulunmamaktadır (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns:p>0.05)
Means within rows not followed by the same letter differ significantly (*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, ns:p>0.05)

4. Tartışma ve Sonuç

Araştırma sonucunda bakteri uygulamalarının brokkoli fidelerinde bitki gelişimi üzerine etkilerinin önemli olduğu saptanmıştır. Fide boyu kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında *P. agglomerans* RK-92 uygulaması ile % 7.85 oranında bir artış göstermiştir. Gövde çapı ise yapılan PGPR uygulamaları ile % 21.49- 42.56 arasında değişen oranlarda artış göstermiştir. PGPR'lerin sebzelerde fide yetiştiriciliğinde kullanılabileceği bildirilmektedir. Nitekim önceki araştırmalar PGPR uygulamalarının birçok sebze türünde fide gücünü, kök hastalıklarının kontrolünü ve verimini artırdığını göstermektedir (Gagné ve ark. 1993, Nemeç ve ark. 1996, Kokalis-Burelle ve ark. 2002a, 2002b, 2003, 2006, Kokalis-Burelle 2003, Kloepper ve ark. 2004, Turan ve ark. 2014).

Yaprak klorofil miktarı bakımından uygulamaların önemli bir etkisi görülmezken, yaprak alanı *B. megaterium* TV-3D, *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* TV-91C uygulamaları ile kontrol arasında önemli bir farklılık olmazken, *B. megaterium* KBA-10 uygulamaları ile ise % 18.12 oranında artış meydana gelmiştir. Kök kuru ağırlığı bakımından önemli bir fark bulunmazken, yaprak kuru madde miktarında ise kontrole oranla % 11.32-41.98 arasında değişen oranlarda artış göstermiştir. Nitekim, yapılan bir çalışmada, PGPR uygulamalarının kavun ve karpuz fidelerinde taze ve kuru ağırlığı artırdığı, fide büyümesi ve kalitesini iyileştirdiği belirlenmiştir (Kokalis-Burelle ve ark. 2003). Ayrıca, Turan ve ark. (2014) *Bacillus megaterium* TV-91C, *Pantoea agglomerans* RK-92 ve *Bacillus subtilis* TV-17C PGPR ırklarının tohum kaplama şeklinde uygulanmasının lahanada fidelerinde kök ve gövde kuru ağırlığı, yaprak alanı, gövde çapı, fide yüksekliği gibi fide büyüme ve kalite parametrelerini uygulama yapılmayanlara göre iyileştirdiği ve klorofil miktarını artırdığını belirlemişlerdir. Diğer bir çalışmada da, *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus* ve *B. cereus* PGPR ırklarının domates ve biberde fide gücü ve tarla koşullarında fide tutma oranını artırdığı belirtilmiştir (Kokalis-Burelle ve ark. 2002b). Benzer olarak, PGPR uygulamalarının domates fidelerinde bitki boyu, gövde çapı, kök boyu gibi parametreler ile bitki gelişimini (Ibiene ve ark. 2012) ve domates ve biberde fide büyümesini artırdığı (Garcia ve ark. 2003) belirlenmiştir. Walia ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, *B. subtilis* bakterisinin domateste tohum çimlenmesini (% 35.08), gövde boyunu (% 5.22), kök boyunu (% 21.12), gövde kuru ağırlığını (% 63.50) ve kök kuru

ağırlığını (% 54.08) artırdığını belirlemişlerdir. Bakterilerin bu etkisini besin alımını, hormon içeriğini, klorofil içeriğini ve organik asit içeriğini artırarak bitki gelişimine olumlu yönde yansımaları olarak ifade edebiliriz.

Çalışmada, bakteri uygulamalarının fide besin elementi içeriğini Na hariç artırdığı belirlenmiştir. Fide N, K, Ca, Mg, P, Fe, Mn ve Zn içerikleri kontrol bitkilerine kıyasla bakteri uygulamaları ile sırasıyla % 17.81, 5.10, 6.76, 28.10, 8.23, 37.19, 20.55 ve 10.92 oranlarında en yüksek artışları göstermişlerdir. Bulgularımız, PGPR uygulamalarının bitkilerde besin elementi içeriğini artırdığını gösteren daha önce yapılan çalışmalara benzerlik göstermiştir (Karlidağ ve ark. 2007, Bi ve ark. 2008, Walia ve ark. 2013). Çalışmadan elde edilen sonuçlara paralel olarak Turan ve ark. (2014) PGPR uygulamasının lahanada fidelerinde kök ve yaprakta makro ve mikro besin elementi içeriğini artırdığını belirlemişlerdir.

Brokkoli fidelerinde uygulamaların aminoasit içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli (treonin, methionin, fenilalanin ve hidrokiyoprolin hariç) bulunmuştur. *B. megaterium* TV-3D uygulaması tirozin (% 4.68), valin (% 16.64), triptofan (% 7.96) ve sarkozin (% 19.45) içeriğini kontrole göre en yüksek oranda yükselten uygulama olmuştur. *B. megaterium* TV-91C uygulamasında ise alanin ve sistin içeriklerini kontrole göre sırasıyla % 10.32 ve % 7.78 oranında artırmıştır. *B. megaterium* KBA-10 uygulaması ise histidin (% 9.17) içeriğini kontrole göre en yüksek oranda artıran uygulama olmuştur. *P. agglomerans* RK-92 uygulaması ile aminoasit içeriğinin düştüğü görülmüştür.

Fide organik asit içerikleri ise uygulamalar ile genellikle önemli bir artış göstermiştir. *P. agglomerans* RK-92 uygulaması kontrole kıyasla okzalik asit (% 19.27), propionik asit (% 20.62), malonik asit (% 28.67), maleik asit (% 147.37) ve suksinik asit (% 31.76) içeriğini en yüksek oranda artıran uygulama olmuştur. Tartarik asit içeriği *B. megaterium* TV-91C uygulaması ile % 71.66 oranında artmış, malik asit, laktik asit ve sitrik asit içerikleri ise *B. megaterium* KBA-10 uygulaması ile sırasıyla % 20.27, % 19.11 ve % 16.29 oranlarında artış meydana gelmiştir. Organik asitler ve aminoasitler arasındaki bu farklılık bitki türüne, bitki besin durumuna göre farklılık gösterebilmektedir. Fumarik asit, malik asit ve sitrik asitin demir ve mangan oksitlerdeki bitki tarafından alınabilir Fe ve Mn'ı tutabildiği belirtilmektedir (Marschner 1995, Ohwaki ve Hirata 1992). Bitki yetiştiriciliğinde dışarıdan uygulanan içerisinde hormonlar, aminoasitler ve mineral maddeler içeren gübreler bitki gelişimini artırıcı etki göstermektedir. Üretimde bu tarz girdilerin kullanımı hem kimyasal kullanımının fazla olmasına hem de ekonomik olarak maliyetin artmasına neden olmaktadır. Oysaki aynı etki çok az miktarlarda bile etkisini gösterebilen PGPR uygulamaları ile de sağlanabilmektedir. PGPR uygulamaları ile meydana gelen organik asitler ve aminoasitler bitki türüne ve üretim şartlarına bağlı olarak bitkilerde stres şartlarındaki besin alımını artırarak bitki gelişimini ve verimi artırabilmektedir. Örneğin baklada prolin, glisin ve alaninin stoma açılmasını engellediği, histidin ve metiyoninin ise teşvik ettiği, fasulye fidelerinde histidin ve prolinin kalsiyum alımını artırdığı, prolinin arpada kökten sürgüne tuz geçişini değiştirerek tuz toksisitesini hafiflettiği belirlenmiştir (Kumar ve Sharma 1989, Rana ve Rai 1996).

Bakteri uygulamaları ile fide hormon içeriği üzerine önemli değişimler meydana gelmiştir. En yüksek giberallik asit, salisilik asit ve absisik asit içeriği *P. agglomerans* RK-92 uygulamasından elde edilirken indol asetik asit bakımından önemli bir fark belirlenmemekle birlikte *B. megaterium* TV-

91C, *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* KBA-10 uygulamalarında daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Uygulamaların giberallik asit ve salisilik asit içeriğini kontrole göre % 13.27, ve % 7.09 - 62.99 arasında değişen oranlarda artırdığı belirlenmiştir. Absisik asit içeriği ise sadece *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* KBA-10 uygulamaları ile sırasıyla % 21.05 ve % 10.53 oranında artış göstermiş, diğer uygulamalar ise azaltmıştır. PGPR uygulamaların IAA, sitokinin ve diğer bitki hormonlarını artırarak bitki gelişimini ve verimi artırabileceği bilinmektedir. *Bacillus* ırkı bakterilerin IAA, sitokinin üretebildiği, N₂ fiksasyonu ve fosfat çözme özelliklerinin olduğu bilinmektedir. Ayrıca bakterilerin bitkide etilen miktarını azaltan ve IAA, giberallik asit ve sitokinin gibi hücre büyümesi ve bölünmesini sağlayarak bitki gelişimini artıran hormonları üreten ACC deaminazı üreterek bitki gelişimini artırdıkları ifade edilmektedir (Cakmakci ve ark. 2001, Patten ve Glick 2002, Bashan ve Bashan 2005, Karlidağ ve ark. 2007, Bi ve ark. 2008). ACC deaminase aktivitesi gösteren bir PGPR (*Enterobacter cloacae*)'nin fide ortamına süspansiyon şeklinde uygulanmasının domates, biber ve fasulye fidelerinde taze ve kuru ağırlığı artırdığı ve bu artışın söz konusu bakterinin IAA üretmesi ve ACC deaminase aktivitesi göstermesinden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Mayak ve ark. 2001). Yapılan çalışmalar PGPR uygulamalarının bitkilerde lateral kök gelişimini ve saçak kök oluşumunu artırdığı ve bu artışın söz konusu bakterilerin özellikle IAA üretmesinden kaynaklandığını bildirmektedir (Mantelin ve Touraine 2004). Bu durum PGPR uygulamalarının brokkoli fidelerindeki gelişimi artırmadaki rolünü açıklayabilir. Bulgularımıza benzer olarak Turan ve ark. (2014) PGPR uygulamalarının lahanada fidelerinde GA, IAA ve SA gibi hormonların içeriğini de artırdığını belirlemişlerdir. Lahanada fidelerinde PGPR uygulamalarının neden olduğu bu iyileşmenin çalışmada kullanılan rizobakterilerin azot fikse etme, fosfat çözme ve bunların yanında hormon üretme kabiliyetlerinden kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir. *Azospirillum*, *Pseudomonas* ve *Azotobacter* gibi PGPR uygulamalarının bitkilerde tohum çimlenmesi ve fide gelişimini artırdığı ve bu olumlu etkinin söz konusu bakterilerin oksin salgılamasından kaynaklandığı bildirilmektedir (Asghar ve ark. 2002).

Araştırma sonucunda, kullanılan *B. megaterium* TV-3D, *B. megaterium* TV-91C, *P. agglomerans* RK-92 ve *B. megaterium* KBA-10 bakteri uygulamalarının brokkoli fidelerinde mineral madde, aminoasit, organik asit ve hormon içeriklerini etkileyerek bitki gelişimini artırdığı ve kaliteli fide elde edilmesini sağladığı belirlenmiştir. PGPR'lerin sebze fide yetiştiriciliğinde çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden ekonomik olarak önemli bir katkısı olacağı düşünülmektedir. Bu konuda daha detaylı çalışmalar yapılarak brokkoli fideleri üzerine etkisi belirlenen bu bakterilerin ticari sebze fide yetiştiriciliğinde biyogübre olarak kullanımı ve diğer sebze türleri üzerine etkileri araştırılmalıdır.

Kaynaklar

- Adesemoye AO, Obini M, Ugoji EO (2008) Comparison of plant growth promotion with *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis* in three vegetables. Brazilian J. Microbiol., 39:423-426.
- Antoine FR, Wei CI, Littell RC, Marshall MR (1999) HPLC method for analysis of free amino acids in fish using o-phthalaldehyde precolumn derivatization. J. Agr. Food Chem. 47:5100-5107.
- AOAC (2005) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Editor: Helrich, K, Washington, DC.

- Aristoy MC, Toldra F (1991) Deproteinization techniques for HPLC amino acid analysis in fresh pork muscle and dry-cured ham. *J. Agr. Food Chem.* 39: 1792-1795.
- Asghar HN, Zahir ZA, Arshad M, Khaliq A (2002) "Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth promoting activities in *Brassica juncea* L.", *Bio. Fertil. Soil.*, 35: 231-237.
- Bashan Y, Bashan LE (2005) Bacteria. In: *Encyclopedia of soils in the environment* (Ed: Hillel, D.), Elsevier, Oxford, U.K., Vol. 1., pp.103-115.
- Battal P, Tileklioğlu B (2001) The effects of different mineral nutrients on the levels of cytokinins in maize (*Zea mays* L.). *Turk. J. Bot.* 25: 123-130.
- Bi J, Li C, Zheng Z, Guo L (2008). Effects of different strains from bacteria manure on growth of cucumber and tomato transplants. *Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science)*, 2, 144 p.
- Çakmakçı R, Kantar F, Şahin F (2001) Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 164: 527-531.
- Dursun A, Ekinci M, Dönmez MF (2008) Effects of inoculation bacteria on chemical content, yield and growth in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. sativa). *Asian J. Chem.*, 20(4): 3197-3202.
- Dursun A, Ekinci M, Dönmez MF (2010) Effects of foliar application of plant growth promoting bacterium on chemical contents, yield and growth of tomato *Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Pakistan J. Bot.*, 42(5): 3349-3356.
- Ekinci M, Dursun A, Dönmez MF, Eminağaoğlu H (2009) Effects of different inoculation bacteria on yield and growth in cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis). *International Rural Development Symposium, İspir-Erzurum, Turkey, 25-27 September*, pp.88-91.
- Erman M, Kotan R, Çakmakçı R, Çığ F, Karagöz K, Sezen M (2010) Effect of nitrogen fixing and phosphate-solubilizing Rhizobacteria isolated from Van Lake Basin on the growth and quality properties in wheat and sugar beet. *Turkey IV. Organic Farming Symposium, 28 June - 1 July 2010, Erzurum, Turkey*. p: 325-329.
- Flores P, Hellin P, Fenoll J (2012) Determination of organic acids in fruits and vegetables by liquid chromatography with tandem-mass spectrometry. *Food Chem.* 132: 1049-1054.
- Gagné S, Dehbi L, Le Quéré D, Cayer F, Morin J, Lemay R, Fournier N (1993) Increase of greenhouse tomato fruit yields by plant growth-promoting rhizobacteria PGPR inoculated into the peat-based growing media, *Soil Biol. Biochem.*, 25: 269-272.
- García LJA, Probanza A, Ramos B, Manero FJG (2003) Effects of three plant growth-promoting rhizobacteria on the growth of transplants of tomato and pepper in two different sterilized and nonsterilized peats. *Arch. Agro. and Soil Sci.*, 49:119-127.
- Glick BR (1995) The enhancement of plant growth by free-living bacteria, *Can. J. Microbiol.*, 41: 109-117.
- Gül A, Kidoğlu F, Tüzel Y, Tüzel HI (2008) Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growing in perlite. *Spanish J. Agri. Res.*, 6(3): 422-429.
- Horgan R, Kramers MR (1979) High-performance liquid chromatography of cytokinins. *Journal of Chromatography*, 173: 263-270.
- Ibiene AA, Agogbua JU, Okonko IO, Nwachi GN (2012) Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as biofertilizer: effect on growth of *Lycopersicon esculentum*. *J. American Sci.*, 8(2): 318-324.
- Karlıdağ H, Eşitken A, Turan M, Şahin F (2007) Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. *Sci. Hort.*, 114:16-20.
- Khan W, Prithiviraj B, Smith DL (2003) Photosynthetic Responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *J. Plant Physiol.* 160: 485-492.
- Kloepper JW, Ryu CM, Zhang S (2004) Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, 94(11): 1259-1266.
- Kokalis-Burelle N, Martínez-Ochoa N, Rodríguez-Ka'bana R, Kloepper JW (2002a) Development of multi-component transplant mixes for suppression of *Meloidogyne incognita* on tomato (*Lycopersicon esculentum*), *J. Nematol.*, 34: 362-369.
- Kokalis-Burelle N, Vavrina CS, Roskopf EN, Shelby RA (2002b) Field evaluation of plant growth-promoting rhizobacteria amended transplant mixes and soil solarization for tomato and pepper production in Florida, *Plant Soil*, 238: 257-266.
- Kokalis-Burelle N, Vavrina CS, Reddy MS, Kloepper JW (2003) Amendment of muskmelon and watermelon transplant media with plant growth-promoting rhizobacteria: effects on disease and nematode resistance, *HortTechnology*, 13: 476-482.
- Kokalis-Burelle N (2003) Effects of transplant type and soil fumigant on growth and yield of strawberry in Florida, *Plant Soil*, 256: 273-280.
- Kokalis-Burelle N, Kloepper JW, Reddy MS (2006) Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms, *Applied Soil Ecology*, 31: 91-100.
- Koshimizo K, Iwamura H (1986) Cytokinins. *Chemistry of Plant Hormones*, pp 154-199. Editor: Takahashi, N., CRC Press Inc., Florida.
- Kotan R, Sahin F, Ala A (2005) Identification and pathogenicity of bacteria isolated from pome fruits trees in eastern Anatolia region of Turkey. *J. Plant Dis. Protect.* 113: 8-13.
- Kotan R, Mohammadi P, Karagöz K, Dadaşoğlu F, Güneş A, Tozlu E (2014) Determination of broad spectrum bacterial strains which can be used as biopesticides and biofertilizers in agriculture. *Turkey V. Plant Protection Symposium, 3-5 February 2014, Antalya, Turkey*. p: 313.
- Kumar V, Sharma DR (1989) Effect of exogenous proline on growth and ion content in NaCl stressed and nonstressed cells of mungbean, *Vigna radiata* var. radiata. *Indian J. Exper. Biol.*, 27: 813-815.
- Kuraishi S, Tasaki K, Sakurai N, Sadatoku K (1991) Changes in levels of cytokinins in etiolated squash seedlings after illumination. *Plant Cell Physiol.* 32: 585-591.
- Mantelin S, Touraine B (2004) Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake, *Journal of Experimental Botany*, 55 (394): 27-34.
- Marschner H (1995) *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. London, UK: Academic Press.
- Mayak S, Tirosh T, Glick BR (2001) Stimulation of the Growth of Tomato, Pepper and Mung Bean Plants by the Plant Growth Promoting Bacterium *Enterobacter cloacae* CAL3, *Biological Agriculture and Horticulture*, 19: 261-274.
- Mertens D (2005a). Plants preparation of laboratory sample. In: Horwitz W, Latimer GW, editors. *Official Methods of Analysis*, 18th ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC, pp. 1-2.
- Mertens D (2005b). Metal in plants and pet foods. In: Horwitz W, Latimer GW, editors. *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC, pp. 3-4.
- Miller LT (1982) Single derivatization method for routine analysis of bacterial whole-cell fatty acid methyl esters, including hydroxy acids. *J. Clin. Microbiol.*, 16: 584-586.
- Misra M, Kumar U, Misra PK, Prakash V (2010) Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of *Cicer arietinum* L. growth and germination under salinity. *Advances in Biological Research*, 4(2): 92-96.
- Morris JW, Doumas P, Morris RO, Zaer JB (1990) Cytokinins in vegetative and reproductive buds of *Pseudotsuga menziesii*, *Plant Physiol.*, 9: 67-71.

- Nemec S, Datnoff LE, Strandberg J (1996) Efficacy of biocontrol agents in planting mixes to colonize plant roots and control root diseases of vegetables and citrus, *Crop. Protection*, 15: 735-742.
- Ohwaki Y, Hirata H (1992) Differences in carboxylic acid exudation among P-starved le-guminous crops in relation to carboxylic acid contents in plant tissues and phospho-lipid level in roots. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 38: 235-243.
- Patten CL, Glick BR (2002) Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in development of the host plant root system. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68: 3795-3801.
- Rana U, Rai VK (1996) Modulation of calcium uptake by exogeneous amino acids in *Phaseolus vulgaris* seedlings. *Acta Physiol. Plant*, 18: 117-120.
- Revillas JJ, Rodelas B, Pozo C, Martinez-Toledo MV, Gonzalez LJ (2000) Production of B-group vitamins by two *Azotobacter* strains with phenolic compounds as sole carbon source under diazotrophic and adiazotrophic conditions, *J. Appl. Microbiol.*, 89: 486-493.
- Saleem M, Arshad M, Hussain S, Bhatti AS (2007) Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture, *J Ind Microbiol Biotechnology*, 34: 635-648.
- SPSS (2010) SPSS Inc. SPSS® 18.0 Base User's Guide, Prentice Hall.
- Turan M, Ekinci M, Yıldırım E, Güneş A, Karagöz K, Kotan R, Dursun A (2014) Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. *Türkish J. Agri. For.*, 38: 327-333.
- Vavrina CS (1999a) The Effect of LS213 (*Bacillus pumilis*) on plant growth promotion and systemic acquired resistance in muskmelon and watermelon transplants and subsequent field performance. *Proc. Intl. Symp. Stand Establishment.*, p.107-111.
- Vavrina CS (1999b) Plant growth promoting rhizobacteria via a transplant plug delivery system in the production of drip irrigated pepper. Institute of Food and Agricultural Sciences, SWFREC Station Report-Veg., 99.6.
- Walia A, Metha P, Chauhan A (2013) Effect of *Bacillus subtilis* strain CKT1 as inoculum on growth of tomato transplant under net house conditions. *Proc. Nail. Acad. Sci. India, Sect. B Biol. Sci.*, 84(1): 145-155.
- Yıldırım E, Donmez MF, Turan M (2008) Use of bioinoculants in ameliorative effect on radish (*Raphanus sativus* L.) plants under salinity stress. *J. Plant Nutr.* 31: 2059-2074.
- Yıldırım E, Turan M, Ekinci M, Dursun A, Cakmakçı R (2011) Plant growth promoting rhizobacteria ameliorate deleterious effect of salt stress on lettuce. *Sci. Res. Essay*, 6(20): 4389-4396.