RISULTATI DELLA SPERIMENTAZIONE SU COLTURE ORTICOLE CON UN NUOVO NEMATOCIDA LIQUIDO A BASE DI ESTRATTO DI AGLIO

E. LADURNER, F. FIORENTINI, A. LUCCHI, M. PIERGIACOMI, M. BENUZZI
CBC (Europe) S.r.l. – Biogard Division, Area Tecnica
Via Calcinaro, 2085/int. 7, 47521 Cesena,
mbenuzzi@cbceurope.it

RIASSUNTO

Nemguard® SC è un nuovo nematocida liquido a base di un estratto di aglio altamente raffinato e contenente specifici composti polisolfurici ad attività nematocida. Si riportano le caratteristiche fisico-chimiche, tossicologiche ed ecotossicologiche del prodotto e i risultati delle prove effettuate negli anni 2015-17. In queste prove è stata valutata l'efficacia del prodotto commerciale, formulato in sospensione concentrata, nel contenere il danno da nematodi su diverse colture orticole a confronto con linee di difesa convenzionali di riferimento e un testimone non trattato. I risultati ottenuti su pomodoro e melone confermano l'efficacia di questo estratto vegetale come nematocida. Nemguard SC è facile da impiegare attraverso gli impianti di irrigazione, non lascia residui sulla produzione (LMR non richiesto) e può essere utilizzato sia da solo sia in strategia con nematocidi convenzionali e microbiologici. Le applicazioni dell'estratto vegetale sono perciò un valido strumento per la difesa delle colture e particolarmente adatti all'inserimento nei calendari di produzione integrata.

Parole chiave: estratto vegetale, danno radicale, difesa integrata, Nemguard SC

SUMMARY

EFFICACY OF A NEW NEMATICIDE BASED ON GARLIC EXTRACT FOR THE CONTROL OF ROOT-KNOT NEMATODES ON HORTICULTURAL CROPS

Nemguard® SC is a new liquid nematicide based on a highly refined garlic extract, containing fingerprinted polysulfides with nematicidal action. The physical, chemical, toxicological and eco-toxicological properties of the product and the results obtained in the trials conducted during 2015-17 are presented. The efficacy of the product formulated in concentrated suspension was evaluated in reducing the damage caused by nematodes on different horticultural crops in comparison to a conventional reference control strategy and an untreated check. The results obtained on tomato and melon confirm the efficacy of the plant extract as a nematicide. Nemguard SC is easy to use via drip irrigation, does not leave any residues on the produce (no MRL restrictions), and can be applied alone as well as in strategy with conventional and microbial nematicides. Applications of this plant extract can thus be considered a valuable crop protection tool, especially in integrated farming systems.

Keywords: plant extract, root damage, integrated pest management, Nemguard SC

INTRODUZIONE

I nematodi galligeni del genere *Meloidogyne* possono essere considerati tra i fitofagi più pericolosi per l'orticoltura di serra e pieno campo (Curto, 2012). Sono infatti i più diffusi a livello mondiale e sono caratterizzati da elevata polifagia. Le colture prevalentemente attaccate sono solanacee e cucurbitacee, ma sono soggette ad infestazioni anche insalate, sedano, prezzemolo, bietola, spinacio, fagiolo, ecc. (Di Silvestro e D'Ascenzo, 2012). Nelle coltivazioni di orticole in ambiente confinato le infestazioni di nematodi sono in grado di

limitare fortemente la produzione, fino al punto di azzerarla completamente, soprattutto nei cicli colturali che si svolgono o che cominciano durante il periodo estivo, quando le temperature del suolo consentono un rapido sviluppo del fitofago (Curto, 2012; Eder e Kiewnick, 2013). Negli ultimi anni, il problema del contenimento dei nematodi è andato progressivamente aumentando, in quanto molti prodotti utilizzati per la disinfestazione del suolo hanno subito sostanziali restrizioni applicative o addirittura il loro impiego è stato bandito; tra questi si ricorda l'esempio del bromuro di metile. Le nuove limitazioni hanno sostanzialmente ridotto il ventaglio di possibilità operative, con il risultato che pochi principi attivi ad azione nematocida sono rimasti a disposizione degli agricoltori. La ricerca di strategie e prodotti alternativi a quelli di sintesi è così divenuta una via quasi obbligata, anche grazie al supporto della Direttiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio sull'utilizzo sostenibile dei fitofarmaci (GU L 309/71 del 24.11.2009) (Benuzzi et al., 2006; Curto et al., 2012). Tra queste alternative, nella letteratura scientifica, già da tempo era stata ipotizzata l'applicazione di estratti vegetali; come anche l'estratto di aglio, noto per la produzione di diverse molecole biologicamente attive (Rose et al., 2005; Lanzotti, 2006), che da tempo suscitano grande interesse per la loro attività nematocida (Gupta e Sharma, 1993; Akhtar e Mahmood, 1994; Chitwood, 2002; Agbenin et al., 2005; Park et al., 2005).

Queste sostanze vengono sintetizzate dalla pianta stessa come reazione agli attacchi da parte di agenti biotici; infatti in seguito al danneggiamento dei tessuti dell'aglio si originano molecole solforate volatili (solfossidi), che conferiscono il caratteristico odore pungente dell'aglio (Bonamassa, 2010). L'allicina è il composto solforganico principale dell'aglio ed è localizzata nel citoplasma delle cellule vegetali. Nel caso in cui i tessuti della pianta vengano danneggiati meccanicamente o da qualche fattore biotico, dai tessuti attaccati, grazie ad un'azione enzimatica, si scatena una reazione che dall'allicina produce prima acidi sulfenici, i quali condensandosi danno poi origine a tiosulfinati; si tratta però di molecole altamente instabili che a loro volta si convertono in una grande varietà di composti, tra cui alcuni composti polisolfurici (Anwar, 2009; Bonamassa, 2010). Fra le tante molecole di questo gruppo i di-allyl-trisulfidi (DATS) e di-allyl-tetrasulfidi (DATTS) sono state individuate come quelle con maggiore attività contro i nematodi (Block, 1992; Muenchberg et al., 2007). La società inglese ECOspray Ltd (Suffolk, UK) ha sviluppato un processo di estrazione, stabilizzazione e concentrazione delle sostanze biologicamente attive (composti polisolfurici) dall'aglio. Queste sono poi state formulate in due prodotti ad azione nematocida, soggetti ad un rigoroso controllo della qualità.

Essi si basano su un principio attivo, che contiene composti polisolfurici identificati e protetti da brevetto. L'estratto di aglio di ECOspray è stato incluso in Allegato 1 della Direttiva 91/414/CE (rif. Direttiva 2008/127/CE) il 1/9/2009. In Italia è stato dapprima registrato il formulato granulare Nemguard® Granules (Registrazione N°16086 del 3/10/2014), contenente il 45% di estratto di aglio (Ladurner et al., 2014); La registrazione è stata ottenuta anche in altri paesi, tra cui Gran Bretagna, Irlanda, Spagna, Francia, Grecia, Cipro, Marocco e Turchia. Il secondo prodotto (Nemguard® SC) è invece un formulato liquido, che ha il vantaggio di poter essere impiegato tramite impianto di irrigazione ad ala gocciolante o manichetta anche durante il ciclo colturale, per cui si adatta molto bene alle applicazioni in coltura protetta; Nemguard SC ha ottenuto la registrazione in Italia N°16742 del 11/7/2017 su pomodoro, peperone, melanzana, cetriolo, zucchino, zucca, cocomero e melone, sia in serra che in pieno campo. E' in corso il processo di mutuo riconoscimento negli altri Paesi della zona Sud-Europa.

Formulazione:
Nematocida in formulazione liquida (SC), contenente 100 g/kg di estratto d'aglio (purezza ≥ 99,5 %) per trattamenti al terreno.

Proprietà chimiche e chimico-fisiche:
Stato fisico: liquido marrone scuro, con odore caratteristico di aglio.
Esplosività: non esplosivo (calcolo).
Proprietà ossidanti: nessuna (calcolo).
Temperatura di autoaccensione: nessuna autoaccensione osservata fino a 388 °C (EEC A.15).
Infiammabilità: nessun punto di infiammabilità, ebollizione a 103 °C (EEC A.9).
pH: 5,5-6,0 (CIPAC MT 75,3).
Densità: 1,28 kg/l (EEC A.3).
Viscosità: 600-800 mPa.s (OECD 114).
Tensione superficiale: 41,5 ± 0,0 mN/m (EEC A.9).
Stabilità: conservare il prodotto nell'imballo originale, in un luogo fresco e asciutto. Proteggere dal gelo. A temperatura ambiente il prodotto ha una stabilità garantita di almeno 2 anni.

Caratteristiche tossicologiche:

Irritazione cutanea coniglio: non irritante (OECD 404).
Irritazione oculare coniglio: non irritante (OECD 404).
Sensibilizzazione cutanea cavia: sensibilizzante (OECD 429) – classificato CLP: Skin Sens., 1 - H317: Può provocare una reazione allergica cutanea.

Caratteristiche ecotossicologiche
Trota arcobaleno – *Oncorhynchus mykiss* (LC_{50}, 96 h) > 19,64 mg/L (OECD 203).
Dafnia – *Daphnia magna* (EC_{50}, 48 h) > 9,3 mg/L (OECD 202).
Alga - *Pseudokirchneriella subcapitata* (EC_{50}, 72 h) > 57,4 mg/L (OECD 201).

Comportamento nell'ambiente
La sostanza attiva (estratto d'aglio) del formulato Nemguard SC non presenta alcun rischio per l'ambiente negli usi previsti in agricoltura nelle condizioni di Buona Pratica Agricola, e deve essere considerato privo di effetti avversi a carico degli organismi normalmente presenti negli ecosistemi agricoli, quali uccelli, mammiferi, lombrichi e altri organismi non bersaglio nonché artropodi utili e microrganismi non bersaglio presenti nel suolo.

Nel presente lavoro sono descritte quattro prove sperimentali che fanno parte del dossier biologico di registrazione.

MATERIALI E METODI

Due prove sono state condotte su pomodoro da mensa e due su melone negli anni 2015, 2016 e 2017 in diverse località (Ispica e Maccarese per il pomodoro e Licata e Vittoria per il melone). Nemguard SC è stato dapprima saggiato a diversi dosaggi e poi anche in strategia di produzione integrata in combinazione con il formulato granulare (Nemguard Granules) e altri nematocidi di sintesi, sempre a confronto con un testimone non trattato e una strategia chimica di riferimento. In tutte le prove Nemguard SC è stato distribuito al terreno tramite impianto di fertirrigazione appositamente adattato parcella per parcella con adeguati volumi di bagnatura.

I dettagli sulle tesi a confronto nelle diverse prove sono riassunti in tabella 1. In tutte le prove è stato realizzato un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con quattro ripetizioni (prova 1, 2 e 4) e sei ripetizioni (prova 3) per tesi.

Tabella 1. Tesi a confronto nelle diverse prove (Testimone n.t.=Testimone non trattato), dosaggi saggiati e date d'intervento

Prova 1. Anno 2015-16 – Prova su pomodoro da mensa cv Malawi F1, loc. Maccarese (Roma)					
Tesi	Principio attivo (p.a.)	Conc. p.a. (%)	Prodotto commerciale	Dose/ha	Date intervento (gg/mm/aa)
1	Estratto di aglio	99,5	Nemguard SC	2 L	A, B, C, D, E, F
2	Estratto di aglio	99,5	Nemguard SC	3 L	A, B, C, D, E, F
3	Estratto di aglio	99,5	Nemguard SC	4 L	A, B, C, D, E, F
4	Oxamyl Oxamyl Iprodione	10 10 40,3	Vydate 10 L Vydate 10 L Devguard 500 SC	20 L 10 L 2 L	A B C, D, E, F
5	Testimone n.t.	-	-	-	-

Trapianto12/10/2015. Date trattamenti: A=14/10/2015; B=26/10/2015; C=11/11/2015; D=25/11/2015; E=9/12/2015; F=23/12/2015

Prova 2. Anno 2016-2017 - Prova su pomodoro da mensa cv Giuggiolo F1, loc. Ispica (RG)					
1	Estratto di aglio	99,5	Nemguard SC	4 L	B, C, E, G, I, K
2	Estratto di aglio Estratto di aglio	45 99,5	Nemguard GR Nemguard SC	25 kg 4 L	B D, F, H, J, L
3	Fosthiazate Estratto di aglio	15 99,5	Nemathorin 150 EC Nemguard SC	10 L 4 L	A C, E, G, I, K
4	Fosthiazate Oxamyl Fluopyram	15 9,6 34,4	Nemathorin150 EC Nemadate Velum Prime	10 L 10 L 0,625 L	A C G, K
5	Testimone n. t.	-	-	-	-

Trapianto 9/9/2016. Date trattamenti: A=3/9/2016; B=9/9/2016; C=23/9/2016; D=30/9/2016; E=7/10/2016; F=14/10/2016; G=21/10/2016; H=28/10/2016; I=4/11/2016; J=11/11/2016; K=18/11/2016; L=25/11/2016

Prova 3. Anno 2015 - Prova su melone cv Egnazio, loc. Vittoria (RG)					
1	Estratto di aglio	99,5	Nemguard SC	2 L	A, B, C, D, E
2	Estratto di aglio	99,5	Nemguard SC	4 L	A, B, C, D, E
3	Estratto di aglio Estratto di aglio	99,5 99,5	Nemguard SC Nemguard SC	6 L 2 L	A B, C, D, E
4	Oxamyl Iprodione	10 40,3	Vydate 10 L Devguard 500 SC	20 L 2 L	A B, C, D, E
5	Testimone n. t.	-	-	-	-

Trapianto 15/4/2015. Date trattamenti: A=16/4/2015; B= 29/4/2015; C=14/5/2015; D=27/5/2015; E=10/6/2015

Prova 4. Anno 2017 – Prova su melone cv Proteo, loc. Licata (AG)					
1	Estratto di aglio	99,5	Nemguard SC	4 L	ABDFHJ
2	Estratto di aglio	45 99,5	Nemguard GR Nemguard SC	25 kg 4 L	A C, E, G, I
3	Fenamifos Estratto di aglio	23,1 99,5	Nemacur 240 CS Nemguard SC	42 L 4 L	A C, E, G, I
4	Fenamifos Fluopyram	23,1 34,4	Nemacur 240 CS Velum Prime	42 L 0,625 L	A C, G
5	Testimone n. t.	-	-	-	-

Trapianto 10/2/2017. Date trattamenti: A=10/2/2017; B=24/2/2017; C=3/3/2017; D=9/3/2017; E=17/3/2017; F=24/3/2017; G=31/3/2017; H=6/4/2017; I=12/4/2017; J=21/4/2017

La prova 1 su pomodoro in serra è stata condotta da GZ (Centro di Saggio); in questa sperimentazione Nemguard SC è stato valutato a tre diversi dosaggi (rispettivamente 2, 3 e 4 L/ha) impiegati ogni due settimane e posti a confronto con una strategia chimica di riferimento e un testimone non trattato. Ogni parcella misurava 15 m^2 con sesto di impianto di 150 X 20 cm. Sono stati eseguiti rilevamenti solo dell'attacco sulle radici tramite l'indice di danno radicale (0-10), di seguito indicato come RGS (= Root Galling Severity) (Zeck, 1971; Di Vito et al., 1979). Il rilevamento finale è stato condotto 73 giorni dopo la prima applicazione sulle cinque piante centrali di ogni parcella.

La prova 2 su pomodoro in serra è stata condotta da SATA (Centro di Saggio); nella sperimentazione Nemguard SC è stato valutato al dosaggio di 4 L/ha da solo, in strategia con un primo trattamento pre-trapianto di Nemguard Granules o di fosthiazate, posti a confronto con una strategia chimica di riferimento e un testimone non trattato. Ogni parcella misurava 11,2 m^2 con sesto di impianto di 100 x 35 cm. Sono stati eseguiti rilevamenti dell'attacco sulle radici (RGS) e sulla produzione; il rilevamento finale è stato condotto il 24/1/2017 sulle 10 piante centrali di ogni parcella, 137 giorni dopo la prima applicazione.

La prova 3 su melone in serra è stata condotta dal Agrigeos (Centro di saggio); nella sperimentazione Nemguard SC è stato valutato a 2 diversi dosaggi (rispettivamente a 2 e 4 L/ha), e in una diversa strategia applicativa (primo trattamento a 6 L/ha e i seguenti a 2 L/ha), posti a confronto con una strategia chimica di riferimento e un testimone non trattato. Ogni parcella misurava 12 m^2 con sesto di impianto di 100 x 80 cm. Sono stati eseguiti rilevamenti dell'attacco sulle radici (RGS) e sulla produzione; il rilevamento finale è stato condotto il 2/7/2015 sulle 10 piante centrali di ogni parcella, 78 giorni dopo la prima applicazione.

La prova 4 su melone in serra è stata condotta da SATA (Centro di Saggio); nella sperimentazione Nemguard SC è stato valutato al dosaggio di 4 L/ha da solo, in strategia con un primo trattamento pre-trapianto di Nemguard Granules o di fenamifos, posti a confronto con una strategia chimica di riferimento e un testimone non trattato. Ogni parcella misurava 20 m^2 con sesto di impianto di 125 x 90 cm. Sono stati eseguiti rilevamenti dell'attacco sulle radici (RGS) e sulla produzione; il rilevamento finale è stato condotto il 24/5/2017 sulle otto piante centrali di ogni parcella, 103 giorni dopo la prima applicazione.

Le prove svolte nel 2015 (prove 1 e 3) sono state indirizzate soprattutto per una conferma del minimo dosaggio efficace, mentre le prove 2 e 4 (eseguite nel 2016-17) hanno avuto come obbiettivo l'inserimento di Nemguard SC in una strategia integrata.

I parametri registrati nelle varie prove nelle diverse tesi sono stati confrontati tramite analisi della varianza (Anova a una via), seguita da Test di Tukey (prova 1) o Student-Newman-Keuls test (prove 2, 3 e 4).

RISULTATI

I risultati ottenuti nelle diverse prove sono riassunti in tabella 2.

Su tutte le colture, l'applicazione di Nemguard SC ha sempre portato ad una riduzione del danno causato alle radici dai nematodi rispetto al testimone non trattato (vedi indice di danno radicale RGS). La produzione commerciale ne ha sempre tratto beneficio sia in termini qualitativi che quantitativi.

Il nuovo nematocida ha inoltre mostrato una ottima selettività verso le tutte colture; in nessun caso si sono riscontrati sintomi di fitotossicità.

Tabella 2. Risultati ottenuti nelle diverse sperimentazioni alla raccolta nelle diverse tesi a confronto

Prova 1. Pomodoro da mensa cv Malawi F1, loc. Maccarese (Roma): rilievo del 8/1/2016		
Tesi	Prodotto/principio attivo	RGS (al rilevamento finale)
1	Nemguard SC (2 L/ha)	4,7 a*
2	Nemguard SC (3 L/ha)	3,4 b
3	Nemguard SC (4 L/ha)	1,8 c
4	Oxamyl (2 trattamenti) Iprodione (4 trattamenti)	1,2 c
5	Testimone n. t.	5,8 a

Prova 2. Pomodoro da mensa cv Giuggiolo F1, loc.Ispica (RG): rilievo del 24/1/2017				
Tesi	Prodotto/principio attivo	RGS	Raccolta (kg/ha)	Raccolta cumulativa (kg/ha)
1	Nemguard SC (4 L/ha)	2,8 b*	7464,3 a	46482,1 ab
2	Nemguard GR (25 kg/ha) Nemguard SC (4 L/ha)	2,1 b	7321,4 a	47727,7 ab
3	Fosthiazate (10 L/ha) Nemguard SC (4 L/ha)	2,3 b	8071,4 a	50571,4 ab
4	Fosthiazate (10 L/ha) Oxamyl (10 L/ha) Fluopyram (0,625L/ha)	1,8 b	8067,0 a	52210,3 a
5	Testimone n. t.	4,0 a	5995,5 b	43178,5 b

Prova 3. Melone cv Egnazio, loc.Vittoria (RG): rilevamento del 2/7/2015				
Tesi	Prodotto/principio attivo	RGS	Produzione vendibile (kg/parcella)	Raccolta cumulativa della produzione vendibile (kg/parcella)
1	Nemguard SC (2 L/ha)	4,27 b*	8,3 ab	18,0 a
2	Nemguard SC (4 L/ha)	2,83 b	12,9 a	25,2 a
3	Nemguard SC (6 L/ha) + Nemguard SC (2L/ha)	3,46 b	10,2 ab	21,4 a
4	Oxamyl (1 tratt.) Iprodione (4 tratt.)	3,28 b	8,1 ab	17,5 a
5	Testimone n. t.	6,76 a	7,3 b	15,2 a

Prova 4. Melone cv Proteo, loc. Licata (AG): rilevamento del 24/5/2017				
Tesi	Prodotto/principio attivo	RGS	Produzione media/parcella (kg/ha)	Produzione vendibile cumulativa (kg/ha)
1	Nemguard SC (4 L/ha)	3,4 b*	75,3 bc	37649,1 bc
2	Nemguard GR (25kg/ha) + Nemguard SC (4L/ha)	2,7 b	89,2 a	44603,8 a
3	Fenamifos (1 tratt.) NEMguard SC (4 L/ha)	2,7 b	84,1 ab	42058,8 ab
4	Fenamifos (1 tratt.) Fluopyram (2 tratt.)	3,1 b	87,3 a	43628,1 a
5	Testimone n.t.	5,1 a	71,7 c	35856,3 c

(*) Per ciascuna prova, lettere diverse all'interno della stessa colonna indicano differenze statisticamente significative (test per separazione medie: $p \leq 0,05$).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti risulta chiaramente una buona efficacia del formulato a base di estratto di aglio nel contenere il danno da nematodi su colture orticole; grazie alla possibilità di ripetere ogni due settimane il trattamento con Nemguard SC (per un massimo di sei interventi per ciclo colturale) si può coprire un periodo molto lungo del ciclo di coltivazione. Sia su pomodoro che melone il dosaggio di Nemguard SC che risulta più affidabile è stato quello a 4 L/ha rispetto a dosaggi inferiori. In alcune prove, come ad esempio la n. 2, non si sono osservate differenze statisticamente significative della raccolta cumulativa tra il prodotto Nemguard SC e il Testimone non trattato; questo è probabilmente da imputare al lungo periodo intercorso tra le ultime applicazioni di prodotti nematocidi e il rilevamento (67 giorni nel caso della prova n. 2). Le prove 1 e 3 sono esemplificative del dossier biologico di efficacia e mostrano la miglior attività del dosaggio a 4 L/ha, ma confermano anche una accettabile livello di contenimento a dosaggi più bassi, che possono trovare applicazione nei periodi a ridotto rischio di attacco. Infatti il dosaggio di etichetta è stato fissato nell'intervallo 2-4 L/ha. Le prove 2 e 4 dimostrano invece come Nemguard SC possa essere poi vantaggiosamente applicato in una strategia di difesa integrata; infatti dalle prove 2 e 4 si può notare una sufficiente azione di controllo dei nematodi quando il prodotto è applicato da solo, mentre quando Nemguard SC viene impiegato a seguito di trattamenti abbattenti al trapianto (sia con Nemguard Granules che nematocidi di sintesi) si ottengono migliori livelli di controllo. Questo permette di proteggere le colture per l'intero ciclo colturale, senza incorrere in problemi di residui indesiderati, su colture orticole che hanno brevi intervalli tra una raccolta e l'altra per diversi mesi.

I risultati ottenuti nelle prove riportate e in numerose altre prove sperimentali (Anwar et al., 2009) dimostrano come il nematocida Nemguard SC costituisca uno strumento valido ed efficace per il contenimento dei nematodi dannosi alle colture orticole sia in serra che in pieno campo. Tra i maggiori vantaggi legati all'uso del prodotto a base di estratto di aglio va citata la sua efficacia, la sua attività prolungata nel tempo, il suo facile impiego (può essere applicato tramite impianto di fertirrigazione), la possibilità di inserimento in strategie di difesa integrata, e l'assenza di residui nella produzione, in quanto non è richiesto alcun Limite Massimo di Residuo. Inoltre, in considerazione anche del limitato numero di nematocidi attualmente disponibili e del modo di azione di Nemguard SC, il prodotto se opportunamente impiegato in alternanza con altri principi attivi, potrebbe ridurre anche il rischio di sviluppo di popolazioni resistenti di nematodi alle molecole di sintesi.

LAVORI CITATI

Agbenin N. O., Emechebe A. M., Marley P. S., Akpa A. D., 2005. Evaluation of nematicidal action of some botanicals on *Meloidogyne incognita* in vivo and in vitro. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 106(1), 29-39.

Akhtar M., Mahmood I., 1994. Potentiality of phytochemicals in nematode control: a review. *Bioresource Technology*, 48, 189-201.

Anwar I. A., 2009. Natural polysulfides – Reactive sulfur species from *Allium* with applications in medicine and agriculture. *Dissertation zur Erlangung des Grades des Doktors der Naturwissenschaften der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III (Chemie, Pharmazie, Bio- und Werkstoffwissenschaften) der Universität des Saarlandes*, Saarbrűcken, Germany, 144 pp.

Anwar I. A., Groom M., Sadler-Bridge D., 2009. Garlic – from Nature's ancient food to nematicide. *Pesticides News*, 84, 18-20.

Benuzzi B., Ladurner E., Fiorentini F., 2006. BioAct WG, nuovo nematocida a base di *Paecilomyces lilacinus*. Atti *Incontri Fitooiatrici*, 43-46.

Block E., 1992. The organosulfur chemistry of the genus *Allium* – implications for the organic chemistry of sulfur. *Angewandte Chemie* International Edition in English, 31(9), 1135-1178.

Bonamassa B., 2010. Manipolazione del metabolismo degli xenobiotici da frutta convenzionale ed attività chemiopreventiva. *Tesi di Dottorato di Ricerca in Farmacologia e Tossicologia, XXII Ciclo,* Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Bologna, Italia, 316 pp.

Chitwood D. J., 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 221-249.

Curto G., 2012. Nematodi orticoli: quali danni e come riconoscerli. *L'Informatore Agrario*, 19, 46-48.

Curto G., Santi R., Dallavalle E., 2012. Lotta ai nematodi con prodotti microbiologici e fitostimolanti. *L'Informatore Agrario*, 19, 57-60.

Di Vito M., Lamberti F., Carrella A., 1979. La resistenza del pomodoro nei confronti dei nematodi galligeni: prospettive e possibilità. *Rivista di Agronomia*, 13, 313-322.

Di Silvestro D., D'Ascenzo D., 2012. I prodotti registrati contro i nematodi delle orticole. *L'Informatore Agrario*, 19, 51-54.

Eder R., Kiewnick S., 2013. Merkblatt / Nematodenschäden an Karotten. Kompetenzzentrum Nematologie, Editore Agroscope, Wädenswil, Switzerland, 5 pp. http://www.agroscope.ch

Gupta R., Sharma N. K., 1993. A study of the nematicidal activity of allicin – an active principle in garlic, *Allium sativum* L., against root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949. *International Journal of Pest Management*, 39, 390-392.

Ladurner E., Benuzzi M., Fiorentini F., Lucchi A., 2014. Nemguard® Granules, nuovo nematocida a base di estratto di aglio, contro i nematodi galligeni delle colture orticole. Atti *Giornate Fitopatologiche* 1, 301-308

Lanzotti V., 2006. The analysis of onion and garlic. *Journal of Chromatography A*, 1112(1-2), 3-22

Muenchberg U., Anwar A., Mecklenburg S., Jacob C., 2007. Polysulfides as biologically active ingredients of garlic. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 5(10), 1505-1518.

Park I.-K., Park J.-Y., Kim K.-H., Choi K.-S., Choi I.-H., Kim C.-S., Shin S.-C., 2005. Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology*, 7(5), 767-774.

Rose P., Whiteman M., Moore P. K., 2005. Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus *Allium*: the chemistry of potential therapeutic agents. *Natural Products Report*, 22(3), 351-368.

Zeck W. M., 1971. A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. *Pflanzenschutz-Nachrichten*, 24(1), 141-144.