

EFFICACIA DI STRATEGIE INTEGRATE E DI NUOVI FORMULATI AD AZIONE NEMATOCIDA PER IL CONTENIMENTO DEI NEMATODI GALLIGENI IN COLTURA DI CAROTA

G. CURTO¹, S. BOLOGNESI², E. DALLAVALLE³, R. SANTI¹

¹ Servizio Fitosanitario Regionale - (Sede tecnica) Via di Corticella 133, 40129 Bologna

² Agronomo - viale P. Borsellino 103, 45038 Polesella (RO)

³ Agronomo - Via del Falco 15, 40067 Pianoro (BO)

gcurto@regione.emilia-romagna.it

RIASSUNTO

Negli anni 2012 e 2013 sono state effettuate, in provincia di Ferrara, prove di lotta a *Meloidogyne incognita* in coltura di carota, per valutare l'efficacia di nuovi nematocidi e prodotti ammendanti e fitostimolanti per individuare le strategie di difesa contro i nematodi galligeni nel Nord Italia. I prodotti più efficaci nel proteggere la coltura e assicurare buone produzioni e pochi scarti sono stati il fumigante a base di dimetildisolfuro, i tannini, condensati o idrolizzabili e l'estratto di aglio seguito, in copertura, da trattamenti microbiologici con *Paecilomyces lilacinus*. Prodotti nematostatici o fitostimolanti non sono risultati completamente adatti a difendere la carota, ossia una produzione commerciabile direttamente esposta all'infestazione, così come un unico trattamento alla semina, se non particolarmente abbattente e persistente, non ha limitato i danni alla produzione.

Parole chiave: *Meloidogyne*, dimetildisolfuro, tannino, micorrize, *Paecilomyces*, *Bacillus firmus*, fitostimolanti

SUMMARY

EFFECTIVENESS OF INTEGRATED PEST MANAGEMENT AND NEW NEMATOCIDES IN THE CONTROL OF ROOT-KNOT NEMATODES ON CARROT CROP

In 2012 and 2013 field trials to control *Meloidogyne incognita* on carrot crops were carried out in the province of Ferrara (northern Italy), with the aim to evaluate the effectiveness of new nematicides, soil improvers and phytostimulants, and define control strategies against root-knot nematodes in northern Italy. The fumigant nematicide based on dimethyl-disulfide, either the condensed or hydrolysable tannins and the garlic extract followed by applications with *Paecilomyces lilacinus* were the most effective in protecting the crop and ensuring good productions. Either nematostatic products or phytostimulants were not completely suitable to defend the carrot roots, i.e. a marketable production directly exposed to infestation, as well as a single treatment at sowing time, if not particularly persistent, did not limit the damage to production.

Keywords: *Meloidogyne*, dimethyl-disulfide, tannin, mycorrhizae, *Paecilomyces*, *Bacillus firmus*, phytostimulants

INTRODUZIONE

La revisione europea delle sostanze attive derivante dall'applicazione della Direttiva 91/414/CE e dal Regolamento 1107/2009/CE ha portato a una notevole riduzione nel numero dei formulati chimici disponibili per la lotta ai nematodi e dei relativi impieghi ammessi. La maggior parte dei prodotti ad azione nematocida, infatti, risultando tossici per la salute e per l'ambiente, sono stati fortemente penalizzati con il divieto di commercio e di utilizzo o con forti limitazioni nelle dosi e nell'impiego, secondo l'ottica della Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei fitofarmaci. Le nuove normative europee hanno tuttavia dato anche un

impulso positivo alla ricerca di nuovi mezzi di difesa e di strategie di produzione integrata nell'ambito della lotta ai nematodi. Tali strategie si sono affermate soprattutto per le colture protette, con la distribuzione di prodotti liquidi chimici o microbiologici, nematocidi o nematostatici, in manichetta forata, prevalentemente per colture nelle quali la produzione lorda vendibile (PLV) è costituita da frutti o parti verdi della pianta (Lazzeri *et al.*, 2009; Curto *et al.*, 2012). Nel tempo, in seguito al divieto di commercio e utilizzo dell'1,3-dicloropropene, anche se questo fumigante è stato sostenuto con autorizzazioni all'uso d'emergenza, ma su un numero limitato di colture, sono sorte sempre maggiori difficoltà di difesa per le colture di pieno campo, soprattutto per quelle di carota, patata e vivaio di barbabietola in cui la PLV è costituita da organi sotterranei, direttamente danneggiati dai nematodi galligeni, come radici fittonanti e tuberì. Anche per queste colture sono stati saggiati sia formulati chimici e microbiologici di nuova o prossima registrazione, che prodotti fitostimolanti, per verificarne l'efficacia nematocida o nematostatica e la capacità di contenimento delle popolazioni di *Meloidogyne incognita* nel terreno che causano gravi perdite produttive alle colture ortive in terreno sabbioso (Lamberti, 1979).

Obiettivo del presente studio relativo agli anni 2012 e 2013 è stato quello di saggiare, nella Pianura Padana, su coltura di carota, l'efficacia e l'effetto sulla produzione di strategie di difesa con nuovi prodotti fumiganti, biofumiganti, microbiologici o fitostimolanti nei confronti di *M. incognita*.

MATERIALI E METODI

La sperimentazione è stata condotta in provincia di Ferrara: nel 2012 e nel 2013 presso un'azienda di Volania e nel 2013 presso un'azienda in località Lago delle Nazioni, su coltura di carota a ciclo estivo, coltivata in prose in semina continua, con un sesto d'impianto di 25 cm tra le file e 180 cm tra le prose, seminata in luglio e raccolta in ottobre/novembre.

Le prove sono state svolte su parcelloni randomizzati, della dimensione di 144 m² (30 m x 4,8 m) nelle prove di Volania e di 225 m² (50 m x 4,50 m) nella prova di Lago delle Nazioni, con quattro ripetizioni. Il terreno si presentava tendenzialmente sabbioso, le varietà di carota prescelte sono state Dordogna nel 2012 e Bolero nel 2013.

A Volania la carota è stata seminata, nel 2012, in successione a bietola da costa coltivata in primavera-estate dello stesso anno e nel 2013 dopo triticale; in località Lago delle Nazioni nel 2013, dopo vivaio di barbabietola coltivato l'anno precedente e pisello coltivato in primavera-estate dello stesso anno, sempre su appezzamenti di cui era stata verificata l'adeguata omogeneità delle infestazioni di *M. incognita* nell'autunno precedente.

Il programma dei trattamenti ha previsto applicazioni in presemina con sostanze granulari o fumiganti seguite, in alcune tesi, da trattamenti liquidi, 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 d'indicazioni diverse da parte delle società commerciali, e comunque nel periodo di allungamento dell'apice radicale.

In particolare, per il formulato chimico ad azione fumigante a base di dimetildisolfuro (Paladin) è stato necessario l'intervento di una ditta autorizzata alla distribuzione di gas tossici, che ha proceduto all'applicazione del prodotto e alla copertura del terreno con telo V.I.F. (Virtually Impermeable Film) 21 giorni prima della semina, dopo che il terreno era stato preparato senza zolle, con umidità del 50-70% della capacità di campo e temperatura del suolo ≥ 12 °C. Il formulato a base di *Bacillus firmus* ceppo I-1582 (Flocter) è stato distribuito, dove previsto, metà dose (40 kg/ha) 7 giorni prima della semina e l'altra metà (40 kg/ha) 7 giorni dopo la semina delle carote, sotto forma liquida, con la seguente preparazione: pre-diluizione del prodotto nella proporzione di 1:5 parti d'acqua e applicazione della miscela mediante barra

per trattamenti; nel 2013 è stato applicato nell'appezzamento in cui la carota rappresentava la prima coltura dell'annata ospite di *M. incognita*.

Per quanto riguarda il tannino, il prodotto (condensato o idrolizzabile) in granuli finissimi ma solubili in acqua, è stato applicato sempre sotto forma liquida, diluito in 1 litro di acqua tiepida (40°C) e poi portato a volume, oppure, quando fornito dalla società produttrice allo stato liquido, è stato preparato e portato a volume direttamente nel serbatoio della macchina distributrice.

Per tutti gli interventi con formulati granulari, l'applicazione è stata effettuata alla semina con interrimento del prodotto a circa 15 cm di profondità seguito da una leggera irrigazione. Tutte le applicazioni con prodotti liquidi sono state eseguite con barra per trattamenti, in 800-1000 litri acqua/ha, seguiti da 1,5-3 mm d'irrigazione e con l'accortezza di mantenere il terreno umido, per favorire la moltiplicazione dei microrganismi antagonisti dei nematodi (funghi o batteri) o le reazioni dei formulati ammendanti.

Sono stati effettuati rilievi al terreno, sulle radici fittonanti e della produzione in carote. In entrambi gli anni, la carica nematica parcellare è stata determinata nell'autunno precedente la prova, a metà ciclo della coltura e al termine, in prossimità della raccolta. L'estrazione delle larve di seconda età di *M. incognita* dal terreno è stata eseguita secondo il metodo del filtro di cartalana (Tacconi e Ambrogioni, 1995) ed espressa come numero di stadi giovanili di seconda età in 100 cc di terreno; è stato poi calcolato il fattore di moltiplicazione (R) della popolazione del nematode, quale rapporto fra la carica nematica finale e quella iniziale (Pf/Pi).

La valutazione dell'infestazione radicale è stata effettuata durante il ciclo colturale, in concomitanza del rilievo intermedio e finale al terreno, esaminando un numero variabile di radici prelevate sulle file centrali della prosa per una lunghezza di 10 m lineari sulla fila ripetuto 4 volte; la valutazione dell'indice galligeno è stata eseguita secondo una scala di infestazione messa a punto modificando la scala di Lamberti (1971), quest'ultima valida solo per radici fascicolate, secondo la seguente classificazione: classe 0 = radici sane; classe 1 = qualche piccola galle esclusivamente sulle radichette laterali al fittone; classe 2 = 1-2 galle sull'apice del fittone non ancora ingrossato; classe 3 = più di 3 galle sull'apice del fittone non ancora ingrossato (cordoni); classe 4 = piccole galle su tutto il fittone ingrossato; classe 5 = grandi galle su tutto il fittone, che appare deformato. È stato quindi calcolato l'indice di infestazione (galligeno) con la seguente formula: $\Sigma (n^\circ \text{ radici} \times \text{classe di infestazione}) / N^\circ \text{ radici totale}$.

La produzione in peso di carote è stata espressa in kg al m² di superficie. Le radici con un indice galligeno da 3 a 5 sono state considerate di scarto in quanto fortemente ridotte nelle dimensioni e/o deformate.

I dati sperimentali sono stati sottoposti ad analisi della varianza (Anova) per $P \leq 0,05$ con test di separazione delle medie LSD (minima differenza significativa), utilizzando il software ARM.

I prodotti, le dosi e le epoche d'intervento di ogni singola prova sono riportati nelle tabelle 1, 2 e 3.

Tabella 1. Anno 2012. Programma dei trattamenti per il contenimento di *M. incognita* in coltura di carota. Località Volania (FE). Data di semina: 18/7/2012

Sostanza attiva	Formulato commerciale	Dose/ha	Data trattamento
Testimone non trattato			
Dimetildisolfuro (DMDS)	Paladin (Certis)	250 kg	27/6 (T1)
Tannino idrolizzabile in polvere (<i>Quillaja saponaria</i> + <i>Yucca</i> + <i>Tagete</i>) + Acido fosforoso	Tannino C (Silvateam) Tequil 4 + Fosfò 8.40 (Fertenia)	30 kg 20 L + 20 L 35 L + 20 L 25 L + 20 L	9/7 (T1) 25/7 (T2) 21/8 (T3) 24/9 (T4)
<i>Bacillus firmus</i> I-1582	Flocter (Bayer)	40 kg 40 kg	9/7 (T1) 25/7 (T2)
Oxamyl (granulare) Micorrize, batteri della rizosfera e funghi saprofiti + <i>Pochonia chlamydosporia</i>	Vydate 5 G (DuPont) Micosat F WP NE Cons. 2011 (CCS Aosta S.r.l.)	60 kg 6 kg	11/7 (T1) 1/8 (T2) 10/9 (T3)
Estratto di aglio Micorrize, batteri della rizosfera e funghi saprofiti + <i>Pochonia chlamydosporia</i>	Nemguard (CBC Europe S.r.l.) Micosat F WP NE Cons. 2011 (CCS Aosta S.r.l.)	20 kg 6 kg	11/7 (T1) 1/8 (T2) 10/9 (T3)
Oxamyl (granulare) <i>Paecilomyces lilacinus</i>	Vydate 5 G (DuPont) Bioact WG (CBC Europe S.r.l.)	60 kg 4 kg	11/7 (T1) 1/8 (T2) 10/9 (T3)

Tabella 2. Anno 2013. Programma dei trattamenti per il contenimento di *M. incognita* in coltura di carota. Località Volania (FE). Data di semina: 21/7/2013

Sostanza attiva	Formulato commerciale	Dose/ha	Data trattamento
Testimone non trattato			
Tannino condensato liquido	Tannino T (Silvateam) Tannino T (Silvateam)	180 L 30 L	11/7 (T1) 31/7 (T1); 20/8 (T2); 9/9 (T3)
Estratti vegetali, derivati della purina, ac. nucleici, ac. grassi vegetali	Cogisin (Spaagro)	4 L	31/7 (T1); 20/8 (T2); 9/9 (T3)
Oxamyl (granulare) Estratti vegetali, derivati della purina, ac. nucleici, ac. grassi vegetali	Vydate 5 G (DuPont) Cogisin (Spaagro)	60 kg 4 L	21/7 (T1) 10/8 (T2); 30/8 (T3); 19/9 (T4)
Estratto di aglio	NemGuard (CBC Europe S.r.l.)	25 kg	21/7 (T1)
Estratto di aglio <i>Paecilomyces lilacinus</i>	NemGuard (CBC Europe S.r.l.) Bioact WG (CBC Europe S.r.l.)	20 kg 4 kg	21/7 (T1) 4/8 (T2); 9/9 (T3)
<i>Bacillus firmus</i> I-1582	Flocter (Bayer)	40 kg 40 kg	14/7 (T1) 28/07 (T2)
Inoculo funghi micorrizici	Terrad (Agrifutur)	50 kg	11/7 (T1)

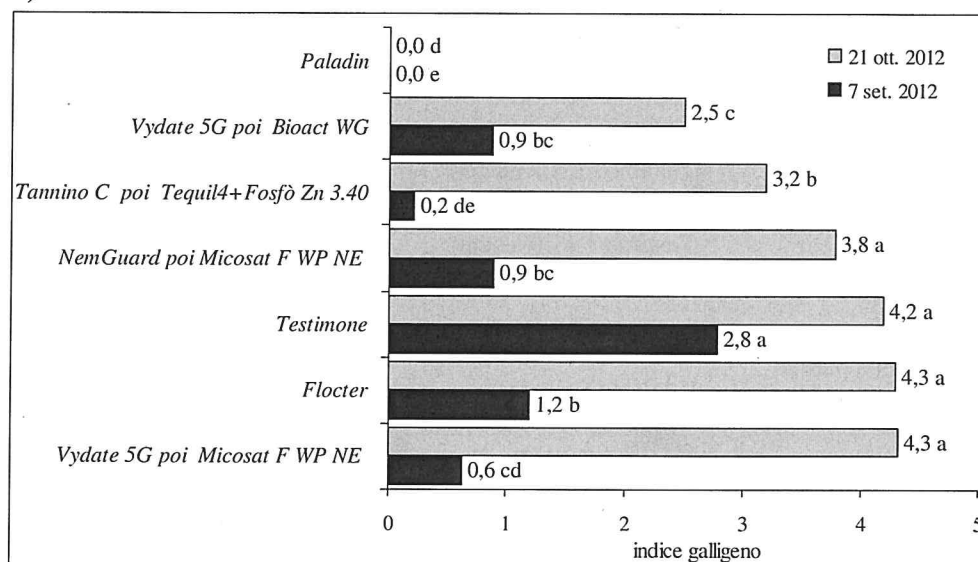
Tabella 3. Anno 2013. Programma dei trattamenti per il contenimento di *M. incognita* in coltura di carota. Località Lago delle Nazioni (FE). Data di semina: 18/7/2013

Sostanza attiva	Formulato commerciale	Dose/ha	Data trattamento
Testimone non trattato	-	-	-
Tannino idrolizzabile liquido	Tannino C (Silvateam)	180 L	7/7 (T1)
	Tannino C (Silvateam)	30 L	28/7 (T2); 17/8 (T3); 6/9 (T4)
Tannino condensato liquido	Tannino T (Silvateam)	180 L	7/7 (T1)
	Tannino T (Silvateam)	30 L	28/7 (T2); 17/8 (T3); 6/9 (T4)
Estratti vegetali, derivati della purina, acidi nucleici, acidi grassi vegetali	Cogisin (Spaagro)	4 L	28/7 (T1); 17/8 (T2); 6/9 (T3); 26/9 (T4)
Oxamyl (granulare)	Vydate 5G (DuPont)	60 kg	18/7 (T1)
Estratti vegetali, derivati della purina, acidi nucleici, acidi grassi vegetali	Cogisin (Spaagro)	4 L	7/8 (T2); 27/8 (T3); 16/9 (T4)
Tannino idrolizzabile liquido	Tannino C (Silvateam)	180 L	7/7 (T1)
<i>Quillaja saponaria</i> + Yucca + Rafano nero idrolizzato + Fosforo e Zinco	Tequil Multi + Fosfò Zn 3.40 (Fertenia)	25L+15 L	28/7 (T2); 17/8 (T3); 6/9 (T4)
Estratto di aglio	NemGuard (CBC Europe S.r.l.)	25 kg	18/7 (T1)
Gea 099 – Fitostimolante con tirosina e fenilalanina, glicina, betaina, acido δ -aminovaleico, acido γ -aminobutirrico, asparagina, arginina, saponine, tiammina	Kendal Nem (Valagro)	20 L	28/7 (T1); 17/8 (T2); 6/9 (T3)
Estratto di aglio	NemGuard (CBC Europe S.r.l.)	20 kg	18/7 (T1)
Inoculo funghi micorrizici	Terrad (Agrifutur)	50 kg	7/7(T1)
Estratto di aglio <i>Paecilomyces lilacinus</i>	NemGuard (CBC Europe S.r.l.)	20 kg	18/7 (T1)
	Bioact WG (CBC Europe S.r.l.)	4 kg	28/7 (T2); 6/9 (T3)
Dimetildisolfuro (DMDS)	Paladin (Certis)	250 kg	20/6 (T1)

RISULTATI

Nel 2012, a Volania (FE), la percentuale di carote infestate ha evidenziato, nel rilievo intermedio del 7 settembre, differenze significative rispetto il testimone (100 %) e fra le tesi, con assenza di infestazione nelle parcelle trattate con Paladin, il 18,8 % di radici infestate nella tesi trattata con Tannino C e Tequil4 + Fosfò Zn 3.40, e dal 47% al 77 % per tutti gli altri prodotti; tali differenze percentuali sono risultate nulle a fine coltura (21 ottobre) eccetto per il Paladin che ha confermato la protezione completa. Differenze statistiche sono state evidenziate anche nel grado d'infestazione da *M. incognita* delle carote (indice galligeno - IG) che è risultato, nel rilievo del 7 settembre, 2,8 nel testimone, 1,2 nelle parcelle trattate con Flocter e di valori compresi fra 0,0 e 0,9 in tutte le altre tesi. A fine prova, l'intensità del danno risultava ancora statisticamente significativa con valori da 3,8 a 4,3, non differenti da quelli del testimone, per i prodotti che hanno evidenziato una minore persistenza d'azione e di 3,2, 2,5 e 0,0 nella parcelle trattate rispettivamente con Tannino C e poi Tequil4 + Fosfò Zn 3.40, Vydate 5G seguito da Bioact WG e con Paladin (Figura 1).

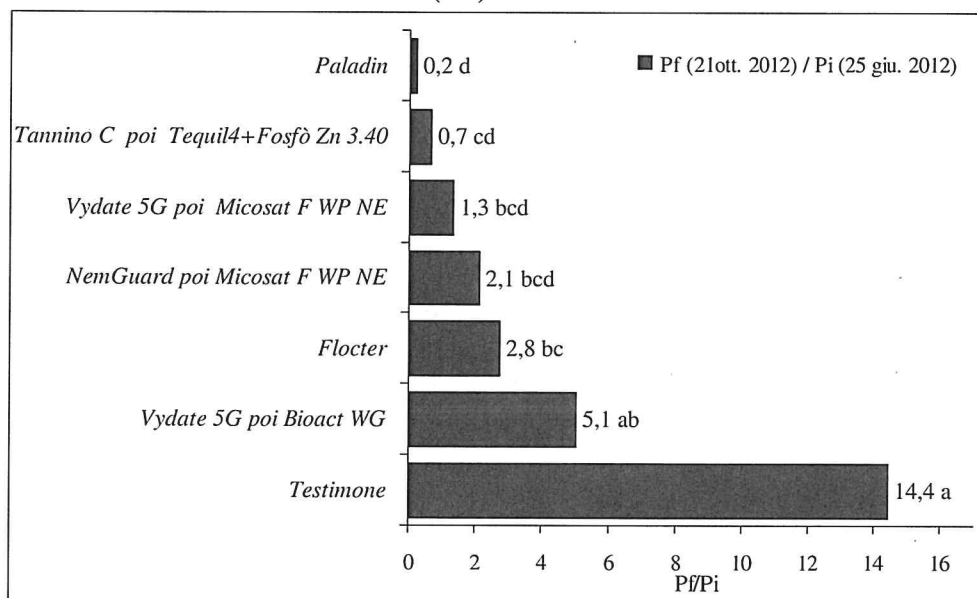
Figura 1. Anno 2012. Intensità di attacco di *M. incognita* su radici di carota. Località Volania (FE)



Anova su dati non trasformati; test di separazione fra le medie: LSD. Lettere differenti dimostrano differenze significative fra le tesi per $P \leq 0,05$

Nel 2012, il fattore di moltiplicazione (R) a fine coltura è risultato significativamente differente dal testimone per quasi tutti gli interventi, con una riduzione efficace degli stadi giovanili ($R < 1$) dopo i trattamenti con Paladin e Tannino C seguito da Tequil4 + Fosfò Zn 3.40, e un accettabile aumento della carica nematica nelle parcelle trattate con Vydate 5G o NemGuard seguito da Micosat F WP NE, e con Flocter (Figura 2).

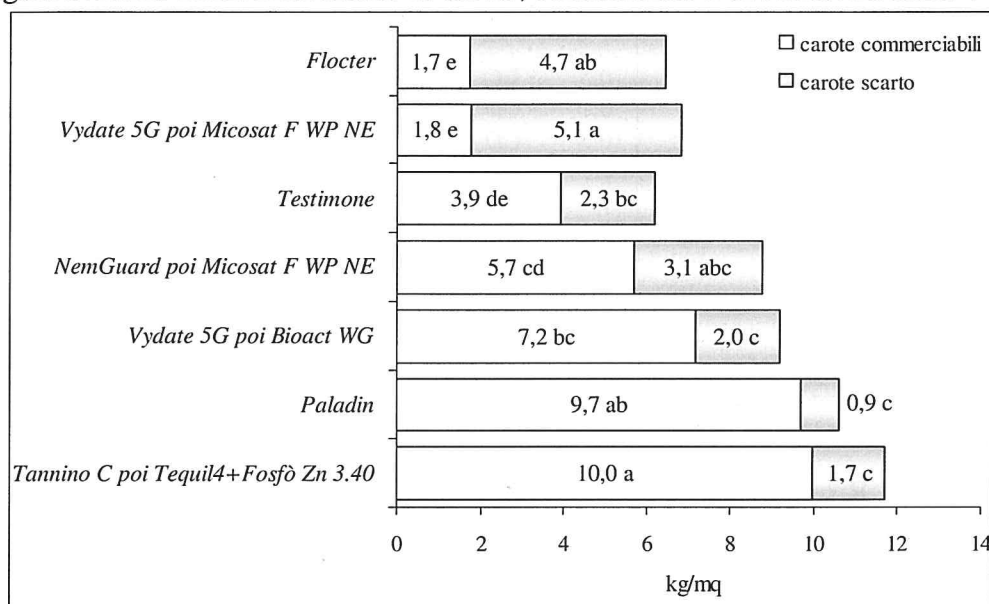
Figura 2. Anno 2012. Fattore di moltiplicazione della popolazione di *M. incognita* nel terreno coltivato a carota. Località Volania (FE)



Anova su dati trasformati in log; test di separazione fra le medie: LSD. Lettere differenti dimostrano differenze significative fra le tesi per $P \leq 0,05$

Per quanto riguarda la produzione di carote nel 2012, commerciale e di scarto, si è avuta corrispondenza con l'indice galligeno per Paladin, Tannino C seguito da Tequil4 + Fosfò Zn 3.40 e Bioact WG, mentre i trattamenti con Flocter e quelli con Vydate 5G seguito da Micosat F WP NE hanno generato molto scarto e produzioni commerciali inferiori a quelle del testimone (Figura 3).

Figura 3. Anno 2012. Produzione di carote, commerciale e di scarto. Località Volania (FE)



Anova su dati non trasformati; test di separazione fra le medie: LSD. Lettere differenti dimostrano differenze significative fra le tesi per carote commerciali e significative per carote scarto per $P \leq 0,05$

Nel 2013, in generale, gli appezzamenti prescelti per la sperimentazione non sono risultati fortemente infestati da nematodi galligeni. Nella prova di Volania (FE) i modesti valori massimi di percentuale di carote infestate (41%) e di IG (1,1) testimoniano la scarsa infestazione nell'appezzamento; che pure ha permesso di evidenziare differenze significative fra le tesi: in particolare ottimi risultati sono stati raggiunti con la strategia NemGuard seguito da Bioact WG (infestazione 4,8% e IG 0,1) e nella tesi trattata con Tannino T (infestazione 8,7% e IG 0,1), mentre le altre non si sono differenziate dal testimone- (infestazione compresa fra 14,1% e 30,2% e IG fra 0,3 e 0,5) o sono risultate più infestate del testimone, perché trattate solo in presemina nelle applicazioni di NemGuard (40% e IG 1,1) o con prodotti prevalentemente nematostatici quali Vydate 5G seguito da Cogisin (41% e IG 0,7). In questa prova l'incremento nella produzione di carote è stato registrato soprattutto nelle parcelle trattate con Tannino T e con Cogisin, ossia con quei prodotti che hanno un effetto fitostimolante e protettivo dei microrganismi del terreno, in una condizione di scarsi danni da nematodi. Il formulato a base di *B. firmus* (Flocter), non ha fornito risultati chiari anche nel 2013, non differenziandosi dal testimone in alcuno dei parametri considerati (Tabella 4).

La prova del 2013 di Lago delle Nazioni (FE) ha evidenziato risultati interessanti, che confermano quanto verificato in precedenti prove su altre colture (Lazzeri *et al.*, 2009; Curto *et al.*, 2012).

In particolare, nel rilievo intermedio del 3 settembre, a circa due mesi dalla semina, sono state evidenziate differenze significative fra le tesi sia nella percentuale di carote attaccate, con valori minimi del 12% in Paladin e del 22-25% nei Tannini (T e C), e compresi tra il 53% (NemGuard seguito da Bioact WG) e il 97% (Kendal Nem) per tutti gli altri prodotti; l'IG ha

seguito lo stesso andamento (Tabella 6), mentre gli stadi giovanili nel terreno risultavano scarsi e inferiori a 50 L2/100 mL di terreno.

Tabella 4. Anno 2013. Risultati nel rilievo finale (25 ottobre) in coltura di carota. Località Volania (FE)

Tesi	Infestazione (%)		Indice galligeno		Pf/Pi	Produzione commerciale (kg/m ²)		Produzione scarto (kg/m ²)	
Testimone	30,2	AB	0,5	BC	1,5	9,1	b	0,0	B
Tannino T	8,7	C	0,1	CD	1,3	12,6	a	0,0	B
Cogisin	14,1	BC	0,3	CD	1,6	12,0	a	0,0	B
Vydate 5G poi Cogisin	40,8	A	0,7	AB	2,0	9,9	b	0,2	B
NemGuard	39,7	A	1,1	A	0,7	10,3	b	1,4	A
NemGuard poi Bioact WG	4,8	C	0,1	D	0,7	10,9	ab	0,0	B
Flocter	18,2	BC	0,4	BCD	0,6	9,6	b	0,1	B
Terrad	24,7	ABC	0,4	BCD	0,4	9,8	b	0,0	B
F	**		**			*		**	

Anova su dati non trasformati; test di separazione fra le medie: LSD. Lettere differenti dimostrano differenze significative fra le tesi. N.S. = non significativo; ** = altamente significativo ($P \leq 0,01$); * = significativo ($P \leq 0,05$)

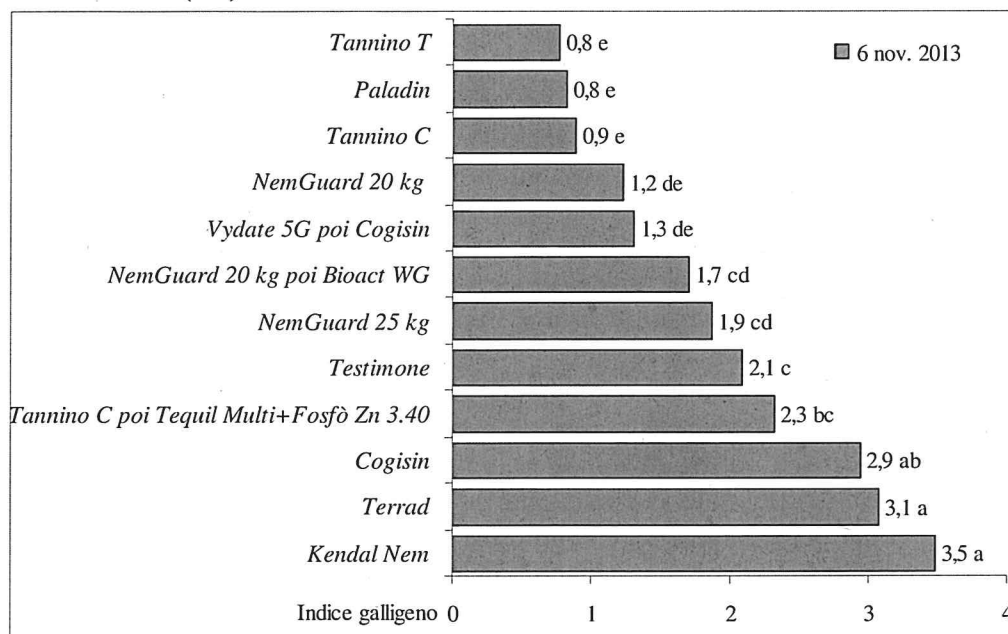
Tabella 5. Anno 2013. Risultati nel rilievo intermedio (3 settembre) in coltura di carota. Località Lago delle Nazioni (FE)

Tesi	Infestazione (%)		Indice galligeno		Produzione commerciale (kg/m ²)	Produzione scarto (kg/m ²)
Tannino C	22,3	F	0,3	E	0,4	0,0
Testimone	73,6	CD	1,1	D	0,4	0,0
Tannino T	25,0	F	0,3	E	0,6	0,0
Cogisin	85,2	ABC	1,9	B	0,5	0,1
Vydate 5G poi Cogisin	90,2	AB	1,8	B	1,0	0,0
Tannino C poi Tequil Multi + Fosfò Zn 3.40	79,0	BCD	1,1	D	0,7	0,0
NemGuard 25 kg	82,6	BC	1,7	B	0,7	0,0
Kendal Nem	96,9	A	2,3	A	0,5	0,1
NemGuard 20 kg	67,2	D	1,3	CD	1,0	0,0
Terrad	83,7	ABC	1,5	BC	0,9	0,0
NemGuard 20 kg + Bioact WG	52,8	E	1,0	D	1,1	0,0
Paladin	12,4	F	0,1	E	1,7	0,0
F	**		**		N.S.	N.S.

Anova su dati non trasformati; test di separazione fra le medie: LSD. Lettere differenti dimostrano differenze significative fra le tesi. N.S. = non significativo; ** = altamente significativo ($P \leq 0,01$); * = significativo ($P \leq 0,05$)

Nel rilievo alla raccolta (Figura 4) è stato mantenuto tendenzialmente l'andamento già manifestato nel rilievo intermedio. La percentuale di radici infestate ha raggiunto il 100% nelle tesi trattate con prodotti fitostimolanti (Cogisin, Kendal Nem e Terrad) che hanno riportato anche il più alto valore di IG (intorno a 3), mentre percentuali di attacco e valori di IG molto bassi sono stati registrati per Paladin, Tannino C e Tannino T, per NemGuard a 20 kg/ha e per Vydate 5G seguito da trattamenti con Cogisin; il trattamento con Tannino C seguito da interventi con Tequil Multi + Fosfò Zn 3.40, non ha rispecchiato i risultati del 2012, probabilmente a causa dell'aggiunta di rafano nero idrolizzato alla formulazione, dimostratosi antagonista dei tannini anche in prove in vaso (dati non pubblicati).

Figura 4. Anno 2013. Intensità di attacco di *M. incognita* su radici di carota. Località Lago delle Nazioni (FE)

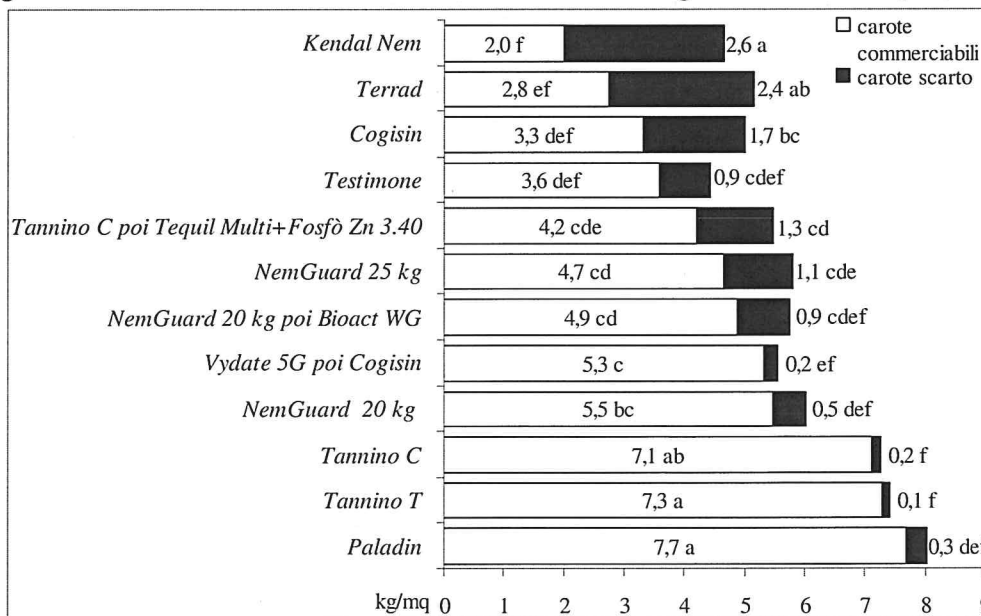


Anova su dati non trasformati; test di separazione fra le medie: LSD. Lettere differenti dimostrano differenze significative per $P \leq 0,05$

La produzione in peso di carote è risultata proporzionale al danno radicale, dando conferma dell'efficacia relativa dei prodotti e delle strategie impiegate (Figura 5).

Per quanto riguarda gli stadi giovanili infestanti estratti dai campioni di terreno alla raccolta, il loro numero non è risultato molto indicativo dell'infestazione reale, mantenendosi al di sotto di 60 larve/100 cc di terreno in tutte le tesi, probabilmente a causa delle basse temperature degli inizi di novembre.

Figura 5. Anno 2013. Produzione di carote. Località Lago delle Nazioni (FE)



Anova su dati non trasformati; test di separazione fra le medie: LSD. Lettere differenti dimostrano differenze significative fra le tesi per $P \leq 0,05$

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Le sperimentazioni su carota hanno evidenziato le principali problematiche sulla difesa di questa coltura, sensibile ai nematodi galligeni soprattutto nei cicli estivi e nelle prime fasi di sviluppo, fino all'ingrossamento della radice fittonante. Attacchi precoci causano la morte delle piantine, riduzioni dell'investimento e disformità nella crescita, fattori che ne pregiudicano la commercializzazione. Pertanto, anche in condizioni di bassa infestazione è necessario un trattamento che riduca le popolazioni di *M. incognita* nel terreno, quindi nematocida piuttosto che nematostatico, fumigante o biofumigante; interessanti si sono dimostrati i tannini che si comportano da nematocidi ad alte dosi e concorrono comunque, anche a basse dosi, a rendere il terreno più vitale e inospitale per i nematodi fitoparassiti. In generale i trattamenti microbiologici e nematocidi in presenza della coltura, nelle fasi sensibili ai nematodi, sono importanti per mantenere bassa la popolazione nel terreno, fornire una buona produzione commerciale e preparare la riduzione della carica nematica anche per le colture successive. I prodotti nematostatici al contrario non sembrano essere risolutivi per la carota, perché necessitano di una copertura continua, quindi di trattamenti ripetuti, spesso costosi, e sicuramente pensati soprattutto per interventi in manichetta in coltura protetta, su colture di alto reddito, per garantire e aumentare la produzione di frutti.

In conclusione è possibile affermare che, in coltura di carota, l'integrazione di mezzi chimici, microbiologici e sostenibili, con effetto nematocida e non nematostatico può risultare efficace nei confronti di *M. incognita* e in grado di soddisfare le esigenze produttive della coltura.

LAVORI CITATI

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