

# Compatibilidade de *Heterorhabditis amazonensis* (Rhabditida: Heterorhabditidae) isolado RSC-5 com diferentes carrapaticidas utilizados no controle de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae)

## Compatibility of *Heterorhabditis amazonensis* (Rhabditida: Heterorhabditidae) strain RSC-5 with different acaricides used for the control of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae)

Caio Márcio de Oliveira Monteiro<sup>1\*</sup>, Renata da Silva Matos<sup>2</sup>, Márcia Cristina de Azevedo Prata<sup>3</sup>, Elder Simões Batista<sup>4</sup>, Wendell Marcelo de Souza Perinotto<sup>1</sup>, Vânia Rita Elias Pinheiro Bittencourt<sup>1</sup>, John Furlong<sup>3</sup>, Vanessa Andaló Mendes de Carvalho<sup>5</sup>

**RESUMO:** O estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade de *Heterorhabditis amazonensis* isolado RSC-5 após exposição a diferentes carrapaticidas utilizados no controle de *Rhipicephalus microplus*. Foram constituídos seis tratamentos, cada um composto por um produto, sendo cada grupo com 75.000 nematoides (NEPs) em suspensão de 20 mL de solução de diferentes carrapaticidas, em concentração comercial. O controle foi formado por 75.000 NEPs e 20 mL de água destilada, e todos os grupos foram mantidos em câmara climatizada a 25°C. A avaliação do percentual de sobrevivência e infectividade em lagartas *Galleria mellonella* foi realizada 24 e 72 horas após o início do experimento. A mortalidade de lagartas no teste de infectividade foi analisada após 72 e 120 horas. Com 24 horas de exposição, o percentual de sobrevivência de *H. amazonensis* RSC-5 não foi significativamente reduzido ( $p > 0,05$ ) somente na exposição ao princípio ativo deltametrina. O mesmo foi observado no período de 72 horas em relação à associação clorpirifós + cipermetrina + butóxido de piperonila + citronelal. Não foi constatada sobrevivência de nenhum juvenil infectivo nos grupos expostos à associação clorfenvinfós + diclorvós. A exposição ao clorfenvinfós resultou em percentual de sobrevivência inferior a 50% após 72 horas. O potencial de infectar lagartas de *G. mellonella* foi reduzido apenas no grupo tratado com o princípio ativo clorfenvinfós. Dessa forma, é possível concluir que o princípio ativo clorfenvinfós e a associação clorfenvinfós + diclorvós não foram compatíveis com *H. Amazonenses* RSC-5, causando redução no percentual de sobrevivência e infectividade dos juvenis desse nematoide. Os outros produtos foram compatíveis, não causando redução na infectividade do isolado testado.

**PALAVRAS-CHAVE:** nematoides entomopatogênicos; controle biológico; carrapato dos bovinos.

**ABSTRACT:** The aim of this study was to assess the viability of *Heterorhabditis amazonensis* strain RSC-5 after exposure to different acaricides used for *Rhipicephalus microplus* control. Six treatment groups were formed, one for each product. Each group was composed of 75,000 nematodes in a 20 mL solution of different acaricides, at commercial concentration. The control group was formed by the same number of nematodes in 20 mL of distilled water. All the groups were kept in a climate-controlled chamber at 25°C. The percentage of survival and infectivity in *Galleria mellonella* caterpillars were determined 24 and 72 hours after the beginning of the experiment. The mortality of the caterpillars in the infectivity test was assessed 72 and 120 hours. After 24 hours of exposure, only the active ingredient deltamethrin did not significantly reduce the survival percentage of *H. amazonensis* RSC-5 ( $p > 0.05$ ). The same was observed after 72 hours of exposure to the combination of chlorpyrifos + cypermethrin + piperonyl butoxide + citronellal. There was no survival of infective juveniles in the groups exposed to the combination of chlorphenvinphos + dichlorvos. The exposure to chlorphenvinphos for 72 hours resulted in 50% of mortality. The potential to infect *G. mellonella* caterpillars was only reduced in the group treated with the active ingredient chlorphenvinphos. Chlorphenvinphos and the combination of chlorphenvinphos + dichlorvos were not compatible with *H. amazonensis* RSC-5, causing a reduction in the survival and infectivity of juveniles of this nematode, while the other products were compatible, causing no reduction in the infectivity of this isolate.

**KEYWORDS:** entomopathogenic nematodes; biological control; cattle tick.

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora (MG), Brasil.

<sup>3</sup>Embrapa Gado de Leite – Juiz de Fora (MG), Brasil.

<sup>4</sup>Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita (UNESP) – São Paulo (SP), Brasil.

<sup>5</sup>Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia (MG), Brasil.

\*Autor correspondente: caiosat@gmail.com

Recebido em: 09/10/2012. Aceito em: 28/10/2013.

## INTRODUÇÃO

Nematoides entomopatogênicos (NEPs) pertencem à ordem Rhabditida, na qual estão classificadas as famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae. Esses nematoides são importantes agentes no controle biológico, sendo capazes de infectar e matar insetos de diferentes ordens (HAZIR *et al.*, 2003; DOLINSKI, 2006). Algumas características que os fazem controladores potenciais de pragas são: produção a baixo custo em insetos hospedeiros ou em meios artificiais; facilidade de armazenamento e aplicação no campo; habilidade de buscar o hospedeiro; compatibilidade com diversos pesticidas; o fato de serem totalmente seguros para plantas e vertebrados (GREWAL *et al.*, 2001; AKHURST; SMITH, 2002; DOLINSKI, 2006).

Os juvenis infectantes (JIs) desses nematoides são tolerantes a exposições a fertilizantes, herbicidas, fungicidas, inseticidas e acaricidas; porém, esta tolerância varia de acordo com a espécie de nematoide, o tempo de exposição, o princípio ativo e os veículos utilizados (GREWAL *et al.*, 2001; KOPPENHÖFER; GREWAL, 2005). Os estudos de compatibilidade são importantes para possibilitar a conservação dos entomopatogênicos no agrossistema, sendo que o uso inadequado de produtos químicos pode interferir na capacidade infectante e reprodutiva desses nematoides, influenciando negativamente a eficácia de controle. Dessa forma, torna-se importante avaliar a compatibilidade entre agentes que possam ser utilizados dentro de um ecossistema para o manejo integrado de determinado organismo, evitando efeitos antagônicos entre os agentes químicos e biológicos (ALVES *et al.*, 1998).

Ainda é importante destacar que a avaliação da compatibilidade entre os agentes utilizados no controle biológico e agroquímico em laboratório é vantajosa devido à exposição máxima do micro-organismo à ação do produto químico, fato que não ocorre em condições de campo. Dessa forma, não há dúvidas sobre a seletividade do produto em campo, quando sua inocuidade é constatada em laboratório (ALVES *et al.*, 1998). Além da tolerância, trabalhos demonstram que o uso de nematoides entomopatogênicos associados a determinados inseticidas pode apresentar efeito sinérgico ou aditivo no controle da praga alvo (KOPPENHÖFER *et al.*, 2002; KOPPENHÖFER; GREWAL, 2005).

Na área veterinária, poucos experimentos têm sido conduzidos no sentido de verificar o efeito de produtos químicos sobre entomopatogênicos (BARCI *et al.*, 2006), e a maior parte dos estudos foi feita com o intuito de avaliar a compatibilidade desses produtos com fungos entomopatogênicos. O único estudo conduzido sobre os NEPs foi realizado por REIS-MENINI *et al.* (2008), que constataram que a associação entre um carrapaticida composto por dois organofosforados e o nematoide *Steinernema glaseri* (STEINER, 1929) foi compatível.

MONTEIRO *et al.* (2010) demonstraram que juvenis infectantes de *Heterorhabditis amazonensis*, isolado RSC-5, apresentaram

patogenicidade *in vitro* para fêmeas ingurgitadas do carrapato dos bovinos, *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888), que, do ponto de vista econômico, é a principal espécie de carrapato da região neotropical (MARTINS *et al.*, 2006). Estima-se que os prejuízos econômicos ocasionados por *R. microplus* para a pecuária bovina no Brasil cheguem a 2 bilhões de dólares anuais (GRISI *et al.*, 2001). Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a compatibilidade entre o nematoide *H. amazonensis*, isolado RSC-5, com diferentes carrapaticidas utilizados no controle de *R. microplus*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no laboratório de parasitologia da Embrapa Gado de Leite, em Juiz de Fora (MG). Os nematoides utilizados neste estudo foram multiplicados em lagartas do último instar de *Galleria mellonella*, Linnaeus, 1758, de acordo com LINDEGREN *et al.* (1993) e KAYA; STOCK (1997). Os JIs coletados foram estocados (alíquotas de 20 mL) dentro de garrafas de cultivo celular (capacidade de 40 mL) e acondicionados em câmara climatizada ( $16 \pm 1^\circ\text{C}$ ).

A escolha dos carrapaticidas foi feita com o intuito de testar as principais bases químicas e associações disponíveis no mercado brasileiro para o controle de *R. microplus*. O representante de cada grupo químico foi escolhido de acordo com a eficácia apresentada nos testes realizados por FURLONG *et al.* (2007).

Cada tratamento foi composto por 75.000 JIs em uma suspensão de 20 mL da concentração comercial dos seguintes carrapaticidas: deltrametrina (Butox P<sup>®</sup>, Intervet), amitraz (Triatox<sup>®</sup>, Coopers), clorfenvinfós (UBC<sup>®</sup>, Uzinás Químicas Brasileiras), clorfenvinfós + diclorvós (Carbeson<sup>®</sup>, Leivas Leite), amitraz + clorpirifós (Amiphós<sup>®</sup>, Intervet) e cipermetrina + clorpirifós + butóxido de piperonila + citronelal (Cyperclor Plus<sup>®</sup>, SESPO-Vetbrands) (Tabela 1). O controle foi formado por 75.000 NEPs em 20 mL de água destilada e todos os grupos foram mantidos em câmara climatizada ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ).

### Percentual de sobrevivência

A avaliação do percentual de sobrevivência de *H. amazonensis* foi realizada 24 e 72 horas após o início do experimento. Para esta análise, de cada tratamento foram coletadas 10 amostras de 10  $\mu\text{L}$  (cada amostra, uma repetição). Com um microscópio, foi realizada a quantificação de indivíduos vivos e mortos. A viabilidade foi obtida pela fórmula: % viabilidade = (total de NEPs vivos / total de NEPs) x 100.

### Percentual de infectividade

Foram colocadas em placas de Petri forradas com duas folhas de papel filtro previamente esterilizados, 1 mL

**Tabela 1.** Carrapaticidas utilizados no teste de compatibilidade com *Heterorhabditis amazonensis* RSC-5 em condições de laboratório ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $> 80 \pm 10\%$ ).

Nome comercial	Empresa	Grupo químico	Princípio ativo
Butox P®	Intervet	Piretroide	Deltametrina
Triatox®	Coopers	Amidinico	Amitraz
Carrapaticida e sarnicida UCB®	Uzinas Químicas Brasileiras	Organofosforado	Clorfenvinfós
Amiphós®	Intervet	Organofosforado + Amidina	Clorpirifós + Amitraz
Ciperclor Plus Pulverização®	SESPO-Vetbrands	Organofosforado + Piretroide + Sinergista + Monoterpeno	Clorpirifós + Cipermetrina + Butóxido de Piperolina + Citronelal
Carbeson®	Leivas Leite	Organofosforado + Organofosforado	Clorfenvinfós + Diclorvós

de água destilada e 40  $\mu\text{L}$  de solução coletada de cada tratamento. Posteriormente, cinco lagartas dos últimos instares de *G. mellonella* foram colocadas em cada uma dessas placas. As placas contendo as lagartas foram vedadas com filtro plástico e acondicionadas em câmara climatizada ( $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ), sendo feitas dez repetições por tratamento. Este procedimento foi feito 24 e 72 horas após o início do experimento, e a avaliação da mortalidade das lagartas foi feita 72 e 120 horas após a infecção.

O percentual de infectividade foi calculado pela fórmula: % de infectividade = (total de lagartas mortas / total de lagartas) x 100.

## Análise estatística

Para realização da análise estatística, utilizou-se o software Biostat, versão 5.0. O valor referente às médias de cada tratamento foi analisado por ANOVA e Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). No caso de distribuição não normal, os parâmetros foram comparados por testes de Kruskal Wallis e Student Newman Keulls ( $p < 0,05$ ). Os dados adquiridos em porcentagem foram transformados em  $\sqrt{\text{arco seno } x}$ .

## RESULTADOS

No primeiro dia de avaliação, o percentual de sobrevivência de JIs de *H. amazonensis* expostos à deltametrina não apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao valor observado para o grupo controle. O mesmo efeito foi observado em relação à avaliação após 72 horas para a associação clorpirifós + cipermetrina + butóxido de piperolina + citronelal (Tabela 2). Observou-se diminuição ( $p < 0,05$ ) do percentual de sobrevivência dos NEPs expostos aos princípios ativos amitraz e clorfenvinfós e à associação amitraz + clorpirifós nos dois períodos de observação. A exposição ao clorfenvinfós resultou em percentual de sobrevivência inferior a 50% após 72 horas, e o tratamento com clorfenvinfós + diclorvós casou mortalidade de 100% dos nematoides em todos os tempos de avaliação (Tabela 2).

**Tabela 2.** Percentual de sobrevivência de juvenis infectantes do nematoide entomopatogênico *Heterorhabditis amazonensis* RSC-5 expostos a diferentes princípios ativos carrapaticidas, em diferentes intervalos de tempo em condições de laboratório ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $> 80 \pm 10\%$ ).

Tratamentos	Períodos de exposição	
	24 horas	72 horas
Controle	87,4 <sup>abA</sup> $\pm$ 9,2	83,7 <sup>abA</sup> $\pm$ 3,0
Deltametrina	79,9 <sup>abA</sup> $\pm$ 8,4	66,9 <sup>abB</sup> $\pm$ 9,0
Amitraz	70,8 <sup>bcA</sup> $\pm$ 9,8	50,8 <sup>cbB</sup> $\pm$ 9,4
Clorfenvinfós	69,9 <sup>bcA</sup> $\pm$ 9,7	44,9 <sup>cdB</sup> $\pm$ 13,0
Amitraz+Clorpirifós	65,5 <sup>ca</sup> $\pm$ 8,8	64,4 <sup>bcA</sup> $\pm$ 5,4
Clorpirifós + Cipermetrina + Butóxido de Piperolina e Citronelal	77,0 <sup>bcA</sup> $\pm$ 10,0	76,0 <sup>abA</sup> $\pm$ 5,9
Clorfenvifós+Diclorvós	0,0 <sup>d</sup> $\pm$ 0,0	0,0 <sup>d</sup> $\pm$ 0,0

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

A comparação do percentual de sobrevivência dos nematoides ao longo do tempo permitiu constatar que a exposição por 72 horas aos princípios ativos deltametrina, amitraz e clorfenvinfós levou à redução significativa da viabilidade dos JIs ( $p < 0,05$ ), em comparação aos valores obtidos para o percentual de sobrevivência dos juvenis expostos aos mesmos carrapaticidas pelo período de 24 horas. No entanto, o mesmo não foi observado nos grupos tratados com amitraz + clorpirifós e clorpirifós + cipermetrina + butóxido de piperolina e citronelal, nos quais a taxa de sobrevivência foi estatisticamente igual ( $p > 0,05$ ) nos dois períodos de avaliação (Tabela 3).

O percentual de infectividade do grupo controle após 24 horas foi de 90%, sendo estatisticamente similar ( $p > 0,05$ ) aos valores encontrados nos demais tratamentos (valores acima de 80%). A exceção foi do grupo tratado com clorfenvinfós, em que foi constatada redução significativa ( $p < 0,05$ ) do percentual de infectividade (60,8%) (Tabela 3). Na avaliação dos mesmos grupos (exposição a carrapaticidas por 24 horas) após 120 horas, observou-se que a taxa de infectividade aumentou, chegando a 100% em todos os grupos.

Os valores referentes à avaliação após 72 horas também evidenciaram ausência de diferenças significativas ( $p > 0,05$ )

**Tabela 3.** Percentual de infectividade de lagartas de *Galleria mellonella* por juvenis infectantes de *Heterorhabditis amazonensis* RSC-5 expostos a diferentes princípios ativos (carrapaticidas), em diferentes intervalos de tempo. Laboratório de Parasitologia da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

Tempo de exposição Período de avaliação	24 horas		72 horas	
	72 horas	120 horas	72 horas	120 horas
Controle	93,3 <sup>abA1</sup> ± 16,3	100,0 <sup>A</sup> ± 0,0	90,0 <sup>abA1</sup> ± 16,7	100,0 <sup>abA</sup> ± 0,0
Deltametrina	88,3 <sup>abA1</sup> ± 19,7	100,0 <sup>A</sup> ± 0,0	93,3 <sup>abA1</sup> ± 10,3	100,0 <sup>abA</sup> ± 0,0
Amitraz	90,0 <sup>abA1</sup> ± 16,7	100,0 <sup>A</sup> ± 0,0	93,3 <sup>abA1</sup> ± 10,3	100,0 <sup>abA</sup> ± 0,0
Clorfenvinfós	60,8 <sup>baA1</sup> ± 15,0	100,0 <sup>B1</sup> ± 0,0	0,0 <sup>baA2</sup> ± 0,0	10,0 <sup>baA2</sup> ± 16,7
Amitraz + Clorpirifós	82,5 <sup>abA1</sup> ± 15,4	100,0 <sup>A1</sup> ± 0,0	67,7 <sup>abA1</sup> ± 27,3	86,7 <sup>abA1</sup> ± 32,7
Cipermetrina + Clorpirifós + Citronelal + Butóxido de Piperolina	80,8 <sup>abA1</sup> ± 18,6	100,0 <sup>B1</sup> ± 0,0	93,3 <sup>abA1</sup> ± 10,3	95,8 <sup>abA1</sup> ± 10,2

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%. Comparação entre os períodos de avaliação (72 – 120 horas) dentro do mesmo tempo de exposição, sendo que letras iguais significam ausência de diferenças estatística em nível de significância de 5%. Comparação entre os tempos de exposição (24 – 72 horas) com o mesmo período de avaliação, sendo que números iguais significam ausência de diferenças estatística em nível de significância de 5%.

entre os grupos tratados e o controle, com exceção do grupo com nematoide exposto ao clorfenvinfós, em que todas as lagartas de *G. mellonella* estavam vivas (Tabela 3). Assim como observado para os grupos expostos aos carrapaticidas por 24 horas, também notou-se aumento na taxa de infectividade na segunda avaliação (120 horas após o tratamento); entretanto, os valores observados nos grupos em que os JIs foram expostos ao clorfenvinfós permaneceram baixos (10%), sendo estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ) do controle (100%).

Com relação ao percentual de infectividade observado para os grupos ao longo do tempo, verificou-se que houve queda significativa ( $p < 0,05$ ) na taxa de infectividade apenas no grupo exposto ao princípio clorfenvinfós por 72 horas, quando comparado aos valores do mesmo grupo exposto por 24 horas (Tabela 3).

## DISCUSSÃO

No presente trabalho foi possível observar que, dos seis carrapaticidas testados, apenas o princípio ativo clorfenvinfós e a associação clorfenvinfós + diclorvós apresentaram influência negativa sobre a sobrevivência e a infectividade dos juvenis infectantes de *H. amazonensis*. Esses resultados corroboram os dados descritos por outros autores, que relataram que a maioria dos produtos químicos utilizados em agrossistemas apresenta compatibilidade com nematoides entomopatogênicos em curtos períodos de exposição (ROVESTI; DESÊO 1990; KOPPENHÖFER; GREWAL, 2005). A capacidade de sobrevivência desses nematoides, mesmo em contato com produtos químicos, pode ser atribuída à presença da dupla cutícula que os juvenis infectantes (J3) possuem. Na mudança de Juvenil 2 para J3, NEPs mantêm a cutícula de J2 e produzem uma nova cutícula, tendo assim uma camada dupla, permitindo maior proteção contra fatores abióticos (DOLINSKI, 2006)

Dos produtos testados, constatou-se que o carrapaticida mais tóxico para *H. amazonensis* isolado RSC-5 é

composto pela associação de dois princípios ativos (clorfenvinfós + diclorvós) do grupo dos organofosforados, e que o segundo produto em grau de toxicidade também é composto por um organofosforado presente na associação mencionada (clorfenvinfós). Em geral, em estudos que avaliam a compatibilidade de produtos químicos e nematoides entomopatogênicos, entre as moléculas com propriedades inseticidas e acaricidas, os organofosforados têm sido apontados como os mais tóxicos para esses organismos (HARA; KAYA, 1983; ZIMMERMAN; CRANSHAW, 1990; ROVESTI; DESÊO, 1990; ROVESTI; DESÊO, 1991), sendo que PRAKASA *et al.* (1975) também relataram a incompatibilidade de *Steinernema carpocapsae* (WEISER, 1955) com o organofosforado clorfenvinfós.

Diferentemente do observado no presente trabalho, REIS-MENINI *et al.* (2008) relataram a compatibilidade de *S. glaseri* com esta associação dos organofosforados clorfenvinfós + diclorvós. Tal observação pode estar relacionada ao fato de que NEPs do gênero *Steinernema* são naturalmente mais resistentes à exposição a produtos químicos do que nematoides do gênero *Heterorhabditis*, Poinar, 1976. Além disso, ANDALÓ *et al.* (2004) demonstraram que a espécie *S. glaseri* possui maior resistência a produtos fitossanitários quando comparada até a outras espécies do mesmo gênero.

No entanto, o fator mais determinante para tal diferença de resultados provavelmente foi a metodologia utilizada em cada trabalho, uma vez que neste estudo os nematoides ficaram em contato direto com a concentração comercial do carrapaticida por 24 e 72 horas. Enquanto isso, no trabalho de REIS-MENINI *et al.* (2008) o contato direto foi por cinco minutos. Na sequência, o líquido foi depositado em uma placa contendo areia previamente esterilizada e fêmeas ingurgitadas de *R. microplus*. Assim, a compatibilidade do nematoide com o carrapaticida foi testada pela capacidade dos primeiros para infectar as fêmeas ingurgitadas após esse curto período de exposição, diferindo do presente estudo, em que a infectividade dos nematoides foi testada em larvas de *G. mellonella* após tempos de exposição de até 72 horas.

Os produtos compostos pelas associações amitraz + clorpirifós e cipermetrina + clorpirifós + citronelal + butóxido de piperonila, mesmo contendo organofosforado na sua composição (Clorpirifós), não afetaram a infectividade de JIs de *H. Amazonensis* RSC-5. Devido a tais diferenças, é possível inferir que apesar de os organofosforados serem apontados como produtos mais tóxicos para os nematoides, existem algumas moléculas dentro desse grupo químico com menor toxicidade para os NEPs. Isso pode ser reforçado pelo fato de que a concentração dos organofosforados (clorpirifós e clorfenvinfós) nos carrapaticidas compostos por clorpirifós + amitraz e clorfenvinfós são iguais (50 mg a cada 100 mL). Entretanto, apenas o produto composto pelo clorfenvinfós causou redução significativa no percentual de infectividade de *H. amazonensis* RSC-5. ALUMAI; GREWAL (2004) concluíram que os nematoides *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 e *Steinernema carpocapsae* (WEISER, 1955) foram compatíveis com o clorpirifós. Entretanto, cabe destacar que NEGRISOLI-JR *et al.* (2008) observaram que o clorpirifós levou à redução da infectividade de *S. carpocapsae* e *H. bacteriophora*, diferindo do observado no presente trabalho.

Sobre os outros carrapaticidas constituídos por apenas um princípio ativo, foi possível constatar que a deltametrina e o amitraz apresentaram baixa toxicidade para os juvenis infectantes, não afetando a infectividade. A compatibilidade desses princípios ativos com entomopatogênicos também foi relatada para *S. carpocapsae* e *H. bacteriophora* (ROVESTI *et al.*, 1988; ROVESTI; DESEÖ, 1990), entretanto, NEGRISOLI-JR *et al.* (2008) observaram que a deltametrina reduziu a infectividade de *H. bacteriophora* em larvas de *G. mellonella*.

Além dos exemplos acima, é comum encontrar relatos na literatura nos quais determinados princípios ativos são apontados como compatíveis em determinados estudos e incompatíveis em outros. Essas diferenças podem estar relacionadas às metodologias utilizadas, às diferenças entre espécies e isolados testados, às diferenças no período de exposição e principalmente às diferenças nas características do produto, pois alguns pesticidas podem apresentar o mesmo princípio ativo, entretanto, este pode variar de acordo com a quantidade e a qualidade do princípio ativo e do veículo utilizado.

São poucos os estudos que avaliam a compatibilidade entre produtos voltados para o controle de carrapatos e nematoides entomopatogênicos. No entanto, estudos entre compatibilidade de fungos entomopatogênicos com carrapaticidas têm revelado resultados semelhantes aos constatados no presente estudo. BARCI *et al.* (2009) constataram que os produtos à base de organofosforados, em especial os que apresentavam o diclorvós em sua constituição, foram os mais tóxicos para os isolados IBCB 66 e IBCB 21 de *Beauveria bassiana*. Acaricidas utilizados na área agrícola com organofosforado em sua composição também foram apontados como altamente tóxicos para *B. bassiana* (OLIVEIRA; NEVES, 2004). Voltando ao estudo conduzido por BARCI *et al.* (2006), é possível verificar que os autores demonstraram que os piretroides deltametrina e cipermetrina, assim como o amidínico amitraz, apresentaram baixa ou nenhuma toxicidade para o isolado IBCB 66, enquanto o isolado IBCB 21 se mostrou tolerante apenas à deltametrina. A compatibilidade de *Metarhizium anisopliae* e *B. Bassiana* com carrapaticidas à base de deltametrina também foi evidenciada por BAHIENSE *et al.* (2006) e SUN *et al.* (2011), respectivamente.

Os resultados encontrados no presente trabalho indicam que produtos à base de organofosforados em geral são mais tóxicos para nematoides entomopatogênicos (clorfenvinfós e diclorvós). Entretanto, os produtos que tinham o clorpirifós na sua composição foram compatíveis com o isolado testado. Uma alternativa a ser considerada para os carrapaticidas classificados como não compatíveis seria a seleção genética de JIs após a exposição de seguidas gerações. GLAZER *et al.* (1997) obtiveram bons resultados na seleção de JIs de *H. bacteriophora* resistentes ao organofosforado fenamifós.

Por outro lado, os princípios ativos deltametrina e amitraz e as associações amitraz + clorpirifós e cipermetrina + clorpirifós, butóxido de piperolona + citronelal não apresentaram ação deletéria na infectividade, podendo ser considerados compatíveis com JIs de *H. amazonensis*. Isso evidencia o uso promissor deste agente controlador em programas de controle integrado, utilizando-se associações de agentes químicos e biológicos.

---

## REFERÊNCIAS

Akhurst, R.; Smith, K. Regulation and Safety. In: Gaugler R. (Eds.). *Entomopathogenic Nematology*. New York: CABI Publishing. 2002. p.311-332.

ALUMAI, A.; GREWAL, P.S. Tank-mix compatibility of entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*, with selected chemical pesticides used in turfgrass. *Biocontrol Science and Technology*, v. 14, p.725-730, 2004.

ANDALÓ, V.; MOINO JUNIOR, A.; CECÍLIA, L.V.C. Compatibilidade de nematoides entomopatogênicos com produtos fitossanitários utilizados na cultura do cafeeiro. *Nematologia Brasileira*, v.28, n.2, p.149-158, 2004.

ALVES, S.B.; MOINO-JR, A.; ALMEIDA, J.E.M. Produtos fitossanitários e entomopatogênicos, p. In: ALVES, S. B. (Org.). *Controle microbiano de insetos*. Piracicaba, FAPESP & FEALQ, 1998. p.217-239.

- BARCI, L.A.; WENZEL, I.N.; ALMEIDA, J.E.M.; NOGUEIRA, A.H.C.; PRADO, A.P. Compatibilidade de isolados de *Beauveria bassiana* (Ascomycetes: Clavicipitaceae) com carrapaticidas químicos utilizados no controle do carrapato dos bovinos. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v.18, p.63-68, 2009.
- BACCHI, T.C.; FERNANDES, E.K.K.; BITTENCOURT, V.R.E.P. Compatibility of the fungus *METARHIZIUM ANISOPLIAE* and deltamethrin to control a resistant strain of *BOOPHILUS MICROPLUS* tick. *Veterinary Parasitology*, v.141, n.2, p.319-324, 2006.
- DOLINSKI, C. Nematóides como agentes do controle biológico de insetos. In: OLIVEIRA FILHO, E.C.; MONNERAT, R.G. *Fundamentos para regulação de semioquímicos, inimigos naturais e agentes microbiológicos de controle de pragas*. Brasília: EMBRAPA, 2006, p.1-10.
- FURLONG, J.; MARTINS, J.R.S.; PRATA, M.C.A. O carrapato dos bovinos e a resistência: temos o que comemorar? Controle estratégico do carrapato dos bovinos. *A Hora Veterinária* v.27, p.53-56, 2007.
- GLAZER, I.; SALAME, L.; SEGAL, D. Genetic enhancement of nematocidal resistance of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology*, v.7, p.499-512, 1997.
- GREWAL, P.S.; DE NARDO, E.A.B.; AGUILLERA, M.M. Entomopathogenic nematodes: potential for exploration and use in South America. *Neotropical Entomology*, v.30, n.2, p.191-205, 2001.
- HAZIR, S.; KAYA, H.K.; STOCK, P.; KESKIN, N. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. *Turkish Journal of Biology*, v.27, p.181-202, 2003.
- HARA, A.H.; KAYA, H.K. Toxicity of selected organophosphate and carbamate pesticides to infective juveniles of the entomopathogenic nematode *Neoaplectana carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Environmental Entomology*, v.12, p.496-501, 1983.
- KAYA, H.K.; STOCK, P. Techniques in insect nematology. In: LACEY, L.A. *Manual of Techniques in Insect Pathology*. Academic, CA, 1997. p.281-324.
- KOPPENHÖFER, A.M.; COWLES, R.S., COWLES E.A.F.E.M.; BAUMGARTNER, L. Comparison of neonicotinoid insecticides as synergists for entomopathogenic nematodes. *Biological Control*, v.24, p.90-97, 2002.
- KOPPENHÖFER, A.M.; GREWAL, P.S. Compatibility and interaction with agrochemicals and biocontrol agents. In: GREWAL, P.S.; EHLERS, R.U.; SHAPIRO, D.I. *Nematodes as biocontrol agents*. CABI: Publishing Cambridge, 2005. p.364-381.
- MONTEIRO, C.M.O.; PRATA, M.C.A.; FURLONG, J.; FAZZA, A.P.; SILVA, A.M.R.; ANDALÓ, V.; MOINO-J, A. *Heterorhabditis amazonensis* (Rhabditidae: Heterorhabditidae), strain RSC-5, for biological control of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Parasitology Research*, v.106, p.821-826, 2010.
- NEGRISOLI JUNIOR, A.S.; BARBOSA, C.R.C.; MOINO JUNIOR, A. Avaliação da compatibilidade de produtos fitossanitários com nematóides entomopatogenicos (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) utilizando o protocolo modificado da IOBC/WPRS. *Nematologia Brasileira*, v.32, p.111-116, 2008.
- OLIVEIRA, R.C.; NEVES, P.M.O.J. Compatibility of *Beauveria bassiana* with acaricides. *Neotropical Entomology*, v.33, n.3, p.353-358, 2004.
- Prakasa, R.P.S.; Das, P.K.; Pandhi, G. Note on compatibility of DD-136 (*Neoaplectana dutkyi*), an insect parasitic nematode with some insecticides and fertilizers. *Indian Journal of Agriculture Science*, v.45, p.275-277, 1975.
- REIS-MENINI, C.M.R.; PRATA, M.C.A.; FURLONG, J.; SILVA, E.R. Compatibility between the entomopathogenic nematode *Steinernema glaseri* (Rhabditida: Steinernematidae) and an acaricide in the control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Parasitology Research*, v.103, p.1391-1396, 2008.
- ROVESTI, L.; HEINZPETER, E.W.; TAGLIENTE, F.; DESEÖ, K.V. Compatibility of pesticides with entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Nematoda: Heterorhabditidae). *Nematology*, v.34, p.462-476, 1988.
- ROVESTI, L.; DESEÖ, K.V. Compatibility of chemical pesticides with the entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* weiser and *S. feltiae* Filipjev (Nematoda: Steinernematidae). *Nematologica*, v.36, p.237-245, 1990.
- ROVESTI, L.; DESEÖ, K.V. Compatibility of chemical pesticides with the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis heliothidis*. *Nematologica*, v.37, p.1113-1122, 1991.
- ZIMMERMAN, R.J.; CRANSHAW, W.S. Compatibility of three entomogenous nematodes (Rhabditida) in aqueous solutions of pesticides used in turfgrass maintenance. *Journal of Economic Entomology*, v.83, n.1, p.97-100, 1990.