

UTILIZZO DI METABOLITI SECONDARI POLIFENOLICI IN STRATEGIE DI PROTEZIONE E STIMOLAZIONE DEGLI APPARATI RADICALI DELLE COLTURE

A. BENSO¹, R. PAOLETTI², E. DALLAVALLE³

¹Libero professionista agronomo Mondovì

²Silvateam Spa via Torre, 7 S. Michele Mondovì, (CN) Italia

³Libero professionista agronomo Bologna

abenso@silvateam.com

RIASSUNTO

Gli estratti acquosi di matrici legnose a base tannica della Silvateam sono stati saggiati su differenti colture intensive con l'obiettivo di inserirli in strategie combinate che aumentino la sostenibilità e la garanzia di elevati standard qualitativi e quantitativi degli agroecosistemi. I prodotti selezionati dall'azienda in diversi anni di saggi di laboratorio e di campo hanno dimostrato interessanti effetti sulle rese e la vigoria delle colture trattate e importanti qualità nel difendere le produzioni anche in presenza di infestazioni di patogeni tellurici e in particolare dei nematodi galligeni delle piante. Le prove di efficacia in questo senso hanno verificato inoltre le più opportune modalità di applicazione, indicando come applicazioni singole su tutta la superficie o meglio frazionate in post trapianto, sono in grado di favorire incrementi produttivi superiori ai non trattati e simili ai prodotti di riferimento commerciali

Parole chiave: tannino, nematodi, fitoparassiti

SUMMARY

EVALUATION OF POLYPHENOLIC SECONDARY METABOLITES TO PROTECT AND STIMULATE CROP ROOT SYSTEMS

Silvateam's water based tannin extracts were tested on different industrial crops in order to evaluate their effectiveness within strategies to improve sustainability and qualitative and quantitative standards in various agroecosystems. The products selected after years of laboratory and field trials showed interesting effects on the treated crops, increasing vigor and yield and protecting them against soil pathogens, especially root-knot nematodes. The efficacy assessments on the application methods show that the most performing results are obtained when treating the whole crop in a single application or splitting the application in steps after transplanting. The results are better than both untreated group and reference agrochemical treatments.

Keywords: tannin, nematodes

INTRODUZIONE

I più importanti metaboliti secondari delle piante sono gli alcaloidi, i monoterpeni, i flavonoidi, i diterpenoidi e i polifenoli. I tannini sono componenti della grande classe di prodotti delle piante conosciuti come polifenoli, ma sono gli unici a possedere l'abilità di complessare le proteine. Esistono due classi principali di tannini: idrolizzabili e condensati, questi ultimi conosciuti anche come protoantocianidine (Hagerman, 2002). Tra gli idrolizzabili prevalgono i tannini gallici e gli ellagitannini, tra i t. condensati, che sono oligomeri o polimeri, normalmente di catechina o di epicatechina, due dei più comuni polimeri sono le procianidine e le prodelfinidine. I tannini proteggono le piante dagli erbivori (Forkner et al., 2004) e sono tossici per una grande varietà di funghi e batteri (Scalbert, 1991). Si stima che i tannini siano la quarta sostanza biochimica prodotta dalle piante vascolari dopo la cellulosa, le emicellulose e le lignine. Negli ultimi decenni si stanno evidenziando le loro molteplici funzioni nell'ecosistema e molte sono le ipotesi proposte dai ricercatori che hanno cercato di spiegare il significato

adattativo dei tannini nei vegetali. Recentemente sono state fatte ricerche per comprendere il loro fondamentale ruolo svolto nell'ecologia della rizosfera, nell'ambito delle relazioni benefiche fra piante, lettiera e suolo (Kraus et al., 2003, 2004). Da decenni l'uomo mette a frutto la loro reattività in diversi settori industriali, tra questi il settore conciarario è quello storicamente più conosciuto e quello zootecnico uno dei più recenti, dove i tannini vengono inclusi nell'alimentazione dei ruminanti al fine di migliorare l'utilizzo delle proteine e il loro assorbimento, riducendo le perdite nell'intestino (Mueller-Harvey, 2006) e al fine di riequilibrare la microflora nel rumine.

Distribuiti sulle piante i tannini potrebbero limitare lo sviluppo di batteri, funghi e nematodi grazie a un'ampia serie di reazioni, tra cui l'inibizione della fosforilazione ossidativa, la precipitazione delle proteine, la disattivazione dei metalli e degli enzimi con essi costituiti e la complessazione degli ioni metallo (Scalbert, 1991) inoltre, recenti ricerche, hanno dimostrato la loro influenza nella difesa sistemica delle piante (S. Pangallo et al., 2016).

L'uso dei tannini per contrastare i nematodi gastrointestinali dei ruminanti è noto in letteratura (Hoste et al., 2006) e storicamente utilizzato nella pratica zootecnica. Taylor e Murant (1966) rilevarono che applicando al terreno tannino estratto dal legno di quebracho (*Schinopsis Lorentzii* L.), si riducevano le infestazioni di *Longidorus elongatus*. Somministrazioni di sottoprodotti ricchi in polifenoli e tannini nello specifico sono stati usati con successo nel controllo di *Meloidogyne arenaria* (Mian e Rodríguez-Kábana, 1982). Estratti di legno di quercia contenenti tannini hanno dimostrato una buona efficacia di controllo del nematode del terreno *Caenorhabditis elegans* (König et al., 1994). Negli anni novanta sono stati pubblicati altre fondamentali ricerche sull'interazione tra i tannini applicati al terreno e la loro azione verso i nematodi fitoparassiti, tra questi la ricerca di Hewlett, et al., 1997, è tra le più interessanti dimostrando l'efficacia dell'acido tannico (estratto da *Caesalpinia spinosa* e galle di piante) verso diverse specie di nematodi fitoparassiti (*M. arenaria* e *M. incognita*, *Heterodera glycine*, *Radopholus similis*). In particolare, verso i nematodi galligeni, quali le diverse specie di *Meloidogyne*, i risultati ottenuti furono incoraggianti. I tannini sono poi citati per il loro ruolo nel determinare la resistenza al nematode *Radopholus similis* in alcune varietà di banana (Collingborn et al., 2000) e per la loro efficacia contro diverse specie di nematodi (Athanasiadou et al, 2001).

Recenti lavori hanno descritto l'efficacia di tannini di castagno nel bloccare la motilità delle larve dei nematodi galligeni *M. javanica* e *M. incognita* in prove *in vitro* (Maistrello et al, 2010; Carletti e Maistrello, 2012); sono stati ottenuti anche risultati positivi anche verso i cisticoli della carota (*Heterodera carotae*) (Maistrello et al., 2013) e della patata (*Globodera rostochiensis* e *G. pallida*) (Renčo et al., 2012) e rilevato un effetto disorientante/repellente su nematodi galligeni (Hewlett, 1996). Alcune ricerche hanno individuato un'azione, da parte dei tannini, sulla morfologia delle pareti cellulari che compongono il corpo di nematodi gastrointestinali e sul nematode del terreno *C. elegans* (Hoste et al., 2006; Mori et al., 2000). Mentre Molan et al. (2010), hanno dimostrato come le larve di nematodi gastrointestinali, perdessero la coordinazione neuromuscolare in seguito alle applicazioni di tannini.

Da quanto esposto finora, si può dedurre che le caratteristiche del tannino, favorendo la resistenza delle piante all'ambiente, attraverso un migliore adattamento alle condizioni biotiche ed abiotiche avverse (raggi UV, salinità, condizioni riducenti, reazioni anomale, siccità, insetti parassiti, funghi e batteri patogeni, nematodi) e la sua influenza sulla rizosfera, sembra possedere le potenzialità per un impiego in agricoltura, soprattutto in quella ecosostenibile. Pertanto, è stato ritenuto opportuno intraprendere un percorso di ricerca e sperimentazione, al fine di verificare strategie di protezione e stimolazione degli apparati radicali delle colture agricole, con estratti acquosi di matrici legnose a base tannica.

MATERIALI E METODI

I prodotti utilizzati nelle prove sono stati selezionati sulla base dei risultati ottenuti in prove preliminari e valutando anche altre caratteristiche tecniche di utilizzo e di reperibilità di mercato. In una prima fase sperimentale, sono state prese in considerazione tutte le differenti classi e categorie di tannini provenienti da diverse aree geografiche, in quanto esistono molte differenze tra le diverse fonti vegetali che si rispecchiano anche nel condizionare l'efficacia verso i nematodi parassiti (Mori *et al.*, 2000). Tra questi citiamo i tannini estratti dal legno di castagno in Italia (*Castanea sativa*, Mill.), di quebracho argentino (*Schinopsis balansae*, Eng.) e di catechu (*Acacia catechu* L. Willd) in Asia; oppure quelli estratti dalle galle di *Quercus spp.* in Turchia o di *Rhus chinensis* in oriente o, infine, estratti dai frutti di tara (*Caesalpinia spinosa*) originaria del Perù.

Prove di efficacia biostimolante

L'efficacia biostimolante di diverse tipologie e miscele di tannini è stata saggiata a partire dal 2010, sia attraverso saggi preliminari di laboratorio, sia mediante applicazioni fogliari, al terreno o alle radici, nel corso di prove di serra e di campo, su colture orticole (pomodoro, altre solanacee e lattuga) ed estensive (frumento e soia).

In particolare, riportiamo il protocollo di 4 prove condotte su pomodoro da mensa in coltura protetta che prevedevano applicazioni fogliari di tannino a differenti dosi, ripetute ogni 7-14 giorni, a partire da 7 giorni dopo il trapianto e una tesi con 2 applicazioni al suolo combinate alle applicazioni fogliari. Oltre al testimone non trattato, sono stati messi a confronto anche tre fertilizzanti commerciali ad azione biostimolante e un fertilizzante minerale complesso fogliare.

Prove di efficacia su nematodi galligeni

Sono state realizzate delle serie di prove in serra su pomodoro e in pieno campo su carota, bietole e zucchini, nelle zone litoranee della provincia di Ferrara, in terreni naturalmente infestati dal nematode galligeno *Meloidogyne incognita*.

Nel presente lavoro vengono descritte due prove su vivaio di barbabietola da seme (2013 e 2014), una su zucchini (2014) e una su carota (2016). I protocolli delle tesi messe a confronto, descritte nelle tabelle 2-5, sono stati disegnati per verificare le strategie di intervento anche in abbinamento con altri prodotti impiegati in agricoltura biologica o integrata. In tutte le prove, oltre al testimone non trattato, sono stati messi a confronto anche prodotti commerciali di riferimento. Per i trattamenti con formulati granulari, l'applicazione è stata effettuata in pre-semina con interrimento del prodotto a circa 15 cm di profondità, seguito da una leggera irrigazione. Le applicazioni con prodotti liquidi sono state eseguite con barra irrorante in 800-1000 L di acqua/ha, seguiti da 1,5-3 mm d'irrigazione e mantenendo il terreno umido per favorire la reazione dei formulati ammendanti o la moltiplicazione degli antagonisti dei nematodi. Tutte le prove sono state eseguite a blocco randomizzato con 4 ripetizioni.

È stato valutato l'effetto dei tannini nei confronti del contenimento dell'infestazione di *M. incognita*, attraverso la stima dell'indice galligeno utilizzando la scala Lambert modificata (Curto *et al.*, 2014) per la carota o Lambert (1971) per bietola da seme e zucchini. Nelle colture dove era possibile ottenere una produzione a fine prova, come nella carota e nello zucchini, è stata anche valutata l'incremento della produzione della parte commerciale della coltura, rispetto alla tesi testimone non trattata. Per l'elaborazione statistica è stata applicata l'analisi della varianza su dati non trasformati in cui sulla stessa colonna, le medie aventi in comune una stessa lettera non differiscono significativamente per $p \leq 0,05$, in accordo con il test di Tukey. L'indice di Abbott è stato usato per valutare l'incremento di produzione commerciale rispetto al test non trattato.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Prove di efficacia biostimolante

I risultati cumulativi delle 4 prove di efficacia biostimolante condotte in coltura protetta su pomodoro da mensa, vengono riportati in tabella 1. Tutte le tesi con tannino saggiate, hanno aumentato la resa sia rispetto al testimone non trattato, sia nei confronti dei prodotti commerciali in prova. In particolare, viene incrementato il peso e il diametro dei pomodori, con conseguente aumento delle rese. È stato inoltre verificato anche un aumento del numero dei palchi e dell'allegagione. L'applicazione con trattamenti combinati sia al suolo che fogliari, ha evidenziato i risultati migliori.

Tabella 1. Risultati cumulativi di 4 prove di efficacia biostimolante, condotte su pomodoro da mensa in coltura protetta

Tesi	Dose kg/hL	Incremento % del peso del frutto rispetto al testimone	Incremento % del diametro del frutto rispetto al testimone
Testimone non trattato			
Tannino (appl. Fogliare)	0,5	7,42	3,63
Tannino (appl. Fogliare)	1	9,10	3,90
Tannino (appl. Fogliare)	2	7,18	2,45
Idrolizzato proteico + PK	0,25	4,75	2,59
Metaboliti di lievito	1	5,78	2,93
Fertilizzante fogliare complesso	0,1	4,11	2,11
Estratto di alghe	0,05	7,90	2,90
Tannino (appl. suolo + fogliare)	10 + 0,5	9,55	4,20

Prove di efficacia su nematodi galligeni

Per quanto riguarda le prove di efficacia nei confronti del nematode galligeno *M. Incognita* nelle due prove in vivaio di bietole da seme (tabelle 2 e 3) i prodotti contenenti tannini hanno dimostrato di ridurre, in tutti i rilievi, l'indice galligeno in modo statisticamente significativo, dimostrando risultati analoghi o superiori a quelli degli altri prodotti biologici commerciali a confronto e inferiori soltanto a 1,3 dicloropropene nel 2015. In particolare, nella prova del 2013, sebbene in presenza di una infestazione poco elevata, il tannino T condensato liquido con una somministrazione in pre-semina, è riuscito a contenere l'infestazione anche al secondo rilievo. Tale risultato positivo è stato ottenuto in tutti e due i rilievi, anche nella prova 2015 da parte del tannino C idrolizzabile liquido, in presenza di una infestazione più elevata, ma con 3 ulteriori trattamenti in post-semina, in aggiunta a quello in pre-semina.

In tabella 4 si riportano i risultati della prova su zuccino, in cui una infestazione più elevata e disforme nel campo, non ha fornito significatività all'indice galligeno rilevato. Tuttavia, è stato evidenziato un importante incremento della produzione commerciale rispetto al testimone da parte dei prodotti in prova e, in particolare, il tannino C idrolizzabile ha mostrato un incremento della produzione delle zucchine del 32,5%, inferiore solo al testimone chimico (Oxamyl 45%).

Dall'analisi dei risultati della prova su carota 2016 (tabella 5), per quanto riguarda l'indice galligeno non stato possibile verificare la differenza statistica, ma possiamo notare la tendenza interessante del tannino idrolizzabile C liquido, pur senza rilevanza statistica. Rispetto alla produzione commerciale di carote, tutti i prodotti hanno incrementato le produzioni a confronto con il testimone non trattato. Per quanto attiene a quest'ultimo dato, il tannino C idrolizzabile liquido ha evidenziato un incremento produttivo del 82,4%, valore che è risultato molto più elevato di quelli delle altre tesi in prova, che hanno avuto un incremento produttivo variabile fra il 21% circa nella tesi con *B. firmus* in abbinamento in post-semina con *P. lilacinus* e il 30%

circa della miscela di tannino C e l'estratto di aglio.

Tabella 2. Effetto dei trattamenti (indice galligeno) sull'infestazione delle radici di barbabietola causata da *M. incognita* in vivaio di barbabietola da seme. Bietola da seme 2013, Pomposa (strada Romea) – Rilievi 26/9 e 26/11

Tesi	Dose formulato kg o L/ha	Indice Galligeno 26/9	Indice Galligeno 26/11
Testimone non trattato	-	1,49 a	2,75 a
Tannino T condensato liquido	180 L - 7 gg pre-semina	0,44 b	0,38 c
Oxamyl 5G (granulare)	60 kg – alla semina	0,08 b	0,54 c
Estratto di aglio granulare in abbinamento con <i>Purpureocillium lilacinus</i> (<i>sin. Paecilomyces lilacinus</i>)	25 kg – alla semina 4 kg - 14 gg post-semina 4 kg - 40 gg dal 1° tratt.	0,73 ab	0,91 bc
<i>P. lilacinus</i>	4 kg - 14 gg pre-semina 4 kg - 28 gg dal 1° tratt. 4 kg - 40 gg dal 2° tratt.	0,51 b	0,54 c
<i>Bacillus firmus</i> I-1582	40 kg – 7 gg pre-semina 40 kg – 7 gg post-semina da diluire 1:5 in acqua ed applicare in 1000 L acqua	0,79 ab	1,76 ab

Sulla stessa colonna, le medie aventi in comune una stessa lettera non differiscono significativamente per $p \leq 0,05$, in accordo con il test di Tukey

Tabella 3. Effetto dei trattamenti (indice galligeno) sull'infestazione delle radici di barbabietola causata da *M. incognita* in vivaio di barbabietola da seme. Bietola da seme 2015, Monticelli di Mesola – Rilievi 9/10 e 17/11

Tesi	Dose formulato L/ha	Indice Galligeno 9/10	Indice Galligeno 17/11
Testimone non trattato	-	2,65 a	3,14 a
Tannino C idrolizzabile liquido	180 L - 7 gg pre-semina 30 L – tot. 3 tratt. intervallo 20 gg	2,07 b	1,90 b
Estratto di aglio granulare	20 kg – 7 gg pre-semina	2,23 b	2,38 b
1,3 dicloropropene	120 L – 15 gg pre-semina	0,08 c	1,3 c

Sulla stessa colonna, le medie aventi in comune una stessa lettera non differiscono significativamente per $p \leq 0,05$, in accordo con il test di Tuckey

Tabella 4. Effetto dei trattamenti (indice galligeno) sull'infestazione delle radici di zucchini causata da *M. incognita* e produzione commerciale in peso rilevato al termine della prova Zucchini 2014, Altedo – Rilievo 7/10

Tesi	Dose formulato kg o L/ha	Indice Galligeno	Incremento di produzione commerciale e rispetto al non trattato (%) *
Testimone non trattato	-	3,55	
Tannino C idrolizzabile liquido	180 L - 7 gg pre-trapianto 30 L – tot. 3 tratt. intervallo 20 gg	3,13	+ 32,5
Estratto di aglio granulare in abbinamento con <i>P. lilacinus</i>	20 kg – 7 gg pre-trapianto 4 kg - 14 gg post-trapianto 4 kg - 40 gg dal 1° tratt.	2,43	+ 12,7
<i>B. firmus</i> I-1582	80 kg – 7 gg pre-trapianto da diluire 1:5 in acqua ed applicare in 1000 L acqua	3,40	+ 7,38
Oxamyl 5G (granulare) in abbinamento con Oxamyl 10 L (liquido)	60 kg – 7 gg pre-trapianto AC . 10 L - tot. 3 tratt. intervallo 20 gg	2,39	+ 43,8

Anova su dati non trasformati. F non significativo

*Indice di Abbott

Tabella 5. Effetto dei trattamenti (indice galligeno) sull'infestazione delle radici di carota causata da *M. incognita* e produzione commerciale in peso rilevato al termine della prova. Carota 2016, Monticelli di Mesola – Rilievo 12/10

Tesi	Dose formulato kg o L/ha	Indice Galligeno	Incremento di produzione commerciale rispetto al non trattato (%)*
Testimone non trattato	-	2,47	
<i>B. firmus</i> I-1582 + in post-semina <i>P. lilacinus</i>	80 kg – 7 gg pre-semina da diluire 1:5 in acqua ed applicare in 1000 L acqua/ha 4 kg - 14 gg post-semina 4 kg - 40 gg dal 1° tratt.	2,05	+ 21,5
Miscela Tannino C idrolizzabile liquido	180 L - 7 gg pre-semina 30 L – tot. 3 tratt. intervallo 20 gg	2,14	+ 29,9
Tannino C idrolizzabile liquido	180 - 7 gg pre-semina 30 L – tot. 3 tratt. intervallo 20 gg	1,29	+ 82,4
Estratto di aglio granulare in abbinamento con Estratto di aglio liquido	20 kg – 7 gg pre-semina 4 L – tot. 3 tratt. intervallo 20 gg	1,98	+ 30,50

F non significativo. Sulla stessa colonna, le medie aventi in comune una stessa lettera non differiscono significativamente per $p \leq 0,05$, in accordo con il test di Tuckey.

*Indice di Abbott

Precedenti lavori che riportano prove per il contenimento dell'infestazione di *M. incognita* in coltura protetta su pomodoro da mensa con tannino C, riportano un aumento statisticamente

significativo sulla produzione di bacche, senza peraltro evidenziare efficacia sull'indice galligeno (Curto et al., 2012); mentre in prove biennali su carota in pieno campo, il tannino idrolizzabile C da solo o in abbinamento con un fertilizzante (Fosfò) e il tannino condensato T, hanno dimostrato non solo un aumento della produzione, ma anche una riduzione statisticamente significativa sull'infestazione delle radici (Curto et al., 2014). Altre indicazioni ci vengono da lavori eseguiti su coltura di tabacco dove, benché le infestazioni nel terreno non venissero ridotte significativamente durante il periodo di coltivazione, il grado di attacco sulla radice rimaneva contenuto, suggerendo un effetto biostimolante dei prodotti a base di tannini rilevando una diminuzione del numero di galle per unità peso della radice (Bargiacchi et al., 2017).

I tannini hanno inoltre dimostrato di avere un effetto potenzialmente sinergico con molecole nematostatiche/nematicide a basso impatto ambientale, quali le abamectine (dati non pubblicati), le azadiractine (Miele, 2012) e altri prodotti bionematocidi, fra i quali l'estratto di aglio (Curto et al., 2012).

In conclusione, si può evidenziare che, dai risultati riportati e da quelli delle prove già pubblicate, l'uso dei tannini favorisce il mantenimento di livelli produttivi elevati anche in presenza di infestazioni nel terreno del nematode galligeno. La loro azione sinergica con diverse sostanze organiche e con i fertilizzanti fosfatici e azotati, rappresentano uno strumento a disposizione dell'agricoltore per migliorare le strategie di controllo dei nematodi e di altri agenti di stress biotico e abiotico. A queste caratteristiche occorre inoltre aggiungere l'azione diretta che i tannini possono esercitare sul comportamento dei nematodi tellurici, quali una diminuzione della schiusura delle uova e un'attività nematocida e/o nematostatica sulle larve libere di seconda età. Pertanto anche gli estratti tannici potrebbero essere utilizzati in strategie di gestione colturale integrata e biologica da utilizzare da soli o da inserire eventualmente in nuove formulazioni o in abbinamento con altre molecole che ne esaltino le proprietà.

LAVORI CITATI

- Athanasiadou S., Kyriazakis J., Jackson F., Coop R.L., 2001. Direct anthelmintic effects of condensed tannins towards different gastrointestinal nematodes of sheep: *in vitro* and *in vivo* studies. *Veterinary Parasitology*, 99, 205–219
- Bargiacchi E., Campo M., Romani A., Milli G., Miele S., 2017. Hydrolysable Tannins from Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) to improve Tobacco and Food/Feed Quality. Note 1: Fraction characterization, and Tobacco biostimulant effect for gall-nematode resistance. *Agriculture and Food*, 2(3), 324-338
- Carletti B., Maistrello L., 2012. Il controllo dei nematodi nelle colture ortive: prove *in vitro* con i tannini di castagno. *Atti Accademia dei Georgofili*, 339-344
- Collingborn F.M.B., Gowen S.R., Mueller Harvey I., 2000. Investigations into the biochemical basis for nematode resistance in roots of three Musa cultivars. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48(11), 5297–5301
- Curto G., Santi R., Dallavalle E., 2012. Lotta ai nematodi con prodotti microbiologici e fitostimolanti. *L'informatore agrario*, 19, 57-61
- Curto G., Santi R., Dallavalle E., 2014. Efficacia di strategie integrate e di nuovi formulati ad azione nematocida per il contenimento dei nematodi galligeni in coltura di carota. *Atti giornate fitopatologiche*, 1, 337-346.
- Forkner R.E., Marquis R.J., Lill J.T., 2004. Feeny revisited: condensed tannins as anti-herbivore defences in leaf-chewing herbivore communities of *Quercus*. *Ecological Entomology*, 29 (2), 174–187.
- Hagerman A.E., 2002. *The Tannin Handbook* Miami Univ. Oxford, OH 45056

- <http://www.users.muohio.edu/hagermae>.
- Hewlett T.E., Hewlett E.M., Dickinson D., 1997. Response of *Meloydogine* spp., *Heterodera glycines* and *Radopholus similis* to tannic acid. *Supplement to the Journal of Nematology*, 29(4S), 737-741.
- Hoste H., Jackson F., Athanasiadou S., Thamsborg S.M., Hoskin S.O., 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology*, 22, 253–261
- Kraus T.E.C., Zasoski R.J., Dahlgren R.A., 2003. Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems - a review. *Plant and Soil*, 256, 41–66.
- Kraus T.E.C., Dahlgren R.A., Zasoski R.J., Horwath W.R., Preston C.M., 2004. Carbon and nitrogen dynamics in a forest soil amended with purified tannins from different plant species. *Soil Biology & Biochemistry*, 36, 309–321.
- König M., Scholz E., Hartmann R., Lehmann W., Rimpler H., 1994. Ellagitannins and complex tannins from *Quercus petraea* bark. *Journal of natural products*, 57, 1411–1415.
- Lamberti F., 1971. Primi risultati di prove di lotta nematocida su tabacchi levantini in provincia di Lecce. *Il Tabacco*, 733, 8-10.
- Maistrello L., Vaccari G., Papajova I., Sasanelli N., 2010. Controllo di *Meloidogyne javanica* mediante l'uso dei tannini. *Atti giornate fitopatologiche*, 1, 333-336.
- Maistrello L., Vaccari G., Sasanelli N., 2013. Nematicidal effect of chestnut tannin solutions on the carrot cyst nematode *Heterodera carotae* Jones. *Future IPM in Europe*, 19-21 March 2013. Book of Abstracts, 166.
- Mian I. H., Rodriguez-Kabana R., 1982. Organic amendments with high tannin and phenolic contents for control of *Meloydogine arenaria* in infested soil. *Nematropica*, 12(2), 221-234
- Miele S., 2012. Le opportunità di impiego dei tannini di castagno a livello agronomico. Interazioni con azoto, fosforo e ferro. *Atti Accademia dei Georgofili*, 323-327.
- Molan A.L., Faraj A. M., 2010. The effects of condensed tannins extracted from different plant species on egg hatching and larval development of *Teladorsagia circumcincta* (Nematoda: *Trichostrongylidae*). *Folia Parasitologica*, 57(1), 62–68 .
- Mori T., Mohamed A.S.A, Sato M., Yamasaki T., 2000. Ellagitannin Toxicity in the Free-Living Soil-Inhabiting Nematode, *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Pesticide Science*, 25, 405-409.
- Muller-Harvey I., 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of Science and Food Agriculture*, 86, 2010–2037.
- S. Pangallo, M. G. Li Destri Nicosia, G. Raphael, E. Levinb, G. Ballistreri, S. O. Cacciola, P. Rapisarda, S. Droby and L. Schena³ Elicitation of resistance responses in grapefruit and lemon fruits treated with a pomegranate peel extract. *Plant Pathology* · August 2016 DOI: 10.1111/ppa.12594.
- Renčo M., Sasanelli N., Papajova I., Maistrello L., 2012. Nematicidal effect of chestnut tannin solutions on the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* (Woll.) Barhens *Helmintologia*, 49(2), 108-114.
- Scalbert A., 1991. Antimicrobial properties of tannin. *Phytochemistry*, 30, 3875–3883
- Taylor C.E., Murant F., 1966. Nematicidal activity of aqueous extracts from raspberry canes and roots. *Nematologica*, 12, 488-494.