

Fitopatolojide biyolojik mücadele

Hatice ÖZAKTAN¹, Yeşim AYSAN², Figen YILDIZ¹, Pervin KINAY¹

Biological control in phytopathology

Abstract: In this paper, history of biological control in phytopathology, biocontrol mechanisms of antagonist microorganisms, biopesticides for fungal, bacterial and viral plant diseases are discussed. Biocontrol mechanisms of antagonist microorganisms are antibiosis, competition, hyperparasitism, hypovirulence, induce resistance, and cross protection. The use of biopesticides for plant disease control has a great potential in plant protection. Biopesticides can be used effectively as part of integrated disease management strategies.

Key-words: Bacteria, fungus, virus, antagonist, biopesticide

Özet: Bu yayında fitopatolojide biyolojik mücadelenin tarihçesi, antagonist mikroorganizmaların kullandıkları mekanizmalar ile fungal, bakteriyel ve viral kökenli bitki hastalıkları için kullanılan biyolojik pestisitler tartışılmıştır. Antagonist mikroorganizmaların kullandıkları biyokontrol mekanizmaları antibiyosis, yarışma, hiperparazitizm, hipovirülens, uyarılmış dayanıklılık ve çapraz korumadır. Bitki hastalıklarının mücadelesinde kullanılan biyolojik pestisitler büyük bir potansiyele sahiptir. Biyolojik pestisitler entegre hastalık yönetiminin bir parçası olarak etkili şekilde kullanılabilir.

Anahtar sözcükler: bakteri, virüs, fungus, antagonist, biyolojik pestisit

Giriş

Doğada her şeyi bulmak mümkündür. Sorunu da çözümü de doğa kendisi üretir. Patojen ve antagonist etkileşimi bunun en güzel örneğidir (Bora ve Özaktan, 1998). Yaşadığımız çevrenin kirlenme problemleri, kullanılan tarımsal ilaçların insan sağlığına, doğaya verdiği zararlar, kullanılan ilaçlara bir süre sonra bağışıklık kazanılması ve tüketicilerin organik ürünleri tüketme eğilimleri göz önüne alındığında biyolojik mücadele dünyada önem kazanmaktadır.

1 Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü – 35100 İzmir

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

Hatice Özaktan (Corresponding author) e-mail: hatice.ozaktan@ege.edu.tr

Alınış (Received): 11.02.2010 Kabul edilmiş (Accepted): 15.07.2010

Entomolojiye kıyasla bitki hastalıklarıyla biyolojik mücadele çalışmaları dünyada ve ülkemizde daha geç başlamıştır. Zararlı ve yararlı böceklerin birbiri ile etkileşimlerini görme kolaylığı entomolojide bu çalışmalara daha önce başlanmasına neden olmuştur. Bitki hastalıklarıyla biyolojik mücadele 1920’li yıllarda dikkat çekmeye başlamıştır. Yeşil gübre kullanımıyla patates uyuzu hastalığı etmeni *Streptomyces scabies* (Thaxter) Lambert and Loria’in baskılanması önemli bir başlangıç olmuştur (Stanford, 1926). Toprak koşulları değiştiğinde topraktaki saprofitik mikroorganizmalar artış göstererek patojeni baskılayabilmektedir. Weindling (1934, 1937, 1941) çökerten hastalığına neden olan *Rhizoctonia solani* Kühn’ye karşı antagonist *Trichoderma* ve *Gliocladium* türleri arasındaki antagonistik ilişkiyi araştırmıştır. 1940’lı ve 1950’li yıllar patojen-antagonist ilişkilerinin laboratuvar şartlarında gözlenmesi şeklinde geçmiştir. Daha sonraki yıllarda saksıda steril topraklarda çalışmalar yürütülmüştür. 1980’li yıllarda çalışmalar artık doğal şartlara aktarılmıştır. Laboratuvar şartlarında veya steril topraklarda başarılı bulunan antagonistlerin doğada istenilen sonuçları veremediği gözlenmiştir. Bu yıllarda floresan *Pseudomonas*’lar hastalıkları engelleme yetenekleri ve bitki büyümelerini artırmaları nedeniyle en fazla çalışılan antagonist bakteriler olmuşlardır. Bitkinin kök bölgesinde yaşayan mikroorganizmalar yanında yeşil aksamda epifitik olarak yaşayan mikroorganizmalar da dikkat çekmiştir. Özellikle ateş yanıklığı hastalığı etmeni olan *Erwinia amylovora* (Burril) Winslow et. al.’nın biyolojik mücadelesinde yaprak yüzeyinde yaşayan *Pantoea agglomerans* (Beijerinck 1888) comb. nov. (sinonim *Erwinia herbicola* (Löhnis 1911) Dye 1964)’dan başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu çalışmalardan sonra antagonistlerin etki mekanizmaları daha detaylı olarak araştırılmıştır. Fitopatolojide biyolojik mücadele çalışmalarını “bitmeyen senfoni olarak” değerlendiren bazı kişilerin yanıltığı, günümüzdeki biyolojik preparatların varlığı ile anlaşılmaktadır.

Antagonistlerin etki mekanizmaları

Patojen ve antagonist arasındaki etkileşimin bilinmesi başarılı biyolojik mücadele için gereklidir. Bu anlaşıldıktan sonra biyolojik mücadele stratejisinin hangi koşullarda başarılı olunacağı bilinebilir. Antagonistler antibiyotik üreterek, patojen ile besin ve/veya yer rekabetine girerek, patojen üzerinde antagonist mikroorganizma hiperparazit olarak yaşayarak patojenin gelişimini engeller veya baskılayabilir. Bu ve benzeri mekanizmalar aşağıda anlatılmıştır.

Antibiyosis: Bir organizmanın diğerini, antibiyotik olarak isimlendirilen, ürettiği metabolitlerle engellemesi veya yıkıma uğratmasıdır (Bora ve Özaktan, 1998). Antibiyotik üretimine en güzel örnek, bir antagonist olan *Agrobacterium radiobacter* (Beijerinck & van Delden 1902) Conn 1942’in ürettiği antibiyotikle, kök uruna

neden olan *Agrobacterium tumefaciens* (Smitt and Town) adlı patojeni baskılaması olayıdır (New and Kerr, 1972; Kerr ve Htay, 1974). *Agrobacterium radiobacter*'in ürettiği Agrosin-84 isimli antibiyotik patojenin gelişimini engeller. *Agrobacterium tumefaciens* bir yara patojenidir yani konukçu bitkiye sadece yaralardan giriş yapar. Antagonist bakteri *Agrobacterium radiobacter* bitkideki yaralara yerleşir, Agrosin-84 adlı antibiyotiği üretir ve patojenik *Agrobacterium tumefaciens*'in bitkiye girip hastalık yapmasına engel olur. Bu antagonistin ticari preparatları Nogall veya Galltrol-A adlarıyla piyasada bulunmaktadır. Sert çekirdekli meyve ağaçları fidanlarıyla bahçe tesis etmeden bu preparatlar ile kök daldırma uygulaması yapıldığında *Agrobacterium tumefaciens*'in neden olduğu kök uru hastalığı başarıyla kontrol altına alınabilmektedir.

Yarışma: İki yada daha fazla mikroorganizma aynı şeye ihtiyaç duyduğunda bunu yalnızca birinin kullanması ve diğerinin bundan faydalanamaması durumunda gelişiminin baskılanması olayıdır. Antagonist ve patojen mikroorganizmalar yer, besin, oksijen ve hatta ışık için yarışır. Ortamda ne az ise mikroorganizmalar onun için yarışır. Bir antagonist etkili bir beslenme sistemine sahipse ortamdaki besinleri kullanır ve patojenin ihtiyaç duyduğu besinleri almasını engeller. Sonuçta patojen yetersiz besin yüzünden ölür (Bora ve Özaktan, 1998). Gelişmeyi sınırlayan besinler mikroorganizmaya, ortama ve konukçu bitkiye göre değişir. Bunlar demir, karbon, azot ya da herhangi bir mikrobesein elementi olabilir. Bu konuda en iyi örnek demir için yarışmadır. Demir toprakta suda çözülemeyen bir formda (Fe^{3+}) bulunur. Antagonistler siderofor adı verilen bir madde üreterek ortamdaki demiri kullanılabilir form olan Fe^{2+} 'ye indirgerler. Toprakta bulunan antagonistlerin ürettiği sideroforlar bazı toprak kökenli patojenlerin gelişimini engeller. Örneğin floresan *Pseudomonas*'lardan olan *Pseudomonas putida* Trevisan 'nın ürettiği sideroforlar, solgunluk etmeni olan *Fusarium* türlerinin klamidosporelerinin çimlenmesini veya mikrokonidilerin çim borucuğunun uzamasını engeller (Elad ve Baker, 1985; Scher ve Baker, 1982) ve patojen gelişemediğinden bitkide hastalık oluşturamaz. Yine benzer şekilde *Pseudomonas fluorescens* Migula 1895 tarafından üretilen sideroforlar, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (Ggt) tarafından neden olunan arpa ve buğdaydaki zor olum hastalığının biyolojik mücadelesinde etkilidir.

Hiperparazitizm: Primer bir parazit üzerinde sekonder bir parazitin etkisidir. Antagonist ve patojen yakın bir ilişki içindedir. Antagonist konukçusunu tanıdıktan sonra hifini direk olarak konukçusuna yöneltir. Ürettiği kimyasal maddelerle patojeni zayıflatır. Antagonist konukçusuna ulaştığında hifleri konukçu hifin etrafında kıvrılır, kanca gibi yapılar oluşturarak konukçusuna tutunur. Antagonistin hifleri,

patojenin hiflerine sarılarak gelişir. Bu dönemde antagonist ürettiği enzimlerle patojeni eritir (Bora ve Özaktan, 1998). Bu mekanizmaya en iyi örnek antagonist *Trichoderma hamatum* (Bonord.) Bain. ve *Trichoderma harzianum* Rifai ile patojenik *Rhizoctonia solani* ve *Sclerotium rolfsii* Sacc. arasındaki ilişkiyi verebiliriz (Chet ve Baker, 1981; Elad ve ark., 1983).

Hipovirülens: Virülent bir patojen ile az virülent olan birey arasındaki hibridizasyon sonucu patojenin virülensliğinin azalması durumudur (Bora ve Özaktan, 1998). Hipovirülensliğe en güzel örnek, *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr' nın neden olduğu kestane kanserinin mücadelesi için yapılan uygulamalardır. Avrupa'da bu hastalığın biyolojik mücadelesinde, virülensliği az olan patojen biyoformülasyon haline getirildikten sonra ağacın kabuk dokusuna matkapla 5 mm çaplı delikler açılır ve biyoformülasyon inokule edildikten sonra yapışkan bir bantla kapatılır. Uygulama görmüş yerlerde hastalığın azaldığı tespit edilmiştir (van Alfen, 1982).

Uyarılmış dayanıklılık: Bitkilerdeki bağışıklık sistemini çeşitli biyotik ve abiyotik uyarıcılarla (elisitörler) uyararak harekete geçirme prensibine dayanır. Bu uyarıcılar virülensliği azaltılmış veya yok edilmiş bir patojen veya zararsız bir mikroorganizma olabildiği gibi çeşitli kimyasallar (etilen, UV ışınları, bazı sentetik bileşikler, bazı herbisitler ve fungusitler, salisilik asit, jasmonoik asit ve indol asetik asit) da olabilir. Bunlar gerçek bir patojen gibi davranarak konukçu bitkinin savunma sistemini duyarlı hale getirir ve böylece konukçu bitkinin sonradan gelecek patojen saldırılarına karşı hazır duruma gelmesine neden olurlar (Bora ve Özaktan, 1998). Sonuçta bitki sadece bir hastalık etmenine değil pek çok etmene karşı bağışıklık sistemini harekete geçirmiş olur (Tuzun ve Kuc, 1983). Bu durum çeşitli mekanizmaların etkisi ile ortaya çıkacağından daha stabil, uzun süreli ve sistemiktir. Bazen tek yıllık bitkilerde üretim sezonu boyunca etkisi devam edebilir (Liu ve ark., 1995). Şu an piyasada bitki aktivatörleri adı altında, dayanıklılığı uyaran pek çok preparat bulunmaktadır. Messenger, ISR-2000, Bion (Aktigard) bunlara örnek olarak verilebilir. Dikkat edilecek önemli bir husus, bu preparatlar patojen bitkiye bulaşmadan önce uygulanmalıdır. Bunlar yeşil aksamı uygulanabildiği gibi, sebzelerde fideler toprağa şaşırtılmadan önce kök daldırması veya tohumları bandırma şeklinde uygulanabilirler. Bunlar içerisinde bitkinin hastalıklara dayanıklılığını uyaran kök bakterileri aynı zamanda topraktaki besin elementlerini (azot veya fosfor gibi) bitkinin alabileceği forma getirerek bitki büyümesine olumlu etkiler de yapabilmektedirler. Bunlar bitki büyümesini artıran kök bakterileri olarak veya kısaca PGPR (plant growth promoting rhizobacteria) olarak adlandırılmaktadır.

Çapraz koruma: Çapraz koruma da, uyarılmış dayanıklılık gibi, bitkinin içinde oluşan bir biyolojik mücadele mekanizmasıdır. Çapraz koruma; birinci organizma (antagonist) tarafından konukçu dokusu içinde ikinci oraganizmanın (virulent patojen) antibiyosis, yer ve besin için yarışma, hisfel interferens ya da parazitizm gibi mekanizmalardan birisi ya da bunların kombinasyonu ile önlenmesini içermektedir (Bora ve Özaktan, 1998). Uyarılmış dayanıklılığın etkisi dolaylıdır ve birinci organizma tarafından uyarılır uyarılmaz mikroorganizmalara karşı bitkilerin aktif savunma mekanizmalarını harekete geçirmesiyle ilgilidir. Çapraz korumada kullanılan uyarıcı izolat; ya önlenmesi istenen patojenle akrabadır (zayıf virulent bir izolat) ya da diğer ürünlerin benzer dokularında patojendir. Bu akraba izolatlara (ya da benzer dokuların patojenleri), aynı “ekolojik nişe” ye uyum sağlamış herhangi iki organizma gibi, bir dokudaki tüketilebilir benzer materyaller için yarışabilirler. Çapraz koruma mekanizması ilk önce virüslerde saptanmıştır. Ancak, bir virüsün ılımlı bir izolatu yakın akraba izolatlara karşı koruyucu olabilirse de, bazen ilişkisiz izolatlara sinergistik olarak etkileşime girebilir ve bir konukçuda şiddetli semptomlar oluşturabilir. CARNA-5, bazı konukçularda hıyar mozaik virüsü (CMV)’nü zayıflatmasına karşın, domateste CMV ile bir araya getirildiğinde daha şiddetli hastalık çıkışına neden olmuştur (Kapper ve Waterworth, 1977). Bu gibi olumsuzluklar yüzünden, ticari anlamda tarımda kullanımları oldukça sınırlıdır. Ancak, çapraz korumanın başarılı olduğunu gösteren somut örnekler de vardır. Spesifik avirulent fungusların verilmesi yoluyla elde edilen çapraz koruma ile ilgili ticari uygulamalar yoksa da, bu mekanizma aracılığı ile doğal olarak oluşan bazı biyolojik mücadele örnekleri bilinmektedir. *Fusarium oxysporum* Schlecht. (emend. Snyder & Hans.)’un bir bitki türünde patojenik bir forma *specialis*’inin bir başka bitki türüne önceden inokulasyonu ile elde edilen *F.oxysporum* patojenleri arasındaki çapraz koruma konusunda birçok araştırmaya rastlanmaktadır (Wymore ve Baker, 1982). Benzer şekilde, buğdayda zor olum hastalığı etmeni *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx & Olivier var. *graminis* ‘e duyarlı olan buğdaylar, toprakta kökleri kolonize etme yeteneğinde olan zayıf virulent *Phialophora graminicola* (Deacon) Walker popülasyonu ya da avirulent *G.graminis* var *graminis* varlığında patojen saldırısından çapraz koruma yoluyla korunur (Speakman, 1984).

İyi bir antagonistin özellikleri

Antagonist yukarıda anlatılan etki mekanizmalarından bir veya birkaçını kullanarak hastalığı yüksek oranda engelleme etkisine sahip olmalı ve bu etki uzun sürmelidir. Yaşadığı ortamda diğer antagonistlerle uyumlu olmalı ve diğer faydalı mikroorganizmalara olumsuz etkisi olmamalıdır. Yetiştirme mevsimi boyunca antagonist yüksek popülasyonda yaşamını devam ettirebilmelidir. Olumsuz çevre

koşullarında da yaşamını sürdürebilmelidir. Konukçu bitkinin olabildiğince çok sayıda patojenine karşı etkili olmalıdır. Değişik çevre koşullarında bekletildiğinde ya da biyopreparatı yapıldığında genetik yapısında değişme olmamalıdır. Standart fungusitlerden etkilenmemelidir. Özellikle hasat sonrası hastalıklar için kullanılan fiziksel ve kimyasal uygulamalardan etkilenmemelidir. Antagonist, kolay kültüre alınabilmeli ve kitle üretimi için pahalı olmayan ortamlarda gelişebilme özelliğinde olmalıdır. Depolama esnasında özelliğini uzun süre korumalıdır. İnsan sağlığına zararlı ikincil metabolitler üretmemeli ve hedef dışı canlılara zararlı etkisi olmamalıdır. Biyopreparat haline getirildiğinde pazar potansiyeli olmalıdır (Bora ve Özaktan, 1998).

Bitki fungal hastalıklarıyla biyolojik mücadele

Bitki fungal hastalıkları geniş sayıda hastalık etmenini barındırmaktadır. Bu hastalık etmenlerinden *Fusarium* ve *Verticillium* gibi kimyasal mücadelesi bulunmayan ve bitkilerde solgunluk yapan hastalıkların kontrol altına alınmasında biyolojik mücadele çalışmalarının ayrı bir önemi vardır. Bitkinin rizosfer bölgesinde yaşayan, saprofitik karakterdeki bazı bakteriler ve fungusların yarışmacı özellikte oldukları ve bazı metabolik maddeler üreterek bu patojenik etmenlere baskılayıcı etki gösterdikleri bilinmektedir. Bunlar arasında fluorescent *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Talaromyces* ve avirulent *Fusarium* gibi organizmalar sayılabilir. Bu mikroorganizmalar, buldukları ekosisteme gösterdikleri uyum ve bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle ticari olarak da üretilmeye başlanmıştır. Bunlar arasında; **Mycostop**, **Actinovate** gibi bakteriyel ve **Trichodex** gibi fungal antagonistler ticari preparat haline getirilmişlerdir. Bitki kök ve kök boğazında değişik hastalıklara yol açan *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Phytophthora*, *Fusarium* gibi hastalık etmenleri ile biyolojik savaşımında çeşitli bakteriyel antagonistlerin ve *Trichoderma* türlerinin başı çektiği pek çok çalışmada yer aldığı görülmektedir.

Bitkinin toprak üstü kısımlarında görülen fungal hastalıklara yönelik çalışmaların, iklim koşullarının kontrol altına alınabildiği örtü altında üretilen bitki türlerinde daha başarılı olduğu görülmüş ve çalışmalar bu yönlü de yoğunlaşmıştır. Bu alanda da külleme, mildiyö gibi obligat parazitlere karşı *Tilletiopsis*, *Ampelomyces* gibi antagonistler başarılı bulunmuş ve bunlardan bazıları ticari formülasyon haline getirilmiştir. Bu grupta en çok çalışılan hastalıklardan bir diğeri de; kurşuni küf hastalığıdır. Bu hastalıkla yapılan biyolojik mücadele çalışmalarında yine *Trichoderma harzianum*'un ve fluoresan *Pseudomonas*'ların etkili oldukları en yüksek etkiyi ise bu patojene karşı birden fazla yöntem ve tekniğin birlikte uygulandığı entegre mücadelede sağlandığı görülmektedir.

Yine biyolojik savaşımında önemli kazanımlar elde edilen bir diğer fungal patojen de kestane kanseri etmeni *Cryphonectria parasitica*'dır. Bu fungusu karşı hipovirulent ırklar ile ağaçlara aşılama yapılmakta ve hastalık geriletilebilmektedir.

Depo hastalıklarıyla biyolojik mücadele

Hasat sonrası hastalıklarla biyolojik mücadeleye yönelik bilgiler oldukça eski tarihlere gitmesine karşın (Pusey ve Wilson, 1984), kimyasallara alternatif olarak yoğun çalışmalar yaklaşık yirmi yıl kadar öncesinde başlamıştır (Wilson ve Wisniewski, 1989, Chalutz ve ark., 1990, Wilson ve ark., 1991; Droby ve ark., 1995). Hasat sonrası hastalıklarla biyolojik mücadele çalışmaları, taze meyve ve sebzenin yüzeyinde doğal olarak bulunan antagonistik mikrofloranın taranması ve buradan başarılı antagonistlerin elde edilmesini içermektedir. Hasat sonrası hastalıklarla biyolojik mücadelenin, çevresel koşulların kontrol edilebilmesi ve antagonistlerin direk etki yerine uygulanması gibi başarıyı doğrudan etkileyen bazı avantajları bulunmaktadır (Wilson ve Wisniewski, 1989). Meyve ve sebzelerin yüzeyinde doğal olarak bulunan ve epifitik olarak yaşayan mayalar ise, günümüzde hasat sonrası hastalıkların mücadelesinde biyolojik mücadele elemanı olarak önem kazanmışlardır.

Mayalar hasat sonrası hastalıkların biyolojik mücadelesinde çok geniş bir ürün yelpazesinde kullanılmaktadır. Turunçgiller, elma ve armut gibi birçok yumuşak çekirdekli (Filnow, 1998), şeftali ve kayısı (McLaughlin ve ark., 1992; Lurie ve ark., 1995) gibi sert çekirdekli, domates (Chalutz ve ark., 1990), soya fasulyesi, çilek (Lima ve ark., 1997), patates (Schisler ve ark., 1995) gibi birçok sebzenin yanında, tahılların depo hastalıklarına karşı da başarılı olduklarını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Petersson ve ark., 1999).

Limondan izole edilen ve diğer turunçgillerin hasat sonrası hastalıklarına karşı da başarı ile kullanılan *Candida oleiphila* Montrocher, paketlenen evlerinde **Aspire™** adı altında ticari olarak kullanılan ilk biyopreparattir (Katz ve ark., 1995). Bunun yanında *Pichia guilliermondi* Wickerham, birçok *Candida* türleri (*C. sake*, *C. saitoana*, *C. oleiphila*), *Rhodotorula spp.* ve *Cryptococcus spp.* (*C. infirmo-miniatus*) ile yapılan çalışmalar, mayaların hasat sonu biyolojik savaşta etkili şekilde kullanılabilirliğine işaret etmektedir (Roberts, 1990; Arras, 1996; Wisniewski ve ark., 1990). Bunun yanında, *Candida famata* ve *C. saitoana* gibi mayaların da turunçgillerde hasat sonrası *Penicillium* çürüklüklerini engelledikleri belirlenmiştir (Arras, 1996; El-Ghaouth ve ark., 2000). Bakteri içerikli **BioSave™** (*Pseudomonas syringae* van Hall ESC 110 ve 111), yine yumuşak çekirdekli ve turunçgillerde hasat sonrasında kullanılan preparatlardır. Belirli düzeyde etkili bulunan antagonistler, pilot testlerle ticari boyutta sınanmakta ve biyofarmülasyonları hazırlanmaktadır (Droby

ve ark., 1993; Kınay ve ark., 2005; Janisiewicz, 2007; Kınay ve Yıldız, 2008). Son olarak, *Metschnikowia fructicola* Kurtzman & Droby, sp. nov., mayası içeren **Shemer** (Bayer Crop Sci.) isimli bir preparat hasat sonrasında ruhsatlandırılmıştır (Kurtzman ve ark., 2001).

Bitki bakteri hastalıklarıyla biyolojik mücadele

Son yıllarda bakteriyel hastalıklara karşı biyolojik preparatların ülkemiz dahil pek çok ülkede başarıyla kullanılması sevindirici bir durumdur. Ek olarak biyolojik mücadele çalışmalarındaki artış da umut vericidir. Bakteri hastalıklarıyla biyolojik mücadeleye en güzel örnek *Agrobacterium radiobacter*'in biyopreparat haline getirilerek piyasada **Nogall** veya **Galltrol-A** ticari ismiyle, sert ve yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında kök uruna neden olan *Agrobacterium tumefaciens*'in mücadelesinde kullanımıdır. Avrupa'da bahçe tesis etmeden önce sağlıklı meyve fidanlarının kökleri Nogall veya Galltrol-A süspansiyonuna daldırması zorunludur. Ülkemizde de bu preparat Nogall ticari ismiyle piyasada bulunmaktadır.

Yumuşak çekirdekli meyve ağaçlarında ateş yanıklığı hastalığına neden olan *Erwinia amylovora*'nın biyolojik mücadelesinde ise *Pseudomonas fluorescens* A506'yı içeren **Bligtban** ve *Pseudomonas fluorescens* A506 ile *Pantoea agglomerans* (sinonim *Erwinia herbicola*)'in karışım halinde bulunduğu **Frostban** isimli biyolojik preparatlar kullanılmaktadır. Bu preparatlar ateş yanıklığı hastalığının entegre mücadelesinin bir parçası olarak kullanılmaktadır. Bligtban ayrıca don zararını da azaltma yeteneğindedir. Ülkemizde ise 1996-2007 yılları arasında Bora ve Özaktan (1996, 1998) TÜBİTAK destekli birbirini takip eden projeler yürüterek, bu hastalığın biyolojik mücadelesinde kendi ülkemiz florasına ait antagonist özellikte *Pantoea agglomerans* izolatlarını elde etmişlerdir. Bu antagonistler Ege Bölgesi'ndeki armut alanlarında *Erwinia amylovora*'nın neden olduğu ateş yanıklığı hastalığının entegre mücadelesi içinde başarıyla kullanılmıştır (Özaktan ve Bora, 2004).

Domates ve biberde bakteriyel leke hastalığına neden olan *Xanthomonas vesicatoria* (L. R. Jones) Dye'nin biyolojik mücadelesinde bakteriyofaj (bakteriyi eriten virüs) içerikli ticari preparat **Agri-faj** isimli ruhsat almış ve Amerika Birleşik Devletleri'nde başarıyla kullanılmaktadır.

Bitki virüs hastalıklarıyla biyolojik mücadele

Bitki virüs hastalıklarıyla biyolojik mücadele konusunda en başarılı örneklerden biri, turunçgillerde Citrus Tristeza Virüsü (CTV)'nü önlemek için CTV'nin ılımlı bir izolatının turunçgillere inokulasyonu ile Çapraz koruma mekanizmasının başarıyla işletilmesidir. Brezilya'da, hastalığın sürekli görüldüğü bahçelerde genel görünümü ve gelişimi iyi olan ağaçlardan ılımlı CTV izolatları elde edilmiştir. Tristeza'ya tole-

rant anaç üzerindeki CTV'ne karşı ılımlı CTV izolatları inokule edilerek korunmuş aşılı kalemleri 1968'de üreticilere dağıtılmıştır. 10 yıl içinde 5 milyon çapraz korunmuş turunçgil ağacı dikilmiş, 1980'e kadar Brezilya'da 30 milyon ağaç hastalıktan korunmuştur (Costa ve Muller, 1980).

Sera domateslerinin Tütün Mozayik Virüsü (TMV)'ne karşı çapraz korunması Kanada, İngiltere, Hollanda, Japonya gibi ülkelerde ticari olarak uygulanmaktadır. Avrupa'da bunun kullanımı M 11-16 olarak adlandırılan TMV'nün simptom oluşturmeyen yapay bir mutantının geliştirilmesiyle giderek yaygınlaşmıştır. Yalnızca Fransa'da 10 milyondan fazla domates bitkisi bu yolla korunmuştur. Ancak, TMV'nün mutant M 11-16 izolatının yeni mutasyonlarla virulent izolata dönme olasılığı nedeniyle son yıllarda kullanımı kısıtlanmaktadır (Rast, 1972).

Bitki hastalıklarına karşı Dünya genelinde ticari kullanımda olan biyolojik preparatlar Çizelge 1'de toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 1. Bitki hastalıklarına karşı ticari olarak üretilen ve kullanılan biyolojik preparatlar (Bora ve Özaktan, 1998; <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides> (erişim: 11.10.2009), <http://ppis.ceris.purdue.edu/npublic.htm> (erişim: 11.10.2009).

Table 1. Used and produced biopesticides for plant diseases (Bora and Özaktan, 1998; <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides> (accessed: 11.10.2009), <http://ppis.ceris.purdue.edu/npublic.htm> (accessed: 11.10.2009).

Antagonistin adı	Preparatın ticari ismi	Etkili olduğu patojen/hastalık	Uygulandığı/ önerildiği ürün
Bakteriyofaj (virüs)	AGRIPHAGE	Domateste bakteriyel benek hastalığı (<i>Pseudomonas tomato</i>) biber ve domateste bakteriyel leke hastalığı (<i>Xanthomonas</i> spp.)	Domates ve biber
<i>Agrobacterium radiobacter</i> K84, K1026 izolatları	GALLTROL, NOGALL, NORBAC	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> 'in neden olduğu kök uru hastalığı	Sert ve yumuşak çekirdekli meyve ağacı fidanları, süs bitkileri

Çizelge 1'in devamı

Table 1 continued

<i>Bacillus subtilis</i> MBI 600 izolatu	KODIAK,Q4000, SYSTEM 3, SUBTILEX, PRO-MIX, HiStick N/T	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Pythium</i> , <i>Alternaria</i> spp., ve köklere saldıran <i>Aspergillus</i> spp.	Pamuk, baklagiller, soyafasulyesi, yerfıstığı, buğday, arpa
<i>Bacillus subtilis</i> QST 713, QST 716 veya QST 708 izolatları	BioBac, BioSol, SERENADE, SERENADE Max, RHAPSODY	Çeşitli külleme ve Midiyö etmenleri, <i>Botrytis</i> sp., <i>Cercospora</i> sp., Antraknoz, <i>Erwinia amylovora</i>	Elma, kiraz, üzüm, patates, turunçgiller, domates, kabakgiller ve diğer sebzeler
<i>Bacillus subtilis</i> GBO3 izolatu	KODIAK, COMPANION	<i>Fusarium solani</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Alternaria</i> spp., ve <i>Aspergillus</i> spp.	Pamuk, baklagiller, tahıllar
<i>Bacillus pumilus</i> QST 2808 izolatu	BALLAD® PLUS	Pas, külleme, <i>Cercospora</i> ve kahverengi leke	Soya fasulyesi, tahıllar, patates
<i>Bacillus pumilus</i> GB 34 izolatu	YIELD SHIELD	<i>Fusarium solani</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>	Baklagiller
<i>Pantoea</i> <i>agglomerans</i> E325 izolatu	BLOOMTIME, BIOLOGICAL	Ateş yanıklığı hastalığı (<i>Erwinia</i> <i>amylovora</i>)	Yumuşak çekirdekli meyve ağaçları (Elma, armut)
<i>Pseudomonas</i> <i>fluorescens</i> A506 izolatu	BLIGHTBAN A506, BIOCURE, DAGGER	Don zararı, <i>Erwinia amylovora</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> spp.	Badem, elma, şeftali, kayısı, kiraz, armut, patates, çilek, domates
<i>Pseudomonas</i> <i>fluorescens</i> A506 + <i>Pantoea</i> <i>agglomerans</i> 252	FROSTBAN	Don zararı, <i>Erwinia amylovora</i>	Yumuşak çekirdekli meyve ağaçları

Çizelge 1'in devamı
Table 1 continued

<i>Pseudomonas syringae</i> ESC 10, ESC 110 izolatları	BIO-SAVE 10LP, BIO-SAVE 110	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Mucor pyroformis</i> , <i>Geotrichum candidum</i>	Elma, armut, turunçgiller, hasat sonrası uygulamalar
<i>Pseudomonas aureofaciens</i>	BioJect Spot-Less	Antraknoz, <i>Pythium aphanidermatum</i>	Torf ve diğer topraksız tarım substratları
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	DAGGER-G	<i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i>	Çeşitli sebzeler
<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC 108 izolatu	ACTINOVATE	Toprak patojenleri: <i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Verticillium</i> türleri, <i>Phymatotrichum omnivorum</i> ve diğer kök çürüklüğü etmeni funguslar Yaprak patojenleri: <i>Podosphaera</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Monilinia</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Peronospora</i> türleri ve diğer yaprak patojeni funguslar	Süs bitkileri, sebzeler, meyve ağaçları, sert kabuklular, asma, pamuk, turunçgiller, patates

Çizelge 1'in devamı

Table 1 continued

<i>Streptomyces griseoviridis</i> K61 izolatu	MYCOSTOP	Solgunluk, tohum, kök ve gövde çürüklüğüne neden olan <i>Fusarium</i> spp., <i>Alternaria brassicola</i> , <i>Phomopsis</i> spp., <i>Botrytis</i> spp., <i>Pythium</i> spp. ve <i>Phytophthora</i> spp.	Tarla bitkileri, sebzeler ve süs bitkileri
<i>Ampelomyces quisqualis</i> <i>Coniothyrium minitans</i> CON/M/91-08 izolatu	AQ 10 CONTANS, Intercept WG	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ve <i>Sclerotinia minor</i>	Çeşitli sebzeler, bağ Ayçiçeği, yerfıstığı, soya fasulyesi, kanola ve çeşitli sebzeler (marul, fasulye, domates)
<i>Gliocladium virens</i> GL-21 izolatu	SOILGARD 12G, GLIOGARD	<i>Pythium ultimum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Helmintosporium</i> , <i>Sclerotium</i> , <i>Thielaviopsis</i> spp. gibi çökerten ve kök çürüklüğü patojenleri	Süs bitkileri, sera, fidelik ve salon bitkileri
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai KRL-AG2 izolatu	T-22™ HC, T-22™ PLANTER BOX, ROOTSHIELD, PLANT SHIELD, SUPRESIVIT	<i>Fusarium</i> , <i>Pythium</i> ve <i>Rhizoctonia solani</i>	Meyve ağaçları, fide ve fidanlar, süs bitkileri, kabakgiller, domates, lahanalar

Çizelge 1'in devamı
Table 1 continued

<i>Trichoderma harzianum</i> T-39 izolatu	HARZAN, TRICHODEX, TRICHODERMA 50	<i>Botrytis</i> ve <i>Sclerotinia</i> türleri	Bağ ve sebze
<i>Candida oleophila</i> I-182 izolatu	ASPIRE	<i>Botrytis</i> spp., <i>Penicillium</i> spp	Yumuşak çekirdekli meyve ağaçları ve turunçgil meyvelerinde hasat sonrası uygulama
<i>Pichia quilliermondii</i>	U.S.7	<i>Penicillium</i> spp., <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i>	Yumuşak çekirdekli meyve ağaçları ve turunçgil meyvelerinde hasat sonrası uygulama

Ülkemizdeki biyolojik mücadele çalışmaları

Dünyada fitopatolojideki biyolojik mücadele araştırmalarının geçmişi ile Türkiye'deki çalışmaların geçmişi benzerlik göstermektedir. İlk çalışmalar Bora ve Nemli (1973) tarafından yapılan domatesteste solgunluk etmenlerine karşı fungistatik etkinin gösterildiği çalışmalardır. İlerleyen yıllarda Ege Üniversitesi'nde actinomycet'ler (Turhan ve Grosman, 1986) dahil pek çok hastalığın biyolojik mücadele olanağı araştırılmıştır. Çukurova Üniversitesi'nde ise turunçgillerde uç kurutan hastalığı (Erkılıç ve Çınar, 1988) ve biberde kök boğazı çürüklüğü hastalığının (Dede ve Biçici, 1988) biyolojik mücadelesi üzerine doktora çalışmaları yapılmıştır. 1990'lı yıllardan sonra pek çok üniversite ve araştırma enstitüsünde bu konuda yoğun etkinlikler söz konusudur. Bunları tek tek anlatmanın zorluğu nedeniyle burada verilememiştir. 1998 yılında ise Bora ve Özaktan, biyolojik mücadele konusunda çalışacak araştırmacılara, öğrencilere ve öğretim üyelerine hitap edecek "Bitki Hastalıklarıyla Biyolojik Savaş" isimli bir kitap yayımlamışlardır. Bu derlemenin hazırlanmasında bu kitaptan oldukça faydalanılmıştır. Ülkemizde

bitki hastalıklarının biyolojik mücadeleyle ilgili şimdiye kadar oldukça çok sayıda değerli araştırmalar yapılmıştır. Bu derleme içinde bunlara geniş şekilde yer vermek olanaksız olmuştur.

Sonuç olarak, günümüzde biyolojik mücadele çalışmaları “bitmeyen senfoni” olmaktan çıkmış artık ürünlerini vermeye başlamıştır. Ülkemiz dahil pek çok ülkede bunların preparat haline getirilip kullanımı en güzel kanıttır. Gelecek yıllarda üreticinin ve tüketicinin bilinçlenmesi, organik ürünlere artan eğilimler göz önüne alındığında entegre mücadele içinde biyolojik mücadelenin yeri giderek artacaktır.

Kaynaklar

- Arras, G., 1996. Mode of action of an isolate of *Candida famata* in biological control of *Penicillium digitatum* in orange fruits. *Postharvest Biology and Technology* 8: 191-198.
- Biopesticides URL: <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticide>, [erişim: 11.10.2009].
- Biopesticides URL: <http://ppis.ceris.purdue.edu/npublic.htm>, [erişim: 11.10.2009].
- Bora, T. ve T. Nemli, 1973. An investigation on soil fungistasis in İzmir. *Journal of Turkish Phytopathology* 2: 49-54.
- Bora, T. ve H. Özaktan, 1996. Antagonistik bazı floresent pseudomonasların önemli kültür mantarı hastalıklarına karşı in vitro etkileri üzerinde araştırmalar. Türkiye 5. Yemeklik Mantar Kongresi Bildiri Özetleri, 5-7 Kasım 1996, Yalova, s:267-273.
- Bora, T. ve H. Özaktan, 1998. Bitki hastalıklarıyla biyolojik savaş. Prizma Matbaası, İzmir. 205 s.
- Chalutz, E., Droby, S., Cohen, L E., Weiss, B., Barkai-Golan, O., Daus, A., Fuchs Y. and C. L. Wilson, 1990. Biological control of *Botrytis*, *Rhizopus*, and *Alternaria* rots of tomato fruit by *Pichia guilliermondii*. Biological Control of Postharvest Diseases of Fruit and Vegetables Workshop Proceedings, Sheperdtown, West Wirginia, Sept. 12-14, pp: 71-85.
- Chet, I. and R. Baker, 1981. Isolation and biocontrol potential of *Trichoderma hamatum* from soil naturally suppressive of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 71: 286-290.
- Costa, A. S. and G. W. Muller, 1980. Tristeza control by cross protection: a US-Brazil coperative success. *Plant Disease*, 64: 538-541.
- Dede, Y. ve M. Biçici, 1988. *Phytophthora citrophthora*'nın limonlarda neden olduğu zamklanma hastalığının oluşum düzeyi, etmenin topraktaki dağılımı ve

- bu hastalığa karşı antagonist *Trichoderma* türlerinin kullanılması. V. Türkiye Fitopatoloji Kongresi Bildirileri, s:149-153.
- Droby, S., Hofstein, R., Wilson, C. L., Wisniewski, M, Fridlander, B., Cohen, L., Weiss, B., Daus, A., Timar, D. and E. Chalutz, 1993. Pilot testing of *Pichia guilliermondii*: a biocontrol agent of postharvest diseases of citrus fruits. *Biological Control*, 3: 47-52.
- Droby, S., Linschinsky, S., Cohen, L., Manulis, S., Mehra R. K. and J. W. Eckert, 1995. Epiphytic yeasts of citrus tolerant to extreme conditions are effective antagonist green mold decay on Ankara pear. *Journal of Turkish Phytopathology* 27: 27-37.
- El-Ghaouth, A., Smilanick J. L. and C. L. Wilson, 2000. Enhancement of the performance of *Candida saitoana* by the addition of glycochitosan for the control of postharvest decay of apple and citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 19: 103-110.
- Elad, Y., I. Chet, P. Boyle and Y. Henis, 1983. Parasitism of *Trichoderma* spp. on *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii*, scanning electron microscopy and fluorescence microscopy. *Phytopathology*, 73: 85-88.
- Elad, Y. and R. Baker, 1985. The role of competition for iron and carbon in suppression of chlamydospore germination of *Fusarium* spp. by *Pseudomonas* spp. *Phytopathology*, 75: 1053-1059.
- Erkılıç, A. ve A. Çınar, 1988. Limon ağaçları fillosfer mikroflorasının *in-vitro*'da *Phoma tracheiphila*'ya antagonistik etkileri. V. Türkiye Fitopatoloji Kongresi Bildiri Özetleri, s:95.
- Filnow, A.B. 1998. Role of competition for sugars by yeasts in the biological of gray mold and blue mold of apple. *Biocontrol Science Technology*, 8: 243-256.
- Janisiewicz, W., 2007. Commercial applications and future prospects for the use of biocontrol after harvest. COST Action 924. Proceedings of the International Congress: Novel Approaches for the Control of Postharvest Diseases and Disorders, Bologna, Italy, 3-5 May, 2007, pp: 9-18.
- Kapper, J. M. and H. E. Waterworth, 1977. Cucumber mosaic virus associated RNA 5: Causal agent for tomato necrosis. *Science*, 196: 429-431.
- Katz, H., Bercovitz, A., Chalutz, E., Droby, S., Hofstein R. and M. Keren-Tzoor, 1995. Compatibility of ecogens biofungicide Aspire a yeast based preparation, with other commonly used for the control of postharvest decay of citrus. *Phytopathology* 85: 1123.
- Kerr, A. and K. Htay, 1974. Biological control of crown gall through bacteriocin production. *Physiological Plant Pathology*, 4: 37-44.

- Kınay, P., Yıldız, M., Şen, F., Öngen G. ve L. Akdoğan, 2005. Turunçgillerde hasat sonrası *Penicillium* çürüklüklerine karşı maya biyoformülasyonlarının geliştirilmesi ve kullanımı. TUBITAK TOVAG 2931 No'lu proje kesin raporu.
- Kınay, P. and M. Yıldız, 2008. The shelflife and effectiveness of granular formulations of *Metschnikowia pulcherrima* and *Pichia guilliermondii* yeast isolates that control postharvest decay of citrus fruit. *Biological Control*, 45: 433-440.
- Kurtzman, C. P., and S. Droby, 2001. *Metschnikowia fructicola*, a new ascosporic yeast with potential for biocontrol of postharvest fruit rots. *Systematic Applied Microbiology* 24:395-399.
- Lima, G., Ippolito, A., Nigro, F. and M. Salerno, 1997. Effectiveness of *Aurobasidium pullulans* and *Candida oleiphila* against postharvest strawberry rots. *Postharvest Biology and Technology*, 10: 169-178.
- Liu, L., Kloepper, J. W. and S. Tuzun, 1995. Induction of systemic resistance in cucumber against bacterial angular leaf spot by plant growth promoting rhizobacteria. *Phytopathology*, 85: 843-847.
- Lurie, S., Droby, S., Chalupowicz, L. and E. Chalutz, 1995. Efficacy of *Candida oleiphila* strain 182 in preventing *Penicillium expansum* infection of nectarine fruits. *Phytoparasitica*, 23: 231-234.
- McLaughlin, R. J., Wilson, C. L., Droby, S., Ben-Arie, R. and E. Chalutz, 1992. Biological control of postharvest diseases of grape, peach and apple with the yeast *Kloeckera apiculata* and *Candida guilliermondii*. *Plant Disease*, 76: 470-473.
- New, P. B. and A. Kerr, 1972. Biological control of crown gall: field measurements and glasshouse experiments. *Journal of Applied Bacteriology*, 35: 279-287.
- Özaktan, H. and T. Bora, 2004. Biological control of fire blight in pear orchards with a formulation of *Pantoea agglomerans* strain Eh 24. *Brazilian Journal of Microbiology*, 35: 224-229.
- Petersson, S., Jonsson, N. and J. Schnürer, 1999. *Pichia anomala* as a biocontrol agent during storage of high-moisture feed grain under airtight conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 175-184.
- Pusey, Y. and C. L. Wilson, 1984. Postharvest biological control of stone fruit brown rot by *Bacillus subtilis*. *Plant Diseases*, 68: 753.
- Rast, A. T. B., 1972. MII-16, an artificial symptomless mutant of tobacco mosaic virus for seedling inoculation of tomato crops. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 78: 110-112.
- Roberts, R. G., 1990. Postharvest biological control of gray mold of apple by *Cryptococcus laurentii*. *Phytopathology*, 80: 526-530.

- Scher, F. M. and R. Baker, 1982. Effect of *Pseudomonas putida* and a synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt pathogens. *Phytopathology*, 72: 171-176.
- Schisler, D. A., Kurtzman, C. P., Bothast, R. J. and P. J. Slininger, 1995. Evaluation of yeast for biological control of *Fusarium* dry rot of potatoes. *American Potato Journals*, 72: 339-353.
- Speakman, J. B., 1984. The effect of inoculation of wheat with *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* on the take-all disease caused by *G. graminis* var. *tritici*. *Phytopathogische Zeitschrift*, 109: 188-191.
- Stanford, G. B., 1926. Some factors affecting the pathogenicity of *Actinomyces scabies*. *Phytopathology*, 16: 525-527.
- Turhan, G. and F. Grossmann, 1986. Investigation of a great number of Actinomycetes isolates on their antagonistic effects against soil borne fungal pathogens by an improved method. *Journal Phytopathology*, 116: 238-243.
- Tuzun, S. and J. Kuc, 1983. New technique which immunizes against blue mold (*Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina*) and increases growth of tobacco. *Phytopathology*, 73: 823.
- Van Alfen, N. K., 1982. Biology and potential disease control of hypovirulence of *Endothia parasitica*. *Annual Review of Phytopathology*, 73: 132-135.
- Weindling, R., 1934. Studies on lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. *Phytopathology*, 24: 1153-1179.
- Weindling, R., 1937. Isolation of toxic substances from the culture filtrates of *Trichoderma* on *Gliocladium*. *Phytopathology*, 27: 1175-1177.
- Weindling, R., 1941. Experimental consideration of the mold toxin of *Gliocladium* and *Trichoderma*. *Phytopathology*, 31: 991-1003.
- Wilson, C. L. and M. E. Wisniewski, 1989. Postharvest biological control of *Penicillium* rots of citrus with antagonistic yeasts and bacteria. *Scientific Horticulture*, 40: 105-112.
- Wilson, C. L., Wisniewski, M. E., Biles, C. L., McLaughlin, R. J., Chalutz, E. and S. Droby, 1991. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: alternative to synthetic fungicides. *Crop Protection*, 10: 172-177.
- Wisniewski, M. E., Biles, C. and S. Droby, 1990. The use of the yeast *Pichia guilliermondii* as a biocontrol agent: characterization of attachment to *Botrytis cinerea*. Biological Control of Postharvest Diseases of Fruit and Vegetables Workshop Proceedings, Shepherdstown, West Virginia, Sept. 12-14, pp: 167-169.

Wymore, L. A. and R. Baker, 1982. Factors affecting cross protection in control of *Fusarium* wilt of tomato. *Plant Disease*, 66: 908-910.