

Domates bakteriyel solgunluk hastalığının bitki büyüme düzenleyici kökbakterileri ile biyolojik mücadelesi¹

Raziye ÇETİNKAYA YILDIZ², Yeşim AYSAN³

Biological control of tomato bacterial wilt disease by plant growth promoting rhizobacteria

Abstract: In this study, the use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) was investigated as an alternative method to chemical control of tomato bacterial wilt disease. A total of 499 candidate bacterial isolates were isolated from 39 different rhizosphere-associated soils from different tomato growing fields in Adana, Antalya, Hatay, Osmaniye, Mersin and Mugla provinces. Among these isolates, 30 candidate bacterial isolates were initially selected as PGPR which solubilize phosphorus and fix nitrogen. The most efficient eight candidate PGPR isolates were further assessed for to suppression of tomato bacterial wilt disease in *in vivo* pot experiments. In the pot experiments Y1.6.7 and N6.6.21 coded PGPR isolates reduced disease development by an average of 38 and 54 %, respectively. The most efficient two PGPR isolates and their combination were further used for field experiments. Field experiments revealed that disease severity was significantly suppressed by an average of 43% by Y1.6.7.+ N6.6.21 coded PGPR treatment. PGPR isolates also promoted plant growth (plant height and stem diameter) at varying ratios in the infected tomato plants.

Key words: Tomato, bacterial wilt disease, biological control, PGPR

Öz: Bu çalışma da domateslerde bakteriyel solgunluk hastalığı ile kimyasal mücadeleye alternatif olarak bitki büyüme düzenleyici kökbakterilerinin (PGPR) kullanılma olanakları araştırılmıştır. Adana, Antalya, Hatay, Osmaniye, Mersin ve Muğla illerinden temin edilen 39 farklı toprak örneğinden 499 adet aday PGPR bakteri izolatu elde edilmiştir. Bu izolatlar arasında en fazla fosforu çözüme, azotu bağlama özelliklerine sahip 30 izolat aday PGPR olarak seçilmiş olup, bu izolatlar arasında en etkili olan sekiz izolatın bakteriyel solgunluk hastalığını baskılayabilme potansiyelleri *in vivo* saksı çalışmaları ile belirlenmiştir. Saksı çalışmalarında Y1.6.7 ve N6.6.21 kodlu PGPR izolatları hastalık gelişimini sırasıyla ortalama % 38 ve % 54 oranında azaltmıştır. Saksı çalışmaları sonucunda en etkili bulunan 2 izolat ve kombinasyonu ile tarla çalışmaları yürütülmüştür. Y1.6.7.+N6.6.21 kodlu PGPR uygulamasının domates bitkilerinde hastalık şiddetini tarla koşullarında ortalama % 43

¹Bu çalışma, sorumlu yazarın doktora tezinin bir bölümüdür. Bu çalışmanın bir bölümü 27-29 Ağustos 2007 tarihleri arasında Isparta'da düzenlenen Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi'nde Poster Bildiri olarak yayınlanmıştır

²Adana Biyolojik Mücadele Araştırma İstasyonu –01321 Adana

³Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü – 01330 Adana

Sorumlu yazar (Corresponding author) e-mail: yildizcr@yahoo.com

Alınış (Recieved): 10.06.2014

Kabul edilmiş (Accepted): 30.06.2014

oranında azalttığı belirlenmiştir. PGPR izolatları hastalıkla bulaşık bitkilerde bitki gelişimini (bitki boyu ve gövde çapı) çeşitli oranlarda artırmıştır.

Anahtar sözcükler: Domates, bakteriyel solgunluk hastalığı, biyolojik mücadele, PGPR

Giriş:

Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yüksek vitamin ve mineral içeriği ile dünyada ve ülkemizde tüketimi oldukça yoğun olan sebzelerden biridir. Domates iç piyasada taze olarak tüketilmesinin yanı sıra gıda endüstrisinde de ham madde olarak kullanılmakta, dış pazarlara ise taze olarak veya işlenerek ihraç edilmektedir (Anonymous 2005). Ülkemizin farklı iklim bölgelerine sahip oluşu hem açık alanda hem de örtü altında sofralık ve sanayi domatesinin üretilmesine olanak sağlamaktadır. Domateslerde fungal ve viral hastalık etmenlerinin yanı sıra pek çok bakteriyel etmende önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır (Karaca & Saygılı 1982). Bu bakteriyel hastalıklardan biride *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et al.'in (*Cmm*) neden olduğu bakteriyel solgunluk hastalığıdır. Bakteriyel solgunluk hastalığı ilk kez 1909 yılında Amerika Birleşik Devletlerinin Michigan eyaletinde domates üretim alanlarında saptanmış daha sonra dünyanın domates yetiştirilen pek çok bölgesinde rapor edilmiştir (Gleason et al. 1993). Tokgönül (1998) Türkiye'de hastalığın ilk kez 1950 yılında Bremer ve Özkan tarafından İç Anadolu bölgesinde saptandığını, daha sonra farklı araştırmacılar tarafından Güney Doğu Anadolu, Marmara ve Ege bölgelerinde rapor edildiğini bildirmiştir. Çınar 1980 yılında etmeni Doğu Akdeniz bölgesinde belirlemiş, daha sonra patojen Batı Akdeniz (Basim et al. 2004) ve Doğu Anadolu (Sahin et al. 2002) bölgelerinde domates üretim alanlarında saptanmıştır.

Hastalık belirtileri sistemik veya lokalize olmuş enfeksiyonlardan meydana gelmelerine göre farklılık göstermektedir. Enfeksiyon tohum veya açılan yaralar yolu ile direkt iletim demetleri dokusu içerisine taşınan inokulumdan meydana gelirse sistemik enfeksiyonun belirtileri oluşmaktadır. Bu durumda hastalık ilk olarak solgunluk ile kendini göstermektedir. Sistemik enfeksiyonda genç fideler hızla solup çökmekte, yaşlı bitkilerde ise solgunluk belirtileri yavaş ve aşama aşama gerçekleşmektedir. Eğer patojen hidatodlar gibi doğal açıklıklar veya tüylerin kırılması ile açılan yaralardan giriş yapmışsa, ilk olarak nekrozlar ve yaprak lekeleri ile kendini gösteren lokalize olmuş belirtiler görülmektedir. Yaprakçıkların kenar nekrozları genellikle lokalize olmuş enfeksiyonların ilk belirtileridir. Meyvelerde kuş gözü lekesi olarak bilinen ve taze olarak tüketilen meyvenin pazar değerini düşüren küçük (0.3 cm çapından daha küçük), beyaz hale ile çevrili kahverengimsi lezyonlar etmenin lokalize olmuş enfeksiyonunda görülmektedir. *Cmm* domates bitkisinde kalitenin yanısıra kantite de azalmaya neden olmaktadır. Bakteriyel solgunluk hastalığı domatesin en korkulan ve yıkıcı hastalıklarından biri olarak tanımlanmakta ve % 60-80'nin üzerinde ürün kayıpları ile sonuçlanan epidemiler oluşturduğu bildirilmektedir (Sherf & Macnab 1986). Etmen Amerika Birleşik Devletlerinin Midwest, Ontario ve Kuzey Carolina eyaletlerinde farklı yıllarda oluşturduğu epidemilerde üretici bazında % 80'nin

üzerinde, bölgesel olarak ise % 5-10 oranında ürün kaybına neden olmuştur (Gleason et al. 1993). Fideler tarlaya şaşırtılmadan önce etmen tarafından enfektelendiğinde ise çevre şartlarına bağlı olarak ürün miktarının % 63-93 oranında azaldığı gözlenmiştir (Ricker & Riedel 1993).

Bitki hastalıkları ile mücadelede yoğun kimyasal kullanımının insan sağlığı ve doğa üzerine olan olumsuz etkilerinin ortaya çıkması araştırmacıları biyolojik mücadeleyi de kapsayan alternatif yöntemler üzerinde çalışmaya yönlendirmiştir. Yaklaşık 60 yıldır üzerinde bilimsel olarak çalışılan ve kısaca PGPR olarak adlandırılan bitki büyümesini teşvik eden kökbakterileri (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) hem bitkilerde hastalık oluşturan pek çok bakteriyel, fungal ve viral etmene karşı bitkide bulunan doğal dayanıklılığı teşvik etmekte, hemde bitki büyümesini artırıcı özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir (Backman et al. 1997; Weller 1988; Wei et al. 1996). Kök bakterileri yaşam alanı ve besin için rekabet, patojen gelişimini engelleyici kimyasalların üretimi, siderefor üretimi ve bitkide teşvik edilmiş dayanıklılığın harekete geçirilmesi gibi çeşitli mekanizmaları kullanabilmektedirler (Compant et al. 2005).

Bu çalışmada Adana, Mersin, Antalya, Muğla, Hatay ve Osmaniye illerinde, sağlıklı olduğu gözlenen domates bitkilerinin kök bölgesinden alınan toprak örneklerinden izole edilen ve bitki gelişimini artıran kök bakteri izolatlarının domates bakteriyel solgunluk hastalığına karşı biyolojik mücadele olanakları araştırılmıştır.

Materyal ve yöntem

Materyal

Çalışmanın materyalini Tübitak 1050465 no'lu proje çerçevesinde Mersin ilinden köyünden izole edilerek geleneksel ve moleküler yöntemlerle *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* olarak tanımlanan Cmm 3/1A kodlu izolat (Çetinkaya Yıldız & Aysan 2008), aday PGPR izolatları, ISR 2000 (*Lactobacillus acidophilus* + maya ekstraktı + bitki ekstraktı + benzoik asit -Improcrop Firması) ticari isimli bitki aktivatörü, besi yerleri, çeşitli kimyasallar, domates fideleri, hassas terazi, magnetik karıştırıcı, otoklav, spektrofotometre, erlen çalkalayıcı steril kabin ve inkübatör oluşturmuştur.

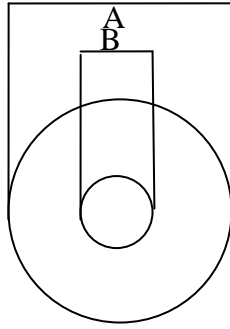
Yöntem

Aday PGPR izolatlarının izolasyonu ve seçimi

Aday PGPR'ların izolasyonu için Adana, Mersin, Antalya, Muğla, Hatay ve Osmaniye illerinde domates üretim alanlarında diğer bitkilere göre daha iyi gelişim gösteren ve sağlıklı görünen domates bitkilerinin kök bölgesi toprağından, kılcal kökleri de içerecek şekilde örnekler alınmıştır. Örnekler kurutularak elenmiştir. 10 gr toprak örneği 90 ml Nutrient broth içerisinde 100 devir/dakika hızda 2 saat çalkalanmıştır. Elde edilen süspansiyondan seyreltme serisi hazırlanmış ve 3 tekrarlı olarak King B besi yerine yayılmıştır (King et al. 1954). 25 °C'de 48 saat inkübasyondan sonra petrilerdeki koloni gelişmeleri incelenerek farklı morfolojik

gelişim gösteren koloniler saflaştırılmıştır. Toprakten elde edilen aday PGPR izolatları arasında seçim fosfatı indirgeme ve azotu bağlama özelliklerine göre yapılmıştır (Johri et al. 1999; Nautiyal et al. 1999; Ahmad et al. 2005).

Toprakten izole edilen bakterilerin fosforu (P) çözme yeteneklerini belirlemek için iki yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntemde topraktan izole edilen aday izolatlar tüplerde hazırlanan sıvı NBRIP (National Botanical Research Institute's phosphate growth medium) (Nautiyal et al. 1999) besi yerine üç tekerrürlü olarak aşılanmış ve yedi gün 25 °C'de 80 devir/dakika çalkalanarak inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra izolatların absorbans değerleri spektrofotometre'de 400 nm'de ölçülerek kaydedilmiştir. Başlangıçta koyu mavi renk olan sıvı besi yerinde, inkübasyon sonunda renk açılmasına neden olan ve absorbans değeri en küçük olan izolatlar aday PGPR olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan ikinci yöntemde ise aday PGPR izolatları steril kürdan yardımı ile katı NBRIP besi yeri içeren petrilere, her bir petride 9 izolat olacak şekilde ekilmiştir. Üç tekerrürlü olarak kurulan denemede, bir hafta sonra değerlendirme yapılmış ve bakteri kolonisinin etrafındaki şeffaf zonun çapı ve bakteri kolonisinin çapı ölçülüp çıkan değerler birbirine oranlanarak fosfor çözme indeksi belirlenmiştir.



Çözülebilir fosfor indeksi= A/B

A: Şeffaf zon çapı

B: Bakteri kolonisinin çapı

Şekil 1. Çözülebilir fosfor indeksinin hesaplanması

Figure 1. Calculation of soluble phosphate index

Toprakten elde edilen bakteri izolatlarının azotu bağlama yeteneklerinin belirlenmesi amacı ile azot içermeyen Jensen's besi yeri hazırlanmıştır (Ahmad et al. 2005). İzolatlarımız üç tekerrürlü olarak Jensen's besi yerine çizgi ekim yapılmıştır. Azot içermeyen besi yerinde gelişim gösteren izolatlar aday PGPR izolatlar olarak değerlendirilmiştir.

Elde edilen izolatlardan fosfor çözme indeksi en yüksek olan ve azot bağlama özelliğine sahip olan 30 izolat seçilmiş ve bu izolatların sıvı NBRIP (Nautiyal et al. 2000) besi yerinde çözebildiği fosfor miktarları Barton (1948) yöntemine göre belirlenmiştir. Saksı ve tarla denemelerinde kullanılmak üzere seçilen izolatların patojen olup olmadıklarının saptanması için patatesteki pektolitik aktivite ve tütünde aşırı duyarlılık reaksiyonları belirlenmiştir (Lelliott & Stead 1987).

Aday PGPR izolatlarının domates'te bakteriyel solgunluk hastalığının gelişimi üzerine etkisinin belirlenmesi

Saksı çalışması: Çalışmada Netta çeşidi domates fideleri, pozitif kontrol olarak Cmm 3/1A kodlu Cmm bölge izolatu (1.1×10^7 hücre/ml), negatif kontrol olarak steril su, karşılaştırma uygulaması olarak ISR 2000 ve sekiz adet aday PGPR izolatu (Y1.6.7; N6.6.21; Y6.4; Y9.4.9; R3.3.6; E3.5.2; R6.3.1 ve R2.1) kullanılmıştır. King B besi yerinde 24-48 saat geliştirilmiş olan aday PGPR izolatlarının yoğunluğu steril su ile spektrofotometre kullanılarak 600 nm dalga boyunda 0.3 absorbans değerine ayarlanmıştır. Domates fideleri, uygulama süspansiyonları içerisine 15 dakika daldırılmıştır. Köklere aday PGPR'ların kolonizasyonu sağlandıktan sonra uygulama görmüş bitkiler fosforca fakir özellikte toprak (% 2.7 Kireç, 3.75 kg/da Fosfor, pH: 7.54) içeren saksılara şaşırtılmıştır. Uygulamadan bir hafta sonra domates bitkilerinin gövdesine steril bir enjektör yardımıyla 1.1×10^7 hücre/ml yoğunluğundaki patojen süspansiyonundan 100 µl inokule edilmiştir. Pozitif kontrol olarak steril suya daldırılan fidelere patojen inokulasyonu yapılmıştır. Negatif kontrol olarak ise sadece steril suya daldırılan bitkiler kullanılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 6 tekrarlı olarak 2 kez kurulmuştur. İnokulasyon sonrasında bitkiler günlük olarak incelenmiş ve pozitif kontrol parselindeki bitkilerde hastalık belirtileri gözlemlendiğinde bitkiler boyuna kesilmiş ve iletim demetlerindeki lezyon boyu ölçülerek değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca uygulamalarda yer alan bitkilerin bitki boyları ve gövde çapları ölçülerek aday PGPR'ların bitki büyümesine olan etkileri belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada uygulamalar arasındaki farklar ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ($p \leq 0.05$) ile değerlendirilmiş ve uygulamaların etkinliği % Abbot formülüne göre hesaplanmıştır.

Tarla çalışması: Saksı denemesinde en iyi sonuç veren iki izolat (Y1.6.7 ve N6.6.21) ve kombinasyonu (Y1.6.7 + N6.6.21) ile ISR 2000'nin bakteriyel solgunluk hastalığını engelleme yeteneği tarla koşullarında belirlenmiştir. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlı ve her tekrarda 10 bitki olacak şekilde planlanmıştır. Çalışmada Netta çeşidi domates fideleri kullanılmıştır. Fideler yoğunluğu spektrofotometrede 600 nm dalga boyunda 0.3 absorbans değerine ayarlanmış aday PGPR süspansiyonlarına 15 dakika daldırılmıştır. ISR 2000 ise firma tarafından önerilen dozda kullanılmıştır. Uygulamadan sonra fideler tarlaya şaşırtılmış ve bir hafta sonra fidelerin gövdesine 1.1×10^7 hücre/ml yoğunluğundaki patojen süspansiyonundan 100 µl inokule edilmiştir. Pozitif kontrol olarak steril suya daldırılan fidelere patojen inokulasyonu yapılmıştır. Negatif kontrol olarak ise sadece steril suya daldırılan bitkiler kullanılmıştır. İnokulasyon sonrasında bitkiler günlük olarak incelenmiş ve pozitif kontrol parselindeki bitkilerde hastalık belirtileri gözlemlendiğinde, bitkiler boyuna kesilmiş ve iletim demetlerindeki lezyon boyu ölçülerek değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca uygulamalarda yer alan bitkilerin, bitki boyları ve gövde çapları ölçülerek aday PGPR'ların bitki büyümesine etkisi belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada uygulamalar arasındaki farklar ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ($p \leq 0.05$) ile değerlendirilmiş ve uygulamaların etkinliği % Abbot formülüne göre hesaplanmıştır.

Bulgular ve tartışma

Aday PGPR izolatlarının izolasyonu ve seçimi

Adana, Mersin, Antalya, Muğla, Hatay ve Osmaniye illerinden alınan toplam 39 adet toprak örneğinden yapılan izolasyonlarda morfolojik açıdan birbirinden farklı 499 adet bakteri izolatu elde edilmiştir.

Aday PGPR izolatlarının fosforu çözme yeteneklerinin belirlenmesi için izole edilen 499 adet izolatu 386 adeti birinci yöntemle çalışılmış olup toplam 34 adet izolat sıvı NBRIP besi yerinde renk açılması oluşturmuştur. Spektrofotometre'de 400 nm'de yapılan ölçümlerde bu izolatların absorbans değerlerinin 0.141 ile 0.289 arasında değiştiği saptanmıştır. İkinci yöntemde ise 113 adet aday PGPR ile çalışılmış, toplam 17 adet izolat 1.21 ile 6.60 arasında değişen indeks değerlerinde fosforu çözmüşlerdir.

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki toprakta fosfor miktarı yeterli olsa yada düzenli olarak gübreleme yapılsa dahi, bitkilerce alım etkinliği düşük olabilmektedir. Alınabilir fosfor yüksek verim için genellikle yetersizdir ve uygulanan inorganik fosfor da gübrelemeden hemen sonra fikse edilmektedir. Kimyasal gübre fiyatlarının yükselmesi, çevreye olumsuz etkilerinin ortaya çıkması; doğal olarak meydana gelebilen, güvenilir, alternatif fosfor gübrelere ortaya konulmasını gündeme getirmiş; kaya fosfatını parçalayan bakterilerin, izolasyonu, tanısı, araştırılması, geliştirilmesi ve kullanımı benimsenmeye başlamıştır. Bunun içinde özellikle toprakta bulunan ve çözülmeyen formdaki fosfatı çözerek bitkinin alacağı forma getiren bakteriler önem kazanmıştır (Nautiyal 1999; Çakmakçı 2005).

Aday PGPR izolatlarının azotu bağlama özelliklerinin belirlenmesi için 499 adet bakteri izolatu Jensen's besi yerine çizilmiş bunların 21 tanesinin besi yerinde geliştiği gözlenerek bu izolatlar pozitif olarak kabul edilmişlerdir.

Fosforu çözen bakterilerin seçiminde sadece sıvı NBRIP besi yerinde renk açılması veya fosfor çözme indeksi yeterli değildir. Bu nedenle aday PGPR bakterinin sıvı besi yerinde çözdüğü fosfor miktarının saptanması gerekmektedir. Bu amaçla iki farklı yöntemle fosforu çözdüğü belirlenen toplam 51 adet aday PGPR izolatu ve Jensen's besi yerinde gelişim gösteren toplam 21 izolattan en iyi sonucu veren 30 tanesi seçilerek sıvı NBRIP besi yerindeki fosfor çözme miktarı belirlenmiştir (Çizelge 1). Çizelge 1'de görüldüğü üzere sıvı NBRIP besi yerinde 725.83 ppm ile en fazla fosfor çözen bakteri izolatu E3.5.2 kodlu izolattır. Saksı çalışmalarında kullanılmak üzere fosfor çözme indeksi en yüksek olan ilk yedi izolat [E3.5.2; Y6.4; Y1.6.7; R6.3.1; Y9.4.9; R3.3.6; N6.6.21 kodlu bakteri izolatları] ile fosfor çözme indeksi diğerlerine nazaran düşük (446.7 ppm) olmasına rağmen azot fikse etme özelliğine sahip olan R2.1 izolatu seçilmiştir. Yapılan biyokimyasal testler sonucunda seçilen izolatların patatesteki pektolitik aktivite ve

tütün yapraklarında aşırı duyarlılık reaksiyonu oluşturmadığı, dolayısı ile söz konusu bakteri izolatlarının bitki patojeni olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 1:Seçilen 30 izolatın sıvı NBRIP besi yerinde çözdüğü fosfor miktarı
Table 1:Solubilizing phosphorus in liquid NBRIP medium of selected 30 strains

İzolat Adı	Çözünen P miktarı (ppm)	İzolat Adı	Çözünen P miktarı (ppm)
Kontrol	9,6	N1.5.10	398.65
E3.5.2	725.83	Y3.6.2	397.01
Y6.4	704.66	N1.4.22	392.85
Y1.6.7	644.66	E2.5.6	391.93
R6.3.1	631.33	R7.4.6	357.41
Y9.4.9	574.63	Ka.5.7	341.93
R3.3.6	550.61	N4.4.2	338.35
N6.6.21	501.41	E7.4.8	320.6
R10.3.2	497.96	Y2.4.8	289.93
Y6.4	489.16	R5.1	266.8
R2.5.2	486.7	R4.1	260.85
R11.4.2	476.01	E3.4.12	257.4
N3.5.8	468.55	R8.3.1	226.63
N3.6.2	457.73	Y3.5.7	213.98
R2.1	446.7	R4.3.4	211.56
N6.4.5	428.21		

Seçilen sekiz izolat ile saksı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Saksı çalışmalarında en etkili bulunan 2 izolat ve kombinasyonu ile tarla çalışmaları yürütülmüştür. Çalışmada karşılaştırma uygulaması olarak ise ticari bir bitki aktivatörü olan ISR 2000 kullanılmıştır.

Aday PGPR izolatlarının domates'te bakteriyel solgunluk hastalığının gelişimi üzerine etkisinin belirlenmesi

Saksı çalışması: Çalışma Ç. Ü. Bitki Koruma Bölümü iklim odasında ve Ç. Ü. Araştırma ve Uygulama Parseli serasında Mart- Mayıs 2006 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Pozitif kontrol bitkilerde inokulasyondan 32 gün sonra tipik yaprak belirtileri gözlenmeye başlanmıştır. İnokulasyondan 60 gün sonra ise pozitif kontrol bitkilerde gövde belirtileri de gözlenmiş ve değerlendirme yapılmıştır. Yapılan çalışmada N6.6.21 kodlu izolatın Ç.Ü. Araştırma ve Uygulama Parselinde kurulan denemede % 80.5 gibi büyük bir oranda hastalığı baskıladığı gözlenmiştir. Aynı uygulama iklim odasında kurulan denemede ise hastalık çıkışını % 26.5 oranında baskılamıştır. İklim odasında hastalığı engellemede en yüksek başarıyı gösteren izolat ise % 52.3'lik oran ile Y6.4 izolatı olmuştur. Aynı izolatın Ç.Ü. Araştırma ve Uygulama Parselinde yapılan denemede % 34.1 oranında hastalığı engellediği saptanmıştır. *Cmm*'i baskılamada en az etki gösteren izolatlar ise Ç.Ü. Araştırma ve Uygulama Parselinde yapılan denemede hastalığı % 21.5 oranında engelleyen R3.3.6 izolatı ile iklim odasında kurulan denemede hastalığı

% 13.9 oranında engelleyen R2.1 izolatu olmuştur. Negatif kontrol olarak hiçbir uygulama yapılmayan bitkilerde ise herhangi bir hastalık simptomu gözlenmemiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2: PGPR izolatlarının saksıda domates bakteriyel solgunluk hastalığının gelişimi üzerine etkisi

Table 2: Effect of PGPR isolates on development of tomato bacterial wilt disease in pots

Uygulamalar	Saksı çalışması			
	1.Saksı denemesi		2.Saksı denemesi	
	İletim demetlerinde lezyon boyu (cm)*	Etki (%)	İletim demetlerinde lezyon boyu (cm)*	Etki (%)
Pozitif Kont.	5.6 ^a	0.0	6.8 ^a	0.0
Y1.6.7	3.7 ^{bcd}	33.3	3.9 ^{cd}	42.2
N6.6.21	4.1 ^{bc}	26.5	1.3 ^e	80.5
R2.1	4.8 ^{ab}	13.9	3.6 ^d	46.2
Y6.4	2.7 ^d	52.3	4.5 ^{bcd}	34.1
Y9.4.91	4.8 ^{ab}	14.2	5.0 ^{bc}	25.6
R3.3.6	4.0 ^{bc}	28.5	5.3 ^b	21.5
E.3.5.2	3.2 ^{cd}	42.6	5.0 ^{bc}	25.6
R6.3.1	4.1 ^{bc}	27.0	3.7 ^d	44.9
ISR 2000	4.1 ^{bc}	26.1	5.2 ^{bcd}	23.7

*Sütun içerisindeki ortalama değerler yanındaki aynı harfler uygulamalar arasındaki farkın önemli olmadığını göstermektedir (Duncan çoklu karşılaştırma testi, $p \leq 0.05$).

Ayrıca, yapılan saksı denemelerinde PGPR uygulamalarının domates bitkilerinin bitki boyuna ve gövde çapına olan etkisi değerlendirilmiştir. Ç.Ü. Araştırma ve Uygulama Parseli serasında kurulan birinci denemede Y1.6.7 ve N6.6.21 uygulamaları bitki boyunu pozitif kontrole göre sırası ile % 22 ve % 30.3 oranında artırmış ve negatif kontrol ile istatistiki olarak aynı grup içerisinde yer almıştır. R3.3.6, R6.3.1 ve ISR 2000 uygulamaları ise negatif bir etki göstermişler ve bitki boyunda pozitif kontrole göre azalmaya neden olmuşlardır. Yapılan uygulamaların gövde çapına olan etkisine bakıldığında ise en etkili uygulamanın % 17.3'lük artış gösteren Y1.6.7 uygulaması olduğu saptanmıştır. Bu uygulamayı % 15.1'lik artış ile N6.6.21 uygulaması takip etmiştir. Uygulamalardan hiç biri gövde çapını negatif yönde etkilemezken bütün uygulamalar istatistiki olarak birbirine yakın gruplar içinde yer almıştır (Çizelge 3).

Ç.Ü. Bitki Koruma bölümü iklim odasında kurulan ikinci saksı denemesinde ise birinci denemeye göre bitki boyunda genel bir düşüş gözlenmiştir. En etkili uygulama %14.5'lik artış ile R6.3.1 uygulaması olarak saptanmış, bunu % 10.9'luk artış ile Y9.4.9 uygulaması takip etmiştir. N6.6.21, E3.5.2 ve ISR 2000 uygulamaları ise bitki boyunu sırası ile % -4.6, % -4.6 ve % -4.7 oranlarında azaltmıştır.

Çizelge 3. PGPR izolatlarının saksıda enfekteli domates bitkilerinin bitki boyuna ve gövde çapına olan etkisi

Table 3: Effect of PGPR isolates on plant length and stem diameter of infected tomato plants in pots

Uygulama	Bitki boyu (cm)				Gövde çapı (mm)			
	1.Saksı denemesi		2.Saksı denemesi		1.Saksı denemesi		2.Saksı denemesi	
	Ort.*	Etki (%)	Ort.*	Etki (%)	Ort.*	Etki (%)	Ort.*	Etki (%)
Pozitif								
Kontrol	16.4 ^d	0.0	12.9 ^{cd}	0.0	0.6 ^b	0.0	0.6 ^f	0.0
Negatif								
Kontrol	24.0 ^a	31.7	15.4 ^a	16.5	0.8 ^a	24.4	0.8 ^a	16.0
Y1.6.7	21.0 ^{ab}	22.0	13.6 ^c	5.3	0.8 ^{ab}	17.3	0.6 ^b	1.6
N6.6.21	23.0 ^a	30.3	12.3 ^d	-4.6	0.7 ^{ab}	15.1	0.6 ^{bc}	1.6
R2.1	18.6 ^{bc}	12.0	13.2 ^{cd}	2.9	0.7 ^{ab}	12.7	0.7 ^{bcd}	6.0
Y6.4	17.1 ^{cd}	3.8	13.0 ^{cd}	0.9	0.6 ^{ab}	0.0	0.7 ^f	10.0
Y9.4.9	17.8 ^{cd}	7.6	14.4 ^b	10.9	0.7 ^b	8.8	0.6 ^{cde}	-1.6
R3.3.6	16.4 ^d	-0.1	12.9 ^{cd}	0.5	0.7 ^{ab}	12.7	0.7 ^{bcd}	7.4
E3.5.2	17.1 ^{cd}	4.0	12.3 ^d	-4.6	0.6 ^b	10.1	0.6 ^{cde}	-1.6
R6.3.1	16.2 ^{cd}	-1.1	15.0 ^{ab}	14.5	0.7 ^{ab}	4.6	0.7 ^{ef}	6.0
ISR 2000	16.0 ^e	-2.8	12.3 ^d	-4.7	0.7 ^b	8.8	0.6 ^{def}	-1.6

*Sütun içerisindeki ortalama değerler yanındaki aynı harfler uygulamalar arasındaki farkın önemli olmadığını göstermektedir (Duncan çoklu karşılaştırma testi, $p \leq 0.05$).

İklim odasında kurulan ikinci denemede uygulamaların gövde çapına olan etkisine bakıldığında ise Y6.4 uygulaması % 10'luk artışa neden olarak en etkili uygulama olarak saptanmış, bunu % 6'lık artışla R2.1 ve R6.3.1 uygulamaları takip etmiştir. Y9.4.9, E3.5.2 ve ISR 2000 uygulamaları ise gövde çapını % 1.6 oranında azaltmıştır.

Tarla çalışması: Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Araştırma ve Uygulama parselinde 2006 yılında kurulan birinci tarla denemesinde aday PGPR izolatları birbirine çok yakın sonuçlar göstermiştir. En etkili uygulama olan Y1.6.7 uygulaması hastalığı % 50.6 oranında baskılamak, bunu takip eden N6.6.21 ile Y1.6.7 + N6.6.21 uygulamaları sırasıyla % 50.1 ve % 50.0 oranlarında hastalık gelişimini engellemiştir. ISR 2000 uygulamasında ise % 33.8'lik bir etki gözlenmiştir.

2007 yılında kurulan ikinci tarla denemesinde ise Y1.6.7 + N6.6.21 uygulamasının hastalık gelişimini % 35.8 oranında baskıladığı saptanmıştır. Y1.6.7 ve N6.6.21 izolatları hastalık gelişimini % 28.3 oranında engellerken, ISR 2000 uygulamasının % 22.9 oranında etkinlik gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4: PGPR izolatlarının tarla koşullarında domates bakteriyel solgunluk hastalığı gelişimi üzerine etkisi

Table 4: Effect of PGPR isolates on development of tomato bacterial wilt disease in field experiment

Uygulamalar	Tarla çalışması			
	1.Tarla denemesi		2.Tarla denemesi	
	İletim demetlerinde lezyon boyu (cm)*	Etki (%)	İletim demetlerinde lezyon boyu (cm)*	Etki (%)
Pozitif Kontrol	40.2 ^a	-	23.3 ^a	-
ISR2000	26.6 ^b	33.8	18.0 ^b	22.9
Y1.6.7	19.9 ^c	50.6	16.8 ^{bc}	28.3
N6.6.21	20.1 ^c	50.1	16.8 ^{bc}	28.3
Y1.6.7+N6.6.21	20.1 ^c	50.0	15.0 ^c	35.8

*Sütun içerisindeki ortalama değerler yanındaki aynı harfler uygulamalar arasındaki farkın önemli olmadığını göstermektedir (Duncan çoklu karşılaştırma testi, $p \leq 0.05$).

Doğal koşullar altında iki kez tekrar edilen deneme sonuçlarına göre kullanılan iki PGPR izolatı (Y1.6.7 ve N6.6.21) ve kombinasyonu domates bakteriyel solgunluk hastalığını baskı altına almada başarılı olmuştur. Özellikle birden çok izolat karışımının tekli uygulamalardan daha etkin sonuçlar verdiği Romero et al. (2003) ile Anith et al. (2004) tarafından yapılan çalışmalarda da ortaya konulmaktadır. Mirik (2005) tarafından yapılan doktora tezinde, PGPR izolatları ve kombinasyonlarının biber bakteriyel leke hastalığının şiddetini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Bağlar'da yapılan bir çalışmada ise kök boğazı uru etmeni *Agrobacterium vitis*'i engellemede PGPR'ların rolü araştırılmış ve kullanılan 10 adet PGPR izolatından beşinin ur sayısı, büyüklüğü ve ağırlığını önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır (Küsek 2007).

Yapılan uygulamaların bitki gelişimine etkisine bakıldığında ise Y1.6.7 kodlu PGPR izolatının, birinci yıl tarla denemesinde bitki boyunu % 29.0 ikinci yıl ise % 21.1 oranında artıran en etkili uygulama olduğu saptanmıştır. Bu uygulamanın istatistiki olarak diğer uygulamalardan farklı olduğu belirlenmiştir. ISR 2000 uygulaması ise yapılan birinci denemede % 8.6, ikinci denemede ise % 8.8 oranında bitki boyunda artış oluşturmuştur. Uygulamaların hiç biri bitki boyunda negatif etki göstermemiştir (Çizelge 5). Saksı çalışmalarında da bitki boyunu en fazla artıran izolatlardan biri olan Y1.6.7 izolatı tarla denemesinde de en etkili izolat olarak belirlenmiştir. Bu sonuç iki yıl yapılan tarla çalışmaları ile de desteklenmiştir.

PGPR uygulamalarının enfekteli domates bitkilerinde gövde çapına olan etkisine bakıldığında önemli bir istatistiki fark oluşturmadıkları gözlenmiştir. Uygulamalar domates bitkisinin gövde çapında % 3.7 ile 20.4 arasında değişen oranlarda artış sağlamıştır. Y1.6.7+ N6.6.21 uygulaması ilk denemede % 17.6; ikinci denemede ise % 20.4'lük bir artış sağlayan en etkili uygulama olarak belirlenmiştir. Birinci yıl yapılan tarla denemesinde ISR 2000 uygulaması en az artış gösteren uygulama (% 3.7) olurken, ikinci yıl Y1.6.7 uygulaması (% 9.3) en az artış sağlayan uygulama olarak belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5: PGPR izolatlarının tarla çalışmalarında enfekteli domates bitkilerinin bitki boyuna ve gövde çapına olan etkisi

Table 5: Effect of PGPR isolates on length and stem diameter of infected tomato plants in field experiment

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)				Gövde çapı (mm)			
	1.Tarla denemesi		2.Tarla denemesi		1. Tarla denemesi		2. Tarla denemesi	
	Ort.*	Etki (%)	Ort.*	Etki (%)	Ort.*	Etki (%)	Ort.*	Etki (%)
Pozitif								
Kontrol	100.1 ^b	0.0	77.5 ^c	0.0	11.7 ^b	0.0	9.8 ^b	0.0
Negatif								
Kontrol	114.6 ^{ab}	12.6	94.3 ^{ab}	17.8	13.7 ^a	14.9	12.0 ^a	18.8
ISR 2000	109.5 ^{ab}	8.6	85.0 ^{bc}	8.8	12.1 ^a	3.7	11.3 ^a	13.3
Y1.6.7	140.9 ^a	29.0	98.3 ^a	21.1	13.7 ^a	14.8	10.8 ^{ab}	9.3
N6.6.21	101.1 ^b	0.9	85.0 ^{bc}	8.8	13.7 ^a	14.8	11.0 ^{ab}	11.4
Y1.6.7 +								
N6.6.21	108.6 ^{ab}	7.8	86.2 ^{bc}	10.1	14.2 ^a	17.6	12.2 ^a	20.4

*Sütun içerisindeki ortalama değerler yanındaki aynı harfler uygulamalar arasındaki farkın önemli olmadığını göstermektedir (Duncan çoklu karşılaştırma testi. $p \leq 0.05$).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar çeşitli araştırmacıların sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Weller (1988) aday PGPR izolatlarının bitki büyümesine olan etkisinin, bakterinin köklere kolonize olmasına ve orada yaşayabilme yeteneğine bağlı olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle aday PGPR izolatlarının bitki büyümesine olan etkisinde farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Pierson & Weller (1994) floresan *Pseudomonas*'ları kombine ederek buğday bitkilerine uyguladıklarında tekli uygulamalara göre verimde daha yüksek oranda artış saptamışlardır. Kaysılarda yapılan bir çalışmada ise yapraklara püskürtülen bir *Bacillus* izolatının iki yıl yapılan denemeler sonucunda hem verimde hemde sürgün uzunluğunda önemli oranda artışa neden olduğu bildirilmiştir (Esikten et al. 2003). Khalid et al. (2003) buğdaylarda, Asghar et al. (2004) ise kanola'da yaptıkları çalışmalarda bitki rizosferinden elde ettikleri kökbakterilerini kullanarak buğday ve kanola'da bitki boyunun, sürgün uzunluğunun, sürgün ağırlığının, kök uzunluğunun ve verimin arttığını bildirmişlerdir. Cakmakçı et al. (2001) şeker pancarı ve arpa üretim alanlarından elde ettikleri *Bacillus*, *Burkholderia* ve *Pseudomonas* cinsine ait izolatların, ürün miktarında ve kalitesinde önemli artışlar oluşturduğunu gözlemlemişlerdir. Mirik (2005), biberlerde yaptığı çalışmada biber rizosferinden elde ettiği izolatların bitki büyümesine olan etkilerini incelemiş ve bu izolatların sağlıklı bitkilerde bitki büyümesini farklı oranlarda artırdığını bildirmiştir. Bizim yaptığımız saksı ve tarla çalışmaları sonucunda elde ettiğimiz bulgularda bu konuda yapılan çalışmalarla benzer sonuçlar vermiş ve bitki kök bölgesinden elde edilen rizobakterilerin domateslerde bitki büyüme artırıcı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Domates bakteriyel solgunluk hastalığı ile mücadelede yoğun kimyasal kullanımına rağmen etkili bir sonucun alınmaması ve kullanılan kimyasalların insan ve çevre sağlığına olan olumsuz etkileri alternatif yöntemler ile mücadeleyi gündeme getirmiştir. Bu çalışma ile elde edilen PGPR izolatlarının ve bunların domateslerde bakteriyel solgunluk hastalığına karşı olan etkilerinin ümitvar sonuçlar olduğu ortaya konmuştur. Elde edilen bu sonuçlar sonraki çalışmalarımız için bir basamak oluşturmaktadır. Bu çalışmada kullandığımız ve başarılı sonuçlar veren izolatların, tanınması, formülasyonu ve preparat haline getirilmesi için daha detaylı araştırmalar gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma doktora tezinin bir bölümü olup, Ç.Ü. Araştırma Projeleri Birimi (ZF2005D5) ile TÜBİTAK (105O465) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Ahmad F., I. Ahmad & M.S. Khan 2005. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of azotobacter and fluorescent pseudomonas in the presence and absence of tryptophan. *Turk Journal of Biology*, 29: 29-34.
- Anith K.N., M.T. Momol, J.W. Kloepper, J.J. Marois, S.M. Olson, & J.B. Jones 2004. Efficacy of plant growth-promoting rhizobacteria, acibenzolar-s-methyl, and soil amendment for integrated management of bacterial wilt on tomato. *Plant Diseases*, 88: 669-673.
- Anonymous 2005. Tarımsal Yapı ve Üretim. Başbakanlık D.İ.E. Yayınları
- Asghar H., Z.A. Zahirand & M. Arshad 2004. Screening rhizobacteria for improving the growth, yield and oil content for canola (*Brassica napus* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 55: 187-194.
- Backman A.C., M. Bengtsson & P. Witzgall 1997. Pheromone release by individual females of codling moth, *Cydia pomonella*. *Journal of Chemical Ecology*, 23:807- 815.
- Barton C.J. 1948. Photometric analysis on phosphate rock. *Analytical Chemistry*, 20: 1068-1073.
- Basim E., H. Basim, E.R. Dickstein & J.B. Jones 2004. Bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis* on greenhouse-grown tomato in the Western Mediterranean Region of Turkey. *Plant Disease*, 88: 1048.
- Çakmakçı R., F. Kantar & F. Sahin 2001. Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164:527 – 531.
- Çakmakçı R. 2005. Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19: 93-108.
- Çetinkaya Yıldız R. & Y. Aysan 2008. Domates bakteriyel solgunluk hastalığı etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et. al)'nin izolasyonu, geleneksel, serolojik ve moleküler yöntemlerle tanınması. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19 (1): 114-122.
- Çınar Ö. 1980. Bakteriyel Domates solgunluğu hastalığı (*Corynebacterium michiganense* (Erwin. F. Smith) Jensen)'nin tanımı, savaş yöntemleri ve etmene karşı dayanıklı domates çeşitleri üzerine araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 139- Bilimsel Araştırma ve İnceleme Tezleri.

- Compant S., B. Duffy, J. Nowak, C. Clement & E. Ait Barka 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 4951-4959.
- Esitken A., H. Karlıdag, S. Ercisli, M. Turan & F. Sahin 2003. The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of Apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacıhaliloglu). *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 377– 380.
- Gleason M.L., R.D. Gitaitis & M.D. Ricker 1993. Recent progress in understanding and controlling bacterial canker of tomato in eastern north America. *Plant Disease*, 77: 1069-1076.
- Johri J.K., S. Surange & C.S. Narula 1999. Occurrence of salt, pH, and temperature-tolerant, phosphate-solubilizing bacteria in alkaline soils. *Current Microbiology*, 39: 89-93.
- Karaca İ. & H. Saygılı 1982. Batı Anadolunun bazı illerinde domates ve biberde görülen bakteriyel hastalıkların oranı, etmenleri ve konukçu çeşitlerinin duyarlılığı üzerine araştırmalar. III. Türkiye Fitopatoloji Kongresi Bildirileri, 12-15 Ekim, Adana, 182-192.
- Khalid A., M. Arshad & Z.A. Zahir 2004. Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *Journal of Applied Microbiology*, 96:473-480.
- King, E.O., M.K. Ward & D.E. Raney 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluoresein. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 44: 301-307.
- Küsek M. 2007. Asmada (*Vitis vinifera* L.) ura neden olan *Agrobacterium vitis*'in tanılanması ve mücadele olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balcalı-Adana,103 s.
- Lelliot R.A. & D.E Stead 1987. Diagnostic procedures for bacterial plant diseases. In *Methods for the Diagnosis of Bacterial Diseases of Plants* Blackwell Scientific Publications, 216.
- Mirik M. 2005. Biberde bakteriyel leke etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*'nın tanılanması ve bitki büyüme düzenleyici rizobakteriler ile biyolojik mücadele olanakları. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balcalı-Adana,162 s.
- Nautiyal C.S. 1999. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters*, 170:265-270.
- Nautiyal C.S., S. Bhadauria, P. Kumar, H. Lal, R. Mondal & D. Verma 2000. Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. *FEMS Microbiology Letters*, 182: 291-296.
- Pierson E.A. & D.M. Weller 1994. Use of mixtures of fluorescent pseudomonads to suppress take-all and improve the growth of wheat. *Phytopathology*, 84:940-947.
- Ricker M.D. & R.M. Riedel 1993. Effect of secondary spread of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on yield of northern processing tomatoes. *Plant Diseases*, 77:364-366.
- Romero A.M., O.S. Correa, S. Moccia & J.G. Rivas 2003. Effect of Azospirillum-mediated plant growth promotion on The development of bacterial diseases On Fresh-Market And Cherry Tomato. *Journal of Applied Microbiology*, 95: 832–838.
- Sahin F., H. Uslu, R. Kotan & F. Donmez 2002. Bacterial canker, caused by *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis*, on tomatoes in eastern Anatolia region of Turkey. *Plant Pathology*, 51: 399.
- Sherf A.F. & A.A. Macnab 1986. Vegetable diseases and their control. A Wiley Interscience Publication, New York, 711 p.

- Tokgonul S., O. Çınar & K. Rudolph 1997. The effect of soil solarization on bacterial canker of tomato in the Mediterranean Region of Turkey. Second International Conference on Soil Solarization and Integrated Management of Soilborne Pests. 16-21 March 1997, Aleppo, Syria
- Tokgönül S. 1998. Ticari Domates Tohumlarında Bakteriyel Solgunluk Etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*)'nin Etmeninin Saptanması ve Mücadele Olanakları Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi 93 sayfa. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balcalı-Adana, 93 s.
- Tokgönül S. & Ö. Çınar 1999. Domates bakteriyel solgunluk hastalığı etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) ile mücadelede antagonist bakterilerin kullanım olanakları. Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, 26-29 Ocak 1999, Adana,
- Wei G., J.W Kloepper & Tuzun, S. 1996. Induction of systemic resistance to cucumber diseases and increases plant growth by plant growth-promoting rhizobacteria under field conditions. *Phytopathology*, 86: 221-224.
- Weller D.M. 1988. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 26: 379-407.