

BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLAR İLE MÜCADELEDE BİOFUMİGASYON

Sevilhan MENNAN^{1*}

Tuba KATI¹

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun
*e-mail: smennan@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 20.08.2009

Kabul Tarihi: 16.03.2010

ÖZET: Organik madde içeriğinin, topraktan ayrışması sırasında gaz haline geçebilen ve nematod, fungus ve yabancı-otlara toksik etkilerde bulunan bileşiklere sahip canlı materyale “biofumigant” ve yapılan bu işleme de “biofumigasyon” denir. Hayvansal ve bitkisel orijinli birçok organik materyal, biofumigantlar olarak bitki paraziti nematodların mücadelesinde metil bromide alternatif, çevreye dost bir mücadele yöntemi olarak son yıllarda dikkat çekmektedir. Bitki paraziti nematodlar ile mücadele biyofumigasyon uygulamaları biyofumigant materyalin çeşidine göre başlıca üç grupta incelenebilir; Örtücü Bitkiler ve/veya tuzak bitkiler, tavuk Gübresi başta olacak şekilde organik gübreleme ve biyokütle atıklar. Bu çalışmada da bitki paraziti nematodlar ile mücadele uygulamaları kapsamındaki biyofumigasyon uygulamaları, nematodlar üzerindeki etkinin oluşum şekilleri, dünyadaki yapılmış çalışmalar derlenerek toplu halde verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Biyofumigasyon, nematod, *Brassica*, örtücü bitkiler, tuzak bitkiler, tavuk gübresi

BIOFUMIGATION FOR CONTROL OF PLANT PARASITIC NEMATODES

ABSTRACT: Biofumigation is the action of volatile compounds released during the biodegradation of organic matter as fumigants for the control of plant pathogens and “biofumigant” material has this type of action. Because, Biofumigation is an alternative of methyl bromide and naturally friendly method to control plant parasitic nematodes, it has been working commonly especially last years. Depending on the source of biofumigant, biofumigation could be divided into three main groups: cover /trap crops, organic amendments including chicken litter and biosolids. Biofumigation samples to control plant parasitic nematodes in the world and effect types of biofumigation were reviewed in this study.

Key Words: Biofumigation, nematodes, *Brassica*, cover crop, trap crop, chicken litter

1.GİRİŞ

Çok hücreli hayvansal organizmaların % 80’ini oluşturan Nemata şubesi içindeki bitki paraziti nematodlar, tarımsal üretimde % 10-20 yıllık ürün kaybına yol açan önemli zararlılardır (Sasser ve Freckman 1987; Bongers ve Ferris 1999; Siddiqi 2000; Gaugler ve Bilgrami 2004). Kültür bitkilerinde nematod zararını azaltmaya yönelik mücadele yöntemlerinin başında dayanıklılık, rotasyon gibi kültürel önlemler ya da kimyasal ilaçlar gelmektedir. Bitki paraziti nematod türleri üzerinde etkili ve geniş alanlarda pratik olarak uygulanabilecek organik ya da inorganik kimyasalların azlığı, pek çok tür için dayanıklı çeşitlerin olmaması, dayanıklılığın örn. sıcaklık gibi bazı çevresel faktörlerden fazla etkilenmesi gibi sebeplerden, mücadeleleri son derece zordur. Bitki paraziti nematod türleri ile mücadele amacıyla kullanılan nematosisitler, genel olarak yüksek moleküllü toprak fumigantları ve karbamatlı ya da organik fosforlu bileşiklerdir (Whitehead 1997; Bakker 1993). Fumigasyon, havayla karıştığında gaz hale geçen kimyasallar ile uygulanan bir mücadele yöntemidir. Fumigant etkili nematosisitlerin geniş spektrumlu, yüksek derecede toksik, karsinogenik olmaları ve özellikle hem toprak hem de bitkilerde kalıntı problemi oluşturmaları başlıca dezavantajlarıdır. Örneğin, nematod, yabancı-ot ve toprakaltı patojenlerinin kontrolü için yoğun bir şekilde kullanılan, en etkili fumigantlardan olan methyl bromid, atmosferin ozon tabakasına zarar vermesi sebebiyle yasaklanmıştır (Abawi ve Widmer 2000). Böylece, fumigasyonun kimyasallar aracılığı

ile değil doğal yollar ile uygulanması olarak tanımlanabilecek biyofumigasyon çalışmaları, son yıllarda sadece nematod mücadelesi amacıyla değil, yabancı ot ve toprak kökenli hastalık etmenleri ile mücadele amacıyla da yaygın olarak araştırılmaktadır.

Biyofumigasyon, *Brassica* türleri gibi bazı doğal materyalin içerdiği biocidal sülfürlerin ve başlıcaları isothiocyanatların, yeşil gübre ya da rotasyon bitkisi olarak kullanılması ile topraktaki zararlı ve hastalık etmenleri ile yabancı otların kontrolü olarak tanımlanmaktadır (Auger ve ark. 2008). Son yıllarda bu terim içine *Brassica*’lara ilave olarak sülfür amino asitleri içeren *Allium* türleri de ilave edilmektedir (Matthiessen ve Kirkegaard 2006). Patalano ve ark. (2008) biyofumigasyonu toprağın verimliliğini arttıran, bitkileri daha sağlıklı tutan ve pestisit kullanımını belirgin oranda azaltan son derece doğal bir teknik olarak tanımlamaktadırlar. Dünyada pek çok araştırmacı özellikle biyofumigasyonun çeşitli uygulama tiplerinin bitki paraziti nematodların mücadelesindeki rolü üzerinde çalışmalar yapmaktadır (Mojtahedi ve ark. 1991; Potter ve ark. 1998; Kirkegaard ve ark. 1994; 2000; , Matthiessen ve Kirkegaard 2006; DeMastro ve ark. 2008a;b;c; Fan ve ark. 2008).

Bu çalışmada bitki paraziti nematodlar ile mücadele amacıyla “biyofumigasyon” uygulamaları, etki şekilleri, yapılan çalışmalardan örnekler ile değerlendirilmiş ve toplu halde verilmiştir.

2. BİYOFUMİGASYONUN TANIMI VE BİTKİ PARAZİTİ NEMATOD MÜCADELESİNDE KULLANIMI

Organik madde içeriğinin, toprakta ayrışması sırasında gaz haline geçebilen ve nematod, fungus ve yabancı-otlara toksik etkilerde bulunan bileşiklere sahip canlı materyale “biofumigant” ve bu işleme de “biofumigasyon” denir. Hayvansal ve bitkisel orijinli birçok organik materyal, biofumigantlar olarak bitki paraziti nematodların mücadelesinde metil bromide alternatif, çevreye dost bir mücadele yöntemi olarak son yıllarda dikkat çekmektedir (Halbrent, 1996; PiedraBuena ve ark., 2006; Fan ve ark., 2008). Terim olarak “Biofumigasyon”u ilk kez Kirkegaard, 1993 yılında kullanmıştır (Kirkegaard ve ark., 1993). İlk kullanımında bitkilerin allelopatik etkilerinden yararlanılarak, hastalık etmeni ve zararlıların baskılanması şeklinde açıklansa da ilerleyen çalışmalarda yeşil gübreleme, bu bitkilerin kullanıldığı rotasyon ve son olarak da biyokütle atıklar konunun içine dahil edilmiştir (Matthiessen ve Kirkegaard, 2006; 2004). Biofumigasyon; toprağın biyolojik aktivitesini canlandırdığı gibi, mikroorganizmaların gelişimine yardımcı olan toprak organik madde içeriğini de artırarak mikrobiyal popülasyonunun yani antagonistik organizmaların artmasını da sağlamaktadır. Aynı zamanda, organik madde ve enerji kayıplarının eksikliğinde, toprak sistemine organik madde ve besin maddelerinin geri dönüşümüne katkıda bulunmaktadır. Bu da bitkiyi olumlu yönde etkilemektedir (Bello ve ark., 2008). Bu etkilere ilave olarak, yeşil gübre amacıyla kullanılan biofumigasyonu, klasik organik gübrelemeden ayıran; materyalin çözünmesinin ilk aşamasında meydana gelen biofumigant etki olup, bu olay stabilize organik gübre ya da madde uygulamalarında meydana gelmez (PiedroBueno ve ark. 2006). Bu arada biofumigant madde hem bir organik gübre işlevi görerek toprağın kalitesini artırırken hem de toprak kökenli hastalık etmeni, zararlı ve yabancı otları da baskılayarak, aynı zamanda fumigant işlev de üstlenmektedir.

Bitki paraziti nematodlarla mücadelede biyofumigasyon uygulamaları, biyofumigant materyalin çeşidine göre başlıca üç grupta incelenebilir; Örtücü Bitkiler ve/veya tuzak bitkiler, tavuk gübresi başta olacak şekilde organik gübreleme ve biyokütle atık’lar (Alvarez ve ark. 2008, Bello ve ark. 2004; Anonim 2009a).

3. ÖRTÜCÜ BİTKİLER (COVER CROPS) VE TUZAK BİTKİLER (TRAP CROPS)

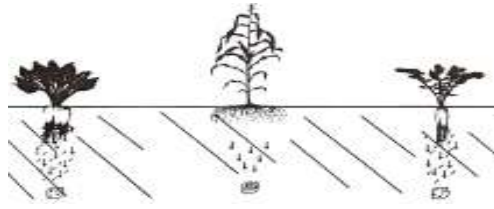
Örtücü bitki olarak tanımlanan bazı bitkiler, topraktaki nematod popülasyonu üzerinde toksik etkilerdeki organik bileşikler üretmektedir. Bu doğal bileşikler, bitkilerin köklerinden toprağa salınmaktadır ya da yeşil gübre olarak, bitkiler ile birlikte toprağa karıştırılmaktadır. Bu bitkilerin toprakta ayrışması sonucu açığa çıkan aldehit ve izotiyosiyanat bileşikleri

biosidal etkiye sahip olup bitki paraziti nematodların gelişmesini ve üremesini engellemektedir (Fan ve ark. 2008). Örtücü bitkilerin nematodlar üzerindeki etkileri, zayıf konukçu olmalarından ve/veya nematoda zarar veren kimyasal üretilmelerinden kaynaklanmaktadır (Halbrent 1996; Jones ve ark. 2006). Örtücü bitkinin yetiştirildiği periyotta, topraktaki bitki paraziti nematod popülasyonu düşecek ve böylece ana ürün toprağa ekildiğinde, nematottan eskiye oranla daha az zarar görecektir (Mc Sorley ve ark. 1994; Jones ve ark. 2006). Ayrıca örtücü bitkiler topraktaki organik madde miktarını artırarak, mikrobiyal aktiviteyi de arttırdıklarından, bitki paraziti nematodların antagonistlerinin popülasyonlarında da artışa sebep olurlar (Klopper ve ark. 1991). Özellikle örtücü bitkilerin, topraktaki nematod popülasyonunu olumsuz etkilerine ek olarak, bu ürünler toprağa organik madde kazandırarak, besin maddelerinin geri dönüşümüne de katkıda bulunurlar (PiedraBuena ve ark. 2006). Bu da bitki gelişimini olumlu yönde etkilemektedir. Örtücü bitkilerin bu şekilde yeşil gübre olarak toprağa karıştırılması üzerinde yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur (Roubtsova ve ark. 2007).

Nematodlara karşı etkili olabilecek diğer bir grup bitki ise, tuzak bitkiler olarak tanımlanır. Tuzak bitkiler genellikle nematodun yüksek oranda girişine uygun olan, ancak doku içine giren nematodun üreme ya da gelişmesine imkan vermeyen türlerdir (Melakeberhan ve ark. 2008). Bu bitkiler, köklerinden giriş yapan nematodların gelişme ve üremelerini önlemektedir hatta bazılarında hiç yumurta oluşumu sağlanamaz (Thorup-Kristensen ve ark. 2003). Ayrıca, bu bitkilerin bazılarının kökleri, nematodlar için iyi bir besin kaynağı olmayabilir. Bu nedenle nematod popülasyonu açıklık yüzünden de azalabilir (Hagan ve ark., 1998, Anonim 2009b). Bazı çalışmalarda ise tuzak bitkiler nematodu ana ürüne nazaran daha fazla cezbederek, popülasyonu kendisinde toplayarak, ana ürünü nematod zararından koruyan bir amaca hizmet ederler (Scholte 2000). Ancak son zamanlarda daha fazla üzerinde durulan, nematodu çekerek, gelişimini de azaltabilme yeteneğindeki tuzak bitkilerdir (Anonim, 2009c; Melakeberhan ve ark. 2008). Örneğin *Raphanus sativus* ve *Sinapis alba*, şeker pancarı kist nematodunun köke girişine izin verir ancak kök içindeki nematodun sexual farklılaşmasını bozarak, az miktarda dişi meydana gelmesine yol açar. Böylece üreme ve yumurta sayısı düşeceğinden, zararlının bir sonraki generasyondaki popülasyonu belirgin oranda azalır (Şekil 1). (McLeod ve ark., 20001; Matthiessen ve Kirkegaard, 2006). Brassica’lar içinden Turp ve Rokanın tuzak bitki olarak kullanımı üzerinde son yıllarda oldukça çalışılmıştır (Melakeberhan ve ark., 2008;2006). Brassica’ların dışında ise *Tagetes* spp., *Crotalaria* spp. kök ur nematodları için en iyi tuzak bitkiler olarak bilinir (McSorley, 1999; Haque ve ark., 2008). Bu etkilerin meydana getirilmesinde Brassica’ların içerdiği GLC’lerin rol oynadığı bilinmekte ise de ayrıca pek

çok çalışmada da (Potter ve ark. 1998; Mazzola ve ark., 2001) GLC ile ilgisi olmayan baskılamadan da bahsedilmektedir. Bitki bünyesinde GLC miktarı ile uyumlu olmayan bu baskılamanın kaynağının ise, topraktaki bitki zararlısı nematodların antagonistlerinin uyarılması olduğu düşünülmektedir (Matthiessen ve Kirkegaard, 2006). Ayrıca GLC'lerin hidrolizi ile oluşan ITC'lerden başka, yine son derece zehirli bileşikler olan nitril, epinitril ve iyonik thiosiyonatlar da bu baskılamada etkilidir (Morra, 2004; Palmieri, 2004; Matthiessen ve Kirkegaard, 2006).

HASSAS	NÖTR BİTKİ	DAYANIKLI TUZAK
ŞEKER PANCARI	MISIR	BİTKİ TURP



Kök salgıları		
yumurta açılımını uyarır	uyarmaz	UYARIR
Larvalar köke girer	--	köke girer
Nematod bitki içinde ürer	--	ÜREYEMEZ
Topraktaki nematod popülasyonu ARTAR	ETKİLENMEZ	Topraktaki nematod AZALIR

Şekil 1. Tuzak bitki turpun, *H. schachtii*'yi etki mekanizmaları (Koch ve ark. 1999)

Örtücü bitkiler ekim zamanlarına göre kışlık ve yazlık olarak 2 ana gruba ayrılırlar:

3.1. Kışlık Örtücü Bitkiler

Bitki paraziti nematodların mücadelesinde kullanılan kışlık örtücü bitkiler arasında potansiyel öneme sahip olanlar; *Brassica* spp., *Eruca sativa* L., *Raphanus sativus* L., *Vicia sativa* L., *Lathyrus hirsutus* L.'tur (Hagan ve ark. 1998, Anonim 2009b).

3.1.1. Brassica spp.: *Brassica* türleri, Brassicaceae (Cruciferae) familyasına ait, tek yıllık otsu bitkilerdir. Bünyelerinde myrosin (EC3)'in hidrolize olması ile açığa çıkan "glukosinolat" (GLC) bileşiklerini bulundurlar. Bu bileşikler gaz haline geçebilen ve bitki paraziti nematodlara karşı toksik olan "izotiyosiyanat" bileşiklerini üretirler (Fan ve ark., 2008). *Brassica* türleri, toprak içerisine bu bileşikleri fazla miktarda yaymaktadır ve biofumigasyon için en iyi materyal olarak bilinmektedir. GLC'ler birçok yenilebilir türü içeren 16 familyaya ait bitkide mevcuttur ve bu bitkilerde izotiyosiyanat'ların en az 120 çeşidi tanımlanmıştır (Fan ve ark., 2008). Özellikle Brassicaceae familyasına ait bitkiler üzerinde oldukça fazla çalışma mevcuttur. Bu familyaya ait bitkilerin dokularında üretilen Glukosinolat bileşikleri nematisidal etkinin yanında

insektisidal ve fungisidal etkilere de sahiptir (Brown ve Morra, 1995;1997).

Biyofumigasyon amacıyla en yaygın uygulama, doğal kaynak olan Brassica'ların, örtücü bitkiler şeklinde yeşil gübre olarak uygulanmalarıdır. Bu amaçla Brassica'lar ya üründen önce ya da ana ürün ile birlikte aynı alana ekilirler. Bazı çalışmalarda ise, yeşil gübreleme başlığı altında Brassica'ların başka alanda yetiştirilip, bitki kısımlarının ana ürünün ekildiği toprağa uygulanması (organic amendments) ya da Brassica tohumlarının değişik muamelelerden geçirilerek hazırlanan ekstraktlarının (seed meal) ana ürünün ekildiği toprağa uygulanması şeklinde kullanılmaktadır. Bu farklı uygulamalar içinde yeşil gübre şeklinde örtücü bitki olarak ya da bitki kısımlarının toprağa karıştırılması ile gerçekleştirilen Biofumigasyon, toprak kalitesi üzerine de olumlu etkilerinden dolayı daha fazla tercih edilmektedir (Matthiessen ve Kirkegaard, 2006; 2004; PiedraBuena ve ark., 2006). Örneğin, Brassica yeşil gübrelemesi sonucu toprakta, bitkilerin faydalanabileceği azot miktarında artış meydana gelir ve böylece bitkinin gelişimi olumlu yönde etkilenir. Ayrıca biofumigasyon, toprağın ve suyun korunmasına yol açarak, erozyona engel olur (Matthiessen ve Kirkegaard, 2006; Marchetti ve ark., 2008).

Brassica türleri, biofumigasyon ürünleri olarak, bitki paraziti nematodların mücadelesinde oldukça etkilidir. Brassica'lar içinde bitki paraziti nematod popülasyonlarını baskılayıcı özellikleri ile üzerinde en yoğun olarak çalışılan türler, *Brassica juncea* (L.), *Brassica napus* L., *B. rapa*'dır. Her türün sebep olduğu etki, tür ya da varyetelerinde mevcut olan glukosinolat bileşiklerinin konsantrasyonundan kaynaklanırken, çeşitler ya da varyeteler arasında değişiklik de gösterebilir. *Brassica* bitkilerinin farklı türleri, glukosinolat'ların farklı konsantrasyon ve tiplerine sahiptir. Her bir *brassica* grubu içerisinde toplam glukosinolat bileşiklerinde farklılıklar gözlemlenmiştir. Örneğin, *B. juncea* bitkisinin dokuları, genellikle *B. napus* bitkisinden daha toksik etkidir. Ayrıca bu etkinin bitkinin vegetasyonu içinde de farklılık gösterdiği bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda *B. juncea* ve *B. napus*'un kök ve sürgün dokularının çiçeklenme döneminde, olgunlaşmış dönemden daha etkili olduğu saptanmıştır. Bu bileşiklerin tipleri ve konsantrasyonlarındaki farklılıklar, toprak altı zararlılarına karşı etkinlik derecelerinde de farklılıklara sebep olmaktadır. Örneğin, aromatik izotiyosiyanat'lar alifatik izotiyosiyanat'lardan daha çok toksik etkiye sahiptir (Fan ve ark., 2008). *Brassica napus* (Kanola) dokularında hakim olan GLC, 2-phenylethyl glukosinolat olup bu ürün son derece yüksek biotoksik bir maddedir (McCully ve ark., 2008). Bitkilerin sahip olduğu GLC konsantrasyonu üzerinde diğer etkili faktörler ise; toprak tekstürü, nemi, sıcaklığı, mikrobiyal yoğunluğu ve toprak pH'sıdır (Ploeg, 2008). *Brassica* türleri; dikimden sonra en az 2-3 ay

yetiştirilip, yeşil gübre olarak toprağa karıştırıldığında, nematodlara karşı oldukça etkili olmaktadır. Birçok *Brassica* çeşidinin *Meloidogyne incognita* Kofoid and White ve *Meloidogyne javanica* Treub'nın topraktaki popülasyonunu önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir (Sipes ve Arakaki, 1997).

Yeşil gübrelemenin dışında, *Brassica*'ların bir başka kullanımı da yine biofumigasyon etkisi ve toprağın organik madde içeriğini artırma etkisine de sahip olan genellikle tohumlardan hazırlanan unumsu ekstraktların (seed meal) toprağa uygulanmasıdır (Peidro Bueno ve ark., 2006). *Brassica* bitkilerinin tohumlarından hazırlanan unumsu maddeler toprağa karıştırıldığında hazırlanan maddenin dozuna bağlı olarak (0, 2, 4 ve 8 mg/cm³ toprak) *M. hapla*'da değişen oranlarda (LaMondia ve Halbrent, 2008) ve *B. napus* tohumlarından hazırlanan unumsu maddeler toprakla karıştırıldığında ise *Belonolaimus longicaudatus* popülasyonunda % 92-99,5 ölüm (Cox ve ark. 2006) meydana gelmiştir. *B. napus* ve *B. juncea*'nın çiçekli bitkilerinden hazırlanan ekstraktlar ile sulanan saksılardaki *Xiphinema index* popülasyonu kontrol parsel olan Fenamiphos ile ilaçlanan kadar yüksek öldürücü etki (% 65 ve % 80) göstermiştir (Aballay ve ark., 2004).

Brassica türleri dokularında glukosinolatlar olarak bilinen tioglikosinolatları içerirler. GLC'lerin hidrolize olması ile açığa çıkan myrosinase enzimi, ox-azolidinethionlar, nitriller, tiocyanatlar ve değişik formlardaki isothiocyanatlar (ITC) olarak parçalanır. Bu hidroliz ürünleri ve özellikle ITC, insektisidal, nematisidal, fungisidal, antibiotik ve bazen fitotoksik özelliklerdeki geniş etki spektrumlu bir biocidal yapıdadır (Kirkegaard ve Sarwar, 1998). *Brassica* dokularının ürettiği GLC'lerin fungus (Mayton ve ark., 1996, virus (Spak ve ark., 1993), bakteri (Brabban ve Edwards, 1995) ve yabancı otları (Brown ve Morra, 1995) da içeren toprak kökenli organizmaları baskıladığı bilinmektedir. Bitki paraziti nematodlardan da *M. incognita*, *M. javanica* (Johnson ve ark., 1992), *M. chitwoodi* (Mojtahedi ve ark., 1993) ve *Heterodera schachtii* (Thierfer ve Friedt, 1995), *Pratylenchus penetrans* (McFadden ve ark., 1992)'ın toprak popülasyonlarında azalmalar meydana getirdiklerini bildiren çok sayıda çalışma mevcuttur. Böylece *Brassica* türleri ile yapılan yeşil gübreleme ve rotasyon ayrıca bu bitkilerden hazırlanan değişik ekstraktların toprağa uygulanmasının, topraktaki pek çok zararlı ve hastalığı baskıladığı bilinmektedir (Mojtahedi ve ark., 1991) ve bu baskılayıcı özelliği sağlayan en önemli içerikleri de yine ITC'leridir (Brown ve Morra, 1997).

Özellikle *B. napus* ve *B. juncea* (Hardal)'ın geniş alanlarda ekiminin yaygınlaşması, bu bitkilerin mücadele amacıyla yetiştirilmesini de olası hale getirmektedir (Kirkegaard ve ark., 1996). *Brassica*'ların bünyelerindeki ITC'ler toprağa karıştırılmalarından kısa süre sonra toprak içinde dağılmaya başlarlar ve biocidal etkinin yanında toprağa ilave su ve ısı da kazandırmış olurlar. Oluşan

bu ürünlerin toprak içindeki yarı ömürleri genellikle toprağın yüzeye yakın üst kısımlarında 1 gün iken, daha derinlerde 8-9 gün kadardır. Bu ürünlerin toprak içindeki dağılımı toprağın tipi, su içeriği ve ısı tarafından etkilenir (Gimsing ve ark., 2008). Yapılan çalışmalarda 13 farklı *Brassica* cinsi içinde GLC miktarının en fazla olduğu vegetasyon periyodunun çiçeklenme periyodu olduğu, bitkini gövdesinde alifatik GLC'lerin daha fazla iken köklerinde ise aromatik GLC'ler ve özellikle 2-phenylethyl'in hakim olduğunu belirlenmiştir (Kirkegaard ve Sanwar, 1998). Doksanlı yılların başında bile kanola ile yapılan rotasyon programlarının ardından toprak kökenli organizmaların azalmasının sonucunda buğdaygillerin erken hasada geldiği, tohumun çimlenme gücünün ve elde edilen verimin arttığı bilinmektedir (Kirkegaard ve ark., 1998). Potter ve ark. (1998), *Pratylenchus neglectus*'un toprak popülasyonunun, kanola bitki dokuları kullanılarak yapılan yeşil gübrelemenin ardından belirgin oranda azaldığını laboratuvar denemeleriyle ortaya koymuşlardır. Bitkinin en etki kısmı yapraklar olup, yaprak uygulanan topraklardaki *P. neglectus* popülasyonunda % 56,2- 95,2; köklerin uygulandığı topraklarda % 0-48,3 ölüm meydana gelmiştir.

Brassica türlerinin neredeyse tamamında çiçeklenmenin yarısının tamamlanabilmesi için 102-189 güne ihtiyaç duyulmaktadır ki bu zaman bitkilerin toprağa karıştırılması için en ideal zamana karşı gelmektedir. *B. napus* alifatik, aromatik ve indolyl GLC içerirken; *B. olearacea* ve *Eruca sativa* alifatik ve indolyl GLC içermektedir. *Brassica* türlerinin biofumigasyon potansiyelleri formüle ederek aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir (Kirkegaard ve Sarwar 1998):

Biofumigasyon potansiyeli: Total biomas $X \sum_{i=1}^n$ to n
 $[HI_i X Total_{GLC_i} X \sum_{i=1}^p (Al_{ij} X TOXISITE_j)]$

Total biomas= bitkinin tüm bioması

HI_i = Bitkinin i kısmının bioması / total biomas

Total_{GLC_i} = Bitkinin i kısmındaki GLC konsantrasyonu

Al_{ij} = Aktif indeks= Bitkinin i kısmındaki GLC konsantrasyonu/ Total GLC

$TOXISITE_j$ = GLC'lerin hidroliz ürünlerinin hedef organizmaya olan zehirliliği

3.1.2. *Eruca sativa*: Brassicaceae familyasındaki, Roka olarak bilinen tek yıllık otsu bir bitkidir. Serada saksı denemeleri şeklinde yürütülen çalışmada, Roka içeren saksıların % 80'inde *M. hapla*'nın yumurta meydana getirmediği tespit edilmiş olup, bu bitkinin *M. hapla* için son derece uygun bir tuzak bitki olduğu vurgulanmıştır (Melakeberhan ve ark. 2006).

3.1.3. *Raphanus sativus*: Brassicaceae familyasında ki turp olarak bilinen tek yıllık otsu bir bitkidir. *Brassica*'lar içinde özellikle *M. hapla* için zayıf konuşku olması nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir. Bu bitki de diğer *Brassica* türleri gibi bünyelerinde

nematisidal etkiye sahip izotiyosiyanat bileşiklerini üretir. Toprak altı zararlılarının mücadelesi için biofumigant materyaller olarak, örtücü bitki ya da tuzak bitki şeklinde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, turbun kök ur nematodları için çok iyi bir tuzak bitki ayrıca yeşil gübre olarak toprağa uygulanması durumunda da biyofumigant özellikte olduğunu göstermiştir (Melakeberhan ve ark. 2008).

3.1.4. *Vicia sativa* : Leguminosae familyasına ait, tek yıllık otsu bir bitkidir. Bu bitkinin birçok çeşidi kök-ur nematodlarına karşı yüksek seviyede dayanıklı olup nematod mücadelesinde uygun bir örtücü bitkidir (Hagan ve ark., 1998). Özellikle kök-ur nematodlarının ikinci dönem larva ve yumurtaları üzerinde toksik etkiye sahip bileşikler içermektedir (Wang ve ark., 2004).

3.1.5. *Lathyrus hirsutus*: Leguminosae familyasına ait tek yıllık otsu bir bitkidir. *Meloidogyne arenaria* Neal'nın gelişmesini ve üremesini belirgin oranda azalttığı belirlenmiştir (Hagan ve ark., 1998).

Pek çok çalışmada kışlık örtücü bitkilerin birden fazlası toplu halde denenmiştir. Bunlar içinde üzerinde en fazla durulan Brassica+Roka, Brassica+Turp ya da Brassica+Roka+Turp kombinasyonlarının denenmesidir. Almanya'da yapılan çalışmalarda *B. juncea*, *R. sativus*, *Sinapis alba*'nın kullanıldığı tarla denemelerinde, topraktaki *M. hapla*, *Pratylenchus* spp. *Ditylenchus dipsaci* ve *Heterodera schachtii* popülasyonu önemli seviyede azalırken, bu bitkilerden sonra ekilen ana üründe de verimde artış olduğu bildirilmiştir (Daub ve ark. 2008a). Kanada'da yapılan bir başka çalışmada ise, 2004 -2006 yıllarında çilek üretilen alanlarda *B. napus* ve *B. juncea*'nın yetiştirilip toprağa karıştırılması sonucu topraktaki nematod popülasyonu azalmış ve çilek bitkisinde % 54 oranında verim artışı sağlanmıştır (Belair ve Colombo 2008). Kışlık örtücü bitkilerin *Pratylenchus penetrans*'a etkisini tarlada ve serada araştıran Forge ve ark. (2000) bitkilerin tamamının topraktaki nematod popülasyonu üzerinde olumsuz etkileri olduğunu bildirmişlerdir. Brezilya'da, tarla koşullarında 20 kg toprak içeren saksılara *Ricinus communis* ve lahana bitkilerinin yaprakları uygulanarak topraklar iyice karıştırılıp, saksıların üzeri 100 µm kalınlığında plastik örtü ile kaplanmış ve 50 gün sonra belli sayıda yapay bulaştırılan *M. xenoplax* ile *M. javanica* popülasyonlarında % 76-93 azalma olduğu saptanmıştır (Gomes ve ark. 2008). İtalya'da kavun üretim alanlarında 2005-2007 yıllarında yürütülen tarla denemelerinde *E. sativa* ve *B. carinata* tohumlarından hazırlanan unumsu maddeler toprağa uygulandığında kavun bitkisinde gal indexinde belirgin azalma (biofumigant uygulanan parsel ortalaması: 0,3 iken uygulanmayanda 4,2) ve toprağın organik madde ile azot miktarında artış saptanmıştır (Curto ve ark. 2008). Almanya'nın organik üretim yapılan alanlarında yürütülen tarla denemesinde *B.*

juncea, *R. sativus* ve *Sinapis alba*'nın 2 kültüvarı denemeye alınmıştır. Tarlada bu bitkiler çiçeklenme periyoduna kadar yetiştirilmiş ve bu dönemde toprak sürülerek, bitkinin toprağa karışması sağlanmıştır. Topraktaki bitki paraziti türler içinden bifumigant uygulamasından en fazla etkilenen *Pratylenchus* spp. olurken; *M. hapla* ve *Tylenchorhynchus dubius* daha az seviye etkilenmiştir (Daub ve ark. 2008a). İtalya'da yapılan sera denemesinde de *B. juncea* ve *E. sativa*'nın yeşil gübre şeklinde çiçek seraları topraklarına karıştırılması ile *M. incognita*'nın topraktaki popülasyonunda % 50-60 azalma olduğu (De Mastro ve ark. 2008a); kavun ve karpuz alanlarında ise bu iki bitkinin *Cadusaphos* ile aynı etkiyi göstererek kavun üretiminde kontrole oranla 3 katı verim elde edildiği (De Mastro ve ark. 2008b) bildirilmiştir. Yine İtalya'da seralarda *E. sativa*'nın yeşil gübre şeklinde uygulanması ile domates veriminde artış ve *M. incognita* popülasyonunda azalma olduğu saptanmıştır (De Mastro ve ark. 2008c). *B. juncea* sel. ISCI 99 ve *E. sativa* cv Nemat ile Sicilya'da yapılan denemelerde, bitkiler plastik serada çiçeklenmeye kadar yetiştirilmiş, daha sonra bitkinin toprak üstü kesilip toprağa karıştırılmıştır. İkinci bir seri denemede ise Brassica türlerinden elde edilen yağlı ekstraktlar sulama suyu ile verilmiştir. Her 2 denemede de domates bitkisinin hasat zamanında, topraktaki larva popülasyonunda ve domates bitkilerindeki gal ıskala değerlerinde azalma belirlenmiştir (Colombo ve ark. 2008). Pedroche ve ark. (2008) dayanıklı ve hassas marul ile yaptıkları denemelerde, brokkoli, karnabahar, beyaz baş lahana, *B. juncea*, *R. sativus* ve *Tithonia diversifolia* yaprak, gövde ve köklerini, 20 g/kg toprak dozunda uyguladıkları serada yürütülen denemeler sonucunda marul bitkilerinde verimin en fazla olduğu uygulamanın brokkoli ve lahana uygulanan saksılarda saptandığını ve karnabahar uygulanan saksılarda ise serbest yaşayan nematod sayısının da en fazla olmasının bu sonucun ortaya çıkışında etkili olduğu üzerinde durmuşlardır. İsveç'te 2006-2007 yıllarında yürütülen tarla denemelerinde *Sinapis alba*, *B. juncea* cv Brandt 119, *R. sativus* cv Colonel ve *Eruca sativa* cv Nemat ekilip toprağa karıştırılan alanlara daha sonra patates bitkileri yetiştirildiğinde, Brassica'ların tamamının değişen oranlarda nematod popülasyonunda azalma ve patates veriminde artışa sebep olduğu bildirilmiştir (Manduric 2008). Curto ve ark. (2005) Brassica'lardan *B. juncea*, *E. sativa* ve *R. sativus*'un da içinde olduğu 15 genotipin, *M. incognita* için konukçuluk seviyelerini laboratuvarında saksı denelerinde incelemiş ve *B. juncea*'nın bazı genotiplerinin konukçu, *E. sativa* ile *R. sativus* genotiplerinin ise zayıf konukçu ve konukçu olmadıklarını belirtmiştir. Araştırmacılar ayrıca, *E. sativa*'da yumurta meydana gelmediğini belirterek, bu bitkinin nematodun biyolojisini son derece uzattığını ve iyi bir tuzak bitki olarak organik üretim alanları için ideal bir uygulama olacağını vurgulamışlardır.

3.2. Yazlık Örtücü Bitkiler

Bitki paraziti nematodların mücadelesinde kullanılan yazlık örtücü bitkilerin başlıcaları; *Tagetes* spp., *Mucuna* spp., *Crotalaria* spp., *Ricinus communis* L., *Paspalum notatum* Flugge ve *Sesamum indicum* L. 'dur (Hagan ve ark., 1998, Anonim 2009b).

3.2.1. *Tagetes* spp. (*Tagetes patula* L., *Tagetes erecta* L., *Tagetes minuta* L.): Asteraceae familyasına ait tek yıllık otsu bitkilerdir. Bitki paraziti nematodların mücadelesinde kullanılan örtücü bitkiler içinde en iyi bilinenlerdendir. Bütün *Tagetes* türleri bitki-paraziti nematodlara karşı baskılayıcı etkiye sahip değildir. Bazı türler *Cricanema*, *Trichodorus* ve *Rotylenchus* gibi nematodlara karşı hassastır (Hagan ve ark. 1998; Anonim 2009b). *Tagetes* türleri arasında özellikle *Tagetes patula*, bitki paraziti nematodların mücadelesinde etkili bir örtücü üründür. Kök-ur nematodları, lezyon nematodları ve *Tylenchorhynchus* spp.'nin gelişimini ve üremesini engelleyerek popülasyonlarını azaltır (McSorley 1999). Bitki-paraziti nematodların mücadelesinde etkili olan diğer *Tagetes* türleri, *T. erecta* ve *T. minuta*'dır. Bu türlerin hepsi, kök-ur nematodlarının üremesini engelleyerek popülasyonunu düşürmektedir (Wang ve ark. 2003).

3.2.2. *Mucuna* spp. (*Mucuna deeringiana* Bort, *Mucuna pruriens* L.): Leguminosae familyasına ait tek yıllık otsu bitkilerdir. Bitki köklerinde bulunan ve bitki paraziti nematodlara karşı toksik olan bileşikler nematod popülasyonunu önemli ölçüde azaltmaktadır (Vargas- Ayala ve Rodriguez-Kabana, 2001). Ayrıca, toprağın fiziksel özelliklerini ve verimliliğini de arttırmaktadır. Bu türlerin kullanıldığı rotasyon uygulamaları bitki paraziti nematodların popülasyonlarını önemli ölçüde azaltmaktadır (Crow ve ark., 2001). Yapılan çalışmalar, toprakta kök-ur nematodlarının 2.dönem larva popülasyonunu ve köklerdeki gal oluşumunu azaltarak, bitkide oluşan zarar seviyesini üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Vargas- Ayala ve Rodriguez-Kabana 2001).

3.2.3. *Crotalaria* spp. (*Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth): Leguminosae familyasına ait bitkiler olup toprak kalitesini artırıcı yeşil gübre ürünlerinden biridirler. *Crotalaria* cinsi yaklaşık 550 türü içermektedir. Bunlar arasında *Crotalaria juncea*, önemli bir lif kaynağıdır ve yeşil gübre ürünüdür (Anonim 2009d). Erken çiçeklenme döneminde pullukla sürüldüğünde, topraktaki nitrojen oranını yüksek seviyeye çıkartarak bitki paraziti nematod popülasyonunu olumsuz etkiler. Ayrıca bu bitki, yabancı otlarının mücadelesinde de kullanılmaktadır (Wang ve ark. 2001). Toprakta ayrışması esnasında bu bitkilerin kök dokularından nematidisidal etkilerdeki Pyrrolizidine alkaloid'ler ve monocrotaline bileşikleri yayılmaktadır (Wang ve ark. 2002). Önemli bitki paraziti nematodlardan kök-ur nematodları ve *Rotylenchulus reniformis* Linford and

Oliveira'in mücadelesi için potansiyel örtücü bitkilerdir (McSorley 1999).

3.2.4. *Ricinus communis*: Euphorbiaceae familyasına ait tek yıllık otsu bir bitkidir. Tohumları insan ve çiftlik hayvanlarını öldürebilecek kadar zehir içerdiğinden yeşil gübre olarak toprağa karıştırılarak uygulanmaktadır (Hagan ve ark.; Anonim 2009c). Bitki paraziti nematodlar arasında lezyon nematodları ve kök-ur nematodlarının 2. dönem larva popülasyonunu azaltmaktadır (Korayem ve ark. 1993).

3.2.5. *Paspalum notatum*: Poaceae familyasına ait çok yıllık otsu bir bitkidir (Hagan ve ark., 1998; Anonim 2009c). Bu bitkinin rotasyon şeklinde uygulanması kök-ur nematodlarının mücadelesinde etkili olmaktadır. Uzun dönem *P. notatum* rotasyonları aynı zamanda toprak patojenlerinin mücadelesinde de yarar sağlamaktadır. En az 4 yıl yetiştirildiğinde, hassas tarla ve sebze ürünlerindeki toprak-altı hastalıkları ve nematodların mücadelesinde etkili olmaktadır (Wang 2006).

3.2.6. *Sesamum indicum*: Pedaliaceae familyasında ki, susam olarak bilinen tek yıllık otsu bir bitkidir (Hagan ve ark. 1998; Anonim 2009c). Yazın yıllık olarak yetiştirildiğinde, *P. notatum* kadar etkili bir örtücü bitkidir ve bitki paraziti nematodlar arasında özellikle kök-ur nematodlarına karşı etkilidir. Yerfıstığı, soya fasulyesi ve pamuk ile rotasyona sokulabilir. Kök-ur nematodlarıyla ağır bir şekilde bulaşık olan tarlalarda bu ürünü tek başına kullanmak popülasyonu baskılamak için yeterli olmamaktadır. Takip eden yılda, üründe meydana gelecek kayıpları engellemek için ayrıca nematisit uygulaması da yapılmalıdır (Walker ve ark. 1998).

3.3. Örtücü Bitkilerin Toprağa Uygulanışı

Örtücü bitkiler toprağa iki şekilde uygulanmaktadır (Wang ve ark. 2003).

1. Ana üründen önce (intercycle)
2. Ana ürün ile birlikte (intercropping)

3.3.1. Ana Üründen Önce: Örtücü bitkiler genellikle, kültür bitkisinin dikiminden en az 2 ay önce yetiştirilir ve henüz yeşil halde iken, sürülerek toprağın altına karıştırılır. Bu şekilde toprağa katıldıklarında yeşil gübre haline gelmektedirler (Abawi ve Widmer 2000).Buradaki en önemli husus; uygulanacak organik materyalin taze olması ve ayrışma esnasında üretilen gazların korunmasıdır. Bu nedenle toprağa karıştırılacak olan bitkinin dönemi önemli olup, çiçeklenme en etkili dönemdir. Örtücü bitkilerin toprağa bu şekilde uygulanması, toprağın verimliliği, fiziksel ve kimyasal özelliklerini de geliştirmektedir (PiedraBuena ve ark. 2006).

3.3.2. Ana Ürün İle Birlikte: Aynı arazi içerisine kültür bitkisi ile örtücü bitki beraber ekilmektedir. Kültür bitkisinin yetiştirme sezonu boyunca örtücü de bitki arazide kalır ve nematodlara toksik bileşikler, bu

bitkilerin köklerinden toprağa salınır. Böylece, örtücü bitkilerin periyodu da uzatılmış olacaktır (Wang ve ark. 2003).

4. HAYVANSAL GÜBRELER

Nematodların mücadelesinde olumlu sonuçlara sebep olan bir diğer biyofumigant materyal de hayvansal gübreler ve özellikle tavuk gübresidir (Riegel ve Noe 2000). Bu gübre, azot, fosfor ve potasyum, kalsiyum, magnezyum ve mikro besin elementlerinin yüksek miktarda içerdiği için değerli bir kaynaktır. Ayrıca azot içeriği yönünden diğer çiftlik gübrelere oranla daha önemlidir (Riegel ve Noe 2000; Oduor-Owino ve Waudu 1996).

Tavuk gübresi kullanımının bitki paraziti nematodlar üzerinde 2 farklı etkisi vardır (Riegel ve Noe 2000); Birinci etki, tavuk gübresinin toprakta ayrışması sonucu oluşan toksik bileşikler tarafından oluşturulurken ikinci etki, topraktaki mikrobiyal aktivitenin artmasından kaynaklanır. Tavuk gübresi yüksek miktarda organik ve inorganik azot içermektedir. Bu nitrojenin büyük bir çoğunluğu, uygun sıcaklık, nem ve pH koşullarında amonyum nitrate dönüşebilmektedir. Üretilen bu amonyak nematodların hücre membranlarına nüfuz ederek, ölümlerine sebep olmaktadır (Riegel ve ark. 1996).

Tavuk gübresi uygulanan alanlarda kök ur nematodlarının zarar oranları ve bitki köklerindeki gal oluşumları sınırlanmış böylece bitki büyümesi teşvik edilmiştir (Kaplan ve Noe 1993). Tavuk gübresindeki organik ve mineral bileşenler, nematod antagonistlerinin ve nematodlara karşı toksik maddeleri üretebilme yeteneğine sahip mikrobiyal türlerin çoğalmasına neden olarak, mikroorganizmaların gelişimini uyarırlar. Böylece bitki paraziti nematodların paraziti olan fungus ve bakterilerin popülasyonları artarak, nematodlar üzerindeki etkileri de fazlalaşır (D 'Addabbo ve ark. 2003).

Tavuk gübresi yüksek miktarda azot içerdiğinden, toprağa doğrudan uygulanması bitkilerde yanmalara neden olabilmektedir. Bu nedenle bitkilerde oluşabilecek fitotoksiteyi azaltmak için, sap, saman, yosun, bitki yaprakları, yabancı otlar gibi materyaller ile karıştırılıp, kompost haline getirildikten sonra toprağa uygulanmaktadır. (Soyergin 2003; Anonim 2009e). Gübre içerisine özellikle çam yapraklarının katılması, karbon kaynağı olarak toprak verimliliğine de katkıda bulunmaktadır ve gübre içindeki amonyak ve nitratların birikimi ile ortaya çıkan fitotoksiteyi azaltmaktadır (Riegel ve ark. 996). Bitki-paraziti nematodların kontrolünde, bitkiler için nitrojenin kullanılabilirliği ve fitotoksik etkiler açısından, tavuk gübresinin uygulama zamanı da önemlidir. Tavuk gübresi toprağa yüksek oranlarda uygulandığı zaman, bitki dikimi ile arasında 1 haftadan daha uzun bir zaman geçmesi gereklidir. Yapılan çalışmalar, en uygun uygulama zamanının bitki dikiminden 2 hafta önce olduğunu göstermektedir (Riegel ve Noe 2000).

5. ÇEVRESEL BİOKATIATIKLAR

Çevresel atıkların ve başta atık suların arıtım işleminden sonraki çözünmeyen kalıntı kısmı olan ham çamurların, işlenip yararlı hale gelmesine biyokatı atık veya işlenmiş arıtma çamuru (Biosolid) adı verilir. Giderek yaygınlaşan atık su arıtma tesislerinden çıkan ve organik kökenli bir gübre olarak kullanılacak biyokatı atıkların, elden çıkarılması gereken bir atık değil, aksine toprağı ıslah eden, üretimi arttıran ve erozyonu da önleyebilen bir kaynak olduğu, son yıllarda yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Akyarlı ve Şahin 2005).

5.1. Biyokatı Atık'ların Faydaları

1. Biokatı atıklar bünyelerinde dirençli organik bileşikleri ve bitki gelişimi için gerekli makro ve mikro besin elementlerini bulundururlar.

2. Azot ve fosfor içerikleri ile toprağın organik madde miktarını arttırırlar.

3. Toprağın su kapasitesini arttırırlar.

4. Toprak erozyonunu azaltıcı etkileri vardır.

5. Toprağın katyon değişim kapasitesini arttırırlar (Anonim 2009f).

Biokatı atıklar içinde Biopreparat olarak Kanada'da üretilmiş ve USA başta olmak üzere Avustralya, Yeni Zelanda, Singapur, Belçika gibi birçok ülkede kullanılan ürünler (N-Viro) de mevcuttur ((Anonim 2009f). Çevresel katı atıkların, çimento tozu ile harmanlanması sonucu A sınıfı bir biyokatı atık olarak geliştirilen patentli bir üründür. Çimento tozu içerdiği kalsiyum ve çamur içindeki su ile tepkimeye girerek karışımın ve toprağın pH değerini ve sıcaklığını yükseltmektedir (Zasada ve ark. 2006). Bitki paraziti nematodlar üzerinde baskılayıcı bir etkiye sahip olduğu yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir (Zasada ve Tenuta 2004). Bu yöntemde katı atıkta bulunan patojenleri azaltmak, istenmeyen kokuları gidermek ve organik bozunmayı önlemek amacıyla sönmüş kiraç kullanılarak stabilizasyon yapılır. Böylece ortamın pH değeri 12 ve üstüne çıkar ve nematodlar ile diğer mikroorganizmalar için uygun olmayan bir ortam oluşur (Akyarlı ve Şahin 2005; Zasada 2005). Ayrıca, biyokatı atıkların içerdiği birçok organik madde azotlu bileşikleri ürettiği için nematodların üremesini ve enfeksiyonunu önlemektedir (Melakeberhan ve ark. 2006).

5.2. Biyokatı Atık'lar İle İlgili Örnek Çalışmalar

Meyer ve ark. (2005), *M. incognita*'nın kavun bitkisi üzerindeki yumurta popülasyonuna, biyokatı atık uygulamasının etkisini araştırdıkları çalışmada, bitki köklerindeki yumurta sayısı ve topraktaki 2. dönem larva popülasyonunda önemli oranda azalma olduğunu kaydetmişlerdir. Biyokatı atık uygulaması sonucu, toprağın pH değerinin 10'un üstüne çıkarak *Heterodera glycines* Ichinohe 2. dönem larva popülasyonunu % 90'ın üzerinde azalttığı Zasada (2005) tarafından bildirilmiştir. Oka ve ark.(2006), biyokatı atık uygulaması sonucu *M. javanica*'nın

domates ve biber köklerinde oluşturduğu kök-gal indeksinde ve topraktaki 2. dönem larva sayısında önemli oranda azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Topraktaki *M. incognita* 2. dönem larva popülasyonunda % 75, yumurta sayısında ise % 90 oranında azalma meydana getiren doz, 1 hektara 75 ve 100 tondur (Zasada ve ark. 2006). Yine aynı şekilde *M. hapla* larva popülasyonunda biokatiatik uygulaması sonucu % 49-73 oranda azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Mennan ve ark. 2007).

6. BİYOFUMİGASYONUN BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLAR ÜZERİNDEKİ ETKİ MEKANİZMALARI

Biyofumigasyon ile bitki paraziti nematodların popülasyonlarını azaltması ve ana ürün üzerinde meydana gelen ürün artışı ile ilgili belli başlı 2 mekanizma kabul edilmektedir: (Wang ve ark., 2002).

1. Biyofumigant materyal tarafından üretilen, nematoda toksik bileşikler

2. Antagonistik flora ve fauna için uygun yaşama ortamının sağlanması

6.1. Biyofumigant Materyal Tarafından Üretilen Nematoda Toksik Bileşikler:

Bazı bitkiler ve özellikle Brassica'lar, nematisidal etkiye sahip organik bileşikler üretmektedirler. Bu bileşikler arasında özellikle nematodlara yüksek derecede toksik olan ve gaz haline geçebilen "izotiyosiyanat" bileşikler bulunmaktadır. Ayrıca, bazı bitkiler bitki paraziti nematodlar üzerinde aynı şekilde toksik etkiye sahip olan, pyrrolizidine alkaloid'ler ve monocrotaline bileşiklerini üretmektedirler. Nematodlar bu bileşiklere maruz kaldıklarında vücutlarında ani bir titreme başlar ve böylece enfeksiyon oluşturma yetenekleri azalır. Örtücü bitkiler tarafından oluşturulan etki, bitkilerde bulunan ve biyolojik olarak aktif olan bileşiklerin, kimyasal reaksiyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu bitkilerin hücre duvarlarında "glukosinolat" bileşikler bulunmaktadır. Bu bileşikler sülfür içermektedir ve toksik etkiye sahip değildir, fakat bitkilerin hücre duvarı veya sitoplazmasında bulunan "myrosin" enzimi ile tepkimeye girdiklerinde toksik bileşikler haline gelmektedirler (Rask ve ark. 2000). Glukosinolat bileşiklerinin bu şekilde enzimatik hidrolizi sonucu, uçucu özellikte olan "izotiyosiyanat", "nitril" ve "tiyosiyanat" bileşikler üretilmektedir (Ploeg 2008). Ayrıca bu dönüşüm sırasında toprağın ısı ve pH'sı da bitkinin gelişimini genellikle destekleyecek şekilde değişir (Gamliel ve ark. 2000). Oluşan bileşikler ise, biosidal özelliktedir ve bitki paraziti nematodlar üzerinde oldukça zararlı etkiye sahiptir. Ayrıca "izotiyosiyanat" bileşikler bazı sentetik nematisitlerin aktif maddeleri arasında yer almaktadır (methyl izotiyosiyanat gibi) (Ploeg 2008). GLC'ler amino asitlerden türemişlerdir ve bitkideki tüm dokularda hücrelerin vakuolünde depolanırlar. Yüzün üzerinde (120) değişik GLC tanımlanmış olup,

aliphatic, indol, aralkyl kimyasal yapılarındadırlar. Genellikle bitkinin kendini savunması ile alakalıdırlar. Bitkinin dokusu parçalandığında bu moleküller thioglucosidase'e parçalanarak, izotiyosiyanat, nitril ve thiocyanatlar üretirler. İzotiyosiyanatlar, protein yapısını bozarak hücre içeriğini çökeltirler. Farklı ITC'lar, hücrede değişik şekillerde etkiler de gösterebilir ama ortak özellikleri biocidal olmalarıdır (Fenwick ve ark. 1994; Zasada ve Ferris 2004).

Bitki türlerindeki glukosinolat bileşiklerinin tipleri, yüksek derecede değişkenlik göstermektedir. Örneğin; *Raphanus sativus*'daki başlıca glukosinolat bileşik 4-methylsulphinyl-3-butenyl glucosinolate, *Brassica juncea*'da propenyl glucosinolate iken, *Brassica oleracea*'da propenyl ve 2-hydroxy-3-butenyl glucosinolate, *Brassica napus*'da ise 2-hydroxy-3-butenyl, 3-butenyl, 4-pentenyl ve 2-hydroxy-4-pentenyl glucosinolate adını almaktadır (Brown ve Morra 2005).

Örtücü bitkilerin düşük C/N oranı aynı zamanda, nematodlara kaşı allelopatik etkide bulunmalarına neden olmaktadır. Bu bitkilerin nematisidal etkisi, nitrojen içerikleri ile de ilgili olmaktadır. Bu materyaller, yüksek amonyak içerikleri ya da çok düşük C/N oranı ile, nematodların plazmoliz'ine yada NH₄+N yaydığından dolayı nematofag fungusların hızla çoğalmasına neden olmaktadır (Wang ve ark. 2002).

Mitsuohori ve ark. (2008), *B. juncea* ile yapılan denemeler sonucunda, topraktaki ITC konsantrasyonunun biyofumigant bitkilerin toprağa karıştırılmasından 2 saat sonra bile belirlenebilecek seviyeye ulaşabildiğini, toprağa uygulanan bitkinin 80 FW ton /ha olması durumunda, nematod popülasyonunda % 80 oranında azalma meydana geldiğini, 25°C lik koşullarda nematod popülasyonları üzerindeki baskılayıcı etkinin 14 gün sonra maximum seviyeye ulaştığını, baskılayıcı etkinin yüksek toprak nemine sahip olan alanlarda daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

ITC'lerin *M. incognita* davranışlarına olan etkilerini araştıran Zasada ve ark. (2008), nematodun en fazla hareket davranışının etkilendiğini bildirmişlerdir. Lazzeri ve ark., (2004) 11 farklı GLC'nin *M. incognita*'nın hareket ve canlılığına etkilerini laboratuarda araştırmışlar ve bunlar içinden Gluconasturtiin (LD₅₀ 0,013 mM, 24 h sonra), Glucotropaelin (LD₅₀ 0,015 mM, 24 h sonra) ve Glucoerisin (LD₅₀ 0,021 mM, 24 h sonra)in en etkili bulunduğunu saptamışlardır. Gower (2008) *B. napus* ve *B. rapa* bünyesinde de bulunan ITC'lerden 2-phenyetyl (2PE)'nin en etkili biyofumigasyon maddesi olduğunu belirtmiştir. ITC'ler ayrıca, ticari pestisitlerin içine de konulmaktadır (Ware 2000). *B. napus* ve *B. juncea* uygulamaları ile topraktaki ITC miktarını HPLC analizleri ile araştıran Mora ve Kirkegaard (2002), bitki materyelinin dondurulmuş olarak toprağa karıştırıldığında oluşan ITC miktarının, taze bitki karıştırılmasına oranla daha fazla olduğunu (% 14-26) saptamıştır. Bunun nedeninin ise

dondurmanın, hücre membranını daha fazla bozması olarak açıklamışlardır. Ayrıca, toprak kökenli hastalık etmeni, zararlı ve yabancı otların kontrolü amacıyla seçilecek bitkilerdeki GLC miktarının başarı üzerinde etkili olduğu da belirtilmiştir (Lazzeri ve ark. 2004).

6.2. Antagonistik Flora Ve Fauna İçin Uygun Yaşama Ortamının Sağlanması:

Bu bitkilerin toprağa uygulanması, bitki paraziti nematodlar ile beslenen fungusların aktivitelerine ve popülasyon artışlarına yardımcı olan bir ortam sağlanmaktadır. Bu durum birbirini takip eden ekolojik olaylar şeklindedir. Toprağa bu bitkilerin verilmesinden sonra hızlıca çoğalan bakteriler, saprofit nematodlar için ve bu nematodlar ise nematofag funguslar için iyi bir besin kaynağıdır (Van den Boogert ve ark. 1994; Wang ve ark. 2002). Örneğin, *C. juncea*'nın toprağa ilave edilmesi ile, *Hirsutella rhossiliensis* (nematod parazitleyici endoparazitik fungus) tarafından parazitlenen bitki paraziti nematod ve bakteriler ile beslenen birçok nematoddan biri olan *Acroboloides bodenhimeri* popülasyonu da artmıştır (Venette ve ark. 1997). Yine bir başka çalışmada Roubtsova ve ark. (2007), Brokkoli bitki kısımlarını toprağa uygulayıp, *M. incognita* ile bulaştırmışlar ve yeşil gübreleme sonucunda, kök ur nematodu popülasyonunda kontrole kıyasla % 57- 80 ve biberde oluşan gal indexinde azalma meydana gelirken, topraktaki saprofit nematodlarda ise bunun tam tersine artış meydana gelmesinin, yararlı fauna üzerine olumlu etkileri şeklinde değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Biofumigasyonun doğal dengeye zararlı etkilerinin olmamasının en önemli avantajlarından biri olduğunu vurgulamışlardır.

7. BİYOFUMİGASYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Biofumigant bitkilerin topraktaki bitki paraziti nematodlar üzerinde baskılayıcı ve ana üründe gelişim ve verim arttırıcı etkilerinin ancak, bu bitkilerin yüksek miktarlarının toprağa uygulanması sonucu meydana geleceği bilinmektedir (Mc Sorley ve Gallager 1995). Kirkegaard ve Matthiessen (1999), biofumigasyonun geniş alanlara yaygınlaştırılması ile ilgili 2 engel olduğunu bildirmiştir. Bunlardan ilki, değişik bitki çeşitleri ile yapılan çalışmalarda GLC'ler ile ilgili tam tanımlama yapılmaması ve ikincisi ise, GLC'lere bağlı olmadan meydana gelen baskılamadır. Bunların ortadan kaldırılması için araştırmacı, kullanılacak bitkilerin iyi bir sistematik analizinin yapılması ve denemelerin mutlaka aynı bitkilerin kullanılacağı tarla denemeleri şeklinde sürdürülmesi gerektiğini belirtmiştir. Böylece biofumigant içeriği fazla bulunan ıslah hatları yetiştiricilik için üreticiler tarafından tercih edilir hale gelebilecektir (Gies 2004; Patalano 2004; Matthiessen ve Kirkegaard 2006; Kirkegaard ve ark. 2008).

Özellikle biodegradasyon kapasitesinin

artmasında, dolayısıyla fumigant bileşiğin toprakta uygun bir şekilde dağılıp, hedef organizmalar üzerinde etkili olmasında toprağın Kalsiyum seviyesinin de etkili olduğu yapılan önceki çalışmalarda ortaya konmuştur (El-Tarabily ve ark., 1996; Matthiessen ve Kirkegaard, 2006). Bu nedenle toprağın Kalsiyum seviyesi mutlaka belirlenmelidir.

İçinde turp ve rokanın da bulunduğu pek çok bitki ve özellikle Brassica gurubu bitkiler, örtücü bitki, tuzak bitki, toprağın organik içeriğini arttırıcı yeşil gübre ve tüketim amaçları olmak üzere çok yönlü kullanıma özelliğindedirler (Halbrendt, 1996; Melakeberhan ve ark., 2008). Bundan dolayı, bu bitkilerin küçük ve yüksek işletmelerde yetiştirilmesi tüm dünyada artış göstermektedir. Örneğin tuzak bitkiler, nematodun bitkiye girişine imkan verirler ancak bitki içine giriş yapsa da nematod ya gelişimini tamamlayamaz ve/veya üreyemez (Curto ve ark., 2005; Melakeberhan ve ark., 2006). Yeşil gübre uygulamalarında ise, yine genellikle 2 amaca hizmet ederler: birincisi Brassica'ların ürettikleri glukosinolatların (GLC) parçalanması ile oluşan isothiyosiyanatlar (ITS) ve hatta metham sodium benzeri topraktaki yabancı ot, hastalık etmeni ve zararlıları olumsuz etkileyen biyofumigant aktivite (Halbrendt, 1996; McSorley, 1998; McSorley ve ark., 1999; Hafez ve Sundararaj, 2001; Lauzier, 2002; Nyczepir ve Rodriguez-Kabana, 2002; Tsao ve ark., 2002; Wang ve ark., 2002; Riga ve ark., 2003; Ngouajio ve Mutch, 2004; Riga ve Collins, 2005) diğeri ise uçucu olmayan bitki parçalarının topraktaki ayrışımı sırasında toprağın organik madde miktarını arttırarak toprak kalitesi üzerine yaptıkları olumlu etkilerdir (Ngouajio ve Mutch, 2004). Bu çok amaçlı kullanımın net olarak anlaşılması için öncelikle etki şeklinin ortaya konulması gereklidir. Biofumigant etkinin başarılı olabilmesi için bol miktarda bitki kısmının toprakla iyice karıştırılması şarttır (Melakeberhan ve ark., 2008). Bu durumda, toprağa karıştırılacak bitkinin köklerinde yumurta kümelerinin bulunması, kendi elimizle nematodu toprağa bulaştırmak anlamına da gelecektir. Bu nedenle biofumigant olacak bitkilerde aranan özellik; nematodun üremesine imkan vermemesi olup, konukçuluk seviyesinin ortaya konması birinci hedef olmalıdır (Melakerberhan ve ark., 2008).

8. SONUÇ

Son yıllarda, bitki-paraziti nematodlara karşı kimyasalların kullanımı, insan ve çevre sağlığına zararlı etkilerinden dolayı azalmaktadır. Nematitler yüksek derecede toksiktirler ve insan ve çevre sağlığı için önemli risk oluşturmaktadırlar (Abawi ve Widmer, 2000). Mevcut bileşiklerin yasaklanması ve kullanımlarındaki zorluklara ilave olarak, nematod öldürücü yeni kimyasalların geliştirilmesi ise son derece zordur. Çünkü bitki paraziti nematodların tamamı toprakta ya da kök dokularının içinde yaşarlar. Bu nedenle toprak ya da bitki içinde sadece zararlı

nematodu hedef alacak başarılı sonuçlara ulaşılması zordur. Bitki paraziti nematodlar, tarım yapılan tüm topraklarda ve tüm iklimlerde mevcuttur (Norton, 1978; Wallace, 1978). Geliştirilebilecek kimyasalların etkinliğini, bu farklı toprak ve iklim koşulları da sınırlamaktadır. Ayrıca nematodların kütikulası pek çok organik molekül için impermeabil bir özelliğe sahiptir (Anonymous, 2000; Thomas, 1996). Pestisit üreten firmalar ise genellikle piyasada en fazla kullanılan herbisit ve insektisitler üzerine yoğunlaştıklarından, yoğun kullanılmaya potansiyellerine sahip olmayan yeni nematodların geliştirilmesine çok fazla para ve zaman ayırmaktan yana değildirler. Bu yüzden, dünya üzerinde nematodlar ile çalışanların ortak fikri, yakın gelecekte yeni nematod etkili kimyasalların piyasaya girmeyeceği üzerinde birleşmektedir (Chitwood, 2002).

Biofumigasyon terim olarak, son yıllarda kullanılmaya başlanmış olup ve Brassica'ların rotasyonu ya da yeşil gübre şeklinde kullanılması ile toprak kökenli hastalık etmeni ya da zararlıların baskılanması olarak ifade edilmektedir (Angus ve ark., 1994; Kirkegaard ve ark., 1994; Kirkegaard ve Sanwar, 1998). Biofumigasyonun özellikle bahçe tarımında kullanımı üzerindeki çalışmalar, son yıllarda metil bromidin kullanımının yasaklanması ile hız kazanmıştır. Özellikle *R. sativus* ve *Eruca sativum*'un kullanımı ile nematodların kimyasal kullanmadan sürdürülebilir tarım uygulamalarının da benimsediği şekilde azaltılması söz konusudur. Örneğin bazı Brassica türleri tuzak bitki/ ve/veya toprağa uygulandığında biofumigant etkili (örtücü bitki) olabilirler. Tuzak bitkiler, nematodun hayat döngüsünü tamamlayamadığı bitkiler olup, çıkmaz sokak (dead end) şeklinde de düşünülebilirler. Ancak yapılan denemelerde de bazı Brassica türlerinin pek çok değişik bitki paraziti nematod için değişen seviyelerde konukçu olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle 1 bitkinin çok amaçlı (tuzak ya da örtücü bitki) olarak kullanılmasının ortaya konması için öncelikle konukçuluk durumunun belirlenmesi şarttır. Brassica'lar'ın bu açıdan çok amaçlı kullanımı istenen özellik olduğundan, öncelikle nematodun hayat döngüsünün bu bitkilerde devam edip etmediği, özellikle yumurta veriminin meydana gelip gelmediği belirlenmelidir. Örneğin tuzak bitkilerin toprağa karıştırma şeklinde uygulanarak örtücü bitki şeklinde de kullanımı ile daha da etkili bir sonuç elde edilebilir (Melakeberhan ve ark., 2008a; 2008b).

Biofumigasyon çalışmalarında kullanılan bir diğer yöntem olan hayvansal gübre kullanımı, toprak verimliliğini artırması ve bitki paraziti nematodların mücadelesinde etkili olması yönünden son yıllarda kullanılan etkili bir yöntemdir. Bu hayvan dışkıları uygun bir şekilde kullanıldığı zaman, mineral gübrelerin yerine geçebilmektedir. Organik maddeler olarak kullanıldığı zaman, ürün verimliliğini yükseltmekle kalmaz, aynı zamanda toprağın mikrobiyal yoğunluğunu da arttırmaktadır. İçerisinde

bulunan toksik bileşiklerin etkisi ile topraktaki bitki paraziti nematod yoğunluğunu azaltmakta ve ürün artışını sağlamaktadır (Riegel ve Noe, 2000). Bitki paraziti nematodların mücadelesinde biofumigasyon olarak kullanılabilen bir diğer yöntemde biyokatı atık kullanımınıdır. Katı atıklara yalnızca kurtulması gereken bir sorun olarak bakılması çağdaş çevresel anlayışlara uygun olmayan bir yaklaşımdır. Bunu yerine, yüksek organik madde içeriklerine sahip olan bu maddeyi, "geri değerlendirilebilir katı katık" olarak algılamak gerekir. Bugün birçok ülkede biyokatı atıkların sürdürülebilir ve faydalı bir şekilde arazide kullanımına olanak veren uygulamalar yapılmaktadır. Bu yöntem artık başta USA olmak üzere birçok ülkede nematodların mücadelesinde kullanılmaktadır ((Fan ve ark., 2008; Zasada ve ark., 2006).

Dünyanın değişik yerlerinde biofumigasyon sonucunda, bitki paraziti nematod popülasyonlarında azalma ve ana üründe verimde artış, gibi başarılı sonuçlara ulaşılan çok sayıda çalışma mevcuttur. Örneğin, Amerika'da 1980li yılların başından beri özellikle *R. sativus* ve *Sinapis alba*, şeker pancarı üretim alanlarında şeker pancarı kist nematoduna karşı tuzak bitki olarak kullanılmaktadır. Yine aynı ülkede 1992 yılında Brassica türlerinden sağlanan yeşil gübrelerin ticari olarak denemeleri yapılmış ve toprağın kalitesi üzerine olumlu etkiler elde edilmiştir (Gies, 2008). İngiltere'de özellikle Avrupa Birliğinin düzenlemeleri ile kimyasal kullanımındaki azalmalar sonucu, biofumigasyon uygulamaları potansiyelinin son derece fazla olduğu Lord ve ark. (2008) tarafından bildirilmiştir. Araştırmacılar İngiltere'de patates üretimi yapılan alanlarda *Globodera pallida*'nın mücadelesinde *B. juncea* cv. Fumus, *B. juncea* cv. Nemfix, *R. sativus* cv. Weedheck'in nematodu % 50-90 oranlarında baskılayarak önemli etkileri olduğunu saptamışlardır. Ayrıca yapılan ekonomik analizlerde de şeker pancarı kist nematodu ile bulaşık alanlarda *R. sativus* yetiştirilmesinin, oldukça yüksek gelir getirdiği ortaya konmuştur (Held ve ark., 2000). Bu tarihten sonra da topraktaki pek çok patojen ve zararlının bu bitkilerce baskılandığı bildirilmiştir. Ayrıca bu bitkiler ile yapılan yeşil gübrelemeler sonucunda toprak üst tabakalarında meydana gelen rüzgar ve su erozyonunda azalma, organik madde miktarında ve toprak biyolojik aktivitesinde artış olduğu saptanmıştır. Tüm bu nedenlerden üreticiler de toprak kalitesindeki artışı fark edebildiklerinden, özellikle organik tarım yapıldığı alanlar başta olacak şekilde dünyada ve başta USA' da yaygın olarak kullanılmaktadır (Gies, 2008). Avrupa Birliğinin de kimyasalları azaltma ile ilgili uygulamaları sonucu biofumigasyon desteklenmesi öncelikli çalışmalardan olup, "Alterbromide" olarak metil bromid alternatifleri içinde sayılmaktadır (Auger ve ark., 2008).

Biofumigasyonun bu denli yaygınlaşmasının en önemli sebeplerinin başında, etkisinin geniş spektrumlu olması, (fungus, yabancı ot, nematod...), ayrıca toprağın su kapasitesi ile organik madde içeriği üzerindeki olumlu etkileridir. Bu olumlu etkiler,

ayrıca doğal olarak nematodlar üzerindeki parazitik yararlıların da artmasına neden olduğundan, biofumigasyonun etkisi oldukça uzun zaman devam edebilmektedir. Üstelik, nematodlar ile bulaşık bitkilerde genel olarak besin maddelerinin kullanılabilirliği de azaldığından (Melakeberhan, 1997; Melakeberhan ve ark., 2007; Trudgill, 1987) genellikle ilave besin maddesi, bitkinin zararı tolere etmesine yardımcı olmaktadır. Bu itibarla biofumigant etkinin yanında toprağın organik madde içeriğini de arttıracak olan uygulamaların, bitki gelişimine de olumlu etkileri olacaktır.

Çok hücreli hayvansal organizmalardan 5 tanesinden 4'ünün nematod olduğu ve özellikle toprak ekosisteminin son derece yararlı komponentlerinden olan türleri de bulunduğundan (Bongers ve Ferris, 1999), bitki paraziti nematodları hedef alan mücadele yöntemlerini seçerken bu yararlılar da mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Böylece nematodlar ile mücadelede bio-ekolojik yaklaşımlardan biri olan biofumigantların kullanımı, toprağın ekolojik dengesini de olumlu yönde destekleyecek, çevreye dost bir uygulama olup, bozulduğunda iyileştirilmesi son derece uzun zaman alan ve çoğu zaman geri dönüşümü tamamen mümkün bile olamayan doğal dengeye uyumlu ile de gelecekte daha fazla yer bulacak yöntemlerdendir. Özellikle dünya genelinde son yıllarda karşılaşılan suyun azalması, inorganik gübrelerin kullanımının azaltılması yönündeki eğilimin bu ürünlerin fiyatlarını da arttırması, fumigantların global olarak troposfer üzerindeki olumsuz etkilerinden kaçınılmak istenmesi ile iklim değişiklerinin de belirgin olarak oluşumu ile toprak sağlığının göz önünde tutulması gibi faktörler, biofumigasyon çalışmalarının artmasının belli başlı sebepleri olarak sıralanabilir. Tüm bu sebeplerden dolayı gelecekte, biofumigasyonun bitki koruma içinde daha da geniş bir yeri alacağından şüphe yoktur (Porter ve ark., 2008).

9. KAYNAKLAR

- Aballay, E., Sepulveda, R., Insunza, V., 2004. Evaluation of five nematode-antagonistic plants used as green manure to control *Xiphinema index* Thorne et Allen on *Vitis vinifera* L. *Nematologica*, 34:45-51.
- Abawi, G. S., Widmer, T. L., 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology*, 15:37-47.
- Ağdaci, M., 1978. Güney Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilen kabakgillerde (*Cucurbitaceae*) zarar yapan Kök-ur Nematodu türleri (*Meloidogyne* spp.)'nin tespiti ile zarar oranları ve yayılışları üzerine araştırmalar. Adana Bölge Zir. Müc. Araş. Ens. Md. Teknik Bülten, No: 47.
- Angus, J. F., Gardner P. A., Kirkegaard, J. A., Desmarchelier, J. M., 1994. Biofumigation: isothiocyanates released from brassica roots inhibit growth of the take-all fungus. *Plant Soil*, 162:107-112.
- Anonim 2009a. <http://ec.europa.eu/environment/ozone/conference/lisboa/tomato/9.pdf>.
- Anonim 2009b. <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0856/ANR-0856.pdf>
- Anonim 2009c. <http://ces.uwo.edu/PUBS/b1029.pdf>;
- Anonim 2009d. http://www.botany.uga.edu/PPG/Plant%20Summary%20Pages/crotalaria_spp.htm, 08.05.2008
- Anonim 2009e. http://www.bahce.biz/organik/toprak_iyilestirme.htm, 15.05.2008).
- Anonim 2009f. N-Viro, 2009, <http://www.n-viro.ca/>
- Auger, J., Arnault, I., Du Fretay, G., Fleurance, C., 2008. Alterbromide - A European programme for the dissemination of alternatives to methyl bromide. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 41 p.
- Bakker, J. 1993. Current state of nematodes. In *Modern Crop Protection: Development and Perspectives*. Ed. J.C. Zadoks. 21-26. Wageningen. Agric. Univ.
- Belair, G., Coulombe, J., 2008. Green manure and biofumigation for root lesion nematode and verticillium wilt management in strawberry production. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 25 p.
- Bello, A., Arias, M., Lopez-Perez, J. A., Garcia-Alvarez, A., Fresno, J., Escuer, M., Arcos, S. C., Lacasa, A., Sanz, R., Gomez, P., Diez-Rojo, M. A., Piedra Buena, A., Goitia, C., De la Horra, J. L., Martinez, C., 2004. Biofumigation fallow and nematode management in vineyard replant. *Nematologica*, 34:53-64.
- Bello, A., Porter, I., Diez-Rojo, M. A., Rodriguez-Kabanas, R., 2008. Soil biofumigation for the management of soil-borne pathogens and weeds. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 35 p.
- Bongers, T., Ferris, H., 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*. 14: 224-228.
- Brabban, A. D., Edwards, C., 1995. The effects of glucosinolates and their hydrolysis products on microbial growth. *J. Appl. Bacteriol.*, 79:171-177.
- Bridge, J., Page, S., Jordan, S., 1982. An improved method for staining nematodes in roots. Report Rothamsted Experiment Station for 1981, pp. 171.
- Brown, P., Morra, M., 1995. Glucosinolate containing plant tissues as bioherbicides. *J. Agric. Food Chem.*, 43:3070-3074.
- Brown, P. D., Morra, M. J., 1997. Control of soil borne plant pests using glucosinolate-containing plants. *Advan. Argon.*, 61; 167-213.
- Chitwood, D. J. 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40; 221-249.
- Chitwood D. J. 2003. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service. *Pest Manag Sci* 59:748 – 753.
- Colombo, A., Cataldi, S., Marano, G., 2008. Effectiveness of biofumigation technique to control the southern root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*) in Sicily. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 52 p.
- Cox, C. J., McCarty, L. B., Toler, J. E., Leewis, S. A., Martin, S. B., 2006. Suppressing sting nematodes with Brassica sp., poinsettia, and spotted spurge extracts. *Agronomy Journal*, 98:962-967.
- Curto, G., Dallavalle, E., Lazzari, L., 2005. Life cycle duration of *Meloidogyne incognita* and host status of

- Brassicaceae and Capparidaceae selected for glucosinolate content. *Nematology*, 7(2):203-212.
- Curto, G., Lazzeri, L., Dallavalle, E., Santi, R., 2008. Management of *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. in organic horticulture. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 45 p.
- Daub, M., Schlathölter, M., Schütze, W., Grosch, R., Hallmann, J., 2008. Development of biofumigation as a non-chemical control method against plant parasitic nematodes and soil-borne diseases in temperate climates. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 24 p.
- Daub, M., Schlathölter, M., Schütze, W., Grosch, R., Hallmann, J., 2008. Effect of biofumigation on different plant parasitic nematodes. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 46 p.
- De Mastro, G., D'Addabbo T., Lazzeri, L., Verdini, L., Brunetti, G., 2008a. Biofumigation for the control of root-knot nematodes on flower crops. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 47 p.
- De Mastro, G., D'Addabbo T., Lazzeri, L., Verdini, L., Grassano, N., 2008b. Effectiveness of biofumigating *Brassica* treatments for the control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on melon and watermelon. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 48 p.
- De Mastro, G., D'Addabbo T., Verdini, L., Radicci, V., 2008c. Biofumigation in greenhouse for the control of root-knot nematodes. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 49 p.
- Edwards, S., 2005. Solarization and Biofumigation. <http://www.faculty.ucr.edu/~atploeg/Ploegweblinks/Solarization.html>
- Elekçioğlu, İ. H., Ohnesorge, B., Lung, G., Uygun, N., 1994. Plant Parasitic Nematodes in The Mediterranean Region of Turkey. *Nematol. Medit.*, 22: 59-63.
- Elekçioğlu, İ. H., Uygun, N., 1994. Occurrence and distribution of plant parasitic nematodes in cash crop in Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Proc. of Phytopathological Union, Kuşadası, Aydın, Türkiye*, 409-410 s.
- Fahey, J. W., Zalcman, A. T., Talalay, P., 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56:5-51.
- Fan, C. M., Xiong, G. R., Oi, P., Ji, G. H., He, Y. Q., 2008. Potential biofumigation effects of *Brassica oleracea* var. *caulorapa* on growth of fungi. *Phytopathology*, 156:321-325.
- Fenwick, G.R., Heany, R.K. and Mullin, W.J., 1994. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 18:123-201.
- Forge, T. A., Ingham, R. E., Kaufman, D., Pinkerton, J. N., 2000. Population growth of *Pratylenchus penetrans* on winter cover crops grown in the pacific northwest. *Journal of Nematology*, 32(1):42-51.
- Gamliel, A., Austerweil, M., Kritzman, G., 2000. Non-chemical approach to soilborne pest management – organic amendments. *Crop Protection*, 19:847-853.
- Gaugler, R., Bilgrami, A. L., 2004. Nematode Behaviour. New Brunswick, New Jersey, USA. 3-7.
- Gies, D., 2004. Commercial use of mustards for green manure and biofumigation in the United States. *Agroindustria*, 3:403-405.
- Gies, D., 2008. Commercial development and utilisation of *Brassica* green manures. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 28 p.
- Gimsing, A. L., Kirkegaard, J. A., Strobel, B. W., Hansen, H. C. B., 2008. Fate of glucosinolates and their hydrolysis products in soil. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 13 p.
- Gomes, C. B., Lima, D. L., Silva, S. D. A., 2008. Influence of soil biofumigation in the control of *Meloidogyne javanica*, *Mesocriconea xenoplax* free living nematodes in different soil layers using castor cake and cabbage. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 44 p.
- Gugino, B. K., Abawi, G. S., Ludwig, J. W., 2006. Damage and Management of *Meloidogyne hapla* Using Oxamyl on Carrot in New York. *J. Nematol.*, 38(4): 483-490.
- Hafez, S. L., Sundararaj, P., 2001. Impact of agronomic and cultural practices of green manure crops for the management of *Heterodera schachtii* in sugarbeet. *International Journal of Nematology* 10, 177-182.
- Hagan, A., Gazaway, W., Sikora, E., 1998. Nematode Suppressive Crops. <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0856/ANR-0856.pdf>.
- Haque, S. M. A., Mosaddeque, H. Q. M., Sultana, K., Islam, M. N., Rahman, M. L., 2008. Effect of different trap crops against root knot nematode disease of jute. *j. innov. dev. strategy*, 2(3): 42-47.
- Halbrendit, J. M., 1996. Allelopathy in the management of plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, 28:8-14.
- Held, L. J., Jennings, J. W., Koch, D. W., Gray, F. A., 2000. Trap Crop Radish: A sustainable alternative for nematocidal in sugar beets. *Journal of the ASFMRA*, 118-126.
- İbrahim I. K. A., Handoo Z. A., El-Sherbiny A. A. 2000. A survey of phytoparasitic nematodes on cultivated and non-cultivated plants in northwestern Egypt. *J Nematol* 32:478 – 485.
- İbrahim, Y. K. A. 1985. The status of root-knot nematodes in the Middle East, region VII of the international *Meloidogyne* project. Pp. 373–378 in K. R. Barker, C. C. Carter, and J. N. Sasser, eds. *An advanced treatise on Meloidogyne*, vol. 2: Methodology. Raleigh: North Carolina State University Graphics.
- Jones, J. R., Lawrence, K. S., Lawrence, G. W., 2006. Evaluation of winter cover crops in cotton cropping for management of *Rotylenchulus reniformis*. *Nematropica*, 36:53-66.
- Kaşkavalcı G., Öncüer C. 1999. Aydın İli'nin yazlık sebze yetiştirilen önemli bölgelerinde bulunan *Meloidogyne* Goeldi, 1887 (Tylenchida: Meloidogynidae) türlerinin yayılışları ve ekonomik önemleri üzerinde araştırmalar ,*Türkiye Entomoloji Dergisi* ,23 ,2 ,149-160.
- Katı, T. and S. Mennan, 2006. Researches on the Species and Race Determination of Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.) Found in Greenhouses of Samsun, Turkey." *XXVIII Symposium of the European Society of Nematologists*, (Abs.), Blagoevgrad, Bulgaria.

- Khan, A. A., Khan, M. W., 1991. Reaction of cauliflower cultivars to *Meloidogyne javanica* and races of *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*, 21:161-166.
- Kinloch, R. A. 1990. Screening for resistance to root knot nematodes. In *Methods for Evaluating Plant Species for Resistance to Plant Parasitic Nematodes*. Ed. By J.L. Star. Pub. By SON Maryland.
- Kirkegaard, J., Akiew, S., Pattison, T., Young, A., Prior, L., 2008. Understanding the mechanisms of plant pest suppression using *Brassica* green manures. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 21 p.
- Kirkegaard, J., Gardner, P. Angus, J. And Koetz, E., 1994. Effect of Brassica break crops on the growth and yield of wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 45; 529-545.
- Kirkegaard, J. A., Gardner, P. A., Desmarchelier, J. M., Angus, J. F., 1993. Biofumigation-using *Brassica* species to control pests and diseases in horticulture and agriculture. In: *Proceedings 9th Australian Research Assembly on Brassicas*. Pp. 77-82. N. Wratten and R. J. Mailer, Eds., Agricultural Research Institute, Wagga Wagga.
- Kirkegaard, J. A., Matthiessen, J. N., 1999. Biofumigation research-beyond empiricism. In: *Proceedings 1st Australasian Soilborne Disease Symposium*. pp. 155-157. Magarey, R. C. Ed., Bureau of Sugar Experiment Stations, Brisbane.
- Kirkegaard, J. A., Matthiessen, J. N., 2004. Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria*, 3:233-239.
- Kirkegaard, J. A., Sarwar, M., 1998. Biofumigation potential of brassicas. *Plant and Soil*, 201:71-89.
- Kirkegaard, J., Sarwar, M., Wong, P. T. W., Mead A., Howe, G., Newell, M., 2000. Field studies on the biofumigation of take-all by *Brassica* break crops. *Aust. J. Agric. Res.* 51:445-456.
- Kirkegaard, J. A., Wong, P. T. W., Desmarchelier, J. M., 1996. In vitro suppression of fungal root pathogens of cereals by *Brassica* tissues. *Plant Pathol.*, 45; 593-603.
- Klopper, J. W., Rodriguez-Kabana, R., McInroy, J. A., Collins D. J., 1991. Analysis of populations and physiological characterization of microorganisms in rhizospheres of plants with antagonistic properties to phytopathogenic nematodes. *Plants and Soil*, 136:95-102.
- Koch, D. W., Gray, F. A., Krall, J. M., 1999. Trap Crops: A promising alternative for sugar beet nematode control. University of Wyoming Cooperative Extension Service Bulletin, B-1029.
- Lamberti, F. 1981. Plant nematode problems in the Mediterranean region. *Helminthological Abstracts*. Series B. 50:145-166.
- LaMondia, J., Halbrecht, J., 2008. The effects of Brassica seed meal amendments on *Meloidogyne hapla* viability in laboratory bioassays. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 19 p.
- Lauzier, A. M., 2002. Mustard: Cover crops for the Columbia Basin. Fact Sheet, Washington State University Cooperative Extension. Available online at <http://grant-adams.wsu.edu>
- Lazzeri, L., Curto, G., Leoni, O., Dallavalle, E., 2004. Effects of glucosinolates and their enzymatic hydrolysis products via myrosinase on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 52:6703-6707.
- Lazzeri, L., Leoni, O., Bernardi, R., Malaguti, L., Cinti, S., 2004. Plants techniques and products for potimising biofumigation in the full field. *Agroindustria*, 3:281-287.
- Lord, J., Atkinson, H., Urwin, P., 2008. Biofumigation for control of *Globodera pallida* in UK potato fields. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 51 p.
- Manduric, S., 2008. Cover crops in the year before planting potatoes – a key factor in a spraing disease management strategy. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 56 p.
- Marchetti, R., Lazzeri, L., Malaguti, L., Orsi, A., Sghedoni, L., 2008. Potentially mineralizable nitrogen in soil amended with biocidal and non-biocidal plant materials. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 74 p.
- Matthiessen, J. N., Kirkegaard, J. A., 2006. Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Crit. Rev. Plant Sci.* 25:235-265.
- Mayton, H. S., Oliver, C., Vaughn, S. F., Loria, R., 1996. Correlation of fungicidal activity of *Brassica* species with allyl isothiocyanate production in macerated leaf tissue. *Phytopathology*, 86:267-271.
- Mazzola, M., Granatstein, D. M., Elfving, D. C., Mullinix, K., 2001. The suppression of specific apple root pathogens by *Brassica napus* seed meal amendment regardless of glucosinolate content. *Phytopathology*, 91:673-679.
- Melakeberhan, H. M., 1997. Plant, nematode and nutrient relation: An overview. *Japanese Journal of Nematology*, 27: 41-51.
- Melakeberhan, H., Kravchenko, A., Ngouajio, M., 2008a. Strategies for enhancing Brassicas' multipurpose attributes in managing nematode parasitism complexities. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 37 p.
- Melakeberhan, H., Mennan, S., Chen, S., Darby, B., Dudek, T., 2007. Integrated approaches to understanding and managing *Meloidogyne hapla* populations parasitic variability. *Crop Protection*, 26: 894-902.
- Melakeberhan, H., Mennan, S., Ngouajio, M., Dudek, T., 2008b. Effect of *Meloidogyne hapla* on multi-purpose use of oilseed radish (*Raphanus sativus*). *Nematology*, 10(3):375-379.
- Melakeberhan, H., Xu, A., Kravchenko, A., Mennan, S., Riga, E., 2006. Potential use of arugula (*Eruca sativa* L.) as a trap crop for *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, 8(5):793-799.
- Mennan, S., Ecevit, O., 1996. Bafra ve Çarşamba Ovaları yazlık sebze ekim alanlarındaki Kök ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)'nın biyolojisi, yayılışı ve bulaşık oranları üzerine araştırmalar. Türkiye III. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 700-705.
- Mennan, S., Ecevit, O., 2001. Bafra ve Çarşamba Ovaları'ndan elde edilen bazı *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) (Nemata: Heteroderidae) popülasyonlarında ırk tespiti. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 25 (1): 33-39.
- McCully, M. E., Miller, C., Sprague, S. S., Kirkegaard, J. A., 2008. The distribution of glucosinolates and sulphur-rich cells in roots of field-grown Canola

- (*Brassica napus*). Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 14 p.
- McLeod, R. W., Kirkegaard, J. A., Steel, C. C., 2001. Invasion, development, growth and egg laying by *Meloidogyne javanica* in Brassicaceae crops. *Nematology*, 3(5):463-472.
- McLeod, R. W., Steel, C. C., 1999. Effects of brassica-leaf green manures and crops on activity and reproduction of *Meloidogyne javanica*. *Nematology*, 1:613-624.
- Mcsorley, R., 1998. Alternative practices for managing plant-parasitic nematodes. *American Journal of Alternative Agriculture* 13, 98-104.
- Mcsorley, R., 1999. Host Suitability of Potential cover crops for root-knot nematodes. Supplement to the Journal of Nematology, 31(4S):619-623.
- McSorley, R., Dickson, D. W., De Brito, J. A., Hochmuth, R. C., 1994. Tropical rotation crops influence nematode densities and vegetable yields. *Journal of Nematology*, 26:308-314.
- McSorley, R., Frederick, J. J., 1995. Responses of some common Cruciferae to root-knot nematodes. *Journal of Nematology*, 27(4S):550-554.
- Mcsorley, R., Ozores-Hampton, M., Stansly, P.A., Conner, J.M., 1999. Nematode management, soil fertility, and yield in organic vegetable production. *Nematropica* 29,205-213.
- Mitsuohori, T., Sano, Z., Sakuma, F., Hashizume, K., 2008. Nematode suppressive effect of two biofumigation crops (*Brassica juncea* and *Cleome hassleriana*) evaluated by Laboratory and Greenhouse Experiments. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 53 p.
- Mojtahedi, H., Santo, G. S. Hang, A. N., Wilson J. H., 1991. Suppression of root knot nematode populations with selected rape seed cultivars as green manure. *J. Nematol.*, 23; 170-174.
- Morra, M., 2004. Controlling soilborne plant pests using glucosinolate-containing tissues. *Agroindustria*, 3:251-255.
- Morra, M. J., Kirkegaard, J. A., 2002. Isothiocyanate release from soil-incorporated *Brassica* tissues. *Soil Biology & Biochemistry*, 34:1683-1690.
- Netscher, C., Sikora, R. A., 1990. Nematode parasites on vegetables. In: Luc, M., Sikora, R.A., Bridge, J. (eds). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, s 231-283.
- Ngouajio, M., Mutch, D. R., 2004. Oilseed radish: A new cover crop for Michigan. *Michigan State University Extension Bulletin* E 2907. Available online at <http://www.msue.msu.edu>
- Norton, D. C., 1978. *Ecology of Plant Parasitic Nematodes*. John Wiley & Sons, New York.
- Nyczepir, A.P., Rodriguez-Kabana, R., 2002. Biofumigation and management of ring nematode on peach. *Proceedings of International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives* 8, 89.
- Palmieri, S., 2004. Chemistry and technology of glucosinolate: isolation, formulation and use. *Agroindustria*, 3:245-249.
- Patalano, G., 2004. New practical perspectives for vegetable biocidal molecules in Italian agriculture: Bluformula brand for commercialisation of biocidal green manure and meal formulations. *Agroindustria*, 3:409-412.
- Patalano, G., Lazzeri, L., D'Avino, L., Mazzoncini, M., 2008. Innovative approach for producing high value products in non food agro-industrial chains. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 27 p.
- Pedroche, N. B., Villanueva, L. M., De Waele, D., 2008. Organic amendments and host resistance as components of integrated disease management strategy for root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in lettuce. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 54 p.
- Pehlivan, E., Kaşkavalcı, G., 1993. Sanayi domates üretim alanlarında Kök-ur nematodlarının (*Meloidogyne* spp) yayılışı ve bulaşıklık oranı üzerinde araştırmalar. SANDOM Çalışma Raporu, No: 6: 61-68.
- Piedrabuena, A., Garcia-Alvarez, A., Diez-Rojo, M., Bello A., 2006. Use of crop residues for the control of *Meloidogyne incognita* under laboratory conditions. *Pest Management. Science*. 62:919-926.
- Ploeg, A., 2008. Biofumigation to manage plant-parasitic nematodes. *Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes*, 239-248.
- Porter, I., Mattner, S., Lazarovits, G., 2008. Soil Biofumigation - a strategy for the new world or a complexity too hard to get right? Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 12 p.
- Potter, M. J., Davies, K., Rathjen, A. J., 1998. Suppressive impact of glucosinolates in *Brassica* vegetative tissues on root lesion nematode *Pratylenchus neglectus*. *Journal Chemical Ecology*, 24(1):67-80.
- Rask, L., Andreasson, E., Ekbohm, B., Eriksson, S., Pontoppidan, B., Meijer, J., 2000. Myrosinase: gene family evolution and herbivore defense in Brassicaceae. *Plant Mol. Biol.* 42: 93-113.
- Rıga, E., Collins, H., 2005. The effect of green manures on *Meloidogyne chitwoodi* and *Paratrichodorus allius*, economically important nematodes of potatoes in the Pacific Northwest of USA. *Agroindustria Rivista Quadrimestral* 3,321-322.
- Roubtsova, T., Lopez-Perez, J-A. Edwards, S., Ploeg, A., 2007. Effect of Broccoli (*Brassica oleracea*) tissue, incorporated at different depths in a soil column, on *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, 39(2):111-117.
- Sarıkamış, G., Baklaya, A., Yanmaz, R., 2008. Glucosinolates in kale genotypes from the blacksea region of Turkey. *Biotechnol. & Biotechnol. EQ.*, 942-946.
- Siddiqi, M. R., 2000. *Tylenchida, Parasites of Plants and Insects*. St. Albans, England, 2.
- Sipes, B. S., Arakaki, A. S., 1997. Root-knot nematode management in dryland taro with tropical cover crops. Supplement to the Journal of Nematology, 29(4S):721-724.
- Söğüt, M. A., Elekçioğlu, İ. H., 2000. Akdeniz Bölgesi'nde sebze alanlarında bulunan *Meloidogyne* Goeldi, 1892 (Nemata:Heteroderidae) türlerinin ırklarının belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 24 (1) : 33-40.
- Spak, J., Kolarova, J., Lewis, J., Fenwick, G. R., 1993. The effect of glucosinolates (mustard oil glycosides) and products of their enzymatic degradation on the infectivity of turnip mosaic virus. *Biol. Plant.* 35:73-80.
- Stear, M. J., 2008. Non-chemical control methods for sheep with mixed, predominantly *Teladorsagia circumcincta*, nematode infections. *CAB Reviews: Perspectives in*

- Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 3(24):12.
- Thierfelder, A., Friedt, W., 1995. Development of novel rapeseed varieties (*Brassica napus*) resistant against beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii*), pp. 1208-1210, in D. Murphy (ed.). Proceedings of the Ninth International Rapeseed Congress. Rapeseed Today and Tomorrow, Vol. 4, K2. Organising Committee of the Ninth International Rapeseed Congress, Cambridge, UK.
- Thomas, W. B., 1996. Methybramide: effective pest management tool and environmental threat. Suppl. J. Nematol. 28: 586-590.
- Thorup-Kristensen, K., Magid, J., Jensen, L. S., 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. Adv. Agron. 51:227-302.
- Trudgill, D. L., 1987. Effects of rates of a nematicide and fertilizer on the growth and yield of cultivars of potato which differ in their tolerance of damage by potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*). Plant and Soil. 104:235-243.
- Tsao, R., Peterson, C. J., Coats, J. R., 2002. Glucosinolate breakdown products as insect fumigants and their effect on carbon dioxide emission of insects. *BMC Ecology* 2002, 2. Available online at <http://www.biomedcentral.com/1472-6785/2/5>
- Van Den Boogert, P. H. J. F., Velvis, H., Ettema, C. H., Bouwman, L. A., 1994. The role of organic matter in the population dynamics of the endoparasitic nematophagous fungus *Drechmeria coniospora* in microcosms. *Nematologica*, 40:249-257.
- Venette, R. C., Monstafa, F. A. M., Ferris, H., 1997. Trophic interactions between bacterial-feeding nematodes in plant rhizospheres and the nematophagous fungus *Hirsutiella rhossiliensis* to suppress *Heterodera schachtii*. Plant and Soil 191:213-223.
- Wallace, H. R., 1978. The diagnosis of plant diseases of complex etiology. Annual Review of Phytopathology, 16: 379-402.
- Wang, K.-H., Mcsorley, R., Gallaher, R. N., 2003. Effect of *Crotalaria juncea* amendment on nematode communities in soil with different agricultural histories. *Journal of Nematology*, 35(3):294-301.
- Wang, K.-H., Mcsorley, R., Gallaher, R. N., 2004. Effect of winter cover crops on nematode population levels in North Florida. *Journal of Nematology*, 36(4):517-523.
- Wang, K.-H., Sipes, B. S., Schmitt, D. P., 2002. *Crotalaria* as a cover crop for nematode management: A review. *Nematropica*, 32:35-57.
- Wang, K.-H., Sipes, B. S., Schmitt, D. P., 2003. Intercropping cover crops with pineapple for the management of *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology*, 35(1):39-47.
- Ware, G.W., 2000. Pesticide Book. Thomson Pub., Fresno, CA, 418s.
- Whitehead, A. G., 1997. Plant parasitic nematodes: their importance and control. In *Plant Nematode Control*, 1-12 sf. Wallingford, U.K. CAB Int.
- Zasada, I. A., Ferris, H., 2004. Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology & Biochemistry*, 36:1017-1024.
- Zasada, I., Masler, E., Halbrecht, J., 2008. Behavioral response of *Meloidogyne incognita* to benzyl isothiocyanate. Third International Biofumigation Symposium, 21-25 July, CSIRO Discovery Centre Canberra, Australia, 58 p.