

Azot Tutucu Bakteri Kullanımının Sera Domates Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişimi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri

Gölgen Bahar ÖZTEKİN¹, Yüksel TÜZEL¹, Mehmet ECE²

ÖZET: Bu çalışma *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter* ve *Acetobacter* gibi azot tutucu bakteri içeren Symbion-N biyogübresinin sera domates yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Naram F₁ domates çeşidi ile ısıtmalı serada üretici koşullarında (Gaziler Köyü-Kepez/Antalya) 2014 yılı kış-yaz döneminde yürütülen çalışmada, deneme konularını Symbion-N'in üç dozu [önerilen doz (D, 300 ml da⁻¹); önerilen dozun yarısı (D/2, 150 ml da⁻¹) ve önerilen dozun iki katı (Dx2, 600 ml da⁻¹)] ile biyogübre uygulanmayan (0 ml da⁻¹) kontrol grubu oluşturmuştur. Denemede kullanılan gübre damlama sistemi ile dikim zamanı ve dikimden 15 gün sonra olmak üzere iki defa uygulanmış ve m²'de 2 bitki olacak şekilde 01 Ocak 2014 tarihinde fide dikimi yapılmıştır. Üretim 30 Haziran 2014 tarihinde, bitkiler 6 salkımlı iken sonlandırılmıştır. Tesadüf parseli deneme deseni düzeninde 4 tekrarlı olarak yürütülen çalışmada bitki gelişimi, verim ve kalite değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar; biyogübre uygulaması ile bitki gelişimi ve verimin artış gösterdiğini ve dekara 300 ml'lik dozun (D) uygun olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Acetobacter*, PGPR.

Effect of Nitrogen Fixing Bacteria Use on Plant Growth, Yield and Fruit Quality of Tomatoes Grown in Greenhouse Conditions

ABSTRACT: The experiment was conducted to determine the effect of Symbion-N bio-fertilizer which contains nitrogen fixing bacteria namely *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter* and *Acetobacter* on plant growth, yield and fruit quality of tomato plants grown in greenhouse conditions. The study was done in soil under PE covered greenhouse, belongs to Agrobest Group, in Gaziler Village (Kepez-Antalya) during the winter-summer season of 2014 and Naram F₁ tomato cultivar was used as plant material. In the research conducted in heated greenhouse at farmer' conditions with Naram F₁ tomato cultivar, three different doses of Symbion-N were used as treatments namely recommended dose (D, 300 ml da⁻¹), half of recommended dose (D/2, 150 ml da⁻¹) and two fold of recommended dose (Dx2, 300 ml da⁻¹) and non-bio-fertilized treatment as control (0.0 ml da⁻¹). Symbion-N was applied twice at transplanting and 15 days after transplanting via drip irrigation system. All of the seedlings were transplanted on January 1, 2014 as 2 plants per m². The production was stopped on June 30, 2014 when plants reached to 6th truss.. The experimental design was randomized parcels with 4 replicates and parameters related to plant growth, yield and fruit quality were determined. The results showed that plant growth and yield increased by the application of biofertilizer and the application of 300 ml per da (D) was found appropriate doze.

Keywords: *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Acetobacter*, *Rhizobium*, PGPR.

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri, İzmir, Türkiye

² Agrobest Grup, Bitkisel Üretim, Biyolojik Gübre, Antalya, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gölgen Bahar ÖZTEKİN, golgen.oztekin@ege.edu.tr

GİRİŞ

Seralar entansif tarım alanları olup, küçük arazilerin bile en kârlı şekilde değerlendirilmesine olanak sağlar. Ancak ülkemizde seracılık çoğunlukla iklime bağımlı olarak gerçekleştirildiğinden, verim ve kalite kayıplarının önüne geçebilmek için bitki besleme ve/veya bitki koruma amaçlı kimyasal madde kullanımı yüksektir. Yapılan çalışmalar gübrelemenin toprak analizine dayandırılmadığını (Tüzel ve ark., 2010; Gale ve ark., 2014) ve seralarda gereğinden fazla gübre kullanıldığını, hatta Antalya’da bazı işletmelerde Türkiye ortalamasının 10 katından daha fazla gübre kullanımına rastlandığını göstermektedir (Atılğan ve ark., 2007).

Ticari gübrelerin olumsuz etkilerini azaltmak ve toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla son yıllarda besin elementi döngüsünde yer alan mikroorganizmalardan, biyolojik gübre olarak yararlanılır olmuştur (Şahin et al., 2004). Kök bakterilerinin bazıları, bitkilerde gelişmeyi uyarıcı veya biyokontrol ajanı gibi rol oynayarak ya da her iki şekilde de davranarak bitkilere yararlı etkide bulunurlar (Romerio, 2000). “Bitki Gelişimini Uyarıcı Kök Bakterileri” (Plant Growth Promoting Rhizobacteria-PGPR) olarak adlandırılan bu bakteriler, toprağa doğrudan ya da tohumla karıştırılarak uygulanmakta ve günümüzde “biyogübre” olarak adlandırılmaktadır (Klopper et al., 1989).

PGPR’ların neden olduğu bitki gelişim artışına ilişkin mekanizmalar, sitokinin (Salamone et al., 1997), IAA (Loper and Schroth, 1986; Tang, 1994) ve gibberellin (Tang, 1994; Gutierrez-Manero et al., 2001) gibi bitki hormonlarının bakteriyel sentezini; bakterilerde üretilen 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase isimli madde tarafından bitkinin etilen sentezinin engellenmesini (Glick, 1995), azot ve fosfor gibi bazı elementlerin alınımının artırılmasını (Okon et al., 1988; Larcher et al., 2000) kapsamaktadır. PGPR’lar ile biyolojik kontrol; rekabet, antibiyosis ve dayanıklılığın teşvik edilmesi gibi farklı mekanizmalar sayesinde gerçekleşmektedir (Wei et al., 1991). Bazı PGPR’lar zararlı mikroorganizmalar için demiri azaltan siderofor üretmekte ve sonuçta bu zararlı mikroorganizmaların patojenisitesini azaltmaktadırlar (Schippers, 1988). Bundan başka, antibiyotikler ve HCN gibi patojenler için zararlı olan maddeler üreterek hastalık yapan mikroorganizmaları baskı altında tutmaktadırlar (Maurhofer et al., 1994).

Tarımda bitkiler tarafından tüketilen azotun yerine konması, azot içeren gübrelerin toprağa ilavesi ile sağlanmaktadır. Bunun yanında *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bacillus*, Mavi-yeşil alg (*Anabaena*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Cyanobacteria*), aktinomiset gibi bazı mikroorganizmalar nitrojen enzimini kullanarak, atmosferde %78 oranında bulunan ancak bitkilerin kullanmadığı atmosferik azotu, amonyuma dönüştürmek suretiyle fiske ederler. Böylece bitkiye azot sağlayarak, protein sentezinde kullanabileceği amonyumu verirler; büyüme ve gelişmeyi teşvik ederek verimi arttırmaları (Arcak ve Güder, 2004). Uygun azot tutucu bakterilerle yapılan biyolojik gübreleme çalışmaları, tahıllar ve şeker pancarı gibi bitkilerde verimin %4.9-44 arasında değiştiğini göstermiştir (Klopper et al., 1989; Gurfinkel and Perticari, 2000; Çakmakçı ve ark., 2008; Bayrak ve Ökmen, 2014).

Dünya protein ihtiyacının artması, mineral azotlu gübrelerin üretimi sırasında gereken yüksek enerji ihtiyacı (1 kg azotlu gübre için 20 000 kcal) ve azotlu gübrelerin aşırı ve bilinçsiz kullanımıyla ortaya çıkan çevre sorunları yanında; biyolojik azot bağlama yeteneğine sahip mikroorganizmalardan *Rhizobium*’un simbiyotik yolla yılda 75-300 kg N ha⁻¹ arasında, *Azotobacter* gibi simbiyotik olmayanların ise yılda 15 kg N ha⁻¹ azot bağlama oranı (Hubbel and Kidde, 2003) nedeniyle azot tutucu bakteriler tarafından gerçekleştirilen biyolojik azot fiksasyonunun önemi gün geçtikçe artmakta ve bu konudaki çalışmalara yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışmada, Antalya koşullarında toprakta azot bağlayan yararlı bakterilerin (*Azospirillum*, *Azotobacter*, *Acetobacter*, *Rhizobium*) biyogübre olarak uygulanmasının domateste bitki gelişimine, verim ve meyve kalitesine etkilerini belirlemek ve belirtilen bakterileri içeren ticari “Symbion N” biyogübresinin farklı dozların etkinliğini saptamak amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2014 yılında Gaziler Köyü’nde (Kepez-Antalya), PE örtülü, 12 tünelli, soba ile ısıtılan, 3 dekarlık üretici serasının 1 dekarlık alanında yürütülmüştür. Üretim toprakta gerçekleştirilmiş ve bitkisel materyal olarak Naram F₁ (AG Tohum, Antalya) domates (*Solanum lycopersicum* L.) çeşidi kullanılmıştır.

Denemede Agrobest Grup (Kemalpaşa, İzmir)'dan temin edilen ve içeriğinde *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter* ve *Acetobacter* (1×10^9 bakteri hücre ml^{-1}) bulunan Symbion-N isimli ticari biyolojik gübre kullanılmıştır. Deneme konularını Symbion-N biyogübresinin (1) üretici firma tarafından önerilen dozu (D, 300 ml da^{-1}); (2) önerilen dozun yarısı (D/2, 150 ml da^{-1}); (3) önerilen dozun iki katı (Dx2, 600 ml da^{-1}) ve (4) kontrol (0 ml da^{-1}) oluşturmuştur.

Hazır fide firmasından (İstanbul Fide, Antalya) temin edilen fideler, 01 Ocak 2014 tarihinde m^2 'de 2 bitki (120x80x50 cm) olacak şekilde dikilmişlerdir (40 bitki parsel $^{-1}$). Denemede kullanılan Symbion-N gübresi tüm yetiştiricilik dönemi boyunca 2 defa (dikimle beraber ve dikimden 15 gün sonra) kullanılmış ve bitkilere sulama sisteminden verilmiştir. Bitkilerin bakım işlemleri Sevgican (2002)'e göre yapılmıştır ve üretim 30 Haziran 2014 tarihinde, bitkiler 6 salkımlı iken sonlandırılmıştır.

Bitkilerin sulanması damla sulama yöntemi ile yapılmış ve su gereksinimi bitkiye dayalı gözlem esasına göre karşılanmıştır. Bitkilere üretici uygulaması doğrultusunda dikimden çiçeklenme dönemine kadar 5-6 gün ara ile NPK:15-30-15 (3 kg da^{-1}) + Humik-Fulvik asit (2 L da^{-1}) + Kombi iz element (200 g da^{-1}); çiçeklenmeden meyve tutumuna kadar 3-4 gün ara ile NPK: 18-18-18 (3 kg da^{-1}) + Kombi iz element (100 g da^{-1}) ve meyve tutumundan hasada kadar olan sürede de 4-5 gün ara ile NPK:16-8-24 (3 kg da^{-1}) + Magnezyum Sülfat (1 kg da^{-1}) gübreleri damla sulama sistemi ile verilmiştir.

Bitkilerde ilk çiçeklenme tarihleri kaydedilmiştir. Üretim periyodu sırasında 05 Mayıs 2014 tarihinde hasatlar başlamış ve her hasatta elde edilen meyvelerin (n=20) ağırlıkları alınarak toplam verim (kg m^{-2}), toplam verim değerlerinden zarar görmüş (hastalıklı, fizyolojik bozukluk gösteren ve meyve çapı 3.5 cm'den küçük olan meyveler) çıkartılarak, pazarlanabilir verim (kg m^{-2}) değerleri hesaplanmıştır. Hasatlarda toplanan meyvelerin sayıları alınarak I. sınıf (çapı 4.5 cm'den büyük, homojen renkli) ve II. sınıf (çapı 4.5 cm'den küçük) meyve gruplandırması ile bitki başına meyve sayısı (adet bitki $^{-1}$); meyvelerin sınıflarına göre ağırlıkları meyve sayısına oranlanarak ortalama meyve ağırlıkları (g m^{-2}) belirlenmiştir.

27 Haziran 2014 tarihinde 5. ve 6. salkımlarda yapılan hasatta (n=20) meyve örnekleri alınmış ve kalite analizleri yapılmıştır. Meyvelerin sertliği penetrometre

(Effegi FruitTester, FT011, Alfonsine, Italy) yardımıyla ölçülmüştür. Meyvelerin yaş ağırlıkları alınarak, 65°C'lik etüvde kurulu tartılarak kuru ağırlıkları [KA (g)] belirlenmiştir (Kacar, 1972). Daha sonra meyveler parçalayıcı yardımı ile parçalanmış ve kaba filtre kağıdından süzölmüştür. Süzütüden alınan 1-2 damla örnek dijital el refraktometresi (Euromex RD 645, The Netherlands) ile okunmuş ve toplam suda çözünabilir kuru madde miktarı [TSCKM (%)] belirlenmiştir. Yine süzütüden alınan örnekte 0.1 N NaOH çözeltisi yardımıyla 8.01 değeri elde edilinceye kadar pH metre (MP220, MettlerToledo, Schwerzenbach, Switzerland) ile titrasyon yapılmış; titre edilebilir asit miktarı [TA (mval 100 ml $^{-1}$)], harcanan NaOH miktarı üzerinden hesaplanmıştır (Karaçalı, 1993). Süzütüye batırılan el tipi EC metre (Mettler Toledo, MC-126, Schwerzenbach, Switzerland) ve masa tipi pH metre (MettlerToledo, MP220, Schwerzenbach, Switzerland) yardımı ile meyve suyu elektriksel iletkenlik [EC (dS m^{-1})] ve pH değerleri belirlenmiştir. Meyve vitamin C içeriği (mg 100 ml $^{-1}$) oksalik asit ile stabilize edilmiş örneklerin 2-6 diklorofenolindifenol boya maddesi ile renklendirilmesi esasına dayanan spektrofotometrik (VarianCary 100 UV-Visiblespektrofotometre; Varian, Inc., Polo Alto, California, USA) yöntemle belirlenmiştir (Pearson, 1970). Nitrat içeriği ise, salisilik asit ve sodyum hidroksit ile ekstrakte edilen örneklerde spektrofotometrik olarak ölçülmüştür (Fresenius et al., 1998). Seçilen meyvelerin rengi renkölçerle (Minolta, CR-300, Japan) L [parlaklık (L)], a (+ a kırmızı, -a yeşil) ve b (+b sarı, -b mavi) üzerinden belirlenmiştir (McGuire, 1992).

Üretim dönemi sonunda 27 Haziran 2014 tarihinde örnek bitkiler sökülmeden toprak yüzeyinden büyüme ucuna kadar olan gövdede şerit metre yardımı ile bitki boyu (cm); dijital kumpas ile gövdenin orta yerinden gövde çapı (mm) ölçülmüş; daha sonra sökülen bitkilerde (n=20) toplam yeşil aksam (vejetatif) ve meyve (generatif) yaş ve kuru ağırlığı (g) belirlenmiştir. Kökler, topraktan sökülürken yaşanan kayıplar nedeni ile biyokütle hesabına katılmamıştır.

Tesadüf parseli deneme deseni düzeninde 4 tekrarlı olarak yürütülen araştırmadan elde edilen veriler, SPSS (sürüm 16.0) istatistik paket programında deneme desenine uygun olarak değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için %5 önem düzeyinde Duncan testi kullanılmıştır. Tablolarda 'Olasılık (P)' ve 'Ortalama Standart Hata (SEM)' değerleri verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bitki Gelişimi

Biyogübre dozlarının bitki boyu ve gövde çapı üzerine etkileri istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.01$ ve 0.001). Dx2 uygulanması ile elde edilen bitki boyu ve gövde çapı değerleri en yüksek bulunurken, D/2 ile bitki boyunun azaldığı görülmüştür. D ve Dx2 uygulamasında bitki boyunun aynı istatistiksel grupta yer aldığı

görülmüştür. En düşük değerler gübre uygulanmayan kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Boy ve çapta en yüksek değerlerin alındığı Dx2 uygulamasında, kontrole göre bitki boyunda %3.5, gövde çapında da %16.4 oranlarında artış ortaya çıkmıştır. Vejetatif ve generatif yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmamakla birlikte, en düşük değerlerin kontrol, en yüksek değerlerin Dx2 uygulamasında olduğu görülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. ‘Symbion-N’ biyogübre dozlarının bitki gelişimine etkisi

Uygulama	Bitki boyu (cm bitki ⁻¹)	Gövde çapı (cm bitki ⁻¹)	Vejetatif yaş ağırlık (g bitki ⁻¹)	Vejetatif kuru ağırlık (g bitki ⁻¹)	Generatif yaş ağırlık (g bitki ⁻¹)	Generatif kuru ağırlık (g bitki ⁻¹)
D	179.4 ab	1.63 b	1650.0	365.7	5820.7	1290.2
Dx2	180.9 a	1.75 a	1662.5	371.8	5836.5	1305.4
D/2	177.5 b	1.58 c	1641.3	362.3	5476.0	1208.5
Kontrol	174.8 c	1.51 d	1640.0	360.7	5079.0	1117.2
<i>P</i>	0.002	0.000	0.813	0.309	0.229	0.176
<i>SEM</i>	0.708	0.024	8.572	2.185	1.476	33.829

Önerilen doz (D):300 ml da⁻¹, önerilen dozun iki katı (Dx2):600 ml da⁻¹, önerilen dozun yarısı (D/2):150 ml da⁻¹

Verim Değerleri

Kullanılan biyogübrenin doz uygulamalarının ilk çiçeklenme ($P \leq 0.01$), toplam ve pazarlanabilir verim, meyve sayısı ($P \leq 0.001$), ve II. sınıf meyve ağırlığı ($P \leq 0.01$) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İlk çiçeklenme tarihi Dx2 uygulamasında kontrole ve D/2 uygulamasına göre 1.5 gün, D uygulamasına göre 1 gün erkencilik sağlamıştır. En yüksek toplam ve pazarlanabilir verim değerleri D ile Dx2 uygulamalarından elde edilmiştir. Kontrol grubu her ne kadar toplam verimde D/2 uygulaması ile aynı istatistiksel grupta yer alsada pazarlanabilir verim

değerlerinde en düşük değeri göstermiştir. I. sınıf meyve sayısı D ve Dx2 uygulamasında en yüksek, kontrol grubunda en düşük olmuştur. II. sınıf meyve sayısı ise tersi bir durum göstermiş, kontrol ve aynı grupta yer alan D/2 uygulamasında en yüksek, D ve Dx2 uygulamasında en düşük olmuştur. Verim artışının özellikle I. sınıf meyve sayısının artışından kaynaklanmıştır. Ortalama meyve ağırlığı II. sınıf meyvelerde farklı bulunmuş ve Dx2 uygulamasında II. sınıf meyve ağırlığı da en yüksek olmuştur. Diğer uygulamalar arasında istatistiksel bir farklılık olmamakla beraber en düşük meyve ağırlığı D/2 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. ‘Symbion-N’ biyogübre dozlarının verim değerleri üzerine etkisi

Uygulama	İlk çiçeklenme (gün)	Toplam verim (kg m ⁻²)	Pazarlanabilir verim (kg m ⁻²)	Meyve Sayısı		Ort. Meyve Ağırlığı	
				I. Sınıf (adet bitki ⁻¹)	II. Sınıf	I. Sınıf (g meyve ⁻¹)	II. Sınıf
D	22.0 a	11.27 a	10.42 a	42.4 a	5.0 b	122.8	84.8 b
Dx2	21.0 b	11.47 a	10.61 a	42.8 a	4.3 b	124.0	99.5 a
D/2	22.5 a	10.68 b	9.78 b	39.6 b	6.4 a	123.5	71.0 b
Kontrol	22.5 a	10.58 b	9.44 c	38.1 c	7.3 a	123.7	78.5 b
<i>P</i>	0.010	0.000	0.000	0.000	0.001	0.856	0.006
<i>SEM</i>	0.204	0.426	0.519	2.161	1.406	1.822	13.574

Önerilen doz (D):300 ml da⁻¹, önerilen dozun iki katı (Dx2):600 ml da⁻¹, önerilen dozun yarısı (D/2):150 ml da⁻¹

Kalite Parametreleri

Symbion-N biyogübresinin farklı doz uygulamasının ölçülen tüm meyve kalite parametreleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. D uygulamasında sertlik, KA, TSÇKM, TA, EC ve Vitamin C parametrelerinde en yüksek değerleri verirken, meyve parlaklığı, b rengi ve pH da en düşük değerlere sahip olmuştur. Symbion-N dozu arttıkça (Dx2) meyve

sertliği, asitliği, vitamin C içeriği azalma, kabukta kırmızı renk ve meyvede nitrat içeriği artma eğilimi göstermiştir. D/2 uygulamasında meyve parlaklığı daha yüksekken, kırmızı renk (a) değeri, TSÇKM, EC ve pH değerleri diğer dozlara ve kontrol uygulamasına göre daha düşük seyretmiştir. Kontrol uygulamasında ise b renk değeri ile pH en yüksek değerleri göstermiş, meyve KA ve nitrat içeriği düşük olmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. ‘Symbion-N’ biyogübre dozlarının meyve kalite parametreleri üzerine etkisi

Uygulama	Renk			Sertlik (N)	KA (g)	TSÇKM (%)	TA (mval 100 ml ⁻¹)	EC (dS m ⁻¹)	pH	Vit. C (mg 100 ml ⁻¹)	Nitrat (mg kg ⁻¹)
	L	a	b								
D	39.26	24.70	25.93	35.17	6.80	5.40	3.40	4.30	4.82	21.99	969.0
Dx2	39.35	25.18	26.91	31.08	6.74	5.10	2.95	4.15	4.83	20.53	1162.1
D/2	39.36	23.24	26.19	32.22	5.88	4.70	3.18	3.99	4.82	21.28	952.8
Kontrol	39.44	24.82	28.24	32.90	5.44	4.75	3.35	4.21	4.84	21.38	931.0
<i>P</i>	0.999	0.805	0.506	0.571	0.400	0.086	0.522	0.549	0.742	0.943	0.270
<i>SEM</i>	0.319	0.627	0.529	0.935	0.313	0.122	0.105	0.069	0.005	0.678	45.556

Önerilen doz (D):300 ml da⁻¹, önerilen dozun iki katı (Dx2):600 ml da⁻¹, önerilen dozun yarısı (D/2): 150 ml da⁻¹

TARTIŞMA VE SONUÇ

Üretici koşullarında Antalya’da yürütülen bu araştırmada, preparatın kullanım kılavuzunda önerilen dozun iki katı olarak (Dx2) yapılan biyogübre uygulamasının bitki boyu ve gövde çapını arttırdığı görülmüştür. Toplam verim değerleri ise D uygulaması ile D/2 ve kontrole göre %5.6 ve 6.5; Dx2 ile %7.4 ve 8.3 oranlarında artış sağlamıştır. Pazarlanabilir verim değerlerinde de D, Dx2 ve D/2 uygulamalarıyla kontrole göre sırasıyla %10.3, 12.4 ve 3.6 oranlarında artışa neden olmuştur. Kullanılan biyogübre bitki gelişimi ve verimi arttırmıştır. Elde ettiğimiz bu sonuçları destekler nitelikte, PGPR’lerin bitki gelişimi ve verimi üzerine olumlu etkileri pekçok araştırmacı tarafından rapor edilmektedir (Reddy et al., 2000; Kloepper et al., 2004). Yürütülen çeşitli araştırmalarda PGPR’ların çeltik (Sudha et al.,1999), buğday (De Freitas, 2000), şeker pancarı (Şahin et al., 2004), ıspanak (Çakmakçı et al.,2007), turp (Aydın ve ark., 2012), brokkoli (Güllüce ve ark., 2012), baş salata (Gül ve ark., 2008) ve domates (Gagne et al., 1993) gibi çeşitli tarla ve bahçe bitkileri türlerinde verim üzerine olan olumlu etkileri bildirilmiştir.

Azot, tüm aminoasitlerin yapıtaşı, nükleik asit ve klorofilin bileşenlerinden birisi olması nedeniyle bitkisel üretimde en çok gereksinim duyulan ve bitkisel üretimi en fazla etkileyen besin elementidir. Azotu toprağa kazandırmanın yollarından birisi de biyolojik azot fiksasyonu olup böylelikle bitkilerce kullanılmayan atmosferik azot, nitrojeniz enzimi yardımıyla kullanılabilir amonyum formuna dönüştürülmektedir (Çakmakçı, 2005). Gonzales et al. (2005), azot tutucu bakterilerden *Azospirillum*’un indoloasetik asit, giberrillin ve sitokinin gibi fitohormon üretimi ile doğrudan kök ve gövde gelişimini teşvik etmek, su ve besin maddesi alınımı arttırmak suretiyle de bitki gelişimi ve verimini arttırdığını belirtmişlerdir. Yürütülen çalışmada kullanılan azot tutucu bakterilerin de söz konusu etkileri göstererek, bitki gelişimi ve verimi arttırdığı gözlemlenmiştir.

Azot tutucu bakteriler ile yapılan çalışmalar, bu bakterilerin patojenlere karşı dayanıklılık sağladığını, büyüme periyodunu kısalttığını, bitki gelişimini teşvik ettiğini, çiçeklenme, meyve tutumu, verim ve/veya kaliteyi ve meyve iriliğini arttırdığını göstermiştir (Chabot et al., 1996; Burdman et al., 1997; Bashan

and de-Bashan, 2012; Shridhar, 2012). Elde ettiğimiz bulgular, uygulanan bakterilerin bitki gelişimi ve verim yanında, çiçeklenme süresini kısalttığını ve önerilen doz ile bazı meyve kalite değerlerini (sertlik, KA, TSÇKM, TA, EC ve Vitamin C) de arttırdığını göstermiştir.

PGPR'lar patojenik bakterilere karşı antibiyotik koruma, kök bölgesindeki fitopatogenler için kullanılabilir demiri azaltma, fungusların hücre duvarını parçalayan enzimlerin sentezi, bitki köklerindeki zararlı mikroorganizmalarla rekabet gibi dolaylı etkilerinin yanı sıra; esasen azot fiksasyonu, fosforun alınabilirliğinin artırılması, siderofor yardımıyla bitkilerce demirin alınması, oksin, sitokin ve gibberellin gibi bitkisel hormonların üretilmesi gibi doğrudan etkilere sahiptir. Ancak toprak yapısı, pH'sı ve nemi gibi pek çok çevresel faktörün elde edilecek sonuç üzerinde etkili olacağı unutulmamalıdır (Lucy et al., 2004).

Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde; biyogübre uygulamasının bitki gelişimi ve verimi artırdığı, Dx2 uygulamasının da genelde olumlu sonuçlar verdiği, bununla birlikte ölçülen birçok parametrede D uygulaması ile benzer istatistiksel grupta olması nedeni ile dekara 300 ml'lik uygulama dozunun (D) ekonomik olacağı düşünülerek yeterli olabileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Denemenin yürütülmesinde sağladığı destek nedeniyle Agrobrest Grup'a ve Güvercin Gübre Ltd. Şti'ne teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Arcak S, Güder N, 2004. Biyolojik gübrelemenin sürdürülebilir ekosistemdeki önemi. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, 11-13 Ekim 2004, Tokat.
- Atılğan A, Coşkan A, Saltuk B, Erkan M, 2007. Antalya yöresindeki seralarda kimyasal ve organik gübre kullanım düzeyleri ve olası çevre etkileri. Ekoloji, 62:37-47.
- Aydın A, Yıldırım E, Karaman MR, Turan M, Demirtaş A, Şahin F, Güneş A, Esringü A, Dizman M, Tutar A, 2012. Humik asit, PGPR ve kimyasal gübre uygulamalarının brokoli (*Brassica oleracea*) bitkisinin bazı verim parametreleri üzerine etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi, 14(1): 309-316.
- Bashan Y, de-Bashan LE, 2002. Protection of tomato seedlings against infection by *Pseudomonas syringae* pv. tomato by using the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. Applied and Environmental Microbiology, 6: 2637-2643.

- Bayrak D, Ökmen G, 2014. Bitki gelişimini uyaran kök bakterileri. Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi, 5(1):1-13.
- Burdman S, Kigel J, Okan Y, 1997. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean. Soil Biology & Biochemistry, 29:923-929.
- Chabot R, Antoun H, Cescas MP, 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli. Plant and Soil, 184:311-321.
- Çakmakçı R, 2005. Bitki gelişimini teşvik eden Rizobakterilerin tarımda kullanımı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36 (1): 97-107.
- Çakmakçı R, Erat M, Erdoğan Ü, Dönmez MF, 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.
- Çakmakçı R, Erdoğan Ü, Turan M, Öztaş T, Güllüce M, Şahin F, 2008. Bitki gelişimini teşvik edici bakteri ve gübre uygulamalarının buğday ve arpa gelişme ve verimi üzerine etkisi. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 8-10 Ekim 2008, Konya.
- De Freitas JR, 2000. Yield and N assimilation of winter wheat (*Triticum aestivum* L., var Norstar) inoculated with rhizobacteria, Pedobiologia, 44: 97-104.
- Fresenius W, Quentin KE, Schneider W, 1998. Water Analysis. A Practical Quideto Physicochemical, Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance. Springer-Verlag, Berlin. 195-476 p.
- Gagne S, Dehbi L, Le Quere D, Cayer F, Morin JL, 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 Biology and Biochemistry, 25(2):269-272.
- Gale U, Tüzel Y, Öztekin GB, 2014. Antalya'nın Kepez ilçesinde konvansiyonel sera üretiminin özellikleri. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 1:68-77.
- Glick BR, 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology, 41: 109-117.
- Gutierrez-Manero FJ, Ramos Solano B, Probanza A, Mehouchi J, Tadeo FR, Talon M, 2001. The plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilis* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. Physiologia Plantarum, 111(2): 206-211.
- Gonzalez LJ, Rodelas B, Pozo C, Salmeron V, Martinez MV, Salmeron V, 2005. Liberation of amino acids by heterotrophic nitrogen fixing bacteria. Amino Acids, 28: 363-367.
- Gurfinkel BS, Petricari A, 2000. Nitrogen fixing rhizobacteria and their relationship with soilborne fungi. Vth International PGPR Workshop, 29 October- 3 November 2000, Cordoba-Argentina.
- Gül A, Özaktan H, Kıdoğlu F, 2008. Seçilmiş kök bakterilerinin farklı substratlarda baş salata yetiştiriciliğine etkisi. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Proje No: 2007 ZRF 027. Bornova, İzmir.

- Güllüce M, Agar G, Şahin F, Turan M, Güneş A, Demirtaş A, Esringü A, Karaman MR, Tutar A, Dizman M, 2012. Pb ve Cd ile kirlenmiş alanlarda yetiştirilen turp bitkisinin verim parametreleri üzerine Humik asit ve PGPR uygulamalarının etkilerinin belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 14(1): 509-517.
- Hubbell DH, Kidder G, 2003. Biological Nitrogen Fixation. http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_SS180. (Erişim tarihi: 01 Ağustos 2011).
- Kacar B, 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: 1-2. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 468, Yardımcı Ders Kitabı: 161, Ankara,, 646 s.
- Karaçalı İ, 1993. Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 494, Bornova-İzmir, 444 s.
- Kloepper JW, Lifshitz R, Zablotowicz RM, 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends in Biotechnology*, 7: 38-44.
- Kloepper JW, Reddy MS, Rodriguez-Kabana R, Kenney DS, Kokalis-Burelle N, Martinez-Ochoa N, Vavrina CS, 2004. Application for rhizobacteria in transplant production and yield enhancement. *Acta Horticulture*, 631: 217-229.
- Larcher MI, Bertrand HI, Rapior S, Domerque O, Mantelin S, Cleyet-Marel JC, 2000. Phyllobacterium strain with hormonal capacities enhances growth and nitrate uptake of oil seed rape (*Brassica rapus*). Vth International PGPR Workshop, 29 October- 3 November 2000, Cordoba-Argentina.
- Loper JE, Schroth MN, 1986. Influence of bacterial sources of indole-3-acetic acid on root elongation of sugar beet. *Phytopathology*, 76: 386-389.
- Lucy M, Reed E, Glick BR, 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86:1- 25.
- Maurhofer M, Hase C, Meuwly P, Metraux JP, Defago G, 1994. Induction of systemic resistance of tobacco necrosis virus by the root-colonizing *Pseudomonas fluorescens* strain CHAO: Influence of the *gacA* gene and pyoverdine production. *Phytopathology*, 84: 139-146.
- McGuire GR, 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12): 1254-1255.
- Okon Y, Fallik E, Sarig S, Yahalom E, Tal S, 1988. Plant growth promoting effects of *Azospirillum*. *Nitrogen Fixation: Hundred Years After*. Gustav Fisher, Stuttgart, West Germany, 741-746 p.
- Pearson D, 1970. *The Chemical Analysis of Foods*. Seventh Edition, Edinburgh, London, 384 p.
- Reddy MS, Ryu CM, Zhang S, Yan Z, Kenney DS, Rodriguez-Kabana R, Kloepper JW, 2000. Approaches for enhancing PGPR-Mediated ISR on various vegetable transplant plugs. Vth International PGPR Workshop, 29 October- 3 November 2000, Cordoba-Argentina.
- Romerio RS, 2000. Preliminary results on PGPR research at the Universidade Federal de Viçosa, Brazil. Vth International PGPR Workshop, 29 October- 3 November 2000, Cordoba-Argentina.
- Salamone IEG, Nelson L, Brown G, 1997. Plant growth promotion by pseudomonas PGPR cytokinin producers. *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria - Present Status and Future Prospects*. Nakanishi Printing, Sapporo, Japan, 316 p.
- Schippers B, 1988. Biological control of pathogens with rhizobacteria. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 318:283-293.
- Sevgican A, 2002. Örtüaltı Sebzeçiliği. Cilt I ve II. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Bornova, İzmir, 476 s.
- Shridhar SB, 2012. Review: Nitrogen fixing microorganisms. *International Journal of Microbiological Research*, 3(1): 46-52.
- Sudha SN, Jayakumar R, Sekar V, 1999. Introduction and expression of the *cry1Ac* gene of *Bacillus thuringiensis* in a cereal-associated bacterium *Bacillus polymyxa*, *Current Microbiology*, 38: 163-167.
- Şahin F, Çakmakçı R, Kantar F, 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil*, 265: 123-129.
- Tang WH, 1994. Yield-increasing bacteria (YIB) and biocontrol of sheath blight of rice. *Improving Plant Productivity with Rhizosphere Bacteria*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Adelaide, Australia, 273 p.
- Tüzel Y, Öztekin GB, Karaman İ, 2010. Serik ilçesinde modern ve geleneksel sera işletmelerinde sebze üretiminin karşılaştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(3): 223-230.
- Wei G, Kloepper JW, Tuzun S, 1991. Induction of systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum orbiculare* by select strains of plant growth-promoting rhizobacteria. *Phytopathology*, 81: 1508-1512.

