

## CROP PROTECTION

Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) a Acaricidas Inibidores da Respiração Celular em Citros: Resistência Cruzada e Custo AdaptativoCLÁUDIO R. FRANCO<sup>1</sup>, NÁDIA F.B. CASARIN<sup>1</sup>, FELIPE A. DOMINGUES<sup>2</sup> E CELSO OMOTO<sup>1,3</sup><sup>1</sup>Depto. Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP 13.418-900, Piracicaba, SP<sup>2</sup>Univ. Metodista de Piracicaba, Rod. do Açúcar, km 156, 13.400-911, Piracicaba, SP; <sup>3</sup>celomoto@esalq.usp.br*Neotropical Entomology* 36(4):565-576 (2007)Resistance of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) to Acaricides that Inhibit Cellular Respiration in Citrus: Cross-Resistance and Fitness Cost

**ABSTRACT** - Acaricides that inhibit cellular respiration play an important role in the control of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) in citrus groves in Brazil. Studies were conducted to evaluate: (a) the variability in the susceptibility among *B. phoenicis* populations collected from citrus groves to cyhexatin, azocyclotin, propargite and sulphur; (b) cross-resistance relationships between propargite and azocyclotin, cyhexatin, dinocap, pyridaben and sulphur; and (c) the fitness cost associated with propargite resistance in *B. phoenicis* under laboratory conditions. A residual-type contact bioassay was used to characterize the susceptibility. The susceptibility was estimated with diagnostic concentrations based  $LC_{95}$  of each acaricide. The cross-resistance was evaluated by characterizing the concentration-mortality responses of susceptible (S) and propargite-resistant (Propargite-R) strains. The fitness cost was evaluated by measuring the biological parameters of S and Propargite-R strains on citrus fruits at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  and photophase of 14h. Significant differences in the susceptibility of *B. phoenicis* were detected at diagnostic concentration of cyhexatin (survivorship from 16.3% to 80.5%), azocyclotin (from 3.0% to 15.0%), propargite (from 1.0% a 71.6%) and sulphur (from 9.0% to 82.6%). A low intensity of cross-resistance was detected between propargite and the acaricides azocyclotin (1.8-fold), cyhexatin (4.6-fold), dinocap (3.5-fold) and pyridaben (3.5-fold). On the other hand, the intensity of cross-resistance to sulphur (> 111-fold) was very high. There was no fitness cost associated with *B. phoenicis* resistance to propargite, based on biological parameters evaluated. Therefore, the use of these acaricides should also be done very carefully in resistance management of *B. phoenicis* to acaricides.

**KEY WORDS:** Flat mite, propargite, cyhexatin, resistance management

**RESUMO** - Acaricidas inibidores da respiração celular são importantes para o controle de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) na cultura dos citros no Brasil. Foram conduzidos estudos para avaliar: (a) a variabilidade na suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros para cihexatim, azociclotim, propargite e enxofre; (b) relações de resistência cruzada entre propargite e os acaricidas azociclotim, cihexatim, dinocape, piridabem e enxofre; e (c) o custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite em condições de laboratório. O método de bioensaio adotado foi o contato residual. A suscetibilidade foi estimada com concentrações diagnósticas baseadas na  $CL_{95}$  de cada acaricida. A resistência cruzada foi avaliada pela caracterização da curva de concentração-mortalidade das linhagens suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R). O custo adaptativo foi avaliado mediante comparação de parâmetros biológicos das linhagens S e Propargite-R em frutos de laranja a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e fotofase de 14h. Diferenças significativas na sobrevivência de *B. phoenicis* foram verificadas aos acaricidas cihexatim (de 16,3% a 80,5%), azociclotim (de 3,0% a 15,0%), propargite (de 1,0% a 71,6%) e enxofre (de 9,0% a 82,6%). Baixa intensidade de resistência cruzada foi verificada entre propargite e os acaricidas azociclotim (1,8 vezes), cihexatim (4,6 vezes), dinocape (3,5 vezes) e piridabem (3,5 vezes). Por outro lado, a intensidade de resistência cruzada a enxofre (> 111 vezes) foi bastante alta. Não foi verificada presença de custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite. Portanto, o uso desses acaricidas também deve ser feito de maneira criteriosa no manejo da resistência de *B. phoenicis* a acaricidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ácaro-da-leprose, propargite, cihexatim, manejo da resistência

Os acaricidas inibidores da respiração celular têm sido bastante utilizados no manejo de ácaros em diversas culturas, devido à sua eficiência no controle e ao seu mecanismo de ação diferenciado. Esses acaricidas atuam em diversas etapas da respiração celular comprometendo, principalmente, a geração de energia (adenosina tri-fosfato - ATP) e são divididos de acordo com o seu provável modo de ação: (a) inibidores da fosforilação oxidativa via interrupção da síntese de ATP (organoestânicos, diafentiurum, propargite e tetradifom), (b) desacopladores da fosforilação oxidativa via interrupção do gradiente de próton H<sup>+</sup> (clorfenapir e dinocape), (c) inibidores do transporte de elétrons no complexo I (piridabem, fenpiroximate, fenazaquim e tebufenpirade) e (d) no complexo III (acequinocil). Embora não esteja muito bem elucidado, o grupo dos inibidores da fosforilação oxidativa via interrupção da síntese de ATP são subdivididos em: (i) organoestânicos (cihexatim, óxido de fenbutatim e azociclotim), (ii) propargite e tetradifom e (iii) diafentiurum (Corbett *et al.* 1984, Dekeyser 2005, IRAC 2007). Além desses acaricidas orgânicos, o enxofre, um acaricida-fungicida inorgânico, apresenta um possível efeito na respiração celular (Hassall 1982).

Na citricultura brasileira são utilizados, principalmente para o controle do ácaro-da-leprose, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), importante praga da cultura por ser o transmissor do vírus causador da leprose dos citros (Kitajima *et al.* 1972). Atualmente, entre os ingredientes ativos registrados para o seu controle quase a metade interfere na respiração celular (organoestânicos, propargite, clorfenapir, dinocape, piridabem, fenpiroximate e enxofre) (MAPA 2007). Dentro desse grupo de acaricidas, destacam-se os organoestânicos, propargite e enxofre (Nakano 1995, Cooperativa dos Cafeicultores e Citricultores de São Paulo 2001 - informação pessoal).

Como consequência da utilização intensa desses acaricidas um dos grandes entraves para a continuidade do sucesso no seu uso tem sido a rápida evolução da resistência detectada em várias espécies de ácaros de importância econômica (Edge & James 1986, Stumpf & Nauen 2001). Casos de resistência cruzada envolvendo acaricidas inibidores da respiração celular têm sido registrados, por exemplo, entre acaricidas organoestânicos (Edge & James 1986), entre inibidores do transporte de elétrons no complexo I (Stumpf & Nauen 2001) e com acaricidas de modos de ação distintos, por exemplo, entre propargite e dicofol (Grafton-Cardwell *et al.* 1987) e entre fenpiroximate e os acaricidas piridabem e dimetoato (Sato *et al.* 2004).

A estabilidade da resistência de ácaros a acaricidas inibidores da respiração celular tem comprometido as estratégias de manejo da resistência, ou seja, a frequência de resistência se mantém relativamente estável mesmo na ausência da pressão de seleção. Os principais fatores que afetam a dinâmica da resistência são: (a) o custo adaptativo dos indivíduos resistentes na ausência de pressão de seleção e (b) a imigração de indivíduos suscetíveis. Casos de estabilidade da resistência a acaricidas inibidores da respiração celular em condições de laboratório e campo já foram detectados para cihexatim, propargite e óxido de fenbutatim (Hoy & Conley 1989, Hoy *et al.* 1988, Tian *et al.* 1992). Casos de instabilidade da resistência também têm

sido relatados para cihexatim e fenpiroximate, no entanto, a reversão para a suscetibilidade foi bastante lenta (Edge & James 1986, Sato *et al.* 2004).

A evolução da resistência de *B. phoenicis* a acaricidas tem comprometido a eficácia de diversos acaricidas que são utilizados em rotação. Casos de resistência foram detectados para dicofol (modo de ação desconhecido), para hexitiazox (regulador de crescimento de ácaros) e para propargite (inibidor da fosforilação oxidativa via interrupção da síntese de ATP) (Omoto *et al.* 2000, Campos & Omoto 2002, Franco 2002). Apesar do intenso uso de acaricidas organoestânicos, até o ano de 1999, não foram detectados casos de resistência a níveis acima da frequência crítica (> 10% de indivíduos resistentes) em populações de *B. phoenicis* para óxido de fenbutatim e cihexatim em pomares de citros do estado de São Paulo (Konno *et al.* 2001). Entretanto, nos últimos anos, aumentaram as reclamações de falhas no controle de *B. phoenicis* pelo uso de organoestânicos e outros acaricidas inibidores da respiração celular, sendo aludida a evolução da resistência como um dos fatores associados a essas falhas.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar se os relatos de falhas no controle de *B. phoenicis* a acaricidas inibidores da respiração celular em pomares de citros se devem à resistência, bem como fornecer subsídios para o manejo da resistência. Inicialmente foram realizados estudos para avaliar a variabilidade na suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* aos acaricidas cihexatim, azociclotim, propargite e enxofre. Posteriormente, foram realizados estudos para avaliar as relações de resistência cruzada entre propargite (inibidor da ATPase mediada pelo íon Mg<sup>2+</sup>) e os acaricidas cihexatim e azociclotim (ambos organoestânicos), dinocape (desacoplador da fosforilação oxidativa via interrupção do gradiente de próton H<sup>+</sup>), piridabem (inibidor do transporte de elétrons no complexo I) e enxofre (acaricida-fungicida inorgânico). Por fim, avaliou-se o custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite em condições de laboratório.

## Material e Métodos

**Populações de *B. phoenicis*.** Foram coletadas 17 populações de *B. phoenicis* em diferentes pomares de citros do estado de São Paulo, de 2004 a 2006 (Tabela 1). Em cada pomar foram coletados cerca de 40 frutos infestados com o ácaro-da-leprose. Esses frutos foram acondicionados em caixas de papelão ou isopor. No laboratório, os ácaros foram retirados dos frutos utilizando um pincel com apenas um pêlo, sob microscópio estereoscópico, e transferidos para frutos de citros. As populações em laboratório foram iniciadas com cerca de 200 a 300 ácaros.

Além dessas populações, foram utilizadas as linhagens de *B. phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R). A linhagem S foi coletada em um pomar de citros no município de Piracicaba, SP, em 2000. A linhagem Propargite-R, com razão de resistência estimada em 10 vezes, foi obtida a partir de uma população coletada em Barretos, SP, e selecionada em condições de laboratório (Franco 2002).

**Criação de *B. phoenicis*.** As populações de *B. phoenicis* foram mantidas em frutos de laranja das variedades

Tabela 1. Procedência, identificação e histórico do uso de acaricidas nos últimos 60 meses (número de pulverizações) das populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros do estado de São Paulo (Fonte: Fischer S.A. e Sipcam Agro S.A.).

Cidade	Código	Acaricida <sup>1</sup>					
		Azociclotim	Cihexatim	Óxido de fenbutatim	Propargite	Enxofre	Outros
Altair	AL1	5	2	1	3	23	6
Barretos	BA1	... <sup>2</sup>	...	...	...	...	...
Gavião Peixoto	GP1	3	2	0	2	22	10
Itapópolis	IT1 <sup>3</sup>	0	4	0	0	18	4
Olímpia	OL1	...	...	...	...	...	...
Onda Verde	OV1	3	1	1	5	21	0
	OV2	4	1	1	5	26	5
	OV3	3	1	1	5	25	7
	OV4	3	0	1	5	23	4
	OV5	4	0	1	2	13	21
	OV6	4	0	1	2	17	18
	OV7	4	0	1	2	18	19
	OV8	5	0	0	4	19	19
	OV9	4	1	1	5	30	15
	OV10	4	1	1	4	31	8
	OV11	5	0	1	1	14	21
	OV12	3	1	2	2	16	22

<sup>1</sup>Acaricidas utilizados no controle de *B. phoenicis* e *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead).

<sup>2</sup>Informação não disponível.

<sup>3</sup>Histórico do uso de acaricidas disponível somente dos últimos 40 meses.

Valência ou Pera Rio. Os frutos foram lavados em água corrente e parafinados, deixando uma área de 10 cm<sup>2</sup> a 16 cm<sup>2</sup> para permitir a colonização dos ácaros. Essa área foi delimitada com cola entomológica para evitar a fuga dos ácaros e circundada com uma fita plástica de poliestireno de aproximadamente 1,5 cm de largura. Uma mistura de areia, gesso, farinha de trigo e água na proporção de 4:1:1:3 foi pincelada nos frutos para simular sintomas de ferrugem que favorecem o desenvolvimento do ácaro. Os frutos foram renovados em intervalos de 20 a 30 dias, deixando a área do fruto novo e do fruto infestado em contato, por uma semana, para a transferência dos ácaros para o fruto novo. A sala de criação foi mantida a 25 ± 2°C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 14h.

**Bioensaios toxicológicos.** O método de bioensaio adotado para a caracterização toxicológica das populações de *B. phoenicis* foi o de contato residual. Foram utilizadas as formulações comerciais dos seguintes ingredientes ativos (I.A.) para realização dos bioensaios: azociclotim (Caligur, 500 g de I.A./L, suspensão concentrada, Bayer CropScience Ltda.), cihexatim (Hokko Cyhexatin 500, 500 g de I.A./kg, pó molhável, Hokko do Brasil Indústria Química e Agropecuária Ltda.), dinocape (Karathane EC, 369 g de I.A./L, concentrado emulsionável, Dow AgroSciences Industrial Ltda.), piridabem

(Sanmite, 200 g de I.A./L, concentrado emulsionável, Basf S.A.), enxofre (Kumulus DF, 800 g de I.A./kg, granulado dispersível, Basf S.A.) e propargite (Omite 720 CE, 720 g de I.A./L, concentrado emulsionável, Crompton Ltda.). As diferentes concentrações de acaricidas foram preparadas a partir da diluição do produto comercial em água destilada.

O bioensaio foi realizado em discos de folha de laranja da variedade Valência de 2,6 cm de diâmetro. A superfície adaxial dos discos foi pulverizada com um volume de 2 ml de cada concentração do acaricida testado, utilizando a torre de pulverização de Potter (Burkard Manufacturing, Rickmansworth, Inglaterra) calibrada à pressão de 68,95 kPa. Nessas condições de pulverização foi obtido um depósito médio de 1,5 mg de solução/cm<sup>2</sup>. Em seguida, os discos de folha foram acondicionados em placas acrílicas de 3,5 cm de diâmetro (Falcon 1008, Becton Dickinson Labware, Lincoln Park, NJ, Estados Unidos) contendo aproximadamente 2 ml de uma mistura não-geleificada de água na concentração de 2,5%. Uma barreira dessa mistura foi construída ao redor dos discos de folha para evitar a fuga dos ácaros (Kabir *et al.* 1993). Foram transferidos 10 ácaros adultos de *B. phoenicis* para cada placa, com auxílio de um pincel com um pêlo sob dois microscópios estereoscópio. As placas foram mantidas em câmara climatizada regulada a 25 ± 1°C e fotofase de 14h.

A avaliação da mortalidade foi realizada após 24h de exposição para o azociclotim, cihexatim, dinocape, piridabem e propargite; e após 48h de exposição para o enxofre. O critério de mortalidade adotado foi os ácaros que não responderam ao toque com um pincel de um pêlo com movimentos vigorosos e coordenados de seus apêndices foram colocados com a face ventral voltada para cima e os que não conseguiram voltar à posição normal foram considerados mortos. Os bioensaios que apresentaram mortalidade na testemunha superior a 15% foram descartados.

#### **Monitoramento da suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* a acaricidas inibidores da respiração celular.**

A suscetibilidade das populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros do estado de São Paulo foi avaliada para os acaricidas cihexatim, azociclotim, propargite e enxofre. As concentrações diagnósticas utilizadas foram 180 mg de cihexatim/L de água (Konno et al. 2001) e 720 mg de propargite/L de água (Franco 2002). Para os acaricidas azociclotim e enxofre, as concentrações diagnósticas foram definidas após caracterização da curva de concentração-mortalidade da linhagem S de *B. phoenicis* para esses dois acaricidas. Foram utilizadas cinco concentrações de cada acaricida, espaçadas em escala logarítmica, que proporcionaram mortalidade entre 5% e 99%. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. O método de bioensaio adotado foi o contato residual. Cada concentração foi repetida cinco vezes, sendo que cada repetição foi constituída por quatro placas de bioensaio por concentração e duas placas na testemunha (pulverização com água destilada). Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit para estimar a concentração letal 50 (CL<sub>50</sub>) utilizando o programa POLO-PC (LeOra Software 1987). A concentração diagnóstica foi baseada na CL<sub>95</sub> da linhagem S. O nível de significância do teste foi de  $\alpha = 0,05$ .

Para o monitoramento da suscetibilidade de populações aos acaricidas cihexatim, propargite, enxofre e azociclotim o delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. Para cada concentração diagnóstica testada, os bioensaios foram repetidos cinco vezes, sendo que cada repetição foi constituída por quatro placas de bioensaio por concentração e duas placas na testemunha (pulverização com água destilada). Os dados de porcentagem de sobrevivência ( $x$ ) nas concentrações diagnósticas de cada acaricida foram transformados por  $\arcsin(\sqrt{x/100})$ . Para avaliar a variabilidade quanto à suscetibilidade aos acaricidas testados os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas com a linhagem S pelo teste bilateral de Dunnett (proc glm). Para avaliar a possível relação de resistência cruzada entre os acaricidas testados os dados de sobrevivência nas concentrações diagnósticas foram submetidos à análise de correlação para verificar a relação entre a sobrevivência ao acaricida cihexatim e aos acaricidas azociclotim, propargite e enxofre; entre o acaricida propargite e os acaricidas azociclotim e enxofre; e entre o acaricida enxofre e azociclotim (proc corr). As análises foram realizadas com o programa estatístico SAS System for Windows versão 8.2. Os níveis de significância dos testes foram de  $\alpha = 0,05$ .

#### **Relação de resistência cruzada entre acaricidas inibidores da respiração celular em *B. phoenicis*.**

A avaliação da resistência cruzada entre propargite e outros acaricidas que interferem no processo da respiração celular em *B. phoenicis* foi realizada mediante a caracterização das curvas de concentração-mortalidade das linhagens S e Propargite-R aos acaricidas azociclotim, cihexatim, dinocape, piridabem e enxofre. Foram utilizadas quatro ou cinco concentrações de cada acaricida, espaçadas em escala logarítmica, que proporcionaram mortalidade entre 5% e 99%. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. O método de bioensaio adotado foi o contato residual. Cada concentração dos acaricidas testados foi repetida cinco vezes, sendo que cada repetição foi constituída por quatro placas de bioensaio por concentração e duas placas na testemunha (pulverização com água destilada). Os dados de mortalidade das linhagens S e Propargite-R de cada acaricida foram submetidos à análise de Probit para estimar a CL<sub>50</sub> e aos testes de paralelismo e de igualdade das curvas de concentração-mortalidade. A intensidade da resistência cruzada foi obtida pela divisão da CL<sub>50</sub> da linhagem Propargite-R pela CL<sub>50</sub> da linhagem S e o intervalo de confiança foi estimado conforme método descrito por Robertson & Preisler (1992). O programa estatístico utilizado foi o POLO-PC. O nível de significância dos testes foi  $\alpha = 0,05$ .

#### **Avaliação do custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite.**

Os parâmetros biológicos das linhagens S e Propargite-R foram avaliados em frutos de laranja da variedade Valência em laboratório a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e fotofase de 14h. Os frutos foram lavados em água corrente e parafinados, deixando uma área de cerca de 12 cm<sup>2</sup>. Para confinar os ácaros nos frutos foram utilizados tubos de acrílico transparente de 2,5 cm de diâmetro por 2 cm de altura. Esse tubo possuía duas aberturas de 1 cm de diâmetro fechadas com tela de poliéster (100 fios) para permitir ventilação. Cada tubo foi fixado na área sem parafina de um fruto, utilizando cera natural de abelha. Posteriormente, foram transferidos cinco ácaros adultos para cada fruto e o tubo foi fechado na parte superior com um filme de PVC. Após 12h, os ácaros foram retirados da arena, deixando-se apenas um ovo por fruto. A biologia foi iniciada com 41 e 32 ovos das linhagens S e Propargite-R respectivamente. As observações foram realizadas em intervalos de 12h para estimar os parâmetros de duração e mortalidade dos estágios de desenvolvimento (ovo, larva, protocrisálida, protoninfa, deutocrisálida, deutoninfa e teliocrisálida), período de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição e fecundidade (número de ovos/fêmea).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os dados dos parâmetros biológicos avaliados para as linhagens S e Propargite-R foram comparados pelo teste  $t$  (proc ttest). O programa estatístico utilizado foi SAS System for Windows versão 8.2. O nível de significância do teste foi  $\alpha = 0,05$ . A partir dos dados da biologia foi confeccionada a Tabela de Vida e Fertilidade para as linhagens S e Propargite-R utilizando o método descrito por Silveira Neto et al. (1976).

## Resultados e Discussão

**Monitoramento da suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* a acaricidas inibidores da respiração celular.** As concentrações diagnósticas definidas para o monitoramento da suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* aos acaricidas azociclotim e enxofre foram 180 e 1.800 mg de I.A./L de água respectivamente (Tabela 2). Essas concentrações de azociclotim e enxofre proporcionaram mortalidades ( $\pm$  erro padrão da média) da linhagem S de 95,97% ( $\pm$  1,007) e 97,92% ( $\pm$  0,981) respectivamente.

Diferenças significativas na suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares comerciais de citros foram verificadas aos acaricidas cihexatim, azociclotim, propargite e enxofre (Tabela 3). Para cihexatim, a sobrevivência estimada pela concentração diagnóstica variou entre 16,3% e 80,5% ( $F = 12,41$ ; g.l. = 17, 72;  $P < 0,0001$ ). Para azociclotim, a sobrevivência variou entre 3,0% e 15,0% ( $F = 2,16$ ; g.l. = 11, 48;  $P = 0,0334$ ), para propargite entre 1,0% e 71,6% ( $F = 17,08$ ; g.l. = 17, 72;  $P < 0,0001$ ) e para enxofre entre 9,0% e 82,6% ( $F = 22,30$ ; g.l. = 11, 48;  $P < 0,0001$ ). Para azociclotim, embora tenha sido observada diferença significativa entre as populações na concentração diagnóstica, as sobrevivências obtidas nas populações testadas não diferiram da linhagem S pelo teste bilateral de Dunnett (Tabela 3).

O monitoramento da suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* a cihexatim, realizado em 1999, mostrou diferenças pouco expressivas na suscetibilidade, sendo que a sobrevivência na concentração diagnóstica foi inferior a 11% (Konno *et al.* 2001). Nos últimos anos, houve um aumento expressivo nos relatos de falhas no controle de *B. phoenicis* pelo uso dos acaricidas organoestânicos, sendo questionada a evolução da resistência como um dos fatores associados a essas falhas. Pelos resultados observados no presente trabalho, a existência de variabilidade quanto à suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* a cihexatim, a sobrevivência na concentração diagnóstica próxima a 80% em algumas populações. A resistência foi identificada como um dos fatores para explicar essas falhas no controle.

Nas populações OV4, OV6, OV7, OV8 e OV11 não foram realizadas pulverizações de cihexatim nos últimos anos, mas a sobrevivência foi entre 45,0% e 77,3%, enquanto que na população IT1 a sobrevivência foi de 39,2% e foram realizadas quatro pulverizações de cihexatim (Tabelas 1

e 3). Uma hipótese que pode explicar esse resultado é a possibilidade de resistência cruzada entre cihexatim e outros acaricidas que favoreceram a seleção de ácaros resistentes para cihexatim.

A análise de correlação entre a sobrevivência das populações testadas na concentração diagnóstica de cihexatim e a sobrevivência na concentração diagnóstica de azociclotim foi significativa ( $r = 0,62$ ;  $P = 0,0403$ ). Portanto, a sobrevivência observada nas populações de *B. phoenicis* a cihexatim pode ser explicada pelo uso do azociclotim. A seleção de ácaros resistentes a cihexatim pelo uso do azociclotim pode ter ocorrido porque ambos acaricidas são organoestânicos e, portanto, atuam no mesmo sítio de ação, ou seja, inibem uma das etapas da fosforilação oxidativa (Corbett *et al.* 1984, IRAC 2007). Uma segunda explicação refere-se ao processo de degradação do azociclotim no ambiente que é degradado em cihexatim (Kordel & Stein 1997). A resistência cruzada entre os acaricidas cihexatim, óxido de fenbutatim e azociclotim já foi documentada em *Tetranychus urticae* Koch na Austrália (Edge & James 1986) e entre cihexatim e óxido de fenbutatim em *T. urticae* e *Tetranychus pacificus* McGregor nos Estados Unidos (Hoy *et al.* 1988, Tian *et al.* 1992).

Por outro lado, a análise de correlação entre a sobrevivência de *B. phoenicis* aos acaricidas cihexatim e propargite não foi significativa ( $r = 0,32$ ;  $P = 0,2099$ ), assim como, entre os acaricidas cihexatim e enxofre ( $r = 0,27$ ;  $P = 0,4309$ ). Entretanto, as populações de *B. phoenicis* OL1, OV6, OV7, OV8, OV9 e OV11 apresentaram alta sobrevivência nas concentrações diagnósticas de cihexatim e de propargite (Tabela 3). As populações OV5, OV6, OV7, OV8, OV9, OV10 e OV11 também tiveram alta sobrevivência nas concentrações diagnósticas de cihexatim e de enxofre (Tabela 3). Sendo assim, é possível que ocorra resistência cruzada ou múltipla entre cihexatim e propargite e entre cihexatim e enxofre em *B. phoenicis*.

A variabilidade na sobrevivência de populações de *B. phoenicis* para propargite também pode ser influenciada por outros acaricidas. A análise de correlação entre a sobrevivência nas concentrações diagnósticas de propargite e de azociclotim foi rejeitada ( $r = 0,16$ ;  $P = 0,6358$ ), enquanto que entre propargite e enxofre a correlação foi significativa ( $r = 0,89$ ;  $P = 0,0002$ ), indicando a possibilidade de relação de resistência cruzada entre propargite e enxofre. Por

Tabela 2. Linha-básica de suscetibilidade de *B. phoenicis* aos acaricidas azociclotim e enxofre.

Acaricida	n <sup>1</sup>	Coef. ang. ( $\pm$ EP) <sup>2</sup>	CL <sub>50</sub> (IC 95%) (mg I.A./L) <sup>3</sup>	CL <sub>95</sub> (IC 95%) (mg I.A./L) <sup>4</sup>	$\chi^2$ <sup>5</sup>	g.l. <sup>6</sup>
Azociclotim	1.082	3,77 ( $\pm$ 0,195)	62,33 (58,54-66,37)	170,02 (152,18-194,01)	1,69	3
Enxofre	1.152	4,09 ( $\pm$ 0,216)	501,73 (471,93-533,09)	1.265,70 (1.142,91-1.429,07)	2,12	3

<sup>1</sup>Número de ácaros testados; <sup>2</sup>Coefficiente angular ( $\pm$  erro padrão); <sup>3</sup>Concentração letal 50 ( $\pm$  intervalo de confiança) (mg de ingrediente ativo/L de água); <sup>4</sup>Concentração letal 95 ( $\pm$  intervalo de confiança) (mg de ingrediente ativo/L de água); <sup>5</sup>Qui-quadrado; <sup>6</sup>Graus de liberdade

Tabela 3. Porcentagem de sobrevivência  $\pm$  erro padrão da média de populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros para cihexatim (180 mg I.A./L de água), azociclotim (180 mg I.A./L de água), propargite (720 mg I.A./L de água) e enxofre (1.800 mg I.A./L de água).

População	n <sup>1</sup>	Cihexatim	n	Azociclotim
S	196	4,6 $\pm$ 1,52	200	6,5 $\pm$ 3,10
BA1	192	80,5 $\pm$ 4,55 *	195	11,3 $\pm$ 2,05
OV6	200	77,3 $\pm$ 8,25 *	199	8,6 $\pm$ 3,23
OV10	194	73,5 $\pm$ 5,56 *	201	13,5 $\pm$ 4,39
OV3	195	70,4 $\pm$ 8,51 *	190	13,7 $\pm$ 4,20
OV8	190	69,3 $\pm$ 5,32 *	197	10,8 $\pm$ 4,07
OV7	197	62,9 $\pm$ 5,43 *	198	8,6 $\pm$ 3,26
OV9	198	53,5 $\pm$ 8,29 *	200	15,0 $\pm$ 3,35
OV4	210	52,2 $\pm$ 8,76 *	200	3,5 $\pm$ 2,32
OV11	199	45,0 $\pm$ 6,00 *	199	10,0 $\pm$ 4,10
OV2	206	41,0 $\pm$ 8,97 *	... <sup>2</sup>	...
IT1	196	39,2 $\pm$ 9,28 *	...	...
OV12	198	39,2 $\pm$ 8,94 *	193	6,7 $\pm$ 1,278
OL1	198	30,7 $\pm$ 2,58 *	...	...
OV5	207	26,4 $\pm$ 4,04 *	200	3,0 $\pm$ 2,000
AL1	193	23,3 $\pm$ 5,08	...	...
OV1	198	21,3 $\pm$ 4,75	...	...
GP1	195	16,3 $\pm$ 5,24	199	6,0 $\pm$ 1,692

População	n	Propargite	n	Enxofre
S	197	4,5 $\pm$ 2,78	199	4,7 $\pm$ 2,91
BA1	198	9,6 $\pm$ 3,24	200	11,0 $\pm$ 4,51
OV6	198	71,6 $\pm$ 6,86 *	189	82,6 $\pm$ 5,17 *
OV10	199	14,1 $\pm$ 3,75	199	39,7 $\pm$ 4,49 *
OV3	201	8,5 $\pm$ 2,57	198	15,1 $\pm$ 5,29
OV8	200	62,2 $\pm$ 6,81 *	198	79,9 $\pm$ 2,53 *
OV7	198	38,9 $\pm$ 4,96 *	199	40,0 $\pm$ 9,46 *
OV9	200	22,5 $\pm$ 4,26 *	199	54,7 $\pm$ 3,23 *
OV4	202	6,9 $\pm$ 3,63	200	12,0 $\pm$ 2,15
OV11	201	29,8 $\pm$ 5,48 *	196	48,8 $\pm$ 7,24 *
OV2	203	7,8 $\pm$ 3,22	...	...
IT1	198	1,0 $\pm$ 0,62	...	...
OV12	205	16,6 $\pm$ 3,81	198	9,0 $\pm$ 5,888
OL1	199	47,8 $\pm$ 4,81 *	...	...
OV5	207	10,6 $\pm$ 3,74	198	27,9 $\pm$ 4,275 *
AL1	199	32,2 $\pm$ 2,83 *	...	...
OV1	200	8,5 $\pm$ 3,50	...	...
GP1	...	...	...	...

<sup>1</sup>Número de ácaros testados; <sup>2</sup>Dado não disponível. Os dados originais foram transformados em arc sen ( $\sqrt{x/100}$ ). Médias seguidas por asterisco (\*), na mesma coluna, diferem da linhagem S pelo teste bilateral de Dunnett ( $\alpha = 0,05$ ).

fim, a correlação entre a sobrevivência nas concentrações diagnósticas de enxofre e de azociclotim foi rejeitada ( $r = 0,29$ ;  $P = 0,3949$ ). Entre os acaricidas empregados no controle de ácaros nos pomares de citros avaliados o enxofre foi o principal ingrediente ativo, representou 31,7% a 67,7% (Tabela 1).

**Relação de resistência cruzada entre acaricidas inibidores da respiração celular em *B. phoenicis*.** Verificou-se resistência cruzada positiva entre propargite e os acaricidas azociclotim, cihexatim, dinocape, piridabem e enxofre em *B. phoenicis* (Tabela 4). Para azociclotim, a hipótese de igualdade entre as curvas de concentração-mortalidade das linhagens S e Propargite-R foi rejeitada ( $\chi^2 = 166,36$ ; g.l. = 2;  $P < 0,05$ ), ou seja, as curvas foram diferentes, mas foi aceita a hipótese de igualdade dos coeficientes angulares ( $\chi^2 = 0,50$ ; g.l. = 1;  $P > 0,05$ ), ou seja, as curvas foram paralelas (Fig. 1a). Para cihexatim, a hipótese de igualdade foi rejeitada ( $\chi^2 = 552,11$ ; g.l. = 2;  $P < 0,05$ ) e aceita a hipótese de paralelismo ( $\chi^2 = 1,46$ ; g.l. = 1;  $P > 0,05$ ) (Fig. 1b). Para dinocape, foram rejeitadas as hipóteses de igualdade ( $\chi^2 = 564,51$ ; g.l. = 2;  $P < 0,05$ ) e de paralelismo ( $\chi^2 = 6,58$ ; g.l. = 1;  $P < 0,05$ ) (Fig. 1c). Para piridabem, a hipótese de igualdade foi rejeitada ( $\chi^2 = 492,84$ ; g.l. = 2;  $P < 0,05$ ) e a hipótese de

paralelismo aceita ( $\chi^2 = 0,082$ ; g.l. = 1;  $P > 0,05$ ) (Fig. 1d). Para enxofre, não foi possível estimar a  $CL_{50}$  da linhagem Propargite-R, sendo que a concentração de 56.000 mg I.A./L de água proporcionou mortalidade ( $\pm$  erro padrão da média) de 38,59% ( $\pm 3,733$ ) (Fig. 2).

Os acaricidas inibidores da respiração celular atuam em diversas etapas causando a inibição ou interrupção da síntese de energia (ATP). Então, a presença de resistência cruzada entre alguns desses acaricidas observada em *B. phoenicis* pode ser devida à similaridade do modo de ação. Embora os acaricidas propargite e os organoestânicos azociclotim e cihexatim, inibidores da fosforilação oxidativa via interrupção da síntese de ATP, sejam classificados em subgrupos distintos (IRAC 2007), houve resistência cruzada entre propargite e os acaricidas azociclotim (intensidade da resistência cruzada de 1,8 vezes) e cihexatim (4,6 vezes).

O acaricida propargite interfere na síntese de ATP pela inibição da ATPase e os organoestânicos na inibição da fosforilação oxidativa (Corbett *et al.* 1984). Segundo Kadir & Knowles (1991) propargite proporcionou inibição de 90% da atividade da ATPase-Mg<sup>2+</sup> e 32% da ATPase-Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>, enquanto que cihexatim foi responsável por 88% e 95% da inibição, respectivamente, sugerindo que a ATPase é um sítio de ação comum entre esses acaricidas. O acaricida dinocape

Tabela 4. Respostas das curvas de concentração-mortalidade das linhagens de *B. phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) a acaricidas inibidores da respiração celular.

Acaricida	Linhagem	n <sup>1</sup>	Coefficiente angular ( $\pm EP$ ) <sup>2</sup>	CL <sub>50</sub> (IC 95%) (mg I.A./L) <sup>3</sup>	$\chi^2$ (g.l.) <sup>4</sup>	Intensidade da resistência (IC 95%) <sup>5</sup>	Interpretação
Azociclotim	S	1.082	3,77 ( $\pm 0,195$ )	62,33 (58,54-66,37)	1,69 (3)	-	-
	Propargite-R	1.076	3,97 ( $\pm 0,205$ )	114,03 (107,24-121,29)	0,98 (3)	1,83 (1,67-2,00)	Positiva
Cihexatim	S	1.059	2,96 ( $\pm 0,167$ )	38,96 (31,19-47,53)	7,88 (3)	-	-
	Propargite-R	1.101	3,24 ( $\pm 0,166$ )	180,52 (146,57-222,04)	9,59 (3)	4,63 (4,17-5,14)	Positiva
Dinocape	S	1.079	6,15 ( $\pm 0,386$ )	10,49 (10,05-10,92)	1,42 (3)	-	-
	Propargite-R	878	5,01 ( $\pm 0,288$ )	36,85 (30,84-43,69)	3,87 (2)	3,51 (3,28-3,76)	Positiva
Piridabem	S	1.059	3,64 ( $\pm 0,191$ )	5,04 (4,40-5,77)	4,92 (3)	-	-
	Propargite-R	1.097	3,72 ( $\pm 0,189$ )	17,64 (16,56-18,78)	1,52 (3)	3,50 (3,19-3,83)	Positiva
Enxofre	S	1.152	4,09 ( $\pm 0,216$ )	501,73 (471,93-533,09)	2,12 (3)	-	-
	Propargite-R	900	-	> 56.000	-	> 111,61	Positiva

<sup>1</sup>Número de ácaros testados; <sup>2</sup>Coefficiente angular ( $\pm$  erro padrão); <sup>3</sup>Concentração letal 50 ( $\pm$  intervalo de confiança) (mg de ingrediente ativo/L de água); <sup>4</sup>Qui-quadrado (graus de liberdade); <sup>5</sup>Intensidade da resistência cruzada ( $CL_{50}$  Propargite-R/  $CL_{50}$  S)

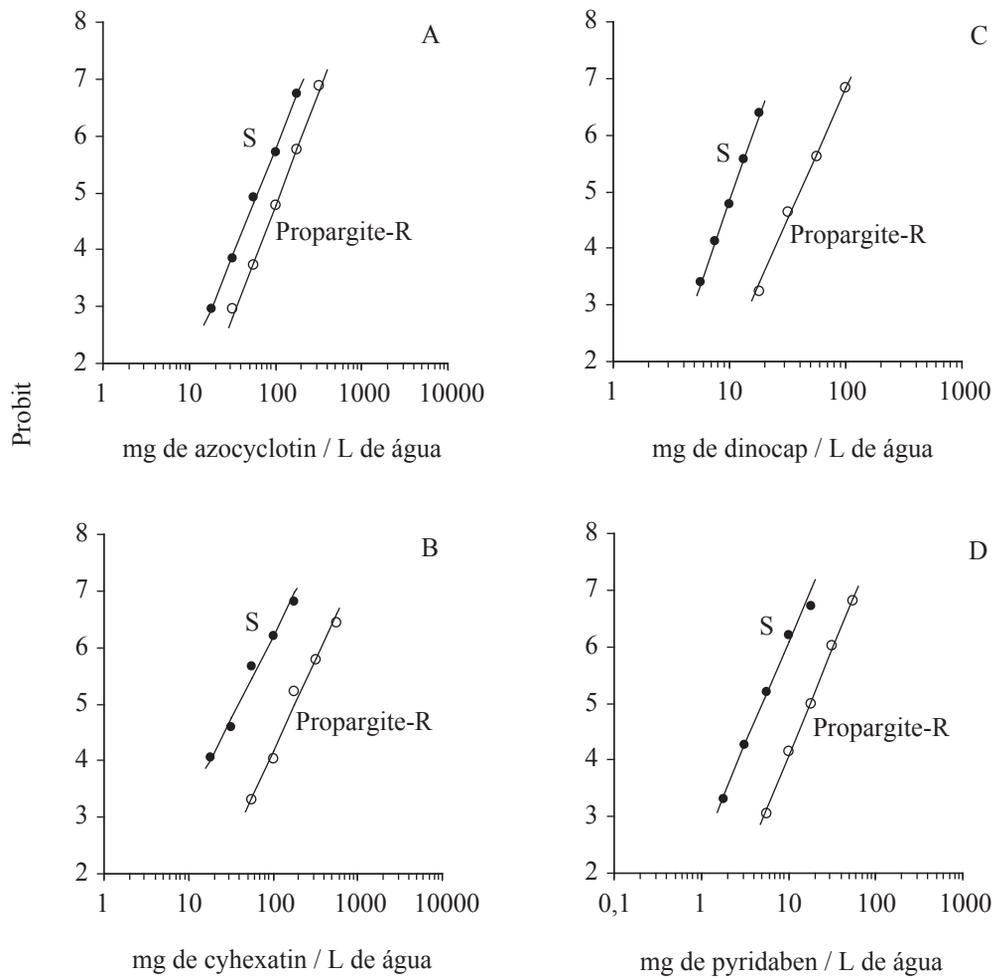


Fig. 1. Curvas de concentração-mortalidade das linhagens de *B. phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) aos acaricidas (a) azociclotim, (b) cihexatim, (c) dinocape e (d) piridabem.

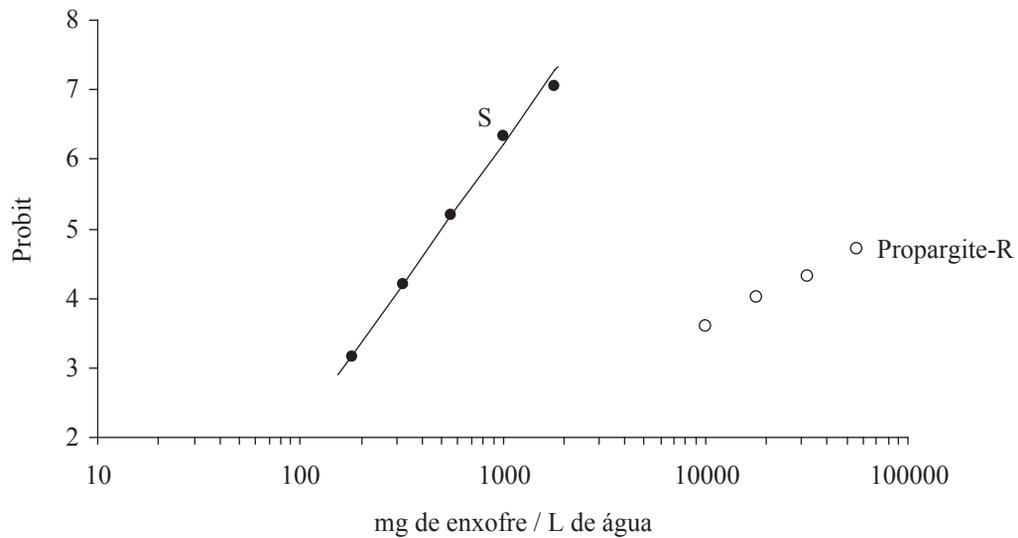


Fig. 2. Curva de concentração-mortalidade das linhagens de *B. phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) ao acaricida enxofre.

atua como desacoplador da fosforilação oxidativa, entretanto, no processo de hidrólise um dos compostos metabolizados tem alta atividade como inibidor da fosforilação oxidativa (Corbett *et al.* 1984) que poderia explicar a resistência cruzada entre propargite e dinocape (3,5 vezes).

Casos de resistência cruzada envolvendo propargite foram observados com cihexatim em *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Mansour & Plaut 1979) e com dicofol em *T. urticae* e *T. pacificus* (Grafton-Cardwell *et al.* 1987). Segundo Alves *et al.* (2000) não foi observada resistência cruzada entre o acaricida dicofol e os acaricidas propargite, óxido de fenbutatim e fenpiroximate em *B. phoenicis*.

No estudo do monitoramento da suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros não se encontrou correlação entre a sobrevivência na concentração diagnóstica de cihexatim e a sobrevivência na concentração diagnóstica de propargite, visto que algumas populações de *B. phoenicis* apresentaram alta sobrevivência a cihexatim e baixa sobrevivência a propargite (Tabela 3). Esses resultados podem ter sido causados por resistência múltipla, na qual dois ou mais mecanismos de resistência estariam envolvidos. Segundo Grafton-Cardwell *et al.* (1987) a resistência entre propargite e dicofol pode ser um caso de resistência múltipla porque apenas 9% das populações de *T. urticae* e 16% das populações de *T. pacificus* avaliadas quanto à suscetibilidade a propargite e dicofol mostraram resistência a ambos acaricidas.

A resistência cruzada observada em *B. phoenicis* entre propargite e piridabem (3,5 vezes) e entre propargite e enxofre (> 111 vezes) poderia ser um caso de resistência múltipla, pois são compostos que atuam em sítios de ação distintos. No entanto, a maior atividade das monooxigenases dependentes do citocromo P-450 e as esterases em linhagens resistentes a acaricidas inibidores da respiração celular tem sido apontada como responsável pela destoxificação metabólica (Stumpf & Nauen 2001, Leeuwen *et al.* 2005). Sendo assim, trabalhos futuros também deverão focar os mecanismos de resistência envolvidos na evolução da resistência de *B. phoenicis* a acaricidas para certificar se trata de um caso de resistência cruzada ou resistência múltipla.

No manejo da resistência, a rotação de acaricidas tem sido uma das principais estratégias utilizadas para prevenir e/ou retardar a evolução da resistência de artrópodes a pesticidas, inclusive para *B. phoenicis* (Alves *et al.* 2000). A recomendação dos acaricidas em rotação ou mistura é baseada no seu modo de ação e na ausência de resistência cruzada.

Os acaricidas organoestênicos e propargite pertencem ao grupo dos inibidores da fosforilação oxidativa via interrupção da síntese de ATP, mas são recomendados em rotação por causa de diferenças nos sítios de ação (IRAC 2007). No entanto, no presente trabalho a resistência cruzada foi registrada entre esses acaricidas, assim como entre propargite e os acaricidas dinocape (desacoplador da fosforilação oxidativa) e piridabem (inibidor do transporte de elétrons - complexo I). Entretanto, é necessário estudar a persistência da atividade biológica desses acaricidas na discriminação de ácaros resistentes em condições de campo porque é possível que a baixa intensidade de resistência não seja suficiente para causar fracasso no controle quando utilizados em rotação

com propargite. Por outro lado, deve-se evitar pulverizar propargite antes ou logo após a pulverização de enxofre ou em mistura nos pomares de citros, devida à alta intensidade de resistência cruzada (> 111 vezes).

**Avaliação do custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite.** Não foram observadas diferenças significativas entre as linhagens S e Propargite-R quanto à duração dos estágios de desenvolvimento de ovo a adulto (Tabela 5), assim como, na fase adulta quanto à duração do período de pré-oviposição, oviposição, longevidade e fecundidade (número médio de ovos/fêmea), exceto para o período de pós-oviposição que foi maior para a linhagem Propargite-R do que para a linhagem S (Tabela 6).

Os parâmetros biológicos estimados a partir do cálculo da tabela de vida e fertilidade foram bastante próximos entre as linhagens S e Propargite-R. A taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ) da linhagem S e Propargite-R foi 20,49 e 19,50, a capacidade intrínseca de aumento ( $r_m$ ) foi 0,100 e 0,097, a razão finita de aumento ( $\lambda$ ) foi 1,105 e 1,102 e a duração média de uma geração foi 30,35 e 30,70 dias respectivamente.

Segundo Flexner *et al.* (1989), a reversão para a suscetibilidade em *T. urticae* a cihexatim ocorreu após três ou seis gerações, em condições de laboratório e a presença de custo adaptativo foi um dos fatores responsáveis pela instabilidade da resistência, uma vez que o tempo de desenvolvimento foi maior na linhagem resistente que na linhagem suscetível. Outros casos de instabilidade da resistência também ocorreram em *T. urticae* a cihexatim e fenpiroximate, entretanto, a reversão para a suscetibilidade foi lenta (Edge & James 1986, Sato *et al.* 2004). Casos de estabilidade da resistência de ácaros aos acaricidas inibidores da respiração celular já foram observados em condições de laboratório em *T. pacificus* a cihexatim e propargite (Hoy *et al.* 1988, Hoy & Conley 1989) e em condições de campo em *T. urticae* a cihexatim e óxido de fenbutatim (Tian *et al.* 1992).

A resistência de *B. phoenicis* a hexitiazox (razão de resistência > 10.000 vezes) foi estável em condições de laboratório e associada à ausência de custo adaptativo. No entanto, em condições de campo, a resistência apresentou instabilidade em rotação de acaricidas (Campos & Omoto 2002, 2006). A presença de custo adaptativo em *B. phoenicis* é importante para o restabelecimento da suscetibilidade, uma vez que a imigração de ácaros suscetíveis provenientes de plantas hospedeiras para plantas cítricas foi considerada baixa (Alves *et al.* 2005). O custo adaptativo pode se expressar não apenas em parâmetros biológicos, como tempo de desenvolvimento e fecundidade, mas em outras características importantes para sobrevivência e reprodução, como aspectos comportamentais, competição intra e interespecífica (predação). Essas diferenças também podem ser influenciadas pelas condições ambientais como temperatura, umidade e hospedeiro.

Pelos resultados deste trabalho conclui-se que não há custo adaptativo de *B. phoenicis* associado à resistência a propargite para os parâmetros biológicos avaliados no laboratório. Entretanto, são necessários estudos de dinâmica da resistência em condições de campo para que estratégias efetivas de manejo da resistência de *B. phoenicis* a propargite possam ser implementadas.

Tabela 5. Duração  $\pm$  erro padrão da média (intervalo de variação), em dias, dos estágios embrionário e pós-embrionário das linhagens de *B. phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) em frutos de laranja da variedade Valência a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e fotofase de 14h.

Estágio de desenvolvimento	Linhagem				<i>t</i>	g.l. <sup>2</sup>	P
	n <sup>1</sup>	S	n	Propargite-R			
Ovo	41	7,6 $\pm$ 0,11 (6,5 – 9,5)	32	8,0 $\pm$ 0,20 (5,5 – 12,0)	1,59	71	0,1161
Larva	37	2,1 $\pm$ 0,09 (1,0 – 3,0)	30	2,0 $\pm$ 0,09 (1,5 – 3,5)	-0,88	65	0,3824
Protocrisálida	37	2,0 $\pm$ 0,07 (1,0 – 3,0)	30	2,2 $\pm$ 0,08 (1,5 – 4,0)	1,23	65	0,2241
Protoninfa	33	1,6 $\pm$ 0,08 (1,0 – 2,5)	29	1,6 $\pm$ 0,07 (1,0 – 2,5)	0,41	60	0,6801
Deutocrisálida	33	2,2 $\pm$ 0,07 (1,0 – 3,0)	29	2,3 $\pm$ 0,06 (1,5 – 3,0)	1,10	60	0,2752
Deutoninfa	33	2,5 $\pm$ 0,21 (1,5 – 8,5)	26	2,7 $\pm$ 0,11 (1,5 – 4,0)	0,99	57	0,3260
Teliocrisálida	33	2,9 $\pm$ 0,06 (2,5 – 3,5)	26	3,0 $\pm$ 0,09 (2,5 – 4,0)	1,09	57	0,2782
Ovo-adulto <sup>3</sup>	33	21,2 $\pm$ 0,36 (19 – 30,5)	26	22,0 $\pm$ 0,31 (18 – 26,5)	1,62	57	0,1098

<sup>1</sup>Número de observações<sup>2</sup>Graus de liberdade<sup>3</sup>Período de ovo até a emergência do adultoTabela 6. Duração  $\pm$  erro padrão da média (intervalo de variação), em dias, dos períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição, longevidade e ciclo completo e número de ovos por fêmea  $\pm$  erro padrão da média (intervalo de variação) das linhagens de *B. phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) em frutos de laranja da variedade Valência a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e fotofase de 14h.

Período	Linhagem				<i>t</i>	g.l. <sup>2</sup>	P
	n <sup>1</sup>	S	n	Propargite-R			
Pré-oviposição	31	2,9 $\pm$ 0,10 (2,0 – 4,0)	23	2,8 $\pm$ 0,21 (2,0 – 6,5)	-0,35	52	0,7311
Oviposição	28	9,3 $\pm$ 1,19 (1 - 25)	22	8,8 $\pm$ 1,22 (2 - 21)	-0,33	48	0,7432
Pós-oviposição	30	2,8 $\pm$ 0,19 (0,5 – 5,0)	23	3,7 $\pm$ 0,35 (1,5 – 8,5)	2,38	51	0,0209
Longevidade	33	13,5 $\pm$ 1,14 (4,0 – 30,0)	26	13,7 $\pm$ 1,37 (3,5 – 30,5)	0,11	57	0,9136
Ciclo completo <sup>3</sup>	33	35,1 $\pm$ 1,25 (23,0 – 51,0)	26	35,7 $\pm$ 1,44 (26,0 – 51,5)	0,34	57	0,7323
Fecundidade <sup>4</sup>	33	12,3 $\pm$ 1,72 (0 – 32)	26	12,0 $\pm$ 2,08 (0 – 39)	-0,14	57	0,8900

<sup>1</sup>Número de observações<sup>2</sup>Graus de liberdade<sup>3</sup>Período de ovo até a morte do adulto<sup>4</sup>Número de ovos por fêmea

**Implicações para o manejo da resistência de *B. phoenicis* aos acaricidas inibidores da respiração celular.** Estudos de monitoramento da suscetibilidade são de grande importância prática para verificar a magnitude da resistência. Também é fundamental a conscientização dos citricultores e técnicos da necessidade da adoção de estratégias de manejo da resistência. Para o controle satisfatório de *B. phoenicis* em citros, além dos estudos de monitoramento da suscetibilidade, resistência cruzada e dinâmica da resistência, são importantes trabalhos que visem aprimorar a tecnologia de aplicação de agroquímicos, maximizando a eficiência no controle, estudos de seletividade a inimigos naturais, refinamento das técnicas de amostragem da densidade populacional de ácaros e outros métodos de controle que contribuam na redução da pressão de seleção pelo uso constante de acaricidas. Dessa forma será possível implementar programas efetivos de manejo da resistência de *B. phoenicis* em citros, assim manter a citricultura competitiva, principalmente, com o aumento das exigências do mercado e a redução no número de ingredientes ativos disponíveis para o controle dessa praga.

### Agradecimentos

À Fischer S.A. pelo auxílio e fornecimento de material para execução deste trabalho. Ao Fundo de Defesa da Citricultura (FUNDECITRUS) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desse projeto e pela concessão de bolsas de estudo.

### Referências

- Alves, E.B., C. Omoto & C.R. Franco. 2000. Resistência cruzada entre o dicofol e outros acaricidas em *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). An. Soc. Entomol. Brasil 29: 765-771.
- 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.
- Campos, F.J. & C. Omoto. 2002. Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus. Exp. Appl. Acarol. 26: 243-251.
- Campos, F.J. & C. Omoto. 2006. Estabilidade da Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) a hexythiazox em pomares de citros. Neotrop. Entomol. 35: 840-848.
- Corbett, J.R., K. Wright & A.C. Baillie. 1984. The biochemical mode of action of pesticides. London, Academic Press, 382p.
- Dekeyser, M.A. 2005. Acaricide mode of action. Pest Manag. Sci. 61: 103-110.
- Edge, V.E. & D.G. James. 1986. Organo-tin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Australia. J. Econ. Entomol. 79: 1477-1483.
- Flexner, J.L., K.M. Theiling, B.A. Croft & P.H. Westgard. 1989. Fitness and immigration: Factors affecting reversion of organotin resistance in the Twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 82: 996-1002.
- 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 "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, 64p.
- Grafton-Cardwell, E.E., J. Granett & T.F. Leigh. 1987. Spider mites species (Acari: Tetranychidae) response to propargite: Basis for an acaricide resistance management program. J. Econ. Entomol. 80: 579-587.
- Hassall, K.A. 1982. The chemistry of pesticides: Their metabolism, mode of action and uses in crop protection. London, The Macmillan Press, 372p.
- Hoy, M.A. & J. Conley. 1989. Propargite resistance in Pacific spider mite (Acari: Tetranychidae): Stability and mode of inheritance. J. Econ. Entomol. 82: 11-16.
- Hoy, M.A., J. Conley & W. Robinson. 1988. Cyhexatin and fenbutatin-oxide resistance in pacific spider mite (Acari: Tetranychidae): stability and mode of inheritance. J. Econ. Entomol. 81: 57-64.
- IRAC. Insecticide Resistance Action Committee. 2007. The Irac eClassification: An interactive mode of action (MoA) tool. Disponível em [www.iraconline.org/eClassification/](http://www.iraconline.org/eClassification/). Acesso em 22/01/2007.
- Kabir, K.H., R.B. Chapman & D.R. Penman. 1993. Miticide bioassays with spider mites (Acari: Tetranychidae): Effect of test method, exposure period and mortality criterion on the precision of response estimates. Exp. Appl. Acarol. 17: 695-708.
- Kadir, H.A. & C.O. Knowles. 1991. Inhibition of ATP dephosphorylation by acaricides with emphasis on the anti-ATPase activity of the carbodiimide metabolite of diafenthiuron. J. Econ. Entomol. 84: 801-805.
- Kitajima, E.W., G.W. Müller, A.S. Costa & V.A. Yuki. 1972. Short, rod-like particles associated with citrus leprosis. Virology 50: 254-258.
- Konno, R.H., C.R. Franco & C. Omoto. 2001. Suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas organoestânicos em citros. Sci. Agric. 58: 703-709.
- Kordel, W. & B. Stein. 1997. Fate of the organotin pesticide azocyclotin in aquatic microcosms. Chemosphere 35: 191-207.
- Leeuwen, T. Van, S. Van Pottelberge & L. Tirry. 2005. Comparative acaricide susceptibility and detoxifying enzyme activities in field-collected resistant and susceptible strains of *Tetranychus urticae* Koch. Pest Manag. Sci. 61: 499-507.
- LeOra Software. 1987. Polo-PC: A user's guide to probit or logit analysis. Berkeley, 20p.
- Mansour, F.A. & H.N. Plaut. 1979. The effectiveness of various acaricides against resistant and susceptible carmine spider mites. Phytoparasitica 7: 185-193.

- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2007. AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em [www.agricultura.gov.br/](http://www.agricultura.gov.br/). Acesso em 25/01/2007.
- Nakano, O. 1995. Rotatividade de ingredientes ativos em citros, p.189-194. In C.A.L. Oliveira & L.C. Donadio (eds.), Leprose dos citros. Jaboticabal, Funep, 219p.
- 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.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992. Pesticide bioassay with arthropods. Boca Ranton, CRC Press, 127p.
- Sato, M.E., T. Miyata, M. da Silva, A. Raga & M.F. de Souza Filho. 2004. Selections for fenpyroximate resistance and susceptibility, and inheritance, cross-resistance and stability of fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Appl. Entomol. Zool. 39: 293-302.
- Silveira Neto, S., O. Nakano, D. Barbin & N.A. Villa Nova. 1976. Manual de ecologia dos insetos. Piracicaba, Agronômica Ceres, 419p.
- Stumpf, N. & R. Nauen. 2001. Cross resistance, inheritance, and biochemistry of mitochondrial electron transport inhibitor-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 94: 1577-1583.
- Tian, T., E.E. Grafton-Cardwell & J. Granett. 1992. Resistance of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to cyhexatin and fenbutatin-oxide in California pears. J. Econ. Entomol. 85: 2088-2095.

Received 29/I/07. Accepted 19/III/07.

---