

ESPERIENZE DI LOTTA AI NEMATODI GALLIGENI CON L'UTILIZZO DI PRODOTTI MICROBIOLOGICI E FITOSTIMOLANTI

G. CURTO, R. SANTI, E. DALLAVALLE

Servizio Fitosanitario, Regione Emilia-Romagna, Sede Tecnica, via Corticella 133,
40129 Bologna,
gcurto@regione.emilia-romagna.it

RIASSUNTO

Negli anni 2009 e 2011 sono state effettuate prove di lotta a *Meloidogyne incognita* in coltura protetta su pomodoro da mensa, per valutare l'efficacia della biofumigazione in pre-trapianto, seguita da trattamenti in manichetta con microrganismi antagonisti o sostanze corroboranti a intervalli di 20 giorni, in confronto alla difesa chimica. I risultati non hanno evidenziato differenze statisticamente significative nell'indice galligeno (3 nel rilievo intermedio e 4,4 in quello finale), al contrario del fattore di moltiplicazione della popolazione, compreso fra 0,95 e 9,6 nel 2009 e fra 4,6 e 30,6 nel 2011. *Pochonia chlamydosporia*, *Paecilomyces lilacinus* e un prodotto a base di micorrize, batteri della rizosfera e funghi saprofiti sono risultati i più efficaci nel ridurre la carica nematica nel terreno. Nel 2009 la produzione in bacche è risultata significativamente maggiore rispetto al testimone nelle parcelle con applicazioni in pre-trapianto seguite da prodotti a base di microrganismi nematofagi, tannino e di un formulato liquido di farina di Brassica. Analoghi risultati sono stati ottenuti anche nelle tesi trattate soltanto in pre-trapianto con estratto di aglio e in quelle con prodotti chimici. Nel 2011 tutte le tesi si sono differenziate statisticamente dal testimone, ma la più produttiva si è dimostrata quella trattata con micorrize in post-trapianto.

Parole chiave: biofumigazione, *Meloidogyne incognita*, micorrize, *Paecilomyces*, *Pochonia*, tannino

SUMMARY

CONTROL OF *MELOIDOGYNE INCOGNITA* BY MEANS OF BIOCONTROL AGENTS AND AMMENDANTS IN PLASTIC GREENHOUSE

The effectiveness of the sustainable control of *Meloidogyne incognita* was compared to chemicals on a tomato crop in two plastic greenhouses, in sandy-loamy soil of Ferrara and Bologna provinces (Po Valley, Emilia-Romagna, Italy), using biofumigation in pre-transplant and either biocontrol agents or amendant and biostimulant substances, applied every 20 days by drip irrigation. The results did not show statistically significant differences in gall index (3 in an intermediate assessment and 4.4 in the final one), while reproduction factor registered a statistical relevance, with a range from 0.95 to 9.6 in 2009 and from 4.6 to 30.6 in 2011. *Pochonia chlamydosporia*, *Paecilomyces lilacinus* and a formulation based on mycorrhizas, bacteria from rhizosphere and saprophytic fungi resulted the most effective in decreasing the nematode population in the soil. In 2009, the tomato production resulted significantly higher than the untreated control in the plots with the pre-transplant application followed by products based on nematophagous microorganisms, tannin, liquid formulation of Brassica seed meals and in the thesis treated only in pre-transplant with garlic extract and in those with chemicals. In 2011 all the treatments were statistically different from untreated control, the most productive were plots applied in post-transplant with mycorrhizas.

Keywords: biofumigation, *Meloidogyne incognita*, mycorrhiza, *Paecilomyces*, *Pochonia*, tannin

INTRODUZIONE

Le recenti restrizioni europee sull'utilizzo della maggior parte dei nematocidi chimici e la Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei fitofarmaci hanno reso sempre più complesso il contenimento dei nematodi nei terreni agricoli, anche se nello stesso tempo questo nuovo impianto giuridico ha dato impulso allo sviluppo di metodi alternativi non chimici di difesa dai nematodi, incluso l'utilizzo di sostanze naturali con proprietà bioattive, ammendanti e biostimolanti per la pianta e microrganismi quali batteri e funghi con proprietà nematocide.

Negli anni è stata dimostrata l'efficacia di alcune strategie sostenibili per la difesa dai nematodi galligeni, i quali come è noto causano gravi perdite produttive alle colture ortive in terreno sabbioso (Lamberti, 1979). Esse comprendono la coltivazione e il sovescio di colture intercalari ad azione biocida (McLeod e Steel, 1999; Curto *et al.*, 2006), la biofumigazione da pannelli proteici disoleati di semi di brassicacee (Lazzeri, 2003; Lazzeri *et al.*, 2009; Matthiessen e Kirkegaard, 2006; Curto *et al.*, 2007), l'applicazione di estratti naturali (Oka *et al.*, 2000; Chitwood, 2002; D'Addabbo *et al.*, 2006; Wiratno *et al.*, 2009) e la distribuzione di formulati a base di microrganismi, quali funghi (Li *et al.*, 2007; Siddiqi e Akhtar, 2009) e batteri (Giannakou *et al.*, 2004). È stata anche descritta la sostenibilità di differenti sistemi di coltivazione e avvicendamenti senza l'uso di nematocidi chimici (Curto *et al.*, 2009).

La tecnica di applicazione localizzata sulla fila e lo sviluppo di formulazioni liquide di nematocidi chimici e naturali da distribuire al terreno in manichetta ("drip irrigation"), hanno permesso inoltre di ridurre il contatto diretto dell'operatore e di aumentare quello degli apparati radicali con la sostanza distribuita.

Obiettivo del presente studio relativo agli anni 2009 e 2011 è stato quello di saggiare su pomodoro da mensa in coltura protetta, l'efficacia nel contenimento di *Meloidogyne incognita* e l'effetto sulla produzione, di nuovi prodotti liquidi a base di sostanze attive di origine naturale o di microrganismi, in confronto a nematocidi chimici di sintesi autorizzati dalla normativa europea in coltura protetta o di nuova o imminente registrazione.

MATERIALI E METODI

La sperimentazione è stata condotta nell'anno 2009 presso un'azienda di Volania, in provincia di Ferrara e nel 2011 presso un'azienda di Altedo di Malalbergo in provincia di Bologna, ogni anno in due serre-tunnel di materiale plastico, ciascuna della superficie di 240 m² (4 x 60 m). Entrambi gli anni è stata utilizzata una varietà di pomodoro da mensa tondo liscio, suscettibile a *M. incognita*, con trapianto effettuato il 20 maggio 2009 e il 31 maggio 2011; in ogni serra-tunnel sono state trapiantate due file di piantine alla distanza di 25 cm sulla fila e 180 cm tra le file.

Le prove sono state organizzate secondo un disegno sperimentale a blocco randomizzato con quattro ripetizioni, con parcelle elementari di 1,8 x 3,6 m, su ognuna delle quali insistevano 15 piante di pomodoro.

Il programma dei trattamenti liquidi distribuiti in manichetta, è stato avviato 7-8 giorni dopo il trapianto in entrambe le serre-tunnel, con applicazioni ripetute ogni circa tre settimane, periodo sperimentalmente verificato per il completamento del ciclo di *M. incognita* in Emilia-Romagna nel periodo estivo (dati non pubblicati), a meno di indicazioni diverse da parte delle società commerciali. Alcuni dei formulati distribuiti in manichetta hanno necessitato di una preparazione preliminare che si ritiene utile descrivere; in particolare, il prodotto a base dell'ifomicete nematofago *Pochonia chlamydosporia* (Pochar) è stato attivato da un nutriente complesso per flora e microflora (Biomedium) miscelati insieme 8-10 ore prima del trattamento, con un rapporto di 2,5 parti del nutriente per 1 parte del fungo, utilizzato al

trapianto con l'immersione delle piantine e successivamente in manichetta; i tannini impiegati sono sostanze solide, ma perfettamente idrosolubili, pertanto è stato necessario sciogliere la quantità stabilita in 1 litro di acqua tiepida (40 °C) e poi portare al volume di distribuzione; il formulato liquido di farina disoleata di semi di Brassica in olio vegetale (BioFence FL) è stato preparato emulsionando con acqua la parte oleosa, aggiungendo a questa la farina in proporzione stabilita per attivare la reazione di idrolisi che rilascia isotiocianato, agitando e filtrando poi la parte solida per procedere alla distribuzione in fertirrigazione.

Nel 2009 (tabella 1) sono stati distribuiti, 10 giorni prima del trapianto, trattamenti biofumiganti in parcelle randomizzate come tutte le altre tesi; i prodotti utilizzati a questo scopo consistevano in farina disoleata di semi di Brassica (BioFence Dieci) alla dose di 2500 kg/ha, distribuita a spaglio, subito incorporata nel terreno con motocoltivatore e seguita da una leggera irrigazione, e in un prodotto in microgranuli a base di estratto di aglio (NEMguard, in via di registrazione in Italia) alla dose di 20 kg/ha, localizzato sulla fila e interrato alla profondità di 15 cm.

Nel 2011 (tabella 2) il terreno di una serra-tunnel è stato trattato con farina disoleata di semi di Brassica (fornita da CRA-CIN di Bologna) e quello dell'altra con estratto di aglio (NEMguard), secondo le modalità già descritte; occorre sottolineare che in entrambe le serra-tunnel è stata mantenuta la tesi testimone e quella trattata con nematocida chimico senza biofumigazione nonché un'ulteriore tesi senza trattamenti successivi in manichetta, per verificare l'efficacia di un'unica applicazione biofumigante in pre-trapianto.

Oltre ai trattamenti nematocidi sono state eseguite applicazioni di prodotti fitosanitari antiperonosporici a base di rame.

Sono stati effettuati rilievi al terreno, alle radici di pomodoro e della produzione in bacche. In entrambi gli anni, la carica nematica parcellare è stata determinata in tre campionamenti del terreno: il primo, in maggio, sul terreno appena lavorato, prima del trattamento in pretrapianto (infestazione iniziale), il secondo a fine luglio, a metà del ciclo di sviluppo della coltura di pomodoro e il terzo dopo l'ultima raccolta di bacche, al termine della prova (27 agosto nel 2009 e 14 settembre nel 2011). L'estrazione delle larve di seconda età del nematode dal terreno è stata eseguita secondo il metodo del filtro di cartalana (Tacconi e Ambrogioni, 1995) ed espressa come numero di larve di seconda età di *M. incognita* su 100 cc di terreno; è stato poi calcolato il fattore di moltiplicazione della popolazione del nematode, quale rapporto fra la carica nematica intermedia o finale e quella iniziale (P_{int}/P_i ; P_f/P_i).

La valutazione dell'infestazione radicale è stata effettuata durante il ciclo colturale del pomodoro, in concomitanza del rilievo intermedio e finale al terreno: nel rilievo di fine luglio sono state esaminate 5 piante per parcella, in quello di settembre 8 piante per parcella, escludendo la prima e l'ultima pianta di ciascuna ripetizione; ad ogni radice è stato assegnato un punteggio corrispondente alle classi stabilite da Lamberti (1971), necessario per calcolare l'indice galligeno (IG) secondo la formula: $\Sigma (n^\circ \text{ radici} \times \text{classe di infestazione})/n^\circ \text{ radici totale}$.

La produzione totale in bacche per parcella è stata ricavata dai dati di 4 raccolte nel 2009 (22 e 30 luglio, 17 e 24 agosto) e di 6 raccolte nel 2011 (20 e 28 luglio, 5 - 22 e 29 agosto, 8 settembre), nel rispetto dei tempi di carenza indicati per alcuni prodotti.

I dati sperimentali sono stati sottoposti ad analisi della varianza (Anova) per $p = 0,05$ con test di separazione delle medie LSD, utilizzando il software ARM.

Tabella 1. Anno 2009. Programma dei trattamenti per il contenimento di *M. incognita*

Sostanza attiva	Formulato commerciale	Dose	Data trattamento e applicazione
Testimone non trattato	-	-	-
<i>Pochonia chlamydosporia</i> + Nutriente complesso per flora e microflora	Pochar+Biomediu m (Elep)	200 ml/100 l + 504 ml/100 l 2 l/ha + 5 l/ha	20/5 immersione piantine 28/5, 15/6, 6/7 in manichetta
Estratto di aglio	NEMguard (Intrachem)	20 kg/ha	10/5 interramento
Estratto di aglio <i>Paecilomyces lilacinus</i>	NEMguard + (Intrachem) Bioact WG (Intrachem)	20 kg/ha + 4 kg/ha	10/5 interramento 3/6, 17/7 in manichetta
Farina disoleata di semi di Brassica	Biofence Dieci (Triumph Italia)	2500 kg/ha	10/5 interramento
Farina disoleata di semi di Brassica Tannino condensato	Biofence Dieci + (Triumph Italia) Tannino (Silvateam)	2500 kg/ha + 15 l/ha	10/5 interramento 28/5, 18/6, 9/7, 30/7 in manichetta
Farina disoleata di semi di Brassica Soluzione di concime a base di ferro (solfato) con estratto di <i>Cassia grandis</i>	Biofence Dieci + (Triumph Italia) Carao (Agritalia)	2500 kg/ha + 8 l/ha	10/5 interramento 28/5, 18/6, 9/7, 30/7 In manichetta
Farina disoleata di semi di Brassica Miscela di Mn e Zn con estratto di <i>Artemisia absinthium</i>	Biofence Dieci + (Triumph Italia) Artemisia (Agritalia)	2500 kg/ha + 8 l/ha	10/5 interramento 28/5, 18/6, 9/7, 30/7 in manichetta
Farina disoleata di semi di Brassica Miscela concentrata di estratti vegetali di <i>Quillaja saponaria</i> e <i>Tagetes spp.</i>	Biofence Dieci + (Triumph Italia) Tequil (Fertenia)	2500 kg/ha + 15 l/ha	10/5 interramento 28/5, 18/6, 9/7, 30/7 In manichetta
Farina disoleata di semi di Brassica Farina disoleata di semi di Brassica in olio vegetale	Biofence Dieci + (Triumph Italia) Biofence FL (Triumph Italia)	2500 kg/ha + 15 l/ha	10/5 interramento 28/5, 18/6, 9/7, 30/7 in manichetta
Fenamiphos (liquido microincapsulato)	Nemacur 240 CS (Makhteshim Agan)	42 l/ha	28/5 in manichetta
Fenamiphos (liquido microincapsulato) Oxamyl	Nemacur 240 CS + (Makhteshim Agan) Vydate 10 L (DuPont)	42 l/ha + 10 l/ha	28/5 in manichetta 8/6, 22/6, 13/7 in manichetta
Fenamiphos (liquido microincapsulato) Iprodione	Nemacur 240 CS + (Makhteshim Agan) CPD 20 500 SC (Devgen)	42 l/ha + 2 l/ha	28/5 in manichetta 8/6, 22/6, 13/7, 28/7 in manichetta

Tabella 2. Anno 2011. Programma dei trattamenti per il contenimento di *M. incognita*

Sostanza attiva	Formulato commerciale	Dose	Data trattamento e applicazione
Testimone non trattato	-	-	-
Micorrize, batteri della rizosfera e funghi saprofiti	Micosat F DP 10 WP (CCS Aosta)	6 kg/ha	7/6, 28/6, 19/7, 9/8, 30/8 in manichetta
Polisaccaridi	Agricolle (Cal-Agri Bioplanet)	10 l/ha	7/6, 28/6, 19/7, 9/8, 30/8 in manichetta
Boro + Zinco chelato + <i>Pseudomonas putida</i>	Xurian Optimum (Carla Import)	1,350 kg/ha in 200 l di H ₂ O	7/6, 28/6, 19/7, 9/8, 30/8 in manichetta
Farina disoleata di semi di Brassica in olio vegetale	Biofence FL (Triumph Italia)	20 l/ha	7/6, 28/6, 19/7, 9/8, 30/8 in manichetta
Tannino idrolizzabile	Tannino (Silvateam)	15 kg/ha	7/6, 28/6, 19/7, 9/8, 30/8 in manichetta
Oxamyl (granulare)	Vydate 5 G + (DuPont)	60 kg/ha	21/5 interramento
Oxamyl (liquido)	Vydate 10 L (DuPont)	+ 10 l/ha	7/6, 28/6, 19/7, 9/8 in manichetta

RISULTATI

Nel 2009 l'indice galligeno non ha evidenziato differenze statisticamente significative fra le tesi, con un'infestazione media di classe 3,5 nel rilievo intermedio del 30 luglio e di 4,4 nel rilievo a fine prova (27 agosto). Il fattore di moltiplicazione della popolazione è risultato significativamente diverso in entrambi i rilievi e compreso fra 0,5 e 9,6. Nel rilievo intermedio i microrganismi nematofagi (*P. chlamydosporia* e *P. lilacinus*) hanno ridotto significativamente l'infestazione di *M. incognita* nel terreno, mentre le altre tesi non si sono differenziate statisticamente dal testimone; nelle parcelle testimone, la carica nematica del terreno è diminuita nel corso della stagione estiva a causa del declino delle piante infestate che ha impedito la moltiplicazione del nematode (tabella 3).

Nello stesso anno la produzione in bacche è risultata statisticamente maggiore rispetto al testimone nelle parcelle con applicazioni in pre-trapianto seguite da prodotti a base di microrganismi nematofagi (circa 40 kg/parcella), tannino (37 kg/parcella), il formulato liquido di farina di Brassica (36 kg/parcella); buoni risultati sono stati raggiunti anche nelle tesi trattate soltanto in pre-trapianto con estratto di aglio (34 kg/parcella) e in tutte le tesi chimiche (da 34 a 37 kg/parcella), mentre nelle parcelle trattate con estratti di piante le produzioni in bacche non si sono differenziate da quella del testimone (figura 1).

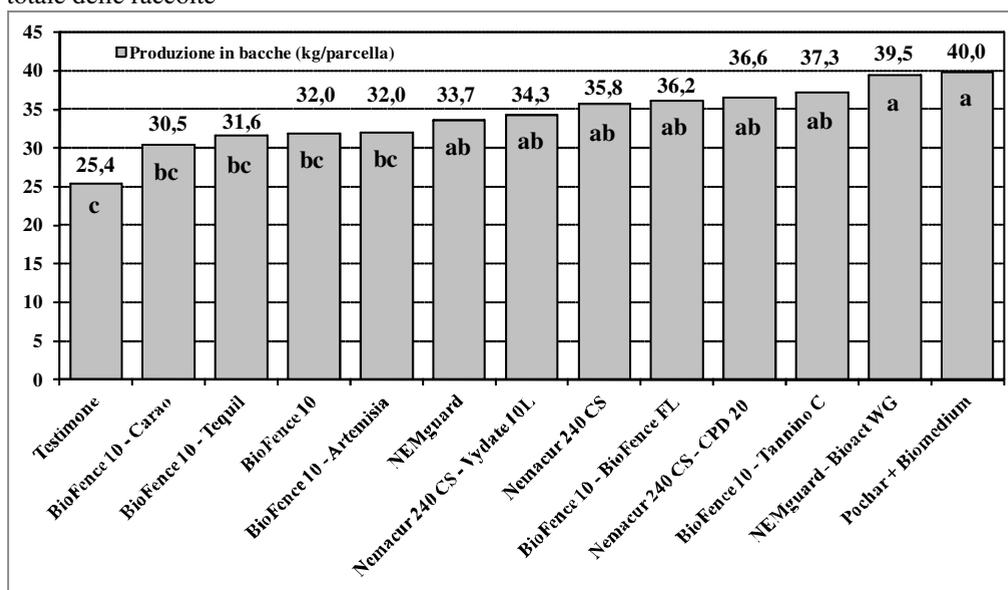
Nel 2011 le sperimentazioni sono state svolte in un'azienda in provincia di Bologna, che aveva registrato un'elevata presenza di larve di *M. incognita* nei due anni precedenti. Le due serre-tunnel, diversificate soltanto nel trattamento in pre-trapianto, sono state considerate a sé stanti nell'elaborazione dei risultati. In entrambe non sono state evidenziate differenze significative fra le tesi per quanto riguarda l'indice galligeno, che ha registrato nel rilievo intermedio del 28 luglio una classe di danno media di 3,3 nella serra-tunnel con l'applicazione in pre-trapianto di farina di Brassica e di 2,3 in quella trattata con estratto di aglio, mentre il 14 settembre, a fine prova, in entrambe le serre-tunnel è stato registrato un indice galligeno di 4,3.

Tabella 3. Anno 2009. Fattore di moltiplicazione della popolazione di *M. incognita* nel terreno

Trattamenti	Pint/PI	PF/PI
	30 luglio	27 agosto
Testimone non trattato	3,0 abc	1,6 cd
Pochar + Biomedium	0,5 d	2,0 bcd
NEMguard	3,1 abc	6,9 ab
NEMguard - Bioact WG	0,9 cd	1,0 d
BioFence Dieci	6,5 a	6,9 ab
BioFence Dieci - Tannino	3,5 ab	7,8 a
BioFence Dieci - Carao	6,4 a	8,0 a
BioFence Dieci - Artemisia	2,9 abc	4,9 abc
BioFence Dieci - Tequil	2,7 abc	2,8 abcd
BioFence Dieci - BioFence FL	6,7 a	9,6 a
Nemacur 240 CS	5,6 a	8,2 a
Nemacur 240 CS - Vydate 10 L	1,4 bcd	4,6 abcd
Nemacur 240 CS - CPD 20	3,0 abc	4,6 abcd
F	** log tr.	* log tr.

*F = altamente significativo per $p \leq 0,05$. **F = significativo per $p \leq 0,01$. Le medie seguite dalla stessa lettera, nella stessa colonna, non differiscono statisticamente al test LSD ($p = 0,05$)

Figura 1. Anno 2009. Produzione parcellare in bacche di pomodoro, espressa in kg, come totale delle raccolte



** F = altamente significativo per $P \leq 0,01$. Le medie seguite dalla stessa lettera, nella stessa colonna, non differiscono statisticamente la test LSD ($p = 0,05$)

Il fattore di moltiplicazione della popolazione ha evidenziato differenze fra le tesi soltanto nel rilievo intermedio della serra-tunnel trattata con estratto di aglio, nella quale la popolazione larvale nelle diverse ripetizioni risultava omogenea. In questo caso soltanto il

prodotto a base di micorrize, funghi saprofiti e batteri ha ridotto significativamente con 4 trattamenti l'infestazione di *M. incognita* nel terreno (tabella 4).

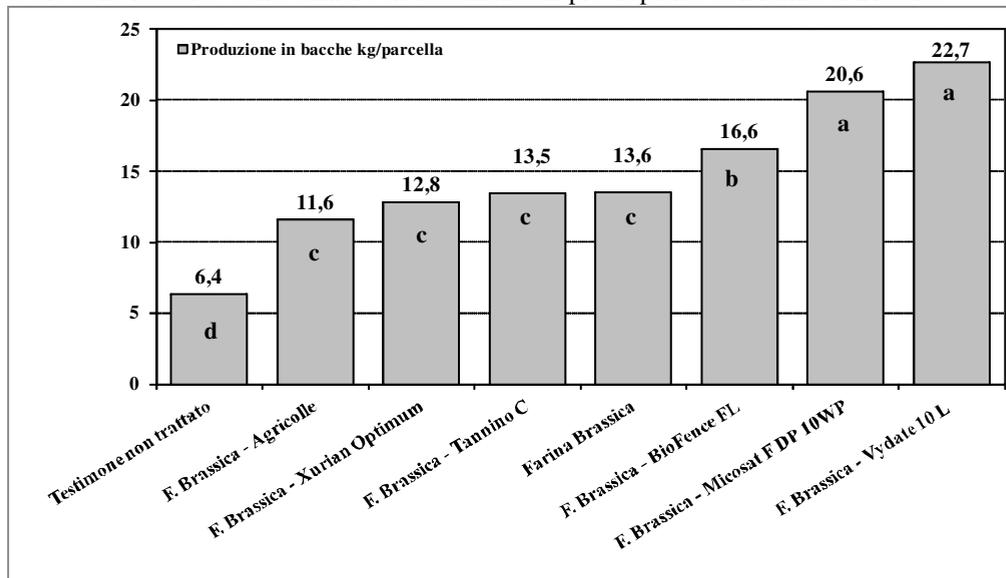
Tabella 4. Anno 2011. Fattore di moltiplicazione della popolazione di *M. incognita* nel terreno. Serra-tunnel con trattamento in pre-trapianto con estratto di aglio

Trattamenti	Pint/PI 28 luglio
Testimone	12,3 bc
Nemaguard	48,0 a
+ Micosat F DP 10WP	4,6 c
+ Agricolle	20,0 ab
+ Xurian Optimum	17,3 ab
+ BioFence FL	30,6 ab
+ Tannino	29,1 ab
+ Vydate 10 L	10,8 bc
F	* log tr.

* F = significativo per $p \leq 0,05$. Le medie seguite dalla stessa lettera, nella stessa colonna non differiscono statisticamente al test LSD ($p = 0,05$)

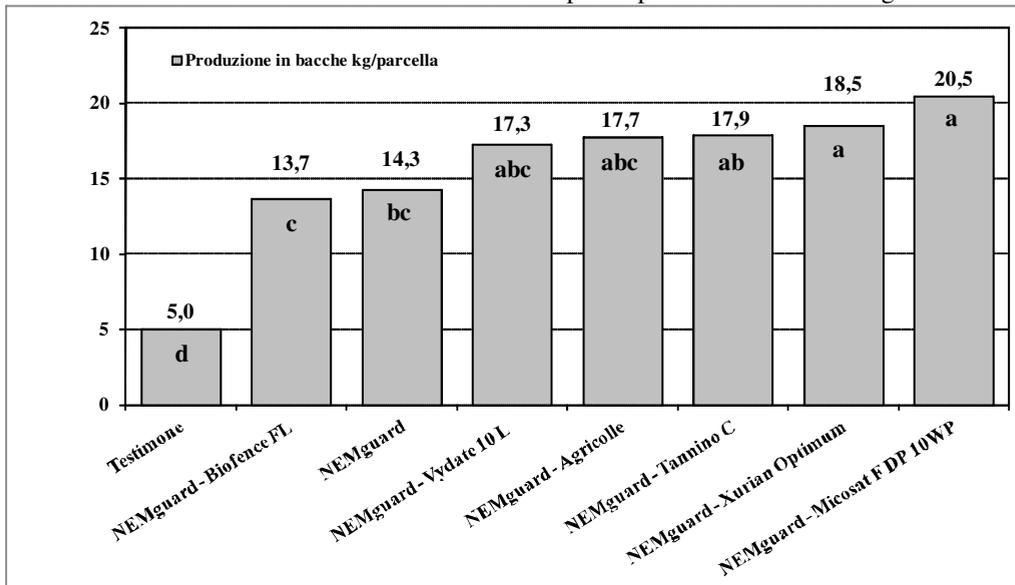
Nel 2011 la produzione in bacche di pomodoro è risultata inferiore rispetto agli anni precedenti a causa dell'infestazione molto elevata presente in questa azienda (500 – 1500 L2/100 cc di terreno a fine prova) che ha inciso anche sulla produttività. Tutte le tesi si sono differenziate statisticamente dal testimone, ma la più produttiva in entrambe le serre-tunnel si è dimostrata quella trattata con Micosat in post-trapianto, mentre i risultati raggiunti dagli altri prodotti sono stati variabili e diversi nelle due serre-tunnel, forse a seconda del prodotto biofumigante utilizzato in pre-trapianto (figure 2 e 3).

Figura 2 - Anno 2011. Produzione parcellare in bacche di pomodoro, espressa in kg, come totale delle raccolte. Serra-tunnel con trattamento in pre-trapianto con farina di Brassica



** F = altamente significativo per $p \leq 0,01$. Le medie seguite dalla stessa lettera, nella stessa colonna, non differiscono statisticamente al test LSD ($p = 0,05$)

Figura 3 - Anno 2011. Produzione parcellare in bacche di pomodoro, espressa in kg, come totale delle raccolte. Serra-tunnel con trattamento in pre-trapianto con estratto di aglio



** F = altamente significativo per $p \leq 0,01$. Le medie seguite dalla stessa lettera, nella stessa colonna, non differiscono statisticamente al test LSD ($p = 0,05$)

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

In generale la differenza significativa di infestazione larvale fra le tesi è stata evidenziata soprattutto a metà del ciclo colturale, periodo in cui erano ancora visibili l'effetto abbattente del trattamento in pre-trapianto e l'efficacia relativa dei diversi trattamenti; successivamente l'intervallo di applicazione di 21 giorni non ha frenato l'aumento della popolazione di *M. incognita*, come è stato sottolineato anche dall'incremento dell'indice galligeno, anche se le piante sottoposte ai trattamenti hanno vegetato ed hanno raggiunto produzioni molto soddisfacenti, in particolare in condizioni di infestazione di partenza non elevata.

Il trattamento biofumigante o chimico in pre-trapianto da solo, non si è dimostrato sufficiente a proteggere la coltura in caso di media-alta infestazione e non è di conseguenza in grado anche di influire sulla produzione finale in bacche, in relazione al lungo periodo di coltivazione del pomodoro; il trattamento in pre-trapianto è risultato però fondamentale per ridurre la popolazione larvale nel terreno a livelli tali da rendere più efficace la strategia di difesa con trattamenti ripetuti in manichetta.

Fra questi trattamenti liquidi i più efficaci sono sempre stati quelli con organismi nematofagi specifici (*P. lilacinus* e *P. chlamydsporia*) per i quali è prevalso l'aspetto nematocida (Schenck, 2004; Ciancio *et al.*, 2006) piuttosto che quello biostimolante nel definire l'efficacia complessiva.

Per il resto la maggiore produzione non sempre rispecchia la diminuzione dell'infestazione larvale nel terreno, in quanto elevate produzioni sono state raggiunte anche da quelle sostanze che hanno ridotto poco o affatto la carica nematica; questo è stato riscontrato per i trattamenti chimici in manichetta con oxamyl o iprodione, la cui efficacia si è manifestata soprattutto in incrementi nella produzione in bacche, essendo queste sostanze soprattutto nematostatiche, e per quelle sostanze che forniscono una maggiore vitalità al terreno, quali tannini, farina di

Brassica in olio e miscele di micorrize, funghi saprofiti, batteri della rizosfera, macro e micro elementi nutritivi, risultate efficaci, in caso di bassa infestazione, sia nella riduzione dell'infestazione sia nell'incremento produttivo, agendo con un meccanismo diretto sulla penetrazione del nematode all'interno della radice di pomodoro (Curto *et al.*, 2005; Siddiqi e Akhtar, 2008; Vos *et al.*, 2012).

Gli estratti di piante quali artemisia, cassia, tagete e quillaja, relativamente all'intensità di infestazione presente, non hanno evidenziato alcun effetto sul contenimento di *M. incognita* e sulla produzione in bacche, a differenza di quanto ottenuto in anni precedenti (Curto *et al.*, 2007).

In generale le sostanze impiegate hanno aumentato la complessità del "sistema terreno" ed esplicito un effetto biostimolante, rafforzando la reazione della pianta a rigenerare l'apparato radicale. L'evidenza di questi fattori si è concretizzata in un maggior vigore delle piante, che hanno meglio tollerato l'attacco del nematode, e nell'incremento della resa in frutti.

In conclusione è possibile affermare che una strategia di difesa nei confronti di *M. incognita* in coltura protetta, con l'applicazione di prodotti liquidi in manichetta preceduti da un trattamento biofumigante o chimico in pre-trapianto, è risultata in grado di soddisfare le esigenze produttive della coltura e di diminuire l'infestazione dei nematodi nel terreno, soprattutto scegliendo prodotti non solo nematostatici in caso di carica nematica elevata.

Ringraziamenti

Si ringraziano vivamente i tecnici della Società Cooperativa Agri 2000, per l'aiuto fornito nell'esecuzione della sperimentazione.

LAVORI CITATI

- Chitwood D.J., 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 221–249.
- Ciancio A., Rosso L., Loffredo A., Finetti-Sialer M., 2006. Osservazioni sull'efficacia e persistenza di trattamenti a base dell'ifomicete *Pochonia chlamydosporia* contro nematodi galligeni. *Atti Giornate fitopatologiche*, 1, 255-262.
- Curto G., Dallavalle E., Lazzeri L., 2005. Life cycle duration of *Meloidogyne incognita* and host status of Brassicaceae and Capparaceae selected for glucosinolate content. *Nematology*, 7, 203-212.
- Curto G., Lazzeri L., Dallavalle E., Santi R., 2009. Nematodi galligeni sotto controllo anche in agricoltura biologica. *L'Informatore Agrario*, 4, 65-67.
- Curto G., Lazzeri L., Dallavalle E., Santi R., Malaguti L., 2006. Sovesci di piante biocide contro *Meloidogyne incognita*. *L'Informatore Agrario*, 48, 52-56.
- Curto G., Santi R., Dallavalle E., Lazzeri L., 2007. Contenere *Meloidogyne* nel pomodoro in coltura protetta. *L'Informatore Agrario*, 13, 57-60.
- D'Addabbo T., Curto G., Santi R., Carella A., 2006. Prove di lotta contro il nematode galligeno *Meloidogyne incognita* mediante trattamenti con estratti di *Quillaja saponaria*. *Atti Giornate fitopatologiche*, 1, 239-242.
- Giannakou I.O., Karpouzias D.G., Prophetou-Athanasidou D., 2004. A novel non-chemical nematicide for the control of root-knot nematodes. *Applied Soil Ecology*, 26, 69-79.
- Lamberti F., 1971. Primi risultati di prove di lotta nematocida su tabacchi levantini in provincia di Lecce. *Il tabacco*, 733, 8-10.
- Lamberti F., 1979. Economic importance of *Meloidogyne spp.* in Subtropical and Mediterranean climates. In: Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* species) Systematics,

- Biology and Control (Lamberti F., Taylor C.E., coord.). Academic Press, London, U.K., 341-357.
- Lazzeri L., 2003. GL-containing plants in biofumigation: new perspectives. *Agroindustria*, 2, 91-94.
- Lazzeri L., Curto G., Dallavalle E., D'Avino L., Malaguti L., Santi R., Patalano G., 2009. Nematicidal efficacy of biofumigation by defatted Brassicaceae meal for control of *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. on a full field zucchini crop. *Journal of sustainable agriculture*, 33, 349-358.
- Li G., Zhang K., Xu J., Dong J., Liu Y., 2007. Nematicidal Substances from Fungi. *Recent Patents on Biotechnology*, 1 (2), 1-22.
- Matthiessen J.N., Kirkegaard J.A., 2006. Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical reviews in plant sciences*, 25, 235-265.
- McLeod R.W., Steel C.C., 1999. Effects of brassica-leaf manures and crops on activity and reproduction of *Meloidogyne javanica*. *Nematology*, 1, 613-624.
- Oka Y., Nacar S., Putieusky E., Ravid U., Zohara Y., Spiegel Y., 2000. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root knot nematode. *Phytopathology*, 90 (7), 710-715.
- Schenck S., 2004. Control of nematodes in tomato with *Paecilomyces lilacinus* Strain 251. *Hawaii Agriculture Research Center Vegetable Report 5 June 2004*.
- Siddiqui Z.A., Akhtar M.S., 2008. Effects of organic wastes, *Glomus intraradices* and *Pseudomonas putida* on the growth of tomato and on the reproduction of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Phytoparasitica*, 36 (5), 460-471.
- Siddiqui Z.A., Akhtar M.S., 2009. Effects of antagonistic fungi, plant growth-promoting rhizobacteria, and arbuscular mycorrhizal fungi alone and in combination on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. *Journal of general plant pathology*, 75 (2), 144-153.
- Tacconi R., Ambrogioni L., 1995. Metodi di estrazione in Nematologia. In: Nematodi da Quarantena (Tacconi R. e Ambrogioni L., coord.). Lo Scarabeo, Edizioni Scientifiche, Bologna, Italia, 175-190.
- Vos C., Geerinckx K., Mkandawire R., Panis B., De Waele D., Elsen A., 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi affect both penetration and further life stage development of root-knot nematodes in tomato. *Mycorrhiza*, 22 (2), 157-163.
- Wiratno, Taniwiryono D., Van den Berg H., Riksend J.A.G., Rietjens I.M.C.M., Djiwanti S.R., Kammenga J.E. and Murk A.J., 2009. Nematicidal activity of plant extracts against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *The Open Natural Products Journal*, 2, 77-85.