

EDMAR DE SOUZA TUELHER

**TOXICIDADE DE BIOPROTETORES DA CAFEICULTURA
ORGÂNICA SOBRE O ÁCARO-VERMELHO DO CAFEIRO
Oligonychus ilicis E O ÁCARO PREDADOR *Iphiseiodes zuluagai***

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006**

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

T

T913t
2006

Tuelher, Edmar de Souza, 1981-

Toxicidade de bioprotetores da cafeicultura orgânica sobre o ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* e o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* / Edmar de Souza Tuelher. – Viçosa : UFV, 2006.
ix, 56f. : il. ; 29cm.

Orientador: Angelo Pallini Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Oligonychus ilicis* - Controle. 2. *Oligonychus ilicis* - Toxicologia. 3. *Iphiseiodes zuluagai* - Controle. 4. *Iphiseiodes zuluagai* - Toxicologia. 5. *Oligonychus ilicis* - Populações. 6. *Iphiseiodes zuluagai* - Populações. 7. Agricultura orgânica. 8. Café - Doenças e pragas. 9. Ácaros - Controle biológico. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

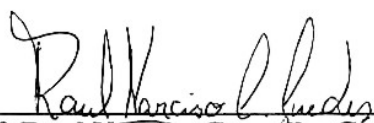
CDD 22.ed. 595.42

EDMAR DE SOUZA TUELHER

**TOXICIDADE DE BIOPROTETORES DA CAFEICULTURA
ORGÂNICA SOBRE O ÁCARO-VERMELHO DO CAFEIEIRO
Oligonychus ilicis E O ÁCARO PREDADOR *Iphiseiodes zuluagai***

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

APROVADA: 28 de abril de 2006.



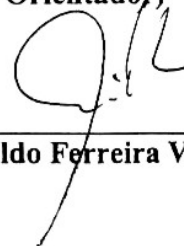
Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes
(Co-Orientador)



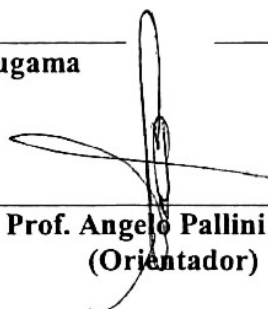
Pesq. Madelaine Venzon
(Co-Orientador)



Pesq. Adrián José Molina Rugama



Prof. Evaldo Ferreira Vilela



Prof. Angelo Pallini Filho
(Orientador)

*A Deus
Aos meus pais
Ao meu irmão e às minhas irmãs.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e aos meus irmãos, por não terem me faltado com amor, confiança e incentivo e por terem me ensinado valores aos quais hoje sou leal.

À Raquel pelo amor, pela amizade, pelo carinho, pela compreensão e pela dedicação durante esses anos, nos quais foi presença marcante em minha vida.

Ao Dr. Raul Narciso Carvalho Guedes, por ter-me recebido em seu grupo de trabalho, o que norteou minhas trilhas desde então.

Ao Professor Angelo Pallini, pelo estímulo, pela amizade, pela orientação e, sobretudo, pela paciência nos momentos de dúvidas e inquietações – “Muito Obrigado”.

Ao Professor Raul Narciso Carvalho Guedes e à Dra. Madelaine Venzon, pelas sugestões, pelo estímulo e pela confiança nos seus papéis de conselheiros e amigos, sem os quais muito do que aqui está apresentado não teria sido concluído.

Ao Dr. Ádrian José Molina-Rugama e ao Professor Evaldo Ferreira Vilela, pelas críticas e sugestões.

À EPAMIG/CTZM, pela cessão de sua estrutura física para a execução dos experimentos; e a todos os seus funcionários, pela presteza e amizade, em especial ao Miguel, pela disponibilidade nas coletas de material no campo.

Ao Élcio e à Mariléia, pela hospitalidade e pelo carinho nas idas e vindas de Ervália.

Ao Élcio, ao Cláudio M. Barbosa (Café Brasil S.A.) e ao Dr. Paulo Coscarelli (Mineração Lapa Vermelha Ltda.), pelo fornecimento dos bioprotetores, ou de seus componentes, para a execução dos experimentos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), pelos ensinamentos, pelas experiências e pelo profissionalismo.

Aos estagiários e meus amigos Ítalo, Ricardo, Volmar e Dalyson, por terem dedicado tempo, esforços e incessante trabalho, sem o que esta tese não seria a mesma; pela amizade, alegria e dedicação.

Aos meus amigos Eugênio, Leandro, Fernando, Djalma e Gabriel, pelos bons momentos como “família” na República Dend’água, enfim, por tudo.

Aos meus amigos do Alojamento Velho – Seção 12, pela amizade, pelo convívio e pelas diversões durante os longos anos da graduação.

Aos meus amigos do Laboratório de Acarologia Claudinei, João, Hamilton, Cláudia, Jeanne, Vanessa, Ana Paula, Maira Christina, Felipe, Renato, Fadini, Marla, Maria, Eduardo, Elaine, Juliana, Daniela e Cristina pela convivência e pelo companheirismo.

A Dona Paula e a Míriam, secretárias da Pós-graduação em Entomologia, pela alegria, pela serenidade e por estarem sempre dispostas a nos auxiliar.

Aos amigos do Curso de Entomologia, por todos os momentos compartilhados.

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

ÍNDICE

	Páginas
Resumo.....	vii
Abstract.....	XI
Introdução Geral.....	1
Literatura Citada.....	4
Capítulo 1 - Efeito letal e subletal de bioprotetores alternativos sobre o ácaro-vermelho do cafeeiro e o ácaro predador <i>Iphiseiodes zuluagai</i>	
Resumo.....	8
Abstract.....	9
Introdução.....	10
Material e Métodos.....	13
Resultados.....	21
Discussão.....	25
Literatura Citada.....	29
Capítulo 2 - Eficiência de bioprotetores alternativos no controle do ácaro-vermelho do cafeeiro em casa de vegetação	
Resumo.....	37

Abstract	38
Introdução.....	39
Material e Métodos.....	42
Resultados	46
Discussão.....	46
Literatura Citada.....	51
Conclusões Gerais	56

RESUMO

TUELHER, Edmar de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2006.
Toxicidade de bioprotetores da cafeicultura orgânica sobre o ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* e o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai*.
Orientador: Angelo Pallini Filho. Co-Orientadores: Raul Narciso Carvalho Guedes e Madelaine Venzon.

O sistema de produção orgânica de café requer técnicas para o manejo da população de herbívoros que tenham menor impacto sobre os inimigos naturais. A utilização de biofertilizantes enriquecidos e de caldas fitoprotetoras, como alternativa ao manejo convencional de herbívoros, tem sido freqüente em condições de cultivo orgânico do cafeeiro. Seu uso se deve à manutenção de condições nutricionais adequadas às plantas e ao suposto baixo impacto sobre inimigos naturais de herbívoros. O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos de três bioprotetores alternativos, o biofertilizante Supermagro, a calda sulfocálcica e calda Viçosa comercial (Viça Café Plus[®]), sobre o ácaro herbívoro *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) e o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). Testes de toxicidade aguda e latente foram realizados para verificar os efeitos letais e subletais dos bioprotetores alternativos sobre essas duas espécies de ácaros. Os

bioprotetores apresentaram toxicidade aguda maior para *O. ilicis*, e somente a concentração letal (CL₉₅) estimada para a calda sulfocálcica apresentou viabilidade de ser utilizada no campo. Os três bioprotetores, utilizados em concentrações subletais, afetaram a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de ambas as espécies, sendo que *I. zuluagai* teve a r_i menor que *O. ilicis*. A eficiência dos três bioprotetores para o controle de *O. ilicis* em casa de vegetação foi também verificada, sendo testadas duas concentrações de cada produto. O tratamento com maior eficiência foi a calda sulfocálcica na concentração de 0,104% de polissulfetos de cálcio, enquanto a Viça Café Plus[®] a 2% foi o de menor eficiência. Os demais tratamentos apresentaram eficiência de controle intermediária. Portanto, dentre os três bioprotetores alternativos, a calda sulfocálcica seria o mais indicado para a finalidade de controlar o ácaro-vermelho do cafeeiro *O. ilicis*. O biofertilizante Supermagro e a calda Viçosa comercial, ao serem utilizados para o fornecimento de nutrientes às plantas, poderão ter função complementar e auxiliar no controle do ácaro. No entanto, o uso da calda sulfocálcica para o controle populacional de *O. ilicis* deverá ser de forma criteriosa, de maneira a ter menor impacto sobre o ácaro predador *I. zuluagai*. Como fatores ambientais e biológicos poderão influenciar a resposta dos herbívoros e dos seus inimigos naturais à aplicação dos bioprotetores alternativos e a sua eficiência, a condução de experimentos em condições de campo poderão ser complementares aos resultados obtidos.

ABSTRACT

TUELHER, Edmar de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Vicosa, April, 2006.
Toxicity of bioprotectors of organic coffee production on the southern red mite *Oligonychus ilicis* and on its predatory mite *Iphiseiodes zuluagai*. Adviser: Angelo Pallini Filho. Co-Advisers: Raul Narciso Carvalho Guedes and Madelaine Venzon.

The organic coffee production system needs techniques for handling herbivore populations and that cause low negative effects on the natural enemies. The use of alternative bioprotectors like enriched biofertilizer and phytoprotectors mixtures to replace pesticides in an herbivore management program has been frequent in organic system of coffee production. The aim of this study was to investigate the effects of three alternative bioprotectors, the biofertilizer Supermagro, lime sulphur and “Viçosa mixture” (Viça Café Plus[®]) on the southern red mite *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) and on its predatory mite *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). It was studied the toxicity and the sublethal effects of the bioprotectors on the instantaneous growth rate (r_i) of these mites. The bioprotectors showed larger acute toxicity to *O. ilicis* than to *I. zuluagai*. Only lime sulphur had estimated lethal concentration (CL₉₅) with possibility to use in the field to control *O.*

ilicis. The three alternative bioprotectors decreased r_i for both species, but *I. zuluagai* was more affected than *O. ilicis*. The effectiveness of the alternative bioprotectors was verified for control of *O. ilicis* in a greenhouse experiment with two concentrations of each product. Lime sulphur treatment (0.104% of calcium polysulfide) and Viça Café Plus[®] (2%) had higher and lower effectiveness, respectively, while the other treatments had intermediate effectiveness. Therefore, lime sulphur would be suitable to control the southern red mite *O. ilicis*. The biofertilizer Supermagro and Viçosa mixture (Viça Café Plus[®]) could be used to supply mineral nutrition of plants. The use of lime sulphur to control *O. ilicis* must be in a criteriously manner because higher concentrations would be harmful to the predatory mite *I. zuluagai*. Environmental and biological factors could influence the behavior of herbivores and natural enemies under the use of alternative bioprotectors and could also affect their effectiveness to keep biological control on organic coffee agroecosystem. So, supplementary trials should be done aiming to confirm these results in field conditions.

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de café dentro das normas da produção orgânica e que apresente alta qualidade do produto final pode agregar valor a produção, variando de 30 a 100% em relação ao preço do café convencional (Caixeta & Pedini 2002). Em um sistema orgânico de produção de café não se consideram apenas a substituição dos adubos químicos e a não-utilização de agrotóxicos (Altieri 2002). Os impactos negativos oriundos do uso de implementos agrícolas, de insumos como fertilizantes altamente solúveis, corretivos de acidez do solo e de produtos químicos como pesticidas e hormônios têm estimulado o desenvolvimento de alternativas de manejo sustentável menos drásticas (Matson *et al.* 1997). Essas estratégias devem ser pautadas pela minimização do impacto ambiental e pelo comprometimento, no longo prazo, dos recursos naturais proverem retorno econômico para os agricultores e contribuir para a qualidade de vida das populações rurais (National Research Council 1993, Brasil 1999).

Um dos desafios da produção de café orgânico é o manejo adequado dos insetos e ácaros do agroecossistema, sejam eles herbívoros, sejam inimigos naturais. O cafeeiro

possui alta incidência de herbívoros (Reis *et al.* 2002), sendo que o controle destes tem sido realizado principalmente com o uso de inseticidas e acaricidas sintéticos. Porém, o uso contínuo de determinados ingredientes ativos tem levado a problemas, como o desenvolvimento de resistência e ressurgência de pragas secundárias, redução ou supressão de espécies benéficas, efeitos diretos ao aplicador e a presença de resíduos no ambiente, entre outros (Luckman & Metcalf 1994, Hardin *et al.* 1995, Vidal & Kreiter 1995, Fragoso *et al.* 2002). Soma-se a esses fatores negativos o custo elevado dos produtos, o que tem onerado a produção, feita muitas vezes por pequenos produtores (Venzon *et al.* 2006, Yussefi 2006).

Dentre os herbívoros que podem ser encontrados atacando o cafeeiro, o ácaro-vermelho *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) tem tido cada vez importância. De ocorrência freqüente, esse ácaro vem causando prejuízos para os cafeicultores, por provocarem danos diretos às plantas de café (Reis *et al.* 2002). Os danos, devido ao fato dos ácaros perfurarem as células das folhas e absorverem o conteúdo celular, têm como consequência a perda do brilho natural das folhas, que se tornam bronzeadas e têm a sua área fotossinteticamente ativa diminuída, atrasando o desenvolvimento das plantas e reduzindo a produção (Reis *et al.* 2002). Devido ao seu ataque, os agricultores têm utilizado métodos de controle com agrotóxicos sintéticos, para conter surtos populacionais desse herbívoro (Reis 2005). Porém, o controle químico pode afetar negativamente a atuação de inimigos naturais no controle biológico natural de *O. ilicis*, dentre os quais os ácaros predadores. Os ácaros pertencentes à família Phytoseiidae são os mais importantes e estudados predadores de ácaros herbívoros (Moraes 1991, McMurtry & Croft 1997) sendo que *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae), pertencente a essa família, está associado ao controle biológico natural de *O. ilicis* em cafeeiro (Pallini Filho *et al.* 1992).

Com relação ao manejo de herbívoros, os padrões de produção orgânica são restritivos nos tipos e quantidades de produtos utilizados no sistema de produção, sendo proibido o uso de agrotóxicos sintéticos (Brasil 1999). É difundida a utilização de bioprotetores alternativos como os biofertilizantes enriquecidos, as caldas fitoprotetoras e os extratos naturais para o controle de herbívoros (Penteado 2000, Venzon *et al.* 2001, Venzon *et al.* 2005). Esses bioprotetores podem ter efeitos diretos sobre os organismos atuando como inseticidas, acaricidas, alterando o comportamento de oviposição e locomoção, tendo ainda efeito repelente (Santos 1992, Penteado 2000, Medeiros 2002, Amaral 2003); e efeitos indiretos, em que estes atuam na complementação nutricional das plantas, levando ao seu melhor desenvolvimento vegetativo, aumento do tamanho das células, espessamento da parede celular das células da epiderme, estabelecimento de condições de equilíbrio nutricional e, conseqüentemente, maior resistência ao ataque de patógenos e herbívoros (Chaboussou 1987, D'Andrea 2001, Polito 2001).

Dentre os bioprotetores comumente utilizados estão os biofertilizantes, a calda Viçosa e a calda sulfocálcica, que também são fontes de nutrientes para as plantas (Penteado 2000, Silva & Carvalho 2000, Polito 2001). A eficácia desses produtos como agente inseticida e acaricida ainda necessita de ratificação por meio de trabalhos com base científica, à exceção da calda sulfocálcica, cujas atividades acaricida e inseticida já são amplamente conhecidas (Abbott 1945, Tweedy 1967, Matolcsy *et al.* 1988).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos desses bioprotetores sobre o ácaro-vermelho do cafeeiro *O. ilicis* e sobre um de seus inimigos naturais, o ácaro predador *I. zuluagai*. No primeiro capítulo foram avaliados os efeitos letais e subletais dos três produtos sobre as duas espécies, sendo realizados testes de toxicidade aguda para determinar as concentrações letais (CL) e testes de efeitos subletais avaliando-se a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i). No segundo capítulo foi analisado, em casa de vegetação, o controle de *O. ilicis* com a aplicação

desses bioprotetores em duas concentrações sobre plantas de cafeeiro previamente infestadas com o herbívoro.

LITERATURA CITADA

- Abbott, C.E. 1945.** The toxic gases of lime-sulfur. *Journal of Economic Entomology* 38: 618-620.
- Altieri, M.A. 2002.** Agroecologia: bases científicas para a agricultura sustentável. Agropecuária, Guaíba, 592p.
- Amaral, D.S.S.L. 2003.** Estratégias de manejo ecológico de pragas em cafeicultura orgânica. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 61p.
- Brasil. 1999.** Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa n.7. Disponível em: <http://www.agrisustentavel.com/doc/instru7.htm>, Acesso em: 12 Jan. 2006.
- Caixeta, I.F. & S. Pedini. 2002.** Cafeicultura orgânica: conceitos e princípios. Informe Agropecuário 23: 15-20.
- Chaboussou, F. 1987.** Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose. L&PM, Porto Alegre, 256 p.
- D'Andrea, P.A. 2001.** Aspectos práticos e tendências no uso dos fertiprotetores, p. 97-101. In: Hein, M. (org), Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica, Botucatu, 196p.
- 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.
- Hardin, M.R., B. Benrey, M. Colt, W.O. Lamp, G.K. Roderick & P. Barbosa. 1995.** Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. *Crop Protection* 14: 3-18.
- Luckmann, W.H. & R.L. Metcalf. 1994.** The pest-management concept, p. 1-34. In Metcalf R.L. & W.H. Luckmann (eds.), *Introduction to Insect Pest Management*. John Wiley & Sons, New York, 650p.

- Matolcsy, G., M. Nádasy & V. Andriská. 1988.** Pesticide Chemistry. Elsevier, Amsterdam, 808p.
- Matson, P.A., W.J. Parton, A.G. Power & M.J. Smith. 1997.** Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277: 504-509.
- McMurtry, J. A. & B.A. Croft. 1997.** Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology* 42, 291-321
- Medeiros, M.B. 2002.** Ação de biofertilizantes líquidos sobre a bioecologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis*. Tese de Doutorado, ESALQ/Universidade de São Paulo, Piracicaba. 110p.
- Moraes, G.J. 1991.** Controle biológico de ácaros fitófagos. Informe Agropecuário 15 56-62.
- National Research Council. 1993.** Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics. National Academies Press, Washington, D.C., 720p.
- Penteado, S.R. 2000.** Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa. Buena Mendes Gráfica e Editora, Campinas, 95p.
- Polito, W.L. 2001.** Os fertiprotetores (calda sulfocálcica, calda bordalesa, calda Viçosa e outros) no contexto da trofobiose, p. 75-89. In: Hein, M. (org), Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica, Botucatu, 196p.
- Reis, P.R. 2005.** Ácaro Vermelho. Cultivar Grandes Culturas 7: 14-17.
- Reis, P.R., J.C. Souza & M. Venzon. 2002.** Manejo ecológico das principais pragas do cafeeiro. Informe Agropecuário 23: 83-99.
- Santos, A.C.V. 1992.** Biofertilizante líquido, o defensivo agrícola da natureza. EMATER/RIO, Niterói, 16p.
- Silva, B.M. & A.F. Carvalho. 2000.** Novo Supermagro: o biofertilizante. CTA/ZM, Viçosa, 16p.
- Tweedy B.G. 1967.** Elemental sulfur. p. 119-145. In: Torgeson, D.C. (ed.), Fungicides: An Advanced Treatise, vol. 1. Academic Press, New York, 742p.
- Venzon, M., A. Pallini & D.S.S.L. Amaral. 2001.** Estratégias para o manejo ecológico de pragas. Informe Agropecuário 22: 19-28.

- Venzon, M., E. S. Tuelher, A.P. Alvarenga & A. Pallini. 2005.** Tecnologias alternativas para o controle de pragas do cafeeiro. Informe Agropecuário 26: 76-84.
- Venzon, M., E. S. Tuelher, I.S. Bonomo, R.S. Tinoco, M.C.M. Fonseca & A. Pallini. 2006.** Potencial de defensivos alternativos para o controle de pragas do cafeeiro, p.117-136. In: Venzon, M., T.J. Paula Jr. & A. Pallini (eds), Tecnologias Alternativas para o Controle de Pragas e Doenças. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco, 378p.
- Vidal, C. & S. Kreiter. 1995.** Resistance to a range of insecticides in the predaceous mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae): Inheritance and physiological mechanisms. Journal of Economic Entomology 88: 1097-1105.
- Yussefi, M. 2006.** Organic Farming Worldwide 2006: Overview & Main Statistics, p.23-37. In: Willer, H. and Yussefi, M. (eds), The World of Organic Agriculture 2006 - Statistics and Emerging Trends. IFOAM, Bonn, 196p.

Capítulo 1

Efeitos letal e subletal de bioprotetores alternativos sobre o ácaro-vermelho do cafeeiro e o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai*

RESUMO

A utilização de bioprotetores alternativos é uma tática comum na produção orgânica de café desejando-se que seja eficaz para manter a infestação de herbívoros abaixo do nível de dano econômico. Porém, são raros os estudos científicos que comprovem a sua eficiência. Dessa forma, foram analisados os efeitos letais e subletais de bioprotetores alternativos como a calda sulfocálcica, o biofertilizante Supermagro e o produto comercial Viça Café Plus[®], produto semelhante à calda Viçosa, sobre o herbívoro *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) e seu predador *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). Os efeitos letais dos bioprotetores estudados foram estimados através de testes de toxicidade aguda, com a obtenção de curvas concentração-resposta e as respectivas concentrações letais (CL) e os efeitos subletais, através da estimativa da taxa instantânea de crescimento populacional (r_i). Os bioprotetores apresentaram toxicidade aguda maior para *O. ilicis*, porém somente para a calda sulfocálcica a concentração letal (CL₉₅) estimada possui viabilidade de ser utilizada no campo, sendo esta, inclusive, menor que a concentração tradicionalmente utilizada por agricultores. Todos os produtos afetaram a r_i em ambas as espécies, diminuindo o crescimento populacional com o aumento da concentração. No entanto, o predador *I. zuluagai* foi mais prejudicado do que sua presa *O. ilicis*, possivelmente devido ao seu menor potencial reprodutivo.

PALAVRAS-CHAVE: Cafeicultura orgânica, caldas fitoprotetoras, biofertilizante, *Oligonychus ilicis*, Phytoseiidae.

ABSTRACT

The use of efficient alternative bioprotectors in organic coffee production is a tactic that would be useful to keep herbivores below the economic injury level. But this requires that the bioprotectors have low negative effects on the natural enemies. So, the aim of this study was to investigate the lethal and sub-lethal effects of lime sulphur, the enriched biofertilizer Supermagro and the “Viçosa mixture” (Viça Café Plus[®]) on the herbivore *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) and on its predatory mite *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). The lethal and sub-lethal effects were estimated through acute toxicity assays and their respective lethal concentrations (CL) and the instantaneous rate of increase (r_i), respectively. The products showed larger acute toxicity to *O. ilicis* than to *I. zuluagai* and only lime sulphur had estimated lethal concentration (CL₉₅) within the range of practical use in the field to control *O. ilicis*. But this lethal concentration was lower than concentrations traditionally used by farmers. The instantaneous rate of increase (r_i) decreased in both populations with the increase in product concentration. However, *I. zuluagai* was more affected than its prey, *O. ilicis*, probably due to the low reproductive potential of the predatory mite.

KEYWORDS: Organic coffee production, phytoprotectors mixtures, enriched biofertilizer, *Oligonychus ilicis*, Phytoseiidae.

INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro hospeda várias espécies de artrópodes, algumas das quais são herbívoros causam perdas da produção. Dentre esses herbívoros, os ácaros têm-se tornado importantes, cuja espécie mais comum e freqüente na cultura do café é o ácaro-vermelho *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) (Reis *et al.* 2002). Essa espécie, juntamente com o ácaro-plano *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae), vetor da mancha-anular do cafeeiro (Chagas 1988), tem causado prejuízos para os cafeicultores da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Papa 1999, Reis & Souza 2000, Reis & Chagas 2001). Os danos causados por *O. ilicis* são devidos ao fato desses ácaros perfurarem as células das folhas e absorverem o seu conteúdo, levando as folhas à perda do brilho natural, tornando-se bronzeadas. Em consequência do ataque, ocorre diminuição na área fotossinteticamente ativa das folhas, resultando em prejuízos ao desenvolvimento das plantas e em redução na produção (Reis 2005). As condições favoráveis para o desenvolvimento e reprodução da espécie são os períodos de seca, com estiagem prolongada (Reis 2005), mas, mesmo nessas áreas, esse ácaro era tido como de importância secundária. Entretanto, a utilização excessiva de inseticidas piretróides e fungicidas cúpricos aparentemente tem levado ao aumento populacional de ácaros, acarretando prejuízos significativos à cultura (Reis *et al.* 1974, 1998, 2000, 2002).

O principal método de controle desse herbívoro nos sistemas convencionais de produção é através do uso de acaricidas sintéticos. No entanto, apesar da facilidade de uso e do efeito rápido, muitos produtos são altamente tóxicos a inimigos naturais, e alguns possuem sérios problemas de resistência (Fragoso *et al.* 2002). Além disso, na produção orgânica de café não é permitido o uso de agrotóxicos sintéticos, tornando necessária a aplicação de estratégias alternativas para o controle dos herbívoros (Venzon *et al.* 2001). Dentre elas, a diversificação dos cultivos, o aumento da eficiência

do controle natural de pragas (Primavesi 1990, Barbosa 1998, Altieri 1999), a utilização do controle biológico aplicado, o uso de feromônios, extratos de plantas e hormônios naturais, biofertilizantes e caldas fitoprotetoras são táticas que contribuem para a diminuição da população dos herbívoros, tendo menor impacto sobre o ambiente (Venzon *et al.* 2001, 2006).

A utilização de biofertilizantes enriquecidos e caldas fitoprotetoras é amplamente difundida e usada entre pequenos agricultores familiares (Venzon *et al.* 2005). O emprego desses produtos tem buscado, principalmente, o fornecimento de nutrientes às plantas, a fim de conferir a elas os nutrientes necessários à sua manutenção e produção adequada (Penteado 2000, Polito 2001, Santos 2001). Os biofertilizantes e caldas fitoprotetoras mais comumente recomendados para a cultura do café são o biofertilizante Supermagro e a calda Viçosa. Porém, tem sido difundido que esses dois produtos e também a calda sulfocálcica podem ser utilizados para fins de controle de herbívoros e doenças (Santos 1992, 2001, Penteado 2000, Guirado 2001, Polito 2001).

A calda Viçosa é empregada como fertilizante foliar, para o controle da ferrugem do cafeeiro (Cruz Filho & Chaves 1985) e também recomendada para o controle do bicho-mineiro do cafeeiro (Silva & Carvalho 2000). O Supermagro, um biofertilizante enriquecido, também é indicado para a utilização na cultura do café como fertilizante foliar e com a finalidade de controlar o bicho-mineiro e o ácaro-vermelho do cafeeiro (Silva & Carvalho 2000). Esses produtos possuem efeito de repelência e diminuem a eclosão de ovos do ácaro-vermelho, sendo que a calda Viçosa, quando pulverizada previamente sobre plantas de cafeeiro, aumenta a duração do ciclo de ovo a adulto desse herbívoro (Amaral 2003). Esses resultados evidenciam que há potencial do uso desses bioprotetores contra o ácaro-vermelho, porém não existem resultados que comprovem o efeito letal e, ou, subletal deles. Com relação à calda sulfocálcica, relatos do seu uso e eficiência para controle de herbívoros datam desde o início do século XIX,

quando era comumente utilizada para controle de doenças de plantas, de afídeos, de ácaros e de outros herbívoros (Abbott 1945, Matolesy *et al.* 1988, McCallan 1967, Smilanick & Sorenson 2001). Porém, com o advento dos agrotóxicos organossintéticos, essa calda foi caindo em desuso. Com o crescente aumento da demanda por produtos livres de agrotóxicos sintéticos, como na produção orgânica, é que tem sido retomada a sua utilização, principalmente em culturas cítricas (Penteado 2000).

Além da necessidade dos bioprotetores alternativos serem eficientes para a manutenção de níveis aceitáveis de ataque de herbívoros no cafeeiro, faz-se também necessário que estes sejam seletivos em favor de inimigos naturais. A seletividade de xenobióticos a agentes de controle biológico é uma ferramenta a ser explorada para o manejo ecológico de pragas (Fragoso *et al.* 2002). Para determinar a seletividade de xenobióticos a inimigos naturais, têm sido utilizados índices de toxicidade diferencial, normalmente determinados através de testes de toxicidade aguda com o uso das suas concentrações letais (CL) estimadas (Overmeer & van Zon 1981, Stark *et al.* 1997, Stark & Banken 1999, Sato *et al.* 2002, Stark & Banks 2003). Porém, apesar de importante, a CL é uma medida incompleta dos efeitos de xenobióticos sobre as populações, pois analisa somente a mortalidade como parâmetro de toxicidade. Indivíduos que sobrevivem após a exposição a concentrações subletais de xenobióticos podem apresentar efeitos não-mensuráveis em testes de toxicidade aguda. Esses efeitos subletais podem ser manifestados pela redução no seu período de vida, diminuição de fertilidade e da fecundidade, mudanças na razão sexual e nos comportamentos de alimentação, oviposição e forrageamento (Dempster 1968, Vinson 1974, Lawrence 1981, Haynes 1988, Stark *et al.* 1992a, Stark *et al.* 1992b, Stark & Rangus 1994, Teodoro *et al.* 2005). Portanto, a verificação somente de efeitos letais sobre os organismos poderá não detectar importantes efeitos sobre os herbívoros e inimigos naturais. A utilização conjunta de métodos que possam verificar esses dois efeitos torna-

se uma forma mais adequada para estimar com maior precisão as conseqüências do emprego de produtos no agroecossistema sobre os herbívoros e seus inimigos naturais no agroecossistema.

No agroecossistema cafeeiro são encontrados diversos agentes de controle biológico natural de ácaros herbívoros, dentre os quais, os ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae são os mais freqüentes (Moraes 1991). *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) é um exemplo de ácaro predador que está associado ao controle biológico natural de *O. ilicis* (Pallini Filho *et al.* 1992). Uma tática de importância econômica e ambiental é a preservação desses tipos de agentes de controle biológico natural, que previnem surtos da população de herbívoros, reduzindo a necessidade de efetuar aplicações de agrotóxicos e diminuindo, conseqüentemente, os resíduos dos produtos no meio ambiente. Para a preservação desses agentes de controle biológico natural, faz-se necessário também conhecer a ação seletiva e, ou, tóxica de produtos utilizados no agroecossistema.

Assim, objetivou-se verificar a toxicidade aguda e os efeitos subletais da calda sulfocálcica, do biofertilizante Supermagro e da calda Viçosa (Viça Café Plus[®]) sobre o herbívoro *O. ilicis* e ao seu ácaro predador *I. zuluagai*.

MATERIAL E MÉTODOS

Bioprotetores alternativos

Biofertilizante Supermagro: O biofertilizante Supermagro, que é uma mistura de materiais orgânicos, minerais, esterco e água, foi preparado e obtido de um cafeeicultor idôneo como descrito a seguir. Os produtos minerais utilizados foram: 2 kg de sulfato de zinco, 2 kg de sulfato de magnésio, 300 g de sulfato de manganês, 300 g de sulfato de cobre, 50 g de sulfato de cobalto, 300 g de sulfato de ferro, 2 kg de cloreto

de cálcio, 1 kg de ácido bórico e 100 g de molibdato de sódio. A mistura de materiais orgânicos é chamada de mistura protéica, rica em proteínas advindas de produtos animais, além de outros minerais, sendo indicada nas seguintes quantidades: 1 L de leite ou soro de leite, 1 L de melação ou 500 g de rapadura moída ou 5 L de garapa, 100 ml de sangue, 100 g de fígado moído, 200 g de farinha de osso, 200 g de calcário calcítico e 200 g de fosfato de Araxá. O preparo foi feito em um recipiente de 250 L, misturando-se inicialmente 20 kg de esterco fresco de gado bovino com 100 L de água. A cada três dias foi colocado um dos produtos minerais, juntamente com a mistura protéica. Durante a mistura do quinto produto mineral, acrescentou-se mais 10 kg de esterco fresco e 20 L de água. No final, depois de adicionados todos os produtos minerais, completou-se com água o recipiente, estando o produto pronto aos 30 dias (Silva & Carvalho 2000).

Calda sulfocálcica: A calda sulfocálcica foi preparada segundo Penteado (2000). Constitui-se, essencialmente, de uma mistura de polissulfetos de cálcio, sendo o resultado de uma reação corretamente balanceada entre o cálcio e o enxofre, quando dissolvidos em água e submetidos à fervura. Para o preparo de 1 L de calda sulfocálcica foram utilizados 250 g de enxofre ventilado e 125 g de cal virgem. A calda pronta, de cor pardo-avermelhada, foi utilizada para a realização dos experimentos até no máximo um mês após o seu preparo.

Calda Viçosa: A calda Viçosa é uma suspensão coloidal de sulfato de cobre com hidróxido de cálcio complexado com micronutrientes (Cruz Filho & Chaves 1985). Nesse caso foi utilizado o produto comercial Viça Café Plus[®] (Café Brasil S.A., Alfenas, MG), por ser uma formulação similar à calda Viçosa e de mais fácil utilização. Em sua composição se encontram os seguintes nutrientes: potássio solúvel em água, K₂O (10%), enxofre (10%), cobre (10%), zinco (8,2%), boro (3%) e magnésio (1%). O produto foi adquirido na forma de duas embalagens, nas quais uma contém os sais

minerais e na outra, a cal hidratada, composta por óxidos de magnésio e cálcio. Para o preparo da calda os sais e a cal hidratada foram dissolvidos em recipientes distintos. A mistura das duas soluções foi realizada vertendo-se a solução de sais sobre a “água de cal”, agitando-se constantemente. A calda resultante foi, então, utilizada para a realização dos experimentos. A quantidade de cal obedeceu sempre à proporção de 15% (p/p) da quantidade de sais. As concentrações (p/v) de Viça Café Plus[®] que serão descritas adiante referem-se a proporção de sais na calda.

Criação das espécies de ácaros

Oligonychus ilicis: espécimes do ácaro-vermelho foram coletados em cafezais sem a aplicação de agrotóxicos e transferidos para folhas limpas colocadas sobre esponjas umedecidas. As folhas foram circundadas por algodão hidrófilo, o que serviu de barreira à fuga dos ácaros. Cada unidade de criação (folha + algodão + esponja) foi acondicionada em bandeja plástica semitransparente (4,0 x 15,5 x 22,5 cm) com água suficiente para saturar a esponja e manter úmido o algodão. A reposição de água era feita sempre que necessário, para manter a folha de cafeeiro túrgida. As folhas de cafeeiro eram substituídas quando começavam a apresentar sintomas de deterioração ou quando a população de ácaros era muito alta. Normalmente, nessa segunda condição, iniciava-se a fuga de ácaros para o algodão, indicando a necessidade da substituição da folha. As unidades de criação foram mantidas em sala climatizada a 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 20\%$ e 14 horas de fotofase.

Iphiseiodes zuluagai: Os predadores fitoseídeos foram coletados em lavouras sem a aplicação de agrotóxicos e, a seguir, mantidos em laboratório sobre arenas plásticas de cor cinza e formato retangular, acondicionadas sobre esponjas umedecidas (modificado de Overmeer 1985). Cada esponja, com uma arena, foi acondicionada dentro de uma bandeja plástica branca (30 x 21 x 10 cm) contendo água em quantidade suficiente para evitar a fuga dos ácaros. As arenas foram delimitadas por lenços de

papel em contato com a água da bandeja, estando constantemente umedecidos. Em cada arena foram colocados cerca de quatro pedaços de algodão hidrófilo sob lamínulas para microscopia, que serviram como local para abrigo e oviposição. Os ácaros foram alimentados com pólen de taboa (*Typha* sp.), pela sua facilidade de aquisição, e mel diluído a 10% (Reis & Alves 1997, Yamamoto & Gravena 1996). As unidades de criação foram mantidas em sala climatizada a 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 20\%$ e 14 horas de fotofase.

Pulverização dos bioprotetores

Os bioprotetores foram pulverizados, com uma torre de Potter (Burkard Scientific, Rickmansworth, UK), sobre arenas de 3,5 cm de diâmetro confeccionadas com folhas de cafeeiro isentas de agrotóxicos, coletadas em uma lavoura de café no Campus da UFV. A aplicação foi realizada a uma pressão de 0,345 bar ($3,45 \times 10^4$ Pa) utilizando-se um volume de calda de 2,5 mL em concordância com a International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS) (Overmeer & van Zon 1982). As arenas, depois de pulverizadas, foram expostas ao ambiente para secagem da calda. A forma de pulverização foi semelhante tanto para os testes de toxicidade aguda quanto para os testes de efeitos subletais.

Testes de toxicidade aguda

Oligonychus ilicis: As curvas de concentração-resposta foram estimadas para a obtenção das concentrações letais e subletais dos bioprotetores utilizando-se fêmeas adultas no início do estágio reprodutivo. Vinte fêmeas adultas de *O. ilicis* foram transferidas da criação de manutenção para cada arena, previamente pulverizada, com o auxílio de um pincel de cerdas finas. O estudo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, sendo cada arena uma repetição, totalizando quatro repetições

por concentração de cada bioprotetor testado (Tabela 1). As arenas foram colocadas para flutuar em uma placa de Petri de 20 cm de diâmetro. Para isso, no centro de cada arena foi feito um pequeno orifício para passagem de um alfinete, que foi fixado no fundo da placa de Petri por uma cola de silicone. Dessa forma, as arenas permaneceram no seu lugar, sem tocar na parede da placa. As placas de Petri foram mantidas em sala climatizada a 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 20\%$ e 14 horas de fotofase. A avaliação de mortalidade foi realizada após 24 horas para a calda sulfocálcica e 72 horas para o Supermagro e para Viça Café Plus[®]. O tempo mais curto para a avaliação do efeito letal da calda sulfocálcica foi devido ao fato de que a liberação de gases tóxicos aos artrópodes começa cerca de alguns minutos após o contato da calda com o ar circundante ao local de aplicação (Abbott 1945). No caso do Supermagro e da Viça Café Plus[®], experimentos preliminares indicaram que o efeito letal foi maior após 72 horas de exposição aos bioprotetores. Foi considerado morto o ácaro que não conseguiu se locomover por uma distância mínima equivalente ao comprimento do seu corpo, ao serem tocados com um pincel de pêlo macio (Knight *et al.* 1990, Stark *et al.* 1997, Sato *et al.* 2002). As faixas de concentrações testadas para cada bioprotetor estão apresentadas na Tabela 1.

Iphiseiodes zuluagai: Para esse ácaro predador, a metodologia foi semelhante à utilizada para *O. ilicis*, no entanto em cada arena foi adicionada, de uma única vez, uma porção de pólen de taboa (*Typha* sp.) como fonte alimentar para as fêmeas do ácaro predador. Para cada arena foram transferidas 20 fêmeas adultas de *I. zuluagai*, com o auxílio de um pincel de cerdas finas. O estudo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, sendo cada arena uma repetição, totalizando quatro repetições por concentração de cada bioprotetor testado. As arenas foram colocadas para flutuar em uma placa de Petri de 20 cm de diâmetro, em delineamento inteiramente casualizado, como descrito anteriormente. A avaliação de mortalidade foi realizada após

24 horas para a calda sulfocálcica e 72 horas para o Supermagro e para Viça Café Plus[®], mesmo procedimento usado para *O. ilicis*. As faixas de concentrações testadas constam na Tabela 1.

Tabela 1– Intervalos e números de concentrações testadas para cada bioprotetor e cada espécie, para a obtenção das curvas de concentração-resposta e estimativas das doses letais e subletais.

Bioprotetor/ Espécie	Faixas de Concentrações*	Nº de concentrações
Calda sulfocálcica		
<i>O. ilicis</i>	0,028 – 0,17%	8
<i>I. zuluagai</i>	0,14 – 0,71%	5
Supermagro		
<i>O. ilicis</i>	1,00 – 100,0%	7
<i>I. zuluagai</i>	1,00 – 60,00%	6
Viça Café Plus [®]		
<i>O. ilicis</i>	0,01 – 10,00%	8
<i>I. zuluagai</i>	1,00 – 100%	6

*As concentrações da calda sulfocálcica estão expressas em % de polissulfetos de cálcio (p/v), as do Supermagro em porcentagem do produto puro (v/v) e as de Viça Café Plus[®] em porcentagem dos sais (p/v) que compõem a calda.

Testes de efeitos subletais

A avaliação dos efeitos subletais dos bioprotetores sobre o ácaro-vermelho *O. ilicis* e sobre o ácaro predador *I. zuluagai* foi realizada através de estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i). Esse parâmetro é uma medida direta de crescimento populacional, variando similarmente à taxa intrínseca de crescimento (r_m), e integra tanto sobrevivência quanto fecundidade (Walthall & Stark 1997, Stark & Banks 2003). O referido parâmetro foi calculado pela seguinte fórmula:

$$r_i = \ln \frac{\left(\frac{N_f}{N_0}\right)}{\Delta t}$$

em que:

N_f = número final de ácaros vivos;

N_0 = número inicial de ácaros;

Δt = variação de tempo, em dias.

Valores positivos de r_i significam que a população está em crescimento, $r_i = 0$, que a população está em equilíbrio, e valores negativos de r_i indicam que a população está em declínio (Stark et al. 1997, Walthall & Stark 1997, Stark & Banks 2003). Os indivíduos encontrados na água foram desconsiderados para fins de contagem dos números inicial e final de ácaros para ambas as espécies.

Oligonychus ilicis: As arenas e as pulverizações dos bioprotetores foram semelhantes aos experimentos de toxicidade aguda. Utilizaram-se cinco fêmeas adultas acasaladas com 15-17 dias de idade em cada arena no início do experimento e foram feitas cinco repetições por concentração de cada bioprotetor testado. As doses subletais do biofertilizante e das caldas alternativas para *O. ilicis* foram estimadas em função das curvas de concentração-resposta obtidas para a espécie. O tempo de exposição a cada bioprotetor foi de 12 dias, baseado na duração média do ciclo de ovo a adulto, obtido por Reis *et al.* (1997). Assim, a maior parte dos ovos depositados pelas fêmeas de *O. ilicis* já teria eclodido ao final de 12 dias, e o possível efeito dos bioprotetores sobre os ovos e sobre as fases imaturas seria determinado. As concentrações subletais utilizadas para acessar os efeitos sobre a taxa instantânea de crescimento (r_i) e as respectivas concentrações letais (CLs) estimadas pelas curvas de concentração-resposta foram:

Calda sulfocálcica: 0,025 (CL₁), 0,032 (CL₅), 0,037 (CL₁₀), 0,043 (CL₂₀), 0,051 (CL₃₅), 0,058 (CL₅₀) e 0,074% (CL₇₅), concentração estimada de polissulfetos de cálcio.

Supermagro: 12,09 (CL₁), 17,17 (CL₅), 20,71 (CL₁₀), 25,97 (CL₂₀), 32,84 (CL₃₅), 40,05 (CL₅₀) e 56,67 (CL₇₅).

Viça Café Plus[®]: 0,04 (CL₁), 0,15 (CL₅), 0,28 (CL₁₀), 0,62 (CL₂₀), 1,39 (CL₃₅), 2,75 (CL₅₀), 5,46 (CL₆₅) e 9,12% (CL₇₅).

As CLs são as concentrações estimadas pelas curvas de concentração-resposta capazes de causar mortalidade a indivíduos de uma população experimental. Assim, por

exemplo, uma concentração de um composto equivalente a CL_{50} teria a probabilidade de causar mortalidade a 50% da população experimental.

Iphiseiodes zuluagai: As arenas e as pulverizações dos bioprotetores foram semelhantes aos testes utilizados na comparação dos efeitos subletais para *O. ilicis*. O tempo de exposição escolhido para cada bioprotetor foi de sete dias, com base na duração média do ciclo de ovo a adulto, como relatado por Yamamoto & Gravena (1996). Utilizaram-se cinco fêmeas adultas de *O. ilicis* em cada arena no início do experimento, e foram feitas cinco repetições para cada concentração de cada bioprotetor testado. Em cada arena foi adicionado um macho de *I. zuluagai* para fertilização contínua das fêmeas.

No caso de *I. zuluagai* não puderam ser estimadas as curvas de concentração-resposta para Supermagro e Viça Café Plus[®], devido à baixa mortalidade após a exposição a esses dois bioprotetores (29 e 32%, respectivamente). Dessa forma, as estimativas de efeitos sobre a taxa instantânea de crescimento (r_i) foram realizadas com a exposição de *I. zuluagai* às concentrações equivalentes para as curvas de concentração-resposta para *O. ilicis*. Assim, as concentrações e as respectivas CLs estimadas pelas curvas de concentração-resposta para o ácaro predador foram:

Calda sulfocálcica: 0,068 (CL_1), 0,114 (CL_5), 0,205 (CL_{20}), 0,383 (CL_{50}) e 0,630% (CL_{75}), concentração estimada de polissulfetos de cálcio.

Supermagro: 12,09 (CL_1), 17,17 (CL_5), 25,97 (CL_{20}), 40,05 (CL_{50}) e 56,67% (CL_{75}), equivalente à curva de concentração-resposta para *O. ilicis*.

Viça Café Plus[®]: 0,04 (CL_1), 0,15 (CL_5), 0,62 (CL_{20}), 2,75 (CL_{50}), 5,46 (CL_{65}) e 9,12% (CL_{75}), equivalente à curva de concentração-resposta para *O. ilicis*.

RESULTADOS

Toxicidade aguda

Os resultados dos testes de toxicidade aguda estão na Tabela 2. Esses resultados indicam que, dentre os três bioprotetores avaliados, somente a calda sulfocálcica mostrou toxicidade para as duas espécies estudadas. Embora tenham sido estimadas as curvas de concentração-resposta de *O. ilicis* para o Supermagro e Viça Café Plus[®], as concentrações letais foram extremamente altas, com inviabilidade da utilização delas para fins de controle desse herbívoro em condições de cultivo do cafeeiro.

Tabela 2– Toxicidade de bioprotetores alternativos para fêmeas adultas de *Oligonychus ilicis* e para o ácaro predador *I. zuluagai*.

Bioprotetor/Espécie	n ¹	Coefficiente Angular ± EP ²	CL ₅₀ ³ (LF a 95%)	CL ₉₅ ⁴ (LF a 95%)	χ ²	p	ISD ⁵
Calda sulfocálcica							
<i>O. ilicis</i>	504	1,48 ± 0,17	0,058 (0,054 - 0,062)	0,105 (0,096 - 0,117)	5,29	0,51	-
<i>I. zuluagai</i>	358	1,03 ± 0,15	0,38 (0,34 - 0,43)	1,29 (1,02 - 1,85)	1,99	0,57	6,6 (6,3-6,9)
Supermagro							
<i>O. ilicis</i>	591	0,43 ± 0,07	40,05 (36,10 - 43,98)	93,38 (80,35 - 115,52)	1,56	0,91	-
<i>I. zuluagai</i>	-	-	-	-	-	-	-
Viça Café Plus [®]							
<i>O. ilicis</i>	513	0,25 ± 0,05	2,75 (2,09 - 3,59)	51,14 (26,80 - 150,81)	8,77	0,12	-
<i>I. zuluagai</i>	-	-	-	-	-	-	-

¹ Número de ácaros testados.

² Coeficiente angular e erro-padrão da média.

³ Concentração letal média e limite fiducial a 95%.

⁴ Concentração letal que causa 95% de mortalidade e limite fiducial a 95%.

⁵ Índice de Seletividade Diferencial

As análises das concentrações letais indicam que o ácaro predador *I. zuluagai* foi mais tolerante à calda sulfocálcica do que *O. ilicis*, sendo que o Índice de Seletividade Diferencial (ISD) foi de 6,6 vezes. A curva de concentração-resposta para *O. ilicis* possui inclinação maior que *I. zuluagai*, indicando maior homogeneidade de resposta daquela espécie à calda sulfocálcica. Conseqüentemente, pequenas variações na

concentração da calda levariam a uma variação maior na mortalidade para *O. ilicis* do que para *I. zuluagai*.

Com relação ao Supermagro e à Viça Café Plus[®], não foi possível a determinação das curvas de concentração-resposta para o ácaro predador *I. zuluagai*, devido à baixa mortalidade após a exposição a esses dois bioprotetores. Os valores máximos de mortalidade corrigidos pelo tratamento-controle foram de 29,0 e 32,0% para Supermagro e Viça Café Plus[®], respectivamente. Isso leva à conclusão de que é muito baixa a toxicidade aguda desses bioprotetores para essa espécie no intervalo de tempo em que foi avaliada a mortalidade.

Efeitos subletais

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *O. ilicis* e *I. zuluagai* diminuiu linearmente com o aumento da concentração da calda sulfocálcica (Figura 1). Para *I. zuluagai*, a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) foi negativa a partir da concentração de 0,26% de polissulfetos de cálcio, estimada pela regressão linear dos dados de r_i . Essa concentração equivale a CL₃₀ para a espécie estimada pela curva de concentração-resposta. Foi observado que há efeito subletal da calda sulfocálcica sobre as duas espécies, com a diminuição do crescimento populacional destas, embora para *O. ilicis* os valores de r_i tenham sido sempre positivos, indicando que a população está em crescimento. Não houve extinção populacional das duas espécies no intervalo de concentrações testado.

O aumento da concentração de Supermagro afetou linearmente a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *O. ilicis* e *I. zuluagai* (Figura 2), evidenciando-se efeito subletal do Supermagro sobre as duas espécies. Para *I. zuluagai*, a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) foi negativa a partir da concentração de 35,1%, entretanto para *O. ilicis* o valor de r_i foi sempre positivo. Não houve extinção populacional das duas espécies no intervalo de concentrações testadas.

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *O. ilicis* e *I. zuluagai* diminuiu de forma linear com o aumento da concentração da Viça Café Plus® (Figura 3). Houve extinção populacional de *O. ilicis* e de *I. zuluagai* a partir das concentrações de 5,46 e 9,12%, respectivamente. Nas duas espécies, a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) foi negativa nas maiores concentrações testadas. As concentrações estimadas pela regressão linear a partir da qual cada população tenderá ao declínio foram de 2,51 e 1,66% de Viça Café Plus® para *O. ilicis* e *I. zuluagai*, respectivamente, demonstrando efeito subletal sobre o crescimento populacional de ambas as espécies.

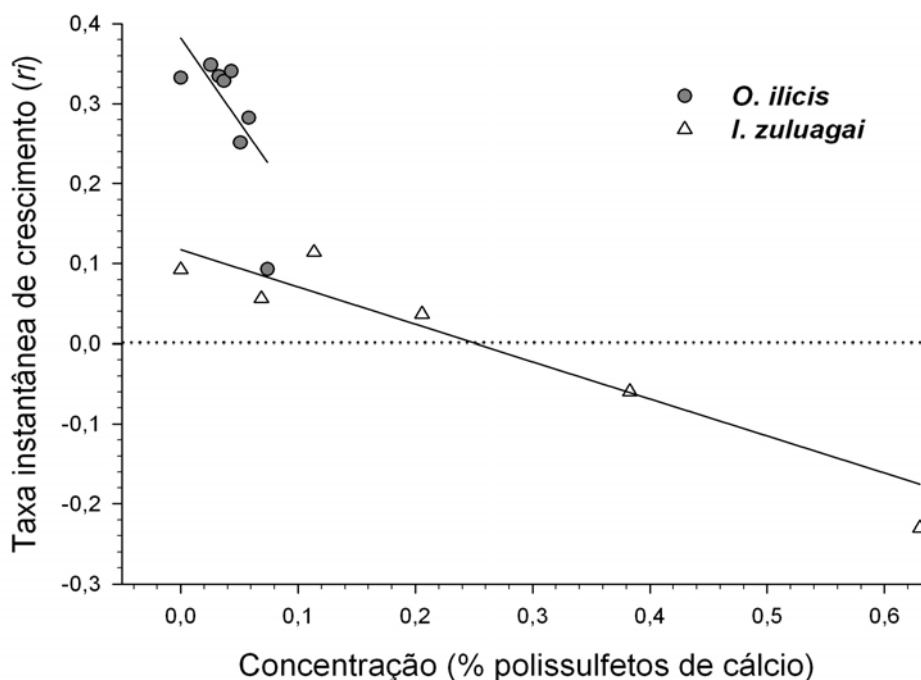


Figura 1– Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *Oligonychus ilicis* ($y=0,40-3,171x$, $gl_{\text{erro}}=32$, $F=10,69$, $p=0,003$, $r^2=0,25$) e *Iphiseiodes zuluagai* ($y=0,12-0,464x$, $gl_{\text{erro}}=24$, $F=19,85$, $p=0,0002$, $r^2=0,45$), expostos a concentrações crescentes de calda sulfocálcica.

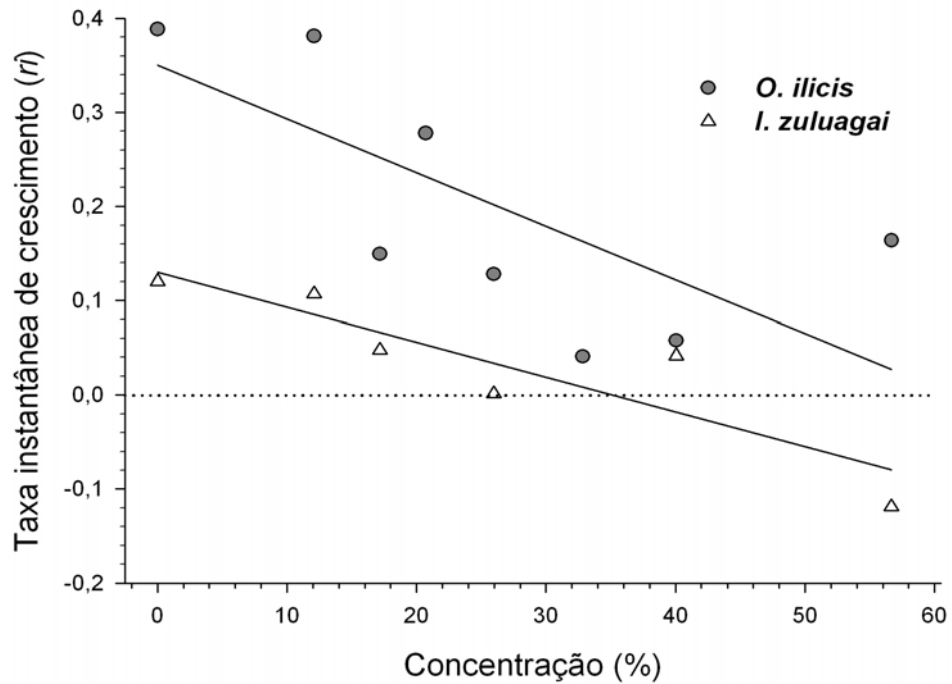


Figura 2– Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *Oligonychus ilicis* ($y=0,35-0,0057x$, $gl_{\text{erro}}=25$, $F=9,61$, $p=0,005$, $r^2=0,28$) e *Iphiseiodes zuluagai* ($y=0,13-0,0037x$, $gl_{\text{erro}}=26$, $F=11,69$, $p=0,002$, $r^2=0,31$), expostos a concentrações crescentes de Supermagro.

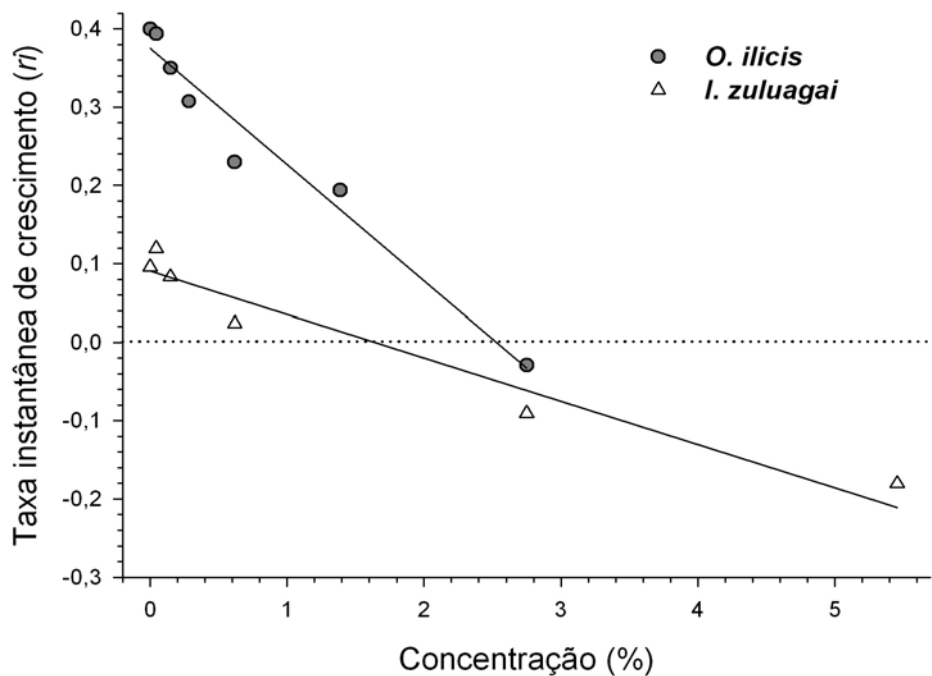


Figura 3–Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *Oligonychus ilicis* ($y=0,37-0,148x$, $gl_{\text{erro}}=29$, $F=5,54$, $p<0,00001$, $r^2=0,64$) e *Iphiseiodes zuluagai* ($y=0,091-0,055x$, $gl_{\text{erro}}=23$, $F=49,65$, $p<0,00001$, $r^2=0,68$), expostos a concentrações crescentes de Viça Café Plus[®].

DISCUSSÃO

Dentro das doses estimadas, há uma alta suscetibilidade da população de *O. ilicis* mantida em laboratório à calda sulfocálcica. A suscetibilidade dessa população pode ser devida ao fato de ter sido coletada em cafezais sem a aplicação de agrotóxicos, portanto sem pressão seletiva sobre a população. Porém, o fato de ser suscetível não implica que a calda sulfocálcica possa ser aplicada indiscriminadamente para o controle desse herbívoro. Isso porque as constantes aplicações podem levar à seleção de indivíduos resistentes na população (Metcalf 1994), principalmente pela disseminação do uso da calda sulfocálcica em sistemas orgânicos de cultivo (Penteado 2000, Venzon *et al.* 2005). Penteado 2000 afirma que a calda sulfocálcica não apresenta possibilidade de seleção para a resistência. Porém, o primeiro relato de resistência a agrotóxicos foi do piolho-de-São José, *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock) (Homoptera: Diaspididae) à calda sulfocálcica (Brown 1978, Metcalf 1994). Adicionalmente, foi verificado que populações de *B. phoenicis* submetidas a aplicações de enxofre podem apresentar resistência à calda sulfocálcica (Gravena ManEcol Ltda. 2000), e uma possível resistência cruzada entre a calda sulfocálcica e o acaricida propargite foi também notificada (Casarin *et al.* 2004).

A toxicidade aguda da calda sulfocálcica foi maior para o herbívoro *O. ilicis* do que para o ácaro predador *I. zuluagai*. A causa dessa maior tolerância do ácaro predador *I. zuluagai* do que *O. ilicis* à calda sulfocálcica pode ser devida a características intrínsecas das duas espécies, pouco se sabendo sobre a possível causa dessa seletividade. Isto porque o mecanismo de ação específico da calda sulfocálcica sobre ácaros e insetos não é perfeitamente conhecido. Uma hipótese é de que a liberação de gás sulfídrico (H₂S) e enxofre coloidal quando a calda é aplicada nas plantas tenha efeito tóxico sobre insetos e ácaros (Abbot 1945, Polito 2001). Adicionalmente, a presença do enxofre na composição da calda pode indicar que ela atua semelhantemente

a produtos acaricidas à base de enxofre elementar. Além do mais, o enxofre é um elemento essencial aos organismos, sendo inclusive constituinte de vários complexos enzimáticos, o que dificulta a elucidação da maneira como esse composto age sobre os insetos e ácaros. A seletividade da calda sulfocálcica em favor de ácaros fitoseídeos deve ser tomada com cautela, uma vez que resultados de outros experimentos demonstram efeitos prejudiciais da aplicação de enxofre sobre ácaros predadores (Haas 1987, Hiebler 1991, Kreiter *et al.* 1997, Daniel *et al.* 2001).

Os resultados apontam que há efeito subletal sobre a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *O. ilicis* e *I. zuluagai* quando populações dessas espécies foram expostas às concentrações subletais da calda sulfocálcica. Porém, dentro da faixa de concentração testada para a espécie *O. ilicis*, cuja maior concentração correspondeu à CL_{75} estimada pela curva de concentração-resposta, os valores de r_i foram positivos, ao passo que para *I. zuluagai*, a partir da concentração estimada de 0,26% de polissulfetos de cálcio, equivalendo a CL_{30} para a espécie, a população já tenderá ao declínio. Resultados semelhantes foram obtidos por Teodoro *et al.* (2005), avaliando os efeitos letais e subletais de enxofre sobre *I. zuluagai* e *O. ilicis*, sendo que o enxofre foi mais tóxico a *I. zuluagai* e também afetou drasticamente o crescimento populacional dessa espécie. Prischmann *et al.* (2005) também observaram maior efeito supressivo do enxofre sobre a espécie *Galendromus occidentalis* Nesbitt (Acari: Phytoseiidae), em comparação com o inseticida clorpirifós. Portanto, o uso da calda sulfocálcica possui potencial para o controle de *O. ilicis*, por ser altamente tóxico a ele. Porém, as precauções na sua utilização deverão ser semelhantes às indicadas para o uso dos acaricidas convencionais, para evitar a evolução da resistência em populações dessa espécie e diminuir o impacto sobre organismos benéficos.

Com relação ao Supermagro e à Viça Café Plus[®], as concentrações letais estimadas para *O. ilicis* foram muito altas e não houve toxicidade aguda para *I.*

zuluagai. Sobre os efeitos subletais, não foi observado extinção populacional de *O. ilicis* e *I. zuluagai* dentro do intervalo estudado. No entanto, a r_i para *I. zuluagai* foi negativa a partir da concentração de 35,1% de Supermagro. A ação deste sobre *O. ilicis* pode ser devida a alguns fatores, como: efeito de repelência (Santos 1992, Amaral 2003); efeito sobre a locomoção, por apresentar propriedade adesiva (Santos & Sampaio 1993); diminuição na fertilidade oriunda de perturbações metabólicas, como estresse físico ou infeccioso (Medeiros 2002), e, ou, dificultar a alimentação do ácaro, pela presença de substâncias coloidais que causam a imobilização e obstrução do sistema digestório (Medeiros 2002). Porém, esses fatores parecem ser pouco importantes sobre *I. zuluagai*, uma vez que não foi observado efeito de repelência do Supermagro a essa espécie (Amaral 2003), aliado ao fato desse ácaro não se alimentar da planta. A propriedade adesiva do Supermagro poderia estar afetando a locomoção da espécie, diminuindo assim a oviposição.

Em ambas as espécies ocorreu a extinção populacional quando expostas a concentrações subletais de Viça Café Plus[®]. O efeito da calda Viçosa foi observado sobre *O. ilicis*, com o aumento do seu ciclo de ovo a adulto e a diminuição da eclosão dos ovos (Amaral 2003). Uma possível causa seria o alto teor salino da calda que estaria atuando como desidratante dos ácaros e ovos, uma vez que estes estiveram sempre em contato com os seus resíduos. Em *I. zuluagai*, não foi observado efeito de repelência da calda Viçosa (Amaral 2003), sendo que o alto teor salino ao qual os indivíduos são expostos ao caminhar sobre a superfície tratada também pode estar afetando essa espécie.

O uso conjunto dos resultados dos testes de toxicidade aguda (CL) e da taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) evidencia que o ácaro predador *I. zuluagai* sofre mais danos que sua presa *O. ilicis*, devido a características populacionais intrínsecas, como o seu baixo potencial reprodutivo (Stark *et al.* 1997, Teodoro *et al.*

2005). Como observado por Stark *et al.* (1997), o baixo potencial reprodutivo de uma espécie pode resultar na sua incapacidade em compensar a mortalidade na população. Isso foi corroborado em *I. zuluagai*, indicando, assim, maior suscetibilidade que *O. ilicis*. Dessa forma, a avaliação dos efeitos dos bioprotetores alternativos sobre *O. ilicis* e *I. zuluagai*, com base somente em estimativas de toxicidade aguda, evidenciou ser um parâmetro incompleto para avaliar os efeitos totais dos compostos sobre a população dos organismos (Stark & Wennergren 1995, Stark *et al.* 1997). Apesar de ser menos suscetível do que *O. ilicis* em testes de toxicidade aguda, *I. zuluagai* apresentou menor potencial para manutenção populacional, tendendo à extinção.

Com relação às concentrações que são normalmente utilizadas na cafeicultura, as concentrações letais da calda sulfocálcica que tiveram efeitos subletais sobre *O. ilicis* foram menores que as recomendadas e utilizadas em sistema de cultivo orgânico de cafeeiro. Nesses sistemas, as concentrações variam de 2 a 4% de uma calda que possui densidade de 29 a 32° Baumé (D'Andrea 2001, Penteadó 2000), contendo aproximadamente 0,58 a 1,28% de polissulfetos de cálcio na calda de pulverização, o que também afetaria o ácaro predador *I. zuluagai*. O biofertilizante Supermagro teria efeito mais drástico sobre *O. ilicis* em concentrações mais altas do que as tradicionalmente utilizadas no campo. Essas concentrações recomendadas para o controle de *O. ilicis*, que variam de 15 a 20% de Supermagro (Silva & Carvalho 2000, Amaral 2003), podem contribuir para a manutenção do predador, mas podem não ser suficientes para conter surtos populacionais de *O. ilicis*. No entanto, a concentração utilizada de Viça Café Plus[®] ou calda Viçosa, que é de 2% (Cruz Filho & Chaves 1985, Amaral 2003), teria efeito deletério sobre *I. zuluagai*, uma vez que, nessa concentração, a taxa instantânea de crescimento (r_i) seria negativa. Mas essa mesma concentração não seria suficiente para tornar a r_i de *O. ilicis* negativa, indicando que poderá não ser efetiva para controlar esse herbívoro.

Estudos complementares para avaliar os efeitos sobre a regulação populacional de *O. ilicis* e seu predador *I. zuluagai* em condições de cultivo do cafeeiro são desejáveis. A utilização das altas concentrações de calda sulfocálcica para o controle de *O. ilicis*, além de desnecessária, poderá ter efeitos deletérios sobre os ácaros predadores do herbívoro, além de aumentar os custos de utilização da calda e os resíduos desta no sistema. Por sua vez, a calda Viçosa comercial e o biofertilizante Supermagro poderão ser efetivos para o controle de *O. ilicis* em concentrações mais altas do que as comumente utilizadas, porém tendem a ser prejudiciais ao ácaro predador nessas concentrações. Portanto, o seu uso deve ser prioritariamente para fins nutricionais, devendo-se lançar mão de outros bioprotetores, como a calda sulfocálcica, quando for necessária a intervenção com a finalidade de conter surtos populacionais de *O. ilicis*.

LITERATURA CITADA

- Abbott, C.E. 1945.** The toxic gases of lime-sulfur. *Journal of Economic Entomology* 38: 618-620.
- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Altieri, M.A. 1999.** The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 19-31.
- Amaral, D.S.S.L. 2003.** Estratégias de manejo ecológico de pragas em cafeicultura orgânica, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 61p. (Dissertação de Mestrado).
- Barbosa, P. 1998.** *Conservation Biological Control*. Academy Press, California. 396p.
- Brown, A. W. A. 1978.** *Ecology of pesticides*. Wiley & Sons, London. 525p.
- Casarin, N.F.B., C.R. Franco, E.B. Alves & C. Omoto.** Resistência do ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) à calda sulfocálcica. In: XX Congresso Brasileiro de Entomologia, 2004, Gramado-RS. Anais... 2004. v. 1. p. 516.

- Chagas, C.M. 1988.** Vírozes, ou doenças semelhantes transmitidas por ácaros tenuipalpídeos: mancha anular do cafeeiro e leprose dos citros. *Fitopatologia Brasileira*. 13: 92.
- Cruz Filho, J. & G.M. Chaves. 1985.** Calda Viçosa no controle da ferrugem do cafeeiro. Imprensa Universitária, Viçosa, 22p.
- D'Andrea, P.A. 2001.** Aspectos práticos e tendências no uso dos fertiprotetores. In: Hein, M. (org). Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. *Agroecológica*. Botucatu. p. 97-101.
- Daniel, C., A. Haeseli & W. Franco. 2001.** The side effects of lime sulphur on predaceous arthropods, i.e. *Typhlodromus pyri*, and other leaf occupying arthropods. Plant protection: pest and beneficials, Frick, Switzerland, Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), 8p. Disponível em: <<http://orgprints.org/2932/01/daniel-et-al-2001-lime-sulphur.pdf>>, Acesso: 26 fev. 2006.
- Dempster, J.P. 1968.** The sublethal effect of DDT on the rate of feeding by ground beetle *Harpalus rufipes*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 11: 51-54.
- Finney, D.J. 1971.** Probit Analysis. Cambridge University Press, London. 333p.
- Fragoso, D.B., P. Jusselino Filho, A. Pallini Filho & C.A. Badji. 2002.** Ação de inseticidas organofosforados utilizados no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) sobre o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Neotropical Entomology* 31: 463-467.
- Gravena ManEcol Ltda. 2000.** Ácaro da leprose: insensibilidade a enxofre e calda sulfocálcica. 6: 246-247 (Boletim informativo).
- Guirado, N. 2001.** Extrato de plantas no controle da leprose dos citros; p. 147-159. In: Hein, M. (org). Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. *Agroecológica*, Botucatu.
- Haas, E. 1987.** Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Raubmilben und Zikaden. *Obstbau Weinbau* 24: 70-73.
- Haynes, K. F. 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annual Review of Entomology* 33: 149-168.

- Hiebler, A. 1991.** Nebenwirkungen von Schwefelspritzungen auf Raub- und Spinnmilben. *Besseres Obst* 36: 10-11.
- Knight, A.L., E.H. Beers, S.C. Hoyt & H. Reidl. 1990.** Acaricide bioassays with spider mites (Acari: Tetranychidae) on pome fruits: evaluation of methods and selection of discriminating concentrations for resistance monitoring. *Journal of Economic Entomology* 83: 1752-1760.
- Kreiter, S., G. Sentenac, M. Weber, C. Rinville, D. Barthes & P. Auger 1997.** Effets non intentionnels de quelques produits phytopharmaceutiques sur *Typhlodromus pyri*, *Kampimodromus aberrans* et *Phytoseius plumifer*. *Phytoma* 493: 51-58.
- Lawrence, P.O. 1981.** Developmental and reproductive biologies of the parasitic wasp, *Biosteres longicaudatus*, reared on hosts treated with a chitin synthesis inhibitor. *Insect Science and Its Applications* 1: 403-406.
- Matolcsy, G., M. Nádasy & V. Andriska. 1988.** Pesticide Chemistry. Elsevier, Amsterdam, 808p.
- McCallan, S.E.A., 1967.** History of fungicides. In: Torgeson, D.C. (Ed.), *Fungicides: An Advanced Treatise*, vol. 1. Academic Press, New York, p. 1-37.
- Medeiros, M.B. 2002.** Ação de biofertilizantes líquidos sobre a bioecologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis*. Piracicaba, ESALQ/Universidade de São Paulo, 110p. (Tese de Doutorado).
- Metcalf, R. L. 1994.** Insecticides in pest management, p. 245-284. In Metcalf R.L. & W.H. Luckmann (eds.), *Introduction to Insect Pest Management*. John Wiley & Sons, New York.
- Moraes, G.J. 1991.** Controle biológico de ácaros fitófagos. *Informe Agropecuário* 15: 56-62.
- Overmeer, W.P.J. 1985.** Alternative prey and other food resources, p. 131-139. In W. Hell and M. W. Sabelis (eds.), *World crop pest. Spider mites. Their biology, natural enemies and control*, vol. 1B. Elsevier, Amsterdam.
- Overmeer, W.P.J. & A.Q. van Zon. 1981.** A comparative study of the effect of some pesticides on three predaceous mite species: *Typhlodromus pyri*, *Amblyseius potentillae* and *A. bibens* (Acarina: Phytoseiidae). *Entomophaga* 26: 3-9.

- Overmeer, W.P.J. & A.Q. van Zon. 1982.** A standardized method for testing the side effect of pesticides on the predaceous mite, *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). *Entomophaga* 27: 357-364.
- Pallini Filho, A., G.J. Moraes & V.H.P. Bueno. 1992.** Ácaros associados ao cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no Sul de Minas Gerais. *Ciência e Prática* 16: 303-307.
- Papa, G. 1999.** Manejo de ácaros em café, p.121-133. In L. Zambolim (ed.), I Encontro sobre produção de café com qualidade. Viçosa, UFV, 259p.
- Penteado, S.R. 2000.** Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa. Buena Mendes Gráfica e Editora, Campinas, 95p.
- Polito, W.L. 2001.** Os fertiprotetores (calda sulfocálcica, calda bordalesa, calda Viçosa e outros) no contexto da trofobiose, p. 75-89. In: Hein, M. (org). Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica. Botucatu.
- Primavesi, A. 1990.** Manejo Ecológico de Pragas e Doenças: técnicas alternativas para a produção agropecuária e defesa do meio ambiente. Nobel, São Paulo, 137p.
- Prischmann, D.A., D.G. James, L.C. Wright, R.D. Teneyck & W.E. Snyder. 2005.** Effects of chlorpyrifos and sulfur on spider mites (Acari: Tetranychidae) and their natural enemies. *Biological Control* 33: 324-334.
- Reis, P.R. 2005.** Ácaro Vermelho. *Revista Cultivar Grandes Culturas*, 7: 14-17.
- Reis, P. R., C.M. Silva & J.G. Carvalho. 1974.** Fungicida cúprico atuando como fator de aumento de população do ácaro *Oligonychus (O.) ilicis* (McGregor, 1919) em cafeeiro. *Fitopatologia* 9: 67.
- Reis, P.R. & E.B. Alves. 1997.** Criação do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) em laboratório. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 26: 565-568.
- Reis, P.R. & J.C. Souza. 2000.** *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), ácaro vetor da mancha-anular em cafeeiro. Lavras, EPAMIG-CTSM, 4p. (Circular Técnica, n. 114).
- Reis, P.R. & S.J.R. Chagas. 2001.** Relação entre o ataque do ácaro-plano e da mancha-anular com indicadores da qualidade do café. *Ciência e Agrotecnologia* 25: 72-76.

- Reis, P.R., A.V. Teodoro & M. Pedro-Neto. 2000.** Predatory activity of phytoseiid mites on the developmental stages of coffee ringspot mite (Acari: Phytoseiidae: Tenuipalpidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 29: 547-553.
- Reis, P.R., E.B. Alves & E.O. Sousa. 1997.** Biologia do ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). *Ciência e Agrotecnologia* 21: 260-266.
- Reis, P.R., J.C. Souza & M. Venzon. 2002.** Manejo ecológico das principais pragas do cafeeiro. *Informe Agropecuário* 23: 83-99.
- Reis, P.R., L.G. Chiavegato & E.B. Alves. 1998.** Biology of *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 185-191.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide Bioassays with Arthropods. CRC, Boca Raton, 127p.
- Santos, A.C.V. 1992.** Biofertilizante líquido, o defensivo agrícola da natureza, EMATER/RIO, Niterói. 16p.
- Santos, A.C.V. 2001.** A ação múltipla do biofertilizante líquido como ferti e fitoprotetor em lavouras comerciais, p. 91-96. In: Hein, M. (org.) Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica, Botucatu.
- Santos, A.C.V., Sampaio, H.N. 1993.** Efeito do biofertilizante líquido obtido da fermentação anaeróbica do esterco bovino, no controle de pragas prejudiciais à lavoura de citros. In: Seminário Bienal de Pesquisa, 6, Seropédica, 1993. **Resumos.** Seropédica: UFRRJ. 78p.
- Sato, M.E., M. Silva, L.R. Gonçalves, M.F. Souza Filho & A. Raga. 2002.** Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. *Neotropical Entomology* 31: 449-456.
- Silva, B.M. & A.F. Carvalho. 2000.** Novo Supermagro: o Biofertilizante. CTA/ZM, Viçosa, 16p.
- Smilanick, J.L. & D. Sorenson. 2001.** Control of postharvest decay of citrus fruit with calcium polysulfide. *Postharvest Biology and Technology* 21: 157-168.

- Stark, J.D. & J.A.O. Banken. 1999.** Importance of population structure at the time of toxicant exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 42: 282-287.
- 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. & T. Rangus. 1994.** Lethal and sublethal effects of the neem insecticide, Margosan-O, on pea aphid. *Pesticide Science* 41: 155-160.
- Stark, J.D. & U. Wennergren. 1995.** Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies? *Journal of Economic Entomology* 88, 1089–1096.
- 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., R.I. Vargas, R.H. Messing, M. Purcell. 1992a.** Effects of cyromazine and diazinon on three economically important Hawaiian tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their endoparasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *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.
- Teodoro, A.V., M.A.M. Fadini, W.P. Lemos, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2005.** Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. *Experimental and Applied Acarology* 36: 61-70.
- Tweedy B.G. 1967.** Elemental sulfur. p. 119-145. In Torgeson, D.C (ed.) *Fungicides: An Advanced Treatise* 1, Academic Press, New York.
- Venzon, M., A. Pallini & D.S.S.L. Amaral. 2001.** Estratégias para o manejo ecológico de pragas. *Informe Agropecuário* 22: 19-28.

- Venzon, M., E. S. Tuelher, A.P. Alvarenga & A. Pallini. 2005.** Tecnologias alternativas para o controle de pragas do cafeeiro. Informe Agropecuário 26: 76-84.
- Venzon, M., E. S. Tuelher, I.S. Bonomo, R.S. Tinoco, M.C.M. Fonseca & A. Pallini. 2006.** Potencial de defensivos alternativos para o controle de pragas do cafeeiro, p.117-136. In: Venzon, M., T.J. Paula Jr. & A. Pallini (eds). Tecnologias Alternativas para o Controle de Pragas e Doenças. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco, 378p.
- 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. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of two population – level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. Environmental Toxicology and Chemistry 16: 1068-1073.
- Yamamoto, P.T. & S. Gravena. 1996.** Influência da temperatura e fontes de alimento no desenvolvimento e oviposição de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 25: 109-115.

Capítulo 2

Eficiência de bioprotetores alternativos no controle do ácaro-vermelho do cafeeiro em casa de vegetação

RESUMO

A utilização de bioprotetores alternativos para o controle do ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) tem sido freqüente, porém sem suporte científico que confirme a sua eficácia. Assim, objetivou-se avaliar, em casa de vegetação, a eficiência da calda sulfocálcica, do biofertilizante Supermagro e do produto comercial Viça Café Plus[®] (semelhante à calda Viçosa), que são recomendados e utilizados para o controle de *O. ilicis* na cafeicultura orgânica. Foram testadas duas concentrações de cada bioprotetor: a calda sulfocálcica (0,104 e 0,208% de polissulfetos de cálcio), o biofertilizante Supermagro (20 e 40%) e a Viça Café Plus[®] (2 e 4%) foram pulverizados sobre plantas de cafeeiro em vasos previamente infestadas com adultos, deutoninfas e protoninfas do herbívoro. Após 14 dias não houve efeito significativo do tempo e da interação tempo x tratamento, sendo que o único fator significativo foram os tratamentos, ou seja, o tipo de calda e suas respectivas concentrações. O tratamento com maior eficiência (87,1%) foi a calda sulfocálcica a 0,104% de polissulfetos de cálcio, enquanto a Viça Café Plus[®] a 2% foi o de menor eficiência (40,0%). Os demais tratamentos apresentaram eficiência de controle intermediário variando entre 62,3 e 79,3%. A calda sulfocálcica apresentou potencial para utilização no controle de *O. ilicis* ao passo que, com relação ao Supermagro e à Viça Café Plus[®], mesmo que as concentrações testadas tenham sido relativamente altas, a eficiência de controle foi mediana. Assim, a utilização do Supermagro e da Viça Café Plus[®] para o controle de *O. ilicis* no campo pode ficar condicionada a análise de custo e a testes de fitotoxidez sobre as plantas de cafeeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Cafeicultura orgânica, *Oligonychus ilicis*, calda Viçosa, calda sulfocálcica, biofertilizante enriquecido.

ABSTRACT

The use of bioprotectors to control the southern red mite *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) has been frequent, although without scientific support validating the effectiveness of these products. Here, we aimed to evaluate in greenhouse conditions the effectiveness of these bioprotectors, which are recommended and used to control *O. ilicis* in organic coffee production. Two concentrations of each bioprotector, the lime sulphur (0.104 and 0.208% of calcium polysulfide), the biofertilizer Supermagro (20 and 40%) and Viçosa mixture (Viça Café Plus[®]) (2 and 4%) were tested. Potted coffee plants previously infested with adults, deutonymphs and protonymphs of the herbivore were sprayed with each product and concentrations. Fourteen days after spraying there was no significant effect of the time and the interaction time x treatments on the control of *O. ilicis*. Otherwise, a significant effect of treatments (each bioprotector and their respectively concentrations) was found on the control of *O. ilicis*. The treatment with higher (87.1%) and lower (40%) effectiveness was lime sulphur at 0.104% of calcium polysulfide and Viça Café Plus[®] at 2%, respectively. The other treatments had intermediate effectiveness between 62.3 and 79.3%. Lime sulphur have potential to control *O. ilicis* in the field, while Supermagro and Viça Café Plus[®], although sprayed at relatively high concentrations to practical purposes, showed medium effectiveness. Then, a financial analysis and test of phytotoxicity of these two products should be carried out to verify the viability of their use for the control of *O. ilicis* in the field.

KEY-WORDS: Organic coffee production, *Oligonychus ilicis*, Viçosa mixture, lime sulphur, enriched biofertilizer.

INTRODUÇÃO

Dentre as várias práticas agrícolas que têm sido desenvolvidas e utilizadas na cafeicultura orgânica, o manejo de herbívoros do cafeeiro tem sido um desafio, pois se deve lançar mão de métodos aprovados para o sistema de cultivo orgânico, em que a utilização de agrotóxicos sintéticos não é permitida. A manipulação do agroecossistema deve ser compatível com os processos e interações ecológicas que possam promover os fatores naturais que regulam a população de herbívoros (Amaral 2003). O emprego de produtos que visam ao controle de herbívoros deve ser eficiente para esse fim, sem causar efeitos deletérios sobre inimigos naturais presentes no sistema agrícola. Dentre os herbívoros que atacam o cafeeiro, os ácaros herbívoros têm causado danos qualitativos e quantitativos expressivos à cultura (Papa 1999, Reis & Souza 2000, Reis & Chagas 2001), sendo as espécies mais comuns o ácaro-vermelho *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) e o ácaro-plano *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae), vetor da mancha-anular do cafeeiro (Chagas 1988). O ácaro-vermelho *O. ilicis* já foi considerado a segunda praga em importância do cafeeiro conilon, *Coffea canephora* Pierre, no Estado do Espírito Santo, sendo essa espécie de planta mais sensível a esse ácaro do que o cafeeiro arábica, *Coffea arabica* L. (Reis *et al.* 1997). Os danos causados por esse ácaro se devem à diminuição da área fotossinteticamente ativa das folhas, ao bronzeamento das folhas resultantes da absorção do conteúdo celular pelo ácaro e à conseqüente redução na produção do cafeeiro (Reis 2005).

Na cafeicultura orgânica é difundida, entre os produtores, a utilização bioprotetores alternativos, como as caldas fitoprotetoras, biofertilizantes enriquecidos e extratos de plantas para o controle de herbívoros (Venzon *et al.* 2005). Alguns desses bioprotetores têm sido utilizados por produtores com o objetivo de fornecer nutrientes às plantas, enquanto outros o são com o intuito de controlar os herbívoros. Porém,

aqueles de efeito nutricional poderão apresentar efetividade na contenção de surtos populacionais de herbívoros devido ao efeito trofobiótico (Chaboussou 1987). A calda Viçosa, empregada para o controle da ferrugem do cafeeiro (Cruz Filho & Chaves 1985), possui recomendações para o controle do bicho-mineiro do cafeeiro (Silva & Carvalho 2000), mesmo tendo resultados divergentes relacionados com sua eficiência inseticida (Herrera 1994, Amaral 2003). Outro bioprotetor que tem sido difundido para utilização na cafeicultura orgânica para o controle de herbívoros é a calda sulfocálcica. Era comumente utilizada para controle de doenças de plantas, de afídeos, de ácaros e de outros herbívoros, caindo em desuso com o advento dos agrotóxicos organossintéticos. Com o crescente aumento da demanda e produção de produtos livres de agrotóxicos sintéticos tem sido retomada a sua utilização, principalmente em culturas cítricas (Penteado 2000). O Supermagro, um biofertilizante enriquecido, também tem sido recomendado para a cultura do café não somente como adubo foliar, mas também com a finalidade de controlar o bicho-mineiro e o ácaro-vermelho do cafeeiro (Silva & Carvalho 2000). Entretanto, apesar da difusão entre os cafeicultores orgânicos da utilização desses bioprotetores alternativos, existem poucos resultados científicos que comprovam a sua eficácia no manejo ecológico de herbívoros. Além disso, essas práticas têm sido empregadas sem que se tenha conhecimento dos processos ecológicos envolvidos no sistema, o que pode exacerbar o problema no futuro (Venzon *et al.* 2001a, b).

A obtenção de resultados sobre os efeitos de compostos sobre herbívoros é a primeira etapa para ratificar o seu uso em sistemas agrícolas. Os resultados do primeiro capítulo apontaram potencial das caldas para serem utilizadas no controle do ácaro-vermelho do cafeeiro *O. ilicis*, sendo que estas tiveram efeitos subletais para a espécie, mostrando uma relação linear negativa entre o aumento da concentração das caldas e a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_i). Porém, para o biofertilizante

Supermagro a concentração a partir da qual a r_i foi negativa é muito alta para fins práticos no controle de *O. ilicis*. Esses resultados de laboratório devem ser confirmados por meio de testes adicionais em condições que representem, de forma aproximada, a situação encontrada pelos herbívoros no campo. A International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS) recomenda um protocolo-padrão, em que são realizados, primeiramente, testes sobre os organismos em laboratório (Hassan 1989). A partir dos resultados de laboratório, realizam-se ou não os testes de semicampo e campo, partindo da premissa de que os agrotóxicos que são inócuos aos organismos em laboratório também o serão no campo (Hassan 1989).

A importância de efetuar testes em condições experimentais diferentes daquela de laboratório se baseia em vários aspectos, como: os organismos são expostos aos agrotóxicos no campo por meio de três rotas: exposição direta por meio da pulverização, absorção dos resíduos por contato e ingestão de alimentos contaminados (Longley & Stark 1996, Banken & Stark 1998); diferenças de suscetibilidade entre as diferentes estruturas etárias da população (Stark & Wennergren 1995, Kjaer *et al.* 1998, Stark & Banken 1999); variações sazonais e ambientais influenciam o potencial reprodutivo das populações de ácaros (Welty *et al.* 1989, Goodwin *et al.* 1995); a biologia dos ácaros pode variar como uma resposta das plantas à herbivoria em comparação com testes realizados somente sobre folhas destacadas das plantas (Ayyappath *et al.* 1997); a aplicação de agrotóxicos pode alterar a qualidade nutricional das plantas (McMurtry *et al.* 1970, van de Vrie *et al.* 1972, Chaboussou 1987, Prischmann *et al.* 2005); e os estudos de laboratório podem superestimar os efeitos sobre a população no campo, pois não consideram a proteção provida pela proteção natural da folhagem durante a aplicação dos agrotóxicos (Robertson & Worner 1990, Kjaer *et al.* 1998) nem a variação da quantidade de produto depositado ao longo do dossel das plantas (Cilgi &

Jepson 1992). Dessa forma, estudos em casa de vegetação e no campo tendem a ser mais realistas ao estimar os efeitos de agrotóxicos sobre populações de herbívoros.

Com base no exposto, foi conduzido um experimento com o objetivo de verificar a eficiência dos três bioprotetores para o controle de *O. ilicis* em condições de casa de vegetação, através da aplicação sobre plantas previamente infestadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para verificar a eficiência de calda sulfocálcica, Supermagro e da calda Viçosa comercial (Viça Café Plus[®]) no controle de *O. ilicis*, foi realizado um ensaio em casa de vegetação sobre plantas previamente infestadas com o herbívoro.

Bioprotetores alternativos

A calda sulfocálcica foi preparada segundo Penteado (2000) e utilizada para a realização dos experimentos até no máximo um mês após o seu preparo. O biofertilizante Supermagro foi produzido de acordo com a metodologia sugerida por Silva & Carvalho (2000), descrita no capítulo 1, e obtido de um produtor orgânico idôneo no Município de Ervália, Zona da Mata de Minas Gerais. A calda Viçosa comercial (Viça Café Plus[®]) foi doada pela empresa Café Brasil S.A., Alfenas, MG, pois é permitido o seu uso em sistema de produção orgânica.

Criação de *Oligonychus ilicis* e obtenção das plantas de caféiro

O ácaro-vermelho foi coletado em cafezais sem a aplicação de agrotóxicos. Após a coleta, os ácaros foram transferidos para folhas também sem agrotóxicos e colocadas sobre esponjas umedecidas. As folhas foram circundadas por algodão hidrófilo, o que serviu de barreira à fuga dos ácaros. Cada unidade de criação (folha + algodão + esponja) foi acondicionada em bandeja plástica (4,0 x 15,5 x 22,5 cm) com água suficiente para saturar a esponja e manter úmido o algodão. A reposição de água

era feita quando necessária, para manter úmido o sistema e túrgida a folha de cafeeiro. As folhas de cafeeiro foram substituídas quando começavam a apresentar sintomas de deterioração ou quando a população de ácaros era muito alta. Normalmente, nessa segunda condição iniciava-se a fuga de ácaros para o algodão, indicando a necessidade da substituição da folha. Nesse caso, efetuava-se a repicagem dos ácaros em mais do que uma unidade de criação. As unidades de criação foram mantidas em sala climatizada a 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 20\%$ e 14 horas de fotofase.

As mudas de cafeeiro foram obtidas no início de seu desenvolvimento, em um viveiro comercial de café, antes que se tivesse feito qualquer tipo de pulverização, seja com inseticidas, fungicidas e, ou, fertilizantes foliares. As plantas foram transplantadas para vasos com volume de 3 L, sendo utilizado como substrato uma mistura de terra de barranco e 1/3 de esterco bovino. Os vasos com as mudas foram mantidos sempre em casa de vegetação, com regas regulares até o início dos experimentos, quando as plantas tinham em média nove pares de folhas desenvolvidas e já haviam emitido o primeiro par de ramos plagiotrópicos. Os vasos com as plantas foram mantidos, durante o experimento, em casa de vegetação e sobre estrados de madeira, e dispostos sobre outros vasos, estes vazios e invertidos dentro de pratos plásticos. Estes pratos foram mantidos sempre cheios com uma solução de água e detergente. A base do caule das plantas, próximo à folha inferior, foi circundada com uma cola adesiva Tanglefoot[®], para evitar o escape de *O. ilicis* ou que outros organismos rasteiros viessem a colonizar as plantas.

Concentrações dos bioprotetores

Para cada bioprotetor foram testadas duas concentrações diferentes. A primeira com base na CL₉₅, estimada pelas curvas de concentração-resposta, sendo a segunda concentração apenas o dobro da primeira. Por esse critério somente foi determinada a concentração para a calda sulfocálcica: 0,104 e 0,208% (p/v) de polissulfetos de cálcio

(equivalente às concentrações de 0,341 e 0,682% da calda sulfocálcica de 30° Baumé). Porém, o critério da CL₉₅ não pôde ser utilizado para o Supermagro e para a Viça Café Plus[®], em razão das altas concentrações estimadas pelas curvas de concentração-resposta (93,38 e 51,14%) para Supermagro e Viça Café Plus[®], respectivamente. Nessas concentrações poderia haver entupimento do pulverizador e distribuição irregular das caldas sobre as folhas. Além disso, o alto teor salino da Viça Café Plus[®] poderia causar fitotoxidez às plantas de café. Dessa forma, foram utilizadas as concentrações recomendadas para o controle do herbívoro *O. ilicis*, sendo Supermagro a 20% (v/v) (Silva & Carvalho 2000, Amaral 2003) e Viça Café Plus[®] a 2% de sais (p/v) (Cruz Filho & Chaves 1985, Amaral 2003). A segunda concentração foi de 40 e 4% de Supermagro e Viça Café Plus[®], respectivamente. O tratamento-controle consistiu apenas na pulverização de água pura, totalizando-se, assim, sete tratamentos.

A pulverização dos bioprotetores foi realizada com o uso de um pulverizador manual Brudden[®], modelo S.S., com capacidade para 5 L, diâmetro do bocal de 60 mm, provido com um bico do tipo cone regulável e pressão máxima de trabalho de 13,79 bar (=1,37x10⁶ Pa). A pulverização das caldas foi realizada até o ponto de escorrimento, com um volume médio aplicado de 26,0 ± 0,44 mL/planta.

Infestação das plantas e avaliações

As plantas de cafeeiro foram infestadas com protoninfas, deutoninfas e adultos de *O. ilicis* aos 60, 30 e 7 dias antes da pulverização com os bioprotetores, com cerca de 181,8 ± 3,4 ácaros por planta. As avaliações foram realizadas através da contagem direta dos ácaros vivos, com o auxílio de uma lupa com aumento de 20 vezes. Foram avaliados os três pares de folhas centrais de cada planta, os quais continham a maioria dos ácaros liberados antes da pulverização com os bioprotetores. Foram feitas seis avaliações, sendo a primeira imediatamente anterior à pulverização e as cinco seguintes, após 1, 3, 5, 7 e 14 dias da pulverização.

Análise estatística

Os dados de mortalidade foram analisados no delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições de cada tratamento. O tratamento-controle foi utilizado para calcular a eficiência dos bioprotetores, como mostrado a seguir. A mortalidade (eficiência de controle) do herbívoro *O. ilicis* foi calculada de acordo com a fórmula proposta por Henderson & Tilton (1955), citados por Unterstenhöfer *et al.* (1976), como se segue:

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

em que:

Tb = número de ácaros antes do tratamento;

Ta = número de ácaros depois do tratamento;

Cb = número de ácaros no controle antes do tratamento;

Ca = número de ácaros no controle depois do tratamento.

A fórmula de Henderson e Tilton, que modifica a fórmula de Abbott (Abbott 1925), foi desenvolvida inicialmente para avaliação de experimentos com ácaros tetraniquídeos e diz respeito ao incremento populacional dos ácaros, tanto nas unidades tratadas quanto nas unidades-controle.

Os valores de mortalidade foram submetidos à análise de variância por medidas repetidas, porque os ácaros foram quantificados nas mesmas repetições (plantas) várias vezes (Green 1993, Paine 1996), evitando, assim, o problema de pseudo-repetição temporal (Green 1993). Esse tipo de análise ocorreu usando-se o procedimento PROC ANOVA (SAS Institute 1989) com a especificação PROFILE, como sugerido por von Ende (1993). Antes da análise, os dados de mortalidade foram transformados em $\arcsen\sqrt{x/100}$, para obter a sua normalização. Como não houve efeito das variáveis tempo e da interação tempo x tratamentos, os dados de eficiência de cada tratamento foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS

Os resultados da análise multivariada indicaram que a eficiência de controle de *O. ilicis* foi influenciada apenas pelos tratamentos estudados, havendo diferenças significativas entre eles ($F = 4,79$; $gl_{\text{erro}} = 18$; $p = 0,0059$). Aos 14 dias após a pulverização, o tratamento que teve maior eficiência (87,1%) foi calda sulfocálcica a 0,104% de polissulfetos de cálcio, enquanto Viça Café Plus[®] a 2% foi o que teve menor eficiência (40,0%). Os demais tratamentos apresentaram eficiência de controle mediano, variando entre 62,3 e 79,3% (Figura 1). De maneira geral, a ordem de eficiência de controle foi maior na calda sulfocálcica, seguida do Supermagro e, por último, da Viça Café Plus[®]. O efeito do tempo e a interação tempo x tratamentos não foram significativos (Tempo: Wilks' Lambda = 0,7491; $F = 1,79$; $gl_{\text{num/den}} = 3/16$; $p = 0,19$ e Tempo x Tratamentos: Wilks' Lambda = 0,4054; $F = 1,15$; $gl_{\text{num/den}} = 15/44,57$; $p = 0,34$), não havendo, portanto, influência desses fatores na ação dos bioprotetores.

DISCUSSÃO

Durante o período de avaliação de 14 dias, observou-se que a eficiência de controle para os bioprotetores testados foi estável, mostrando que não haveria a necessidade de uma nova pulverização dentro desse período de tempo nas condições em que foi realizado o experimento. Dos três bioprotetores, a calda sulfocálcica mostrou-se mais efetiva que os demais visto que foi empregada em baixas concentrações, ao passo que os outros dois foram utilizados em concentrações altas se comparados ao recomendado (Silva & Carvalho 2000, Polito 2001). A Viça Café Plus[®] apresentou baixa eficiência na sua concentração mais alta, que inclusive é passível de causar fitotoxidez às plantas, embora não tenham sido observados sinais nas plantas avaliadas. Porém, foi realizada apenas uma aplicação, sendo que sucessivas aplicações, quando for o caso, poderiam levar à fitotoxidez.

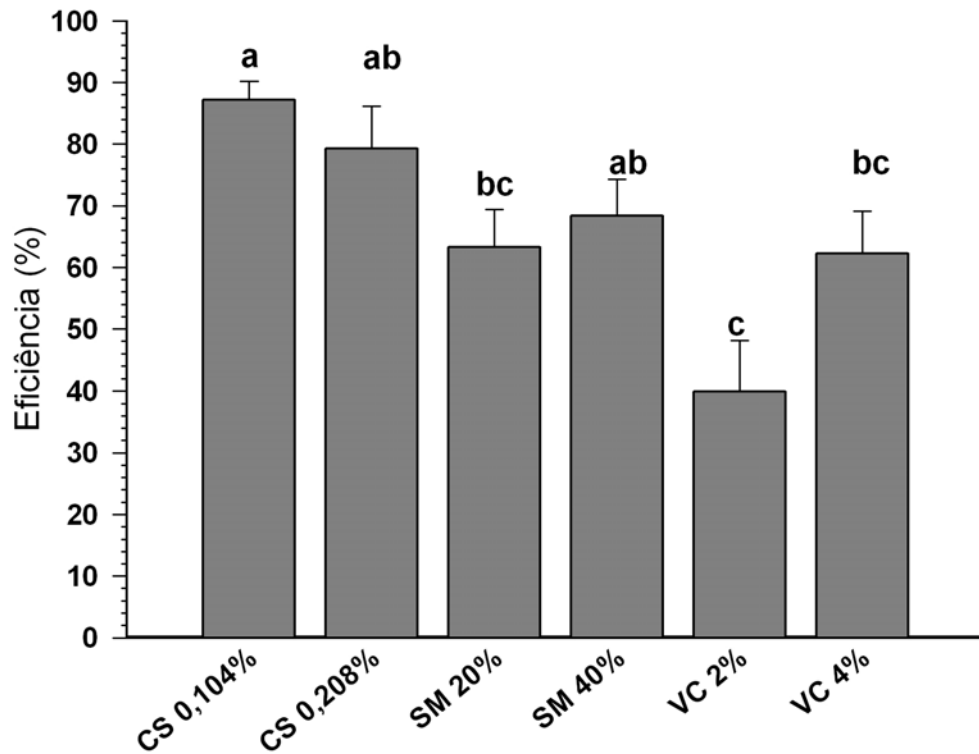


Figura 1 - Eficiência em casa de vegetação da pulverização da calda sulfocálcica (CS), Supermagro (SM) e Viça Café Plus® (VC), para o controle de *Oligonychus ilicis* em plantas de café previamente infestadas (barras seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância).

Os resultados indicam que a calda sulfocálcica pode contribuir para conter surtos populacionais de *O. ilicis*, devido ao seu conhecido efeito acaricida, sendo que o controle obtido nas condições experimentais estudadas foi considerado satisfatório. O efeito acaricida da calda sulfocálcica tem sido descrito desde o início do século XIX, quando era o principal produto utilizado para o controle de ácaros e também de fungos, afídeos e outros herbívoros (Tweedy 1967, Matolcsy *et al.* 1988, McCallan 1967, Smilanick & Sorenson 2001). Desde então, tem sido indicada para o controle de ácaros em diversas culturas, apesar de ser utilizada principalmente como fungicida (Daniel *et al.* 2001, Holb *et al.* 2003). O uso da calda sulfocálcica é mais freqüente em culturas cítricas para o controle do ácaro-da-leprose dos citros, *Brevipalpus phoenicis*,

(D'Andrea 2001, Guirado 2001, Polito 2001), sendo também recomendada para uso na cafeicultura em concentrações semelhantes (Penteado 2000). A concentração comumente utilizada está em torno de 2 a 4% da calda sulfocálcica. Essas caldas têm uma densidade que varia de 29 a 32° Baumé, aproximadamente 0,58 a 1,28% (p/v) de polissulfetos de cálcio na calda de pulverização. Portanto, a concentração utilizada no sistema citrícola e indicada para uso na cafeicultura é superior à CL_{95} , estimada para *O. ilicis*, indicando que a utilização de concentrações inferiores às indicadas para o ácaro-leprose seria suficiente para o controle do ácaro-vermelho *O. ilicis*.

O biofertilizante Supermagro apresentou controle da população de *O. ilicis* em torno de 63,2 a 68,3%, o que pode ser considerado de efeito mediano para o controle do herbívoro. Nesse caso, não houve diferença estatística entre as duas concentrações testadas, o que mostra que a utilização de uma concentração de 40% desse biofertilizante não acarretará grandes mudanças na sua eficiência de controle, sendo que a concentração de 20% resultaria em mesmo efeito sobre *O. ilicis* e com o uso da metade da concentração de Supermagro. A eficiência de controle do Supermagro corrobora os resultados de efeitos letais e subletais (Capítulo 1). As concentrações utilizadas de 20 e 40% equivalem às concentrações letais estimadas para causar mortalidade de 10 e 50% na população de *O. ilicis*, respectivamente. Além disso, as duas concentrações não foram capazes de tornar a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) negativa, o que significa que nessas concentrações a população de *O. ilicis* estaria em crescimento. Nesse caso, o efeito do Supermagro pode ter sido sobre o crescimento populacional de *O. ilicis*, uma vez que a concentração de 20%, estimada ser capaz de causar mortalidade a 10% da população, obteve uma eficiência acima de 60%. Adicionalmente, o efeito de repelência do Supermagro pode também ter contribuído para a eficiência de controle, uma vez que poderá ter aumentado a dispersão dos ácaros.

O efeito de repelência sobre *O. ilicis* foi observado por Amaral (2003) em testes com chance de escolha, o qual observou que o herbívoro preferiu áreas não-tratadas com o biofertilizante a áreas tratadas. Santos & Sampaio (1993) também atribuem o efeito do biofertilizante líquido sobre os ácaros, de forma que estes têm a sua locomoção dificultada por apresentar propriedade adesiva, impedindo a sua alimentação, com a posterior morte por inanição. O biofertilizante líquido causou diminuição na fertilidade e na razão de oviposição das fêmeas de *B. phoenicis* (Medeiros 2002), sendo que esse autor sugeriu como causa perturbações metabólicas, como um estresse físico e, ou, infeccioso produzido pelo biofertilizante, o que alteraria o comportamento de oviposição. Esse mesmo autor também verificou a presença de um composto coloidal que causou a imobilização e obstrução do sistema digestivo do ácaro, o que corrobora os resultados de Santos & Sampaio (1993). Esse conjunto de fatores pode ter afetado a população de *O. ilicis*, embora não tenha sido obtido alta eficiência de controle.

A Viça Café Plus[®] foi o produto cuja eficiência de controle foi menor entre os três. Embora a concentração de 4% tenha tido eficiência semelhante ao Supermagro e à maior concentração da calda sulfocálcica, ela é, no entanto, extremamente alta para ser utilizada no campo, visto que apresenta teor salino elevado. Possivelmente o seu emprego seria comprometido, pois o acúmulo de sais sobre as folhas poderá causar queimaduras (Taiz & Zeiger 1991). As concentrações testadas de 2 e 4% equivaleram às concentrações letais estimadas para causar a mortalidade de 45 e 65% da população de *O. ilicis*, sendo que a concentração de 4% tornou a taxa instantânea de crescimento (r_i) negativa (Capítulo 1). A eficiência de controle de *O. ilicis* pela Viça Café Plus[®] está relacionada ao efeito letal e à interferência na r_i dessa espécie, pois as concentrações testadas foram capazes de causar a mortalidade dos ácaros nos experimentos em laboratório, bem como diminuir a r_i . De acordo com Amaral (2003), a calda Viçosa,

produto que foi a base para a fabricação da Viça Café Plus[®], aumentou o ciclo de ovo a adulto de *O. ilicis*, além de ter apresentado efeito ovicida. A presença de diversos minerais nesse produto pode ter causado esse efeito sobre *O. ilicis*, pela alteração da condição nutricional da planta. Dentre esses minerais, folhas que apresentam altos teores de cálcio (Ca) aumentam a formação de oxalatos de cálcio nos tecidos, podendo conferir maior proteção contra os herbívoros (Flores 2001), além do boro (B) e o cobre (Cu), que são micronutrientes importantes na lignificação da parede celular, podendo conferir maior resistência às plantas (Taiz & Zeiger 1991).

Nas condições de casa de vegetação, em que as variações de temperatura e umidade foram mais intensas, a eficiência dos produtos aplicados apresentou diferenças em relação à resposta obtida em laboratório nos testes de toxicidade aguda e latente, principalmente em relação à Viça Café Plus[®]. São vários os fatores que influem na eficiência dos produtos. Dentre esses fatores podem-se citar os ambientais, como temperatura e umidade, grau de cobertura das plantas com a aplicação dos produtos e a toxicidade intrínseca destes aos diferentes estágios de vida do organismo (Kjaer *et al.* 1998). Além disso, por mais eficiente que seja uma técnica de pulverização, é improvável que haja a total cobertura das folhas das plantas (Ayyappath *et al.* 1997), resultando em áreas não-pulverizadas que os ácaros podem usar como refúgio. Essas áreas podem permitir que indivíduos sobreviventes recolonizem a planta. Além disso, a toxicidade residual, a repelência, os efeitos subletais sobre a população e a interação entre os compostos podem ser diferentes nas condições de campo em relação às laboratoriais (Croft 1990, Prischmann *et al.* 2005). Assim, experimentos de semicampo e campo podem ser mais realistas para se acessarem os efeitos de produtos sobre os organismos, sendo, portanto, complementares aos experimentos de laboratório.

Experimentos de campo são necessários para verificar a eficiência desses compostos no controle de *O. ilicis* e a influência dos bioprotetores alternativos sobre

populações de inimigos naturais que habitam o agroecossistema cafeeiro. Isso permitiria definir as concentrações que seriam efetivas para o controle de *O. ilicis* e que pudessem contribuir para a manutenção de populações de inimigos naturais no campo. Essa determinação é importante, pois a eficiência de controle e a ação sobre inimigos naturais variam de uma espécie de herbívoro para outra e de cultura para cultura. Portanto, não devem ser feitas generalizações quanto aos produtos utilizados no que tange à eficiência deles para o controle de herbívoros e à manutenção dos inimigos naturais.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Amaral, D.S.S.L. 2003.** Estratégias de Manejo Ecológico de Pragas em Cafeicultura Orgânica, Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 61p. (Dissertação de Mestrado).
- Ayyappath, R, J.F. Witkowski & J.G. Higley. 1997.** Ovipositional responses of two species of spider mites (Acari: Tetranychidae) to sublethal concentrations of permethrin and methyl parathion on corn. *Environmental Entomology* 26: 489-496.
- Banken, J.A.O. & J. D. Stark. 1998.** Multiple routes of pesticide exposure and the risk of pesticides to biological controls: A study of neem and the seven-spot lady beetle, *Coccinella septempunctata* L. *Journal of Economic Entomology* 91: 1-6.
- Chaboussou, F. 1987.** Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose, L&PM, Porto Alegre. 256 p.
- Chagas, C.M. 1988.** Viroses, ou doenças semelhantes transmitidas por ácaros tenuipalpídeos: mancha anular do cafeeiro e leprose dos citros. *Fitopatologia Brasileira* 13: 92.
- Cilgi, T & P.C. Jepson. 1992.** The use of tracers to estimate the exposure of beneficial insects to direct pesticide spraying in cereals. *Annals of Applied Biology* 121: 239-247.
- Croft, B.A. 1990.** Arthropod biological control agents and pesticides, Wiley, New York. 723p.

- Cruz Filho, J. & G.M. Chaves. 1985.** Calda Viçosa no controle da ferrugem do cafeeiro, Imprensa Universitária, Viçosa. 22p.
- D'Andrea, P.A. 2001.** Aspectos práticos e tendências no uso dos fertiprotetores. In: Hein, M. (org). Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica. Botucatu. p. 97-101.
- Daniel, C., A. Haeseli & W. Franco. 2001.** The side effects of lime sulphur on predaceous arthropods, i.e. *Typhlodromus pyri*, and other leaf occupying arthropods. Plant protection: pest and beneficials, Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, Switzerland. <<http://orgprints.org/2932/01/daniel-et-al-2001-lime-sulphur.pdf>>, Acesso: 26 fev. 2006.
- Flores, B.M. 2001.** Herbivory and calcium concentrations affect calcium oxalate crystal formation in leaves of sida (Malvacea). *Annals of Botany* 88: 387-391.
- Green, R.H. 1993.** Application of repeated measures designs in environmental impact and monitoring studies. *Australian Journal of Ecology* 18: 81-98.
- Guirado, N. 2001.** Extrato de Plantas no Controle da Leprose dos Citros. In: Hein, M. (org). Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica. Botucatu. p. 147-159.
- Hassan. 1989.** Testing methodology and the concept of the International Organization for Biological Control/Working Group "Pesticides and Beneficials Organisms"/West Palearctic Regional Section, pp.1-18. In: Jepson, P.C. (ed.), *Pesticides and Nontarget invertebrates*. Intercept, Wimborne, Dorset, England.
- Holb, I.J., P.F De Jong & B. Heijne. 2003.** Efficacy and phytotoxicity of lime sulphur in organic apple production. *Annals of Applied Biology* 142: 225-233.
- Kjaer, C., N. Elmegaard, J.A. Axelsen, P.N. Andersen & N. Seidelin. 1998.** The impact of phenology, exposure and instar susceptibility on insecticide effects on a chrysomelid beetle population. *Pesticide Science* 52: 361-371.
- Longley, M. & J.D. Stark. 1996.** Analytical techniques for quantifying direct, residual and oral exposure of terrestrial invertebrates to pesticides. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 57: 683-690.
- Matolcsy, G., M. Nádasy & V. Andriská. 1988.** *Pesticide Chemistry*, Elsevier, Amsterdam. 808p.

- McCallan, S.E.A. 1967.** History of fungicides. In: Torgeson, D.C. (ed.). Fungicides: An Advanced Treatise, vol. 1. Academic Press, New York. pp. 1–37.
- McMurtry, J.A., C.B. Huffaker & M. van de Vrie. 1970.** I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia* 40: 331-390.
- Medeiros, M.B. 2002.** Ação de biofertilizantes líquidos sobre a bioecologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis*. Piracicaba, ESALQ/Universidade de São Paulo, 110p. (Tese de Doutorado).
- Paine, M.D. 1996.** Repeated measures designs. *Environmental Toxicology and Chemistry* 15: 1439-1441.
- Papa, G. 1999.** Manejo de ácaros em café, p.121-133. In L. Zambolim (ed.), I Encontro sobre produção de café com qualidade. Viçosa, UFV, 259p.
- Penteado, S.R. 2000.** Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa. Buena Mendes Gráfica e Editora, Campinas, 95p.
- Polito, W.L. 2001.** Os fertiprotetores (calda sulfocálcica, calda bordalesa, calda Viçosa e outros) no contexto da trofobiose. In: Hein, M. (org). Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica. Botucatu. p. 75-89.
- Prischmann, D.A., D.G. James, L.C. Wright, R.D. Teneyck & W.E. Snyder. 2005.** Effects of chlorpyrifos and sulfur on spider mites (Acari: Tetranychidae) and their natural enemies. *Biological Control* 33: 324-334.
- Reis, P.R. 2005.** Ácaro Vermelho. *Revista Cultivar Grandes Culturas*, 7: 14-17.
- Reis, P.R., E.B. Alves & E.O. Sousa. 1997.** Biologia do ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). *Ciência e Agrotecnologia* 21: 260-266.
- Reis, P.R. & J.C. Souza. 2000.** *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), ácaro vetor da mancha-anular em cafeeiro. Lavras, EPAMIG-CTSM, 4p. (Circular Técnica, n. 114).
- Reis, P.R. & S.J.R. Chagas. 2001.** Relação entre o ataque do ácaro-plano e da mancha-anular com indicadores da qualidade do café. *Ciência e Agrotecnologia* 25: 72-76.
- Robertson, J.L. & S.P. Worner. 1990.** Population toxicology: suggestions for laboratory bioassays to predict pesticide efficacy. *Journal of Economic Entomology* 83: 8-12.

- Santos, A.C.V. 1992.** Biofertilizante líquido, o defensivo agrícola da natureza, EMATER/RIO, Niterói. 16p.
- Santos, A.C.V., Sampaio, H.N. 1993.** Efeito do biofertilizante líquido obtido da fermentação anaeróbica do esterco bovino, no controle de pragas prejudiciais à lavoura de citros. In: Seminário Bienal de Pesquisa, 6, Seropédica, 1993. **Resumos.** Seropédica: UFRRJ. 78p.
- SAS Institute, 1989.** SAS/STAT User's Guide, Version 6, SAS Institute, Cary.
- Silva, B.M. & A.F. Carvalho. 2000.** Novo Supermagro: o Biofertilizante. CTA/ZM, Viçosa. 16p.
- Smilanick, J.L. & D. Sorenson. 2001.** Control of postharvest decay of citrus fruit with calcium polysulfide. *Postharvest Biology and Technology* 21: 157-168.
- Stark, J.D. & U. Wennergren. 1995.** Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies? *Journal of Economic Entomology* 88: 1089-1096.
- Stark, J.D. & J.A.O. Banken. 1999.** Importance of population structure at the time of toxicant exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 42: 282-287.
- Taiz, L. & E. Zeiger. 1991.** *Plant Physiology*, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Redwood City. 599p.
- Tweedy B.G. 1967.** Elemental sulfur. p. 119-145. In Torgeson, D.C (ed.) *Fungicides: An Advanced Treatise* 1, Academic Press, New York.
- Unterstenhöfer, G., F.W. Kremer, & A. Klose. 1976.** The basic principles of crop protection field trials. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 29: 83-180.
- van de Vrie, M., J.A. McMurtry & Huffaker. 1972.** III. Biology, ecology, and pest status, and host-plant relations of tetranychids. *Hilgardia* 41: 343-432.
- Venzon, M., A. Janssen & M.W. Sabelis. 2001a.** Prey preference, intraguild predation and population dynamics of an arthropod food web on plants. *Experimental and Applied Acarology* 25:785-808.
- Venzon, M., A. Pallini & D.S.S.L. Amaral. 2001b.** Estratégias para o manejo ecológico de pragas. *Informe Agropecuário* 22: 19-28.

von Ende, C.N. 1993. Repeated-measures analysis: growth and other time-dependent measures. In: Scheiner, S.M. & J. Gurevitch (eds). Design and Analysis of Ecological Experiments. Chapman & Hall. NewYork. p.113–137.

Welty, C., W.H. Reissig, T.J. Dennehy & R.W. Weires. 1989. Relationship between field efficacy and laboratory estimates of susceptibility to cyhexatin in populations of European red mite (Acari: Tetranychidae). Journal of Economic Entomology 82: 354-364

CONCLUSÕES GERAIS

O predador *I. zuluagai* foi mais tolerante aos bioprotetores alternativos calda sulfocálcica, Supermagro e calda Viçosa comercial (Viça Café Plus[®]) que *O. ilicis* e todos tiveram efeitos subletais sobre os ácaros, principalmente sobre *I. zuluagai*, que teve a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) reduzida mais drasticamente.

Portanto, apesar de serem ditos seletivos em favor de inimigos naturais, os efeitos subletais apresentados poderão comprometer a atuação de *I. zuluagai* no controle de *O. ilicis*.

Em casa de vegetação somente a calda sulfocálcica efetuou um controle satisfatório de *O. ilicis*, mostrando a viabilidade desse produto para controlar infestações desse herbívoro. Para o Supermagro e Viça Café Plus[®] por não apresentarem a eficiência requerida nas condições analisadas, a sua utilização para o controle de *O. ilicis* no campo ficar condicionada a análise de custo e a testes de fitotoxidez sobre as plantas de cafeeiro.

A utilização dos bioprotetores alternativos em sistema de produção orgânica de café é importante por atuarem na nutrição das plantas, podendo ter efeitos indiretos sobre os ácaros e seus inimigos naturais, inclusive alterando a resposta comportamental destes, evitando a sua ação mecânica ou fisiológica.