



Tarım Bilimleri Dergisi  
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:  
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:  
www.agri.ankara.edu.tr/journal

## Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi Örtü Altı Domates Yetiştiriciliğinde Fusarium Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığının Entegre Mücadelesi

Ayşegül ÇOLAK<sup>a</sup>, Mehmet BİÇİCİ<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Adana Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü, Adana, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, TÜRKİYE

### ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi – Bitkisel Üretim [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000001233](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001233)

Sorumlu Yazar: Ayşegül ÇOLAK, E-posta: aysegulcolak@hotmail.com, Tel: +90 (322) 344 17 02

Geliş Tarihi: 27 Aralık 2011, Düzeltilmelerin Gelişi: 11 Mart 2013, Kabul: 09 Mayıs 2013

### ÖZET

Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (FORL)'nin neden olduğu domates kök ve kök boğazı çürüklüğü ekonomik kayıp oluşturan en önemli hastalıktır. Bu çalışmada FORL ile entegre mücadele için Solarizasyon (S), Metham sodium (MS), kompost (KOM), *Bacillus subtilis* QST-713 (BS) ve *Trichoderma harzianum* (TH-T ve TH-G) uygulamalarının yalnız başına veya değişik kombinasyonları araştırılmıştır. S+MS uygulamasının 5, 15, 25 ve 35 cm toprak derinliğinde patojen inokulumunun canlılığı üzerine etkisi azaltıcı yönde olurken, yalnız başına S uygulamasında 35 cm'de bu etki patojeni öldürücü sıcaklığa ulaşamamıştır. Her iki yıl sera denemelerinde hastalık oluşumu S+MS uygulanmamış toprakta birinci yıl en az % 21.3 ile BS uygulamasında, ikinci yıl ise % 20 ile TH-T uygulamasında saptanmıştır. Biyolojik ajanlar içerisinde her iki uygulamada FORL ile mücadelede en ümit var sonuçlar BS ve TH-T uygulamalarından elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates; *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*; Solarizasyon; Entegre hastalık yönetimi

## Integrated Disease Management of Fusarium Crown and Root Rot of Greenhouse-Grown Tomato in Eastern Mediterranean Region of Turkey

### ARTICLE INFO

Research Article – Crop Production

Corresponding Author: Ayşegül ÇOLAK, E-mail: aysegulcolak@hotmail.com, Tel: +90 (322) 344 17 02

Received: 27 December 2011, Received in Revised Form: 11 March 2013, Accepted: 09 May 2013

### ABSTRACT

Fusarium crown and root rot of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (FORL) is the most important disease that causes economically important losses on greenhouse-grown tomato in the Eastern Mediterranean

region of Turkey. In the present study, we investigated the effects of Solarization (S), Metham Sodium (MS), compost (KOM), *Bacillus subtilis* QST-713 (BS) and *Trichoderma harzianum* (TH-T and TH-G) applications on integrated disease management of FORL, alone and in their combinations. S+MS application reduced the viability of the pathogen inoculum at 5, 15, 25, and 35 cm soil depth while application of solarization, alone did not reach the lethal temperature for the pathogen at 35 cm soil depth. The least disease incidence (21.3%) was observed in BS application in the first year of two-year greenhouse experiment in soil without S+MS application while it was determined in TH-T application with the disease incidence of 20% in the second year. Among biological agents, the best results in disease control of FORL were obtained with applications of BS and TH-T in both experiments

Keywords: Tomato; *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*; Solarization; Integrated disease management

© Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

## 1. Giriş

Doğu Akdeniz Bölgesi'nde 2004 yılına kadar domateslerde solgunluk ve kök çürüklüğüne neden olan etmen *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL) olarak bilinirken Çukurova Bölgesi örtü altı domates yetiştiriciliğinde kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan etmenin *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (FORL) olduğu tespit edilmiştir (Can et al 2004). FORL yalnızca domateste patojen olmayıp, ayrıca biber, patlıcan, soya, yeşil fasulye, bezelye ve yerfıstığı gibi bitkilerde de patojen olarak rapor edilmiştir (Sherf & McNab 1986). FORL'un neden olduğu kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığına karşı dayanıklılığa sahip ticari olarak kabul edilebilir çeşitler henüz geliştirilmiş değildir (Ozbay et al 2004). FORL özellikle seralarda mevsim içinde mikrokonidilerin yayılması sonucu tekrarlı enfeksiyonlara sebep olup, örtü altı domateslerde % 90 ürün kaybına neden olabilmektedir (Rekah et al 2001).

Toprak kökenli patojenlerle mücadelede etkili bir toprak fumigantı olan Methyl Bromide'in uygulamadan kaldırılmış olması nedeniyle uygulanabilir alternatif mücadele yöntemlerine ihtiyaç vardır. Bu açıdan toprak kökenli patojenlerle mücadelede toprağın güneş enerjisi ile ısıtılmasını esas alan, kimyasal olmayan, toksik materyal içermeyen, ekonomik ve uygulanması kolay olan solarizasyon uygulaması ilk akla gelen bir yöntemdir (Katan 1980). Bölgede toprak kökenli hastalıklarla mücadelede birçok fumigant kullanılmakta ve bu kimyasallar ürünler üzerinde kalıntı bırakarak; toprağı, suyu ve havayı kirleterek, insan ve diğer

canlıları olumsuz olarak etkilemektedir (Kaygusuz & Biçici 2007).

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde kimyasal mücadelenin meydana getirdiği olumsuzlukları ortadan kaldırmak için biyolojik mücadele etmenlerinin bitki kök bölgesine kolonize olmaları teşvik edilerek, bir savunma hattı oluşturmak suretiyle, bitkilerin hastalanmasının önlenmesi sağlanmaktadır (Cook 1993; Benítez et al 2004). Bitki hastalıklarının mücadelesinde şu anda mevcut ticari formulasyon halinde en az 30 farklı biyolojik mücadele preparatı mevcuttur (Lumsden et al 1995). Bunlar içinde en yaygın olarak kullanılanlar *Agrobacterium radiobacter*, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp. bakterileri ile *Trichoderma* spp., *Ampelomyces quisqualis*, *Candida oleophila*, *Gliocladium* spp. ve *Coniothyrium minitans* gibi funguslardır (Rodgers 1993; Fravel 2000). *Fusarium* solgunluğunu baskı altına almada bitki kök yüzeylerine kolonize olarak, antagonistik etki gösteren bazı bakteri türleri birçok araştırmacı tarafından potansiyel biyolojik mücadele etmeni olarak rapor edilmiştir. Bu potansiyel biyolojik mücadele ajanları *Bacillus subtilis* (Podile et al 1985), *Bacillus* spp. (Kapoor & Kar 1988), *Streptomyces* spp. (Thirumalachar et al 1970; Turhan 1981, El-Abyad et al 1993) ve *Pseudomonas* spp. (Nejad & Johnson 2000)'dir.

Hibar et al (2006) Tunus'ta örtü altı domates yetiştiriciliğinde 2000-2001 yıllarında % 90 bitki ölümüne neden olan FORL hastalığı ile mücadele metotlarının yok denecek kadar az etkili olduğunu ve hastalığın kontrolünde acil alternatif tedbirlerle

ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır. FORL hastalığını baskı altında tutmak için in-vitro, iklim odası ve sera koşullarında etkili bazı biyo-fungisitlerin [*T. harzianum* strain T22 (RootShield Drench, BioWorks Inc. Geneva, NY), *T. harzianum* (Biocont-T WP and Biocont-T Gr (National Ammonia & Chemical Industries, Amman), *Bacillus subtilis* strain QST 713 (Serenade, AgraQuest, Davis, CA), *B. pumilus* strain QST 2808 (Sonata, AgraQuest, Davis, CA), *Pythium oligandrum* (Polyversum, Biopreparaty Ltd., Czech Republic) ve doğal mikroorganizmaların (Agralan Revive, Agralan Ltd., Swindon, UK) etkinliğini araştırmışlardır. Bu çalışma ile bazı biyo-fungisitlerin FORL kontrolünde, özellikle patojenin atak inokulum seviyesine ulaşmadan önce uygulanması durumunda mücadelede başarının arttığı ortaya konmuştur. Bazı antagonistlerden *Trichoderma* spp. (Datnoff et al 1995; Howell 2003; Harman 2006;), *Bacillus* spp. (Latoud et al 1987; Kloepper et al 2004; Omar et al 2006) ve *Pseudomonas* spp. (Dekkers et al 2000; Bolwerk et al 2003) ile FORL hastalığının kontrolü amacıyla yapılan birçok çalışmada, bunların patojenin rizosferde gelişmesi ve büyümesini inhibe ederek hastalık oranını önemli derecede azalttığı rapor edilmiştir.

Toprak kökenli bitki patojeni fungus ve bakteriler ile etkili ve uzun vadeli bir mücadelenin kültürel, kimyasal, biyolojik ve fiziksel metotların kombinasyonu ile başarılabilirliği bilinmektedir (Katan et al 1976; Chet et al 1982; Parry 1990). Toprak solarizasyonu geniş etki spektrumu ve çevre direncini koruyucu özelliği nedeniyle toprak kökenli patojenlere, nematodlara ve yabancı otlara karşı mücadelede IPM (Integrated Pest Management) programları içerisinde diğer mücadele yöntemleri ile kombine edilerek geniş bir uygulama olanağına sahiptir (Katan 1996). Bazı araştırmacılar solarizasyon uygulamasında farklı özelliklere sahip plastiklerin kullanımı, çift katlı örtü kullanımı, toprağa organik içerikli maddelerin ilavesi, biyolojik kontrol ürünleri ile kombinasyon gibi farklı uygulamaların etkinliği arttırdığını bildirmişlerdir (Yücel & Çınar 1989; Stapleton 1997). Son yıllarda solarizasyonda yeni bir yaklaşım olarak toprağın plastik örtü ile

kapatılma süresinin kısaltılması ve kombinasyonlar (fumigant ve antagonist) ile ilgili bir çok araştırma yapılmıştır. Tjamos et al (2005), 15-20 günlük kısa süreli solarizasyon uygulamasında geçirimsiz plastik ve *Bacillus* spp. antagonist uygulamasının *F. oxysporum* f.sp. *radicis cucumerinum* etmenini başarıyla kontrol ettiğini bildirmişlerdir.

Metham Sodium'un birçok araştırmacı tarafından toprak kökenli patojenler ile mücadelede Methyl Bromid'e alternatif olarak etkili bir fumigant olduğu bildirilmiştir (McGoven et al 1998; Warton & Matthiessen 2000; McGoven & Obreza 2007). Steve (2000), 100 gal acre<sup>-1</sup> dozunda (yaklaşık 94.6 L da<sup>-1</sup>) MS ile toprak fumigasyonunun 6 hafta süreli solarizasyon uygulaması ile birlikte uygulandığında çok iyi sonuç alındığını bildirmişlerdir. Ben-Yephet et al (1983), İsrail'de yaptıkları çalışmada MS'un patates, yerfıstığı ve diğer ürünlerde dikim öncesi toprak dezenfeksiyonu amacıyla yaygın olarak kullanıldığını, 300 ile 1000 L ha<sup>-1</sup> oranlarında birçok toprak kökenli patojenin mücadelesinde kullanıldığını rapor etmişlerdir. Frank et al (1986), 900 L ha<sup>-1</sup> Metham Sodium'un solarizasyon ile kombinasyonunun yer fıstığında *F. oxysporum* f.sp. *vasinfectum* ve *Verticillium dahliae*'ye karşı etkiyi arttırdığını bildirmişlerdir. McGoven & Obreza (2007) yaptıkları bir seri domates tarla denemesinde, MS'u yastık hazırlığından önce toprak uygulaması şeklinde tohum/fide yatağına iyice karıştırıldıktan sonra, şeffaf plastikle solarize edilen 5 cm derinliğindeki toprakta kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeninin (FORL) popülasyonları azaltılabildiği görülmüştür.

Bu çalışmada, Çukurova Bölgesi'nde son yıllarda rastlanan kök ve kök boğazı çürüklüğünün entegre hastalık yönetimi amacıyla, domates yetiştirilecek toprağa solarizasyonu (S) takiben bitki büyüme düzenleyici rhizobakterilerden *Bacillus subtilis* QST-713 (BS) ile antagonist fungus *Trichoderma harzianum* (T-22) preparatlarının (TH-T ve TH-G), kompost uygulamasının (KOM) ve Metham Sodium'un (MS) etkileri sera koşullarında araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Sera koşullarında FORL'un mücadelesi için entegre hastalık yönetimi amacıyla Solarizasyon ve Metham Sodium uygulamaları dahil edilerek 2008 ve 2009 üretim yıllarında çalışma iki kez tekrarlanmıştır. Denemeler Adana Ziraî Mücadele Enstitüsü'ne ait 210 m<sup>2</sup> (30x7 m) yay çatılı plastik bir serada yürütülmüştür. Birinci ana uygulama olan S+MS uygulaması için; 3x30 m boyutundaki sera alanına solarizasyon yapıldıktan sonra damla sulama sistemi ile 100 L da<sup>-1</sup> dozunda MS uygulanmıştır. İkinci ana uygulama ise seranın diğer yarısı olan 3x30 m'lik kısma yalnız solarizasyon uygulanmıştır. Her iki alan solarizasyon uygulaması sonunda 3x8 m'lik 3 bloka ve her bir blok 4 domates sırasına ayrılmıştır. Tek bir domates sırasından ibaret parsellere tesadüf blokları deneme desenine göre, 3 tekrarlı olarak; dikimle birlikte, rastgele 20 gün arayla 3 kez *Trichoderma harzianum* (TH-T: 1x10<sup>7</sup> cfu g<sup>-1</sup> spor içeren tozdan 2 g 20 L<sup>-1</sup> su oranında ve TH-G: 1x10<sup>7</sup> cfu g<sup>-1</sup> spor içeren granülden 30 g 20 L<sup>-1</sup> su oranında), *Bacillus subtilis* QST- 713 (BS: 1x10<sup>9</sup> cfu ml<sup>-1</sup> bakteri içeren 100 ml 20 L<sup>-1</sup> su) ve kompost (KOM: harnup yaprağı, fasulye bitkisi artıkları, koyun gübresi, 1:1:1) uygulamaları yapılmıştır. Deneme serasının bir ucunda her iki deneme için bitkilere hiç bir uygulama yapılmamış ve burada yetişen domates bitkileri kontrol olarak alınmıştır. Bloklar arasında 1 m aralık bırakılmış ve her parselde 30 bitki olacak şekilde her bir bitki 35x70 cm mesafesinde dikilmiştir. Solarizasyon uygulamasında toprağın 5, 15, 25 ve 35 cm derinliklerinde ulaşılan toprak sıcaklıklarını belirlemek amacıyla uygulama ve kontrol parsellere hobo (Onset computer corporation, Bourne, MA, USA) sıcaklık ölçer aletleri yerleştirilmiştir.

### 2.1. Sera toprağının FORL ile bulaştırılması ve solarizasyon uygulaması

Denemeler Doç. Dr. Canan Can (Gaziantep Üniversitesi, Biyoloji Bölümü)' dan temin edilen FORL izolatu ile yürütülmüştür. Bunun için 10 adet 9 cm'lik petri kabının içerdiği FORL'un 10 günlük PDA kültürlerinden steril distile su ile mikrokonidi, makrokonidi, hif ve klamidospore içeren inokulum

süspansiyonu elde edilmiştir. Diğer yandan küvetler (35x27x15 cm) içindeki otoklavda 121°C'de sterilize edilmiş kum: sera toprağı: kepek: soya unu (1:1:1/2:1/2)'dan oluşan karışım 10 petri kabı FORL kültüründen elde edilen inokulum süspansiyonu ile bulaştırılmıştır. İnokule edilen küvetler alüminyum folyo ile kapalı halde oda sıcaklığında 3 hafta inkube edildikten sonra, deneme alanı toprağına solarizasyondan 1 ay önce sera toprağının yaklaşık 15 cm derinliğinde el rotovatörü ile karıştırılmıştır. Bloklara uygulanan FORL inokulum yoğunluğu 10<sup>4</sup> cfu g<sup>-1</sup> toprak olacak şekilde ayarlanmaya çalışılmıştır (Larkin & Fravel 1999; Fravel et al 2002).

Solarizasyon uygulamasında seranın alanı 25-30 cm derinliğe kadar işlenmiş, 50-60 cm derinliğe kadar sulanmış ve toprak tava gelince yüzeyi düzeltilerek tesviyesi yapılmıştır. Sonra 0.030 mm kalınlığında şeffaf plastik örtü ile toprak yüzeyi kapatılarak, birinci yıl 2 Temmuz-18 Ağustos 2008 ve ikinci yıl 1 Temmuz-15 Ağustos 2009 tarihlerinde 6 hafta süreyle yapılmıştır (Grinstein & Hetzroni 1989).

### 2.2. Uygulamaların topraktaki FORL inokulumu üzerine etkileri

Uygulamaların dört farklı toprak derinliğine (5, 15, 25 ve 35 cm) gömülen FORL kültürü üzerinden patojen canlılığına etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla S ve S+MS uygulamaları öncesi uygulama ve kontrol parsellerine, mısır unu-perlit (15 g perlit + 8 g mısır unu + 40 ml distile su) ortamında 3-4 hafta geliştirilmiş naylon torbalar içinde 40-50 g FORL kültürü gömülmüştür. Solarizasyonu takiben 2, 4 ve 6. haftalarda toprak içerisinde tutulan FORL kültürleri alınmıştır. Fusarium için spesifik peptone PCNB ortamı içeren her petriye naylon içinde toprağına gömülmüş patojenin mısır unu + perlit kültüründen yaklaşık 30 küçük parça ekilmiş ve 10 tekrarlı olarak çalışılmıştır. Ayrıca, uygulamalar öncesi ve solarizasyonu takiben 2, 4 ve 6. haftalarda uygulama parsellerinden toprak örneği alınarak, peptone PCNB ortamı içeren petrilere gram toprakta gelişen koloniler (x10<sup>4</sup> sulandırma) sayılarak uygulamaların FORL canlılığı üzerine

etkinliği belirlenmiştir (Yücel & Çınar 1989). Bu amaçla uygulamaların yüzde etkisi  $(1-B/A) \times 100$  formülüne göre hesaplanmıştır (Katan et al 1976). Burada A: Solarizasyon yapılmayan toprağın 1 gramındaki propagül sayısını, B: Solarizasyon yapılan toprağın 1 gramındaki propagül sayısını göstermektedir.

### 2.3. Seraya fidelerin dikimi, hasat ve denemenin değerlendirilmesi

Deneme serasına birinci yıl 24.09.2008 tarihinde ve ikinci yıl 19.08.2009 tarihinde bölgemiz seralarında yoğun bir şekilde FORL infeksiyonunun görüldüğü Alsancak F1 domates fideleri dikilmiştir. Hasatta; tüm parsellerde yetişen domateslerin meyveleri pazarlanabilir/pazarlanamaz (kg bitki<sup>-1</sup>) şeklinde sayılmış ve tartılmıştır. Birinci yıl ilk hasat 17 Aralık 2008'de ve ikinci yıl 13 Kasım 2009'da yapılmış ve 8 kez yapılan hasat verileri değerlendirilmiştir. Denemelerin değerlendirilmesinde kontrol parseldeki bitkilerin % 50'den fazlasında solgunluk belirtileri görüldüğünde, her parseldeki 25 bitki sökülerek, kök boğazı ve iletim demetinde kararmalar olan bitki kökleri alınarak laboratuvarda izolasyonları yapılmış, FORL ile infeksiyon durumu var-yok şeklinde kayıt altına alınmıştır. Uygulamaların hastalık çıkışı (%) ve verime etkisi (kg bitki<sup>-1</sup>) belirlenmiş ve ortalamalara LSD testi (% 5) uygulanmıştır. Bu değerlendirmelerde Jump paket programı kullanılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Toprak solarizasyonu

Solarizasyon uygulanan parsellerin 2008 ve 2009 yıllarında 5, 15, 25 ve 35 cm toprak derinliklerinde maksimum toprak sıcaklık değerleri sırasıyla 52.01-49.77, 47.79-47.25, 41.52-42.44 ve 36.57-36.20 °C olurken; solarizasyon uygulanmayan kontrol parsellerde 43.20-38.60, 40.62-36.30, 37.67-34.20, 33.68-32.60 °C olarak ölçülmüştür (Çizelge 1). Solarizasyon uygulaması ile toprağın ilk 5 cm'deki sıcaklığın kontrole göre 9-11 °C, 15 cm'deki sıcaklığın ise 7-10 °C daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İsrail (Gristein et al 1979)

ve Florida'da (Chellemi et al 1994) solarizasyon uygulaması ile 5 cm'de 49-53 °C sıcaklığa ulaşıldığı; Kaliforniya (Juarez et al 1991), Florida (McSorley & Parrado 1986) ve İsrail (Katan et al 1976)'de yapılan çalışmalarda 15 cm'de maksimum toprak sıcaklıklarının 44-52 °C arasında kaydedildiği bildirilmiştir. Bu çalışma ve literatür bilgilerinden ortaya çıkan sonuçlara göre, solarizasyon ile farklı toprak derinliklerinde ulaşılabilen maksimum sıcaklıklar bölgelere ve yıllara göre farklılık gösterebilmektedir. Çünkü solarizasyonun etkinliği güneş ışığının toprak tarafından absorbe edilmesi, toprak nemi ve yapısı, plastik örtünün kalınlığı ile iklim faktörü gibi özelliklere bağlıdır (Katan et al 1976; Chellemi et al 1994).

### Çizelge 1- Her iki deneme sezonunda solarizasyon uygulamasından sonra toprağın 5, 15, 25 ve 35 cm derinliklerindeki maksimum toprak sıcaklık değerleri (°C)

Table 1- The maximum soil temperature values (°C) at 5, 15, 25 and 35 cm soil depth after solarization applications in both trial seasons

Toprak derinliği (cm)	Solarizasyon		Kontrol	
	2008	2009	2008	2009
5	52.01	49.77	43.20	38.60
15	47.79	47.25	40.62	36.30
25	41.52	42.44	37.67	34.20
35	36.57	36.20	33.68	32.60

### 3.2. Solarizasyon ve metham sodium

uygulamalarının topraktaki FORL inokulumu üzerine etkisi

Her iki deneme sezonunda uygulamaların toprakta ve gömülen FORL inokulumuna karşı solarizasyon ile toprağın 5, 15, 25 cm'de ulaşılan sıcaklıkların patojenin ölümü için gereksinilen seviyelere eriştiği kanıtlanmıştır (Çizelge 1 ve 3). Denemelerde solarizasyon ile ulaşılan sıcaklık değerleri birçok toprak kökenli patojenin ölüm sıcaklığı olan 40-60 °C arasındadır (Ozbay & Steven 2004). Solarizasyon uygulamasının başarısını artıran faktörler toprağın sürekli nemli kalması ve bitki kök bölgesinde artan sıcaklık faktörü ile çimlenen FORL sporlarının ölmesi olarak öngörülebilir. Çalışmada yalnız

solarizasyon uygulaması sonucu toprağın 5, 15, 25 ve 35 cm derinliklerinde her iki yıl topraktaki FORL popülasyonunda sırasıyla % 100-% 100, % 82.4-% 100, % 60.4-% 69.2 ve % 17.5-% 28.1 oranında azalma görülürken, S+MS uygulamasında her iki yıl 5 ve 15 cm'de % 100, 25 ve 35 cm derinliklerinde sırasıyla % 84.1-% 93.8 ve % 70-% 87.7 azalma görülmüştür (Çizelge 2). Toprağın üst tabakalarında daha yüksek sıcaklıklar nedeniyle solarizasyon daha etkili olmuş olsa da, 35 cm'de öldürücü sıcaklığa ulaşılamadığı

saptanmıştır. Ancak gerek toprakta mevcut bulunan ve gerekse gömülü inokulum halindeki patojen popülasyonuna S+MS uygulaması bu derinlikte etkili olurken, yalnız solarizasyon uygulanan parsellerde patojenin daha az azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 1 ve 3). Katan et al (1976) solarizasyon uygulaması sonucu toprağın 5, 15 ve 25 cm derinliklerinde *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL) popülasyonunda sırasıyla % 94-% 100, % 68-% 100 ve % 54-% 63 oranında azalma olduğunu bildirmişlerdir.

### Çizelge 2- Solarizasyon ve MS uygulamalarının topraktaki FORL popülasyonu üzerine etkisi (2008-2009)

Table 2- The effects of solarization and MS applications on FORL population in soil (2008-2009)

Uygulamalar	Toprak derinlikleri (cm)	FORL popülasyonu ( $\times 10^4$ cfu g <sup>-1</sup> soil)				
		Solarizasyon öncesi 2008-2009	2. hafta 2008-2009	4. hafta 2008-2009	6. hafta 2008-2009	*Popülasyondaki azalma (%) 2008-2009
Solarizasyon	5	4.8 – 4.1	1.7 – 3.1	0.0 – 0.0	0.0 - 0.0	100.0 – 100.0
	15	5.7 – 5.5	3.1 – 3.5	1.4 – 0.6	0.1 – 0.0	82.4 – 100.0
	25	6.3 – 6.5	4.1 – 4.7	3.2 – 2.7	2.5 – 2.0	60.4 – 69.2
	35	4.0 – 5.7	3.6 – 4.2	3.4 – 3.8	3.3 – 4.1	17.5 – 28.1
S+MS	5	4.8 – 4.1	0.0 – 0.0	0.0 – 0.0	0.0 – 0.0	100.0 – 100.0
	15	5.7 – 5.5	0.0 – 0.0	0.0 – 0.0	0.0 – 0.0	100.0 – 100.0
	25	6.3 – 6.5	1.9 – 1.2	1.2 - 0.6	1.0 – 0.4	84.1 – 93.8
	35	4.0 – 5.7	2.3 – 1.4	1.8 – 1.1	1.3 - 0.7	70.0 – 87.7
Kontrol	5	4.8 – 4.1	4.4 – 2.9	3.1 – 3.1	3.0 – 3.0	37.5 – 26.8
	15	5.7 – 5.5	4.6 – 4.9	3.9 - 3.9	4.0 – 4.2	29.8 – 23.6
	25	6.3 – 6.5	6.0 – 6.2	5.7 – 5.5	5.5 – 5.9	12.7 – 9.2
	35	4.0 – 5.7	3.9 – 5.3	4.7 – 4.7	4.1 – 6.2	0.0 – 0.0

\*Popülasyondaki azalma 6. hafta değerleri üzerinden hesaplanmıştır.

Bu çalışmada maksimum toprak sıcaklığının 5 ve 15 cm'de sırasıyla 49-52 °C ve 42 °C'ye ulaştığı bildirilmiştir. Ioannou (2000) örtü altı domateste toprağa uygulanan Temmuz-Ağustos ayında 8 haftalık solarizasyonun maksimum toprak sıcaklığını 15-20 cm toprak derinliklerinde solarize edilmeyen toprağa göre 9 °C'ye kadar artırdığı ve *Fusarium* spp. popülasyon yoğunluğunu % 91-% 98 oranında azalttığını bildirmiştir. Chellemi et al (1994), 1992 ve 1993 yıllarında yaptıkları solarizasyon çalışmalarında 5, 15 ve 25 cm toprak

derinliklerindeki maksimum toprak sıcaklıklarının sırasıyla 43.9-49.5, 38.9-46.0 ve 36.5-41.5 °C'lere ulaştığını bildirmiştir. Bu solarizasyon uygulaması sonucu toprağın 5 cm derinliğinde ulaşılan sıcaklıkların FORL ve FOL'ün kontrolünde önemli derecede etkili olduğu, 35 cm derinlikte ise solarizasyon ile birlikte bir fumigant uygulamasının her iki patojen ve ayrıca *Phytophthora nicotianae* popülasyonlarında önemli derecede bir azalma olduğu bildirilmiştir.

**Çizelge 3- Solarizasyon ve MS uygulamalarının toprağa gömülen FORL kültürünün canlılığı üzerine etkisi (2008-2009)***Table 3- The effects of the solarization and MS applications on the viability of FORL culture buried in soil (2008-2009)*

Uygulamalar	Toprak derinlikleri (cm)	FORL popülasyonu ( $\times 10^4$ cfu $g^{-1}$ soil)		
		2.hafta 2008 - 2009	4.hafta 2008 - 2009	6.hafta 2008 - 2009
Solarizasyon	5	0.0 - 0.0	0.0 - 0.0	0.0 - 0.0
	15	2.0 - 4.1	1.0 - 1.6	1.2 - 0.3
	25	15.6 - 22.7	12.4 - 18.5	10.3 - 10.6
	35	25.9 - 30.0	22.1 - 28.5	18.4 - 23.7
Solarizasyon +Metham sodium	5	0.0 - 0.0	0.0 - 0.0	0.0 - 0.0
	15	0.0 - 0.0	0.0 - 0.0	0.0 - 0.0
	25	0.0 - 0.2	0.1 - 0.3	0.1 - 0.2
	35	0.0 - 0.6	0.0 - 0.3	0.0 - 0.2
Kontrol	5	18.2 - 21.5	6.8 - 14.3	8.4 - 9.7
	15	22.3 - 29.1	24.7 - 27.2	22.0 - 20.0
	25	30.0 - 30.0	27.8 - 30.0	28.0 - 29.7
	35	30.0 - 30.0	29.8 - 30.0	30.0 - 30.0

**3.3. Uygulamaların hasat parametreleri ve hastalık çıkışına etkisinin değerlendirilmesi**

Sera koşullarında FORL mücadelesi için entegre hastalık yönetiminde iki yıl süre ile yapılan bu çalışmada enfekteli bitki oranı en az S+MS uygulamasından sırasıyla % 29.5-% 24.0 elde edilmiş, bunu yalnızca solarizasyon uygulaması (% 48.0-% 47.0) ve kontrol parseller (% 81.3-% 75.7) izlemiştir (Çizelge 4). Uygulamaların % etkisine bakıldığında, kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı oluşumu birinci yıl BS, ikinci yıl TH-T biyolojik ajan uygulamaları ile sırasıyla % 73.8 ve % 73.6 oranında engellenmiş ve en düşük % etki TH-G (% 52.4-% 61.3) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 5).

Biyolojik preparatlar içerisinde en ümitvar sonuçlar birinci yıl BS uygulaması (% 73.8) ve ikinci yıl TH-T uygulaması (% 73.6) ile elde edilmiştir. Bu çalışmada yıllar itibariyle biyolojik ajanlar arasında etkinlikteki değişikliğin, Howell (2003)'in de belirttiği üzere biyolojik mücadele

etmenine, patojen ve konukçu bitki interaksyonuna, mikrofloradaki diğer organizmalara bağlı olarak etkilendiği kanısına varılmıştır. Yalnızca solarizasyon uygulaması yapılan parsellerde, biyolojik mücadele etmenlerinin hastalık çıkışına etkisinde, her iki deneme yılında enfekteli bitki oranı ve % etki açısından en iyi sonuçlar BS uygulamasından sırasıyla % 41.3-% 44.0 ve % 49.2-% 41.9 olarak elde edilmiştir.

**Çizelge 4- Solarizasyon ve MS uygulamalarının FORL ile enfekteli bitki oranı (%) üzerine etkisi (2008-2009)***Table 4- The effects of solarization and MS applications on the ratio of plant (%) infected with FORL (2008-2009)*

Uygulamalar	Enfekteli bitki (%)	
	2008	2009
S + MS	29.5 a	24.0
S	48.0 b	47.0
Kontrol	81.3 c	75.7
LSD % 5	7.0	5.0

Her iki yıla ait çalışma sonuçlarına göre BS ve TH-T biyolojik ajan uygulamaları FORL mücadelesinde önemli derecede etkili olmuştur (Çizelge 5). Birçok araştırmacı *B. subtilis* strainlerinin toprak kökenli patojenlerle mücadelede etkili olduğunu rapor etmiştir (Klopper et al 2004; Cavaglieri et al 2005). Bu çalışmada uygulanan BS straini ile Hibar et al (2006)'ın kullandığı *B. subtilis* QST-713 straini (Sereneda, AgraQuest, Davis, CA) domatestede kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı oluşumunu önemli derecede azaltmıştır. *B. subtilis* tarafından üretilen iturin bir anti-fungal antibiyotik olduğu belirlenmiş ve *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *Aspergillus niger* ve *A. flavus* gibi bitki patojenlerine karşı etkin olduğu açıklanmıştır (Latoud et al 1987).

#### Çizelge 5- Farklı sera uygulamalarındaki FORL ile enfekteli bitki ve % etki oranları (2008-2009)

Table 5- The ratios of % effect and plant infected with FORL in different greenhouse experiments (2008-2009)

Uygulamalar	Enfekteli bitki (%)		Etki (%)		
	2008	2009	2008	2009	
S+MS	KOM	28.0 a	24.0 a	65.6	68.2
	BS	21.3 a	22.7 a	73.8	69.9
	TH-G	38.7 a	29.3 a	52.4	61.3
	TH-T	26.7 a	20.0 a	67.1	73.6
	Kontrol	81.3 b	75.7 b	-	-
	LSD % 5	19.76	12.72		
S	KOM	50.6 a	50.8 a	37.8	32.9
	BS	41.3 a	44.0 a	49.2	41.9
	TH-G	53.3 a	46.7 a	34.4	38.3
	TH-T	46.6 a	46.7 a	42.7	38.3
	Kontrol	81.3 b	75.7 b	-	-
	LSD % 5	14.78	15.04		

FORL enfeksiyonlarını etkilemede başarılı olduğu açıklanan *Trichoderma* türlerinin biyolojik mücadele ajanı olma potansiyeli 1930'lu yıllardan beri bilinmektedir (Harman 2006). Bu grup içerisinde yer alan *T. harzianum* biyolojik mücadelede yaygın olarak kullanılan bir ajandır (Küçük & Kıvanç 2004). Bu çalışmada kullanılan *T. harzianum* T-22 içeren RootShield isimli biyopreparat, başka bir çalışmada saksıda yetiştirilen ve tarlaya şaşırtılan

domateslerde kök ve kök boğazı çürüklüğünü önemli ölçüde kontrol etmiştir (Datnoff et al 1995). Domates köklerine uygulanan *T. harzianum*'un, rhizosferde ve kök bölgesinde hızla çoğalarak FORL popülasyonunu önemli derecede azalttığı ve uygulama yapılmayan parsellere göre üründe % 26.6 oranında bir artışa neden olduğu bildirilmiştir (Sivan et al 1987). FORL ile mücadelede başarıyı etkileyen en önemli faktör patojenin topraktaki popülasyon yoğunluğudur. 2005-2006 üretim döneminde Doğu Akdeniz Bölgesi'nde örtü altı domates seralarında yapılan bir çalışmada, FORL enfeksiyonunun yüksek olduğu bir serada (% 82.4) solarizasyon ve düşük doz Metham Sodium (1000 L ha<sup>-1</sup>) ile yapılan kombine bir uygulamada hastalık çıkışı % 22.4, etki % 42.5 olurken, yalnız solarizasyon uygulamasında bu değerler % 49.9-% 39.0 şeklinde belirlenmiş ve yeterli bir etki sağlanamamıştır (Yücel et al 2007). Bunun yanı sıra uygulamaların başarılı bir şekilde yapılması, sonradan sulama suyu ve işleme aletleri ile patojenin yeniden kolonize olma yeteneği FORL mücadelesinde kritik faktörler olarak değerlendirilmiştir (Yücel & Çınar 1989).

Toprak kökenli patojenlerle mücadelede etkinliğin artırılması ve çevre direncinin korunması için tek başına uygulamalardan ziyade sistemin bütün olarak düşünülmesi ve mücadelede solarizasyon, fumigant, biyo-fungusitler yada diğer ajanların kombinasyonları ile yapılan uygulamaların başarıyı artıracak bir çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Eshel et al 2000; Munito et al 2000). Bu çalışmada FORL ile mücadelede yalnız başına solarizasyon uygulamasına göre 6 haftalık uygulanan S+MS kombinasyonu hastalığa karşı etkili uygulama olarak belirlenmiştir. Nitekim MS'nin birçok araştırmacı tarafından toprak kökenli patojenler ile mücadelede Methyl Bromide'e alternatif bir fumigant olduğu bildirilmiştir (Gullino et al 2002).

Verime olan etkisi açısından, her iki yıl verimlerinde uygulamaların kontrol parsellere oranla verimde artış sağladığı görülmüştür (Çizelge 6). İlk yıl S+MS ve S uygulamalarında bitki başına verim açısından bir fark olmamış ve sırasıyla 4.87 kg bitki<sup>-1</sup> ve 4.82 kg bitki<sup>-1</sup> olmuştur. İkinci yıl en yüksek değer



S+MS (5.42 kg bitki<sup>-1</sup>) olurken, bunu S uygulaması (4.91 kg bitki<sup>-1</sup>) izlemiştir. Kontrol parsellerde ise birinci yıl % 2.65 kg bitki<sup>-1</sup> ve ikinci yıl % 2.87 kg bitki<sup>-1</sup> olarak en düşük verim değerleri belirlenmiştir. Solarizasyon ve S+MS uygulamalarına dahil edilen biyolojik preparatlarda en yüksek verim TH-T ve BS uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 7). S ve S+MS uygulamaları domatesin pazarlanabilir kalitesini artırmıştır.

#### Çizelge 6- Sera uygulamalarının bitki başına verim üzerine etkisi (2008-2009)

Table 6- The effect of greenhouse experiments on yield per plant (2008-2009)

Uygulamalar	Bitki başına verim (kg bitki <sup>-1</sup> )	
	2008	2009
S +MS	4.87 a	5.42 a
S	4.82 a	4.91 a
Kontrol	2.65 b	2.87 b
LSD % 5	1.04	1.02

#### Çizelge 7- Serada uygulamaların verime etkisi (2008-2009)

Table 7- The effect of greenhouse experiments on yield (2008-2009)

Uygulamalar	Bitki başına verim (kg bitki <sup>-1</sup> )	Toplam verim (kg da <sup>-1</sup> )	Pazarlanamayan ürün (%)	
S+MS	KOM	5.05 a - 4.83 a	6314 - 6034	20.20 - 23.30
	BS	5.09 a - 5.54 a	6359 - 6927	24.35 - 21.55
	TH-G	4.10 a - 5.15 a	5131 - 6440	27.06 - 23.98
	TH-T	5.25 a - 6.18 a	6559 - 7727	17.35 - 19.68
	Kontrol	2.65 b - 2.87 b	3317 - 3583	34.55 - 31.92
	LSD % 5	1.16 - 1.75		
S	KOM	5.02 a - 4.70 ab	6273 - 5875	21.09 - 22.16
	BS	4.73 a - 4.77 a	5911 - 5963	22.43 - 24.39
	TH-G	4.45 a - 4.74 a	5559 - 5925	24.74 - 26.22
	TH-T	5.11 a - 5.44 a	6390 - 6800	19.97 - 20.53
	Kontrol	2.65 b - 2.87 b	3317 - 3583	34.55 - 31.92
	LSD % 5	1.27 - 1.84		

Bu çalışmada uygulanan TH-T preparatı FORL'un neden olduğu hastalıkla mücadelede etkili olması yanında, ayrıca verimde artışa neden olabilmektedir. Çünkü birçok çalışmada *Trichoderma* türlerinin toprakta fosfor, mangan, bakır, demir gibi maddeleri bitkilerin alabileceği forma dönüştürmek suretiyle uygulama yapılan bitkilerde vejetatif ve kök gelişimini teşvik etmesi sonucu bazı patojenlerce oluşturulan hastalıkları azalttığı ve üründe artışa neden olduğu bildirilmiştir (Hibar et al 2005; Harman 2006). Bu çalışma ile ayrıca pazarlanamaz meyve miktarlarının her iki yıl ve her iki denemede en düşük TH-T biyolojik ajan

uygulamasından (% 17.35-% 20.53) elde edilmiş olması yukarıdaki bilgilerle uyusmaktadır.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışma sonuçları doğrultusunda domates kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı ile mücadelede tek başına bir uygulama yapmaktan ziyade; toprağı solarize etme, fumigant uygulama, biyolojik preparatlardan yararlanma ve kompost uygulama gibi yöntemleri entegre eden bir mücadele programının başarıyı artırdığı sonucuna varılmıştır.

## Kaynaklar

- Benitez T, Rincon A M, Limon M C & Codon A C (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology* **7**(4): 249-260
- Ben-Yephet Y, Sıti E & Frank Z (1983). Control of *Verticillium dahliae* by Metham-sodium in loessial soil and effect on potato tuber yields. *Plant Disease* **67**: 1223-1225
- Bolwerk A, Lagopodi A L, Wijfjes A H M, Lamers G E M, Chin-A-Woeng T F C, Lugtenberg B J J & Bloemberg G V (2003). Interaction in the tomato rhizosphere of two *Pseudomonas* biocontrol strains with the phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. *Molecular Plant Microbe Interaction* **16**: 983-993
- Can C, Yücel S, Korolev N & Katan T (2004). First report of fusarium crown and root rot of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* in Turkey. *Plant Pathology* **53**(6): 814-814
- Cavaglieri L, Orlando J, Rodriguez M I, Chulze S & Etchevery M (2005). Biocontrol of *Bacillus subtilis* against *Fusarium verticillioides* in vitro and at the maize root level. *Research in Microbiology* **156**: 748-754
- Chellemi D O, Olson S M & Mitchel D J (1994). Effects of soil solarization and fumigation on survival of soilborne pathogens of tomato in Northern Florida. *Plant Disease* **78**: 1167-1172
- Chet I, Elad Y, Kalfon A, Hadar & Katan J (1982). Integrated control soil-borne and bulb-borne pathogens in iris. *Phytoparasitica* **10**: 229-231
- Cook R J (1993). Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens. *Annual Review Phytopathology* **31**: 53-80
- Datnoff L E, Nemeš S & Pernezny K (1995). Biological control of Fusarium crown and root rot of tomato in Florida using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. *Biological Control* **5**: 427-431
- Dekkers L C, Mulders I H M, Phoelich C C, Chin-A-Woeng T F C, Wijfjes A H M & Y Lugtenberg B J J (2000). The sss colonization gene of the tomato-*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* WCS365 can improve root colonization of other wild-type *Pseudomonas* spp. bacteria. *Molecular Plant Microbe Interaction* **13**: 1177-1183
- El-Abyad M S, El-Sayed M A, El-Shansoury A R & El-Sabbagh S A (1993). Towards the biological control of fungal and bacterial diseases of tomato using antagonistic *Streptomyces* spp. *Plant Soil* **149**: 185-195
- Eshel D, Gamliel A, Grinstein A, Di Primo P & Katan J (2000). Combined soil treatments and sequence of application in improving the control of soilborne pathogens. *Phytopathology* **90**: 751-757
- Frank Z R, Ben-Yephet Y & Katan J (1986). Synergistic effect of metham and solarization in controlling delimited shell spots of peanut pods. *Crop Protection* **5**: 199
- Fravel D R (2000). Commercial Biocontrol Products Available for use Against Plant Pathogens. Available: <http://www.oardc.ohio-state.edu/apsbcc/productlist2005USA.htm>
- Fravel D R, Bailey B A & Bao J (2002). Differences in gene expression between pathogenic and biocontrol Fusarium. USDA, ARS, Beltsville, MD.
- Gristein A, Katan J, Abdul R A, Zeydan O & Elad Y (1979). Control of *Sclerotium rolfsii* and weeds in peanuts by solar heating of the soil. *Plant Disease Reporter* **63**: 1056-1059
- Gristein A & Hetzroni A (1989). The technology of soil solarization. International symposium on new applications of solar energy in agriculture siracusa 11-14 Dicembre Universita degli studi di Catania
- Gullino M L, Minuta A, Garibaldi A & Ajwa A A (2002). Technical advances in fumigant application for soil disinfestation. *The BCPC Conference, Pest and Diseases*, 18-21 November, 2
- Harman G E (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* **96**: 190-194
- Hibar K, Daami-Remadi M, Khiareddine H & El Mahjoub M (2005). Effet inhibiteur in vitro et in vivo du *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement* **9**: 163-171
- Hibar K, Daami-Remadi M, Hamada W & El-Mahjoub M (2006). Bio-fungicides as an alternative for tomato Fusarium crown and root rot control. *Tunisian Journal of Plant Protection* **1**: 19-29
- Howell C R (2003). Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases. *Plant Disease* **87**: 4-10
- Ioannou N (2000). Soil Solarization as a Substitute for Methyl Bromide Fumigation in Greenhouse Tomato

- Production in Cyprus. *Phytoparasitica* **28**(3): 248-256
- Juarez-Palacios C, Felix-Gastelum R, Wakeman R J, Paplomatas E J & Devay J E (1991). Thermal sensitivity of three species of *Phytophthora* and the effect soil solarization on their survival. *Plant Disease* **75**: 1160-1164
- Kapoor I J & Kar B (1988). Antagonistic effects of soil microbes *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* causing tomato wilt. *International Journal of Tropical Plant Disease* **6**: 257-262
- Katan J, Greenberger A, Alon H & Grinstein A (1976). Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* **66**: 683-688
- Katan J (1980). Solar pasteurization of soils for disease control: Status and Prospects. *Plant Disease* **64**(5): 450-454
- Katan J (1996). Soil solarization: Integrated control aspects. In: Hall, R. [Ed.] Principles and Practice of Managing Soilborne Plant Pathogens. APS Press, St. Paul, MN, USA. pp. 250-278
- Kaygusuz Y K & Biçici M (2007). Adana yöresi sebze yetiştirilen alanlarda fungal hastalıklara karşı kullanılan fungusitlerin hastalıklarla mücadele ve çevre yönünden etkileri. *Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi Bildirileri*, 2-29 Ağustos, Isparta
- Kloepper J W, Ryu C M, & Zhang S (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* **94**: 1259-1266
- Küçük Ç & Kıvanç M (2004). In vitro antifungal activity of strains of *Trichoderma harzianum*. *Turkish Journal of Biologica* **28**: 111-115
- Larkin R P & Fravel D R (1999). Mechanisms of action and dose-response relationships governing biological control of Fusarium wilt of tomato by nonpathogenic *Fusarium* spp. *Phytopathology* **89**: 1152-1161
- Latoud C, Peypoux F & Michel G (1987). Action of iturin A, An antifungal antibiotic from *Bacillus subtilis* on the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Antibiotics* **40**: 1588-1595
- Lumsden R D, Lewis J A & Fravel D R (1995). Formulation and delivery of biocontrol agents for use against soil-borne plant pathogens (unpubl. rep. cited in National Research Council. 1996. *Ecologically Based Pest Management: New Solutions for a New Century*. Washington, DC: Natl. Acad. Press. pp. 144
- McGoven R J, Vavrina C S, Obreza T A & Capece J C (1995) Reduction of Fusarium crown and root rot of tomato by combining soil solarization and metam sodium. Pages 34/1-4 in: Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. San Diego, CA.
- McGoven R J, Vavrina C S, Noling J W, Datnoff L A & Yonce H D (1998) Evaluation of application methods of metham sodium for management of Fusarium crown and root rot in tomato in southwest Florida. *Plant Disease* **82**: 919-923
- McSorley R & Parrado J L (1986). Application of soil solarization to Rockdale soils in a subtropical environment. *Nematropica* **16**: 125-140
- Munito A, Gilardi G, Pome A, Garibaldi A & Gullino M L (2000). Chemical and Physical Alternatives to Methyl Bromide for Soil Disinfection. *Journal of Plant Pathology* **82**(3): 179-186
- Nejad P & Johnson P A (2000). Endophytic bacteria induce growth promotion and wilt disease suppression in oilseed rape and tomato. *Biological Control* **18**: 208-215
- Omar I, O'neill T M & Rossall S (2006). Biological control of fusarium crown and root rot of tomato with antagonistic bacteria and integrated control when combined with the fungicide carbendazim. *Plant Pathology* **55**: 92-99
- Ozbay N & Steven E N (2004). Fusarium crown and root rot of tomato and control methods. *Plant Pathology Journal* **3**(1): 9-18
- Ozbay N, Newman S E & Brown W M (2004). Evaluation of *Trichoderma harzianum* strains to control crown and root rot of greenhouse fresh market tomatoes. *Acta Horticulture* **635**: 79-85
- Parry D (1990). *Plant Pathology in Agriculture*. Cambridge University Pres, Cambridge
- Podile A R, Prasad G S & Dube H C (1985). *Bacillus subtilis* as antagonist to vascular wilt pathogens. *Current Science* **54**: 864-865
- Rekah Y, Shitienberg D & Katan J (2001). Population dynamics of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* in relation to the onset of Fusarium crown and root rot of tomato. *European Journal of Plant Pathology* **107**(4): 367-375
- Rodgers P B (1993). Potential of Biopesticides in Agriculture. *Pesticide Science* **39**: 117-29

- Sherf A F & Machab A A (1986). Fusarium wilt-*Fusarium oxysporum* schl. f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen. *Vegetable Diseases and Their Control*, Second Ed., pp. 614-621
- Sivan A, Ucko O & Chet I (1987). Biological control of Fusarium crown rot of tomato by *Trichoderma harzianum* under field conditions. *Plant Disease* **71**: 587-592
- Stapleton J J (1997) Modes of action of soil solarization and biofumigation. II. *International Conference on Soil Solarization and Integrated Pest Management of Soilborne Pests*. 16-21 March, Aleppo, Syria.
- Steve T (2000). University of California Cooperative Extension CORF News **4**(4): 6
- Thirumalachar M J, Rhalkar P W, Sukapure R S, Pawar P H & Desia P V (1970). Control of damping-off and root rot with use of *Streptomyces* species. *Hindustan Antibiotics Bulletin* **12**: 138-141
- Tjamos E C, Antoniou P P & Tjamos S E (2005). Soil Solarization and Control of Soilborne Pathogen in Plastic Houses. Agricultural University of Athens, Department of Plant Pathology, Votanikos 11855, Athens, Greece. Available: <http://www.minagric.gr/greek/data/TZIAMOS1.DOC>
- Turhan G (1981). A new race of *Streptomyces ochraceiscleroticus* in the biological control of some soil-borne plant pathogens II. In vivo studies on the possibilities of using C/2-9 against some important diseases. *Journal of Plant Diseases and Protection* **88**: 422-434
- Warton B & Matthiessen J N (2000). Enhanced biodegradation of metham soidum soil fumigant in Australia. The BCPC Conference, Pest and Diseases **4C**: 377-380
- Yücel S & Çınar A (1989). Domates Fusarium Solgunluğuna Karşı Biyolojik Kontrolde Antagonistlerin ve Toprak Solarizasyon Uygulamasının Etkileri. *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi* **13**: 1372-1393
- Yücel S, Özarslandan A, Colak A, Ay T & Can C (2007). Effect of Solarization and Fumigant Applications on Soilborne Pathogens and Root-knot Nematodes in Greenhouse-Grown Tomato in Turkey. *Phytoparasitica* **35**(5): 450-456