

ESTRATTI VEGETALI PER IL CONTENIMENTO DI *MELOIDOGYNE INCOGNITA* IN AZIENDE A CONDUZIONE BIOLOGICA ED INTEGRATA

G. D'ERRICO¹, E. CAPRIO², E. COMITE¹, A. CONZA³, S. DI GIORGI⁴, L. GIOIA¹, D. GIORGINO⁵, F. GUASTAMACCHIA⁶, L. GULLOTTA⁷

N. LOMBARDI¹, R. MARRA¹, F.P. D'ERRICO^{1,8}

¹ Dip. Agraria, Univ.Studi Napoli Federico II, Via Università, 100, 80055 Portici (NA)

² Biofarm, Via Sac. B. Cozzolino, 80056 Ercolano (NA)

³ Fertenia, Via L. Giordano, 12, 84092 Bellizzi (SA)

⁴ IZS, Ist. Zoopr. Sper. Lazio e Toscana, Via Appia Nuova, 1411, 00178 Roma

⁵ AgroService, Contrada Papparicotta, 76123 Andria (BT)

⁶ Oxon Italia S.p.A., Via Sempione, 195, 20016 Pero (MI)

⁷ Omex Agriculture Ltd, U.K.

⁸ CNR-IPSP, Ist. Protezione Sostenibile Piante, Via Università 133, 80055 Portici (NA)
giada.derrico@unina.it

RIASSUNTO

L'efficacia di tre formulati commerciali a base di estratti vegetali (Oikos, Garland e Tequil) è stata valutata nei confronti di *Meloidogyne incognita* su due varietà di pomodoro coltivato in serra fredda, in due diversi areali del sud-Italia. I prodotti sono stati impiegati da soli ed in combinazione con il nematocida Velum Prime. In entrambe le prove tutti i trattamenti hanno incrementato le produzioni e lo sviluppo della biomassa epigea delle piante, oltre ad aver ridotto gli indici medi d'infestazione (IMI) e le cariche nematologiche del cecidogeno nel terreno. Risultati migliori sono stati conseguiti con le applicazioni integrate. Tuttavia, questo approccio, specialmente in terreni tendenti all'argilloso che non sono favorevoli allo sviluppo del nematode, è superfluo in presenza di popolazioni iniziali contenute. L'impiego combinato di diversi estratti vegetali potrebbe essere una valida alternativa ai prodotti di sintesi, soprattutto per aziende che operano in regime biologico, anche al fine di evitare l'insorgenza o l'accentuarsi di fenomeni di resistenza.

Parole chiave: contenimento dei nematodi, colture protette

SUMMARY

PLANT EXTRACTS AGAINST *MELOIDOGYNE INCOGNITA* IN FARMS UNDER BIOLOGICAL AND INTEGRATED MANagements

Three commercial products based on plant extracts (Oikos, Garland and Tequil) were evaluated against *Meloidogyne incognita* on two varieties of tomato in two different sites of Southern Italy. These products were applied singly or in combination, and were compared to the commercial nematicide Velum Prime. In both trials, treatments were effective in increasing tomato productions and plant growth, or in reducing root galling index and nematode population densities. The best results were obtained when plant extracts were used after chemical nematicide treatment. This approach, especially in soils favorable to nematode development, may be particularly useful in presence of high nematode population densities. The combination of products based on plant extracts could be a valid alternative to synthetic pesticides, avoiding or reducing the development of resistance problems.

Keywords: nematode management, protected crops

INTRODUZIONE

I nematodi fitoparassiti rappresentano per l'agricoltura mondiale un problema di enorme dimensione in quanto causano ingenti perdite produttive, che si stima oscillino fra il 9 ed il 15% in relazione alla coltura ed all'area geografica (Nicol et al., 2011). Il gruppo trofico più dannoso e diffuso nel mondo, soprattutto negli ambienti protetti delle aree tropicali e sub-tropicali, è rappresentato dai galligeni del genere *Meloidogyne* (Sikora e Fernandez, 2005). I danni, già di per sé rilevanti, sono notevolmente aggravati dalle associazioni sinergiche che questi nematodi instaurano con diversi funghi fitopatogeni (Ragozzino e d'Errico, 2011) e, nel caso del pomodoro, si può arrivare alla completa distruzione della coltura.

In seguito al ritiro dal commercio del bromuro di metile, biocida che veniva impiegato annualmente nella stragrande maggioranza degli ambienti protetti, la ricerca è stata indirizzata verso la valutazione di soluzioni alternative di lotta alle fitopatie (come la solarizzazione del terreno, la biofumigazione, o l'impiego di colture fuori suolo), o di formulati chimici di sintesi ad azione fumigante. Tuttavia, l'applicazione di fumiganti e nematocidi di sintesi non volatili, che al momento rappresentano la strategia di controllo più utilizzata, sono causa di uno squilibrio della biosfera tellurica e di un cospicuo impatto negativo sull'ambiente e sulla salute dell'uomo (operatori, consumatori, residenti e astanti). Purtroppo, anche queste soluzioni, nelle situazioni più difficili (quali elevate popolazioni iniziali, temperatura e natura del terreno più consone al nematode, pianta ospite più suscettibile, etc.), sono risultate solo parzialmente efficaci. In tali casi è pertanto necessaria un'integrazione con altre strategie, preferibilmente a ridotto impatto ambientale (d'Errico 2019). Un'ulteriore alternativa potrebbe essere data dalla rotazione con colture non ospiti, ma questa, in un'orticoltura intensiva e di nicchia dove le colture si succedono anno dopo anno e da più decenni, è una pratica improponibile. Considerato che gli indirizzi attuali sono fortemente orientati verso soluzioni ambientali più ecocompatibili e sostenibili per i consumatori e gli operatori agricoli, molte aspettative sono riposte soprattutto nell'uso dei microrganismi benefici, degli estratti vegetali e delle nanobiotecnologie.

In questo lavoro sono riportati i risultati ottenuti nell'ambito di due prove di lotta, realizzate in contemporanea su due diverse varietà di pomodoro (*Solanum lycopersicum*) e in differenti aree geografiche, per valutare l'efficacia di tre formulati a base degli estratti vegetali, quali Garland, Oikos e Tequil.

Garland è un estratto d'aglio (*Allium sativum*), ricco di oli essenziali (metaboliti secondari); tra questi la sostanza presente in concentrazione maggiore è il disolfuro di diallile. Svolge un'efficiente attività di controllo di nematodi, funghi patogeni e insetti (Kutawa et al., 2018); induce, inoltre, biostimolazione e resistenza nelle piante (D'Addabbo et al., 2019). *In vitro* ha mostrato anche azione antibatterica (Durairaj e Srinivasan, 2009).

Oikos è un insetticida naturale a base di azadiractina (estratto dai semi di *Azadirachta indica*), noto anche per la sua attività nematocida e, più limitatamente, fungicida. Tra le azadiractine quella più efficace e presente in maggiore quantità è l'azadiractina A (d'Errico et al., 2003). Negli insetti è stata dimostrata un'azione antifeeding e di inibizione della muta.

Tequil è un estratto acquoso di *Quillaja saponaria* (85%) ricco di saponine e glucosidi, che contiene altresì alghe brune (10%) e tannini di castagno (5%). Le saponine, oltre che da *Quillaja*, sono prodotte da numerose piante e svolgono attività nei confronti di funghi patogeni, molluschi, batteri, virus, insetti e nematodi. Inoltre, stimolano la crescita e lo sviluppo delle piante e potenziano la resistenza verso fattori biotici ed abiotici (Kintia 2004). Le caratteristiche delle saponine della *Quillaja* e le loro proprietà funzionali sono riportate in un recente lavoro (Reichert et al., 2019). Allo stato attuale, nessuno dei prodotti commerciali impiegati nella sperimentazione risulta essere registrato per il controllo dei nematodi, anche se

per alcune colture, pomodoro compreso, è stato registrato un estratto d'aglio, in formulazione granulare (Nemguard Granules) ed in sospensione concentrata (Nemguard SC).

La valutazione sull'efficacia dei differenti bioformulati è stata effettuata impiegandoli singolarmente e ad integrazione del Velum Prime, il nematocida attualmente più impiegato in orticoltura.

MATERIALI E METODI

Una prova è stata condotta in una serra fredda sita ad Adelfia (Bari) in un terreno di medio impasto tendente al sabbioso, coltivato precedentemente a zucchini (*Cucurbita pepo* var. giromontina) risultato, a fine ciclo, gravemente ed uniformemente infestato dal nematode galligeno *M. incognita*. Per la realizzazione della prova, la superficie del campo di circa 224 m² (superficie trattata: 196 m²) è stata suddivisa in 32 parcelle di m² 7 ciascuna (m 1,4 x 5,0), replicate 4 volte e distribuite a blocchi randomizzati (RCB Randomized Complete Block).

Il trapianto è stato eseguito il 24 luglio 2019 con piantine di pomodoro (*Solanum lycopersicum*) della varietà Naxos F1 (tipologia "Insalatato"), disposte in file binate (1,0 m interbina, 0,4 m distanza tra le file, 1,4 m interasse, ossia distanza tra centro bine) per un investimento di 20 piante/fila (40 piante/bina/parcella). I filari sono stati disposti parallelamente al lato più lungo della parcella e le piantine, allo stadio di 4 foglie vere, sono state trapiantate sulla fila ad una distanza di 25 cm. In totale sono state utilizzate 160 piante/tesi, pari a 1.120 piante trattate su 1.280 piante del campo prova. Il materiale di riproduzione, acquistato da Ditta specializzata, era stato allevato in contenitori di polistirolo alveolati. Cinque giorni dopo il trapianto sono state sostituite le fallanze, complessivamente 5, su tutto il campo della prova.

I formulati sono stati applicati al suolo in drip-irrigation, in assenza di vento e nelle prime ore del mattino, così come riportato in tabella 1. Per l'applicazione i diversi formulati sono stati diluiti in un quantitativo di H₂O (20.000 L H₂O/ha) sufficiente a bagnare, fino alla capacità di campo, i primi 20 cm di profondità del suolo. L'erogazione è avvenuta distribuendo nella prima fase il 60% di H₂O ed a seguire il 20% di H₂O contenente il prodotto, ed infine il restante 20% di sola H₂O.

Nel corso della prova sulle 10 piante centrali di ogni parcella sono state effettuate quattro raccolte scalari settimanali a partire dall'11 ottobre, dalle quali sono state acquisite le produzioni, il numero ed il peso medio delle bacche. La carica nematologica (uova e stadi giovanili di seconda età) è stata determinata nelle singole parcelle subito dopo l'allestimento del campo sperimentale e, a fine prova, all'atto dell'estirpazione delle piante (2/12). Gli stadi giovanili di seconda età sono stati estratti da campioni di 100 mL di terreno, lasciati decantare per 7 giorni, con il metodo degli imbuto di Baermann. L'incremento di popolazione è stato calcolato dal rapporto Pf/Pi (popolazione finale/popolazione iniziale). Gli indici medi di infestazione (IMI) sono stati calcolati sugli apparati radicali, accuratamente estirpati dal terreno e lavati, delle 10 piante centrali estirpate da ciascuna parcella. Gli IMI sono stati attribuiti alle singole radici utilizzando la scala di Zeck. Infine, sono stati pesati gli apparati radicali e la parte epigea (biomassa) delle 10 piante.

La seconda prova è stata condotta su pomodoro a grappolo coltivato in una serra fredda sita nel comune di Vitulazio (Caserta), in un terreno di medio impasto tendente all'argilloso. La coltivazione di pomodoro è subentrata ad un ciclo di lattuga (*Lactuca sativa*) risultata alla raccolta uniformemente infestata dal nematode galligeno *M. incognita*. Per l'espletamento della sperimentazione, la superficie del campo di circa 256 mq (superficie trattata: 224 m²), è stata suddivisa in 32 parcelle di m² 8 ciascuna (m 1,6 x 5,0), replicate 4 volte e distribuite a blocchi randomizzati. Il trapianto è stato effettuato il 31/7/2019 su file binate con piantine di

pomodoro della varietà Shiren F1 (tipologia “Ciliegiato a grappolo”, a sviluppo indeterminato), disposte in file binate (1,1 m interbina, 0,5 m distanza tra le file, 1,6 m interasse, ossia distanza tra centro bine) per un investimento di 40 piante/fila (80 piante/bina/parcella). I filari sono stati disposti parallelamente al lato più lungo della parcella e le piantine allo stadio di 4 foglie vere, sono state trapiantate sulla fila ad una distanza di 20 cm. In totale sono state utilizzate 200 piante/tesi, pari a 1.400 piante trattate su 1.600 del campo prova. Quattro giorni dopo il trapianto sono state sostituite le fallanze, complessivamente 3, su tutto il campo della prova.

Tabella 1. Formulati utilizzati, dosi d’impiego e tempistica dei trattamenti

Formulati impiegati		Dosi, numero e tempistica dei trattamenti
Trattamenti	Principio attivo e formulazione	
Velum Prime	Fluopyram puro 34.5% (400 g/L) sospensione concentrata (SC)	2 applicazioni alla dose di 625 g/ha. La prima 3 giorni dopo il trapianto e dopo ulteriori 30 giorni la seconda.
Oikos + pH One	Azadiractina A 2.4% (26 g/L) concentrato emulsionabile + acidificante (4% Azoto ureico, 24% anidride fosforica P ₂ O ₅) liquida	4 applicazioni alla dose di 1,5 L/ha: la prima 2 giorni pre-trapianto e a seguire dopo 9 giorni la seconda; la terza e la quarta ad intervallo di 15 gg. Le soluzioni sono state acidificate con pH ONE fino a portare il pH dell’acqua del pozzo da 6,6 a 5.
Tequil + Assorb pH 3.0	<i>Quillaja saponaria</i> (85%), alghe brune (<i>Ecklonia</i> spp.) (10%), tannini di castagno (5%) liquida + acidificante (N organico, microelementi, C organico). liquida	2 applicazioni alla dose di 25 L/ha. La prima al trapianto e la seconda 30 gg. dopo. Le soluzioni sono state acidificate con Assorb pH 3.0 fino a portare il pH dell’acqua del pozzo a pH 5.
Garland	Estratto d’aglio (99,9%) liquida	3 applicazioni: la prima al trapianto alla dose di 4 L/ha e le altre due, alle dosi di 2 L/ha, a distanza di 21 gg.
Velum Prime + Oikos + pH One		5 applicazioni: Velum Prime come sopra; Oikos 3 applicazioni a distanza a distanza di 15 giorni a partire dal secondo trattamento con il Velum.
Velum Prime + Tequil + Assorb pH 3,0		4 applicazioni: Velum Prime e Tequil come sopra. La prima applicazione con Tequil è stata effettuata 15 gg. dopo il secondo trattamento con Velum Prime.
Velum Prime + Garland		5 applicazioni: Velum Prime e Garland come sopra. La prima applicazione con Garland è stata effettuata 15 gg. dopo il secondo trattamento con Velum Prime e a distanza di 21 gg. le altre due.
Controllo	Acqua	Nessun trattamento

I prodotti utilizzati, le dosi e modalità d’impiego ed il rilevamento dei dati sono analoghi a quelli riportati nella precedente prova; sono solo posticipati di 7 giorni il trapianto, la tempistica dei trattamenti ed il rilevamento dei dati. I parametri relativi alle cariche

nematologiche, agli IMI ed ai pesi degli apparati radicali sono stati rilevati come riportato per la prova precedente.

L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando il Software SPSS 15.0. I dati sono stati analizzati con l'analisi della varianza (Anova) e le medie confrontare usando il test di comparazione multipla (Student-Newmann-Keuls) con $P < 0,05$.

RISULTATI

I risultati emersi dalla valutazione dell'efficacia fitoiatrica dei formulati impiegati, applicati singolarmente ed in combinazione, sono riportati nelle tabelle 2 - 3 per la prima prova, e nelle tabelle 4 - 5 per la seconda prova.

1^a prova

Tutti i trattamenti hanno inciso significativamente sulle produzioni facendo registrare sensibili incrementi (dal 28,7% al 49,2%) rispetto al controllo non trattato. Tuttavia, il numero delle bacche prodotte dalle singole piante non è risultato statisticamente differente né tra i trattamenti, né tra questi ed il controllo non trattato. Per quanto riguarda il peso delle bacche non sono emerse differenze significative tra i trattamenti ma solo tra questi ed il controllo (tabella 2).

Tabella 2. Valori medi delle produzioni, numero e peso delle bacche

Trattamenti	Produzione (g)		Bacche	
	Pianta	Incremento % (UTK=100)	Numero	Peso (g)
Velum Prime	1.870 b	34,8	17 a	110 b
Oikos + pH One	1.785 b	28,7	17 a	105 b
Tequil + Assorb pH 3,0	1.802 b	29,9	17 a	106 b
Garland	1.785 b	28,7	17 a	105 b
Velum Prime + Oikos + pH One	2.070 c	49,2	18 a	115 b
Velum Prime + Tequil + Assorb pH 3,0	2.057 c	48,3	17 a	121 b
Velum Prime + Garland	2.034 c	46,6	18 a	113 b
Controllo (UTK)	1.387 a	-	19 a	73 a

I dati affiancati dalle stesse lettere sulle colonne non sono statisticamente differenti tra loro ($P > 0,05$). Le medie sono state confrontate utilizzando il test di comparazione multipla (Student-Newmann-Keuls) con $P < 0,05$

In risposta ai singoli trattamenti gli IMI sono risultati significativamente più contenuti rispetto al controllo; inoltre, sono stati ottenuti valori dimezzati, compresi fra 4,1 e 4,5, nel caso in cui l'applicazione del Velum Prime è stata integrata da un estratto vegetale. Tale evidenza ha trovato rispondenza nella riduzione delle popolazioni del nematode riscontrata a fine prova (da 1,51 a 4,42 a fronte del 8,42 nel controllo). Il calo è stato maggiore quando all'applicazione del nematocida chimico è seguita quella di un estratto vegetale (da 1,37 a 2,01). In particolare, a seguito dei trattamenti, ma soprattutto quando al Velum Prime è stata abbinata un'applicazione di Oikos o Tequil, le piante hanno mostrato un maggiore sviluppo della parte epigea, ma non dell'apparato radicale (tabella 3

Tabella 3. Indici medi di infestazione (IMI), cariche nematologiche riscontrate ad inizio (Pi) e fine (Pf) prova e peso delle piante

Trattamenti	IMI	Pi	Pf	Incremento popolazione Pf/Pi	Peso medio pianta (g)	
					Parte epigea	Radice
Velum Prime	5,7 c	136 a	409 c	3,01	1.296 bc	62 a
Oikos + pH One	6,3 bc	144 a	578 b	4,01	1.215 b	59 a
Tequil + Assorb pH 3,0	7,1 b	153 a	618 b	4,04	1.239 b	61 a
Garland	6,9 b	139 a	615 b	4,42	1.198 b	58 a
Velum Prime + Oikos + pH One	4,1 d	144 a	217 d	1,51	1.368 c	65 a
Velum Prime + Tequil + Assorb pH 3,0	4,5 d	131 a	276 d	2,11	1.380 c	60 a
Velum Prime + Garland	4,4 d	129 a	244 d	1,89	1.298 bc	59 a
Controllo	8,5 a	127 a	1.070 a	8,42	970 a	57 a

I dati affiancati dalle stesse lettere sulle colonne non sono statisticamente differenti tra loro ($P > 0,05$). Le medie sono state confrontate utilizzando il test di comparazione multipla (Student-Newmann-Keuls) con $P < 0,05$

Inoltre, subito dopo i trattamenti e nei 20 giorni a seguire, non è stato osservato alcun fenomeno di fitotossicità.

L'andamento climatico stagionale fino alla fine del ciclo vegetativo del pomodoro è risultato al di sopra delle medie stagionali, con temperature superiori ai 15-16° C che non arrestano lo sviluppo di *M. incognita*.

2^a prova

I risultati riportati in tabella 4 evidenziano che le diverse tipologie d'intervento, pur diversificandosi statisticamente rispetto al controllo, non si differenziano tra loro in relazione alle produzioni, al numero dei grappoli ed al peso delle bacche prodotte dalle piante a fine prova. L'eccezione è data dal numero delle bacche raccolte che non si è diversificato né all'interno dei trattamenti né tra questi ed il controllo.

Tabella 4. Valori medi delle produzioni, numero e peso delle bacche

Trattamenti	Produzione (g)		Grappoli n.	Bacche	
	Pianta	Incremento % (UTK=100)		n.	Peso (g)
Velum Prime	2.842 b	21,9	81,2 b	974,2 a	29,2 b
Oikos + pH One	2.937 b	25,9	78,1 b	965,9 a	30,4 b
Tequil + Assorb pH 3.0	2.756 b	18,2	84,6 b	946,2 a	29,1 b
Garland	2.715 b	16,4	77,1 b	948,0 a	28,6 b
Velum Prime + Oikos + pH One	2.970 b	27,4	85,1 b	987,5 a	30,1 b
Velum Prime + Tequil + Assorb pH 3,0	3.057 b	31,1	87,1 b	1.002,0 a	0,5 b
Velum Prime + Garland	2.884 b	23,7	82,9 b	969,9 a	29,7 b
Controllo	2.332 a	-	68,0 a	967,0 a	24,1 a

I dati affiancati dalle stesse lettere sulle colonne non sono statisticamente differenti tra loro ($P > 0,05$). Le medie sono state confrontate utilizzando il test di comparazione multipla (Student-Newmann-Keuls) con $P < 0,05$

Dalla tabella 5 emerge che l'IMI ha subito una riduzione del grado d'attacco, statisticamente significativo, solo laddove è stato applicato il formulato chimico, da solo o integrato dagli estratti vegetali. I livelli di popolazione a fine prova (da 1,46 a 3,41 a fronte del 4,48 nel controllo) sono risultati statisticamente significativi in tutte le tipologie d'intervento; anche per questo parametro la maggiore riduzione si è avuta quando all'applicazione del Velum Prime è seguita quella di un estratto vegetale. Infine, mentre la biomassa della parte epigea delle piante ha fatto registrare uno sviluppo statisticamente superiore al controllo ma non diversificabile nell'ambito dei trattamenti, il peso degli apparati radicali non ha subito alcuna variazione.

Anche in questa prova non sono stati osservati fenomeni di fitotossicità e le temperature sono risultate al di sopra delle medie stagionali.

Tabella 5. Indici medi di infestazione (IMI), cariche nematologiche riscontrate ad inizio (Pi) e fine (Pf) prova e peso delle piante

Trattamenti	IMI	Carica nematologica fine prova (Pf)	Incremento popolazione Pf/Pi	Peso medio pianta (g)	
				Parte epigea	Radice
Velum Prime	3,8 b	105 bc	2,28	1.396 b	72 a
Oikos + pH One	4,5 ab	143 b	3,11	1.415 b	73 a
Tequil	4,8 b	164 b	3,56	1.439 b	69 a
Garland	4,6 b	157 b	3,41	1.398 b	66 a
Velum Prime + Oikos + pH One	3,0 b	67 c	1,46	1.412 b	70 a
Velum Prime + Tequil	3,3 b	76 c	1,65	1.477 b	72 a
Velum Prime + Garland	3,2 b	73 c	1,59	1.408 b	64 a
Controllo	5,6 a	206 a	4,48	1.047 a	61 a

I dati affiancati dalle stesse lettere sulle colonne non sono statisticamente differenti tra loro ($P > 0,05$). Le medie sono state confrontate utilizzando il test di comparazione multipla (Student-Newmann-Keuls) con $P < 0,05$

CONCLUSIONI

Alla luce di una sempre più crescente ed attenta legislazione sull'uso delle molecole chimiche di sintesi e del maggiore interesse verso l'ambiente e la salvaguardia della salute dell'uomo, gli indirizzi attuali sulla difesa delle colture tendono a ricercare alternative eco-compatibili. In questa direzione un sostanziale e fattivo contributo può essere dato dall'impiego di tecniche alternative a ridotto impatto ambientale, dal potenziamento dello stato di salute delle piante che acquisiscono maggiore resistenza alle avversità biotiche ed abiotiche, e dal miglioramento della fertilità dei suoli. Questa strategia può essere perseguita attraverso approcci diversi quali: impiego di sostanze organiche, che, tra l'altro, hanno anche un'azione di contenimento dei nematodi fitoparassiti, composti di origine vegetale e consorzi di microrganismi. Soluzioni queste che, oltre ad essere indirizzate direttamente all'organismo bersaglio, apportano al suolo ed alle piante quelle modificazioni atte a favorire, con azioni accessorie, l'assorbimento degli elementi nutritivi ed a correggere anomalie di tipo fisiologico (d'Errico et al, 2011, D'Addabbo et al., 2019). Una relazione molto stretta e interconnessa è quella tra la sostanza organica ed i microrganismi che si sviluppano durante i processi di

degradazione (Chavarria-Carvajal et al., 2001), i quali contribuiscono a modificare le condizioni biotiche, chimiche e fisiche del suolo. È ovvio che tali strategie d'intervento sono più tecniche e pertanto vanno adattate anche nella scelta delle giuste integrazioni che, oltre a migliorare le performance fitoiatriche potrebbero determinare effetti sinergici (Chitwood, 2002; Soppelsa et al., 2011).

I risultati emersi dalle sperimentazioni condotte, a conferma delle buone prospettive messe in rilievo in numerose altre referenze scientifiche, hanno evidenziato che i tre estratti vegetali valutati sono in grado di assicurare, rispetto al controllo non trattato, un significativo incremento delle produzioni ed un apprezzabile contenimento delle infestazioni dei nematodi galligeni con risultati molto vicini a quelli ottenuti dal prodotto chimico di riferimento. Discreti incrementi sono stati registrati in termini di sviluppo della biomassa epigea, ma non dell'apparato radicale. Questo riscontro, apparentemente negativo, deriva del fatto che l'incremento del peso delle radici delle piante non trattate è dovuto ai voluminosi noduli presenti sugli apparati radicali e non al loro normale sviluppo.

L'efficacia di questi formulati naturali è risultata potenziata quando vengono applicati ad integrazione del formulato chimico. Questa metodica applicativa è apparsa però valida solo nella prima prova dove le popolazioni di partenza del nematode cecidogeno erano alquanto elevate e la natura del terreno più adatta alla riproduzione del nematode. Altri parametri fondamentali per valutare la necessità di effettuare un'applicazione ad integrazione sono la lunghezza del ciclo produttivo della coltura e la suscettibilità della pianta ospite. In altre parole, se la coltura ha un ciclo medio-lungo, è ospite preferita dal nematode ed è in presenza di elevate popolazioni di partenza e di un terreno favorevole alla riproduzione del nematode, un secondo intervento si rende necessario. Queste scelte tecniche meritano un'attenta valutazione da parte di tecnici ed operatori agricoli, che quasi sempre viene trascurata.

Gli estratti vegetali utilizzati in questo studio hanno molteplici proprietà, quali efficacia verso altri target, effetti agronomici sulla crescita delle colture, resistenza a stress biotici e abiotici delle piante, che si aggiungono alle loro performance nematocide. Pertanto, la scelta del formulato da impiegare deve necessariamente tener conto anche delle principali avversità della coltura che si intende impiantare. L'azadiractina (Oikos) ne è da esempio per la sua azione, nota da oltre un cinquantennio, verso gli insetti dannosi.

Bisogna comunque precisare che per questi formulati, dotati di breve persistenza e ad azione prevalentemente nematostatica (Giacometti et al., 2010; dati Omex non pubblicati), l'efficacia non può essere conseguita con una singola applicazione, in quanto non sono in grado di produrre l'effetto di rapido abbattimento delle popolazioni come i p.a. di sintesi che agiscono sul sistema nervoso. Considerata la validità tecnica dei tre estratti vegetali ed il loro favorevole impatto sull'ambiente, se ne consiglia l'impiego soprattutto in regime di produzioni biologiche ed integrate. Un abbinamento di due bioformulati potrebbe garantire buone risposte tecniche e, con la diversificazione dei suoi componenti, rendere più difficile l'istaurarsi di fenomeni di resistenza. Future indagini potrebbero interessare l'integrazione di estratti vegetali con microrganismi e sostanza organica.

Ringraziamenti

Si ringraziano le Aziende Fertenia, Omex e Oxon ed i Centri di Saggio Agroservice e Biofarm per il contributo economico e tecnico fornito per la realizzazione delle prove.

LAVORI CITATI

- Chavarria-Carvajal J.A., Rodriguez-Kabana R., Klopfer J.W., Morgan-Jones G., 2001. Changes in populations of microorganism associated with organic amendaments and benzaldehyde to control plant-parasitic nematodes. *Nematologica*, 31, 165-180
- Chitwood D.J., 2002, Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 221-249.
- D'Addabbo T., Laquale S., Perniola M., Candido V., 2019. Biostimulants for Plant Growth Promotion and Sustainable Management of Phytoparasitic Nematodes in: *Vegetable Crops. Agronomy*, 9, 616
- d'Errico F.P., Lamberti F., Capella A., Guarnone A., 2003. Oikos una soluzione naturale contro i nematodi fitoparassiti. *Sipcam*, 78
- d'Errico G., Giacometti R., Soppelsa O., d'Alessio M., 2011. Effectiveness of Plant-derived formulations against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. in a protected tomato crop. *Redia*, 94: 167-169
- d'Errico G., Marra R., Crescenzi A., D'avino S.W., Fanigliulo A., Woo S.L., Lorito M., 2019. Integrated management strategies of *Meloidogyne incognita* and *Pseudopyrenochaeta lycopersici* on tomato using a *Bacillus firmus* based product and two synthetic nematicides in two consecutive crop cycles in greenhouse. *Crop Protection*, 122, 159-164
- Durairaj S., Srinivasan S., Lakshmanaperumalsamy P., 2009. *In vitro* antibacterial activity and stability of garlic extract at different pH and temperature. *Electronic Journal of Biology*, 5, 5-10
- Giacometti R., d'Errico G., d'Errico F.P., 2010. *In Vitro* nematicidal activity of the experimental formulation Tequil against *Meloidogyne incognita* and *Heterodera daverti*. *Nematropica*, 40, 263-268
- Kintia P., 2004. Steroidal glycosides in agriculture. In: Proceedings of the International Conference on Saponins "Phytochemistry & Application of Plant saponins", Pulawy, Poland 8-10 september pp., 37
- Kutawa A.B., Danladi M.D., Haruna A., 2018. Antifungal activity of garlic (*Allium sativum*) extract on some selected fungi. *Journal of Medicinal Herbs and Ethnomedicine*, 12-44
- Nicol J.M., Turner S.J., Coyne D.L., Den Nijs L., Maaft Z.T., 2011. Current nematode threats to world agriculture. In: *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*; Jones J. Gheysen G., Fenoll C., Eds., Springer: Dordrecht, NL, USA, 21-43
- Ragozzino A., d'Errico G., 2011. Interactions between nematodes and fungi: a concise review. *Redia*, 94: 123-125
- Reichert C.L., Salminen H., Weiss J., 2019. *Quillaja* saponin Characteristics and Functional Properties. *Annu. Rev. Food Sci. Technol*, 10, 43-73
- Sikora R.A., Fernandez E., 2005. Nematode parasites of vegetables. In: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*; Luc M., Sikora R.A., Bridge J., Eds.; CABI Wallingford, UK, 319-322
- Soppelsa O., Giacometti R., d'Errico G., D'Alessio M., 2011. Effectiveness of soil solarization combined with a plant-derived formulation for the control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw, in greenhouse tomato. *Redia*, 94, 163-166

