

Orijinal araştırma (Original article)

Bazı Brassicaceae bitkilerinin *Meloidogyne arenaria* (Neal) ve *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) (Tylenchida: Meloidogynidae)'ya konukçuluk seviyeleri¹

Host suitability level of selected Brassicaceae plants for *Meloidogyne arenaria* (Neal) and *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) (Tylenchida: Meloidogynidae)

Gökhan AYDINLI²

Sevilhan MENNAN^{3*}

Summary

Biofumigation with *Brassica* spp. could be an alternative method to suppress root-knot nematodes. It is important to select poor or non-host *Brassica* genotypes for *Meloidogyne* spp. to investigate the efficiency of biofumigation. To determine potential biofumigant plants, 40 *Brassica* genotypes were screened for host suitability level to *Meloidogyne arenaria* (Neal) and *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) in pot experiments in 2010 and 2011. Seedlings of each genotype were inoculated with 2000 or 0 root-knot nematode's eggs per plant. Pots were arranged in a completely randomized block design with 5 replicate in a controlled greenhouse at 20±1°C for 60 days. Experiment was repeated once. Host suitability was based on the gall index, egg masses index and nematode developmental stage. As a result of host suitability level studies, 12 genotypes for *M. incognita* and 9 of these 12 genotypes for *M. arenaria* were found to be as poor host. According to all parameters, poor hosts might be selected to search and use for their biofumigation potentially.

Key words: *Brassica* spp., *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incognita*, host level

Özet

Brassica türlerinin kullanıldığı biyofumigasyon, kök-ur nematodlarının baskılanmasında önemli bir alternatif olabilmektedir. *Brassica* genotiplerinden konukçu olmayan ya da zayıf konukçuların seçilmesi, biyofumigasyon etkinliklerinin araştırılmasında önemlidir. Biyofumigasyon potansiyeli araştırılacak bitkilerin belirlenmesi için, 2010 ve 2011 yıllarında 40 *Brassica* genotipinin *Meloidogyne arenaria* (Neal) ve *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White)'ya olan konukçuluk seviyeleri saksı denemeleri ile araştırılmıştır. Her bir genotipin fideleri 2000 veya 0 kök-ur nematodu yumurtası ile bulaştırılmıştır. Tesadüf blokları deneme deseninde, 5 tekerrürlü yürütülen denemede bitkiler 60 gün 20±1°C sıcaklıktaki kontrollü serada yetiştirilmiş ve 1 kere tekrarlanmıştır. Genotiplerin konukçuluk seviyeleri, ur skalası, yumurta kümesi skalası ve nematodun kök dokusu içindeki gelişimine dayandırılarak belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda, *Brassica* türlerinden 12 genotipin *M. incognita*'ya, bu 12 genotipten 9'unun ise *M. arenaria*'ya karşı, düşük konukçuluk seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Tüm parametreler değerlendirildiğinde, düşük seviyedeki konukçu olarak saptanan genotiplerin, biyofumigasyon potansiyellerinin araştırılması ve bu amaçla kullanılması önerilebilmektedir.

Anahtar sözcükler: *Brassica* spp., *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incognita*, konukçuluk seviyesi

¹ Bu çalışma TÜBİTAK-TOVAG 109O544 nolu proje ile desteklenmiş ve 31st International Symposium of the European Society of Nematologists (23-27 September 2012, Adana, Turkey)'de poster bildirisi olarak kısa özeti basılmıştır.

² Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 66200, Yozgat

³ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 55139, Samsun

* Corresponding author (Sorumlu yazar) e-mail: smennan@omu.edu.tr

Received (Alınış): 15.03.2016 Accepted (Kabul ediliş): 11.04.2016

Published Online (Çevrimiçi Yayın Tarihi): 29.05.2016

Giriş

Geçtiğimiz yüzyılın büyük bir bölümünde, özellikle yüksek girdili ürünlerin kullanıldığı ve tarımın yoğun yapıldığı alanlarda, kök-ur nematodlarını kontrol altına almak için başvurulan yöntemlerin başında kimyasal ilaç kullanımı gelmektedir (Nyczeper & Thomas, 2009). Nematod mücadelesinde kullanılan kimyasalların büyük bir bölümünün geniş etkili fumigantlar olması, insan ve çevre sağlığı açısından önemli risklere neden olmaktadır. Özellikle 21. yüzyılın başlarına kadar, yaygın olarak kullanılan ve nematodların yanı sıra toprak kökenli hastalık ve zararlıları da etkili bir şekilde kontrol altına alan metil bromidin, ozon tabakasını inceltici etkisinden dolayı pek çok ülkede yasaklanması ile çevreye dost sürdürülebilir mücadele alternatifleri üzerinde durulmaya başlanmıştır (Monfort et al., 2007; Lopez-Perez et al., 2010).

Hayvansal ve bitkisel orijinli organik maddelerin toprakta ayrışması sırasında çıkan gazların toksik etkisinden yararlanılarak geliştirilen biyofumigasyon uygulamaları, kimyasal fumigantlara en iyi alternatif olarak görülmektedir (Mennan & Katı, 2010). Son yıllarda, bitki paraziti nematodların yanı sıra toprak kökenli patojenleri ve yabancı otları kontrol altına almak için *Brassica* grubu bitkilerin kullanıldığı biyofumigasyon uygulamaları ile ilgili çalışmalar oldukça artmıştır (Brown et al., 1991; McFadden et al., 1992; Mojtahedi et al., 1993; Angus et al., 1994; Boydston & Hang, 1995; Ploeg & Stapleton, 2001; Zasada & Ferris, 2004; Monfort et al., 2007; Lopez-Perez et al., 2010; Fourie et al., 2016). Bu bitkilerin toprağa karıştırılması sırasında, dokularında bulunan glikosinat bileşikleri, gaz haline geçerek biyosidal etkiye sahip izotiyosiyanatları üretir (Brown et al., 1991; Fan et al., 2008). *Brassica* grubu bitkiler örtücü bitki, tuzak bitki, toprağın organik içeriğini artırıcı yeşil gübre ve tüketim amaçlı olmak üzere çok yönlü kullanım özelliğine sahiptirler (Halbrendt, 1996; Melakeberhan et al., 2008; Mennan & Katı, 2010). Biyofumigasyon amacıyla kullanılan örtücü bitkiler ile ilgili en önemli sorun, mücadele edilecek nematod türüne olan konukçuluk seviyeleridir. Özellikle kök-ur nematodu gibi geniş konukçu dizisine sahip nematodların mücadelesinde kullanılacak bitkilerin, nematod türüne olan konukçuluk seviyesinin bilinmesi gerekmektedir. Toprak sıcaklığının nematodun gelişimi için uygun olduğu durumlarda, örtücü bitki olarak hassas olanların kullanılması, bitkinin toprağa karıştırılmadan önceki yetiştirme sürecinde, nematodun bitkide üremesine ve bunun sonucunda topraktaki popülasyonunun artmasına neden olacaktır. Bu durum, mücadelede için istenilen başarının elde edilmesini engelleyecektir. Bu nedenle, kullanılacak bitkilerin nematodun konukçusu olmayan veya zayıf konukçu olanlardan seçilmesi gerekmektedir (Stirling & Stirling, 2003; Pattison et al., 2006; Edwards & Ploeg, 2014).

Brassica tarımı ile özdeşleşen Samsun ilinde önemli zarara neden olan kök-ur nematodlarının mücadelesi için, yörede yaygın tarımı yapılan *Brassica* genotiplerinin, biyofumigasyon potansiyelinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışma ile biyofumigasyon potansiyeli olan bitkilerin belirlenmesi için 40 *Brassica* genotipinin bölgede ve ülkemizde olduğu kadar dünyada da en yaygın görünen 2 kök-ur nematodu türü *Meloidogyne arenaria* Neal ve *Meloidogyne incognita* Kofoid & White (Tylenchida: Meloidogynidae)'ya karşı konukçuluk seviyeleri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmanın ana materyalini; Samsun ili, Bafra ve Çarşamba ilçelerinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile sağlanan kök-ur nematodları *M. arenaria* ve *M. incognita* (Irk 2)'ya ait seri kültürler ve yörede yaygın olarak tarımı yapılan 40 *Brassica* genotipi oluşturmaktadır (Çizelge 3).

Denemelerde kullanılan toprak ve tohumların sterilizasyonu ve fidelerin yetiştirilmesi

Denemelerin tamamında ve nematodların seri kültür üretiminde kullanılan toprak ve kum karışımı (2:1) otoklavda 121°C'de 60 dakika tutulup 24 saat bekletildikten sonra yeniden aynı sıcaklık ve sürede tutularak sterilize edilmiştir.

Kök-ur nematodu popülasyonlarının seri kültür üretiminde, hassas domates çeşidi (Falcon, May Tohum) kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan bitkilerin tohumları, ekimden önce % 3 NaOCl (sodyum hipoklorit) solüsyonunda 5 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Beyaz ve kırmızı baş lahanası, brokoli, brüksel lahanası, karnabahar, turp ve roka bitkilerinin yörede en fazla üretilen çeşitlerine ait tohumları satın alınmıştır. Kolza, şalgam, hardal genotiplerine ait tohumlar Prof. Dr. Fatih Seyis'den (Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize), yeşil yaprak lahanası genotipleri ise Prof. Dr. Ahmet Balkaya'dan (Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun) temin edilmiştir. Ayrıca denemelere, seri kültür için kullanılan domates çeşidi hassas konukçu olarak ilave edilmiştir. Genotiplerin tohumları steril topraklar içeren tepsilerde fide haline getirilmiştir. Fideler steril toprak ve kum bulunan plastik saksılara (300 cc) 1 adet olacak şekilde şaşırtılmış ve $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki sera içerisine yerleştirilmiştir.

Kök ur nematodlarına ait yumurta inokulumlarının elde edilmesi ve bitkilere bulaştırılması

Meloidogyne arenaria ve *M. incognita* (Irk 2) ile bulaşık hassas domates çeşidinden oluşan seri kültürlerden, yeteri kadar bitki sökülerek kökleri dikkatli bir şekilde yıkanmıştır. Kökler küçük parçalara ayrılarak içerisinde % 0,5 NaOCl bulunan erlene yerleştirilmiş ve 3 dakika çalkalanmıştır. Bu solüsyon sırasıyla 200 ve 500 mesh eleklerden geçirilmiş ve alttaki eleğin üzerinde kalan yumurtalar piset yardımıyla, cam behere toplanmıştır (Hussey & Barker, 1973). Elde edilen yumurta solüsyonundan 1ml'lik hacimler 10 defa çekilerek stereo mikroskop altında sayılmış ve gerekli inokulum hesaplanmıştır. Fideler şaşırtıldıktan 7 gün sonra, bitki başına 2000 yumurta, saksıda açılan küçük kuyucuklara, enjektör yardımıyla verilmiştir. Bulaştırmalardan sonra, saksılar sera ($20\pm 1^{\circ}\text{C}$) içinde tutulmaya devam edilerek, günlük bakımları yapılmıştır. Denemeler, 2010 ve 2011 yıllarında 5 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüş olup 1 kez tekrarlanmıştır.

Denemelerin değerlendirilmesi ve verilerin analizi

Yapay bulaştırmalardan 60 gün sonra denemedeki bitkiler sökülerek kökler yıkanmış ve 0-5 ur skalasına göre değerlendirilmiştir (Çizelge 1; Kinloch, 1990). Doku içerisindeki nematodların sayı ve dönemlerinin tespiti için kökler asit fuksin solüsyonu (3,5 gr asit fuksin+250 ml asetik asit+750 ml saf su) ile boyanmıştır (Bybd et al., 1983). Köklerde tespit edilen yumurta kümeleri sayılarak 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir (Çizelge 2; Taylor & Sasser, 1978). Ayrıca, konukçuluk seviyesinin doğru şekilde değerlendirilmesi ve biyofumigasyon çalışmaları için uygun genotiplerin seçilebilmesi amacıyla denemeye alınan genotiplerin % RS (Relative Susceptibility= Test edilen bitkideki toplam nematod sayısı / hassas kontrol bitkisindeki toplam nematod sayısı x 100) değerleri belirlenmiştir (Teklu et al., 2014).

Çizelge 1. Köklerin değerlendirilmesinde kullanılan 0-5 ur skalası (Kinloch, 1990)

Kökteki Uurlanma Oranı	Ur Skalası
Ur yok	0
Az sayıda küçük urlu	1
<%25 urlu	2
%25-50 urlu	3
%50-75 urlu	4
>%75 urlu	5

Çizelge 2. Köklerdeki yumurta kümesi sayısının değerlendirilmesinde kullanılan yumurta kümesi skalası (Taylor & Sasser, 1978)

Yumurta Kümesi Sayısı / Kök	Yumurta Kümesi Skalası
0	0
1-2	1
3-10	2
11-30	3
31-100	4
>100	5

Araştırmada incelenen özelliklerin, genotiplere ve kök-ur nematodu türlerine göre farklılıkların belirlenmesinde veri yapısına bağlı olarak tesadüf blokları deneme deseni (Two-way ANOVA) uygulanmıştır. Denemeler sonunda elde edilen tüm veriler SAS istatistik programında değerlendirilmiştir. Bitki köklerinden elde edilen dişi ve toplam nematod değerleri analiz edilmeden önce $\log_{10}(x+1)$ transformasyonuna tabi tutulmuştur. Genotipler arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir. Aynı bitki genotipinin kök-ur nematodu türlerine gösterdiği reaksiyonda, farklılık olup olmadığı ise t testine göre değerlendirilmiştir.

Araştırma Sonuçları

Samsun ilinde yaygın olarak yetiştirilen 40 *Brassica* genotipinin kök-ur nematodları *M. arenaria* ve *M. incognita*'ya karşı konukçuluk seviyelerini belirlemek amacıyla 2010 ve 2011 yıllarında yürütülen 2 denemede, elde edilen veriler arasında istatistiksel anlamda fark bulunmadığından, sonuçlar birleştirilerek verilmiştir. Denemeye alınan 40 genotipin 24'ü hem yumurta kümesi skalası hem de ur skalası değerlerine göre her iki nematod türüne de benzer reaksiyon göstermiştir (Çizelge 3; $P \leq 0,05$). Buna karşın, yumurta kümesi skalası bakımından 9 genotipin, ur skalası bakımından ise 10 genotipin, bu iki nematod türüne gösterdiği reaksiyon birbirinden farklıdır. *Meloidogyne arenaria* ile bulaştırılan 16, *M. incognita* ile bulaştırılan 18 genotipte yumurta kümesi tespit edilmemiştir. Her iki kök-ur nematodu türünde de yumurta kümesi tespit edilmeyen genotip sayısı ise 14'dür. Denemeye alınan brokoli, brüksel lahanası, karnabahar ve çin lahanası genotiplerinin tamamında yumurta kümesi skalası 0 olarak tespit edilmiştir. Turp ve roka genotiplerinde ise sadece *M. arenaria* ile bulaştırılan bitkilerin köklerinde, çok az sayıda yumurta kümesine rastlanmıştır. Bu iki bitki türüne ait genotipler, aynı zamanda köklerinde en düşük ur skalası tespit edilen genotiplerdendir. Her iki nematod türü için de ur skalası değeri 1 ve altında olan diğer genotipler ise şalgam ve brokolidir. Diğer *Brassica* gruplarına kıyasla genel olarak beyaz baş lahana ve hint hardalı genotiplerinin tamamı, her iki nematod türünün de yüksek seviyede yumurta kümesi oluşturmaya izin vermiştir. *Meloidogyne arenaria* ile bulaştırılan 13 genotip ve *M. incognita* ile bulaştırılan 15 genotipin ur skala değeri, hassas konukçu olarak kullanılan domateste tespit edilen ur skala değerinden istatistiksel olarak farksızdır ($P \leq 0,05$). *Meloidogyne arenaria* ile bulaştırılan bu 13 genotipin tamamı *M. incognita*'ya da aynı reaksiyonu gösterirken, beyaz baş lahananın B-2 genotipi ve etiopya hardalının CGN03980 genotipi *M. arenaria* ile bulaştırıldığında, *M. incognita*'nın aksine hassas çeşite göre önemli derecede daha az ur skalasına sahip olmuşlardır.

Bu verilere ilaveten, genotiplerin konukçuluk durumlarını ortaya koyabilmek amacıyla, hassas domatesteki toplam nematod sayısına göre hesaplanan RS (%) değerinden yararlanılmıştır (Çizelge 4). Kolzanın Elvis ve hint hardalının PI181033 genotipi *M. arenaria*, asya hardalının PI426414 genotipi ise *M. incognita* ile bulaştırıldığında, genotiplerinin kökleri içerisinde tespit edilen toplam nematod sayısı domatesten daha yüksektir.

Çizelge 3. *Meloidogyne arenaria* ve *Meloidogyne incognita* ile bulaştırılan (2000 yumurta/bitki) *Brassica* genotiplerinin kontrollü serada (20±1°C) 60 gün yetiştirilmesi ile bitki köklerinde oluşan yumurta kümesi skalası ve ur skalası değerleri¹

Bitki Türü	Genotip	Yumurta Kümesi Skalası ²		Ur Skalası ³	
		<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> (Yaprak lahanası)	S-8	1,40 f-i*	0,40 de	3,90 a-e	4,60 a-c
	S-19	0,60 g-i	0,30 de	2,50 e-k	2,50 e-i
	S-38	0,00 i	0,00 e	3,00 d-i	3,30 c-f
	55 TE 13	0,20 g-i*	0,00 e	3,70 a-e	4,30 a-d
	55 TK 12	0,00 i	0,00 e	3,10 d-h	3,10 d-g
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> subvar. <i>alba</i> (Beyaz baş lahanası)	B-2	3,60 a-c*	3,70 ab	3,50 b-f*	4,90 ab
	B-9	2,30 c-f	3,10 b	1,70 h-n*	3,50 b-e
	166	3,00 b-e	2,70 bc	2,20 f-l*	3,30 c-f
	201	3,30 bc	3,90 ab	1,10 k-o*	3,00 d-g
	Yalova	3,50 a-c	3,10 b	4,40 a-d	4,30 a-d
<i>Brassica napus</i> (Kolza)	B2	0,00 i*	0,80 de	5,00 a	5,00 a
	B13	0,00 i	0,00 e	2,50 e-k	2,80 e-h
	Elvis	3,20 b-d	3,20 b	4,70 ab	4,60 a-c
	Jura	0,00 i	0,00 e	5,00 a	4,90 ab
	Oase	3,70 a-c	3,70 ab	5,00 a	4,50 a-c
<i>Brassica rapa</i> (Yumrulu şalgam)	PI 352802	1,60 e-h	1,20 c-e	0,70 m-o	2,20 e-k
	PI 352811	0,10 hi	0,30 de	2,10 f-m	2,00 f-l
	PI 426720	0,60 g-i	0,50 de	2,00 g-m*	1,30 i-o
<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>trilocularis</i> (Şalgam)	PI 426422	1,00 f-i	1,10 c-e	0,50 no	0,40 no
	PI 459017	1,70 d-g	1,30 c-e	1,20 j-o	1,10 j-o
<i>Brassica oleraceae</i> convar. <i>botrytis</i> subvar. <i>cymosa</i> (Brokoli)	Batavia	0,00 i	0,00 e	1,00 l-o*	0,50 m-o
	Bejo	0,00 i	0,00 e	1,50 j-n*	1,00 k-o
	Semito	0,00 i	0,00 e	0,90 l-o	0,70 l-o
<i>Brassica campestris</i> subsp. <i>pekinensis</i> (Çin lahanası)	Çin lahanası	0,00 i	0,00 e	1,50 j-n	1,80 g-m

Çizelge 3. (devamı)

Bitki Türü	Genotip	Yumurta Kümesi Skalası ²		Ur Skalası ³	
		<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>
<i>Brassica tournefortii</i> (Asya hardalı)	Amos	0,00 i	0,00 e	3,70 a-e	4,30 a-d
	PI426414	3,40 bc	3,30 b	4,90 ab	4,90 ab
	PI426415	3,70 a-c	3,80 ab	5,00 a	4,80 ab
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> subvar. <i>rubra</i> (Kırmızı baş lahanası)	Mahrenkopf	1,50 e-i	0,60 de	3,20 c-g	2,00 f-l
	Zencibaş	4,00 ab*	2,50 b-d	4,90 ab*	4,20 a-d
<i>Brassica juncea</i> (Hint hardalı)	PI181033	4,00 ab	3,20 b	4,90 ab	4,70 ab
	PI311734	2,50 b-f	3,40 b	4,60 a-c	4,60 a-c
<i>Brassica carinata</i> (Etiyopya hardalı)	CGN03980	0,00 i*	0,30 de	2,60 e-j*	4,50 a-c
	CGN0422	0,00 i	0,00 e	1,60 i-n*	1,80 g-m
<i>Brassica oleraceae</i> convar. <i>oleraceae</i> var. <i>gemmifera</i> (Brüksel lahanası)	Arzuman	0,00 i	0,00 e	1,70 h-n	1,50 h-n
	Davlin	0,00 i	0,00 e	2,60 e-j	2,40 e-j
<i>Brassica oleraceae</i> convar. <i>botrytis</i> subvar. <i>botrytis</i> (Karnabahar)	Pampana	0,00 i	0,00 e	1,20 j-o	1,20 i-o
	Snowball	0,00 i	0,00 e	2,60 e-j	2,20 e-k
<i>Raphanus sativus</i> (Turp)	Beyaz-Semito	0,30 g-i*	0,00 e	0,80 l-o	0,70 l-o
	Kırmızı	0,40 g-i*	0,00 e	0,90 l-o	1,00 k-o
<i>Eruca sativa</i> (Roka)	İstanbul	0,20 g-i*	0,00 e	0,20 o	0,20 o
<i>Solanum lycopersicum</i> (Domates)	Falcon	5,00 a	5,00 a	5,00 a	5,00 a

¹ Denemeler 5 tekerrürlü olup, her iki deneme arasında farklılık olmaması nedeniyle elde edilen veriler birleştirilerek verilmiştir. Tukey HSD testine göre sütun içerisinde aynı harfe sahip değerler $P \leq 0,05$ göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

² 0-5 yumurta kümesi skalası = 0: yumurta kümesi yok; 1: 1-2 yumurta kümesi; 2: 3-10 yumurta kümesi; 3: 11-30 yumurta kümesi; 4: 31-100 yumurta kümesi; 5: 100'den fazla yumurta kümesi (Taylor ve Sasser, 1978).

³ 0-5 ur skalası = 0: ur yok; 1: az sayıda küçük urlar; 2: <%25 urlu; 3: %25-50 urlu; 4: %50-75 urlu; 5: >%75 urlu (Kinloch, 1990).

* t testine göre aynı lahanası genotipinin nematod türlerine olan reaksiyonu önemli derecede farklıdır ($P \leq 0,05$).

RS değeri %10'un altında olan genotiplerin tamamının yumurta kümesi skalası da 1'den azdır. Yumrulu şalgam (PI352811 ve PI426720), brokoli (Semito), etiopya hardalı (CGN0422), brüksel lahanası (Arzuman), karnabahar (Snowball), turp (Beyaz-Semito ve Kırmızı) ve roka (İstanbul) genotipleri, her 2 nematod türüne de düşük seviyede konukçudur. Kolza (B13), brokoli (Batavia) ve kırmızı baş lahanası (Mahrenkopf) genotipleri ise sadece *M. incognita*'ya zayıf konukçuluk göstermiştir.

Çizelge 4. *Meloidogyne arenaria* ve *Meloidogyne incognita* ile bulaştırılan (2000 yumurta/bitki) *Brassica* genotiplerinin kontrollü serada (20±1°C) 60 gün yetiştirilmesiyle köklerde elde edilen dişi sayısı, toplam nematod sayısı ve konukçu indeksi (RS)¹

Bitki Türü	Genotip	Dişi /g kök ²		Toplam nematod /g kök ²		RS (%) ³	
		<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> (Yaprak lahanası)	S-8	21,53 b-d	18,15 cd	29,00 b-d	22,70 cd	87,35	69,42
	S-19	19,97 b-f	11,11 d-i	29,04 b-d	26,70 bc	87,47	81,65
	S-38	12,25 b-i	8,56 d-i	15,17 b-h	15,29 c-i	45,69	46,76
	55 TE 13	9,01 d-j	9,26 d-i	12,93 b-h	12,50 d-k	38,95	38,23
	55 TK 12	4,92 g-l	2,02 i-n	6,85 d-l	4,15 h-m	20,63	12,69
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> subvar. <i>alba</i> (Beyaz baş lahanası)	B-2	13,52 b-h	17,71 c-e	14,77 b-h	18,40 c-g	44,49	56,27
	B-9	15,64 b-i	19,17 cd	16,59 b-g	20,75 c-e	49,97	63,46
	166	17,51 b-e	16,69 c-e	17,87 b-f	17,47 c-f	53,83	53,43
	201	11,73 b-i	20,49 cd	12,37 b-h	21,17 cd	37,26	64,74
	Yalova	15,86 b-h	3,84 f-l	15,86 b-h	3,84 h-m	47,77	11,74
<i>Brassica napus</i> (Kolza)	B2	33,07 bc	27,84 bc	33,07 bc	27,84 bc	99,61	85,14
	B13	2,68 i-m	2,07 i-n	3,90 f-m	3,14 i-n	11,75	9,60*
	Elvis	36,76 ab	14,87 c-f	36,76 ab	14,97 c-i	110,72	45,78
	Jura	20,37 b-h	11,38 d-j	20,51 b-e	11,58 d-k	61,78	35,41
	Oase	17,97 b-g	13,59 c-h	17,97 b-f	13,59 c-i	54,13	41,56
<i>Brassica rapa</i> (Yumrulu şalgam)	PI 352802	4,32 f-k	3,78 f-l	5,11 e-m	4,77 f-l	15,39	14,59
	PI 352811	2,54 i-m	2,05 i-n	2,79 h-m	2,12 j-o	8,40*	6,48*
	PI 426720	2,90 i-m	3,12 h-l	3,02 h-m	3,25 j-o	9,10*	9,94*
<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>trilocularis</i> (Şalgam)	PI 426422	3,62 h-l	4,30 f-l	3,94 f-m	4,57 g-l	11,87	13,98
	PI 459017	4,43 e-k	6,92 e-k	4,57 e-m	7,15 e-l	13,77	21,87
<i>Brassica oleraceae</i> convar. <i>botrytis</i> subvar. <i>cymosa</i> (Brokoli)	Batavia	0,00 m	0,00 n	3,46 h-m	3,25 j-o	10,42	9,94*
	Bejo	0,00 m	0,00 n	3,59 g-m	4,67 h-m	10,81	14,28
	Semito	0,00 m	0,00 n	1,66 j-m	0,09 o	5,00*	0,28*
<i>Brassica campestris</i> subsp. <i>pekinensis</i> (Çin lahanası)	Çin lahanası	0,25 lm	2,75 l-m	3,96 f-m	7,83 d-k	11,93	23,94

Çizelge 4. (devamı)

Bitki Türü	Genotip	Dişi /g kök ²		Toplam nematod /g kök ²		RS (%) ³	
		<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. arenaria</i>	<i>M. incognita</i>
<i>Brassica tournefortii</i> (Asya hardalı)	Amos	9,94 c-j	4,53 f-l	11,77 b-j	4,53 h-m	35,45	13,85
	PI426414	20,97 b-d	46,30 a	20,97 b-e	46,30 a	63,16	141,59
	PI426415	8,23 d-j	7,95 e-k	8,23 b-j	7,95 e-l	24,78	24,31
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> subvar. <i>rubra</i> (Kırmızı baş lahanası)	Mahrenkopf	5,23 g-k	1,62 i-n	6,28 d-l	2,51 j-o	18,92	7,68*
	Zencibaş	7,51 d-j	3,28 g-l	9,00 b-j	3,74 h-m	27,11	11,44
<i>Brassica juncea</i> (Hint hardalı)	PI181033	43,71 a	15,28 d-h	43,89 a	15,33 c-i	132,20	46,88
	PI311734	11,71 b-i	5,57 f-l	11,90 b-i	5,57 h-m	35,84	17,03
<i>Brassica carinata</i> (Etiyopya hardalı)	CGN03980	4,38 e-k	18,32 c-g	4,63 e-m	18,63 c-i	13,95	56,97
	CGN0422	0,41 k-m	1,29 j-n	0,58 m	1,82 k-o	1,75*	5,57*
<i>Brassica oleraceae</i> convar. <i>oleraceae</i> var. <i>gemmifera</i> (Brüksel lahanası)	Arzuman	0,05 m	0,00 n	1,15 k-m	0,50 m-o	3,46*	1,53*
	Davlin	2,80 i-m	3,80 f-l	6,95 c-k	9,63 d-j	20,93	29,45
<i>Brassica oleraceae</i> convar. <i>botrytis</i> subvar. <i>botrytis</i> (Karnabahar)	Pampana	0,00 m	0,00 n	17,18 b-g	21,37 cd	51,75	65,35
	Snowball	0,00 m	0,00 n	1,97 i-m	2,22 k-o	5,93*	6,79*
<i>Raphanus sativus</i> (Turp)	Beyaz Semito	1,86 j-m	0,28 mn	2,10 j-m	0,28 no	6,33*	0,86*
	Kırmızı	1,46 k-m	1,33 k-n	1,59 k-m	1,33 l-o	4,79*	4,07*
<i>Eruca sativa</i> (Roka)	İstanbul	0,90 k-m	1,77 l-n	1,15 lm	1,77 l-o	3,46*	5,41*
<i>Solanum lycopersicum</i> (Domates)	Falcon	33,20 bc	32,70 b	33,20 bc	32,70 b	100,00	100,00

¹ Denemeler 5 tekrürlü olup, her iki deneme arasında farklılık olmaması nedeniyle elde edilen veriler birleştirilerek verilmiştir. Tukey HSD testine göre sütun içerisinde aynı harfe sahip değerler P≤0,05 göre istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

² Analiz edilmeden önce verilere log₁₀(x+1) transformasyonu uygulanmıştır. Toplam nematod sayısına yumurta dönemi dahil değildir.

³ Test edilen bitkideki toplam nematod sayısı / kontrol (domates) bitkisindeki toplam nematod sayısı x 100

*RS<%10 olan genotipler

RS değeri (>%10) yüksek olmasına rağmen yumurta skalası düşük (<1) olarak tespit edilen genotipler bulunmaktadır. Kolza (B2 ve Jura), brokoli (Bejo), asya hardalı (Amos), etiopya hardalı (CGN03980), brüksel lahanası (Davlin), karnabahar (Pampana), yaprak lahanası genotipleri (S-8 hariç) ve çin lahanası her iki nematod türüne de bu şekilde reaksiyon göstermişlerdir. Bu genotiplerden brokoli (Bejo), karnabahar (Pampana) ve çin lahanası, düşük ur skala değerlerine (1,00-1,80) sahip olurken, diğerlerinde ur skala değerleri de (2,40-5,00) yüksektir. Kökünde yumurta kümesi oluşturmamış olan bu 3 genotipin düşük ur skalasına sahip olmasının nedeni, kökte nematodların büyük bir bölümünün 2. larva döneminde olmasıdır.

Yumurta skalası (>1) ve RS değeri (>%10) yüksek olan genotipler ise iyi konukçu olarak değerlendirilebilir. Böylece beyaz baş lahana, şalgam ve hint hardalı türlerine ait genotiplerin tamamı, kolza, yumrulu şalgam, asya hardalı ve kırmızı baş lahana genotiplerinden bazıları her iki nematod türüne de iyi konukçu olarak saptanmıştır.

Tartışma

Brassica genotiplerinin konukçuluk durumu nematod türlerine hatta aynı türün farklı popülasyonlarına göre değişiklik gösterebilir (Khan & Khan, 1991; McSorley & Frederick, 1995; Melakeberhan et al., 2006; Edwards & Ploeg, 2014). Bu nedenle, kontrol altına alınmak istenen nematod popülasyonunun teşhisinin tür seviyesinde yapılması bu mücadele stratejisinin optimizasyonu açısından önemlidir (Edwards & Ploeg, 2014). Çalışmada kullanılan genotiplerinden bazılarının yumurta kümesi skalası ve ur skalası nematod türlerine göre önemli farklılıklar göstermektedir. Buna karşın, RS değerleri dikkate alındığında zayıf konukçu olarak değerlendirilenler (B13, Batavia ve Mahrenkopf hariç) her 2 nematod türü için de aynı genotiplerdir. Bitkilerin konukçuluk seviyelerini belirlemek için Sasser et al. (1984) üreme faktörü ile birlikte ur skalası değerlerini de dikkate almakta ve düşük ur skalasına (≤ 2) sahip olanlar dayanıklı olarak değerlendirilmektedir. Buna göre, çalışmada RS ve yumurta kümesi skalası dikkate alınarak zayıf konukçu olarak tespit edilen genotipler (Snowball hariç) ur skalası bakımından da dayanıklı olarak reaksiyon göstermektedir. Bu itibarla, bu genotiplerin biyofumigasyon çalışmalarında öncelikli olarak tercih edilmesi gerekmektedir.

Çalışmada zayıf konukçu olarak tespit edilen rokanın farklı bir çeşidi (Nemat) daha önce değişik araştırmacılar tarafından farklı kök-ur nematodu türlerine karşı denenmiş ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Curto et al., 2005; Melakeberhan et al., 2006; Kokalis-Burella et al., 2013; Edwards & Ploeg, 2014; Kruger et al., 2015). Bu çalışmada olduğu gibi, Curto et al. (2005) *M. incognita*'nın, Melakeberhan et al. (2006) ise *M. hapla*'nın bu bitki üzerinde hayat döngülerini tamamlama sürelerinin oldukça uzun olduğunu ve çok az dişi bireyin gelişebildiği tespit etmişlerdir. Her iki araştırmacı da bu bitkinin aynı zamanda bu özelliğinden yararlanılarak tuzak bitki olarak da kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Nematodun köke girişine izin veren fakat gelişip üremesine engel olan bitkiler, tuzak bitki olarak adlandırılmaktadır (Gardner & Caswell-Chen, 1994; Melakeberhan et al., 2008; Mennan & Katı, 2010). Bu çalışmada, RS değeri yüksek olmasına rağmen köklerinde yumurta kümesi oluşturmayan genotipler tespit edilmiştir. Köklerine çok sayıda nematod giriş yapabildiği halde, deneme süresince hayat döngüsünü tamamlayamayan ve kökünde dişi birey tespit edilmeyen karnabahar genotiplerinden Pampana ve brokoli genotiplerinden Bejo, her iki nematod türüne çok iyi birer tuzak bitki olarak görülebilir. *Meloidogyne incognita*'ya zayıf konukçu olarak tespit edilen brokoli genotiplerinden Batavia da, *M. arenaria* türüne karşı tuzak bitki potansiyeline sahiptir. Köklerinde dişi bireyler tespit edilmesine rağmen, yumurta oluşumunun hiç rastlanmadığı veya nadiren rastlandığı genotipler de biyofumigasyon çalışmalarında kullanılabilme potansiyelindedir. Fakat bu şekilde reaksiyon gösteren genotipler, biyofumigasyon amacıyla kullanılırken bitkilerin toprağa karıştırılmadan önceki yetiştirme süresi ve toprak sıcaklığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada olduğu gibi, daha önce bazı araştırmacılar tarafından turp bitkisinin farklı genotipleri, değişik kök-ur nematodu türlerine karşı zayıf konukçu olarak tespit edilmiştir (Curto et al., 2005; Pattison et al., 2006; Edwards & Ploeg, 2014). Buna karşın, Gardner & Caswell-Chen (1994) ve McSorley & Frederick (1995) ise denemeye aldıkları turp çeşitlerinin kök-ur nematodlarına hassas reaksiyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Turp ve roka dışında çalışmada kullanılan brokoli ve karnabahar genotiplerinin hepsi zayıf konukçu veya tuzak bitki şeklinde konukçu reaksiyonu göstermiş olup, biyofumigasyon çalışmalarında kullanılmaya adaydır. Farklı kök-ur nematodu türlerine Cruciferae familyasına ait kültür bitkilerinin konukçu reaksiyonunu araştıran McSorley & Frederick (1995), *M. arenaria* ve *M. incognita* (ırk 1)'ya en düşük ur ve yumurta kümesi skalası gösteren kültür bitkilerinden birinin brokoli olduğunu ve kök-ur nematodunun popülasyon yoğunluğunu azaltmak için tarımsal üretim

sistemleri içinde kullanılabileceğini ifade etmiştir. Buna karşın, aynı araştırmacılar karnabahar çeşidinin ise bizim sonuçlarımızın aksine denemeye alınan kök-ur nematodlarının hepsine hassas olduğunu bildirmişlerdir. Khan & Khan (1991) ise *M. incognita*'nın farklı ırklarına karşı, denemeye aldığı 37 karnabahar çeşidinden 13 tanesinin ırklara spesifik olarak dayanıklılık gösterdiğini tespit etmiştir. Edwards & Ploeg (2014) da elde ettiğimiz sonuçlara benzer olarak, brokolinin farklı bir çeşidinin *M. incognita*'ya zayıf konukçu olduğunu bildirmiştir. Brokoli bitkisinin, toprağa karıştırılmasıyla gerçekleştirilen biyofumigasyon uygulamalarında nematod popülasyonunu azalttığı bilinmektedir (Lopez-Perez et al., 2010; Kaşkavalcı & Duran Akkurt, 2012). Bu itibarla, bu çalışmada kullanılan brokoli bitkilerinin biyofumigasyon çalışmalarında kullanılarak, nematod popülasyonu üzerine etkileri değerlendirilmelidir.

Çalışmada kullanılan *Brassica* türlerinin arasında kök-ur nematoduna karşı gösterilen reaksiyonda farklılık tespit edildiği gibi aynı türün genotipleri arasında da farklılık bulunmaktadır. Beyaz baş lahanası, şalgam ve hint hardalı genotiplerinin tamamı ise tutarlı bir şekilde her iki nematod türüne de iyi konukçu olarak saptanmıştır. Curto et al. (2005) ve Edwards & Ploeg (2014) tarafından *M. incognita* için konukçuluk durumu değerlendirilen hint hardalı genotiplerinin gösterdiği reaksiyonlar, bu çalışmadaki sonuçlar ile benzerdir. Pattison et al. (2006) ise bu bitki türüne ait genotipleri, *M. arenaria*'nın 2 farklı popülasyonuna karşı zıt reaksiyon gösterdiğini tespit etmiş ve popülasyonlardan birinin denemede dayanıklı kontrol olarak kullanılan sorgum ile aynı reaksiyona, diğer popülasyonun ise hassas kontrol olarak kullanılan domates ile aynı reaksiyona sahip olduğunu belirtmiştir. Bu itibarla, aynı nematod türünün farklı bölgelerdeki popülasyonlarının, konukçu bitkilere olan davranışlarının da farklı olabileceği unutulmamalıdır. Popülasyonun özelliğine göre uygulanacak yerel mücadele programları, hem kök-ur nematodlarının kontrol altında tutulmasına yardımcı olacak hem de birim alandan en yüksek verimin alınmasını sağlayacaktır. Bu durum pek çok kaynakta da ifade edilmiş olup, alana özelleşmiş (site specific) mücadele olarak tanımlanmaktadır (Melakeberhan, 2008; Melakeberhan et al., 2012; King & Taberna, 2013; Liu et al., 2014).

Sonuç olarak, *Brassica* türlerinden oluşan 12 genotipin *M. incognita*'ya, bu genotiplerden 9'unun ise *M. arenaria*'ya karşı biyofumigasyon çalışmalarında kullanılabilecek düşük konukçuluk seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Biyofumigasyon için tercih edilecek bitkinin, yüksek glikosinat içeriğine ve fazla miktarda biyokütle oluşturma yeteneğine sahip olması da istenir (Kirkegaard & Sarwar, 1998; Morra & Kirkegaard, 2002; Monfort et al., 2007). Özellikle tuzak bitkilerin sahip olduğu glukosinat içeriği sayesinde, bu şekilde bir etki gösterdiği düşünülmektedir (Mennan & Katı, 2010). Melakeberhan et al. (2006), tuzak bitki olarak rokanın, hassas domates bitkisinin %10'u kadar bile nematodun konukçusu olmasının, topraktan çok sayıda nematodu güvenli bir şekilde uzaklaştırmaya yeteceğini bildirmişlerdir. Tuzak bitkilerin mücadele yapılacak alanda belli bir süre yetiştirildikten sonra yeşil gübre uygulaması şeklinde gerçekleştirilecek biyofumigasyon çalışmalarında, bu bitkilerin toprağa karıştırılmadan önce çok sayıda nematoda konukçuluk ederek topraktaki popülasyonu belli bir seviyenin altına düşürecek olması, biyofumigasyonun etkinliğini artırabilecektir. Bu nedenle, deneme süresince tuzak bitki gibi reaksiyon gösterenler de biyofumigasyon çalışmalarında tercih edilebilir.

Teşekkür

Çalışmada kullanılan bitkilerin tohumlarını temin eden Prof. Dr. Ahmet Balkaya (Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun) ve Prof. Dr. Fatih Seyis (Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize)'e, çalışmanın sera aşamasında bitkilerin yetiştirilmesine ve bakımına yardımcı olan Semiha Şeker (Antalya İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Antalya), Murat Güngör, Nesibe Oğuz ve Sümeyra Konak (Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun) ile çalışmayı destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkür ederiz.

Yararlanılan Kaynaklar

- Angus, J. F., A. Gardner, J. A. Kirkegaard & J. M. Desmarchelier, 1994. Biofumigation: Isothiocyanates released from *Brassica* roots inhibit growth of the take-all fungus. *Plant and Soil*, 162 (1): 107-112.
- Boydston, R. A. & A. Hang, 1995. Rapeseed (*Brassica napus*) green manure crops suppress weeds in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology*, 9 (4): 669-675.
- Brown, P. D., M. J. Morra, J. P. McCaffrey, D. L. Auld & L. Williams III, 1991. Allelochemicals produced during glucosinolate degradation in soil. *Journal of Chemical Ecology*, 17 (10): 2021-2034.
- Bybd, D. W., Jr. T. Kirkpatrick & K. R. Barker, 1983. An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. *Journal of Nematology*, 15 (1): 142-143.
- Curto, G., E. Dallavalle & L. Lazzeri, 2005. Life cycle duration of *Meloidogyne incognita* and host status of Brassicaceae and Capparaceae selected for glucosinolate content. *Nematology*, 7 (2): 203-212.
- Edwards, S. & A. Ploeg, 2014. Evaluation of 31 potential biofumigant Brassicaceous plants as hosts for three *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*, 46 (3): 287-295.
- Fan, C. M., G. R. Xiong, P. Qi, G. H. Ji & Y. Q. He, 2008. Potential biofumigation effects of *Brassica oleracea* var. *caulorapa* on growth of fungi. *Journal of Phytopathology*, 156 (6): 321-325.
- Fourie, H., P. Ahuja, J. Lammers & M. Daneel, 2016. Brassicacea-based management strategies as an alternative to combat nematode pests: A synopsis. *Crop Protection*, 80: 21-41.
- Gardner, J. & E. P. Caswell-Chen, 1994. *Raphanus sativus*, *Sinapis alba* and *Fagopyrum esculentum* as hosts to *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* and *Plasmiodiophora brassicae*. *Journal of Nematology*, 26 (4S): 756-760.
- Halbrendt, J. M., 1996. Allelopathy in the management of plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, 28 (1): 8-14.
- Hussey, R. S. & K. R. Barker, 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter*, 57 (12): 1025-1028.
- Kaşkavalcı, G. & H. Duran Akkurt, 2012. Organik domates tarımında Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.)'na karşı savaşta bazı yöntemlerin birlikte kullanım etkinlikleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36 (3): 413-422.
- Khan, A. A. & M. W. Khan, 1991. Reaction of cauliflower cultivars to *Meloidogyne javanica* and races of *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*, 21 (2): 161-166.
- King, B. A. & J. P. Taberna, 2013. Site-specific management of *Meloidogyne chitwoodi* in Idaho potatoes using 1,3-dichloropropene; approach, experiences, and economics. *Journal of Nematology*, 45 (3): 202-213.
- Kinloch, R. A., 1990. "Screening for Resistance to Root-Knot Nematodes, 16-23". In: *Methods for Evaluating Plant Species for Resistance to Plant-Parasitic Nematodes* (Ed: Starr, J. L.). The Society of Nematologists, Hyattsville, 86 pp.
- Kirkegaard, J. A. & M. Sarwar, 1998. Biofumigation potential of brassicas- I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown Brassicas. *Plant Soil* 201 (1): 71-89.
- Kokalis-Burelle, N., D. M. Butler & E. N. Roskopf, 2013. Evaluation of cover crops with potential for use in anaerobic soil disinfestation (ASD) for susceptibility to three species of *Meloidogyne*. *Journal of Nematology*, 45 (4): 272-278.
- Kruger, D. H. M., J. C. Fourie & A. Malan, 2015. Control potential of Brassicaceae cover crops as green manure and their host status for *Meloidogyne javanica* and *Criconeoides xenoplax*. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 36 (1): 165-174.
- Liu, Z., T. Griffin & T. L. Kirkpatrick, 2014. Statistical and economic techniques for site-specific nematode management. *Journal of Nematology*, 46 (1): 12-17.
- Lopez-Perez, J. A., T. Roubtsova, M. C. Garcia & A. Ploeg, 2010. The potential of five winter-grown crops to reduce root-knot nematode damage and increase yield of tomato. *Journal of Nematology*, 42 (2): 120-127.
- McFadden, W., J. Potter & J. E. Brandle, 1992. Use of *Brassica* spp. as green manure for biological control of *Pratylenchus penetrans*. *Phytopathology*, 82 (2): 246.
- McSorley, R. & J. J. Frederick, 1995. Responses of some common Cruciferae to root-knot nematodes. *Journal of Nematology*, 27 (4S): 550-554.

- Melakeberhan, H., 2008. Nutrient use efficiency and precision management of nematodes-concepts and possibilities. *Nematologia Brasileira*, 32 (1): 1-12.
- Melakeberhan, H., A. Xu, A. Kravchenko, S. Mennan & E. Riga, 2006. Potential use of arugula (*Eruca sativa*) as a trap crop for *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, 8 (5): 793-799.
- Melakeberhan, H., S. Mennan, M. Ngouajio & T. Dudek, 2008. Effect of *Meloidogyne hapla* on multi-purpose use of oilseed radish (*Raphanus sativus*). *Nematology*, 10 (3): 375-379.
- Melakeberhan, H., D. Douches & W. Wang, 2012. Interactions of selected potato cultivars and populations of *Meloidogyne hapla* adapted to the Midwest U.S. soils. *Crop Science*, 52: 1132-1137.
- Mennan, S. & T. Kati, 2010. Bitki paraziti nematodlar ile mücadelede biofumigasyon. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25 (2):120-134.
- Mojtahedi, H., G. S. Santo, J. H. Wilson & A. N. Hang, 1993. Managing *Meloidogyne chitwoodi* on potato with rapeseed as green manure. *Plant Disease*, 77 (1): 42-46.
- Monfort, W. S., A. S. Csinos, J. Desaegeer, K. Seebold, T. M. Webster & J. C. Diaz-Perez, 2007. Evaluating *Brassica* species as an alternative control measure for root-knot nematode (*M. incognita*) in Georgia vegetable plasticulture. *Crop Protection*, 26 (9): 1359-1368.
- Morra, M. J. & J. A. Kirkegaard, 2002. Isothiocyanate release from soil-incorporated Brassica tissues. *Soil Biology and Biochemistry*, 34 (11): 1683-1690.
- Nyczepir, A. P. & S. H. Thomas, 2009. "Current and Future Management Strategies in Intensive Crop Production Systems, 412-443". In: *Root-Knot Nematodes* (Eds: Perry, R. N., M. Moens & J. L. Starr). CAB International, Wallingford, 488 pp.
- Pattison, A. B., C. Versteeg, S. Akiew & J. Kirkegaard, 2006. Resistance of Brassicaceae plants to root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in northern Australia. *International Journal of Pest Management*, 52 (1): 53-62.
- Ploeg, A. T. & J. J. Stapleton, 2001. Glasshouse studies on the effects of time, temperature and amendment of soil with broccoli plant residues on the infestation of melon plants by *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. *Nematology*, 3 (8): 855-861.
- Sasser, J. N., C. C. Carter & K. M. Hartman, 1984. Standardization of Host Suitability Studies and Reporting of Resistance to Root-Knot Nematodes. Cooperative Publication of The Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the United States Agency for International Development, Raleigh, North Carolina, U.S.A., 7 pp.
- Stirling, G. R. & A. M. Stirling, 2003. The potential of Brassica green manure crops for controlling root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on horticultural crops in a subtropical environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43 (6): 623-630.
- Taylor, A. L. & J. N. Sasser, 1978. Biology, Identification and Control of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.). A Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the United States Agency for International Development, Raleigh, NC, USA, North Carolina State University Graphics, 111 pp.
- Teklu, M. G., C. H. Schomaker & T. H. Been, 2014. Relative susceptibilities of five fodder radish varieties (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) to *Meloidogyne chitwoodi*. *Nematology*, 16 (5): 577-590.
- Zasada, I. A. & H. Ferris, 2004. Nematode suppression with brassicaceous amendments: Application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*, 36 (7): 1017-1024.