

ORESTE TRIGGIANI, EUSTACHIO TARASCO<sup>1</sup>

Dipartimento di Biologia e Chimica Agro-forestale ed Ambientale  
Sez. Entomologia e Zoologia - Università degli Studi di Bari

## **Confronto di mobilità tra IJs di *Steinernema* spp. e *Heterorhabditis* spp. (Nematoda: Rhabditida) in acqua ed in gel\***

### ABSTRACT

MOBILITY COMPARISON BETWEEN IJS OF *STEINERNEMA* SPP. AND *HETERORHABDITIS* SPP. (NEMATODA: RHABDITIDA) IN WATER AND IN GELS SUSPENSIONS.

Gels and water suspensions of 6 strains of *Steinernema feltiae*, 8 species of *Steinernema* and 2 species of *Heterorhabditis* were compared in the laboratory for their mobility.

The capability of each strain and species to leave the gels and the water in which they were suspended was compared. The time required by the first 3 nematodes of 50-60 (IJs) infective juveniles suspended in 0.5 ml of each gel or in 0.2 ml water to leave were recorded.

All the nematodes, apart from the strains and the species, took more then one hour to leave the water. The time to leave the gels varied in relation to the nematode, the kind of the gel and the position of the drops.

The experiments pointed out the lack of toxicity of the gels in regards to the nematodes and the capacity of the IJs to leave the gels more quickly then water. The gels also showed a higher resistance to dehydration in comparison with the water and a lower release of the nematodes in the environment.

Key words: *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. arenarium*, *S. affine*, *S. kraussei*, *S. glaseri*, *S. oregonense*, *S. intermedium*, *S. cubanum*, *Heterorhabditis marelatus*, *H. bacteriophora*, water suspension, gels, motility, evaporation, vitality.

### INTRODUZIONE

I nematodi appartenenti ai generi *Steinernema* Travassos, 1927 e *Heterorhabditis* Poinar, 1975, sono parassiti di numerose specie di artropodi comunemente presenti nel suolo dei biotopi più diversi; essi rappresentano degli ottimi candidati per il controllo biologico data la loro abilità nel reperire le vittime, l'elevato potenziale riproduttivo, la facilità di applicazione e la compatibilità con altre strategie di controllo (KAYA, 1986; KAYA e GAUGLER, 1993).

---

\* Ricerca parzialmente finanziata con fondi MURST 60%.

<sup>1</sup>Il primo autore ha programmato la ricerca ed effettuato i test di laboratorio. Il secondo autore ha collaborato ai test con gli *Steinernema* spp. e effettuato la elaborazione statistica dei dati. Ambedue hanno collaborato nella stesura della seguente nota.

Le larve del terzo stadio (IJs) penetrano attivamente all'interno del corpo della vittima attraverso le aperture naturali o le membrane intersegmentali e dopo averne invaso l'emocele, liberano nell'emolinfa il batterio simbiote: *Xenorhabdus* spp. per gli Steinernematidae e *Photorhabdus* spp. per gli Heterorhabditidae.

L'artropode muore nelle 24-48 ore successive e i suoi tessuti, trasformati dall'azione del batterio in un substrato nutritivo, vengono utilizzati dai nematodi per completare lo sviluppo e dare origine a nuovi stadi infettivi.

La sopravvivenza degli stadi infettivi (IJs) è però ostacolata dalla bassa umidità relativa (KAMIONEK *et al.*,1974), oltre che dalle radiazioni solari (GAUGLER e BOUSH, 1978) e dalle elevate temperature (MOLYNEUX,1986) che ne limitano le applicazioni ad ambienti protetti quali il terreno, le gallerie scavate sotto le cortecce e nel legno (GAUGLER,1981; AKHRUST, 1986).

Pertanto, indagini su sostanze in grado di rallentare l'evaporazione dell'acqua, prolungando così la vitalità degli stadi infettivi di *Steinernema* ed *Heterorhabditis*, sono state condotte da numerosi autori ma con esiti contrastanti.

WELCH e BRIAND (1961) tra 20 prodotti chimici sperimentati accertarono che solo glicerina, miele, urea e zucchero avevano una certa efficacia nel ritardare l'evaporazione di sospensioni di *Neoplectana carpocapsae* Weiser in acqua.

MCVEAN *et al.* (1982) ottennero ottimi risultati nel controllo della dorifora della patata aggiungendo a *N. carpocapsae* sostanze antievaporanti quali Methocel, Folicote, Norbak e Nalcotron.

SHAPIRO *et al.* (1985) sperimentarono le proprietà antievaporanti di 88 sostanze su *Steinernema feltiae* Filipjev e la loro tossicità nei riguardi di *Lymantria dispar* L. con esiti contrastanti.

POINAR *et al.* (1985) utilizzarono con successo sospensioni di *N. carpocapsae* e *Heterorhabditis helioidis* in alginato di sodio.

SCHROEDER (1990) tramite un polimero dell'amido incrementò gli effetti di *S. carpocapsae* (Weiser) su *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae).

Successivamente REVERSAT *et al.* (1999) riuscirono ad allevare in laboratorio alcuni nematodi tropicali fitoparassiti su un polimero sintetico ad elevato assorbimento di acqua che manteneva a lungo l'umidità.

In previsione di un uso di nematodi in ambienti molto peculiari e, fino ad oggi, non ancora analizzati per il controllo biologico con nematodi, quali i nidi della *Thaumetopoea pityocampa* Den. et Schif. (Lepidoptera, Thaumetopoeidae), si è cercato di mettere a punto sospensioni che:

- non si perdessero per percolazione dai nidi;
- evaporassero lentamente;
- non avessero influenza negativa sulla vitalità e gli spostamenti dei nematodi.

## MATERIALI E METODI

A questo scopo sono state messe a confronto sospensioni di IJs di *Steinernema* spp. e *Heterorhabditis* spp. in Idrosorb SR 2002 (Nigem®), Compex gel ® e acqua.

Idrosorb SR 2002 (Nigem®), è un polimero acrilico ad elevato peso molecolare che assorbe rapidamente l'acqua gelificandosi, simile a quello utilizzato da REVERSAT *et al.* (*l.c.*). Compex gel è un gel di silicone normalmente impiegato in elettroterapia.

Per le sospensioni in acqua è stata utilizzata acqua deionizzata. Dieci grammi di Idrosorb sono stati addizionati a 1000 ml di acqua per 24 h, quindi frullati per 15 minuti fino a ottenere un omogeneizzato di consistenza gelatinosa mentre il Compex gel è stato diluito al 25 % in acqua deionizzata.

### - RIDUZIONE DI PESO PER EVAPORAZIONE

Per calcolare la evaporazione dell'acqua si sono messe a confronto 30 capsule Petri di 6 cm contenenti 20 gr di ciascun gel e altrettante con 20 gr di acqua deionizzata. Queste, prive di coperchio, sono state collocate in una cabina a flusso laminare verticale a parziale ricircolo d'aria (Aura VF 48) (lunga 131 cm, profonda 84 cm ed alta 141 cm) equipaggiata con filtri assoluti (HEPA). Le capsule Petri sono state esposte ad una velocità media di flusso laminare:  $-20\% < 0,4 \text{ m/s} < +20\%$  con quantità di aria espulsa  $>350 \text{ m}^3/\text{h}$  a  $T 20 \pm 1^\circ\text{C}$  per 30 h.

La differenza tra il peso iniziale e quello dopo 24 e 30 h è stato espressa come perdita percentuale (IGNOFFO *et al.*,1976).

Ciascun trattamento è stato ripetuto tre volte con 10 capsule Petri e per ciascun prodotto testato sono state calcolate le medie e gli errori standard.

### - TEST DI MOBILITÀ

Per le prove sulla mobilità dei nematodi sono state utilizzate capsule Petri di 9 cm di diametro con uno strato di 5 mm di agar al 5% sterilizzato. Nella parte centrale di queste è stata collocata tramite una siringa, una goccia di 0,5 ml di sospensione gelatinosa di Idrosorb o di Compex gel con 50-60 IJs. La stessa metodologia è stata utilizzata per le sospensioni in acqua, però con

gocce di 0,2 ml per evitare che queste si spandessero sull'agar.

Le prove sono state ripetute 3 volte con blocchi di 10 capsule Petri per un totale di 30 per ciascuna specie di nematode, per i due gel e per l'acqua distillata.

I test con l'Idrosorb e l'acqua sono stati eseguiti anche a goccia pendente invertendo di 180° le capsule Petri.

Questa prova non è stata eseguita con il Compex gel poiché le gocce tendevano a cadere per forza di gravità.

La mobilità dei nematodi è stata calcolata cronometrando i secondi necessari ai primi 3 IJs di ciascuna specie per allontanarsi dalla goccia in cui erano inclusi, di una distanza pari a circa il doppio della lunghezza del loro corpo e calcolandone quindi la media.

I nematodi rimasti nella goccia di gel sono stati contati dopo 6 e 24 ore e i dati ottenuti elaborati con l'analisi della varianza. Le prove sono state condotte in laboratorio a T di 20 ±1°C.

I test sono stati eseguiti con le seguenti 16 specie di *Steinernema* ed *Heterorhabditis* presenti nella nostra collezione:

| <b>Specie</b>                               | <b>Provenienza</b> |
|---|--------------------|
| ItS-G16 <i>Steinernema feltiae</i>          | Italia             |
| ItS-LE1 <i>Steinernema feltiae</i>          | Italia             |
| ItS-CZ23 <i>Steinernema feltiae</i>         | Italia             |
| ItS-GR1 <i>Steinernema feltiae</i>          | Italia             |
| ItS-CL2 <i>Steinernema feltiae</i>          | Italia             |
| ItS-TG4 <i>Steinernema feltiae</i>          | Italia             |
| ItS-MR7 <i>Steinernema carpocapsae</i>      | Italia             |
| ItS-LE13 <i>Steinernema arenarium</i>       | Italia             |
| ItS-FO2 <i>Steinernema affine</i>           | Italia             |
| <i>Steinernema kraussei</i>                 | Italia             |
| ItH-C6 <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> | Italia             |
| <i>Heterorhabditis marelatus</i>            | U.S.A.             |
| <i>Steinernema glaseri</i>                  | U.S.A.             |
| <i>Steinernema oregonense</i>               | U.S.A.             |
| <i>Steinernema intermedium</i>              | U.S.A.             |
| <i>Steinernema cubanum</i>                  | Cuba               |

Tutte le specie di nematodi sono state allevate in laboratorio, su larve dell'ultimo stadio di *Galleria mellonella* L. a 24 ±1°C; per le prove sono stati utilizzati IJs di età non superiore ad una settimana.

- NEMATODI NEI GEL DOPO 6 E 24 ORE

Gli IJs che si sono allontanati dalle gocce dei gel nelle 6 e nelle 24 successive alla immissione delle sospensioni sull'agar, sono stati contati per ciascuna specie e ceppo e i valori sono stati riportati in percentuale.

I dati riguardanti i ceppi di *S. feltiae* sono stati elaborati ed interpretati a parte dalle altre 10 specie di *Steinernema* e *Heterorhabditis*. E quindi i risultati sono stati messi a confronto tra loro.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

- RIDUZIONE DI PESO PER EVAPORAZIONE

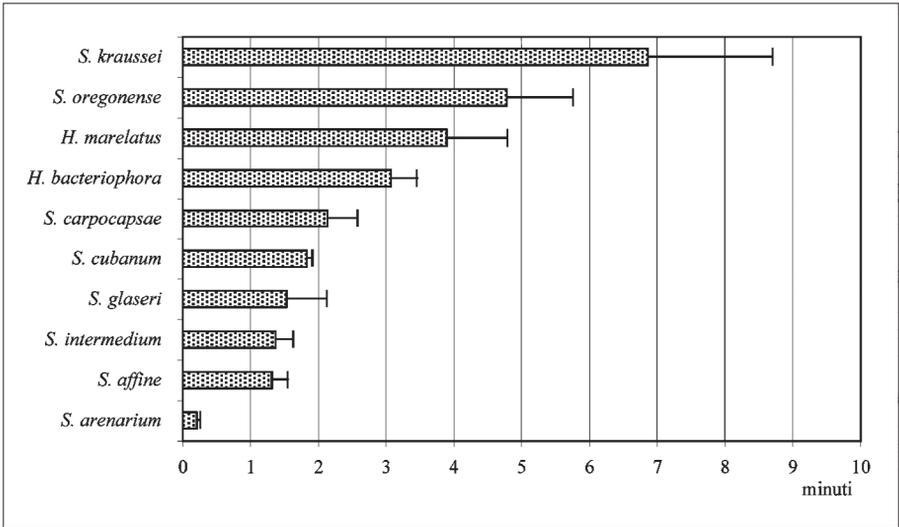
Dopo 24 ore di esposizione al flusso della cappa, l'acqua aveva perso l'88,2% ( $\pm 0,54$ ) di peso per evaporazione, l'Idrosorb il 41,2% ( $\pm 0,28$ ) e il Compex gel il 45,4% ( $\pm 0,39$ ). Dopo 30 ore l'acqua era completamente evaporata, mentre l'Idrosorb aveva subito una riduzione in peso del 54,1% ( $\pm 0,32$ ) e il Compex gel del 57,3% ( $\pm 0,35$ ).

- TEST DI MOBILITÀ

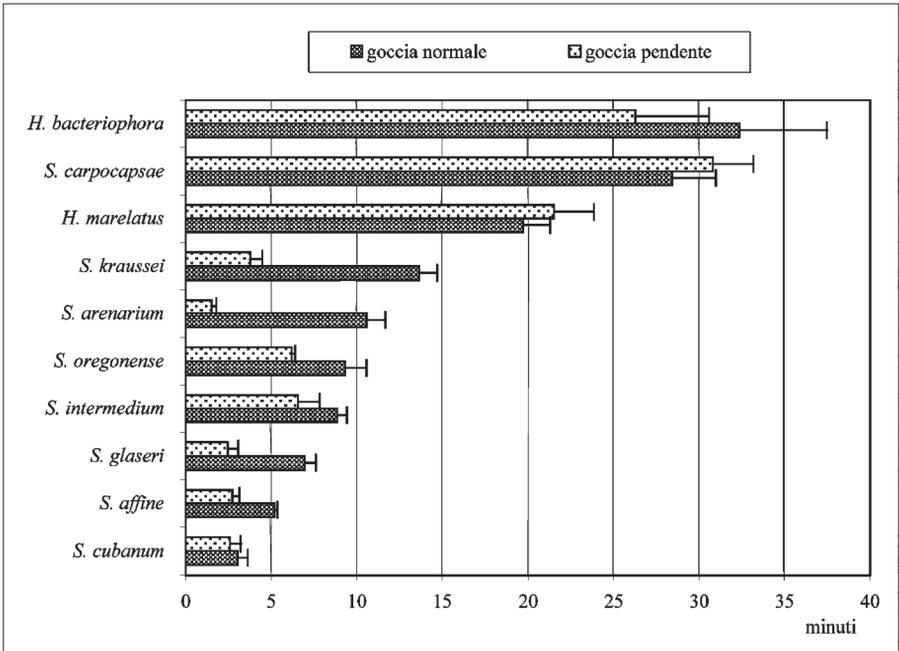
Nei test di laboratorio sulla mobilità dei nematodi, tutti gli IJs sospesi in acqua, indipendentemente dalla specie e da quella che fosse la posizione della goccia ("goccia normale" e "goccia pendente") nella capsula Petri, hanno impiegato circa 68 min per allontanarsi. Invece, si è verificata una fuoriuscita degli IJs dai gel molto più veloce in funzione della specie del nematode, del ceppo e del tipo di gel.

Il più rapido ad allontanarsi dal Compex gel a "goccia normale" è stato *S. arenarium* il quale ha impiegato in media 6 sec; *S. affine*, *S. intermedium*, *S. glaseri*, *S. cubanum* meno di 2 min e *S. carpocapsae* ha superato i 2 min; *H. bacteriophora* e *H. marelatus* si sono attestati oltre i 3 min mentre *S. oregonense* e *S. kraussei* hanno mostrato maggiori difficoltà (graf. 1)

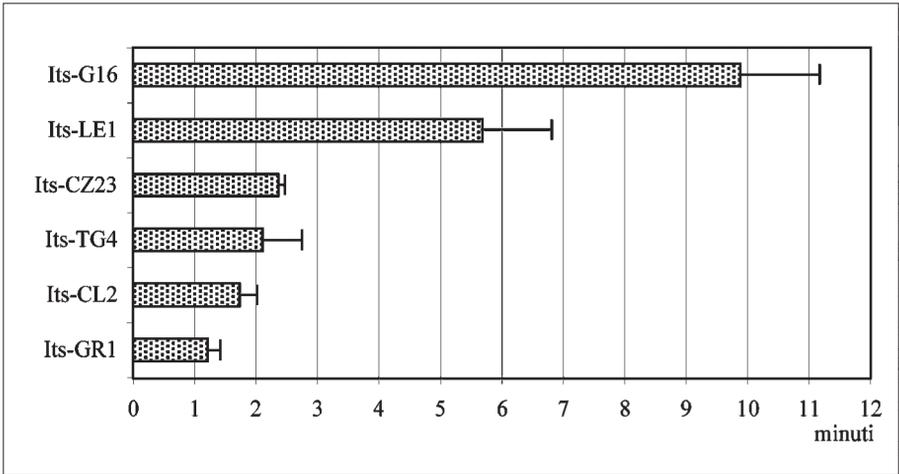
Le stesse specie in Idrosorb a "goccia normale" complessivamente hanno impiegato per allontanarsi tempi superiori rispetto al Compex gel. Il più rapido è stato *S. cubanum* (3 min) mentre *H. bacteriophora* ha impegnato oltre 32 min, tempo 10 volte superiore rispetto al Compex (graf. 2). I tempi per l'Idrosorb a "goccia pendente", ad eccezione di *S. carpocapsae* e *H. marelatus*, sono stati complessivamente inferiori rispetto a quelli necessari ai nematodi nell'idrosorb a "goccia normale"; *S. arenarium*, che in Idrosorb a "goccia normale" aveva impiegato 10,54 min, è stato il più veloce, con 1,49 min. Ha fatto eccezione *S. carpocapsae* che è stato il più lento (graf. 2).



Graf. 1 - Minuti impiegati da *Steinernema* spp. e *Heterorhabditis* spp. per allontanarsi dal Complex gel a "goccia normale".

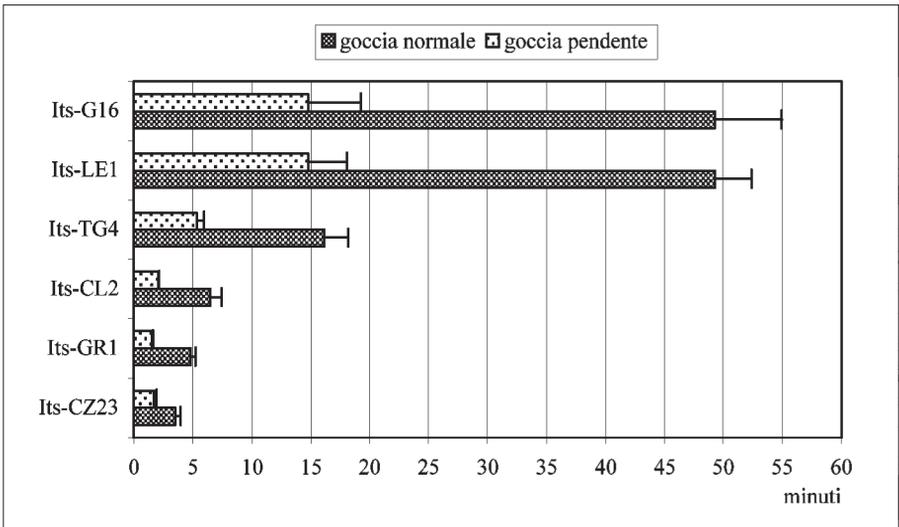


Graf. 2 - Minuti impiegati da *Steinernema* spp. e *Heterorhabditis* spp. per allontanarsi dall'Idrosorb gel a "goccia pendente" e a "goccia normale".

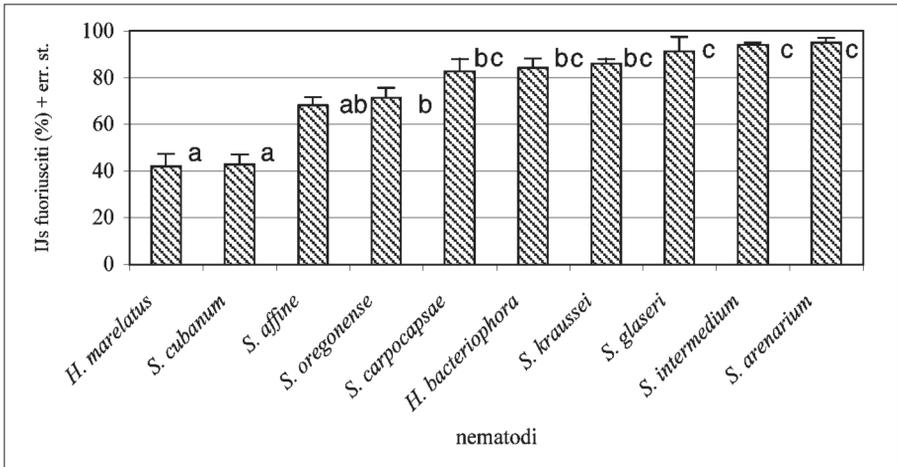


Graf. 3 - Minuti impiegati dai vari ceppi di *Steinernema feltiae* per allontanarsi dal Complex gel a “goccia normale”.

Anche *S. feltiae* hanno avuto un comportamento differente a seconda dei ceppi, tipo di gel e posizione della goccia: Its-GR1 e Its-CL2 in Complex gel a “goccia normale” sono stati i più rapidi, Its-TG4 e Its-CZ23 hanno impiegato più di 2 min e Its-LE1 si è attestato su circa 6 min. Its-G16 è risultato il più lento (10 min) (graf. 3).



Graf. 4 - Minuti impiegati dai vari ceppi di *Steinernema feltiae* per allontanarsi dall'Idrosorb gel a “goccia pendente” e a “goccia normale”.



Graf. 5 - Percentuale di *Steinernema* spp e *Heterorhabditis* spp. che si è allontanata dall'Idrosorb gel dopo 6 ore (le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).

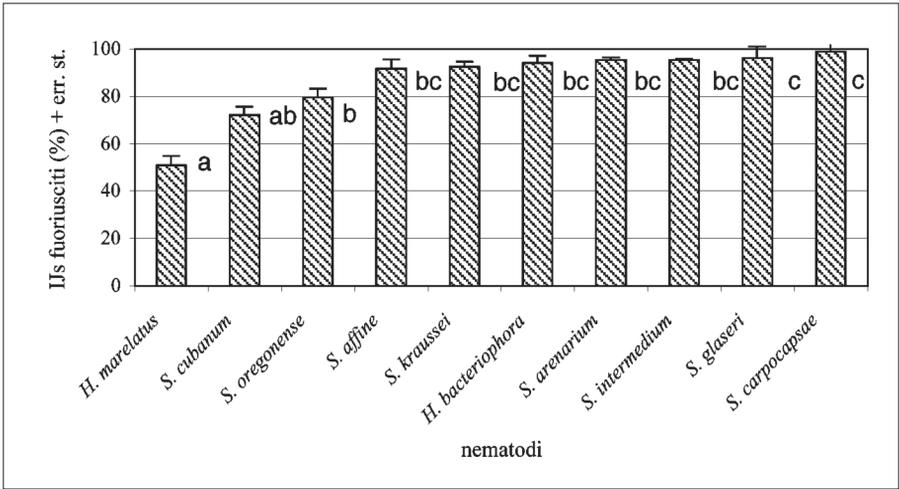
In Idrosorb a “goccia normale” i più celeri ad allontanarsi sono stati ItS-CZ23 (3,48 min) e ItS-GR1 (4,79 min). Molto più lento ItS-LE1 che da 5,68 min è passato a oltre 49 min (graf. 4).

Gli stessi in Idrosorb a “goccia pendente” sono stati molto più rapidi nei movimenti e infatti, ItS-GR1, ItS-CZ23, ItS-CL2 hanno, in media, dimezzato i tempi; ItS-LE1 e ItS-G16 sono stati i più lenti anche in Idrosorb a “goccia pendente” (graf. 4).

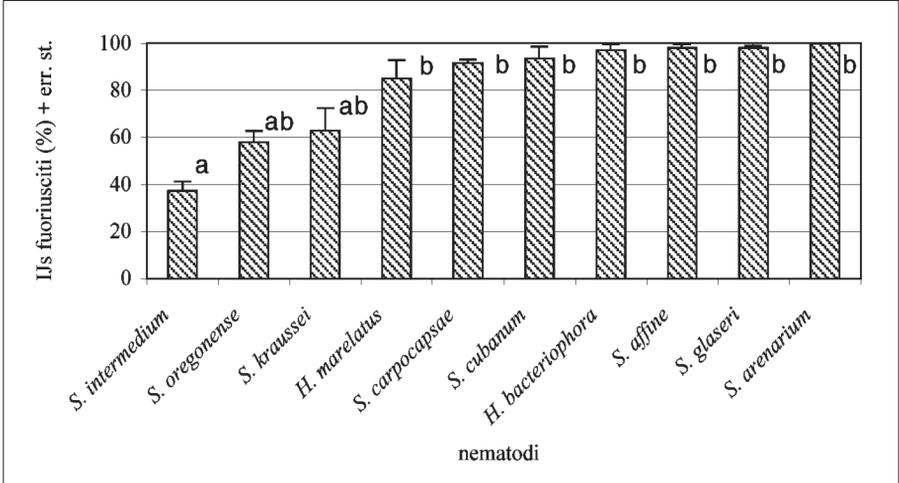
#### - NEMATODI NEI GEL DOPO 6 E 24 ORE

Dopo 6 ore dalla distribuzione delle sospensioni degli IJs sulle piastre di agar, oltre il 90% di *Steinernema arenarium*, *S. intermedium*, *S. glaseri* era fuori dalle gocce di Idrosorb; più dell'80% di *S. kraussei*, *S. carpocapsae* e *Heterorhabditis bacteriophora* e circa il 70% di *S. oregonense* e *S. affine*. *S. cubanum* e *H. marelatus* si sono attestati sul 40% (graf. 5). La percentuale è andata succesivamente aumentando e dopo 24 ore anche *S. affine* ha superato il 90% mentre il 50% di *H. marelatus* seppure vitale, è rimasto ancora nel gel (graf. 6).

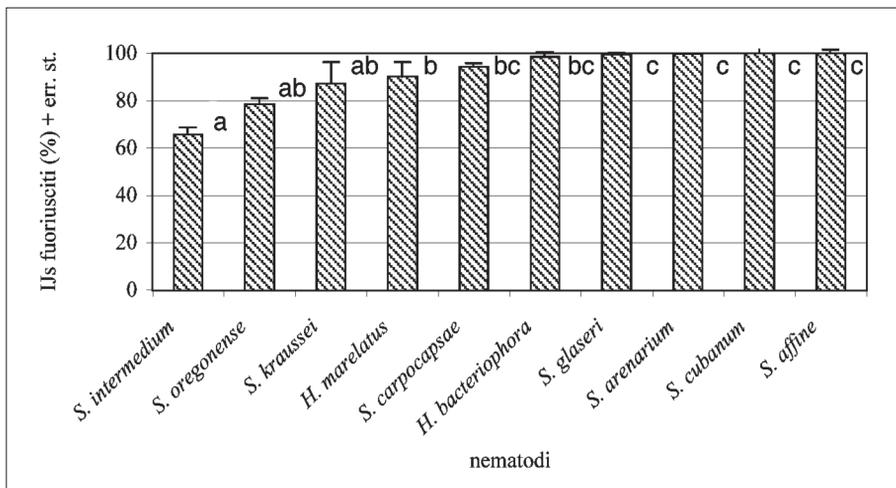
*S. arenarium*, *S. glaseri*, *S. affine*, *H. bacteriophora*, *S. cubanum*, *S. carpocapsae* sono state le specie più rapide ad abbandonare il Compex gel è infatti, dopo 6 h meno del 10% era ancora nel gel. *S. intermedium* che era stato tra i più veloci ad allontanarsi dall'Idrosorb, nel Compex è stato il più



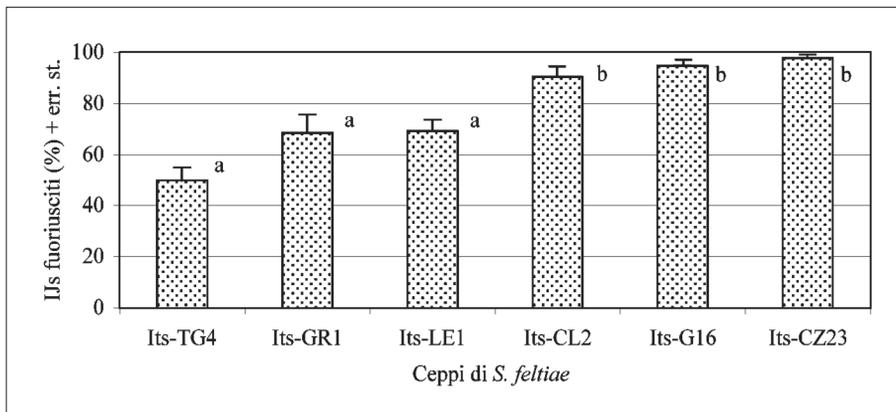
Graf. 6 - Percentuale di *Steinernema* spp e *Heterorhabditis* spp. che si è allontanata dall'Idrosorb gel dopo 24 ore (le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).



Graf. 7 - Percentuale di *Steinernema* spp e *Heterorhabditis* spp. che si è allontanata dal Complex gel dopo 6 ore (le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).



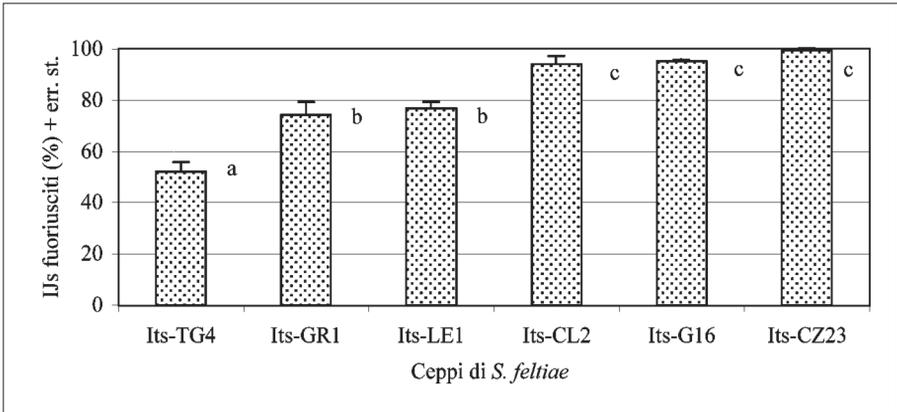
Graf. 8 - Percentuale di *Steinernema* spp e *Heterorhabditis* spp. che si è allontanata dal Compex gel dopo 24 ore (le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).



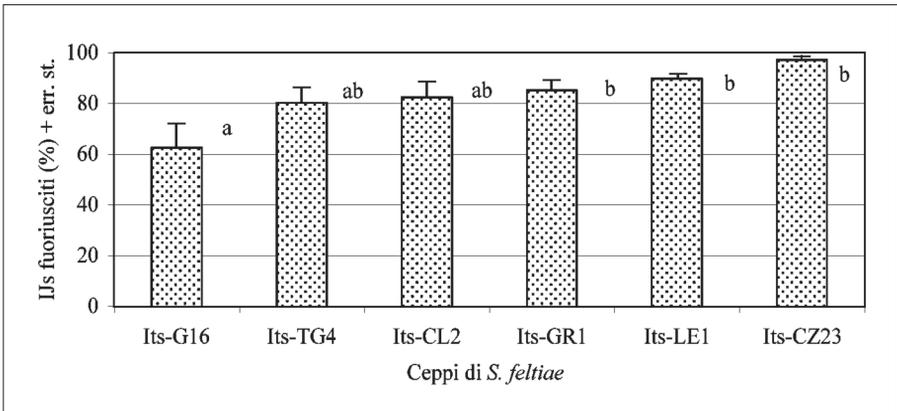
Graf. 9 - Percentuale di *Steinernema feltiae* che si è allontanata dall'Idrosorb gel dopo 6 ore (le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).

lento e solo il 37% ha abbandonato il substrato dopo 6 ore (graf. 7). Dopo 24 ore tutti gli esemplari di *S. affine*, *S. cubanum*, *S. arenarium*, *S. glaseri* erano fuori dal Compex e *S. intermedium* si era attestato sul 66% (graf. 8).

Le stesse prove con *S. feltiae* nell'Idrosorb hanno messo in risalto un diverso comportamento dei ceppi testati infatti, dopo 6 h, era ancora all'interno delle gocce meno del 10% di ItS-CZ23, ItS-G16 e di ItS-CL2 mentre



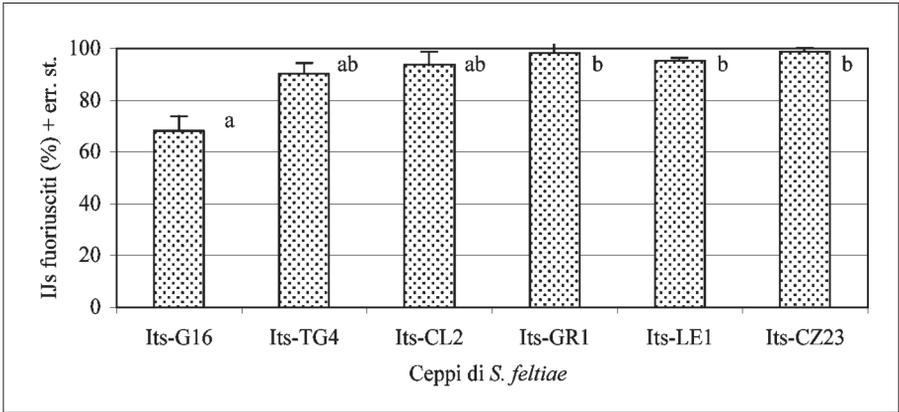
Graf. 10 - Percentuale di *Steinerinema feltiae* che si è allontanata dall'Idrosorb gel dopo 24 ore (le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).



Graf. 11 - Percentuale di *Steinerinema feltiae* che si è allontanata dal Compex gel dopo 6 ore (le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).

Its-TG4 era al 50% (graf. 9). Dopo 24 ore, solo una percentuale trascurabile dei ceppi precedenti era ancora nell'Idrosorb e Its-TG4 non aveva fatto progressi (graf. 10).

Sia nell'Idrosorb che nel Compex gel dopo 6 h, Its-CZ23 si è attestato su valori simili e Its-LE1 e Its-GR1 non si sono discostati significativamente. Nelle 24 ore successive questi tre ceppi erano quasi per la totalità fuori dalle gocce. Its-TG4 mentre nell'Idrosorb ha palesato una evidente lentezza, nel Compex gel ha migliorato le sue "performance", con l'80% dopo 6 ore e il 90% dopo



Graf. 12 - Percentuale di *Steinernema feltiae* che si è allontanata dal Compex gel dopo 24 ore (le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).

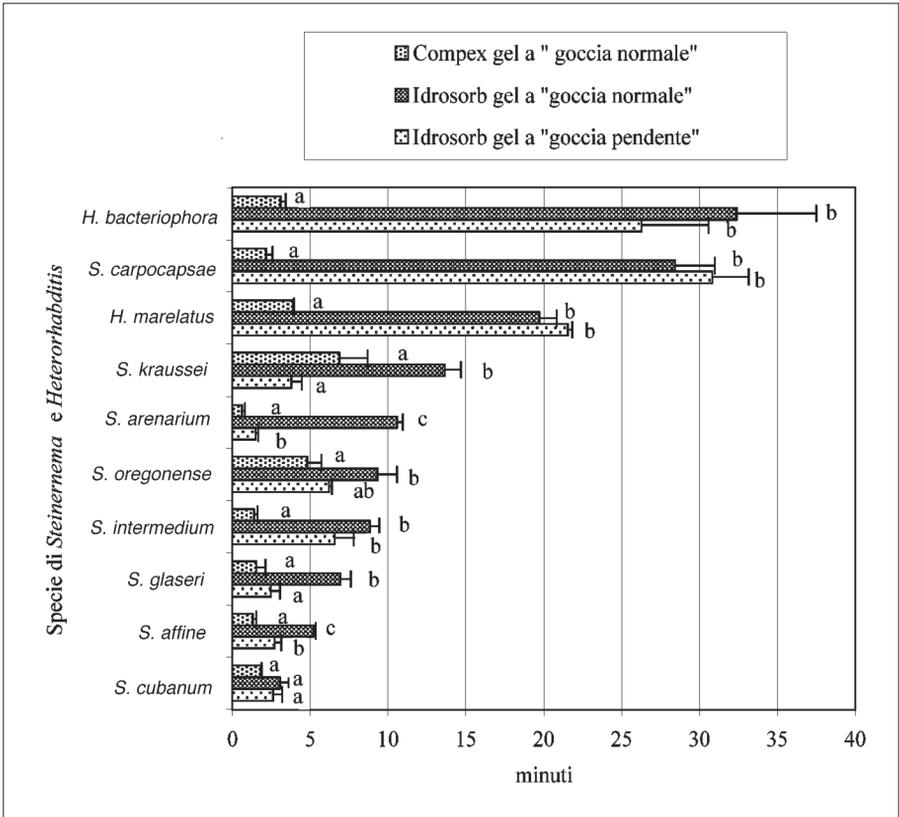
le 24 ore. Al contrario Its-G16 che era stato uno dei più veloci ad allontanarsi dalle gocce di Idrosorb, nel Compex è stato il più lento (graf. 11-12).

## CONCLUSIONI

I risultati delle prove hanno accertato che gli stadi infettivi dei nematodi entomopatogeni non vengono ostacolati nei loro movimenti dai gel e che, anzi, si allontanano da questi molto più rapidamente che dalle gocce di acqua.

Tutti gli *Heterorhabditis* e i vari ceppi di *Steinernema feltiae* si sono distinti per una diversa rapidità nell'abbandonare i gel, denominata nelle nostre prove "capacità di allontanamento", che dipende non solamente dalla specie e dal ceppo, ma anche dall'elemento in cui essi sono stati sospesi e dalla collocazione della goccia sul substrato. Mettendo a confronto le sospensioni acquose con quelle gelatinose, è emerso che gli IJs si sono potuti allontanare dall'acqua soltanto dopo la sua completa evaporazione, perché non in grado di vincere la tensione superficiale del liquido, mentre dai gel sono usciti molto più rapidamente perché la tensione superficiale delle goccioline è più bassa.

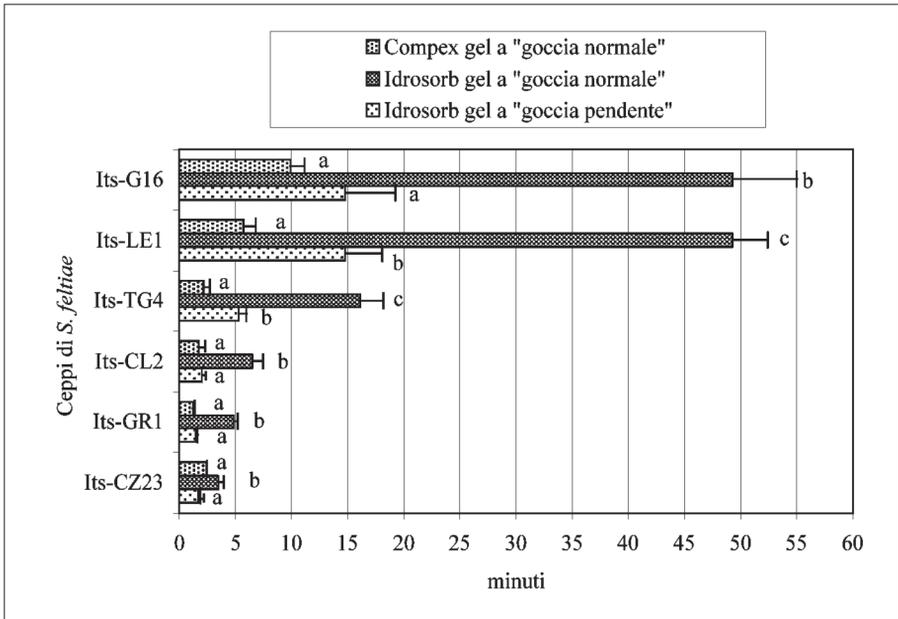
Dai dati acquisiti emerge che le specie e i ceppi messi a confronto, escono più velocemente dal Compex gel e che il più rapido in assoluto è stato *S. arenarium* (6 sec). Tempi superiori sono stati registrati per l'Idrosorb gel a "goccia normale" dove le difficoltà maggiori sono state palesate dai ceppi Its-LE1 e Its-G16 di *S. feltiae* che hanno avuto bisogno di circa 50 min per allontanarsi (graf. 13, graf. 14).



Graf. 13 - Minuti utilizzati da *Steinernema* spp. e *Heterorhabditis* spp. per allontanarsi da Idrosorb gel a "goccia pendente" e a "goccia normale" e da Compex gel a "goccia normale" (confronto relativo a ciascuna specie; le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).

Le sospensioni gelatinose hanno dimostrato di evaporare più lentamente rispetto all'acqua pura, garantendo così una umidità più prolungata nel tempo a favore sia della sopravvivenza dei nematodi che di un rilascio dilazionato nell'ambiente circostante. Oltre queste caratteristiche è importante ricordare che le goccioline dell'Idrosorb non percolano e rimangono attaccate al substrato anche quando le capsule Petri sono state invertite di 180°.

La protezione dalla disidratazione fornita dalle sospensioni gelatinose, la capacità di non percolare e di garantire un lento rilascio degli IJs nell'ambiente, oltre alle differenti capacità infettive delle specie e dei ceppi dei nematodi entomopatogeni da valutare a seconda delle esigenze, rappresenteranno innegabilmente un ottimo supporto per il controllo degli



Graf. 14 - Minuti utilizzati dai vari ceppi di *Steinernema feltiae* per allontanarsi da Idrosorb gel a "goccia pendente" e a "goccia normale" e da Compex gel a "goccia normale" (confronto relativo a ciascun ceppo; le barre con le stesse lettere non sono statisticamente differenti; Tukey HSD Post Hoc Comparison Test;  $p < 0,05$ ).

insetti in ambienti peculiari quali ad esempio i nidi della processionaria del pino e le gallerie degli xilofagi.

#### RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Dott. Emanuele Ricci, della BioTecnologie B.T. s.r.l. di Pantalla di Todì, per aver fornito *Steinernema kraussei* e il Prof. Candido Santiago-Alvarez per la revisione del lavoro.

#### RIASSUNTO

In previsione di applicazioni di Nematodi entomopatogeni nei nidi della *Thaumetopoea pityocampa* Den. et Schiff. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) si sono messe a confronto tra di loro sospensioni in acqua e in gel di IJs di *Heterorhabditis* spp. e *Steinernema* spp.

I risultati hanno accertato che i gel utilizzati (Idrosorb SR 2002 (Nigem®) e Compex gel ®) non influenzano la vitalità e il movimento dei Nematodi mentre il movimento stesso e la diffusione nell'ambiente sono fortemente ostacolati dalla tensione superficiale delle goccioline di acqua in cui essi sono sospesi.

Le specie e i vari ceppi di *Steinernema* e gli *Heterorhabditis* hanno mostrato tempi differenti per allontanarsi e diffondersi nell'ambiente in relazione al tipo di gel e alle posizioni delle gocce in cui erano inclusi.

Le sospensioni gelatinose, evaporando più lentamente dell'acqua hanno garantito una umidità più prolungata alle forme infettive dei nematodi favorendone un rilascio più dilazionato nell'ambiente.

Parole chiave: *Steinernema feltiae*, *S. carpocapsae*, *S. arenarium*, *S. affine*, *S. kraussei*, *S. glaseri*, *S. oregonense*, *S. intermedium*, *S. cubanum*, *Heterorhabditis marelatus*, *H. bacteriophora*, sospensione acquosa, gel, mobilità, evaporazione, vitalità.

## BIBLIOGRAFIA

- AKHRUST R. J., 1986 - Controlling insects in soil with entomopathogenic nematodes. In "Samson R.A., J.M. Vlask, & D. Peters (eds.), Fundamentals and applied aspects of invertebrate pathology. Foundation of the fourth International Colloquium of Invertebrate Pathology. Wageningen, The Netherlands. pp. 265-267.
- GAUGLER R., BOUSH G.M., 1978 - Effects of ultraviolet radiation and sunlight on the entomogenous nematode *Neoaplectana carpocapsae*. *J. Invert. Pathol.* 32: 291-296.
- GAUGLER R., 1981 - Biological control potential of neoaplectanid nematodes. *J. Nematol.* 13: 241-249.
- IGNOFFO C.M., HOSTETTER D.L., SMITH D.B., 1976 - Gustatory stimulant, sunlight, protectant, evaporation retardant: three characteristics of a microbial insecticidal adjuvant. *J. Econ. Entomol.* 69: 207-210.
- KAYA H. K., 1986 - Constraints associated with commercialization of entomogenous nematodes. In "Fundamental and Applied Aspects of Invertebrate Pathology" (R.A. Samson, J.M. Vlask, and D. Peters Eds.), pp. 661-664. Proceedings IV th Inter. Colloq. Invertebr. Pathol. Veldhoven.
- KAYA H. K., GAUGLER R., 1993 - Entomopathogenic nematodes. *Ann. Rev. Entomol.* 38, 181-206.
- KAMIONEK M., MASLANA I., SANDER H., 1974 - The survival of invasive larvae of *Neoaplectana carpocapsae* Weiser in a waterless environment under various conditions of temperature and humidity. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 154: 409-412.
- MCVEAN C.M., BREWER J.W., CAPINERA J.L., 1982 - Field tests of antidesiccants to extend the infection period of an entomogenous nematode *Neoaplectana carpocapsae* against Colorado potato beetle. *J. Econ. Entomol.* 75: 97-101.
- MOLYNEUX A., S., 1986 - *Heterorhabditis* spp. and *Steinernema* (= *Neoaplectana*) spp. temperature and aspects of behavior and infectivity. *Exp. Parasitol.* 62: 169-180.
- POINAR G. O. JR., THOMAS G.M., LIN K.C., PRADIP MOOKERJEE, 1985 - Feasibility of embedding parasitic nematodes in hydrogels for inmint control. *IRCS Med. Sci* 13, 754-755.
- REVERSAT G., BOYER J., SANNIER C., PANDO-BAHUON, 1999 - Use of a mixture of sand and water-absorbent synthetic polymer as substrate for the xenic culturing of plant-parasitic nematodes in the laboratory. *Nematology*, Vol. 1 (2), 209-212.
- SCHROEDER W.J., 1990 - Water-absorbent starch polymer: Survival aid to entomogenous nematodes for control of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in citrus. *Florida Entomologist*, 73:(1) 129-132.

- SHAPIRO M., MCLANE W., BELL R., 1985 - Laboratory evaluation of selected chemicals as antidesiccants for the protection of entomogenous nematode, *Steinernema feltiae* (Rhabditidae: Steinernematidae), against *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). J. Econ. Entomol. 78: 1437-1441.
- WELCH H.E., BRIAND L.J., 1961 - Field experiments on the use of a nematode for the control of vegetable crop insects. Proc. Entomol. Soc. Ontario 91: 197-202.