



Potasyum Çözücü Bakteri Aşılmasının Sera Domates Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişimi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri

Gölgen Bahar ÖZTEKİN^{*}, Yüksel TÜZEL¹, Mehmet ECE²

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

²Agrobest Grup Tarım İlaçları Tohumculuk İmalat İthalat İhracat Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi, İzmir, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 05.11.2015

Kabul Tarihi/Accepted: 12.12.2015

*Sorumlu yazar/Corresponding author: golgen.oztekin@ege.edu.tr

Özet: Bu çalışma *Frateruia aurantia* içerikli biyolojik bir gübre olan Symbion-K kodlu gübrenin sera domates (cv. Naram F₁) yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkisini ve kullanılan gübrenin farklı dozlardaki etkinliğini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme 2014 yılı kış-yaz döneminde Gaziler Köyü'nde (Kepez-Antalya) polietilen (PE) örtülü serada, topraklı yetiştiricilikte kurulmuştur. Deneme konularını Symbion-K kodlu gübrenin 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 Symbion-K kodlu gübresiz (0 ml da⁻¹) kontrol grubu oluşturmuştur. Fideler m²'de 2 bitki olacak şekilde 01 Ocak 2014 tarihinde dikilmiş; denemede kullanılan gübre damlama sistemi ile dikim zamanı ve dikimden 15 gün sonra olmak üzere iki defa uygulanmıştır. Üretim 30 Haziran 2014 tarihinde, bitkiler 6 salkımlı iken sonlandırılmıştır. Tesadüf parseli deneme deseni düzeninde 4 tekrarlı olarak yürütülen araştırmada bitki gelişimi (bitki boyu, gövde çapı, vejetatif aksam ve meyve yaş ve kuru ağırlıkları), verim (ilk çiçeklenme zamanı, toplam ve pazarlanabilir verim, toplam meyve sayısı ve ortalama meyve ağırlığı) ve kalite değerleri (renk, sertlik, kuru ağırlık, toplam suda çözünür kuru madde, titre edilebilir asitlik, EC, pH, vitamin C ve nitrat içeriği) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar; biyogübre uygulaması ile bitki gelişimi yanında toplam ve pazarlanabilir verimin artış gösterdiğini; doz miktarının artışına bağlı olarak verimin arttığını; ancak ölçülen birçok parametrede D ve Dx2 uygulaması benzer/yakın sonuç verdiği için ekonomik olması bakımından dekara 300 ml'lik dozun (D) daha uygun olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Symbion-K, *Frateruia aurantia*, domates, PGPR, biyogübre

Effect of Potash Solubilizing Bacteria Inoculation on Plant Growth, Yield and Fruit Quality of Tomato Cultivation in Greenhouse

Abstract: The experiment was conducted to determine the effect of Symbion-K as bio-fertilizer containing *Frateruia aurantia* on plant growth, yield and fruit quality of tomato plants (cv. Naram F₁) grown in greenhouse conditions and to determine the efficiency of different doses of Symbion-K. The study was carried out under polyethylene (PE) covered greenhouse in Gaziler Village (Kepez-Antalya) during the winter-summer season of 2014. Three different doses of Symbion-K were used as treatments: suggested dose (D, 300 ml da⁻¹), half of suggested dose (D/2, 150 ml da⁻¹) and two fold of suggested dose (Dx2, 600 ml da⁻¹), and non-inoculated plants (0.0 ml da⁻¹) were put on trial as control group. All plants were transplanted on January 1, 2014 as 2 plants per m². Symbion-K was applied twice during production: at transplanting time and 15 days after transplanting via irrigation lines. The experiment was terminated on June 30, 2014 when plants were at the 6th trusses stage. The experimental design was randomized parcel with 4 replicates and parameters related to plant growth (plant height, stem diameter, fresh and dry weights of vegetable part and fruit), yield (first flowering time, total and marketable yield, total fruit number and average fruit weight) and fruit quality (colour, firmness, dry weight, total soluble solids, titratable acidity, EC, pH, vitamin C and nitrate content) were determined. The results showed that plant growth, total and marketable yield increased by the application of bio-fertilizer; yields increased with increasing doses. Because of the fact that D and Dx2 treatments gave the similar/close results in many measured parameters, and the application of 300 ml per decare (D) was found the most appropriate dose in terms of economic usage.

Keywords: Symbion-K, *Frateruia aurantia*, tomato, PGPR, bio-fertilizer

1. Giriş

Bitkilerde hayati öneme sahip makro elementlerden biri olan potasyum (K)'un metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlerde rol aldığı görülmektedir. Potasyum bitki büyümesine etki eden pirüvatkinaz, fosfofrüktokinaz, nişasta sentetaz, ribülozdifosfatkarboksilaz, ATP'az gibi enzimlerin aktivitelerini ve fotosentezin ışık tepkimelerinde metabolik enerji kaynağı olan ATP'nin sentezlenmesi arttırarak fotosentez oranını arttırmaktadır. Potasyum protein sentezinin her aşamasında önemli roller üstlenmiştir ve bitkilerin protein kapsamlarını arttırmaktadır. Yeterli potasyumun bulunması durumunda yapraklarda nişasta sentezi artmakta ve nişastanın depo organlarına taşınması ve özellikle de danede birikimi artmaktadır. Stomaların açılıp kapanmalarında da önemli rolü bulunan K, fotosentez ürünlerinin floem iletim borularına yüklenmesinde, su ve besin elementlerinin ksilem iletim boruları ile bitkinin çeşitli organlarına taşınmasında ve depolanmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Potasyum bitkilere aktif absorpsiyon ile alınır ve hücrede birikmesi sonucu hücrenin osmotik potansiyeli artmakta ve hücrelere daha fazla su girmektedir. Bu bağlamda K bitkide turgoru düzenlemekte, su kaybını ve solmayı önlemektedir. Bitkilerde kök gelişimini teşvik ederek, dallanmayı arttırmakta; yatmayı önlemekte, abiyotik ve biyotik stres koşullarına dayanımı arttırmakta, erkencilik sağlamaktadır (Aktaş, 1995; Kacar, 2005). Tüm bu etkileri nedeni ile de ürün miktarı ve kalitesini olumlu yönde etkilemektedir (Okur ve Yağmur, 2004; Yağmur ve ark., 2004; Turhan ve Pişkin, 2005).

Toprakların potasyum içeriği 20000 mg kg^{-1} (% 2)'dir. Toprakta K kaya ve minerallerin yapısında, kil minerallerinin tabaka paketleri arasındaki boşluklarda sıkışmış (fikse) halde, değişebilir iyon halinde ve suda çözünmüş olmak üzere dört farklı formda bulunmaktadır. Toprakta toplam potasyumun büyük bir kısmını (% 90-98) kaya ve minerallerin yapısındaki K oluşturmaktadır. Ancak bitkiler bu formdaki potasyumdan direkt yararlanamamaktadır. Toprağın fikse K fraksiyonu % 1-10 arasında değişmekte ve bu form zor/yavaş yararlanılabilir K olarak kabul edilmektedir. Bitkiler değişebilir (% 0.1-2) ve suda çözünür (çok düşük konsantrasyonda) potasyumdan yararlanabilmekte ve bu iki K formunun toplamı "alınabilir (yarayışlı) K" olarak tanımlanmaktadır. Alınabilir potasyumun toplam K içerisindeki payı genelde ≤ 5 civarında bulunmaktadır. Topraktaki toplam potasyumun çok büyük bir kısmından bitkilerin direkt yararlanamaması nedeniyle, toprakların

alınabilir K miktarı bitkilerin potasyumlu gübrelemeye gereksinim durumunun belirlenmesinde temel ölçüt olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda toprakların alınabilir K konsantrasyonunun $150-200 \text{ mg kg}^{-1}$ altına düşmesi durumunda K gereksinimi yüksek sebze ve meyveler için potasyumlu gübrelemeye gereksinim duyulduğu kabul edilmektedir. Sera bitkileri özellikle de domates ve hıyar için bu referans değerinin üstündeki değerlerin baz alınması önerilmektedir (Mengel ve Kirkby, 2001; Barker ve Pilbeam, 2007; Turan ve Horuz, 2012).

Toprakta bulunan birçok bakteri (Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler, PGPR) başta olmak üzere pek çok mikroorganizma çözünemez durumunda bulunan elementleri metabolik işlevleri sonucunda çözünebilir hale getirebilmektedir. Büyük bir kısmı bitkinin kökü ve/veya yakın çevresinde bulunan bu bakteriler, besin elementi alımını arttırarak bitki gelişimini teşvik etmektedirler (Şahin ve ark., 2004; Yolcu ve ark., 2012). Bu bağlamda K hareketliliğinde rol oynayan ve simbiyotik bir bakteri olan *Frateruria aurantia*, topraktaki ve kök sıvısındaki karbon kaynağını kullanarak çoğalmakta ve büyümeleri sırasında toprakta fikse olmuş potasyumu çözüp, potasyumu bitkiler için kolay alınabilir forma sokmaktadır. *Pseudomonaceae* familyasının bir üyesi olan bu bakteri, tüm toprak tiplerinde (özellikle düşük K içerikli) potasyumu mobilize edebilmektedir. 5 ile 11 pH aralığında ve $42 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar sıcaklıklarda çalışabilmektedir. Rhizobium, Azospirillum, Azotobacter, Acetobacter ve diğer fosfor çözücü bakteriler ile kombine edilerek kullanılabilir. Bu yeni bakteri türünün biyoinokulant olarak kimyasal K gübresi kullanımını % 50-60 oranında azalttığı tahmin edilmektedir (Patel, 2011). Toprakta K çözünürlüğünü arttıran, topraktan bitkiye K hareketliliği sağlayan ve biyogübre olarak da kullanılan bu bakterileri, besin elementi alımını ve verimi arttırmada sürdürülebilir bir çözüm olarak görülmektedir (Vessey, 2003; Mikhailouskaya ve Tcherhys, 2005) ve birçok bitki türü için kullanılması önerilmektedir (Rodriguez ve Fraga, 1999).

Yürütülen bu çalışmada, topraktaki K çözünürlüğünü arttırarak alınabilir K miktarını arttıran ve böylece bitki gelişimini teşvik eden bir bakteri olan *Frateruria aurantia*'yı içeren Symbion-K kodlu biyolojik gübrenin, serada domates yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesine etkilerini belirlemek; ayrıca söz konusu gübrenin farklı kullanım dozlarında etkinliğini belirlemek amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma 2014 yılında Agrobest Grup'un AR-GE çalışmalarının yürütüldüğü Gaziler Köyü'nde (Kepez-Antalya);kuzey-güney doğrultusunda kurulmuş olan PE örtülü, 12 tünelli, soba ile ısıtılmalı, 3 dekar alana sahip üretici serasının 1 dekarlık alanında yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak Naram F₁ (AG Tohum, Antalya) domates (*Solanum lycopersicon* Mill.) çeşidi kullanılmıştır.

Denemede, Agrobest Grup (Kemalpaşa, İzmir)'tan temin edilen ve ticari olarak Symbion-K kodlu ve içeriğinde K çözücü bir bakteri olan *Frateuria aurantia* (1×10^9 cfu ml⁻¹) bulunan biyolojik gübre kullanılmıştır. Deneme konularını Symbion-K biyolojik gübresinin;

(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),

(4) Symbion-K gübresiz (Kontrol, 0 ml da⁻¹) oluşturmuştur. D, D/2 ve Dx2 konularında bitki başına uygulanan bakteri hücre sayısı sırasıyla 15×10^7 , 7.5×10^7 , 30×10^7 cfu ml⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Hazır fide firmasından (İstanbul Fide, Antalya) temin edilen fideler 01 Ocak 2014 tarihinde m²'de 2 bitki (120x80x50 cm) olacak şekilde dikilmişlerdir. Her bir deneme parselinde 40 bitki bulunmuştur. Denemede kullanılan Symbion-K kodlu gübre tüm yetiştiricilik dönemi boyunca 2 defa (dikimle beraber ve dikimden 15 gün sonra damla sulama sistemi aracılığıyla uygulanmak suretiyle) kullanılmıştır. Bitkilerin bakım işlemleri Sevğican (2002)'a göre yapılmış ve üretim 30 Haziran 2014 tarihinde, bitkiler 6 salkımlı iken sonlandırılmıştır.

Bitkilerin sulanması damla sulama yöntemi ile yapılmış ve bitkilere dikimden sonra can suyu verilmiştir. Bitkilerin ihtiyacı olan su, bitkiye dayalı gözlem esasına göre uygulanmıştır. Bitkiler 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 (ilk çiçek salkımında % 50 çiçek açımının görüldüğü dikimden sonraki gün sayısı) ve hasat 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 meyveler çaplarına göre I. (>4.5 cm) ve II. (≤4.5 cm) sınıf olarak ayrılmış; sayıları alınarak bitki başına meyve sayısı (adet bitki⁻¹); alınan ağırlıkları meyve sayısına oranlanarak da ortalama meyve ağırlıkları (g meyve⁻¹) belirlenmiştir.

27 Haziran 2014 tarihinde 6. salkımlarda yapılan hasatta (n=20) dijital kumpas yardımı ile meyvelerin çapı (cm) ölçülmüştür. Meyvelerin sertliği Effegi uçlu penetrometre (Fruit Tester-FT011, Alfonsine, Italy) yardımıyla kg olarak ölçülmüş ve değerler Newton (N)'a çevrilmiştir. Sertliği ölçülen 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 kâğıdından süzölmüştür. Süzükten alınan 1-2 damla örnek dijital el refraktometresi (Euromex RD 645, The Netherlands) ile okunmuş ve toplam suda çözünabilir kuru madde miktarı [TŞÇKM, (%)] belirlenmiştir. Yine süzükten alınan 5 ml örneğe 10 ml saf su konularak, 0.1 N NaOH çözeltisi ile 8.01 değeri elde edilinceye kadar pH metre (MP220, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland) ile titrasyon yapılmış; titre edilebilir asit miktarı [TA, (mval 100 ml⁻¹)], harcanan NaOH miktarı üzerinden hesaplanmıştır (Karaçalı, 1993). Süzöğe batırılan el tipi EC metre (Mettler Toledo, MC-126, Schwerzenbach, Switzerland) ve masa tipi pH metre (Mettler Toledo, MP220, Schwerzenbach, Switzerland) probu 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 diklorofenolde fenol boya maddesi ile renklendirilmesi esasına göre spektrofotometrik (VarianCary 100 UV-Visible Spektrofotometre; Varian, Inc., Palo Alto, California, USA) yöntemle belirlenmiştir (Pearson, 1970). Nitrat içeriği ise, salisilik asit ve sodyum hidroksit ile ekstrakte edilen örneklerde spektrofotometrik olarak ölçülmüştür (Fresenius ve ark., 1998).Seçilen meyvelerin rengi renkölçerle (Minolta CR-300, Osaka, Japan) parlaklık (L), a (pozitif a kırmızı), negatif a yeşil) ve b (pozitif b sarı, negatif 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 vejetatif (yaprak, gövde ve salkım), generatif (meyve) aksam ile kök yaş ve kuru ağırlıkları (g) belirlenmiştir.

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.

3. Bulgular

3.1. Bitki gelişimi

Symbion-K kodlu biyogübrenin; bitki vejetatif

aksam ve kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri ($P>0.05$) hariç, diğer ölçülen tüm gelişim parametreleri üzerine etkisi bulunmuştur ($0.000\leq P\leq 0.005$). Bitki boyu, gövde çapı, vejetatif (yaprak, gövde, salkım) ve generatif (meyve) aksam yaş ve kuru ağırlıkları en yüksek Dx2 uygulamasından elde edilmiş; D uygulaması bitki boyu, generatif yaş ve kuru ağırlıklarda Dx2 uygulaması ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Gövde çapı D uygulamasında Dx2 uygulamasından sonra yer almıştır. Bu iki uygulamayı genelde istatistik grupta yer alan D/2 ve kontrol uygulamaları izlemiştir. Ancak en düşük bitki gelişim verileri kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Kök yaş ağırlıkları 44.5 ile 48.2 g; kuru ağırlıkları 6.9 ile 9.6 g; kök boyu 30.6 ile 37.5 cm arasında değişmiş ancak uygulamalar arasında istatistiksel bir farklılık görülmemiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Symbion-K kodlu biyogübrenin farklı dozlarının bitki gelişimine etkisi

Uygulamalar*	Bitki boyu (cm bitki ⁻¹)**	Gövde çapı (cm bitki ⁻¹)	Vejetatif		Generatif		Kök		Kök boyu (cm)
			YA	KA	YA	KA	YA	KA	
D	193.6 ab	1.68 b	1707.5	382.0	5835.5 a	1305.4 a	46.8	8.7	32.9
D/2	189.7 b	1.55 c	1687.5	374.7	5380.2 b	1194.8 b	48.2	9.6	37.5
Dx2	195.0 a	1.75 a	1717.5	387.7	5884.5 a	1328.7 a	44.5	6.9	33.4
Kontrol	184.3 c	1.50 c	1685.0	371.0	5185.2 b	1141.6 b	47.7	7.6	30.6
P	0.002	0.000	0.807	0.367	0.009	0.004	0.939	0.254	0.209
SEM	1.292	0.027	12.828	3.529	98.631	24.656	6.930	1.752	4.010

*: Önerilen doz (D=300 ml da⁻¹); önerilen dozun yarısı (D/2=150 ml da⁻¹); önerilen dozun iki katı (Dx2=600 ml da⁻¹); **: Aynı sütunda yer alan harfler; ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir, YA: Yaş ağırlık, KA: Kuru ağırlık, P: Olasılık, SEM: Ortalama standart hata

3.2. Verim değerleri

Tablo 2 incelendiğinde; ikinci sınıf ortalama meyve ağırlığı hariç, farklı dozlarda Symbion-K kodlu biyogübre uygulamasının ilk çiçeklenme tarihi, toplam ve pazarlanabilir verim, I. ve II. sınıf meyve sayısı ve I. sınıf meyvelerde ortalama meyve ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. İlk çiçeklenme tarihi en erken (21.8 gün) Dx2 uygulamasından alınırken, 1'er gün ara ile D, D/2 ve kontrol grubu bitkilerinden elde edilmiştir. Kontrol grubu bitkileri 23.8 gün ile en geç çiçeklenme tarihine

sahip olmuştur. Toplam verim 10.97 ve 11.61 kg m⁻²; pazarlanabilir verim 9.88 ve 10.77 kg m⁻² arasında değişmiş, Dx2 uygulamasındaki bitkiler en yüksek verim değerlerine sahip olurken kontrol grubundakiler en düşük değerlere sahip olmuştur. Dx2 uygulamasını sırası ile D ve D/2 uygulamaları izlemiştir. Dx2 konusuna ait bitkilerde I. sınıf meyvelerin sayısı daha fazla olmuş; kontrol grubu meyvelerde bitki başına I. sınıf meyve sayısı en az olmuştur. Tam tersi durum II. sınıf meyve sayısında görülmüş; kontrol ve D/2 grubundaki bitkilerde bu tür meyveler fazla olurken D ve Dx2

Tablo 2. Symbion-K kodlu biyogübre dozlarının verim değerleri üzerine etkisi

Uygulamalar*	İlk çiçeklenme (gün)**	Toplam verim (kg m ⁻²)	Pazarlanabilir verim (kg m ⁻²)	Meyve sayısı (adet bitki ⁻¹)		Ortalama meyve ağırlığı (g meyve ⁻¹)	
				I. Sınıf	II. Sınıf	I. Sınıf	II. Sınıf
D	22.3 b	11.40 b	10.49 b	41.6 b	5.7 b	126.1 a	80.1
D/2	23.3 a	11.16 c	10.20 c	40.7 c	6.3 a	125.2 ab	77.0
Dx2	21.8 b	11.61 a	10.77 a	42.5 a	5.1 b	126.9 a	81.9
Kontrol	23.8 a	10.97 d	9.88 d	39.9 c	6.6 a	123.7 b	82.2
P	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.669
SEM	0.250	0.065	0.087	0.269	0.170	0.424	1.567

*: Önerilen doz (D=300 ml da⁻¹); önerilen dozun yarısı (D/2=150 ml da⁻¹); önerilen dozun iki katı (Dx2=600 ml da⁻¹); **: Aynı sütunda yer alan harfler; ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir, P: Olasılık, SEM: Ortalama standart hata

konusundaki bitkilerde daha az olmuştur. Birinci kalite meyvelerde ortalama meyve ağırlığı 125.5 g olup; Symbion-K kodlu gübre uygulaması I. sınıf meyve oranını arttırmıştır. İkinci sınıf meyvelerde ortalama meyve ağırlığı 82.2 g ile en fazla kontrol konusundan elde edilirken, en düşük 77 g ile D/2 grubuna ait meyvelerden elde edilmiştir (Tablo 2).

3.3. Kalite parametreleri

Symbion-K kodlu biyogübrenin farklı doz uygulamasının meyve a rengi hariç ölçülen diğer tüm meyve kalite parametreleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. D uygulaması en sert meyveleri verirken, söz konusu biyogübre uygulaması meyve parlaklığını azaltmıştır. Kontrol ve D/2 konusuna ait bitkilerin meyveleri yüksek a değerleri ile daha kırmızı renkli olmuştur. KA, TSÇKM, TA, EC ve vitamin

C içeriği kontrol ve D/2 grubu meyvelerde daha fazla olmuş, meyve suyu pH değeri ve meyve nitrat içeriği bu iki konuda daha düşük bulunmuştur (Tablo 3 ve 4).

Tablo 3. Symbion-K kodlu biyogübre dozlarının meyve renk ve kabuk direnci üzerine etkisi

Uygulamalar*	Renk			Sertlik (N)
	L	a**	b	
D	39.97	24.63 c	26.96	30.34
D/2	40.14	27.30 ab	27.86	27.01
Dx2	39.43	26.02 bc	26.68	26.42
Kontrol	42.69	29.17 a	30.72	30.05
P	0.521	0.014	0.902	0.403
SEM	0.761	1.870	1.357	2.705

*: Önerilen doz (D=300 ml da⁻¹; önerilen dozun yarısı (D/2=150 ml da⁻¹; önerilen dozun iki katı (Dx2=600 ml da⁻¹); **: Aynı sütunda yer alan harfler; ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir, L: Parlaklık, a: Kırmızı-yeşil renk aralığı, b: Sarı-mavi renk aralığı, P: Olasılık, SEM: Ortalama standart hata

Tablo 4. Symbion-K kodlu biyogübre dozlarının bazı meyve kalite parametreleri üzerine etkisi

Uygulamalar*	KA (g)	TSÇKM (%)	TA (mval 100 ml ⁻¹)	EC (dS m ⁻¹)	pH	VitaminC (mg 100 ml ⁻¹)	Nitrat (mg kg ⁻¹)
D	7.01	4.60	2.93	4.05	4.88	18.5	1036.7
D/2	6.44	4.40	3.21	4.03	4.76	26.2	969.6
Dx2	6.62	4.00	2.77	3.62	4.80	19.5	1221.0
Kontrol	7.28	4.75	3.04	3.95	4.77	25.3	904.2
P	0.095	0.852	0.267	0.137	0.850	0.107	0.399
SEM	0.400	0.196	0.221	0.221	0.025	4.184	18.242

*: Önerilen doz (D=300 ml da⁻¹; önerilen dozun yarısı (D/2=150 ml da⁻¹; önerilen dozun iki katı (Dx2=600 ml da⁻¹); KA: Kuru ağırlık, TSÇKM: Toplam suda çözünür kuru madde, TA: Titre edilebilir asitlik, EC: Elektriksel iletkenlik, P: Olasılık, SEM: Ortalama standart hata

4. Tartışma ve Sonuç

Bitki büyümesi için gerekli olan temel elementlerden biri olan K, azottan sonra bitkiler tarafından en çok alınan elementtir. Ancak toprakların alınabilir formdaki K seviyesi ürün hasadı, yıkanma, akış ve erozyon nedeni ile azalmaktadır (Sugumaran ve Janarthanam, 2007). Bu nedenle tarım topraklarımızın çoğu alınabilir K bakımından yetersizdir. Bu yetersizliği gidermek için yapılan yoğun K gübrelemesi toprak kalitesini olumsuz etkilemektedir. Enerji fiyatlarındaki artışa bağlı olarak potasyumlu gübre fiyatlarındaki artış da PGPR'ların sürdürülebilir ve organik tarımda biyogübre olarak kullanımlarını gündeme getirmektedir. Bu bağlamda K çözücü ve bitki gelişimini teşvik eden bir bakteri olan *F. aurantia* içeren ve Symbion-K kodlu biyolojik gübrenin, Antalya'da üretici koşullarında serada domates yetiştiriciliğinde farklı dozlarının [önerilen doz (D), önerilen dozun 2 katı (Dx2) ve önerilen dozun yarısı (D/2)] kullanımının bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada; bitki gelişimi ve verimin teşvik edildiği görülmüştür. Benzer sonuçlar *F. aurantia* bakterisinin kullanıldığı tütün (Subhashini, 2015) ve çayda (Bagyalakshmi ve ark., 2012) yürütülen çalışmalarında da

görülmüştür. Symbion-K kodlu biyogübre toprağa verildiğinde *F. aurantia* hücreleri toprakta aktive olmakta ve taze aktif hücre yığınları oluşturmaktadır. Bu hücreler hızla büyürken, topraktaki veya kök sıvısındaki karbon kaynağını kullanarak çoğalmakta; büyümeleri sırasında toprakta fikse olmuş potasyumu çözmekte ve potasyumu bitkiler için kolay alınabilir forma sokmaktadırlar (Anonymous, 2015).

Yürütülen çalışmada Dx2, D ve D/2 uygulamaları kontrole göre bitki boyunu sırası ile % 5.8, 5.0 ve 2.9; gövde çapını % 16.8, 11.8 ve 3.7; generatif yaş ağırlığını % 13.5, 12.5 ve 3.8; generatif kuru ağırlığını % 16.4, 14.3 ve 4.7; kök uzunluğunu % 22.4, 7.5 ve 9.0 oranında arttırmıştır. Kök kuru ağırlığı kontrole göre Dx2 ve D uygulamasında % 27.1 ve % 15.0 oranında artarken, D/2 uygulamasında % 8.6 azalış göstermiştir. Bu farklılığın kök sökme anındaki kayıplardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar biyolojik gübre içeriğinde bulunan *F. aurantia*'nın diğer K çözücü bakteriler ile yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi protonların, organik asitlerin, sideroforların, eksopolisakkaritlerin ve organik ligandların üretilmesine yardımcı olarak bitki gelişimini teşvik etmiş olabileceğini düşünülmektedir (Groudev,

1987; Welch ve ark., 1999; Liermann ve ark., 2000; Rogers ve Bennett, 2004).

Çalışmadan elde edilen sonuçlar söz konusu bakteriyi içeren Symbion-K kodlu biyogübrenin kullanım dozunun artması ile toplam ve pazarlanabilir verimin arttığını göstermiştir. Dx2, D ve D/2 uygulamaları kontrole göre toplam verimi sırası ile % 5.9, 3.9 ve 1.8; pazarlanabilir verimi ise % 9.0, 6.2 ve 3.2 oranlarında arttırmıştır. Birinci sınıf meyve sayısı ve ağırlığı da doz arttıkça artmıştır. D ve Dx2 uygulamaları kontrol uygulamasına göre I. sınıf meyve sayısını % 4.1 ve 6.3; meyve ağırlığını % 1.9 ve 2.6 oranında arttırmıştır. Benzer şekilde Turan ve ark. (2004) domateste PGPR ile yaptıkları bir çalışmada bakterinin bitkinin kuru madde içeriğini arttırması yanında fosfor (P), demir (Fe), çinko (Zn) ve bakır (Cu) içeriğini de arttırarak veriminde önemli artışlar sağladığını belirtmiştir. Gonzales ve ark. (2005) bu bakterilerin 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 K çözücü bakterinin de söz konusu etkileri göstererek, bitki gelişimi ve verimi arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca *F. aurantia* bakterisinin çiçeklenme süresini kısalttığı da belirlenmiştir.

Potasyum çözücü *F. aurantia* bakterisinin meyvesi yenilen ürünlerde meyve kalitesi üzerine etkileri ile çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda elde ettiğimiz kalite sonuçları konuyla ilgili çalışmalara öncülük edebilecek nitelikte olmaktadır. Her ne kadar ölçülen kalite değerleri doz artışı ile istatistiksel önemde değişmese de; doz artışı ile kontrol uygulamasına göre KA, TSÇKM, TA, EC ve vitamin C içeriği miktarlarında azalma olmuş; meyve suyu pH değeri ve meyve nitrat içeriği ise artış göstermiştir. Elde edilen sonuçlar domates için belirlenen sınırlar ile paralellik göstermiştir (Tüzel ve ark., 1993; Artes ve ark., 1999; Karataş ve ark., 2005).

Ticari gübrelerin olumsuz etkilerini azaltmak ve toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla son yıllarda besin elementi döngüsünde yer alan mikroorganizmalardan, biyolojik gübre olarak yararlanılır olmuştur. Organik tarımda da kendisine geniş bir yer bulan biyolojik gübre uygulamaları kimyasal gübrelerin kullanım oranını azaltma yönünde de büyük avantajlara sahip görünmektedir. Biyolojik gübre olarak serada domates yetiştiriciliğinde kullandığımız Symbion-K kodlu gübrenin içeriğindeki K çözücü bir bakteri olan *F. aurantia* varlığı nedeni ile özellikle verim ve bitki

gelişimini arttırdığı; kullanılan doz miktarı arttıkça (Dx2) bu artışın daha da fazla olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte ölçülen birçok parametrede D uygulaması ile benzer ve/veya yakın istatistiksel grupta olması nedeni ile dekara 300 ml'lik uygulama dozunun (D) ekonomik olacağı düşünülerek yeterli olabileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Denemenin yürütülmesinde sağladığı maddi kaynak nedeni ile Agrobrest Grup'a ve Güvercin Gübre Ltd. Şti'ne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Aktaş, M., 1995. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:142, Ankara.
- Anonymous, 2015. Symbion-K. <http://www.tstanes.com/products-symbion-k.html> (Erişim tarihi: 02.11.2015).
- Artes, F., Conesa, M.A., Hernandez, S., Gil, M.L., 1999. Keeping quality of fresh-cuttomato. *Postharvest Biology and Technology*, 17: 153-162.
- Bagyalakshmi, B., Ponmurugan, P., Marimuthu, S., 2012. Influence of potassium solubilizing bacteria on crop productivity and quality of tea (*Camellia sinensis*). *African Journal of Agricultural Research*, 7(30): 4250-4259.
- Barker, A.V., Pilbeam, D.J., 2007. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton, Florida.
- Fresenius, W., Quentin, K.E., Schneider, W., 1998. Water Analysis. A Practical Guide to Physico Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance. ISBN 3- 540-17723- Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- Gonzalez, L.J., Rodelas, B., Pozo, C., Salmeron, V., Martinez, M.V., Salmeron, V., 2005. Liberation of amino acids by heterotrophic nitrogen fixing bacteria. *Amino Acids*, 28: 363-367.
- Groudev, S.N., 1987. Use of heterotrophic microorganisms in mineral biotechnology. *Acta Biotechnologica*, 7(4): 299-306.
- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, 1-2. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 468, Yardımcı Ders Kitabı: 161, Ankara.
- Kacar, B., 2005. Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumunun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, Bildiriler Kitabı, 3-4 Ekim, Eskişehir, s. 20-30.
- Karaçalı, İ., 1993. Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 494, Bornova/İzmir.
- Karataş, A., Padem, H., Ünlü, H., 2005. Sera ve tarla koşullarında yetiştirilen bazı sınırlı domates çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin

- karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2): 42-49.
- Liermann, L.J., Kalinowski, B.E., Brantley, S.L., Ferry, J.G., 2000. Role of bacterial siderophores in dissolution of hornblende. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64(4): 587-602.
- McGuire, G.R., 1992. Reporting of objective color measurements. *Hort Science*, 27(12): 1254-1255.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th Edition, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Mikhailouskaya, N., Tcherhysh, A., 2005. K-mobilizing bacteria and their effect on wheat yield. *Latvian Journal of Agronomy*, 8: 154-157.
- Okur, B., Yağmur, B., 2004. Effects on enhanced potassium doses on yield, quality and nutrient uptake of watermelon. *IPI Regional Workshop on Potassium and Fertigation Development in West Asia and North Africa*, November 24-28, Rabat, Morocco.
- Patel, B.C., 2011. Advance method of preparation of bacterial formulation using potash mobilizing bacteria that mobilize potash and make it available to crop plant. WIPO Patent Application WO/2011/154961.
- Pearson, D., 1970. The Chemical Analysis of Foods. Chemical Publishing Co Inc, New York, USA.
- Rodriguez, H., Fraga, R., 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17(4-5): 319-339.
- Rogers, J.R., Bennett, P.C., 2004. Mineral stimulation of subsurface microorganisms: Release of limiting nutrients from silicates. *Chemical Geology*, 203(1-2): 91-108.
- Sevgican, A., 2002. Örtüaltı Sebzeçiliği, Cilt I ve II. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova/İzmir.
- Subhashini, D.V., 2015. Growth promotion and increased potassium uptake of tobacco by potassium-mobilizing bacterium *Frateruia aurantia* grown at different potassium levels in vertisols. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(2): 210-220.
- Sugumaran, P., Janarthanam, B., 2007. Solubilization of potassium-containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. *World Journal of Agricultural Science*, 3(3): 350-355.
- Şahin, F., Çakmakçı, R., Kantar, F., 2004. Sugarbeet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil*, 265: 123-129.
- Turan, M., Ataoğlu, N., Sezen, Y., 2004. Fosfor çözücü bakterilerin (*Bacillus megaterium*) domates (*Lycopersicon esculentum* L.) bitkisinin verim ve fosfor alımı üzerine etkisi. *Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi: Tarım-Sanayi-Çevre*, Bildiriler Kitabı, 11-13 Ekim, Tokat, s. 939-944.
- Turan, M., Horuz, A., 2012. Bitki Beslemenin Temel İlkeleri. (Ed: M.R. Karaman), *Bitki Besleme, Gübretaş Rehber Kitapları Dizisi: 2*, Duman Ofset Matbaacılık, Ankara, s. 123-346.
- Turhan, M., Pişkin, A., 2005. Farklı dozlarda uygulanan potasyumun şeker pancarının verim ve kalitesine etkisi. *Tarımda Potasyumunun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, Bildiriler Kitabı, 3-4 Ekim, Eskişehir, s.115-124.
- Tüzel, Y., Ul, M.A., Tüzel, İ.H., 1993. Effects of different irrigation intervals and rates on spring season glasshouse tomato production: II. Fruitquality. *Acta Horticulture*, 366: 389-396.
- Vessey, K.J., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255: 571-586.
- Welch, S.A., Barker, W.W., Banfield, J.F., 1999. Microbial extracellular polysaccharides and plagioclase dissolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63(9): 1405-1419.
- Yağmur, B., Okur, B., Ongun, A.R., 2004. Effects on enhanced potassium doses on yield, quality and nutrient uptake of tomato. *IPI Regional Workshop on Potassium and Fertigation Development in West Asia and North Africa*, November 24-28, Rabat, Morocco.
- Yolcu, H., Güneş, A., Güllap, M.K., Çakmakçı, R., 2012. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on some morphologic characteristics, yield and quality contents of Hungarian vetch. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(2): 208-214.