

KÖK-UR NEMATODLARI (*MELOIDOGYNE* SPP.) İLE BİYOLOJİK MÜCADELE

Tuba KATI Sevilhan MENNAN
O.M.Ü Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, SAMSUN

Geliş Tarihi: 25.10.2005

ÖZET: Kök-ur nematodları dünyanın tamamında dağılışı göstererek, tarımsal ürünlerde ekonomik kayıplara yol açan türlerdir. Konukçu dizilerinin son derece geniş olması ve fazla sayıda türlerinin bulunması, kimyasal mücadele dışındaki yöntemlerin uygulanışını sınırlandıran özellikleridir. Nematodlarla kimyasal mücadelenin çevreye, doğal hayata, sulara ve insan sağlığına olumsuz etkileri yanında, uygulananın zor ve pahalı oluşu, bu türlerle mücadelede, biyolojik mücadele olanaklarının araştırılmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Topraktaki pek çok değişik fungus, bakteri ve nematod, doğada kök-ur nematodlarının parazitidir ve nematod popülasyonunun azalmasına neden olur. Bu çalışmada, kök-ur nematodlarının paraziti olan fungus, bakteri ve predatör türler ile bunların başlıca özellikleri ve kök-ur nematodlarının biyolojik kontrolü üzerinde etkili olan faktörler literatür ışığı altında derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik mücadele, kök-ur nematodları, nematofag fungus, bakteri

BIOLOGICAL CONTROL OF ROOT-KNOT NEMATODES (*MELOIDOGYNE* SPP.)

ABSTRACT: Root-knot nematodes that are distributed in all over the world, cause economically reduction in agricultural products. Control methods except chemical, could be limited because of having broad host range and different species. It was a big necessity to search possibilities of using biocontrol methods, since chemical control have an adverse effect on environment, nature, water and human also their applications are very difficult and expensive. Lots of fungi, bacteria and nematodes that parasite on root-knot nematodes in soil in the nature and cause reduction of nematode population. In this review, fungi, bacteria and predator species of root-knot nematodes, their principle characteristics and factors that effect on the biological control of root-knot nematodes are reviewed by using literature.

Keywords: Biological control, root-knot nematodes, nematophagous fungi, bacteria

1. GİRİŞ

Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) bütün dünyada dağılım gösteren, geniş konukçu dizisine sahip obligat parazitlerdir. Dünyanın tamamında dağılışı gösterirler ve özellikle sulamanın olduğu sıcak bölgelerde, sebze ve meyve üretimi yapılan alanlarda daha zararlı olmaktadır. En önemli konukçuları arasında domates, patlıcan, fasulye, hıyar, patates, şekerpancarı, pamuk, tütün, biber, havuç, ıspanak gibi sebzeler ve muz, şeftali, erik, incir, dut gibi çok yıllık meyveler yer almaktadır (Whitehead, 1998). Dünyada tarım alanı olarak kullanılan toprakların % 52'sinin kök-ur nematodları ile bulaşık olduğu bilinmektedir. Yumurtadan çıkan larvaların kök dokusuna girerek korteks bölgesinde beslenmeleri sonucu, köklerde larva sayısına bağlı olarak değişen büyüklüklerde, gallerin oluşmasına sebep olurlar. Köklerde meydana gelen bu galler, cinse ismini de veren en tipik zarar şekilleridir. Toprak üstü belirtileri, bir çok hastalık etmeni ve bitki besin maddesi eksikliklerine benzediği halde, toprak altında sebep oldukları irili-ufaklı galler ile kolayca tanınırlar. Bu açıdan diğer nematodlar içinde en fazla tanınan ve üzerinde çalışılan türlerdir (Trudgill and Blok, 2001).

Köklerinde "ur" bulunan bitkilerin topraktan su ve besin maddesi alışı olumsuz yönde etkilendiğinden gelişme yavaşlar veya durur, bodurlaşma görülür. Kök-ur nematodu ile çok bulaşık bitkiler ise tamamen kuruyabilir (Thorne, 1961). Bulaşık bitkilerin toprak-üstü aksamında şiddetli yaprak klorozları ile birlikte bitkide gelişme geriliği ve solgunluk da görülür. Bütün bunların sonucu olarak, üründe azalma

meydana gelmektedir. Bitkide oluşan zarar oranı, nematod yoğunluğu ve bitkinin duyarlılığına bağlı olarak değişmektedir. Toprak altı zararlıları olarak son derece kompleks bir agroekosistemde yaşadıkları için, kök-ur nematodlarının tek başlarına sebep oldukları zararın hesaplanması çok zordur. Sebzelelerde sadece kök-ur nematodlarının neden olduğu ürün kaybının % 50-80 arasında değiştiği bilinmektedir. Tropikal ülkelerde, bu nematodların neden olduğu yıllık ürün kaybının % 15 olduğu ve sebzelerde ise bu oranın % 50 hatta % 80'e varabileceği tespit edilmiştir. Kök-ur nematodlarının doğrudan zararları yanında, fungal ve bakteriyel hastalıklara karşı bitkiyi hazırlamaları ve köke girerken açtıkları yerlerden mikroorganizmaların girişine imkan sağlamaları da dolaylı zararları olarak ortaya çıkmaktadır (Stirling, 1991). Son yıllarda uluslararası yapılan surveylerde, Ekvator, Malawi ve Senegal'de sebze üretim alanlarının % 89'unun kök-ur nematodları ile bulaşık olduğu saptanmıştır (Trudgill and Blok, 2001).

Meloidogyne cinsinde 60'dan fazla tür bulunmaktadır ve bunlar içerisinde en önemlileri; *M. arenaria* Neal, 1889 (Yerfistiği kök-ur nematodu), *M. hapla* Chitwood, 1949 (Serin bölge kök-ur nematodu), *M. incognita* Kofoid and White, 1919 (Pamuk kök-ur nematodu) ile *M. javanica* Treub, 1885 (Java kök-ur nematodu)'dır. (Eisenback and Triantaphyllou, 1991).

Nematodlarla mücadelede nematisitler kullanılabilir. Fakat nematisitlerin çevre, doğal yaşam ve insan sağlığına olumsuz etkileri bulunmaktadır (Stirling, 1991). Ayrıca uygulamaları da son derece pahalı ve zordur. Bu nedenlerle

nematodlarla mücadelede, doğal düşmanlarından faydalanılarak yapılan biyolojik mücadele önem kazanmaktadır. Biyolojik mücadele, son yıllarda yoğun olarak çalışılan alternatif yöntemlerin başında gelmektedir (Whitehead, 1998).

Toprakta yaşamaları nedeniyle kök-ur nematodlarının pek çok doğal düşmanları vardır. Kök-ur nematodlarının başlıca parazitleri fungal ve bakteriyel etmenler, predatörleri ise; Amoebae, Collembola, Turbellaria, Enchytraeid, Tardigrade, akarlar ve entomopatojen nematodlardır (Anonymous, 2005a).

2. KÖK-UR NEMATODLARI İLE BİYOLOJİK MÜCADELEDE KULLANILAN DOĞAL DÜŞMANLAR

2.1. Predatörler

Kök-ur nematodlarının önemli predatörleri, Amoebae (Sarcomastigophora : Protista), Collembola (Arthropoda : Insecta : Apterygota), Turbellaria (Platyhelminthes), Tardigrade (Tardigrada) ve Akar (Arthropoda : Arachnida : Acarina)'lar olarak tespit edilmiştir. Fakat bu predatör türlerden sadece entomopatojen nematodlar önemli olup, diğerleri kök-ur nematodları üzerinde ekonomik olarak baskılayıcı bir etkiye sahip değildir (Anonymous, 2005a). Bu nedenle üzerinde detaylı bir şekilde durulmayacaktır.

2.1.1. Entomopatojen Nematodlar

Kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinde entomopatojen nematodların kullanılması son yıllarda önem kazanmıştır. Pek çok sera ve tarla denemeleri sonucunda, entomopatojen nematod uygulamaları ile kök-ur nematodlarının kontrol edilebileceği saptanmıştır (Perez and Lewis, 2004).

Entomopatojen nematodlardan *Steinernema* ve *Heterorhabditis* cinsinin, kök-ur nematodu popülasyonunu kontrol edici bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Entomopatojen nematodlar, kök-ur nematodlarının ikinci dönem larva ve dişilerinin paraziti olarak bilinmektedir. *Steinernema* cinsi içerisinde; *Steinernema feltiae*, *S. riobrave*, *S. glaseri* larvaları ve *Heterorhabditis* cinsi içerisinde; *Heterorhabditis bacteriophora* ve *H. megidis* larvaları, yerfıstığı ve domateste enfeksiyon oluşturan *M. hapla* ve *M. incognita* üzerinde biyolojik mücadele etmeni olarak tespit edilmiştir. *M. hapla* ve *M. incognita*'ya entomopatojen nematodların etkileri pek çok deneme ile araştırılmıştır. Yapılan denemelerde; *S. feltiae*, *S. riobrave* ve *H. bacteriophora*'nın *M. hapla* üzerinde, *S. glaseri* ve *H. megidis*'in *M. incognita* üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. *S. feltiae* ve *S. riobrave*'nin *M. hapla* popülasyonunu önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır. Ayrıca *S. riobrave*, *M. hapla*'nın yumurta üretimi üzerinde de etkili olmuş ve kök-ur nematodunun yumurta sayısı önemli ölçüde azalmıştır. *H. bacteriophora*'nın yüksek inokulum miktarı ile *M. hapla* popülasyonunun önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir (Perez and Lewis, 2004).

Benzer şekilde sera denemelerinde domates bitkisi (*Lycopersicon esculentum* L.) kullanılarak *M. incognita* üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, *S. glaseri*'nin *M. incognita* popülasyonunu ve *M. incognita*'nın yumurta üretimini büyük ölçüde azalttığı saptanmıştır ancak, *H. megidis* uygulaması, *M. incognita*'yı etkili bir şekilde kontrol altına alamamıştır (Lewis et al., 2001).

Yapılan bu denemeler; entomopatojen nematodların *M. hapla* ve *M. incognita* üzerinde etkili olduğunu ve biyolojik mücadele için yararlı olabileceğini göstermiştir.

2.2. Parazitler

2.2.1. Fungal Etmenler

Topraktaki pek çok fungus türü, kök-ur nematodları üzerinde parazit olarak bulunmaktadır. Bunlardan bazıları ve önemli özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

1. *Verticillium chlamyosporium* Goddard
2. *Dactylella oviparasitica* Stirling and Mankau
3. *Hirsutella rhossiliensis* Minter and Brady
4. *Arthrobotrys* spp. Corda
5. *Paecilomyces lilacinus* Bainier
6. Diğer Funguslar

2.2.1.1. *Verticillium chlamyosporium*

Kök-ur nematodlarının yumurta paraziti olarak bilinen en önemli fungusların başında *Verticillium chlamyosporium* gelmektedir. *V. chlamyosporium* fakültatif bir parazittir ve nematod yumurtalarında kolonize olan endoparazitlerdendir. Bu fungus Avusturalya'nın tropikal ve subtropikal bölgelerinde geniş bir dağılım göstermektedir ve yaygın bir şekilde kök-ur nematodlarının doğal yumurta parazitidir (Stirling et al., 1998a).

Verticillium chlamyosporium, köklerde bulunan *Meloidogyne* yumurtalarının sayısını önemli ölçüde azaltmaktadır. Fungusun uygulandığı toprakta sağlıklı yumurtaların sayısında % 90'dan fazla azalma meydana gelmiştir. Fakat parazitlenme derecesi üzerinde nematod yoğunluğunun ya da konukçu bitkinin önemli bir etkisi yoktur. Kökteki yumurta kümelerindeki birçok yumurta, parazitlenme sonucu gelişmemiş ve olgunlaşmamıştır (Bourne and Kerry, 1999).

Verticillium türlerinin kök-ur nematodlarını parazitlemesi üzerinde çok sayıda çalışma mevcuttur. *V. chlamyosporium*'un *M. incognita* ve *M. hapla* üzerine etkilerinin saksı denemeleri şeklinde domates bitkilerinde araştırılması sonucu, değişik toprak tiplerinde fungusun etki oranının değiştiği ve en yüksek nematod kontrolünün (% 59) kumlu topraklarda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca yapay yolla toprağa bulaştırılan fungusun, toprakta belli bir süre canlı kalabildiği ve Aldicarb ile aynı oranda kontrol sağlayarak etkin bir biyolojik mücadele etmeni olabileceği belirlenmiştir (Leij et al., 1993).

Bitki ekiminden önce toprağa fungusun uygulanması ile yumurta kümelerinin birçoğu yüksek

oranda parazitlenebilmektedir. Yapılan denemeler sonucunda, yumurta kümelerinin % 60'dan fazlasının klamidospore içerdiği tespit edilmiştir. *Meloidogyne* yumurtalarında parazitlenme oluşmadan, en az 4-6 hafta önce toprağa inokule edilen fungusun, toprakta hayatta kalması ve ortamda çoğalması gerekmektedir. Fungus formülasyonu toprağa 10g/lt şeklinde uygulandığında, yumurta kümelerinin ilk generasyonunun % 30-80'nin parazitlenmiş yumurta içerdiği tespit edilmiştir (Stirling et al., 1998a). Toprağa *V. chlamydosporium*'un *Paecilomyces lilacinus* ve *Rhizobium meliloti* ile birlikte uygulanmasının, *M. javanica* enfeksiyonunu kontrol altına aldığı saptanmıştır (Ehteshamul-Haque et al., 1996).

İlk hasatta, Aldicarb ile *V. chlamydosporium* ve *Pasteuria penetrans* (Thorne) Sayre and Star'ın birlikte kullanımının, domates köklerindeki gal oranını yüksek oranda azalttığı, ikinci hasatta ise, Aldicarb uygulamasının kök-ur nematodlarını % 55 oranında azaltırken iki organizmanın birlikte kullanımı ile % 92 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (Whitehead, 1998).

Laboratuvarında *V. chlamydosporium*'un optimum büyümesi 32°C ve optimum spor üretimi ise 22°C de olmaktadır. *Meloidogyne* spp.'nin yumurta ve larvaları üzerinde % 90 oranında kontrolün sağlandığı sıcaklık ise 25°C'dir (Leij et al., 1992). *M. javanica* yumurtaları üzerinde *V. chlamydosporium*'un % 72-82 oranında enfeksiyon meydana getirdiği ve *M. javanica* ile bulaşık domates bitkilerinde gal indeksini belirgin oranlarda düşürdüğü saptanmıştır (Quadri and Saleh., 1990).

Tarla ve laboratuvar koşulları altında *V. chlamydosporium*'un biyolojik mücadele etmeni olarak etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, fungusun ethyl asetat veya heksan ekstratları ile birlikte *M. javanica* larvalarına uygulandığında öldürücü etki yaptığı tespit edilmiştir. Fungusun *Pseudomonas aeruginosa* ile birlikte uygulandığında, daha etkili kontrol sağladığı ve bitki büyümesine yardımcı olduğu saptanmıştır (Siddiqui and Ehteshamul-Haque, 2000).

2.2.1.2. *Dactylella oviparasitica*

Dactylella oviparasitica Kalifornia'da şeftali bahçelerinde saptanan *Meloidogyne* yumurta kümelerinden izole edilmiştir ve kök-ur nematodlarının aktif bir yumurta parazitidir. Yapılan laboratuvar ve tarla denemelerinde, kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Stirling and Mankau, 1979).

Dactylella oviparasitica'nın hifleri *Meloidogyne* yumurta kümeleri içinde hızlıca çoğalma yeteneğindedir. Fungusun enzimatik penetrasyonunun mümkün olduğu bilinmesine rağmen, yumurta kabuğundan girişi büyük olasılıkla mekanik olarak gerçekleşmektedir. Kök yüzeyi üzerine yumurta kümelerinin bırakılmasından kısa bir zaman sonra, *D. oviparasitica* hifleri jelatinimsi matriksden geçerek, yumurta kümesi içinde hızlıca çoğalmaktadır. Hifler

yumurtalar ile temas ettiğinde, yumurta kabuğunun dış kısmını kavrayarak kabuktan penetrasyon gerçekleşmektedir. İnokulasyondan sonra, 60 saat içinde enfeksiyon görülmektedir. Bırakılan ilk yumurtaların çoğu parazitlenmektedir. Özellikle gelişmenin erken dönemindeki yumurtaların parazitlenme oranı daha yüksek olur iken, ikinci dönem larva içeren yumurtalar genellikle parazitlenmeden kurtulabilmektedir (Stirling and Mankau, 1979).

Dactylella oviparasitica içeren topraklarda, *Meloidogyne* yumurta kümelerinin bırakılmasından sonraki 30 gün içerisinde, birçok yumurta kümesinde parazitlenmiş yumurtalar tespit edilmiştir. Yumurtaların parazitlenme oranı zamanla artmaktadır. Yumurta kümesinin bırakılmasından 40-50 gün sonra bütün yumurta kümelerinin tamamen parazitlendiği ancak dişinin vulvası etrafında yeni depo edilmiş yumurtaların parazitlenmeden kalabildiği tespit edilmiştir. Yumurta kümelerinin bırakılmasından 50 gün sonra, fungus bulaştırılmayan topraklarda yetiştirilen kontrol bitkileri ile bulaştırılanlar kıyaslanmış ve gal sayısında büyük bir azalma olduğu sonucuna varılmıştır (Verdejo-Lucas et al., 2002).

Dactylella oviparasitica bir yumurta kümesi içindeki bütün yumurtaları parazitlediğinde dişilere de geçebilmekte ve *Meloidogyne* dişileri içinde gelişerek dişinin vücudunu tamamen doldurmaktadır. Parazitlenmiş dişilerde yumurta üretimi durur, dişi cansız ve güçsüz olur. Dişi vücudu beyazdan grimsi-kahverengiye döner. Genellikle dişilerin % 10'dan daha azı parazitlenmektedir. Fungus, yumurta kümesi içindeki yumurtaları aktif bir şekilde parazitlemektedir. Fakat yumurtalar kümeden dağıldığında, parazitlenme oranı azalmaktadır. Parazitlenmenin derecesi inokulum miktarı ile birlikte artmaktadır ve parazitlenme sonucu yumurtadan larva çıkışının azaldığı gözlenmiştir. *D. oviparasitica* ikinci dönem larvaları parazitleyememektedir, bu nedenle biyokontrol etmeni olarak etkisi yumurta çıkışından önce yumurtaları parazitleme kabiliyetine bağlıdır. *Meloidogyne* yumurtaları, 23-24°C de 20 günde gelişip, yumurtadan larvalar çıkmaktadır ve yapılan deneyler, fungusun bu periyot içinde yumurtaları parazitlemek için yeterli aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir (Stirling and Mankau, 1978).

2.2.1.3. *Hirsutella rhossiliensis*

Hirsutella rhossiliensis kök-ur nematodlarına karşı biyolojik mücadele etmenleri arasında üzerinde en fazla çalışılanlardan biridir. Bulunduğu açık alanlarda ve tüm laboratuvar denemelerinde *Meloidogyne* popülasyonlarında ölümlere sebep olmaktadır. Bu fungus kök-ur nematodlarından *M. javanica* ve *M. hapla*'nın ikinci dönem larvalarının parazitidir. Fungus, genellikle toprakta yüksek seviyede ve doğal olarak bulunmaktadır (Jaffee, 1992).

Hirsutella rhossiliensis'in kök-ur nematodları üzerinde meydana getirdiği parazitlenme, laboratuvar denemeleri yanında tarla ve sera denemeleri ile de

yoğun bir şekilde çalışılmıştır. Toprakta bulunan fungus sporları, ikinci dönem larvalara yapışır ve kütiküladan içeri girerler. Fungus nematodun vücut boşluğunda gelişip onu öldürür, kolonileşmeye devam eder ve yeniden sporulasyon olur. Ayrıca nematodun kütikulası arkasında kendisi de korunmuş olur. Toprağa uygulanan *H. rhossiliensis*'in vejetatif kolonilerinin sayısının artması ile bitki köklerine giriş yapan ikinci dönem larva sayısında azalma olduğu saptanmıştır. Yapılan deneyler, ikinci dönem *Meloidogyne* larvalarının köke girişinde % 50'lik bir azalmanın oluşabilmesi için, toprakta cm³ başına 1.9 *H. rhossiliensis* kolonisinin bulunması gerektiğini ortaya koymuştur. *H. rhossiliensis*'in yapışkan sporları ile enfekte olan ikinci dönem larvaların oranı % 4-40 arasında değişmektedir. Fungusun vejetatif kolonilerinin, yüksek oranda uygulandığı topraklarda, sporların larvalara bulaşması daha fazla olmuştur (Tedford et al., 1993).

Hirsutella rhossiliensis'in farklı uygulama oranlarının, köklerdeki gal oluşumu ve nematod üremesi üzerindeki etkisi değişiklik göstermektedir. Fungusun yüksek uygulama oranı ile, bitki köklerindeki gal oranı ve bitki köklerine giriş yapan ikinci dönem larva sayısı önemli ölçüde azalmıştır. Benzer şekilde, bu fungusun *V. chlamydosporium* ile birlikte uygulaması, ikinci dönem larvaların bitki köklerine girişini % 50 oranında azaltmıştır (Viaene and Abawi, 2000).

Hirsutella rhossiliensis nematod popülasyon yoğunluğunu baskıladığı halde lokal bir alanda nematodun tamamen yok olmasına asla sebep olmamaktadır (Jaffee et al., 1992).

Aynı cinsde ait *H. minnesotensis*'in de kök-ur nematodlarını parazitlediği tespit edilmiştir. *H. minnesotensis*, kök-ur nematodlarının ikinci dönem larvalarının parazitidir (Chen et al., 2000). Farklı bölgelerden elde edilen *M. hapla* popülasyonları üzerinde *H. minnesotensis*'in etkilerinin araştırıldığı çalışmanın sonucunda, *H. minnesotensis*'in bütün *M. hapla* popülasyonlarını değişen seviyelerde baskı altına aldığı saptanmıştır. Özellikle ikinci dönem larvaların sayısında önemli derecede azalma olduğu belirlenmiştir. Fungusun inokulum miktarı arttıkça *M. hapla* popülasyonu daha iyi kontrol altına alınmıştır. *H. minnesotensis* köklerdeki *M. hapla* popülasyonunu % 61-98 oranında azaltmıştır. Bu çalışma ile sebze üretimi yapılan alanlarda *M. hapla* popülasyonu üzerinde *H. minnesotensis*'in potansiyel bir biyolojik mücadele etmeni olduğu tespit edilmiştir (Mennan et al., 2006).

2.2.1.4. *Arthrobotrys* spp.

Nematod tuzaklayıcı funguslar olan *Arthrobotrys* spp. kök-ur nematodlarına karşı potansiyel biyolojik mücadele etmenleri olarak tanımlanmıştır. *A. dactyloides*, *A. oligospora* ve *A. irregularis* kök-ur nematodlarının ikinci dönem larvaları üzerinde parazitlenmeye sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalar

sonucunda *M. javanica* ve *M. hapla* üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Whitehead, 1998).

Sera denemeleri sonucunda, fungus formülasyonlarının, 18 aydan daha fazla kök-ur nematodlarına karşı aktif olduğu tespit edilmiştir. Yapılan denemelerde; *A. dactyloides* uygulaması sonucu ikinci dönem larva sayısı % 90, domateslerdeki gal oranı da % 57-98 oranında azalmıştır (Stirling et al., 1998b).

Arthrobotrys dactyloides ve *A. oligospora* kivi bahçeleri ve yerfıstığı alanlarındaki *M. hapla*'dan izole edilmiştir ve kök-ur nematodlarının ikinci dönem larvalarını parazitlediği tespit edilmiştir. *A. dactyloides* ve *A. oligospora*'nın izolatlarının diğer nematod tuzaklayıcı fungusların izolatları kadar etkili olduğu saptanmıştır. Laboratuvar çalışmalarında, *Arthrobotrys* türlerinin geliştiği petri kaplarına kök-ur nematodlarının larvaları eklenmiş ve fungusun larvaların tamamını baskıladığı tespit edilmiştir. Ayrıca organik topraklara *A. oligospora* izolatı ile kolonize olmuş beyaz kepek ya da sodyum alginate uygulaması sonucu, marul fidelerine *M. hapla* larvalarının girişinde önemli bir azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Viaene and Abawi, 2000).

Fungusun Royal 350 formülasyonunun, toprak PH'sinin 6,4 olduğu topraklarda kullanılması tavsiye edilmektedir. Kök-ur nematodu ile çok bulaşık topraklarda, Royal 350 formülasyonu bir nematod ve dayanıklı çeşit ile birlikte uygulanmalıdır. Güney Fransa'da 25 m² lik deneme alanlarında; m² ye 140 gr Royal 350 uygulaması ile domateslerdeki gal indeksi 1.7'den 0.6'ya azalmıştır ve bitki başına ürün 9.1'den 15.2 kg'a yükselmiştir (Whitehead, 1998).

2.2.1.5. *Paecilomyces lilacinus*

Paecilomyces lilacinus ilk olarak; Peru'da *M. incognita* yumurtalarında tespit edilmiştir. Bu fungus, *M. incognita* yumurtalarının fakültatif bir parazitidir ve diğer *Meloidogyne* türlerini de parazitleyebilmektedir. *P. lilacinus* izolatları *M. incognita* yumurtalarına bulaşıp yumurtadan larva çıkışını azaltmaktadır (Whitehead, 1998).

Fungus tarafından, yumurta kabuğunu parçalayıcı enzimlerin üretilmesi ile *Meloidogyne* yumurtaları üzerinde enfeksiyon meydana gelmektedir. Fungusun salgıladığı serine proteaz enzimleri, nematodun yumurta kabuğunda yapısal değişikliklere neden olmaktadır. *P. lilacinus* 251 izolatı, *M. javanica* yumurtalarının gelişimini durdurmaktadır. Böylece yumurtadan çıkan larvaların sayısı azalmış ve çıkan larvaların da büyük bir kısmı ölmüştür. *P. lilacinus*'un diğer ırkları da (CBS 143.75) kök-ur nematodlarını parazitlemektedir. Yumurtalar proteaz ve kitinaz enzimlerinin her ikisine birden maruz kaldığında larvaların yumurtadan çıkışı oldukça azalmıştır. Fungus enzimlerinin *M. javanica* yumurtalarına inokulasyonundan 6 gün sonra, yumurtadan larva çıkışı % 69-88 oranında azalmıştır. *Meloidogyne* yumurtalarının *P. lilacinus*'un kitinaz enzimine maruz bırakılması sonucu ise, yumurtadan larva çıkışında %

60 azalma tespit edilmiştir. Sadece su uygulanmış kontrollerde ise larvaların yumurtadan çıkışında artış gözlenmiş ve çıkan larvaların sadece % 9'u ölmüştür (Khan et al., 2004).

Ahmad and Khan (2004)'nın yaptığı çalışmalarda; *P. lilacinus*'un toprağa uygulanması ile domates köklerindeki *M. incognita* populasyonu % 67-77 oranında, köklerde meydana gelen galler ise % 30 oranında azalırken ikinci yılda elde edilen ürün üç misli artmıştır. Bu fungus, dikimden 10 gün önce ve dikim sırasında toprağa uygulandığında, domates bitkileri nematod saldırısından en iyi şekilde korunmaktadır. Ayrıca dikimden 40 gün sonra fungus toprağa uygulandığında birçok yumurta, fungus tarafından enfekte edilebilmiştir.

Paecilomyces lilacinus'un en iyi izolatu "Biocon" ticari ismi ile Filipin'lerde pazarlanmıştır (Davide, 1990). Puerto Riko'da biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinin dikiminden 1 hafta önce tarla toprağına *P. lilacinus* uygulanması, *M. incognita* tarafından meydana gelen zararı büyük ölçüde azaltarak, ürün miktarını arttırmıştır (Vicente and Acosta, 1992). Bu fungusun kök-ur nematodlarının entegre mücadelesi içinde kullanılması ile başarılı sonuçlar alınacağı bildirilmiştir (Whitehead, 1998).

Paecilomyces lilacinus ile kök-ur nematodlarının mücadelesinde bu şekilde başarılı sonuçlar bulunmasına rağmen, aynı zamanda başarısızlıklar da olmuştur. *M. arenaria* ile bulaşık topraklara fungusun uygulanması sonucu; fungus bütün yumurta kümelerinde kolonize olmuş ancak yumurtaların sadece % 30'u parazitlenmiştir (Gomes Carneiro and Cayrol, 1991).

2.2.2. Bakteriyel etmenler

2.2.2.1. *Pasteuria penetrans*

Pasteuria penetrans, endospore oluşturan bakteriyel bir parazittir ve dünyada tarımsal alanlarda geniş dağılım göstermektedir. Umut vaat edici biyolojik mücadele etmenlerinden biri olan *P. penetrans*, obligat bir bakteriyel parazittir. *P. penetrans*'ın önemli bir özelliği de, endosporlarının uygun olmayan çevre koşullarına ve pestisitlere tolerans gösterebilmesidir. Buna rağmen bakterinin konukçu dizisi son derece kısıtlıdır ve kitle üretimi için henüz bir metot geliştirilememiştir (Weibelzahl-Fulton et al., 1996).

Pasteuria penetrans, 1980'li yıllara kadar *Bacillus penetrans* adı ile literatürlerde yerini almıştır. Sayre and Star (1985) yaptıkları çalışmalarda, *B. penetrans*'ın Actinomycete sınıfı içindeki *Pasteuria ramosa* ile yakından benzerlik gösterdiğini tespit etmişlerdir ve *B. penetrans*'ı, *P. penetrans* adı ile yeniden adlandırmışlardır (Chen and Dickson, 1998).

Pasteuria penetrans'ın kök-ur nematodları üzerinde kontrol sağlayıcı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bakteri *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria* ırk 1 üzerinde parazit bir etki göstermektedir (Weibelzahl-Fulton et al., 1996).

Toprakta bulunan *P. penetrans* endosporları ikinci dönem larvalara bağlanarak kutikülaya yapışmaktadır (Şekil 1). Bakteri sporlarını taşıyan nematodlar konukçu bitkinin köküne giriş yaparlar. Nematodun kutikülasına yapışmış olan endosporlar çimlenir ve kutiküladan nematodun hypodermal dokusu içerisine girerler. Burada koloni halinde gelişerek ürerler. Bu sırada konukçu nematod beslenir, deri değiştirmesi ve büyüme normal bir şekilde devam eder. Dişinin oluşumu ile birlikte dişi vücudunun içi, bakterinin endosporları ile dolar. Bulaşık tek bir ergin dişinin vücudu içinde iki milyon kadar spor bulunabilir. Bunun sonucu olarak, bulaşık dişilerdeki üreme kapasitesi ortadan kalkar. Bulaşık dişinin çok az ya da hiç yumurta oluşturamadığı görülür. Sağlıklı dişi yumurta kümesini oluşturmuş ve ikinci dönem larvaların çıkışı başlamış iken, bulaşık dişinin yumurta oluşturamadığı görülür ve dişi vücudundan olgun endosporlar toprağına salınır. Birçok olgun endosporun çevresi sporangial bir duvar ile çevrilmiştir fakat bu duvar, endosporlar yapışkan lifleri ile nematoda bağlanmadan önce ortadan kalkar (Stirling, 1991).



Şekil 1. *Meloidogyne* larvası üzerinde *Pasteuria penetrans*'ın endosporları (Anonymous, 2005b).

Pasteuria penetrans'ın biyolojik mücadele potansiyelinin temeli, enfekte edilen konukçu nematodun pseudocoel'i içinde bakterinin üremesi şeklindedir ve bunun sonucu olarak konukçu nematod doğurganlığını kaybetmektedir. Konukçu nematod enfektif endosporların büyümesine olanak sağlar ve enfeksiyon çemberinin tekrarı için endosporlar toprağına geçer (Spiegel et al., 1996). İkinci dönem larvaya, tek bir endosporun bağlanması, bakterinin üremesi ve enfeksiyon gerçekleşmesi için yeterlidir. Enfeksiyon sonucu dişi nematod çürüdüğünde 2×10^6 dan fazla olgunlaşmış endospore, dişi vücudundan dışarı çıkar. Her bir gal bakteri ile enfekte olmuş bir nematod içerirse, tek bir bitki toprak içine yaklaşık olarak 10^7 - 10^8 endospore bırakabilir (Preston et al., 2003).

Pasteuria penetrans'ın en önemli etkisi, kök-ur nematodlarının dişi bireylerinin üremesi üzerinde ise de aynı zamanda bakteri endosporları içeren larvaların aktivitesi de azalmaktadır. Bir nematoda 15 kadar az spor bağlandığında bile, nematodun bitkiye

ulaşma şansı azalmakta ve toprakta yeterli spor bulunduğunda, larvaların köklere girişi engellenebilmektedir (Stirling, 1991).

Pasteuria penetrans'ın, gelişimini 21-36°C arasındaki sıcaklıklarda daha iyi tamamlayabildiği tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak yapılan bir çalışmada, 30°C toprak sıcaklığında *P. penetrans* endosporları ile bağlanmış *M. javanica* larvalarının enfeksiyon oluşturma etkinliğinin, 18°C toprak sıcaklığına oranla daha fazla azaldığı saptanmıştır (Giannakou and Gowen, 2004).

Meloidogyne graminicola larvalarına *P. penetrans*'ın endosporlarının bağlanması ile ilişkili olarak rizosfer mikrofloranın etkisinin araştırıldığı çalışmada, larvaların üzerine *P. penetrans* endosporlarının bağlanmasının mikroflorayı uyarıcı etki yaptığı ve bunun sonucunda nematod tarafından domates köklerinde oluşan enfeksiyonun azaldığı tespit edilmiştir. *P. penetrans* kullanılarak kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinde, rizosfer mikrofloranın yardımcı bir rol üstlendiği ortaya konmuştur (Duponnois et al., 1997).

Kök-ur nematodu ile bulaşık domates köklerine bakteri sporlarının 100 mg'ının uygulanması ile, larva ve dişilerin parazitlendiği tespit edilmiştir. Bakteri, *Meloidogyne* larva ve dişilerinin kütikulasına bağlanarak enfeksiyon meydana getirmektedir. Uygulamadan 24 saat sonra, bakteri sporlarına sahip *Meloidogyne* larvalarının % 90'ında bakteri parazitlenmesi saptanmıştır. Tarlada ise, *Meloidogyne* dişilerinin % 34-73 oranında bakteri sporları ile bulaşık olduğu tespit edilmiştir. Eğer yüksek sıcaklıkta enfeksiyon meydana gelirse, dişiler olgunluğa erişmeden önce ölüm meydana gelebilmektedir. Konukçu yoğunluğunun daha yüksek olduğu yerlerde parazitlenme seviyesinin de daha yüksek olduğu saptanmıştır (Bird et al., 2003).

Spiegel et al., (1996)'nın çalışmaları *M. javanica* üzerinde *P. penetrans* parazitlenmesi sonucu, yumurta kümesi ve yumurta sayısında % 80 oranında ve bitkideki gal oluşumunda da belirgin bir azalma olduğu bildirilmiştir. *P. penetrans* enfeksiyonu sonucu dişinin yumurta üretimi de oldukça baskılanmıştır.

Pasteuria penetrans kumlu ve kumlu-tınlı toprak tiplerinde *Meloidogyne* türlerine daha yüksek oranda bulaşabilmektedir. *P. penetrans* ile enfekte olmuş dişilerin oranı, kumlu toprak tipine sahip alanlarda en fazladır. Aynı zamanda bu topraklardan elde edilen parazitlenmiş larva sayısı da daha fazla olmaktadır (Brown and Smart, 1985).

Pasteuria endosporlarının seviyesi ve kök-ur nematodlarının bitkilerde sebep olduğu zarar oranı arasındaki ilişki, Preston et al., (2003) tarafından ortaya konmuştur. *P. penetrans* üzerinde yapılan çalışmalar; bu bakterinin kök-ur nematodları üzerinde potansiyel bir biyolojik mücadele etmeni olduğunu göstermiştir ve dünyanın birçok yerinde bu bakteri üzerindeki çalışmalar devam etmektedir (Preston et al., 2003).

2.2.2.2. *Pseudomonas* spp.

Pseudomonas spp.'nin özellikle *M. javanica* ve *M. incognita* larvalarında etkili parazit türler olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu bakterilerin domatesteki kök hastalıklarını da önemli derecede kontrol ettiği tespit edilmiştir (Ali et al., 2002).

Pseudomonas aeruginosa ırk-78'in *M. javanica* üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Yapılan sera denemelerinde bakteri uygulaması sonucunda, *M. javanica*'nın sebep olduğu gal oranı ve topraktaki nematod populasyon yoğunluğu önemli derecede azalmıştır. *P. aeruginosa*'nın birçok ırkı, *in vitro*'da *M. javanica* larvalarına karşı antagonistik aktivite göstermiştir. *Pseudomonas* ırklarının, % 30'dan fazla larva ölümüne yol açtığı ve nematod populasyonunda % 60 ölüm meydana getirdiği tespit edilmiştir. *P. aeruginosa* ırk-78'in sulama suyu ya da tohuma karıştırılması şeklinde uygulanması sonucu, *M. javanica* populasyonu ve domates köklerindeki gal oluşumu önemli ölçüde azalmış ve elde edilen ürün miktarı ise artmıştır. *P. aeruginosa* ve *P. lilacinus*'un birlikte uygulaması, domates bitkisindeki kök-ur ve kök çürüklüğü gibi kompleks hastalıkların önemli derecede engellenmesine sebep olmuştur (Ali et al., 2002).

Pseudomonas fluorescens'in iki farklı ırkının (GRP3 VE PRS9), *M. incognita*'nın populasyonu ve domates bitkisindeki gal oranı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. *M. incognita*'nın çoğalması ve domates bitkisinin büyümesi üzerinde *P. fluorescens*'in iki ırk'ının (GRP3 ve PRS9) etkisini değerlendirmek için sera koşullarında 60 gün süren bir deneme yürütülmüştür. Kök-ur nematodu ile bulaşık bitkilerde, *P. fluorescens* uygulaması sonucu, nematod populasyonunun azaldığı ve bitki büyümesinin yüksek oranda arttığı görülmüştür. *P. fluorescens* ırk GRP3 ile organik gübre birlikte uygulandığında, kök-ur nematodu ile bulaşık bitkilerde bitki büyüme oranının daha fazla arttığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde *P. fluorescens* ırk PRS9, organik ya da inorganik gübre ile birlikte uygulandığında bitki gelişiminde önemli bir ilerleme tespit edilmiştir (Siddiqui et al., 2001).

Bir başka çalışma sonucunda ise; *P. fluorescens* uygulaması ile *M. incognita*'nın sebep olduğu dev hücre ve gallerin boyutlarının küçüldüğü saptanmıştır. Bakteri, organik gübre ile birlikte uygulandığı zaman biyolojik mücadelede daha iyi sonuç alınmaktadır. Çünkü, organik maddeler bitki için gerekli besin maddesini karşılarken, antagonistik organizmaların gelişip çoğalmasına da yardımcı olmaktadır (Stirling, 1991).

Pseudomonas stutzeri ve *Bacillus subtilis*'in birlikte toprağa uygulanması ile, bitki büyümesinde ve gelişmesinde artış sağlandığı tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*, *P. stutzeri* ve *P. lilacinus*'un toprağa uygulanması ile *M. incognita* ile inokule edilmiş bitkilerde önemli derecede ürün artışı sağlanmıştır. En iyi ürün artışı *B. subtilis* uygulaması ile elde edilmiştir. Yapılan bütün denemeler sonucunda *M. incognita* üremesi ve

kökteki gal oluşumunun azaldığı saptanmıştır (Khan and Tarannum, 1999).

Toprakta besin maddelerinin bulunması bakteri kolonizasyonuna yardımcı olduğundan, bakterinin nematodu baskılayıcı aktivitesi de artmaktadır. *P. fluorescens*'in iki ırkının da, kök-ur nematodu bulaşmış veya bulaşmamış bitkilerde bitki büyümesini arttırdığı saptanmıştır. Bitki büyümesini teşvik edici *Pseudomonas*'lar özellikle demir gibi temel besin maddeleri için patojenler ile rekabet, antibiyotik üretimi ve patojenlerin doğrudan antagonizmi şeklinde etkili olmaktadır. Buna ilaveten; sistemik dayanıklılığa neden olurlar. Bakteriler üzerinde yapılan çalışmalar, bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin, ya bitki büyüme regülatörleri ve uyarıcı besin maddeleri üreterek doğrudan, ya da zararlı rizobakterilerden ve toprak patojenlerinden bitkileri korumak için antibiyotik üreterek dolaylı bir şekilde bitki büyümesine katkıda bulduklarını göstermiştir (Ali et al., 2002). Bakterilerin köklerde oluşturduğu kolonileşmenin, bitkideki nematod enfeksiyonunu azalttığı tespit edilmiştir. Böylece bitkinin erken gelişme dönemlerinde kökler korunmaktadır (Dabire et al., 2000).

Antagonistik bakteriler kök-ur nematodların biyolojik mücadelesinde ümit vaat edici mikroorganizmalardır. Bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin, rizosfer ve kökler üzerindeki populasyon dinamiği ve kolonizasyonu biyolojik mücadele içinde önemli bir yere sahiptir (Stirling, 1991).

3. KÖK-UR NEMATODLARININ BİYOLOJİK MÜCADELESİNDE ORGANİK MADDENİN ROLÜ

Topraktaki birçok organizmanın aktivitesi ve yoğunluğu, çevre ve mevcut organik maddenin miktarı ile bağlantılıdır. Bu nedenle kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinin devamı için de toprağa organik madde ilave edilmesi gerekli görülmektedir. Toprakta bulunan bu besin maddeleri, uygulanacak antagonistlerin aktivitesinin artmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda nematodlara zararlı olduğu bilinen mikroorganizmaların da aktivitesini teşvik etmektedir (Stirling, 1991).

Biyolojik mücadelenin başarısının artması için toprağa organik madde ilave edilmesi ile bitki için gerekli besin maddeleri de karşılanmış olur. Ayrıca parazit ya da predatör mikroorganizmaların üremesinde ve toksin, antibiyotik ve diğer nematod engelleyici maddeleri üreten türlerin populasyonunda artışa sebep olunur. Bitkinin kök bölgesi veya rizosferinde bulunan mikroorganizmaların başlıca faydaları; topraktaki besin elementlerinin bitki tarafından alınımını arttırmak, bitki büyüme hormonlarını üretmek ve bitkiyi patojenlere karşı korumaktır. Mikroorganizmaların bazıları toksik maddeler salgılayarak ortamda bulunan patojenleri etkiler, böylece bitkiyi hastalık ve zararlılardan korurlar. Bu nedenle mikroorganizmalar da biyolojik

mücadele etmenleri arasında değerlendirilebilmektedir (Sarathchandra et al., 2001).

Tarla koşulları altında yapılan bir çalışmada, *H. rhossiliensis*, *Paecilomyces marquandii*, *V. chlamydosporium*, *Bacillus thuringiensis* ve *Streptomyces costaricanus* türleri ile birlikte organik madde olarak yeşil gübre ve kitinin toprağa uygulanmasının, marul bitkisindeki *M. hapla* populasyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Toprağa yeşil gübre ve kitinin uygulanması ile *M. hapla* populasyonunun üremesi ve marul köklerindeki gal oluşumu önemli oranda azalmıştır. *H. rhossiliensis*'in kitin ile birlikte uygulanması ise verimde artışa neden olmuştur. Benzer şekilde, *B. thuringiensis*, *S. costaricanus*, *P. marquandii* ve kitinin birlikte kullanımı ile verimde önemli derecede artış sağlandığı kaydedilmiştir (Chen et al., 1999).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda da kitinaz ve protein içeren organik maddelerin kullanımının mikroflorayı uyarıcı şekilde etki yaparak kök-ur nematodlarına karşı antagonistik etkiyi arttırdığı saptanmıştır. Bu durum gelecekteki çalışmalar için umut verici bir konu olarak görülmektedir. Bir çalışmada, üre ve kitin ile yapılan organik gübre uygulamasında *Meloidogyne* spp.'nin kontrolünde olumlu sonuçlar alınmıştır (Siddiqui, 2004).

Toprağa organik madde ilave edilmesi ile kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesi üzerinde olumlu sonuçlar alındığını gösteren çalışmalar vardır. Özellikle, spesifik organik maddelerin kullanımı ile yararlı organizmaların gelişimine yardımcı olacak uygulamalar belirlenmelidir. Topraktaki organik maddeler, nematod tuzaklayıcı fungusları (Örn; *Arthrobotrys* spp.) teşvik edici etkiye sahiptir ve kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesini arttırmaktadır. Organik madde ilavesi ile toprakta bazı fungusların yoğunluğu ve bunun sonucunda nematod baskılanması da artmaktadır. Ancak bu etkinlik bazı funguslar için geçerlidir (Jaffee, 2004).

4. KÖK-UR NEMATODLARININ BİYOLOJİK MÜCADELELERİNİ ARTTIRAN VE SINIRLANDIRAN FAKTÖRLER

Kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinde başlıca etmenler olan; *Arthrobotrys* spp., *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium chlamydosporium*, *Hirsutella* spp., *Dactylella oviparasitica*, *Pasteuria penetrans* ve rizosfer bakterilerinin bazı avantaj ve dezavantajları Çizelge 1. de özetlenmiştir.

5. SONUÇ

Kök-ur nematodları dünyanın pek çok yerinde, önemli bitki zararlıları konumundadır ve mücadeleleri son derece zordur. Dünyada yıllık ortalama % 60 oranında ürün kaybına neden olmaktadır (Stirling, 1991). Kök-ur nematodları ile mücadelede nematisitler kullanılabilir ancak ülkemiz gibi

Çizelge 1. Kök-ur nematodlarının biyolojik mücadele etmenlerinin avantaj ve dezavantajları (Anonymous, 2005c).

Biyolojik Etmeni	Kontrol	Hareket Mekanizması	Avantajları	Dezavantajları
Tuzaklayıcı funguslar (<i>Arthrobotrys</i> spp.)		Miselyumdan üretilen yapışkan vb. özelliklerdeki tuzaklar	<i>In vitro</i> da kolaylıkla üretilir, bazı türler rizosfer etkilidir ve konukçu dizisi geniştir.	Fungusun aktivitesini devam ettirmek için toprağa sürekli inokulum eklemek gereklidir ve aynı zamanda hazırlanması zordur.
<i>Paecilomyces lilacinus</i>		Hif penetrasyonu	<i>In vitro</i> da kolaylıkla üretilmektedir. Birkaç nematod türünün yumurtaları üzerinde etkilidir ve bitki materyallerine uygulandığında iyi sonuç alınır.	Yüksek toprak sıcaklığına ihtiyaç duyar ve yüksek miktarı gerektirir. Bazı izolatları insanlarda patojen etki gösterir.
<i>Verticillium chlamydosporium</i>		Hif penetrasyonu (Yumurta paraziti)	<i>In vitro</i> da kolaylıkla üretilmektedir, bazı izolatları rizosferde etkilidir ve virüent dayanıklı sporlar üretir, toprakta büyüme sezonu boyunca hayatta kalır.	Tohuma uygulama etkili değildir, fungusun etkisi, nematod türü, yoğunluğu ve konukçu bitkiye bağlıdır.
<i>Hirsutella</i> spp.		Yapışkan sporlar	<i>In vitro</i> da üretimi nispeten kolaydır, topraktaki nematodlara saldırır.	Saprofit yeteneği zayıftır ve topraktaki yayılımı sınırlıdır.
<i>Dactylella oviparasitica</i>		Hif penetrasyonu (Yumurta paraziti)	<i>In vitro</i> da üretimi kolaydır, konukçu dizisi genişir ve dayanıklı sporlar üretir.	Enfeksiyon için yüksek inokulum miktarına ihtiyaç vardır.
Obligat parazitler: <i>Pasteuria penetrans</i>		Yapışkan sporlar	Birçok izolatu yüksek derecede virüenttir, enfektif sporlar kuru şartlara dayanıklıdır, raf ömrü uzundur ve nematodun yumurta üretimini azaltır.	<i>In vitro</i> da kültürü çok zordur, nematodun yokluğunda toprakta çoğalamaz.
Rizosfer Bakteriler		Toksin üretimi ve bitkinin cezbedici kök salgılarının değişimi	<i>In vitro</i> da kolaylıkla üretilir, tohuma muamele şeklinde uygulamaları yapılabilir ve bitkide oluşacak zararı azaltır.	Etkinlik süresi kısadır, nematod türü ile ürün çeşidine göre etkinlik değişir ve nematod üretimi üzerinde etkisi azdır.

ilaçların birçoğunun yurtdışından temin edildiği koşullarda, kimyasal mücadele ekonomik olmamaktadır. Kullanılan nematodların pahalı, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin olması nedeniyle alternatif mücadele metodları üzerindeki çalışmalar son yıllarda ağırlık kazanmıştır (Jaffee, 1992).

Kök-ur nematodlarına karşı biyolojik mücadele anlayışı içerisinde, nematodların topraktaki antagonistleri üzerinde çok fazla durulmaktadır (Stirling, 1991). Mikroorganizmalar arasında nematodları parazitleyen ve popülasyonlarını azaltan antagonistik özellikteki fungus ve bakteriler büyük önem taşımaktadır ve biyolojik mücadele etmeni olarak yüksek potansiyele sahiptirler (Viaene and Abawi, 2000).

Nematod mücadelesinde kullanılacak etmenler üzerinde çok sayıda çalışma ve bazı ticari preparatlar bulunmasına rağmen, bu uygulamalar genellikle zordur ve geniş alanlara yaygınlaşmamıştır. Tüm bunlara karşın antagonistik etmenlerin kullanılması ile kök-ur nematodları gibi kalıcı endoparazit türlerine karşı başarılı sonuçlar da alınmıştır (Stirling, 1991).

Kök-ur nematodları ile biyolojik mücadelede başarının artması için; potansiyel biyolojik mücadele etmenlerinin konukçu parazit ilişkileri, ekolojik

özellikleri bilinmelidir. Bu etmenlerin kitle halinde yetiştirilebilmeleri, depolanabilir ve taşınabilir olmaları gereklidir. Bununla birlikte geniş alanlara uygulanacak pratik uygulama tekniklerinin de olması şarttır. Tüm bu faktörlerin araştırılması ile kök-ur nematodlarının biyolojik mücadelesinin daha yaygın ve etkili kullanımı gerçekleştirilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Ahmad, S.F. and T.A. Khan, 2004. Management of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, by integration of *Paecilomyces lilacinus* with organic materials in Chili. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 37 :35-40.
- Ali, N.I., I.A. Siddigui, S.S. Shaukat and M.J. Zaki, 2002. Nematicidal activity of some strains of *Pseudomonas* spp. Soil Biology and Biochemistry 34 : 1051-1058.
- Anonymous, 2005a. <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Ecology/antagoni.htm>.
- Anonymous, 2005b. <http://sacs.cpes.peachnet.edu/nemabc/slideset1.htm>.
- Anonymous, 2005c. <http://www.fao.org/docrep/v9978e/v9978eOb.htm>.
- Bird, D.M., C.H. Opperman and K.G. Davies, 2003. Interactions between bacteria and plant-parasitic nematodes. International Journal for Parasitology, 33:1269-1276.

- Bourne, J.M. and B.R. Kerry, 1999. Effect of the host plant on the efficacy of *Verticillium chlamydosporium* as a biological control agent of root-knot nematodes at different nematode densities and fungal application rates. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(1) : 75-84.
- Brown, S.M. and G.C. Smart, 1985. Root penetration by *Meloidogyne incognita* juveniles infected with *Bacillus penitans*. *Journal of Nematology*, 17(2) : 123-126.
- Chen, Z.X. and D.W. Dickson, 1998. Review of *Pasteuria penetrans* : Biology, ecology and biological control potential. *Journal of Nematology*, 30(3) : 313-340.
- Chen, J., G.S. Abawi and B.M. Zuckerman, 1999. Suppression of *Meloidogyne hapla* and its damage to lettuce grown in mineral soil amended with chitin and biocontrol organisms. Supplement to the *Journal of Nematology*, 31(4S) : 719-725.
- Chen, S., X.Z. Liu and F.J. Chen, 2000. *Hirsutella minnesotensis* sp. nov., a new pathogen of the soybean cyst nematode. *Mycologia*, 92(5) : 819-824.
- Dabire, K.R., R. Duponnois and T. Mateille, 2000. Indirect effects of the bacterial soil aggregation on the distribution of *Pasteuria penetrans* on obligate bacterial parasite of plant-parasitic nematodes. *Geoderma*, 102 : 139-152.
- Davide, R.G., 1990. Biological control of nematodes using *Paecilomyces lilacinus* in the Philippines. In: Hahn, S.K. and Caveness, F.E. (eds) *Integrated Pest Management for Tropical Root and Tuber Crops: Proceedings of the Global Status of and Prospects for Integrated Pest Management of Root and Tuber Crops in the Tropics*. 25-30 October, 1987, Ibadan, Nigeria, pp. 156-163.
- Duponnois, R., C. Netscher and T. Mateille, 1997. Effect of the rhizosphere microflora on *Pasteuria penetrans* parasitizing *Meloidogyne graminicola*. *Nematologia Mediterranea*, 25 : 99-103.
- Ehteshamul-Haque, S., M. Abid, V. Sultana, J. Ara and A. Ghaffar, 1996. Use of organic amendments on the efficacy of biocontrol agents in the control of root rot and root knot disease complex of okra. *Nematologia Mediterranea*, 24 : 13-16.
- Eisenback, D.E. and H.H. Triantaphyllou, 1991. *Meloidogyne* Species and Races. In : *Manual of Agricultural Nematology*, Ed. by : W. R. Nickle. New York, USA, Marcel Dekker Inc. 191.
- Giannakou, I.O. and S.R. Gowen, 2004. Factors affecting biological control effectiveness of *Pasteuria penetrans* in *Meloidogyne javanica* and the bacterial development in the nematode body. *Nematropica*, 34 : 153-163.
- Gomes, Carneiro, R.M.D. and J.C. Cayrol, 1991. Relationship between inoculum density of the nematophagous *Paecilomyces lilacinus* and control of *Meloidogyne arenaria* on tomato. *Revue de Nematologie*, 14 : 629-634.
- Jaffee, B.A., 1992. Population biology and biocontrol of nematodes. *Canadian Journal of Microbiology*, 38(5):359-364.
- Jaffee, B.A., R. Phillips, A.E. Muldoon and M. Mangel, 1992. Density-dependent host-pathogen dynamics in soil microcosms. *Ecology*, 73 : 495-506.
- Jaffee, B.A., 2004. Do organic amendments enhance the nematode-trapping fungi *Dactylellina haptotyla* and *Arthrobotrys oligospora*. *Journal of Nematology*, 36(3): 267-275.
- Khan, M.R. and Z. Tarannum, 1999. Effects of field application of various micro-organisms on *Meloidogyne incognita* on tomato. *Nematologia Mediterranea*, 27 : 233-238.
- Khan, A., K.L. Williams and H.K.M. Nevalainen, 2004. Effects of *Paecilomyces lilacinus* protease and chitinase on the eggshell structures and hatching of *Meloidogyne javanica* juveniles. *Biological Control*, 31:346-352.
- Leij, F.A.A.M., J.A. Dennehy and B.R. Keny, 1992. The effect of temperature and nematode species on interactions between the nematophagous fungus *Verticillium chlamydosporium* and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *Nematologica*, 38 : 65-79.
- Leij, F.A.A.M., J.A. Dennehy and B.R. Keny, 1993. Effect of watering of the distribution of *Verticillium chlamydosporium* in soil and the colonisation of egg masses of *Meloidogyne incognita* by the fungus. *Nematologica*, 39 : 250-265.
- Lewis, E.E., P.S. Grewal and S. Sardanelli, 2001. Interactions between the *Steinernema feltiae* – *Xenorhabdus bovienii* insect pathogen complex and the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Biological Control*, 21: 55-62.
- Mennan, S., S. Chen and H. Melakeberhan, 2006. Suppression of *Meloidogyne hapla* populations by *Hirsutella minnesotensis*. *Biocontrol Science and Technology*, 16(2) : 181-193.
- Perez, E.E. and E.E. Lewis, 2004. Suppression of *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla* with entomopathogenic nematodes on greenhouse peanuts and tomatoes. *Biological Control*, 30 : 336-341.
- Preston, J.F., D.W. Dickson, J.E. Maruniak, G. Nong, J.A. Brito, L.M. Schmidt and R.M. Giblin-Davis, 2003. *Pasteuria* spp. : Systematics and phylogeny of these bacterial parasites of phytopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 35(2) : 198-207.
- Quadri, A.N. and H.M. Saleh, 1990. Fungi associated with *Heterodera schachtii* (Nematoda) in Jordan II Effect of *Heterodera schachtii* and *Meloidogyne javanica*. *Nematologica*, 36 : 104-113.
- Sarathchandra, S.U., A. Ghani, G.W. Yeates, G. Burch and N.R. Cox, 2001. Effect of nitrogen and phosphate fertilizers on microbial and nematode diversity in pasture soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 33 : 953-964.
- Siddiqui, I.A. and S. Ehteshamul-Haque, 2000. Effect of *Verticillium chlamydosporium* and *Pseudomonas aeruginosa* in the control of *Meloidogyne javanica* on tomato. *Nematologia Mediterranea*, 28 : 193-196.
- Siddiqui, Z.A., A. Iqbal and I. Mahmood, 2001. Effects of *Pseudomonas fluorescens* and fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. *Applied Soil Ecology* 16 : 179-185.
- Siddiqui, Z.A., 2004. Effect of plant growth promoting bacteria and composed organic fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and tomato growth. *Bioresource Technology*, 95 : 223-227.
- Spiegel, Y., M. Mor and E. Sharon, 1996. Attachment of *Pasteuria penetrans* endospores to the surface of *Meloidogyne javanica* second-stage juveniles. *Journal of Nematology*, 28(3) : 328-334.
- Stirling, G.R. and R. Mankau, 1978. Parasitism of *Meloidogyne* eggs by a new fungal parasite. *Journal of Nematology*, 10(3) : 236-240.
- Stirling, G.R. and R. Mankau, 1979. Mode of parasitism of *Meloidogyne* and other nematode eggs by *Dactylella oviparasitica*. *Journal of Nematology*, 11(3) : 282-288.

- Stirling, G.R., 1991. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes. CAB International, Wallingford, Oxon, 50-85.
- Stirling, G.R., K.A. Licastro, L.M. West and L.J. Smith, 1998a. Development of commercially acceptable formulations of the nematophagous fungus *Verticillium chlamyosporium*. Biological Control, 11(3) : 217-133.
- Stirling, G.R., L.J. Smith, K.A. Licastro and L.M. Eden, 1998b. Control of root-knot nematode with formulations of the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys dactyloides*. Biological Control, 11 : 224-230.
- Thorne, G., 1961. Principles of Nematology. New York, 312-321.
- Tedford, E.C., B.A. Jaffee, A.E. Muldoon, C.E. Anderson and B.B. Westerdahl, 1993. Parasitism of *Heterodera schachtii* and *Meloidogyne javanica* by *Hirsutella rhossiliensis* in microplots over two growing seasons. Journal of Nematology 25(3) : 427-433.
- Trudgill, D.L. and V.C. Blok, 2001. Apomictic, polyphagous root-knot nematodes : Exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. Annu. Rev. Phytopathol., 39 : 53-77.
- Verdejo-Lucas, S., C. Ornat, F.J. Sorribas and A. Stchiecel, 2002. Species of root-knot nematodes and fungal egg parasites recovered from vegetables in Almeria and Borcelona, Spain. Journal of Nematology, 34(4) : 405-408.
- Viaene, N.M. and G.S. Abawi, 2000. *Hirsutella rhossiliensis* and *Verticillium chlamyosporium* as biocontrol agents of the root-knot nematode *Meloidogyne hapla* on lettuce. Journal of Nematology 32(1) : 85-100.
- Vicente, N.E. and N. Acosta, 1992. Biological and chemical control of nematodes in *Capsicum annum* L. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 76, 171-176.
- Weibelzahl-Fulton, E., D.W. Dickson and E.B. Whitty, 1996. Suppression of *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica* by *Pasteuria penetrans* in field soil. Journal of Nematology 28(1) : 43-49.
- Whitehead, A.G., 1998. Plant Nematode Control. CAB International, New York, USA. 209-236.