

ALBERTO SOTO GIRALDO

MANEJO ALTERNATIVO DE ÁCAROS EM MORANGO E TOMATE

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S718m
2009

Soto Giraldo, Alberto. 1959-

Manejo alternativo de ácaro em morango e tomate /
Alberto Soto Giraldo – Viçosa, MG, 2009.
x, 128f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Angelo Pallini.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Ácaro – Controle integrado. 2. Ácaro – Controle
biológico. 3. Ácaro rajado. 4. Enxofre. 5. Nim.
6. Morango Doenças e pragas. 7. Tomate – Doenças e
pragas I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 632.6542

ALBERTO SOTO GIRALDO

MANEJO ALTERNATIVO DE ÁCAROS EM MORANGO E TOMATE

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

APROVADA: 12 de junho de 2009.

**Dra. Madelaine Venzon
(Coorientador)**

**Prof. Marcelo Coutinho Picanço
(Coorientador)**

Prof. Derly José Henriques da Silva

Dr. Marcos Antônio Matiello Fadini

**Prof. Angelo Pallini
(Orientador)**

A Deus, por me iluminar e proteger neste caminho.

Agradeço

À minha esposa Tania Margarita e meu filho Alberto Enrique, pelo amor,
apoio, compreensão, paciência e por todo o significado desta vivência
aqui no Brasil

Dedico

A meu pai Arturo (*in memoriam*), a minha mãe Nohemy e irmãos

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Universidad de Caldas, Manizales, Colômbia, por me conceder a oportunidade de continuar minha formação como entomólogo.

Ao Programa de Pós-graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pela oportunidade de realizar os experimentos e pelo apoio logístico.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Às empresas Dalneem e Quinabra pelo fornecimento dos produtos Organic Neem e Neem Pro.

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

À Dra. Madelaine Venzon pelo estímulo, orientação e apoio diante o trabalho de pesquisa, e pelas críticas e sugestões na tese.

Aos Drs. Hamilton Gomes Oliveira e Márcio Dionizio Moreira pelo apoio e sugestões no desenvolvimento da tese.

Ao Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes pelas críticas, sugestões e apoio logístico.

Aos estagiários: Rafael Macedo Oliveira e Felipe Lemos pela ajuda na coleta dos dados de campo e laboratório.

Aos colegas da Entomologia: Alexander, Ana Cristina, Claudinei, Cleber, Cleide, Cristina, Daniela, Elaine, Elisangela, Erick, Felipe, João Alfredo, Marla Maria, Poliane, Rafael, Samir pela agradável convivência.

A dona Paula e Miriam, secretarias do postgrado, pelo permanente apoio e amizade durante minha estadia em Viçosa.

Aos membros da banca de tese Drs. Marcelo Coutinho Picanço, Marcos Antônio Matiello Fadini, Derly José Henriques da Silva, pelas críticas e sugestões feitas.

A todos aqueles que não mediram esforços para a realização desta pesquisa.

ÍNDICE

	Páginas
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
Introdução Geral	1
Literatura Citada	5

Capítulo I – Efeito letal e subletal da calda sulfocálcica aos ácaros *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, *Tetranychus urticae* Koch e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae)

Resumo	10
Abstract	11
Introdução	12
Material e Métodos	12
Resultados	15
Discussão	17
Literatura Citada	20

Capítulo II – Composição química da cutícula de *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

Resumo	24
Abstract	25
Introdução	26
Material e Métodos	27
Resultados	30
Discussão	37
Literatura Citada	41

Capítulo III – Controle alternativo do ácaro *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) com produtos a base de nim em morango na presença e ausência do seu predador

Resumo	45
Abstract	46
Introdução	47
Material e Métodos	49
Resultados	56
Discussão	66
Literatura Citada	71

Capítulo IV – Controle alternativo de *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) em plantas de tomate em casa de vegetação

Resumo	77
Abstract	78
Introdução	79
Material e Métodos	81
Resultados	85
Discussão	90
Literatura Citada	93

Capítulo V – Controle alternativo de *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) e avaliação da produção em tomate

Resumo	98
Abstract	99
Introdução	100
Material e Métodos	102
Resultados	103
Discussão	106
Literatura Citada	109

Conclusões Gerais	114
--------------------------	-----

Anexos	115
---------------	-----

RESUMO

SOTO GIRALDO, Alberto, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2009. **Manejo alternativo de ácaros em morango e tomate**. Orientador: Angelo Pallini. Co-orientadores: Madelaine Venzon, Hamilton Gomes de Oliveira e Marcelo Coutinho Picanço.

Os ácaros constituem um importante grupo de pragas de hortaliças responsáveis por causarem grandes prejuízos a este grupo de culturas. Os ácaros *Tetranychus urticae* Koch e *Tetranychus evansi* Backer e Pritchard (Acari: Tetranychidae) são considerados pragas limitantes nas culturas de morango e de tomate, respectivamente. As investigações dessa tese tiveram como objetivo avaliar produtos comerciais a base de nim e calda sulfocálcica para o manejo de *T. urticae*, *T. evansi*, e a toxicidade ao ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae), estudar a composição química da cutícula destes fitófagos e pesquisar se a azadirachtina afeta a capacidade de forrageamento de *P. macropilis*. No capítulo I, estudou-se em laboratório o efeito letal e subletal da calda sulfocálcica aos ácaros *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis*. No capítulo II, investigou-se em laboratório a composição química da cutícula de *T. evansi* e *T. urticae*. No capítulo III, foi estudado o controle do ácaro *T. urticae* pelos produtos comerciais Neem Pro, Organic Neem e Natuneem em morango, para o qual se realizaram experimentos em laboratório e casa de vegetação: a) efeito letal e subletal dos produtos a base de nim aos ácaros *T. urticae* e *P. macropilis*; b) avaliação dos produtos nas concentrações correspondentes à CL_{95} e $r_i = 0$ para *T. urticae*, e avaliação da fitotoxicidade; c) efeito de doses subletais de azadirachtina no forrageamento do ácaro predador *P. macropilis*; d) e por último, a toxicidade que ocasionam os produtos a *T. urticae* em presença do predador *P. macropilis*. No capítulo IV, avaliou-se em casa de vegetação o potencial de controle dos produtos alternativos a base de nim e calda sulfocálcica para o controle de *T. evansi* em tomate. Finalmente, no capítulo V buscou-se realizar o manejo das populações do ácaro fitófago *T. evansi* durante o ciclo de cultivo de tomate usando-se os fundamentos estudados nos demais capítulos aplicando-se os produtos alternativos Organic Neem e calda sulfocálcica em doses subletais comparadas com o produto químico orthene. Os resultados desse trabalho amostam que o manejo de *T. evansi*

em tomate e *T. urticae* em morango foi possível de ser feito com produtos a base de nim e a calda sulfocálcica, mesmo quando aplicados em baixas concentrações, igualando ao controle exercido pelo produto químico convencional e sem interferir no controle biológico do ácaro predador *P. macropilis*. As plantas de tomate e morango pulverizadas com os produtos apresentaram pouca fitotoxicidade. A azadirachtina não afetou a capacidade de forrageamento do predador *P. macropilis*. Os ácaros *T. urticae* e *T. evansi* apresentaram diferença na composição química da cutícula.

ABSTRACT

SOTO GIRALDO, Alberto, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2009. **Alternative management of mites in strawberry and tomato.** Adviser: Angelo Pallini. Co-advisers: Madelaine Venzon, Hamilton Gomes de Oliveira and Marcelo Coutinho Picanço.

Mites are an important group of vegetables pests responsible for causing major damage. The mites *Tetranychus urticae* Koch and *Tetranychus evansi* Backer and Pritchard (Acari: Tetranychidae) are considered limiting pests to strawberry and tomato crops, respectively. The objectives of this thesis were to evaluate commercial products based on neem and syrup sulfocálcica spray for the management of *T. urticae*, *T. evansi*, and toxicity to the mite predator *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae); to study the chemical composition of the cuticle from phytophagous mites; and investigate whether azadirachtin affects the foraging ability of *P. macropilis*. In Chapter I, the lethal affect of sublethal syrup sulfocálcica spray on the mites *T. evansi*, *T. urticae* and *P. macropilis* was studied in the laboratory. In Chapter II, the chemical composition of the cuticle from *T. evansi* and *T. urticae* was also investigated in the laboratory. In Chapter III, control of the mite *T. urticae* with the commercial products Neem Pro, Organic Neem and Natuneem in strawberry was studied, for which experiments were performed in the laboratory and greenhouse: a) sublethal and lethal affect of neem-based products to the mites *T. urticae* and *P. macropilis* b) evaluation of products in concentrations corresponding to CL_{95} and $r_i = 0$ for *T. urticae*, and assessment of phytotoxicity c) The effect of sublethal doses of azadirachtin on foraging of the mite predator *P. macropilis* d) and finally, the toxicity which entails *T. urticae* productivity in the presence of the predator *P. macropilis*. In Chapter IV, control potential of alternative products and neem-based spray to control syrup sulfocálcica *T. evansi* on tomato was evaluated in the greenhouse. Finally, in Chapter V, management of populations of the phytophagous mite *T. evansi* on the tomato cultivation cycle in the greenhouse, based on the studied performed in other chapters and by applying the alternative products Organic Neem and syrup sulfocálcica in sublethal doses was compared with the chemical Orthene. The results of this study show that the management of *T. evansi* on tomato

and *T. urticae* on strawberry crops could be used in products based on neem and syrup sulfocálcica, even when applied at low concentrations, equaling the control exercised by conventional chemical and biological control without negatively affecting the predatory mite *P. macropilis*. The strawberry and tomato plants sprayed with the products showed little phytotoxicity; and azadirachtin did not affect the foraging ability of the predator *P. macropilis*. The mites *T. urticae* and *T. evansi* showed differences in chemical composition of the cuticle.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os ácaros pragas causam prejuízos significativos na produção olerícola. O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch) representa uma importante cultura agrícola no Sul de Minas Gerais, com uma área cultivada aproximada de 3.500 ha e produção de cerca de 100 mil toneladas por ano (Antunes et al. 2007). O ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) é uma das principais pragas que atacam a cultura de morangueiro ocasionando perdas de até 80% da produção, devido principalmente ao seu alto potencial reprodutivo (Chiavegato & Mischan 1981; Helle & Sabelis 1985; Fadini & Alvarenga 1999; Simões et al. 2007; Moraes & Flechtmann 2008).

Entre os ácaros predadores, *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae), ocorre naturalmente em morangueiro e, segundo Garcia & Chiavegato (1997), apresentam grande eficiência predatória para o controle de *T. urticae*; este predador não controla ao ácaro fitófago *T. evansi*. Estudos relacionados à biologia desse predador realizados por Ali (1998) e Silva et al. (2005) concluíram que *P. macropilis* apresenta melhor desenvolvimento com temperaturas entre 23 °C e 26 °C e que tem potencial para o controle biológico do ácaro-rajado.

O tomateiro *Lycopersicon esculentum* Mill. Apresenta importância econômico-social, pois é cultivado em todos os Estados do Brasil, especialmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (Melo & Vilela 2004). Dentre as hortaliças, o tomate destaca-se em termos mundiais por ser a maior em volume industrializado e ocupar a segunda maior área cultivada (Camargo & Mazzei 1996). O ácaro-vermelho *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) é atualmente considerado uma praga importante em regiões africanas produtoras de tomate com reduções de até 90% da produtividade (Knapp et al. 2003). No Brasil, a população deste ácaro fitófago vem aumentando nos últimos anos, principalmente em culturas de tomate em casa de vegetação (Sarmiento 2003; Pereira 2005).

Para o controle destes fitófagos, os agricultores dependem quase exclusivamente de aplicações de agrotóxicos organosintéticos. A utilização excessiva e inadequada destes produtos, no entanto, tem sido relacionada a

problemas ecológicos, afetando organismos não-alvo, promovendo o desenvolvimento de resistência a agrotóxicos e trazendo riscos para a saúde dos agricultores e consumidores (Guerra 1985; Sibanda et al. 2000, Saunyama & Knapp 2003). Estima-se que o controle químico represente cerca de 30% do custo total de produção de tomates em cultivos convencionais (Leite et al. 1995; Sibanda et al. 2000).

Ainda é incipiente a utilização de insumos fitoprotetores alternativos e ecologicamente sustentáveis para o controle de *T. urticae* e *T. evansi* nas culturas de morango e tomate. Um dos fatores responsáveis pela reduzida utilização desses produtos é o deficiente conhecimento sobre sua eficiência em relação à produtividade que se pode alcançar quando se aplica esses produtos (Abreu Junior 1998).

A disponibilidade de métodos alternativos ao uso exclusivo do controle químico é, portanto, uma necessidade não somente de produtores como dos consumidores que demandam produtos livres de resíduos de agrotóxicos, produzidos com tecnologia ambientalmente segura. Na busca de tais métodos, produtos alternativos como as caldas fitoprotetoras e os extratos de plantas têm sido usados por produtores de olerícolas para controle de pragas e doenças, especialmente nos sistemas de produção ecológicos e orgânicos (Penteado 2000; Campanhola & Bettiol 2003).

Uma estratégia que pode contribuir com o sucesso de programas de manejo integrado de *T. urticae* e *T. evansi* é a utilização de compostos naturais extraídos de plantas, os quais já vêm sendo amplamente estudados e com resultados promissores no controle de ácaros fitófagos (Potenza et al. 1999a,b; Gonçalves et al. 2001; Brito et al. 2006; Carvalho 2008) e a liberação do ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) o qual apresenta eficiência predatória (Garcia & Chiavegato 1997; McMurtry & Croft 1997; Croft et al. 1998; Oliveira et al. 2007; Oliveira et al. 2009)

O nim *Azadirachta indica* A. Juss, cujo principal composto ativo é a azadirachtina, um tetranortriterpenóide isolado das sementes (Rembold 1989), apresenta elevada ação inseticida e acaricida, baixíssima toxicidade ao homem e animais domésticos, seletividade aos inimigos naturais, além de não agredir o ambiente (Castagnoli et al. 2000; El-Gengaihi et al. 2000;

Mourão et al. 2004). Outros limonóides (grupo de tetranortriterpenóides), além da azadirachtina, foram isolados da árvore nim, incluindo a solanina, 14-epoxiazadiradiona, melantriol, nimbidina, nimbina, melianona, gedunina, nimbolina, ninbinem, deacetilsalanina, azadiractol, azadirona, vilosinina, meliacarpina. Essas substâncias apresentam, também, efeitos múltiplos sobre artrópodes como inibição da alimentação, repelência, diminuição da oviposição, interrupção do desenvolvimento da ecdise e redução da fertilidade, fecundidade e mortalidade (Dimetry et al. 1993; Castiglioni et al. 2002, Martinez, 2002), e seletividade aos inimigos naturais (Mansour et al. 1993; Spollen & Isman 1996; Momen et al. 1997; Schmutterer 1997; Brito et al. 2006). Uma característica importante de produtos derivados do nim é que eles possuem além da ação de contato, ação sistêmica e translaminar (Venzon et al. 2005).

A calda sulfocálcica é um outro defensivo alternativo utilizado para o controle de pragas, a qual é obtida pelo tratamento térmico do enxofre e da cal. O efeito tóxico dessa calda aos insetos e ácaros é devido à liberação de gás sulfídrico (H_2S) e enxofre coloidal quando aplicada sobre as plantas (Abbot, 1945). O uso da calda sulfocálcica tem sido relatado com sucesso para o controle de insetos e ácaros (Wardlow & Ludlam 1975; Guerra 1985; Penteado 2000; Ocete et al. 2003). Um dos inconvenientes relatados para a calda sulfocálcica é a baixa seletividade a inimigos naturais. No entanto, é possível utilizar dosagens da calda que sejam eficientes no controle da praga e que sejam seletivas aos principais inimigos naturais dessas (Venzon et al. 2007).

O desenvolvimento de estratégias alternativas de controle de artrópodes é necessário devido a reduzida eficácia dos agrotóxicos convencionais e potenciais riscos destes aos humanos e ao ambiente. Busca-se desenvolver métodos alternativos que podem oferecer aos produtores novas opções para serem incorporadas em programas de manejo integrado de pragas (MIP). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os produtos alternativos extrato de nim e calda sulfocálcica para o controle de *T. urticae* e *T. evansi* nas culturas de morango e tomate.

No capítulo I, estudou-se em laboratório o efeito letal e subletal da calda sulfocálcica aos ácaros *T. evansi* em tomate, e *T. urticae* e *P.*

macropilis em morango. Encontrou-se que a calda sulfocálcica não controla eficientemente *T. urticae* em morango. Para conhecer uma das possíveis causas do não controle, foi pesquisado no capítulo II a composição química da cutícula de *T. evansi* e *T. urticae*. No capítulo III, estudou-se o controle do ácaro *T. urticae* com os produtos comerciais Neem Pro, Organic Neem e Natuneem em morango, para o qual se realizaram experimentos em laboratório e casa de vegetação: a) efeito letal e subletal dos produtos a base de nim aos ácaros *T. urticae* e *P. macropilis*; b) avaliação dos produtos nas concentrações correspondentes à CL_{95} e $r_i = 0$ para *T. urticae*, e avaliação da fitotoxicidade; c) efeito de doses subletais de azadirachtina no forrageamento do ácaro predador *P. macropilis*; d) e por último a toxicidade que ocasionam os produtos a *T. urticae* em presença do predador *P. macropilis* utilizando concentrações subletais para o predador que corresponderam a quando a taxa instantânea de crescimento populacional foi igual a 0,1. No capítulo IV, foram estudados inicialmente em laboratório a toxicidade letal e os efeitos subletais no crescimento populacional (r_i) de *T. evansi* dos produtos Neem Pro (0,08 e 0,07 mg/L de azadirachtina), Natuneem (1,4 e 0,89 mg i.a/L), Organic Neem (0,37 e 0,28 mg i.a/L) e calda sulfocálcica (1,0 e 0,6% a 31,5⁰ B). Posteriormente, em casa de vegetação, avaliou-se o potencial de controle de doses correspondentes às CL_{95} dos produtos e aquelas onde o crescimento da população ficou estável ($r_i=0$). Simultaneamente, avaliou-se os sintomas de fitotoxicidade sobre as plantas pulverizadas. No capítulo V, avaliou-se em casa de vegetação o crescimento populacional de *T. evansi*, o rendimento, número de frutos e diâmetros longitudinal e transversal dos frutos durante o ciclo de cultivo do tomate dos produtos alternativos Organic Neem e calda sulfocálcica em concentrações subletais comparados como o produto químico Orthene para o controle de *T. evansi*.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto de pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo. Às empresas Dalneem e Quinabra pelo fornecimento dos produtos Organic Neem e Neem Pro.

Literatura Citada

- Abbot, C.E. 1945.** The toxic gases of lime-sulfur. *Journal of Economic Entomology* 38 (5): 618-620.
- Abreu Júnior, H. 1998.** Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura. Campinas: Emopi 115p.
- Ali, F.S. 1998.** Life tables of *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Gamasida: Phytoseiidae) at different temperatures. *Experimental Applied Acarology* 22: 335-342.
- Antunes, L.E.C.; Filho, J.D.; Calegario, F.F.; Costa, H.; Júnior, C.R. 2007.** Produção integrada de morango (PIMo) no Brasil. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte* 28 (236): 34-39
- Brito, H.M.; Gondim, M.G.C; Oliveira, J.V & Gomes, C.A. 2006.** Toxicidade de Natuneem sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e ácaros predadores da família Phytoseiidae. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras* 30 (4): 685-691.
- Camargo Filho, W.P.; Mizzei, A.R. 1996.** Necessidade de reconversão da produção de tomate em São Paulo: ações na cadeia produtiva. *Informações Econômicas, São Paulo* 26:105-115.
- Campanhola, C.; Bettiol, W. 2003.** Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil. In: Campanhola, C.; Bettiol, W. (ed.). Métodos alternativos de controle fitossanitário. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente. p.13-51.
- Carvalho, T.M.B. 2008.** Avaliação de extratos vegetais no controle de *Brevipalpus phoenicis* (GEIJSKES, 1939) e *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tenuipalpidae, Tetranychidae) em cafeeiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras. 101p.
- Castagnoli, M., S. Simoni & D. Goggioli. 2000.** Attività biológica di sostanze vegetali nei confronti di *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e del suo predatore *Neoseiulus californicus* (Mcgregor) (Acari: Phytoseiidae). *Redia* 83: 141- 150.
- Castiglioni, E., J.D. Vendramim & M.A. Tamai. 2002.** Evaluación del efecto tóxico de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari, Tetranychidae). *Agrociência* 6: 75-82.
- Chiavegato, L.G., Mischam, M.M. 1981.** Efeito do ácaro *Tetranychus urticae* (KOCH, 1836) BOUDREUX; DOSSE, 1963 (Acari, Tetranychidae) na produção no morangueiro (*Fragaria* spp) CV. Científica, Campinas 9: 257-266.

- Croft, B.A.; Monetti, L.N.; Pratt, P.D. 1998.** Comparative life histories and predation types: are *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar Type II selective predators of spider mites. *Environmental Entomology*, Lanham 27: 531-538.
- Dimetry, N.Z., S.A.A. Amer & A.S. Reda. 1993.** Biological activity of two neem seed kernel extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Ecology* 116: 308- 312.
- El Gengaihi, S., N.Z. Dimetry, S.A.A. Amer & S.M. Mohamed. 2000.** Acaricidal activity of lipoidal matter of different plant extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Insect Science and its Application* 20 (3):191-194.
- Fadini, M.A.M. & Alvarenga, D. 1999.** Pragas do morangueiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte 20 (198): 75-79.
- Garcia, I.P.; Chiavegato, L.G. 1997.** Respostas funcional e reprodutiva de *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1905) (Acari: Phytoseiidae) a diferentes densidades de ovos de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae). *Científica* 25: 35-43.
- Gonçalves, M.E.C.; Oliveira, J.V.; Barros, R.; Torres, J.B. 2001.** Efeito de extratos vegetais sobre estágios imaturos e fêmeas adultas de *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari:Tetranychidae). *Neotropical Entomology*, Londrina 30 (2): 305-309.
- Guerra, M.S. 1985.** Receituário caseiro: alternativa para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e seus produtos. Brasília: EMATER. 166p.
- Helle, W. & Sabelis, M.W. 1985.** Spider mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevier, 1985. 405p.
- Knapp, M; Wagener, B. & Navajas, M. 2003.** Molecular discrimination between the spider mite *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, an important pest of tomatoes in southern Africa and the closely related species *T. urticae* Koch (Acari, Tetranychidae). *African Entomology* 2: 300-304.
- Leite, D.; Bresciani, A.F.; Groppo, A.G.; Pazini, W.C.; Gravena, S. 1995.** Comparação de estratégias de manejo de pragas na cultura do tomate estaqueado. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 24 (1): 27-32.
- Mansour, F.A.; Ascher, K.R.S. & Abo-Moch, F. 1993.** Effects of Margosan-OTM, AzatinTM and RD9-Repelin on spiders, and on predacious and phytophagous mites. *Phytoparasitica*, Israel 21 (3): 205-211.
- Martinez, S.S. 2002.** O nim – *Azadirachta indica* – natureza, usos múltiplos, produção. Londrina, IAPAR. 142p.

- McMurtry, J.A.; Croft, B.A. 1997.** Life styles of phytoseiid mites and their roles as biological control agents. *Annual Review of Entomology* 42: 291-321.
- Melo, P.C.T; Vilela, N.J. 2004.** Desempenho da cadeia agroindustrial brasileira do tomate na década de 90. *Horticultura Brasileira*, Brasília 22 (1):154-160.
- Momen, F.M., A.S. Reda & S.A.A. Amer. 1997.** Effect of Neem Azal-F on *Tetranychus urticae* and three predacious mites of the family Phytoseiidae. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 32: 355-362.
- Moraes, G.J.; Flechtmann, C.H.W. 2008.** Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos. 288p.
- Mourão, S.A., J.C.T. Silva, R.N.C. Guedes, M. Venzon, G.N. Jham, C.L. Oliveira & J.C. Zanuncio. 2004.** Seletividade de extratos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). *Neotropical Entomology* 33: 613-617.
- Ocete, R., M.A. López., Z. Dancsházy., M.E. Ocete, M.A., Pérez, I., Kajati., G. Rull. 2003.** IPM-sustainable tests on two apple tree pests, *Eriosoma lanigerum* Hausm (Homoptera: Aphididae) and *Aphis pomi* De Geer (Homoptera: Aphididae), carried out in La Rioja (Spain). *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.* p.35-45.
- Oliveira, H.G. ; Janssen, A. ; Pallini, A. ; Venzon, M. ; Fadini, M.A.M. ; Duarte, V.S. 2007.** A phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Biological Control* 42: 105-109.
- Oliveira, H.; Fadini, M.A.M.; Venzon, M.; Rezende, D.; Rezende, F.; Pallini, A. 2009.** Evaluation of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) as a biological control agent of the two-spotted spider mite on strawberry plants under greenhouse conditions. *Experimental and Applied Acarology* 47: 275-283.
- Pereira, G.V.N. 2005.** Seleção para alto teor de açúcares em genótipos de tomateiro e sua relação com a resistência ao ácaro vermelho (*Tetranychus evansi*) e à traça (*Tuta absoluta*). Tese doutorado. Universidade Federal de Lavras. 70p.
- Penteado, S.R. 2000.** Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa. Buena Mendes Gráfica e Editora, Campinas. 95p.

- Potenza, M.R., A.P. Takematsu, A.P. Sivieri, M.E. Sato & C.M. Passerotti. 1999a.** Efeito acaricida de alguns extratos vegetais sobre *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) em laboratório. Arquivos do Instituto Biológico 66: 31-37.
- Potenza, M.R., A.P. Takematsu & L.H. Benedicto. 1999b.** Avaliação do controle de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) através de extratos vegetais, em laboratório. Arquivos do Instituto Biológico 66: 91-97.
- Rembold, H. 1989.** Azadirachtins, their structure and mode of action. In: ARNASON, J.T.; PHILOGENE, B.J.R.; MORAND, P. (Ed.) Insecticides of plant origin. Washington: ACS.11: 150-163.
- Sarmiento, R.A. 2003.** Resposta comportamental de artrópodes em teia alimentar de tomateiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 161p.
- Saunyama, I.G.M; Knapp, M. 2003.** The effects of pruning and trellising of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) on red spider mite (*Tetranychus evansi* Baker & Pritchard) incidence and crop yield in Zimbabwe. African Crop Science Journal, Pretoria 11: 269- 277.
- Schmutterer, H. 1997.** Insect growth-disrupting and fecundity reducing ingredients from the neem and chinaberry trees, p.119-170. In E.D. Morgan & N.B. Mandava (eds.), CRC Handbook of natural pesticides. Florida, CRC series in naturally occurring pesticides. 453p.
- Sibanda, T; Dobson, H.M; Cooper, J.F; Manyangariwa W; Chiimba W. 2000.** Pest management challenges for smallholder vegetable farmers in Zimbabwe. Crop Protection. Guildford 19: 807-815.
- Silva, F.R.; Vasconcelos, G.J.N.; Gondim Junior., M.G.C.; Oliveira, J.V. 2005.** Exigências térmicas e tabela de fertilidade de *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). Neotropical Entomology, Londrina 34: 291-296.
- Simões, J.C.; Fadini, M.A.M.; Venzon, M. 2007.** Manejo integrado de pragas na cultura do morangueiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte 28 (236): 56-63.
- Spollen, K.M. & M.B. Isman. 1996.** Acute and sublethal effects of a neem insecticide on the commercial biological control agents *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). Journal of Economic Entomology 89: 1379-1386.

- Venzon, M.; Rosado, M.C.; Fadini, M.A M.; Pallini, A.; Ciociola Junior, A.I. 2005.** The potential of NeemAzal for the control of coffee leaf pests. Crop Protection, United Kingdom, Elsevier. 24: 213-219.
- Venzon, M., Pallini, A., Fadini, M.A.M., Oliveira, H., Miranda, V.S., De Andrade, A.P.S. 2007.** Controle alternativo de ácaros em hortaliças. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças. Viçosa: UFV. p.607-625.
- Wardlow, L.R.; Ludlam, F.A.B. 1975.** Biological studies and chemical control of brown scale (*Parthenolecanium corni* (Bouché)) on Red Currant. Plant Pathology 24: 213-216.

Capítulo I

Efeito letal e subletal da calda sulfocálcica aos ácaros

***Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, *Tetranychus urticae* Koch e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae)**

RESUMO - A concentração letal (CL) é usada para estimar a toxicidade de pesticidas a artrópodes. No entanto, a CL é uma medida incompleta dos efeitos dos produtos sobre populações, pois analisa somente a mortalidade como parâmetro de toxicidade. Sabe-se que indivíduos que sobrevivem à exposição a pesticidas podem sofrer efeitos subletais. Assim, neste trabalho foi estudado em laboratório os efeitos letais e subletais no crescimento populacional da calda sulfocálcica sobre os ácaros *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis*. Os efeitos letais foram estimados através de testes de toxicidade aguda com obtenção de curvas dose-resposta e suas respectivas concentrações letais e os efeitos subletais através da estimativa da taxa instantânea de crescimento populacional (r_i). As concentrações letais e subletais da calda sulfocálcica para *T. evansi* foram 0,2 e 1,03% do produto, respectivamente, e para *P. macropilis* foram 0,64 e 2,73% do produto, o que indica que poderiam utilizar-se para o controle do fitófago, enquanto que para *T. urticae* foram 5,68 e 23,44% do produto, o qual indica que não seria viável economicamente sua utilização.

PALAVRAS-CHAVE: Enxofre, ácaros fitófagos, predador, produtos alternativos

**Lethal and sublethal effect of the syrup sulfocálcica to the mites
Tetranychus evansi Baker & Pritchard, *Tetranychus urticae* Koch and
Phytoseiulus macropilis (Banks) (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae)**

ABSTRACT - The lethal concentration (CL) is used to estimate the toxicity of pesticides in arthropods. However, CL is an incomplete measure of the effects of these products on humans since it only examines toxicity as a function of mortality. It is known that individuals which survive exposure to pesticides may suffer sublethal effects. Therefore, the lethal and sublethal effects of lime sulfur spray on *T. evansi*, *T. urticae* and *P. macropilis* was studied in the laboratory. Lethal effects were estimated through tests of acute toxicity to obtain dosage-response curves and their respective lethal concentrations and sublethal effects by estimating the instantaneous population growth rate (r_i). The lethal and sublethal concentrations of syrup sulfocálcica against *T. evansi* were 0,2 and 1,03% of the product, respectively, and for *P. macropilis* were 0,64 and 2,73% of the product, indicating that it could be used to control this phytophagous mite. However, against *T. urticae*, concentrations of 5,68 and 23,44% of the product were necessary, indicating that its use is not economically viable.

KEY-WORDS: Sulfur, phytophagous mites, predators, alternative products

Introdução

A concentração letal (CL) é usada para avaliar a toxicidade de pesticidas a artrópodes (Sato et al. 2002; Stark & Banks 2003; Yang et al. 2002). No entanto, a CL é uma medida incompleta dos efeitos dos produtos sobre populações, pois analisa somente a mortalidade como parâmetro de toxicidade (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, diminuição da fertilidade, redução da fecundidade, mudanças na razão sexual e no comportamento de alimentação (Stark et al. 1992; Lawrance 1981). Os parâmetros que definem o efeito letal ou subletal são as concentrações utilizadas dos produtos. Pode-se inclusive obter um controle satisfatório das populações das pragas, utilizando-se doses subletais (Venzon et al. 2007).

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 aos artrópodes em laboratório porque combinam efeitos letais e subletais (Stark et al. 1997). 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, podendo ser utilizada para prever o crescimento populacional de artrópodes (Walthall & Stark 1997). 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 acima citado, e para pesquisar a eficiência do produto alternativo calda sulfocálcica sobre populações dos ácaros fitófagos *T. evansi* e *T. urticae* e a seletividade sobre o ácaro predador *P. macropilis*, calculou-se a concentração letal (CL) e os efeitos subletais através da taxa instantânea de crescimento populacional (r_i).

Material e Métodos

Os ácaros *T. evansi* e *T. urticae* foram criados em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa, em plantas de tomate da variedade Santa Clara e de morango do cultivar IAC Campinas com 30 dias de idade,

cultivadas em vasos (2L), acondicionadas em gaiolas (10 x 50 x 90cm) de madeira com tela de organza. As criações foram iniciadas com ácaros coletados no campo em Tocantins e Barbacena, Minas Gerais. O ácaro predador *P. macropilis* foi criado nas mesmas condições anteriores sobre plantas de feijão infestadas previamente com *T. urticae*.

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Acarologia do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal Viçosa (UFV). Foi estudado o efeito letal e subletal da calda sulfocálcica sobre *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis*. A calda sulfocálcica foi preparada de acordo com metodologia adaptada de Penteado (2000), utilizando tratamento térmico do enxofre e cal virgem, utilizando-se para cada litro de água, 250 g de enxofre e 125 g de cal virgem. A concentração inicial obtida da calda foi de 31,5⁰ Baumé, medida através de um densímetro ou aerômetro de Baumé, a partir da qual foram preparadas as concentrações testadas.

Efeito letal

Foram calculadas as concentrações letais (CL) da calda sulfocálcica para fêmeas adultas de *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis* (Tabela 1). As concentrações testadas foram selecionadas através de bioensaios preliminares, e situaram-se entre o limite inferior, onde o produto não causou mortalidade e o limite superior de resposta, onde causou 100% de mortalidade para cada espécie.

Tabela 1. Concentrações testadas da calda sulfocálcica aos ácaros *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis*.

Acaro	Concentrações testadas (% de produto)																							
<i>T. evansi</i>	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,35	1,50	1,65	1,80												
<i>T. urticae</i>	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0										
<i>P. macropilis</i>	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20

Nestes bioensaios foram utilizando fêmeas dos ácaros *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis* no início da fase reprodutiva. A calda sulfocálcica foi

pulverizada em discos ($\varnothing = 3,0$ cm) de tomateiro (*T. evansi*) e de morangueiro (*T. urticae* e *P. macropilis*), acondicionados em placa de Petri, usando torre de Potter (Potter 1952, Burkard, Rickmansworth, UK) sob a pressão de 5 lb/pol² e com a aplicação de um volume igual a 2,5 mL, o que correspondeu a um depósito de $1,70 \pm 0,07$ mg/cm² sobre a superfície tratada. Esta quantidade aplicada está de acordo com o recomendado pela IOBC/WPRS (Internacional 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. 1998). Para a fixação do disco na placa, foi preparada uma solução de carragenina (30g/300mL de água) sendo que o disco foi colocado antes que a solução se solidificasse.

Os discos de folhas de tomate e morangueiro pulverizados com o produto e com água (controle) foram expostos ao ambiente por uma hora para secagem da calda. Posteriormente, oito fêmeas dos ácaros *T. evansi* e *T. urticae* foram colocadas separadamente sobre cada disco. Para *P. macropilis*, os discos de folhas de morango foram pulverizados, secos e infestados com fêmeas dos ácaros *T. urticae* e *P. macropilis*. Cada concentração do produto foi repetida cinco vezes. Os discos de folhas tratados foram mantidos em câmara climatizada ($25 \pm 2^{\circ}$ C, $60 \pm 10\%$ UR e 13h de luz). O efeito letal foi avaliado 24h após a aplicação e os dados avaliados por análise de Probit (Finney 1971). A toxicidade diferencial para a calda sulfocálcica foi obtida através do quociente entre a CI_{50} do produto para *P. macropilis* e a CI_{50} para o ácaro *T. urticae* (Sato et al. 2002).

Efeito subletal

A avaliação da ação subletal da calda sulfocálcica sobre os ácaros fitófagos *T. evansi*, *T. urticae* e o predador *P. macropilis* foi feita utilizando-se a mesma metodologia citada para a avaliação da ação letal do produto, com tempo de avaliação de cinco dias.

Para cada concentração do produto foram feitas cinco repetições (oito fêmeas por repetição). Os ácaros foram mantidos em câmara climatizada sobre as mesmas condições descritas nos experimentos de toxicidade

aguda. Avaliou-se o efeito subletal através da estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i), pela seguinte fórmula (Stark & Banks 2003):

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

Onde N_f é o número final de indivíduos, N_0 é o número inicial de indivíduos, Δt é a variação de tempo (duração do experimento 5 dias). O 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 indica que a população está em declínio e em vias de extinção. A análise de regressão foi utilizada para a avaliação do comportamento de r_i em função das concentrações utilizadas.

Resultados

Efeito letal

Os resultados referentes as concentrações letais da calda sulfocálcica sobre *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis* encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Toxicidade da calda sulfocálcica aos ácaros *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis*.

Acaro	N ¹	Coefficiente Angular \pm EP ²	Cl ₅₀ ³ (I.C. a 95%)	Cl ₉₅ ⁴ (I.C. a 95%)	X ²	P
<i>T. evansi</i>	140	0,17 \pm 0,04	0,20 (0,15-0,27)	1,03 (0,74-1,57)	0,61	0,43
<i>T. urticae</i>	280	0,87 \pm 0,36	5,68 (5,23-6,94)	23,44(17,5-33,95)	0,83	0,81
<i>P. macropilis</i>	330	0,69 \pm 0,07	0,64 (0,47- 0,78)	2,73 (2,03- 3,65)	0,35	0,89

¹Numero de ácaros testados

² Coeficiente angular e erro padrão da media

³ Concentração letal media e intervalo de confiança a 95%

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

Para a calda sulfocálcica foram obtidas Cl₅₀ de 0,20, 5,68 e 0,64% do produto a 31,5⁰ B para *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente. As Cl₉₅ foram iguais a 1,03, 23,44 e 2,73% da calda sulfocálcica para *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente (Tabela 2).

Efeito subletal

A taxa instantânea de crescimento populacional foi igual a zero nas doses de 0,62, 12,35 e 1,49% da calda sulfocálcica para *T. evansi*, *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente (Figuras 1, 2 e 3).

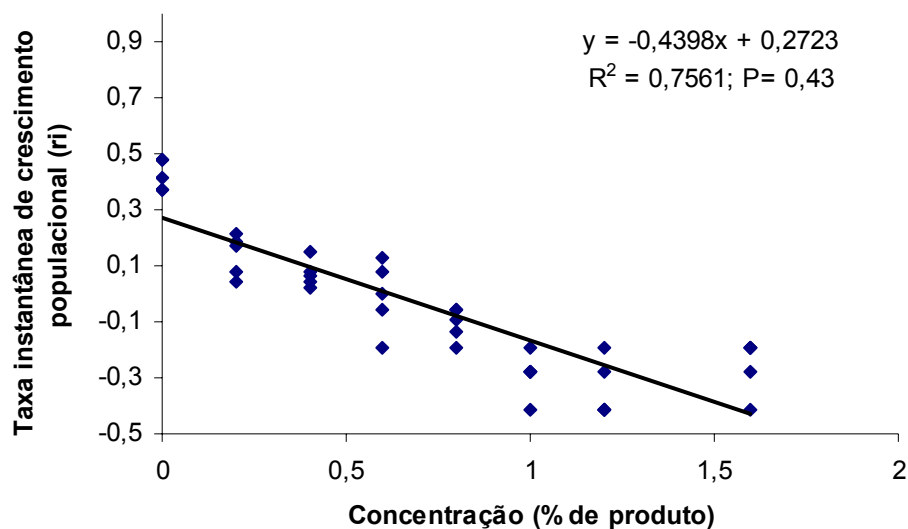


Figura 1. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *T. evansi* em função da aplicação de concentrações da calda sulfocálcica.

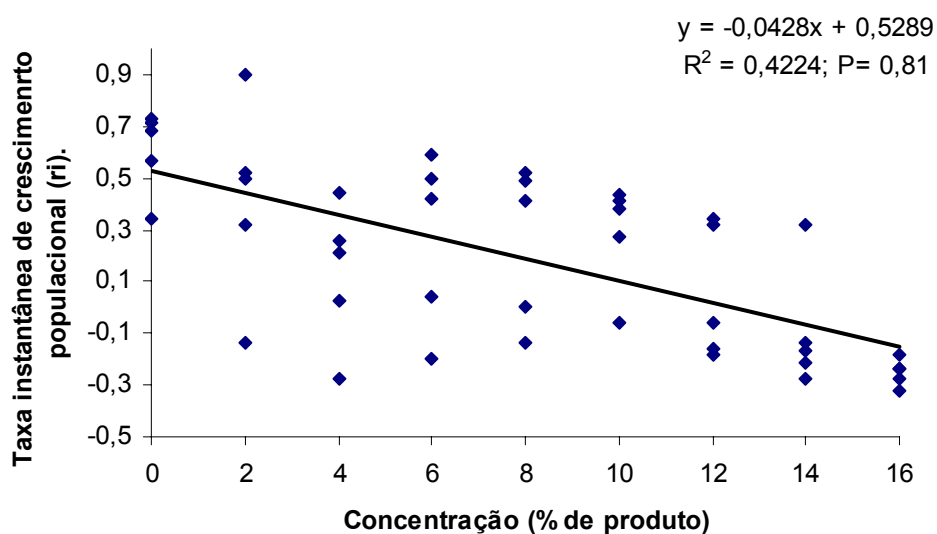


Figura 2. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *T. urticae* em função da aplicação de concentrações da calda sulfocálcica.

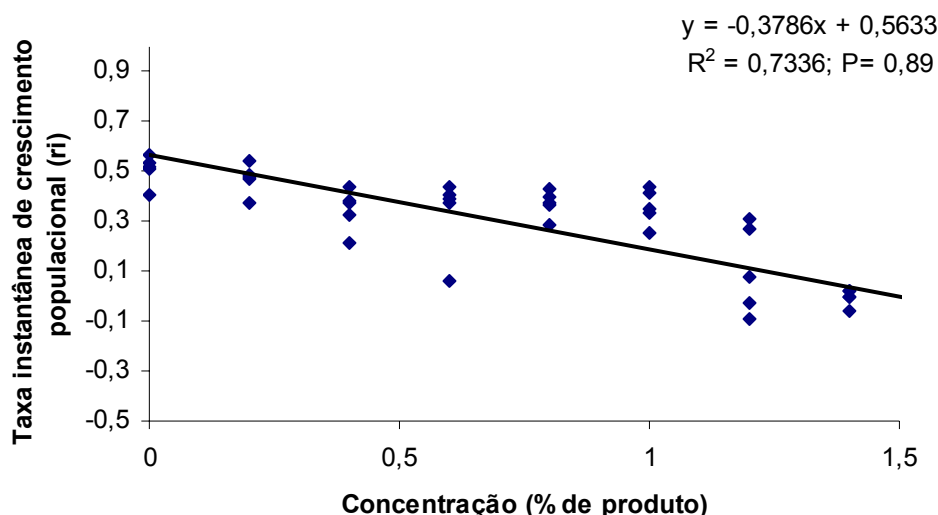


Figura 3. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *P. macropilis* em função da aplicação de concentrações da calda sulfocálcica.

Discussão

Para que se obtenha de 95% de mortalidade de *T. evansi*, as concentrações da calda sulfocálcica não foram superiores a 1,03%. Isso demonstra que este produto tem potencial para ser aplicado sobre a cultura do tomate com o objetivo de controlar populações do ácaro-vermelho *T. evansi*, atualmente considerado uma importante praga dessa cultura em vários países de África, Europa, e América (Knapp et al. 2003; Ho et al. 2004; Migeon 2005). Com relação a concentração da calda sulfocálcica requerida para controle de *T. evansi*, as concentrações letais e subletais foram menores que as recomendadas e utilizadas em sistemas de cultivo orgânico. Estas concentrações variaram de 2 a 4% de uma calda que possui uma densidade de 29 a 32⁰ Baumé (Penteado 2000; D'Andréa 2001), aproximadamente 0,58 a 1,28% de polissulfetos de cálcio na calda de pulverização.

A calda sulfocálcica representa uma alternativa para o controle de pragas, especialmente quando agrotóxicos não são permitidos, como em cultivos orgânicos. Outro ponto importante a ser considerado é que para aplicações cujos ácaros não apresentaram mortalidade imediata devido à concentração aplicada, foram estudados os efeitos retardados deste produto, isso é, efeitos subletais, que representam qual é a concentração que leva à paralisia do crescimento populacional. O crescimento

populacional de *T. evansi* foi interrompido quando se usou a calda sulfocálcica em concentração de 0,62%. A obtenção do controle de *T. evansi* a baixas concentrações representa um grande avanço em relação aos estudos que buscam o controle desse ácaro, pois *T. evansi* produz grande quantidade de teia, o que dificulta a ação de predadores e leva ao rápido crescimento populacional da praga (Sabelis & Bakker 1992).

Porém, o fato de esse ácaro apresentar-se como altamente susceptível não implica que este produto possa ser aplicado indiscriminadamente em concentrações mais altas que as recomendadas como resultados de experimentos científicos em campo ou em semi-campo, já que pode apresentar problemas de fitotoxicidade.

O ácaro rajado *T. urticae* apresentou maior resistência à calda sulfocálcica (28,4 vezes mais resistente que *T. evansi* e 8,9 vezes mais que *P. macropilis*), o que indica que para controlar esta espécie precisa-se aplicar maior concentração do produto. A aplicação de calda sulfocálcica para controlar *T. urticae* não é uma alternativa viável a utilizar, pelas altas concentrações que se requerem. Este ácaro tem sofrido a ação de produtos químicos utilizados ao longo dos anos, para seu controle. Este fato tem levado a uma pressão de seleção sobre as populações do ácaro com consequente resistência a vários defensivos. A resistência de *T. urticae* a pesticidas tem sido documentada para diferentes culturas em vários países (Georghiou 1983; Miller et al. 1985; Edge & James 1986; Dennehy et al. 1987; Grafton-Cardwell et al. 1987; Flexner et al. 1988; Croft 1990; Tian et al. 1992). No Brasil ainda são poucos os trabalhos referentes à resistência desta espécie a acaricidas (Chiavegato et al. 1983; Sato et al. 1994; Suplicy Filho et al. 1994). Em trabalhos realizados por vários pesquisadores, constatou-se casos da resistência de *T. urticae* a acaricidas como dimetoato, cihexatin, naled, mevinfós e propargite (Souza Filho et al. 1994; Suplicy Filho et al. 1994; Takematsu et al. 1994).

Uma das estratégias mais conhecidas para o manejo da resistência de *T. urticae* é a rotação de produtos de diferentes grupos químicos (Gravena 1994; Nakano 1995; Omoto 1995, 1998). O princípio da rotação é baseado no fato de que a frequência de resistência a um produto diminui quando produtos alternativos são utilizados (Tabashnik 1989).

O crescimento populacional de *P. macropilis* foi interrompido quando se usou a calda sulfocálcica na concentração de 1,49%. *P. macropilis* pode apresentar boas perspectivas para o uso no controle biológico aplicado, em especial sobre condições de cultivo protegido e estufa, que são atividades em expansão no Brasil, sobretudo para floricultura e hidroponia de hortaliças e que oferecem excelentes condições para o desenvolvimento de ácaros fitófagos.

No caso particular de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae), sua capacidade de sobreviver aos efeitos dos organofosforados foi reportada três décadas atrás na América do Sul (Croft & Macrae 1992). Na região do “Alto Valle de Rio Negro y Neuquén”, Muther (1998) destacou a impossibilidade de usar *N. californicus* como espécie bioindicadora, devido a sua insensibilidade aos agrotóxicos de amplo espectro de ação. Recentemente, Poletti (2007) observou que uma população brasileira de *N. californicus* era muito menos sensível que *P. macropilis* à ação de vários defensivos utilizados em culturas em casa de vegetação. Por sua vez, Sato et al (2002) reportaram que *N. californicus* mostrou sensibilidade diferenciada quando exposto aos efeitos de pulverização direta e toxicidade residual de vários agrotóxicos utilizados em citros no Brasil.

O uso da calda sulfocálcica representa uma alternativa viável aos pesticidas sintéticos, pois os resultados aqui apresentados demonstram que a baixas concentrações controla ao ácaro *T. evansi* em plantas de tomate. A calda sulfocálcica não foi eficiente para o controle do ácaro rajado *T. urticae* pelas altas concentrações requeridas para seu controle, as quais foram para a $CI_{50} = 5,68\%$, para $ri = 0$ de $12,35\%$ e para $CI_{95} = 23,44\%$ do produto, o qual não é economicamente viável seu uso, ademais ocasionaria fitotoxicidade nas plantas pulverizadas.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento da pesquisa. À Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) programa PEC-PG pela concessão da bolsa.

Literatura Citada

Chiavegato, L.G.; Mischán, M.M.; Cotas, M.P. 1983. Resistência do ácaro-rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) proveniente de diferentes regiões algodoeiras aos acaricidas. Científica, Jaboticabal. 11: 57-62.

Croft, B.A. 1990. Developing a philosophy and program of pesticide resistance management. In: Roush, R.T. & Tabashnik, B.E. (Ed.). Pesticide resistance in arthropods. New York: Chapman and Hall. p.277-296.

Croft, B.A.; Macrae, I.V. 1992. Persistence of *Typhlodromus pyri* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) on apple after inoculative release and competition with *Zetzelia mali* (Acari: Stigmaeidae). Environmental Entomology, College Park. 21: 1168-1177.

D'Andrea, P.A. 2001. Aspectos práticos e tendências no uso dos fertiprotetores. In: Hein, M. (org). Resumos do 1^o Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica Botucatu. p. 97- 101.

Dennehy, T.J.; Granett, J.; Leigh, T.F.; Colvin, A. 1987. Laboratory and field investigations of spider mite (Acari: Tetranychidae) resistance to the selective acaricide propargite. Journal of Economic Entomology 80: 565-574.

Edge, V.E. & James, D.G. 1986. Organo-tin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Australia. Journal of Economic Entomology 79: 1477-1483.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. Cambridge: Cambridge University Press. 333p.

Flexner, J.L.; Westigard, P.H.; Croft, B.A. 1988. Field reversion of organotin resistance in the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) following relation of selection pressure. Journal of Economic Entomology 81: 1516-1520.

Georghiou, G.P. 1983. Management of resistance in arthropods. In: Georghiou, G.P. & Saito, T. (Ed.) Pest resistance to pesticides. New York: Plenum. p.769-792.

Grafton-Cardwell, E.E.; Granett, J.; Dennehy, T.J. 1987. Quick tests for pesticide resistance in spider mites. California Agriculture 41: 8-10.

- Gravena, S. 1994.** Rotação de acaricidas no MIP-citros: menos desequilíbrio e resistência. *Laranja* 15: 375-395.
- Ho, C.C.; Wang, S.C.; Chien, Y.L. 2004.** Field observation on 2 newly recorded spider mites in Taiwan. *Plant Protection Bulletin, Taiwan* 47: 391-402.
- Knapp, M.; Wagener, B.; Navajas, M. 2003.** Molecular discrimination between the spider mite *Tetranychus evansi* Baker & Prichard, an important pest of tomatoes in southern Africa, and the closely related species *T. urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). *African Entomology* 11: 300-304.
- Laurance, P.O. 1981.** Developmental and reproductive biologies of the parasitic wasp, *Biosteres lingicaudatus*, reared on hosts treated with a chitin síntesis inhibitor. *Insect Science and its Application* 1: 403- 406.
- Migeon, A. 2005.** Un nouvel acarien ravageur en France: *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard. *Phytoma, Paris* 579: 38-42.
- Miller, R.W.; Croft, B.A.; Nelson, R.D. 1985.** Effects of early season immigration on cyhexatin and formetanate resistance of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry in central California. *Journal of Economic Entomology* 78: 1379-1388.
- Muther, J. 1998.** Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln und Anbauverfahren auf die Biologie und Ökologie natürlicher Gegenspieler von Spinnmilben - Eine Beurteilung für Kernobstbau in Nord-Patagonien, Argentinien. *Plits, Stuttgart* 16:1-168.
- Nakano, O. 1995.** Rotatividade de ingredientes ativos em citros. In: Oliveira, C.A.L. de & Donadio, L.C. (Ed.) *Leprose dos citros*. Jaboticabal: FUNEP. p.189-194.
- Omoto, C. 1995.** Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) aos produtos químicos na citricultura. In: Oliveira, C.A.L. de & Donadio, L.C. (Ed.) *Leprose dos citros*. Jaboticabal: FUNEP. p.179-188.
- Omoto, C. 1998.** Acaricide resistance management of leprosis mite (*Brevipalpus phoenicis*) in Brazilian citrus. *Pesticide Science* 52: 189-191.
- 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.
- Penteado, S.R. 2000.** Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa. Buena Mendes Gráfica e Editora, Campinas. 95p.

- Poletti, M. 2007.** Integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus longipes* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em programas de manejo do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Tese de Doutorado. ESALQ-USP.
- Potter, C. 1952.** An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray films. *Annals of Applied Biology* 39: 1-29.
- 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). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27: 265-274.
- Sabelis, M.W.; Bakker, F.M. 1992.** How predatory mites cope with the web of their tetranychid prey: a functional view on dorsal chaetotaxy in the Phytoseiidae. *Experimental and Applied Acarology, Amsterdam* 16: 203-225.
- Sato, M.E.; Suplicy Filho, N.; Souza Filho, M.F. DE; Takematsu, A.P. 1994.** Resistência do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) a diversos acaricidas em morangueiro (*Fragaria* sp.) nos municípios de Atibaia, SP e Piedade, SP. *Ecosistema*. 19: 40-46.
- Sato, M.E., 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. *Neotropical Entomology* 31: 449-456.
- Souza Filho, M.F.; Suplicy Filho, N.; Sato, M.E.; Takematsu, A.P. 1994.** Suscetibilidade do ácaro-rajado proveniente de videira de Pilar do Sul, SP, a diversos acaricidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 29: 1187-1192.
- Stark, J.D., R.I. Vargas, R.H. Messing & M. Purcell. 1992.** Effects of cyromazine and diazinon on three economically important Hawaiian tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their endoparasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology* 85: 1687-1694.
- Stark, J.D., L. Tanigoshi, M., Bounfour & A. Antonelli. 1997.** Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 37: 273-279.
- Stark, J.D. & J.E. Banks. 2003.** Population – level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review Entomology* 48: 505- 519.

- Suplicy Filho, N.; Souza Filho, M.F.; Takematsu, A.P.; Sato, M.E. 1994.** Resistência do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch) a acaricidas em roseira, na região de Itapevi, SP. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 23: 51-55.
- Tabashnik, B.E. 1989.** Managing resistance with multiple pesticide tactics: theory, evidence and recommendations. Journal of Economic Entomology 82: 1263-1269.
- Takematsu, A.P.; Suplicy Filho, N.; Souza Filho, M.F.; Sato, M.E. 1994.** Sensibilidade de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836), proveniente de roseira (*Rosa* sp.) de Holambra-SP, a alguns acaricidas. Revista de Agricultura 69: 129-137.
- Tian, T.; Grafton-Cardwell, E.E.; Granett, J. 1992.** Resistance of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to cyhexatin and fenbutatin-oxide in California pears. Journal of Economic Entomology 85: 2088-2095.
- Venzon, M.; Rosado, M.C.; Pallini, A.; Fialho, A.; Pereira, C.J. 2007.** Toxicidade letal e subletal do nim sobre o pulgão-verde e seu predador *Eriopsis connexa*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42: 627-631.
- 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. Journal of Economic Entomology 95: 399-406.
- Waltthall, W.K. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effect. Ecotoxicology and Environmental Safety. 37: 45- 52.

Capítulo II

Composição química da cutícula de *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard e de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

RESUMO - A análise da composição química da cutícula dos artrópodos é importante na taxonomia, no reconhecimento de espécies de difícil diferenciação, na ecologia, no comportamento, no estudo da seletividade de compostos naturais e artificiais e, por conseguinte, importante no controle de pragas. O objetivo deste trabalho foi estudar a composição química da cutícula dos ácaros *T. urticae* e *T. evansi*. Realizou-se as análises cromatográficas dos extratos por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CGMS). A identificação dos compostos foi realizado por comparação dos tempos de retenção com padrões, no cálculo do índice de Kovats e análise dos espectros de massa obtidos para cada pico registrado no cromatograma. Avaliou-se: 1) a concentração relativa dos compostos presentes na cutícula, 2) a polaridade desses compostos e sua concentração total relativa, e 3) a presença diferencial de compostos na cutícula das duas espécies de ácaros. Os compostos mais abundantes na cutícula das duas espécies de ácaros foram o ácido hexadecanoico (ácido palmítico), ácido 9,12-octadecadienoico (ácido linoleico), ácido 9,12,15-octadecatrienoico-metil ester (metil linoleato) e ácido octadecanoico (ácido oléico ou esteárico). A cutícula de *T. urticae* tem de 2,07 a 3,67 vezes mais compostos extraíveis por hexano que a cutícula de *T. evansi*. O total de compostos polares foi 2,15 a 3,71 vezes maior em *T. urticae* e a quantidade dos compostos mais abundantes, presentes nas duas espécies, foram 2,34 a 5,66 vezes maior em *T. urticae*. Estes resultados auxiliam o entendimento dos mecanismos de seletividade aos acaricidas no controle.

PALAVRAS-CHAVE: Cromatografia gasosa, espectrometria de massas, índice de Kovats, seletividade

Chemical Composition of the Cuticle of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

ABSTRACT - Analysis of arthropod chemical composition of the cuticle is important in taxonomy, for recognition of species difficult to differentiate, in ecology, for behavioral analyses, and in selectivity studies of the cuticle for artificial and natural compounds, therefore, it is important for pest control. The objective of this study was to evaluate the chemical composition of cuticle from *T. urticae* and *T. evansi* mites. Chromatographic analyses of extracts were performed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). Identification of compounds was based on the comparison of retention times with standards, on the Kovats index calculation and analysis of mass spectra obtained for each peak on the recorded chromatogram. The following were evaluated to differentiate the cuticle composition of the mites: concentration of compounds in the cuticle, the polarity of these compounds and their total relative concentration and the differential presence of compounds in the cuticle of the two mite species. The most abundant compounds in the cuticle of both mite species were hexadecanoic acid (palmitic acid), 9,12-octadecadienoic acid (linoleic acid), 9,12,15-octadecatrienoic acid-methyl ester (methyl linoleate) and octadecanoic acid (oleic acid or stearic). The cuticle of *T. urticae* has 2.07 to 3.67 times more hexane extractable compounds as the cuticle of *T. evansi*. The total polar compound concentration was 2.15 to 3.71 times higher in *T. urticae* and the quantity of the most abundant compounds present in the two species was 2.34 to 5.66 times higher in *T. urticae*.

KEY-WORDS: Gas chromatography, mass spectrometry, Kovats index, selectivity

Introdução

Dentre os ácaros fitófagos, o ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) é considerado uma das mais importantes pragas agrícolas, infestando diversas culturas. Causa redução da área fotossintética, diminuição da produção e produtividade de inúmeras culturas anuais, fruteiras e hortaliças (Helle & Sabelis 1985; Moraes & Flechtmann 2008). Quando não controlado corretamente, pode reduzir a produção de morango em até 80%, na fase máxima de desenvolvimento da população (Chiavegato & Mischán 1981). O ácaro vermelho *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) é considerado praga importante da cultura de tomateiro, se caracteriza por sua alta capacidade reprodutiva, o que leva a atingir altas populações em curto tempo e ocasionar danos econômicos (Maluf et al. 2001; Sarmiento 2003; Guanilo 2007). O controle desses ácaros é feito principalmente através de produtos convencionais, no entanto, o uso frequente e indiscriminado destes produtos têm levado à presença de altos níveis de resíduos tóxicos nos alimentos, desenvolvimento de populações resistentes, intoxicação de mamíferos, destruição de organismos benéficos e poluição do ambiente (Filgueira 2000; Sato et al. 2000; Fragoso et al. 2002; Picanço et al. 2007).

A cutícula faz parte do esqueleto dos artrópodos tendo função de suporte para os músculos e outras estruturas como asas, glândulas, pelos, trato digestivo, entre outras; confere proteção mecânica, química e biológica aos tecidos vivos do meio externo, restringe a perda de água, reflete luz, confere coloração e tem função no reconhecimento inter e extra específico (Page et al. 1990; Bidochka & Khachatourians 1997; Gullan & Cranston 1998; Muratori et al. 2006; Ye et al. 2007). Têm papel no reconhecimento de espécies provendo respostas comportamentais em artrópodes sociais e gregários (Nelson et al. 1988; Phillips et al. 1990; Thorne et al. 1994; Mahamat & Min 2000; Nelson & Charlet 2003). A endocutícula é composta de quitina e proteínas sendo pouco esclerotizada e, portanto, macia e flexível. A exocutícula é composta de quitina e proteínas sendo esclerotizada apresentando-se rígida. Estas duas camadas ainda podem conter compostos como melanina e resilina que conferem coloração e flexibilidade.

A camada mais externa, a epicutícula, tem como principais constituintes proteínas, glicoproteínas, que podem ser esclerotizadas por quinonas, camada cerosa e lipídeos, especialmente hidrocarbonetos como alcanos e alquenos os quais constituem mais de 90% dos lipídeos (Nation 2002; Ye et al. 2007). Entretanto outros compostos podem ser encontrados tais como ácidos graxos, ésteres de ácidos graxos, álcoois, cetonas, aldeídos, esteróis, glicerídeos e compostos com grupos nitrila (Nation 2002). Compostos como monoterpenos, rosefurano, nerol, neral, geraniol, entre outros, ainda estão presentes tendo sido reportado em ácaros, *Histiogaster rotundus* Woodring (Acarí: Acaridae) (Lapointe et al. 2004).

Em virtude da complexidade e variedade de compostos que fazem parte da cutícula a análise de sua composição química é importante na evolução e taxonomia, quanto ao reconhecimento de uma ou mais espécies de difícil diferenciação ou pelo tempo demandado, na ecologia, no comportamento de insetos, no estudo da seletividade da cutícula a compostos naturais e artificiais e, por conseguinte, importante no manejo e controle de pragas (Liepert & Dettner 1996; Doi et al. 1997; Anyanwu et al. 2000; Horne & Priestman 2002). Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a composição química da cutícula de *T. urticae* e *T. evansi* para assim entender, ainda que parcialmente, as diferenças que essas espécies de ácaros tem na susceptibilidade aos produtos utilizados para seu controle (Capítulo 1).

Material e Métodos

Preparo dos extratos cuticulares

Os ácaros *T. evansi* e *T. urticae* foram criados em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa, em plantas de tomate variedade Santa Clara e de morango cultivar IAC Campinas com 30 dias de idade, acondicionadas em vasos, dentro de gaiolas (10 x 50 x 90cm) e confeccionadas com armação de madeira com tela de organza para isolar as colônias e evitar contaminação por outros artrópodes. As criações foram iniciadas com ácaros coletados no campo em Tocantins e Barbacena, Minas Gerais. Folhas de tomateiros e morangueiros contendo os ácaros foram

levemente batidas com um pincel sobre uma bandeja plástica onde os ácaros foram recolhidos sendo em seguida transferidos para frascos de borocilicato com tampas rosqueáveis. Este procedimento foi feito para evitar o manuseio direto dos ácaros e possível fermento dos mesmos, o que levaria a extração de compostos do interior dos ácaros e não apenas os compostos cuticulares externos que são os de interesse. Os ácaros foram pesados e posteriormente foram submetidos à extração, sendo adicionado uma quantidade de solvente, hexano ou clorofórmio, suficiente para cobrir os ácaros. A extração de 24 horas com os solventes hexano e clorofórmio foi feita para a seleção do solvente e observação da possível ruptura da cutícula dos ácaros expondo seu conteúdo interno a extração pelos solventes.

Solventes muito polares como álcool não extraem bem hidrocarbonetos por isso só foi testado o hexano e clorofórmio, e como os compostos hidrocarbonetos da cutícula são totalmente apolares, assim solvente apolar é o que melhor extrai tais compostos como foi observado.

Após a seleção do solvente a ser utilizado, foi feita nova extração considerando os tempos de 5 e 60 minutos. Estas extrações foram realizadas com o solvente hexano, sendo os ácaros recolhidos e extraídos como descrito anteriormente. Após 5 minutos de extração o solvente contendo o extrato foi removido e nova quantidade de solvente foi acrescentada aos ácaros e deixados extrair por mais 60 minutos. O solvente contendo extrato foi concentrado em evaporador rotativo a baixa pressão e temperatura reduzida (<50 °C), pesado e transferido para um frasco, seco em nitrogênio gasoso e armazenado em temperatura inferior a 0 °C. Foi utilizado para análise o tempo de extração de 5 minutos, visto que a grande maioria das literaturas considera o tempo de 1 a 5 minutos para extração de compostos cuticulares de insetos (Anyanwu, et al. 2000; Horne & Priestman 2002).

Análise dos extratos por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CGMS)

As análises cromatográficas foram feitas no Laboratório de Análise e Síntese de Agroquímicos (LASA) do Departamento de Química da

Universidade Federal de Viçosa (UFV). Os extratos obtidos foram diluídos na concentração de 1 mg/mL. Uma fração de 1 µL foi utilizada para injeção em Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CGMS) utilizando razão de Split de 1/5. As análises foram feitas em aparelho Shimadzu GCMS-QP5050A 70 eV. Os picos foram scaneados de 50-700 m/e. A coluna capilar utilizada foi DB-5 (30m x 0,32 mmi.d.) tendo o hélio como fase móvel. A programação utilizada foi: 75 °C até 150 °C aumentando-se de 25 °C min.⁻¹, seguido de 150 até 320 °C aumentando-se de 8 °C min.⁻¹ e finalmente mantendo-se a temperatura a 320 °C por 45 min (Adams 1995; Horne & Priestman 2002).

Identificação dos compostos cuticulares

A identificação dos compostos presentes na cutícula foi feita com base na comparação dos tempos de retenção com padrões, no cálculo do índice de Kovats e análise dos espectros de massa obtidos para cada pico registrado no cromatograma e por comparação destes dos espectros de massas com o espectro de massas de compostos presentes na biblioteca do CGMS.

Calculo do índice de kovats

O índice de Kovats é um índice de retenção que descreve o comportamento de retenção de um composto de interesse comparativamente ao de uma mistura de hidrocarbonetos saturados, alcanos, de diferentes números de carbono. O índice de Kovats expressa o número de átomos de carbono multiplicado por 100, de um alcano hipotético de cadeia normal que teria um tempo de retenção ajustado idêntico ao do pico de interesse quando analisado sob condições idênticas. O índice de Kovats foi calculado conforme a equação (Kovats 1965):

$$KI = 100Z + \frac{100[(\log t' R^X) - (\log t' R^Z)]}{(\log t' R^Z + 1) - (\log t' R^Z)}$$

Onde:

X é o composto de interesse;

$t'R^X$ é o tempo de retenção ajustado de X;

Z é o número de átomos de carbonos do alcano com tempo de retenção imediatamente inferior ao de X;

$t'R^Z$ é o tempo de retenção ajustado de Z;

$t'R^{Z+1}$ é o tempo de retenção ajustado do alcano com tempo de retenção imediatamente superior ao de Z.

Os parâmetros avaliados para diferenciação da composição da cutícula dos ácaros foram: a concentração relativa dos compostos presentes na cutícula dos ácaros, a polaridade dos compostos presentes na cutícula e sua concentração total relativa, e a presença diferencial de compostos na cutícula das duas espécies de ácaros.

Resultados

Os resultados cromatográficos obtidos revelam que dos solventes testados o hexano foi o que apresentou a extração de maior quantidade de compostos cuticulares (Figura 1). Para o ácaro *T. evansi* foi observado que o extrato produzido com o solvente hexano possuía 57 picos contra 48 picos presente no cromatograma do extrato utilizando o solvente clorofórmio (Figura 1A e 1B). Para *T. urticae* foi observado 81 e 37 picos para os extratos hexânicos e clorofórmicos, respectivamente (Figura 1C e 1D). Na Figura 1 os compostos foram numerados sequencialmente conforme sua eluição na coluna para verificar o total de compostos extraídos e detectados pela análise e a numeração não corresponde à identificação dos compostos feita nas análises posteriores. Portanto, o solvente hexano apresentou melhor extração dos compostos cuticulares para ambas as espécies de ácaros e foi utilizado para as etapas posteriores de extração e análise dos compostos cuticulares.

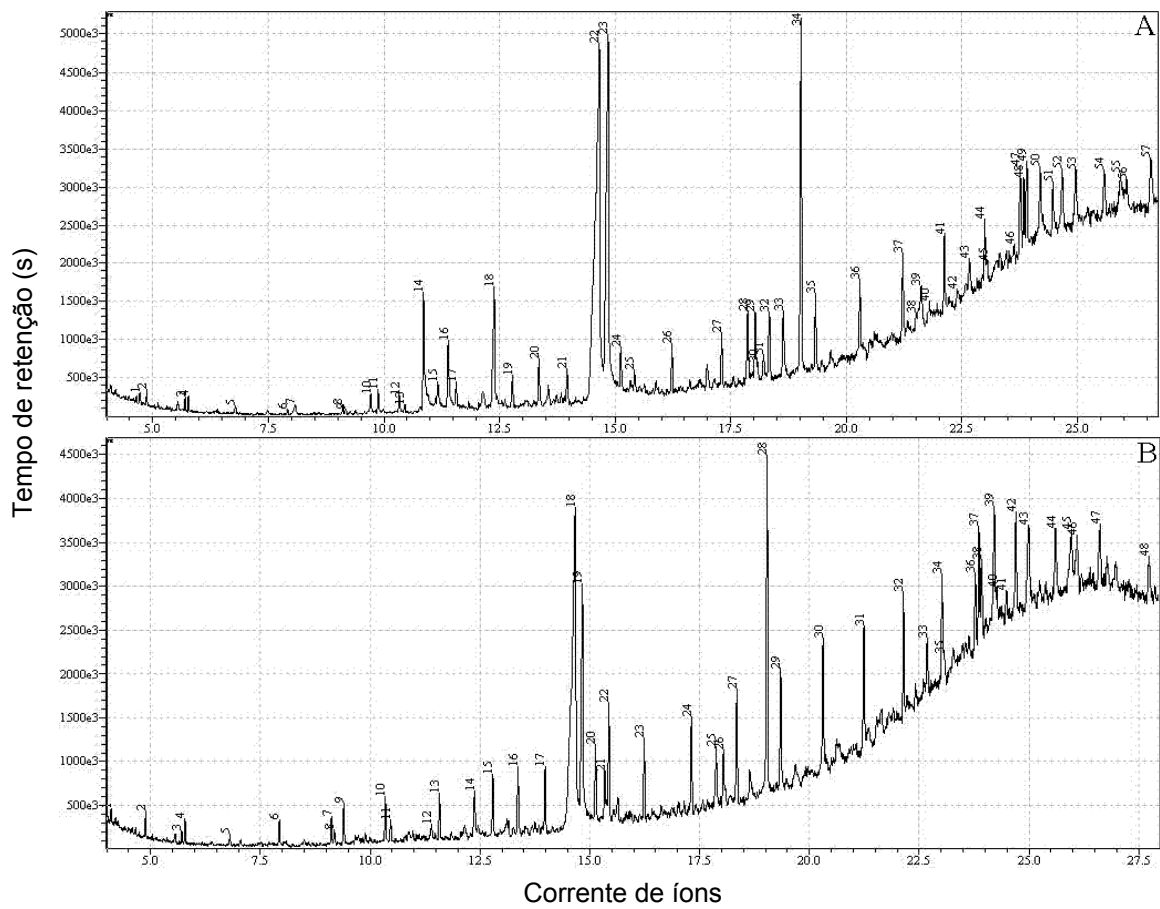


Figura 1. Cromatogramas dos extratos (A) hexânicos e (B) clorofórmicos da cutícula de *T. evansi*.

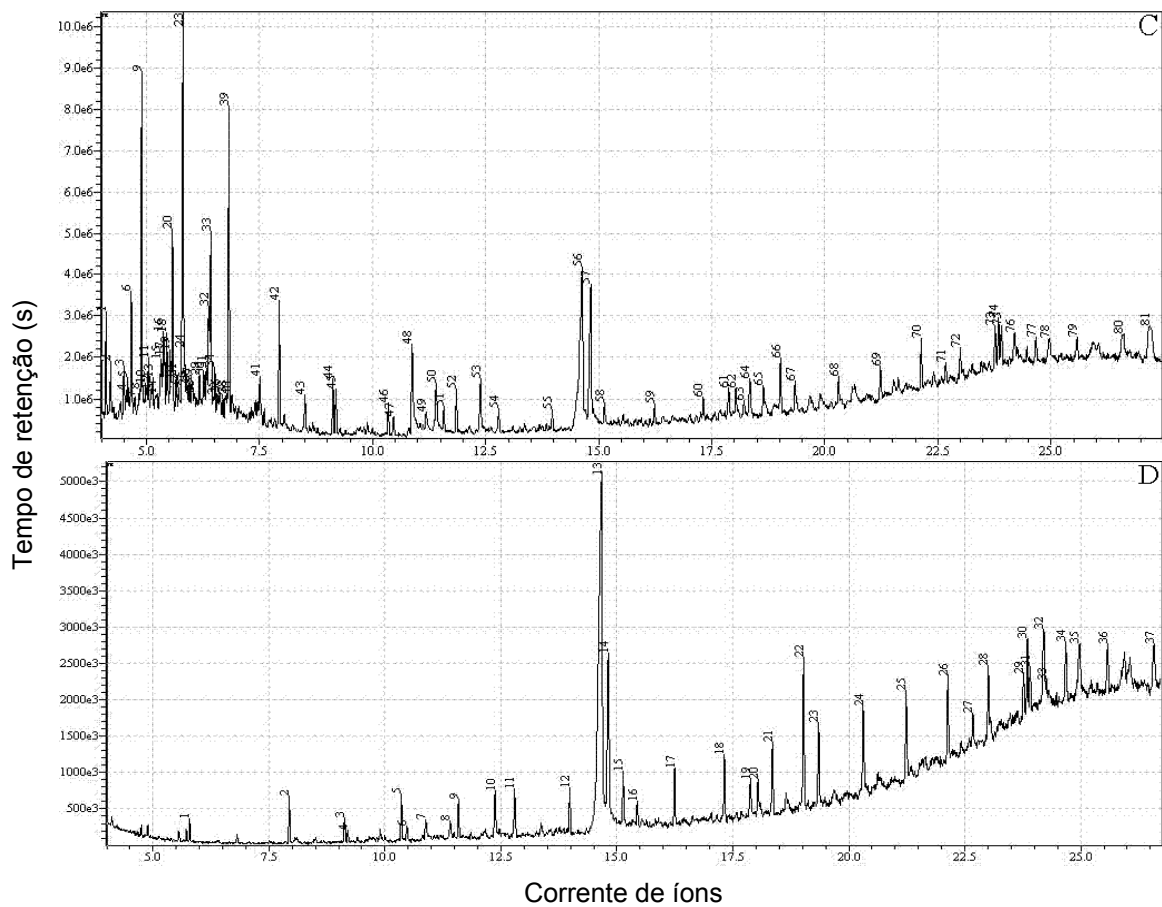


Figura 1. Cromatogramas dos extratos (C) hexânicos e (D) clorofórmicos da cutícula de *T. urticae*.

Tanto para a cutícula de *T. evansi* como para a cutícula de *T. urticae* verificou-se que houve maior concentração de compostos extraídos e presença de maior número de picos na extração de 24 horas seguido pela de 60 min e 5 min. Tal fato pode ser verificado pela escala dos eixos X, corrente de íons, a qual é proporcional à concentração dos compostos (Figura 2 e Figura 3) e foi respectivamente decrescente para os tempos de 24 horas, 60 min e 5 min.

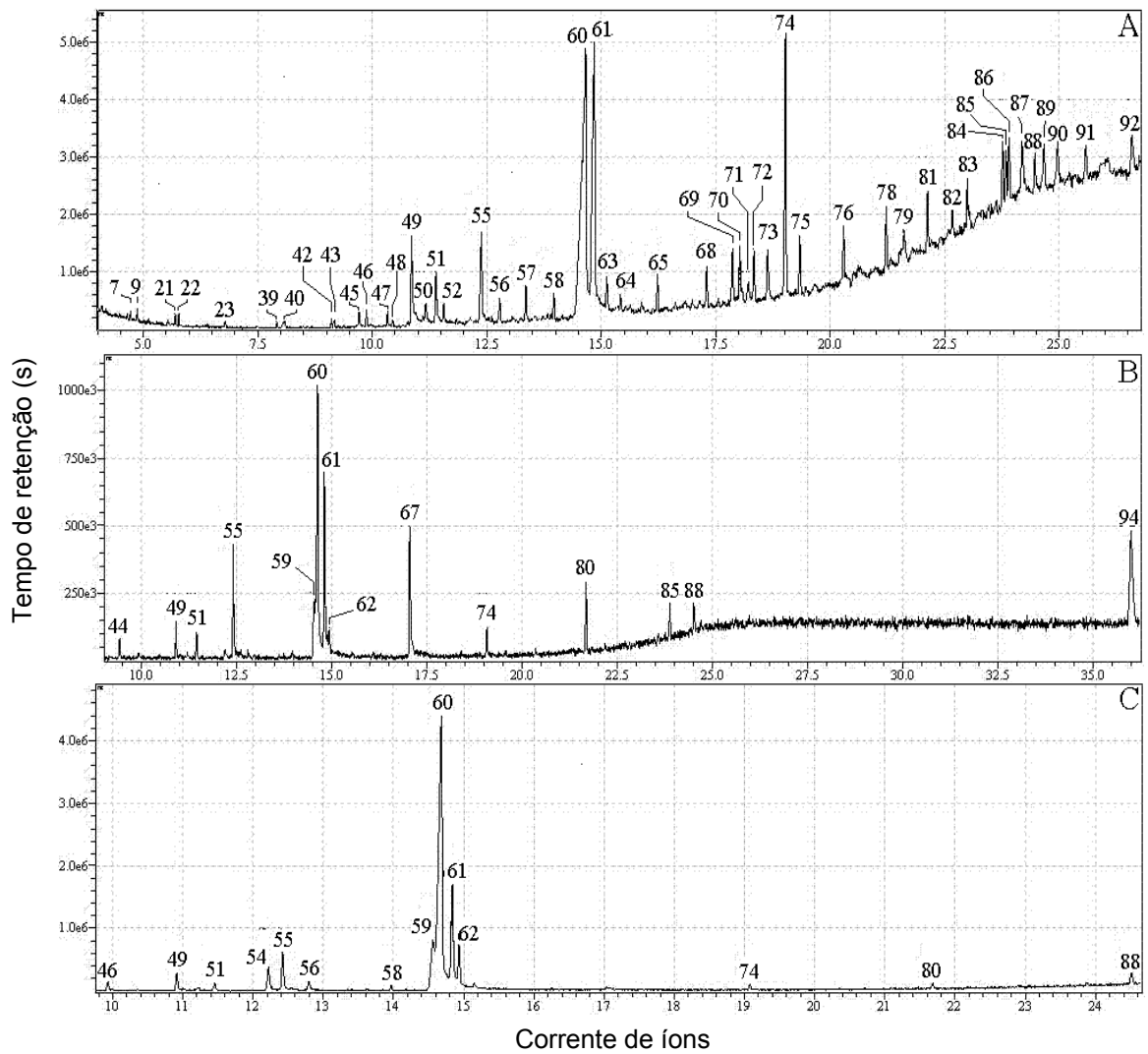


Figura 2. Cromatogramas dos extratos hexânicos da cutícula de *T. evansi* submetidos a extração por 24 horas (A), 5 min (B) e 60 min (C).

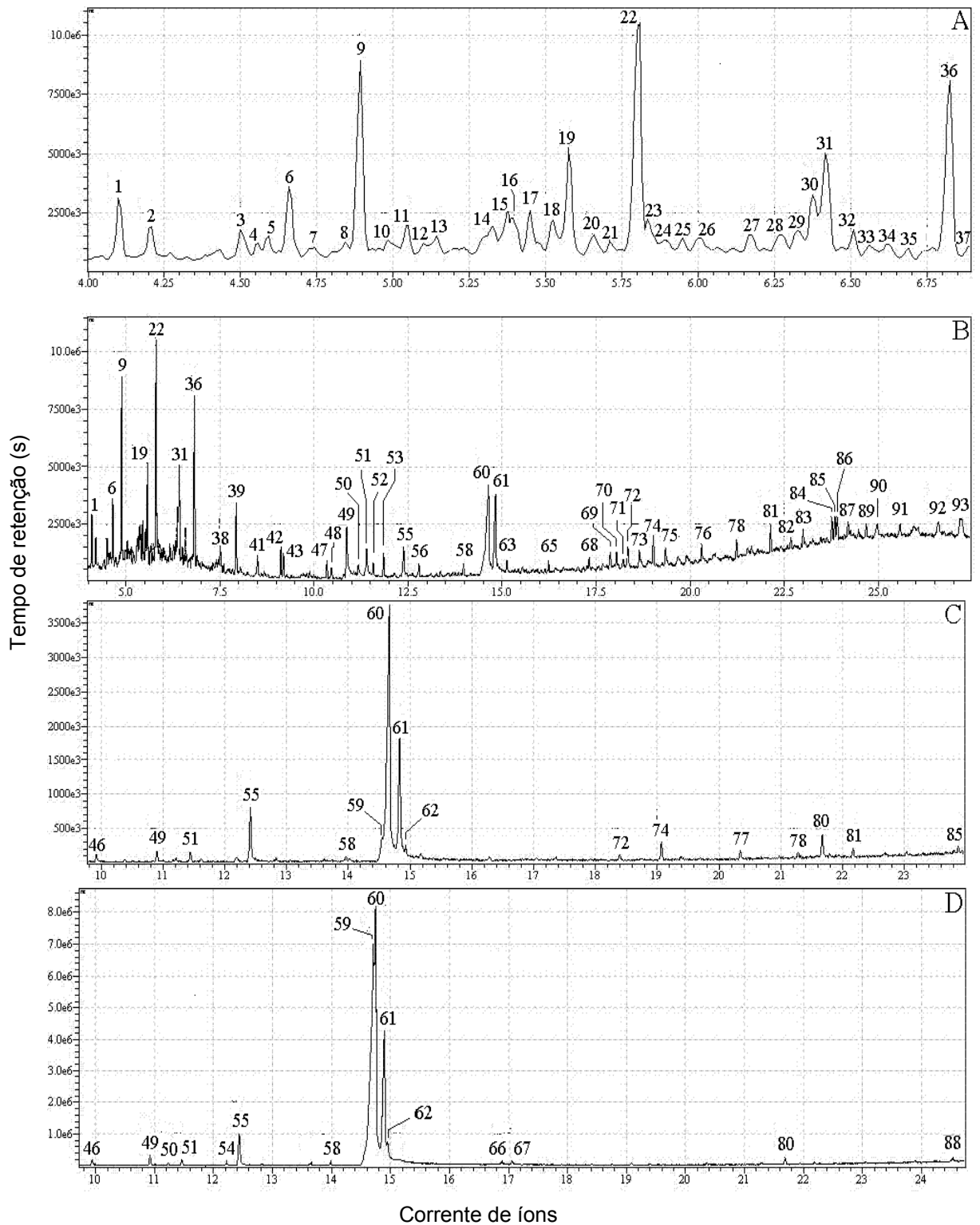


Figura 3. Cromatogramas dos extratos hexânicos da cutícula de *T. urticae* submetidos à extração por 24 horas (A e B), 5 min (C) e 60 min (D). A corresponde à expansão da região de 4 a 7 min do cromatograma B.

A presença de grande número de picos de diversos compostos de menor peso molecular presentes em *T. urticae* na região de 4 a 7,5 min nos cromatogramas (Figura 1C e Figura 3A e 3B) provavelmente indica a ruptura da cutícula deste ácaro expondo os órgãos e conteúdos internos à extração pelo solvente. Assim optou-se pela análise cuticular com extração pelos tempos de 5 e 60 minutos e preferencialmente pelo tempo de 5 minutos por estar de acordo com as metodologias mais utilizadas em literatura.

A quantidade obtida dos extratos dos ácaros foi dividida pelos pesos dos ácaros. O extrato hexânico obtido de *T. urticae* apresentou uma quantidade 3,67 vezes maior que o extrato obtido para *T. evansi* com 5 min de extração e 2,07 vezes maior no tempo de 60 min. Em média considerando-se os dois tempos, *T. urticae* apresentou uma quantidade 2,60 vezes maior de extrato ou compostos extraídos da cutícula. Portanto, a concentração destes compostos na cutícula de *T. urticae* foi maior que na cutícula de *T. evansi*, resultado este que poderia estar influenciando a suscetibilidade destas diferentes espécies a pesticidas.

Todos os compostos detectados nas análises cromatográficas tiveram seu coeficiente de Kovats calculado, classificados e numerados em ordem crescente de acordo com o tempo de retenção e índice de Kovats (Anexo 1). Dos 94 picos observados 38 foram identificados com base em padrões de hidrocarbonetos (C12 a C34), por meio de análise dos espectros de massas dos compostos, por comparação do índice de Kovats calculado e por comparação com o respectivo padrão do composto obtido e injetado posteriormente. Estiveram presentes compostos do grupo hidrocarbonetos (alcanos e alquenos), ácidos carboxílicos, e outros compostos como álcoois, cetonas, esteróis, além de outros não identificados e de natureza mais complexa. A relação dos picos e dos compostos identificados encontram-se no Anexo 1. Observa-se que os compostos polares, área total dos compostos polares (ATCP), dentro de cada extrato foram os mais abundantes sendo responsáveis por 87,35% da área relativa no extrato de *T. evansi* com extração de 5 min, 94,83% área relativa no extrato de *T. evansi* com extração de 60 min. e 88,22 e 97,63% da área relativa nos extratos de *T. urticae* nos tempos de 5 e 60 min, respectivamente.

Os compostos correspondentes aos picos 55, 59, 60 e 61 foram os mais abundantes e responsáveis por 56,37; 85,45; 86,19 e 96,51% da área total dos cromatogramas respectivamente para *T. evansi* com extração de 5 min, *T. evansi* com extração de 60 min, *T. urticae* com extração de 5 min e *T. urticae* com extração de 60 min (Anexo 1 e Anexo 2). Em média tais compostos foram responsáveis por 70,91% dos compostos cuticulares de *T. evansi* e 91,35% dos compostos cuticulares de *T. urticae* (Anexo 1 e Anexo 2). Todos foram caracterizados como sendo ácidos carboxílicos e, portanto, de natureza polar. Estes foram identificados como sendo ácido hexadecanoico (ácido palmítico), ácido 9,12-octadecadienoico (ácido linoleico), ácido 9,12,15-octadecatrienoico-metil ester (metil linoleato) e ácido octadecanoico (ácido oleico ou esteárico) (Anexo 1), respectivamente para os picos 55, 59, 60 e 61.

Fato semelhante ocorreu comparando-se a quantidade de cada composto, que foi calculada e expressa por unidade de peso vivo dos ácaros (mg/g) (Anexo 3), onde se verifica que os compostos correspondentes aos picos 55, 59, 60 e 61 foram ainda os picos mais abundantes (PMA) representando a maior porção da área total de todos os compostos e foram responsáveis pela quase totalidade dos compostos polares (TCP). Este fato foi mais marcante em *T. urticae* onde estes compostos representaram 97,72 e 97,80% do total de compostos polares contra 64,07 e 90,09% em *T. evansi* (Anexo 3).

Calculando-se a razão do total de compostos polares (TCP) e picos mais abundantes (PMA) de *T. urticae* por *T. evansi* (T.u 5min/T.e 5min e T.u 60min/T.e 60min) verifica-se que TCP foi 2,15 a 3,71 vezes maior em *T. urticae* e que PMA foi 2,34 a 5,66 mais concentrado em *T. urticae* (Anexo 3). Portanto, os compostos ácido hexadecanoico (ácido palmítico), ácido 9,12-octadecadienoico (ácido linoleico), ácido 9,12,15-octadecatrienoico-metil ester (metil linoleato) e ácido octadecanoico (ácido oléico ou esteárico) foram os mais abundantes da cutícula destes ácaros, o qual é um fator importante na diferenciação da constituição química, estando presentes em maior quantidade na cutícula de *T. urticae*.

Compostos cuja curva nos cromatogramas não apresentaram área, mas que entretanto obteve-se indícios de sua presença, como pico que se

confundia com a linha de base do cromatograma mas cuja identidade foi determinada no espectro de massas, foram considerados apresentando traços de sua presença (Anexo 3). O composto do pico 94, não identificado (Figura 2B e Anexo 1) e de natureza polar (Anexo 2), esteve presente apenas nos extratos de *T. evansi*, extrato de 5 min, representando até 15% deste extrato (Figura 2B e Anexo 2).

O composto relacionado pelo pico 66 (Figura 3D e Anexo 1), quimicamente não identificado e de natureza polar (Anexo 2), foi observado apenas em *T. urticae*, extrato de 60 min de extração, onde representou 0,25% deste extrato (Anexo 2). Os compostos correspondentes aos picos 72 (C25), 77 (não identificado), 78 (C28) e 81 (C29) (Figura 3C e Anexo 1), todos hidrocarbonetos apolares (Anexo 2), foram detectados apenas no extrato de *T. urticae* com 5 min de extração, representando 3,34% deste extrato (Anexo 2 e Anexo 3).

Discussão

O melhor poder de extracion do solvente hexano provavelmente se deve ao fato de que grande parte dos compostos da cutícula seriam hidrocarbonetos, alcanos e alquenos, e compostos como ácidos carboxílicos, cetonas e álcoois que apresentam uma longa cadeia formada por carbono e hidrogênio o que propicia também sua extração ainda que presente uma porção polar na molécula composta por átomos de oxigênio. De fato o hexano é o solvente mais comumente utilizado em literatura para extração dos compostos cuticulares de artrópodes (Nelson et al. 1988; Anyanwu et al. 2000; Young et al. 2000; Nelson et al. 2001; Johnson et al. 2001; Horne & Priestman 2002).

Nas extrações de 24 horas tanto para *T. evansi* como para *T. urticae* observa-se que houve presença de maior número de picos, compostos extraídos, em relação às extrações de 5 e 60 minutos. Este fato pode ser explicado por dois fatores. Primeiro, pelo maior tempo de extração a que foram submetidas as amostras de ácaros propiciando a extração de maior número de compostos, o que se verifica pela maior corrente de íons de 4×10^6 em 60 min contra 1×10^6 em 5 min, (Figura 2C e Figura 2B), e maior

corrente de íons de 8×10^6 em 60 min contra $3,5 \times 10^6$ em 5 min (Figura 3D e Figura 3C) os quais são proporcionais à concentração dos compostos. Segundo, pelo rompimento da cutícula dos ácaros expondo seu conteúdo e órgãos internos à extração pelo solvente o que pode ser verificado pela presença de grande número de picos de diversos compostos de menor peso molecular presentes em *T. urticae* de 4 a 7,5 min (Figura 1C e Figura 3 A e B). Com poucas exceções, estes picos não estiveram presentes nas extrações de 5 e 60 min. Assim, optou-se pela análise cuticular com extração pelos tempos de 5 e 60 minutos e preferencialmente pelo tempo de 5 minutos por estar de acordo com as metodologias mais utilizadas em literatura que realizam extrações de 2 a 10 min (Johnson et al. 2001; Hiroaka et al. 2003, Lu et al. 2004), apesar dos resultados de análise com tempo de 60 min não apresentar indícios de rompimento da cutícula.

Vários picos não foram identificados devido a baixa concentração destes nos extratos, por não terem sido reportados na literatura para comparação dos tempos de retenção com o índice de Kovats, pela inexistência de dados destes compostos na biblioteca do CG/MS e por que não foi possível a determinação estrutural, padrão de fragmentação, dos compostos por meio de análise dos espectros de massas já que tais padrões podem ser resultantes de vários compostos. Por tanto seria necessário o isolamento e análise dos compostos por outras metodologias. Entretanto a polaridade de tais compostos, a qual é um dos principais fatores a influenciar a retenção e penetração de compostos pela cutícula, foi analisada para todos os compostos por meio da área total dos compostos polares (ATCP) e a área total dos compostos apolares (ATCA) (Anexo 2).

O fato de que os compostos extraídos pelo solvente estar mais concentrado em *T. urticae*, 2,07 a 3,67 sendo em média 2,60, pode facilitar ou dificultar a retenção e penetração de moléculas acaricidas e como resultado ocasionar maior ou menor mortalidade das espécies de ácaros (Bidochka & Khachatourians 1997).

Devido à hidrofobicidade da epicutícula conferida por lipídeos, especialmente hidrocarbonetos e ceras, a cutícula tem maior afinidade por compostos apolares, os quais tendem a ter maior penetração via cutícula, que os compostos polares. Entretanto, a predominância de compostos

polares na cutícula, como é o caso dos ácaros *T. urticae* e *T. evansi*, faz com que a afinidade por compostos polares seja maior e possa ter a retenção e penetração favorecida em detrimento dos compostos apolares.

Em relação ao controle químico, esta é uma importante característica, pois, ainda é por meio de acaricidas a principal forma de controle de ácaros fitófagos, representado pela aplicação de acaricidas sintéticos. No mercado, existem diversos produtos disponíveis para o controle dos ácaros fitófagos *T. urticae* e *T. evansi*, sendo que os mais utilizados são Abamectin e dimetoato que são pertencentes aos grupos químicos Abamectina e organofosforados, respectivamente (Carvalho 2003). Abamectin é um composto acaricida derivado da bactéria do solo *Streptomyces avermilitis*, que foi descoberto no Japão e é um produto da fermentação dessa bactéria. Já os organofosforados se caracterizam por serem sinteticamente sintetizados, de largo espectro de ação, e são muito ativos e sistêmicos (Chenck & Lehotay 2000). Porém, estes resultados aqui obtidos demonstram apenas uma tendência de afinidade da cutícula a compostos polares. Este resultado não surge como algo definitivo e que sirva como um indicador para o uso de uma ou outra molécula de acaricida para o controle destes ácaros, pois, os compostos que são comumente utilizados apresentam parte da molécula apolar, mais suas estruturas são fortemente apolares, formadas por grandes cadeias carbônicas.

O surgimento de populações resistentes desses ácaros a muitos acaricidas utilizados como o caso de dos organofosforados tem sido um importante fator limitante ao uso dos mesmos (Sato et al. 2000). Em relação a abamectina também já se a confirmado a ocorrência de populações de *T. urticae* resistente a este acaricida em cultivos de morangueiros e de hortaliças (Oliveira et al, dados ainda não publicados). A resistência aos acaricidas é comum e pode ser rapidamente desenvolvida pelas populações segundo Sato et al. (2000), e pode ser definida como a redução da sensibilidade de determinada população a um acaricida. A desintoxicação natural, a absorção mais lenta da toxina e a fuga de sítios de perigo (=resistência comportamental) são alguns mecanismos de resistência utilizados pelos ácaros para evitar ação deletéria de acaricidas. A estratégia fundamental para evitar-se o surgimento de populações resistentes é reduzir

a pressão de seleção dos acaricidas sobre os ácaros. Isto pode ser alcançado utilizando o manejo integrado de pragas (Pedigo 1999).

Uma alternativa para o manejo integrado de ácaros é a aplicação de produtos menos tóxicos como os derivados de plantas como o nim que são capazes de controlar estes fitófagos em baixas concentrações. Em relação as diferenças de concentrações dos produtos a base de nim necessárias para controlar *T. urticae* e *T. evansi* pode ser explicada pelos muitos compostos detectados nas cutículas de um e outro ácaro e que não foram identificados nesse trabalho. A maior potência do extrato de óleo de torta de nim pode ser atribuída ao maior teor de azadirachtina, pois segundo Brechelt & Fernández (1995), no processo de obtenção de torta de nim pela prensagem das sementes, 90% da azadirachtina presente fica concentrada na torta. A azadirachtina, que é considerada o mais potente dos limonóides ou tetranortriterpenóides presentes no nim, atua na inibição da alimentação dos artrópodes, afeta o desenvolvimento de imaturos e atrasa seu crescimento, reduz a fecundidade e fertilidade dos adultos, altera o comportamento, causa diversas anomalias nas células, na fisiologia e causa mortalidade de ovos, larvas e adultos (Martinez 2002).

Outros limonóides (grupo de tetranortriterpenóides), além da azadirachtina, foram isolados da árvore nim, incluindo a solanina, 14-epoxiazadiradiona, melantriol, nimbidina, nimbina, melianona, gedunina, nimbolina, ninbinem, deacetilsalanina, azadiractol, azadirona, vilosinina, meliacarpina (Brechelt & Fernández 1995).

Os resultados obtidos nesta pesquisa, ao encontrar-se diferenças na composição química nas cutículas dos ácaros *T. urticae* e *T. evansi*, permitem entender em parte a seletividade que apresentam estas duas espécies de ácaros aos produtos utilizados para seu controle. Os compostos ácido palmítico, ácido linoleico, ácido metil linoleato e ácido oléico ou esteárico apresentaram maior concentração na cutícula de *T. urticae* que na cutícula de *T. evansi*.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento da pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) programa PEC-PG pela concessão da bolsa.

Literatura Citada

- Adams, R.P. 1995.** Identification of essential oil components by gas chromatography mass spectroscopy. Illinois, Allured Publishing Corporation. 468p.
- Anyanwu, G.I.; Molyneux, D.H.; Phillips, A. 2000.** Variation in cuticular hydrocarbons among strains of the *Anopheles gambiae* sensu stricto by analysis of cuticular hydrocarbons using gas liquid chromatography of larvae. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 95(3): 295-300. Chemical ecology of blackflies: sexual dimorphism in cuticular washes of *Wilhelmia equine* (L.) (Diptera: Simuliidae). Ekologija 1: 81-88.
- Bidochka, M.J.; Khachatourians, G.G. 1997.** Basic proteases of entomopathogenic fungi differ in their adsorption properties to insect cuticle. Journal of Invertebrate Pathology 64: 26-32.
- Brechelt, A. & C.L. Fernández. 1995.** El nim. Un árbol para la agricultura y el medio ambiente. San Domingo: Fundación Agricultura y medio Ambiente. 133p.
- Carvalho, G.A. 2003.** Side-effects of insecticides used in tomato fields on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Acta Scientiarum, Maringá 25 (2): 275-279.
- Chenck, F. J.; Lehotay, S. J. 2000.** Does further clean-up reduce the matrix enhancement effect in gas chromatographic analysis of pesticide residues in food. Journal of Chromatography A 868 (1): 51-61.
- Chiavegato, L.G., Mischam, M.M. 1981.** Efeito do ácaro *Tetranychus urticae* (KOCH, 1836) BOUDREUX; DOSSE, 1963 (Acari: Tetranychidae) na produção no morangueiro (*Fragaria* spp). Científica, Campinas. 9: 257-266
- Doi, M.; Nemoto, T.; Nakanishi, H.; Kuwahara, Y.; Oguma, Y. 1997.** Behavioral response of males to major sex pheromone component (Z,Z)-5,25-hentriacontadiene, of *Drosophila ananassae* females. Journal of Chemical Ecology 23: 2067-2078.

- Filgueira, F.A.R. 2000.** Novo manual de olericultura - agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 402p.
- Fragoso, D.B., R.N.C. Guedes, M.C. Picanço, L. Zambolim. 2002.** Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). Bulletin of Entomological Research 92: 203-212.
- Guanilo, A.D. 2007.** Busca de *Tetranychus evansi* e seus inimigos naturais no Peru e no norte da Argentina. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 186p.
- Gullan, P.J.; Cranston, P.S. 1998.** The insects: an outline of entomology. London, Chapman & Hall, 491p.
- Hiroaka, H.; Mori, N.; Okabe, K.; Nishida, R.; Kuwahara, Y. 2003.** Chemical ecology of astigmatid mites LXIX. Neryl formate [3,7-dimethyl-(Z)-2,6-octadienyl formate] as the alarm pheromone of an acarid mite, *Histiogaster rotundus* Woodring (Acari: Acaridae). Applied Entomology and Zoology 38(3): 379-385.
- Helle, W.; Sabelis, M.W. 1985.** Spider mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevier. 1A, 405 p.
- Horne, G.L.; Priestman, A. 2002.** The chemical characterization of the epicuticular hydrocarbons of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Bulletin of Entomological Research 92: 287-294.
- Johnson, C.A; Vander Meer, R.K; Lavine, B. 2001.** Changes in the cuticular hydrocarbon profile of the slave-maker ant queen, *Polyergus breviceps* Emery, after killing a *Formica* host queen (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Chemical Ecology 27(9): 1787-1804.
- Kovats, E. 1965.** Gas chromatographic characterization of organic substances in the retention index system. Advances in Chromatography 1: 229-247.
- Lapointe, S.L.; Hunter, W.B.; Alessandro, R.T. 2004.** Cuticular hydrocarbons on elytra of the Diaprepes root weevil *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Agricultural and Forest Entomology 6: 251-257.
- Lu, X; Zhao, M; Kong, H; Cai, J; Wu, J; Wu, M; Hua, R; Liu, J; Xu, G. 2004.** Characterization of complex hydrocarbons in cigarette smoke condensate by gas chromatography–mass spectrometry and comprehensive two-dimensional gas chromatography–time-of-flight mass spectrometry. Journal of Chromatography 43: 265–273.

- Liepert, C.; Dettner, K. 1996.** Role of cuticular hydrocarbons of aphid parasitoids in their relationship to aphid-attending ants. *Journal of Chemical Ecology* 22: 695-706.
- Mahamat, H.; Min, J.X. 2000.** Cuticular hydrocarbon composition and taxonomic differentiation of phlebotomine sandfly species (Diptera: Psychodidae) in Kenya. *Journal of Medical Entomology* 35: 778-781.
- Maluf W.R, Campos G.A & Cardoso M. D. 2001.** Relationship between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. *Euphytica* 121:73-80.
- Martinez, S.S. 2002.** O nim – *Azadirachta indica* – natureza, usos múltiplos, produção. Londrina, IAPAR. 142p.
- Moraes, G.J.; Flechtmann, C.H.W. 2008.** Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto. Holos. 288p.
- Muratori, F.; Ralec, A.L.; Lognay, G.; Hance, T. 2006.** Epicuticular factors involved in host recognition for the aphid parasitoid *Aphidius rhopalosiphi*. *Journal Chemical Ecology* 32 (3): 579-593.
- Nation, J.L. 2002.** Insect physiology and biochemistry. London, New York, CRC press, 485p.
- Nelson, D.R.; Carlson, D.A.; Fatland, C.L. 1988.** Cuticular hydrocarbons of tsetse flies II. *Glossina fuscipes*, *G. palpalis*, *G. p. gambiensis*, *G. tachinoides*, and *G. brevipalpis*. *Journal of Chemical Ecology* 14(3): 963-987.
- Nelson, D.R; Tissot, M; Nelson, L.J; Fatland, C.L; Gordon, D. M. 2001.** Novel wax esters and hydrocarbons in the cuticular surface lipids of the red harvester ant, *Pogonomyrmex barbatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 128:575-595.
- Nelson, D.R & Charlet, L.D. 2003.** Cuticular hydrocarbons of the sunflower beetle, *Zygogramma exclamationis*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 135: 273–284.
- Page, M.; Nelson, L.J.; Haverty, M.I.; Blomquist, G.J. 1990.** Cuticular hydrocarbon as chemotaxonomic characters for bark beetles: *Dendroctonus ponderosae*, *D. jefreyi*, *D. brevicomis*, and *D. frontalis* (Coleoptera: Scolitydae). *Annals of the Entomological Society of America* 83: 892-901.
- Pedigo, L. P. 1999.** Entomology and pest management. 3. ed. Englewood: Prentice Hall. 691 p.

- Phillips, A.; Sabatini, A.; Milligan, P.J.M.; Boccolini, D.; Broonifield, G.; Molyneux, D.H. 1990.** The *Anopheles maculipennis* complex (Diptera: Culicidae): comparison of the cuticular hydrocarbon profiles determined in adults of five palaeartic species. *Bulletin of Entomological Research* 80: 459-464.
- Picanço, M.C.; Soto, A; Bacci, L; Fidelis, E.G.; Silva, G.A.; De Sena, M.E. 2007.** Controle biológico das principais pragas de hortaliças no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças*. Viçosa: UFV. p.505-537.
- Sarmiento R.A. 2003.** Resposta comportamental de artrópodes em teia alimentar de tomateiro. Dissertação de mestrado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 161p.
- Sato, M.E.; Passerotti, C.M.; Takematsu, A.P.; Souza Filho, M.F.; Potenza, M.R.; Sivieri, A.P. 2000.** Resistência de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) a acaricidas, em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch), em Paranapanema e Jundiá-SP. *Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo*. 67: 117-123.
- Thorne, B.L.; Haverty, M.I.; Collins, M.S. 1994.** Taxonomy and biogeography of *Nasutitermes acajutlae* and *N. nigriceps* (Isoptera: Termitidae) in the Caribbean and Central America. *Annals of the Entomological Society of América* 87: 762-770.
- Ye, G.; Li, K.; Zhu, J.; Zhu, G.; Hu, C. 2007.** Cuticular hydrocarbon composition in pupal exuviae for taxonomic differentiation of six necrophagous flies. *Journal of Medical Entomology* 44(3): 450-45.
- Young, H.P., Larabee, J.K., Gibbs, A.G., Schal, C., 2000.** Relationship between tissue-specific hydrocarbon profiles and lipid melting temperatures in the cockroach *Blattella germanica*. *Journal of Chemical Ecology* 26:1245–1263.

Capítulo III

Controle alternativo do ácaro *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) com produtos a base de nim em morango na presença e ausência do seu predador

RESUMO - O ácaro fitófago *Tetranychus urticae* é considerado praga primária em morangueiro devido às altas densidades populacionais atingidas e aos danos causados às plantas. O controle biológico ainda é incipiente, mas indica que o ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* apresenta grande potencial no controle de *T. urticae*. Porém, esse predador é muito sensível a aplicação de qualquer produto convencional na cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar em laboratório, diante a análise conjunta da concentração letal (CL) e subletal, a ação tóxica de produtos comerciais a base de nim sobre os ácaros *T. urticae* e *P. macropilis*. Para determinar se o nim afeta ao predador, foi estudado o forrageamento de *P. macropilis* em experimento com olfatômetro, e em casa de vegetação estudou-se a fitotoxicidade e o controle que exercem os produtos com as dose letais e subletais em presença e ausência do ácaro predador em morango. A aplicação dos produtos na CL₉₅ e quando $r_i = 0,1$ para o predador resultou em maior eficiência de controle ao longo do tempo, e esta eficiência aumentou com o período de exposição. A exposição dos predadores a doses subletais de azadirachtina não afetou a capacidade de forrageamento de *P. macropilis*. O manejo de *T. urticae* em morango foi possível de ser feito com produtos alternativos a base de nim sem interferir no controle biológico de ácaros predadores.

PALAVRAS-CHAVE: Azadirachtina, ácaros fitófagos, morango, olfatômetro, *P. macropilis*

**Alternative control of the mite *Tetranychus urticae* Koch
(Acari: Tetranychidae) with neem-based products in strawberries, in the
presence and absence of its natural predator**

ABSTRACT - The phytophagous mite *Tetranychus urticae* is considered one of the primary pests in strawberries due to high population densities and damage caused to plants. Biological control is still incipient, but indicates that the mite predator *Phytoseiulus macropilis* has great potential to control *T. urticae*. However, this predator is very sensitive to application of any product in the conventional crop. The objective of this study was to evaluate in the laboratory, before the joint analysis of lethal (LC) and sublethal concentration, the toxic effect of the commercial neem based products on the mites *T. urticae* and *P. macropilis*. To determine if neem affects the predator, foraging of *P. macropilis* was evaluated in an olfactometer experiment and in a greenhouse in relation to phytotoxicity and control that the products with lethal and sublethal doses exert in the presence and absence of predator mites in strawberries. Application of products at CL95 and when $r_i = 0.1$ for the predator resulted in increased control efficiency over time, and this efficiency increased with exposure duration. The exposure of predators to sublethal doses of azadirachtin does not affect the foraging ability of *P. macropilis*. Management of *T. urticae* in strawberries could utilize alternative products based on neem without interfering with biological control of predatory mites.

KEY-WORDS: Azadirachtin, phytophagous mites, syrup sulfocálcica, strawberries, olfactometer, *P. macropilis*

Introdução

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch) é uma importante cultura agrícola no Brasil, sendo cultivada principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais (Antunes et al. 2007). A produção de morangos é prejudicada por ser vista como uma cultura em que se pratica um uso excessivo de agrotóxicos, permitindo altos teores de resíduos nos frutos e comprometendo a saúde humana (Zambolin & Costa 2006).

O ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) é uma das principais pragas do morangueiro ocasionando perdas de até 80% da produção, devido principalmente ao seu alto potencial reprodutivo (Chiavegato & Mischán 1981; Moraes & Flechtmann 2008). Este fato tem levado os produtores a utilizar acaricidas em grandes volumes, sem cumprir os períodos de carência, o que tem acarretado altos níveis de resíduos tóxicos nos frutos, ao desenvolvimento de populações resistentes aos produtos, à intoxicação de mamíferos, à destruição de organismos benéficos e à poluição do meio ambiente (Hernández & Vendramim 1996; Sato et al. 2000).

Duas estratégias que pode contribuir com o sucesso de programas de manejo integrado de *T. urticae* é a utilização de compostos naturais extraídos de plantas e a liberação do ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) o qual apresenta grande eficiência predatória (Garcia & Chiavegato 1997; McMurtry & Croft 1997; Croft et al. 1998; Potenza et al. 1999a,b; Gonçalves et al. 2001; Brito et al. 2006; Carvalho 2008).

O nim *Azadirachta indica* A. Juss, cujo principal composto ativo é a azadirachtina, um tetranortriterpenóide isolado das sementes (Rembold 1989), apresenta elevada ação inseticida e acaricida, baixíssima toxicidade ao homem e animais domésticos, além de não agredir o ambiente (Castagnoli et al. 2000; El-Gengaihi et al. 2000; Mourão et al. 2004). O produto dessa meliácea tem-se mostrado bastante promissor no manejo integrado de ácaros fitófagos, causando mortalidade, redução da fecundidade, deterrência, inviabilidade de formas imaturas e repelência (Dimetry et al. 1993; Mansour et al. 1993; Spollen & Isman 1996;

Schmutterer 1997; Momen et al. 1997; Castiglioni et al. 2002; Brito et al. 2006).

O uso do nim no controle de pragas é muito promissor, principalmente porque os compostos são de fácil extração, sem a necessidade de destruir a planta, já que sementes e folhas podem ser utilizadas, e pelo fato de a planta possuir multiplicidade de compostos como a solanina, azadiradiona e azadirachtina, dentre outros, dificultando o surgimento de populações de pragas resistentes (Viegas Jr. 2003).

Para determinar a seletividade de compostos a inimigos naturais têm sido muito utilizados índices de toxicidade diferencial, normalmente determinados através de testes de toxicidade aguda com o uso das suas concentrações letais (CL) estimadas (Sato et al. 2002; Stark & Banks 2003). Apesar de ser uma medida importante, a CL é uma medida incompleta dos efeitos de produtos químicos sobre populações, pois analisa somente a mortalidade como parâmetro de toxicidade.

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, redução da fecundidade (Stark et al. 1992), mudanças na razão sexual, e no comportamento de alimentação e oviposição (Vinson 1974). A análise da taxa de crescimento populacional 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 (Walthall & Stark 1997). A taxa instantânea de crescimento populacional (r) é uma medida direta de crescimento populacional em determinado período de tempo podendo ser utilizada para prever o crescimento populacional de artrópodes (Walthall & Stark 1997). Portanto, a verificação somente de efeitos letais sobre os organismos poderá não detectar importantes efeitos sobre os herbívoros e inimigos naturais.

Quando as plantas são infestadas por artrópodos fitófagos, estas produzem voláteis que atraem predadores e parasitóides (Dicke 1999; Janssen 1999). Sob herbivoria, as plantas tendem a aumentar as concentrações endógenas do hormônio ácido jasmônico, o qual é responsável pela indução de voláteis por plantas atacadas por fitófagos e

por defesa direta contra fitófagos e fitopatógenos (Gols et al. 1999; Thaler et al. 2001; Thaler et al. 2002). A emissão de voláteis é um mecanismo indireto de defesa induzida pelas plantas e que pode ser eficiente quando o gasto energético decorrente da produção dos voláteis correlaciona-se com redução na taxa de herbivoria (Agrawal 1998). Deve haver correlação entre a atração de inimigos naturais por voláteis de plantas e a presença dos mesmos sobre as plantas, para que aquele mecanismo de defesa induzida seja funcional em condições naturais (Janssen 1999).

A busca de alternativas que reduzam o uso de agrotóxicos no controle de ácaros praga é fundamental para a cultura do morango. Visando obter informações para subsidiar um protocolo sustentável para o controle de *T. urticae* em condições controladas de produção, os objetivos desse trabalho foram: a) avaliar a ação tóxica de produtos derivados de nim sobre os ácaros *T. urticae* e *P. macropilis* em laboratório diante a análise conjunta da concentração letal (CL) e da taxa instantânea de crescimento populacional r_i , b) verificar o potencial de controle de *T. urticae* de doses letais e subletais dos produtos derivados do nim, o efeito sobre o ácaro predador e a fitotoxicidade c) avaliar se a exposição do predador à dose subletais de nim altera o seu forrageamento.

Material e Métodos

Criação dos ácaros

O ácaro-rajado *T. urticae* foi criado em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa, em plantas de morango cultivar IAC Campinas com 30 dias de idade, acondicionadas em vasos, dentro de gaiolas (10 x 50 x 90 cm) e confeccionadas com armação de madeira e tela de organza para isolar as colônias e evitar contaminação por outros artrópodes. A criação foi iniciada com ácaros coletados no campo nos municípios de Tocantins e Barbacena, Minas Gerais.

O ácaro predador *P. macropilis* foi criado nas mesmas condições anteriores (casa de vegetação, gaiolas) sobre plantas de morango infestadas previamente com *T. urticae*. Este ácaro foi coletado em plantios de morango no município de Barbacena.

Os trabalhos foram conduzidos nos laboratórios de Acarologia e de Olfatometria do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal Viçosa (UFV), e em casa de vegetação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Unidade Regional EPAMIG da Zona de Mata (UREZM), Viçosa.

Toxicidade letal e Taxa instantânea de crescimento populacional

Foram estudados os efeitos letais e subletais dos seguintes produtos comerciais a base de nim, com a seguinte concentração de azadirachtina: Neem Pro (10 mg/L de azadirachtina), Natuneem (1,5 mg) e Organic Neem (3,3 mg) sobre *T. urticae* e *P. macropilis*.

Foram estimadas as concentrações letais (CL) dos produtos a base de nim para fêmeas adultas de *T. urticae* (Tabela 1) e *P. macropilis* (Tabela 2). As concentrações testadas foram escolhidas através de bioensaios iniciais, e situaram-se entre o limite inferior, onde o produto não causou mortalidade e o limite superior de resposta, onde causou 100% de mortalidade para cada espécie.

Tabela 1. Concentrações testadas dos produtos a base de nim ao ácaro rajado *T. urticae*.

Produto	Concentrações testadas (mg i.a/L)															
Neem Pro	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	
Organic Neem	0,09	0,18	0,27	0,37	0,46	0,55	0,64	0,74	0,83	0,92	1,01	1,10	1,20	1,29		
Natuneem	0,33	0,67	1,00	1,33	1,67	2,00	2,33	2,67	3,00	3,33	3,67	4,00	4,33	4,67	5,00	5,33

Tabela 2. Concentrações testadas dos produtos a base de nim ao ácaro predador *P. macropilis*.

Produto	Concentrações testadas (mg i.a/L)																			
Neem Pro	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31				
Organic Neem	0,03	0,09	0,15	0,21	0,28	0,34	0,40	0,46	0,52	0,58	0,64	0,70	0,77	0,83	0,89	0,95				
Natuneem	0,07	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60	0,67	0,80	0,93	1,07	1,20	1,33	1,47	1,60	1,73	1,87	2,00

Os bioensaios de concentração-resposta foram realizados utilizando-se fêmeas dos ácaros *T. urticae* e *P. macropilis* no início da fase reprodutiva. Os produtos foram pulverizados em discos ($\varnothing = 3,0$ cm) de folhas de morangueiro, acondicionados em Placa de Petri, através de torre de Potter (Potter 1952, Burkard, Rickmansworth, UK) sob a pressão de 5 lb/pol^2 e com a aplicação de um volume igual a 2,5 mL por dose, o que correspondeu a um depósito de $1,70 \pm 0,07 \text{ mg/cm}^2$ sobre a superfície tratada. Esta quantidade aplicada está de acordo com o recomendado pela IOBC/WPRS (Internacional Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/ West Palearctic Regional Section) (Overmeer & van Zon 1982) e representa o que ocorre em situação de campo (Reis et al. 1998). Para a fixação do disco na placa, foi preparada uma solução de carragenina (30g/300mL de água) sendo que o disco foi colocado antes que a solução se solidificasse.

Os discos pulverizados com os produtos e com água (controle) foram expostos ao ambiente por uma hora para secagem da calda. Posteriormente, oito fêmeas dos ácaros *T. urticae* foram colocadas sobre cada disco. Para *P. macropilis* (igualmente ao feito para *T. urticae*), os discos de folhas de morango foram pulverizados, secos e infestados com *T. urticae*. Posteriormente os discos receberam oito fêmeas do ácaro predador *P. macropilis*. Cada concentração do produto foi repetida cinco vezes. Os discos de folhas tratados foram mantidos em câmara climatizada ($25 \pm 2^\circ \text{C}$, $60 \pm 10\%$ UR e 13h de luz). A mortalidade foi avaliada 24h após a aplicação dos produtos. As curvas de concentração-mortalidade foram estimadas pela análise de Probit (Finney 1971). A toxicidade diferencial para cada produto foi obtida através do quociente entre a CI_{50} do produto para *P. macropilis* e a CI_{50} para *T. urticae* (Sato et al. 2002).

A avaliação da ação subletal dos produtos alternativos a base de nim sobre o ácaro fitófago *T. urticae* e o predador *P. macropilis* foi feita utilizando-se a mesma metodologia citada para a avaliação da ação letal dos produtos, e o tempo de avaliação foi de cinco dias.

Para cada concentração de cada produto foram feitas cinco repetições, onde cada repetição foi representada por um disco com oito

fêmeas de *T. urticae*. Os ácaros foram mantidos em câmaras climatizadas sobre as mesmas condições descritas nos experimentos de toxicidade letal. A avaliação do efeito subletal foi feita através da estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i), pela seguinte fórmula (Stark & Banks 2003):

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

Onde N_f é o número final de indivíduos, N_0 é o número inicial de indivíduos, Δt é a variação de tempo (duração do experimento 5 dias). O 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 indica que a população está em declínio e em vias de extinção. A análise de regressão foi utilizada para a avaliação de r_i em função das concentrações utilizadas.

Controle de *T. urticae* em casa de vegetação sem a presença do predador

Plantas de morango cultivar IAC Campinas com 30 dias de idade, cultivadas em potes plásticos com terra (2 L), foram infestadas com 50 fêmeas adultas por planta do ácaro *T. urticae*. Oito dias após a infestação, realizou-se uma avaliação para verificar a população de ácaros em cada planta. Posteriormente, os produtos foram aplicados nas plantas nas concentrações de azadirachtina correspondentes à CL_{95} e quando a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) indicou que a população estava estável ($r_i = 0$): Neem Pro (0,3 e 0,2 mg i.a/L), Organic Neem (0,8 e 0,6 mg i.a/L) e Natuneem (2,8 e 2,0 mg i.a/L). As pulverizações foram feitas com um pulverizador manual Brudden[®] modelo S.S. com capacidade de cinco litros, diâmetro do bocal de 60 mm, provido com um bico do tipo cone regulável e pressão máxima de trabalho de 14 Kgf/cm² ou 200 lb/pol².

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram representados pelos três produtos nas duas concentrações e pelo controle (plantas de morangueiro pulverizadas com água). Os sete tratamentos foram repetidos três vezes, sendo cada repetição representada por quatro plantas acondicionadas em bandejas plásticas (60 x 40 x 10 cm) e mantidos sobre estrado de madeira.

Após 1, 5, 7 e 10 dias da aplicação dos produtos, foram feitas as avaliações populacionais dos ácaros nas plantas por meio da contagem direta com auxílio de lupa.

A mortalidade dos ácaros foi calculada de acordo com a fórmula proposta por Henderson & Tilton (1955):

$$\% \text{ Mortalidade} = 100 \times \left(1 - \frac{Ta \times Cb}{Tb \times Ca}\right)$$

onde:

Ta é o número de ácaros depois do tratamento;

Tb é o número de ácaros antes do tratamento;

Ca é o número de ácaros no controle depois do tratamento;

Cb é o número de ácaros no controle antes do tratamento.

Foram avaliados os sintomas visuais de fitotoxicidade para cada tratamento por dois observadores, através da seguinte escala visual de notas:

- Nota 0: Plantas com folhas normais, sem sintoma de queimaduras;
- Nota 1: Plantas com folhas levemente injuriadas e/o com pequenas áreas queimadas;
- Nota 2: Plantas com folhas medianamente injuriadas, amareladas e com bordas e ápices queimados;
- Nota 3: Plantas com folhas intensamente injuriadas, apresentando severo desfolhamento.

Os dados correspondentes à mortalidade dos ácaros e a fitotoxicidade foram transformados para $\arcsen\sqrt{x/100}$ para que estes dados pudessem obedecer as preposições de homogeneidad de variância e normalidade da análise de variância, e foram submetidos à análise de variância do Modelo Linear Geral. Este tipo de análise foi feito usando o indicador Wilks' Lambda (SAS Institute 1989) versão 9.0 com especificação PROFILE. Para a análise de variância as doses correspondente as CL₉₅ dos produtos foram agrupadas como “concentrações altas” e as concentrações correspondentes

a ausência de crescimento populacional do ácaro ($r_i = 0$) como as “concentrações baixas”.

Controle de *T. urticae* em casa de vegetação com a presença de *P. macropilis*

Plantas de morango cultivar IAC Campinas com 30 dias de idade, cultivadas em potes plásticos com terra (2L), foram infestadas com 50 fêmeas adultas por planta do ácaro *T. urticae*. Sete dias após a infestação, realizou-se uma avaliação para verificar a população de ácaros em cada planta. Ao oitavo dia após a infestação com *T. urticae* foi adicionado em cada planta 2 fêmeas adultas do ácaro predador *P. macropilis*. Onze dias após a infestação com *T. urticae* realizou-se uma nova avaliação previa e ao dia seguinte foram aplicados os produtos a base de nim nas plantas nas concentrações de azadirachtina correspondentes a taxa instantânea de crescimento populacional positiva ($r_i = 0,1$) para o predador *P. macropilis*: Neem Pro (0,1 mg/L de azadirachtina), Organic Neem (0,3 mg i.a/L) e Natuneem (1,1 mg i.a/L). As pulverizações foram feitas com um pulverizador manual Brudden® modelo S.S. com capacidade de cinco litros, diâmetro do bocal de 60 mm, provido com um bico do tipo cone regulável e pressão máxima de trabalho de 14 Kgf/cm² ou 200 lb/pol².

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram representados pelos três produtos com *T. urticae* e o predador *P. macropilis*; os três produtos com *T. urticae* sem o predador; *T. urticae* com o predador e *T. urticae* sem o predador. Os oito tratamentos foram repetidos cinco vezes, sendo cada repetição representada por quatro plantas acondicionadas em bandejas plásticas (60 x 40 x 10 cm).

Após 1, 5, 7 e 10 dias da aplicação dos produtos, foram feitas as avaliações populacionais dos ácaros fitófagos e predadores nas plantas por meio da contagem direta com auxílio de lupa. A mortalidade dos ácaros foi calculada de acordo com a fórmula proposta por Henderson & Tilton (1955), conforme descrito no experimento anterior.

Os valores de mortalidade foram transformados para $\arcsen\sqrt{x/100}$ e submetidos à análise de variância do Modelo Linear Geral. Este tipo de análise foi feito usando o indicador Wilks' Lambda (SAS Institute 1989)

versão 9.0 com especificação PROFILE. As médias dos valores da mortalidade foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

FORAGEAMENTO DE *P. macropilis*

Foi testado o efeito da azadirachtina sobre a capacidade de forrageamento do ácaro predador *P. macropilis* por voláteis provenientes de plantas morango cultivar IAC Campinas infestadas por *T. urticae*. O produto Organic Neem (3,3 mg/L de azadirachtina) foi aplicado na dose de 0,3 mg i.a/L, valor este definido previamente pela análise de Probit e que corresponde a CL_{56} , o seja a quando a taxa instantânea de crescimento populacional $r_i = 0,1$ para o predador *P. macropilis*.

O produto foi pulverizado em discos ($\varnothing = 3,0$ cm) de folhas de morango cultivar IAC Campinas, acondicionados em Placa de Petri, através de torre de Potter (Potter 1952 Burkard, Rickmansworth, UK), como descrito anteriormente. Os discos pulverizados foram expostos ao ambiente por uma hora para secagem da calda. Posteriormente, vinte fêmeas do ácaro *T. urticae* foram colocadas sobre cada disco e em seguida foram confinadas oito fêmeas adultas de *P. macropilis* de 8 – 10 dias de idade durante 24h. Os discos de folhas tratados e os ácaros sobreviventes foram mantidos em câmara climatizada (25 ± 2 °C, $60 \pm 10\%$ UR e 13h de luz).

Posteriormente o forrageamento de *P. macropilis* foi estudado em olfatômetro (Pallini et al. 1997). O aparelho é constituído por um tubo de vidro em forma de “Y”, sendo que cada braço é conectado por uma mangueira de borracha a duas caixas de vidro transparentes (50 x 36 x 43 cm). Dentro destas caixas foram colocadas as fontes de odores, que foram plantas de morango não atacadas por fitófagos ou plantas de morango atacadas com *T. urticae*. O fluxo de ar foi produzido por uma bomba a vácuo que se conectava na base de tubo de vidro, formando uma corrente de ar pela qual o predador se guiava dentro do tubo em direção 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 fechando e abrindo registros

manuais. Antes dos experimentos os ácaros foram privados de alimento por aproximadamente duas horas.

Os tratamentos corresponderam a exposição dos ácaros predadores a água destilada (controle) e a resíduos de azadirachtina (Organic Neem 0,3 mg i.a/L). Como fontes de odores foram utilizadas plantas de morangueiro com 5-10 folhas não infestadas e plantas infestadas com cerca de 1000 formas imaturas (ovos, larvas, protoninfas e deutoninfas) e adultos (machos e fêmeas) de *T. urticae* por planta. As plantas com *T. urticae* apresentavam-se com sintomas visíveis de ataque e estavam recobertas por teia produzida pelos fitófagos. Fêmeas de *P. macropilis* foram liberadas individualmente no olfatômetro e testados uma a uma, 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 (Ramirez et al. 2000). As diferenças entre os números de ácaros que escolheram para cada uma das fontes de odores foram testadas utilizando o teste estatístico Replicated Goodness of Fit (Sokal & Rohlf 1995) considerando uma frequência esperada de 0,5 para cada fonte de odor (Pallini et al. 1997).

Resultados

Toxicidade letal

Os resultados referentes às concentrações letais dos produtos a base de nim sobre *T. urticae* e *P. macropilis* encontram-se nas Tabelas 3, e 4, respectivamente.

Para o Neem Pro foram obtidas Cl_{50} de 0,06 e 0,07 mg/L de azadirachtina para *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente. A maior tolerância do ácaro predador *P. macropilis* pode ser observada através da toxicidade diferencial, sendo que este foi 1,17 vezes mais tolerante ao Neem Pro que sua presa *T. urticae*. As Cl_{95} foram de 0,27 e 0,22 mg i.a/L para *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Toxicidade dos produtos a base de nim ao ácaro rajado *T. urticae*.

Produto	N ¹	Coefficiente Angular ± EP ²	Cl ₅₀ ³ (I.C. a 95%)	Cl ₉₅ ⁴ (I.C. a 95%)	X ²	P
Neem Pro	280	0,19 ± 0,01	0,06 (0,05 – 0,07)	0,27 (0,20 – 0,43)	0,33	0,86
Organic Neem	280	0,12 ± 0,23	0,29 (0,26 - 0,32)	0,82 (0,69 - 1,04)	0,38	0,79
Natuneem	280	0,34 ± 0,10	0,95 (0,29 - 1,08)	2,88 (1,47 - 3,79)	0,62	0,75

¹Numero de ácaros testados

² Coeficiente angular e erro padrão da média

³ Concentração letal média e intervalo de confiança a 95%

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

Tabela 4. Toxicidade dos produtos a base de nim ao ácaro predador *P. macropilis*.

Produto	N ¹	Coefficiente Angular ± EP ²	Cl ₅₀ ³ (I.C. a 95%)	Cl ₉₅ ⁴ (I.C. a 95%)	X ²	P
Neem Pro	185	0,61 ± 0,10	0,07 (0,06 – 0,08)	0,22 (0,19 – 0,29)	0,79	0,99
Organic Neem	220	0,65 ± 0,14	0,17 (0,14 - 0,21)	0,70 (0,60 - 1,05)	0,68	0,92
Natuneem	330	0,69 ± 0,07	0,41 (0,36- 0,47)	1,49 (1,23 - 1,93)	0,35	0,89

¹Numero de ácaros testados

² Coeficiente angular e erro padrão da média

³ Concentração letal média e intervalo de confiança a 95%

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

Para o Organic Neem foram obtidas Cl₅₀ de 0,29 e 0,17 mg/L de azadirachtina para *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente. As Cl₉₅ foram de 0,82 e 0,70 mg i.a/L para *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente (Tabelas 3 e 4).

Para o Natuneem as Cl₅₀ foram de 0,95 e 0,41 mg/L de azadirachtina para *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente. As Cl₉₅ foram de 2,88 e 1,49 mg i.a/L do produto comercial para *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente (Tabelas 3 e 4).

Taxa instantânea de crescimento populacional

Para Neem Pro a taxa instantânea de crescimento populacional foi igual a zero nas doses de 0,20 e 0,13 mg i.a/L do produto comercial para *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente (Figuras 1 e 2).

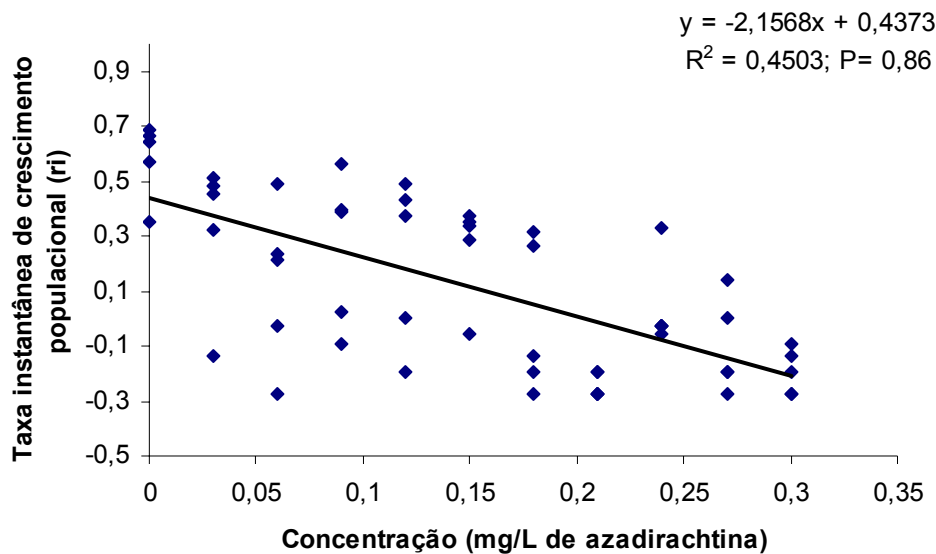


Figura 1. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *T. urticae* em função da aplicação de concentrações do produto comercial Neem Pro.

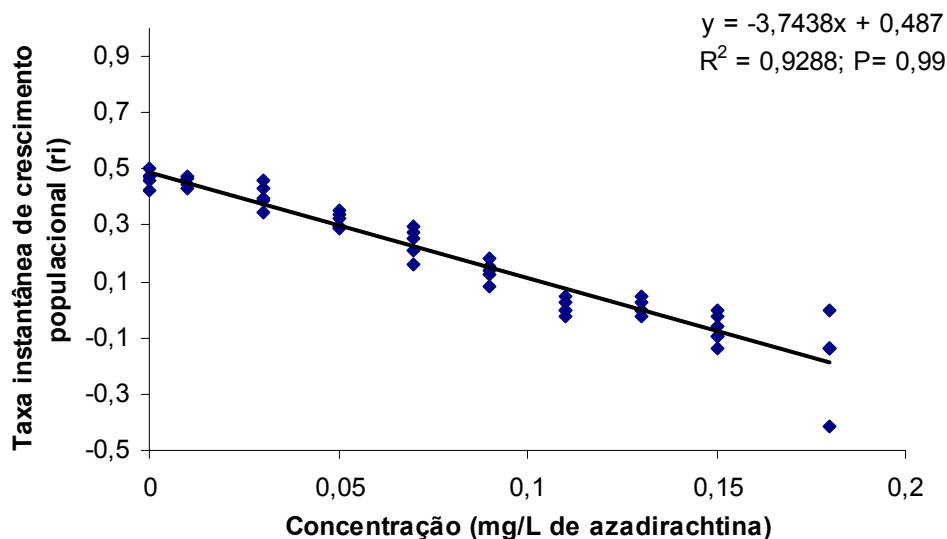


Figura 2. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *P. macropilis* em função da aplicação de concentrações do produto comercial Neem Pro.

Para Organic Neem a taxa instantânea de crescimento populacional foi igual a zero nas doses de 0,56 e 0,39 mg i.a/L do produto comercial para *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente (Figuras 3 e 4).

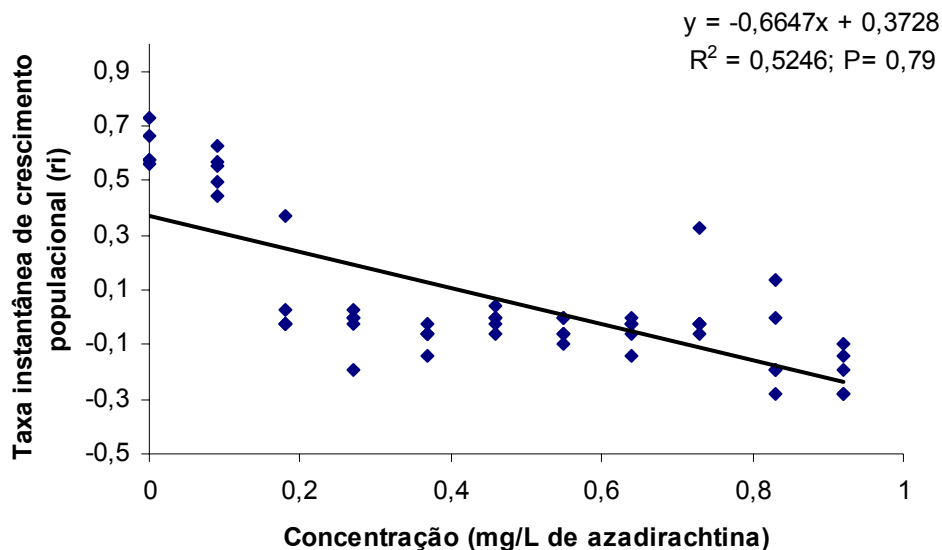


Figura 3. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *T. urticae* em função da aplicação de concentrações do produto comercial Organic Neem.

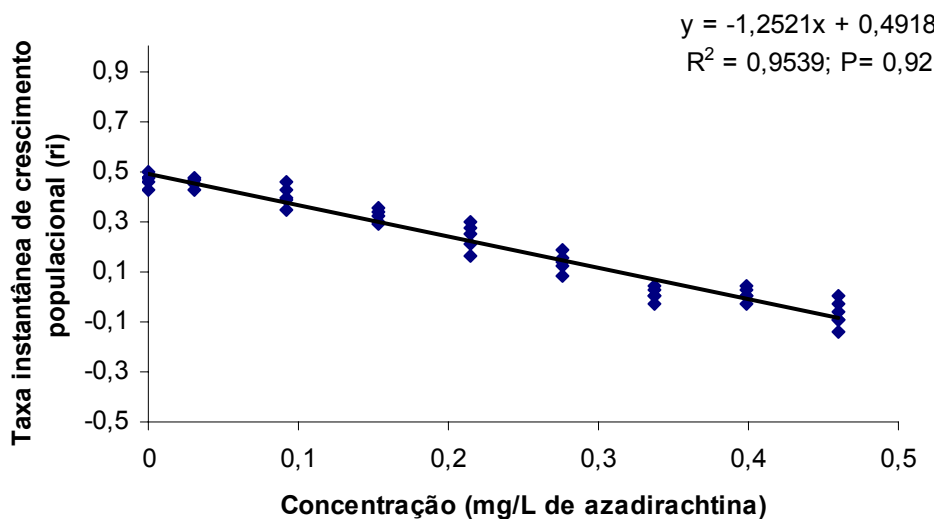


Figura 4. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *P. macropilis* em função da aplicação de concentrações do produto comercial Organic Neem.

Para Natuneem a taxa instantânea de crescimento populacional foi igual a zero nas doses de 2,02 e 1,43 mg i.a/L do produto comercial para *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente (Figuras 5 e 6).

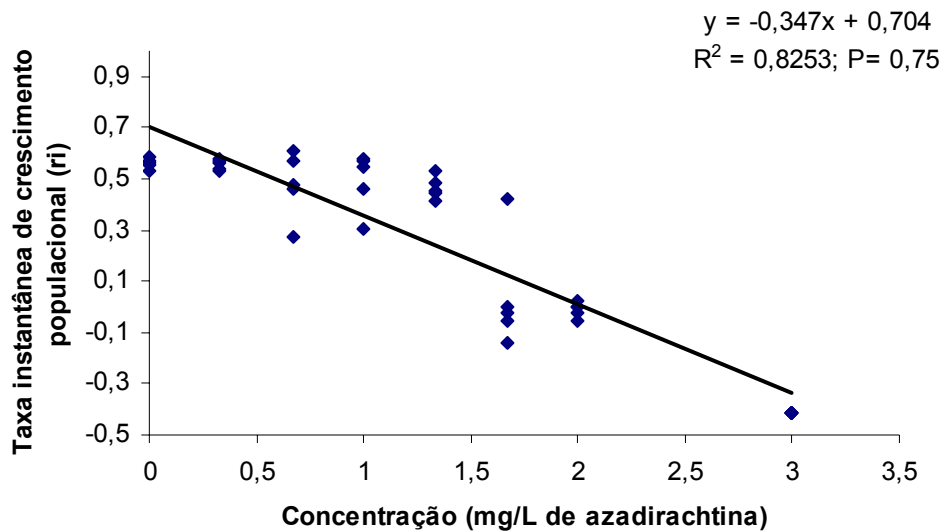


Figura 5. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *T. urticae* em função da aplicação de concentrações do produto comercial Natuneem.

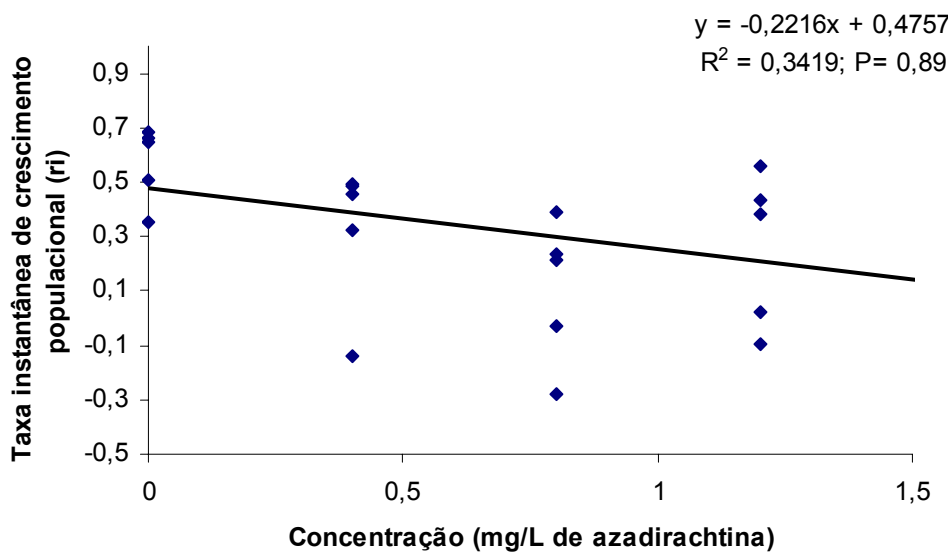


Figura 6. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *P. macropilis* em função da aplicação de concentrações do produto comercial Natuneem

Controle de *T. urticae* em casa de vegetação sem a presença do predador

A análise de variância com medidas repetidas no tempo indicou efeitos significativos de concentração dos produtos ($F_{1,12} = 375,19; P < 0,0001$) (Tabela 5), tempo (Wilks' Lambda = 0,0589; $F = 53,26; GL_{num} = 3; GL_{den} = 10; P < 0,0001$) e entre as interações concentração dos produtos e

tempo (Wilks' Lambda= 0,0210; F= 155,04; GLnum= 3; GLden= 10; P= <0,0001) e produtos x concentração dos produtos x tempo (Wilks' Lambda= 0,2955; F= 2,80; GLnum= 6; GLden= 20; P= 0,0384) (Tabela 6).

Tabela 5. Análises de variância entre produtos e concentrações no controle de *T. urticae*.

FV	GL	F	P
Produto	2	0,21	0,8147
Concentração	1	375,19	<0,0001 *
Produto x concentração	2	0,22	0,8051
Erro	12		

Tabela 6. Análises de variância entre tempo, produtos e concentrações no controle de *T. urticae*.

FV	Wilks' Lambda	F	GL numerador	GL denominador	P
Tempo	0,0589	53,26	3	10	<0,0001 *
Produto x tempo	0,5536	1,15	6	20	0,3725
Concent. x tempo	0,0210	155,04	3	10	<0,0001*
Produto x concent. x tempo	0,2955	2,80	6	20	0,0384*

As concentrações mais altas dos produtos resultaram em maiores níveis de eficiência de controle ao longo do tempo, independentemente do produto utilizado, e esta eficiência aumentou com o período de exposição (Figura 7, Anexo 4). Embora a eficiência dos produtos nas concentrações mais baixas ($r_i = 0$) tenha sido significativamente inferior às concentrações mais altas, a porcentagem de redução populacional do ácaro em plantas pulverizadas com as concentrações mais baixas foi superior a 88% após cinco dias da aplicação (Figura 8, Anexo 4) e após sete dias da aplicação dos produtos, a porcentagem de redução populacional do ácaro foi superior a 98% em todos os tratamentos (Anexo 4).

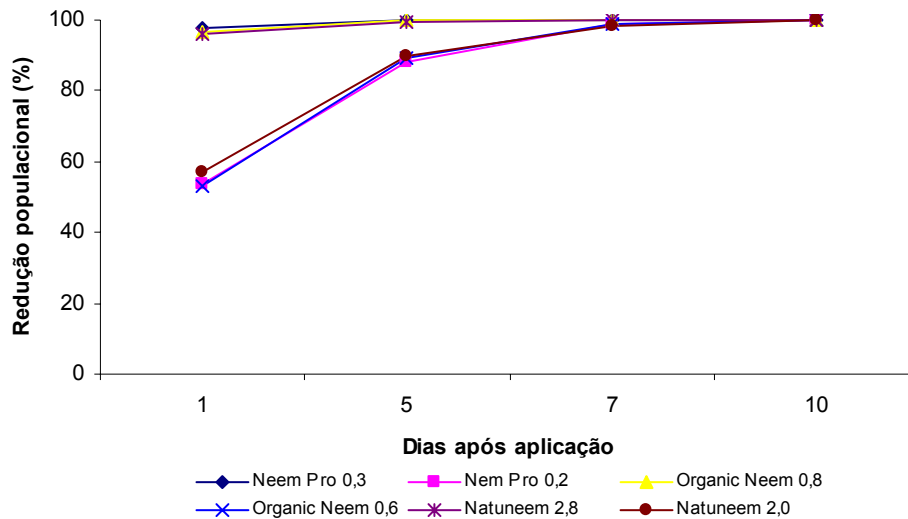


Figura 7. População média (ácaros/planta) e porcentagem de redução populacional (RP) do ácaro rajado *Tetranychus urticae* em plantas de morango após a aplicação de diferentes produtos alternativos.

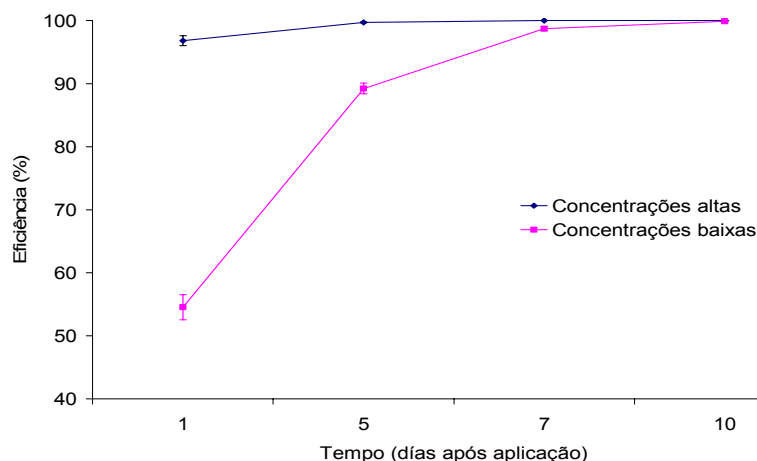


Figura 8. Porcentagem de eficiência dos produtos alternativos para o controle de *T. urticae* em concentrações altas (CL_{95}) e baixas ($r_i = 0$), através do tempo. Apresentou-se diferença significativa entre as concentrações altas e baixas dos produtos ($F = 375,19$; $GL_{\text{erro}} = 12$; $P < 0,0001$) e tempo após da aplicação dos produtos (Wilks' Lambda= 0,0589; $F = 53,26$; $GL_{\text{num}} = 3$; $GL_{\text{den}} = 10$; $P < 0,0001$), baseado em análise de variância com medidas repetidas no tempo.

Com relação á fitotoxicidade, a análise de variância com medidas repetidas no tempo indicou efeitos significativos entre os produtos ($F_{2,12} = 21,01$; $P = 0,0001$), concentração dos produtos ($F_{1,12} = 12,71$; $P = 0,0039$) e entre a interação produtos x concentração dos produtos ($F_{2,12} = 4,01$; $P =$

0,0463) (Tabela 7). Não se apresentou efeito significativo entre o tempo, e entre as interações produtos x tempo, concentração dos produtos x tempo, e produtos x concentração dos produtos x tempo ($P > 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 7. Análises de variância entre produtos e concentrações da fitotoxicidade dos produtos alternativos.

FV	GL	F	P
Produto	2	21,01	0,0001 *
Concentração	1	12,71	0,0039 *
Produto x concentração	2	4,01	0,0463 *
Erro	12		

Tabela 8. Análises de variância entre tempo, produtos e concentrações da fitotoxicidade dos produtos alternativos.

FV	Wilks' Lambda	F	GL numerador	GL denominador	P
Tempo	0,7438	1,15	3	10	0,3769
Produto x tempo	0,6530	0,79	6	20	0,5872
Concent. x tempo	0,7079	1,38	3	10	0,3061
Produto x concent. x tempo	0,6941	0,67	6	20	0,6769

Em geral, observou-se pouca fitotoxicidade dos produtos principalmente nas concentrações altas (CL_{95}). O produto que ocasionou maior fitotoxicidade às plantas de morango foi Organic Neem na CL_{95} , a qual chegou a 1,46 na escala de avaliação (de 0 a 3) dez dias após aplicação dos produtos (Anexo 5).

Controle de *T. urticae* em casa de vegetação com a presença de *P. macropilis*

A análise de variância com medidas repetidas no tempo indicou efeitos significativos entre os tratamentos ($F_{6,28} = 64,70$; $P = < 0,0001$) (Tabela 9), entre os períodos de avaliação (tempo) (Wilks' Lambda= 0,0251; $F = 242,60$; $GL_{num} = 4$; $GL_{den} = 25$; $P = < 0,0001$), e entre a interação período de avaliação x tratamentos (Wilks' Lambda= 0,0011; $F = 22,17$; $GL_{num} = 24$; $GL_{den} = 88,42$; $P = < 0,0001$) (Tabela 10). A aplicação dos produtos resultou em maiores níveis de eficiência de controle ao longo do tempo, e esta eficiência aumento com o período de exposição (Anexo 6). Os tratamentos Neem Pro (0,10 mg de i.a/L), Natuneem (1,13 mg de i.a /L) e Organic Neem (0,31 mg de i.a/L) em presença do predador *P. macropilis*, apresentaram os maiores níveis de controle (99,97; 97,94 e 96,69%)

respectivamente, dez dias após da aplicação dos produtos. Nesta mesma data a população de *P. macropilis* se incrementou e chegou a um número médio de 14,2 ácaros/planta (Tabela 11), o que indica que os produtos a base de nim não afetam o crescimento populacional do predador. Embora a eficiência dos produtos tenha sido significativamente superior, a porcentagem de redução populacional do ácaro em plantas com a só presença do predador foi superior a 94% após dez dias da aplicação (Anexo 6). Os menores níveis de controle se apresentaram quando se aplicaram os produtos sem a presença do predador.

Tabela 9. Análises de variância entre produtos da flutuação populacional de *T. urticae* e *P. macropilis*.

FV	GL	F	P
Tratamento	6	64,70	<0,0001 *
Erro	28		

Tabela 10. Análises de variância entre produtos e tempo da flutuação populacional de *T. urticae* e *P. macropilis*.

FV	Wilks' Lambda	F	GL numerador	GL denominador	P
Tempo	0,0251	242,60	4	25	<0,0001 *
Tempo x tratamento	0,0011	22,17	24	88,42	<0,0001 *

Tabela 11. População média (ácaros/planta) (\pm DP) do predador *P. macropilis* em plantas de morango após a aplicação dos diferentes produtos através das diferentes avaliações.

Tratamento	1 DAA ³	5 DAA	7 DAA	10 DAA
T.u + <i>P. macrop</i> ¹	3,7 \pm 0,25 a ⁴	6,1 \pm 0,75 b	12,8 \pm 1,1 a	15,4 \pm 2,13 a
T.u+ <i>P. macrop</i> + Neem Pro ² 0,10	3,0 \pm 0,41 b	6,2 \pm 0,86 b	8,8 \pm 0,89 b	15,3 \pm 0,95 a
T.u + <i>P. macrop</i> + NatuNeem ² 1,13	3,7 \pm 0,31 a	6,0 \pm 0,85 b	9,5 \pm 1,22 b	12,0 \pm 1,00 b
T.u + <i>P. macrop</i> + Organic Neem ² 0,31	3,7 \pm 0,38 a	8,1 \pm 0,70 a	10,3 \pm 1,47 b	14,0 \pm 0,95 ab

¹*T. urticae* + *P. macropilis*

²mg/L de azadirachtina

³Dias após a aplicação

⁴Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P>0,05)

Forrageamento de *P. macropilis*

Nos testes de olfatómetro, o predador *P. macropilis* pulverizado com água preferiu os odores de plantas de morangueiro infestadas com *T. urticae* a odores de plantas não infestadas (Gp= 32,45; g.l.= 1; p< 0,0001) (Figura

9). Destes ácaros, 85% preferiram plantas de morangueiro infestadas com *T. urticae* a plantas não infestadas.

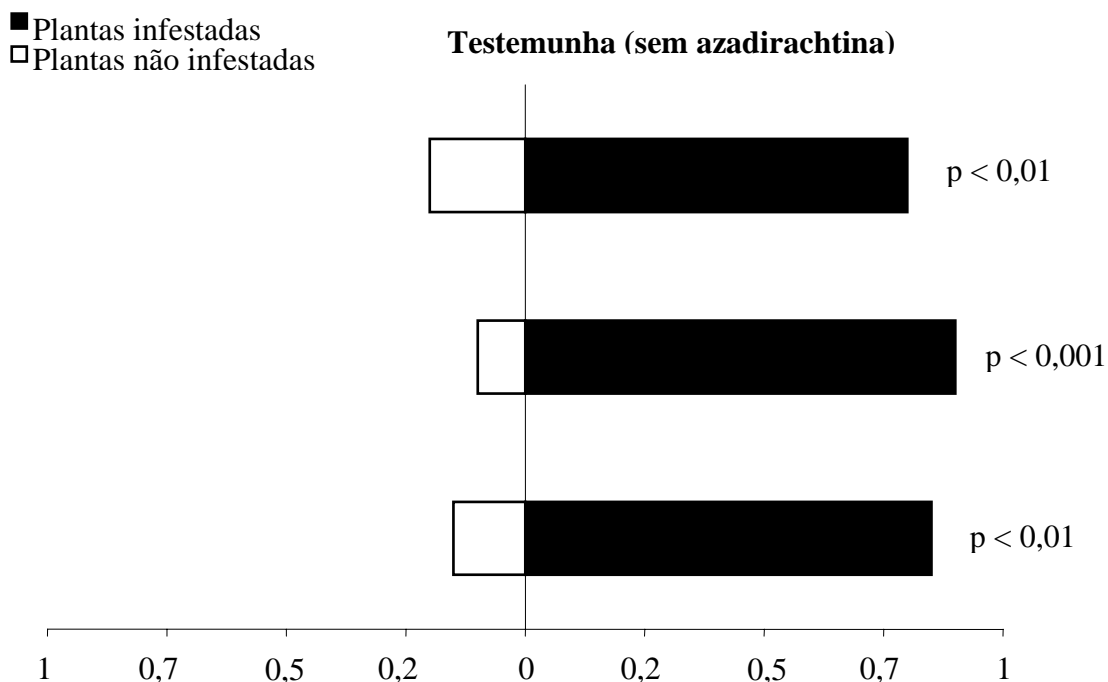


Figura 9. Resposta do predador *P. macropilis* aos odores de plantas não infestadas e plantas de morangueiro infestadas por *T. urticae* em olfatômetro tipo “Y”. Cada barra corresponde a uma repetição (n= 20 ácaros). (Gp = 32,45; g.l.= 1; $p < 0,0001$)

Quando *T. urticae* foi pulverizado com a dose subletal de azadirachtina, o predador *P. macropilis* exposto a resíduos de azadirachtina continuou preferindo os odores de plantas de morangueiro infestadas com *T. urticae* aos de plantas não infestadas (Gp= 44,16; g.l.= 1; $p < 0,0001$) (Figura 10). Destes ácaros, 90% preferiram plantas de morangueiro infestadas com *T. urticae* e pulverizadas com azadirachtina, o que indica que na dose subletal aplicada de azadirachtina o produto não afeta a capacidade de forrageamento de *P. macropilis*.

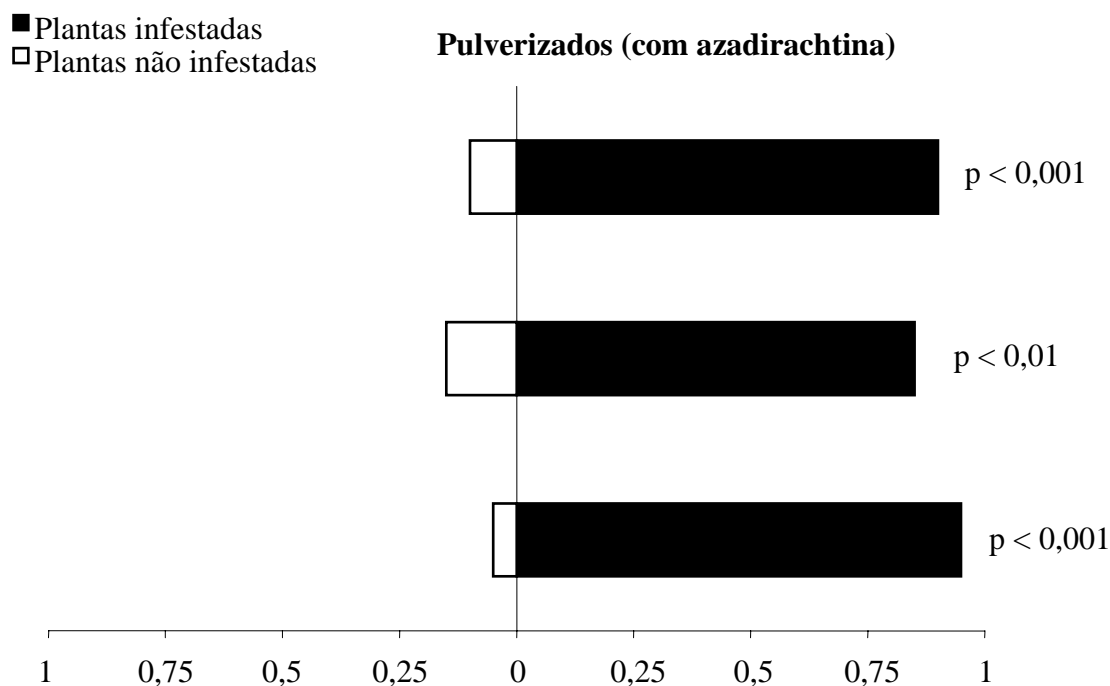


Figura 10. Resposta do predador *P. macropilis* aos odores de plantas não infestadas e plantas de morangueiro infestadas por *T. urticae* com aplicação de azadirachtina em olfatômetro tipo “Y”. Cada barra corresponde a uma repetição (n= 20 ácaros). (Gp = 44,16; g.l.= 1; $p < 0,0001$)

Discussão

Populações de *T. urticae* em plantas de morango foram controladas quando utilizou-se concentração correspondente às CL_{95} dos produtos alternativos a base de nim, como quando utilizou-se concentrações inferiores, estas corresponderam a CL_{91} para Neem Pro, CL_{85} para Organic Neem e CL_{88} para Natuneem. Nestas concentrações a taxa de crescimento populacional de *T. urticae* é igual a zero. A obtenção do controle de *T. urticae* a baixas concentrações representa um grande avanço em relação aos estudos que buscam o controle desse ácaro, considerado uma das mais importantes pragas da cultura de morangueiro.

A aplicação de doses subletais dos produtos a base de nim na população se manifesta na redução da fecundidade, deterrência, inviabilidade de formas imaturas e repelência (Dimetry et al. 1993; Castiglioni et al. 2002), apresentando, normalmente, seletividade para os inimigos naturais (Schmutterer 1997). Os produtos a base de nim nas concentrações

utilizadas não afetaram ao predador *P. macropilis*, incluso estes aumentaram a população através do tempo.

O ácaro predador *P. macropilis* apresentou maior seletividade ao produto Neem Pro (1,2 vezes mais resistente que *T. urticae*), o que indica que na concentração de 0,06 mg i.a /L deste produto comercial controla-se o ácaro fitófago *T. urticae* e não se afeta o predador. A toxicidade ou seletividade aos ácaros pode variar, sobretudo em função do solvente utilizado na extração, parte da planta processada e concentração aplicada (Mansour & Ascher 1983; Mansour et al. 1987; Castiglioni et al. 2002; Mourão et al. 2004).

Os produtos a base de nim Neem Pro, Organic Neem e Natuneem podem-se integrar dentro de um programa de manejo integrado do ácaro *T. urticae*, em concentrações de azadirachtina que possibilitem efeitos negativos sobre o ácaro fitófago *T. urticae*, mas que não afete ao ácaro predador *P. macropilis*.

Ao avaliar os produtos comerciais de nim em casa de vegetação nas concentrações CL₉₅ e quando a população de *T. urticae* ($r_i = 0$) para *T. urticae*, observou-se como os produtos foram eficientes em controlar pelo menos 96% da população da praga quando se aplicaram na CL₉₅ um dia após a aplicação dos mesmos (Anexo 4). Dados ainda mais conclusivos foram obtidos quando se avaliou os efeitos da aplicação de nim na concentração CL₉₅ sete dias após a aplicação dos mesmos (Anexo 4). Nessa data, a taxa de mortalidade observada foi de 100% para todos os tratamentos nas concentrações maiores. Nesse mesmo período a população controle chegou a 685,92 ácaros por planta (Anexo 4) enquanto que a média das plantas tratadas ficou em 3,75 ácaros por planta. Esses dados demonstram como é eficiente a aplicação de produtos a base de nim no controle de populações de *T. urticae*.

Como todos pesticidas, os produtos naturais também podem apresentar inconvenientes como fitotoxicidade que podem apresentar as plantas se acaso sejam pulverizadas em concentrações mais altas que as recomendadas como resultados de experimentos científicos em campo ou em semi-campo. Neste trabalho foram avaliados os possíveis efeitos fitotóxicos advindos da aplicação dos produtos a base de nim, observando-

se pouca fitotoxicidade dos produtos mesmo nas doses altas (Anexo 5). A aplicação de produtos a base de nim representam uma alternativa viável ao controle do ácaro fitófago *T. urticae* sobre plantas de morango tanto quando aplicados na concentração letal como na concentração subletal. Na utilização de concentrações subletais, é importante considerar o tempo para a ação acaricida desses produtos.

Para ter uma visão prática desta pesquisa, se estudou em casa de vegetação a toxicidade dos produtos comerciais de nim aos ácaros *T. urticae* e *P. macropilis*. Neste trabalho se demonstrou que as populações de *T. urticae* são controladas pelos produtos quando baixas concentrações foram aplicadas. Mesmo para que se obtenha a mortalidade superior a 75% da população, para todos os produtos avaliados as concentrações não foram superior a 1,13 mg/L de azadirachtina (Anexo 6).

Para aplicações cujos ácaros não apresentaram mortalidade imediata devido a dose aplicada, foram estudados os efeitos retardados dos produtos, isto é, efeitos subletais, que representam qual é a dose que leva a uma diminuição populacional de *T. urticae* sem afetar ao predador. O crescimento populacional de *P. macropilis* foi igual ao 0,1 quando se usou os produtos testados nas concentrações de 0,10 mg de i.a/L para Neem Pro, 0,31 mg de i.a/L para Organic Neem e 1,13 mg de i.a /L para Natuneem. A aplicação dos produtos com a presença do predador resultou em maiores níveis de eficiência de controle ao longo do tempo, e esta eficiência aumento com o período de exposição (Anexo 6).

Os produtos Neem Pro, Organic Neem e Natuneem aplicados em morango com a presença do predador *P. macropilis* foram eficientes em controlar pelo menos 95,28% da população de *T. urticae* sete dias após a aplicação dos mesmos (Anexo 6) em condições de casa de vegetação, comparado com a aplicação dos produtos sem a presença do predador cuja redução populacional oscilou entre 82,75% para Organic Neem e 94,57% para Neem Pro. Isto demonstra que os produtos a base de nim nas doses testadas não afetam ao predador, exercendo um controle adicional sobre *T. urticae*. A população de *P. macropilis* se incrementou através do tempo, chegando a um número médio de 14,2 ácaros/planta dez dias após a aplicação dos produtos (Tabela 11). A seletividade para ácaros predadores

foi constatada em vários trabalhos com espécies da família Phytoseiidae, mostrando-se pouco tóxico a adultos e formas imaturas, e com baixo impacto na fecundidade (Mansour et al. 1993; Momen et al. 1997; Spollen & Isman 1996). Isto demonstra a importância de utilizar concentrações subletais dos produtos alternativos para o manejo de *T. urticae*, o qual apesar de exercer um controle mais lento da população através do tempo, logra quase que igualar o controle exercido nas concentrações maiores. A decisão de usar concentrações letais ou subletais dos produtos alternativos depende da população da praga ao momento da aplicação e da presença de predadores.

Quando se avaliou os efeitos da aplicação dos produtos com a presença do predador *P. macropilis* dez dias após a aplicação dos mesmos, a menor mortalidade observada foi de 71,47% (Organic Neem 0,31 m/L de azadirachtina) e a maior foi de 99,77% (Neem Pro 0,10 mg de i.a/L). A mortalidade com a presença do predador sem aplicação dos produtos foi superior a 94% aos dez dias após a aplicação. Nesse mesmo período a população controle chegou a 705 ácaros por planta (Anexo 6) enquanto que a população média das plantas tratadas em presença do predador ficou em 10,46 ácaros por planta. A utilização do ácaro predador *P. macropilis*, associado aos compostos de baixa toxicidade, pode apresentar grande utilidade em programas de manejo integrado de *T. urticae* nas lavouras de morangueiros no Brasil, principalmente aquelas conduzidas sob o sistema de produção orgânico.

A eficiência dos produtos a base de nim no controle de pragas, assim como a seletividade a inimigos naturais, está relacionada à dose e a formulação empregadas (Mansour & Ascher 1983; Mansour et al. 1987; Castiglioni et al. 2002; Mourão et al. 2004). É necessário conhecimento técnico sobre o produto a ser utilizado para que seja obtido controle satisfatório das populações de pragas, de maneira a não afetar os inimigos naturais associados a essas (Venzon et al. 2008). Para conseguir uma estratégia de controle alternativo do ácaro *T. urticae* em morango com o uso dos produtos a base de nim, neste trabalho foi avaliado em laboratório, diante a análise conjunta da concentração letal (CL) e da taxa instantânea de crescimento populacional (r_i), a ação tóxica dos produtos comerciais

Neem Pro, Organic Neem e Natuneem sobre *T. urticae* e o predador *P. macropilis* para obter as concentrações letais e subletais; posteriormente foi estudado no olfatômetro o efeito que causa as concentrações subletais de azadirachtina na capacidade de forrageamento de *P. macropilis*, e em casa de vegetação, a fitotoxicidade que ocasionam os produtos nas plantas de morango e o controle exercido com o uso das concentrações letais e subletais em presença do ácaro predador.

Os resultados aqui apresentados demonstram a alta eficiência dos produtos a base de nim para o controle de *T. urticae* em morango, mesmo quando aplicado a baixas concentrações.

Para conhecer o efeito que pode ocasionar a azadirachtina sobre o ácaro predador *P. macropilis*, se pesquisou em experimentos de olfatômetro o efeito de concentrações subletais de azadirachtina no forrageamento do ácaro predador. Os resultados mostram que *P. macropilis* pode diferenciar entre odores de plantas de morango não atacadas e plantas de morango atacadas por *T. urticae*. A azadirachtina na concentração de 0,31 mg i.a/L (equivalente à concentração quando $r_i = 0,1$ para o predador) não interferiu na resposta olfativa de *P. macropilis* alimentado de presas pulverizadas, podendo discriminar entre plantas infestadas por *T. urticae* e plantas não infestadas.

Teodoro (2003) estudou a interferência dos acaricidas fenibutatina e enxofre sobre o forrageamento do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) a odores de plantas não atacadas e atacadas pelos ácaros fitófagos *Oligonychus ilicis* e *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tetranychidae, Tenuipalpidae), encontrando que os acaricidas em concentrações subletais interferiram no forrageamento do ácaro predador.

A olfatometria é utilizada para estudar a resposta olfativa de ácaros predadores a odores de longa distância, o seja, plantas não atacadas e plantas atacadas, assim como colônias de ácaros fitófagos dentro da planta. Portanto, *P. macropilis* exposto a concentrações subletais de azadirachtina no campo, ao conseguir encontrar suas presas, não compromete o controle biológico natural exercido sobre *T. urticae*. Espécies do gênero *Phytoseiulus*, quando associadas a *T. urticae*, apresentam maior taxa de oviposição, maior

tempo de forrageamento e maior taxa de predação em relação à densidade (Zhang et al. 1992; Zhang & Sanderson 1993, Fadini 2005).

A aplicação dos produtos a base de nim nas concentrações adequadas representam uma alternativa viável ao controle do ácaro fitófago *T. urticae* sobre plantas de morango tanto quando aplicados na dose letal como na dose subletal. A exposição dos predadores a doses subletais de azadirachtina não afetou a capacidade de forrageamento de *P. macropilis*, ademais a população de predadores incrementou-se a traves do tempo. Observouse pouca fitotoxicidade dos produtos a base de nim sobre as plantas de morango.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento da pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) programa PEC-PG pela concessão da bolsa. Às empresas Dalneem e a Quinabra pelo fornecimento dos produtos Organic Neem e Neem Pro.

Literatura citada

- Agrawal A.A. 1998.** Leaf damage and associated cues induced aggressive ant recruitment in a neotropical ant-plant. *Ecology* 79: 2100-2112.
- Antunes, L.E.C.; Filho, J.D.; Calegario, F.F.; Costa, H.; Júnior, C.R. 2007.** Produção integrada de morango (PIMo) no Brasil. Informe Agropecuário, Belo Horizonte 28 (236): 34-39.
- Brito, H.M; Gondim, M.G.C; Oliveira, J.V & Gomes, C.A. 2006.** Toxicidade de Natuneem sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e ácaros predadores da família Phytoseiidae. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras* 30 (4): 685-691.
- Carvalho, T.M.B. 2008.** Avaliação de extratos vegetais no controle de *Brevipalpus phoenicis* (GEIJSKES, 1939) e *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tenuipalpidae, Tetranychidae) em cafeeiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras. 101p.
- Castagnoli, M., S. Simoni & D. Goggioli. 2000.** Attività biológica di sostanze vegetali nei confronti di *Tetranychus urticae* Koch (Acari:

Tetranychidae) e del suo predatore *Neoseiulus californicus* (Mcgregor) (Acari: Phytoseiidae). Redia 83: 141- 150.

Castiglioni, E., J.D. Vendramim & M.A. Tamai. 2002. Evaluación del efecto tóxico de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). Agrocência 6: 75-82.

Chiavegato, L.G., Mischam, M.M. 1981. Efeito do ácaro *Tetranychus (T.) urticae* (KOCH, 1836) BOUDREUX; DOSSE, 1963 (Acari: Tetranychidae) na produção no morangueiro (*Fragaria* spp) CV. Científica, Campinas 9: 257-266.

Croft, B.A.; Monetti, L.N.; Pratt, P.D. 1998. Comparative life histories and predation types: are *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar Type II selective predators of spider mites. Environmental Entomology, Lanham 27: 531-538.

Dicke, M. 1999. Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators or herbivore identity to foraging carnivorous arthropods?. Entomologia experimentalis et Applicata 91: 131-142.

Dimetry, N.Z., S.A.A. Amer & A.S. Reda. 1993. Biological activity of two neem seed kernel extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. Journal of Applied Entomology 116: 308- 312.

El Gengaihi, S., N.Z. Dimetry, S.A.A. Amer & S.M. Mohamed. 2000. Acaricidal activity of lipoidal matter of different plant extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. Insect Science and its Application 20 (3): 191-194.

Fadini, M.A.M. 2005. Interações em teias alimentares de ácaros no morangueiro (*Fragaria* x *ananassa*). Tese doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 78p.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. Cambridge: Cambridge University Press. 333p.

Garcia, I.P. & Chiavegato, L.G. 1997. Respostas funcional e reprodutiva de *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1905) (Acari: Phytoseiidae) a diferentes densidades de ovos de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae). Científica 25: 35-43.

Gols, R.; Posthumues, M.A. & Dicke, M. 1999. Jasmonic acid induces the production of gerbera volatiles that attract the biological control agent *Phytoseiulus persimilis*. Entomologia Experimentalis et Applicata 93: 77-86.

Gonçalves, M.E.C.; Oliveira, J.V.; Barros, R.; Torres, J.B. 2001a. Efeito de extratos vegetais sobre estágios imaturos e fêmeas adultas de

Mononychellus tanajoa (Bondar) (Acari:Tetranychidae). Neotropical Entomology, Londrina 30 (2): 305-309.

Henderson, C.F.; Tilton, E.W. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. Journal of Economic Entomology 48: 157-161.

Hernández, C.R & Vendramim, J.D. 1996. Toxicidade de extratos aquosos de Meliácea em *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Manejo Integrado de Pragas, Turrialba 42: 12-22.

Janssen, A. 1999. Plants with spider-mite prey attract more predatory mites than clean plants under greenhouse conditions. Entomología Experimentalis et Applicata 90: 189-191.

Laurance, P.O. 1981. Developmental and reproductive biologies of the parasitic wasp, *Biosteres lingicaudatus*, reared on hosts treated with a chitin síntesis inhibitor. Insect Science and its Application 1: 403- 406.

Mansour, F.A.; Ascher, K.R.S. & Abo-Moch, F. 1993. Effects of Margosan-OTM, AzatinTM and RD9-Repelin on spiders, and on predacious and phytophagous mites. Phytoparasitica 21 (3): 205-211.

Mansour, F.A. & K.R.S. Ascher. 1983. Effects of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts from different solvents on the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*. Phytoparasitica 11: 177-185.

Mansour, F.A., K.R.S. Ascher & N. Omari. 1987. Effects of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts from different solvents on the predacious mite *Phytoseiulus persimilis* and the phytophagous mite *Tetranychus cinnabarinus*. Phytoparasitica 15: 125-130.

McMurtry, J.A. & B.A. Croft. 1997. Life styles of Phytoseiidae mites and their roles in biological control. Annual Review of Entomology 42: 291-321.

Momen, F.M., A.S. Reda & S.A.A. Amer. 1997. Effect of Neem Azal-F on *Tetranychus urticae* and three predacious mites of the family Phytoseiidae. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 32: 355-362.

Moraes, G.J.; Flechtmann, C.H.W. 2008. Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos. 288p.

Mourão, S.A., J.C.T. Silva, R.N.C. Guedes, M. Venzon, G.N. Jham, C.L. Oliveira & J.C. Zanuncio. 2004. Seletividade de extratos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). Neotropical Entomology 33: 613-617.

- 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.; Janssen, A. & Sabelis, M.W. 1997.** Odour- mediated responses phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. *Oecologia* 110: 179-185.
- Potter, C. 1952.** An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray films. *Annals of Applied Biology* 39: 1-29.
- Potenza, M.R., A.P. Takematsu, A.P. Sivieri, M.E. Sato & C.M. Passerotti. 1999a.** Efeito acaricida de alguns extratos vegetais sobre *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) em laboratório. *Arquivos do Instituto Biologico* 66: 31-37.
- Potenza, M.R., A.P. Takematsu & L.H. Benedicto. 1999b.** Avaliação do controle de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) através de extratos vegetais, em laboratório. *Arquivos do Instituto Biologico* 66: 91-97.
- Ramirez, C.C; Fuentes-Contreras, E.; Rodríguez, L.C. & Niemeyer, H.M. 2000.** Pseudoreplication and its frequency in olfactometric laboratory studies. *Journal of Chemical Ecology* 26: 1423- 1431.
- 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). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27: 265-274.
- Rembold, H. 1989.** Azadirachtins: Their structure and mode of action, p.150-163. In J.T. Arnason, B.J.R. Philogene & P. Morand (eds.), *Insecticides of plant origin*. Washington, American Chemical Society 213p.
- Sato, M. E.; Passerotti, C. M.; Takematsu, A. P.; Souza Filho, M. F.; Potenza, M. R. & Sivieri, A. P. 2000.** Resistência de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) a acaricidas, em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch), em Paranapanema e Jundiá-SP. *Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo* 67 (1): 117-123.
- Sato, M.E.; Silva, M. DA; Gonçalves, L.R.; Souza Filho, M.F. DE & Raga, A. 2002.** Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a morangueiro. *Neotropical Entomology, Londrina* 31 (3): 449-456.
- Schmutterer, H. 1997.** Insect growth-disrupting and fecundityreducing ingredients from the neem and chinaberry trees, p.119-170. In E.D.

Morgan & N.B. Mandava (eds.), CRC Handbook of natural pesticides. Florida, CRC series in naturally occurring pesticides, 453p.

- Sokal, R.R., & F.J. Rohlf. 1995.** Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. 3rd edition. W.H. Freeman, New York. 887p.
- Spollen, K.M. & M.B. Isman. 1996.** Acute and sublethal effects of a neem insecticide on the commercial biological control agents *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Economic Entomology* 89: 1379-1386.
- Stark, J.D. & T. Rangus. 1994.** Lethal and sublethal effects of the neem insecticide, Margosan-O, on pea aphid. *Journal of Pest Science* 41: 155-160.
- Stark, J.D., R.I. Vargas, R.H. Messing & M. Purcell. 1992a.** Effects of cyromazine and diazinon on three economically important Hawaiian Tephritidae fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their endoparasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology* 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. *Journal of Economic Entomology* 85: 1125-1129.
- Stark, J.D. & Banks, J.E. 2003.** Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology* 48: 505-519.
- Teodoro, A.V. 2003.** Interferências subletais de acaricidas em uma teia alimentar de cafeeiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 60p.
- Thaler, J.S.; Stout, M.J.; Karban, R & Duffey, S. 2001.** Jasmonate-mediated induced plant resistance affects a community of herbivores. *Ecological Entomology* 26: 312-324.
- Thaler, J.S.; Farag, M.A; Pare, P.W. & Dicke, M. 2002.** Jasmonate-deficient plants have reduced direct and indirect defenses against herbivores. *Ecology Letters* 5: 764-774.
- Venzon, M., Tuelher, E.S., Soto, A., Oliveira, H.G. & Pallini, A. 2008.** Controle of coffee red mit *Oligonychus ilicis* with lime sulphur at three different scales In: 22 International Conference on Coffee Science, 2008, Campinas. Abstracts of 22 International Conference on Coffee Science. Campinas: ASIC. p.257.

- Viegas JR., C. 2003.** Terpenos com atividade inseticida: Uma alternativa para o controle químico de insetos. *Química Nova* 26: 390-400.
- Vinson, S.B. 1974.** Effect of an insect growth regulator on two parasitoids developing from treated tobacco budworm larvae. *Journal of Economic Entomology* 67: 335-336.
- Walthall, W.K. & Stark JD. 1997.** Comparison of two population-level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (rm) and instantaneous (r) rates of increase. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16: 1068-1073.
- Zhang, Z.Q.; Sanderson, J.P. & Nyrop, J.P. 1992.** Foraging time and spatial patterns of predation in experimental populations. A comparative study of three mite predator-prey systems (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Oecologia* 90: 185-196.
- Zhang, Z.Q. & Sanderson, J.P. 1993.** Behavioral responses to prey density by three acarine predator species with different degrees of polyphagy. *Oecologia* 96: 147-156.
- Zambolim, L. & Costa, H. 2006.** Manejo integrado de doenças do morangueiro, p.55-80. In: CARVALHO, S. P. Boletim do morango: Cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG. 160p.

Capítulo IV

Controle alternativo de *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) em plantas de tomate em casa de vegetação

RESUMO - O ácaro fitófago *Tetranychus evansi* possui alta capacidade reprodutiva o que leva a atingir altas populações em curto tempo e ocasionar danos econômicos. Para o controle os agricultores dependem quase exclusivamente de agrotóxicos sintéticos. Assim, é necessário gerar outras alternativas de controle a este ácaro praga. O objetivo deste trabalho foi avaliar produtos comerciais a base de nim e calda sulfocálcica para o controle de *T. evansi* em casa de vegetação. Foram estudados inicialmente em laboratório a toxicidade letal e os efeitos subletais no crescimento populacional (r_i) de *T. evansi* dos produtos Neem Pro (0,08 e 0,07 mg/L de azadirachtina), Natuneem (1,4 e 0,89 mg i.a/L), Organic Neem (0,37 e 0,28 mg i.a/L) e calda sulfocálcica (1,0 e 0,6% a 31,5⁰ B). Posteriormente, em casa de vegetação avaliou-se o potencial de controle de doses correspondentes às CL₉₅ dos produtos e aquelas onde o crescimento da população ficou estável ($r_i = 0$). Simultaneamente, avaliou-se os sintomas de fitotoxicidade sobre as plantas pulverizadas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições. Após 1, 5, 7 e 10 dias da aplicação dos produtos, foram feitas as avaliações populacionais dos ácaros nas plantas e as devidas análises de mortalidade. A aplicação dos produtos resultou em maior eficiência de controle ao longo do tempo, e esta eficiência aumentou com o período de exposição. A porcentagem de redução populacional do ácaro fitófago foi superior a 98% após dez dias da aplicação. Não houve sintomas graves de fitotoxicidade sobre as plantas pulverizadas, a exceção de Natuneem com 1,4 mg/L de azadirachtina. O manejo de *T. evansi* em tomate foi possível de ser feito com produtos alternativos à base de nim e a calda sulfocálcica.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaros fitofagos, *Azadirachta indica*, enxofre, fitotoxicidade

Alternative Control of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) on Tomato Plants Grown in Greenhouses

ABSTRACT - The phytophagous mite *Tetranychus evansi* is characterized by its high reproductive capacity which allows for its ability to attain high populations in a short time and cause economic damage. The objective of this study was to evaluate commercial products based on neem and syrup sulfocálcica to control *T. evansi* in greenhouses. Lethal toxicity and sublethal effects on population growth (r_i) of *T. evansi* products Neem Pro (0.08 and 0.07 mg/L of Azadirachtina), Natuneem (1.4 and 0.89 mg ai/L), Organic Neem (0.37 and 0.28 mg ai/L) and syrup sulfocálcica (1.0 and 0.6% to 31.5 °B) were initially studied in the laboratory. Later in a greenhouse, the control potential for concentrations corresponding to the LC_{95} of the products was evaluated and those where population growth was stable ($r_i = 0$). The symptoms of phytotoxicity on the sprayed plants were simultaneously evaluated. Experimental design was completely randomized with three replicates. Application of the products resulted in the improved efficiency of control over time, and this efficiency increased with the duration of exposure. The reduction percentage of phytophagous mite population was over 98% after ten days of application. There were no severe symptoms of phytotoxicity on the sprayed plants, except for Natuneem with 1.4 mg/L of Azadirachtina. The management of *T. evansi* on tomatoes could be made possible by the use of products based on neem and syrup sulfocálcica.

KEY-WORDS: Phytophagous mites, *Azadirachta indica*, sulfur, phytotoxicity

Introdução

O ácaro vermelho do tomateiro, *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) foi originalmente encontrado e descrito de alguns espécimes coletados nas ilhas Maurítânia no ano de 1960. Atualmente, a presença desse ácaro tem sido registrada nos Estados Unidos e mais recentemente na África, onde se hipotetiza que o mesmo chegou por meio de plantas infestadas e originadas do Brasil (Knapp et al. 2003). Na Europa *T. evansi* já foi encontrado infestando várias plantas da família Solanaceae (Bolland & Vala 2000; Ferragut & Escudero 2002). No Brasil foi relatado pela primeira vez no Estado da Bahia (Qureshi et al. 1969).

Esse ácaro se caracteriza por sua alta capacidade reprodutiva, especialmente em cultivos protegidos de tomate (Moraes & McMurtry 1986), o que leva a esta espécie a atingir elevadas populações em curto tempo e ocasionar danos econômicos (Silva 2007). Adicionalmente, produz grande quantidade de teias sobre as plantas infestadas, o que dificulta a ação de inimigos naturais (Moraes & Flechtmann 2008). Dada a dificuldade de se controlar *T. evansi* biologicamente, produtores e técnicos vêem como a única saída eficiente a pulverização com pesticidas sintéticos convencionais (Moraes & Flechtmann 2008). No entanto, o controle químico, apesar de sua eficiência, apresenta aspectos negativos como à seleção de indivíduos resistentes devido ao uso contínuo de ingredientes ativos, a redução ou supressão de espécies benéficas, a alta toxicidade dos produtos aos aplicadores, a presença de resíduos nos alimentos e no meio ambiente, a fitotoxicidade, entre outros. Associado a tudo isso se soma a falta de cumprimento dos prazos de carência, o que pode causar efeito negativo na saúde dos consumidores (Filgueira 2000; Easterbrook et al. 2001; Fragoso et al. 2002; Picanço et al. 2007).

Uma alternativa viável aos problemas advindos do uso excessivo de pesticidas sintéticos na cultura do tomateiro é a utilização de novos métodos de controle que devem priorizar a segurança ambiental e social e que sejam eficientes no controle de *T. evansi*. Na busca de tais métodos, produtos alternativos aos pesticidas convencionais como as caldas fitoprotetoras e os extratos de plantas têm sido usados por produtores de olerícolas para

controle de pragas e doenças, especialmente nos sistemas de produção ecológicos e orgânicos (Campanhola & Bettiol 2003; Venzon et al. 2007).

Dentre esses produtos esta a calda sulfocálcica que é obtida pelo tratamento térmico do enxofre e cal. Esse produto é conhecido, principalmente, devido sua ação fungicida (Smilanick & Sorenson 2001; Montag et al. 2005), mas também é utilizado como acaricida e inseticida (Guerra 1985; Penteado 2000; Guirado 2001). O efeito tóxico da calda sulfocálcica aos insetos e ácaros se dá pela a reação dos compostos da calda aplicada sobre a planta com a água e o gás carbônico, resultando em gás sulfídrico e enxofre coloidal (Abbot 1945). O efeito acaricida desse produto sobre outras espécies de ácaros já foi verificado como no trabalho realizado por Guirado (2001), que avaliou a efetividade da calda sulfocálcica no controle do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). Esse produto é eficiente no controle do ácaro vermelho do cafeeiro *Olygonichus ilicis* (Acari: Tetranychidae) (Tuelher 2006) e do ácaro-rajado *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) (Chagas et al. 2001).

Outro importante ingrediente ativo utilizado em agricultura orgânica é azadirachtina, que é oriundo da planta de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.), árvore oriunda da Índia. Este composto tem atividade contra mais de 430 espécies de pragas (Martinez 2002). Seus extratos têm sido utilizados em cultivos orgânicos em diversos países (Mojumder et al. 2000). Atualmente formulações do ingrediente ativo, azadirachtina, estão sendo estudadas por pesquisadores brasileiros para uso como produtos alternativos aos agrotóxicos para controlar uma ampla gama de insetos e ácaros pragas em diferentes culturas (Martinez 2002). Um dos efeitos da azadirachtina sobre as pragas é a inibição da alimentação, repelência, diminuição da oviposição, interrupção da ecdise, redução da fertilidade e fecundidade, alteração no comportamento e aumento da mortalidade (Schumutterer 1987; Dimetry et al. 1993; Mordue & Nisbet 2000; Castiglioni et al. 2002). Trabalhos realizados com o nim no controle do ácaro-rajado, *T. urticae*, mostraram que esse produto também causa mortalidade (Momen et al. 1997; Castiglioni et al. 2002) e posterior redução da fecundidade (Dimetry et al. 1993). Adicionalmente, alguns trabalhos têm demonstrado que o extrato de nim tem

efeito seletivo para diversos inimigos naturais (Spollen & Isman 1996; Mansour et al. 1997; Momen et al. 1997; Brito et al. 2006).

Neste trabalho avaliou-se o potencial da calda sulfocálcica e de formulações comerciais a base de nim para o controle de *T. evansi*. Inicialmente avaliou-se a toxicidade letal, através da estimativa da concentração letal (CL) dos produtos. No entanto, como a CL é uma medida incompleta dos efeitos dos produtos sobre populações, pois analisa somente a mortalidade como parâmetro de toxicidade (Stark & Banks 2003), avaliou-se em seguida os efeitos subletais dos produtos através da estimativa da taxa instantânea de crescimentos populacional (r_i). Esta é uma medida direta de crescimento populacional em determinado período de tempo, podendo ser utilizada para prever o crescimento populacional de artrópodes (Walthall & Stark 1997). Posteriormente foi avaliado em casa de vegetação o potencial de controle de doses letais e subletais dos produtos testados sobre *T. evansi*.

Material e Métodos

O ácaro-vermelho *T. evansi* foi criado em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa, em plantas de tomate variedade Santa Clara com 30 dias de idade, cultivadas em vasos, dentro de gaiolas (10 x 50 x 90 cm) e confeccionadas com armação de madeira e tela de organza para isolar as colônias e evitar contaminação por outros artrópodes. A criação foi iniciada com ácaros coletados no campo no município de Tocantins em Minas Gerais.

Foram avaliados a calda sulfocálcica que foi preparada de acordo com metodologia adaptada de Penteado (2000) a 31,5^o Baumé e os seguintes produtos comerciais a base de nim: Neem Pro (10 mg/L de azadirachtina) (Quinabra), Natuneem (1,5 mg i.a/L) (Natural Rural) e Organic Neem (3,262 mg i.a/L) (Dalneem). Estes produtos foram escolhidos por serem os mais representativos atualmente no mercado. Os efeitos letais foram estimados através de testes de toxicidade aguda com obtenção de curvas dose-resposta e suas respectivas concentrações letais (CL) e os efeitos subletais através da estimativa da taxa instantânea de crescimento populacional (r_i).

Toxicidade letal

Os bioensaios de concentração-resposta foram realizados utilizando-se fêmeas do ácaro *T. evansi* no início da fase reprodutiva. Os produtos foram pulverizados em discos ($\varnothing = 3,0$ cm) de folhas de tomateiro, acondicionados em Placa de Petri, através de torre de Potter (Potter 1952, Burkard, Rickmansworth, UK) sob a pressão de 5 lb/pol² e com a aplicação de um volume igual a 2,5 mL por dose, o que correspondeu a um depósito de $1,70 \pm 0,07$ mg/cm² sobre a superfície tratada. Esta quantidade aplicada está de acordo com o recomendado pela IOBC/WPRS (Internacional Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/ West Palearctic Regional Section) (Overmeer & van Zon 1982) e representa o que ocorre em situação de campo (Reis et al. 1998). Para a fixação do disco na placa, foi preparada uma solução de carragenina (30g/300mL de água) sendo que o disco foi colocado antes que a solução se solidificasse. As concentrações testadas de cada produto encontram-se na Tabela 1.

As concentrações testadas foram escolhidas através de bioensaios iniciais, e situaram-se entre o limite inferior, onde o produto não causou mortalidade e o limite superior de resposta, onde causou 100% de mortalidade para cada espécie.

Tabela 1. Concentrações testadas dos produtos alternativos ao ácaro vermelho *T. evansi*.

Produto	Concentrações testadas												
Calda sulfocálcica ¹	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,35	1,50	1,65	1,80	
Neem Pro ²	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15			
Organic Neem ²	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,31	0,34	0,37	
	0,40	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61					
Natuneem ²	0,20	0,27	0,40	0,53	0,60	0,80	1,00	1,07	1,20	1,33	1,40	1,60	
	1,73	1,80	1,87	2,00	2,20	2,27	2,40	2,53	2,60	2,80	3,00		

¹Porcentagem de concentração do produto a 31,5 °B

² mg /L de azadirachtina

Os discos pulverizados foram expostos ao ambiente por uma hora para secagem da calda. Posteriormente, vinte fêmeas do ácaro *T. evansi*

foram colocadas sobre cada disco. Os discos de folhas tratados foram mantidos em câmara climatizada (25 ± 2 °C, $60 \pm 10\%$ UR e 13h de luz). A mortalidade foi avaliada 24h após a aplicação dos produtos. As curvas de concentração-mortalidade foram estimadas pela análise de Probit (Finney 1971).

Taxa instantânea de crescimento populacional

A avaliação da ação subletal dos produtos alternativos sobre o ácaro fitófago foi feita utilizando-se a mesma metodologia citada para a avaliação da toxicidade letal dos produtos (arenas, pulverização), com um tempo de avaliação de cinco dias.

Para cada concentração de cada produto foram feitas cinco repetições, onde cada repetição foi representada por um disco com oito fêmeas de *T. evansi*. Os ácaros foram mantidos em câmara climatizada sobre as mesmas condições descritas nos experimentos de toxicidade letal. A avaliação do efeito subletal foi feita através da estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i), pela seguinte fórmula (Stark & Banks 2003):

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

Onde N_f é o número final de indivíduos, N_0 é o número inicial de indivíduos, Δt é a variação de tempo (duração do experimento 5 dias). O 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 indica que a população está em declínio e em vias de extinção. A análise de regressão foi utilizada para a avaliação do comportamento de r_i em função das concentrações utilizadas.

Controle de *T. evansi* em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Unidade Regional EPAMIG da Zona de Mata (URZM), Viçosa, com temperatura média de 22,8 °C. Plantas de tomate da variedade Santa Clara com 30 dias de idade, acondicionadas em potes plásticos com terra (2L), foram infestadas com 100 fêmeas adultas

de *T. evansi* por planta. Oito dias após a infestação, realizou-se uma avaliação para verificar a população de ácaros em cada planta. Posteriormente, os produtos foram aplicados nas plantas nas concentrações correspondentes à CL₉₅ e quando a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) indicou que a população estava estável ($r=0$): Neem Pro (0,08 e 0,07 mg i.a/L), Natuneem (1,4 e 0,89 mg i.a/L), Organic Neem (0,37 e 0,28 mg i.a/L) e calda sulfocálcica (1,0 e 0,6% a 31,5⁰ B). As pulverizações foram feitas com um pulverizador manual Brudden[®] modelo S.S. com capacidade de cinco litros, diâmetro do bocal de 60 mm, provido com um bico do tipo cone regulável e pressão máxima de trabalho de 14 Kgf/cm² ou 200 lb/pol².

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram representados pelos quatro produtos nas duas concentrações e pelo controle (plantas de tomateiro pulverizadas com água). Os nove tratamentos foram repetidos três vezes, sendo cada repetição representada por quatro plantas acondicionadas em bandejas plásticas (60 x 40 x 10cm).

Após um, cinco, sete e dez dias da aplicação dos produtos, foram feitas avaliações populacionais dos ácaros nas plantas por meio da contagem direta com auxílio de lupa.

A mortalidade dos ácaros foi calculada de acordo com a fórmula proposta por Henderson & Tilton (1955):

$$\% \text{ Mortalidade} = 100 \times \left(1 - \frac{Ta \times Cb}{Tb \times Ca}\right)$$

onde:

Ta é o número de ácaros depois do tratamento;

Tb é o número de ácaros antes do tratamento;

Ca é o número de ácaros no controle depois do tratamento;

Cb é o número de ácaros no controle antes do tratamento.

Avaliação da fitotoxicidade

Foram avaliados os sintomas visuais de fitotoxicidade para cada tratamento por dois observadores, através da seguinte escala visual de notas:

- Nota 0: Plantas com folhas normais, sem sintoma de queimaduras;
- Nota 1: Plantas com folhas levemente injuriadas e/o com pequenas áreas queimadas;
- Nota 2: Plantas com folhas medianamente injuriadas, amareladas e com bordas e ápices queimados;
- Nota 3: Plantas com folhas intensamente injuriadas, apresentando severo desfolhamento.

Os dados de mortalidade e de fitotoxicidade foram transformados para $\arcsen\sqrt{x/100}$ e submetidos à análise de variância do Modelo Linear Geral. Este tipo de análise foi feito usando o indicador Wilks' Lambda (SAS Institute 1989) versão 9.0 com especificação PROFILE. Para a análise de variância as doses correspondente as CL₉₅ dos produtos foram agrupadas como “concentrações altas”, e as concentrações correspondentes a ausência de crescimento populacional do ácaro ($r_i=0$) como as “concentrações baixas”.

Resultados

Toxicidade letal

Os resultados referentes às concentrações letais dos diferentes produtos encontram-se na Tabela 2.

Para a calda sulfocálcica foram obtidas Cl₅₀ de 0,20% e a Cl₉₅ de 1,03% de concentração do produto a 31,5° B. Para o Neem Pro foram obtidas Cl₅₀ de 0,02 mg/L e a Cl₉₅ de 0,08 mg/L de concentração de azadirachtina desse produto comercial. Para o Organic Neem foram obtidas Cl₅₀ de 0,14 mg/L e a Cl₉₅ de 0,37 mg/L de concentração de azadirachtina desse produto comercial. Para o Natuneem foram obtidas Cl₅₀ de 0,69 mg/L e a Cl₉₅ de 1,41 mg/L de concentração de azadirachtina desse produto comercial (Tabela 2).

Tabela 2. Toxicidade dos produtos alternativos ao ácaro vermelho *T. evansi*.

Produto	N ¹	Coefficiente Angular ± EP ²	Cl ₅₀ ³ (I.C. a 95%)	Cl ₉₅ ⁴ (I.C. a 95%)	X ²	P
Calda sulfocálcica	140	0,17 ± 0,04	0,20 (0,15 -0,27)	1,03 (0,74- 1,57)	0,61	0,43
Neem Pro	120	0,18 ± 0,14	0,02 (0,01- 0,04)	0,08 (0,07- 0,11)	0,34	0,89
Organic Neem	125	0,15 ± 0,07	0,14 (0,10 -0,20)	0,37 (0,29 -0,44)	0,71	0,43
Natuneem	260	0,33 ± 0,12	0,69 (0,51- 1,27)	1,41 (1,21 -2,05)	0,98	0,54

¹Numero de ácaros testados

² Coeficiente angular e erro padrão da média

³ Concentração letal media e intervalo de confiança a 95%

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

Taxa instantânea de crescimento populacional

A taxa instantânea de crescimento populacional de *T. evansi* foi igual a zero, indicando que a população está estável, nas concentrações de 0,62%, 0,07 mg i.a/L, 0,28 mg de i.a/L e 0,89 mg de i.a/L para os produtos, calda sulfocálcica, Neem Pro, Organic Neem e Natuneem, respectivamente (Figuras 1 a 4).

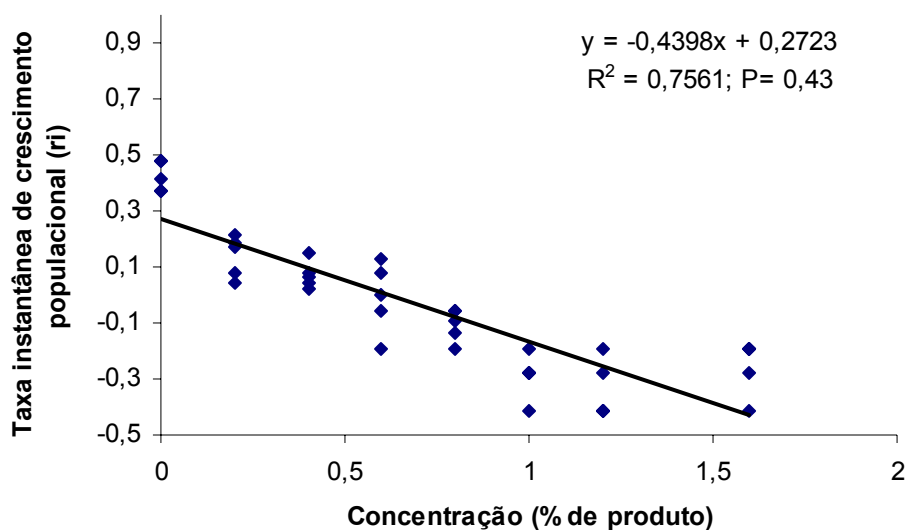


Figura 1. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *T. evansi* em função da aplicação de concentrações de calda sulfocálcica.

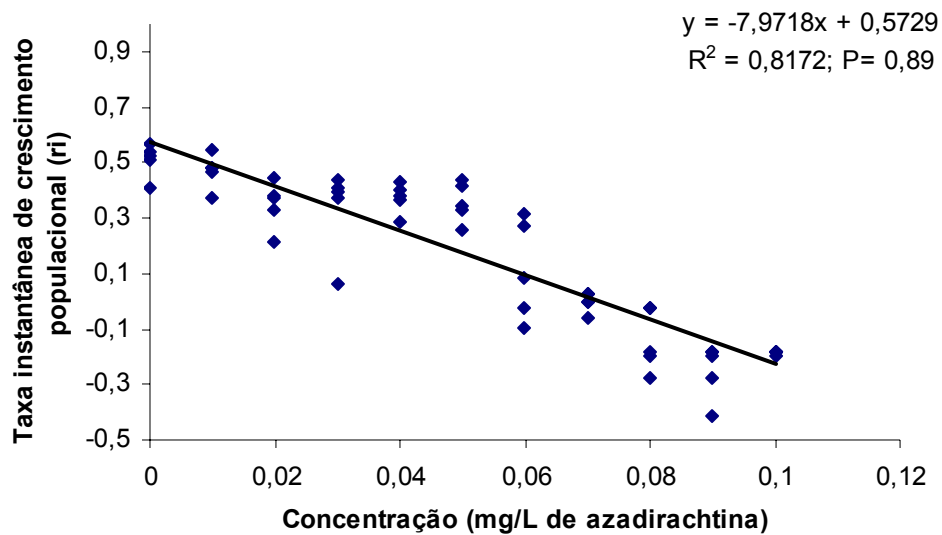


Figura 2. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *T. evansi* em função da aplicação de concentrações do produto comercial Neem Pro.

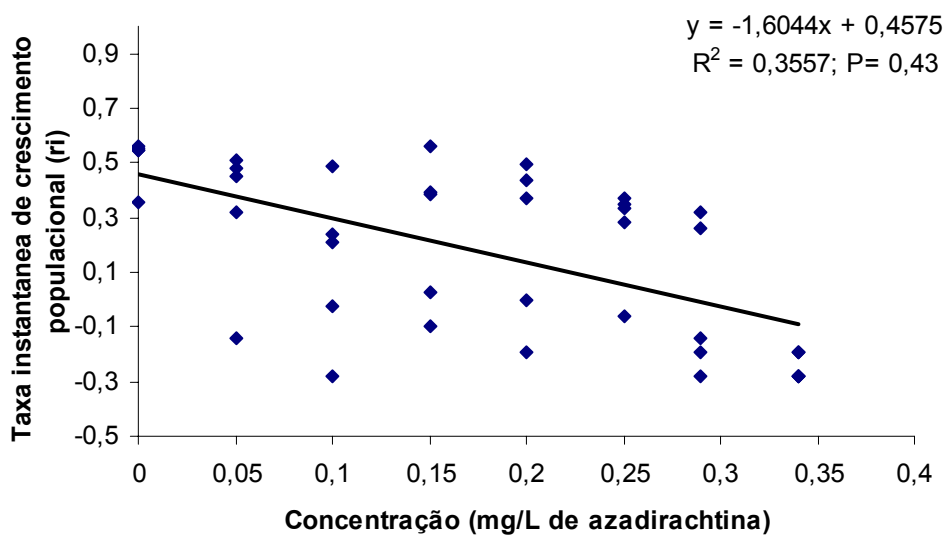


Figura 3. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *T. evansi* em função da aplicação de concentrações do produto comercial Organic Neem.

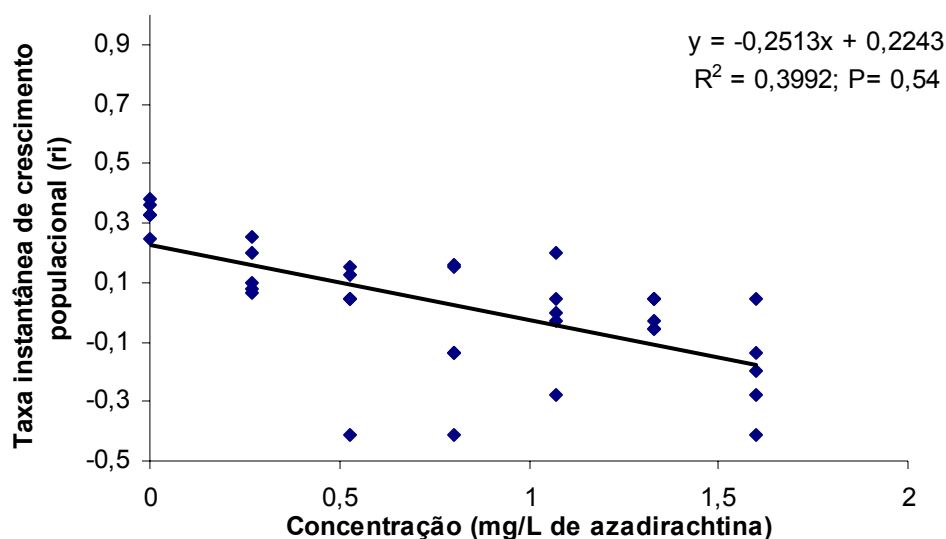


Figura 4. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) do ácaro *T. evansi* em função da aplicação de concentrações do produto comercial Natuneem.

Controle de *T. evansi*

A análise de variância com medidas repetidas no tempo indicou efeitos significativos de concentração dos produtos ($F_{1,16} = 396,91$; $P = <0,0001$), da interação produto x concentração ($F_{3,16} = 5,25$; $P = 0,01$) (Tabela 3), do tempo (Wilks' Lambda= 0,0780; $F = 55,12$; GLnum= 3; GLden= 14; $P = <0,0001$), e das interações produto x tempo (Wilks' Lambda= 0,2138; $F = 3,36$; GLnum= 9; GLden= 34,22; $P = 0,004$), concentração x tempo (Wilks' Lambda= 0,2599; $F = 13,28$; GLnum= 3; GLden= 14; $P = 0,0002$) e produto x concentração x tempo (Wilks' Lambda= 0,1288; $F = 5,02$; GLnum= 9; GLden= 34,22; $P = 0,0002$) (Tabela 4).

Tabela 3. Análise de variância entre produtos e doses no controle de *T. evansi*.

FV	GL	F	P
Produto	3	3,00	0,06
Concentração	1	396,91	<0,0001*
Produto x concentração	3	5,25	0,01*
Erro	16		

Tabela 4. Análise de variância entre tempo, produtos e doses no controle de *T. evansi*.

FV	Wilks' Lambda	F	GL numerador	GL denominador	P
Tempo	0,0780	55,12	3	14	<0,0001 *
Produto x tempo	0,2138	3,36	9	34,22	0,004 *
Concent. x tempo	0,2599	13,28	3	14	0,0002 *
Produto x concent. x tempo	0,1288	5,02	9	34,22	0,0002 *

As concentrações altas dos produtos (CL_{95}) resultaram em maior eficiência de controle ao longo do tempo, independentemente do produto utilizado, e esta eficiência aumentou com o período de exposição (Figura 5, Anexo 7). Embora a eficiência dos produtos nas concentrações baixas ($r_i = 0$) tenha sido significativamente inferior às concentrações altas, a porcentagem de redução populacional do ácaro em plantas pulverizadas com as concentrações baixas foi superior a 95% após cinco dias da aplicação (Figura 5).

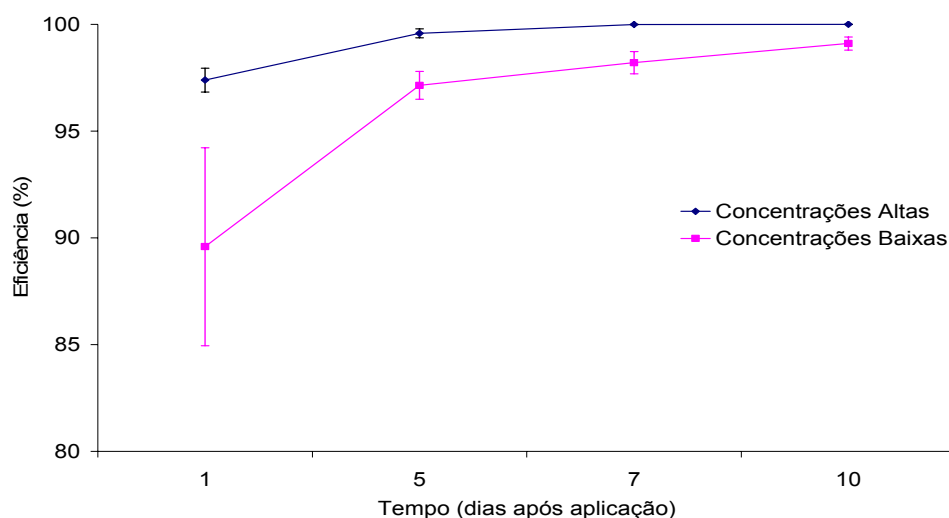


Figura 5. Porcentagem de eficiência dos produtos alternativos para o controle de *T. evansi* em concentrações altas (CL_{95}) e baixas ($r_i = 0$), através do tempo. Apresentou-se diferença significativa entre as concentrações altas e baixas dos produtos ($F = 396,91$; $GL_{\text{erro}} = 16$; $P = <0,0001$) e entre o tempo após da aplicação dos produtos (Wilks' Lambda = 0,780; $F = 55,12$; $GL_{\text{numerador}} = 3$; $GL_{\text{denominador}} = 14$; $P = <0,0001$), baseado em análise de variância com medidas repetidas no tempo.

Com relação à fitotoxicidade, a análise de variância com medidas repetidas no tempo indicou efeitos significativos do produto ($F_{3,16} = 46,26$; $P = <0,0001$), concentração ($F_{1,16} = 8,19$; $P = 0,01$) e da interação produto x concentração ($F_{3,16} = 3,66$; $P = 0,03$) (Tabela 5). Não se apresentou efeito significativo entre o tempo, e entre as interações produto x tempo, concentração x tempo e produto x concentração x tempo ($P > 0,05$) (Tabela 6). Observou-se pouca fitotoxicidade dos produtos aos primeiros cinco dias após a aplicação principalmente nas doses altas (Anexo 8). Aos dez dias após aplicação foi observado fitotoxicidade apenas sobre as plantas pulverizadas com Natuneem 1,4 mg de i.a/L (Anexo 8)

Tabela 5. Análises de variância entre produtos e doses da fitotoxicidade dos produtos alternativos.

FV	GL	F	P
Produto	3	46,26	<0,0001 *
Concentração	1	8,19	0,01 *
Produto x concentração	3	3,66	0,03 *
Erro	16		

Tabela 6. Análises de variância entre tempo, produtos e doses da fitotoxicidade dos produtos alternativos.

FV	Wilks' Lambda	F	GL numerador	GL denominador	P
Tempo	0,8987	0,53	3	14	0,67
Produto x tempo	0,3993	1,74	9	34,22	0,11
Concent. x tempo	0,9612	0,19	3	14	0,90
Produto x concent. x tempo	0,5606	1,02	9	34,22	0,44

Discussão

Populações de *T. evansi* em plantas de tomate foram controladas quando utilizou-se concentração correspondente às CL_{95} dos produtos alternativos, como quando utilizou-se concentrações inferiores, estas corresponderam as CL_{88} para calda sulfocálcica, as CL_{93} para Neem Pro, às CL_{88} para Organic Neem e às CL_{68} para Natuneem. Nestas concentrações a taxa de crescimento populacional de *T. evansi* é igual a zero.

Os efeitos de doses subletais dos produtos na população se vêm manifestados através da redução no período de vida, diminuição da fertilidade, redução da fecundidade, mudanças na razão sexual e no

comportamento de alimentação (Stark et al. 1992). Isto demonstra a importância de utilizar concentrações subletais dos produtos alternativos para o manejo de *T. evansi*, o qual a pesar de exercer um controle mais lento da população a través do tempo, logra quase que igualar o controle exercido nas concentrações maiores. A decisão de usar concentrações letais ou subletais dos produtos alternativos depende da população da praga ao momento da aplicação.

Os produtos naturais a base de nim representam uma alternativa para o controle de pragas, especialmente quando agrotóxicos não são permitidos, como em cultivos orgânicos (Venzon et al. 2001).

Os produtos a base de nim foram eficientes em controlar pelo menos 82% da população de *T. evansi* um dia após a aplicação dos mesmos (Anexo 7) em condições de casa de vegetação. Com esta alta eficiência para controlar populações de *T. evansi* associado a sua biodegradabilidade, esses produtos se apresentam como uma alternativa viável econômica e ambiental para o controle destes filófagos.

Dados ainda mais conclusivos foram obtidos quando se avaliou os efeitos da aplicação de nim dez dias após a aplicação dos mesmos (Anexo 7). Nessa data, a menor taxa de mortalidade observada foi de 98,7% (Neem Pro 0,07 mg de i.a/L) e a maior foi de 100% (Neem Pro 0,08 mg de i.a/L, Natuneem 1,4 mg de i.a/L, Organic Neem 0,37 mg de i.a/L). Nesse mesmo período, a população controle chegou a 593 ácaros por planta (Anexo 7) enquanto que a média das plantas tratadas com nim ficou em 2,41 ácaros por planta. Esses resultados demonstram como é eficiente a aplicação de produtos a base de nim no controle de populações de *T. evansi*. No entanto, a eficiência dos produtos a base de nim no controle de pragas, assim como a seletividade a inimigos naturais, está relacionada à dose e a formulação empregadas. É necessário conhecimento técnico sobre o produto a ser utilizado para que seja obtido controle satisfatório das populações de pragas, de maneira a não afetar os inimigos naturais associados a essas (Venzon et al. 2007).

A calda sulfocálcica demonstrou também ser eficiente no controle de *T. evansi*. A mortalidade desse ácaro variou de 96,7 a 100% no período de um a sete dias após a aplicação da calda (Anexo 7). Nesse caso, a calda

sulfocálcica também se apresenta como uma alternativa a ser utilizada no controle de *T. evansi* sobre plantas de tomateiro. A calda sulfocálcica é comumente empregada nas culturas durante a época de inverno para o controle de doenças (Botton et al. 2003; Sônego et al. 2003). Com relação à dosagem da calda sulfocálcica para controle de *T. evansi*, as concentrações letais e subletais foram menores que as recomendadas e utilizadas em sistemas de cultivo orgânico. Estas concentrações variaram de 2 a 4% de uma calda que possui uma densidade de 29 a 32^o Baumé (Penteado 2000; D'Andréa 2001), aproximadamente 0,58 a 1,28% de polissulfetos de cálcio na calda de pulverização. A utilização de altas doses de calda sulfocálcica para o controle de ácaros, além de desnecessárias, indubitavelmente terão efeitos deletérios sobre os ácaros predadores do herbívoro, além de aumentar os custos de utilização da calda e os resíduos da mesma no sistema (Tuelher 2006). Um dos inconvenientes relatados para a calda sulfocálcica é a baixa seletividade a inimigos naturais. No entanto, é possível utilizar dosagens da calda que sejam eficientes no controle da praga e que sejam seletivas aos principais inimigos naturais desses. A concentração de 0,5% da calda (31,5^o Baumé) controla eficientemente a população do ácaro vermelho do cafeeiro *O. ilicis* (Soto et al. dados não publicados) e corresponde a CL₁₁ para o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai*, um dos principais inimigos naturais de *O. ilicis* (Tuelher 2006). Para o controle de *T. evansi* em tomate não encontrou-se referencia alguma utilizando concentrações letais ou subletais da calda sulfocálcica.

A procura por produtos alternativos aos agrotóxicos convencionais com potencial preventivo e curativo contra as pragas e que não apresentem efeitos deletérios ao meio ambiente, consumidor e produtor vem crescendo em todo o mundo. Por apresentarem essas características, os produtos à base de nim e a calda sulfocálcica podem ser considerados como importantes alternativas para uso na agricultura tradicional e orgânica. Em geral, os efeitos benéficos de produtos alternativos muitas vezes são colocados em dúvida devido à possível fitotoxicidade que os mesmos poderiam provocar. No entanto, neste trabalho foram avaliados os possíveis efeitos fitotóxicos advindos da aplicação dos produtos à base de nim, bem como da calda sulfocálcica, observando-se pouca fitotoxicidade dos

produtos aos primeiros dias após a aplicação principalmente nas doses altas. Foi observado fitotoxidade apenas sobre as plantas de tomate pulverizadas com Natuneem na CL₉₅.

A aplicação da calda sulfocálcica, bem como dos produtos a base de nim, nas concentrações adequadas, representam uma alternativa viável ao controle do ácaro fitófago *T. evansi* sobre plantas de tomate tanto quando aplicados na dose letal como na dose subletal. Na utilização de doses subletais, é importante considerar o tempo para a ação acaricida desses produtos, especialmente de produtos a base de nim.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento da pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) programa PEC-PG pela concessão da bolsa. Às empresas Dalneem e a Quinabra pelo fornecimento dos produtos Organic Neem e Neem Pro.

Literatura Citada

- Abbot, C.E. 1945.** The toxic gases of lime-sulfur. *Journal of Economic Entomology* 38 (5): 618-620.
- Bolland, H.R. & F. Vala. 2000.** First record of the spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) from Portugal. *Entomologische Berichten*. 60: 180-186.
- Botton, M.; Hickel, E.R.; Soria, S. De J. 2003.** Pragas. In: Fajardo, T.V.M. (Ed.). *Uvas para processamento: fitossanidade*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.82- 105.
- Brito, H.M., M. Guedes, J. Vargas, C. A. Gomes. 2006.** Toxicidade de natuneem sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e ácaros predadores da família Phytoseiidae. *Ciência e Agrotecnologia* 30: 75-78.
- Campanhola, C.; Bettiol, W. 2003.** Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil. In: Campanhola, C.; Bettiol, W. (ed.). *Métodos alternativos de controle fitossanitário*. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente. p.13-51.
- Castiglioni, E., J.D. Vendramim & M.A. Tamai. 2002.** Evaluación del efecto tóxico de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). *Agrociência* 6: 75-82.

- Chagas, P.R.R.; Tokeshi, H.; Alves, M.C. 2001.** Efficiency of lime sulfur in the control of the two-spotted mite in papaya in conventional and organic (Bokashi- EM) systems. In: CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING,6. Pretoria. Proceedings...Japan/ Atami: INFRC. p.255-258
- D'Andrea, P.A. 2001.** Aspectos práticos e tendências no uso dos fertiprotetores. In: Hein, M. (org). Resumos do 1^o Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica Botucatu. p. 97- 101.
- Dimetry, N.Z., S.A.A. Amer & A.S. Reda. 1993.** Biological activity of two neem seed kernel extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. Journal of Applied Entomology 116: 308-312.
- Easterbrook, M.A.; Fitzgerald, J.D.; Solomon, M.G. 2001.** Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (*Amblyseius*) (Acari: Phytoseiidae). Experimental and Applied Acarology 25: 25-36.
- Ferragut, F. y Escudero, L.A. 2002.** La araña roja del tomate *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) en España: distribución, biología y control. Phytoma España 25: 11-113.
- Filgueira, F.A.R. 2000.** Novo manual de olericultura-agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 402p.
- Finney, D.J. 1971.** Probit analysis. Cambridge: Cambridge University Press. 333p.
- Fragoso, D.B., R.N.C. Guedes, M.C. Picanço, L. Zambolim. 2002.** Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). Bulletin of Entomological Research 92: 203-212.
- Guerra, M.S. 1985.** Receituário caseiro: alternativa para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e seus produtos. Brasília: EMATER. 166p.
- Guirado, N. 2001.** Extrato de plantas no controle da leprose dos citros. In: Hein, M. (org). PRIMER ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTEÇÃO DE PLANTAS: Controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica, Botucatu. p.147-159.
- Henderson, C.F.; Tilton, E.W. 1955.** Tests with acaricides against the brown wheat mite. Journal of Economic Entomology 48: 157-161.
- Knapp, M; Wagener, B. y Navajas, M. 2003.** Molecular discrimination between the spider mite *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, an important pest of tomatoes in southern Africa and the closely related

species *T. urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). African Entomology 2: 300-304.

- Mansour, F.A., K.R.S. Ascher & N. Omari. 1997.** Effects of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts from different solvents on the predacious mite *Phytoseiulus persimilis* and the phytophagous mite *Tetranychus cinnabarinus*. *Phytoparasitica* 15: 125-130.
- Martinez, S.S. 2002.** O nim *Azadirachta indica*: Natureza, Usos Múltiplos, Produção. Londrina, IAPAR- Instituto Agronômico do Paraná. 142p.
- Mojumder, V., S.S. Narwal, R.E. Hoagland & R.H. Dilday. 2000.** Ecofriendly technologies for management of phytoparasitic nematodes in pulses and vegetable crops. Allelopathy in ecological agriculture and forestry. *Proceedings.India.* p.59-69.
- Momen, F.M., A.S. Reda & S.A.A. Amer. 1997.** Effect of Neem Azal-F on *Tetranychus urticae* and three predacious mites of the family Phytoseiidae. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 32: 355-362.
- Montag, J., Schreiber, L., Schonherr, J. 2005.** An in vitro study on the infection activities of hydrated lime and lime sulphur against apple scab (*Venturia inaequalis*). *Journal of Phytopathology* 153: 485-491.
- Moraes, G.J. & J.A. McMurtry. 1986.** Suitability of the spider mite *Tetranychus evansi* as prey for *Phytoseiulus persimilis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 40: 109-115.
- Moraes, G.J. & Flechtmann, C.H.W. 2008.** Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos. 288p.
- Mordue, A.J.; Nisbet, A.J. 2000.** Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina* 29: 615-632.
- 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.
- Penteado, S.R. 2000.** Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa. Buena Mendes Gráfica e Editora, Campinas. 95p.
- Picanço, M.C.; Soto, A; Bacci, L; Fidelis, E.G.; Silva, G.A.; De Sena, M.E. 2007.** Controle biológico das principais pragas de hortaliças no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças. Viçosa: UFV. p.505-537.

- Potter, C. 1952.** An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray films. *Annals of Applied Biology* 39: 1-29.
- Qureshi, A.H.; Oatman, C.A.; Fleschner, C.A. 1969.** Biology of the spider mite *Tetranychus evansi*. *Annals of Entomological Society of America*, College Park. 62: 898-903.
- 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). *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 27: 265-274.
- Schmutterer, H. 1987.** Insect growth-disrupting and fecundity-reducing ingredients from the neem and chinaberry trees, p.119-170. In E.D. Morgan & N.B. Mandava (eds.), *CRC Handbook of natural pesticides*. Florida, CRC series in naturally occurring pesticides. 453p.
- Silva, F. 2007.** *Phytoseiulus longipes*: um eficiente agente de controle de *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) na cultura do tomateiro. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 61p.
- Sônego, O.R.; Garrido, L.R.; Grigoletti Júnior, A. 2003.** Doenças fúngicas. In: FAJARDO, T.V.M. (Ed.). *Uvas para processamento: fitossanidade*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.11- 44.
- Spollen, K.M.; Isman, M.B. 1996.** Acute and sublethal effects of a neem insecticide on the commercial biological control agents *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Economic Entomology* 89: 1379–1386.
- Stark, J.D. & J.E. Banks. 2003.** Population – level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology* 48: 505-519.
- Stark, J.D., R.I. Vargas, R.H. Messing & M. Purcell. 1992.** Effects of cyromazine and diazinon on three economically important Hawaiian tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their endoparasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology* 85: 1687-1694.
- Smilanick, J.L. & Sorenson, D. 2001.** Control of postharvest decay of citrus fruit with calcium polysulfide, *Postharvest Biology and Technology* 21: 157-168.
- Tuelher, E.S. 2006.** Toxicidade de bioprotetores da cafeicultura orgânica sobre o ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* e o ácaro predador

Iphiseiodes zuluagai. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 56p.

Venzon, M., Pallini, A., Fadini, M.A.M., Oliveira, H., Miranda, V. S., De Andrade, A.P.S. 2007. Controle alternativo de ácaros em hortaliças. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças. Viçosa: UFV. p.607-625.

Venzon, M.; Pallini, A.; Amaral, D.S.S.L. 2001. Estratégias para o manejo ecológico de pragas. Informe Agropecuário 22 (212): 19-28.

Waltthall, W.K. & J.D. Stark. 1997. Comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effect. Ecotoxicology and Environmental Safety 37: 45- 52.

Capítulo V

Controle alternativo de *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) e avaliação da produção em tomate.

RESUMO - O ácaro fitófago *Tetranychus evansi* é conhecido em diversos países atacando plantas da família solanácea. Para o seu controle, os agricultores dependem quase exclusivamente de agrotóxicos sintéticos. O objetivo desse trabalho foi avaliar durante todo o ciclo de cultivo do tomate em casa de vegetação os produtos alternativos Organic Neem e calda sulfocálcica e o produto químico Orthene para o controle de *T. evansi*. Plantas de tomate foram infestadas em condições de cultivo protegido com 20 fêmeas adultas por planta. Oito dias após a infestação foram aplicados os produtos Organic Neem na concentração 0,28 mg/L de azadirachtina, correspondente a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) igual a zero, calda sulfocálcica 0,6% a concentração de 31,5 °B, correspondente a $r_i=0$ e Orthene com 1,33 mg/L de acefato. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco repetições. Após 1, 7, 10, 16, 20, 27, 33, 35, 41, 48 e 50 dias da aplicação dos produtos, foram feitas as avaliações populacionais dos ácaros nas plantas e as devidas análises de mortalidade. A análise de variância do Modelo Linear Geral indicou efeitos significativos dos produtos em rendimento. Todos os produtos testados apresentaram níveis de eficiência na redução populacional superior a 99,12%. A porcentagem de redução populacional do ácaro *T. evansi* foi superior a 94% após sete dias da aplicação dos produtos. A análise de variância para as variáveis rendimento, número de frutos, diâmetros longitudinal e transversal dos frutos indicou efeitos significativos com respeito à testemunha. O manejo de *T. evansi* em tomate foi possível de ser feito com produtos alternativos e o produto químico testado.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaros fitófagos, azadirachtina, calda sulfocálcica, tomate

Alternative control of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) and evaluation of production in tomato.

ABSTRACT - The phytophagous mite *Tetranychus evansi* is known in several countries for attacking plants of the solanaceae family. For its control, farmers depend almost exclusively on synthetic pesticides. The objective of this work was to evaluate the alternative products Organic Neem, lime sulfur spray and the chemical Orthene for control of *T. evansi* throughout the course of tomato cultivation in a greenhouse. Tomato plants in a greenhouse were infested with 20 adult females per plant. Eight days after infestation Neem Organic products at the concentration 0.28 mg/L of azadirachtin, representing the instantaneous rate of population increase (r_i) equal to zero, at a concentration of syrup sulfocálcica 0.6% of 31.5 B, corresponding to $r_i = 0$ and Orthene with 1.33 mg / L of acephate. The experimental design was completely randomized, with five separate replications. At 1, 7, 10, 16, 20, 27, 33, 35, 41, 48 and 50 days after application of products, mite populations in the plants were assessed and the necessary mortality analysis was performed. The analysis of variance of the general linear model indicated significant effects of the products in terms of efficiency. All products tested had levels of efficiency for reducing population, exceeding 99.12%. The reduction percentage of the mite *T. evansi* population was higher than 94% after seven days of application. The analysis of variance for the variables of efficiency, number of fruit and longitudinal and transverse diameters of the fruits showed significant effects with respect to the control. Management of *T. evansi* on tomatoes could be performed with alternative products and the chemical product tested.

KEY-WORDS: Phytophagous mites, Azadirachtin, syrup sulfocálcica, tomato

Introdução

O tomateiro *Lycopersicon esculentum* Mill. é uma espécie que apresenta grande importância econômico-social, pois é cultivado em todos os estados do Brasil, especialmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (Melo & Vilela 2004). Dentre as hortaliças, o tomate destaca-se em termos mundiais por ser a maior em volume industrializado e ocupar a segunda maior área cultivada (Camargo & Mazzei 1996).

A cultura do tomateiro é conhecida por apresentar ao longo de todo o seu ciclo importantes problemas de pragas, entre elas o ácaro vermelho do tomateiro *Tetranychus evansi* (Jeppson et al. 1975; Moraes & Flechtmann 2008). Esta espécie apresenta ampla distribuição mundial e já foi relatada na África, América, na Europa e mais recentemente na Ásia (Meyer 1996; Bolland et al. 1998; Bonato 1999; Ferragut & Escudero 1999; Kreiter et al. 2002; Knapp et al. 2003; Ho et al. 2004; Migeon 2005). No Brasil a população a vindo aumentado em algumas regiões (Pereira 2005).

Este ácaro é atualmente considerado uma praga importante em regiões africanas produtoras de tomate, com reduções de até 90% da produtividade (Knapp et al. 2003). No nordeste do Brasil a população deste fitófago vem aumentando nos últimos anos, principalmente em culturas de tomate em casa de vegetação (Pereira 2005). *T. evansi* apresenta alta capacidade reprodutiva, o que propicia a esta espécie atingir altas populações em curto tempo, tornando-a bastante agressiva à planta infestada (Jeppson et al. 1985; Sarmento 2003). Adicionalmente, produz alta quantidade de teias sobre as plantas infestadas, o que dificulta a ação de inimigos naturais (Moraes & McMurtry 1986; Guanilo 2007).

Os danos causados por *T. evansi* são diretos, ocasionando seca das folhas, seguida de desfolha, diminuição no tamanho e número de frutos, além de indução à maturação precoce (Flechtmann & Baker 1970). Para seu controle os agricultores dependem exclusivamente de aplicações de agrotóxicos sintéticos. A utilização excessiva e inadequada destes produtos, no entanto, tem sido relacionada a problemas ecológicos, afetando organismos não-alvo, promovendo o desenvolvimento de resistência a

agrotóxicos e trazendo riscos para a saúde dos agricultores e consumidores (Guerra 1985; Sibanda et al. 2000, Saunyama & Knapp 2003). Estima-se que o controle químico represente cerca de 30% do custo total de produção de tomates em cultivos convencionais (Leite et al. 1995; Sibanda et al. 2000).

Ainda é incipiente a utilização de insumos fitoprotetores alternativos e ecologicamente sustentáveis para o controle de *T. evansi* no cultivo de tomate. Um dos fatores responsáveis pela reduzida utilização desses produtos é o deficiente conhecimento sobre sua eficiência em relação à produtividade que se pode alcançar quando se aplica esses produtos (Abreu Junior 1998).

As pesquisas atuais, no que diz respeito ao controle racional e ambientalmente seguro das pragas agrícolas, buscam encontrar alternativas à utilização dos praguicidas químicos sintéticos, sem agressão ao meio ambiente, sem ocasionar resíduos nos alimentos e com uso de tecnologia de baixo custo (Penteado 1999; Weinzierl & Henn 2004).

Azadirachta indica A. Juss, cujo principal metabolito secundário é azadirachtina, é uma das plantas mais utilizadas no mundo para o controle de pragas, o qual atua sobre artrópodes causando mortalidade, repelência, deterrência alimentar, interrupção do crescimento, interferência na metamorfose, esterilidade e anormalidades anatômicas (Schmutterer 1990; Mordue & Nisbet 2000). Uma característica importante de produtos derivados do nim é que eles possuem além da ação de contato, ação sistêmica e translaminar (Venzon et al. 2008). De maneira geral, os inimigos naturais são menos suscetíveis ao nim devido ao seu comportamento e fisiologia (Schmutterer 1997; Akol et al. 2002). No entanto, a seletividade do nim está relacionada a espécie de inimigo natural, à dose e a formulação empregada (Venzon et al. 2007).

A calda sulfocálcica é um outro defensivo alternativo utilizado para o controle de pragas, a qual é obtida pelo tratamento térmico do enxofre e da cal. O uso da calda sulfocálcica tem sido relatado com sucesso para o controle de insetos e ácaros (Wardlow & Ludlam 1975; Guerra 1985; Penteado 2000; Ocete et al. 2003). Um dos inconvenientes relatados para a calda sulfocálcica é a baixa seletividade a inimigos naturais. No entanto, é

possível utilizar dosagens da calda que sejam eficientes no controle da praga e que sejam seletivas aos principais inimigos naturais desses (Venzon et al. 2007).

O desenvolvimento de estratégias alternativas de controle de artrópodes é necessário pela reduzida eficácia dos agrotóxicos e potenciais riscos destes aos humanos e ao ambiente. Busca-se desenvolver métodos alternativos que podem oferecer aos produtores novas opções para serem incorporadas em programas de manejo integrado de pragas (MIP). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os produtos alternativo extrato de nim e calda sulfocálcica para o controle de *T. evansi*.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Unidade Regional EPAMIG da Zona de Mata (UREZM), Viçosa, com temperatura média de 22,6 °C. Plantas de tomate da variedade Santa Clara com 30 dias de idade, cultivadas em potes plásticos com terra (2 L), foram infestadas com 20 fêmeas adultas por planta do ácaro *T. evansi*. Oito dias após a infestação, realizou-se uma avaliação para verificar a população de ácaros em cada planta. Posteriormente, foram aplicados nas plantas os produtos Organic Neem (Dalneem) 0,28 mg/L de azadirachtina, correspondente à dose necessária para impedir o crescimento populacional do ácaro ($r_i = 0$) (calculada no capítulo 1); calda sulfocálcica (31,5 °Baumé) a 0,6%, correspondente a $r_i = 0$ (calculada no capítulo 1), e Orthene com 1,33 mg/L de acefato (produto convencional utilizado como “controle” a dose recomendada), e o controle com água. As pulverizações foram feitas com um pulverizador manual Brudden® modelo S.S. com capacidade de cinco litros, diâmetro do bocal de 60 mm, provido com um bico do tipo cone regulável e pressão máxima de trabalho de 14 Kgf/cm² ou 200 lb/pol².

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram representados pelos três produtos e pelo controle. Os quatro tratamentos foram repetidos cinco vezes, sendo cada repetição representada por quatro plantas acondicionadas em bandejas plásticas (60 x 40 x 10 cm).

Após 1, 7, 10, 16, 20, 27, 33, 35, 41, 48 e 50 dias da aplicação (DAA) dos produtos, foram feitas as avaliações populacionais dos ácaros nas plantas por meio da contagem direta com auxílio de lupa. O produto Organic Neem foi aplicado novamente aos 34 dias da primeira aplicação dos produtos, e os produtos calda sulfocálcica e orthene aos 49 dias após sua aplicação inicial, quando a população de *T. evansi* alcançou o nível de 50 ácaros por planta. Para avaliar o rendimento dos diferentes tratamentos, realizou-se a colheita dos frutos aos 61 dias após aplicação dos produtos.

A mortalidade dos ácaros foi calculada de acordo com a fórmula proposta por Henderson & Tilton (1955):

$$\% \text{ Mortalidade} = 100 \times \left(1 - \frac{Ta \times Cb}{Tb \times Ca}\right)$$

onde:

Ta é o número de ácaros depois do tratamento;

Tb é o número de ácaros antes do tratamento;

Ca é o número de ácaros no controle depois do tratamento;

Cb é o número de ácaros no controle antes do tratamento.

Os dados de mortalidade foram transformados para $\arcsen\sqrt{x/100}$ e submetidos à análise de variância do Modelo Linear Geral. Este tipo de análise foi feito usando o indicador Wilks' Lambda (SAS Institute 1989) versão 9.0 com especificação PROFILE. Os dados de rendimento, número de frutos, diâmetros longitudinal e transversal de frutos foram transformados para Log (x+1) e submetidos a análise de variância no programa SAS (SAS Institute 1989) versão 9.0.

Resultados

A análise de variância com medidas repetidas no tempo indicou efeitos significativos entre os produtos na redução populacional ($F_{2,12} = 6,43$; $P = 0,012$) (Tabela 1), tempo (Wilks' Lambda = 0,0045; $F = 66,20$; $GL_{num} = 10$; $GL_{den} = 3$; $P = 0,002$) e entre a interação produto x tempo (Wilks' Lambda = 0,0017; $F = 6,85$; $GL_{num} = 20$; $GL_{den} = 6$; $P = 0,012$) (Tabela 2).

Tabela 1. Análises de variância entre produtos para o controle de *T. evansi*.

	FV	GL	F	P
Produto		2	6,43	0,012 *
Erro		12		

Tabela 2. Análises de variância entre tempo e produtos para o controle de *T. evansi*.

FV	Wilks' Lambda	F	GL numerador	GL denominador	P
Tempo	0,0045	66,20	10	3	0,002 *
Produto x tempo	0,0017	6,85	20	6	0,012 *

Todos os produtos testados apresentaram níveis de eficiência superior a 99% aos 50 DAA (Figura 1, Anexo 9). A porcentagem de redução populacional do ácaro *T. evansi* foi superior a 94% após sete dias da aplicação dos produtos testados (Figura 1, Anexo 9). Aos 33 dias após aplicação, a população do ácaro vermelho no tratamento com Organic Neem se incrementou a mais de 50 ácaros por planta, realizou-se uma segunda aplicação deste produto e obtendo-se um controle da população sete dias após a aplicação superior a 99% (Figura 1, Anexo 9). Realizou-se uma nova aplicação dos produtos calda sulfocálcica e orthene 49 dias após à primeira aplicação, obtendo-se um controle da população superior a 99% um dia após esta aplicação para ambos tratamentos (Figura 1, Anexo 9).

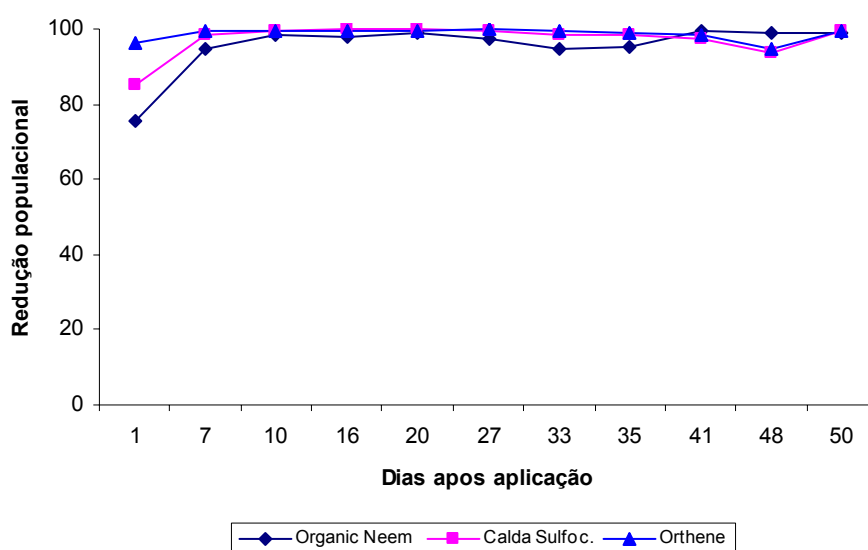


Figura 1. Porcentagem de redução populacional de *T. evansi* após aplicação dos produtos.

A análise de variância para as variáveis rendimento ($F_{3,16} = 104$; $P = <0,0001$), número de frutos ($F_{3,16} = 42,5$; $P = <0,0001$), diâmetros longitudinal ($F_{3,16} = 70$; $P = <0,0001$) e transversal ($F_{3,16} = 80$; $P = <0,0001$) dos frutos indicou efeitos significativos em relação à testemunha (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

Tabela 4. Análise de variância para a variável rendimento de tomate.

Fonte de variação	G.L	SQ	QM	F	P
Tratamentos	3	3,12	1,04	104	<0,0001*
Erro	16	0,18	0,01		
Total	19	3,30			

Tabela 5. Análise de variância para a variável número de frutos de tomate.

Fonte de variação	G.L	SQ	QM	F	P
Tratamentos	3	1,01	0,34	42,5	<0,0001*
Erro	16	0,14	0,008		
Total	19	1,16			

Tabela 6. Análise de variância para a variável diâmetro longitudinal do fruto de tomate.

Fonte de variação	G.L	SQ	QM	F	P
Tratamentos	3	0,23	0,07	70	<0,0001*
Erro	16	0,02	0,001		
Total	19	0,25			

Tabela 7. Análise de variância para a variável diâmetro transversal do fruto de tomate.

Fonte de variação	G.L	SQ	QM	F	P
Tratamentos	3	0,25	0,08	80	<0,0001*
Erro	16	0,02	0,001		
Total	19	0,27			

Os produtos Organic Neem (0,28 mg/L de azadirachtina), calda sulfocálcica (0,6% a 31,5° B) e orthene (1,33 mg/L de acefato) não apresentaram diferença estatística entre si com respeito as variável

rendimento, número de frutos, diâmetros longitudinal e transversal de frutos (Tabela 8). Não entanto, todos diferiram com respeito ao controle.

Tabela 8. Rendimento, número de frutos, diâmetros longitudinal e transversal de frutos de tomate para os diferentes tratamentos em casa de vegetação.

Tratamento	Rendimento/ planta (g)	No de frutos	Diam. Longit. (cm)	Diam. Transv. (cm)
Testemunha	51 ± 0,05 b ¹	2,5 ± 0,11 b	2,4 ± 0,06 b	2,1 ± 0,05 b
Organic Neem	470,9 ± 0,07 a	12,0 ± 0,07 a	4,2 ± 0,01 a	3,9 ± 0,02 a
Calda sulfocálcica	393,8 ± 0,17 a	9,8 ± 0,11 a	4,3 ± 0,03 a	3,9 ± 0,03 a
Orthene	383,6 ± 0,08 a	9,2 ± 0,06 a	4,0 ± 0,02 a	3,7 ± 0,01 a

¹Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P>0,05)

Discussão

E grande a preocupação atual para avaliar a eficácia de produtos alternativos no controle de diferentes pragas, entre elas o ácaro vermelho *T. evansi* que atualmente se destaca no mundo como uma praga importante do cultivo de tomate. A calda sulfocálcica e o extrato de nim (Organic Neem) foram eficientes em controlar o ácaro *T. evansi* em casa de vegetação. Foi verificado altos níveis de eficiência de controle ao longo do tempo e esta eficiência aumentou com o período de exposição. A porcentagem de redução populacional do ácaro *T. evansi* foi superior a 94% após sete dias da aplicação desses produtos testados. O controle proporcionado por esses produtos foi semelhante ao controle químico (orthene). Demonstrou-se que a aplicação dos produtos alternativos Organic Neem e calda sulfocálcica utilizados para o controle de *T. evansi* apresentaram comprovada eficiência de controle da população do ácaro e em sua produção em relação a aplicação do produto convencional orthene.

Os resultados obtidos mostraram que não houve diferença estatística entre o número de frutos, peso médio de frutos e diâmetros longitudinal e transversal de frutos produzidos por plantas pulverizadas por orthene e pelos produtos alternativos Organic Neem e calda sulfocálcica. Todos os dados obtidos dessas plantas pulverizadas foram estatisticamente distintos dos dados referentes ao controle que foi pulverizado apenas com água. Esses resultados distinguem os resultados alcançados por esse trabalho em relação aos demais realizados com produtos alternativos, pois demonstram a viabilidade desses compostos no controle de pragas bem como que

plantas pulverizadas com produtos alternativos em baixas concentrações (quando a taxa instantânea de crescimento populacional ($r_i = 0$)) produzem em nível tão alto quanto às plantas pulverizadas com produtos alternativos em concentrações maiores.

A utilização de produtos considerados seletivos, ou seja, aqueles capazes de controlar eficientemente as pragas, causando pouco ou nenhum impacto sobre os inimigos naturais é de suma importância para que se possa realizar um manejo racional dos organismos-praga, objetivando minimizar os danos à cultura, de forma econômica e harmoniosa com o ambiente (Moura e Rocha 2006). Estas características são encontradas nos produtos alternativos avaliados nesse trabalho que demonstraram eficiência de controle de pragas e persistência no tempo após serem aplicados.

Todos os produtos aplicados demonstraram uma eficiência superior a 99% em termos de controle da praga e em sua produtividade. Esta é uma e, em termos econômicos, a mais importante em termos de controle de praga, pois está provado que os produtos alternativos são capazes de controlar eficientemente o ácaro *T. evansi*. Isto indica que se trata de uma técnica para controle desta praga, para qual, até o momento não se há descoberto um eficiente inimigo natural, como predadores e parasitoides, ainda que existam estudos preliminares com o ácaro predador *Phytoseiulus longipes* (Acari: Phytoseiidae) para o controle de *T. evansi* (Moraes & Flechtmann 2008). Além disto, sabe-se que o uso indiscriminado de agrotóxicos tem sido o padrão de controle de pragas em cultivos de tomates comercialmente cultivados no Brasil bem como em diversas partes do mundo (Pereira 2005).

O uso de concentrações mais baixas dos produtos alternativos, isto é concentrações que mantêm o equilíbrio da população, inferiores às normalmente utilizadas e recomendadas pelas casas produtoras, ajudam a preservar o meio ambiente e evitar riscos para a saúde dos agricultores e consumidores, ademais de exercer um controle satisfatório dos ácaros fitófagos sem afetar os inimigos naturais. Estas concentrações foram estudadas por (Soto et al., dados sem publicar) para os produtos Organic Neem, Neem Pro e Natuneem e foram seletivas ao ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) para o controle de *T. urticae* em morango.

Contrário a todas as limitações que apresentam os agroquímicos sintéticos, estão as características dos produtos alternativos que são relativamente seguros e biodegradáveis. Os mais proeminentes inseticidas e acaricidas alternativos utilizados nos últimos anos são derivados das árvores de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) (Martinez 2002), e mais recentemente a calda sulfocálcica, os quais têm sido estudados nas áreas de entomologia e fitoquímica e têm utilidade em propósitos fitossanitários.

Como exemplo, as árvores de *A. indica* produzem pelo menos 35 princípios biologicamente ativos. A azadirachtina é o princípio inseticida ativo, predominante nas sementes e outras partes da árvore de neem, com efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento de insetos. Alguns destes parâmetros de bioatividade dos produtos do nim têm sido investigados em algumas espécies de artrópodes de importância médica e veterinária (Mulla-Mir & Su-Tianyun 1999).

O potencial dos produtos a base de nim para controlar pragas pode ser atribuída ao maior teor de azadiractina, pois segundo Brechelt & Fernández (1995), no processo de obtenção de torta de nim pela prensagem das sementes, 90% da azadiractina presente fica concentrada na torta. A azadirachtina, que é considerada o mais potente dos limonóides ou tetranortriterpenóides presentes no nim, atua na inibição da alimentação dos artrópodes, afeta o desenvolvimento dos estados imaturos e atrasa seu crescimento, reduz a fecundidade e fertilidade dos adultos, altera o comportamento, causa diversas anomalias nas células, na fisiologia e causa mortalidade de ovos, estados imaturos e adultos (Martinez 2002).

Extratos de sementes de nim foram utilizados por (Mansour et al. 1987; El-Gengaihi et al. 2000; Castiglioni et al. 2002; Mourão et al. 2004) para o controle dos ácaros *Tetranychus cinnabarinus* e *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) com resultados altamente satisfatórios, sendo seletivos a inimigos naturais. Mais recentemente trabalhos tem demonstrado a viabilidade de métodos alternativos para o controle de outro ácaro fitófago *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae), o ácaro branco que ataca diversas plantas dentre elas a pimenteira e o morangueiro (Venzon et al. 2006). Porém, como a importância agrícola de *T. evansi* está se

tornando evidente somente agora, ainda são escassos os trabalhos visando o controle alternativo do mesmo.

Os resultados aqui apresentados demonstram que a calda sulfocálcica e o extrato de nim (Organic Neem) utilizados em baixas concentrações podem ter ação de controle do ácaro *T. evansi* sobre plantas de tomate. Esses resultados poderão ser utilizados como alternativa para envolvê-los no manejo integrado desta praga.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento da pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) programa PEC-PG pela concessão da bolsa. À empresa Dalneem pelo fornecimento do produto Organic Neem.

Literatura Citada

- Abreu Júnior, H. 1998.** Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura. Campinas: Emopi. 115p.
- Akol, A.M; Sithanatham, S.; Njagi, P.G.N.; Varela, A.; Mueke, J.M. 2002.** Relative safety of sprays of two neem insecticides to *Diadegma mollipla* (Holmgren), a parasitoid of the diamondback moth: effects on adult longevity and foraging behaviour. *Crop Protection* 21: 853-859.
- Bolland, H.R.; Gutierrez, J.; flechtmann, C.H.W. 1998.** World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). Leiden: Brill Academic Publishers. 392 p.
- Bonato, O. 1999.** The effect of temperature on life history parameters of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, Amsterdam 23: 11-19.
- Brechelt, A. & C.L. Fernández. 1995.** (eds.). El nim. Un árbol para la agricultura y el medio ambiente. Santo Domingo: Fundación Agricultura y Meio Ambiente. 133p.
- Camargo Filho, W.P.; Mizzei, A.R. 1996.** Necessidade de reconversão da produção de tomate em São Paulo: Ações na cadeia produtiva. *Informações Econômicas*, São Paulo 26: 105-115.

- Castiglioni, E., J.D. Vendramim & M.A. Tamai. 2002.** Evaluación del efecto tóxico de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). *Agrociência* 6: 75-82.
- El Gengaihi, S., N.Z. Dimetry, S.A.A. Amer & S.M. Mohamed. 2000.** Acaricidal activity of lipoidal matter of different plant extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Insect Science and its Application* 20: 191-194.
- Ferragut, F. & Escudero, L.A. 1999.** *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae), una nueva araña roja en los cultivos hortícolas españoles. *Boletín de Sanidad Vegetal Serie Plagas, Madrid* 25: 157-164.
- Flechtmann, C. H. W.; Baker, E. W. 1970.** A preliminary report on the Tetranychidae (Acarina) of Brazil. *Annals of the Entomological Society of America, Maryland* 63 (1): 153-163.
- Guanilo, A.D. 2007.** Busca de *Tetranychus evansi* e seus inimigos naturais no Peru e no norte da Argentina. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 186p.
- Guerra, M.S. 1985.** Receituário caseiro: alternativa para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e seus produtos. Brasília: EMATER. 166p.
- Henderson, C.F.; Tilton, E.W. 1955.** Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48: 157-161.
- Ho, C.C.; Wang, S.C.; Chien, Y.L. 2004.** Field observation on 2 newly recorded spider mites in Taiwan. *Plant Protection Bulletin, Taiwan* 47: 391-402.
- Jeppson, L.R.; Keifer, H.H.; Baker, E.W. 1975.** Mites for injurious to economic plants. Berkeley: University of California Press. 614 p.
- Jeppson, L.R.; Keifer, H.H.; Baker, E.W. 1985.** Mites injurious to economic plants. Berkeley: Univ. California Press. 614 p.
- Knapp, M.; Wagener, B.; Navajas, M. 2003.** Molecular discrimination between the spider mite *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, an important pest of tomatoes in southern Africa, and the closely related species *T. urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). *African Entomology* 11: 300-304.
- Kreiter, S.; Auger, P.; Lebdi Grissa, K.; Tixier, M.-S.; Chermiti, B.; Dali, M. 2002.** Plant inhabiting mites (Acari: Prostigmata & Mesostigmata) of some northern Tunisian crop. *Acarologia, Paris* 42: 389-402.

- Leite, D.; Bresciani, A.F.; Groppo, A.G.; Pazini, W.C.; Gravena, S. 1995.** Comparação de estratégias de manejo de pragas na cultura do tomate estaqueado. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 24 (1): 27-32.
- Mansour, F.; Ascher, K.R.S.; Omari, N. 1987.** Effects of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts from different solvents on the predacious mite *Phytoseiulus persimilis* and the phytophagous mite *Tetranychus cinnabarinus*. *Phytoparasitica* 15 (2): 125-130.
- Martinez S.S. 2002.** O NIM *Azadirachta indica*: natureza, usos múltiplos, produção. Londrina, IAPAR- Instituto Agronômico do Paraná, 142p.
- Melo, P.C.T.; Vilela, N.J. 2004.** Desempenho da cadeia agroindustrial brasileira do tomate na década de 90. *Horticultura Brasileira*, Brasília 22 (1):154-160.
- Meyer, M.K.P.S. 1996.** Mite pests and their predators on cultivated plants in Southern Africa: vegetables and berries. Pretoria: ACR-Plant Protection Research Institute. 90p.
- Migeon, A. 2005.** Un nouvel acarien ravageur en France: *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard. *Phytoma*, Paris 579: 38-42.
- Moraes, G J. DE & McMurtry, J.A. 1986.** Suitability of the spider mite *Tetranychus evansi* as prey for *Phytoseiulus persimilis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 40: 109-115.
- Moraes, G.J.; Flechtmann, C.H.W. 2008.** Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos. 288p.
- Mordue, A.J.; Nisbet, A.J. 2000.** Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29 (4): 615- 632.
- Moura, A.P.; Rocha, L.C.D. 2006.** Seletivos e eficientes. *Culturas Horticola e Frutas*, Pelotas 6 (36): 6-8.
- Mourão, S.A., J.C.T. Silva, R.N.C. Guedes, M. Venzon, G.N. JHAM, C.L. Oliveira & J.C. Zanuncio. 2004.** Seletividade de extratos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). *Neotropical Entomology* 33: 613-617.
- Mulla-MIR, S. & S. Tianyun. 1999.** Activity and biological effects of neem products against arthropods of medical na veterinary importance. *Journal of de American Mosquito Control Association* 15: 133-152.
- Ocete, R., M. A. López, Z. Dancsházy, M. E. Ocete, M. A. Pérez, I. Kajati, G.Rüll. 2003.** IPM-sustainable tests on two apple tree pests, *Eriosoma*

lanigerum Hausm (Homoptera: Aphididae) and *Aphis pomi* De Geer (Homoptera: Aphididae), carried out in La Rioja (Spain). Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. p.35-45.

Penteado, S. R. 1999. Defensivos alternativos e naturais. Campinas-SP. 79p.

Penteado, S.R. 2000. Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa. Campinas: Buena Mendes Gráfica e Editora. 95p.

Pereira, G.V.N. 2005. Seleção para alto teor de açúcares em genótipos de tomateiro e sua relação com a resistência ao ácaro vermelho (*Tetranychus evansi*) e à traça (*Tuta absoluta*). Tese doutorado. Universidade Federal de Lavras. 70p.

Sarmento, R.A. 2003. Resposta comportamental de artrópodes em teia alimentar de tomateiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 161p.

Saunyama, I.G.M; Knapp, M. 2003. The effects of pruning and trellising of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) on red spider mite (*Tetranychus evansi* Baker & Pritchard) incidence and crop yield in Zimbabwe. African Crop Science Journal, Pretoria 11: 269- 277.

Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from neem tree. Annual Review of Entomology 35: 271-297.

Schmutterer, H. 1997. Side effects of neem (*Azadirachata indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider mites and insects. Journal of Applied Entomology 21: 121-128.

Sibanda, T; Dobson, H.M; Cooper, J.F; Manyangariwa W; Chimba W. 2000. Pest management challenges for smallholder vegetable farmers in Zimbabwe. Crop Protection. Guildford 19: 807-815.

Venzon, M., Pallini, A., Fadini, M.A.M., oliveira, H., Miranda, V.S., De Andrade, A.P.S. 2007. Controle alternativo de ácaros em hortaliças. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças. Viçosa: UFV. p.607-625.

Venzon, M; Rosado, M.C; Pinto, C.M.F; Duarte, V.S, Euzébio D.E, Pallini, A. 2006. Potencial de defensivos alternativos para o controle do ácaro branco em pimenta “Malagueta”. Horticultura Brasileira 24: 224-227.

Venzon, M.; Rosado, M.C.; MOLINA-RUGAMA, A.J.; DUARTE, V.S.; DIAS, R.; PALLINI, A. 2008. Acaricidal efficacy of neem against *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). Crop Protection 27: 869-872.

Wardlow, L.R.; Ludlam,. F.A.B. 1975. Biological studies and chemical control of brown scale (*Parthenolecanium corni* (Bouché)) on Red Currant. Plant Pathology 24: 213-216.

Weinzierl, R. & Henn, T. 2004. Alternatives in Insect Pest Management: Biological and biorational approaches. Disponível em: <<http://www.ag.uiuc.edu/~vista/abstracts/aaltinsec.html>>. Acesso em maio de 2008.

CONCLUSÕES GERAIS

- O manejo de *T. evansi* em tomate foi possível de ser feito com produtos alternativos à base de nim e a calda sulfocálcica, mesmo quando aplicado a baixas concentrações.
- Não houve sintomas graves de fitotoxicidade dos produtos alternativos a base de nim e calda sulfocálcica sobre as plantas de tomate pulverizadas, a exceção de Natuneem com 1,4 mg/L de azadirachtina.
- A calda sulfocálcica e o extrato de nim (Organic Neem) utilizados em baixas concentrações apresentaram controle do ácaro *T. evansi* sobre plantas de tomate, igualando ao controle exercido pelo produto químico convencional Orthene.
- O manejo de *T. urticae* em morango foi possível de ser feito com produtos alternativos a base de nim, mesmo quando aplicado a baixas concentrações, sem interferir no controle biológico de ácaros predadores.
- Observou-se pouca fitotoxicidade dos produtos a base de nim para o controle de *T. urticae*, principalmente nas concentrações altas.
- A calda sulfocálcica não controlou ao ácaro *T. urticae* em morango.
- A azadirachtina não afetou a capacidade de forrageamento do predador *P. macropilis*.
- Os ácaros *T. urticae* e *T. evansi* apresentaram diferença na composição química da cutícula.
- Na utilização de concentrações subletais dos produtos alternativos, é importante considerar o tempo para a ação acaricida desses produtos.

ANEXOS

Anexo 1. Picos observados nas análises cromatográficas, identificação, tempo de retenção (TR) (s) e índice de Kovats (IK) calculado para os compostos.

Pico	Composto	TR	IK
1	C12	4,102	---
2		4,205	1213
3		4,502	1252
4		4,558	1259
5		4,592	1263
6		4,660	1271
7		4,740	1281
8		4,842	1292
9	C13	4,892	1298
10		4,983	1309
11		5,046	1316
12		5,100	1323
13		5,142	1328
14		5,325	1348
15		5,376	1354
16		5,400	1357
17	2-Metil-tridecano (90%)	5,448	1362
18		5,522	1370
19	2,6,11-Trimetil-dodecano (92)	5,576	1375
20		5,657	1384
21		5,712	1389
22	C14	5,805	1398
23		5,833	1401
24		5,900	1408
25		5,950	1414
26		6,005	1419
27		6,171	1436
28		6,270	1446
29		6,325	1451
30		6,376	1456
31		6,418	1460
32		6,509	1468
33		6,558	1473
34		6,621	1479
35		6,689	1485
36	C15	6,823	1496
37		6,883	1502
38		7,512	1560
39	C16	7,936	1596
40	Contaminante/Ftalato	8,075	1608

Continuação do Anexo 1.

Pico	Composto (índice de similaridade CGMS) [Ref. da literatura]	TR	IK Calc.
41		8,504	1646
42	C17	9,123	1696
43		9,191	1701
44		9,443	1723
45		9,713	1745
46	Acido Tetradecanoico ou acido Myristico (91)	9,875	1758
47	C18	10,336	1796
48		10,464	1804
49	Neofitadieno (92)	10,872	1839
50		11,178	1864
51	Contaminante/Ftalato	11,404	1881
52	C19	11,577	1895
53	Benzeno, (1-metil-dodecil)- (CAS) 2-Feniltridecano, 2-Fenil-tidecano(95)	11,849	1918
54		12,217	1948
55	Acido hexadecanoico ou acido Palmítico (95)	12,383	1962
56	C20	12,791	1995
57		13,353	2043
58	C21	13,975	2094
59	Acido 9,12-Octadecadienoico (Z,Z)- (CAS) acido linoleico (92) Acido 9,12,15-Octadecatrienoico metil ester, (Z,Z,Z)- (CAS) Metil linoleato – ácido linoleico metil ester (94)	14,542	2144
60		14,638	2152
61	Acido octadecanoico (CAS) Acido esteárico (95)	14,822	2168
62	Acido cis-8,11,14-Eicosatrienoico (86)	14,942	2178
63	C22	15,129	2194
64		15,423	2221
65	C23	16,235	2293
66		16,890	2355
67	Acido eicosanóico (CAS) Ácido aradonico – acido Araquico (93)	17,057	2370
68	C24	17,311	2393
69		17,872	2448
70		18,035	2464
71		18,217	2481
72	C25	18,341	2498
73		18,643	2523
74	Contaminante/Ftalato	19,017	2561
75	C26	19,343	2594
76		20,302	2677
77		20,349	2681
78	C28	21,233	2801
79		21,613	2841
80	2,6,10,15,19,23-hexametil-2,6,10,14,18,22,-tetracosahexano (91)	21,682	2850

Continuação do Anexo 1.

Pico	Composto	TR	IK Calc.
81	C29	22,131	2901
82		22,669	2965
83	C30	22,999	3003
84		23,761	3094
85	C31	23,838	3103
86		23,906	3111
87		24,197	3145
88	Vitamina E (75)	24,511	3181
89	C32	24,670	3201
90		24,972	3233
91	C33	25,575	3299
92	C34	26,605	3405
93		27,184	3456
94		---	---

Anexo 2. Picos dos compostos, área relativa (%) dos compostos presentes nos extratos cuticulares hexânicos de *T. urticae* (T.u) e de *T. evansi* (T.e) produzidos com tempo de extração de 5, 60 min e 24 horas e polaridade observada dos compostos para cada pico.

Pico	T.e	T.e	T.e	T.u	T.u	T.u	Polaridade
	5 min	60 min	24 h	5 min	60min	24 h	
Área relativa (%)							
1						1,38	Apolar
2						0,78	Apolar
3						0,83	Polar
4						0,20	Apolar
5						0,95	Apolar
6						2,02	Apolar
7			0,14			0,46	Apolar
8						0,19	Apolar
9			0,18			5,73	Apolar
10						1,25	Polar
11						0,87	Apolar
12						1,23	Apolar
13						0,85	Apolar
14						1,73	Apolar
15						2,41	Apolar
16						0,66	Apolar
17						1,65	Apolar
18						1,37	Apolar
19						2,98	Apolar
20						0,94	Polar
21			0,18			0,50	Polar
22			0,21			8,89	Apolar
23						0,64	Polar
24						0,78	Apolar
25						0,67	Polar
26						1,03	Polar
27						1,44	Apolar
28						1,54	Apolar
29						1,19	Apolar
30						2,09	Apolar
31						3,48	Apolar
32						1,12	Apolar
33						0,63	Apolar
34						0,53	Polar
35						0,26	Polar
36			0,13			5,20	Apolar
37						0,83	---
38						0,70	Apolar
39			0,09			2,08	Apolar
40			0,30				Contaminante

Continuação do Anexo 2.

Pico	T.e	T.e	T.e	T.u	T.u	T.u	Polaridade	
	5 min	60 min	24 h	5 min	60 min	24 h		
	Área relativa (%)							
41						0,57	Apolar	
42			0,14			0,89	Apolar	
43			0,09			0,83	Apolar	
44	1,29	Traço		Traço	Traço		Polar	
45			0,36				Apolar	
46		0,85	0,39	0,80	0,35		Polar	
47			0,32			0,54	Apolar	
48			0,16			0,41	Apolar	
49	1,84	1,71	2,70	1,12	0,59	2,19	Apolar	
50	Traço	Traço	0,59	Traço	0,13	0,38	Apolar	
51	1,73	0,73	1,68	1,17	0,33	1,01	Contaminante	
52			0,56			0,41	Apolar	
53						0,75	Apolar	
54		2,80			0,12		Polar	
55	7,73	4,20	3,22	6,24	2,17	1,16	Polar	
56	Traço	1,08	0,64	Traço	Traço	0,38	Apolar	
57			0,95				Polar	
58		0,45	0,68	0,49	0,15	0,37	Apolar	
59	8,23	10,24		2,90	29,29		Polar	
60	25,64	56,56	25,89	58,02	50,67	6,79	Polar	
61	14,77	14,45	14,51	19,03	14,38	3,65	Polar	
62	2,80	4,32		1,23	0,77		Polar	
63			0,88			0,36	Apolar	
64			0,33				Polar	
65			0,97			0,30	Apolar	
66					0,25		Polar	
67	9,76				0,22		Polar	
68			1,14			0,36	Apolar	
69			1,74			0,59	Polar	
70			1,97			0,69	Polar	
71			0,33			0,37	Polar	
72			1,75	0,80		0,91	Apolar	
73			1,68			0,42	Polar	
74	1,91	0,54	8,30	2,28		1,04	Contaminante	
75			1,65			0,81	Apolar	
76			1,52			0,43	Apolar	
77				1,00			Apolar	
78			1,94	0,49		0,68	Apolar	
79			1,27				Polar	
80	4,70	0,54		2,74	0,40		---	

Continuação do Anexo 2.

Pico	T.e 5 min	T.e 60 min	T.e 24 h	T.u 5 min	T.u 60 min	T.u 24 h	Polaridade
	Área relativa (%)						
81			1,64	1,05		0,92	Apolar
82			0,87			0,45	Polar
83			1,29			0,46	Apolar
84			2,50			0,98	Polar
85	2,47		1,62	0,64		1,06	Apolar
86			2,22			0,93	Polar
87			1,67			0,57	---
88	2,13	1,41	1,43		0,28		Polar
89			2,31			0,54	Apolar
90			1,49			0,61	Polar
91			1,26			0,46	Apolar
92			2,09			0,70	Apolar
93						2,13	Polar
94	15,00						Polar
ATCP	87,35	94,83	60,99	88,22	97,63	25,42	
ATCA	4,31	3,24	27,05	5,59	0,97	70,31	
ATCC	3,64	1,27	10,28	3,45	0,33	2,05	
ATCI	4,70	0,54	1,67	2,74	0,40	1,40	
TOTAL	100	99,88	100,00	100	100,00	99,18	
PMA	56,37	85,45	43,62	86,19	96,51	11,30	

OBS: PMA (%)= Picos mais abundantes (soma dos picos 55+59+60+61), ATCP= Área total dos compostos polares, ATCA= Área total dos compostos apolares, ATCC= Área total dos compostos contaminantes e ATCI= Área total dos compostos cuja natureza da polaridade não foi possível determinar. O tracejado '---' indica os compostos cuja natureza, polar ou apolar, não foi possível ser determinada.

Anexo 3. Quantidade dos compostos por unidade de peso vivo dos ácaros (mg/g) e sua polaridade entre *T. urticae* (T.u) e de *T. evansi* (T.e) produzidos com tempo de extração de 5, 60 min. e do total presente nos ácaros considerando-se os dois tempos.

Pico	T.e 5 min	T.e 60 min	T.u 5 min	T.u 60 min	Tu5+Tu60/Te5+Te 60
44	0,06	Traço	Traço	Traço	
46		0,09	0,15	0,08	2,51
49	0,09	0,18	0,21	0,13	1,23
50	Traço	Traço	Traço	0,03	
51	0,09	0,08	0,21	0,07	---
54		0,29		0,03	0,09
55	0,39	0,44	1,15	0,47	1,96
56	Traço	0,11	Traço	Traço	
58		0,05	0,09	0,03	2,61
59	0,41	1,07	0,53	6,33	4,64
60	1,28	5,90	10,66	10,95	3,01
61	0,74	1,51	3,50	3,11	2,94
62	0,14	0,45	0,23	0,17	0,66
66				0,05	
67	0,49			0,05	0,10
72			0,15		
74	0,10	0,06	0,42	0,00	---
77			0,18		
78			0,09		
80	0,24	0,06	0,50	0,09	2,02
81			0,19		
85	0,12		0,12		0,95
88	0,11	0,15		0,06	0,24
94	0,75				
TCP	4,37	9,89	16,21	21,29	
PMA/TCP*100	64,07	90,09	97,72	97,98	
TOTAL	5,01	10,42	18,37	21,64	
PMA/ TOTAL*100	55,89	85,51	86,23	96,40	
PMA	2,8	8,91	15,84	20,86	

OBS: PMA (%) = Picos mais abundantes (soma dos picos 55+59+60+61), TCP = Total dos compostos polares, TCA= Total dos compostos apolares, Total dos compostos contaminantes e TCI= Total dos compostos cuja natureza da polaridade não foi possível determinar.

Anexo 4. População média (ácaros/planta) e porcentagem de redução populacional (RP) do ácaro rajado *Tetranychus urticae* em plantas de morango após a aplicação de diferentes produtos alternativos.

Tratamentos ¹	Avaliação Previa	1 DAA ²	RP (%) ³	5 DAA	RP (%)	7 DAA	RP (%)	10 DAA	RP (%)
Controle	84,42 ± 15,45	171,58 ± 62,94	--	452,58 ± 203,69	--	685,92 ± 181,25	--	559,42 ± 167,37	--
Neem Pro 0,3	70,58 ± 10,17	3,33 ± 1,23	97,62 ± 0,36	1,00 ± 0,74	99,72 ± 0,04	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Neem Pro 0,2	74,08 ± 10,01	66,50 ± 8,82	53,84 ± 9,60	45,17 ± 12,33	88,25 ± 2,63	6,58 ± 2,07	98,91 ± 0,21	0,83 ± 1,03	99,83 ± 0,21
Organic Neem 0,8	74,17 ± 20,24	4,92 ± 2,97	96,73 ± 1,33	1,08 ± 1,38	99,73 ± 0,16	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Organic Neem 0,6	77,42 ± 20,61	69,92 ± 16,22	53,00 ± 11,07	40,42 ± 12,70	89,49 ± 2,61	6,67 ± 3,26	98,91 ± 0,20	0,08 ± 0,29	99,99 ± 0,02
Natuneem 2,8	78,67 ± 14,75	6,17 ± 3,54	96,03 ± 1,49	1,33 ± 1,50	99,67 ± 0,06	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Natuneem 2,0	74,58 ± 18,90	62,25 ± 14,03	56,80 ± 8,76	37,58 ± 9,50	89,91 ± 1,94	9,25 ± 3,90	98,34 ± 0,65	1,00 ± 1,40	99,77 ± 0,16

¹mg/L de azadirachtina

²Dias após a aplicação

³Porcentagem de redução populacional calculada pela formula de Henderson e Tilton (1955).

Anexo 5. Fitotoxicidade em plantas de morango após a aplicação de diferentes produtos alternativos para o controle de *T. urticae*.

Tratamentos ¹	1 DAA ²	5 DAA	7 DAA	10 DAA
Controle	--	--	--	--
Neem Pro 0,3	0,04 ± 0,08 b ³	0,13 ± 0,13 b	0,00 ± 0,00 c	0,17 ± 0,19 b
Neem Pro 0,2	0,04 ± 0,08 b	0,08 ± 0,14 b	0,04 ± 0,08 c	0,13 ± 0,22 b
Organic Neem 0,8	1,17 ± 0,29 a	1,71 ± 0,07 a	1,38 ± 0,00 ab	1,46 ± 0,19 a
Organic Neem 0,6	0,50 ± 0,00 a	1,17 ± 0,29 a	0,67 ± 0,19 ab	0,38 ± 0,33 ab
Natuneem 2,8	1,29 ± 0,36 a	1,29 ± 0,08 a	1,25 ± 0,00 a	1,21 ± 0,07 a
Natuneem 2,0	0,75 ± 0,21 a	1,13 ± 0,13 a	1,00 ± 0,13 b	0,75 ± 0,13 ab

¹mg/L de azadirachtina

²Dias após a aplicação

³Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P>0,05)

Nota 0: Plantas com folhas normais, sem sintoma de queimaduras; Nota 1: Plantas com folhas levemente injuriadas e/o com pequenas áreas queimadas; Nota 2: Plantas com folhas medianamente injuriadas, amareladas e com bordas e ápices queimados; Nota 3: Plantas com folhas intensamente injuriadas, apresentando severo desfolhamento.

Anexo 6. População média (ácaros/planta) e porcentagem de redução populacional (RP) do ácaro rajado *Tetranychus urticae* em plantas de Morango após a aplicação de diferentes produtos alternativos.

Tratamentos	Avaliação Previa	1 DAA ⁴	RP (%) ⁵	5 DAA	RP (%)	7 DAA	RP (%)	10 DAA	RP (%)
T.u (Controle) ¹	157,40 ± 34,94	256,00 ± 58,74	--	504,80 ± 85,02	--	674,40 ± 48,38	--	705,00 ± 40,97	--
T.u + <i>P. macrop.</i> ²	144,70 ± 34,05	106,80 ± 14,74	53,36 ± 11,22 a	83,50 ± 14,65	81,83 ± 1,70 b ⁶	33,00 ± 5,42	94,56 ± 1,02 b	18,20 ± 5,45	94,19 ± 0,34 b
T.u+ <i>P. macrop.</i> + Neem Pro ³ 0,10	139,60 ± 41,51	73,70 ± 9,68	66,49 ± 8,17 a	43,80 ± 7,07	90,13 ± 0,97 a	5,80 ± 1,75	99,04 ± 0,16 a	1,50 ± 1,08	99,77 ± 0,12 a
T.u + Neem Pro ³ 0,10	162,90 ± 40,43	106,10 ± 11,45	57,64 ± 14,00 a	85,60 ± 11,74	83,27 ± 2,42 b	36,30 ± 4,24	94,57 ± 1,40 b	84,30 ± 8,47	87,85 ± 3,56 c
T.u + <i>P. macrop</i> + Organic Neem ³ 0,31	123,90 ± 30,35	92,20 ± 17,62	52,29 ± 14,52 a	71,00 ± 12,99	81,85 ± 1,85 b	24,20 ± 4,69	95,28 ± 1,36 b	17,70 ± 3,65	96,69 ± 0,98 a
T.u + Organic Neem ³ 0,31	165,90 ± 61,27	179,40 ± 36,25	43,47 ± 13,64 a	214,60 ± 41,25	62,34 ± 4,14 d	131,30 ± 10,49	82,75 ± 1,93 c	197,10 ± 19,85	75,11 ± 3,83 d
T.u + <i>P. macrop</i> + NatuNeem ³ 1,13	137,10 ± 37,44	94,40 ± 24,04	56,04 ± 13,48 a	60,00 ± 16,65	86,21 ± 2,23 ab	19,20 ± 2,53	96,66 ± 0,77 b	12,20 ± 1,93	97,94 ± 0,65 a
T.u + NatuNeem ³ 1,13	168,90 ± 52,42	153,20 ± 16,88	42,16 ± 15,02 a	129,80 ± 14,05	75,41 ± 4,43 c	96,10 ± 5,80	86,41 ± 2,52 c	120,00 ± 8,68	83,79 ± 3,03 c

¹*T. urticae*

²*T. urticae* + *P. macropilis*

³mg/L de azadirachtina

⁴Dias após a aplicação

⁵Porcentagem de redução populacional calculada pela formula de Henderson e Tilton (1955).

⁶Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Anexo 7. População média (ácaros/planta) e porcentagem de redução populacional (RP) do ácaro vermelho *Tetranychus evansi* em plantas de tomate após a aplicação de diferentes produtos alternativos.

Tratamentos	Avaliação Previa	1 DAA ³	RP (%) ⁴	5 DAA	RP (%)	7 DAA	RP (%)	10 DAA	RP (%)
Controle	336,78 ± 67,01	448,11 ± 63,85	--	647,89 ± 123,99	--	611,33 ± 43,53	--	593,00 ± 136,84	--
Neem Pro ¹ 0,08	292,78 ± 48,88	11,22 ± 3,42	97,11 ± 0,07	3,89 ± 2,42	99,30 ± 0,09	0,11 ± 0,33	99,98 ± 0,03	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Neem Pro ¹ 0,07	299,00 ± 49,39	28,56 ± 7,60	92,78 ± 1,80	18,78 ± 7,10	96,54 ± 1,78	8,56 ± 2,24	98,36 ± 0,53	6,67 ± 2,65	98,65 ± 0,78
Natuneem ¹ 1,4	326,44 ± 66,49	8,67 ± 2,35	98,00 ± 0,30	2,22 ± 1,79	99,55 ± 0,39	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Natuneem ¹ 0,89	276,44 ± 47,60	64,00 ± 22,55	82,70 ± 1,98	18,22 ± 8,14	96,63 ± 0,90	12,67 ± 6,20	97,52 ± 0,47	3,78 ± 2,60	99,17 ± 0,42
Organic Neem ¹ 0,37	311,11 ± 46,57	9,56 ± 3,64	97,69 ± 0,03	2,22 ± 1,86	99,66 ± 0,30	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Organic Neem ¹ 0,28	283,11 ± 26,88	31,56 ± 8,09	91,57 ± 1,54	13,11 ± 4,48	97,60 ± 0,31	9,33 ± 3,40	98,17 ± 0,56	4,00 ± 3,00	99,25 ± 0,38
Calda sulfoc ² 1,0	299,78 ± 38,49	12,89 ± 6,37	96,76 ± 0,83	1,22 ± 1,56	99,80 ± 0,06	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Calda sulfoc ² 0,6	332,00 ± 49,35	38,33 ± 11,92	91,30 ± 1,18	13,56 ± 4,93	97,80 ± 0,70	7,11 ± 1,69	98,77 ± 0,40	3,67 ± 2,35	99,34 ± 0,39

¹mg/L de azadirachtina

²Porcentagem de produto a 31,5° B

³Dias após a aplicação

⁴Porcentagem de redução populacional calculada pela formula de Henderson e Tilton (1955).

Anexo 8. Fitotoxicidade em plantas de tomate após a aplicação de diferentes produtos alternativos para o controle do ácaro vermelho *Tetranychus evansi*.

Tratamentos	1 DAA ³	5 DAA	7 DAA	10 DAA
Controle	--	--	--	--
Neem Pro ¹ 0,08	0,22 ± 0,39 c ⁴	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 c
Neem Pro ¹ 0,07	0,11 ± 0,19 c	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 c
Natuneem ¹ 1,4	2,00 ± 0,00 a	2,00 ± 0,00 a	2,00 ± 0,00 a	3,00 ± 0,00 a
Natuneem ¹ 0,87	1,17 ± 0,17 b	1,45 ± 0,51 a	1,23 ± 0,10 a	1,89 ± 0,19 b
Organic Neem ¹ 0,37	0,17 ± 0,00 c	0,11 ± 0,20 b	0,11 ± 0,10 b	0,00 ± 0,00 c
Organic Neem ¹ 0,28	0,06 ± 0,09 c	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 c
Calda sulfoc ² 1,0	0,06 ± 0,09 c	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 c
Calda sulfoc ² 0,6	0,06 ± 0,09 c	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 c

¹mg/L de azadirachtina

² Porcentagem de produto a 31,5⁰ B

³Dias após a aplicação

⁴ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo test de Tukey a 5% de significância.

Nota 0: Plantas com folhas normais, sem sintoma de queimaduras; Nota 1: Plantas com folhas levemente injuriadas e/o com pequenas áreas queimadas; Nota 2: Plantas com folhas medianamente injuriadas, amareladas e com bordas e ápices queimados; Nota 3: Plantas com folhas intensamente injuriadas, apresentando severo desfolhamento.

Anexo 9. População média (ácaros/planta) e porcentagem de redução populacional (RP) do ácaro vermelho *Tetranychus evansi* em plantas de tomate após a aplicação dos diferentes produtos.

Tratamentos	Avaliação Previa	1 DAA ⁴	RP (%) ⁵	7 DAA	RP (%)	10 DAA	RP (%)	16 DAA	RP (%)
Controle	135,90 ± 59,25	161,60 ± 66,06	--	356,10 ± 148,20	--	426,10 ± 145,39	--	567,40 ± 173,62	--
Organic Neem ¹ 0,28	159,20 ± 51,00	45,20 ± 15,58	75,59 ± 3,19 c	19,70 ± 9,27	94,71 ± 2,73 b	6,90 ± 4,33	98,46 ± 0,96 b	12,40 ± 7,37	98,12 ± 1,31 b
Calda sulfoc. ² 0.6%	168,60 ± 51,58	28,70 ± 6,02	85,24 ± 3,61 b	6,60 ± 2,99	98,24 ± 1,08 a	2,90 ± 2,51	99,54 ± 0,38 a	1,00 ± 1,41	99,87 ± 0,15 a
Orthene ³ 1,33	139,00 ± 46,29	5,50 ± 2,07	96,48 ± 1,53 a	1,20 ± 0,92	99,63 ± 0,23 a	1,50 ± 0,53	99,55 ± 0,45 a	1,70 ± 0,67	99,66 ± 0,24 a

Tratamentos	20 DAA ⁴	RP (%) ⁵	27 DAA	RP (%)	33 DAA	RP (%)	35 DAA	RP (%)
Controle	514,80 ± 174,02	--	975,90 ± 580,40	--	1273,40 ± 591,15	--	1273,40 ± 591,15	--
Organic Neem ¹ 0,28	5,50 ± 4,48	99,03 ± 0,61 b ⁶	20,20 ± 19,46	97,24 ± 2,94 a	52,70 ± 32,21	94,81 ± 4,35 b	46,20 ± 30,03	95,45 ± 3,83 a
Calda sulfoc. ² 0.6%	0,30 ± 0,67	99,95 ± 0,07 a	4,50 ± 5,48	99,57 ± 0,61 a	25,30 ± 23,53	98,48 ± 1,07 ab	29,00 ± 24,04	98,18 ± 1,20 a
Orthene ³ 1,33	2,00 ± 0,94	99,59 ± 0,26 b	2,30 ± 2,45	99,78 ± 0,21 a	9,10 ± 4,89	99,27 ± 0,36 a	12,30 ± 6,29	99,04 ± 0,21 a

Tratamentos	41 DAA ⁴	RP (%) ⁵	48 DAA	RP (%)	50 DAA	RP (%)
Controle	1273,40 ± 591,15	--	1273,40 ± 591,15	--	1273,40 ± 591,15	--
Organic Neem ¹ 0,28	5,20 ± 3,88	99,42 ± 0,68 a	13,60 ± 10,37	98,97 ± 0,63 a	14,40 ± 10,11	99,12 ± 0,72 a
Calda sulfoc. ² 0.6%	27,50 ± 21,62	97,60 ± 2,08 a	75,80 ± 64,90	93,58 ± 4,64 b	3,80 ± 2,15	99,71 ± 0,19 a
Orthene ³ 1,33	18,60 ± 12,74	98,59 ± 0,40 a	70,40 ± 43,80	94,68 ± 1,62 b	3,30 ± 1,64	99,69 ± 0,22 a

¹mg/L de azadirachtina

²Porcentagem de produto a 31,5° B

³mg/L de acefato

⁴Dias após a aplicação

⁵Porcentagem de redução populacional calculada pela formula de Henderson e Tilton (1955).

⁶Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância