

ADENIR VIEIRA TEODORO

**Interferências subletais de acaricidas em uma teia
alimentar de cafeeiro**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2003**

ADENIR VIEIRA TEODORO

**Interferências subletais de acaricidas em uma teia
alimentar de cafeeiro**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para a obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 31 de Julho de 2003.

**Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes
(Conselheiro)**

**Dr. Paulo Rebelles Reis
(Conselheiro)**

Dra. Madelaine Venzon

Prof. Adrián José Molina-Rugama

**Prof. Angelo Pallini Filho
(Orientador)**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, minhas irmãs e minha sobrinha pelo amor, confiança, incentivo.

Ao meu irmão Jorge pela amizade, incentivo e ajuda.

Ao Dr. Paulo Rebelles Reis por me iniciar no estudo da Acarologia.

Ao Prof. Angelo Pallini pelo estímulo, amizade, orientação e oportunidades oferecidas.

Ao Prof. Raul Narciso C. Guedes pelas sugestões, estímulo e confiança.

Ao Dr. Arne Janssen pelo auxílio nos experimentos de olfatometria, sugestões e oportunidades oferecidas.

À Dra. Madelaine Venzon e ao Prof. Ádrian José Molina-Rugama pelas críticas e sugestões a dissertação.

Aos professores do programa de pós-graduação em Entomologia da UFV pelos ensinamentos.

Ao Fadini e Walquimário pelo auxílio nos experimentos e sugestões ao trabalho.

Aos demais MORANGUEIROS (Beto, Leandro, André, Thyago e Ramon), e agregados da república (Louise, Lindenbergh, Ulysses e Zumbi). Valeu gente!

Aos colegas da Entomologia Edmar (Durandé), João, Fadini, Ádrian, Cláudia, Romero, Renato, Hamilton, Anderson, Jeanne, Claudinei, Dany, Luciano, Liana, Célia, Denise, Hatano, Marcy, Eugênio (Mossoró), Fredson, Berghen, Badji.

Aos amigos, que torceram a distância para o sucesso deste trabalho, Antônio Marcos, Cléber, Cássio, Isa, Ricardo, Francisco.

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realização do curso e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

Esta dissertação segue as “**Normas para redação de teses**” aprovadas pelo Conselho de Pós-Graduação da Universidade Federal de Viçosa, em 01 de dezembro de 2000.

Os Artigos foram escritos de acordo com as normas da revista “**Neotropical Entomology**”.

ÍNDICE

	Páginas
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
Introdução Geral	1
Literatura Citada	3
Capítulo 1 - Toxicidade Aguda e Latente de Acaricidas ao Ácaro Predador <i>Iphiseiodes zuluagai</i> Denmark & Muma e à sua Presa <i>Oligonychus ilicis</i> (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)	6
Resumo	6
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	9
Resultados	13
Discussão	22
Literatura Citada	24
Capítulo 2 - Interferência de Acaricidas no Forrageamento do Ácaro Predador <i>Iphiseiodes zuluagai</i> Denmark & Muma e a sua Presa <i>Oligonychus ilicis</i> (McGregor) (Acari: Phytoseiidae)	28
Resumo	28
Abstract	29
Introdução	30
Material e Métodos	31
Resultados	35

Discussão	40
Literatura Citada	42
Capítulo 3 – Interferência de Acaricidas na Resposta Funcional de <i>Iphiseiodes zuluagai</i> Denmark & Muma sobre sua Presa <i>Oligonychus ilicis</i> (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)	46
Resumo	46
Abstract	47
Introdução	48
Material e Métodos	49
Resultados	52
Discussão	53
Literatura Citada	55
Conclusões Gerais	59

RESUMO

TEODORO, Adenir Vieira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2003.

Interferências subletais de acaricidas em uma teia alimentar de cafeeiro.

Orientador: Angelo Pallini Filho. Conselheiros: Raul Narciso Carvalho Guedes e Paulo Rebelles Reis.

É conhecido que artrópodes que sobrevivem à exposição a pesticidas podem sofrer efeitos subletais. Estes efeitos podem ser manifestados através da redução do período de vida, diminuição da fertilidade, redução da fecundidade, mudanças na razão sexual, e nos comportamentos de alimentação e oviposição. Para estudar esses efeitos, este trabalho foi realizado em três etapas. Na primeira, foram estudados a toxicidade e o efeito de concentrações subletais dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre na taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) e de sua presa, o ácaro fitófago *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae). Posteriormente, a interferência de concentrações subletais desses acaricidas foi investigada no forrageamento de *I. zuluagai* a plantas de cafeeiro não atacadas, atacadas por *O. ilicis* ou por *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae), uma outra presa de *I. zuluagai*. Finalmente, investigou-se o efeito de concentrações subletais desses acaricidas na resposta funcional de *I. zuluagai* sobre formas imaturas de *O. ilicis*. Estes artrópodes compõem no cafeeiro uma teia alimentar na qual todos os componentes podem interagir. Os acaricidas foram pulverizados com uma torre de Potter e o forrageamento foi estudado com um olfatômetro de vidro em forma de “Y”. O ácaro predador *I. zuluagai* foi mais tolerante que *O. ilicis* aos acaricidas testados, porém teve a taxa instantânea de crescimento populacional mais afetada com o aumento das concentrações devido ao menor potencial reprodutivo. Nos experimentos de forrageamento, *I. zuluagai* distinguiu os odores de plantas não atacadas e plantas atacadas por *O. ilicis*. Porém, quando foram expostos a óxido de fenibutatina perderam a capacidade de distinção de odores. *Iphiseiodes zuluagai* expostos à água destilada e óxido de fenibutatina não discriminaram os odores de plantas atacadas por *B. phoenicis*. Os ácaros predadores que tiveram contato com enxofre se moveram a uma distância pouco maior que a do seu corpo e, portanto não foi possível estudar o forrageamento no olfatômetro. *Iphiseiodes zuluagai* apresentou uma resposta funcional do tipo II, nos experimentos onde o predador foi exposto à água destilada e óxido de fenibutatina. No entanto, os ácaros predadores expostos a óxido de fenibutatina apresentaram uma menor taxa de sucesso na procura de presas, e uma redução no consumo máximo de presas. Não foi possível investigar a resposta funcional dos ácaros predadores expostos a enxofre pelos mesmos motivos descritos acima. As concentrações subletais dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre podem afetar o controle biológico de *I. zuluagai* sobre os ácaros fitófagos em cafeeiro. As possíveis implicações desses acaricidas no controle biológico natural e nas interações desta teia alimentar são discutidos.

ABSTRACT

TEODORO, Adenir Vieira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2003. **Sublethal interference of acaricides on a food web of coffee.** Adviser: Angelo Pallini Filho. Committee Members: Raul Narciso Carvalho Guedes and Paulo Rebelles Reis

It is known that arthropods surviving from pesticide exposure can suffer sublethal effects. These effects can be expressed through life span reduction, fertility and fecundity reduction, changes in sex ratio and in food and oviposition behavior. To study these effects, this work was divided in three phases. In the first, it was studied the toxicity and the sublethal effects of the acaricides fenbutatin oxide and sulphur on instantaneous growth rate (r_i) of the predaceous mite *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) and its prey, the phytophagous mite *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae). Subsequently, the interference of sublethal concentrations of these acaricides was investigated on the foraging of *I. zuluagai* to uninfested coffee plants, and to plants infested by *O. ilicis* or by *B. phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae), another prey of *I. zuluagai*. Finally, it was investigated the effect of sublethal concentrations on the functional response of *I. zuluagai* on immature phases of *O. ilicis*. These arthropods constitute a food web on coffee fields where all components can interact. The acaricides were sprayed with a Potter tower and the foraging behavior was assessed through a "Y" tube olfactometer. The predaceous mite *I. zuluagai* was more tolerant than *O. ilicis* to the tested acaricides, however the predator instantaneous growth rate was more hardly compromised by the acaricides due to low reproductive potential. In the foraging experiments, *I. zuluagai* distinguished the odours of uninfested plants and *O. ilicis*-infested plants. However, when exposed to fenbutatin oxide the mites lost the discriminate capacity of odours. *Iphiseiodes zuluagai* exposed to distilled water and fenbutatin oxide did not discriminate odours from *B. phoenicis*-infested plants. The predaceous mite exposed to sulphur did not move to a distance greater than its body length and therefore it was impossible to study the foraging behaviour. *Iphiseiodes zuluagai* showed a shape II functional response on those experiments where the predator was exposed to distilled water and fenbutatin oxide. However, the predator mites exposed to fenbutatin oxide showed a lower instantaneous search rate and a reduction on the expected maximum consumption. It was not possible to study the functional response of predator mites exposed to fenbutatin oxide due the same reason described above. The sublethal concentrations of fenbutatin oxide and sulphur can affect the natural biological control of *I. zuluagai* on phytophagous mites on coffee. The possible implications of these acaricides on natural biological control and on interactions of this food web are discussed.

Introdução Geral

Dentre as principais pragas que atacam o cafeeiro, os ácaros fitófagos têm assumido cada vez maior destaque. *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) e *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) são espécies de ácaros fitófagos comumente encontrados em cafeeiros no Brasil (Flechtmann 1983). *Oligonychus ilicis* é conhecido popularmente como ácaro-vermelho do cafeeiro, e forma colônias na face superior das folhas, produzindo uma delicada teia (Flechtmann 1983). Períodos de seca, com estiagem prolongada, favorecem o aumento populacional do ácaro podendo causar desfolha nas plantas, retardando o desenvolvimento de lavouras novas. Os ataques se concentram em reboleiras, podendo atingir toda lavoura se não for realizado o controle (Reis & Souza 1986).

O ácaro *B. phoenicis* é conhecido como ácaro da mancha-anular por transmitir o vírus causador da mancha-anular do cafeeiro (Chagas 1973). É encontrado em ambas as faces das folhas do cafeeiro em baixos níveis populacionais e não produz teia (Flechtmann 1983).

Os ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae são os mais importantes inimigos naturais dos ácaros fitófagos (Moraes 1991). *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) é um dos ácaros predadores pertencentes a essa família e está associado ao controle biológico natural de *O. ilicis* e *B. phoenicis* no Sul de Minas Gerais (Pallini Filho *et al.* 1992) e na região de Viçosa, Estado de Minas Gerais. Estes artrópodes compõem no cafeeiro uma teia alimentar na qual todos os componentes podem interagir.

O químico é o método mais utilizado para o controle aos ácaros fitófagos. Este método, na maioria das vezes, não leva em consideração o efeito desses produtos em uma teia alimentar como um todo, potencialmente resultando em desequilíbrio

biológico. Os acaricidas podem matar não só os ácaros fitófagos, mas também seus principais inimigos naturais, os ácaros predadores da família Phytoseiidae (Reis *et al.* 1998). Além da mortalidade causada, indivíduos que sobrevivem à exposição a pesticidas podem sofrer efeitos subletais. Estes efeitos são manifestados pela redução no período de vida, diminuição de fertilidade, redução da fecundidade, mudanças na razão sexual e nos comportamentos de alimentação e oviposição (Dempster 1968, Vinson 1974, Lawrence 1981, Stark *et al.* 1992a, Stark *et al.* 1992b, Stark & Rangus 1994).

O controle biológico natural exercido por ácaros predadores sobre ácaros fitófagos é bastante complexo. O número de presas atacadas e consumidas determinam o desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de predadores (Oaten & Murdoch 1975). A taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) é baseada nesses parâmetros e prediz o crescimento populacional de artrópodes. A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) varia similarmente ao r_m , e também pode ser utilizada para prever o crescimento populacional de artrópodes (Walthall & Stark 1997). Concentrações subletais de pesticidas podem interferir na taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de ácaros fitófagos e predadores (Stark *et al.* 1997).

O forrageamento também é fator que interfere na eficiência do controle biológico natural. Plantas atacadas por ácaros fitófagos produzem voláteis atrativos aos ácaros predadores (Maeda *et al.* 2000, Maeda & Takabayashi 2001). Os ácaros predadores fitoseídeos não possuem olhos e captam estas mensagens químicas graças à presença de quimiorreceptores nos palpos e no tarso do primeiro par de pernas (Akkerhuis *et al.* 1985).

A resposta funcional refere-se ao número de presas consumidas por um predador em função do aumento da densidade de presas e é usada como medida para prever a eficiência de inimigos naturais em programas de controle biológico (Holling 1961).

O objetivo deste trabalho é investigar a interferência de concentrações subletais de acaricidas na taxa instantânea de crescimento populacional de *I. zuluagai* e de *O. ilicis*, forrageamento e resposta funcional do ácaro predador *I. zuluagai*.

No primeiro capítulo estão relatados os estudos com a concentração letal e o efeito de concentrações subletais dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre na taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro predador *I. zuluagai* e do ácaro fitófago *O. ilicis*.

No segundo capítulo estão relatados os estudos da avaliação, por meio da metodologia de olfatometria, da interferência no forrageamento do ácaro predador *I. zuluagai*, das concentrações dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre recomendadas para o controle de ácaros fitófagos em cafeeiro.

Finalmente, no terceiro capítulo está relatada a interferência na resposta funcional de *I. zuluagai* sobre formas imaturas de *O. ilicis*, dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre nas concentrações recomendadas para o controle de ácaros fitófagos em cafeeiro.

Nos testes relatados no capítulo 1 os ácaros predadores e fitófagos foram expostos a concentrações letais e subletais dos acaricidas, enquanto que nos relatados nos capítulos 2 e 3 os ácaros predadores foram expostos a concentrações subletais dos acaricidas.

Literatura Citada

- Akkerhuis, G.J.O., M.W. Sabelis & W.F. Tjallingii. 1985.** Ultrastructure of chemoreceptors on the pedipalps and first tarsi of *Phytoseiulus persimilis*. Exp. Appl. Acarol. 1: 235-251.
- Chagas, C.M. 1973.** Associação do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) à mancha-anular do cafeeiro. O Biológico 39: 229-232.

- Dempster, J.P. 1968.** The sublethal effect of DDT on the rate of feeding by ground beetle *Harpalus rufipes*. Entomol. Exp. Appl. 11: 51-54.
- Flechtmann, C.H.W. 1983.** Ácaros de importância agrícola. São Paulo, Livraria Nobel, 189 p.
- Holling, C.S. 1961.** Principles of insect predation. An. Rev. Entomol. 6: 163-182.
- Lawrence, P.O. 1981.** Developmental and reproductive biologies of the parasitic wasp, *Biosteres longicaudatus*, reared on hosts treated with a chitin synthesis inhibitor. Insect Sci. Appl. 1: 403-406.
- Maeda, T. & J. Takabayashi. 2001.** Production of herbivore-induced plant volatiles and their attractiveness to *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) with changes of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) density on plant. Appl. Entomol. Zool. 36: 47-52.
- Maeda, T., J. Takabayashi, S. Yano & A. Takafuji. 2000.** The effects of rearing conditions on the olfactory response of predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). Appl. Entomol. Zool. 35: 345-351.
- Moraes, G.J. 1991.** Controle biológico de ácaros fitófagos. Inf. Agropec. 15: 56-62.
- Oaten, A. & W.W. Murdoch. 1975.** Functional response and stability in predator-prey systems. Am. Nat. 109: 289-298.
- Pallini Filho, A., G.J. Moraes & V.H.P. Bueno. 1992.** Ácaros associados ao cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no Sul de Minas Gerais. Ciênc. e Prát. 16: 303-307.
- Reis, P.R., L.G. Chiavegato, G.J. Moraes, E.B. Alves & E.O. Sousa. 1998.** Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). An. Soc. Entomol. Brasil 27: 265-274.
- Reis, P.R. & J.C. Souza. 1986.** Pragas do cafeeiro, p.323-378. In A.B. Rena, E. Malavolta, M. Rocha & T. Yamada (eds), Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Potafós.

- Stark, J.D. & T. Rangus. 1994.** Lethal and sublethal effects of the neem insecticide, Margosan-O, on pea aphid. *Pest. Sci.* 41: 155-160.
- Stark, J.D., L. Tanigoshi, M. Bounfour & A. Antonelli. 1997.** Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 37: 273-279.
- Stark, J.D., R.I. Vargas, R.H. Messing & M. Purcell. 1992a.** Effects of cyromazine and diazinon on three economically important Hawaiian tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their endoparasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 1687-1694.
- Stark, J.D., T.T.Y. Wong, R.I. Vargas & R.K. Thalman. 1992b.** Survival, longevity, and reproduction of tephritid fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) reared from fruit flies exposed to azadirachtin. *J. Econ. Entomol.* 85: 1125-1129.
- Vinson, S.B. 1974.** Effect of an insect growth regulator on two parasitoids developing from treated tobacco budworm larvae. *J. Econ. Entomol.* 67: 335-336.
- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of two population – level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. *Environ. Toxicol. Chem.* 16: 1068-1073.

Capítulo 1

Toxicidade Aguda e Latente de Acaricidas ao Ácaro Predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma e à sua Presa *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)

RESUMO – O emprego da concentração letal (CL) como parâmetro para estimar a toxicidade de pesticidas tem sido amplamente utilizado. No entanto, esta metodologia não prediz os efeitos subletais destes químicos na população alvo, pois avalia apenas a sua mortalidade. Assim, neste trabalho foi utilizada a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) em conjunto com a concentração letal (CL) para avaliar os efeitos dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre sobre populações do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma e de uma de suas presas, o ácaro fitófago *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). O ácaro predador foi 38,56 e 20,63 vezes mais tolerante que ácaro fitófago para óxido de fenibutatina e enxofre, respectivamente. A taxa instantânea de crescimento populacional diminuiu com o aumento da concentração dos acaricidas, em ambas as espécies estudadas. Os dois acaricidas, nas suas respectivas concentrações recomendadas para o controle de ácaros fitófagos em cafeeiro, controlaram eficientemente *O. ilicis*. O enxofre extinguiu populações do predador devido ao baixo potencial reprodutivo dessa espécie.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro predador, ácaro fitófago, controle biológico

Acute and Latent Toxicity of Acaricides to the Predaceous Mite *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma and its Prey, *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)

ABSTRACT – The acute lethal concentration (LC) has been widely used to estimate the toxicity of pesticides. However, this estimate does not predict the sublethal effects of these chemicals because it is just a mortality assessment. Therefore, the instantaneous rate of increase (r_i) was used in association with the acute lethal concentration to estimate the effects of the acaricides fenbutatin oxide and sulphur on populations of the predaceous mite *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma and its prey, the phytophagous mite *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). The predaceous mite was 38.56 and 20.63 times more tolerant than the phytophagous mite to fenbutatin oxide and sulphur, respectively. The instantaneous rate of increase decreased in both populations with the increase in acaricide concentration. Both acaricides provided efficient control of *O. ilicis*, at their recommended concentrations. The sulphur extinguished predator population due to the low reproductive potential of this species.

KEY-WORDS: Predaceous mite, phytophagous mite, biological control

Introdução

A concentração letal (CL) é usada para estimar da toxicidade de pesticidas a artrópodes (Overmeer & van Zon 1981, Stark *et al.* 1997, Walthall & Stark 1997a, Stark & Banken 1999, Fragoso *et al.* 2002, Sato *et al.* 2002, Yang *et al.* 2002, Stark & Banks 2003). Apesar de ser uma medida importante da susceptibilidade intrínseca de uma ou mais espécies a pesticidas (Stark & Banken 1999), a CL é uma medida incompleta dos efeitos desses químicos sobre populações, pois analisa somente a mortalidade como parâmetro de toxicidade. A concentração letal acessa a toxicidade aguda, ou seja, aquela onde os indivíduos são expostos a pesticidas por curtos períodos de tempo, geralmente, de algumas horas a poucos dias (Stark & Banks 2003). Sabe-se que indivíduos que sobrevivem à exposição a pesticidas podem sofrer efeitos subletais. Estes efeitos são manifestados através da redução no período de vida (Stark & Rangus 1994), diminuição de fertilidade (Stark *et al.* 1992a), redução da fecundidade (Stark *et al.* 1992b), mudanças na razão sexual (Vinson 1974), e no comportamento de alimentação (Dempster 1968) e oviposição (Lawrence 1981). Estas interferências subletais estão relacionadas à toxicidade latente ou crônica, onde os indivíduos são expostos a concentrações subletais de pesticidas por períodos de alguns dias a duração do período de vida (Stark & Banks 2003).

A análise da taxa de crescimento populacional, em particular a taxa intrínseca de crescimento (r_m), tem sido recomendada em conjunto com o cálculo da CL para o estudo de efeitos tóxicos a artrópodes em laboratório porque combinam efeitos letais e subletais (Stark *et al.* 1997, Walthall & Stark 1997ab). O r_m é uma estimativa da capacidade de crescimento de uma população e expressa o número de fêmeas adicionadas à população por fêmea por dia (Carey 1993). Embora o r_m e a CL baseiem-se na observação de indivíduos, são capazes de estimar o que acontece com a população.

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) é uma medida direta de crescimento populacional em determinado período de tempo, e varia similarmente ao r_m , podendo ser utilizada para prever o crescimento populacional de artrópodes (Walthall & Stark 1997b). A principal vantagem do cálculo do r_i em relação ao do r_m é a não necessidade de confecção da tabela de vida de fertilidade (Stark & Banks 2003). Com base no exposto, o presente trabalho utilizou a análise conjunta da concentração letal (CL) e do r_i para investigar a ação tóxica dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre, utilizados para o controle de ácaros fitófagos em cafeeiro, sobre populações do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma e de sua presa, o ácaro fitófago *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae).

Material e Métodos

Criação de manutenção – O ácaro predador *I. zuluagai* e o ácaro fitófago *O. ilicis* foram coletados em um cafezal (*Coffea arabica* L. var. Catuaí) isento de pesticidas, localizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, estado de Minas Gerais.

A metodologia de criação de *I. zuluagai* foi semelhante à utilizada por Reis & Alves (1997). Os ácaros foram confinados em uma arena plástica de cor preta, com oito cm de diâmetro, flutuando em água destilada em uma bandeja plástica de 11 x 11 x 11 cm sem tampa. Cada arena continha um orifício central suficiente para passagem de um alfinete preso no centro da bandeja por uma cola a base de silicone. Desta forma, a arena permanecia no seu lugar, sem tocar na parede da bandeja, deslocando-se para cima e para baixo conforme o nível da água. Na periferia da arena foram colocadas duas lamínulas de microscopia (18 x 18 mm) sobre fios de algodão que serviram de substratos para oviposição. Pólen de mamoneira (*Ricinus communis* L.) e mel de abelha

diluído em água foram oferecidos diariamente como fontes de alimento (Reis & Alves 1997, Yamamoto & Gravena 1996).

A criação de *O. ilicis* foi estabelecida no ano de 2001, em gaiolas (10 x 50 x 90 cm) contendo mudas de cafeeiro “Catuaí” (80 - 100 cm altura). As gaiolas de criação foram confeccionadas com armação de madeira e tela de organza para isolar as colônias e evitar a contaminação por outros artrópodes.

Acaricidas - Foram testados os acaricidas óxido de fenibutatina (Cyanamid Química do Brasil Ltda.) e o enxofre (BASF S.A.). O óxido de fenibutatina é um acaricida organoestânico, suspensão concentrada, pertencente à classe toxicológica III e o enxofre é um fungicida acaricida não sistêmico, com grânulos dispersíveis em água, da classe toxicológica IV (Andrei 1999).

Toxicidade aguda – Foram estimadas as concentrações letais dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre para fêmeas adultas de *I. zuluagai* (8-10 dias de idade) e de *O. ilicis* (15-17 dias de idade). Os acaricidas foram pulverizados com uma torre de Potter (Potter 1952) em arenas de 3,5 cm de diâmetro confeccionadas com folhas de cafeeiro. A aplicação foi realizada a uma pressão de 5 lb/pol² utilizando-se um volume de calda de 2,5 ml, o que correspondeu a um depósito de $1,70 \pm 0,07$ mg/cm². Esta quantidade aplicada está de acordo com o recomendado pela IOBC/WPRS (International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/ West Palearctic Regional Section) (Overmeer & van Zon 1982) e representa o que ocorre no campo (Reis *et al.* 1998b). As arenas, depois de pulverizadas, foram expostas ao ambiente por uma hora para secagem da calda. Em seguida, 10 fêmeas de *I. zuluagai* ou de *O. ilicis* foram confinadas em cada arena (repetição), totalizando cinco repetições por concentração. As arenas foram colocadas para flutuar em uma placa de Petri (20 cm de

diâmetro). No centro de cada arena foi feito um pequeno orifício para passagem de um alfinete colado no fundo da placa de Petri por uma cola de silicone. Desta forma, as arenas permaneceram no seu lugar, sem tocar na parede da placa, deslocando-se para cima ou para baixo conforme o nível da água (Reis & Alves 1997). Diariamente, uma pequena porção de pólen de mamoneira foi fornecida como alimento para *I. zuluagai* (Reis & Alves 1997). Os ácaros foram mantidos em câmara climatizada a 25 ± 2 °C, $60 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo.

As concentrações testadas foram escolhidas através de bioensaios iniciais, e situaram-se entre o limite inferior, onde o acaricida não causou mortalidade e o limite superior de resposta, onde causou 100% de mortalidade para cada espécie. As concentrações utilizadas para *I. zuluagai* foram: óxido de fenibutatina = 0,2; 0,8; 1,7; 5,0; 6,2; 7,7 ml/l; enxofre = 0,3; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0; 11,0; 15,0; 19,0; 23,0; 25,0 g/l. Para *O. ilicis* foram testadas as seguintes concentrações: óxido de fenibutatina = 0,12; 0,13; 0,15; 0,16; 0,18; 0,20; 0,22; 0,25 ml/l; enxofre = 0,05; 0,10; 0,20; 0,90; 1,70 g/l. As arenas do tratamento testemunha receberam a aplicação de água destilada.

A mortalidade dos ácaros foi avaliada 72 horas após a pulverização e foram considerados mortos quando não conseguiam se mover a uma distância equivalente ao comprimento de seu corpo (Knight *et al.* 1990, Stark *et al.* 1997, Sato *et al.* 2002). Curvas de concentração-resposta foram estimadas pela análise de Próbite. A toxicidade diferencial para cada produto foi obtida através do quociente entre a CL_{50} do acaricida para *I. zuluagai* e a CL_{50} para *O. ilicis* (Sato *et al.* 2002).

Toxicidade latente – A taxa instantânea de crescimento (r_i), utilizada para avaliação subletal dos acaricidas sobre *I. zuluagai* e *O. ilicis*, foi calculada pela seguinte fórmula:

$$r_i = \ln(N_f / N_0) / t,$$

onde: N_f é o número final de ácaros, N_0 é o número inicial de ácaros, t é a variação de tempo (duração do experimento = 7 dias) (Walthall & Stark 1997a, Stark *et al.* 1997). Os valores de r_i variam similarmente como ocorre com os da taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m). Assim, um valor positivo de r_i significa que a população está em crescimento, $r_i = 0$ indica que a população está estável, enquanto que um valor negativo de r_i quer dizer que a população está em declínio e caminhando para a extinção.

Os procedimentos experimentais e os acaricidas foram os mesmos utilizados na estimativa da toxicidade aguda, com a diferença de que os ácaros foram avaliados diariamente durante sete dias através da contagem do número de ovos, imaturos e adultos, utilizados no cálculo de r_i . Cinco fêmeas adultas de *I. zuluagai* ou de *O. ilicis* foram testadas por concentração para cada repetição. Foram utilizados ácaros no início do período reprodutivo, ou seja, fêmeas de 8-10 dias de idade para o predador (Reis *et al.* 1998a) e de 15-17 dias de idade para o fitófago (Reis *et al.* 1997). Em cada arena do predador foi adicionado um macho proveniente da criação de manutenção para fertilização contínua das fêmeas. Foram realizadas cinco repetições para cada concentração. Os ácaros foram mantidos em câmara climatizada sob as mesmas condições descritas nos experimentos de toxicidade aguda. Uma pequena porção de pólen de mamoneira foi fornecida diariamente como alimento para os ácaros predadores.

Foram testadas as seguintes concentrações para *I. zuluagai*: óxido de fenibutatina = 0,37; 1,40; 6,17; 27,7; 103,20 ml/l. enxofre = 0,8; 1,70; 3,90; 9,0; 19,0 g/l. Para *O. ilicis* as seguintes concentrações foram testadas: óxido de fenibutatina = 0,12; 0,14; 0,16; 0,19; 0,22 ml/l; enxofre = 0,09; 0,13; 0,19; 0,29; 0,41 g/l. As concentrações dos produtos corresponderam respectivamente a CL_{10} , CL_{25} , CL_{50} , CL_{75} e CL_{90} para cada espécie e foram determinadas pelo experimento de toxicidade aguda. As testemunhas

foram pulverizadas apenas com água destilada. Análises de regressão foram utilizadas para a avaliação do comportamento de r_i em função do aumento da concentração. Estas análises também foram usadas para evidenciar a interferência dos acaricidas sobre a reprodução de *I. zuluagai* e *O. ilicis*.

Resultados

Toxicidade aguda - Comparando-se os valores de CL_{50} e CL_{95} nota-se que *I. zuluagai* foi mais tolerante que *O. ilicis* aos acaricidas testados (Tabela 1). A maior tolerância do ácaro predador também pode ser observada através da toxicidade diferencial, sendo que este foi 38,56 e 20,63 vezes mais tolerante do que o ácaro fitófago para óxido de fenibutatina e enxofre, respectivamente.

Tabela 1. Toxicidade dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre ao ácaro predador *I. zuluagai* e ao ácaro fitófago *O. ilicis*.

Acaricida	Espécie	n ¹	Coefficiente angular ²	CL ₅₀ ³ (I.C. a 95%)	CL ₉₅ ⁴ (I.C. a 95%)	χ^2	P
óxido fenibutatina	<i>I. zuluagai</i>	290	0,30 ± 0,035	6,17 (4,15 - 11,48)	229,35 (68,47 - 2964)	1,11	0,89
	<i>O. ilicis</i>	400	2,78 ± 0,14	0,16 (0,15 - 0,17)	0,25 (0,23 - 0,27)	5,06	0,54
enxofre	<i>I. zuluagai</i>	550	0,49 ± 0,026	3,92 (3,09 - 4,75)	29,70 (22,73 - 42,90)	4,12	0,90
	<i>O. ilicis</i>	250	0,71 ± 0,053	0,19 (0,17 - 0,23)	0,50 (0,38 - 0,80)	5,28	0,15

¹Número de ácaros testados

²Coefficiente angular e erro padrão da média

³Concentração letal média e intervalo de confiança a 95%

⁴Concentração letal que causa 95% de mortalidade e Intervalo de confiança a 95%

Toxicidade latente - A taxa instantânea de crescimento populacional de *I. zuluagai* diminuiu linearmente com o aumento da concentração de óxido de fenibutatina. Populações do predador expostas a 6,17 ml/l deste acaricida (correspondente a CL_{50} pela análise de próbite) apresentaram valores positivos de r_i ($0,037 \pm 0,03$) indicando

crescimento populacional após sete dias (Fig. 1). A extinção da população ocorreu na concentração de 103,2 ml/l que corresponde a CL₉₀ para *I. zuluagai*.

A taxa instantânea de crescimento populacional do ácaro predador foi afetada drasticamente por enxofre. Populações expostas a 0,8 g/l de enxofre (CL₁₀ pela análise de próbite) mostraram valores negativos de r_i ($- 0,23 \pm 0,00$) após sete dias. A exposição de populações a CL₂₅ de enxofre causou a extinção de *I. zuluagai*. Não foi feito o gráfico de r_i e a análise de regressão para estes dados, devido à presença de apenas dois pontos.

O r_i de *O. ilicis* também declinou de forma linear com o aumento da concentração de óxido de fenibutatina. No entanto, mesmo populações expostas à concentração de 0,22 ml/l de óxido de fenibutatina (equivalente a 90% de mortalidade pela análise de próbite) apresentaram valores positivos de r_i ($0,037 \pm 0,02$) após sete dias (Fig. 2). Quando *O. ilicis* foi exposto a enxofre, a taxa instantânea de crescimento populacional diminuiu com o aumento da concentração do acaricida. Populações de *O. ilicis* em contato com 0,09 g/l de enxofre (correspondente a CL₁₀ pela equação de próbite) por sete dias apresentaram valores negativos de r_i ($- 0,012 \pm 0,08$), indicando um declínio populacional. Esta espécie apresentou valores negativos de r_i , porém sem que houvesse a extinção das populações mesmo na CL₉₀ do acaricida (Fig. 3).

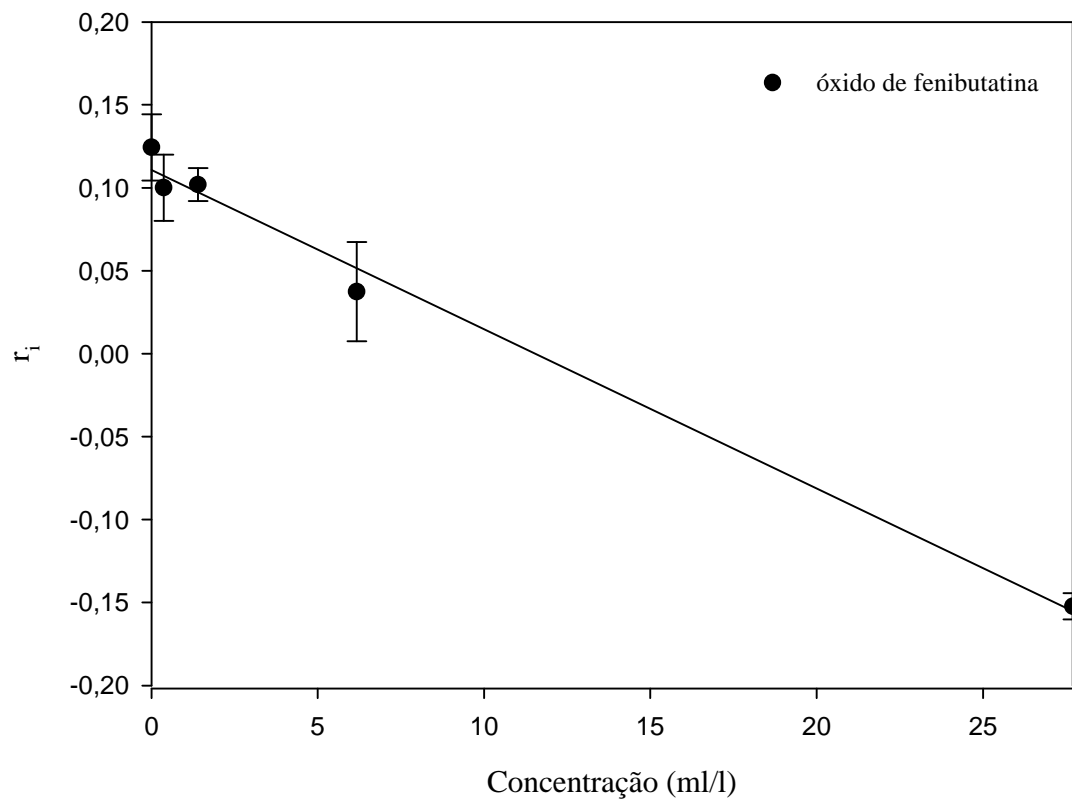


Figura 1. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) (Média \pm EP) de *I. zuluagai* expostos a óxido de fenibutatina ($GL_{\text{erro}} = 22$; $F = 80,60$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,78$; $y = -0,01x + 0,11$).

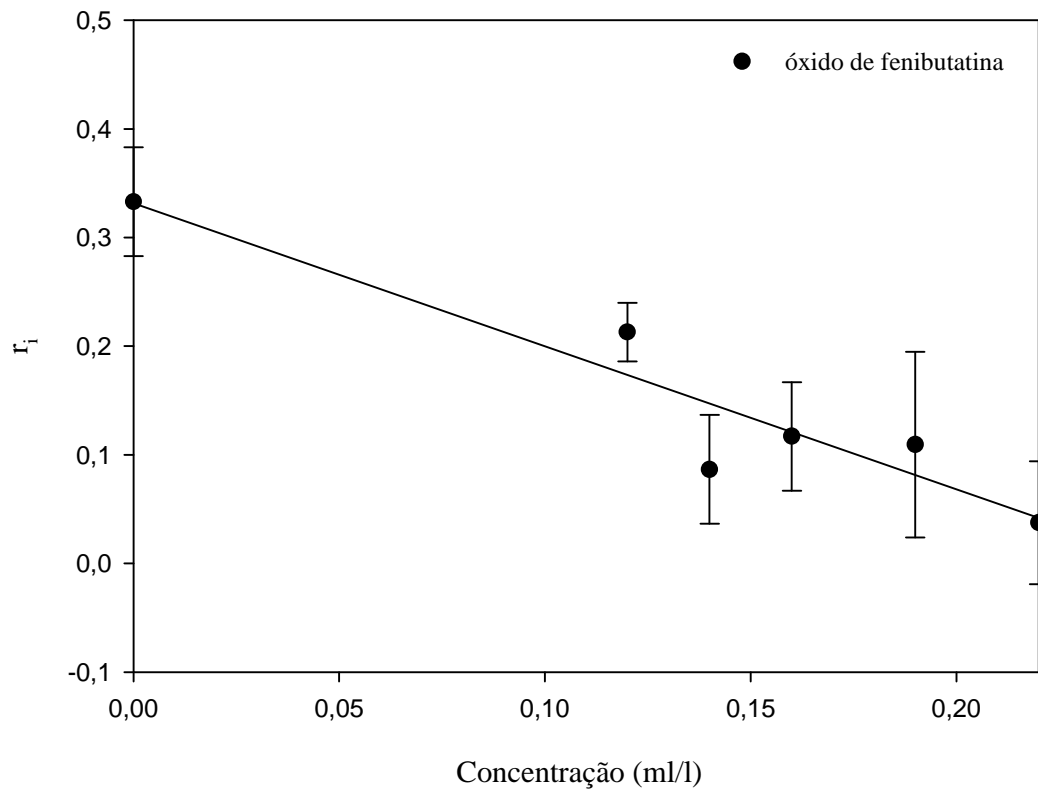


Figura 2. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) (Média \pm EP) de *O. ilicis* expostos a óxido de fenibutatina ($GL_{\text{erro}} = 28$; $F = 60,77$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,68$; $y = -1,32x + 0,33$).

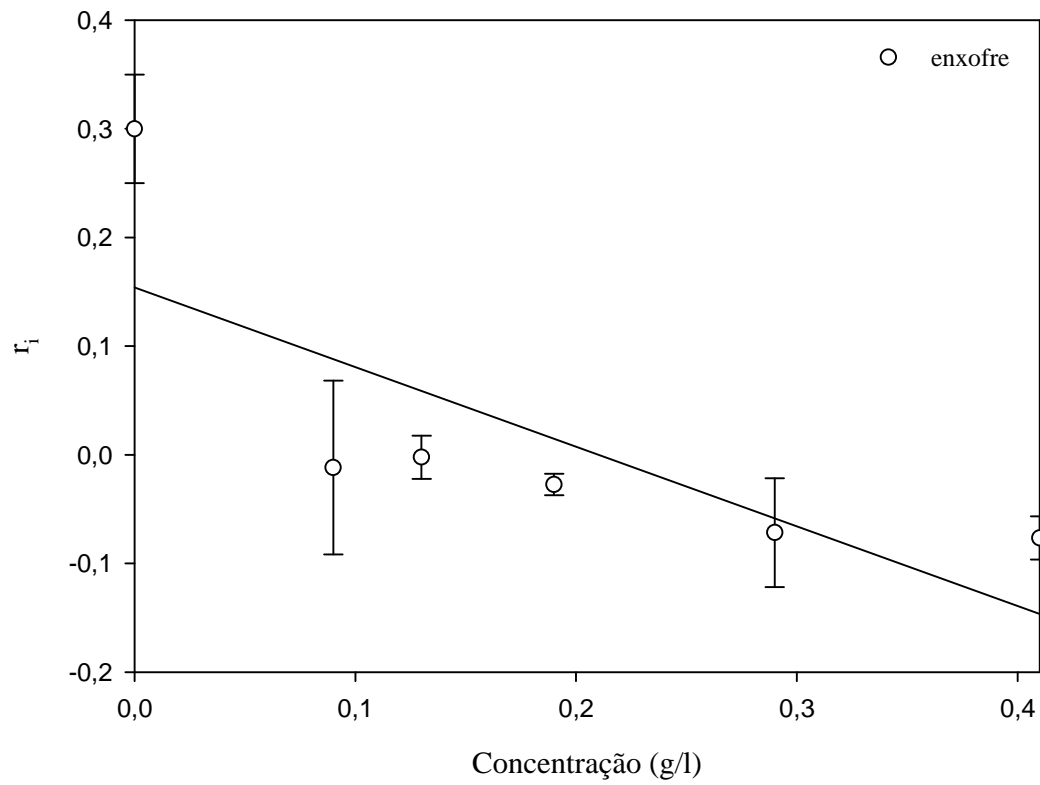


Figura 3. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) (Média \pm EP) de *O. ilicis* expostos a enxofre ($GL_{\text{erro}} = 26$; $F = 18,50$; $P = 0,0002$; $r^2 = 0,41$; $y = -0,88x + 0,18$).

Efeitos na reprodução

As populações de *I. zuluagai* tiveram o número médio de descendentes por fêmea (ovos e imaturos) reduzidos com o aumento da concentração de óxido de fenibutatina após sete dias. Os ácaros predadores expostos a CL₇₅ deste acaricida produziram ($1,60 \pm 0,51$) descendentes por fêmea após sete dias (Fig. 4). Quando populações de *I. zuluagai* foram submetidas à exposição de enxofre, essas não produziram descendentes a partir da CL₂₅ e, portanto não foi possível fazer o gráfico de reprodução e a análise de regressão.

As populações de *O. ilicis* tiveram o número médio de descendentes por fêmea (ovos e imaturos) reduzidos com o aumento da concentração de óxido de fenibutatina e enxofre. Populações desta espécie expostas a suas respectivas CL₉₀ dos dois acaricidas produziram ($7,00 \pm 1,52$) e ($1,60 \pm 0,68$) descendentes por fêmea após sete dias (Figs. 5 e 6).

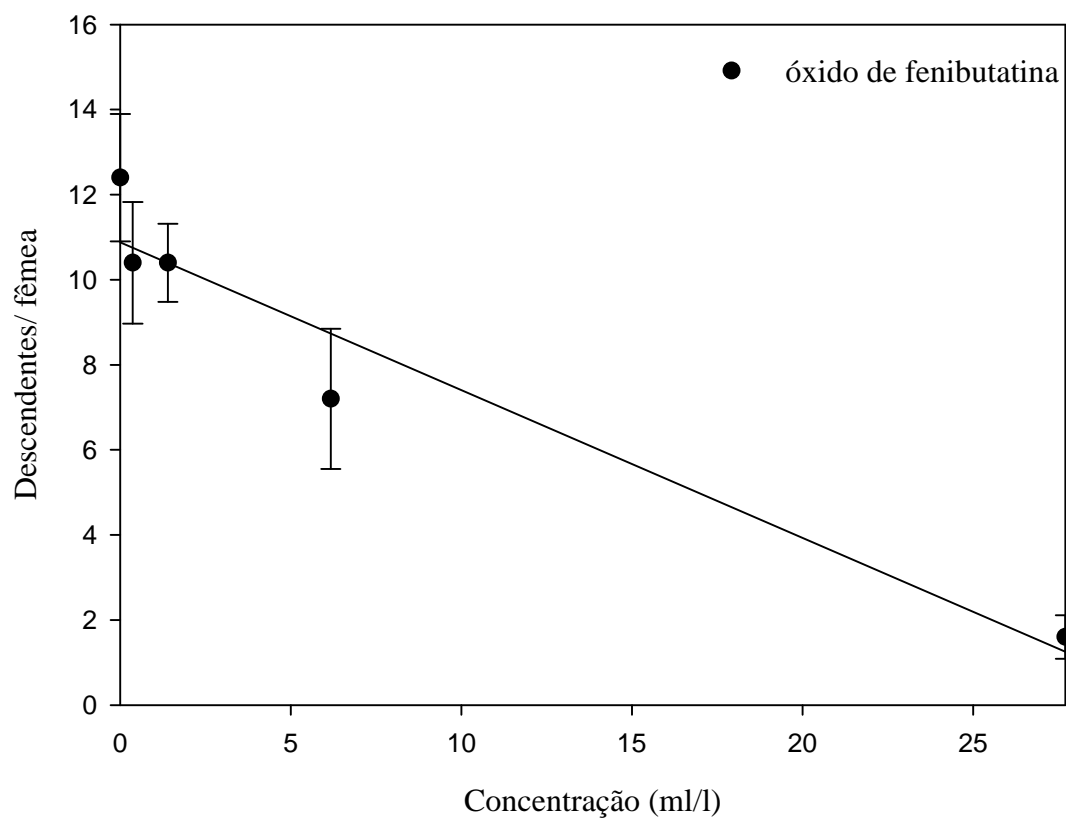


Figura 4. Número médio (\pm EP) de descendentes (ovos e imaturos) por fêmea de *I. zuluagai* expostas a óxido de fenibutatina ($GL_{\text{erro}} = 23$; $F = 40,81$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,64$; $y = -0,35x + 10,87$).

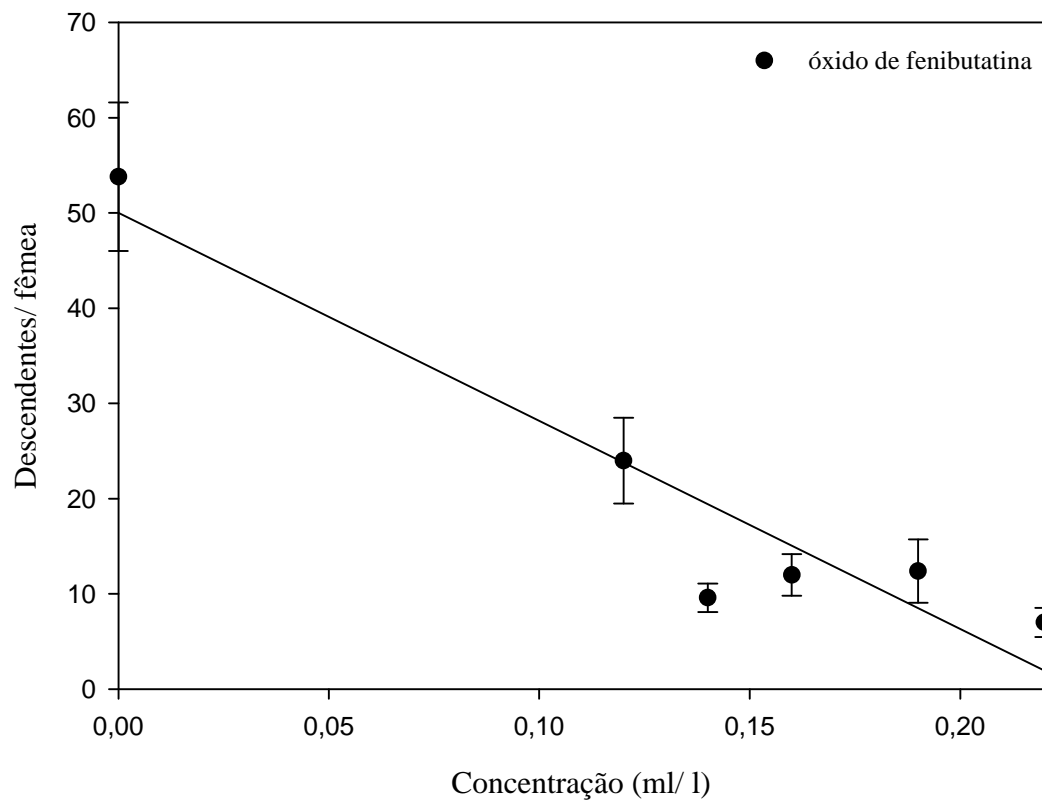


Figura 5. Número médio (\pm EP) de descendentes (ovos e imaturos) por fêmea de *O. ilicis* expostas a óxido de fenibutatina ($GL_{\text{erro}} = 28$; $F = 69,01$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,71$; $y = -218,35x + 50$).

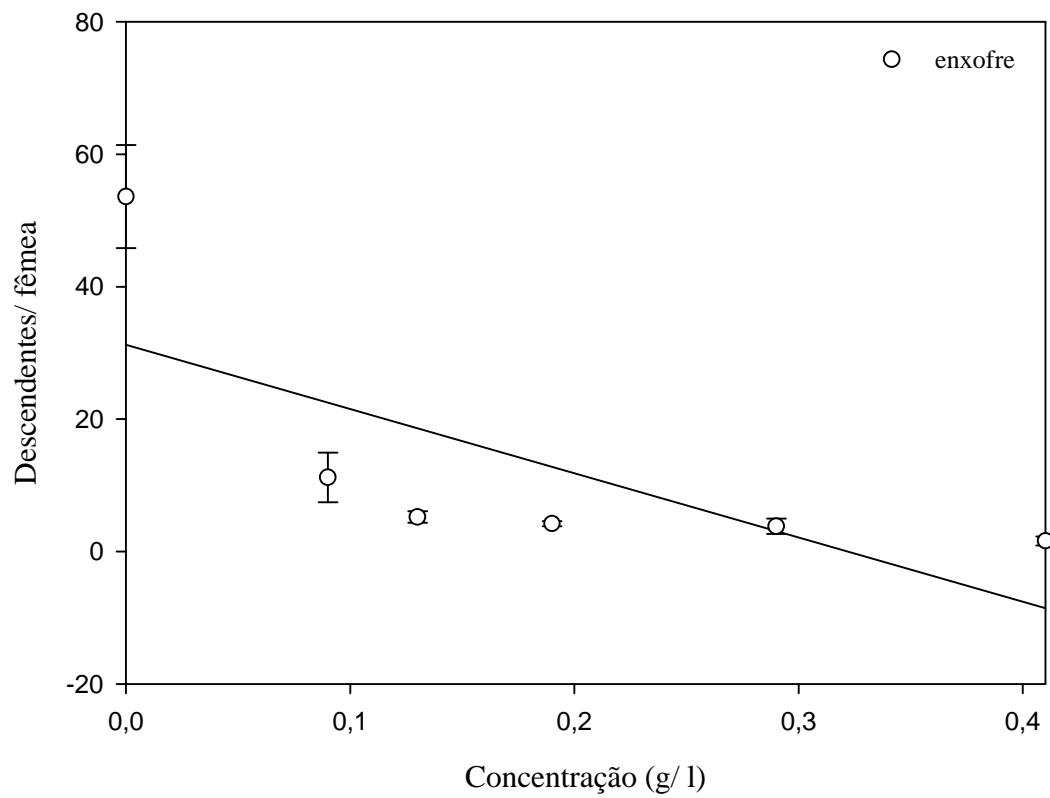


Figura 6. Número médio (\pm EP) de descendentes (ovos e imaturos) por fêmea de *O. ilicis* expostas a enxofre ($GL_{\text{erro}} = 28$; $F = 22,01$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,44$; $y = -97,48x + 31,33$).

Discussão

O ácaro predador *I. zuluagai* foi mais tolerante do que o ácaro fitófago *O. ilicis* aos acaricidas testados. Em estudos de seletividade de óxido de fenibutatina e enxofre a ácaros predadores, utilizando as dosagens recomendadas para o controle de ácaros fitófagos em campo, óxido de fenibutatina foi considerado inócuo aos ácaros *I. zuluagai* (Reis *et al.* 1998b, Reis & Sousa 2001), *Typhlodromus pyri* (Scheuten) (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius potentillae* (Garman) (Acari: Phytoseiidae) e *A. bibens* (Blommers) (Acari: Phytoseiidae) (Overmeer & van Zon 1981) e levemente nocivo a *Euseius alatus* (De Leon) (Acari: Phytoseiidae) (Reis & Sousa 2001), enquanto que o enxofre foi moderadamente nocivo para *I. zuluagai* (Reis *et al.* 1998b).

A maior tolerância de *I. zuluagai* em relação a *O. ilicis* observada neste trabalho é devida à seletividade fisiológica, que é a capacidade inata destes ácaros resistirem a pesticidas, já que foram coletados em um cafezal sem uso de pesticidas e provavelmente não sofreram pressão de seleção para estes químicos (Reis *et al.* 1998b). A seletividade fisiológica, tanto em ácaros predadores quanto em fitófagos, pode ser manifestada através da atividade destoxificativa de enzimas, como glutationa-S-transferase (Yang *et al.* 2002), monooxigenases dependentes do citocromo P-450 (Vidal & Kreiter 1995) e esterases (Yang *et al.* 2002). Porém, são necessárias investigações adicionais com enzimas destoxificadoras de *I. zuluagai* e *O. ilicis* para conhecer os mecanismos de tolerância e/ou susceptibilidade destes artrópodes a estes pesticidas.

Os estudos de toxicidade aguda e taxa instantânea de crescimento indicaram que os acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre utilizados na dosagem de campo para o controle de ácaros fitófagos, apresentam diferentes efeitos sobre populações de ácaros predadores e fitófagos. A concentração recomendada (0,8 ml/l) de óxido de fenibutatina é superior a CL₉₉ (0,29 ml/l) e, provavelmente, deve causar a extinção de *O. ilicis*. Porém, esta mesma concentração correspondeu a aproximadamente a CL₁₅ para o

predador, causando uma pequena redução na taxa de crescimento deste ácaro. Por outro lado, o enxofre na concentração recomendada (5,0 g/l) correspondeu, aproximadamente, a CL₆₀ para o predador e causou a extinção de população, enquanto que para *O. ilicis* esta concentração é maior que a CL₉₉ (0,74 g/l) e provavelmente também provocará a extinção deste.

Devido ao seu alto potencial reprodutivo, em relação ao ácaro predador, populações de *O. ilicis* expostas aos pesticidas podem minimizar a mortalidade produzida através da compensação da população (Stark *et al.* 1997). Desta forma, os sobreviventes têm maior disponibilidade de recursos e podem reproduzir a uma alta taxa de crescimento, e assim minimizar os efeitos sobre a sua população. Efeitos mais acentuados dos acaricidas Neemex[®] e dicofol na taxa de crescimento do ácaro predador *Iphiseiodes degenerans* (Berlese) (Acari: Phytoseiidae) comparado com *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) também foram encontrados por Stark *et al.* (1997), que creditaram isto ao menor potencial reprodutivo do predador quando comparado com o fitófago. Analisando-se o efeito sobre a reprodução, onde os ácaros não foram expostos aos acaricidas, observa-se que as populações do ácaro fitófago *O. ilicis* produzem cerca de quatro vezes mais descendentes que o predador. Assim, *I. zuluagai* teve a taxa de crescimento mais afetada devido ao seu menor potencial reprodutivo.

O cálculo da toxicidade aguda indica apenas o efeito letal de pesticidas sobre a população de artrópodes. Um problema relacionado à utilização desta medida é a incapacidade de predição dos efeitos subletais destes químicos sobre a população. Analisando-se isoladamente a CL não se pode prever, por exemplo, que apesar da maior tolerância aos pesticidas testados, *I. zuluagai* teria uma menor taxa de crescimento. A utilização de parâmetros demográficos como a taxa instantânea de crescimento

populacional (r_i), em conjunto com o cálculo da CL, permite avaliar os efeitos totais de pesticidas sobre populações.

Para o pleno sucesso do controle biológico de *I. zuluagai* sobre *O. ilicis* no campo deve-se lançar mão de táticas de aumento populacional do fitoseídeo, dentre as quais o uso de pesticidas seletivos. A metodologia proposta neste trabalho permite prever a mortalidade que determinada concentração de um pesticida deve causar, assim como os efeitos que cada concentração isoladamente deve produzir sobre a população. Desta forma, na avaliação de seletividade são considerados os efeitos totais sobre a população tanto do predador quanto do fitófago.

Literatura citada

- Andrei, E. (ed.) 1999.** Compêndio de defensivos agrícolas. 6^a ed. São Paulo, Editora Andrei, 672 p.
- Carey, J.R. 1993.** Applied demography for biologists with special emphasis on insects – Oxford University Press.
- Dempster, J.P. 1968.** The sublethal effect of DDT on the rate of feeding by ground beetle *Harpalus rufipes*. Entomol. Exp. Appl. 11: 51-54.
- Fragoso, D.B., P. Jusselino Filho, A. Pallini Filho & C.A. Badji. 2002.** Ação de inseticidas organofosforados utilizados no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) sobre o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). Neotrop. Entomol. 31: 463-467.
- Knight, A.L., E.H. Beers, S.C. Hoyt & H. Reidl. 1990.** Acaricide bioassays with spider mites (Acari: Tetranychidae) on pome fruits: evaluation of methods and selection of discriminating concentrations for resistance monitoring. J. Econ. Entomol. 83: 1752-1760.

- Lawrence, P.O. 1981.** Developmental and reproductive biologies of the parasitic wasp, *Biosteres longicaudatus*, reared on hosts treated with a chitin synthesis inhibitor. *Insect Sci. Appl.* 1: 403-406.
- Overmeer, W.P.J. & A.Q. van Zon. 1981.** A comparative study of the effect of some pesticides on three predaceous mite species: *Typhlodromus pyri*, *Amblyseius potentillae* and *A. bibens* (Acarina: Phytoseiidae). *Entomophaga* 26: 3-9.
- Overmeer, W.P.J. & A.Q. van Zon. 1982.** A standardized method for testing the side effect of pesticides on the predaceous mite, *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). *Entomophaga* 27: 357-364.
- Potter, C. 1952.** An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray films. *Ann. Appl. Biol.* 39: 1- 29.
- Reis, P.R. & E.B. Alves. 1997.** Criação do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) em laboratório. *An. Soc. Entomol. Brasil* 26: 565-568.
- Reis, P.R., E.B. Alves & E.O. Sousa. 1997.** Biologia do ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). *Ciênc. e Agrotec.* 21: 260-266.
- Reis, P.R., L.G. Chiavegato & E.B. Alves. 1998a.** Biologia de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 185-191.
- Reis, P.R., L.G. Chiavegato, G.J. Moraes, E.B. Alves & E.O. Sousa. 1998b.** Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 265-274.
- Reis, P.R. & E.O. Sousa. 2001.** Seletividade de chlorfenapyr e fenbutatin-oxide sobre duas espécies de ácaros predadores (Acari: Phytoseiidae) em citros. *Rev. Bras. Frut.* 23: 584-588.

- Sato, M.E., M. Silva, L.R. Gonçalves, M.F. Souza Filho & A. Raga. 2002.** Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. Neotrop. Entomol. 31: 449-456.
- Stark, J.D. & J.E. Banks. 2003.** Population - level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Ann. Rev. Entomol. 48: 505-519.
- Stark, J.D. & J.A.O. Banken. 1999.** Importance of population structure at the time of toxicant exposure. Ecotoxicol. Environ. Safety 42: 282-287.
- Stark, J.D. & T. Rangus. 1994.** Lethal and sublethal effects of the neem insecticide, Margosan-O, on pea aphid. Pest. Sci. 41: 155-160.
- Stark, J.D., L. Tanigoshi, M. Bounfour & A. Antonelli. 1997.** Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. Ecotoxicol. Environ. Safety 37: 273-279.
- Stark, J.D., R.I. Vargas, R.H. Messing & M. Purcell. 1992a.** Effects of cyromazine and diazinon on three economically important Hawaiian tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their endoparasitoids (Hymenoptera: Braconidae). J. Econ. Entomol. 85: 1687-1694.
- Stark, J.D., T.T.Y. Wong, R.I. Vargas & R.K. Thalman. 1992b.** Survival, longevity, and reproduction of tephritid fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) reared from fruit flies exposed to azadirachtin. J. Econ. Entomol. 85: 1125-1129.
- Vidal, C. & S. Kreiter. 1995.** Resistance to a range of insecticides in the predaceous mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae): Inheritance and physiological mechanisms. J. Econ. Entomol. 88: 1097-1105.
- Vinson, S.B. 1974.** Effect of an insect growth regulator on two parasitoids developing from treated tobacco budworm larvae. J. Econ. Entomol. 67: 335-336.

- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997a.** Comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effect. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 37: 45-52.
- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997b.** Comparison of two population – level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. *Environ. Toxicol. Chem.* 16: 1068-1073.
- Yamamoto, P.T. & S. Gravena. 1996.** Influência da temperatura e fontes de alimento no desenvolvimento e oviposição de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 25: 109-115.
- Yang, X., L.L. Buschman, K.Y. Zhu & D.C. Margolies. 2002.** Susceptibility and detoxifying enzyme activity in two spider mite species (Acari: Tetranychidae) after selection with three insecticides. *J. Econ. Entomol.* 95: 399-406.

Capítulo 2

Interferência de Acaricidas no Forrageamento do Ácaro Predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae)

RESUMO – Plantas atacadas por herbívoros produzem voláteis que atraem os inimigos naturais destes herbívoros. Os ácaros predadores também são atraídos por odores de plantas atacadas por ácaros herbívoros. Foi utilizada a metodologia de olfatometria para o estudo da interferência de acaricidas sobre o forrageamento do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) a odores de plantas não atacadas e atacadas pelos ácaros fitófagos *Oligonychus ilicis* (McGregor) e *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tetranychidae, Tenuipalpidae). Foram realizados três experimentos com três tratamentos cada um. Os tratamentos corresponderam ao estado dos ácaros, ou seja, ácaros predadores expostos à água destilada, a resíduos de óxido de fenibutatina e enxofre. Os acaricidas em concentrações subletais interferiram no forrageamento do ácaro predador de diferentes maneiras. Aqueles predadores que foram expostos aos resíduos de óxido de fenibutatina não mostraram preferência entre plantas não atacadas e plantas atacadas por *O. ilicis*, enquanto que os predadores expostos a enxofre não conseguiram se mover a uma distância maior que o comprimento de seu corpo e, portanto, não foi possível estudar o forrageamento. Os ácaros predadores expostos à água destilada e óxido de fenibutatina não mostraram preferência entre plantas não atacadas e atacadas por *B. phoenicis*. Estes acaricidas podem comprometer a eficiência do controle biológico natural exercido por *I. zuluagai* sobre ácaros fitófagos em cafeeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Olfatômetro, ácaro fitófago, controle biológico, concentrações subletais

**Interference of Acaricides on the Foraging Behaviour of the Predaceous Mite
Iphiseiodes zuluagai Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae)**

ABSTRACT – Plants infested by herbivores release volatiles that attract the herbivore natural enemies. The predator mites are attracted toward odours of plants infested by phytophagous mites. We used the olfactometer methodology to study the interference of acaricides on the foraging behaviour of the predaceous mite *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) towards odours of uninfested plants and *Oligonychus ilicis* (McGregor) or *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tetranychidae, Tenuipalpidae) infested plants. Three experiments with three treatments each were performed. The treatments were predator mites exposed to distilled water, to residues of fenbutatin oxide and to residues of sulphur. The acaricides in sublethal concentrations showed interference on foraging behaviour of the predator mites in distinct ways. Those predators exposed to residues of fenbutatin oxide did not show preference between uninfested plants and *O. ilicis*-infested plants, whilst predaceous mites exposed to residues of sulphur did not moved to a distance greater than their body length and therefore did not allow to study the foraging behaviour. The predaceous mite exposed to distilled water and fenbutatin oxide did not exhibit preference between uninfested plants and *B. phoenicis*-infested plants. Theses acaricides can compromise the natural biological control by *I. zuluagai* on phytophagous mites on coffee fields.

KEY WORDS: Olfactometer, phytophagous mite, biological control, sublethal concentrations

Introdução

Estudos em sistemas tritróficos consistindo de plantas, herbívoros e inimigos naturais demonstram que plantas atacadas por herbívoros produzem voláteis que atraem os inimigos naturais desses herbívoros (Dicke 1994, Takabayashi & Dicke 1996). Nestes estudos, o olfatômetro em forma de Y (Sabelis & van de Baan 1983) tem sido recomendado para detectar a resposta olfativa de inimigos naturais a odores de plantas infestadas. Esses voláteis variam dependendo da espécie de herbívoro (Takabayashi *et al.* 1991), da variedade da planta (Dicke *et al.* 1990), da idade da folha (Takabayashi *et al.* 1994), do grau de infestação de herbívoros (Turlings *et al.* 1990) e com a escotofase (Maeda *et al.* 2000a).

Os ácaros predadores fitoseídeos não possuem olhos e captam estas mensagens químicas graças à presença de quimiorreceptores nos palpos e tarso do primeiro par de pernas (Akkerhuis *et al.* 1985). Essa condição morfo-fisiológica torna esses predadores dependentes de estímulos químicos para facilitar o encontro de suas presas. Dessa forma, diversos autores investigaram o forrageamento de ácaros predadores a voláteis induzidos por ácaros tetraniquídeos em plantas infestadas (Sabelis & van de Baan 1983, Maeda *et al.* 1999, Maeda *et al.* 2000b, Maeda & Takabayashi 2001).

As interações envolvendo plantas, herbívoros e inimigos naturais são dinâmicas e podem ser alteradas, por exemplo, pelo uso de pesticidas. Estes químicos podem exibir efeitos letais (mortalidade) e subletais sobre inimigos naturais. Os efeitos subletais caracterizam-se pela redução no período de vida, diminuição da fertilidade, redução da fecundidade, mudanças na razão sexual, e nos comportamentos de alimentação e oviposição (Dempster 1968, Vinson 1974, Lawrence 1981, Stark *et al.* 1992a, Stark *et al.* 1992b, Stark & Rangus 1994).

Não foram encontrados na literatura relatos da ação de efeitos subletais de pesticidas no forrageamento de ácaros predadores. Estes podem, por exemplo, perder a capacidade de perceber os odores produzidos por plantas atacadas por ácaros fitófagos, e como consequência comprometer a eficiência do controle biológico. Isto porque os odores são os principais estímulos usados no forrageamento dos ácaros predadores. A hipótese testada é a de que concentrações subletais de acaricidas interferem no forrageamento de ácaros predadores.

Foi estudada a interferência dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre na resposta olfativa do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) a odores de plantas de cafeeiro não atacadas e atacadas com os ácaros fitófagos *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) e *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae).

Material e Métodos

Criação de manutenção - O ácaro predador *I. zuluagai* e os ácaros fitófagos *B. phoenicis* e *O. ilicis* foram coletados em um cafezal (*Coffea arabica* L. var. Catuaí) isento de pesticidas, localizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, estado de Minas Gerais.

A metodologia de criação de *I. zuluagai* foi semelhante à utilizada por Reis & Alves (1997), onde os ácaros foram confinados em uma arena plástica de cor preta, com oito cm de diâmetro, flutuando em água destilada em uma bandeja plástica de 11 x 11 x 11 cm sem tampa. Cada arena continha um orifício central suficiente para passagem de um alfinete preso no centro da bandeja por uma cola a base de silicone. Desta forma, a arena permanecia no seu lugar, sem tocar na parede da bandeja, deslocando-se para cima e para baixo conforme o nível da água. Na periferia da arena foram colocadas duas lamínulas de microscopia (18 x 18 mm) sobre fios de algodão como local para

oviposição. Uma porção de pólen de mamoneira (*Ricinus communis* L.) e mel diluído em água foram oferecidos como fontes de alimento diariamente (Reis & Alves 1997, Yamamoto & Gravena 1996).

A criação dos ácaros fitófagos é mantida desde o ano de 2001 em gaiolas (10 x 50 x 90 cm) contendo mudas de cafeeiro “Catuaí” (80 - 100 cm altura). As gaiolas de criação foram confeccionadas com armação de madeira e tela de organza para isolar as colônias e evitar a contaminação por outros artrópodes.

Acaricidas - Foram testados os acaricidas óxido de fenibutatina (Cyanamid Química do Brasil Ltda.) e o enxofre (BASF S.A.). O óxido de fenibutatina é um acaricida organoestânico, suspensão concentrada, pertencente à classe toxicológica III e o enxofre é um fungicida acaricida não sistêmico, com grânulos dispersíveis em água, da classe toxicológica IV (Andrei 1999).

Aplicação dos acaricidas - Os acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre foram estudados quanto aos seus efeitos adversos no forrageamento do ácaro predador *I. zuluagai* em plantas não atacadas e atacadas pelos ácaros fitófagos *O. ilicis* e *B. phoenicis*. Para tal, foram aplicados nas concentrações recomendadas para o controle de ácaros em cafeeiro (Andrei 1999), ou seja, 0,8 ml/l de óxido de fenibutatina e 5 g/l para enxofre. Estas concentrações corresponderam aproximadamente a $CL_{15} = 0,63$ (0,23 - 1,08) e a $CL_{60} = 5,35$ (4,39 - 6,37) pela análise de Próbite, para *I. zuluagai* de óxido de fenibutatina e enxofre, respectivamente (Capítulo 1).

Os acaricidas foram aplicados em arenas de 3,5 cm de diâmetro confeccionadas com folhas de cafeeiro com uma torre de Potter (Potter 1952). O aparelho foi regulado para uma pressão de 5 lb/pol² utilizando um volume de calda de 2,5 ml, o que correspondeu a um depósito de $1,70 \pm 0,07$ mg/cm² em concordância com a

IOBC/WPRS (International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/ West Palearctic Regional Section) (Overmeer & van Zon 1982), representando o que ocorre no campo (Reis *et al.* 1998). Depois de pulverizadas, as arenas foram expostas ao ambiente por uma hora para secagem da calda, e em seguida foram confinadas 10 fêmeas adultas (8 – 10 dias de idade) de *I. zuluagai* por arena. As arenas foram colocadas para flutuar em uma placa de Petri (20 cm de diâmetro). No centro de cada arena foi feito um pequeno orifício para passagem de um alfinete colado no fundo da placa de Petri por uma cola de silicone. Uma pequena porção de pólen de mamoneira foi fornecida diariamente como alimento para *I. zuluagai* (Reis & Alves 1997). As placas foram mantidas em câmara climatizada a 25 ± 2 °C, 60 ± 10 de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo.

Os ácaros foram expostos aos acaricidas por um período de 72 horas (Knight *et al.* 1990, Stark *et al.* 1997), e aqueles que sobreviveram à exposição dos resíduos dos acaricidas foram utilizados nos experimentos. Foram considerados mortos os ácaros que não conseguiam se mover a uma distância equivalente ao comprimento de seu corpo (Knight *et al.* 1990, Stark *et al.* 1997, Sato *et al.* 2002).

Experimentos de olfatômetro - Decorrido o período de exposição aos acaricidas, o forrageamento de *I. zuluagai* foi estudado em olfatômetro (Sabelis & van de Baan 1983, Pallini *et al.* 1997). O aparelho é constituído por um tubo de vidro em forma de “Y”, sendo que em cada braço é conectada uma mangueira de borracha a duas caixas de acrílico transparentes (50 x 36 x 43 cm). Estas caixas foram utilizadas como fontes de odores de ar, plantas não atacadas, plantas atacadas com *O. ilicis* e plantas atacadas com *B. phoenicis*. O fluxo de ar foi produzido por um aspirador de pó conectado a base do tubo de vidro, formando uma corrente de ar pela qual o predador se guiava dentro do tubo em direção a fonte de odor e fazia a tomada de decisão quando atingia a junção do

“Y”. A velocidade da corrente de ar no interior do olfatômetro, foi de 0,45 m/s em cada braço e, foi medida por fluxômetros digitais e calibrada por registros manuais. Antes dos experimentos os ácaros foram privados de alimento por aproximadamente três horas.

Foram realizados três experimentos com três tratamentos cada um. Os tratamentos corresponderam à exposição dos ácaros predadores à água destilada, a resíduos de óxido de fenibutatina e a resíduos de enxofre, conforme:

1-Plantas não atacadas *versus* ar

2-Plantas atacadas com *O. ilicis* *versus* plantas não atacadas

3-Plantas atacadas com *B. phoenicis* *versus* plantas não atacadas

Foram utilizadas mudas de cafeeiro “Catuaí” (80 - 100 cm altura) não atacadas e atacadas com cerca de 1000 formas imaturas (larvas, protoninfas e deutoninfas) e adultos (machos e fêmeas) por planta. As plantas com *O. ilicis* apresentavam-se com sintomas visíveis de ataque, e grande quantidade de ácaros e teias. Já, as plantas com *B. phoenicis* apresentavam-se sem sintomas de ataque e devido ao menor tamanho desta espécie, somente as fêmeas eram observadas a olho nu.

Iphiseiodes zuluagai foi liberado individualmente no olfatômetro e testados um a um, num total de 20 ácaros por repetição, totalizando três repetições por tratamento. Entre os tratamentos de cada experimento foram utilizadas as mesmas fontes de odores (plantas) para cada repetição, e diferentes plantas entre as repetições. A cada cinco ácaros testados em cada repetição, as posições das fontes de odores foram invertidas, com o objetivo de anular qualquer interferência da luminosidade. A cada repetição foram trocadas as fontes de odores, com o objetivo de evitar a pseudorepetição (Hurlbert 1984). Para cada tratamento, foi utilizado o teste binomial para estudos de olfatométrica, para analisar as diferenças nas porcentagens de escolha entre as fontes de odores, com frações esperadas de 0,5 para cada fonte de odor, e probabilidade $P = 0,05$

(Sabelis & van de Baan 1983, Pallini *et al.* 1997, Faraji 2001). Foi utilizada a tabela de contingência para analisar as diferenças dentro de cada experimento, ou seja, para comparar se o grupo de ácaros de um tratamento teve escolha diferente dos do tratamento seguinte, a uma $P = 0,05$.

Resultados

Plantas não atacadas versus ar - No primeiro experimento foi avaliada a preferência de *I. zuluagai* por plantas de cafeeiro não atacadas e ar. O predador exposto à água destilada (tratamento 1) preferiu os odores de plantas não atacadas aos de ar (Fig. 1). Dos 60 ácaros testados neste tratamento, 71,67 % preferiram plantas limpas. Para os ácaros predadores que foram expostos aos resíduos de óxido de fenibutatina (tratamento 2) não houve preferência entre as fontes de odores (Fig. 1). Dos 60 ácaros testados, 56,67 % escolheram os odores do ar aos de plantas não atacadas. Os ácaros predadores em contato com resíduos de enxofre (tratamento 3) por 72 horas não responderam a esta metodologia, e não foi possível fazer o estudo no olfatômetro.

Através da análise entre os dois primeiros tratamentos, pela tabela de contingência, observa-se que os ácaros predadores que foram expostos à água destilada preferiram plantas não atacadas, enquanto que aqueles expostos aos resíduos de óxido de fenibutatina não mostraram preferência entre plantas não atacadas e ar ($\chi^2 = 9,86$, G.L. = 1, $P = 0,002$).

Plantas atacadas com *O. ilicis* versus plantas não atacadas - Neste experimento foi avaliada a preferência de *I. zuluagai* aos odores de plantas de cafeeiro atacadas com *O. ilicis* e plantas não atacadas. *Iphiseiodes zuluagai* exposto à água destilada preferiu os odores de plantas atacadas por *O. ilicis* aos de plantas não atacadas (Fig. 2). Destes ácaros, 73,50 % preferiram plantas atacadas com *O. ilicis* a plantas não atacadas. Quando os ácaros ficaram em contato com o resíduo de óxido de fenibutatina, não

houve preferência em qualquer das três repetições (Fig. 2). Destes ácaros, 61,67 % ácaros preferiram plantas não atacadas a plantas atacadas com *O. ilicis*. Os ácaros expostos ao resíduo de enxofre não responderam a qualquer uma das fontes de odor.

Analisando os dois primeiros tratamentos pela tabela de contingência, nota-se que os ácaros predadores expostos à água destilada preferiram plantas atacadas com *O. ilicis*, enquanto que aqueles expostos a óxido de fenibutatina não preferiram entre plantas atacadas com *O. ilicis* e plantas limpas ($\chi^2 = 9,66$; G.L. = 1; $P = 0,002$).

Plantas atacadas com *B. phoenicis* versus plantas não atacadas - A preferência de *I. zuluagai* aos odores de plantas de cafeeiro atacadas com *B. phoenicis* e plantas não atacadas foi avaliada neste experimento. Os ácaros predadores expostos à água destilada ou a óxido de fenibutatina não tiveram preferência quanto a odores de plantas atacadas e não atacadas (Fig. 3). Destes ácaros expostos à água destilada, 55 % preferiram plantas não atacadas, enquanto 51,67 % dos ácaros expostos a resíduos de óxido de fenibutatina preferiram plantas infestadas. Como nos experimentos anteriores, os ácaros expostos aos resíduos de enxofre não responderam entre qualquer das fontes de odor.

A análise entre os dois primeiros tratamentos deste experimento mostra que os ácaros predadores expostos à água destilada e óxido de fenibutatina não mostraram preferência entre plantas atacadas com *B. phoenicis* ou plantas limpas ($\chi^2 = 0,53$; G.L. = 1; $P = 0,465$).

Plantas não atacadas versus ar

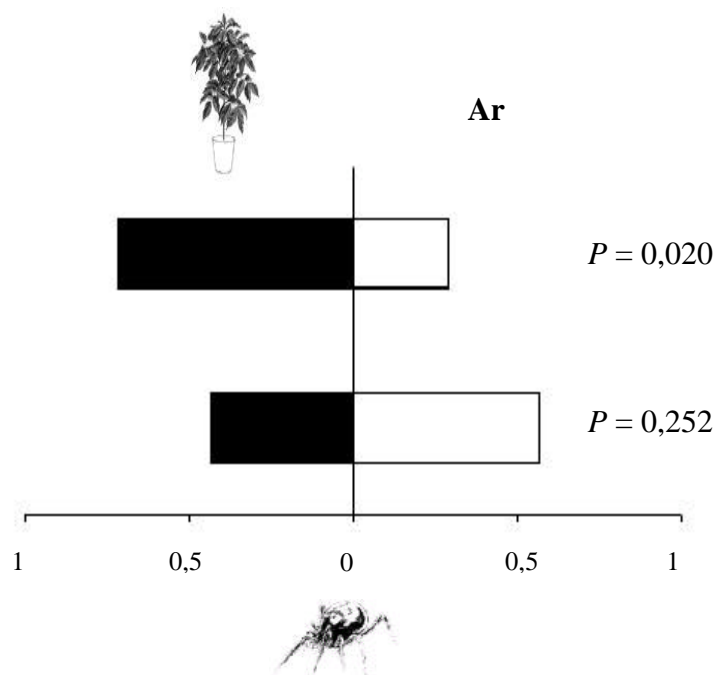


Figura 1 – Resposta olfativa de *I. zuluagai* aos odores de plantas não atacadas (esquerda) e ar (direita). A primeira barra representa o tratamento 1, onde os ácaros predadores foram expostos a água destilada por 72 horas. A segunda barra representa o tratamento 2, onde os ácaros predadores foram expostos a resíduos de óxido de fenibutatina por 72 horas. Cada barra corresponde a uma média de três repetições (n = 60 ácaros).

Plantas atacadas por *O. ilicis* versus plantas não atacadas

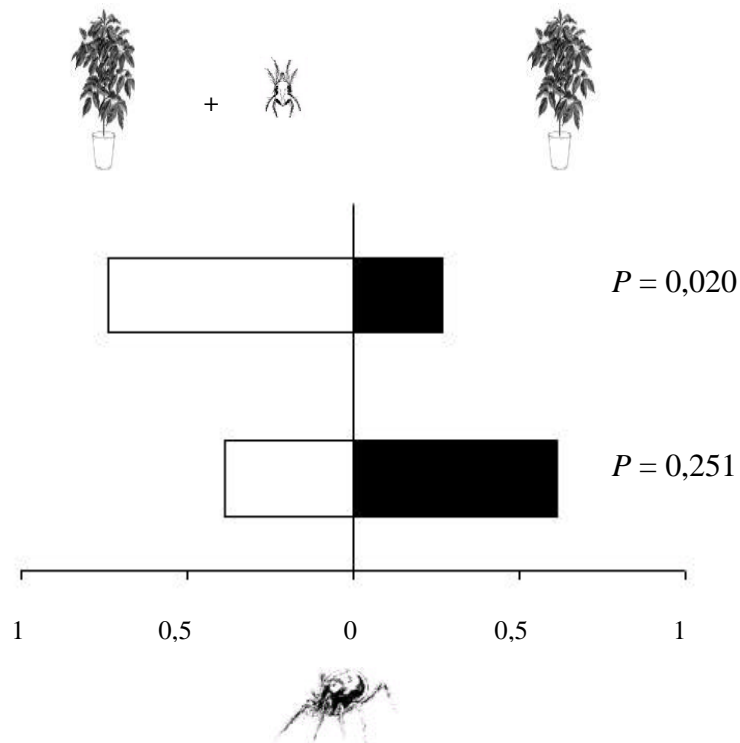


Figura 2 – Resposta olfativa de *I. zuluagai* aos odores de plantas atacadas por *O. ilicis* (esquerda) e plantas não atacadas (direita). A primeira barra representa o tratamento 1, onde os ácaros predadores foram expostos a água destilada por 72 horas. A segunda barra representa o tratamento 2, onde os ácaros predadores foram expostos a resíduos de óxido de fenibutatina por 72 horas. Cada barra corresponde a uma média de três repetições (n = 60 ácaros).

Plantas atacadas por *B. phoenicis* versus plantas não atacadas

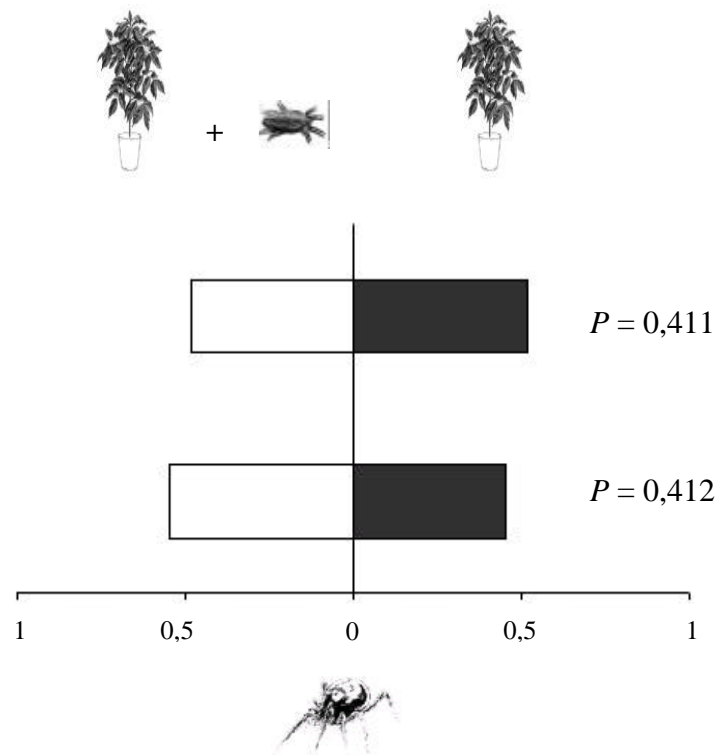


Figura 3 – Resposta olfativa de *I. zuluagai* aos odores de plantas atacadas por *B. phoenicis* (esquerda) e plantas não atacadas (direita). A primeira barra representa o tratamento 1, onde os ácaros predadores foram expostos a água destilada por 72 horas. A segunda barra representa o tratamento 2, onde os ácaros predadores foram expostos a resíduos de óxido de fenibutatina por 72 horas. Cada barra corresponde a uma média de três repetições (n = 60 ácaros).

Discussão

Os resultados mostram que *I. zuluagai* pode diferenciar entre odores de plantas não atacadas e plantas atacadas por *O. ilicis*. Porém, estes ácaros não foram capazes de discriminar odores de plantas não atacadas e plantas atacadas por *B. phoenicis*. A não atração de *I. zuluagai* a odores de plantas atacadas por *B. phoenicis* pode ser explicada pela densidade populacional do ácaro fitófago. *Brevipalpus phoenicis* ocorre naturalmente em baixas densidades populacionais em cafeeiros e não forma colônias (Flechtmann 1983), assim plantas atacadas por este ácaro não apresentam sintomas severos de ataque ao contrário do que ocorre com plantas atacadas por *O. ilicis*. O ácaro predador *I. zuluagai* pode não reconhecer plantas atacadas por *B. phoenicis* devido ao volume de voláteis liberado por estas. É possível ainda que estas plantas não liberem voláteis, porque não compensam os custos energéticos da sua produção, já que os danos diretos provocados por este ácaro são pequenos. Esta não preferência obtida por olfatométria corresponde à localização a longa distância de plantas atacadas ou galhos com colônias de *B. phoenicis*. Por outro lado, em bioensaios de laboratório, que corresponderam à localização a curta distância, foi demonstrada atividade predatória de *I. zuluagai* sobre *B. phoenicis* (Reis *et al.* 2000)

Os acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre interferiram de maneiras distintas no forrageamento do ácaro predador *I. zuluagai*. No primeiro experimento, os ácaros predadores expostos à água destilada preferiram plantas não atacadas, enquanto que *I. zuluagai* expostos a resíduos de óxido de fenibutatina não preferiram entre plantas não atacadas e ar. Portanto, nota-se que o acaricida óxido de fenibutatina interferiu na resposta olfativa de *I. zuluagai*, não discriminando entre plantas limpas e ar. No experimento seguinte, quando os ácaros predadores foram expostos à água destilada, estes preferiram plantas atacadas por *O. ilicis*, porém, aqueles ácaros expostos a resíduos de óxido de fenibutatina não mostraram preferência entre plantas atacadas por

O. ilicis e plantas limpas. Desta forma, óxido de fenibutatina afetou a resposta olfativa do ácaro predador, não discriminando entre plantas atacadas por *O. ilicis* e plantas limpas. Esta resposta pode ser devida a efeitos subletais de óxido de fenibutatina sobre os quimiorreceptores de *I. zuluagai*, pois é conhecido que ácaros predadores respondem aos odores de plantas atacadas por herbívoros por meio de quimiorreceptores presentes nos palpos e tarso do primeiro par de pernas, permitindo que detectem até mesmo baixas concentrações de estímulos olfativos (Akkerhuis *et al.* 1985).

Nos três experimentos não foi possível realizar o estudo de olfatômetro no tratamento em que os ácaros predadores foram expostos a enxofre. Provavelmente porque à concentração de enxofre utilizada (suficiente para causar mortalidade de apenas 60% da população), os ácaros que sobreviveram e que foram utilizados nos experimentos foram drasticamente afetados a ponto de não caminharem no olfatômetro em direção as fontes de odores. Desta forma, com o uso desta metodologia não foi possível investigar a ação deste acaricida no forrageamento de *I. zuluagai*. Uma solução seria a utilização de concentrações menores de enxofre e que conseqüentemente não afetam a locomoção de *I. zuluagai* para estudar os efeitos no forrageamento.

A olfatometria é utilizada para estudar a resposta olfativa de ácaros predadores a odores de longa distância, ou seja, plantas não atacadas e atacadas, assim como colônias de ácaros fitófagos dentro da planta. Portanto, *I. zuluagai* expostos a concentrações subletais de óxido de fenibutatina no campo podem não conseguir encontrar suas presas e comprometer o controle biológico natural exercido sobre *O. ilicis*. Aqueles predadores que tiveram contato com enxofre não conseguiram sequer responder a metodologia de olfatometria, mostrando-se pouco ativos o que certamente provocará no campo uma ineficiência no controle dos ácaros fitófagos. É possível que o ácaro predador não responda a odores de plantas atacadas por *B. phoenicis* devido ao seu baixo nível populacional em plantas de cafeeiro, o que pode ter comprometido a discriminação do

fitoseídeo entre plantas atacadas e não atacadas por esta espécie. Desta forma, o controle biológico de *I. zuluagai* sobre *B. phoenicis* pode estar naturalmente comprometido, já que o predador não é atraído por odores de plantas atacadas por *B. phoenicis*.

Literatura citada

- Akkerhuis, G.J.O., M.W. Sabelis & W.F. Tjallingii. 1985.** Ultrastructure of chemoreceptors on the pedipalpis and first tarsi of *Phytoseiulus persimilis*. Exp. Appl. Acarol. 1: 235-251.
- Andrei, E. (ed.) 1999.** Compêndio de defensivos agrícolas. 6ª ed. São Paulo, Editora Andrei, 672p.
- Dempster, J.P. 1968.** The sublethal effect of DDT on the rate of feeding by ground beetle *Harpalus rufipes*. Entomol. Exp. Appl. 11: 51-54.
- Dicke, M. 1994.** Local and systemic production of volatile herbivore-induced terpenoids: their role in plant-carnivore mutualism. J. Plant Physiol. 143: 465-472.
- Dicke, M., T.A. van Beek, M.A. Posthumus, N.B. Dom, H. van Bokhoven & A. Groot. 1990.** Isolation and identification of volatile kairomone that affects acarine predator-prey interaction: involvement of host plant in its production. J. Chem. Ecol. 16: 381-396.
- Faraji, F. 2001.** How counter-attacking prey influence foraging and oviposition decisions of a predatory mite. University of Amsterdam. 76 p (PhD thesis).
- Flechtmann, C.H.W. 1983.** Ácaros de importância agrícola. São Paulo, Livraria Nobel, 189p.
- Hurlbert, S.H. 1984.** Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. Ecol. Monogr. 54: 187-211.

- Knight, A.L., E.H. Beers, S.C. Hoyt & H. Reidl. 1990.** Acaricide bioassays with spider mites (Acari: Tetranychidae) on pome fruits: evaluation of methods and selection of discriminating concentrations for resistance monitoring. *J. Econ. Entomol.* 83: 1752-1760.
- Lawrence, P.O. 1981.** Developmental and reproductive biologies of the parasitic wasp, *Biosteres longicaudatus*, reared on hosts treated with a chitin synthesis inhibitor. *Insect Sci. Appl.* 1: 403-406.
- Maeda, T. & J. Takabayashi. 2001.** Production of herbivore-induced plant volatiles and their attractiveness to *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) with changes of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) density on plant. *Appl. Entomol. Zool.* 36: 47-52.
- Maeda, T., J. Takabayashi, S. Yano & A. Takafuji. 1999.** Response of the predatory mites, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae), toward herbivore-induced plant volatiles: variation in response between two local populations. *Appl. Entomol. Zool.* 34: 449-454.
- Maeda, T., J. Takabayashi, S. Yano & A. Takafuji. 2000a.** Effects of light on the tritrophic interaction between kidney bean plants, two-spotted spider mites and predatory mites, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 24: 415-425.
- Maeda, T., J. Takabayashi, S. Yano & A. Takafuji. 2000b.** The effects of rearing conditions on the olfactory response of predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Appl. Entomol. Zool.* 35: 345-351.
- Overmeer, W.P.J. & A.Q. van Zon. 1982.** A standardized method for testing the side effect of pesticides on the predaceous mite, *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). *Entomophaga* 27: 357-364.

- Pallini, A., A. Janssen & M.W. Sabelis. 1997.** Odour-mediated responses of phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. *Oecologia* 110: 179-185.
- Potter, C. 1952.** An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surfacefilms, with data on the electrostatic charge on atomized spray films. *Ann. Appl. Biol.* 39: 1-29.
- Reis, P.R. & E.B. Alves. 1997.** Criação do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) em laboratório. *An. Soc. Entomol. Brasil* 26: 565-568.
- Reis, P.R., L.G. Chiavegato, G.J. Moraes, E.B. Alves & E.O. Souza. 1998.** Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 265-274.
- Reis, P.R., A.V. Teodoro & M. Pedro Neto. 2000.** Predatory activity of phytoseiid mites on the developmental stages of coffee ringspot mite (Acari: Phytoseiidae: Tenuipalpidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 29: 547-553.
- Sabelis, M.W.; H.E. van de Baan. 1983.** Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators: demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. *Entomol. Exp. Appl.* 33: 303-314.
- Sato, M.E., M. Silva, L.R. Gonçalves, M.F. Souza Filho & A. Raga. 2002.** Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. *Neotrop. Entomol.* 31: 449-456.
- Stark, J.D. & T. Rangus. 1994.** Lethal and sublethal effects of the neem insecticide, Margosan-O, on pea aphid. *Pest. Sci.* 41: 155-160.

- Stark, J.D., L. Tanigoshi, M. Bounfour & A. Antonelli. 1997.** Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 37: 273-279.
- Stark, J.D., R.I. Vargas, R.H. Messing & M. Purcell. 1992a.** Effects of cyromazine and diazinon on three economically important Hawaiian tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their endoparasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 1687-1694.
- Stark, J.D., T.T.Y. Wong, R.I. Vargas & R.K. Thalman. 1992b.** Survival, longevity, and reproduction of tephritid fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) reared from fruit flies exposed to azadirachtin. *J. Econ. Entomol.* 85: 1125-1129.
- Takabayashi, J. & M. Dicke. 1996.** Plant-carnivore mutualism through herbivore-induced attractant. *Trends Plant Sci.* 1: 109-113.
- Takabayashi, J., M. Dicke & M.A. Posthumus. 1991.** Variation in composition of predator-attracting allelochemicals emitted by herbivore-infested plants: relative influence of plant and herbivore. *Chemoecology* 2: 1-6.
- Takabayashi, J., M. Dicke, S. Takahashi, M.A. Posthumus & T.A. van Beek. 1994.** Leaf age affects composition of herbivore-induced synomones and attraction of predatory mites. *J. Chem. Ecol.* 20: 373-386.
- Turlings, T.C.J., J.H. Tumlinson & W.J. Lewis. 1990.** Exploitation of herbivore-induced plant odours by host-seeking parasitic wasps. *Science* 30: 1251-1253.
- Vinson, S.B. 1974.** Effect of an insect growth regulator on two parasitoids developing from treated tobacco budworm larvae. *J. Econ. Entomol.* 67: 335-336.
- Yamamoto, P.T. & S. Gravena. 1996.** Influência da temperatura e fontes de alimento no desenvolvimento e oviposição de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 25: 109-115.

Capítulo 3

Interferência de Acaricidas na Resposta Funcional do Ácaro Predador *Iphiseiodes zuluagai* sobre sua Presa *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)

RESUMO – A resposta funcional é o número de presas mortas por um predador em função da densidade de presas e é afetada por fatores como a espécie da planta, densidade de presas, fase de desenvolvimento da presa e a temperatura. Estudou-se neste trabalho a interferência dos acaricidas óxido de fenibutatina e o enxofre na resposta funcional do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma sobre o ácaro fitófago *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). Foram conduzidos três experimentos, ou seja, ácaros predadores expostos à água destilada, óxido de fenibutatina e enxofre. Os resultados indicam que a utilização de acaricidas na cultura do cafeeiro pode interferir na atividade predatória de ácaros fitoseídeos. Os predadores expostos à água destilada e óxido de fenibutatina apresentaram uma curva de resposta funcional do tipo II. No entanto, os ácaros predadores expostos a óxido de fenibutatina apresentaram uma menor taxa de sucesso na procura de presas e uma redução no consumo máximo de presas. No último experimento, ácaros predadores que tiveram contato com enxofre não mostraram atividade predatória e, portanto, não foi possível estudar a resposta funcional. O controle biológico natural de *O. ilicis* por *I. zuluagai* pode ser prejudicado por pesticidas que afetem a capacidade predatória do fitoseídeo.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro predador, ácaro fitófago, controle biológico, cafeeiro

**Interference of Acaricides on the Functional Response of the Predaceous Mite
Iphiseiodes zuluagai Denmark & Muma on its Prey *Oligonychus ilicis* (McGregor)
(Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)**

ABSTRACT – The functional response is the number of prey consumed by a single predator in function of prey density, and it is affected by several factors such as plant species, density of prey, stage of development and temperature. In this work, we studied the interference of the acaricides fenbutatin oxide and sulphur on the functional response of the predaceous mite *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma, feeding on the phytophagous mite *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). Three experiments of functional response were performed, i.e., predaceous mite exposed to distilled water, fenbutatin oxide and sulphur. The results indicated that the use of pesticides on coffee fields can result in interference of the predatory activity of phytoseiid mites. Predators exposed to distilled water and fenbutatin oxide showed a type II curve of functional response. However, predators exposed to fenbutatin oxide showed a lower instantaneous search rate and a reduction on the expected maximum consumption. In the last experiment, the predaceous mite exposed to sulphur did not show predatory activity, and it was not possible to study the functional response. The natural biological control of *O. ilicis* by *I. zuluagai* can be impaired by pesticides that affect the predatory activity of phytoseiid mites.

KEY WORDS: Predaceous mite, phytophagous mite, biological control, coffee plants

Introdução

A resposta funcional refere-se ao número de presas mortas por um predador em função da densidade de presas e é uma importante medida para predizer a eficiência de inimigos naturais em programas de controle biológico (Holling 1961). Por meio destes estudos é possível identificar também as interações ecológicas que ocorrem entre planta, herbívoro e inimigo natural (Houck & Strauss 1985).

Existem pelo menos três tipos de curvas que podem ser utilizadas como modelos de resposta funcional (Holling 1961). Na do tipo I, o número de presas mortas pelo predador aumenta linearmente até um máximo e permanece constante com o aumento do número de presas. Na do tipo II, o número de presas consumidas aumenta com o número de presas oferecidas até certo ponto, formando uma curva em forma de hipérbole. Na do tipo III, o número de presas mortas cresce com o número de presas oferecidas até certo ponto, formando uma curva em forma de uma função sigmóide. A maioria dos estudos de interesse ecológico envolve os modelos dos tipos II e III (Juliano 1993).

Fatores como a espécie da planta (De Clercq *et al.* 2000, Koveos & Broufas 2000, Skirvin & Fenlon 2001), densidade de presas (Garcia & Chiavegato 1997), fase do desenvolvimento da presa (Koveos & Broufas 2000, Gitonga *et al.* 2002) e a temperatura (Gitonga *et al.* 2002) podem interferir na resposta funcional. A hipótese testada é a de que ácaros predadores expostos a concentrações subletais de pesticidas podem exibir uma redução na taxa de sucesso na procura de presas, resultando em uma interferência na capacidade predatória ou uma mudança no tipo de curva de resposta funcional.

Este trabalho estudou a interferência dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre sobre a resposta funcional do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark &

Muma sobre formas imaturas do ácaro fitófago *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae).

Material e Métodos

Criação de manutenção - O ácaro predador *I. zuluagai* e o ácaro fitófago *O. ilicis* foram coletados em um cafezal (*Coffea arabica* L. var. Catuaí) isento de pesticidas, localizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, estado de Minas Gerais.

A metodologia de criação de *I. zuluagai* foi semelhante à utilizada por Reis & Alves (1997), onde os ácaros foram confinados em uma arena plástica de cor preta, com oito cm de diâmetro, flutuando em água destilada em uma bandeja plástica de 11 x 11 x 11 cm sem tampa. No centro da bandeja foi preso um alfinete com cola a base de silicone, e cada arena continha um orifício central suficiente para passagem do alfinete. Desta forma, a arena permanecia no seu lugar, sem tocar na parede da bandeja, deslocando-se para cima e para baixo conforme o nível da água. Na periferia da arena foram colocadas duas lamínulas de microscopia (18 x 18 mm) sobre fios de algodão para substrato de oviposição. Uma porção de pólen de mamoneira (*Ricinus communis* L.) e mel diluído em água foram oferecidos como fontes de alimento diariamente (Reis & Alves 1997, Yamamoto & Gravena 1996).

A criação de *O. ilicis* foi estabelecida no ano de 2001 em gaiolas (10 x 50 x 90 cm) contendo mudas de cafeeiro “Catuaí” (80 - 100 cm altura). As gaiolas de criação foram confeccionadas com armação de madeira e tela de organza para isolar as colônias e evitar a contaminação por outros artrópodes.

Acaricidas - Foram testados os acaricidas óxido de fenibutatina (Cyanamid Química do Brasil Ltda.) e o enxofre (BASF S.A.). O óxido de fenibutatina é um acaricida

organoestânico, suspensão concentrada, pertencente à classe toxicológica III e o enxofre é um fungicida acaricida não sistêmico, com grânulos dispersíveis em água, da classe toxicológica IV (Andrei 1999).

Aplicação dos acaricidas - Os acaricidas foram pulverizados em arenas de 3,5 cm de diâmetro confeccionadas com folhas de cafeeiro por meio de uma torre de Potter (Potter 1952). O aparelho foi regulado para trabalhar a uma pressão de 5,0 lb/pol² utilizando um volume de calda de 2,5 ml, o que correspondeu a um depósito de $1,70 \pm 0,07$ mg/cm² em concordância com a IOBC/WPRS (International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/ West Palearctic Regional Section) (Overmeer & van Zon 1982), o que representa o que ocorre no campo (Reis *et al.* 1998). Depois de pulverizadas, as arenas foram expostas ao ambiente por uma hora para secagem da calda, e em seguida foram confinadas fêmeas adultas acasaladas do ácaro predador *I. zuluagai* (8 – 10 dias de idade) por 72 horas (Knight *et al.* 1990). As arenas foram colocadas para flutuar em uma placa de Petri (20 cm de diâmetro). No centro de cada arena foi feito um pequeno orifício para passagem de um alfinete colado no fundo da placa de Petri por uma cola de silicone. Desta forma, as arenas permaneciam no seu lugar, sem tocar na parede da placa, deslocando-se para cima e para baixo conforme o nível da água. Uma pequena porção de pólen de mamoneira foi fornecida diariamente como alimento para *I. zuluagai* (Reis & Alves 1997). As placas foram mantidas em câmara climatizada a 25 ± 2 °C, 60 ± 10 de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo.

Os acaricidas foram aplicados na sua dosagem máxima recomendada para o controle de ácaros fitófagos em cafeeiro (Andrei 1999), ou seja, 0,8 ml/l de óxido de fenibutatina e 5,0 g/l de enxofre. Estas concentrações corresponderam aproximadamente a $CL_{15} = 0,63$ (0,23 - 1,08) e a $CL_{60} = 5,35$ (4,39 – 6,37) pela análise de Próbite, para *I. zuluagai*, de óxido de fenibutatina e enxofre, respectivamente (Capítulo 1).

Os ácaros predadores que sobreviveram à exposição dos resíduos dos acaricidas foram utilizados nos experimentos. Foram considerados mortos os ácaros que não conseguiam se mover a uma distância equivalente ao comprimento de seu corpo (Knight *et al.* 1990, Stark *et al.* 1997, Sato *et al.* 2002).

Resposta funcional - Foram realizados três experimentos de resposta funcional, ou seja, para os ácaros predadores expostos à água destilada, e a resíduos de óxido de fenibutatina ou de enxofre.

Uma fêmea de *I. zuluagai* sobrevivente, foi confinada em uma arena de cafeeiro de 3,5 cm de diâmetro flutuando em água destilada, dentro de uma placa de Petri (20 cm de diâmetro). As seguintes densidades de presa foram avaliadas: 1, 5, 15, 25 e 35 (larvas e protoninfas) de *O. ilicis* por arena, com cinco repetições (arenas). Formas imaturas foram oferecidas porque são as fases preferidas para a predação por ácaros fitoseídeos (Gravena *et al.* 1994, Reis *et al.* 2000). Os predadores foram mantidos por aproximadamente três horas sem alimentação antes dos experimentos. O número de presas consumidas pelo predador foi avaliado a cada 24 horas durante oito dias, com a remoção das presas mortas, e a substituição dos discos com o número inicial de presas.

A predação em função da densidade de presas foi ajustada para os modelos não lineares do tipo II e III (Holling 1961). Os parâmetros A (taxa de sucesso na procura de presas), T (tempo disponível) e Th (tempo de manuseio por presa) foram estimados pelos modelos dos tipos II e III. As equações de resposta funcional do ácaro predador *I. zuluagai* sobre as formas imaturas do ácaro fitófago *O. ilicis* foram escolhidas com base no coeficiente de determinação (r^2) e na porcentagem de variância explicada. O consumo máximo de presas foi estimado através do quociente entre o tempo disponível (T) e o tempo de manuseio por presa (Th) (Koveos & Broufas 2000).

Resultados

A equação escolhida foi a do tipo II para os dois primeiros experimentos, ou seja, *I. zuluagai* expostos à água destilada e óxido de fenibutatina (Tabela 1). No terceiro experimento, não houve atividade predatória de *I. zuluagai* expostos ao enxofre, o que impediu o cálculo da resposta funcional. A taxa de sucesso na procura de presas (A) foi de 0,80 e 0,64 para *I. zuluagai* expostos à água destilada e a resíduos de óxido de fenibutatina, respectivamente. O consumo máximo de presas estimado (T/Th) de *I. zuluagai* foi de 67,73 e 40,52 formas imaturas de *O. ilicis*, quando o ácaro predador foi exposto a água destilada e a resíduos de óxido de fenibutatina, respectivamente (Tabela 1). Apesar do tipo de resposta funcional ser o mesmo para ambos os experimentos, nota-se uma redução na predação quando *I. zuluagai* foi exposto a óxido de fenibutatina (Figs. 1 e 2).

Tabela 1- Equações de resposta funcional do ácaro predador *I. zuluagai* (expostos à água destilada e a óxido de fenibutatina por 72 horas) sobre formas imaturas de *O. ilicis*.

Resposta funcional do tipo II ¹	Experimentos	T/Th ^{2,3}	Equação	r ²	Variância explicada (%)
$NA = \frac{A \times N \times T}{(1 + A \times N \times Th)}$	água destilada	67,73 ^a	$y = \frac{(0,80) \times x \times (1,15)}{(1 + (0,80) \times x \times (0,02))}$	0,94	88,95
	óxido de fenibutatina	40,52 ^b	$y = \frac{(0,64) \times x \times (1,57)}{(1 + (0,64) \times x \times (0,04))}$	0,93	86,62

¹ NA é o número de presas atacadas pelo predador, A é a taxa de sucesso na procura de presas, N é a densidade de presas, T é o tempo disponível, Th é o tempo de manuseio por presa

² Número máximo de presas consumidas

³ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (*P* < 0,05)

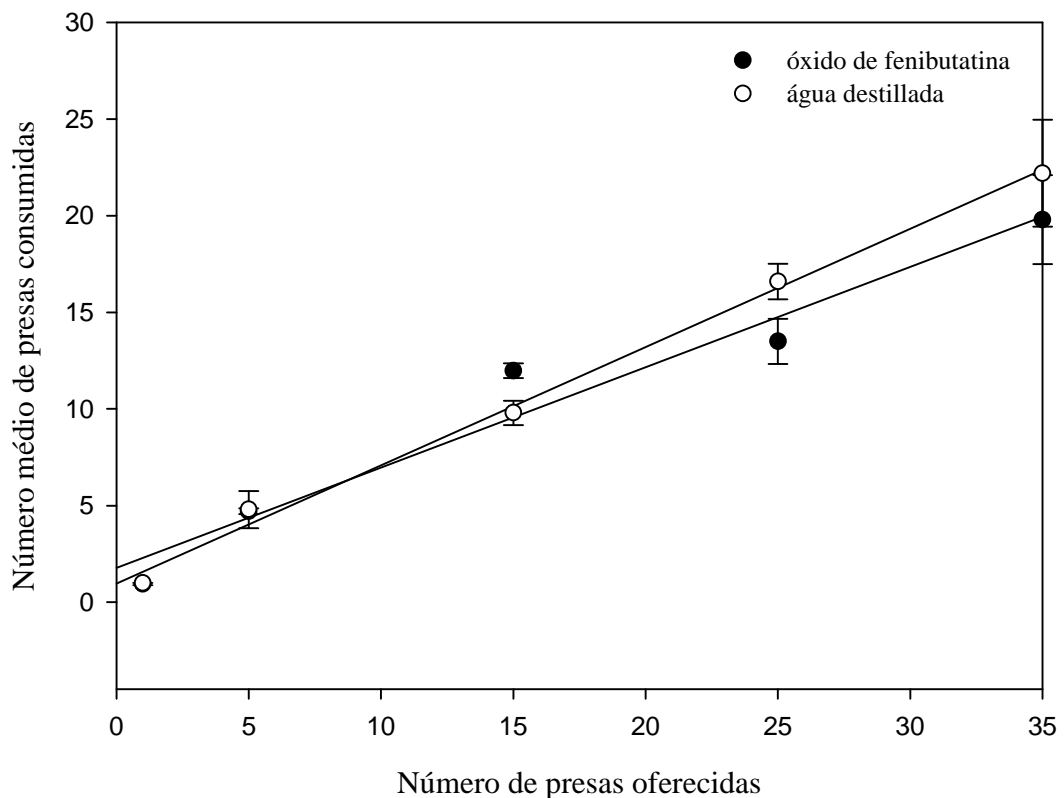


Figura 1 – Resposta funcional (Média \pm EP) de *I. zuluagai* sobre formas imaturas de *O. ilicis*. A curva com círculos brancos representa o experimento 1, onde os ácaros predadores foram expostos à água destilada por 72 horas. A curva com círculos pretos representa o experimento 2, onde os ácaros predadores foram expostos a resíduos de óxido de fenibutatina por 72 horas.

Discussão

A predação de *I. zuluagai* expostos à água destilada e a óxido de fenibutatina foi limitada pelo tempo de manuseio, isto é, o tempo necessário para o predador capturar, consumir e digerir as formas imaturas de *O. ilicis*. Esta é uma característica da resposta funcional do tipo II, onde o número de presas consumidas cresce com o aumento do número de presas oferecidas até um certo ponto, a partir do qual a curva apresenta uma assíntota, indicando uma estabilização da predação.

Poucos trabalhos têm estudado a atividade predatória de ácaros fitoseídeos sobre ácaros fitófagos. Garcia & Chiavegato (1997) investigaram a resposta funcional do ácaro *Phytoseiulus macropilis* Banks (Acari: Phytoseiidae) a diferentes densidades de

ovos do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e encontraram uma curva do tipo II. A mesma curva foi obtida na resposta funcional de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) sobre ovos, larvas e ninfas do ácaro rajado *T. urticae* (Landeros *et al.* 2001).

Além dos fatores já mencionados que interferem na resposta funcional de predadores, como a espécie de planta, a densidade de presas, a fase de desenvolvimento da presa e a temperatura, outro fator que pode interferir na resposta funcional é a produção de teias por ácaros tetraníquídeos. A presença de teias pode impedir a predação por ácaros fitoseídeos (Gerson 1985). Neste trabalho, os discos contendo *O. ilicis* foram substituídos diariamente, o que impediu o acúmulo de teias. Portanto, não houve interferência deste fator na atividade predatória de *I. zuluagai*.

Os resultados indicam que a utilização de pesticidas na cultura do cafeeiro pode interferir na resposta funcional de ácaros predadores. *Iphiseiodes zuluagai* exibiu diferentes comportamentos de predação quando expostos a óxido de fenibutatina e enxofre, nas suas respectivas concentrações recomendadas para o controle de ácaros fitófagos em cafeeiro. Essas concentrações corresponderam a CL₁₅ e a CL₆₀ de óxido de fenibutatina e enxofre para o ácaro predador, e controlaram eficientemente *O. ilicis* (Capítulo 1). Os predadores expostos à água destilada e a resíduos óxido de fenibutatina apresentaram uma resposta funcional do tipo II. Porém, a taxa de sucesso na procura de presas (A), e conseqüentemente o número máximo de presas consumidas (T/Th) foram menores nos predadores expostos a óxido de fenibutatina em comparação com aqueles expostos a água destilada. O parâmetro A é limitado por diversos fatores, incluindo o movimento do predador e da presa, a razão de sucesso na captura quando a presa é encontrada, à distância na qual o predador pode perceber a presa e, o escape da presa (Houck & Strauss 1985). Por outro lado, os predadores expostos a enxofre se moveram

a uma distância pouco maior que a do seu corpo, e conseqüentemente não apresentaram atividade predatória sobre *O. ilicis*.

O consumo de presas por predadores é apenas um dos aspectos que devem ser considerados em programas de controle biológico. O número de presas atacadas e consumidas determinam o desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de predadores (Oaten & Murdoch 1975). Neste trabalho foi demonstrado um efeito prejudicial de pesticidas, principalmente do enxofre, sobre a atividade predatória. O controle biológico natural de *O. ilicis* por *I. zuluagai* pode ser prejudicado por pesticidas que afetem a capacidade predatória do ácaro predador.

Curvas de resposta funcional podem ser utilizadas para compreender as interações ecológicas entre predador e presa (Houck & Strauss 1985) e para prever o sucesso de inimigos naturais em programas de controle biológico. Estes experimentos também podem ser utilizados para o estudo da toxicidade de pesticidas a predadores, pois traduzem o efeito destes químicos na sua capacidade predatória.

Literatura citada

- Andrei, E. (ed.). 1999.** Compêndio de defensivos agrícolas. 6^a ed., São Paulo, Editora Andrei, 672p.
- De Clercq, P., J. Mohaghegh & L. Tirry. 2000.** Effect of host plant on the functional response of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). Biol. Control 18: 65-70.
- Garcia, I.P. & L.G. Chiavegato. 1997.** Respostas funcional e reprodutiva de *Phytoseiulus persimilis* (Banks, 1905) (Acari: Phytoseiidae) a diferentes densidades de ovos de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae). Científica 25: 35-43.

- Gerson, U. 1985.** Webbing, p. 223-232. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds), Spider mites. their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam.
- Gitonga, L.M., W.A. Overholt, B. Lör, J.K. Magambo & J.M. Mueke. 2002.** Functional response of *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera: Thripidae). Biol. Control 24: 1-6.
- Gravena, S., I. Benetoli, P.H.R. Moreira & P.T. Yamamoto. 1994.** *Euseius citrifolius* Denmark & Muma predation on citrus leprosis mite *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). An. Soc. Entomol. Brasil 23: 209-218.
- Holling, C.S. 1961.** Principles of insect predation. An. Rev. Entomol. 6: 163-182.
- Houck, M.A. & R.E. Strauss. 1985.** The comparative study of functional responses: experimental design and statistical interpretation. Can. Entomol. 115: 617-629.
- Juliano, S.A. 1993.** Non-linear curve fitting: predation and functional response curves, p. 159-182. In S.M. Scheiner & J. Gurevitch (eds), Design and analyses of ecological experiments. Chapman & Hall.
- Knight, A.L., E.H. Beers, S.C. Hoyt & H. Reidl. 1990.** Acaricide bioassays with spider mites (Acari: Tetranychidae) on pome fruits: evaluation of methods and selection of discriminating concentrations for resistance monitoring. J. Econ. Entomol. 83: 1752-1760.
- Koveos, D.S. & G.D. Broufas. 2000.** Functional response of *Euseius finlandicus* and *Amblyseius andersoni* to *Panonychus ulmi* on apple and peach leaves in the laboratory. Exp. Appl. Acarol. 24: 247-256.
- Landeros, J., S. Rodriguez, M.H. Badii, P.A. Cerda & A.E. Flores. 2001.** Functional response and population parameters of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot on *Tetranychus urticae* Koch. Southwestern Entomol. 26: 253-257.
- Oaten, A. & W.W. Murdoch. 1975.** Functional response and stability in predator-prey systems. Am. Nat. 109: 289-298.

- Overmeer, W.P.J. & A.Q. van Zon. 1982.** A standardized method for testing the side effect of pesticides on the predaceous mite, *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). *Entomophaga* 27: 357-364.
- Potter, C. 1952.** An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray films. *Ann. Appl. Biol.* 39: 1-29.
- Reis, P.R. & E.B. Alves. 1997.** Criação do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) em laboratório. *An. Soc. Entomol. Brasil* 26: 565-568.
- Reis, P.R., L.G. Chiavegato, G.J. Moraes, E.B. Alves & E.O. Souza. 1998.** Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 265-274.
- Reis, P.R., A.V. Teodoro & M. Pedro Neto. 2000.** Predatory activity of phytoseiid mites on the several developmental stages of coffee ringspot mite. *An. Soc. Entomol. Brasil* 29: 547-553.
- Sato, M.E., M. Silva, L.R. Gonçalves, M.F. Souza Filho & A. Raga. 2002.** Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. *Neotrop. Entomol.* 31: 449-456.
- Skirvin, D.J. & J.S. Fenlon. 2001.** Plant species modifies the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): implications for biological control. *Bull. Entomol. Res.* 91: 61-67.
- Stark, J.D., L. Tanigoshi, M. Bounfour & A. Antonelli. 1997.** Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 37: 273-279.

Yamamoto, P.T. & S. Gravena. 1996. Influência da temperatura e fontes de alimento no desenvolvimento e oviposição de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). An. Soc. Entomol. Brasil 25: 109-115.

Conclusões Gerais

O ácaro predador *I. zuluagai* foi mais tolerante do que o ácaro fitófago *O. ilicis* aos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre. No entanto, a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *I. zuluagai* foi mais afetada devido ao menor potencial reprodutivo desta espécie. O enxofre afetou drasticamente a taxa instantânea de crescimento populacional do ácaro predador. O controle biológico natural de *I. zuluagai* sobre o ácaro fitófago *O. ilicis* pode ser afetado pela utilização de acaricidas mesmo em concentrações subletais.

Os ácaros predadores preferiram plantas não atacadas ao invés de ar, e plantas atacadas por *O. ilicis* a aquelas não atacadas. No entanto, quando foram expostos a óxido de fenibutatina perderam a capacidade de distinção de odores. *Iphiseiodes zuluagai* não foi capaz de reconhecer os odores de plantas não atacadas e plantas atacadas por *B. phoenicis*. O ácaro predador em contato com a concentração indicada de enxofre para o controle de ácaros fitófagos em cafeeiro não se moveu a uma distância pouco maior que seu corpo e, por isso, foi impossível o estudo do forrageamento em olfatômetro. Estes resultados indicam que *I. zuluagai* está associado ao controle biológico natural de *O. ilicis*, no entanto o controle de *B. phoenicis* deve ser afetado, já que o fitoseídeo não reconhece os odores de plantas atacadas por esta espécie. Indicam ainda que quando expostos a óxido de fenibutatina, deixam de preferir plantas infestadas com *O. ilicis* o que deve provocar uma interferência no controle biológico.

O ácaro fitoseídeo apresentou uma resposta funcional do tipo II nos experimentos em que foram expostos a água destilada e ao óxido de fenibutatina. No entanto, os ácaros predadores expostos a óxido de fenibutatina apresentaram uma menor taxa de sucesso na procura de presas e uma redução no consumo máximo de presas. Os ácaros fitoseídeos em contato com a concentração recomendada de enxofre para o controle de ácaros fitófagos em cafeeiro não apresentaram atividade predatória, devido ao efeito

deste acaricida na movimentação deste ácaro. A resposta funcional de *I. zuluagai* sobre *O. ilicis* também pode ser afetada por concentrações subletais dos acaricidas óxido de fenibutatina e enxofre, o que pode prejudicar o controle biológico.

Trabalhos de seletividade de pesticidas a predadores que avaliam apenas a mortalidade e reprodução não estimam o efeito total destes químicos em populações de inimigos naturais. Este trabalho demonstra que acaricidas mesmo em concentrações subletais interferem na taxa de crescimento, no comportamento de forrageamento e na predação do ácaro predador *I. zuluagai*. Portanto, é necessária a inclusão destes parâmetros na avaliação de seletividade de acaricidas a ácaros predadores.