

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A ÁCAROS FITÓFAGOS (ACARI: PROSTIGMATA) E
PREDADORES DA FAMÍLIA PHYTOSEIIDAE (ACARI: MESOSTIGMATA)

por

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

(Sob a orientação do professor Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr.)

RESUMO

A produção agrícola necessita de ações para o controle de ácaros pragas, sendo normalmente realizadas através da aplicação de acaricidas. A utilização de produtos com muita frequência, em doses erradas e/ou desnecessariamente, ao longo do tempo, é responsável pela seleção de populações de campo para a resistência. Além disso, pode afetar desfavoravelmente populações de ácaros predadores. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade de alguns acaricidas a *Raoiella indica* Hirst e *Tetranychus urticae* Koch e aos predadores *Amblyseius largoensis* (Muma), *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma. A toxicidade de acaricidas a *N. californicus* foi avaliada também na presença e ausência de inibidores enzimáticos. Além disso, foi averiguado se existe custo adaptativo associado com a resistência para populações de *N. californicus* e *N. idaeus*. Abamectina, fenpiroximato, milbemectina e espirodiclofeno foram os produtos mais tóxicos para adultos de *R. indica*, enquanto fenpiroximato e espirodiclofeno foram os mais seletivos para *A. largoensis*. Estas informações darão suporte ao manejo de *R. indica* em áreas recentemente invadidas nas Américas. Abamectina foi o produto mais tóxico para *T. urticae* e para os predadores, enquanto espiromesifeno e diafentiuron foram os menos tóxicos para *N. californicus* e *N. idaeus*, respectivamente. Os acaricidas espiromesifeno, clorfenapir e fenpiroximato não interferiram na

viabilidade de ovos de *N. californicus*. O uso de inibidores enzimáticos resultou na redução da CL₅₀ de *N. californicus* a todos os produtos e populações testadas. As razões de toxicidade dos acaricidas indicaram haver resistência cruzada negativa entre fenpiroximato e clorfenapir para as populações de *N. californicus* oriundas de Brejão e Bonito, respectivamente. Não foi verificado custo adaptativo para as populações de *N. californicus*, sendo estas mais promissoras que as populações de *N. idaeus* para utilização em programas que utilizarem clorfenapir e fenpiroximato no manejo de *T. urticae*.

PALAVRAS-CHAVE: Tetranychidae, Tenuipalpidae, resistência, inibidores enzimáticos, sinergismo, manejo integrado

TOXICITY OF ACARICIDES TO PHYTOPHAGOUS (ACARI: PROSTIGMATA) AND
PREDATORY MITES OF THE FAMILY PHYTOSEIIDAE (ACARI: MESOSTIGMATA)

by

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

(Under the Direction of Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr.)

ABSTRACT

Agricultural production requires actions to control pest mites and this is usually achieved by application of acaricides. The frequent application of acaricides, in incorrect dosages and / or unnecessarily, over time, is responsible for the selection of resistance in field populations. Moreover, it may adversely affect predatory mite populations. This study aimed to evaluate the toxicity of some acaricides to *Raoiella indica* Hirst and *Tetranychus urticae* Koch and to the predators *Amblyseius largoensis* (Muma), *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma. The toxicity of acaricides to *N. californicus* was also evaluated in the presence and absence of enzyme inhibitors. Furthermore, it was also investigated whether there is a fitness costs associated with the resistance to populations of *N. californicus* and *N. idaeus*. Abamectin, fenpyroximate, milbemectin and spiroadiclofen were the products most toxic to *R. indica* adults, whereas fenpyroximate and spiroadiclofen were the most selective for *A. largoensis*. This information will contribute to the management of *R. indica* in areas of America, which were recently invaded by this mite. Abamectin was the most toxic product to *T. urticae* and predators, while spiromesifen and diafenthiuron were the least toxic to *N. californicus* and *N. idaeus*, respectively. The acaricides spiromesifen, chlorfenapyr and fenpyroximate did not affect the egg viability of *N. californicus*. The use of enzyme inhibitors resulted in the reduction of LC₅₀ of *N.*

californicus to all products and populations tested. The toxicity rate of acaricides have indicated negative cross-resistance between fenpyroximate and chlorfenapyr for populations of *N. californicus* originating from Brejão and Bonito, respectively. There was no fitness cost associated to the resistance of *N. californicus* populations, which were more promising than *N. idaeus* populations for the use in programs that use chlorfenapyr and fenpyroximate in the management of *T. urticae*.

KEY WORDS: Tetranychidae, Tenuipalpidae, resistance, enzyme inhibitors, synergism, integrated management

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A ÁCAROS FITÓFAGOS (ACARI: PROSTIGMATA) E
PREDADORES DA FAMÍLIA PHYTOSEIIDAE (ACARI: MESOSTIGMATA)

por

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro – 2014

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A ÁCAROS FITÓFAGOS (ACARI: PROSTIGMATA) E
PREDADORES DA FAMÍLIA PHYTOSEIIDAE (ACARI: MESOSTIGMATA)

por

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

Comitê de Orientação:

Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr. – UFRPE

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira – UFRPE

Elisângela Gomes Fidelis de Moraes – EMBRAPA Roraima

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A ÁCAROS FITÓFAGOS (ACARI: PROSTIGMATA) E
PREDADORES DA FAMÍLIA PHYTOSEIIDAE (ACARI: MESOSTIGMATA)

por

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

Orientador:

Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr. – UFRPE

Examinadores:

Elisângela Gomes Fidelis de Moraes – EMBRAPA/Roraima

Gilberto José de Moraes – ESALQ/USP

José Eudes de Moraes Oliveira – EMBRAPA Semiárido

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira - UFRPE

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

Aos meus queridos pais José Adonias de Assis e Jaciara Oliveira de Assis e as minhas irmãs Luciana Maria Oliveira de Assis e Janaina Maria Oliveira de Assis.

“Pois eu bem sei os planos que estou projetando para vós, diz o Senhor; planos de paz, e não de mal, para vos dar um futuro e uma esperança.” – Jeremias 29:11

AGRADECIMENTOS

À Deus, que sempre esteve e está ao meu lado, concedendo-me força para superar os obstáculos.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) juntamente com a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de estudo junto ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da UFRPE.

Aos meus amados pais José Adonias de Assis e Jaciara Oliveira de Assis pelo esforço contínuo para sempre me oferecer o melhor e pelos ensinamentos diários. Obrigada por me ensinarem sobre a vida e por principalmente me mostrar o mundo. Não o mundo bonito, nem o mundo feio, mas o mundo com os seus vários lados. Obrigada!

Às minhas irmãs Luciana Maria Oliveira de Assis e Janaina Maria Oliveira de Assis por serem minhas verdadeiras amigas.

Ao meu namorado Marcelo Oliveira pela amizade, companheirismo, dedicação, pelos momentos que passamos juntos, pelo carinho e paciência.

Ao professor e orientador Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr. pela orientação, apoio, incentivo e dedicação para meu desenvolvimento técnico e científico. Serei eternamente grata pela grandiosa assistência que me prestou durante toda a realização deste trabalho.

Ao co-orientador, professor Herbert Álvaro Abreu de Siqueira por todos os ensinamentos científicos e pela assistência no trabalho desde o início.

Aos colegas e amigos de laboratório Aleuny Reis, Cecília Sanguinetti, Cleiton Domingos, Cristina Benitez, Daniela Duarte, Débora Lima, Girleide Vieira, José Wagner, Josilene Sousa,

Hellen, Vaneska Barbosa, Vanessa Farias pelos momentos agradáveis, descontraídos e companheirismo.

Aos colegas e amigos de turma Alice, Ana Paula, Lílian, Nicole, Robério, Tadeu, Vando pela amizade e experiências divididas.

Aos professores do programa de pós-graduação em Entomologia Agrícola: César Badji, Cláudio Câmara, Dirceu Pratissoli, Edmilson Jacinto Marques, Herbert Álvaro Abreu de Siqueira, Jorge Braz Torres, José Vargas de Oliveira, Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr., Reginaldo Barros e Valéria Wanderley Teixeira pelo apoio e incentivo acadêmico.

Aos funcionários Darci Martins Correia da Silva, José Romildo Nunes e Ariella Rayder G. S. Cahu pelos auxílios prestados quando necessário.

Aos amigos conquistados na UFRPE desde a graduação: Janaina Carvalho, Maria Isabel, Jacqueline Pereira, Danielle Feitosa, Natália Lacerda, Ricardo Soares e Kyllderes pela torcida, amizade, companheirismo e descontrações.

A todos que contribuíram direta e/ou indiretamente para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	01
LITERATURA CITADA.....	07
2 TOXICIDADE DE ACARICIDAS A <i>Raoiella indica</i> E SELETIVIDADE PARA SEU PREDADOR, <i>Amblyseius largoensis</i> (ACARI: TENUIPALPIDAE: PHYTOSEIIDAE).....	13
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUÇÃO	16
MATERIAL E MÉTODOS	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
AGRADECIMENTOS	24
LITERATURA CITADA	24
3 TOXICIDADE DE ACARICIDAS A POPULAÇÕES DE <i>Tetranychus urticae</i> KOCH E <i>Neoseiulus californicus</i> (McGREGOR) E SINERGISMO DE INIBIDORES ENZIMÁTICOS SOBRE O PREDADOR.....	29
RESUMO.....	30
ABSTRACT.....	31
INTRODUÇÃO	33

MATERIAL E MÉTODOS	35
RESULTADOS.....	39
DISCUSSÃO	41
AGRADECIMENTOS	45
LITERATURA CITADA	45
4 TOXICIDADE DE ACARICIDAS A POPULAÇÕES DE <i>Neoseiulus idaeus</i> DENMARK & MUMA E <i>Neoseiulus californicus</i> (McGREGOR) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) E DESEMPENHO RELATIVO	57
RESUMO.....	58
ABSTRACT.....	59
INTRODUÇÃO	61
MATERIAL E MÉTODOS.....	63
RESULTADOS.....	67
DISCUSSÃO	68
AGRADECIMENTOS	72
LITERATURA CITADA	72

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Os ácaros são representantes do Filo Arthropoda, Classe Acari, e têm como características o tamanho reduzido, ausência de segmentação do corpo, larva hexápoda, e normalmente quatro pares de pernas nos demais estágios pós-larvais (Moraes & Flechtmann 2008). Estes organismos apresentam grande diversidade morfológica, e também diversa variedade de hábitos alimentares e habitats, sendo encontrados em quase todos os locais acessíveis à vida animal (Krantz 2009). Os diferentes grupos de ácaros desempenham papel importante no ambiente (André & N'Dri 2013), contudo os ácaros fitófagos são considerados pragas em todo o mundo (Yaninek & Moraes 1991), e têm causado consideráveis prejuízos a agricultura.

A espécie de ácaro fitófago mais importante em todo o mundo é o ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), espécie cosmopolita que possui mais de 1.100 hospedeiros pertencentes a mais de 70 gêneros de plantas (Grbic *et al.* 2011). A importância econômica de *T. urticae* se deve, entre outros fatores, à ampla distribuição, grande gama de hospedeiros (Bolland *et al.* 1998), curto ciclo biológico e à ocorrência de populações resistentes a acaricidas (Hoy 2011). Este ácaro causa manchas cloróticas e/ou necróticas nas plantas, diminuindo a taxa fotossintética (Jeppson *et al.* 1975, Moraes & Flechtmann 2008).

Algumas espécies de ácaros não possuem distribuição geográfica muito ampla, contudo devido à ação antrópica chegam a novas regiões onde passam a causar sérios problemas (Navia *et al.* 2013). Este parece ter sido o caso do ácaro-vemelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae) que foi recentemente introduzido nas Américas (Flechtmann & Etienne 2005). Este ácaro tem sido relatado em palmeiras de alguns países do hemisfério oriental, especialmente

no Paquistão e Rússia (Chaudhri *et al.* 1974, Mitrofanov & Strunkova 1979); no Oriente Médio (Emirados Árabes, Irã, Israel e Oman) (Gerson *et al.* 1983, Elwan 2000, Arbabi *et al.* 2002); no Nordeste da África (Egito e Sudão) (Sayed 1942, Pritchard & Baker 1958); e algumas ilhas do Oceano Índico (Maurício e La Réunion) (Moutia 1958, Quilici *et al.* 1997). Em 2004, esta praga foi introduzida nas Américas (Flechtmann & Etienne 2005). Neste continente, *R. indica* ampliou seus hospedeiros para mais de 90 espécies de monocotiledôneas, em sua maioria palmeiras (Arecaceae), infestando também Cannaceae, Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae e Strelitziaceae (Carrillo *et al.* 2012, Gondim Jr. *et al.* 2012). Em todos os locais da América onde *R. indica* é encontrado são verificadas altas densidades populacionais, especialmente em coqueiros e bananeiras (Etienne & Flechtmann 2006, Rodrigues *et al.* 2007). No Brasil, *R. indica* é considerada praga quarentenária presente, sendo alvo de medidas para contê-la em sua área de ocorrência (Roraima e Amazonas), devido ao impacto que este ácaro pode causar à produção de algumas palmeiras, sobretudo coqueiro e bananeira em outras regiões brasileiras (Navia *et al.* 2013). Os danos causados são intensos, com amarelecimento e ressecamento completo das folhas, e quando as populações são altas podem promover a morte de plantas jovens (Sathiamma 1996). Várias pesquisas tem sido realizadas com o intuito de identificar os inimigos naturais de *R. indica* e avaliar o potencial destes agentes no controle biológico (Carrillo *et al.* 2012). Um total de 28 espécies de predadores foi relatado em associação com esta praga em várias regiões da Ásia, África, Caribe, América do Norte e América do Sul. Em todas as regiões, o fitoseídeo *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) foi o mais frequente e abundante em associação direta com *R. indica* (Carrillo *et al.* 2012).

A principal prática de controle de ácaros fitófagos tem sido a aplicação de acaricidas sintéticos, os quais promovem diversos efeitos adversos, como o surgimento de populações resistentes, ressurgência de pragas, surto de pragas secundárias, diminuição da fauna benéfica e

contaminação do ambiente (Van de Vrie *et al.* 1972). O controle biológico natural ou aplicado constitui uma estratégia para evitar estes problemas. O principal grupo de inimigos naturais dos ácaros fitófagos é formado por ácaros predadores da família Phytoseiidae (Moraes 2002). Em todo mundo são conhecidas mais de 2.250 espécies, das quais cerca de 140 já foram relatadas no Brasil (Moraes *et al.* 2004). Algumas destas espécies são produzidas em laboratório e liberados em casa de vegetação e campo para controle de ácaros fitófagos (McMurtry *et al.* 1978, Pickett & Gilstrap 1986, Rasmy & Ellaithy 1988, Peña & Osborne 1996). No entanto, um dos possíveis problemas relacionados à liberação de ácaros predadores, seria o fato de que estes inimigos naturais podem ser mortos devido à aplicação de agrotóxicos utilizados para o controle de pragas e doenças (Rock 1979, Croft & Whalon 1982, Croft 1990). Portanto, a seletividade de agrotóxicos em programas de manejo integrado de pragas (MIP) é um aspecto importante no momento da escolha do produto ou da maneira de aplicá-lo para preservar os inimigos naturais e outros organismos benéficos. A seletividade fisiológica está relacionada à tolerância da espécie de inimigo natural ao produto (Mullin & Croft 1985). Já a seletividade ecológica consiste na diminuição das doses utilizadas e da frequência de aplicação dos produtos, no uso de produtos pouco persistentes e na aplicação de produtos em razão da distribuição temporal e espacial dos inimigos naturais no habitat (Hull & Beers 1985, Croft 1990, Johnson & Tabashnik 1999).

Os ácaros predadores, quando abundantes na cultura, podem manter a população de ácaros fitófagos em níveis populacionais baixos, e sem causar danos econômicos, por um longo período após a aplicação de acaricidas. Isto pode reduzir o número de aplicações e a pressão de seleção e, conseqüentemente, retardar o desenvolvimento da resistência de ácaros praga (Croft 1990). A resistência está associada à habilidade de uma população de um organismo tolerar doses de tóxicos que seriam letais para uma população normal (susceptível) da mesma espécie (WHO 1957, WHO 1960), através da seleção de indivíduos que sobrevivem a doses cada vez mais altas. Os artrópodes

expressam resistência, principalmente, através da redução na penetração cuticular do produto, aumento na destoxificação metabólica e redução na sensibilidade do sítio de ação (Georghiou & Taylor 1986, Croft 1990). A resistência devido à redução na penetração cuticular possibilita que o artrópode receba menor quantidade de tóxicos no sítio de ação do produto (Noppun *et al.* 1989), resultante da interação entre propriedades físico-químicas da molécula (coeficiente de partição, lipofilicidade, dentre outros) (Brooks 1976) e a cutícula do artrópode (maior conteúdo lipídico e proteico) (Vinson & Law 1971). Já a resistência conferida devido ao aumento na destoxificação metabólica ocorre quando os indivíduos são capazes de degradar a molécula química em compostos inertes com maior eficácia em relação aos indivíduos suscetíveis (Price 1991). Vários grupos enzimáticos (monooxigenases dependentes de citocromo P-450, esterases, GSH-transferase, etc) estão envolvidos no metabolismo de acaricidas e inseticidas (Roush & McKenzie 1987) e são identificados como mecanismo de resistência em várias espécies de artrópodes (Metcalf 1989). A resistência devido à redução na sensibilidade do sítio de ação se deve a alterações, acarretando aos indivíduos menor sensibilidade ao produto químico (Vinson & Law 1971). A sensibilidade do sítio de ação pode ser resultante da alteração da sequência de aminoácidos que formam a proteína, promovendo modificações na sua conformação. Dois tipos de insensibilidade de sítio-alvo têm sido frequentemente citados, a acetilcolinesterase alterada (organofosforados e carbamatos), e a resistência “knockdown” (kdr) ou super kdr (DDT e piretróides) (Miller 1988, Price 1991). De maneira geral, os mecanismos de resistência de inimigos naturais são os mesmos para os artrópodes praga, destacando-se o aumento na destoxificação metabólica (Croft 1990).

Após a constatação da resistência de ácaros fitófagos a agrotóxicos, também se observou o mesmo nos inimigos naturais, principalmente em ácaros da família Phytoseiidae (Hoy 1985), embora nestes últimos seja menos frequente. A resistência entre os artrópodes fitófagos e

inimigos naturais apresenta efeitos contrastantes. Nos fitófagos, a resistência intensifica sua condição de praga, reduzindo as possibilidades de manejo. Por outro lado, a evolução da resistência em populações de inimigos naturais pode contribuir de maneira significativa para o manejo integrado, pela conservação desses organismos, mesmo após aplicações de produtos considerados tóxicos as pragas (Croft 1990). Assim como para os ácaros fitófagos, os fitoseídeos também apresentam características que favorecem o surgimento da resistência como alta taxa reprodutiva, pseudo-arrenotoquia e atributos de dispersão e colonização que favorecem a evolução da resistência a acaricidas (Croft & Van de Baan 1988). Além disso, os fitoseídeos apresentam ciclo biológico mais curto que os ácaros fitófagos e são peças-chave no agroecossistema, sendo indicados como primeira linha de defesa biótica em programas de manejo de ácaros (Hoy 1985).

O primeiro caso de resistência em populações de fitoseídeos foi detectado na década de 1950, em *Galendromus occidentalis* Nesbitt, após pulverizações com inseticidas de largo espectro de ação em campo (Huffaker & Kennett 1953). Posteriormente, resistência a paration foi detectada em populações de *Euseius hibisci* (Chant) na Califórnia (Kennett 1970). Desde então, inúmeros trabalhos de detecção e seleção para a resistência a acaricidas em populações de fitoseídeos foram efetuados em todo mundo (Croft *et al.* 1976, Croft & AliNiazee 1983, Kostianen & Hoy 1994). Quanto aos agrotóxicos, ênfase em estudos de resistência tem sido dada aos carbamatos, organofosforados e piretróides, pelo fato de apresentarem elevada toxicidade para a maioria das espécies de ácaros predadores em campo (Croft *et al.* 1976, Ding *et al.* 1983). Uma espécie de ácaro fitoseídeo que se destaca no número de trabalhos relacionados à resistência é *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, predador especialista em tetraniquídeos (Schausberger & Croft 1999), sendo comumente utilizado para o controle de *T. urticae* em cultivos protegidos em países da Europa (Rasmy & Ellaithy 1988, Zhang 2003). A resistência de *P. persimilis* a

inseticidas organofosforados foi relatada por Schulten *et al.* (1976). Estes autores observaram que populações liberadas em cultivos protegidos na Holanda apresentaram elevada resistência a paration.

Casos de resistência a agrotóxicos também têm sido relacionados com frequência para *Neoseiulus californicus* (McGregor). No Brasil, Sato *et al.* (2002) coletaram uma população de *N. californicus* em cultivo de morango na região de Atibaia/SP e observaram que ela apresentou resistência a diversos acaricidas como propargite e dimetoato. Os autores sugerem que tal fato pode estar associado à pressão de seleção exercida pelas aplicações destes produtos em campo. A utilização de fitoseídeos resistentes a acaricidas em programas de controle integrado, durante as últimas décadas, tem contribuído para o aprimoramento do manejo de pragas ao nível mundial e redução do número de casos de resistência (FAO 1984, Hoy 1990). O uso de *N. californicus* como agente de controle biológico pode ocorrer por liberações inundativas do predador, permitindo o incremento populacional no campo, além disso, estas podem ser manejadas com o uso de acaricidas seletivos. Este predador é utilizado em estufas de produção de morangueiro e em pomares comerciais de abacateiro, na Califórnia. No Brasil, é utilizado em cultivo de macieira, morangueiro e citros, além de outras culturas, assim como em cultivos protegidos de flores e hortaliças (Moraes *et al.* 1986, Moraes *et al.* 2004).

A desvantagem ou custo adaptativo também é uma característica que pode estar associada à resistência em populações de ácaros predadores. Na natureza, os indivíduos resistentes podem estar menos aptos que os suscetíveis quando o acaricida não é utilizado (Nicastro *et al.* 2010). Esta desvantagem dos indivíduos resistentes pode estar associada, por exemplo, a uma menor viabilidade, menor fecundidade, maior tempo de desenvolvimento, menor competitividade para o acasalamento e maior suscetibilidade aos inimigos naturais (Roush & Mckenzie 1987). Por isso, o estudo dos custos adaptativos de populações de predadores resistentes é necessário, pois estas

populações podem não ser competitivas em condições de campo, e comprometer diretamente programas baseados na introdução desses organismos (Hoy 1990).

Levantamentos da suscetibilidade de ácaros fitófagos a agrotóxicos têm por objetivo mapear áreas problemáticas para uma posterior inserção de táticas que possam remediar o problema da resistência. Dentro dessas perspectivas, o estabelecimento de estratégias de manejo de resistência de ácaros a acaricidas, em associação ao manejo integrado, tem como finalidade o reestabelecimento da suscetibilidade de populações da praga aos níveis próximos daqueles no momento da introdução do produto no mercado. Este estudo tem como objetivo contribuir para a redução do uso de agrotóxicos no controle de ácaros pragas, reduzindo conseqüentemente os níveis de resíduos em culturas e os impactos no meio ambiente.

Literatura Citada

- André H.M. & J.K. N'Dri. 2013.** Bréviaire de taxonomie des acariens. *Abc Taxa* 13: i-xiv, 200 p.
- Arbabi, M., N.G.Z. Khiaban & M. Askari. 2002.** Plant mite fauna of Sistan-Baluchestan and Hormozgan Provinces. *J. Entomol. Soc. Iran* 22: 87-88.
- Bolland, H.R., J. Gutierrez & C.H.W. Flechtmann. 1998.** World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). Leiden, Brill Academic Publishers, 392 p.
- Brooks, G.T. 1976.** Penetration and distribution of insecticides, p. 3-58. In C.F. Wilkinson (ed.), *Insecticide biochemistry and physiology*. New York, Plenum Press, 768p.
- Carrillo, D., D. Amalin, F. Hosein, A. Roda, R.E. Duncan & J.E. Peña. 2012.** Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 271-289.
- Chaudhri, W.M., S. Akbar & A. Rasool. 1974.** Taxonomic studies of the mites belonging to the families Tenuipalpidae, Tetranychidae, Tuckerellidae, Caligonellidae, Stigmaeidae and Phytoseiidae. Lyallpur, University of Agriculture of Pakistan, 250p.
- Croft, B.A., J. Briozzo & J.B. Carbonell. 1976.** Resistance to organophosphorous insecticides in a predaceous mite, *Amblyseius chilensis*. *J. Econ. Entomol.* 69: 563-565.

- Croft, B.A. & M.E. Whalon. 1982.** Selective toxicity of pyrethroid insecticides to arthropod natural enemies and pests of agricultural crops. *Entomophaga* 27: 3-21.
- Croft, B.A. & M.T. AliNiaze. 1983.** Differential resistance to insecticides in *Typhlodromus arboreous* Chant associate phytoseiid mite of apple in the Willamette Valley, Oregon. *J. Econ. Entomol.* 12: 1420-1422.
- Croft, B.A. & H.E. Van de Baan. 1988.** Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in tetranychid and phytoseiid mites. *Exp. Appl. Acarol.* 4: 277-300.
- Croft, B.A. 1990.** *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides.* New York, Wiley Interscience, 723p.
- Ding, Y., J.J. Xiong & M.D. Huang. 1983.** Resistance of *Amblyseius nicholsi* Ehara & Lee (Acari: Phytoseiidae) to some pyrethroids. *Nat. Enem. Ins.* 5: 124-128.
- Elwan, A.A. 2000.** Survey of the insect and mite pests associated with date palm trees in Al-Dakhliya region, Sultanate of Oman. *Egypt. J. Agric. Res.* 78: 653-664.
- Etienne, J. & C.H.W. Flechtmann. 2006.** First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. *Int. J. Acarol.* 32: 331- 332.
- FAO. 1984.** Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides: method for phytoseiid predatory mites. *FAO Plant Protect. B.* 32: 25-27.
- Flechtmann, C.H.W. & J. Etienne. 2005.** Un nouvel acarien ravageur des palmiers en Martinique, premier signalement de *Raoiella indica* pour les Caraïbes. *Phytoma* 584 : 10-11.
- Gerson, U., A. Venezian & D. Blumberg. 1983.** Phytophagous mites on date palms in Israel. *Fruits* 38: 133-135.
- Georghiou, G.P. & C.E. Taylor. 1986.** Factors influencing the evolution of resistance, p. 157-169. In National Research Council (ed.), *Pesticide resistance: strategies and tactics for management.* Washington D.C., National Academy Press, 489p.
- Gondim Jr., M.G.C., T.M.M.G. Castro, A.L. Marsaro Jr., D. Navia, J.W.S. Melo, P.R. Demite & G.J. de Moraes. 2012.** Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation? *Syst. Biodivers.* 10: 527-535.
- Grbic, M., T.V. Leeuwen, R.M. Clark, S. Rombauts, P. Rouze, V. Grbic, E.J. Osborne, W. Dermauw, P.C.T. Ngoc, F. Ortego, P. Hernández-Crespo, I. Diaz, M. Martinez, M. Navajas, E. Sucena, S. Magalhães, L. Nagy, R.M. Pace, S. Djuranovic, G. Smagghe, M. Iga, O. Christiaens, J.A. Veenstra, J. Ewer, R.M. Villalobos, J.L. Hutter, S.D. Hudson, M. Velez, S.V. Yi, J. Zeng, A. P. da Silva, F. Roch, M. Cazaux, M. Navarro, V. Zhurov, G. Acevedo, A. Bjelica, J.A. Fawcett, E. Bonnet, C. Martens, G. Baele, L. Wissler, A. Sanchez-Rodriguez, L. Tirry, C. Blais, K. Demeestere, S.R. Henz, T.R. Gregory, J.**

- Mathieu, L. Verdon, L. Farinelli, J. Schmutz, E.E. Lindquist, R. Feyereisen & Y.V. de Peer. 2011.** The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature* 479: 487-492.
- Hoy, M.A. 1985.** Recent advances in genetics and genetic improvement of the Phytoseiidae. *Ann. Rev. Entomol.* 30: 345-370.
- Hoy, M.A. 1990.** Pesticide resistance in arthropod natural enemies: variability and selection response, p. 203-236. In R.T. Roush & B.E. Tabashnik (eds.), *Pesticide resistance in arthropods*. New York, Chapman, 303p.
- Hoy, M.A. 2011.** *Agricultural acarology: introduction to integrated mite management*. Boca Raton, CRC Press, 410p.
- Huffaker, C.B. & C.E. Kennett. 1953.** Differential tolerance to parathion in two *Typhlodromus* predatory on cyclamen mite. *J. Econ. Entomol.* 46: 707-708.
- Hull, L.A. & E.H. Beers. 1985.** Ecological selectivity: modifying chemical control practices to preserve natural enemies, p. 103-122. In M.A. Hoy & D.C. Herzog (eds.), *Biological control in agricultural IPM systems*. New York, Academic Press Inc., 589p.
- Jeppson, L.R., H.H. Keifer & E.W. Baker. 1975.** *Mites injurious to economic plants*. California, University of California Press, 614p.
- Johnson, M.W. & B.E. Tabashnik. 1999.** Enhanced biological control through pesticide selectivity, p. 297-317. In T.S. Bellows & T.W. Fisher (eds.), *Handbook of biological control*. San Diego, Academic Press, 1046p.
- Kennett, C.E. 1970.** Resistance to parathion in phytoseiid mite *Amblyseius hibisci*. *J. Econ. Entomol.* 63: 1999-2000.
- Kostiainen, T. & M.A. Hoy. 1994.** Variability in resistance to organophosphorous insecticides in field-collected colonies of *Amblyseius finlandicus* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae). *J. Appl. Entomol.* 117: 370-379.
- Krantz G.W. 2009.** Habits and habitats, p. 64-82. In G.W. Krantz & D.E. Walter (eds.), *A manual of acarology*. Texas, Texas Tech University Press, 807p.
- McMurtry, J.A., E.R. Oatman, P.A. Phillips & C.W. Wood. 1978.** Establishment of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in southern California. *Entomophaga* 23: 175-179.
- Metcalf, R.L. 1989.** Insect resistance to insecticides. *Pestic. Sci.* 26: 333-358.
- Miller, T.A. 1988.** Mechanisms of resistance to pyrethroid insecticides. *Parasitol. Today* 4: S8-12.

- Mitrofanov, V.I. & Z.I. Strunkova. 1979.** Ofredelitel Kleshcheiploskotelok (a key to false spider mites). Russian, Donish, 148p.
- Moraes, G.J., J.A. McMurtry & H.A. Denmark. 1986.** A catalog of the mite family Phytoseiidae: references to taxonomy, synonymy, distribution and habitat. Brasília, EMBRAPA-DDT, 553p.
- Moraes, G.J. 2002.** Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores. In J.R.P. Parra, P.S.M Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo, Manole, 635p.
- Moraes, G.J., J.A. McMurtry, H.A. Denmark & C.B. Campos. 2004.** A revised catalog of mite family Phytoseiidae. Zootaxa 434: 1-494.
- Moraes, G.J. & C.H.W. Flechtmann. 2008.** Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Editora Holos, 308p.
- Moutia, L.A. 1958.** Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. Bull. Entomol. Res. 49: 59-75.
- Mullin, C.A. & B.A. Croft. 1985.** An update on development of selective pesticides favoring arthropod natural enemies, p. 123-150. In M.A. Hoy & D.C. Herzog (eds.), Biological control in agricultural IPM systems. Orlando, Academic Press, 589p.
- Navia, D., A.L. Marsaro Júnior, M.G.C. Gondim Jr., R.S. de Mendonça & P.R.V. da S. Pereira. 2013.** Recent mite invasions in South America, p. 251-287. In J. Peña (ed.) Potential invasive pests of agricultural crops. Florida, CABI Publishing, 464p.
- Nicastro, R.L., M.E. Sato & M.Z. da Silva. 2010.** Milbemectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): selection, stability and cross-resistance to abamectin. Exp. Appl. Acarol. 50: 231-241.
- Noppun, V., T. Saito & T. Miyata. 1989.** Cuticular penetration of S-fenvarelate in fenvarelate-resistant and susceptible strains of the diamondback moth, *Plutella Xylostela* (L.). Pestic. Biochem. Physiol. 33: 83-87.
- Peña, J.E. & L. Osborne. 1996.** Biological control of *Polyphagotarsonemus latus* (Acarina: Tarsonemidae) in greenhouses and field trials using introductions of predacious mites (Acarina: Phytoseiidae). Entomophaga 41: 279-285.
- Pickett, C.H. & F.E. Gilstrap. 1986.** Inoculative release of phytoseiids (Acari) for the biological control of spider mites (Acari: Tetranychidae) in corn. Environ. Entomol. 15: 790-794.
- Price, N.R. 1991.** Insect resistance to insecticides: mechanisms and diagnosis. Comp. Biochem. Physiol. 100: 319-326.

- Pritchard, A.E. & E.W. Baker. 1958.** The false spider mite (Acarina: Tenuipalpidae). Univ. Calif. Publ. Entomol. 14: 175-274.
- Quilici, S., S. Kreiter, E.A. Ueckermann & D. Vincenot. 1997.** Predatory mites from various crops on Réunion Island. Int. J. Acarol. 23: 283-291.
- Rasmy, A.H. & A.Y. Ellaithy. 1988.** Introduction of *Phytoseiulus persimilis* for twospotted spider mite control in greenhouses in Egypt (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). Entomophaga 33: 435-438.
- Rock, G.C. 1979.** Relative toxicity of two synthetics pyrethroids to a predator *Amblyseius fallacis* and its prey *Tetranychus urticae*. J. Econ. Entomol. 72: 293-294.
- Rodrigues, J.C.V., R. Ochoa & E. Kane. 2007.** First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Islands. Int. J. Acarol. 33: 3-5.
- Roush, R.T. & J.A. McKenzie. 1987.** Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. Ann. Rev. Entomol. 32: 361-380.
- Sathiamma, B. 1996.** Observations on the mite fauna associated with the coconut palm in Kerala, India. J. Plantation Crops 24: 92-96.
- Sato, M.E., M. da Silva, L.R. Gonçalves, M.F. Souza Filho & A. Raga. 2002.** Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. Neotrop. Entomol. 31: 449-456.
- Sayed, T. 1942.** Contribution to the knowledge of the Acarina of Egypt: The genus *Raoiella* Hirst (Pseudotetranychinae: Tetranychidae). Bull. Soc. Fouad 1^{er} Entomol. 26: 81-91.
- Schausberger, P. & B.A. Croft 1999.** Activity, feeding, and development among larvae of specialist and generalist phytoseiid mite species (Acari: Phytoseiidae). Environ. Entomol. 28: 322-329.
- Schulten, G.G.M., G. van de Klashorst & V.M. Russel. 1976.** Resistance of *Phytoseiulus persimilis* A-H (Acari: Phytoseiidae) to some insecticides. Z. Angew. Entomol. 80: 337-341.
- Van de Vrie, M., J.A. McMurtry & C.B. Huffaker. 1972.** Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. III. Biology, ecology, and pest status, and hostplant relations of tetranychids. Hilgardia 41: 387-403.
- Vinson, S.B. & P.K. Law. 1971.** Cuticular composition and DDT resistance in the tobacco budworm. J. Econ. Entomol. 64: 1387-1390.
- WHO. 1957.** Expert committee on insecticides: seventh report. Geneva, Technical Report Series 125, 31p.

WHO. 1960. Insecticide resistance and vector control. Geneva, Technical Report Series 191, 98p.

Yaninek, J.S. & G.J. de Moraes. 1991. Mites in biological and integrated control of pests in agriculture, p. 133-149. In F. Dusbabek & V. Bukva (eds.), Modern Acarology. Czechoslovakia, Prague & SBS Academic Publishing, 680p.

Zhang, Z.Q. 2003. Mites of greenhouses: identification, biology and control. London, CABI Publishing, 244p.

CAPÍTULO 2

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Raoiella indica* E SELETIVIDADE PARA SEU PREDADOR, *Amblyseius largoensis* (ACARI: TENUIPALPIDAE: PHYTOSEIIDAE)¹

CARLA P. O. DE ASSIS², MANOEL G.C.GONDIM JR.² E ELISÂNGELA G.F. DE MORAIS³

² Departamento de Agronomia-Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av.

Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171-900 Recife, PE.

³ Laboratório de Entomologia, Embrapa Roraima, BR 174, Km 8, Distrito Industrial, Caixa Postal

133, 69301-970, Boa Vista, RR, Brasil.

¹ CARLA P.O. DE ASSIS, ELISÂNGELA G.F. DE MORAIS, MANOEL G.C. GONDIM JR. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). 2013. *Experimental and Applied Acarology* 60: 357-365.

RESUMO - *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) é considerada uma praga de coqueiro na Ásia e Oriente Médio. Este ácaro foi recentemente introduzido na América, onde se dispersou por vários países e expandiu sua gama de hospedeiros, causando grandes perdas a produtores de coco e banana. O ácaro predador *Amblyseius largoensis* (Muma) é um dos predadores mais frequentemente encontrados em coqueiros. As perspectivas atuais de controle de *R. indica* no novo mundo indicam a utilização de acaricidas e manejo de seus inimigos naturais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade de alguns acaricidas a *R. indica* e a seletividade (i.e., toxicidade do predador em relação a toxicidade da presa) a *A. largoensis*. Os ensaios foram realizados por imersão de discos de folha de bananeira em soluções acaricidas, em seguida fêmeas adultas da praga ou do predador foram confinadas sobre os discos. A mortalidade dos ácaros foi avaliada após 24 horas, e os dados obtidos foram submetidos à análise de Probit. Abamectina, fenpiroximato, milbemectina e espiroclorfenolato foram os produtos mais tóxicos para adultos de *R. indica*, enquanto fenpiroximato e espiroclorfenolato foram considerados os mais seletivos para *A. largoensis*.

PALAVRAS-CHAVE: Palmeira, bananeira, fitoseídeo, controle químico, manejo integrado

TOXICITY OF ACARICIDES TO *Raoiella indica* AND THEIR SELECTIVITY FOR ITS
PREDATOR, *Amblyseius largoensis* (ACARI: TENUIPALPIDAE: PHYTOSEIIDAE)

ABSTRACT – *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) is considered a pest of coconut palm in Asia and the Middle East. This mite was recently introduced in the Americas, where it spread to several countries and expanded its range of hosts, causing heavy losses to coconut and banana production. The phytoseiid mite *Amblyseius largoensis* (Muma) is one of the predators most often encountered in coconut palms. Because the current prospects for the control of *R. indica* in the New World indicate the use of acaricides and the management of their natural enemies, the objective of this study was to evaluate the toxicity of selected acaricides to *R. indica* and the selectivity (i.e., toxicity to the predator relative to toxicity to the prey) for *A. largoensis*. Assays were performed by the immersion of banana leaf discs in acaricide solutions, followed by the placing of adult females of the pest or predator on the discs. Mortality of the mites was evaluated after 24 hours, and the data obtained were subjected to probit analysis. Abamectin, fenpyroximate, milbemectin and spiroadiclofen were the products most toxic to *R. indica* adults, whereas fenpyroximate and spiroadiclofen were the most selective for *A. largoensis*.

KEY WORDS: Palm tree, banana tree, phytoseiid, chemical control, integrated management

Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae), foi descrito da Índia (Hirst 1924). Desde então, foi relatado em vários países da Ásia, Oriente Médio e África (Carrillo *et al.* 2012). Há cerca de oito anos, este ácaro foi constatado na ilha francesa da Martinica (Flechtmann & Etienne 2004), de onde se dispersou rapidamente para outras ilhas caribenhas, Brasil, Colômbia, EUAN, México e Venezuela (Kane *et al.* 2005, Navia *et al.* 2011, Carrillo *et al.* 2012). No Velho Mundo, *R. indica* tem sido encontrado apenas em Arecaceae; contudo, no Novo Mundo sua gama de hospedeiros aumentou significativamente, passando a se desenvolver e se reproduzir também em espécies de Cannaceae, Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae, Strelitziaceae e Zingiberaeae (Cocco & Hoy 2009, Navia *et al.* 2011, Carrillo *et al.* 2012). No entanto, altas populações no Novo Mundo têm sido observadas apenas em palmeiras e bananeiras, causando amarelecimento severo das folhas seguidas de necrose dos tecidos (Flechtmann & Etienne 2004). O ataque severo deste ácaro em coqueiro (*Cocos nucifera* L.) tem causado reduções significativas na produção de frutos (Navia *et al.* 2011).

O controle de *R. indica* tem sido investigado em áreas onde foi recentemente encontrado. Práticas como resistência de plantas (Rodrigues & Irish 2012), controle químico (Rodrigues & Peña 2012) e controle biológico (Peña *et al.* 2009, Carrillo *et al.* 2010, Carrillo & Peña 2012, Carrillo *et al.* 2012, Hoy 2012) têm sido explorados. Investigações sobre o potencial de inimigos naturais de *R. indica* tem sido realizadas, sobretudo com *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) (Peña *et al.* 2009, Carrillo *et al.* 2010, Carrillo & Peña 2012, Carrillo *et al.* 2012).

Muitas informações sobre a efetividade de acaricidas para o controle de *R. indica* foram obtidas de estudos de campo realizados na Índia e no Oriente Médio (Sarkar & Somchoudhury 1988, Jalaluddin & Mohanasundaram 1990, Jayaraj *et al.* 1991). Contudo, a maioria dos acaricidas avaliados naqueles estudos refere-se a produtos cujo uso não é mais permitido no

Brasil. Neste país, a distribuição de *R. indica* encontra-se restrita à região norte do país, nos estados de Roraima (Navia *et al.* 2011) e Amazonas (Rodrigues & Antony 2011). Embora nestes estados predomine a Floresta Amazônica, as culturas da bananeira e as arecáceas exóticas e nativas, como o açaí, buriti e pupunha, por exemplo, representam grande importância econômica e social, especialmente para as populações de baixa renda. Os problemas que *R. indica* poderá causar nesta região, deve-se somar também a sua possível dispersão para o nordeste brasileiro, onde se concentram grande parte da área cultivada com coqueiros no Brasil. Impacto muito mais significativo poderá ocorrer nesta última região, com sérias consequências potenciais.

Enquanto as investigações sobre o potencial dos inimigos naturais nativos e exóticos no Brasil não chegarem a resultados conclusivos, é necessária a obtenção de informações sobre a eficiência de outros métodos de controle, permitindo o uso destes em situações emergenciais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade de alguns acaricidas, em condições de laboratório, sobre *R. indica* e seletividade para *A. largoensis*.

Material e Métodos

Coleta e manutenção das populações de *Raoiella indica* e *Amblyseius largoensis*. Os exemplares de *R. indica* utilizados neste estudo foram coletados em *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. (= *Veitchia*) (Arecaceae), em Boa Vista, Roraima (2°45'29,1'' N 60°43'51,6'' W). As colônias foram estabelecidas em arenas constituídas de bandejas plásticas com 16 cm de diâmetro, contendo um disco de folha de bananeira sobre um pedaço de espuma de polietileno de 1,0 cm de espessura. As margens de cada disco foram cobertas com uma camada de algodão hidrófilo, sendo a espuma e o algodão mantidos permanentemente encharcados com água destilada para evitar a fuga dos ácaros. As unidades foram mantidas em câmara climatizada a $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $80 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12h. Os exemplares de *A. largoensis* utilizados no estudo foram

coletados no mesmo local, em folíolos de coqueiro e transferidos para arenas infestadas com *R. indica*, como descrito anteriormente. Pólen de mamona (*Ricinus communis* L.) foi colocado adicionalmente como alimento para o predador.

Acaricidas avaliados. Os acaricidas avaliados foram: abamectina (Kraft 36 EC, Cheminova Brasil Ltda), clorfenapir (Pirate, Basf S.A.), diafentiuron (Polo 500 WP Syngenta Proteção de Cultivo Ltda), óxido de fenbutatina (Torque 500 SC, Basf S.A.), fenpiroximato (Ortus 50 SC, Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária), hexitiazox (Talento, Du Pont do Brasil S.A. - Barueri), milbemectina (Milbeknock, Iharabras S.A. Chemical Industries), propargite (Omite 720 CE, Chemtura Indústria Química do Brasil Ltda), espiroclorfenol (Envidor, Bayer S.A. São Paulo/ SP) e espiromesifeno (Oberon 240 SC - Bayer CropScience Inc.).

Procedimento experimental

Teste Preliminar. Preliminarmente, testes foram realizados de acordo com o método N° 4 da série de métodos de testes de suscetibilidade do Insecticide Resistance Action Committee (IRAC 2003). Concentrações diluídas em fator 10 (0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1000 mg de ingrediente ativo por litro de calda), além da testemunha (água destilada) foram preparadas para cada acaricida. Cada unidade experimental correspondeu a um disco de folha de bananeira (5 cm de diâmetro) imerso por cinco segundos em uma concentração de acaricida ou água. O disco foi deixado secar no ambiente por 20 minutos, sendo posteriormente colocado em placa de Petri (9 cm de diâmetro) contendo um pedaço de espuma de polietileno coberta com papel de filtro. A margem do disco foi coberta com algodão hidrófilo para evitar a fuga dos ácaros. A espuma foi mantida permanentemente úmida pela adição de água destilada. Dez fêmeas adultas de *R. indica* ou cinco fêmeas adultas de *A. largoensis* foram transferidas para cada disco de folha, representando uma repetição. Cada tratamento teve três repetições por concentração, totalizando 30 e 15 ácaros, respectivamente. As unidades com os ácaros foram mantidas em incubadoras a $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $80 \pm$

10% UR e fotofase de 12h. O número total de ácaros vivos e mortos foi contado após 24h após. Foi considerado morto o ácaro que não caminhou pelo menos o comprimento de seu corpo ao ser tocado por um pincel fino (N^o. 000). Foram determinadas, para cada acaricida, as concentrações que promoveram a mortalidade de 0 e 100% dos exemplares de *R. indica*. O mesmo procedimento foi feito para *A. largoensis*, contudo para o fitoseídeo foram testados apenas os cinco produtos que se mostraram mais tóxicos a *R. indica*. Durante o bioensaio, foi utilizado apenas pólen de mamona como alimento para o predador.

Bioensaio. A partir dos testes preliminares, foram estabelecidas 7 a 8 concentrações para cada acaricida, entre aquelas que promoveriam a mortalidade de 0 e 100% dos ácaros. O tratamento controle correspondeu à imersão dos discos de folha em água destilada. As aplicações dos acaricidas, assim como as avaliações foram feitas de maneira semelhante ao que foi descrito para o teste preliminar. Os bioensaios tiveram 3 repetições, totalizando 30 fêmeas adultas de *R. indica* e 15 fêmeas adultas de *A. largoensis* para cada concentração, incluindo o controle. Todo este procedimento foi repetido duas vezes, totalizando 60 e 30 ácaros por concentração de *R. indica* e *A. largoensis*, respectivamente.

Análise Estatística. Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971) depois da correção pela mortalidade do controle (Abbott 1925). O programa POLO-PC (LeOra Software 1987) foi utilizado para a obtenção das curvas de concentração resposta.

Resultados e Discussão

O modelo de Probit se ajustou aos dados de mortalidade de *R. indica* e *A. largoensis* (χ^2 , $p > 0.05$). As concentrações estimadas que ocasionassem 50 e 90% de mortalidade (CL₅₀ e CL₉₀, respectivamente) indicaram abamectina, fenpiroximato, milbemectina, espiroclorfenol e propargite como produtos mais tóxicos para *R. indica* (Tabela 1). As estimativas das razões de

toxicidade da CL_{50} mostraram que milbemectina foi 6.028.000 vezes mais tóxico que espiromesifeno e 11 vezes mais tóxico que abamectina. Estimativas das razões de toxicidade da CL_{90} mostraram que milbemectina foi 263.000.000 vezes mais tóxico que clorfenapir e apenas 1,44 vezes mais tóxico que abamectina. As inclinações das curvas de concentração-mortalidade variaram de 0,39 a 1,69 para os acaricidas clorfenapir e abamectina, respectivamente.

A CL_{50} dos acaricidas testados para *A. largoensis* variou de 0,092 mg/L a 895,983 mg/L para abamectina e propargite, respectivamente, e a CL_{90} variou de 2,232 mg/L a 761.637 mg/L para milbemectina e propargite, respectivamente (Tabela 2). A seletividade relativa (concentração letal do predador/concentração letal da praga) para a CL_{50} variou de 1,553 a 47.338 para fenpiroximato e milbemectina, respectivamente, enquanto que a seletividade relativa para a CL_{90} variou de 1,933 a 59.739 para fenpiroximato e abamectina, respectivamente.

A eficácia destes acaricidas para o controle de *R. indica* no campo não pode ser determinada baseada nos valores estimados da CL_{90} neste estudo. No entanto, é possível comparar a toxicidade dos acaricidas avaliados para os organismos em estudo. Abamectina, hexitiazox, fenpiroximato e espiroclorfenol são atualmente registrados no Brasil para uso no controle de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em coqueiros, principal cultura atacada por *R. indica* neste país. As doses de campo recomendadas pelos fabricantes para o controle de *A. guerreronis* é de 13,5 e 100 mg/L de abamectina e fenpiroximato, respectivamente. Estas doses são muito superiores as CL_{90} estimadas neste trabalho para *R. indica*. Portanto, provavelmente as doses recomendadas pelos fabricantes de abamectina e fenpiroximato para controle de *A. guerreronis* também serão eficientes para controle de *R. indica* em coqueiro. Contudo, as CL_{90} estimadas para *R. indica* foram superiores às doses de campo recomendadas pelos fabricantes de hexitiazox (15mg/L) e espiroclorfenol (72 mg/L) para o controle de *A. guerreronis*.

Testes de campo para avaliar a eficiência de acaricidas no controle de *R. indica* já foram realizados na Índia e Oriente Médio (Sarkar & Somchoudhury 1988, Jalaluddin & Mohanasundaram 1990, Jayaraj *et al.* 1991). Os melhores resultados obtidos nestes estudos foram com dicofol, dimetoato, endosulfan, ethion, monocrotophos, phosphamidon, phosalone e quinalphos. Contudo, alguns destes acaricidas são de uso proibido no Brasil (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2012), e em muitos outros países, devido à sua alta toxicidade. Recentemente, Rodrigues & Peña (2012) avaliaram vários acaricidas, em condições de campo, na Costa Rica e na Flórida (EUAN), verificando que acequinocyl, dicofol e espiromesifeno foram efetivos na redução populacional de *R. indica*.

Neste estudo, abamectina e milbemectina foram os produtos mais tóxicos para *R. indica*; contudo abamectina apresentou o maior coeficiente angular dentre os acaricidas avaliados. Portanto, este produto é o mais promissor para o controle rápido e eficiente desta praga (eliminação de mais de 90% da população). A estimativa da CL₉₀ dos produtos testados para *A. largoensis* indicaram que abamectina e milbemectina foram mais tóxicos que fenpiroximato, propargite e espirodiclofeno. Portanto, fenpiroximato, propargite e espirodiclofeno são considerados mais indicados no manejo de *R. indica*, pois são tóxicos para a praga e pouco tóxicos para *A. largoensis*. Alguns estudos consideram abamectina como um produto não seletivo para fitoseídeos em programas de manejo de pragas. Kim *et al.* (2005) avaliaram o efeito de abamectina sobre fêmeas adultas do predador *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Phytoseiidae), concluindo ser este um acaricida muito tóxico àquele fitoseídeo. Noii *et al.* (2008) relataram que a exposição a resíduos de abamectina teve um efeito negativo sobre *Phytoseius plumifer* (Canestrini & Fanzago). Por outro lado, vários estudos consideram abamectina como um produto não prejudicial para fitoseídeos. Zhang & Sanderson (1990) concluíram que abamectina é consideravelmente mais tóxico para *Tetranychus urticae* Koch que para *Phytoseiulus persimilis*

Athias-Henriot. Ibrahim & Yee (2000) também relataram que o desempenho reprodutivo, longevidade e razão sexual de *Neoseiulus longispinosus* (Evans) não foram afetados por abamectina, recomendando o uso deste produto no manejo de *T. urticae*. Irigaray *et al.* (2007) avaliaram a mortalidade causada por abamectina a *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) e *P. persimilis*, verificando que este produto causou pequeno efeito residual sobre estes fitoseídeos. Estes resultados conflitantes podem ser explicados pelas diferenças de suscetibilidade entre populações de fitoseídeos a abamectina (Hamedi *et al.* 2011) ou ao fato das metodologias dos trabalhos não serem as mesmas.

Os ácaros fitófagos introduzem os estiletes nos tecidos das plantas durante o processo de alimentação, e através destes succionam o conteúdo das células do mesófilo da folha (Moraes & Flechtmann 2008). *Raoiella indica* normalmente se alimenta de arecáceas, que tem folhas com a epiderme mais espessa, fibrosa e coberta com camada de cera. Ochoa *et al.* (2011) estudaram a forma de alimentação de *R. indica* e outras espécies deste mesmo gênero em coqueiro, bananeira, helicônias e eucalipto. Estes autores verificaram que todas as espécies de *Raoiella*, em todas as espécies de plantas estudadas, se alimentaram introduzindo os estiletes nos estômatos, entre as células-guarda. Os autores afirmaram que *R. indica* contorna as defesas mecânicas da planta, explorando uma fraqueza estrutural na arquitetura da folha. Os resultados deste trabalho indicaram que os acaricidas mais tóxicos a *R. indica* foram abamectina e milbemectina, que são ativadores dos canais de cloro. Estes acaricidas possuem ação translaminar na planta e agem por contato e ingestão no artrópode (IRAC 2012). Os demais produtos testados também agem por contato e ingestão, contudo não têm ação translaminar na planta e apresentam modos de ação diferentes, atuando na respiração (clorfenapir, fenpiroximato, óxido de fenbutatina, propargite e diafentiuron), crescimento e desenvolvimento (espiroclifeno e espiromesifeno) (Yu 2008). Portanto, é possível que a interação inseticida-planta-ácaro tenha favorecido maior contaminação

de *R. indica* por abamectina e milbemectina devido a ação translaminar e ao modo de alimentação de *Raoiella*.

Espiromesifeno e espiroclorfenolato atuam como inibidores da síntese de lipídeos, e agem por contato e ingestão no artrópode (IRAC 2012). Estes acaricidas causam mortalidade elevada em formas imaturas e afetam a fecundidade das fêmeas, contudo não são tão efetivos na mortalidade de adultos (Nauen *et al.* 2005, Marčić *et al.* 2009, Marčić *et al.* 2011). No entanto, Rodrigues & Peña (2012) verificaram que espiromesifeno na dosagem de 0,145mg/L foi eficiente para controlar adultos e imaturos de *R. indica* em coqueiro. Com a introdução de *R. indica* no Brasil em 2009, o registro emergencial deste acaricida para controle deste ácaro em palmáceas e musáceas foi concedido pelo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para o período de Setembro de 2009 a Setembro de 2010. Clorfenapir, diafentiuon e fenpiroximato causam mortalidade em ácaros adultos e imaturos, tendo apresentado toxicidade intermediária, dentre todos os produtos testados para *R. Indica*. No entanto, são pouco tóxicos para *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) (Kim & Seo 2001) e *P. persimilis* (Kim & Yoo 2002).

Nenhum acaricida encontrado no mercado brasileiro é registrado para o controle de *R. indica* no Brasil (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012). Os resultados aqui obtidos podem subsidiar a escolha de acaricidas a serem utilizados em programas de manejo integrado de *R. indica*. No entanto, outras investigações devem ser conduzidas em condições de campo para estabelecer o período apropriado do ano para o controle e a eficiência destes acaricidas, para manejar adequadamente a população da praga e minimizar os impactos sobre seus inimigos naturais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Roraima) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo suporte logístico e financeiro. Ao Dr. Gilberto J. de Moraes pela leitura do manuscrito e pelos comentários.

Literatura Citada

- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Carrillo, D., J.E. Peña, M.A. Hoy & J.H. Frank. 2010.** Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and other microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. *Exp. Appl. Acarol.* 52: 119-129.
- Carrillo, D. & J.E. Peña. 2012.** Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.* 57: 361-372.
- Carrillo, D., D. Amalin, F. Hosein, A. Roda, R.E. Duncan & J.E. Peña. 2012.** Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 271-289.
- Cocco, A. & M.A. Hoy. 2009.** Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. *Fla. Entomol.* 92: 276-291.
- Finney, D.J. 1971.** Probit Analysis, third ed. London, Cambridge University Press, 315 p.
- Flechtmann, C.H.W. & J. Etienne. 2004.** The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Syst. Appl. Acarol.* 9: 109-110.
- Hamed, N., Y. Fathipour & M. Saber. 2011.** Sublethal effects of abamectin on the biological performance of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 53: 29-40.
- Hirst, S. 1924.** On some new species of red spider. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 14: 522-527
- Hoy, M.A. 2012.** Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 381-393.

- Ibrahim, Y.B. & T.S. Yee. 2000.** Influence of sublethal exposure to abamectin on the biological performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 1085-1089.
- IRAC. 2003.** Insecticide Resistance Action Committee. Method N°3.
- IRAC. 2012.** Classificação do modo de ação dos inseticidas. Available in: http://www.irac-br.org.br/Arquivos/Folder_Acao.pdf. Accessed: 19 April 2012
- Irigaray, F.J., F.G. Zalom & P.B. Thompson. 2007.** Residual toxicity of acaricides to *Galendromus occidentalis* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) reproductive potential. *Biol. Control.* 40: 153-159.
- Jalaluddin, S.M. & M. Mohanasundaram. 1990.** Control of the coconut red mite *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae: Acari) in the nursery. *Indian Coconut J. Cochin.* 21: 7-8.
- Jayaraj, J., K. Natarajan & G.V. Ramasubramanian. 1991.** Control of *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae: Acari) on coconut with pesticides. *Indian Coconut J. Cochin.* 22: 7-9.
- Kane, E., R. Ochoa, G. Mathurin & E.F. Erbe. 2005.** *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), an island hopping mite pest in the Caribbean. In: Entomological Society of America, Annual Meeting, Fort Lauderdale, Florida (Poster). See: www.sel.barc.usda.gov/acari/PDF/Raoiella_indica-Kane_et_al.pdf (Accessed: 28 de March 2011).
- Kim, S.S. & S.G. Seo. 2001.** Relative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Appl. Entomol. Zool.* 36: 509-514.
- Kim, S.S. & S.S. Yoo. 2002.** Comparative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *BioControl.* 47: 563-573.
- Kim, S.K., S.G. Seo, J.D. Park, S.G. Kim & D.I. Kim. 2005.** Effect of selected pesticides on predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *J. Entomol. Sci.* 40: 107-111.
- LeOra-Software, 1987.** Polo-PC: a user's guide to Probit or Logit analysis. LeOra-Software, Berkeley, 22p.
- Marčić, D., I. Ogurlić, S. Mutavdžić & P. Perić. 2009.** The Effect of Spiromesifen on the Reproductive Potential of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Pestic. Phytomed.* 24: 203-209.
- Marčić, D., P. Perić, S. Petronijević, M. Prijović & T. Drobnjaković. 2011.** Cyclic Ketoenols: Acaricides and Insecticides with a Novel Mode of Action. *Pestic. Phytomed.* 26: 185-195.
- Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2012.** Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. (http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons).

- Moraes, G.J. & C.H.W. Flechtmann. 2008.** Manual de Acarologia Agrícola: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos, 288p.
- Nauen, R., H.J. Schnorbach & A. Elbert. 2005.** The biological profile of spiromesifen (Oberon®): A new tetrionic acid insecticide/acaricide. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 58: 417-440.
- Navia, D., A.L. Marsaro Jr., F.R. Silva, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2011.** First Report of the Red Palm Mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. Neotrop. Entomol. 40: 409-411.
- Noii, S., K. Talebi, A. Saboori, H. Allahyari, Q. Sabahi & A. Ashouri. 2008.** Study on side effects of three pesticides on the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Canestrini & Fanzago) (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. IOBC/WPRS Bulletin 35: 146-151.
- Ochoa, R., J.J. Beard, G.R. Bauchan, E.C. Kane, A.P.G. Dowling & E.F. Erbe. 2011.** Herbivore Exploits Chink in Armor of Host. Am. Entomol. 57: 26-29.
- Peña, J.E., J.C.V. Rodrigues, A. Roda, D. Carrillo & L.S. Osborne. 2009.** Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. Integrated Control of Plant-Feeding Mites IOBC/wprs Bulletin. 50: 69-79.
- Rodrigues, J.C.V. & B.M. Irish. 2012.** Effect of coconut palm proximities and *Musa* spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Exp. Appl. Acarol. 57: 309-316.
- Rodrigues, J.C.V. & L.M.K. Antony. 2011.** First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. Fla. Entomol. 94: 1073–1074.
- Rodrigues, J.C.V. & J.E. Peña. 2012.** Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. Exp. Appl. Acarol. 57: 317-329
- Sarkar, P.K. & A.K. Somchoudhury. 1988.** Evaluation of some pesticides against *Raoiella indica* Hirst on coconut palm in West Bengal. Pesticides 22: 21-22
- Yu, S.J. 2008.** The toxicology and biochemistry of insecticides. Taylor & Francis Group, LLC. 276 p.
- Zhang, Z.Q. & J.P. Sanderson. 1990.** Relative toxicity of Abamectin to the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 83: 1783-1790.

Tabela 1. Toxicidade de acaricidas a *R. indica*.

Acaricida	n ^a	GL ^b	χ^2 ^c	Inclinação \pm EP ^d	CL ₅₀ (95%) ^e	RT ₅₀ ^f	CL ₉₀ (95%) ^e	RT ₉₀ ^f
Milbemectina	420	5	1,09	0,77 \pm 0,09	0,000004 (0,000001 – 0,000007)	-----	0,00016 (0,0012 – 0,022)	----
Abamectina	480	6	1,63	1,69 \pm 0,17	0,000004 (0,000003 – 0,000005)	11,20	0,00023 (0,00017 – 0,00033)	1,44
Espirodiclofeno	540	7	3,17	0,55 \pm 0,05	0,72 (0,27 – 1,59)	202.000	154,59 (67,09 – 447,32)	966.000
Propargite	540	7	3,77	0,51 \pm 0,05	0,88 (0,36 – 1,88)	246.000	297,12 (113,95 – 1087,37)	1.857.000
Fenpiroximato	479	6	4,89	0,94 \pm 0,10	0,95 (0,50 – 1,58)	266.000	21,78 (12,83 – 44,00)	136.125
Diafentiuron	540	7	8,14	0,58 \pm 0,06	1,14 (0,31 – 2,94)	319.000	184,80 (69,95 – 721,11)	1.155.000
Óxido Fenbutatina	420	5	3,59	0,56 \pm 0,07	3,38 (1,25 – 7,29)	947.000	676,10 (249,95 – 3010,41)	4.225.000
Hexitiazox	540	7	3,58	0,44 \pm 0,05	10,56 (2,77 – 29,21)	3.000.000	8403,79 (2597,79 – 44884,54)	52.000.000
Clorfenapir	540	7	6,43	0,39 \pm 0,04	20,82 (8,001 – 48,450)	5.830.000	42.000 (10537,40 – 316411,62)	263.000.000
Espiromesifeno	540	7	1,39	0,44 \pm 0,05	21,52 (6,73 – 54,83)	6.028.000	18.000 (5371,09 – 107806,85)	114.000.000

^a Número total de ácaros usados nos bioensaios;

^b Graus de liberdade;

^c Valor χ^2 ($p > 0,05$);

^d Erro padrão da média;

^e Concentração em mg/L;

^f Razão toxicidade.

Tabela 2. Seletividade de acaricidas a *A. largoensis*.

Acaricida	n ^a	GL ^b	χ^2 ^c	Inclinação \pm EP ^d	CL ₅₀ (95%) ^e	SR ₅₀ ^f	CL ₉₀ (95%) ^e	SR ₉₀ ^f
Abamectina	240	7	1,19	0,59 \pm 0,09	0,09 (0,027 – 0,22)	2.300	13,740 (4,160 – 110,540)	59.739
Fenpiroximato	225	6	4,65	0,88 \pm 0,09	1,48 (0,845 – 2,63)	1,55	42,101 (18,897 – 129,794)	1,93
Milbemectina	210	5	1,52	1,14 \pm 0,16	0,17 (0,089 – 0,284)	47.338	2,232 (1,213 – 89,746)	13.950
Propargite	240	6	3,53	0,79 \pm 0,11	895,98 (478,27 – 1.765,15)	1.018	761.637 (13.047,51 – 204.909,77)	2.564
Espirodiclofeno	240	6	5,23	0,90 \pm 0,09	12,66 (7,55 – 21,59)	17,59	331,750 (154,990 – 974,919)	2,14

^a Número total de ácaros usados nos bioensaios;

^b Graus de liberdade;

^c Valor χ^2 ($p > 0,05$);

^d Erro padrão da média;

^e Concentração em mg/L;

^f Seletividade Relativa.

CAPÍTULO 3

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A POPULAÇÕES DE *Tetranychus urticae* KOCH E *Neoseiulus californicus* (McGREGOR) E SINERGISMO DE INIBIDORES ENZIMÁTICOS SOBRE O PREDADOR ¹

CARLA P.O. DE ASSIS, MANOEL G.C. GONDIM JR. E HERBERT A.A. DE SIQUEIRA

Departamento de Agronomia-Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom
Manoel de Medeiros, s/n, 52171-900 Recife, PE.

¹ CARLA P.O. DE ASSIS, MANOEL G.C. GONDIM JR. & HERBERT A.A. DE SIQUEIRA Toxicidade de acaricidas a populações de *Tetranychus urticae* Koch e *Neoseiulus californicus* (McGregor) e sinergismo de inibidores enzimáticos sobre o predador. A ser submetido.

RESUMO - Testes de toxicidade de acaricidas sobre ácaros pragas e predadores são comumente realizados como base para programas de manejo integrado. *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) é uma das espécies de ácaro fitófago mais importante em todo o mundo, e *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae) é a principal espécie de ácaro predador comercializado para controle desta praga no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade de acaricidas a duas populações de cada uma dessas espécies, e verificar aquelas mais adequadas no manejo de *T. urticae*. Foram estabelecidas curvas de concentração resposta para populações dos ácaros, utilizando-se os acaricidas abamectina, clorfenapir, diafentiuron, espiromesifeno e fenpiroximato. O efeito dos acaricidas (na dose de campo recomendada para o controle de *T. urticae*) na sobrevivência do predador também foi avaliado. Além disso, a toxicidade de fenpiroximato e clorfenapir foi avaliada para o predador na presença e na ausência de inibidores enzimáticos. Também foram realizados testes de toxicidade a ovos de *N. californicus*. Abamectina foi o produto mais tóxico para *T. urticae* e o predador. As razões de toxicidade dos acaricidas indicaram haver resistência cruzada negativa a fenpiroximato e clorfenapir para as populações de *N. californicus*. Maior sobrevivência do predador foi verificada com espiromesifeno. O uso dos inibidores enzimáticos resultou na redução da CL₅₀ de *N. californicus* a todos os produtos e populações testadas. Espiromesifeno, clorfenapir e fenpiroximato são acaricidas promissores para o manejo de *T. urticae* em combinação com *N. californicus* por serem menos tóxicos para o predador e não afetar a viabilidade dos ovos.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro, Tetranychidae, Phytoseiidae, resistência, controle químico, manejo integrado

TOXICITY OF ACARICIDES TO POPULATIONS OF *Tetranychus urticae* KOCH AND
Neoseiulus californicus (McGregor) AND SYNERGISM OF ENZYME INHIBITORS ON
PREDATOR

ABSTRACT – Tests of acaricide toxicity to pest mites and predatory mites are commonly conducted as basis for integrated management programs. *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) is the most important phytophagous species throughout the world, and *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae) is the main predatory mite species marketed for the control of this pest in Brazil. The objective of this study was to evaluate the toxicity of acaricides to two populations of each of these species, and check which acaricides should be considered in management of *T. urticae*. Concentration-response curves for mite populations were constructed, using the acaricides abamectin, chlorfenapyr, diafenthiuron, spiromesifen and fenpyroximate. The effect of acaricides (at label rate recommended for *T. urticae* control) on the survival of the predator were also assessed. Moreover, the toxicity of the fenpyroximate and chlorfenapyr to the predator was assessed in the presence and absence of inhibitory enzymes. Toxicity to eggs of *N. californicus* was also evaluated. Abamectin was the most toxic product to both *T. urticae* and the predator. The toxicity rate of acaricides indicated negative cross-resistance of fenpyroximate and chlorfenapyr in *N. californicus*. Increased survival of *N. californicus* was observed with spiromesifen. The use of inhibitory enzymes resulted in the reduction of LC₅₀s of *N. californicus* for all products and populations tested. Spiromesifen, chlorfenapyr and fenpyroximate are promising acaricides for managing *T. urticae* in combination with *N. californicus* because they were least toxic to the predator and did not affect the egg viability.

KEY WORDS: Mite, Tetranychidae, Phytoseiidae, resistance, chemical control, integrated management

Introdução

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), é o ácaro fitófago mais importante em todo o mundo. Esta é uma espécie cosmopolita que possui mais de 1.100 hospedeiros pertencentes a mais de 70 diferentes gêneros de plantas (Bolland *et al.* 1998, Grbic *et al.* 2011). O principal grupo de inimigos naturais dos ácaros fitófagos é constituído pelos predadores da família Phytoseiidae (Moraes 2002). Em todo mundo, são conhecidas mais de 2.250 espécies desta família (Moraes *et al.* 2004). Algumas destas são produzidas de forma massal e liberados em cultivos protegidos e em campo para controle de ácaros fitófagos (Pickett & Gilstrap 1986, Peña & Osborne 1996). Diversas espécies de Phytoseiidae são hoje exploradas comercialmente, como *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) para controle de ácaros fitófagos (Monteiro 2002, Oatman *et al.* 2007), sobretudo de *T. urticae*.

Apesar dos esforços em pesquisa para o desenvolvimento do controle biológico de ácaros fitófagos (McMurtry 1982), a principal prática de controle ainda é a aplicação de acaricidas sintéticos (Thomson 1982, Sato *et al.* 2007). Esta prática tem diversos efeitos adversos, como o surgimento de populações resistentes, ressurgência de pragas, surto de pragas secundárias, diminuição da fauna benéfica, inclusive inimigos naturais das pragas, contaminação de alimentos e do ambiente (Van de Vrie *et al.* 1972). Contudo, é possível aliar a aplicação de acaricidas com a utilização de predadores fitoseídeos (Sato *et al.* 2007). Uma das dificuldades desta prática seria o fato de que os inimigos naturais podem ser mortos pela ação de acaricidas utilizados para o controle de ácaros praga (Hoy 1985). Testes de toxicidade de acaricidas sobre ácaros pragas e predadores são comumente conduzidos como base para a implementação de programas de manejo integrado (Croft 1990, Castagnoli *et al.* 2005, Kaplan *et al.* 2012). Portanto, deve-se explorar no manejo a utilização de acaricidas que apresentem alta toxicidade sobre ácaros pragas e liberações de inimigos naturais resistentes a estes produtos (Croft 1990, Poletti & Omoto 2012).

O predador *N. californicus* é conhecido pela sua eficácia no controle de ácaros fitófagos (Castagnoli & Simoni 1999, Sato *et al.* 2007) e pela habilidade de se manter no campo, quando da ausência de presas, buscando alimentos alternativos (Castagnoli *et al.* 1999). Estudos também mostram que populações deste predador apresentam resistência a diversos tipos de acaricidas, como organofosforados (Croft *et al.* 1976), fenpiroximato, fenpropatrina, propargito (Sato *et al.* 2002) e deltametrina (Poletti & Omoto 2012).

Informações sobre os mecanismos de resistência são de extrema importância para melhor estabelecer o manejo integrado de pragas (Price 1991). Estes mecanismos podem ser identificados de maneira preliminar através do uso de sinergistas (Matsumura 1985), que são inibidores enzimáticos e agem em sistemas metabólicos, inibindo enzimas detoxificativas (Scott 1991). Desta forma, usando inibidores enzimáticos em bioensaios, é possível sugerir o envolvimento de uma rota metabólica de um acaricida, comparando ácaros resistentes e suscetíveis (Stumpf & Nauen 2001).

O estabelecimento de estratégias de manejo de resistência de ácaros fitófagos a acaricidas, em associação com o controle biológico, através de liberações inundativas de predadores tem como finalidade o reestabelecimento da suscetibilidade de populações da praga aos níveis próximos daqueles no momento da introdução do acaricida no mercado (Stern *et al.* 1959). Além disso, o uso de agentes de controle biológico contribui para a redução do uso de agrotóxico, diminuindo os níveis de resíduos em culturas e os impactos no ambiente (Croft 1990). Este trabalho teve como objetivo fornecer subsídios para o manejo de *T. urticae*, estudando a toxicidade de acaricidas sobre populações desta praga e do seu predador *N. californicus*.

Material e Métodos

Obtenção e manutenção das populações de *Tetranychus urticae* e *Neoseiulus californicus*.

Foram utilizadas duas populações de *T. urticae* mantidas no laboratório de Acarologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) como padrões de suscetibilidade a abamectina. Uma população foi oriunda do município de Petrolina-PE (09°12'43,9'' S; 40°29'12,7'' O), coletada em videira (*Vitis vinifera* L.), e outra do município de Piracicaba-SP (22°43' 30'' S; 47° 38' 51'' O), coletada em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). Estas populações foram coletadas nos anos de 2008 e 2000, respectivamente, e desde então mantidas em laboratório sem pressão de seleção a acaricida. Os ácaros foram mantidos em plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.), em incubadora a $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $85 \pm 10\%$ de umidade relativa do ar e fotofase de 12 horas.

As populações de *N. californicus* foram coletadas em março de 2010 nos municípios de Bonito-PE (08°28'13'' S; 35°43'43'' O), em crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) e Brejão-PE (09°01'49'' S; 36°34'07'' O), em rosa (*Rosa* sp.). As criações dos predadores foram mantidas também em plantas de feijão-de-porco. Como alimento para os predadores foram colocadas, aproximadamente, 100 fêmeas de *T. urticae* e pólen de mamona (*Ricinus communis* L.) em intervalos de três dias em cada folha cotiledonar da planta. As criações foram mantidas nas mesmas condições ambientais que as populações de *T. urticae*.

Acaricidas e inibidores enzimáticos avaliados. Foram utilizados os acaricidas abamectina (Kraft 36 EC, Cheminova Brasil), clorfenapir (Pirate, Basf), diafentiuron (Polo 500 WP Syngenta Proteção de Cultivo Ltda), fenpiroximato (Ortus 50 SC, Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária) e espiromesifeno (Oberon 240 SC - Bayer CropScience Inc.); e os

inibidores enzimáticos butóxido de piperonila (PBO) (Sigma-Aldrich, Inc.), trifenilfosfato (TPP) (Sigma-AldrichTM, Inc.) e dietilmaleato (DEM) (Sigma-Aldrich[®] Inc.).

Descrição das arenas. As arenas foram confeccionadas com folhas cotiledonares de feijão-de-porco, papel de filtro, espuma de polietileno de 1 cm de espessura e placas de Petri. Tudo foi colocado nessa sequência em placas de diferentes diâmetros, dependendo do experimento. A placa foi umedecida com água destilada para manter a turgescência da folha, cuja borda foi coberta com algodão hidrófilo para evitar a fuga dos ácaros. Foram confeccionadas arenas com placas de Petri de 16, 9 e 5 cm de diâmetro.

Procedimento experimental

Teste preliminar de toxicidade. Foram transferidas 45 fêmeas adultas de *T. urticae* ou de *N. californicus* oriundas das criações para arenas de 16 cm de diâmetro. Concentrações diluídas em fator 10 (0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1000 mg de ingrediente ativo por litro de água) foram preparadas para cada acaricida, além da testemunha (água destilada). As arenas foram levadas para pulverização em torre de Potter (Burkard Scientific), com 2 ml de volume de calda (pressão de 10 psi/bar), distante de 70 cm do bico do pulverizador. Após a pulverização, as arenas foram deixadas para secar a temperatura ambiente por 20 minutos. Em seguida, 10 fêmeas adultas de *T. urticae* ou 6 fêmeas adultas de *N. californicus* foram transferidas para novas arenas não pulverizadas, de 9 e 5 cm de diâmetro para *T. urticae* e *N. californicus*, respectivamente. Os predadores foram alimentados com pólen de mamona. Cada acaricida teve três repetições por concentração, totalizando 30 *T. urticae* ou 18 *N. californicus*. As unidades com os ácaros foram mantidas em incubadoras nas mesmas condições da criação. O número total de ácaros vivos e mortos foi contado após 24h, considerando-se morto o ácaro que não caminhou pelo menos o comprimento de seu corpo ao ser tocado por um pincel fino (Nº 000). Foram determinadas, para

cada acaricida, as concentrações que promoveram a mortalidade, aproximadamente, de 0 e 100% dos ácaros.

Bioensaio de toxicidade. A partir dos testes preliminares, foram estabelecidas 7 a 8 concentrações (mg de IA/L) para cada acaricida entre a maior dose que não causou nenhuma morte e a menor dose que causou a morte de todos. Estas concentrações tiveram um fator de aumento, variando de 2 a 3 vezes a dose anterior. As aplicações dos acaricidas, assim como o número de repetições e as avaliações foram feitas de maneira semelhante ao que foi descrito para o teste preliminar. Todo este procedimento foi repetido duas vezes, totalizando 60 e 36 ácaros por concentração, respectivamente.

Toxicidade a imaturos do predador.

Ação ovicida. Foram transferidas da criação 150 fêmeas adultas de *N. californicus* para uma arena de 16 cm de diâmetro. Após 24 horas, as fêmeas adultas foram retiradas e os ovos pulverizados em torre de Potter, nas doses de campo recomendadas pelos fabricantes para controle de *T. urticae*, com os acaricidas espiromesifeno (408 mg/L), clorfenapir (96 mg/L), fenpiroximato (75 mg/L) e controle (água destilada). Após a pulverização, as arenas foram deixadas para secar a temperatura ambiente por 20 minutos. Em seguida, cada grupo de 10 destes ovos de *N. californicus* previamente pulverizados foi transferido para uma arena não tratadas de 5 cm de diâmetro, pré-infestada com 25 ovos de *T. urticae*. As arenas foram mantidas em incubadoras nas mesmas condições da criação. Cada acaricida foi repetido oito vezes. A avaliação consistiu da observação da emergência e sobrevivência das larvas de *N. californicus* até 96 h após o tratamento dos ovos.

Ação ovicida e larvicida. Foi realizado outro ensaio, semelhante ao anterior, mantendo-se os ovos na arena pulverizada. Após a secagem foi adicionado pólen como alimento. Os procedimentos de avaliação foram semelhantes ao experimento anterior.

Efeito sinergista de inibidores enzimáticos e acaricidas sobre o predador. Fenpiroximato e clorfenapir foram escolhidos para os testes, pois no bioensaio de toxicidade, estes acaricidas apresentaram as maiores valores na razão de toxicidade (RT_{50}), obtidas a partir das estimativas da CL_{50} . Foi conduzido inicialmente um ensaio preliminar, visando determinar a maior dose dos inibidores enzimáticos que não ocasionasse mortalidade de adultos de ambas as populações. Os procedimentos de pulverização e avaliação foram semelhantes aos realizados no teste preliminar. A concentração máxima que não ocasionou morte ao predador foi 100 mg/L para todos os inibidores enzimáticos (PBO, TPP e DEM). Em seguida, outro ensaio foi conduzido, com dois tratamentos, sendo no primeiro aplicado apenas as 7 a 8 concentrações dos acaricidas (fenpiroximato e clorfenapir) do bioensaio de toxicidade, enquanto no segundo tratamento foram inicialmente aplicados os inibidores enzimáticos (100 mg/L) sobre os ácaros, sendo os acaricidas aplicados 2 horas mais tarde de maneira semelhante ao primeiro tratamento. Após a secagem da arena, a mesma quantidade de predadores utilizados no bioensaio de toxicidade foi transferida para unidades experimentais não tratadas com 5 cm de diâmetro. O procedimento de avaliação foi semelhante ao do bioensaio de toxicidade. O bioensaio foi realizado duas vezes para cada população de *N. californicus*, totalizando 36 ácaros por concentração.

Sobrevivência do predador. O teste de sobrevivência de *N. californicus* foi realizado utilizando-se as doses de campo recomendadas pelos fabricantes dos acaricidas abametina (9 mg/L), clorfenapir (96 mg/L), diafentiuron (2000 mg/L), espiromesifeno (408 mg/L) e fenpiroximato (75 mg/L) para controle de *T. urticae*. Os procedimentos experimentais referentes ao tamanho da arena e pulverização dos predadores (12 h de emergência) foram realizados conforme descrito no teste preliminar de toxicidade. Logo após a secagem, os ácaros foram transferidos para arenas não tratadas de 5 cm de diâmetro, previamente infestadas com *T. urticae* e com pólen de mamona. Estas arenas eram trocadas a cada 5 dias. As avaliações também foram realizadas conforme

descrito no bioensaio de toxicidade, contudo a cada 1h, durante as 24h iniciais, e posteriormente a cada 6h, até a morte de todos os ácaros. Todo este procedimento foi repetido duas vezes para cada população, totalizando 60 ácaros por acaricida e controle.

Análise Estatística. Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971) depois da correção da mortalidade do controle (Abbott 1925). O programa POLO-PC (LeOra Software 1987) foi utilizado para a obtenção das curvas de concentração resposta. Para testar as diferenças entre as repetições dos bioensaios, a hipótese nula de que as inclinações e interceptos das linhas de regressão são iguais foi testada. As razões de toxicidade e as razões de sinergismo para os acaricidas foram determinados de acordo com os métodos de Robertson & Priesler (1992). Os dados de sobrevivência foram utilizados para construção de curvas de sobrevivência, sendo os dados submetidos ao teste Log-Rank, através do método Kaplan-Meyer, por pares de tratamentos usando o Proc Lifetest do SAS (SAS Institute 2002).

Resultados

Bioensaio de toxicidade. Os dados de mortalidade das curvas de concentração-resposta apresentaram valores de χ^2 não significativo ($p > 0,05$), indicando a adequação ao modelo de Probit. As concentrações estimadas para ocasionar mortalidade de 50 e 90% das populações testadas indicou que a abamectina foi o produto mais tóxico para *T. urticae* e *N. californicus*, enquanto espiromesifeno foi o menos tóxico (Tabelas 1 e 2). No entanto, os dados de mortalidade de espiromesifeno ao predador não se ajustaram ao modelo de Probit, pois utilizando 245 vezes a dose de campo (100.000 mg/L) do produto comercial, a mortalidade verificada foi inferior a 50% da população testada. A toxicidade de todos os produtos para *T. urticae*, pelas estimativas das CL₅₀ e CL₉₀ foi maior para a população de Piracicaba, exceto para espiromesifeno (Tabela 1).

A estimativa da toxicidade de todos os produtos testados para *N. californicus* foi maior para a população de Bonito, com exceção de clorfenapir (Tabela 2). As maiores razões de toxicidade estimadas através da CL_{50} , entre as populações testadas do predador, foram verificadas para clorfenapir (14,69) e fenpiroximato (113,94) (Tabela 2). A razão de tolerância de *N. californicus* (CL_{50} do predador/ CL_{50} da praga) mostrou que a população de Brejão foi mais tolerante a todos os acaricidas testados, exceto para clorfenapir (Fig. 1). A maior diferença entre as razões de tolerância foi observada para fenpiroximato (Fig. 1).

Toxicidade a imaturos do predador

Ação ovicida. Os acaricidas espiromesifeno, clorfenapir e fenpiroximato não influenciaram a viabilidade dos ovos das populações testadas de *N. californicus* que foi de 100% para todos os tratamentos. Todas as larvas atingiram o estágio de protoninfa.

Ação ovicida e larvicida. Os acaricidas espiromesifeno, clorfenapir e fenpiroximato não influenciaram a viabilidade dos ovos das populações de *N. californicus* que foi de 100% para todos os tratamentos. Contudo as larvas quando expostas ao resíduo destes acaricidas tiveram 100% de mortalidade em até 24 h.

Efeito sinergista de inibidores enzimáticos e acaricidas sobre o predador. O uso dos sinergistas resultou na redução da CL_{50} estimada de *N. californicus* a fenpiroximato para as duas populações e sinergistas testados. Para a população de Bonito, a maior razão de sinergismo foi observada para PBO (~ 6 vezes), seguido de TPP (~ 3 vezes) e DEM (~ 2 vezes). Para a população de Brejão, a maior razão de sinergismo foi observada para TPP (~ 16 vezes), seguido de PBO (~ 14 vezes) e DEM (~ 1 vez) (Tabela 3). O uso de sinergistas também resultou na redução da CL_{50} estimada para *N. californicus* a clorfenapir para as duas populações e sinergistas testados. Para a população de Bonito, a maior razão de sinergismo foi observada para PBO (~ 33 vezes), seguido de TPP (~ 3 vezes) e DEM (~ 2 vezes). Para a população de Brejão, a maior razão

de sinergismo foi observada para PBO (~ 4 vezes), seguido de DEM (~ 2 vezes) e TPP (~ 1 vez). (Tabela 4).

Sobrevivência do predador. As curvas de sobrevivência dos diferentes tratamentos diferiram para as populações de Bonito e Brejão ($\chi^2 = 720,69$; $df= 5$; $p < 0,0001$) e ($\chi^2 = 458,63$; $df= 5$; $p < 0,0001$), respectivamente. A maior sobrevivência foi verificada no controle, não diferindo de espiromesifeno, para ambas as populações. Para a população de Bonito, observou-se diferença estatística entre os demais tratamentos (Fig. 2A). Para a população de Brejão, não foi observada diferença estatística entre clorfenapir, diafenturon e fenpiroximato (Fig. 2B). Abamectina ocasionou a menor sobrevivência para ambas as populações, tendo a população de Bonito sobrevivido no máximo 6 horas e a população de Brejão 12 horas, após o tratamento dos ácaros (Fig. 2).

Discussão

Abamectina mostrou ser um eficiente acaricida no controle de *T. urticae*, contudo alguns estudos consideram este acaricida não seletivo para fitoseídeos em programas de manejo de pragas. Bostanian & Akalach (2006) relataram que abamectina é muito tóxico para *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot e *Neoseiulus fallacis* (Garman). Outros estudos mostraram efeito adverso de abamectina na reprodução de *Phytoseiulus plumifer* (Canestrini & Fanzago) (Nadimi *et al.* 2009) e *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (Ibrahim & Yee 2000). No presente trabalho, a exposição de fêmeas adultas de *N. californicus* a dose de campo de abamectina promoveu o menor tempo de sobrevivência ao predador. Resultados semelhantes também foram observados em outros trabalhos (Hamedi *et al.* 2010, Kaplan *et al.* 2012, Chen *et al.* 2003). Abamectina age no receptor do ácido gama-aminobutírico (GABA) e canais de cloro (Fritz *et al.* 1979, Clark *et al.* 1995).

Os acaricidas clorfenapir, fenpiroximato e diafentiuron ocasionaram mortalidades e percentagens de sobrevivência para *N. californicus* intermediários entre o acaricida mais tóxico (abamectina) e aquele mais seletivo (espiromesifeno). Espiromesifeno foi seletivo para adultos e ovos do predador, porém causou 100% de mortalidade de larvas. Isto pode ser justificado pelo fato deste acaricida atuar como inibidor da síntese de lipídeos, e agir por contato e ingestão no artrópode (IRAC 2012), causando mortalidade elevada em formas imaturas e redução na fecundidade das fêmeas, porém, não são efetivos na mortalidade de adultos (Nauen *et al.* 2005, Marčić *et al.* 2009, Marčić *et al.* 2011). Contudo, Nauen *et al.* (2005) avaliaram o efeito de espiromesifeno em fêmeas adultas de *T. urticae* e observaram 100% de mortalidade após dez dias de exposição a este acaricida, concluindo que este produto apresenta efeito residual sobre a praga. Sato *et al.* (2011) indicaram que espiromesifeno não causou mortalidade em adultos de *N. californicus*, embora este acaricida tenha sido altamente tóxico a fêmeas adultas de *T. urticae*. Neste estudo, espiromesifeno foi seguro para ovos e adultos do predador, sugerindo a utilização deste acaricida no manejo de *T. urticae*.

A menor toxicidade de acaricidas ao predador é uma característica útil no manejo. A frequente alimentação em plantas pode levar a praga a evoluir seus aparatos enzimáticos (Mullin *et al.* 1982), sendo considerado um dos fatores mais importantes na destoxificação de acaricidas (Kim *et al.* 2004). Em fitoseídeos, a destoxificação de acaricidas pode estar relacionada ao aumento da atividade de glutathione-S-transferase (Motoyama *et al.* 1977, Fournier *et al.* 1987), monooxigenases (Roush & Plapp 1982) e esterases (Mullin *et al.* 1982, Anber & Oppenorth 1989).

Dentre os sinergistas, PBO ocasionou significativa redução da CL_{50} nas populações testadas. O butóxido de piperonila atua inibindo monooxigenases dependentes de citocromo P450. Provavelmente, a menor mortalidade das populações testadas do predador deve estar relacionada a

ação de monoxigenases dependentes de citocromo P450 (Battsten *et al.* 1986, Sato *et al.* 2001). Esse mecanismo já foi constatado tanto em ácaros pragas, como *T. urticae* (Van Pottelberge *et al.* 2009, Memarizadeh *et al.* 2013), quanto em ácaros predadores, como *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) (Sato *et al.* 2001). Memarizadeh *et al.* (2013) sugerem o envolvimento de outros mecanismos de resistência a abamectina a *T. urticae*, como a insensibilidade do sítio alvo.

A resistência a acaricidas é um sério problema em ácaros pragas, especialmente entre aqueles com potencial intrínseco de rápida evolução da resistência (Cranham & Helle 1985, Knowles 1997, Van Leeuwen *et al.* 2010). As enzimas glutathione-S-transferase e esterases parecem ter baixa contribuição na resistência observada neste trabalho, uma vez que os sinergistas apresentaram baixas taxas de sinergismo. TPP mostrou maior redução da CL₅₀ na população de Brejão a fenpiroximato, indicando que para esta população a enzima atuante é provavelmente esterase. Já PBO mostrou maior redução da CL₅₀ nas populações de *N. californicus* a clorfenapir. As enzimas glutathione-S-transferase e esterases aumentam a polaridade do acaricida, acarretando maior excreção da molécula pelo organismo.

A ação de enzimas detoxificativas é, provavelmente, o maior fator de contribuição para a ocorrência de resistência a acaricidas. Contudo, a redução na sensibilidade do sítio alvo também contribui para o aumento da resistência. Embora *N. californicus* tenha se mostrado resistente a espiromesifeno, essa característica não se mostra muito útil em programas de manejo de ácaros no Agreste pernambucano (inclui os municípios de Brejão e Bonito), considerando que populações de *T. urticae* desta região também se apresenta resistente a esses produtos (C.B.S. Ferrerira, Informação Pessoal). Pelo menos neste caso, o controle de *T. urticae* com espiromesifeno pode ser realizado sem afetar significativamente a população do predador. A população de *N. californicus* de Bonito mostrou-se mais resistente que as populações de *T. urticae* a clorfenapir. O mesmo foi observado com a população de Brejão a fenpiroximato.

Fenpiroximato é inibidor da respiração mitocondrial, agindo especificamente no complexo I (Hollingworth & Ahammadsahib 1995, Wood *et al.* 1996). É um composto contendo anéis heterocíclicos com longas estruturas hidrofóbicas e pelo menos um grupo butil terciário. Conseqüentemente, a hidroxilação deste composto é possivelmente o mecanismo de destoxificação oxidativa. Clorfenapir é um pró-inseticida/acaricida convertido no corpo de ácaros e insetos através da N-desalquilação oxidativa para a forma ativa que desacopla a fosforilação oxidativa por romper o gradiente eletroquímico na mitocôndria (Black *et al.* 1994). Assim, clorfenapir apresenta maior eficácia em populações que apresentem atividade de Desetilação mais elevada, sugerindo que a resistência metabólica através de níveis elevados de monooxigenases dependentes de citocromo P450 é um possível mecanismo de resistência. Os resultados apresentados neste trabalho indicam que as populações de *N. californicus* testadas apresentaram resistência cruzada negativa para clorfenapir e fenpiroximato, ou seja, a resistência para um produto confere maior suscetibilidade para outro. Resistência cruzada negativa a clorfenapir foi observado por Sheppard & Joyce (1998) para o piretróide cialotrin, e essa resistência foi atribuída ao aumento de monooxigenase. Van Leeuwen *et al.* (2004) observaram a destoxificação de clorfenapir por monooxigenase em *T. urticae*. Motoba *et al.* (2000) observaram que a destoxificação foi a principal causa da seletividade a fenpiroximato. Neste estudo, observa-se um mecanismo oxidativo envolvido na resistência a clorfenapir e fenpiroximato em populações de *N. californicus*. Stumpf & Nauem (2001) observaram o mesmo para *T. urticae*.

Uma das vantagens da resistência de *N. californicus* a acaricidas é o fato dos produtos associados a esta resistência serem utilizados juntamente com a liberação deste predador no campo. A toxicidade dos produtos ao ácaro praga somado com a predação exercida pela população resistente do predador pode manter mais facilmente a praga em níveis inferiores ao de dano econômico (McMurtry & Croft 1997).

Os resultados obtidos podem subsidiar a escolha de acaricidas a serem utilizados em programas de manejo integrado de *T. urticae* com liberações de *N. californicus*.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor, junto ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da UFRPE.

Literatura Citada

- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Anber, H.A.I. & F.J. Oppenoorth. 1989.** A mutant esterase degrading organophosphates in a resistant strain of the predacious mite *Amblyseius potentillae* (Garman). *Pestic. Biochem. Physiol.* 33: 283-297.
- Battsten, L.B., C.W. Holyoke Jr., J.R. Leeper & K.F. Raffa. 1986.** Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. *Science* 231: 1255-1260.
- Black, B.C., R.M. Hollingworth, K.I. Ahammadsahib, C.D. Kukel & S. Donovan. 1994.** Insecticidal action and mitochondrial uncoupling activity of AC-303,630 and related halogenated pyrroles. *Pestic. Biochem. Physiol.* 50: 115-128.
- Bolland, H.R., J. Gutierrez & C.H.W. Flechtmann. 1998.** World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). Leiden, Köln Brill, 392p.
- Bostanian, N.J. & M. Akalach. 2006.** The effect of indoxacarb and five other insecticides on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) and nymph of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Pest. Manag. Sci.* 62: 334-339.
- Castagnoli, M. & S. Simoni. 1999.** Effect of long-term feeding history on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 234: 217-234.
- Castagnoli, M., S. Simoni & N. Biliotti. 1999.** Mass-rearing of *Amblyseius californicus* (Acari: Phytoseiidae) on two alternative food sources, p. 425-431. In J. Bruin, L.P.S. van der Geest & M.W. Sabelis (eds.), *Ecology and Evolution of the Acari*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 677p.

- Castagnoli, M., M. Liguori, S. Simoni & C. Duso. 2005.** Toxicity of some insecticides to *T. urticae*, *N. californicus* and *Tydeus californicus*. *BioControl*. 50: 611-622.
- Chen, T., J.V. French, T. Liu & J.V. Graça. 2003.** Residual toxicities of pesticides to the predaceous mite *Galendromus helveolus* (Acari: Phytoseiidae) on Texas citrus. *Subtrop. Pl. Sci.* 55: 40-45.
- Clark, J.M., J.G. Scott, F. Campos & J.R. Bloomquist. 1995.** Resistance to avermectin: extent, mechanisms, and management implications. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 1-30.
- Cranham, J.E. & W. Helle. 1985.** Pesticide resistance in Tetranychidae, p. 405-421. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds.), *Spider mites: their biology, natural enemies and control*, vol. 1B. Amsterdam, Elsevier, 458p.
- Croft, B.A., J. Briozzo & J.B. Carbonell. 1976.** Resistance to organophosphorous insecticides in a predaceous mite *Amblyseius chilensis*. *J. Econ. Entomol.* 69: 563-565.
- Croft, B.A. 1990.** *Arthropod biological control agents and pesticides*. New York, Wiley Interscience, 723p.
- Finney, D.J. 1971.** *Probit Analysis*, third ed. London, Cambridge University Press, 315 p.
- Fournier, D., A. Cuany, M. Pralavorio, J.M. Bride & J.B. Berge. 1987.** Analysis of methidathion resistance mechanism in *Phytoseiulus persimilis* A.H. *Pestic. Biochem. Physiol.* 28: 271-278.
- Fritz, L.C., C.C. Wang & A. Gorio. 1979.** Avermectin-B1A irreversibly blocks postsynaptic potentials at the lobster neuromuscular-junction by reducing muscle membrane resistance. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 76: 2062-2066.
- Grbic, M., T.V. Leeuwen, R.M. Clark, S. Rombauts, P. Rouze, V. Grbic, E.J. Osborne, W. Dermauw, P.C.T. Ngoc, F. Ortego, P. Hernández-Crespo, I. Diaz, M. Martinez, M. Navajas, E. Sucena, S. Magalhães, L. Nagy, R.M. Pace, S. Djuranovic, G. Smagghe, M. Iga, O. Christiaens, J.A. Veenstra, J. Ewer, R.M. Villalobos, J.L. Hutter, S.D. Hudson, M. Velez, S.V. Yi, J. Zeng, A. P. da Silva, F. Roch, M. Cazaux, M. Navarro, V. Zhurov, G. Acevedo, A. Bjelica, J.A. Fawcett, E. Bonnet, C. Martens, G. Baele, L. Wissler, A. Sanchez-Rodriguez, L. Tirry, C. Blais, K. Demeestere, S.R. Henz, T.R. Gregory, J. Mathieu, L. Verdon, L. Farinelli, J. Schmutz, E.E. Lindquist, R. Feyereisen & Y.V. de Peer. 2011.** The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature* 479: 487-492.
- Hamedi, N., Y. Fathipour & M. Saber. 2010.** Sublethal effects of abamectin on the biological performance of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 53: 29-40.

- Hollingworth, R.M. & K.I. Ahammadsahib. 1995.** Inhibitors of respiratory complex 1: Mechanisms, pesticidal actions and toxicology. *Rev. Pestic. Toxicol.* 3: 277-302.
- Hoy, M.A. 1985.** Recent advances in genetics and genetic improvement of the Phytoseiidae. *Ann. Rev. Entomol.* 30: 345-370
- Ibrahim, Y.B. & T.S. Yee. 2000.** Influence of sublethal exposure to abamectin on the biological performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 1085-1089.
- IRAC. 2012.** Classificação do modo de ação dos inseticidas. Available in: http://www.ira-br.org.br/Arquivos/Folder_Acao.pdf. Accessed: 19 April 2012.
- Kaplan, P., S. Yorulmaz & R. Ay. 2012.** Toxicity of insecticides and acaricides to the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Int. J. Acarol.* 38: 699-705.
- Kim, Y.J., H.S. Lee, S.W. Lee & Y.J. Ahn. 2004.** Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest. Manag. Sci.* 60: 1001-1006.
- Knowles, C.O. 1997.** Mechanisms of resistance to acaricides, p. 58-78. In V. Sjut & J.A. Butters (eds.), *Molecular mechanisms of resistance to agrochemicals*. Berlin, Springer, 168p.
- LeOra-Software. 1987.** POLO-PC: a user's guide to Probit or Logit analysis. Berkeley, LeOra-Software, 22p.
- Marčić, D., I. Ogurlić, S. Mutavdžić & P. Perić. 2009.** The effect of spiromesifen on the reproductive potential of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Pestic. Phytomed.* 24: 203-209.
- Marčić, D., P. Perić, S. Petronijević, M. Prijović & T. Drobnjaković. 2011.** Cyclic ketoenols: acaricides and insecticides with a novel mode of action. *Pestic. Phytomed.* 26: 185-195.
- Matsumura, F. 1985.** *Toxicology of Insecticide*. New York, Plenum Press, 598 p.
- McMurtry, J.A. 1982.** The use of phytoseiids for biological control: progress and future prospects, p. 23-48. In M.A. Hoy (ed.), *Recent advances in knowledge of the phytoseiidae*. Berkeley, Univ. Calif. Div. Agr. Sci. Publ., 92p.
- McMurtry, J.A. & B.A. Croft. 1997.** Life styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 291-321.
- Memarizadeh, N., M. Ghadamyari, P. Zamani & R.H. Sajedi. 2013.** Resistance mechanisms to abamectin in Iranian populations of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* koch (acari: tetranychidae). *Acarologia* 53: 235-246.

- Monteiro, L.B. 2002.** Criação de ácaros fitófagos e predadores: um caso de produção de *Neoseiulus californicus* por produtores de maçã, p. 351–365. In J.R.P. Parra, P.S.M Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo, Manole, 635p.
- Moraes, G.J. 2002.** Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores. In J.R.P. Parra, P.S.M Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo, Manole, 635p.
- Moraes, G.J., J.A. McMurtry, H.A. Denmark & C.B. Campos. 2004.** A revised catalog of mite family Phytoseiidae. Zootaxa 434: 1-494.
- Motoba, K., H. Nishizawa, T. Suzuki, H. Hamaguchi, M. Uchida & S. Funayama. 2000.** Species-specific detoxification metabolism of fenpyroximate, a potent acaricide. Pest. Biochem. Physiol. 67: 73–84.
- Motoyama, N., W.C. Dauterman & G.C. Rock. 1977.** Toxicity of O-alkyl analogues of azinphosmethyl and other insecticides to resistant and susceptible predaceous mites, *Amblyseius fallacis*. J. Econ. Entomol. 70: 475-476.
- Mullin, C.A., B.A. Croft, K. Strickler, F. Matsumura & J.R. Miller. 1982.** Detoxification enzyme differences between a herbivorous and predatory mite. Science 217: 1270-1272.
- Nadimi, A., K. Kamali, M. Arbabi & F. Abdoli. 2009.** Selectivity of three miticides to spider mite predator, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. Agric. Sci. China 8: 326–331.
- Nauen, R., H.J. Schnorbach & A. Elbert. 2005.** The biological profile of spiromesifen (Oberon®): a new tetrionic acid insecticide/acaricide. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 58: 417-440.
- Oatman, E.R., J.A. McMurtry, F.E. Gilstrap & V. Voth. 1977.** Effect of releases of *Amblyseius californicus* on the twospotted spider mite on strawberry in southern California. J. Econ. Entomol. 70: 638-640.
- Peña, J.E. & L. Osborne. 1996.** Biological control of *Polyphagotarsonemus latus* (Acarina: Tarsonemidae) in greenhouses and field trials using introductions of predacious mites (Acarina: Phytoseiidae). Entomophaga 41: 279-285.
- Pickett, C.H. & F.E. Gilstrap. 1986.** Inoculative release of phytoseiids (Acari) for the biological control of spider mites (Acari: Tetranychidae) in corn. Environ. Entomol. 15: 790-794.
- Poletti, M. & C. Omoto. 2012.** Susceptibility to deltamethrin in the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) populations in protected ornamental crops in Brazil. Exp. Appl. Acarol. 58: 385-393.

- Price, N.R. 1991.** Insect resistance to insecticides: mechanisms and diagnosis. *Comp. Biochem. Physiol.* 100: 319-326.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide Bioassays with Arthropods. Boca Raton, CRC Press, 127p.
- Roush, R.T. & F.W. Plapp. 1982.** Biochemical genetics of resistance to aryl carbamate insecticides in the predaceous mite, *Metaseiulus occidentalis*. *J. Econ. Entomol.* 75: 304-307.
- SAS Institute. 2002.** SAS/STAT 8.0 User's Guide. SAS Institute Cary, United States.
- Sato, M.E., T. Miyata, A. Kawai & O. Nakano. 2001.** Methidathion resistance mechanisms in *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 69: 1-12.
- Sato, M.E., M.Z. da Silva, L.R. Gonçalves, M.F. Souza Filho & A. Raga. 2002.** Toxicidade diferencial de Agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em Morangueiro. *Neotrop. Entomol.* 31: 449-456.
- Sato, M.E., M.Z. da Silva, M.F. Souza Filho, A.L. Matioli & A. Raga. 2007.** Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. *Exp. Appl. Acarol.* 42: 107-120.
- Sato, M.E., M.Z. da Silva, A. Raga, K.G. Cangani, B. Veronez & R.L. Nicastro. 2011.** Spiromesifen toxicity to the spider mite *Tetranychus urticae* and selectivity to the predator *Neoseiulus californicus*. *Phytoparasitica* 39: 437-445.
- Scott, J.G. 1991.** Insecticide resistance in insects, p. 663-677. In D. Pimentel (ed.), *Handbook of pest management in agriculture*. Vol. II. 2 ed. Boca Raton, CRC Press, 757p.
- Sheppard, D.C. & J.A. Joyce. 1998.** Increased susceptibility of pyrethroid-resistance hornflies (Diptera: Muscidae) to chlorfenapyr. *J. Econ. Entomol.* 91: 398-400.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch & K.S. Hagen. 1959.** The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81-101.
- Stumpf, N. & R. Nauen. 2001.** Cross-resistance, inheritance and biochemistry of METI-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 94: 157-158.
- Thomson, W.T. 1982.** Agricultural chemicals book I: insecticides, acaricides and ovicides. Fresno, Thomson Publ., 249p.
- Van de Vrie, M., J.A. McMurtry & C.B. Huffaker. 1972.** Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. III Biology, ecology and pest status, and host plant relations of tetranychids. *Hilgardia* 41: 387-403.

- Van Leeuwen, T., V. Stillatus & L. Tirry. 2004.** Genetic analysis and cross-resistance spectrum of a laboratory-selected chlorfenapyr resistant strain of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 32: 249-261.
- Van Leeuwen, T., J. Vontas, A. Tsagkarakou, W. Dermauw & L. Tirry. 2010.** Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 40: 563-572.
- Van Pottelberge, S., T. Van Leeuwen, R. Nauen & L. Tirry. 2009.** Resistance mechanisms to mitochondrial electron transport inhibitors in a field-collected strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Bull. Entomol. Res.* 99: 23-31.
- Wood, E., B. Latli & J.E. Casida. 1996.** Fenazaquin acaricide specific binding sites in NADH: Ubiquinone oxidoreductase and apparently the ATP synthase stalk. *Pest. Biochem. Physiol.* 54: 135-145.

Tabela 1. Toxicidade de acaricidas a populações de *T. urticae*.

Acaricida	População	n ¹	GL ²	χ^2 ³	Inclinação \pm EP ⁴	CL ₅₀ (95%) ⁵	RT ₅₀ ⁶	CL ₉₀ (95%) ⁵	RT ₉₀ ⁶
Abamectina	Petrolina	480	6	1,92	1,81 \pm 0,19	0,24 (0,18 – 0,29)	10,73	1,20 (0,90 – 1,77)	4,44
	Piracicaba	540	7	3,60	1,17 \pm 0,08	0,02 (0,017- 0,03)	-----	0,27 (0,18 – 0,45)	----
Clorfenapir	Petrolina	540	7	5,96	1,36 \pm 0,12	61,37 (45,37 – 79,07)	2,85	539,72 (398,77 – 796,65)	1,41
	Piracicaba	540	7	9,68	1,02 \pm 0,13	21,50 (9,84 – 37,77)	-----	383,39 (183,59 – 1446,31)	-----
Diafentiuron	Petrolina	540	7	2,45	1,49 \pm 0,13	200,16 (151,19 – 260,84)	2,34	1.436,87 (1.014,45 – 2.244,83)	1,40
	Piracicaba	540	7	5,81	1,19 \pm 0,08	85,58 (64,65 – 113,18)	----	1025,36 (688,98 – 1679,24)	----
Espiromesifeno	Petrolina	487	6	10,47	0,79 \pm 0,13	1.647,26 (266,95 – 4.000,22)	----	67.822,32 (21.080,02 – 1.874.122,34)	----
	Piracicaba	480	6	5,30	0,51 \pm 0,06	2.317,49 (1.219,22 – 4.688,11)	1,41	732.973,12 (206.351,11 – 4.768.854,21)	10,81
Fenpiroximato	Petrolina	600	8	2,62	0,96 \pm 0,06	85,13 (62,06 – 116,41)	15,28	1.846,84 (1.171,2 – 3.233,34)	24,92
	Piracicaba	600	8	3,60	1,14 \pm 0,11	5,57 (3,53 – 8,09)	-----	74,10 (48,96 – 126,93)	-----

¹Número total de ácaros usados nos bioensaios;

²Grau de liberdade;

³Valor de qui-quadrado ($p > 0,05$);

⁴Erro padrão da média;

⁵Concentrações em mg/ L;

⁶Razão de toxicidade.

Tabela 2. Toxicidade de acaricidas a populações de *N. californicus*.

Acaricida	População	n ¹	GL ²	$\chi^{2,3}$	Inclinação \pm EP ⁴	CL ₅₀ (95%) ⁵	RT ₅₀ ⁶	CL ₉₀ (95%) ⁵	RT ₉₀ ⁶
Abamectina	Bonito	320	6	4,43	2,37 \pm 0,47	3,92 (2,54 – 5,14)	----	13,65 (9,97 – 24,66)	----
	Brejão	288	6	3,73	1,02 \pm 0,18	4,94 (2,11 – 8,72)	1,26	89,03 (44,08 – 314,41)	6,52
Clorfenapir	Bonito	360	7	7,13	1,06 \pm 0,27	666,67 (180,57 – 1.259,70)	14,69	10.894,06 (4.019,04 – 461.651,15)	6,31
	Brejão	288	6	5,33	0,81 \pm 0,08	45,37 (27,35 – 76,04)	----	1.725,72 (802,13 – 4.967,38)	----
Diafentiuron	Bonito	360	7	3,45	0,67 \pm 0,07	353,58 (213,35 – 617,47)	----	28.763,46 (11.098,14 – 112.250,46)	1,35
	Brejão	290	6	3,99	0,78 \pm 0,09	486,96 (299,87 – 829,79)	1,38	21.259,34 (8.822,80 – 78.001,08)	-----
Fenpiroximato	Bonito	360	7	3,30	0,61 \pm 0,07	8,35 (4,22 – 16,35)	----	1.072,32 (367,57 – 5.282,40)	----
	Brejão	304	6	3,89	1,01 \pm 0,13	951,39 (538,73 – 1.551,69)	113,94	17.797,42 (9.332,12 – 46.346,08)	16,59

¹Número total de ácaros usados nos bioensaios;

²Grau de liberdade;

³Valor de qui-quadrado ($p > 0,05$);

⁴Erro padrão da média;

⁵Concentrações em mg/ L;

⁶Razão de toxicidade.

Tabela 3. Toxicidade de fenpiroximato a populações de *N. californicus*, com e sem dietilmaleato (DEM), butóxido de piperonila (PBO) e trifenilfosfato (TPP).

População	Inibidor enzimático	n ¹	GL ²	χ^2 ³	Inclinação \pm EP ⁴	CL ₅₀ (95%) ⁵	RS ₅₀ ⁶
Bonito	Sem PBO	288	6	3,13	0,66 \pm 0,08	9,81 (5,52 – 19,85)	5,66 (2,53 - 12,62)
	Com PBO	287	6	3,60	0,77 \pm 0,08	1,73 (1,05 – 2,84)	
Brejão	Sem PBO	289	6	3,69	1,24 \pm 0,17	516,48 (276,76 – 831,37)	14,11 (6,09 - 32,65)
	Com PBO	288	6	1,89	1,07 \pm 0,15	36,63 (16,79 – 64,15)	
Bonito	Sem DEM	277	6	6,91	1,02 \pm 0,20	88,18 (24,68 – 187,43)	1,96 (0,82 – 4,74)
	Com DEM	282	6	4,78	1,13 \pm 0,18	44,98 (21,51 – 77,36)	
Brejão	Sem DEM	285	6	4,62	1,19 \pm 0,26	634,73 (191,10 – 1165,14)	1,18 (0,43 – 3,25)
	Com DEM	286	6	3,67	1,16 \pm 0,20	535,74 (236,88 – 915,06)	
Bonito	Sem TPP	283	6	5,08	0,86 \pm 0,11	22,46 (12,04 – 38,94)	3,32 (1,33 – 8,26)
	Com TPP	286	6	3,56	0,85 \pm 0,11	6,77 (2,99 – 12,69)	
Brejão	Sem TPP	285	6	8,49	1,02 \pm 0,14	597,21 (208,32 – 1303,29)	15,62 (6,56 – 37,21)
	Com TPP	288	6	3,14	1,07 \pm 0,15	38,22 (17,50 – 67,23)	

¹Número total de ácaros usados nos bioensaios;

²Grau de liberdade;

³Valor de qui-quadrado ($p > 0,05$);

⁴Erro padrão da média;

⁵Concentrações em mg/ L;

⁶Razão de sinergismo (CL50 sem sinergista/CL com sinergista) e intervalo de confiança a 95% calculado através do método de Robertson & Preisler (1992).

Tabela 4. Toxicidade de clorfenapir a *N. californicus*, com e sem dietilmaleato (DEM), butóxido de piperonila (PBO) e trifenilfosfato (TPP).

População	Inibidor enzimático	n ¹	GL ²	χ^2 ³	Inclinação \pm EP ⁴	CL ₅₀ (95%) ⁵	RS ₅₀ ⁶
Bonito	Sem PBO	283	6	6,98	1,23 \pm 0,24	419,01 (131,65 – 799,28)	32,88 (9,38 – 115,31)
	Com PBO	283	6	7,73	0,58 \pm 0,10	12,74 (1,14 – 45,81)	
Brejão	Sem PBO	283	6	5,87	0,92 \pm 0,11	72,28 (36,84 – 126,24)	4,11 (1,46 – 11,60)
	Com PBO	285	6	5,71	0,66 \pm 0,01	17,56 (6,41 – 36,52)	
Bonito	Sem DEM	277	6	2,80	1,11 \pm 0,15	466,89 (287,53 – 743,80)	1,69 (0,77 – 3,72)
	Com DEM	284	6	3,88	1,15 \pm 0,22	275,16 (120,04 – 468,63)	
Brejão	Sem DEM	285	6	3,03	1,08 \pm 0,13	91,21 (50,99 – 147,99)	2,17 (1,01 – 4,65)
	Com DEM	285	6	2,99	0,99 \pm 0,12	42,03 (22,89 – 69,82)	
Bonito	Sem TPP	286	6	5,53	1,15 \pm 0,24	144,28 (48,28 – 261,80)	2,77 (1,05 – 7,35)
	Com TPP	284	6	4,20	1,43 \pm 0,25	52,00 (23,19 – 87,02)	
Brejão	Sem TPP	282	6	3,78	1,05 \pm 0,14	82,09 (42,69 – 139,59)	1,29 (0,59 – 2,80)
	Com TPP	287	6	3,37	1,89 \pm 0,39	63,61 (31,15 – 96,81)	

¹Número total de ácaros usados nos bioensaios;

²Grau de liberdade;

³Valor de qui-quadrado ($p > 0,05$);

⁴Erro padrão da média;

⁵Concentrações em mg/ L;

⁶Razão de sinergismo e intervalo de confiança a 95% calculado através do método de Robertson & Preisler (1992).

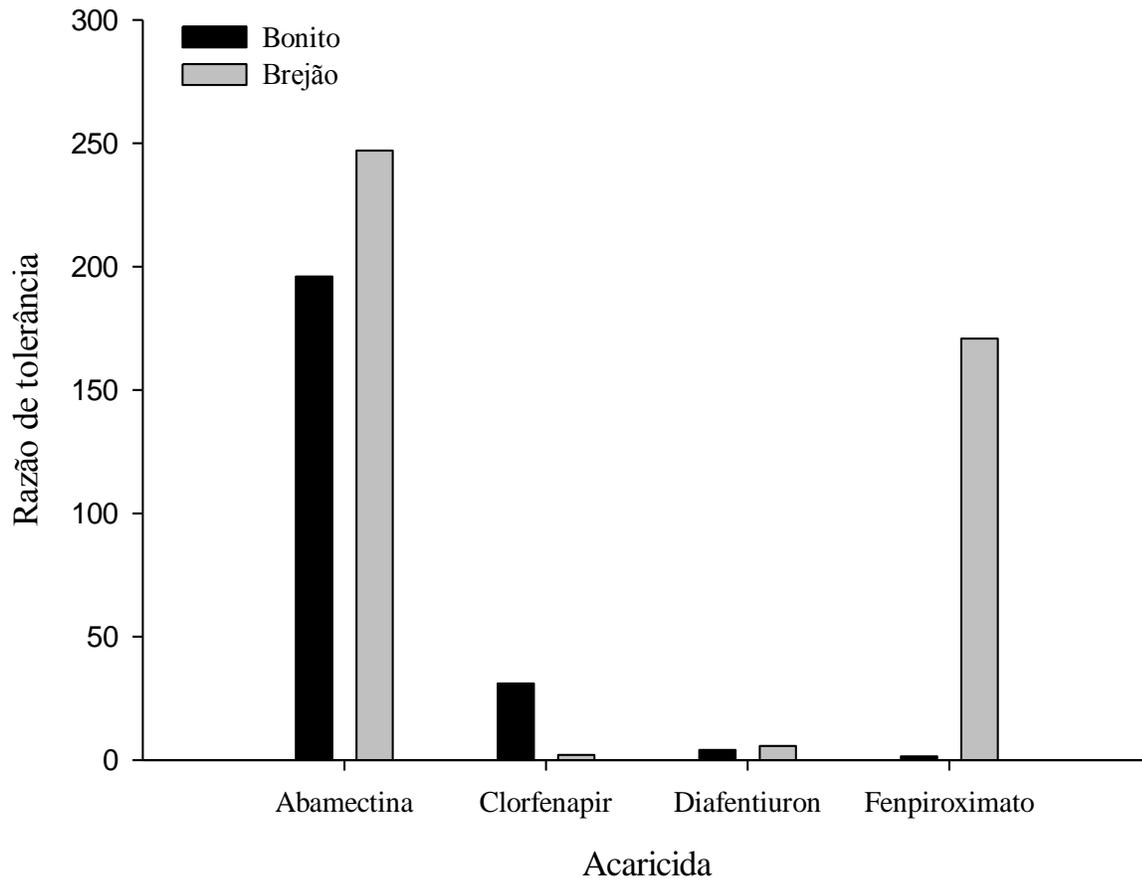


Figura 1. Razão de tolerância das populações de *N. californicus* pela população de Piracicaba de *T. urticae*.

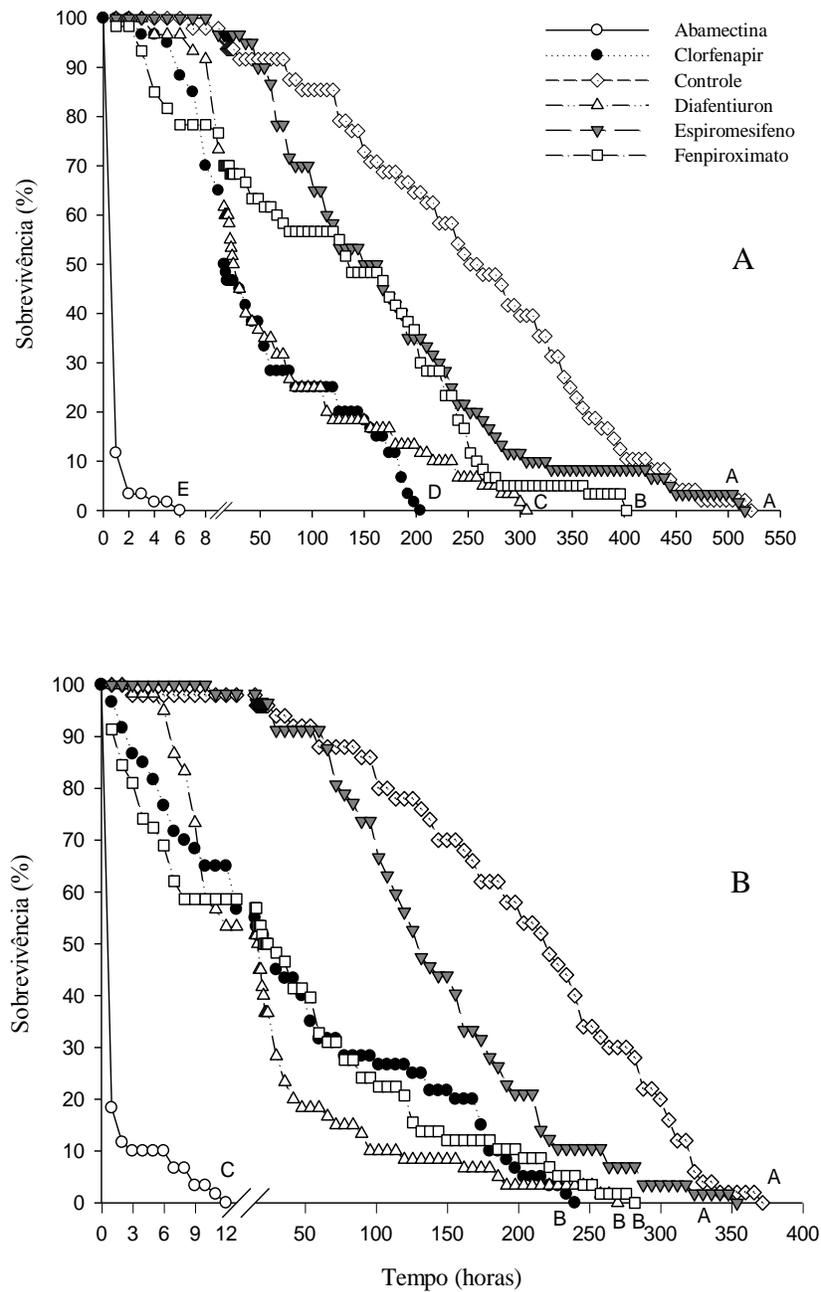


Figura 2. Curvas de sobrevivência de *N. californicus* quando exposto a dose de campo de abamectina, clorfenapir, fenpiroximato, diafentiuron e espiromesifeno para *T. urticae*. A- População de Bonito, B - População de Brejão. Legendas com a mesma letra não diferem entre si através do teste de Log-Rank ($p > 0,05$) com determinações de curvas pelo método de Kaplan-Meier.

CAPÍTULO 4

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A POPULAÇÕES DE *Neoseiulus idaeus* DENMARK & MUMA E *Neoseiulus californicus* (McGREGOR) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) E DESEMPENHO RELATIVO¹

CARLA P.O. DE ASSIS, MANOEL G.C. GONDIM JR. E HERBERT A.A. DE SIQUEIRA

Departamento de Agronomia-Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171-900 Recife, PE.

¹ CARLA P.O. DE ASSIS, MANOEL G.C. GONDIM JR. & HERBERT A.A. DE SIQUEIRA Toxicidade de acaricidas a populações de *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma e *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e desempenho relativo. A ser submetido.

RESUMO – O emprego de populações de fitoseídeos resistentes a acaricidas pode ser interessante em programas de manejo de ácaros. No entanto, indivíduos resistentes podem ser menos adaptados que os suscetíveis em condições naturais, devido ao possível custo adaptativo associado com a resistência. Normalmente, isto pode ser constatado através da comparação de parâmetros biológicos entre populações resistentes e suscetíveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de populações de *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma aos acaricidas abamectina, clorfenapir, diafentiuron e fenpiroximato e estimar possíveis custos adaptativos associados com a resistência. Foram realizados testes de toxicidade para diferentes populações desses predadores. Além disso, o efeito dos acaricidas (na dose de campo recomendada para o controle de *Tetranychus urticae* Koch) na sobrevivência do predador foi avaliado. Parâmetros biológicos das populações dos predadores na ausência dos acaricidas também foram comparados. Abamectina ocasionou as maiores mortalidades e as menores sobrevivências aos predadores, enquanto diafentiuron foi o menos tóxico para *N. idaeus*, e clorfenapir e fenpiroximato foram os menos tóxicos para as populações de *N. californicus* oriundas de Bonito e Brejão, respectivamente. Todos os parâmetros biológicos avaliados não diferiram entre as duas populações de cada espécie, portanto não foi verificado custo adaptativo. A sobrevivência das populações de *N. idaeus* não diferiu apenas para diafentiuron, enquanto *N. californicus* não diferiu para clorfenapir e diafentiuron. As populações estudadas de *N. californicus* são mais promissoras que as populações de *N. idaeus* para utilização no manejo integrado de *T. urticae* juntamente com aplicações de clorfenapir e fenpiroximato.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaros predadores, tabela de vida, sobrevivência, biologia, manejo integrado

TOXICITY OF ACARICIDES TO *Neoseiulus idaeus* DENMARK & MUMA AND *Neoseiulus californicus* (McGREGOR) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) AND RELATIVE PERFORMANCE

ABSTRACT – The use of resistant phytoseiid populations to acaricides can be very interesting in management programs of mites. However, resistant individuals could be less adapted than susceptible individuals under natural conditions, due to possible fitness costs associated with resistance. Usually, this can be seen by comparing biological parameters between resistant and susceptible populations. The aim of this study was to investigate the resistance of *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma populations to acaricides abamectin, chlorfenapyr, diafenthiuron and fenpyroximate and also examine the fitness costs associated with resistance. Toxicity tests were conducted for different populations of those predators. In addition, the effect of acaricides (at label rate recommended for the control of *Tetranychus urticae* Koch) on the survival of predator were assessed. Biological parameters of population predators in the absence of acaricides were also compared. Abamectin caused the highest mortality and lower survival rates to predators, while diafenthiuron was the least toxic to *N. idaeus*, and chlorfenapyr and fenpyroximate were the least toxic for populations of *N. californicus* originating from Bonito and Brejão, respectively. All parameters evaluated did not differ between the two populations of each species, so there was not verified fitness cost. The survival of populations of *N. idaeus* did not differ only for diafenthiuron, while *N. californicus* did not differ for chlorfenapyr and diafenthiuron. The study populations of *N. californicus* are more promising than the populations of *N. idaeus* for use in integrated management of *T. urticae* along with chlorfenapyr and fenpyroximate applications.

KEY WORDS: Predatory mites, life table, survival, biology, integrated management

Introdução

Ácaros predadores da família Phytoseiidae são importantes agentes de controle biológico devido à sua capacidade de suprimir populações de ácaros pragas, principalmente tetraniquídeos, em diversos sistemas de cultivos (Prischmann *et al.* 2002, Jung *et al.* 2004). Caracterizam-se por apresentar baixo requerimento alimentar, rápido desenvolvimento, alta capacidade de forrageamento, persistência em plantas com baixa infestação de presas, capacidade de sobrevivência em substratos alternativos e elevada adaptabilidade a diferentes habitats (McMurtry & Croft 1997, Moraes 2002). Além do hábito predatório, muitas espécies também podem alimentar-se de pólen, fungos, exudatos de plantas e excreções de insetos, o que propicia a manutenção das populações nas áreas de cultivo (McMurtry & Croft 1997, Moraes & Flechtmann 2008).

Quando abundantes na cultura, ácaros predadores podem manter a população de ácaros fitófagos em níveis populacionais que não causam danos econômicos (McMurtry & Croft 1997). Isto pode reduzir o número de aplicações de acaricidas e a pressão de seleção e, conseqüentemente, retardar o desenvolvimento da resistência de ácaros praga (Croft 1990). A resistência está associada à habilidade de uma população de um organismo tolerar doses de tóxicos que seriam letais para uma população normal (suscetível) da mesma espécie (WHO 1957, WHO 1960), através da seleção de indivíduos que sobrevivem a doses cada vez mais altas. Casos de resistência a agrotóxicos também têm sido relatados com frequência em populações de Phytoseiidae (Hoy 1990). Contudo, a evolução para a resistência pode gerar custo adaptativo aos predadores. Na natureza, os indivíduos resistentes podem estar menos aptos que os suscetíveis quando o acaricida não é utilizado (Roush & McKenzie 1987). Esta desvantagem dos indivíduos resistentes pode ser constatada, por exemplo, através da menor viabilidade de formas imaturas, menor fecundidade, maior tempo de desenvolvimento, menor competitividade para o

acasalamento e maior suscetibilidade aos inimigos naturais (Roush & McKenzie 1987). Por isto, o estudo dos custos adaptativos de populações de predadores resistentes é necessário, pois estas populações podem não ser competitivas em condições de campo, e comprometer diretamente programas baseados na introdução e liberação desses organismos (Hoy 1990).

Dentre os inimigos naturais de ácaros fitófagos, destaca-se o gênero *Neoseiulus* (Phytoseiidae) (Moraes 2002). *Neoseiulus californicus* (McGregor) é um predador de ampla distribuição geográfica (McMurtry 1977, McMurtry & Croft 1997), sendo encontrado em países das Américas do Norte e do Sul, Europa, África e Japão (Palevsky *et al.* 1999, Amano *et al.* 2004), e utilizado no controle de ácaros fitófagos em campo e em cultivo protegido em diversos países do hemisfério ocidental (Oatman *et al.* 1977, Pickett & Gilstrap 1986, Raworth *et al.* 1994). A versatilidade deste predador é notável, não só porque pode preda todas as fases de importantes pragas, como o ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (Canlas *et al.* 2006), mas também pela capacidade de preda outras espécies de tetraniquídeos, além de outros ácaros-praga, insetos e até alimentar-se de pólen (Friese & Gilstrap 1982, McMurtry & Croft 1997, Croft *et al.* 1998).

Neoseiulus idaeus Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) é outra espécie do gênero relatada em diversos países da América do Sul (Moraes *et al.* 2004), sendo encontrado frequentemente nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil (Moraes *et al.* 1993), contudo não é utilizada comercialmente. Embora ainda sejam poucos os estudos sobre *N. idaeus*, este predador tem demonstrado potencial para regular populações de ácaros pragas em algumas culturas, como mamão (Moraes *et al.* 1994, Collier *et al.* 2007), mandioca (Begevand & Tanigoshi 1995, Bellotti *et al.* 1999) e videira (Domingos 2010). O potencial deste predador no controle biológico pode ser exemplificado pela introdução bem sucedida em Benin (África), para controlar o ácaro verde da mandioca, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) (Yaninek *et al.* 1991).

O interesse pela diminuição do uso de agrotóxicos tem propiciado o incremento de estudos de agentes de controle biológico como os fitoseídeos (Moares 2002). Estes agentes tem papel fundamental no manejo de ácaros fitófagos, seja através de liberações ou através de práticas que possibilitem o incremento das populações de campo (McMurtry & Croft 1997, Gerson *et al.* 2003). No Brasil e no mundo, diversas espécies têm sido criadas massalmente para comercialização com este propósito (Monteiro 2002, Moraes 2002). A prospecção em campo, aliado a estudos de laboratório, tem buscado mais opções de espécies e populações que possam ser produzidas e utilizadas comercialmente como inimigos naturais (Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Moraes *et al.* 2012). O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de populações de *N. californicus* e *N. idaeus* a acaricidas, assim como o eventual custo adaptativo decorrente desta adaptação.

Material e Métodos

Obtenção e manutenção das populações de *Neoseiulus idaeus* e *Neoseiulus californicus*. Uma população de *Neoseiulus idaeus* foi coletado em videira (*Vitis vinifera* L.), em março de 2013, no município de Petrolina-PE (09°12'43,9'' S; 40°29'12,7'' O), onde eram realizadas pulverizações frequentes de acaricidas para controle de *T. urticae*. Outra população desta espécie foi coletada em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), em fevereiro de 2013, na Universidade Federal Rural de Pernambuco em Recife-PE (8°01'05'' S; 34°56'4'' O), onde não existia qualquer pressão de seleção pelo uso de acaricidas. Uma população de *Neoseiulus californicus* foi coletado em crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.), no município de Bonito-PE (08°28'13'' S; 35°43'43'' O), em março de 2010. Outra população desta espécie foi coletada em rosa (*Rosa* sp.), no município de Brejão-PE (09°01'49'' S; 36°34'07'' O), em março de 2010. As populações desta última espécie sofriam grande pressão de seleção pelo uso de acaricidas em estufas. Após a

coleta, os ácaros foram transportados ao laboratório e mantidos em plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.), em incubadora ($27 \pm 1^\circ\text{C}$, $85 \pm 10\%$ de umidade relativa do ar e fotofase de 12 horas). Foram colocadas como alimento, aproximadamente, 100 fêmeas de *T. urticae* e pólen de mamona (*Ricinus communis* L.) em intervalos de três dias em cada folha cotiledonar da planta.

Acaricidas. Foram utilizados os acaricidas abamectina (Vertimec 18 CE, Syngenta), clorfenapir (Pirate, Basf S.A.), diafentiuron (Polo 500 WP Syngenta Proteção de Cultivo Ltda) e fenpiroximato (Ortus 50 SC, Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária).

Descrição das arenas. As arenas foram confeccionadas com folhas cotiledonares de feijão-de-porco, papel de filtro, espuma de polietileno de 1 cm de espessura e placas de Petri. Tudo foi colocado nessa sequência em placas de diferentes diâmetros, dependendo do experimento. A placa foi umedecida com água destilada para manter a turgescência da folha, cuja borda foi coberta com algodão hidrófilo para evitar a fuga dos ácaros. Foram confeccionadas arenas com placas de Petri de 16 e 5 cm de diâmetro.

Procedimento Experimental.

Teste preliminar de toxicidade. Foram transferidas 45 fêmeas adultas da criação para arenas de 16 cm de diâmetro. Concentrações diluídas em fator 10 (0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1000 mg de ingrediente ativo por litro de calda), além da testemunha (água destilada), foram preparadas para cada acaricida. As arenas com os ácaros foram levadas para pulverização em torre de Potter (Burkard Scientific), com 2 ml de volume de calda (pressão de 10 psi/bar), distante de 70 cm do bico do pulverizador. Após a pulverização, as arenas foram deixadas para secar a temperatura ambiente por 20 minutos. Arenas com 5 cm de diâmetro foram infestadas 24 horas antes com 10 fêmeas adultas de *T. urticae*. Após este período, as fêmeas de *T. urticae* foram retiradas, mantendo-se apenas os ovos. Em seguida, seis fêmeas adultas tratadas de *N. idaeus* ou *N.*

californicus foram transferidas para cada uma destas arenas. Cada acaricida teve três repetições por concentração, totalizando 18 ácaros. As arenas com os ácaros foram mantidas em incubadoras nas mesmas condições da criação. O número total de ácaros vivos e mortos foi contado após 24 h, considerando morto o ácaro que não caminhou pelo menos o comprimento de seu corpo ao ser tocado por um pincel fino (Nº 000).

Bioensaio de toxicidade. A partir dos testes preliminares, foram estabelecidas 7 a 8 concentrações (mg de IAL) para cada acaricida entre a maior dose que não causou nenhuma morte e a menor dose que causou a morte de todos. Estas concentrações tiveram um fator de aumento variando de 2 a 3 vezes a dose anterior. As aplicações dos acaricidas, confinamento dos ácaros nas arenas, assim como as avaliações foram feitas de maneira semelhante ao que foi descrito para o teste preliminar. Os bioensaios tiveram 3 repetições para cada concentração, totalizando 18 fêmeas adultas de *N. idaeus* e *N. californicus*, incluindo o controle. Todo este procedimento foi repetido duas vezes, totalizando 36 ácaros por concentração.

Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971) depois da correção da mortalidade do controle (Abbott 1925). O programa POLO-PC (LeOra Software 1987) foi utilizado para a obtenção das curvas de concentração resposta. As razões de toxicidade para os acaricidas foram determinadas de acordo com os métodos de Robertson & Priesler (1992). Para testar as diferenças entre os bioensaios de cada produto, a hipótese nula de que as inclinações e interceptos das linhas de regressão foram iguais foi testada. Foi realizado também o teste de probabilidade para igualdade, utilizando o POLO-PC.

Biologia de *Neoseiulus idaeus* e *Neoseiulus californicus*. Arenas de 16 cm de diâmetro tiveram a borda do folíolo coberta com uma camada de 0,5 cm de espessura de algodão hidrófilo. Ao longo de toda a nervura central do folíolo foi colocada outra camada de algodão, dividindo o folíolo ao meio. Transversalmente a esta foi distribuída equidistantemente mais quatro camadas de algodão

hidrófilo. Portanto, cada arena continha dez unidades experimentais. Dez fêmeas adultas de *T. urticae* foram transferidas para cada unidade experimental, e uma fêmea de *N. idaeus* ou *N. californicus*, que permaneceu nas unidades durante 12 horas para oviposição. Após esse período as fêmeas de *Neoseiulus* foram retiradas, deixando-se apenas um ovo do predador por unidade experimental. Foram confeccionadas cinco arenas para cada espécie e população de ácaro, sendo trocadas a cada 5 dias. As placas foram mantidas em incubadora a $27 \pm 1^\circ\text{C}$, $85 \pm 10\%$ de umidade relativa do ar e fotofase de 12 horas. As avaliações foram realizadas em intervalos de 24 h para determinação da duração e viabilidade dos estágios imaturos. Logo após a emergência das fêmeas, um macho foi retirado da unidade de criação, da respectiva espécie e população, e confinado com fêmea. Em caso de morte do macho outro era substituído até a morte da fêmea. Após a emergência foi observada a longevidade das fêmeas e oviposição diária. Os ovos obtidos nos dez primeiros dias de postura foram isolados para determinação da razão sexual. Água destilada foi adicionada a placa diariamente para manter a umidade da folha.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($p = 0,05$), utilizando-se o programa computacional SAS (SAS Institute 2002). Com os resultados obtidos foram construídas tabelas de vida de fertilidade, e os parâmetros [taxa líquida de reprodução (R_0), tempo médio da geração (T), taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m)] estimados através do programa computacional SAS (SAS Institute 2002), adaptado do modelo escrito por Maia *et al.* (2000), o qual utiliza o método de “Jackknife” para estimar intervalos de confiança das médias dos tratamentos e permite comparações entre pares de tratamentos empregando-se o teste “T”.

Sobrevivência de adultos *Neoseiulus idaeus* e *Neoseiulus californicus*. Os testes de sobrevivência de *N. idaeus* e *N. californicus* foram realizados, utilizando-se as doses recomendadas pelos fabricantes dos acaricidas abametina (9 mg/L), clorfenapir (96 mg/L),

diafentiuron (2000 mg/L) e fenpiroximato (75 mg/L) para controle de *T. urticae* no campo, assim como água destilada (tratamento controle). As arenas utilizadas e os procedimentos experimentais referentes ao tamanho da arena e pulverização dos predadores (12 h de emergência) foram conforme descrito no teste preliminar. Logo após a secagem, os ácaros foram transferidos para arenas não tratadas de 5 cm de diâmetro, previamente infestadas com aproximadamente 10 fêmeas adultas de *T. urticae* e com pólen de mamona. Estas arenas eram trocadas a cada 5 dias. As avaliações também foram realizadas conforme descrito no bioensaio de toxicidade, contudo a cada 1h, durante as 24h iniciais, e posteriormente a cada 6h, até a morte de todos os ácaros. Todo este procedimento foi repetido duas vezes para cada população, totalizando 60 ácaros por acaricida e controle.

Os dados de sobrevivência foram utilizados para construção de curvas de sobrevivência, sendo os dados submetidos ao teste Log-Rank, através do método Kaplan-Meyer, por pares de tratamentos usando o Proc Lifetest do SAS (SAS Institute 2002).

Resultados

Bioensaio de toxicidade. Os dados de mortalidade das curvas de concentração-resposta apresentaram valores de χ^2 não significativos ($p > 0,05$), indicando a adequação ao modelo de Probit. A concentração estimada que ocasionou mortalidade de 50% da população testada indicou abamectina como o produto mais tóxico para *N. idaeus* e *N. californicus*, enquanto diafentiuron foi o menos tóxico para *N. idaeus*, e clorfenapir e fenpiroximato foram os menos tóxicos para as populações de Bonito e Brejão para *N. californicus*, respectivamente (Tabela 1 e 2).

A toxicidade de todos os produtos para *N. idaeus* e *N. californicus*, pela estimativa da CL_{50} , foi maior para a população de Recife e Bonito, respectivamente, com exceção de clorfenapir (Tabelas 1 e 2). As razões de toxicidade para *N. idaeus*, estimadas através da CL_{50} , foram

próximas entre as populações testadas, variando de 0,87 (clorfenapir) a 1,86 (fenpiroximato) (Tabela 1). Para *N. californicus*, a menor razão de toxicidade, estimada através da CL₅₀, foi verificada para clorfenapir (0,06) e a maior para fenpiroximato (99,76) (Tabela 2).

Biologia de *Neoseiulus idaeus* e *Neoseiulus californicus*. Para cada espécie de predador, nenhum dos parâmetros biológicos avaliados diferiu ($p > 0,05$) entre as populações estudadas (Tabela 3). O período de desenvolvimento ($F_{1,19} = 188,2$; $p < 0,0001$), pré-oviposição ($F_{1,19} = 10,73$; $p < 0,0042$), pós-oviposição ($F_{1,19} = 7,3$; $p < 0,0145$), longevidade ($F_{1,19} = 14,8$; $p < 0,0012$), número diário de ovos por fêmea ($F_{1,19} = 24,5$; $p < 0,0001$), razão sexual ($F_{1,19} = 13,2$; $p < 0,00019$) e taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) diferiram entre as espécies estudadas.

Sobrevivência de adultos de *Neoseiulus idaeus* e *Neoseiulus californicus*. As curvas de sobrevivência entre as populações de *N. idaeus* diferiram para os acaricidas abamectina ($\chi^2 = 4,84$; $df = 1$; $p < 0,0278$), clorfenapir ($\chi^2 = 28,40$; $df = 1$; $p < 0,0001$) e fenpiroximato ($\chi^2 = 83,18$; $df = 1$; $p < 0,0001$), além do controle ($\chi^2 = 33,80$; $df = 1$; $p < 0,0001$) (Fig. 1).

As curvas de sobrevivência entre as populações de *N. californicus* diferiram para os acaricidas abamectina ($\chi^2 = 5,95$; $df = 1$; $p < 0,0147$) e fenpiroximato ($\chi^2 = 13,48$; $df = 1$; $p < 0,0002$), além do controle ($\chi^2 = 18,37$; $df = 1$; $p < 0,0001$) (Fig. 1).

Discussão

As razões de toxicidade dos acaricidas entre as populações de *N. californicus* variaram de 0,06 para clorfenapir a 99,71 para fenpiroximato. Isto indica haver resistência a estes produtos nas populações estudadas. As curvas de sobrevivência destas populações também mostraram haver diferença para fenpiroximato e abamectina. Contudo, todos os parâmetros biológicos estudados para as duas populações de *N. californicus* são muito próximos, e não diferiram entre si, não caracterizando o custo adaptativo. O termo “custo adaptativo” é empregado quando se verifica

que os indivíduos resistentes são menos aptos que os suscetíveis na ausência de acaricidas. Isto pode ser constatado através de diferenças no desempenho biológico de uma população resistente em comparação a outra suscetível. Parâmetros como tempo de desenvolvimento, viabilidade de formas imaturas, número de descendentes, menor competitividade para o acasalamento, maior suscetibilidade aos inimigos naturais, entre outros podem indicar este custo (Roush & McKenzie 1987). Entretanto, não foram testadas neste trabalho populações que não sofreram pressão de seleção anteriormente, e que pudesse caracterizar ausência de resistência, e assim possibilitar a comparação entre resistente e suscetível. Contudo, os valores dos parâmetros estudados são bastante diferentes dos observados por Canlas *et al.* (2006), apesar destes terem realizado os experimentos a temperatura de 25 °C, com populações obtidas no Japão.

As razões de toxicidade dos acaricidas entre as populações de *N. idaeus* variaram de 0,87 a 1,86, indicando não haver resistência para as populações estudadas. Contudo, as curvas de sobrevivência para os acaricidas abamectina, clorfenapir e fenpiroximato foram diferentes. Apesar de não estar caracterizada a resistência destas populações aos acaricidas testados, a frequência de indivíduos resistentes pode estar alterada o suficiente para promover diferenças entre a sobrevivência destas populações. Como nenhuma diferença foi observada para os parâmetros biológicos estudados para as duas populações de *N. idaeus* não se pode afirmar ter havido custo adaptativo para esta espécie. Os parâmetros biológicos das populações aqui estudadas foram muito próximos aos verificados por Moraes *et al.* (1994) a 25 °C, exceto pelo número total de ovos e taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) que foram inferiores aos observados neste trabalho.

Ao analisar os aspectos biológicos de *N. idaeus* e de *N. californicus*, observa-se diferenças entre as espécies no período de desenvolvimento, período de pré-oviposição, período de pós-oviposição, número de ovos/fêmea/dia, longevidade das fêmeas, razão sexual e taxa intrínseca de

crescimento populacional. Esta última reflete melhor o potencial das espécies, e verifica-se que *N. californicus* tem melhor desempenho que *N. idaeus*. Aparentemente, *N. californicus* é naturalmente tolerante a clorfenapir e fenpiroximato, enquanto as populações de *N. idaeus* não são.

As populações de *N. californicus* usadas neste estudo apresentam tempo de desenvolvimento semelhante às populações japonesas da mesma espécie (Canlas *et al.* 2006). Resultados de estudos sobre o custo adaptativo associado à resistência a acaricidas mostra grande variabilidade relacionada ao nível de resistência aos acaricidas testados nos predadores. Roush & Hoy (1981) observaram aumento na razão sexual em populações de *Galendromus* (*Galendromus occidentalis* (Nesbitt) resistentes a carbaril, quando comparadas a populações não resistentes. Níveis considerados baixos de resistência em predadores provavelmente não implicam em custos adaptativos (Rezende *et al.* 2013).

Abamectina tem ação translaminar e é considerado, geralmente, seletivo aos inimigos naturais por ser absorvido pela planta dentro de poucas horas, causando baixo impacto aos predadores (IRAC 2012). No entanto, este acaricida mostrou-se o mais tóxico para *N. idaeus* e *N. californicus* que os demais testados. Alta toxicidade a abamectina também foi relatada por Bostanian & Akalach (2006) para *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot e *Neoseiulus fallacis* (Garman). Sato *et al.* (2002) observaram que abamectina é muito tóxica para *N. californicus* em condições de laboratório. Abamectina também afetou negativamente a reprodução de *Phytoseius plumifer* (Canestrini & Fanzago) (Nadimi *et al.* 2009) e *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (Ibrahim & Yee 2000).

Resistência cruzada negativa entre as populações estudadas foi observada para os acaricidas clorfenapir e fenpiroximato, pois a resistência a um produto confere maior suscetibilidade ao outro. Isso foi evidenciado pelas diferenças na toxicidade para as populações de *N. californicus*.

Resultado semelhante foi observado por Sheppard & Joyce (1998) entre clorfenapir e cialotrin, sendo a resistência atribuída ao aumento de monooxigenase. Provavelmente, a resistência a clorfenapir e fenpiroximato em populações de *N. californicus* estudadas envolvem um mecanismo oxidativo. Isto também é observado para *T. urticae* (Stumpf & Nauem 2001).

Abamectina e fenpiroximato apresentaram diferença significativa na sobrevivência entre as populações de *N. californicus*. Essa diferença para fenpiroximato pode ter relação direta com a resistência a estes produtos para as diferentes populações. A evolução da resistência a agrotóxicos constitui um exemplo de evolução em resposta à alteração do ambiente pelo homem e, geralmente, ocorre em curto espaço de tempo (Gould 1991). Os principais fatores que afetam a dinâmica da resistência são o custo adaptativo dos indivíduos resistentes na ausência de pressão de seleção e a imigração de indivíduos suscetíveis (Crow 1957). Na ausência de pressão de seleção, os indivíduos resistentes geralmente apresentam desvantagens no desempenho biológico para alguns parâmetros como tempo para desenvolvimento, fecundidade e fertilidade (Georghiou & Taylor 1977, Roush & Croft 1986, Roush & McKenzie 1987). A ocorrência de menor valor adaptativo da linhagem resistente permite o rápido restabelecimento da suscetibilidade na ausência de pressão de seleção em condições de campo.

A resistência não está associada necessariamente a diminuição no custo adaptativo, e a resistência em organismos benéficos, como ácaros predadores, pode ser utilizada em programas de controle biológico, sem qualquer prejuízo para as habilidades destes. Contudo, é necessário que a resistência permaneça estável durante a utilização da espécie. A resistência das populações de *N. californicus* de Bonito e Brejão a clorfenapir e fenpiroximato, respectivamente, pode ser considerada um fator importante para a manutenção deste predador em campo, onde o controle químico é realizado. Esta resistência favorece a maior sobrevivência destas populações não somente após a aplicação de clorfenapir e fenpiroximato, mas subsequentemente durante a

degradação natural do produto. Com isso, as populações de *N. californicus* são mais apropriadas para uso no manejo integrado de *T. urticae*, juntamente com a utilização de clorfenapir, diafentiuron e fenpiroximato.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor, junto ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da UFRPE.

Literatura Citada

- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Amano, H., Y. Ishii & Y. Kobori. 2004.** Pesticide susceptibility of two dominant phytoseiid mites, *Neoseiulus californicus* and *N. womersleyi*, in conventional Japanese fruit orchards (Gamasina: Phytoseiidae). *J. Acarol. Soc. Jap.* 13: 65-70.
- Begevand, B. & L.K. Tanigoshi. 1995.** Effects of Prey Deprivation on Life Table Attributes of *Neoseiulus idaeus* Denmark and Muma (Acari: Phytoseiidae). *Biol. Control* 5: 73-82.
- Bellotti, A.C., L. Smith & L. Lapointe. 1999.** Recent advances in cassava pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 44: 343-370.
- Bostanian, N.J. & M. Akalach. 2006.** The effect of indoxacarb and five other insecticides on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) and nymph of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Pest. Manag. Sci.* 62:334-339.
- Canlas, L.J., H. Amano, N. Ochiai & M. Takeda. 2006.** Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Syst. Appl. Acarol.* 11: 141-157.
- Collier, K.F.S, G.S. Albuquerque, J.O.G. de Lima, A. Pallini & A.J. Molina-Rugama. 2007.** *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential biocontrol agent of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in papaya: performance on different prey stage – host plant combinations. *Exp. Appl. Acarol.* 41: 27-36.
- Crow, J. 1957.** Genetics of insect resistance to chemicals. *Annu. Rev. Entomol.* 2: 227-246.

- Croft, B.A. 1990.** Arthropod Biological control agents and pesticides. New York, Wiley Interscience, 723p.
- Croft, B.A., L.N. Monetti, & P.D. Pratt. 1998.** Comparative life histories and predation types: are *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar type II selective predators of spider mites? *Environ. Entomol.* 27: 531-538.
- Domingos, C.A. 2010.** Diversidade e biologia de ácaros em *Vitis vinifera* (L.) no submédio do vale do São Francisco, Brasil. Dissertação de Mestrado, UFRPE, Recife, 77p.
- Finney, D.J. 1971.** Probit Analysis, third ed. London, Cambridge University Press, 315 p.
- Friese, D.D. & F.E. Gilstrap. 1982.** Influence of prey availability on reproduction and prey consumption of *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius californicus* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). *Int. J. Acarol.* 8: 85-89.
- Georghiou, G.P. & C.E. Taylor. 1977.** Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70: 319-323.
- Gerson, U., R.L. Smiley & R. Ochoa. 2003.** Mites (Acari) for pest control. Oxford, Blackwell Science, 539p.
- Gould, F. 1991.** The evolutionary potential of crop pests. *Am. Sci.* 79: 496-507.
- Hoy, M.A. 1990.** Pesticide resistance in arthropod natural enemies: variability and selection response, p. 203-236. In R.T. Roush & B.E. Tabashnik (eds.), *Pesticide resistance in arthropods*. New York, Chapman, 303p.
- Ibrahim, Y.B. & T.S. Yee. 2000.** Influence of sublethal exposure to abamectin on the biological performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 1085-1089.
- IRAC. 2012.** Classificação do modo de ação dos inseticidas. Available in: http://www.irac-br.org.br/Arquivos/Folder_Acao.pdf. Accessed: 28 November 2013.
- Jung, C., S. Han & J.H. Lee. 2004.** Release strategies of *Amblyseius womersleyi* and population dynamics of *Amblyseius womersleyi* and *Tetranychus urticae*: test of two release rates on apple. *Appl. Entomol. Zool.* 39: 477-484.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. de Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2008.** Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *Bul. Entomol. Res.* 98: 83-96.
- LeOra-Software. 1987.** POLO-PC: a user's guide to Probit or Logit analysis. Berkeley, LeOra-Software, 22p.

- Maia, A.H.N., A.J.B. Luiz & C. Campanhola. 2000.** Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.
- McMurtry, J.A. 1977.** Some predacious mites (Phytoseiidae) on citrus in the Mediterranean region. *Entomophaga* 22: 19-30.
- McMurtry, J.A. & B.A. Croft. 1997.** Life styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 291-321.
- Monteiro, L.B. 2002.** Criação de ácaros fitófagos e predadores: um caso de produção de *Neoseiulus californicus* em produtores de Maçã, p. 351-365. In J.R. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), *Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores*. São Paulo, Manole, 635p.
- Moraes, G.J., J.A. Alencar, J.L.S. Lima, J.S. Yaninek & I. Delalibera Jr. 1993.** Alternative plant habitats for common phytoseiid predators of the cassava green mite (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in northeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 17: 77-90.
- Moraes, G.J., C.A.D. da Silva & A.N. Moreira. 1994.** Biology of a strain *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) from southwest Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 18: 213-220.
- Moraes, G.J. 2002.** Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores, p. 225-237. In J.R. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), *Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores*. São Paulo, Manole, 635p.
- Moraes, G.J., J.A. McMurtry, H.A. Denmark & C.B. Campos. 2004.** A revised catalog of mite family Phytoseiidae. *Zootaxa* 434: 1-494.
- Moraes, G.J. & C.H.W. Flechtmann. 2008.** Manual de acarologia. *Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil*. Ribeirão Preto, Holos, 288p.
- Moraes, G. J., T.M.M.G. Castro, S. Kreiter, S. Quilici, M.G.C. Gondim Jr. & L.A.N Sá. 2012.** Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Reunion (Indian Ocean). *Acarologia* 52: 129-134.
- Nadimi, A., K. Kamali, M. Arbabi & F. Abdoli. 2009.** Selectivity of three miticides to spider mite predator, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. *Agric. Sci. China* 8: 326-331.
- Oatman, E.R., J.A. McMurtry, F.E. Gilstrap & V. Voth. 1977.** Effect of releases of *Amblyseius californicus* on the two spotted spider mite on strawberry in Southern California. *J. Econ. Entomol.* 70: 638-640.
- Palevsky, E., H. Reuveny, O. Okonis & U. Gerson. 1999.** Comparative behavioural studies of larval and adult stages of the phytoseiids (Acari: Mesostigmata) *Typhlodromus athiasae* and *Neoseiulus californicus*. *Exp. Appl. Acarol.* 23: 467-485.

- Picket, C.H. & F.E. Gilstrap. 1986.** Predation of *Oligonychus pratensis* (Acarina: Tetranychidae) by *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius californicus* (Acari: Phytoseiidae) under controlled laboratory conditions. *Entomophaga* 31: 205-212.
- Prischmann, D.A., B.A. Croft & H.K. Luh. 2002.** Biological control of spider mites on grape by phytoseiid mites (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae): emphasis on regional aspects. *J. Econ. Entomol.* 95: 340-347.
- Raworth, D.A., G. Fauvel & P. Auger. 1994.** Location, reproduction and movement of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) during the autumn, winter and spring in orchards in the south France. *Exp. Appl. Acarol.* 18: 593-602.
- Rezende, D.D.M., M.A.M. Fadini, H.G. Oliveira, C.M. Oliveira, J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2013.** Fitness costs associated with low-level dimethoate resistance in *Phytoseiulus macropilis*. *Exp. Appl. Acarol.* DOI 10.1007/s10493-012-9654-6.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide Bioassays with Arthropods. Boca Raton, CRC Press, 127p.
- Roush, R.T. & M.A. Hoy. 1981.** Laboratory, glasshouse, and field studies of artificially selected carbaryl resistance in *Metaseiulus occidentalis*. *J. Econ. Entomol.* 74: 142-147.
- Roush, R.T. & B. Croft. 1986.** Experimental population genetics and ecological studies of pesticide resistance in insects and mites, p. 257-270. In *Pesticide Resistance: strategies and tactics for management national research council (U.S.) committee on strategies for the management of pesticide resistant pest populations.* Washington, National Academy Press, 472p.
- Roush, R.T. & J.A. McKenzie. 1987.** Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Ann. Rev. Entomol.* 32: 361-380.
- SAS Institute. 2002.** SAS/STAT 8.0 User's Guide. SAS Institute Cary, United States.
- Sato, M.E., M.Z. da Silva, L.R. Gonçalves, M.F. Souza Filho & A. Raga. 2002.** Toxicidade diferencial de Agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em Morangueiro. *Neotrop. Entomol.* 31: 449-456.
- Sheppard, D.C. & J.A. Joyce. 1998.** Increased susceptibility of pyrethroid-resistance hornflies (Diptera: Muscidae) to chlorfenapyr. *J. Econ. Entomol.* 91: 398-400.
- Stumpf, N. & R. Nauen. 2001.** Cross-resistance, inheritance and biochemistry of METI-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 94: 157-158.
- WHO. 1957.** Expert committee on insecticides: seventh report. Geneva, Technical Report Series 125, 31p.

WHO. 1960. Insecticide resistance and vector control. Geneva, Technical Report Series 191, 98p.

Yaninek, J.S., B. Mégevand, G.J. Moraes, F. Bakker, A. Braun & H.R. Herren. 1991.
Establishment of the neotropical predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin,
West Africa. *Biocontrol. Sci. Tech.* 1: 323–330.

Tabela 1. Toxicidade de acaricidas a populações de *N. idaeus*.

Acaricida	Populações	n ¹	GL ²	χ^2 ³	Inclinação \pm EP ⁴	CL ₅₀ (95%) ⁵	RT ₅₀ ⁶
Abamectina	Recife	285	6	2,85	1,79 \pm 0,25	0,52 (0,34 – 0,73)	1,57 (0,90 – 2,73)
	Petrolina	288	6	1,46	1,18 \pm 0,12	0,82 (0,54 – 1,22)	
Clorfenapir	Recife	288	6	5,59	1,05 \pm 0,12	38,45 (21,55 – 64,09)	0,87 (0,43 – 1,75)
	Petrolina	287	6	6,84	1,04 \pm 0,09	33,60 (18,61 – 61,21)	
Diafenturon	Recife	286	6	9,88	2,03 \pm 0,44	201,07 (45,65 – 358,06)	1,33 (0,60 – 2,91)
	Petrolina	288	6	3,35	1,19 \pm 0,21	266,82 (133,24 – 444,42)	
Fenpiroximato	Recife	285	6	3,57	1,30 \pm 0,13	5,76 (4,06 – 8,19)	1,86 (0,97 – 3,58)
	Petrolina	286	6	5,46	1,90 \pm 0,31	10,73 (6,91 – 14,93)	

¹Número total de ácaros usados nos bioensaios;

²Grau de liberdade;

³Valor de qui-quadrado ($p > 0,05$);

⁴Erro padrão da média;

⁵Concentrações em mg/L;

⁶Razão de toxicidade.

Tabela 2. Toxicidade de acaricidas a populações de *N. californicus*.

Acaricida	Populações	n ¹	GL ²	$\chi^{2,3}$	Inclinação \pm EP ⁴	CL ₅₀ (95%) ⁵	RT ₅₀ ⁶
Abamectina	Bonito	160	6	1,41	1,94 \pm 0,48	3,53 (1,75 – 5,29)	1,16 (0,39 – 3,44)
	Brejão	144	6	1,14	0,93 \pm 0,22	4,10 (1,01 – 9,44)	
Clorfenapir	Bonito	180	7	4,50	0,71 \pm 0,11	626,69 (300,91 – 1670,68)	0,06 (0,02 – 0,19)
	Brejão	144	6	3,58	0,81 \pm 0,11	40,01 (19,35 – 81,09)	
Diafentiuuron	Bonito	180	7	1,73	0,71 \pm 0,10	332,56 (167,92 – 721,40)	1,24 (0,46 – 3,36)
	Brejão	146	6	2,02	0,81 \pm 0,12	413,72 (211,57 – 873,85)	
Fenpiroximato	Bonito	180	7	0,53	0,58 \pm 0,10	8,74 (2,71 – 25,46)	99,71 (28,06 – 354,41)
	Brejão	160	6	4,16	0,95 \pm 0,15	871,94 (414,06 – 1700,96)	

¹Número total de ácaros usados nos bioensaios;

²Grau de liberdade;

³Valor de qui-quadrado ($p > 0,05$);

⁴Erro padrão da média;

⁵Concentrações em mg/L;

⁶Razão de toxicidade.

Tabela 3. Período de desenvolvimento (dias), viabilidade total, período de oviposição, longevidade, numero de ovos, razão sexual \pm (EP), tempo médio da geração (T), taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) e taxa líquida de reprodução (R_0) de populações de *N. idaeus* e *N. californicus* alimentados com *T. urticae* ($27 \pm 1^\circ$ C, U.R. $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas).

Parâmetros biológicos	<i>Neoseiulus idaeus</i>			<i>Neoseiulus californicus</i>		
	Recife	Petrolina	Moraes <i>et al.</i> 1994 ²	Bonito	Brejão	Canlas <i>et al.</i> 2006 ²
Período de desenvolvimento*	4,83 \pm 0,05	4,74 \pm 0,04	4,4 \pm 0,88	5,65 \pm 0,09	5,62 \pm 0,07	5,06 \pm 0,13
Viabilidade Total	1	1	-----	0,93 \pm 0,04	0,96 \pm 0,04	-----
Período de pré-oviposição*	2,30 \pm 0,09	2,39 \pm 0,10	2,5 \pm 0,84	3,28 \pm 0,29	2,68 \pm 0,15	1,68 \pm 0,13
Período de oviposição	12,49 \pm 1,19	11,37 \pm 0,73	7,7 \pm 6,12	11,61 \pm 0,9	11,51 \pm 1,19	17,91 \pm 1,00
Período de pós-oviposição*	0,86 \pm 0,71	1,53 \pm 0,28	2,2 \pm 0,97	4,12 \pm 0,21	2,97 \pm 1,36	10,18 \pm 0,88
Longevidade de fêmea*	14,39 \pm 1,99	15,29 \pm 0,94	12,1 \pm 6,24	21,93 \pm 1,67	20,3 \pm 1,98	29,27 \pm 2,40
Nº de ovos/fêmea/dia*	2,24 \pm 0,06	2,08 \pm 0,08	-----	1,54 \pm 0,11	1,81 \pm 0,09	1,94 \pm 0,24
Nº total de ovos/fêmea	33,64 \pm 4,2	32,38 \pm 1,58	13,8 \pm 8,85	32,48 \pm 3,47	34,17 \pm 4,47	34,73 \pm 2,23
Razão sexual*	0,75 \pm 0,05	0,74 \pm 0,04	0,77	0,63 \pm 0,03	0,60 \pm 0,01	0,68
T ¹	9,23 (8,59 - 9,88)	8,99 (8,22 - 9,77)	9,5	10,18 (9,23 - 11,14)	9,70 (8,89 - 10,51)	17,55
r_m ^{1*}	0,35 (0,33 - 0,36)	0,35 (0,33 - 0,38)	0,236	0,29 (0,27 - 0,31)	0,31 (0,29 - 0,32)	0,21
R_0 ¹	24,80 (21,31 - 28,30)	24,28 (20,17 - 28,40)	7,7	19,38 (14,92 - 23,85)	19,64 (15,33 - 23,94)	22,92

¹Comparação dois a dois através do intervalo de confiança a 95% de probabilidade após estimativa pelo método Jackknife (SAS Institute 2002); ²Biologia realizada a (25° C; $75 \pm 5\%$ U.R.). * Parâmetros diferem a 5% de probabilidade, pela soma das médias das populações de *N. idaeus* quando comparado a soma das médias das populações de *N. californicus*.

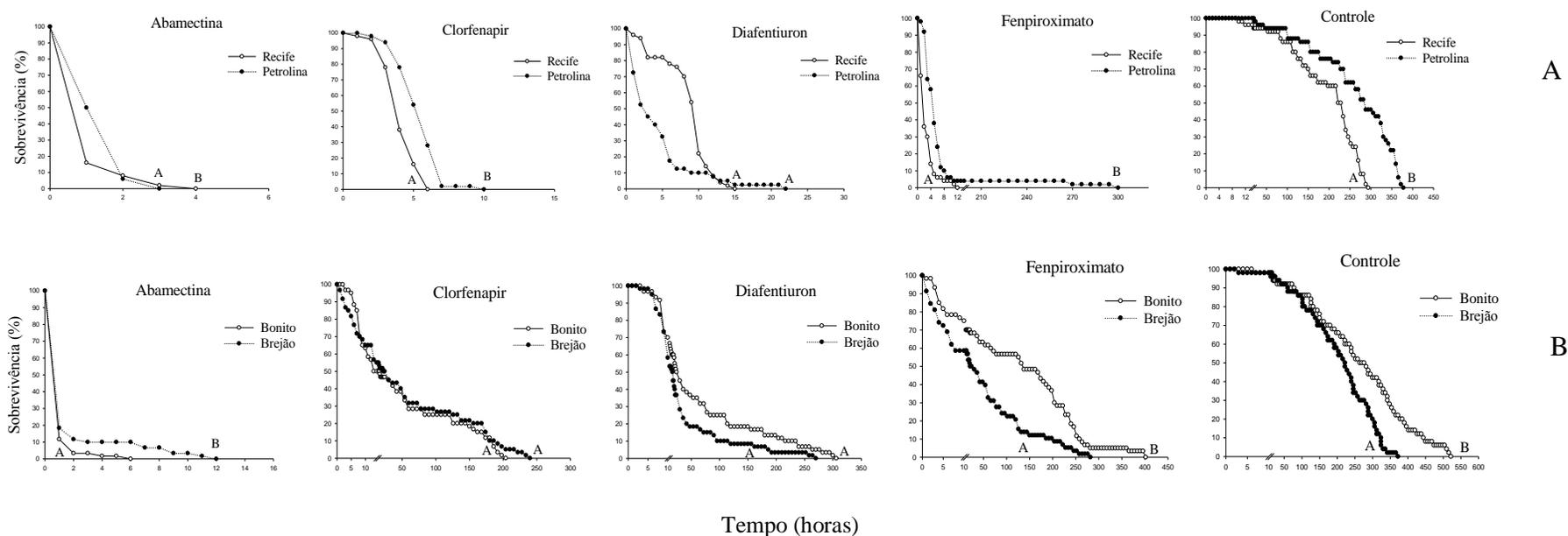


Figura 1. Curvas de sobrevivência de *N. idaeus* (A) e *N. californicus* (B) quando exposto a dose de campo de abamectina, clorfenapir, fenpiroximato e diafentiuron e para controle de *T. urticae*. Legendas com a mesma letra não diferem entre si através do teste de Log-Rank ($p > 0,05$) com determinações de curvas pelo método de Kaplan-Meier.