

CROP PROTECTION

Estabilidade da Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) a Hexythiazox em Pomares de Citros

FERNANDO J. CAMPOS E CELSO OMOTO

Depto. Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Univ. São Paulo, 13418-900 Piracicaba, SP, celomoto@esalq.usp.br

Neotropical Entomology 35(6):840-848 (2006)

Stability of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) Resistance to Hexythiazox in Citrus Groves

ABSTRACT - The false spider mite, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), is one the most important pests of the citrus groves and transmits the citrus leprosis virus. The acaricide hexythiazox has been widely used for controlling *B. phoenicis* in citrus groves. The resistance of this species to hexythiazox has already been detected at high frequencies at some locations. In order to implement a resistance management program, studies were undertaken to understand the stability of the resistance of *B. phoenicis* to hexythiazox by 1) comparing the life-history of susceptible (S) and resistant (R) strains under laboratory conditions, and 2) evaluating the dynamics of hexythiazox resistance in citrus field plots with low (< 20%) and high (> 60%) frequency of resistance, during two years. The frequencies of resistance were estimated with direct contact bioassays on eggs with discriminating concentration of 18 mg of hexythiazox/L of water. There were no significant differences between S and R strains, based on biological parameters evaluated to build fertility life tables. However, the resistance of *B. phoenicis* to hexythiazox was unstable under field conditions; that is, significant reductions in the frequency of resistance were observed in the absence of selection pressure, either in citrus field plots with low or high frequency of resistance. Therefore, the instability of *B. phoenicis* resistance to hexythiazox can be exploited in resistance management programs.

KEY WORDS: Flat mite, fitness cost, resistance management

RESUMO - O ácaro-da-leprose, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), é uma das principais pragas da cultura dos citros (*Citrus* spp.), por ser o transmissor do vírus que causa a leprose dos citros. O acaricida hexythiazox tem sido bastante utilizado no controle de *B. phoenicis* em pomares de citros. A resistência do ácaro a hexythiazox já foi detectada em altas frequências em algumas localidades. Para a implementação de um programa de manejo da resistência, foram realizados estudos para entender a estabilidade da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox mediante 1) a comparação da biologia das linhagens suscetível (S) e resistente (R) ao hexythiazox em condições de laboratório e 2) a avaliação da dinâmica da resistência a hexythiazox em talhões de citros com baixa (< 20%) e alta (> 60%) frequência de resistência, por dois anos. Estimativas da frequência de resistência foram realizadas com bioensaio de contato direto sobre ovos, utilizando-se a concentração discriminatória de 18 mg de hexythiazox/L de água. Não foram verificadas diferenças significativas entre as linhagens S e R, quanto aos parâmetros biológicos avaliados para a confecção das tabelas de vida de fertilidade. No entanto, a resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox foi instável em condições de campo, isto é, foram verificadas reduções significativas na frequência de resistência na ausência de pressão de seleção, tanto em talhões de citros com baixa frequência como em talhões com alta frequência de resistência. Portanto, a instabilidade da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox pode ser explorada em programas de manejo da resistência.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro-da-leprose, custo adaptativo, manejo da resistência, *Citrus*

O ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) é uma das principais pragas da cultura dos citros, por ser o transmissor do vírus que causa a leprose dos citros (Kitajima *et al.* 1972). O controle químico tem sido a principal tática

para o manejo desse ácaro, sendo realizadas duas a três pulverizações de acaricidas por ano (Gravena 1994). Dada a alta pressão de seleção com acaricidas, a resistência de *B. phoenicis* já foi documentada para diversos acaricidas,

como dicofol (Omoto *et al.* 2000), hexythiazox (Campos & Omoto 2002) e propargite (Franco 2002). Dentre os fatores bioecológicos de *B. phoenicis* que contribuem para a evolução da resistência, destacam-se a reprodução predominantemente por partenogênese telitoca (Helle *et al.* 1980, Pijnacker *et al.* 1980) e a dispersão relativamente limitada (Alves *et al.* 2005).

O acaricida hexythiazox tem sido utilizado para o controle de *B. phoenicis* em pomares de citros no Brasil desde os anos 80 (Gravena 1994). O produto apresenta excelente ação sobre ovos e formas imaturas de diferentes espécies de ácaros (Aveyard *et al.* 1986, Welty *et al.* 1988), além de certa seletividade a inimigos naturais de pragas (Sato *et al.* 1992, Yamamoto *et al.* 1992). Apesar da detecção da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox em diferentes pomares de citros do estado de São Paulo (Campos & Omoto 2002), o acaricida ainda vem sendo utilizado com sucesso, principalmente em mistura com outros acaricidas, geralmente de ação adúltica.

Uma das aspectos fundamentais para a implementação de estratégias de manejo da resistência é conhecer a dinâmica da resistência em condições de campo; isto é, desenvolver estudos que avaliem as mudanças na frequência de resistência no decorrer do tempo (Georghiou 1972, Dennehy *et al.* 1990, Omoto *et al.* 1995). Em situações em que a resistência é instável, isto é, quando sua frequência se reduz significativamente na ausência de pressão de seleção, a instabilidade pode ser explorada em programas de manejo da resistência.

Estudos conduzidos por Campos & Omoto (2002) evidenciaram que a resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox é relativamente estável em condições de laboratório. Esse estudo foi realizado mediante o acompanhamento das variações na frequência de resistência na ausência de pressão de seleção, em populações com diferentes proporções de indivíduos suscetíveis e resistentes, por seis meses. No entanto, os resultados não podem ser extrapolados para o campo, pois outros fatores poderiam influenciar a dinâmica da resistência, principalmente devido à possibilidade de imigração de indivíduos suscetíveis e do custo adaptativo da resistência, em condições de campo (Georghiou & Taylor 1977a,b; Roush & McKenzie 1987; Roush & Daly 1990).

Estudos de estabilidade da resistência de ácaros a hexythiazox têm mostrado resultados diversos. Herron & Rophail (1993) avaliaram o custo adaptativo da resistência de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) aos acaricidas hexythiazox e clofentezine. Os autores observaram que a fecundidade das fêmeas da linhagem resistente foi consideravelmente maior do que a da linhagem suscetível, provavelmente devido à coadaptação. Por outro lado, Yamamoto *et al.* (1995) detectaram baixa desvantagem reprodutiva da linhagem resistente de *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) a hexythiazox. Posteriormente, estudos de dinâmica da resistência de *P. citri* a hexythiazox evidenciaram a instabilidade da resistência em condições de campo (Yamamoto *et al.* 1996).

Portanto, para possibilitar a elaboração de estratégias de manejo da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox, o objetivo deste trabalho foi entender a estabilidade da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox mediante a comparação da biologia das linhagens suscetível e resistente do ácaro.

Material e Métodos

Comparou-se a biologia das linhagens suscetível e resistente de *B. phoenicis* a hexythiazox em condições de laboratório e a avaliação da dinâmica da resistência em pomares de citros com baixa (< 20%) e alta (> 60%) frequência de resistência, por dois anos.

Populações de *B. phoenicis*. Uma população de *B. phoenicis* proveniente de um pomar de citros não comercial, localizado no município de Piracicaba, SP, foi tomada como a linhagem suscetível de referência (S). A linhagem resistente a hexythiazox (R) foi obtida por meio da seleção com hexythiazox, a partir de uma população proveniente de um pomar comercial de citros na região de Barretos, SP, com uma razão de resistência superior a 10.000 vezes (Campos & Omoto 2002).

Para a escolha dos talhões de citros para a condução do trabalho em condições de campo, foram realizados levantamentos prévios de monitoramento da resistência para a identificação de talhões com baixa (< 20%) e alta frequência de resistência (> 60%) de *B. phoenicis* a hexythiazox. Em cada talhão foram coletados 30 a 50 frutos de laranja contendo no mínimo três ácaros adultos por fruto. Os frutos foram levados ao laboratório para a realização da estimativa da frequência de resistência por meio da utilização do bioensaio de contato direto sobre ovos (Campos & Omoto 2002). Foram realizados monitoramentos preliminares da resistência em mais de 20 talhões de citros para a seleção de seis que foram utilizados nos estudos da dinâmica da resistência em condições de campo (Tabela 1).

Criação de *B. phoenicis*. As linhagens S e R e as diferentes populações de *B. phoenicis* utilizadas neste trabalho foram multiplicadas em frutos de laranja da variedade Valência no laboratório. Os frutos foram lavados em água corrente, deixados para secar, e posteriormente parafinados, deixando-se uma arena de 10 cm² a 16 cm² para a colonização do ácaro. A arena foi circundada por cola (Tanglefoot[®], Grand Rapids, Michigan, EUA) para confinar os ácaros. Foram transferidos 50 a 80 ácaros por fruto com o auxílio de um pincel com apenas um pêlo e um microscópio estereoscópico. Os frutos foram mantidos em caixas plásticas com dimensões de 41 × 34 × 14 cm, contendo em seu fundo uma prancha de isopor com 12 orifícios onde os frutos foram acondicionados. A criação foi mantida em sala climatizada a 25 ± 2°C, 70 ± 10% de UR e 14h de fotofase. Os frutos foram renovados a cada 20 ou 30 dias.

Estimativa da frequência de resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox. A estimativa da frequência de resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox foi realizada por meio de bioensaio de contato direto sobre ovos com o acaricida Savey[®] PM (500 g de hexythiazox/kg do produto comercial, formulação pó molhável, Du Pont do Brasil S.A.), utilizando-se a concentração discriminatória de 18 mg de hexythiazox/l de água definida por Campos & Omoto (2002). Foram utilizadas folhas da planta ornamental *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) como substrato para oviposição do ácaro-da-leprose. As folhas foram acondicionadas com a superfície abaxial voltada para cima em placa de Petri de 10 cm de diâmetro

Tabela 1. Identificação, local de coleta, número de plantas de citros no talhão e data de coleta das populações de *B. phoenicis* com baixa (< 20%) e alta (> 60%) frequência de resistência a hexythiazox.

	Identificação	Local da coleta	Número de plantas	Data de coleta
Baixa frequência	OLI-1	Olímpia, SP	1.500	29/08/2003
	BEB-1	Bebedouro, SP	2.500	10/06/2003
	ANA-1	Analândia, SP	1.500	18/08/2003
Alta frequência	ALT-1	Altair, SP	1.000	21/05/2003
	OLI-2	Olímpia, SP	1.500	21/05/2003
	BEB-2	Bebedouro, SP	1.000	15/07/2005

contendo uma camada de 0,7 cm de espuma umedecida com água destilada. As bordas das folhas foram circundadas por uma camada fina de algodão umedecido com água destilada para mantê-las túrgidas. Internamente à camada de algodão, uma arena foi delimitada com cola (Tanglefoot®) para confinar os ácaros. Foram transferidas 20 fêmeas adultas por folha com o auxílio de pincel com apenas um pêlo e de um microscópio estereoscópico. Os ácaros foram mantidos sobre as folhas para oviposição por 48h. Durante esse período, as placas foram mantidas em câmara climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotofase de 14h. Posteriormente, os ácaros foram retirados e o número de ovos em cada folha foi contado, sendo obtidos 20 a 40 ovos por folha. Em seguida, as folhas contendo os ovos foram pulverizadas com hexythiazox na concentração discriminatória, com o auxílio da torre de Potter (Burkard Manufacturing, Rickmansworth, Herts, Inglaterra) à pressão de 68,95 kPa (10 lb/pol²). Foram utilizados 2 ml de solução na pulverização, de forma a obter a deposição média de resíduo úmido de aproximadamente 1,56 mg/cm². Após a pulverização, as placas foram mantidas em câmaras climatizadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e 14h de fotofase. A avaliação dos bioensaios foi realizada 11 dias após a pulverização, observando-se a viabilidade dos ovos.

Biologia das linhagens de *B. phoenicis* em laboratório. A biologia das linhagens de *B. phoenicis* S e R foi avaliada em frutos de laranja da variedade Valência em laboratório, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 70 ± 10% de UR e fotofase de 14h. Os frutos foram coletados e levados para o laboratório, onde foram lavados em água corrente e deixados para secar. Posteriormente, os frutos foram parafinados deixando-se uma arena de aproximadamente 8 cm². Dentro da arena foi feita outra arena de aproximadamente 4 cm², delimitada com cola (Tanglefoot®). Os frutos foram acondicionados em bandeja de isopor com 40 × 30 cm com 20 orifícios cada, e mantidos em câmara climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotofase de 14h. Foram transferidas cinco fêmeas para cada arena para ovipositar durante 12h. Após esse período, as fêmeas foram retiradas, deixando-se um ovo por arena. As observações da biologia foram realizadas em intervalos de 12h, anotando-se a duração e a mortalidade em cada estágio. Foram avaliados os estágios embrionário e pós-embrionário (larva, protocrisálida, protonífa, deutocrisálida, deutonífa e teleocrisálida), e na

fase adulta os períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição e fecundidade.

Os dados de cada parâmetro biológico avaliado para as linhagens S e R foram analisados pelo teste *t*. O nível de significância foi de $\alpha = 0,05$. Tabelas de vida de fertilidade para as duas linhagens testadas foram obtidas utilizando-se o método proposto por Silveira Neto & Nakano (1976).

Dinâmica da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox em condições de campo. Os estudos de dinâmica da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox foram realizados em talhões de pomares comerciais de citros localizados nos municípios de Altair, Olímpia, Bebedouro e Analândia (Tabela 1), de 2003 a 2005.

Os talhões de baixa frequência de resistência ao hexythiazox (OLI-1, BEB-1, ANA-1) foram submetidos a dois tratamentos: (1) presença de seleção com hexythiazox seguida pelo uso de um acaricida alternativo e (2) ausência completa de pressão de seleção com hexythiazox. Para o tratamento 1 foi realizada a primeira pulverização, com hexythiazox (3 g do produto comercial/100 L H₂O) (Savey® PM, 500 g de hexythiazox/kg do produto comercial, formulação pó molhável, Du Pont do Brasil S.A.) e a segunda pulverização, com spirodiclofen (20 ml do produto comercial/100 L H₂O) (Envidor®, 240 ml de spirodiclofen/L do produto comercial, formulação suspensão concentrada, Bayer Cropscience Ltda.). Para o tratamento 2 foi realizada a primeira pulverização com cyhexatin (50 ml do produto comercial/100 L H₂O) (Sipcatin® 500 SC, 500 ml de cyhexatin/L do produto comercial, formulação suspensão concentrada, Sipcam Agro S.A.) e a segunda pulverização com dicofol (77 ml do produto comercial/100 L H₂O) (Kelthane® 480, 480 ml de dicofol/L do produto comercial, formulação concentrado emulsionável, Dow Agrosiences Ltda.).

Os talhões com alta frequência de resistência a hexythiazox (ALT-1, OLI-2 e BEB-2) foram mantidos na ausência completa de pressão de seleção com hexythiazox, utilizando cyhexatin (50 ml do produto comercial/100 L H₂O) na primeira pulverização e spirodiclofen (40 ml do produto comercial/100 L H₂O) na segunda pulverização. A área destinada para cada tratamento foi composta por aproximadamente 100 árvores, sendo mantida entre as áreas uma bordadura de uma fileira de plantas para evitar contaminação.

Tabela 2. Duração média \pm erro padrão da média (em dias) dos estágios embrionário e pós-embrionário das linhagens de *B. phoenicis* suscetível e resistente a hexythiazox a 25 ± 1 °C, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h.

Estágio de desenvolvimento	Linhagem			
	n	Suscetível	n	Resistente
Ovo	50	7,3 \pm 0,04	50	7,3 \pm 0,05
Larva	50	1,8 \pm 0,12	50	1,6 \pm 0,03
Protocrisálida	49	1,9 \pm 0,06	49	2,0 \pm 0,07
Protoninfa	49	1,5 \pm 0,06	49	1,7 \pm 0,04
Deutocrisálida	49	2,0 \pm 0,06	49	2,0 \pm 0,04
Deutoninfa	48	2,0 \pm 0,04	49	2,2 \pm 0,06
Teleocrisálida	47	2,7 \pm 0,12	48	2,8 \pm 0,09
Ovo-adulto	45	19,3 \pm 0,25	48	19,6 \pm 0,19

n = número de observações

As médias não diferem estatisticamente pelo teste *t* ($P > 0,05$).

As pulverizações foram realizadas com turbo atomizador com volume de calda de 10 a 25 L/planta, dependendo do espaçamento entre plantas e da altura das plantas. Após as pulverizações, foram realizadas avaliações mensais para acompanhar o nível de infestação em cada tratamento. Para tanto, foram vistoriadas 10 árvores por tratamento, o que correspondeu a aproximadamente 10% da área de cada tratamento. Foram vistoriados três frutos por árvore, sendo considerados infestados os frutos com pelo menos um ácaro. A pulverização de acaricidas para o controle do ácaro-da-leprose nos diferentes tratamentos foi realizada quando o nível de infestação atingiu 10%. Nesse momento, as inspeções foram intensificadas para a coleta de frutos com ácaros antes da pulverização do acaricida. Os frutos com ácaros de cada tratamento foram levados para o laboratório para a multiplicação por no mínimo uma geração, para posterior estimativa da frequência de resistência ao hexythiazox, realizada anteriormente a cada pulverização de acaricida nos diferentes tratamentos. Os bioensaios de concentração discriminatória foram repetidos de quatro a oito vezes para cada população de ácaro-da-leprose coletada.

Para avaliar as mudanças nas frequências de resistência estimadas para cada tratamento ao longo do tempo em cada localidade, os dados percentuais de frequência de resistência (X) obtidos para cada repetição foram transformados para $\arcsen \sqrt{X/100}$ e submetidos à análise de variância. As médias de frequência de resistência foram comparadas pelo teste de Tukey. O nível de significância dos testes foi de $\alpha = 0,05$.

Resultados e Discussão

Biologia das linhagens S e R de *B. phoenicis* a hexythiazox.

Não foram verificadas diferenças significativas entre as linhagens S e R de *B. phoenicis* quanto à duração dos estágios de ovo a adulto, e também quanto ao tempo de desenvolvimento de ovo a adulto (Tabela 2), duração média dos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição,

assim como no número de ovos por fêmea, duração média da longevidade e do ciclo completo (Tabela 3).

A partir dos dados obtidos no estudo da biologia foram elaboradas as tabelas de vida de fertilidade para as linhagens S e R. A linhagem resistente apresentou maior taxa líquida de reprodução (R_0), sendo de 64,13 para a linhagem S e 73,00 para a linhagem R. Não foi observada diferença na duração média de uma geração para a linhagem S (41,78 dias) comparada com a linhagem R (42,86 dias). A capacidade inata de aumentar em número (r_m) foi semelhante para as duas linhagens, com valores de 0,099 e 0,100 para as linhagens S e R respectivamente.

Trabalhos de custo adaptativo de ácaros associado à resistência a hexythiazox têm mostrado resultados bastante distintos. Herron & Rophail (1993) estudaram o custo da resistência de *T. urticae* aos acaricidas clofentezine e hexythiazox. Os autores observaram que a média de ovos

Tabela 3. Duração média \pm erro padrão da média (em dias) dos períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição, número de ovos por fêmea, longevidade e do ciclo completo das linhagens de *B. phoenicis* suscetível (n = 45) e resistente (n = 48) a hexythiazox a 25 ± 1 °C, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h.

Períodos	Linhagem	
	Suscetível	Resistente
Pré-oviposição	2,7 \pm 0,12	2,5 \pm 0,07
Oviposição	44,0 \pm 3,25	41,8 \pm 3,43
Pós-oviposição	2,5 \pm 0,41	4,2 \pm 0,85
Nº ovos/fêmea	59,5 \pm 5,29	65,2 \pm 5,06
Longevidade	49,2 \pm 5,01	48,4 \pm 5,89
Ciclo completo	68,4 \pm 3,21	67,9 \pm 3,52

n = número de observações

As médias não diferem estatisticamente pelo teste *t* ($P > 0,05$).

produzidos pela linhagem suscetível foi maior do que pela linhagem resistente, porém não foram encontradas diferenças significativas com relação aos demais parâmetros biológicos. Já Yamamoto *et al.* (1995) estudaram o custo adaptativo associado à resistência de *P. citri* a esse acaricida e observaram pequenas diferenças na capacidade inata de aumentar em número (r_m), porém essas diferenças entre as linhagens S e R não foram significativas a 25°C. A desvantagem da linhagem resistente foi mais evidente a 35°C, sendo que os valores de r_m foram de 0,1187 e 0,0123 para as linhagens S e R, respectivamente.

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram os de Campos & Omoto (2002) que obtiveram resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox estável em condições de laboratório. No entanto, os resultados podem ser diferentes em condições de campo, pois o potencial reprodutivo pode variar dependendo de vários fatores intrínsecos, como fatores genéticos e de potencial reprodutivo, e fatores extrínsecos, tais como a temperatura, umidade, predação, competição, qualidade da aplicação de acaricidas, e vários outros fatores relacionados com a planta hospedeira (Yamamoto *et al.* 1995).

Dinâmica da resistência em campo. O estudo da dinâmica da resistência a hexythiazox em talhões de citros com baixa frequência de resistência demonstrou que há resposta à pressão de seleção com o hexythiazox. Posteriormente, com a pulverização de outro acaricida com mecanismo de ação distinto ao de hexythiazox, a frequência de resistência

baixou a níveis próximos à frequência inicial, ou seja, antes da pulverização com hexythiazox. A redução na frequência de resistência foi mais expressiva no tratamento sem pressão de seleção com hexythiazox durante o período aproximado de dois anos para todos os talhões avaliados.

No talhão OLI-1, após a pulverização com hexythiazox, a frequência de resistência aumentou de 14,5% para 18,4%, não ocorrendo diferença significativa entre a frequência inicial e a estimada após a 1ª pulverização. Após a pulverização com spirodiclofen, a frequência de resistência declinou para 7,2% no período de 21 meses, diferindo estatisticamente da frequência de resistência inicial ($F = 11,18$; $gl = 2, 9$; $P < 0,0036$) (Fig. 1). No talhão BEB-1, com a pressão de seleção com hexythiazox, a frequência de resistência praticamente dobrou, passando de 10,4% para 22,3%. Após a 2ª pulverização, com spirodiclofen, a frequência de resistência foi reduzida para 7,8% em 13 meses, diferindo estatisticamente da frequência de resistência inicial ($F = 7,11$; $gl = 2, 9$; $P = 0,0140$) (Fig. 2). A mesma tendência foi observada para o talhão ANA-1, sendo que após a pulverização com hexythiazox, a frequência de resistência passou de 8,11% para 17,8%, e após a pulverização de spirodiclofen, a frequência reduziu para 5,1% em 23 meses, diferindo estatisticamente da frequência inicial de resistência desse talhão ($F = 12,54$; $gl = 2, 9$; $P = 0,0025$) (Fig. 3).

Para o tratamento sem pressão de seleção com o hexythiazox nos talhões com baixa frequência de resistência

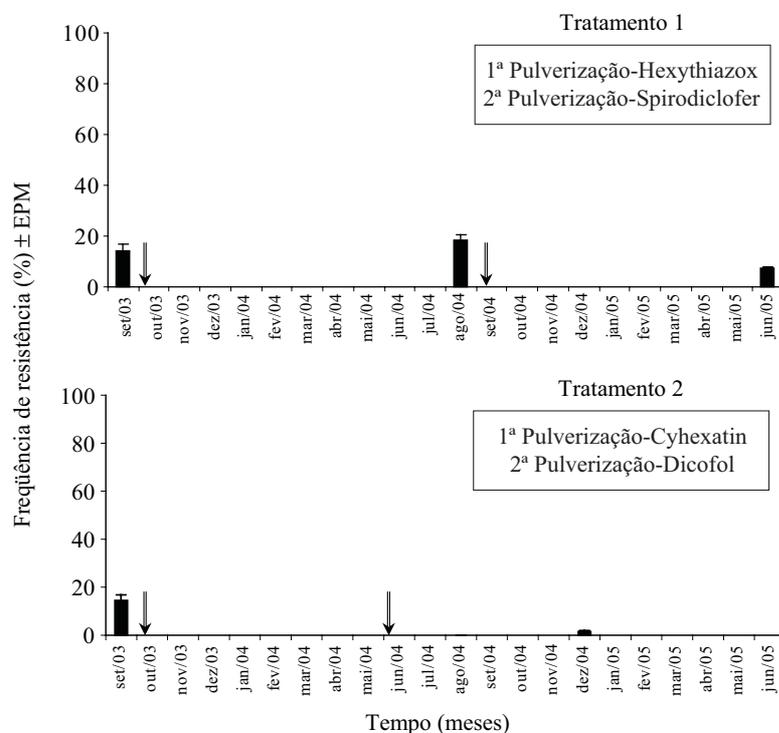


Fig. 1. Dinâmica da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox no talhão de citros com baixa frequência inicial de resistência em Olímpia, SP (OLI-1), na presença (tratamento 1) e ausência (tratamento 2) de pressão de seleção com hexythiazox. Dados de frequência de resistência estimados com bioensaio de concentração discriminatória de 18 mg de hexythiazox/L de água, de 2003 a 2005. As setas indicam o momento das pulverizações.

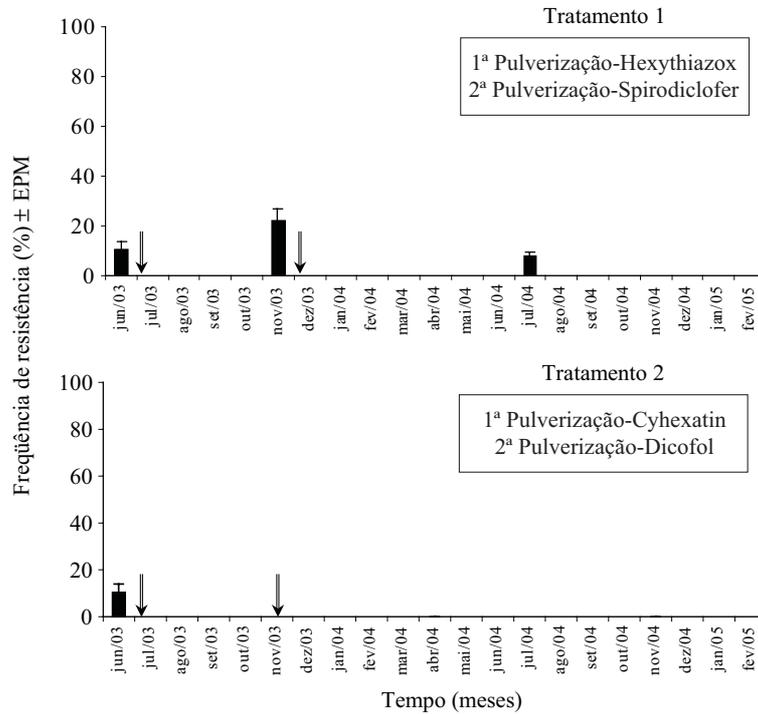


Fig. 2. Dinâmica da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox no talhão de citros com baixa freqüência inicial de resistência em Bebedouro, SP (BEB-1), na presença (tratamento 1) e ausência (tratamento 2) de pressão de seleção com hexythiazox. Dados de freqüência de resistência estimados com bioensaio de concentração discriminatória de 18 mg de hexythiazox/L de água, de 2003 a 2005. As setas indicam o momento das pulverizações.

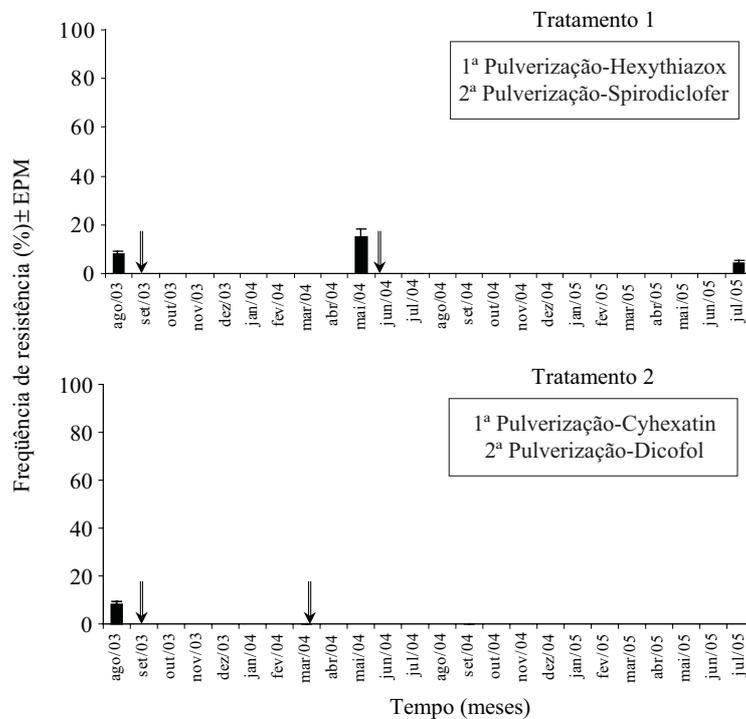


Fig. 3. Dinâmica da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox no talhão de citros com baixa freqüência inicial de resistência em Analândia, SP (ANA-1), na presença (tratamento 1) e ausência (tratamento 2) de pressão de seleção com hexythiazox. Dados de freqüência de resistência estimados com bioensaio de concentração discriminatória de 18 mg de hexythiazox/L de água, de 2003 a 2005. As setas indicam o momento das pulverizações.

inicial, a suscetibilidade de *B. phoenicis* a hexythiazox se restabeleceu, ou seja, a frequência de resistência decresceu após 11 a 15 meses do início do experimento (Figs. 1 a 3). No talhão OLI-1 a frequência de resistência inicial de 14,5% foi reduzida a zero após a pulverização com o cyhexatin. Após a pulverização com o dicofol, aumentou para 1,5%, diferindo estatisticamente da frequência de resistência inicial ($F = 2.121,00$; $gl = 2, 9$; $P < 0,0001$). No talhão BEB-1 também ocorreu redução da frequência de resistência, sendo que a pulverização com cyhexatin reduziu a frequência de resistência a zero, mantendo-se nesse nível após a pulverização com o dicofol e diferindo estatisticamente da frequência de resistência inicial ($F = 100,00$; $gl = 2, 9$; $P < 0,0001$). O mesmo comportamento ocorreu no talhão ANA-1 ($F = 433,52$; $gl = 2, 9$; $P < 0,0001$).

Em estudos sobre a dinâmica da resistência a hexythiazox em talhões de citros com alta frequência de resistência, a frequência de resistência também declinou significativamente na ausência de pressão de seleção com hexythiazox em condições de campo (Fig. 4). No talhão ALT-1, após a pulverização de cyhexatin, a frequência de resistência diminuiu de 65,6% para 35,8%. Após a 2ª pulverização, com spirodiclofen, a frequência de resistência passou para 29,1%

em 16 meses desde a 1ª pulverização com cyhexatin ($F = 33,86$; $gl = 2, 9$; $P < 0,0001$). No talhão BEB-2, a frequência de resistência também diminuiu com a utilização de cyhexatin, passando de 68,3% para 52,4%, porém essa diferença não foi significativa. Após a pulverização com o spirodiclofen nesse talhão, a frequência de resistência caiu para 21,2% em um período de 15 meses a partir da 1ª pulverização ($F = 27,53$; $gl = 2, 9$; $P < 0,0003$). A mesma tendência foi observada no talhão OLI-2, onde a frequência de resistência caiu de 95,8% para 87,1% após a pulverização com cyhexatin e com a pulverização de spirodiclofen, a frequência de resistência declinou para 49,5% em 19 meses a partir da 1ª pulverização ($F = 55,66$; $gl = 2, 9$; $P < 0,0001$).

Estudo da estabilidade da resistência de *P. citri* a hexythiazox realizado por Yamamoto *et al.* (1996) mostrou que populações com alta frequência inicial de indivíduos resistentes (90% e 98%) mostraram-se estáveis após 12 gerações, em condições de laboratório, no entanto populações com frequência mais baixa (50% e 70%) apresentaram rápida reversão da resistência após apenas três gerações, também em condições de laboratório. No entanto em estudo da dinâmica em campo, os autores observaram reversão gradual na frequência de resistência na ausência de pressão

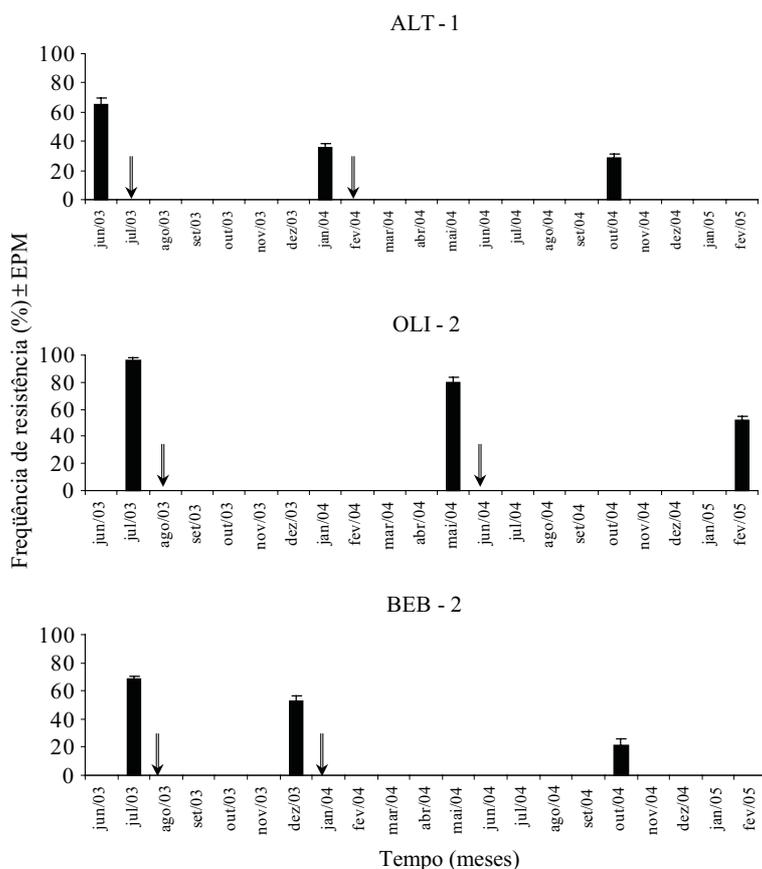


Fig. 4. Dinâmica da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox em talhões de citros com alta frequência inicial de resistência em Altair, SP (ALT-1), Olimpia-SP (OLI-2) e Bebedouro, SP (BEB-2), na ausência de pressão de seleção com hexythiazox. Dados de frequência de resistência estimados com bioensaio de concentração discriminatória de 18 mg de hexythiazox/L de água, de 2003 a 2005. As setas indicam o momento das pulverizações.

de seleção após 33 meses, atribuindo a reversão à imigração de indivíduos suscetíveis e aos indivíduos suscetíveis remanescentes no pomar.

Embora a resistência tenha sido estável em condições de laboratório na ausência de pressão de seleção e de imigração de indivíduos suscetíveis (Campos & Omoto 2002), e também não tenham sido observadas diferenças significativas entre os parâmetros biológicos avaliados para as linhagens S e R no presente estudo, os resultados da dinâmica da resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox em condições de campo evidenciaram que a resistência foi instável, podendo, portanto, ser explorada em programas de manejo da resistência (Georghiou 1983).

Vale salientar que os dados obtidos neste trabalho não devem ser extrapolados para todos os talhões onde há problemas com a resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox. O período mínimo de restabelecimento da suscetibilidade a hexythiazox pode variar de talhão para talhão, pois a diminuição da frequência de resistência depende não apenas da escolha dos acaricidas a serem utilizados em rotação ou mistura, mas também de fatores climáticos e aspectos bioecológicos da praga, como crescimento e estrutura populacional, imigração de indivíduos suscetíveis e preservação de inimigos naturais da praga. Portanto, é de fundamental importância realizar o monitoramento da suscetibilidade dos ácaros em cada talhão de citros para a tomada de decisão sobre a escolha dos acaricidas a serem utilizados para o manejo de *B. phoenicis*.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Fundo Paulista de Defesa da Citricultura (FUNDECITRUS) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desse projeto. À DuPont do Brasil Ltda pelo fornecimento dos acaricidas e apoio logístico na execução da presente pesquisa.

Referências

- Alves, E.B., N.F.B. Casarin & C. Omoto. 2005. Mecanismos de dispersão de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em pomares de citros. *Neotrop. Entomol.* 34: 89-96.
- Aveyard, C.S., D.J. Peregrine & K.M.G. Bryan. 1986. Biological activity of clofentezine against egg and motile stages of tetranychid mites. *Exp. Appl. Acarol.* 2: 223-229.
- Campos, F.J. & C. Omoto. 2002. Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus. *Exp. Appl. Acarol.* 26: 243-251.
- Dennehy, T.J., J.P. Nyrop & T.E. Martinson. 1990. Characterization and exploitation of instability of spider mite resistance to acaricides, p.77-91. In M.G. Green, W.K. Moberg & H. LeBaron (eds.), *Managing resistance to agrochemicals: fundamental and practical approaches to combating resistance.* American Chemical Society, Washington, DC, 496p.
- Franco, C.R. 2002. Detecção e caracterização da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) ao acaricida propargite. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", USP, Piracicaba, 64p.
- Georghiou, G.P. & C.E. Taylor. 1977a. Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70: 319-323.
- Georghiou, G.P. 1972. The evolution of resistance to pesticides. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 3: 133-168.
- Georghiou, G.P. 1983. Management of resistance in arthropods, p.769-792. In G.P. Georghiou & T. Saito. (eds.), *Pest resistance to pesticides.* New York, Plenum, 809p.
- Georghiou, G.P. & C.E. Taylor. 1977b. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70: 653-658.
- Gravena, S. 1994. Manejo integrado de pragas em citros no Brasil: uma visão atual, p.41-56. In L.C. Donadio & S. Gravena (coords.), *Manejo integrado de pragas dos citros.* Anais do Terceiro Seminário Internacional de Citros - MIP. Campinas, Fundação Cargill, 310p.
- Helle, W., H.R. Bolland & W.R.B. Heimans. 1980. Chromosomes and types of parthenogenesis in the false spider mites (Acari: Tenuipalpidae). *Genetica.* 54: 545-550.
- Herron, G. & J. Rophail. 1993. Effect of clofentezine-hexythiazox resistance on life-table attributes of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 17: 823-830.
- Kitajima, E.W., G.W. Muller, A.S. Costa & V.A. Yuki. 1972. Short, rod-like particles associated with citrus leprosis. *Virology* 50: 254-258.
- Omoto, C., E.B. Alves & P.C. Ribeiro. 2000. Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao dicofol. *An. Soc. Entomol. Brasil* 29: 757-764.
- Omoto, C., T.J. Dennehy, C.W. McCoy, S.E. Crane & J.W. Long. 1995. Management of citrus rust mite (Acari: Eriophyidae) resistance to dicofol in Florida citrus. *J. Econ. Entomol.* 88: 1129-1137.
- Pijnacker, L.P., M.A. Ferwerda, H.R. Bolland & W. Helle. 1980. Haploid female parthenogenesis in the false spider mite *Brevipalpus obovatus* (Acari: Tenuipalpidae). *Genetica* 51: 211-214.
- Roush, R.T. & J.A. McKenzie. 1987. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Annu. Rev. Entomol.* 32: 361-380.
- Roush, R.T. & J.C. Daly. 1990. The role of population genetics in resistance research and management, p.97-152. In R.T. Roush & B.E. Tabashnik (eds.), *Pesticide resistance in arthropods.* New York, Chapman and Hall. 303p.
- Sato, M.E., A. Raga, L.C. Cerávolo, A.C. Rossi & A.C. Cezário. 1992. Efeito de acaricidas sobre *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) e ácaros predadores (Família Phytoseiidae) em citros. *Rev. Bras. Frutic.* 14: 87-93.

- Silveira Neto, S. & O. Nakano. 1976. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo, Ceres, 419p.
- Welty, C., W.H. Reissig, T.J. Dennehy & R.W. Weires. 1988. Susceptibility to hexythiazox of eggs and larvae of European red mite (Acari: Tetranychidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81: 586-592.
- Yamamoto, A., H. Yoneda, R. Hatano & M. Asada. 1995. Influence of hexythiazox resistance on life history parameters in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor). *J. Pestic. Sci.* 20: 521-527.
- Yamamoto, A., H. Yoneda, R. Hatano & M. Asada. 1996. Stability of hexythiazox resistance in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) under laboratory and field conditions. *J. Pestic. Sci.* 21: 37-42.
- Yamamoto, P.T., A.S. Pinto, P.E.B. Paiva & S. Gravena. 1992. Seletividade de agrotóxicos aos inimigos naturais de pragas dos citros. *Laranja* 13: 693-708.

Received 5/II/06. Accepted 5/V/06.
