

NEMGUARD® GRANULES, NUOVO NEMATOCIDA A BASE DI ESTRATTO DI AGLIO, CONTRO I NEMATODI GALLIGENI DELLE COLTURE ORTICOLE

E. LADURNER¹, M. BENUZZI¹, F. FIORENTINI¹, A. LUCCHI¹

¹ Area Tecnica Biogard, Division di CBC (Europe) S.r.l., via Calcinaro 2085 int.7
47521 Cesena (FC)
eladurner@cbceurope.it

RIASSUNTO

NemGuard® Granules è un nuovo nematocida a base di un estratto di aglio altamente raffinato e contenente specifici polisolfidi ad attività nematocida. Si riportano le caratteristiche fisicochimiche, tossicologiche ed ecotossicologiche del prodotto e i risultati delle prove effettuate nel triennio 2009-11. In queste prove si è valutata l'efficacia del prodotto commerciale, formulato in granuli con tecnologia innovativa, 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 carota, pomodoro, lattuga e melone confermano l'efficacia di questo estratto vegetale come nematocida ed evidenziano la sua attività prolungata nel tempo. NemGuard Granules è facile da impiegare, non lascia residui sulla produzione (LMR non richiesto) e può essere utilizzato sia da solo sia in combinazione a 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, orticoltura, difesa integrata

SUMMARY

EFFICACY OF NEMGUARD® GRANULES, A NEW NEMATOCIDE BASED ON GARLIC EXTRACT FOR THE CONTROL OF ROOT-KNOT NEMATODES ON HORTICULTURAL CROPS

NemGuard® Granules is a new nematocida based on a highly refined garlic extract containing fingerprinted polysulfides with nematocidal action. The physico-chemical, toxicological and ecotoxicological properties of the product and the results obtained in the trials conducted during 2009 through 2011 are presented. In these trials, the efficacy of the product, formulated in granules with innovative granulation technology, in reducing the damage caused by nematodes was evaluated on different horticultural crops in comparison to a conventional reference control strategy and an untreated control. The results obtained on carrot, tomato, lettuce, and melon confirm the efficacy of this plant extract as a nematocida, and show its prolonged activity over the time. NemGuard Granules is easy to use, does not leave any residues on the produce (no MRL restrictions), and can be applied by itself as well as in combination with conventional and microbial nematocides. Applications of this plant extract can thus be considered a valuable crop protection tool, especially in integrated farming systems.

Keywords: plant extract, root damage, horticulture, integrated pest management

INTRODUZIONE

I nematodi più pericolosi per l'orticoltura di serra e pieno campo sono i nematodi galligeni del genere *Meloidogyne* (Curto, 2012). Essi sono i più diffusi a livello mondiale e sono caratterizzati da elevata polifagia. Infatti, possono attaccare solanacee e cucurbitacee, ma anche insalate, sedano, prezzemolo, bietola, spinacio, fagiolo, ecc. (Di Silvestro e D'Ascenzo,

2012). In Italia anche i nematodi cisticoli dei generi *Heterodera* e *Globodera* possono causare gravi danni alle colture orticole, ma sono considerati meno pericolosi, in quanto caratterizzati dall'aver una gamma di piante ospiti più ristretta e quindi presenti soltanto in alcune zone del territorio o da essere addirittura specifici come *H. carotae*, in grado di causare danni quasi esclusivamente su carota (Curto, 2012; Di Silvestro e D'Ascenzo, 2012). Meno frequentemente si possono verificare anche attacchi da parte di nematodi dei bulbi e degli steli (per es. *Ditylenchus dipsaci*) (Curto, 2012; Di Silvestro e D'Ascenzo, 2012).

Su colture orticole gli attacchi da parte di nematodi possono portare anche alla perdita completa della produzione (Curto, 2012; Eder e Kiewnick, 2013). L'eliminazione del bromuro di metile, il profilo tossicologico ed ecotossicologico poco favorevole della maggior parte dei nematocidi chimici, le recenti restrizioni sul loro impiego, e la Direttiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio sull'utilizzo sostenibile dei fitofarmaci (GU L 309/71 del 24.11.2009) hanno indirizzato le ricerche già da tempo verso alternative sostenibili per la difesa dai nematodi (Benuzzi *et al.*, 2006; Curto *et al.*, 2012). Gli estratti vegetali, tra cui anche quello di aglio noto per contenere numerose sostanze biologicamente attive (Rose *et al.*, 2005; Lanzotti, 2006), 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).

In seguito al danneggiamento dei tessuti dell'aglio si originano molecole volatili, che prendono il nome di composti solfororganici (solfossidi), responsabili tra l'altro anche dell'odore pungente dell'aglio (Bonamassa, 2010). L'allicina è il composto solfororganico principale dell'aglio ed è localizzata nel citoplasma delle cellule vegetali. Quando, in seguito al danneggiamento dei tessuti, i solfossidi vengono sottoposti ad azione enzimatica, essi sono convertiti in intermedi acidi sulfenici che, condensando, danno origine ai tiosulfinati, molecole instabili che, a loro volta in seguito a riarrangiamenti, danno origine a una grande varietà di composti, tra cui i polisolfidi (Anwar, 2009; Bonamassa, 2010). Fra le tante molecole identificate, i di-allyl-trisolfidi (DATS) e di-allyl-tetrasolfidi (DATTS) sono state individuate come quelle con maggiore attività contro i nematodi (Block, 1992; Muenchberg *et al.*, 2007).

EcoSpray Ltd (Suffolk, UK) ha sviluppato un sistema di controllo di qualità per questo complesso estratto vegetale ed è riuscita ad ottenere un principio attivo altamente raffinato, concentrato e stabile, che contiene polisolfidi identificati e protetti da brevetto. L'estratto di aglio di ECOspray è stato incluso in Allegato I della Direttiva 91/414/CE (rif. Direttiva 2008/127/CE) nel 2008. Il prodotto commerciale, NemGuard Granules, contenente il 45% di questo estratto, formulato in granuli con tecnologia innovativa, è già registrato come nematocida in UK, Irlanda e Turchia, ed è in corso di registrazione anche in Italia (titolare AIC/distributore: CBC (Europe) S.r.l. – Biogard Division). E' stata richiesta la registrazione per l'utilizzo su ortive diverse (carota, pomodoro, peperone, melanzana, cucurbitacee, lattuga e simili) per il controllo delle specie di nematodi fitoparassite più dannose alla orticoltura sul territorio nazionale.

Formulazione:

Nematocida in formulazione granulare (GR), contenente 450 g/kg di estratto d'aglio (purezza $\geq 99.9\%$) per trattamenti al terreno.

Proprietà chimiche e chimico-fisiche:

Stato fisico: solido (granulo) marrone chiaro, con odore caratteristico di aglio

Esplosività: non esplosivo (ASTM E537-02)

Proprietà ossidanti: nessuna (92/69/CEE, A.17)

Temperatura di autoaccensione: non infiammabile spontaneamente (92/69/CEE, A.10).
Infiammabilità: non infiammabile (92/69/CEE, A.16)
pH: 6,19 (CIPAC MT 75.3)
Densità relativa e densità apparente: 0,651-0,676 g/ml (CIPAC MT 159)
Distribuzione granulometrica delle particelle: 3,35 mm – 1,75 mm (CIPAC MT 58.2)
Contenuto di polvere: < 1 % - “nearly dust free” (CIPAC MT 171)
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 1 anno.

Caratteristiche tossicologiche:

Irritazione cutanea coniglio: leggero effetto irritante (Xi – R38)
Irritazione oculare coniglio: non irritante
Sensibilizzazione cutanea cavia: non sensibilizzante

Caratteristiche ecotossicologiche e comportamento nell’ambiente:

Caratteristiche ecotossicologiche

Trota arcobaleno – <i>Oncorhynchus mykiss</i> (CL50, 96 h)	> 19,64 mg/L
Dafnia – <i>Daphnia magna</i> (EC50, 48 h)	> 9,3 mg/L
Alga - <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> (EC50, 72 h)	> 27,4 mg/L

Comportamento nell’ambiente

La sostanza attiva (estratto d’aglio) del formulato NemGuard Granules, 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 si raccolgono prove sperimentali eseguite in Italia che dimostrano l’efficacia di NemGuard Granules applicato al trapianto o alla semina nel contenimento di nematodi su pomodoro, melone, lattuga e carota.

MATERIALI E METODI

Le prove su pomodoro da mensa (cv Ikram) e melone (cv Cabrera), entrambi coltivati in serra, sono state condotte da Agrigeos Srl (Centro di Saggio) nel 2008-09 in provincia di Ragusa (rispettivamente a Santa Croce Camerina e Vittoria). NemGuard Granules è stato saggiato al dosaggio di 20 kg/ha su pomodoro e rispettivamente a 20 e 25 kg/ha su melone, e confrontato con un prodotto di riferimento chimico e un testimone non trattato. In entrambe le prove, il prodotto a base di estratto di aglio è stato distribuito al terreno al trapianto (14 ottobre 2008 per pomodoro, 4 maggio 2009 per melone), mentre per il riferimento chimico sono state eseguite due applicazioni, la prima ca. una settimana prima del trapianto e la seconda al trapianto.

Le prove su lattuga (cv Nissena) e carota (cv Romance F1) sono state realizzate entrambe in pieno campo da G.Z. Srl (Centro di Saggio) nel 2011, sempre in provincia di Ragusa (rispettivamente a Ispica e Vittoria). Anche in queste prove Nemguard Granules è stato applicato al trapianto/alla semina (7 novembre 2011 per lattuga, 17 settembre 2011 per carota). Il prodotto è stato saggiato a 3 dosaggi diversi (rispettivamente a 15, 20 e 25 kg/ha),

sempre a confronto con un prodotto di riferimento, registrato sulla coltura e applicato secondo le indicazioni riportate in etichetta, e un testimone non trattato.

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 4 ripetizioni per tesi.

Tabella 1. Tesi a confronto nelle diverse prove (Testimone n.t.=Testimone non trattato), dosaggi saggiati e date di intervento.

Tesi	Principio attivo (p.a.)	Conc. p.a. (%)	Prodotto commerciale	Dose/ha	Data intervento
Anno 2008-09 – Prova su pomodoro da mensa cv Ikram					
1	Estratto di aglio	45,0	NemGuard Granules	20,0 kg	14/10/2008
2	Fenamifos	23,1	Nemacur 240 CS	21,0 L 21,0 L	6/10/2008 14/10/2008
3	Testimone n.t.	-	-	-	-
Anno 2009 - Prova su melone cv Cabrera					
1	Estratto di aglio	45,0	NemGuard Granules	20,0 kg	4/5/2009
2	Estratto di aglio	45,0	NemGuard Granules	25,0 kg	4/5/2009
3	Fenamifos	23,1	Nemacur 240 CS	31,0 L 11,0 L	28/4/2009 4/5/2009
4	Testimone n. t.	-	-	-	-
Anno 2011 - Prova su lattuga cv Nissena					
1	Estratto di aglio	45,0	NemGuard Granules	15,0 kg	7/11/2011
2	Estratto di aglio	45,0	NemGuard Granules	20,0 kg	7/11/2011
3	Estratto di aglio	45,0	NemGuard Granules	25,0 kg	7/11/2011
4	Azadiractina	1,0	NeemAzal-T/S	7,0 L 7,0 L 7,0 L	7/11/2011 21/11/2011 6/12/2011
5	Testimone n. t.	-	-	-	-
Anno 2011 – Prova su carota cv Romance F1					
1	Estratto di aglio	45,0	NemGuard Granules	15,0 kg	17/9/2011
2	Estratto di aglio	45,0	NemGuard Granules	20,0 kg	17/9/2011
3	Estratto di aglio	45,0	NemGuard Granules	25,0 kg	17/9/2011
4	Oxamyl	5,0	Vydate 5 G	50,0 kg	17/9/2011
5	Testimone n. t.	-	-	-	-

Per stimare il danno causato dai nematodi, in tutte le prove sono stati eseguiti rilievi inerenti la produzione. Su pomodoro e melone, durante tutto il periodo di raccolta (dal 17 febbraio al 18 maggio 2009 per il pomodoro, e dal 15 luglio al 16 agosto 2009 per il melone), i frutti maturi presenti sulle 6 piante centrali di ogni parcella (dimensione parcella: 20 m² per pomodoro, 24 m² per melone), sono stati contati e pesati per determinare la produzione totale (kg/pianta) e il peso medio dei frutti (g/frutto). Nella prova su lattuga (raccolta: 13 gennaio 2012) per ciascuna parcella da 100 cespi è stata stimata la percentuale di copertura del terreno con cespi di lattuga ed è stata calcolata la percentuale di cespi con danno da nematodi sulle radici. Su carota, invece, si è determinata la produzione totale e la percentuale di carote danneggiate da nematodi su una superficie di 1 m² per parcella (dimensione parcella: 10 m²).

Nelle prove su pomodoro, melone e lattuga è stato stimato anche l'indice di danno radicale, di seguito indicato come RGS (= Root Gallings Severity) (Zeck, 1971; Di Vito *et al.*, 1979). Al termine del ciclo produttivo le piante sono state estirpate ed è stato valutato l'indice di danno radicale secondo una scala da 0 (=assenza di galle) a 5 (=apparato radicale completamente deformato) su pomodoro e lattuga (Di Vito *et al.*, 1979). Su melone l'indice di danno radicale è stato determinato utilizzando una scala da 0 a 100, con 0=assenza di galle e 100=massima infestazione (Zeck, 1971).

I parametri registrati nelle varie prove nelle diverse tesi sono stati confrontati tramite analisi della varianza (Anova a una via), seguita dal test di Student-Newman-Keul (prove su lattuga e carota) o dal test LSD (prove su pomodoro e melone) per la separazione delle medie.

RISULTATI

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

Su tutte le colture, l'applicazione di NemGuard Granules ha sempre portato ad una riduzione notevole del danno causato alle radici dai nematodi rispetto al testimone non trattato (vedi indice di danno radicale, RGS, per pomodoro, melone e lattuga e % totale di carote danneggiate per carota). Questa riduzione del danno alle radici si è tradotta in un aumento significativo della produzione commerciale rispetto al testimone non trattato in tutte le prove. L'efficacia del formulato a base di estratto di aglio nel contenere il danno da nematodi è, inoltre, sempre risultata comparabile a quella dei prodotti di riferimento utilizzati nelle diverse prove.

Su melone, lattuga e carota il prodotto a base di estratto di aglio è stato saggiato a diversi dosaggi (20 e 25 kg/ha su melone e 15, 20 e 25 kg/ha su lattuga e carota), ma un effetto dose-risposta significativo è stato osservato soltanto su lattuga (Tabella 2).

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

DISCUSSIONE

I risultati ottenuti evidenziano non solo l'efficacia del formulato a base di estratto di aglio nel contenere il danno da nematodi su colture orticole in pieno campo e in serra, ma dimostrano anche un effetto prolungato nel tempo. Infatti, nonostante tra applicazione e raccolta (rilievo del danno) fosse trascorso un periodo superiore a 2 mesi in tutte le prove (cfr. Materiali e Metodi), una singola applicazione al trapianto / alla semina è risultata sufficiente per ottenere una riduzione notevole del danno all'apparato radicale e un aumento significativo della produzione rispetto al testimone non trattato su tutte le colture, e a proteggere le colture per l'intero ciclo culturale.

Tabella 2 – Produzione/pianta, peso/frutto e indice di danno radicale (=RGS) (prova su pomodoro e melone), % di copertura del suolo, % di cespi danneggiati e indice di danno radicale (prova su lattuga), e % di carote deformate, biforcute e danneggiate in totale (prova su carota) alla raccolta nelle diverse tesi a confronto ($m \pm d.s.$).

Anno 2008-09 – Prova su pomodoro cv Ikram				
Tesi	Principio attivo (n. interventi x dosaggio p.f.)	Produzione/pianta (kg)	Peso/frutto (g)	RGS
1	Estratto di aglio (1x20 kg/ha)	7,2 ± 0,6 b*	125,3±11,1 b	1,3 ± 1,0 ab
2	Fenamifos (2x21 L/ha)	7,7 ± 0,4 b	124,3 ± 3,3 b	0,3 ± 0,2 b
4	Testimone non trattato	6,2 ± 0,2 a	110,8 ± 4,6 a	2,2 ± 1,0 a
Anno 2009 - Prova su melone cv Cabrera				
Tesi	Principio attivo (n. interventi x dosaggio p.f.)	Produzione/pianta (kg)	Peso/frutto (g)	RGS
1	Estratto di aglio (1x20 kg/ha)	6,4 ± 0,9 c	2,9 ± 0,4 ab	1,9 ± 1,3 b
2	Estratto di aglio (1x25 kg/ha)	5,6 ± 1,0 bc	3,1 ± 0,2 b	1,7 ± 1,1 b
3	Fenamifos (1x31 e 1x11 L/ha)	4,3 ± 0,6 a	3,1 ± 0,6 b	0,9 ± 0,5 b
4	Testimone non trattato	4,6 ± 0,9 ab	2,5 ± 0,3 a	13,2 ± 15,2 a
Anno 2011 - Prova su lattuga cv Nissena				
Tesi	Principio attivo (n. interventi x dosaggio p.f.)	Copertura suolo (%)	Cespi danneggiati (%)	RGS
1	Estratto di aglio (1x15 kg/ha)	85,0 ± 4,1 b	52,5 ± 5,0 ab	1,9 ± 0,3 ab
2	Estratto di aglio (1x20 kg/ha)	88,8 ± 4,8 b	35,0 ± 12,9 b	1,3 ± 0,2 bc
3	Estratto di aglio (1x25 kg/ha)	93,3 ± 3,9 b	18,8 ± 2,5 c	0,9 ± 0,1 c
4	Azadiractina (3x7 L/ha)	89,0 ± 13,2 b	45,0 ± 10,0 b	1,8 ± 0,6 ab
5	Testimone non trattato	72,5 ± 5,0 a	65,0 ± 10,0 a	2,4 ± 0,6 a
Anno 2011-12 – Prova su carota cv Romance F1				
Tesi	Principio attivo (n. interventi x dosaggio p.f.)	Carote deformate (%)	Carote biforcute (%)	Totale carote danneggiate (%)
1	Estratto di aglio (1x15 kg/ha)	3,5 ± 2,6 b	2,0 ± 0,8 b	5,5 ± 3,1 b
2	Estratto di aglio (1x20 kg/ha)	2,0 ± 1,1 b	2,0 ± 1,1 b	4,0 ± 1,6 b
3	Estratto di aglio (1x25 kg/ha)	1,0 ± 1,1 b	1,5 ± 1,7 b	2,5 ± 2,6 b
4	Oxamyl (1x50 kg/ha)	2,0 ± 1,4 b	0,5 ± 0,6 b	2,5 ± 1,7 b
5	Testimone non trattato	9,2 ± 4,5 a	7,9 ± 3,6 a	17,1 ± 7,4 a

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

NemGuard Granules si è mostrato attivo sin dalle prime fasi di sviluppo dei vari cicli colturali. Ciò è fondamentale in quanto, come noto, gli attacchi precoci alle radichette possono generare una significativa riduzione dello sviluppo della radice, alterazioni sotto forma di sviluppo di un agglomerato di radichette o di numerose radici secondarie, radici biforcute a causa della divisione della radice principale fino alla morte delle giovani piantine (Eder e Kiewnick, 2013). Nella prova eseguita nel 2011 su carota, le percentuali di carote di scarto erano sempre significativamente inferiori nelle parcelle trattate con il prodotto a base di estratto di aglio che nelle parcelle non trattate.

Ai dosaggi saggianti di 15, 20 e 25 kg/ha, su lattuga è emerso un effetto dose-risposta significativo (efficacia minore del dosaggio più basso, 15 kg/ha, rispetto ai due dosaggi più elevati, 20 e 25 kg/ha). Su carota invece si è osservata una leggera, anche se non significativa, riduzione del danno incrementando il dosaggio da 15 a 25 kg/ha. In considerazione dei risultati ottenuti in queste prove e in numerose altre prove che compongono il dossier di registrazione, la dose di impiego consigliata per il nuovo nematocida è di 20-25 kg/ha su carota, solanacee e lattuga, e di 25 kg/ha su cucurbitacee.

Nelle prove qui riportate, il prodotto a base di estratto di aglio è stato saggiato sempre da solo al fine di valutarne al meglio l'attività. Tuttavia, soprattutto in caso di cariche molto elevate di nematodi o su colture con ciclo produttivo molto lungo (per es. pomodoro), può essere utile inserire NemGuard Granules in una strategia di difesa integrata. Infatti, il formulato può essere impiegato con successo anche in combinazione a nematocidi convenzionali e a base di microrganismi. Curto *et al.* (2012) hanno saggiato il prodotto a base di estratto di aglio sia da solo sia in combinazione a microrganismi antagonisti in prove sperimentali condotte in Italia su pomodoro da mensa. Impiegando il prodotto in combinazione a Bioact WG (a base del fungo antagonista *Paecilomyces lilacinus* ceppo 251), un nematocida microbiologico che ha ottenuto la registrazione in Italia nel 2005 (Benuzzi *et al.*, 2006), oltre ad un maggiore incremento della produzione in termini di bacche per parcella (kg), è stato registrato anche un minore fattore di moltiplicazione della popolazione del nematode nel terreno. Osservazioni del tutto simili sono state fatte nella prova sperimentale sopra descritta condotta su melone: i rilievi sulla carica nematica iniziale e finale hanno evidenziato un minore fattore di moltiplicazione (carica finale/carica iniziale) della popolazione nelle parcelle trattate col nuovo nematocida che in quelle non trattate (rispettivamente 2,3 e 5,0).

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti nelle prove riportate e in numerose altre prove sperimentali (Anwar *et al.*, 2009; Curto *et al.*, 2012) dimostrano come il nematocida NemGuard Granules costituisce uno strumento valido ed efficace per il contenimento dei nematodi dannosi alle colture orticole. Tra i maggiori vantaggi legati all'uso del prodotto a base di estratto di aglio va citata la sua efficacia contro diverse specie di nematodi, la sua attività prolungata nel tempo, il suo facile impiego (può essere applicato con microgranulatori convenzionali), 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.

Ringraziamenti

Si ringrazia EcoSpray Limited (Suffolk, UK) per il supporto tecnico, e i centri di saggio Agrigeos S.r.l. (Catania, Italia) e G.Z. S.r.l. (San Martino, Ferrara, Italia) e gli agricoltori per la collaborazione nello svolgimento delle prove sperimentali.

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*, Saarbrücken, 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 Fitopatologici*, 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 / Nematodenschädigen 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.
- 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.