

Resistência de Inimigos Naturais a Pesticidas

Exploração de Inimigos Naturais Resistentes a Pesticidas em Programas de Manejo Integrado de Pragas

Marcelo Poletti

Doutorando em Entomologia, Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ - USP).

mpoletti@esalq.usp.br

Celso Omoto

Professor Doutor, Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ - USP).

celomoto@esalq.usp.br

Ilustrações cedidas pelos autores

Introdução

A utilização de pesticidas como estratégia de controle de pragas na agricultura moderna tem se contraposto à teoria preconizada pelo Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Kogan, 1998) devido à maneira e intensidade sob as quais tem sido empregada. O freqüente uso de produtos de largo espectro de ação, além de afetar o desenvolvimento da dinâmica populacional de inimigos naturais em campo, interferindo sobre o equilíbrio dos mais variados organismos, no agroecossistema, também está associado a outros problemas entre os quais a evolução da resistência de insetos e ácaros a pesticidas.

A resistência, por definição, é o desenvolvimento de uma habilidade em uma determinada linhagem de um organismo em tolerar doses de tóxicos que seriam letais para a maioria da população suscetível da mesma espécie. Trata-se de uma característica hereditária sendo um termo que se aplica intraespecificamente. O processo determinante no desenvolvimento da resistência é a pressão de seleção, dada pelo uso freqüente de um mesmo pesticida ou de pesticidas pertencentes a um mesmo grupo químico. De acordo com Roush & McKenzie (1987), no início da evolução da resistência, estima-se que a freqüência dos alelos que conferem essa característica a uma população é bastante baixa (10^{-2} a 10^{-15}). No entanto, devido ao uso contínuo de um mesmo pesticida, a freqüência de resistência poderá aumentar em níveis em que a eficácia do produto é afetada devido a esse fato (freqüência crítica de resistência).

Até o final da década de 80, o número de casos de resistência documentados era de 504 espécies de insetos e ácaros, sendo considerado muito baixa a porcentagem de detecções associadas aos inimigos naturais (Georghiou & Lagunes-Tejeda, 1991) (Figura 1). Dados mais recentes mostraram que os casos de resistência têm aumentado para 540 (Whalon et al., 2003). As hipóteses da pré-adaptação diferencial e da limitação do alimento têm sido apresentadas com o intuito de justificar essa baixa taxa de detecção da resistência para os agentes do controle biológico (Croft & Morse, 1979).

A hipótese da pré-adaptação diferencial baseia-se no fato de que as pragas estão melhor pré-adaptadas a sobreviver à aplicação de produtos químicos do que seus inimigos naturais, sendo que este fato está associado à capacidade intrínseca das mesmas em lidar com estresses bioquímicos associados a suas fontes de alimento. Uma possível explicação é que essa habilidade tenha sido desenvolvida durante o processo de co-evolução planta-hospedeira inseto-praga, podendo ocorrer diferenças nos processos de destoxificações hidrolítica e oxidativa entre o grupo das pragas e dos inimigos naturais (Plapp & Bull, 1978).

Quanto à hipótese da limitação do alimento, sustenta-se no fato de que os inimigos naturais que sobreviveram à aplicação de um determinado produto poderiam sofrer falta de alimento devido à baixa disponibilidade da presa. Dessa forma, os indivíduos sobreviventes não se reproduziriam com eficiência, ou, então, poderiam emigrar para áreas não tratadas ocorrendo conseqüentemente diluição da resistência

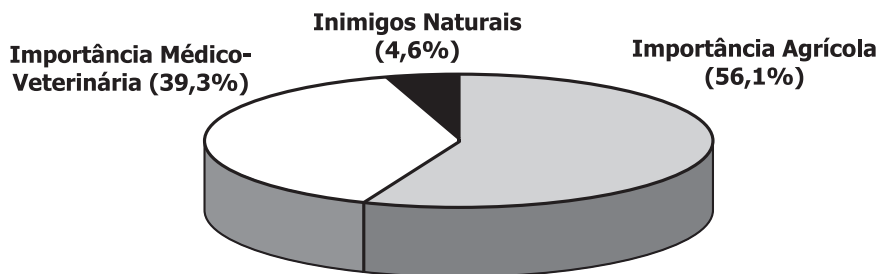


Figura 1. Porcentagem relativa dos casos detectados de resistência de artrópodes a pesticidas de acordo com a importância econômica (Georghiou & Lagunes-Tejeda, 1991).

devido à introgressão com populações suscetíveis. Nesse caso, o princípio dessa hipótese é que a evolução da resistência nas espécies fitófagas deve preceder a evolução nos inimigos naturais (Baker & Arbogast, 1995).

A resistência entre os artrópodes fitófagos e seus inimigos naturais apresenta efeitos contrastantes, sendo que para os fitófagos a resistência intensifica sua condição de praga reduzindo as possibilidades de manejo. Por outro lado, a evolução da resistência em populações de inimigos naturais pode contribuir de maneira significativa com o MIP pela conservação desses organismos mesmo após aplicações de produtos considerados nocivos a eles (Croft, 1990). Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo relacionar alguns casos de detecção da resistência a pesticidas em artrópodes inimigos naturais, e sua utilização no MIP, bem como enfatizar a possibilidade de emprego da biotecnologia para a obtenção de linhagens resistentes.

Resistência de Ácaros Fitoseídeos a Pesticidas

Os ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae) têm constituído o grupo de inimigos naturais mais explorado em estudos dirigidos à resistência. Esses predadores apresentam parâmetros intrínsecos que favorecem a evolução dessa característica, destacando-se o alto potencial reprodutivo e o rápido ciclo de vida, além do fato de algumas espécies reproduzirem-se por parahaploidia ou pseudo-arrenotoquia. Neste tipo de reprodução, machos e fêmeas são originados de ovos diplóides (2n) fecundados. No entanto, durante o processo embrionário, ocorre a perda de um conjunto de cromossomos de origem paterna nos ovos que darão origem aos machos haplóides (n) (Hoy,

1985a). Análises genéticas realizadas com *Galendromus* (= *Metaseiulus*) *occidentalis*, espécie que se reproduz por parahaploidia, demonstraram que os machos herdaram de suas mães a resistência a inseticidas carbamatos (Roush & Hoy, 1981a; Roush & Plapp, 1982). Um outro fator que se relaciona com o aumento na frequência de ácaros fitoseídeos resistentes a pesticidas é a ocorrência de espécies generalistas quanto ao hábito alimentar. Neste caso, essas espécies são capazes de sobreviver e reproduzir-se com eficiência, alimentando-se de pólen e exudatos de plantas, além de fungos e pequenos insetos (McMurtry, 1997). Esse fato neutraliza a possibilidade da limitação do alimento após a aplicação de um pesticida, ocorrendo dessa forma a preservação da população resistente em campo.

O primeiro relato de sobrevivência em populações de ácaros fitoseídeos após pulverizações com inseticidas de largo espectro de ação em campo foi efetuado no início dos anos 50 para *G. occidentalis* (Huffaker & Kennett, 1953). No entanto, esse fato foi associado à resistência somente no final da década de 60, quando trabalhos realizados em laboratório confirmaram a ocorrência da variabilidade intraespecífica na suscetibilidade de populações de *G. occidentalis* e *Neoseiulus* (= *Amblyseius*) *fallacis* a inseticidas organofosforados (Motoyama et al., 1970; Croft & Jeppson, 1970). Posteriormente, resistência a paration foi detectada em populações de *Amblyseius hibisci* coletadas em pomares de citros na Califórnia/EUA (Kennett, 1970). A partir disso, inúmeros trabalhos de detecção e seleção para a resistência a pesticidas em populações de ácaros fitoseídeos foram efetuados em todo mundo (Quadro 1). Quanto aos pesticidas, ênfase tem sido dada aos inseticidas carbamatos, orga-

nofosforados e piretróides, pelo fato de apresentarem elevada toxicidade para a maioria das espécies de ácaros predadores em campo.

Durante a década de 70 foram realizadas várias detecções de resistência aos inseticidas organofosforados: azinfosmetil, diazinon, fosmet, paration, TEPP e fosalone em diferentes populações de *G. occidentalis* coletadas nas regiões produtoras de frutas nos Estados Unidos (Croft, 1990). Em laboratório, após processo de pressão de seleção com carbaril (carbamato), Roush & Hoy (1980) obtiveram linhagens de *G. occidentalis* resistentes a esse produto. Posteriormente, realizando estudos em condições de laboratório, casa de vegetação e campo esses autores verificaram que essa linhagem apresentou um aumento na razão sexual (maior número de fêmeas) quando comparado com a linhagem suscetível de referência. No entanto, esse fato não afetou o desempenho da mesma no controle biológico de ácaros fitófagos nas condições avaliadas (Roush & Hoy, 1981b).

O monitoramento da resistência de *G. occidentalis* a metomil e dimetoato também foi efetuado pelos mesmos autores (Roush & Hoy, 1981b). Neste caso foram avaliadas as respostas de várias populações coletadas em pomares de maçã, pêra, amora e uva, sendo que todas apresentaram baixa razão de resistência a esses dois produtos. De acordo com Roush & Plapp (1982) a linhagem de *G. occidentalis* resistente a carbaril também apresentou elevada resistência a propoxur. Hoy & Knop (1981) também selecionaram para resistência a permetrina populações de *G. occidentalis* coletadas em pomares de maçã situados em Washington/EUA.

Resistência múltipla a organofosforados, carbamatos, piretróides, enxofre e ao acaricida abamectin foi detectada em diversas populações dessa espécie em campo. Esse fato tem sido intensivamente explorado dentro do manejo integrado em várias culturas nos Estados Unidos (Croft, 1990). Em outros países, tal como a Rússia, linhagens resistentes de *G. occidentalis* a inseticidas como os organofosforados e piretróides também têm sido exploradas em estudos visando o manejo de ácaros-praga (Petrušov, 1991).

Assim como *G. occidentalis*, o ácaro *N. fallacis* é um dos fitoseídeos mais explorados em estudos de resistência a pesticidas, sendo uma espécie muito empregada para o controle biológico de ácaros tetraniquídeos, especialmente *T. urticae* (Croft, 1990). Resistência múltipla ou cruzada a várias classes de produtos como DDT e alguns de seus derivados, carbamatos, organofosforados e piretróides, também foi detectada em muitas populações desse ácaro (Croft, 1983). Devido à ocorrência generalizada de populações resistentes dessa espécie a vários pesticidas em campo, alguns pesquisadores têm encontrado alguma dificuldade no estabelecimento de populações suscetíveis de referência para estudos de laboratório (Croft et al., 1976a).

Quanto à resistência aos inseticidas piretróides, Fitzgerald & Solomon (1992) realizando bioensaios para determinar a resposta de populações de *N. fallacis* a deltametrina, relataram a ocorrência de uma linhagem, cuja razão de resistência obtida foi de aproximadamente quatro vezes. De acordo com Thistlewood et al. (1992), esse fato pode ser atribuído à intensa pressão de

seleção com inseticidas piretróides nas áreas onde foi realizada a coleta dessa população. Ainda, para essa mesma espécie, Thistlewood et al. (1995) verificaram que após 55 pressões de seleção com permetrina sobre uma determinada população, pôde-se evidenciar um aumento de 964 vezes na resistência da mesma a esse produto em condições de laboratório.

Uma outra espécie de ácaro fitoseídeo que se destaca no número de trabalhos relacionados à resistência é *Phytoseiulus persimilis*, sendo comumente utilizado para o controle de *T. urticae* em cultivos protegidos de ornamentais em países da Europa. A resistência de *P. persimilis* a inseticidas organofosforados foi relatada por Schulten et al. (1976). Esses autores observaram que populações liberadas em cultivos protegidos na Holanda apresentaram elevada resistência a paration. Quanto à resistência múltipla, tem sido detectada com frequência em populações coletadas em campo em alguns países da Europa (Croft, 1990). A introdução de uma linhagem de *P. persimilis* resistente a organofosforados foi realizada no Egito para o controle de *T. urticae* na

cultura do pepino, evidenciando-se uma elevada efetividade desse predador quando foram realizadas liberações de dez indivíduos por planta (Rasmy & Ellaithy, 1988).

Casos de resistência a pesticidas também têm sido relacionado com frequência à *Typhlodromus pyri*, sendo essa espécie considerada de grande importância para o controle de *Panonychus ulmi* e *T. urticae* em macieira na Europa (Vidal & Kreiter, 1995). A primeira detecção de populações resistentes a organofosforados foi realizada na Nova Zelândia, verificando-se que inicialmente a intensidade de resistência detectada foi baixa (Hoyt, 1972). No entanto, observou-se que após sucessivas pressões de seleção com azinfosmetil, em um mesmo pomar, houve um incremento progressivo na frequência de resistência *in loco*. Desde então, essas populações resistentes a pesticidas têm sido frequentemente empregadas em programas de manejo de *P. ulmi* em pomares de maçã na Nova Zelândia (Collyer, 1980). No Canadá, estudos dirigidos a linhagens de *T. pyri*, que apresentavam resistência múltipla a organofosforados e piretróides, mos-

Quadro 1 - Alguns exemplos de casos de ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae) resistentes a pesticidas no mundo.

Espécie	Pesticida			Local	Referência
	I. A. ¹	Classe ²	Grupo Químico ³		
<i>Amblyseius finlandicus</i>	azinfosmetil	I	O	Finlândia	Kostainen & Hoy (1994)
<i>A. bibisci</i>	paration	I	O	EUA	Kennett (1970)
<i>A. longispinosus</i>	carbaril	I	C	Taiwan	Lo et al. (1984)
<i>A. pseudolongispinosus</i>	fervalerate	I	P	China	Zhu et al. (1996)
<i>A. nicholsi</i>	deltametrina	I	P	China	Ding et al. (1983)
<i>A. potentiallae</i> (= <i>andersoni</i>)	pentoato	I	O	Itália	Caccia et al. (1985)
<i>A. (=Neoseiulus)</i> <i>womersleyi</i>	permetrina	I	P	Japão	Mochizuki (1994)
<i>Euseius concordis</i>	deltametrina	I	P	Brasil	Poletti (2002)
<i>E. tularensis</i>	carbaril	I	C	EUA	Grafton-Cardwell & Ouyang (1993)
<i>Galendromus</i> (= <i>Metaseiulus</i>) <i>occidentalis</i>	carbaril	I	C	EUA	Roush & Hoy (1981 a,b)
<i>Ipbiseiodes zuluagai</i>	deltametrina	I	P	Brasil	Poletti (2002)
<i>Kampimodromus aberrans</i>	mancozebe	F	A	França	Auger et al. (2001)
<i>Neoseiulus californicus</i> (= <i>Amblyseius chilensis</i>)	fosmet	I	O	Uruguai	Croft et al. (1976)
<i>Neoseiulus fallacis</i>	permetrina	I	P	EUA	Navajas et al (2001)
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	deltametrina	I	P	França	Foumier et al. (1987)
<i>T. arboreus</i>	azinfosmetil	I	O	EUA	Croft & AliNiazee (1983)
<i>T. pyri</i>	cipermetrina	I	P	Canadá	Marshall et al. (2001)

¹ I. A. = ingrediente ativo, ²A = acaricida, F = fungicida, I = inseticida; ³C= carbamatos, P= piretróides, O= organofosforados, A= alquilenois (ditiocarbamato).



Figura 2 - *Neoseiulus californicus*
foto: Heraldo Negri



Figura 3 - *Euseius concordis*
foto: Heraldo Negri



Figura 4 - *Iphiseiodes zuluagai*
foto: Heraldo Negri

traram uma possibilidade viável no emprego do manejo integrado de *P. ulmi* em maçã (Hardman et al., 2000).

Kostiainen & Hoy (1994a) detectaram variabilidade intraespecífica a inseticidas organofosforados em *Amblyseius finlandicus* (Oudemans), importante predador de *P. ulmi* e ácaros eriofídeos em maçã na Finlândia. Os autores evidenciaram que os valores estimados para CL_{50} (concentração que mata 50% dos indivíduos em uma determinada população) na maioria das populações coletadas em pomares comerciais apresentaram-se cinco vezes superior ao valor obtido para linhagem suscetível de referência. Também verificaram que a resistência detectada em algumas populações avaliadas permaneceu estável mesmo na ausência de pressão de seleção (Kostiainen & Hoy, 1994b).

No Japão, Mochizuki (1994) avaliando a ocorrência da variabilidade intraespecífica a cipermetrina, permetrina, fenvalerate e fluralinate

em populações de *Amblyseius womersleyi* (importante predador de *Tetranychus kanzawai* na cultura do chá nesse país) coletadas em diferentes áreas, concluiu que a resistência observada em uma dessas populações relacionou-se diretamente com o número de aplicações desses produtos realizadas em campo. Sato et al. (2000) realizando quatro pressões de seleção em laboratório com metidation obtiveram um aumento de aproximadamente 21 vezes na razão de resistência de uma população de *A. womersleyi* a esse produto.

No Brasil, Sato et al. (2002) realizaram coleta de uma população de *Neoseiulus californicus* (Figura 2) em cultivo de morango na região de Atibaia/SP e observaram que ela apresentou elevada tolerância a diversos pesticidas como o acaricida propargite e o inseticida dimetoato. Neste caso, os autores sugerem que tal fato pode estar associado às pressões de seleção exercidas pelas aplicações desses produtos em campo, o que pode ter contribuído para a evolução da resistência na população avaliada. Poletti et al. (2003) avaliaram a suscetibilidade à deltametrina nessa mesma população de *N. californicus*, coletada em morango (Atibaia/SP) e mantida na Estação Experimental do Instituto Biológico (Campinas/SP) desde 1999, e em uma população dessa mesma espécie, oriunda de um pomar comercial de maçã em Fraiburgo/SC. Evidenciou-se que a população proveniente de Atibaia/SP (morango) foi aproximadamente 24 vezes mais tolerante à deltametrina do que a população coletada em maçã. De acordo com Monteiro (2001), o inseticida deltametrina foi extremamente tóxico para uma população de *N. californicus* coletada em pomar de maçã situado em Vacaria/RS. Dessa forma, pode-se sugerir que a exploração de linhagens resistentes de *N. californicus* a deltametrina ou outros inseticidas nocivos pode ser uma ferramenta importante dentro do manejo integrado em maçã na região sul do Brasil.

Em citros, Poletti (2002) detectou resistência a deltametrina em populações de *Euseius concordis* (Figura 3) e *Iphiseioides zuluagai* (Figura 4) coletadas em diferentes pomares situados no Estado de São Paulo, fato que

também esteve associado ao histórico de pulverizações com deltametrina em cada local onde foram efetuadas as coletas. De acordo com Moraes & Sá (1995) os ácaros fitoseídeos são os principais inimigos naturais do ácaro da leprose dos citros, *Brevipalpus phoenicis*, praga-chave nesta cultura. Sendo assim a preservação desses predadores por ocasião da realização de pulverizações com produtos nocivos é extremamente conveniente. Também foi possível detectar variabilidade interespecífica na suscetibilidade a deltametrina entre essas duas espécies, verificando-se que *E. concordis* apresentou-se 50 vezes mais tolerante a esse produto do que *I. zuluagai* (Poletti, 2002). Variabilidade interespecífica na suscetibilidade de ácaros fitoseídeos a inseticidas piretróides também foi relatada por Marwick (1986), o qual verificou que *P. persimilis* apresentou-se menos tolerante a cipermetrina, deltametrina e fenvalerate do que *T. pyri*. Com relação à deltametrina, a razão de tolerância observada para essas duas espécies atingiu valores de aproximadamente 314 vezes.

Liberação e Estabelecimento de Linhagens de Fitoseídeos Resistentes a Inseticidas

Em 1972, uma linhagem de *G. occidentalis* resistente a organofosforados foi enviada da América do Norte para a Austrália. Segundo Readshaw (1975) citado por Gerson et al. (2003) este foi o primeiro relato de transferência intercontinental de inimigos naturais resistentes no mundo. Linhagem de *G. occidentalis* resistente a organofosforados, também foi introduzida na antiga União Soviética (URSS) no início dos anos 80 para o controle biológico de *Tetranychus pruni* obtendo-se um grande sucesso no estabelecimento da mesma (Petrushov, 1987). Hoy et al. (1983) também obtiveram sucesso na liberação e estabelecimento de linhagens resistentes de *G. occidentalis* a organofosforados e piretróides em pomares de maçã e pêra nos Estados Unidos, sugerindo uma relação entre a densidade populacional da praga em campo e o estabelecimento das populações de fitoseídeos liberadas.

Strickler & Croft (1981, 1982) estudando a variabilidade intraespecífica de doze populações de *N. fallacis* observaram que duas dessas apresentaram resistência a elevadas concentrações de permetrina, e que após 12 pressões de seleção com esse produto em casa de vegetação, a razão de resistência atingiu valores de 64 vezes. Quando essas populações resistentes à permetrina foram liberadas em pomares comerciais de maçã, pôde-se evidenciar o sucesso no estabelecimento delas. Whalon et al. (1982) após selecionarem duas populações de *N. fallacis* para resistência a inseticidas piretróides em condições de casa de vegetação, verificaram que essas sobreviveram a aplicações de permetrina quando liberadas em um pomar comercial de maçã, porém só uma delas resistiu à aplicação de fenvalerate.

Falhas no estabelecimento de uma população de *N. fallacis* resistente à permetrina em campo foi relatado por Croft & Whalon (1983). Segundo esses autores, tal fato pode ter ocorrido devido a um grande fluxo de indivíduos suscetíveis para dentro das áreas onde foram realizadas essas liberações. Assim, devido a esse fato, poderia ter ocorrido hibridação, o que fatalmente ocasionou redução na frequência de resistência. Por outro lado, esses autores observaram que em laboratório a resistência permaneceu estável até a 25ª geração nessa população, mesmo na ausência de pressão de seleção.

Com relação a *T. pyri* linhagens resistentes a organofosforados foram introduzidas com sucesso na Inglaterra no final da década de 70 (Kapetanakis & Cranham, 1983). Em experimentos realizados em pomares comerciais de maçã com diferentes regimes de pulverizações no Canadá, Hardman et al. (1997, 2000) também puderam evidenciar sucesso na liberação de uma linhagem de *T. pyri* resistente a piretróides e organofosforados introduzida da Nova Zelândia. Dessa forma, os autores concluíram que esses organismos apresentaram potencial para serem utilizados em programas de manejo de ácaros nessa cultura. Em muitos países da Europa, o manejo do ácaro vermelho europeu, *Panonychus ulmi*, e do eriofiídeo *Aculus schelechtendali* em pomares de maçã e uva, têm-se base-

ado em liberações constantes de linhagens resistentes a inseticidas organofosforados e carbamatos, sendo essa uma condição primordial para o controle desses ácaros-praga (Blommers, 1994). Na Holanda, por exemplo, brotos de plantas de maçã contendo *T. pyri* são transportados de um pomar a outro por ocasião da poda realizada no verão (Blommers, 1994). De forma sintética, a introdução de linhagens de ácaros predadores fitoseídeos resistentes a pesticidas, têm sido muitas vezes efetiva, sendo essa tática uma forma análoga ao controle biológico clássico, utilizando-se, porém, um biótipo diferenciado de inimigo natural (Dunley et al., 1991).

Em termos práticos, Hoy (1985b) propôs um programa de manejo de ácaros na cultura da amêndoa (Califórnia/EUA) baseando-se na liberação de linhagens de *G. occidentalis* resistentes a inseticidas, associados à utilização de acaricidas seletivos. Uma economia de aproximadamente 60-110 dólares/ha/ano foi estimada para cada produtor de amêndoa, que aderiu ao programa de liberações de linhagens resistentes, observando-se que a maior economia foi devido à redução nos gastos com acaricidas (Headley & Hoy, 1987). A estimativa mais recente feita por Hoy (2000) associou os resultados deste projeto a um benefício, desde o início do programa, de aproximadamente 20 milhões de dólares.

Avaliação do Estabelecimento de Linhagens Resistentes de Fitoseídeos Introduzidas em Campo

O monitoramento da frequência de resistência é considerado uma importante ferramenta para avaliar o estabelecimento de linhagens de fitoseídeos selecionadas em laboratório e introduzidas em condições em campo. Para isso, a técnica mais empregada tem-se baseado na realização de bioensaios toxicológicos para as estimativas da CL_{50} e intensidade de resistência (CL_{50} da população em estudo / CL_{50} da linhagem suscetível de referência). No entanto, para a realização destes bioensaios algumas etapas como a coleta de um grande

número de indivíduos em campo, para preservar a variabilidade genética dentro da população em estudo, e a necessidade do estabelecimento da mesma em laboratório (através de criações) pode afetar o dinamismo deste trabalho. Um fator que é importante e deve estar associado ao monitoramento após a liberação de inimigos naturais em campo é a possibilidade de ocorrer diluição da resistência na linhagem selecionada devido ao fluxo gênico com populações nativas, suscetíveis, presentes em campo por ocasião da liberação.

A utilização de análise de eletroforese de isoenzimas, apesar de ser um método menos acurado do que outros testes moleculares, em alguns estudos têm mostrado certa viabilidade para avaliação da liberação de linhagens resistentes de fitoseídeos em campo. Whalon et al. (1982) foram os primeiros pesquisadores a testarem essa ferramenta como método de monitoramento de liberações de linhagens de *N. fallacis* resistentes a pesticidas em campo. A utilização dessa técnica permite que sejam examinadas amostras coletadas diretamente em campo, eliminando os problemas relacionados à manutenção de criações em laboratório. Outra vantagem relacionada à eletroforese de isoenzimas tem sido a possibilidade de explorar a análise da estrutura genética das populações presentes em campo antes da liberação da linhagem resistente e, após esse processo, podendo-se inferir a respeito de parâmetros importantes com relação à estabilidade da resistência em campo.

Recentemente, Navajas et al. (2001) realizaram trabalho de monitoramento do estabelecimento de linhagens de *N. fallacis* resistentes a piretróides em pomares de maçã no Canadá, empregando bioensaios toxicológicos e eletroforese de isoenzimas. Através dos resultados obtidos nesse estudo foi comprovado que esta técnica molecular é bastante adequada. Ressalta-se que tentativas da utilização de outras técnicas moleculares para o monitoramento em fitoseídeos, tal como marcadores de RAPD e análise de seqüências de microssatélites, não têm alcançado êxito (Perrot-Minnot & Navajas, 1995; Navajas et al., 1998).

Resistência de Insetos Parasitóides e Predadores a Pesticidas

Apesar do número de casos de resistência a pesticidas em insetos parasitóides e predadores não ser tão expressivo quanto para os ácaros fitoseídeos, alguns trabalhos têm mostrado que há possibilidade de populações desses organismos responderem à pressão de seleção com alguns produtos tanto em laboratório como em campo (Quadros 2 e 3).

Strawn (1978) citado por Hoy (1990) realizou estudos com intuito de avaliar a variabilidade na suscetibilidade a inseticidas organofosforados

em diferentes populações do parasitóide *Aphytis melinus*, inimigo natural da cochonilha vermelha, *Aonidiella aurantii*, importante praga em pomares de citros nos Estados Unidos. Apesar das populações avaliadas terem se apresentado distintas com relação às respostas aos inseticidas testados, nenhuma delas mostrou-se resistente às concentrações utilizadas em campo. Rosenhein & Hoy (1986) realizaram monitoramento da resistência a carbaril, clorpirifós, dimetoato, malation e metidation, em 13 populações de *A. melinus* coletadas em pomares de citros na Califórnia. Os resultados obtidos indicaram a ocorrência de diferentes níveis de resistência

entre as populações avaliadas, sendo que os dados corroboraram com o regime de pulverizações (pressão de seleção) adotado em cada propriedade onde efetuaram as coletas. Posteriormente foi realizada a seleção de uma linhagem de *A. melinus* resistente a carbaril (Rosenheinberg & Hoy, 1988). Neste caso foi proposta a liberação desta linhagem inserindo essa tática dentro de um programa integrado, o qual foi amplamente adotado por vários citricultores na Califórnia (Hoy, 1990).

No início da década de 80, Grafton-Cardwell & Hoy (1985) realizaram monitoramento da suscetibilidade de diferentes populações de *Chrysoperla*

Quadro 2 - Alguns exemplos de casos de insetos inimigos naturais (parasitóides) resistentes a pesticidas no mundo.

Espécie	Pesticida			Local	Referência
	I. A. ¹	Classe ²	Grupo Químico ³		
<i>Anisopteromalus calandrae</i>	malation	I	O	EUA	Baker & Throne (1995)
<i>Aphytis africanus</i>	metidation	I	O	África do Sul	Schoones & Gilione (1982)
<i>A. cobeni</i>	azinfosmetil	I	O	Israel	Havron & Rosen (1988)
<i>A. boloxanthus</i>	azinfosmetil	I	O	Israel	Havron et al. (1991a)
<i>A. linguansensis</i>	azinfosmetil	I	C	Israel	Havron et al. (1991b)
<i>A. melinus</i>	carbaril	I	C	EUA	Spollen & Hoy (1993)
<i>Bracon mellitor</i>	carbaril	I	C	EUA	Adams & Cross (1967)
<i>Comperiella bifasciata</i>	metidation	I	O	África do Sul	Schoones & Gilione (1982)
<i>Diglyphus begini</i>	fenvalerate	I	P	Hawaii	Spollen et al. (1995)
<i>Encarsia formosa</i>	permetrina	I	P	Reino Unido	Walker & Thuding (1984)
<i>Habrobracon bebetor</i>	malation	I	O	EUA	Perez-Mendonza et al. (2000)
<i>Macrocentrus ancylivorus</i>	DDT	I	OC	Canadá	Robertson (1957)
<i>Ploetesor ornigis</i>	metomil	I	O	Canadá	Trimble et al. (1990)
<i>Trioxys pallidus</i>	azinfosmetil	I	O	EUA	Hoy & Cave (1988)

¹ I. A. = ingrediente ativo, ²I = inseticida; ³C= carbamatos, P= piretróides, O= organofosforados, C= organoclorado

Quadro 3 - Alguns exemplos de casos de insetos inimigos naturais (predadores) resistentes a pesticidas no mundo.

Espécie	Pesticida			Local	Referência
	I. A. ¹	Classe ²	Grupo Químico ³		
<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	azinfosmetil	I	O	EUA	Wamer & Croft (1982)
<i>Geocoris pallens</i>	triclorfon	I	O	EUA	Johansen & Eves (1973)
<i>Chrysoperla carnea</i>	fosmet	I	O	Canadá	Pree et al. (1989)
<i>Coleomegilla maculata</i>	parationmetil	I	O	EUA	Chambers (1973)
<i>Stethorus punctum</i>	azinfosmetil	I	O	EUA	Hull & Staner (1983)
<i>Labidura riparia</i>	DDT	I	OC	Austrália	Bishop & Blood (1980)
<i>Nabis sp.</i>	triclorfon	I	O	EUA	Johansen & Eves (1973)
<i>Xylocoris flavipes</i>	malation	I	O	EUA	Baker & Arbocast (1995)

¹ I. A. = ingrediente ativo, ²I = inseticida; ³O= organofosforados, OC= organoclorado

carnea, crisopídeo, coletadas em diferentes áreas produtoras de alfafa situadas na Califórnia, a seis inseticidas comumente utilizados nesta cultura (carbaril, metomil, permetrina, fenvalerate, diazinon e fosmet). As populações avaliadas responderam de modo distinto a todos produtos testados, sendo que esta variabilidade foi considerada suficientemente promissora para seleção artificial de populações de *C. carnea* para resistência a alguns produtos, fato que incentivou a continuidade deste projeto. No entanto, liberações efetivas de linhagens resistentes de *C. carnea* em campo não têm sido relatadas, apesar da realização de seleção de linhagens resistentes a alguns produtos como carbaril (Grafton-Cardwell & Hoy, 1986).

Desvantagem Adaptativa Associada à Resistência

A desvantagem ou custo adaptativo é uma característica que pode estar associada à resistência em populações de artrópodes pragas ou inimigos naturais (ácaros ou insetos). Devido à possibilidade do menor valor adaptativo dos indivíduos resistentes estar associado a uma menor viabilidade total, menor fecundidade, menor tempo para desenvolvimento, menor competitividade para o acasalamento, entre outros parâmetros biológicos importantes, no caso das pragas essa é uma condição favorável à adoção de estratégias de manejo.

No entanto, com relação aos inimigos naturais, o fato da linhagem selecionada apresentar alterações em alguns de seus parâmetros biológicos pode afetar diretamente o desempenho dela como agente de controle biológico. Duso et al. (1992) observaram uma redução na fecundidade em linhagens dos fitoseídeos *T. pyri* e *Amblyseius andersoni* resistentes a inseticidas organofosforados. No entanto, Fitzgerald & Solomon (2000) evidenciaram que uma população de *T. pyri* resistente a organofosforados, coletada em um pomar na Inglaterra, apresentou uma maior fecundidade do que a população tomada como suscetível de referência. Fournier et al. (1988) comparando parâmetros relacionados à tabela de

vida e a capacidade de predação, dentre outros, entre linhagens do ácaro predador *P. persimilis* resistente e suscetível ao inseticida metidation, não observaram custo adaptativo associado à linhagem selecionada. Grafton-Cardwell & Hoy (1986) também não observaram ocorrência de custo adaptativo associado a linhagens de *C. carnea* resistentes a carbaril. Apesar de vários relatos estarem associados à ausência de custo adaptativo em inimigos naturais resistentes a pesticidas, a realização de estudos prévios relacionados aos parâmetros biológicos, bem como a capacidade de predação ou de parasitismo na linhagem selecionada é de primordial importância, pois este fato pode comprometer diretamente a implementação de programas baseados na introdução desses organismos (Hoy, 1990).

Mecanismos de Resistência em Inimigos Naturais

Os principais mecanismos pelos quais os artrópodes podem expressar resistência são a redução na penetração cuticular do produto, aumento na destoxificação metabólica e redução na sensibilidade do sítio de ação.

Os indivíduos resistentes devido à redução na penetração cuticular recebem uma menor quantidade de tóxico no sítio de ação do produto. Já a resistência conferida devido ao aumento na destoxificação metabólica ocorre quando os indivíduos são capazes de degradar a molécula química em compostos inertes com maior eficácia do que os indivíduos suscetíveis. Vários grupos enzimáticos (monooxigenases dependentes do citocromo P-450, esterases, GSH-transferase, etc.) estão envolvidos no metabolismo de pesticidas e têm sido identificados como mecanismo de resistência em várias espécies de artrópodes. Com relação aos indivíduos resistentes devido à redução na sensibilidade do sítio de ação, eles apresentam uma alteração deste, mostrando uma menor sensibilidade ao produto químico.

De acordo com Motoyama et al. (1971) o mecanismo de resistência de *N. fallacis* a azinfosmetil foi relacionado à enzima glutathione S-transferase. No

caso de *A. womersleyi* a degradação oxidativa foi o mecanismo primário da resistência a metidation, detectadas em populações desse ácaro (Sato et al., 2001). Uma ampla discussão dos mecanismos de resistência associados aos ácaros fitoseídeos pode ser evidenciada em Croft (1990). De um modo geral, deve-se enfatizar que os mecanismos relacionados à resistência de inimigos naturais a pesticidas são os mesmos que têm sido estudados para os artrópodes-praga, destacando-se o aumento na destoxificação metabólica.

Biotechnologia na Obtenção de Linhagens de Inimigos Naturais Resistentes a Pesticidas

A seleção artificial de linhagens de inimigos naturais resistentes a pesticidas nem sempre tem sido efetivada com sucesso. De acordo com Hoy (1990) algumas técnicas como a indução artificial de mutagenese ou a técnica do DNA recombinante poderiam ser ferramentas exploradas no melhoramento de inimigos naturais resistentes a pesticidas.

Com relação à indução de mutagenese visando à resistência, pode ser realizada utilizando-se substâncias químicas ou irradiação-X (Hoy, 1990). Sabendo-se que as mutações ocorrem ao acaso, e podem resultar na produção de linhagens com genes deletérios, com relação à indução de inimigos naturais mutantes, esse fato pode ser indesejável, principalmente quando o intuito da seleção dessa linhagem é a produção massal desses organismos para a introdução em campo.

A utilização da técnica do DNA recombinante tem sido considerada a mais viável para a implementação da resistência em inimigos naturais. Várias etapas envolvem esse processo, sendo necessário inicialmente realizar a identificação dos genes que governam a resistência, posteriormente devem ser clonados e inseridos no organismo (inimigo natural) geralmente através de microinjeção. Após a incorporação no genoma esse gene deve estabilizar, se expressar apropriadamente e ser transmitido às prole. *G. occidentalis* foi o primeiro inimigo natural melhorado através

desta técnica (Presnail & Hoy, 1994). Uma série de critérios foram listados por Hoy (1992) visando minimizar os riscos de introdução de inimigos naturais geneticamente modificados em campo. Um dos fatores que visou à segurança da introdução desse organismo transgênico em campo foi a realização de estudo em áreas úmidas da Flórida/EUA, local onde essa espécie não sobrevive devido à sua especialização a climas secos. Hoy (2000) enfatiza que os riscos devido à liberação da linhagem transgênica de *G. occidentalis* em campo, para fins experimentais, foram ínfimos. Todo o processo para a liberação deste estudo foi monitorado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Rigorosas precauções devem ser tomadas com relação à criação de manutenção de inimigos naturais transgênicos, incluindo a utilização de instalações adequadas e pessoal treinado (Hoy, 2000).

Perspectivas para Exploração de Inimigos Naturais Resistentes em MIP no Brasil

Apesar do elevado número de casos de implementação de programas de manejo de pragas baseados na liberação de linhagens resistentes de inimigos naturais (destacando-se os ácaros fitoseídeos) em vários países, no Brasil esse assunto ainda é incipiente. No entanto, as possibilidades de exploração desta ferramenta, que agrega harmoniosamente o controle químico ao biológico, parecem promissoras. No caso do emprego de *N. californicus* para o controle de *P. ulmi* em pomares de maçã no Rio Grande do Sul (Monteiro, 2002), a utilização de linhagens resistentes desse predador poderia contribuir para a preservação contínua dessa espécie nos pomares, inclusive durante as pulverizações para o controle de insetos comumente associados a essa cultura como *Grapholita molesta*.

A implementação de programas de manejo de ácaros-praga em cultivo protegido também emerge como uma possibilidade para a exploração de linhagens resistentes de inimigos naturais no Brasil, podendo reduzir o nú-

mero de pulverização com acaricidas, e conseqüentemente os custos de produção e quantidade de resíduos no produto final, acompanhando desse modo as exigências de um mercado que vem se tornando a cada dia mais exigente. Em citros, estudos revelaram que a evolução para a resistência ao inseticida deltametrina em algumas populações de ácaros fitoseídeos pode estar sendo responsável pela permanência deles em algumas áreas, contribuindo dessa forma para o controle biológico efetivo de ácaros-praga como *B. phoenicis* (Poletti, 2002).

Referências Bibliográficas

- ADAMS, C. H.; CROSS, W. H. Insecticide resistance in *Bracon mellitor*, a parasite of the boll weevil. **J. Econ. Entomol.**, v.60, p.1016-1020, 1967.
- AUGER, P.; GUICHOU, S.; KREITER, S.; MATTIODA, H. Mancozeb-resistant populations of *Kampimodromus aberrans*. **Phytom.**, n.537, p. 22-24, 2001.
- BAKER, J. E.; ARBOGAST, R. T. Malathion resistance in field strain of warehouse pirate bug (Heteroptera: Anthracoridae) and a prey species *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **J. Econ. Entomol.**, v.88, p.1570-1579, 1995.
- BAKER, J. E.; THRONE, J. E. Evaluation of a resistant parasitoid for biological control of weevils in insecticide-treated wheat. **J. Econ. Entomol.**, v.88, p.241-45, 1995.
- BISHOP, A. L.; BLOOD, P. R. B. Arthropod ground strata composition of the cotton ecosystem in south-eastern Queensland, and the effect of some control strategies. **Aust. J. Zool.**, v.28, p.693-697, 1980.
- BLOMMERS, L. H. M. Integrated pest management in European apple orchards. **Ann. Rev. Entomol.**, v.39, p.213-241, 1994.
- CACCIA, R.; BAILLOD, M.; GUIGNARD, E.; KREITER, S. Introduction d'une souche de *Amblyseius andersoni* Chant (Acarina: Phytoseiidae) résistant à l'azinphos dans la lutte contre les acariens phytophages en viticulture. **Rev. Suisse Vitic., Arboric. Hortic.**, v.17, p.285-290, 1985.
- CHAMBERS, H. W. Comparative tolerance of selected beneficial insects to methyl parathion. **Ann. Mtg. Entomol. Soc. Am.**, v.28, p.68, 1973.
- COLLYER, E. Integrated control of apple pests in New Zealand. 16. Progress integrated control of european red mite. **N. Z. J. Zool.**, v.7, 271-279, 1980.
- CROFT, B. A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: Wiley Interscience, 1990. 723p.
- CROFT, B. A.; JEPSON, L. R. Comparative studies on four strains of *Typhlodromus occidentalis*. II. Laboratory toxicity of ten compounds common to apple pest control. **J. Econ. Entomol.**, v.63, p.1528-1531, 1970.
- CROFT, B. A.; MORSE, J. G. Research advances on pesticides resistance in natural enemies. **Entomoph.**, v.24, p.3-11, 1979.
- CROFT, B. A.; WHALON, M. E. Inheritance and persistence of permethrin resistance in the predatory mite *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae). **Environ. Entomol.**, v.12, p.215-218, 1983.
- CROFT, B. A.; ALINIAZEE, M. T. Differential resistance to insecticides in *Typhlodromus arboreus* Chant associate Phytoseiid mite of apple in the Willamette Valley, Oregon. **J. Econ. Entomol.**, v.12, p.1420-1422, 1983.
- CROFT, B. A.; BRIOZZO, J.; CARBONELL, J. B. Resistance to organophosphorous insecticides in a predaceous mite, *Amblyseius chilensis*. **J. Econ. Entomol.**, v.69, p.563-565, 1976.
- DING, Y.; XIONG, J. J.; HUANG, M. D. Resistance of *Amblyseius nicholsi* Ehara et Lee (Acarina: Phytoseiidae) to some pyrethroids. **Nat. Enem. Ins.**, v.5, p.124-128, 1983.
- DUNLEY, J. E.; MESSING, R. H.; CROFT, B. A. Levels and genetics of organophosphate resistance in Italian and Oregon biotypes of *Amblyseius andersoni* (Acarina: Phytoseiidae). **J. Econ. Entomol.**, v.84, p.750-755, 1991.
- DUSO, C.; CAMPORESE, P.; van der GEEST, L. P. S. Toxicity of a number of pesticide to strains of

- Typhlodromus pyri* and *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae). **Entomoph.**, v.37, p.363-372, 1992.
- FITZGERALD, J. D.; SOLOMON, M. G. Field selection of predatory mite *Typhlodromus pyri* for resistance to pyrethroids. **Crop Protec.**, v.11, p.1199-1204, 1992.
- FITZGERALD, J. D.; SOLOMON, M. G. Differences in biological characteristics in organophosphorous-resistant strains of phytoseiid mite *Typhlodromus pyri*. **Exp. Appl. Acarol.**, v. 24, p.735-746, 2000.
- FOURNIER, D.; PRALAVORIO, M.; COULON, J.; BERGE, J. B. Fitness comparison in *Phytoseiulus persimilis* strains resistant and susceptible to methidathion. **Exp. Appl. Acarol.**, v.5, p.55-64, 1988.
- FOURNIER, D.; PRALAVORIO, M.; TROTIN-CAUDAL, Y.; COULON, J.; MALEZIEUX, S.; BERGE, J. B. Selection artificielle pour la resistance au methidathion chez *Phytoseiulus persimilis* A. H. **Entomoph.**, v.32, p.209-219, 1987.
- GEORGHIOU, G. P.; LAGUNES-TEJEDA, A. **The occurrence of resistance to pesticides in arthropods**. Rome: FAO, 1991. 318p.
- GERSON, U.; SMILEY, R. L.; OCHOA, R. **mites (acari) for pest control**. Oxford: Blackwell Science, 2003. 539p.
- GRAFTON-CARDEWELL, E. E.; HOY, M. A. Intraspecific variability in response to pesticides in the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). **Hilg.**, v.53, p.1-32, 1985.
- GRAFTON-CARDEWELL, E. E.; HOY, M. A. Genetic improvement of common green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): selection for carbaryl resistance. **Environ. Entomol.**, v.15, p.1130-1136, 1986.
- GRAFTON-CARDEWELL, E. E.; OUYANG, Y. Toxicity of four insecticides to various populations of the predacious mite, *Euseius tularensis* Congdon (Acarina: Phytoseiidae) from San Joaquin Valley California citrus. **J. Agric. Entomol.**, v.10, p.21-29, 1993.
- HARDMAN, J. M.; ROGERS, M. L.; GAUL, S. O.; BENT, E. D. Insectary rearing and initial testing in Canada of an organofosphate/pyrethroid-resistant strain of predator mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) from New Zealand. **Environ. Entomol.**, v.26, p.1424-1436, 1997.
- HARDMAN, J. M.; MOREAU, D. L.; SNYDER, M.; GAUL, S. O.; BENT, E. D. Performance of a pyrethroid-resistant strain of the predator mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) under different insecticide regimes. **J. Econ. Entomol.**, v.93, p.590-604, 2000.
- HAVRON, A.; ROSEN, D. Selection for pesticide resistance in two *Aphytis* species. In: **Proc. Intern Congr. Entomol.**, 18, Vancouver, Canada, 1988, p.315d.
- HAVRON, A.; KENAN, G.; ROSEN, D. Selection for pesticide resistance in *Aphytis* I. *A. boloxanthus*, a parasite of the Florida red scale. **Entomol. Exp. Appl.**, v.61, p.221-228, 1991a.
- HAVRON, A.; KENAN, G.; ROSEN, D. Selection for pesticide resistance in *Aphytis* II. *A. lingnamensis*, a parasite of the California red scale. **Entomol. Exp. Appl.**, v.61, p.229-235, 1991b.
- HEADLEY, J. C.; HOY, M. A. Benefit/cost analysis of an integrated mite management program for almonds. **J. Econ. Entomol.**, v.80, p.555-559, 1987.
- HOY, M. A. Recent advances in genetics and genetic improvement of the Phytoseiidae. **Ann. Rev. Entomol.**, v.30, p.347-370, 1985a.
- HOY, M. A. Integrated mite management for California almond orchards. In: HELLE, W.; SABELIS, M. W. (Ed.) **Spider mites: their biology, natural enemies and control**, Amsterdam: Elsevier, 1985b, v.1B, p.299-310.
- HOY, M. A. Pesticide resistance in arthropod natural enemies: variability and selection response. In: ROUSH, R. T.; TABASHNIK, B. E. (Ed.) **Pesticide resistance in arthropods**, New York: Chapman and Hall, 1990, 203-236.
- HOY, M. A. Criteria for release of genetically-improved phytoseiids: an examination of the risks associated with release of biological control agents. **Exp. Appl. Acarol.**, 14, p.393-416, 1992.
- HOY, M. A. Transgenic arthropods for pest control: risks and realities. **Exp. Appl. Acarol.**, v.24, p.463-495, 2000.
- HOY, M. A.; CAVE, F. E. Guthion-resistant strain of walnut aphid parasite. **Calif. Agric.**, v.42, p.4-5, 1988.
- HOY, M. A.; KNOP, N. F. Selection for and genetic analysis of permethrin resistance in *Metaseiulus occidentalis*: genetic improvement of biological control agent. **Entomol. Exp. Appl.**, v.30, p.10-18, 1981.
- HOY, M. A.; WESTIGARD, P. H.; HOYT, S. C. Release and evaluation of laboratory-selected pyrethroid-resistant strain of predaceous mite *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) in two southern Oregon pear orchards and Washington apple orchard. **J. Econ. Entomol.**, v.76, p.383-388, 1983.
- HOYT, S. C. Resistance to azinphosmetil of *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) from New Zealand. **N. Z. J. Sci.**, v.15, 16-21, 1972.
- HUFFAKER, C. B.; KENNETT, C. E. Differential tolerance to parathion in two *Typhlodromus* predatory on cyclamen mite. **J. Econ. Entomol.**, v.46, p.707-708, 1953.
- HULL, L. A.; SATNER, V. R. Impact of four synthetic pyrethroids on major natural enemies and pests of apple in Pennsylvania. **J. Econ. Entomol.**, v.76, p.122-130, 1983.
- JOHANSEN, C. A.; EVES, J. D. Development of a pest management program of alfalfa grow for seed. **Environ. Entomol.**, v.2, p.515-517, 1973.
- KAPETANAKIS, E. G.; CRANHAM, J. E. Laboratory evaluation resistance to pesticides in the phytoseiid predator *Typhlodromus pyri* from English apple orchards. **Ann. Appl. Biol.**, v.103, p.389-400, 1983.

- KENNETT, C. E. Resistance to parathion in phytoseiid mite *Amblyseius hibisci*. **J. Econ. Entomol.**, v.63, p.1999-2000, 1970.
- KOGAN, M. Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. **Ann. Rev. Entomol.**, v.43, p.243-270, 1998.
- KOSTIAINEN, T.; HOY, M. A. Variability in resistance to organophosphorous insecticides in field-collected colonies of *Amblyseius finlandicus* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae). **J. Appl. Entomol.**, v.117, p.370-379, 1994a.
- KOSTIAINEN, T.; HOY, M. A. Genetic improvement of *Amblyseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae): laboratory selection for resistance to azinphosmetil and dimethoate. **Exp. Appl. Acarol.**, v.18, p.469-484, 1994b.
- LO, P. K. C.; WU, T. K.; TSENG, S. K. Studies on pesticide resistance in the phytoseiid mite, *Amblyseius longispinosus* (Evens). In: **Proc. Intern Congr. Entomol.**, 17, Hamburg, Germany, 1984, p.816.
- MARKWICK, N. P. Detecting variability and selecting for pesticide resistance into two species of Phytoseiidae mites. **Entomophaga**, v.31, p.225-236, 1986.
- MARSHALL, D. B.; THISTLEWOOD, H. M. A.; LESTER, P. J. Release, establishment, and movement of the predator *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) on apple. **The Canad. Entomol.**, v.133, p.279-292, 2001.
- McMUTRY, J. A. Life-styles of Phytoseiidae mites and their holes in biological control. **Ann. Rev. Entomol.**, v.42, p.291-321, 1997.
- MOCHIZUKI, M. Variations in insecticide susceptibility of predatory mite, *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acarina: Phytoseiidae) in tea fields of Japan. **Appl. Entomol. Zool.**, v.29, p.203-209, 1994.
- MONTEIRO, L. B. Seletividade de inseticidas a *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) em macieira no, Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Frut.**, v.23, p.589-592, 2001.
- MONTEIRO, L. B. Manejo integrado de pragas em macieira no Rio Grande do Sul II. Uso de *Neoseiulus californicus* para o controle de *Panonychus ulmi*. **Rev. Bras. Frut.**, v.24, p.395-405, 2002.
- MORAES, G. J. de; SÁ, L. A. N. de. Perspectivas do controle do ácaro da leprose em citros. In: OLIVEIRA, C. A. L. de; DONADIO, L. C. (Ed.). **Leprose dos citros**, Jaboticabal: FUNEP, 1995. p.117-128.
- MOTOYAMA, N.; ROCK, G. C.; DAUTERMAN, W. C. Organophosphorous resistance in an apple orchard population *Typhlodromus (Amblyseius) fallacis*. **J. Econ. Entomol.**, v.63, p.1439-1442, 1970.
- MOTOYAMA, N.; ROCK, G. C.; DAUTERMAN, W. C. Studies on the mechanism of azinphosmethyl resistance on the predaceous mite, *Neoseiulus fallacis* (T.) (family: Phytoseiidae). **Pest. Bioch. Physiol.**, v.1, p.205-215, 1971.
- NAVAJAS, M.; THISTLEWOOD, H.; LAGNEL, HUGHES, C. Microsatellite sequences are under-represented in two mites genomes. **Insect Mol. Biol.**, v.7, p.249-256, 1998.
- NAVAJAS, M.; THISTLEWOOD, H.; LAGNEL, J. MARSHALL, D.; TSAGKARAKOU, A.; PASTEUR, N. Field releases of predatory mite *Neoseiulus falaccis* (Acari: Phytoseiidae) in Canada, onitored by pyrethroid resistance and allozyme markers. **Biol. Control**, v.20, p.191-198, 2001.
- PEREZ-MENDONZA, J.; FABRICK, J. A.; ZHU, K. Y.; BAKER, J. E. Alterations in esterases are associated with malathion resistanse in *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). **J. Econ. Entomol.**, v.93, p.31-37, 2000.
- PERROT-MINNOT, M. J.; NAVAJAS, M. Pseudo-arrhenotoky involves biparental inheritance of RAPD markers in males of haplo-diploid mite *Typhlodromus pyri*. **Genome**, v.38, p.838-844, 1995.
- PETRUSHOV, A. Z. Results of introduction into the URSS of a population of predaceous mite, *Metaseiulus occidentalis* (Acarina, Phytoseiidae), resistant to pesticides. **Zool. Zhur.**, v.66, p.674-680, 1987.
- PETRUSHOV, A. Z. Selection and mechanisms of Ambush resistance in *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). In: DUSBÁBEK, F.; BUKVA, V. (Ed.) **Modern Acarology**, Prague: Academia, 1991, v.2, p.741-748.
- PLAPP, F. W. Jr.; BULL, D. L. Toxicity and selectivity of some insecticides to *Chrysopa carnea*, a predator of the tobacco budworm. **Environ. Entomol.**, v.7, p.431-434, 1978.
- POLETTI, M. Variabilidade inter e intraespecífica na variabilidade na suscetibilidade de ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae) a dicofol e deltametrina em citros. Piracicaba, 2002. 78p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-28102002-162036/> Acesso em 28 out. 2003.
- POLETTI, M.; GIBELI, L. F.; OMOTO, C. Possibilidade de exploração de linhagens de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) resistentes à deltametrina em programas de manejo de ácaros. In: **Simp. Control. Biol.**, 7. Poços de Caldas, 2003. Resumos. São Pedro: SEB, 2003. p.180.
- PREE, D. J.; ARCHIBALD, D. E.; MORRISON, R. K. Resistance to insecticides to the common lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) in southern Ontario. **J. Econ. Entomol.**, v.82, p.29-34, 1989.
- PRESNAIL, J. K.; HOY, M. A. Transmission of injected DNA sequences to multiple eggs of *Metaseiulus occidentalis* and *Amblyseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) following maternal microinjection. **Exp. Appl. Acarol.**, v.18, p.319-330, 1994.
- RASMY, A. H.; ELLAITHY, Y. M. Introduction of *Phytoseiulus persimilis* for twospotted spider mite control in greenhouses in Egypt (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Entomoph.**

- v.33, p.435-438, 1988.
- ROBERTSON, J. G. Changes in resistance to DDT in *Macrcentrus ancylivorus* Rohw. (Hymenoptera: Braconidae). **Can. J. Zool.**, v.35, p. 629-633, 1957.
- ROSENHEIM, J. A.; HOY, M. A. Intraspecific variation in levels of pesticide resistance in field population of a parasitoid. *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae): the hole of past selection pressures. **J. Econ. Entomol.**, v.79, p.1161-1173, 1986.
- ROSENHEIM, J. A.; HOY, M. A. Genetic improvement of a parasitoid biological control agent: Artificial selection for insecticide resistance in *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). **J. Econ. Entomol.**, v.81, p.1539-1550, 1988.
- ROUSH, R. T.; HOY, M. A. Selection improves sevin resistance in spider mite predator. **Calif. Agric.**, v.34, p.11-14, 1980.
- ROUSH, R. T.; HOY, M. A. Genetic Improvement of *Metaseiulus occidentalis*: selection with methomyl, dimethoate, and carbaryl and genetic analysis of carbaryl resistance. **J. Econ. Entomol.**, v.74, p.138-41, 1981a.
- ROUSH, R. T.; HOY, M. A. Laboratory, glasshouse, and field studies of artificially selected carbaryl resistance in *Metaseiulus occidentalis*. **J. Econ. Entomol.**, v.74, p.142-47, 1981b.
- ROUSH, R. T.; PLAPP, F. W. Biochemical genetics of resistance to carbaryl carbamates insecticides in the predaceous mite, *Metaseiulus occidentalis*. **J. Econ. Entomol.**, v.75, p.304-7, 1982.
- ROUSH, R. T.; MCKENZIE, J. A. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. **Ann. Rev. Entomol.**, v.32, p.361-380, 1987.
- SATO, M. E.; MIYATA, T.; KAWAI, A.; NAKANO, O. Selection for resistance and susceptibility to methidathion and cross resistance in *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). **Appl. Entomol. Zool.**, v.35, p.393-399, 2000.
- SATO, M. E.; MIYATA, T.; KAWAI, A.; NAKANO, O. Methidathion resistance mechanisms in *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). **Pest. Bioch. Physiol.**, v.69, p. 1-12, 2001.
- SATO, M. E.; SILVA, M.; GONÇALVES, L. R.; SOUZA FILHO, M. F.; RAGA, A. Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. **Neotr. Entomol.**, v.31, p.449-456, 2002.
- SCHOONES, J.; GILIONE, J. H. The toxicity of methidathion to parasitoids of red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Hemiptera: Diaspididae). **J. Entomol. Soc. S. Africa**, v.45, p.261-273, 1982.
- SCHULTEN, G. G. M.; van de KLASHORST, G. RUSSELL, V. M. Resistance of *Phytoseiulus persimilis* A. H. (Acari: Phytoseiidae) to some insecticides. **Z. Angew. Entomol.**, v. 80, p. 337-341, 1976.
- SPOLEN, K.; HOY, M. A. Residual toxicity of five citrus pesticides to a carbaryl-resistant and wild strain of the California red scale parasite *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae). **J. Econ. Entomol.**, v.86, p.195-204, 1993.
- SPOLEN, K.; JOHNSON, M. W.; TABASHNIK, B. E. Stability of fenvalerate resistance in the leafminer parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae). **J. Econ. Entomol.**, v.88, p.192-197, 1995.
- STRICKLER, K.; CROFT, B. A. Variations in permethrin and azinphosmethyl resistance in populations of *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae). **Environ. Entomol.**, v.10, p.233-236, 1981.
- STRICKLER, K.; CROFT, B. A. Selection for permethrin resistance in the predatory mite, *Amblyseius fallacis*. **Entomol. Exp. Appl.**, v.31, p.339-345, 1982.
- THISTLEWOOD, H. M. A.; PREE, D. J.; CRAWFORD, L. A. Comparison of slide dip and petri dish assays for measuring resistance to permethrin in *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae). **J. Econ. Entomol.**, v.85, p.2051-2057, 1992.
- THISTLEWOOD, H. M. A.; PREE, D. J.; CRAWFORD, L. A. Selection and genetic analyses of permethrin resistance in *Amblyseius fallacis* (Garman) (Acari: Phytoseiidae) from Ontario apple orchards. **Exp. Appl. Acarol.**, v.19, p.707-721, 1995.
- TRIMBLE, R. M.; PREE, D. J.; VICKERS, P. M. Survey for insecticide resistance in some Ontario populations of the apple leafminer parasite, *Pholetesor ornigis* (Weed) (Hymenoptera: Braconidae). **Can. Entomol.**, v.122, p.969-973, 1990.
- VIDAL, C.; KREITER, S. Resistance to a range of insecticides in the predaceous mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae): inheritance and physiological mechanisms. **J. Econ. Entomol.**, v.88, p.1097-1105, 1995.
- WALKER, P. W.; THURLING, D. J. Insecticide resistance in *Encarsia Formosa*. In: **Brit. Crop. Protec. Conf. Pests and Diseases**, Brighton, England, 1984, v. 2, p.541-546.
- WARNER, L. A.; CROFT, B. A. Selective toxicities of azinphosmethyl and selected orchard pesticides to the aphid predator, *Aphidoletes aphidimyza*. **J. Econ. Entomol.**, v.75, p.410-415, 1982.
- WHALON, M. E.; CROFT, B. A.; MOWRY, T. M. Introduction and survival of susceptible and pyrethroid-resistant strains of *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in a Michigan apple orchard. **Environ. Entomol.**, v.11, p.1096-1099, 1982.
- WHALON, M. E.; MOTA-SANCHES, D.; BILLS, P. The database of arthropods resistant to pesticides. Michigan State University – Center for Integrated Plant Systems. Disponível em: <http://www.cips.msu.edu/resistance/mdb/index.htm>. Acesso em 25 out. 2003.
- ZHU, K. Y.; KE, L. S.; XIN, J. L. Selection and genetic analysis of fenvalerate resistance in *Amblyseius pseudolongispinosus* (Acari: Phytoseiidae). **Syst. Appl. Acarol.**, v.1, p. 5-10, 1996. †