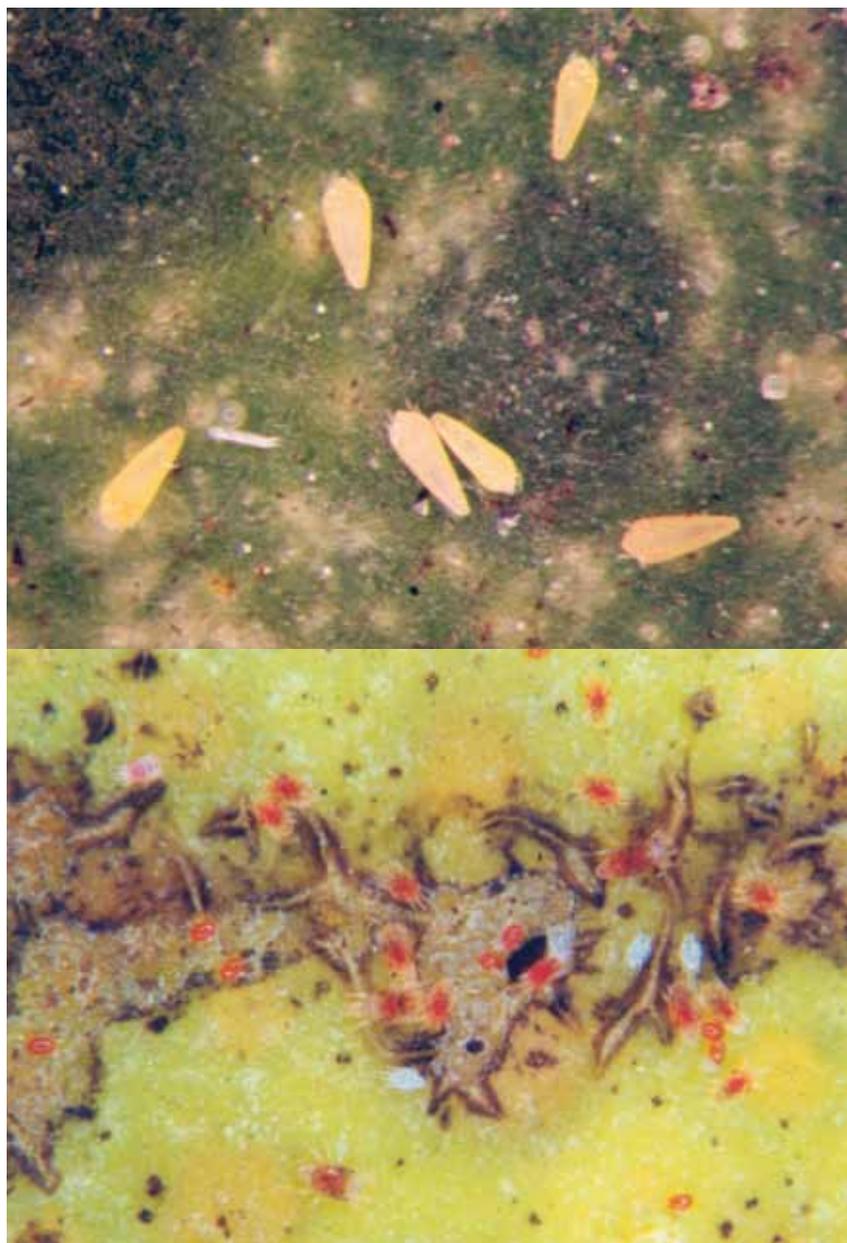


Estratégia

A resistência dos ácaros a acaricidas em citros

Celso Omoto e Everaldo Batista Alves*



Ácaros em citros: acima, ácaro-da-ferrugem; abaixo, ácaro-da-leprose

A evolução da resistência de pragas a agrotóxicos é um dos grandes entraves nos programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), nos quais o controle químico é ainda uma importante tática de controle. No caso da cultura dos citros, o uso de agrotóxicos tem sido bastante expressivo, principalmente para o controle do ácaro-da-leprose (*Brevipalpus phoenicis*) e do ácaro-da-ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*). Em 2003, foram gastos aproximadamente US\$ 70 milhões com acaricidas na citricultura brasileira, representando mais de 50% dos custos com todas as classes de defensivos agrícolas utilizados em citros (Neves et al., 2003). Devido à alta variabilidade genética presente em populações de qualquer praga, indivíduos resistentes a um determinado produto são encontrados naturalmente na população, mesmo antes do uso de qualquer produto. Porém, a frequência inicial de indivíduos resistentes é extremamente baixa.

Com o uso contínuo do produto para o controle da praga, a frequência de resistência pode aumentar a níveis críticos. A frequência crítica de resistência é a proporção de indivíduos resistentes, a partir da qual a resistência se torna um problema econômico, isto é, a resistência passa a comprometer a eficácia de um produto no campo. Insucessos no controle de ácaros foram frequentemente reportados para alguns acaricidas utilizados em pomares de citros do Estado de São Paulo. Sem dúvida, o momento (nível de ação e condições climáticas) e a qualidade (dose do acaricida e calibragem do equipamento de pulverização) da aplicação são decisivos para um controle satisfatório de qualquer praga. Além desses fatores, a evolução da resistência de ácaros a acaricidas também é uma das causas que explicam o baixo desempenho de alguns produtos, o que foi evidenciado

pelo encurtamento do período residual de controle.

A resistência do ácaro-da-leprose na cultura dos citros já foi detectada e caracterizada para os acaricidas dicofol, hexythiazox e propargite. Resultados obtidos no Laboratório de Resistência de Artrópodes e Pesticidas da USP ESALQ comprovaram também a redução da suscetibilidade de algumas populações do ácaro-da-leprose a acaricidas piretróides, além de enxofre e calda sulfocálcica. Apesar do intenso uso de acaricidas organoestânicos, ainda não foram observadas diferenças na suscetibilidade do ácaro-da-leprose a produtos desse grupo químico.

As pesquisas para a comprovação da resistência do ácaro-da-ferrugem a acaricidas ainda não foram realizadas no Brasil. No entanto, a resistência do ácaro-da-ferrugem ao dicofol já foi detectada, a partir de populações coletadas em pomares de citros da Flórida-EUA. Diferenças na suscetibilidade desse ácaro ao abamectin já foram também reportadas na Flórida (Bergh et al., 1999). Devido ao intenso uso do enxofre e do abamectin para o controle do ácaro-da-ferrugem no Brasil, possivelmente a frequência de

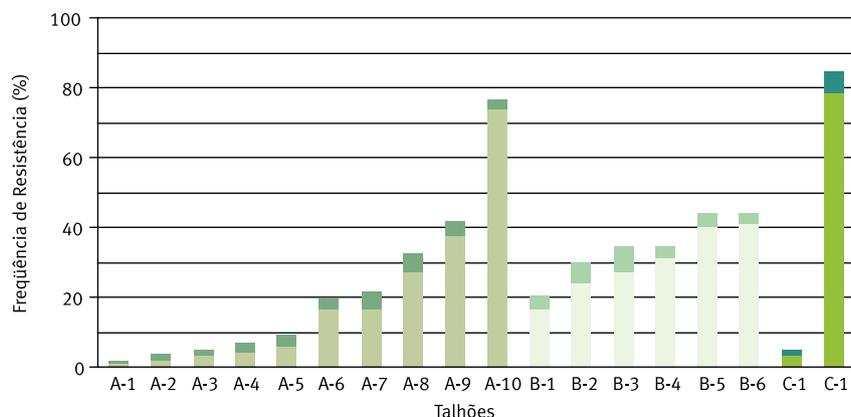
resistência para ambos produtos já se encontra em níveis acima da crítica, em alguns pomares de citros.

Com a evolução da resistência, a aplicação de acaricidas tem sido mais freqüente, muitas vezes com doses acima da recomendada, ou em mistura de produtos, para um controle satisfatório da praga. Essas conseqüências da resistência elevaram o custo de produção de citros, além de ocasionar maior mortalidade de inimigos naturais de pragas e maior contaminação do ambiente com agrotóxicos. A implementação de estratégias de manejo da resistência de pragas a agrotóxicos na cultura dos citros é, portanto, fundamental (Omoto, 1995).

MONITORAMENTO POR BIOENSAIOS

O monitoramento da resistência consiste na realização de bioensaios, para estimar a frequência de resistência, objetivando a tomada de decisão quanto ao uso de um determinado produto e o acompanhamento e validação de estratégias de manejo da resistência. Para tanto, há necessidade da caracterização da linhagem básica de suscetibilidade da praga a um determinado produto. No caso do ácaro-

FIGURA 1 | FREQUÊNCIA DE RESISTÊNCIA DO ÁCARO-DA-LEPROSE AO ACARICIDA DICOFOL, ESTIMADO COM BIOENSAIO DE CONCENTRAÇÃO DIAGNÓSTICA DE 100 PPM DE DICOFOL, EM POPULAÇÕES PROVENIENTES DE DIFERENTES TALHÕES, EM TRÊS POMARES DE CITROS (A, B E C) DO ESTADO DE SÃO PAULO



-da-leprose e do ácaro-da-ferrugem, o método de bioensaio para a caracterização da suscetibilidade a acaricidas em diferentes populações tem sido o de contato residual (para os acaricidas que apresentam ação sobre adultos) e contato direto (para os acaricidas que apresentam ação sobre ovos).

Para o bioensaio de contato residual, discos de folha de laranjeira são pulverizados com diferentes concentrações de um acaricida, com o uso da torre de Potter e, posteriormente, os ácaros são transferidos com pincel para os discos pulverizados. Na pulverização de um produto em um pomar de citros, uma pequena proporção de ácaros é atingida diretamente pelo produto no momento da aplicação, enquanto a maioria se contamina com o produto mediante caminhamento sobre o resíduo. Diante dessas considerações, o método de bioensaio de contato residual reflete mais precisamente as condições de campo para a detecção da resistência. Sendo assim, a utilização de bioensaio de contato direto para avaliar a suscetibilidade de ácaros adultos pode subestimar o problema da resistência.

No caso do acaricida dicofol, após a caracterização da resistência do ácaro-da-leprose a esse produto, foram definidas concentrações diagnósticas de 32 a 100 ppm para o monitoramento da resistência (Omoto et al., 2000). A frequência de resistência variou de <1 a >70%, dependendo do talhão em um determinado pomar de citros (Figura 1). A variabilidade na frequência de resistência entre os talhões de citros de um mesmo pomar é também observada para os outros acaricidas. As diferenças na frequência de resistência se devem principalmente aos diferentes regimes de uso de acaricidas entre os talhões e a baixa capacidade de dispersão pelo vento do ácaro-da-leprose. Portanto, o problema da resistência do ácaro-da-leprose a um acaricida não pode ser generalizado para todos os talhões

de um pomar, e muito menos para uma região de produção de citros.

Algumas empresas ligadas à área de citros já realizaram a implementação de bioensaios práticos, que são realizados na própria fazenda, para o monitoramento da resistência do ácaro-da-leprose a alguns acaricidas. Uma vez detectada a presença de ácaros em um determinado talhão no momento da inspeção de pragas, frutos com a presença do ácaro são coletados e levados ao laboratório. O bioensaio prático é realizado em frutos de laranja coletados de áreas não pulverizadas com acaricidas. Esses frutos são lavados em água corrente e deixados para secar na temperatura ambiente. Posteriormente, o produto a ser testado é preparado na concentração diagnóstica, previamente estabelecida para estimar a frequência de resistência. Algumas sugestões de concentrações diagnósticas para o monitoramento da resistência a alguns acaricidas são: dicofol (100 ppm de I.A.), propargite (720 ppm de I.A.), óxido de fenbutatin e cyhexatin (180 ppm de I.A.) e hexyiazox (18 ppm de I.A.). A escolha do produto a ser aplicado em um determinado talhão deve se basear no histórico de uso de produtos nos últimos anos, procurando selecionar acaricidas com mecanismos de ação (Tabela 1) pouco utilizados no período.

No bioensaio prático para acaricidas com ação sobre os adultos, os produtos são aplicados na concentração diagnóstica sobre o fruto, até o ponto de escorrimento, com auxílio de um pulverizador manual de jardim (Figura 2). Após a secagem, os ácaros de um determinado talhão são transferidos para uma área delimitada com cola na superfície do fruto pulverizado. A frequência de resistência é estabelecida após 24 a 48 h da infestação do fruto. Já para acaricidas com ação sobre os ovos, os ácaros a serem testados são transferidos com pincel para a área delimitada com cola e deixados por 24 a 48 horas para colocarem os ovos. Posteriormente, os ácaros adultos

FIGURA 2 | BIOENSAIO PARA O MONITORAMENTO DA RESISTÊNCIA



EVERALDO BATISTA ALVES/USP/BSAO

são retirados e o produto a ser testado é aplicado sobre os ovos. A avaliação da viabilidade de ovos é realizada após sete dias da aplicação.

Trabalhos de monitoramento prático da resistência do ácaro-da-leprose conduzidos na Empresa Fischer Agropecuária Ltda. apontaram a necessidade de mudança do acaricida previamente selecionado para aplicação em aproximadamente 10% dos talhões avaliados, devido à alta frequência de resistência (engenheiro agrônomo Helton C. Leão, em comunicação pessoal). Portanto, as chances de insucesso no controle desse ácaro foram evitadas nesses talhões, com a implementação do monitoramento da resistência.

MANEJO DA RESISTÊNCIA

Dentro do contexto de manejo da resistência, uma das estratégias mais recomendadas é a rotação de produtos que apresentam diferentes mecanismos de ação. Uma classificação de grupos de acaricidas, de acordo com seus mecanismos de ação, encontra-se na Tabela 1. A rotação de produtos é baseada no princípio pelo qual a frequência de

TABELA 1 | CLASSIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ACARICIDAS, DE ACORDO COM O SEU MECANISMO DE AÇÃO (MODIFICADO DO INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE – IRAC)

GRUPO QUÍMICO	NOME TÉCNICO	MECANISMO DE AÇÃO PRIMÁRIO
A. Inorgânico	enxofre	Interferência no transporte de elétrons na mitocôndria através da redução do S para H ₂ S
B. Dinitrofenóis	binapacril e dinocape	Inibidores da fosforilação oxidativa. O transporte de elétrons ocorre, mas não há formação de ATP
C. Organoestênicos	cyhexatin, óxido de fenbutatin, azocyclotin	Inibidores da fosforilação oxidativa. O transporte de elétrons ocorre, mas não há formação de ATP
D. Pyrrole	clorfenapir	Inibidores da fosforilação oxidativa através do desacoplamento de prótons da mitocôndria
E. Pirazol	fenpiroximate, piridaben, fenazaquin etc.	Inibidores do transporte de elétrons na mitocôndria – Sítio I
F. Organoclorado	dicofol	Inibidores do transporte de elétrons na mitocôndria – Sítio II
G. Fenoxiciclohexil	propargite	Inibidor de ATPase mediado pelo Mg ⁺⁺ na mitocôndria
H. Organofosforados e Carbamatos	dimetoato, triazofós, etion, aldicarb etc.	Inibidores da acetilcolinesterase
I. Piretróides e Éster nor-pirétrico	bifentrin, fenpropatrin, acrinatrin etc.	Moduladores de canais de Na ⁺
J. Ciclodienos	endosulfan	Antagonistas do GABA (ácido γ -aminobutírico)
K. Lactona	abamectin	Ativadores de canais de Cl ⁻ (agonistas do GABA)
L. Formamidina	amitraz	Agonista da octopamina
M. Carboxamida	hexyiazox	Modo de ação inespecífico ou desconhecido
N. Benoiluréia	flufenoxuron	Inibidor da biossíntese de quitina
O. Cetoenol	spirodiclofen	Possível efeito na lipogênese

outro lado, as diferenças nos parâmetros biológicos avaliados no laboratório, para ácaros suscetíveis e resistentes ao hexyiazox, não foram significativas (Campos; Omoto, 2002). No entanto, estudos de dinâmica da resistência, conduzidos em condições de campo, evidenciam que a resistência do ácaro-da-leprose ao hexyiazox pode diminuir na ausência de pressão de seleção.

A resistência cruzada refere-se a casos em que um determinado mecanismo de resistência a um produto confere resistência também a um outro produto. Por exemplo, sabe-se que existe resistência cruzada entre dicofol e bromopropilato. Sendo assim, nos talhões em que se utilizava o bromopropilato para o controle do ácaro-da-ferrugem, ocorria também a seleção da resistência do ácaro-da-leprose ao dicofol. A resistência cruzada é mais provável entre produtos relacionados (por exemplo, com mesmo mecanismo de ação). No entanto, produtos de grupos distintos podem apresentar resistência cruzada através do mecanismo de resistência por aumento na destoxificação metabólica e/ou redução na penetração cuticular. Recentemente, foi verificado no Laboratório de Resistência de Artrópodes a Pesticidas da USP ESALQ que linhagens do ácaro-da-leprose resistentes ao propargite também se mostram resistentes ao enxofre e à calda sulfocálcica.

Uma outra prática bastante utilizada no manejo da resistência em citros é a mistura de acaricidas. A mistura de dois produtos (A e B) se baseia no princípio de que os indivíduos resistentes ao produto A serão controlados pelo produto B, e vice-versa. Sendo assim, não se justifica a redução da dose recomendada para os produtos na mistura. Dentre as outras condições para o sucesso da mistura no manejo da resistência, estão a baixa frequência de resistência, a ausência de resistência cruzada e a persistência biológica semelhante para os dois compostos. Essas condições são raramente obedecidas. Portanto, em situações em

resistência a um produto (A) diminui quando os outros produtos (por exemplo B e C) são utilizados. Para o sucesso da rotação, é necessário assumir os custos adaptativos dos indivíduos resistentes na ausência da pressão de seleção e a não-resistência cruzada entre os componentes da rotação.

A presença de custo adaptativo da resistência do ácaro-da-leprose ao dicofol está relacionada, principalmente, à fecundidade e à longevidade. Os ácaros resistentes colocaram apenas a metade do total de ovos dos ácaros suscetíveis, além de sobreviverem por menor tempo. Sendo assim, a frequência de resistência ao dicofol pode diminuir em um determinado talhão, quando esse acaricida não é utilizado. No entanto, a velocidade com que a frequência de resistência diminui varia de talhão para talhão. Por



Galhos com sintomas da leprose

que a resistência a um determinado produto se encontra numa frequência relativamente elevada (ou seja, fracassos no controle já foram reportados), o uso de mistura de produtos não é aconselhável, pois a probabilidade de seleção de ácaros resistentes aos dois produtos é alta. O uso de mistura de produtos favorece a seleção de ácaros com resistência múltipla, ou seja, de ácaros com diferentes mecanismos de resistência.

Apesar de algumas restrições da mistura no manejo da resistência, a utilização da mistura de um acaricida com ação adulticida e um outro com ação ovicida possibilita excelente controle do ácaro-da-leprose (engenheiro agrônomo Agostinho Mário Boggio, em comunicação pessoal), principalmente pelo fato de essa mistura atingir diferentes estágios de desenvolvimento do ácaro. Sem dúvida, para um melhor benefício da mistura no manejo do ácaro-da-leprose, é imprescindível que o monitoramento da resistência seja realizado utilizando-se essa estratégia somente em situações de baixa frequência de resistência para os dois componentes da mistura.

Na escolha de um determinado acaricida no manejo da resistência, recomenda-se inicialmente avaliar o histórico de todas as aplicações de inseticidas e acaricidas para o controle do complexo de pragas de citros utilizados em um determinado talhão, nos últimos anos. Por exemplo, com a introdução da larva-minadora-dos-citros (*Phyllocnistis citrella*), o abamectin foi bastante utilizado para o controle dessa praga. Esse mesmo produto é recomendado para o controle do ácaro-da-ferrugem. Portanto, o uso do abamectin para o controle da larva-minadora-dos-citros pode também exercer pressão de seleção a favor dos ácaros resistentes a esse produto. O uso de piretróides tem aumentado bastante para o controle das cigarrinhas-dos-citros (*Oncometopia fascialis*, *Aerogonia citrina*, *Dilobopterus costalimai*, *Bucephalagonia xanthophis* e *Macugonalia*

leucomelas e outros) e do bicho-furão (*Ecdytoplopha aurantiana*). Nessas condições, o desempenho de acaricidas do grupo dos piretróides e do éster nor-pirétrico sobre o ácaro-da-leprose pode ter-se reduzido, mediante a seleção de ácaros resistentes.

A implementação efetiva da estratégias de manejo da resistência de ácaros a acaricidas na cultura dos citros irá depender de vários fatores, tais como: a) programa educacional para a conscientização da magnitude do problema da resistência; b) necessidade de um esforço conjunto envolvendo citricultores, empresas químicas, consultores e pesquisadores; c) realização de experimentos em condições de campo e por um período prolongado; d) regulamentação de uso de agrotóxico; etc.

Grandes avanços na área de manejo da resistência de ácaros a acaricidas em citros foram alcançados na última década, principalmente com o apoio financeiro às pesquisas concedido pela Fapesp, CNPq e Fundecitrus. Recentemente, com a criação do Comitê Brasileiro de Ação à Resistência a Inseticidas (IRAC BR), houve uma maior conscientização sobre o problema da resistência, por parte das empresas químicas. Esse comitê tem incentivado pesquisas e cursos de extensão para a implementação prática de estratégias de manejo da resistência no Brasil. Devido ao alto custo e às dificuldades no desenvolvimento de novos produtos, há uma grande preocupação em preservar a vida útil dos produtos existentes. Com a globalização e adequação da citricultura brasileira às exigências para exportação à Europa, quase 50% dos ingredientes ativos registrados para citros serão cancelados, a partir de 2005. Sendo assim, o uso racional dos produtos existentes deverá ser ainda mais priorizado.

Estratégias preventivas de manejo da resistência têm sido implementadas para novos produtos que estão sendo registrados, por exemplo o spiroticlofen. As linhas-básicas de suscetibilidade

do ácaro-da-leprose a esse acaricida já foram definidas e um programa de monitoramento da resistência está em andamento, para detectar a evolução da resistência, ainda nos estágios iniciais. Mesmo para os acaricidas tradicionais, como dicofol, propargite e hexythiazox, que apresentam histórico de alta frequência de resistência em alguns talhões de citros, os programas de monitoramento da resistência realizados pelas universidades, empresas de consultoria e empresas químicas têm possibilitado a escolha correta de produtos. Sem dúvida, os produtos existentes no mercado devem ser recomendados de acordo com os princípios de MIP na cultura dos citros. As pesquisas para buscar métodos alternativos de controle poderão auxiliar a redução da pressão de seleção com acaricidas. 

* **Celso Omoto** é professor do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, USP ESALQ (celomoto@esalq.usp.br); **Everaldo Batista Alves** é pós-doutor do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da USP ESALQ (ebalves@esalq.usp.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGH, J. C.; RUGG, D.; JANSSON, R. K.; MCCOY C. W.; ROBERTSON J. L. Monitoring the susceptibility of citrus rust mite (Acari: Eriophyidae) populations to abamectin. *Journal of Economic Entomology*, v. 92, n. 4, p. 781-787, 1999.
- CAMPOS, F. J.; OMOTO, C. Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus. *Experimental and Applied Acarology*, v. 26, n. 3/4, p. 243-251, 2002.
- NEVES, E. M.; RODRIGUES, L.; DRAGONE, D. S.; DAYOUB, M. Efeitos alopativos na citricultura: um comparativo entre os anos de crise e de euforia. *Laranja*, v. 24, n. 1, p. 1-17, 2003.
- OMOTO, C. Manejo da resistência de ácaros e insetos aos produtos químicos na citricultura. *Laranja*, v. 16, n. 1, p. 187-208, 1995.
- OMOTO, C.; ALVES, E.B.; RIBEIRO, P. C. Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao dicofol. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 29, n. 4, p. 757-764, 2000.