

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

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

Gölgen Bahar ÖZTEKİN<sup>1\*</sup>, Yüksel TÜZEL<sup>1</sup>, Mehmet ECE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>:Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova-İzmir

<sup>2</sup>:Karşıyaka Mah., 1588 Sokak Gümüşeli Sitesi, C Blok, D:4, Kepez-Antalya

\* e-posta: golgen.oztekin@ege.edu.tr, Tel: +90 232 3112577, Fax: +90 232 3881865

**Özet:** Bu çalışma *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* içerikli biyolojik bir gübre olan Symbion-P gübresinin sera domatesi (cv. Naram F<sub>1</sub>) 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) Agrobrest Grup'a ait ARGE çalışmalarının yürütüldüğü polietilen (PE) örtülü üretici serasında, topraklı yetiştiricilikte kurulmuştur. Deneme konularını Symbion-P'in üç dozu [önerilen doz (D, 300 ml da<sup>-1</sup>); önerilen dozun yarısı (D/2, 150 ml da<sup>-1</sup>) ve önerilen dozun iki katı (Dx2, 600 ml da<sup>-1</sup>)] ile Symbion-P gübresiz (0 ml da<sup>-1</sup>) kontrol grubu oluşturmuştur. Denemede kullanılan gübre damlama sistemi ile dikim zamanı ve dikimden 15 gün sonra olmak üzere iki defa uygulanmış ve m<sup>2</sup>'de 2 bitki olacak şekilde 01 Ocak 2014 tarihinde fide dikilmiştir. 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, titredilebilir asitlik, EC, pH, vitamin C ve nitrat içeriği) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar; biyogübre uygulaması ile bitki gelişimi yanında toplam ve pazarlanabilir verimin artışı gösterdiğini; doz miktarının artışıyla birlikte verimin arttığını; bu nedenle de dekara 600 ml'lik dozunu (Dx2) kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Symbion-P, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, Domates, PGPR, Biyogübre

### Effect of Phosphorus Solubilizing Bacteria Inoculation on Plant Growth, Yield and Fruit Quality of Tomato Grown in Greenhouse

**Abstract:** The experiment was conducted to determine the effect of Symbion-P as bio-fertilizer containing *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* on plant growth, yield and fruit quality of tomato plants (cv. Naram F<sub>1</sub>) grown in greenhouse conditions and to determine the efficiency of different doses of Symbion-P. The study was carried out under polyethylene (PE) covered greenhouse of Agrobrest Group, in Gaziler Village (Kepez-Antalya) during the winter-summer season of 2014. Three different doses of Symbion-P were used as treatments: suggested dose (D, 300 ml da<sup>-1</sup>), half of suggested dose (D/2, 150 ml da<sup>-1</sup>) and two fold of suggested dose (Dx2, 600 ml da<sup>-1</sup>), and non-inoculated plants (0.0 ml da<sup>-1</sup>) were put on trial as control group. Symbion-P was applied twice: at transplanting time and 15 days after transplanting via irrigation lines. All plants were transplanted on January 1, 2014 as 2 plants per m<sup>2</sup>. The experiment was terminated on June 30, 2014 when plants were at the 6<sup>th</sup> 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 biofertilizer; yields increased with increasing doses and the application of 600 ml per da (Dx2) was found the most appropriate dose for better yield and quality.

**Key words:** Symbion-P, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, Tomato, PGPR, Biofertilizer

## Giriş

Hücre çekirdeğinin temelini teşkil eden fosfor (P), bitki gelişimi için mutlak gerekli bir element olup kültür bitkilerinde ürün niteliği ve niceliği üzerine önemli etki yapmaktadır. Bitkilerde hücre oluşumu, doku büyümesi, organik bileşiklerin oluşumu, enerji transferini ile şeker ve nişasta gibi maddelerin oluşumunda rol alan P özellikle çiçeklenme, kök gelişimi, tohum ve meyve oluşumuna etki etmektedir (Kacar ve Katkat 1998).

Rodriguez ve Fraga (1999) topraktaki çözünabilir P konsantrasyonunun genellikle düşük olduğunu ve normalde 1 ppm veya altında olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde ülkemiz toprakları genellikle fosfordan yoksundur ve bu nedenle yüksek verim alınabilmesi için gübreleme programlarında fosforlu gübrelemeye gereken önemin verilmesi zorunludur (Kacar ve Katkat 1998).

Topraktaki en önemli fosfor kaynağı organik fosfattır. Toprakların pek çoğunda toplam fosforun %30-50'si organik fosfat kaynaklı olup, büyük molekül ağırlıklı bileşikler şeklinde olmaları nedeni ile alınabilmeleri için iyonik fosfatlara ( $\text{HPO}_4^{2-}$  veya  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) veya düşük molekül ağırlıklı fosfor bileşiklerine dönüşmesi gerekmektedir. Bitkiler için topraktaki diğer bir önemli fosfor kaynağı da çözünabilir formda P içeren fosforlu gübrelere dir. Toprağa çeşitli şekillerde uygulanan fosforun %75-90 oranında büyük bir kısmı pH koşullarına bağlı olarak pH'sı yüksek kireçli topraklarda kalsiyum tarafından, asitli topraklarda ise demir ve alüminyum tarafından tutularak elverişsiz forma geçmektedir (Paul ve Clark 1996, Gyaneshwar ve ark. 2002).

Scheffer ve Schachtschabel (1992) bitkilerin topraktaki toplam fosforun sadece %1'inden faydalanabildiğini; Hemwall (1957) ise bitkilerin toprağa uygulanan fosforlu gübrenin yaklaşık %10 ile 30'undan faydalanabildiğini, geri kalan kısmın kimyasal çökelmeler ve fiziko kimyasal tutunmalar şeklinde toprakta fikse edildiğini bildirmektedirler.

Toprakta bulunan ve bitki köklerinde simbiyotik olarak yaşayan kök fungusları (mikorhiza) ile birçok bakteri (Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler, PGPR) başta olmak üzere pek çok mikroorganizma çözünemez durumunda bulunan fosfatı metabolik işlevleri sonucunda çözünabilir hale getirebilmektedir. Özellikle *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Burkholderia* cinsine bağlı olan bu bakteriler ürettikleri organik asitler yardımı ile inorganik fosfatı, fosfataz enzimleri yardımıyla da organik fosfatı çözünabilir hale getirebilmektedirler (Kucey ve ark. 1989, Rodriguez ve Fraga 1999, Nautiyal ve ark. 2000). Büyük bir kısmı bitkinin kökü ve/veya yakın çevresinde bulunan (rizosfer) bu bakteriler, besin elementi alımını artırarak (Şahin ve ark. 2004, Yolcu ve ark. 2012) ve aynı zamanda indol asetik asik ve antibiyotik gibi metabolitler üreterek de bitki gelişimini teşvik etmektedirler (Kumar ve Narula 1999, Whitelaw 2000, Vassilev ve ark. 2006). Söz konusu bakterilerin bitki hastalıklarına karşı da biyokontrol ajanı olarak görev yaptığı belirtilmektedir (Vassilev ve ark. 2006, Özyılmaz ve Benlioğlu 2012).

Tarımda sürdürülebilirlik için biyolojik gübrelemenin önemi ve enerji fiyatlarındaki artışa bağlı olarak kimyasal gübrelemenin maliyetinin artması yanında çevreye olan zararlı etkilerinin anlaşılması, kimyasal gübrelere karşı biyolojik alternatiflerin kullanımını gündeme getirmiştir (Çakmakçı 2005, Fayetörbay ve ark. 2010). Bu bağlamda fosfor çözücü bakteriler kimyasal gübrelere beraber kullanılabilceği gibi kimyasal gübre kullanımına bir alternatif olarak da kullanılmaktadır (Çakmakçı ve ark. 1999). Biyolojik gübre olarak fosfor çözücü bakterilerinin kullanımı ile tarımsal üretimin % 0-15 oranda arttığı ifade edilmiştir (Yadav ve Dadarwal 1997). Fosfor çözücü bakteriler içinde en çok kullanılan *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum*'un ise yörelere göre değişmekle birlikte, bitki verimini %0-70 arasında artırabildiği belirtilmiştir (Smith ve ark. 1962).

Yürütülen bu çalışmada fosfor çözücü ve bitki gelişimini teşvik eden bir bakteri olan *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum* içeren ve ticari bir biyolojik gübre olan Symbion-P'nin serada domates yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesine etkilerini belirlemek; ayrıca Symbion-P biyolojik gübresinin farklı kullanım dozlarında etkinliğini belirlemek amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metot

Araştırma 2014 yılında Agrobrest Grup'un AR-GE çalışmalarının yürütüldüğü Gaziler Köyü'nde (Kepez-Antalya), kuzey-güney doğrultusunda kurulmuş, PE örtülü, 12 tünelli, soba ile ısıtılmalı, 3 dekar alana

sahip üretici serasının 1 dekarlık alanında yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak Naram F<sub>1</sub> (AG Tohum, Antalya) domates (*Solanum lycopersicon* Mill.) çeşidi kullanılmıştır.

Denemede Agrobest Grup (Kemelpaşa, İzmir)'dan temin edilen ve ticari olarak Symbion-P olarak adlandırılan ve içeriğinde fosfor çözücü bir bakteri olan *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* ( $1 \times 10^9$  cfu ml<sup>-1</sup>) bulunan biyolojik gübre kullanılmıştır. Deneme konularını Symbion-P biyolojik gübresinin (1) üretici firma tarafından önerilen dozu (D, 300 ml da<sup>-1</sup>); (2) önerilen dozun yarısı (D/2, 150 ml da<sup>-1</sup>); (3) önerilen dozun iki katı (Dx2, 600 ml da<sup>-1</sup>) ve (4) Symbion-P gübresiz (Kontrol, 0 ml da<sup>-1</sup>) oluşturmuştur. D, D/2 ve Dx2 konularında bitki başına uygulanan bakteri hücre sayısı sırasıyla  $15 \times 10^7$ ,  $7.5 \times 10^7$ ,  $30 \times 10^7$  cfu ml<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

Hazır fide firmasından (İstanbul Fide, Antalya) temin edilen fideler 01 Ocak 2014 tarihinde m<sup>2</sup>'de 2 bitki (120x80x50 cm) olacak şekilde dikilmişlerdir. Her bir deneme parselinde 40 bitki bulunmuştur. Denemede kullanılan Symbion-P gübresi tüm yetiştiricilik dönemi boyunca 2 defa (dikimle beraber ve dikimden 15 gün sonra damla sulama sistemi aracılığıyla) kullanılmıştır. 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 bitkilere dikimden sonra can suyu verilmiştir. Bitkilerin ihtiyacı olan su, bitkiye dayalı gözlem esasına göre uygulanmıştır. Bitkilere üretici uygulaması doğrultusunda dikimden çiçeklenme dönemine kadar 5-6 gün ara ile NPK:15-30-15 (3 kg da<sup>-1</sup>) + Humik-Fulvik asit (2 L da<sup>-1</sup>) + Kombi iz element (200 g da<sup>-1</sup>); çiçeklenmeden meyve tutumuna kadar 3-4 gün ara ile NPK: 18-18-18 (3 kg da<sup>-1</sup>) + Kombi iz element (100 g da<sup>-1</sup>) ve meyve tutumundan hasada kadar olan sürede de 4-5 gün ara ile NPK:16-8-24 (3 kg da<sup>-1</sup>) + Magnezyum Sülfat (1 kg da<sup>-1</sup>) gübrelere 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<sup>-2</sup>), toplam verim değerlerinden zarar görmüş (hastalıklı, fizyolojik bozukluk gösteren ve meyve çapı 3.5 cm'den küçük olan meyveler) çıkartılarak pazarlanabilir verim (kg m<sup>-2</sup>) 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<sup>-1</sup>); alınan ağırlıkları meyve sayısına oranlanarak da ortalama meyve ağırlıkları (g meyve<sup>-1</sup>) 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 kurularak tartılarak kuru ağırlıkları [KA (g)] belirlenmiştir (Kacar 1972). Daha sonra meyveler parçalayıcı yardımı ile parçalanmış ve kaba filtre kağıdından süzülmuştür. Süzükten alınan 1-2 damla örnek dijital el reflaktometresi (Euromex RD 645, The Netherlands) ile okunmuş ve toplam suda çözünebilir 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<sup>-1</sup>)], harcanan NaOH miktarı üzerinden hesaplanmıştır (Karaçalı 1993). Süzüğe 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<sup>-1</sup>)] ve pH değerleri belirlenmiştir. Meyve vitamin C içeriği (mg 100 ml<sup>-1</sup>) oksalik asit ile stabilize edilmiş örneklerin 2-6 diklorofenilindifenol boya maddesi ile renklendirilmesi esasına göre spektrofotometrik (Varian Cary 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) L [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) ve generatif (meyve) aksam 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.

## Bulgular

### Bitki Gelişimi

Symbion P biyogübresinin bitki vejetatif yaş ağırlığı üzerine etkisi ( $P=0.903$ ) hariç, diğer ölçülen tüm gelişim parametreleri üzerine etkisi önerilen doz (D) ve üzerinde (Dx2) etkili 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 gövde çapı, vejetatif kuru ağırlık, generatif yaş ve kuru ağırlıklarda Dx2 uygulaması ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Bitki boyu ve vejetatif yaş ağırlıkta Dx2 uygulamasından sonra yer almıştır. Bu iki uygulamayı aynı istatistik grupta yer alan D/2 ve kontrol uygulamaları izlemiştir. Ancak en düşük bitki gelişim verileri kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Farklı dozlarda kullanılan Symbion-P biyogübresininin bitki gelişimine etkisi

Uygulama*	Bitki boyu (cm bitki <sup>-1</sup> )	Gövde çapı (cm bitki <sup>-1</sup> )	Vejetatif yaş ağırlık (g bitki <sup>-1</sup> )	Vejetatif kuru ağırlık (g bitki <sup>-1</sup> )	Generatif yaş ağırlık (g bitki <sup>-1</sup> )	Generatif kuru ağırlık (g bitki <sup>-1</sup> )
D	178.1 b	1.70 a	1737.5	385.2 a	5602.7 a	1242.5 ab
D/2	174.9 c	1.57 b	1720.0	374.7 ab	5501.0 ab	1197.6 b
Dx2	180.4 a	1.77 a	1755.0	388.2 a	6104.5 a	1369.2 a
Kontrol	173.8 c	1.51 b	1725.0	355.5 b	4964.2 b	1023.3 b
P	0.000	0.000	0.903	0.050	0.009	0.003
SEM	0.715	0.028	16.507	5.127	134.209	37.063

\*önerilen doz (D):300 ml da<sup>-1</sup>, önerilen dozun yarısı (D/2): 150 ml da<sup>-1</sup>, önerilen dozun iki katı (Dx2):600 ml da<sup>-1</sup>

### Verim Değerleri

I. sınıf ortalama meyve ağırlığı hariç, farklı dozlarda Symbion-P biyogübre uygulamasının ilk çiçeklenme tarihi, toplam ve pazarlanabilir verim, I.ve II. sınıf meyve sayısı ve II. sınıf meyvelerde ortalama meyve ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $P=0.000$ ) bulunmuştur. İlk çiçeklenme tarihi en erken (20 gün) Dx2 uygulamasından alınırken, 1 er gün ara ile D ve D/2 uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol grubu bitkileri 22.8 gün ile en geç çiçeklenme tarihine sahip olmuştur. Toplam verim 11.76 ve 10.76 kg m<sup>-2</sup>; pazarlanabilir verim 10.88 ve 9.67 kg m<sup>-2</sup> 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 ve D 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 grubundaki bitkilerde bu tür meyveler fazla olurken D ve Dx2 konusundaki bitkilerde daha az olmuştur. I kalite meyvelerde ortalama meyve ağırlığı 128.0 g olup; uygulamalar arasında istatistiksel olarak farklılık görülmemiştir. Ancak II. sınıf meyvelerde ortalama meyve ağırlığı 101.8 g ile en fazla Dx2 konusundan elde edilirken; aralarında istatistiksel bir farklılık olmayan diğer konularında en düşük II. sınıf meyve ağırlığı 74.7 g ile kontrol grubuna ait meyvelerden elde edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Symbion-P biyogübre dozlarının verim değerleri üzerine etkisi

Uygulama*	İlk çiçeklenme (gün)	Toplam verim (kg m <sup>-2</sup> )	Pazarlanabilir verim (kg m <sup>-2</sup> )	Meyve Sayısı		Ort. Meyve Ağırlığı	
				I. Sınıf (adet bitki <sup>-1</sup> )	II. Sınıf	I. Sınıf (g meyve <sup>-1</sup> )	II. Sınıf
D	21.0 b	11.53 b	10.65 b	42.8 a	5.4 b	124.2	82.7 b
D/2	22.0 a	11.12 c	10.18 c	40.2 b	6.5 a	126.5	73.4 b
Dx2	20.0 c	11.76 a	10.88 a	43.5 a	4.4 b	125.0	101.8 a
Kontrol	22.8 a	10.76 d	9.67 d	38.8 c	7.3 a	124.5	74.7 b
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.467	0.000
<i>SEM</i>	0.302	0.103	0.122	0.513	0.322	0.527	3.330

\*önerilen doz (D):300 ml da<sup>-1</sup>, önerilen dozun yarısı (D/2): 150 ml da<sup>-1</sup>, önerilen dozun iki katı (Dx2):600 ml da<sup>-1</sup>

#### Kalite Parametreleri

Symbion-P biyogübresinin farklı doz uygulamasının meyve suyu pH değeri hariç ölçülen diğer tüm meyve kalite parametreleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. D uygulaması Dx2 konusuyula beraber en sert meyveleri verirken; Symbion-P dozu arttıkça (Dx2) meyve parlaklığı, KA, TA, EC, pH ve nitrat içeriği artma eğilimi göstermiştir. D/2 uygulamasında meyve kırmızı rengi ve TSÇKM içeriği daha fazla olmuştur. Kontrol uygulamasında ise meyvede b renk değeri ile Vitamin C içeriği en yüksek değerleri göstermiş, KA, TSÇKM, EC ve nitrat içeriği düşük olmuştur (Çizelge 3 ve 4).

Çizelge 3. Symbion-P biyogübre dozlarının meyve renk ve kabuk direnci üzerine etkisi

Uygulama*	Renk			Sertlik (N)
	L	a	b	
D	40.47	28.32	27.52	33.00
D/2	40.50	29.83	28.40	32.85
Dx2	40.63	27.28	27.71	33.00
Kontrol	41.08	27.34	28.54	30.39
<i>P</i>	0.835	0.271	0.656	0.796
<i>SEM</i>	0.220	0.508	0.298	0.922

\*önerilen doz (D):300 ml da<sup>-1</sup>, önerilen dozun yarısı (D/2): 150 ml da<sup>-1</sup>, önerilen dozun iki katı (Dx2):600 ml da<sup>-1</sup>

Çizelge 4. Symbion-P biyogübre dozlarının bazı meyve kalite parametreleri üzerine etkisi

Uygulama*	KA (g)	TSÇKM (%)	TA (mval 100 ml <sup>-1</sup> )	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	Vit. C (mg 100 ml <sup>-1</sup> )	Nitrat (mg kg <sup>-1</sup> )
D	7.13	4.40	3.21	3.87	4.80 b	24.05	978.7
D/2	6.69	4.75	2.64	3.77	4.79 b	23.77	929.9
Dx2	8.11	4.35	3.29	4.13	4.89 a	24.62	1036.0
Kontrol	6.16	4.35	2.79	3.71	4.84 ab	25.25	899.8
<i>P</i>	0.565	0.337	0.245	0.199	0.050	0.870	0.318
<i>SEM</i>	0.446	0.086	0.133	0.074	0.016	0.558	26.308

\*önerilen doz (D):300 ml da<sup>-1</sup>, önerilen dozun yarısı (D/2): 150 ml da<sup>-1</sup>, önerilen dozun iki katı (Dx2):600 ml da<sup>-1</sup>

#### Tartışma

Bitkilerin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan makro besin elementlerinden biri olan ancak toprakta doğal olarak bulunmasına rağmen kimyasal çökelmeler ve fiziko kimyasal tutunmalar nedeni ile bitkiler tarafından faydalanma oranı düşük olan fosfor, piyasada değişik isimlerle bulunan ve uygulandığında bitkilerin bu besin maddesinden daha fazla yararlanmasına yardımcı olan biyolojik gübreler ile bitkiye kazandırılmaktadır (Arcak ve Güder 2004). Bu bağlamda fosfor çözücü ve bitki gelişimini teşvik eden bir bakteri olan *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* içeren ve ticari bir biyolojik gübre olan Symbion-P'nin, 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 *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*'un tahıllar dışında kullanıldığı domates (Turan ve ark. 2004) ve şekerpancarında (Çakmakçı ve ark. 1999) yürütülen çalışmalarında da görülmüştür.

Yürütülen çalışmada Dx2, D ve D/2 uygulamaları kontrole göre bitki boyunu sırası ile %3.7, 2.5 ve 0.6; gövde çapını %17.0, 12.4, 4.1; vejetatif kuru ağırlığını %9.2, 8.4 ve 5.4; generatif yaş ağırlığını %23.3, 12.9 ve 10.8; generatif kuru ağırlığını %32.2, 21.4 ve 17.0 oranlarında arttırmıştır. Elde edilen bu sonuçlar biyolojik gübre içeriğinde bulunan *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*'un diğer çalışmalarda da belirtildiği gibi ürettikleri organik asitler yardımı ile inorganik fosfatı, fosfataz enzimleri yardımıyla da organik fosfatı çözünebilir hale getirerek bitki tarafından alınımını artırarak bitki gelişimi teşvik etmiş olabileceğini (Chabot ve ark. 1996, Rodriguez ve Fraga 1999, Nautiyal ve ark. 2000) ve/veya besin elementi alınımını artırarak (Şahin ve ark. 2004, Yolcu ve ark. 2012) ve aynı zamanda indol asetik asik ve antibiyotik gibi metabolitler üreterek de bitki gelişimini teşvik etmiş olabileceğini (Kumar ve Narula 1999, Whitelaw 2000, Vassilev ve ark. 2006) göstermektedir. Arcak ve Güder (2004) fosfor çözücü bakterilerin indirekt olarak azot fiksasyonu üzerinde de önemli rol oynadığını belirtmiştir. Bu açıdan da *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*'un azot alınımını artırarak bitki gelişimini teşvik etmiş olabileceği düşünülmektedir.

Fosfor çözücü bakterilerden *Bacillus* türleri ile yapılan araştırmalarda pirinç, mısır ve diğer tahıllarda önemli verim artışları elde edilmiştir (Belimov ve ark. 1995, Pal 1999, Çakmakçı ve ark. 2001, Öztürk ve ark. 2003). Smith ve ark. (1962) *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum*'un ise bitki türü ve yetiştirme koşullarına göre değişmekle birlikte bitki verimini %0-70 arasında artırabildiği belirtilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar söz konusu bakteriyi içeren Symbion-P biyogübresinin kullanım dozunun artması ile toplam ve pazarlanabilir verimin arttığını göstermiştir. Dx2, D ve D/2 uygulamaları kontrole göre toplam verimi sırası ile %9.3, 7.2 ve 3.3; pazarlanabilir verimi ise %12.4, 10.1 ve 5.2 oranlarında arttırmıştır. Benzer şekilde Turan ve ark. (2004) domateste yaptıkları bir çalışmada fosfor çözücü bakterinin bitkinin kuru madde içeriğini arttırması yanında P, Fe, Zn ve Cu içeriğini de arttırarak veriminde önemli artışlar sağladığını belirtmiştir.

Fosfor çözücü bakterilerin meyvesi yenilen ürünlerde meyve kalitesi üzerine etkileri ile çok fazla çalışma yapılmamıştır. Bu konuda yürütülen çalışmaların çoğu tarla bitkilerinde yürütülmüş olup bitki gelişimi, verim, besin maddesi alınımı ve hastalıklara dayanım yönünde olmuştur. Bu bağlamda elde ettiğimiz kalite sonuçları konuyla ilgili çalışmalara öncülük edebilecek nitelikte olmaktadır. Her ne kadar ölçülen meyve rengi, meyve kabuk direnci (sertlik), KA, TSÇKM, TA, meyve suyu EC'si, Vitamin C ve nitrat içeriği uygulanan Symbion-P biyolojik gübresi ve doz artışı ile istatistiksel önemde değişme de; KA, TSÇKM, EC ve nitrat içeriğinin kontrol uygulamasından daha yüksek olmuştur. pH değeri uygulamalar arasında farklılık yaratmış ve Dx2 uygulaması en yüksek pH değerine sahip olmuştur. Bilindiği gibi pH, meyve kalite karakteristiklerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (Hong ve Tsou 1998). Çalışmadan elde ettiğimiz pH değerleri 4.79-4.89 arasında değişmiş ve hem pH hem de diğer elde edilen kalite sonuçları domates için belirlenen sınırlar ile paralellik göstermiştir (Karaçalı 1993, Tüzel ve ark. 1993, Artes ve ark. 1999, Karataş ve ark. 2005).

Biyolojik gübre olarak fosfat bakterilerinin kullanımı ile tarımsal üretimin % 10-15 oranda arttığı ifade edilmiştir (Yadav ve Dadarwal 1997). Elde ettiğimiz tüm sonuçlar beraber değerlendirildiğinde bu yönde kullanmış olduğumuz Symbion-P gübresinin de içeriğindeki fosfor çözücü bir bakteri olan *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* varlığı nedeni ile özellikle verim ve bitki gelişimini arttırdığı; kullanılan doz miktarı arttıkça bu artışın daha da fazla olduğu belirlenmiştir.

Günümüzde tarımda kullanılan yoğun sentetik kimyasalların toprak kalitesine olan olumsuz etkisini azaltabilmek; besin elementlerin bitkiler tarafından kullanılabilirliğini arttırabilmek; enerji fiyatlarındaki artışa bağlı olarak fosforlu gübre fiyatlarındaki artışı elemine etmek adına da söz konusu mikroorganizmaların sürdürülebilir ve organik tarımda biyogübre olarak kullanımları tavsiye edilmektedir.

## Teşekkür

Denemenin yürütülmesinde sağladığı maddi kaynak nedeni ile Agrobest 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, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim, Tokat, 837-844.
- Artes F, Conesa MA, Hernandez S, Gil ML (1999) Keeping quality of fresh-cut tomato. Postharvest Biology and Technology 17:153-162.
- Belimov AA, Kojemiakov PA, Chuvarliyeva CV (1995). Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen fixing and phosphate-solubilizing bacteria. Plant Soil 173:29-37.
- Chabot R, Hani A, Cescas PM (1996). Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum biovar. phaseoli*. Plant Soil 184:311-321.
- Çakmakçı R (2005). Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 19(35):93-108.
- Çakmakçı R, Kantar F, Algur ÖF (1999). Sugar beet and barley yields in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium var. phosphaticum* inoculation. Journal Plant Nutrient Soil Science 162:437- 442.
- Çakmakçı R, Kantar F, Şahin F (2001). Effect of N<sub>2</sub> -fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. J Plant Nutr Soil Sci. 164:527-531.
- Gyaneshwar P, Kumar GN, Parekh LJ, Poole PS (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. Plant and Soil. 245:83-93.
- Fayetörbay D, Çomaklı B, Daşçı M (2010). Fosfor çözücü bakteri, fosforlu gübre ve tavuk gübresi uygulamalarının macar fiğinde (*Vicia Pannonica* Roth) tohum verimi ve verim unsurları üzerine etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi 20:345-357.
- Hemwall JB (1957). The fixation of phosphorus by soils. In Advances in Agronomy, Vol. IX. Edited by A. G. Norman. Academic Press, pp. 95-112.
- Hong TL, Tsou SCS (1998). Determination of tomato quality by near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 6:321-324.
- Kacar B, Katkat AV (1998). Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127, Bursa.
- Kacar B (1972). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 1-2. A.Ü. Ziraat Fakültesi Fakültesi Yayınları: 468, Yardımcı Ders Kitabı: 161, Ankara.
- Karaçalı İ (1993). Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 494, Bornova/İzmir.
- Karataş A, Padem H, Ünlü H, Ünlü H (2005) Sera ve tarla koşullarında yetiştirilen bazı sırk domates çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerini karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 9(2):42-49.
- Kucey RMN, Janzen HH, Leggett ME (1989). Microbially mediated increases in plant available phosphorus. Adv Agron 42:199-228.
- Kumar V, Narula N (1999). Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum*. Biol Fert Soils, 28:301-305.
- McGuire GR (1992). Reporting of objective color measurements. HortScience 27(12): 1254-1255.
- Nautiyal CS, Bhaduria S, Kumar P, Lal H, Mondal R, Verma D (2000). Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. FEMS Microb Lett 182:291-296.
- Öztürk A, Çağlar O, Şahin F (2003). Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. J Plant Nutr Soil Sci 166. 1-5.
- Özyılmaz E, Benlioğlu K (2012). Fosfat çözen bakterilerin pamuk bitkisinin gelişimine ve Verticillium solgunluğu'na etkileri. Türk. Biyo. Müc. Derg. 3(1): 47-62.
- Pal SS (1999). Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. Plant Soil, 213:221-230.
- Pearson D (1970). The Chemical Analysis of Foods. Chemical Publishing Co Inc, New York, USA.
- Paul EA, Clark FE (1996). Soil Microbiology and Biochemistry Academic Press, San Diego, CA.
- Rodriguez H, Fraga R (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances. 17:319-339.

- Sahin F, Çakmakçı R, Kantar F (2004). Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N<sub>2</sub>-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil* 265:123- 129.
- Scheffer F, Schachtschabel P (1992). *Lehrbuch der bokenkunde*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Germany.
- Sevgican A (2002). Örtüaltı Sebzeçiliği. Cilt I ve II. Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları. Bornova, İzmir.
- Smith JH, Allison FE, Soulides DA (1962). Phosphobacteria as a soil inoculant. *Tech US Dept Agricult Bul.* 1:63–70.
- 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, 11-13 Ekim, Tokat, 939-944.
- Tüzel Y, Ul MA, Tüzel İH (1993) Effects of different irrigation intervals and rates on spring season glasshouse tomato production: II. fruit quality. *Acta Hort.* 366:389-396.
- Vassilev N, Fenice M, Federici F (1996). Rock phosphate solubilization with gluconic acid produced by immobilized *Penicillium variabile* P16. *Biotec Tech.* 10:585-588.
- Whitelaw MA (2000). Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. *Adv Agron.* 69:99-151.
- Yadav KS, Dadarwal KR (1997). Phosphate solubilization and mobilization through soil microorganisms. In: *Biot. Appr. Soil Micr. Sust. Crop Prod.* 293–308.
- Yolcu H, Güneş A, Güllap MK, 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.