

MONITORAMENTO DA RESISTÊNCIA DE *TETRANYCHUS URTICAE* KOCH
(ACARI: TETRANYCHIDAE) A ABAMECTIN E FENPYROXIMATE EM
DIVERSAS CULTURAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

M.E. Sato*, M.Z. da Silva**, R.B. da Silva, M.F. de Souza Filho, A. Raga*

Instituto Biológico, Centro Experimental Central, CP 70, CEP 13001-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: mesato@biologico.sp.gov.br

RESUMO

A resistência de ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch, a acaricidas tem sido registrada em diversos países, inclusive no Brasil. O estudo teve como objetivo detectar a resistência de *T. urticae* aos acaricidas abamectin e fenpyroximate, e avaliar a frequência de resistência a esses compostos em áreas comerciais de diversas culturas no Estado de São Paulo. Foram estabelecidas as concentrações discriminatórias de 4,79 mg de ingrediente ativo (i.a.)/L para abamectin e de 46,3 mg de i.a./L para fenpyroximate, para o monitoramento da resistência de *T. urticae* a esses acaricidas. O monitoramento foi realizado coletando-se 29 populações de ácaros em áreas comerciais de diferentes culturas (morango, feijão, figo, framboesa, mamão, pêsego, tomate, crisântemo, áster, tango), em 15 municípios do Estado de São Paulo. Arenas confeccionadas com folha de feijão foram infestadas com ácaros *T. urticae* e pulverizadas com um dos acaricidas avaliados, na sua respectiva concentração discriminatória, em torre de Potter. As porcentagens de sobrevivência foram avaliadas 48 horas após a aplicação. Os resultados indicaram grande variabilidade entre as populações com relação à suscetibilidade a abamectin e fenpyroximate. Foram observadas populações com frequências de resistência entre zero e 81,3% para abamectin; e entre zero e 94,5% para fenpyroximate. As maiores frequências de resistência foram observadas em populações coletadas de ornamentais.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro rajado, resistência a acaricida, morango, crisântemo.

ABSTRACT

MONITORING OF RESISTANCE TO ABAMECTIN AND FENPYROXIMATE IN *TETRANYCHUS URTICAE* KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE) IN SEVERAL CROPS IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL. The acaricide resistance in *Tetranychus urticae* Koch has been registered in several countries including Brazil. The objective of this study was to detect the resistance of *T. urticae* to the acaricides abamectin and fenpyroximate, and to evaluate the resistance frequency in commercial fields of several crops in the state of São Paulo. Discriminating concentrations of 4.79 mg of active ingredient (A.I.)/L for abamectin and of 46.3 mg of A.I./L for fenpyroximate were established for monitoring *T. urticae* resistance to these acaricides. Twenty nine mite populations were collected from commercial fields of different crops (strawberry, bean, fig, raspberry, papaya, peach, tomato, chrysanthemum, aster, goldenrod), in 15 counties in the state of São Paulo. Bean-leaf-disc arenas were infested with *T. urticae* mites and submitted to acaricide spraying at the discriminating concentration of each chemical, using a Potter spray tower. The percentages of survival were registered 48 hours after treatment. The results showed significant differences among populations in their responses to abamectin and fenpyroximate. Populations with frequencies of resistance from zero to 81.3% were observed for abamectin, and from zero to 94.5% for fenpyroximate. The highest frequencies of resistance were registered from populations collected at ornamental plants.

KEY WORDS: Two-spotted spider mite, acaricide resistance, strawberry, chrysanthemum.

INTRODUÇÃO

O ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), considerado de grande importância

econômica em todo o mundo, tem causado consideráveis prejuízos em diversas culturas no Brasil. Altas infestações podem causar descoloração de folhas, perda da capacidade fotossintética e, eventualmente,

*Bolsista do CNPq.

**Biólogo, bolsista de Doutorado da CAPES.

a morte das folhas (CHIAVEGATO; MISCHAN, 1981; FLECHTMANN, 1985; DEVINE *et al.*, 2001). O maior problema associado ao controle químico do ácaro rajado é seu elevado potencial reprodutivo e seu curto ciclo de vida, que favorecem o rápido desenvolvimento de resistência a acaricidas (STUMPF; NAUEN, 2001).

A resistência de *T. urticae* a acaricidas de diversos grupos químicos (ex.: dimetoato, dicofol, cyhexatin, hexythiazox, clofentezina, abamectin, fenpyroximate, chlorfenapyr) tem sido reportada em diversos países (CRANHAM; HELLE, 1985; HERRON *et al.*, 1993; SATO *et al.*, 1994; CAMPOS *et al.*, 1996; STUMPF & NAUEN, 2001; STUMPF; NAUEN, 2002; HERRON; ROPHAIL, 2003). No Brasil, ainda são relativamente poucos os trabalhos sobre a resistência dessa praga a acaricidas (CHIAVEGATO *et al.*, 1983; SOUZA FILHO *et al.*, 1994; SATO *et al.*, 2000).

Abamectin é utilizado no Brasil para o controle de diversas espécies de insetos [ex.: *Alabama argillacea* (Hübner), *Phyllocnistis citrella* Staiton, *Tuta absoluta* (Meyrick)] e ácaros [*T. urticae*, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead), *Aceria guerreronis* Keifer, *Panonychus ulmi* (Koch), *Aculops lycopersici* (Masse), *Oligonychus ilicis* (McGregor)], em várias culturas, tais como algodão, citros, coco, maçã, melancia, morango, pepino, tomate, café, batata e ornamentais. O acaricida fenpyroximate também é recomendado para o controle de ácaros [ex.: *T. urticae*, *P. latus*, *A. gurreronis*, *P. ulmi*, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), *P. oleivora*], em diferentes culturas (ex.: morango, mamão, tomate, rosa, coco, maçã, café e citros) no país (AGROFIT, 2007).

Recentemente, alguns agricultores têm observado baixa eficiência de controle de *T. urticae* com a utilização de produtos como abamectin e fenpyroximate, em culturas como morangueiro e ornamentais, no Estado de São Paulo. Uma das possíveis razões para o problema de controle é o desenvolvimento da resistência de ácaro rajado a acaricidas.

O objetivo do presente trabalho foi detectar a resistência e estimar a frequência de resistência de ácaros *T. urticae* a abamectin e fenpyroximate, em diversas culturas e localidades no Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Entomologia Econômica, do Centro Experimental Central do Instituto Biológico, em Campinas, SP.

Criação de ácaros: Os ácaros *T. urticae* foram criados sobre plantas de feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.)] cultivadas em vasos no interior de bandejas plásticas, à temperatura de 25±1°C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14h.

Toxicidade de acaricidas: Os testes com os acaricidas abamectin (Vertimec® 18 CE) e fenpyroximate (Ortus® 50 SC) foram realizados baseando-se no método descrito por KNIGHT *et al.* (1990). Foram colocadas 20 fêmeas adultas de *T. urticae* em um disco de folha de feijão (*C. ensiformis*) de 4 cm de diâmetro, mantido sobre uma camada de algodão hidrófilo úmido em uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro. A borda da folha foi coberta por uma estreita faixa de algodão úmido, formando uma barreira para evitar a fuga dos ácaros. Cada arena foi pulverizada em torre de Potter (Burkard Scientific, Rickmansworth, Herts, UK), calibrada a 68,9 kPa. Utilizou-se um volume de calda de 2 mL, correspondendo a uma deposição média de resíduo úmido de 1,6 mg/cm² da arena. Após o tratamento, os ácaros foram mantidos a 25±1°C, 70±10% de UR e fotofase de 14h. As avaliações do número de ácaros vivos e mortos foram conduzidas 48h após o tratamento. Foram considerados mortos os ácaros que não conseguiram locomover-se por uma distância mínima equivalente ao comprimento do seu corpo, ao serem tocados com um pincel de pêlo macio.

Seleções artificiais com acaricidas: Foram realizadas seleções para resistência e suscetibilidade a abamectin e fenpyroximate utilizando populações de *T. urticae* coletadas em cultivo comercial de morangueiro, em Atibaia, SP. As seleções para resistência e suscetibilidade a fenpyroximate (SATO *et al.*, 2004) e abamectin (SATO *et al.*, 2005) foram realizadas em condições de laboratório.

Nas seleções para resistência, fêmeas adultas de *T. urticae* foram colocadas em arenas de folha de feijão, realizando-se, em seguida, a pulverização com 2 mL de um dos acaricidas, em torre de Potter. Foram utilizadas concentrações crescentes de acaricida a cada ciclo de seleção, de forma que aproximadamente 30 a 40% dos ácaros sobrevivessem para formar as novas gerações.

As seleções para suscetibilidade a abamectin e fenpyroximate foram realizadas com as mesmas populações utilizadas para resistência, para cada produto. A finalidade dessas seleções foi remover das populações os genes responsáveis pela resistência aos acaricidas, e assim obter linhagens mais suscetíveis a estes produtos. Nas seleções para suscetibilidade, fêmeas acasaladas foram colocadas individualmente em arenas de folha de feijão e deixadas para ovipositar, por um período de 48h. Cada fêmea foi transferida para uma nova arena de folha de feijão e tratada com acaricida (torre de Potter). Concentrações decrescentes de acaricidas foram utilizadas a cada ciclo de seleção, causando mortalidades entre 30 a 40%. Somente os descendentes correspondentes às fêmeas que morreram foram utilizados para formar as gerações posteriores.

Foram realizadas cinco seleções para resistência e três para suscetibilidade a fenpyroximate, e cinco seleções para resistência e suscetibilidade ao abamectin.

Durante o processo de seleção com fenpyroximate, a razão de resistência ($CL_{50} R$ dividido pela $CL_{50} S$) passou de 1 (antes da seleção) para 2.910 vezes. A concentração letal 50% (CL_{50}) de fenpyroximate passou de 111 mg de i.a. (ingrediente ativo)/L (antes da seleção) para 10.900 mg de i.a./L após a seleção para resistência. Na seleção para suscetibilidade, a CL_{50} passou de 111 mg de i.a./L para 3,74 mg de i.a./L (SATO *et al.*, 2004).

Com as seleções utilizando abamectin, a razão de resistência ($CL_{50} R/CL_{50} S$) passou de 1 para 342 vezes. A CL_{50} de abamectin passou de 4,36 mg de i.a./L para 58,1 mg de i.a./L, após a seleção para resistência; e de 4,36 mg de i.a./L para 0,17 mg de i.a./L, após a seleção para suscetibilidade (SATO *et al.*, 2005).

Concentrações discriminatórias de acaricidas: As concentrações discriminatórias de cada produto foram estimadas por meio da CL_{99} de cada produto, para a respectiva população suscetível selecionada. Concentrações discriminatórias seriam aquelas capazes de matar praticamente a totalidade dos ácaros suscetíveis, sem causar mortalidade nos ácaros resistentes. Essas concentrações discriminatórias serviram para o monitoramento da frequência de resistência em diversas populações de ácaros *T. urticae*.

A partir do estabelecimento da concentração discriminatória, foi possível monitorar a resistência a abamectin e fenpyroximate, baseando-se apenas na sobrevivência dos ácaros para uma única concentração de cada acaricida. De acordo com HALLIDAY & BURNHAM (1990), esse método é mais eficiente que o monitoramento da resistência baseado na estimativa da CL_{50} , permitindo a detecção da resistência em populações em que a frequência de indivíduos resistentes ainda se mostra baixa.

Monitoramento da resistência: foram coletadas populações de *T. urticae* em culturas comerciais de mamão (*Carica papaya* L.), morango (*Fragaria* sp.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), figo (*Ficus carica* L.), framboesa (*Rubus idaeus* L.), pêssego (*Prunus persica* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), crisântemo (*Chrysanthemum* sp.), áster (*Aster* sp.) e tango (*Solidago* sp.), nos municípios paulistas de Araras, Atibaia, Campinas, Campos do Jordão, Holambra, Jarinu, Jundiá, Leme, Louveira, Monte Alegre do Sul, Pereiras, Piedade, Regente Feijó, Serra Negra e Socorro, totalizando 29 populações.

Após a coleta, os ácaros foram transferidos para plantas de feijão-de-porco, e mantidos por um período de 14 a 26 dias, em condições de laboratório (25 ± 1°C, 70 ± 5% de UR e fotofase de 14h). Os testes toxicológicos foram realizados seguindo-se a

metodologia descrita anteriormente (pulverização direta sobre os ácaros). Os acaricidas foram pulverizados nas suas respectivas concentrações discriminatórias (abamectin a 4,79 mg de i.a./L e fenpyroximate a 46,3 mg de i.a./L).

Foram utilizados de 200 a 320 ácaros (4 repetições de 50 a 80 ácaros/arena), para a estimativa da frequência de resistência de *T. urticae*, para cada população avaliada. As porcentagens de mortalidade para cada população de ácaro rajado foram corrigidas através da fórmula de ABBOTT (1925), transformados para $\arcsen \sqrt{x/100}$. As médias de sobrevivência foram comparadas pelo teste de Tukey. O nível de significância dos testes foi de $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação de 29 populações de *T. urticae* de diversas culturas no Estado de São Paulo indicou que a suscetibilidade das populações de ácaro rajado a abamectin e fenpyroximate mostrou-se bastante variável, com frequências de resistência entre zero e 94,5% (Tabela 1).

As populações coletadas de feijão, framboesa, pêssego e tomate foram suscetíveis a ambos os acaricidas. Foram registradas baixas porcentagens de sobrevivência ($\leq 5,0\%$) de ácaros após o tratamento com um desses produtos, não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) da testemunha, representada pela linhagem suscetível (S), selecionada para suscetibilidade.

Para abamectin, 51,7% das populações apresentaram uma porcentagem de sobrevivência igual ou inferior a 5,0%, não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) da linhagem suscetível de referência.

No caso de morangueiro, 73,3% das populações apresentaram frequências de resistência a abamectin abaixo de 10%. Essa porcentagem relativamente alta de populações suscetíveis a abamectin, em morangueiro, pode estar associada à baixa estabilidade da resistência de *T. urticae* a abamectin. Estudos realizados em laboratório mostraram um restabelecimento da suscetibilidade da resistência em um período de seis meses, em populações com até 75% de ácaros resistentes, na ausência de pressão de seleção (SATO *et al.*, 2005). No caso das áreas com cultivo de morango, no Estado de São Paulo, existe normalmente um período de vários meses sem aplicação de acaricidas, entre o final da colheita (com a eliminação das plantas de morango) e o início do aparecimento dos ácaros-praga no cultivo do ano seguinte. Esse período, que pode chegar a seis ou sete meses, sem pressão de seleção, poderia ser suficiente para o restabelecimento da suscetibilidade a abamectin nas populações de *T. urticae*, nessa cultura.

Tabela 1- Sobrevivência média (%) (\pm erro-padrão da média) de ácaros *Tetranychus urticae* de diferentes populações tratados com abamectin (a 4,79 mg de i.a./L) e fenpyroximate (a 46,3 mg de i.a./L), nas suas respectivas concentrações discriminatórias.

População		Abamectin		Fenpyroximate	
Cultura	Local	n*	% Sobreviventes	n	% Sobreviventes
S (Testemunha)	-	320	0,00 \pm 0,00 a**	320	0,00 \pm 0,00 a
Morango	Atibaia I	240	47,9 \pm 2,48 gh	240	22,9 \pm 3,43 de
Morango	Atibaia II	240	2,50 \pm 1,08 ab	240	14,2 \pm 2,60 cd
Morango	Atibaia III	240	4,17 \pm 1,08 bc	240	2,50 \pm 1,44 ab
Morango	Louveira I	240	0,42 \pm 0,42 ab	240	0,83 \pm 0,48 a
Morango	Louveira II	320	2,19 \pm 1,48 ab	320	2,81 \pm 1,07 ab
Morango	Jarinu I	200	0,00 \pm 0,00 a	200	6,68 \pm 2,64 abc
Morango	Jarinu II	240	16,3 \pm 2,48 de	240	41,2 \pm 6,14 ef
Morango	Jundiaí	240	0,42 \pm 0,42 ab	240	2,92 \pm 1,42 ab
Morango	Monte Alegre do Sul I	240	0,00 \pm 0,00 a	240	4,58 \pm 1,42 abc
Morango	Monte Alegre do Sul II	320	0,62 \pm 0,62 ab	320	0,31 \pm 0,31 a
Morango	Piedade I	240	0,00 \pm 0,00 a	240	4,17 \pm 1,59 abc
Morango	Piedade II	240	0,00 \pm 0,00 a	240	9,98 \pm 2,03 bcd
Morango	Serra Negra	240	6,66 \pm 0,68 bc	240	0,00 \pm 0,00 a
Morango	Socorro I	240	19,2 \pm 1,98 de	240	3,75 \pm 0,79 abc
Morango	Socorro II	240	68,7 \pm 3,99 hi	240	4,17 \pm 0,48 abc
Feijão	Monte Alegre do Sul	240	0,62 \pm 0,62 ab	240	0,00 \pm 0,00 a
Figo	Campinas	240	31,7 \pm 2,98 efg	240	42,5 \pm 2,59 ef
Framboesa	Campos do Jordão	240	5,00 \pm 1,80 abc	240	2,08 \pm 0,80 ab
Mamão	Regente Feijó	240	13,2 \pm 3,23 cd	240	0,00 \pm 0,00 a
Pêssego	Campinas	200	0,83 \pm 0,83 ab	200	4,00 \pm 1,41 abc
Tomate	Pereiras	240	0,00 \pm 0,00 a	240	0,00 \pm 0,00 a
Crisântemo	Campinas	240	41,7 \pm 1,79 fgh	240	51,7 \pm 5,58 f
Crisântemo	Araras	240	50,4 \pm 3,14 h	240	94,5 \pm 0,46 i
Crisântemo	Holambra I	240	57,9 \pm 3,63 h	240	75,8 \pm 5,11 g
Crisântemo	Holambra II	240	81,3 \pm 1,84 i	240	93,3 \pm 2,14 hi
Crisântemo	Holambra III	320	3,33 \pm 1,80 ab	320	40,3 \pm 2,11 ef
Crisântemo	Leme	240	30,0 \pm 4,41 def	240	80,4 \pm 3,29 gh
Áster	Holambra	240	65,8 \pm 1,75 hi	240	91,4 \pm 1,52 hi
Tango	Holambra	240	13,8 \pm 3,43 cd	240	87,9 \pm 1,58 ghi

*n = Número total de ácaros avaliados de cada população para cada produto.

**Médias originais seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, a 5%, pelo teste de Tukey.

Durante o período sem plantas de morango no campo, os ácaros rajados podem permanecer em diversas plantas hospedeiras, como plantas daninhas, vegetação de mata nativa e culturas comerciais ao redor. Apenas no caso da migração dos ácaros para culturas comerciais (ex.: feijão e tomate), pode haver alguma pressão de seleção com acaricidas, dificultando o restabelecimento da suscetibilidade. No ano seguinte, os ácaros rajados que permaneceram em plantas daninhas, ou outros hospedeiros que não recebem aplicação de acaricidas, podem colonizar as plantas de morango, formando uma população inicial suscetível a abamectin.

Apenas duas entre 15 populações coletadas de morangueiro apresentaram frequências de resistên-

cia a abamectin iguais ou acima de 30%, sendo uma de Atibaia (I) e a outra de Socorro (II). No caso de morangueiro de Socorro II, com 68,7% de ácaros resistentes, os agricultores realizaram pulverizações a cada duas semanas, após o início das infestações de *T. urticae*. No momento da coleta dos ácaros, no final de setembro de 2006, já haviam sido realizadas nove aplicações de abamectin desde o plantio das mudas de morango.

No caso das ornamentais (crisântemo, áster e tango), o problema da resistência de *T. urticae* a abamectin mostra-se mais sério, com 75% das populações com frequências de resistência iguais ou acima de 30%. Em uma das populações coletadas, de crisântemo (Holambra II), a porcentagem de ácaros resistentes

tes foi de 81,3%. Esses altos índices de resistência de ácaro rajado em ornamentais devem-se à alta frequência de pulverizações com acaricidas realizadas nessas culturas.

A resistência de *T. urticae* a abamectin já havia sido registrada por diversos autores no exterior (CAMPOS *et al.*, 1996; BEERS *et al.*, 1998). STUMPF; NAUEN (2002), estudando as enzimas envolvidas na resistência de *T. urticae* a abamectin, observaram que as linhagens resistentes (NL-00 e COL-00) apresentavam as atividades de MFO (monooxigenases dependentes do citocromo P450) várias vezes mais altas que as da linhagem suscetível GSS. O efeito tóxico de abamectin na linhagem resistente NL-00 foi fortemente aumentado pelos sinergistas PBO (butóxido de piperonila) e DEM (Dietil Maleato), sugerindo que MFO e GST (Glutathione S-transferases) podem estar envolvidas na resistência a abamectin (STUMPF; NAUEN, 2002).

Em relação ao fenpyroximate, 55,2% das populações apresentaram porcentagens de sobrevivência iguais ou abaixo de 4,58%, não diferindo estatisticamente da população S, selecionada para suscetibilidade (Tabela 1).

Para morangueiro, apenas uma população, coletada em Jarinu, apresentou frequência de resistência acima de 30%; duas outras populações (de Atibaia) apresentaram sobrevivências iguais ou acima de 14,2%. As demais populações não diferiram estatisticamente da população S de referência.

Ao contrário de abamectin, que tem sido o principal acaricida utilizado nas áreas de morangueiro avaliadas, fenpyroximate não tem sido utilizado com frequência nos últimos anos, nessa cultura.

O problema da resistência de *T. urticae* a fenpyroximate também foi mais sério em ornamentais, em relação às outras culturas, com todas as populações avaliadas apresentando frequências de resistência iguais ou acima de 40%. Foram registradas porcentagens acima de 80% de ácaros resistentes em cinco das oito populações coletadas de ornamentais.

Essa alta frequência de resistência de ácaro rajado a fenpyroximate, em ornamentais, está provavelmente associada às características de herança da resistência de *T. urticae* ao acaricida. Estudos em laboratório indicaram que a resistência de ácaro rajado era monogênica e incompletamente dominante (com grau de dominância entre 0,511 e 0,580), características estas que são favoráveis à evolução da resistência (SATO *et al.*, 2004).

Além disso, a resistência desse ácaro a fenpyroximate mostrou-se moderadamente estável, sendo necessários longos intervalos de tempo, sem pressão de seleção, para haver o restabelecimento da suscetibilidade. Em uma população com frequência inicial de resistência de 50%, a porcentagem de ácaros resistentes decresceu para 31,7%, em um período de

12 meses sem aplicação de acaricidas (SATO *et al.*, 2004).

Nas propriedades avaliadas no presente estudo, com exceção da área de crisântemo de Holambra III, as aplicações com acaricidas, em ornamentais, chegavam a ser realizadas em intervalos inferiores a uma semana, nos períodos de maior infestação de *T. urticae*. Na área Holambra III, o cultivo de crisântemo era conduzido sem o uso de acaricidas ou inseticidas, sendo que os ácaros-praga eram controlados por inimigos naturais de ocorrência natural [ex.: *Phytoseiulus macropilis* (Banks)] ou liberados. A porcentagem relativamente elevada (40,3%) de ácaros resistentes a fenpyroximate, nessa área de crisântemo, provavelmente se deve à migração de ácaros resistentes a partir dos canteiros tratados com acaricidas, localizados ao redor dessa área.

Apesar de terem sido realizadas rotações de acaricidas de diferentes princípios ativos em ornamentais, em propriedades como de Araras e Holambra (I e II), devido à elevada frequência de aplicações de acaricidas, pulverizações repetidas de abamectin ou fenpyroximate acabavam sendo realizadas em intervalos abaixo do período necessário para o restabelecimento da suscetibilidade, com conseqüente aumento progressivo da frequência de resistência de *T. urticae* a esses acaricidas, nessas propriedades.

A utilização de acaricidas com resistência cruzada aos acaricidas estudados também pode ter influenciado no processo de evolução de resistência no campo. Existem registros de produtos, como pyridaben e dimetoato, que podem apresentar resistência cruzada a fenpyroximate (STUMPF; NAUEN, 2001; SATO *et al.*, 2004). No caso de pyridaben (Sanmite®), este acaricida apresenta o mesmo modo de ação que fenpyroximate, atuando como inibidor do complexo I da cadeia de transporte de elétrons (HIRATA *et al.*, 1995; WOOD *et al.*, 1996).

Com relação à resistência de *T. urticae* a abamectin, estudos em laboratório indicaram possível resistência cruzada entre abamectin e milbemectin (SATO *et al.*, 2005). Esses dois compostos apresentam mecanismos de ação semelhantes. Ambos são agonistas de GABA (ácido gama amino butírico) e afetam a abertura dos canais de cloro, levando à paralisia e morte dos ácaros (SHOOP *et al.*, 1995; BLOOMQUIST, 2001). Assim sendo, a utilização desses produtos em sistema de rotação pode favorecer o aumento da frequência de resistência aos dois acaricidas. Esse problema pode vir a ser relevante em culturas como crisântemo e rosa, para as quais, milbemectin e abamectin são registrados (AGROFIT, 2008) e têm sido utilizados com frequência.

Ainda há necessidade de estudos mais detalhados sobre mecanismos de resistência para confirmar a resistência cruzada entre milbemectin e abamectin em *T. urticae*.

Embora algumas populações como de áster (de Holambra) e crisântemo (de Holambra II) apresentem altas frequências de resistência tanto para fenpyroximate como para abamectin, não há indícios de resistência cruzada entre os dois compostos (SATO *et al.*, 2004; SATO *et al.*, 2005). Esse fato é confirmado neste estudo, pois algumas populações apresentaram alta frequência de resistência a um acaricida e baixa frequência ao outro acaricida. Um exemplo é a população de tango, que apresentou apenas 13,8% de ácaros resistentes a abamectin; no entanto, a porcentagem de ácaros resistentes a fenpyroximate foi de 87,9%. Um exemplo diferente é a população coletada de morangueiro na área de Socorro II, com 68,7% de ácaros resistentes a abamectin e apenas 4,17% de ácaros resistentes a fenpyroximate.

O presente estudo mostrou que já existem diversas populações de ácaro rajado resistentes a acaricidas, como abamectin e fenpyroximate, em culturas como morangueiro e ornamentais, no Estado de São Paulo, onde a pressão de seleção com acaricidas é intensa. Para essas culturas, a utilização de métodos alternativos ao controle químico deve ser incentivada para minimizar o problema da resistência a acaricidas. Nesse contexto, a utilização de ácaros predadores da família Phytoseiidae parece ser uma alternativa promissora (McMURTRY, CROFT, 1997; SATO *et al.*, 2007). Esses predadores, quando em altas populações, podem propiciar a redução populacional desses ácaros-praga, reduzindo a necessidade de aplicações de acaricidas e, conseqüentemente, reduzindo a pressão de seleção sobre esses organismos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo suporte financeiro desta pesquisa (Processos: 2005/04454-0 e 2007/08612-4). Ao IRAC-BR (Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas), pelos recursos necessários para o pagamento de bolsa de iniciação científica a Rodrigo Buratto da Silva. Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa ao primeiro e último autor.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W.S. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, v.18, p.265-267, 1925.
- AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. (Brasil). Registro de agrotóxicos e afins Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 20 fev. 2008.
- BEERS, E.H.; RIEDL, H.; DUNLEY, J.E. Resistance to abamectin and reversion to susceptibility to fenbutatin oxide in spider mite (Acari: Tetranychidae) populations in the Pacific Northwest. *Journal of Economic Entomology*, v.91, p.352-360, 1998.
- BLOOMQUIST, J.R. GABA and glutamate receptors as biochemical sites for insecticide action, In: ISHAAYA, I. (Ed.). *Biochemical sites of insecticide action and resistance*. New York: Springer, 2001. p.17-41.
- CAMPOS, F.; KRUPA, D.A.; DYBAS, R.A. Susceptibility of populations of twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae) from Florida, Holland, and the Canary Islands to abamectin and characterization of abamectin resistance. *Journal of Economic Entomology*, v.89, p.594-601, 1996.
- CHIAVEGATO, L.G.; MISCHAN, M.M. Efeito do ácaro *Tetranychus (T.) urticae* (Koch, 1836), 1963 (Acari: Tetranychidae) na produção no morangueiro (*Fragaria* spp.) cv. 'Campinas'. *Científica*, v.9, n.2, p.257-266, 1981.
- CHIAVEGATO, L.G.; MISCHAN, M.M.; COTAS, M.P. Resistência do ácaro-rajado *Tetranychus (T.) urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) proveniente de diferentes regiões algodojeiras aos acaricidas. *Científica*, v.11, p.57-62, 1983.
- CRANHAM, J.E.; HELLE, W. Pesticide resistance in Tetranychidae. In: HELLE, W.; SABELIS, M.W. (Ed.). *Spider mites: their biology, natural enemies, and control*. Amsterdam: Elsevier, 1985. v.1B, p.405-421.
- DEVINE, G.J.; BARBER, M.; DENHOLM, I. Incidence and inheritance of resistance to METI-acaricidas in European strains of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Acari: Tetranychidae). *Pest Management Science*, v.57, p.443-448, 2001.
- FLECHTMANN, C.H.W. *Ácaros de importância agrícola*. São Paulo: Livraria Nobel, 1985. 189p.
- HALLIDAY, W.R.; BURNHAM, K.P. Choosing the optimal diagnostic dose for monitoring insecticide resistance. *Journal of Economic Entomology*, v.83, p.1.151-1.159, 1990.
- HERRON, G.A.; EDGE, V.; ROPHAIL, J. Clofentezine and hexythiazox resistance in *Tetranychus urticae* Koch in Australia. *Experimental and Applied Acarology*, v.17, p.433-440, 1993.
- HERRON, G.A.; ROPHAIL, J. First detection of chlorfenapyr (Secure®) resistance in two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) from nectarines in an Australia orchard. *Experimental and Applied Acarology*, v.31, n.1-2, p.131-134, 2003.
- HIRATA, K.; KAWAMURA, T.; KUDO, M.; IGARASHI, H. Development of a new acaricide, pyridaben. *Journal of Pesticide Science*, v.20, p.177-179, 1995.

KNIGHT, A. L.; BEERS, E.H.; HOYT, S.C.; RIEDL, H. Acaricide bioassay with spider mites (Acari: Tetranychidae) on pome fruits: evaluation of methods and selection of discrimination concentrations for resistance monitoring. *Journal of Economic Entomology*, v.83, p.1.752-1.760, 1990.

McMURTRY, J.A.; CROFT, B.A. Life styles of phytoseiid mites and their roles as biological control agents. *Annual Review of Entomology*, v.42, p.291-321, 1997.

SATO, M.E.; SUPLICY FILHO, N.; SOUZA FILHO, M.F. DE; TAKEMATSU, A.P. Resistência do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) a diversos acaricidas em morangueiro (*Fragaria* sp.) nos municípios de Atibaia-SP e Piedade-SP. *Ecosistema*, v.19, p.40-46, 1994.

SATO, M.E.; PASSEROTTI, C.M.; TAKEMATSU, A.P.; SOUZA FILHO, M.F. de; POTENZA, M.R.; SIVIERI, A.P. Resistência de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) a acaricidas, em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) em Paranapanema e Jundiá-SP. *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v.67, n.1, p.117-123, 2000.

SATO, M.E.; MIYATA, T.; SILVA, M. da; RAGA, A.; SOUZA FILHO, M.F. de Selections for fenpyroximate resistance and susceptibility, and inheritance, cross-resistance and stability of fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Applied Entomology and Zoology*, v.39, p.293-302, 2004.

SATO, M.E.; SILVA, M.Z. da; RAGA, A.; SOUZA FILHO, M.F. de Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. *Neotropical Entomology*, v.34, n.6, p.1-8, 2005.

SATO, M.E.; SILVA, M.Z. DA; SOUZA FILHO, M.F. DE; MATIOLI, A.L.; RAGA, A. Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. *Experimental and Applied Acarology*, v.42, p.107-120, 2007.

SHOOP, W.L.; MROZIK, H.; FISHER, M. Structure and activity of avermectins and milbemycins in animal health. *Veterinary Parasitology*, v.59, p.139-156, 1995.

SOUZA FILHO, M.F. de; SUPLICY FILHO, N.; SATO, M.E.; TAKEMATSU, A.P. Suscetibilidade do ácaro-rajado proveniente de Pilar do Sul-SP, a diversos acaricidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, p.1.187-1.192, 1994.

STUMPF, N.; NAUEN, R. Cross-resistance, inheritance, and biochemistry of mitochondrial electron transport inhibitor-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, v.94, p.1.577-1.583, 2001.

STUMPF, N.; NAUEN, R. Biochemical markers linked to abamectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v.72, p.111-121, 2002.

WOOD, E.; LATLI, B.; CASIDA, J.E. Fenazaquin acaricide specific binding sites in NADH: ubiquinone oxidoreductase and apparently the ATP synthase stalk. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v.54, p.135-145, 1996.

Recebido em 14/2/08
Aceito em 8/5/09