

RESISTÊNCIA DE POPULAÇÕES PERNAMBUCANAS DE TRAÇAS-DAS-
CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

A INSETICIDAS

por

VANESSA CORRÊA SANTOS

(Sob Orientação do Professor Herbert Álvaro Abreu de Siqueira)

RESUMO

Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), conhecida popularmente como traças-das-crucíferas é considerada a principal praga do cultivo de brássicas (ex: couve, couve-flor, brócolis e repolho) em todo o mundo. Diversos inseticidas têm sido utilizados intensivamente durante o ciclo da cultura, e em algumas áreas já foram detectadas 15 a 20 aplicações por ciclo. Além dos problemas gerados à saúde do agricultor e ao meio ambiente, o uso excessivo desses produtos tem proporcionado o aparecimento de populações resistentes deste inseto-praga a diversos compostos químicos, como é o caso dos inseticidas piretróides, carbamatos, organofosforados e *Bacillus thuringiensis*. O presente estudo teve como objetivo identificar a resistência em populações de *P. xylostella* do Estado de Pernambuco, utilizando os inseticidas abamectina, metomil, lufenurom, diafentiuron e indoxacarbe. Curvas de concentração-resposta foram estabelecidas usando lagartas de 2º instar de *P. xylostella*. Todas as populações pernambucanas de *P. xylostella* apresentaram razão de resistência (RR) significativa a pelo menos um inseticida. As menores CL₅₀s foram registradas para o inseticida abamectina, variando de 0,01 a 0,74 mg/L e as maiores CL₅₀s foram para o inseticida diafentiuron, 47,9 a 122,2 mg/L. A população do município de Bezerros apresentou as maiores razões de resistência 25,3 a indoxacarbe, 61,7 a abamectina e 705,2 a lufenurom, quando comparadas à

população suscetível. A população do município de Bonito apresentou uma razão de resistência 33,0 a lufenurom e Jupi 12,0 para abamectina. Estes resultados demonstram que o uso intensivo e indiscriminado de inseticidas na região Agreste de Pernambuco é preocupante, sugerindo o estabelecimento de um programa de manejo da resistência associado ao manejo integrado de pragas nesta área.

PALAVRAS-CHAVE: Brássicas, abamectina, metomil, lufenurom, diafentiuron, indoxacarbe.

RESISTANCE OF DIAMONBACK MOTH, *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA:
PLUTELLIDAE) POPULATIONS FROM PERNAMBUCO STATE
TO INSECTICIDES

by

VANESSA CORRÊA SANTOS

(Under the Direction of Professor Herbert Álvaro Abreu de Siqueira)

ABSTRACT

Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), popularly known as diamondback moth, is a major pest of brassicaceae crops (e.g., kale, cauliflower, broccoli, and cabbage) throughout the world. Several insecticides have been intensively used during several cultivation cycles and, even in some areas, up to 15 to 20 applications per season have been observed. Besides the problems they may cause to human and environmental health, the frequent use of these products has been associated to the evolution of resistance in *P. xylostella* populations to various insecticides such as the pyrethroids, carbamates, organophosphates, and even *Bacillus thuringiensis*. The current study objective was to identify the resistance in *P. xylostella* populations from Pernambuco State, when exposed to abamectin, methomyl, lufenuron, indoxacarb, and diafentiuron. Concentration-response regressions were established using 2nd-instar larvae of *P. xylostella*. All *P. xylostella* populations showed significant resistance ratio (RR) to at least one insecticide. The smallest CL₅₀s values were estimated for abamectin, which varied from 0.01 to 0.74 mg/L and the highest CL₅₀s were estimated for diafentiuron, which varied from 47.9 to 122.2 mg/L. The Bezerro County population presented the highest resistance ratios to indoxacarb (25.3-fold), abamectin (61.7-fold), and lufenuron (705.2-fold), compared to the reference population. The

Bonito and Jupi Counties populations were 33.0- and 12.0-times more resistant to lufenuron and abamectina, respectively. These results demonstrate that intensive and indiscriminate use of insecticides in Pernambuco must be a concern, which suggests the immediate establishment of a resistance management program associated to integrated pest management in these areas.

KEY WORDS: Brassicaceae, abamectina, methomyl, lufenuron, indoxacarb, diafentiuron.

RESISTÊNCIA DE POPULAÇÕES PERNAMBUCANAS DE TRAÇAS-DAS-
CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)
A INSETICIDAS

Por

VANESSA CORRÊA SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau
de Mestre em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro - 2010

RESISTÊNCIA DE POPULAÇÕES PERNAMBUCANAS DE TRAÇAS-DAS-
CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)
A INSETICIDAS

por

VANESSA CORRÊA SANTOS

Comitê de Orientação:

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira – UFRPE

Jorge Braz Torres - UFRPE

RESISTÊNCIA DE POPULAÇÕES PERNAMBUCANAS DE TRAÇAS-DAS-
CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)
A INSETICIDAS

por

VANESSA CORRÊA SANTOS

Orientador:

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira – UFRPE

Examinadores:

Ângela Maria Isidro de Farias – UFPE

César Auguste Badji – UFRPE/UAG

José Vargas de Oliveira – UFRPE

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Valdemar Teixeira e Maria Lúcia Corrêa,
por todo amor, dedicação e exemplo.*

*À minhas irmãs Valéria e Patrícia, meu sobrinho João Victor,
pelo carinho, alegria e apoio.*

*A DEUS, pela vida, saúde
e coragem para enfrentar todos os desafios.*

*Como muito amor e gratidão,
Dedico e Ofereço.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco que me acolheu e contribuiu para a minha formação profissional.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Herbert Álvaro Abreu de Siqueira pelo ensinamento e orientação na realização deste trabalho.

Ao Prof. Jorge Braz Torres pela competência em coordenar o Curso de Entomologia Agrícola (UFRPE).

Ao Prof. José Vargas de Oliveira, pela amizade e conselhos durante a realização deste trabalho.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelos ensinamentos transmitidos durante o curso.

A Darcy e Romildo, por serem vitais para organização e andamento do Curso de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola.

As professoras Aldenise Moreira e Maria Aparecida Castellani, do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela amizade, confiança e incentivo em toda minha trajetória acadêmica.

Aos Eng. Agrônomos Marciano Brito, Aline Novais e Aline Gomes pela grande amizade e apoio.

A querida amiga Beta, pessoa muito importante, que me acolheu em Recife, devo-lhe enorme agradecimento.

Ao grande amigo Alexandre Conte, pelo intenso apoio, companheirismo e alegria, durante esta trajetória.

A Márcio Vilela, pelo incentivo, carinho e compreensão.

A Carla Assis, Tadeu Silva, Flávia Bom e Nicolle Carvalho, pela amizade e carinho;

Aos amigos Jefferson Elias e Maria Júlia, pelo auxílio imprescindível para realização deste trabalho.

A toda equipe do laboratório de Interação Inseto-Tóxico: Cecília, Pedro, Matheus, Diogo, Lilian e Andresa, pela convivência, amizade e alegria.

Aos meus colegas de curso: Thais, Ellen, Adauto, Ricardo, Maria Cleoneide, Eduardo, Lígia, Alberto, Alicely, Cinthia, Robério, Vando, Cleiton, Felipe, Mario Jorge, Marco Aurélio, Wellington e Roberta.

Aos amigos conquistados em Pernambuco: Alexandre Fernandes, Suelly, César, André e Ivo Atalarich.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Páginas
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	01
Biologia de <i>Plutella xylostella</i>	02
Controle de <i>P. xylostella</i>	03
Controle de <i>P. xylostella</i> em Pernambuco	05
LITERATURA CITADA	06
2 RESISTÊNCIA A INSETICIDAS EM POPULAÇÕES PERNAMBUCANAS DE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, <i>Plutella xylostella</i> (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)	12
RESUMO.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS	17
DISCUSSÃO	18
AGRADECIMENTOS	21
LITERATURA CITADA	21

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Brassicaceae (= Cruciferae) é uma das famílias de hortaliças de uso mais antigo, originária da Europa, representada por 350 gêneros e 3200 espécies (Warwick *et al.* 2003), são cultivadas em todas as regiões do mundo. No Brasil, a produção de brássicas encontra-se em pleno crescimento, estimulado pela mudança no hábito alimentar da população que passou a consumir hortaliças com maior frequência e a exigir produtos de melhor qualidade (Martinelli *et al.* 2003). O repolho, *Brassica oleracea* L. var. *capitata*, tem se destacado como a brássica de maior importância (Liang *et al.* 2003), é uma planta herbácea, formada por inúmeras folhas que se imbricam, dando origem a uma "cabeça", que constitui a parte comestível da planta. Os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina são as principais regiões produtoras do país (May *et al.* 2007). Levando em consideração a região Nordeste do Brasil, o Estado de Pernambuco se destaca como um dos principais produtores de brássicas (Michereff *et al.* 2003).

Uma das limitações do cultivo deste grupo de hortaliças no Brasil tem sido a incidência de insetos-pragas, destacando-se: o pulgão da couve (*Brevicoryne brassicae*) (L., 1758) (Hemiptera: Aphididae), o pulgão verde (*Myzus persicae*) (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae), a lagarta da couve (*Ascia monuste orseis*) (L., 1819) (Lepidoptera: Pieridae), a lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*) (Hufnagel, 1767) (Lepidoptera: Noctuidae), a lagarta-medepalmo (*Trichoplusia ni*) (Hueb., 1802) (Lepidoptera: Noctuidae), a broca da couve (*Hellula phidilealis*) (W., 1859), a mosca branca (*Bemisia tabaci*) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Genn., 1889) (Gallo *et al.* 2002) e a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), considerada a mais destrutiva das pragas, devido aos sérios danos causados à

cultura, podendo ocasionar perda total nos campos de produção (Srinivasan & Veeresh 1986, Talekar 1992).

Bioecologia de *P. xylostella*

P. xylostella é originária da região mediterrânea, destaca-se como a mais importante praga no cultivo de brássicas no Brasil (Medeiros 1997) e em várias regiões do globo, independente das condições climáticas (Yu & Nguyen 1992, Imenes *et al.* 2002, Sarfraz *et al.* 2006). O seu desenvolvimento é por holometabolia (Gallo *et al.* 2002), com ciclo larval apresentando quatro ínstares (Monnerat 1995). Seus ovos são de coloração amarelo-claro ou verde-amarelado, de forma oval, medindo menos que 1,0 mm de comprimento (Silva Júnior 1987), e geralmente encontrados na face ventral das folhas e próximo às nervuras, onde normalmente estão isolados ou agrupados (Hardy 1938). O período de incubação pode durar dois dias com umidade relativa de 70-80% e temperatura a 27,7°C (Miner 1947). Após a eclosão, a larva penetra nas folhas alimentando-se do parênquima, medindo cerca de 2 mm de comprimento, no período de 2 a 3 dias, tendo como consequência dessa atividade o surgimento de galerias. Deste ponto em diante, a larva raspa as nervuras e a epiderme dorsal, com 8 a 10 mm de comprimento, causando a injúria propriamente dita, ou seja, passa a consumir todo o tecido foliar (Bortoli *et al.* 2006). Quando completamente desenvolvida, apresenta uma coloração uniforme verde-clara (Torres 2004), podendo medir 12 mm de comprimento. O estágio larval dura cerca de seis dias, ao final do qual a lagarta produz um casulo. Já o estágio, pré-pupa dura em média de 12 a 24 horas (Ooi & Kelderman 1979). A pupa é do tipo obteca, e sua cápsula cefálica é arredondada, sendo o corpo mais largo na região torácica. Quando nova, sua coloração é amarelada (Rosário & Cruz 1986), com a maturidade mede cerca de 7 mm de comprimento e apresenta-se livremente dentro do casulo (Hardy 1938).

O adulto é um microlepidoptero, que apresenta estampado no dorso, quando as asas estão fechadas, um desenho prismático branco, de coloração parda a marrom acinzentada, com 08 a 10 mm de comprimento (Silva Júnior 1987). As fêmeas adultas ovipositam de 150 a 360 ovos durante o ciclo reprodutivo (Torres 2004). A duração total do ciclo de vida da *P. xylostella* é muito influenciada pela temperatura, sendo que a 15°C o ciclo pode durar 30 dias e a 35°C o ciclo pode ser de 11 dias (Castelo Branco & Gatehouse 1997).

Dependendo da região geográfica e da época do ano (Mahar *et al.* 2004), a infestação da *P. xylostella* em brássicas pode ser, tanto nas folhas novas quanto nas velhas, ocasionando uma redução no crescimento da planta, na área foliar e, conseqüentemente, interferindo no produto final (Czerpak *et al.* 2005).

Controle de *P. xylostella*

As brássicas têm importância em grande parte do território nacional, sendo cultivadas tanto pela agricultura familiar quanto por grandes produtores de hortaliças (Aragão *et al.* 2008). Entre as táticas de manejo existentes para minimizar os prejuízos provocados por *P. xylostella* (Medeiros *et al.* 2005), encontra-se a determinação do nível de dano econômico (Castelo Branco *et al.* 1996); o uso de genótipos de plantas resistentes; o feromônio (Castelo Branco 1999, Imenes *et al.* 2002); o controle cultural; o uso de armadilhas luminosas; o controle biológico e a utilização do controle químico (Villas Bôas *et al.* 1990).

Apesar das alternativas utilizadas para minimizar as injúrias causados por *P. xylostella*, o principal método utilizado pelos agricultores, por sua eficácia e facilidade de execução, ainda é o controle químico (França *et al.* 1985, Medeiros *et al.* 2005), que tem como consequência: o aumento da poluição ambiental, alteração nas populações de inimigos naturais, problemas na saúde do agricultor e o desenvolvimento da resistência da praga em campo (Georghiou 1983), ocasionada, principalmente, pela alta pressão de seleção dos inseticidas (Oliveira 2009). Segundo Georghiou (1983), a resistência de insetos a inseticidas

pode ser considerada um dos mais sérios problemas enfrentados pela agricultura. Podendo representar cerca de 50% do custo total da produção (Picanço *et al.* 2000).

Foram documentados em 1991, 4553 casos e 503 espécies de insetos e ácaros que desenvolveram resistência a produtos químicos e orgânicos (Georghiou 1991). Já em 2007, houve um aumento significativo, passando a ter registrado 7747 casos e 553 espécies, sendo as principais ordens envolvidas: os lepidópteros (15,4%), ácaros (13,7%), coleópteros (13,4%), homoptera (10,5%) e o hemíptero (4,0%) (Whalon 2008).

A resistência a inseticidas é definida como a habilidade herdada de uma população de um organismo de sobreviver à dose de um inseticida, que seria letal para a maioria dos indivíduos da mesma espécie (Croft & Van de Bann 1988). Segundo Vasquez (1995), a *P. xylostella* é o 2º artrópode mais resistente do mundo a inseticidas. Em estudos mais recentes esta praga já adquiriu resistência a 76 compostos químicos (Whalon 2008). Foi uma das primeiras pragas agrícolas a desenvolver resistência ao DDT (Ankersmith 1953, Johnson 1953), e mais tarde ao inseticida microbiano *B. thuringiensis* (Berl.) (Kirsch & Schmutterer 1988, Shelton *et al.* 1997, Tabashnik *et al.* 1997). Yu & Nguyen (1992) registraram a resistência de populações de *P. xylostella* a dois carbamatos (variando de 400 a 500-vezes), a cinco organofosforados (variando de 20 a 73-vezes) e a seis piretróides (2.100 a 82.400-vezes).

Entre os mecanismos de resistência desenvolvidos pelos insetos, três tipos estão envolvidos: a destoxificação do inseticida por enzimas; a redução da penetração do inseticida pela cutícula do inseto e a redução da sensibilidade no sítio de ação do inseticida no sistema nervoso (Oppernoorth 1985). A destoxificação é provavelmente o mais estudado mecanismo de resistência de insetos a inseticidas. Esse mecanismo permite ao inseto modificar ou destoxificar o inseticida a uma taxa suficiente para prevenir a ação no sítio-alvo (Fukuto & Mallipudi 1983). A degradação do inseticida pode ocorrer por vários processos metabólicos,

nos quais o produto é convertido em uma forma não tóxica ou mesmo eliminado rapidamente do corpo do inseto. Várias enzimas e sistemas enzimáticos estão envolvidos, como esterases, oxidases, transferases e outras enzimas que aumentam eficiência ou quantidade nas raças resistentes (Oppenoorth 1984, Yu & Nguyen 1992).

Controle de *P. xylostella* em Pernambuco

O Estado de Pernambuco apresentou um acréscimo na produção de repolho entre o ano de 1993 a 2005, passando de 5.923t para 7.164t, respectivamente. Porém, sua produtividade ainda é baixa (IPA/CEAGEPE/EMATER-PE 1997), justificado, dentre outros fatores, ao ataque de *P. xylostella*. Para reduzir a infestação da praga, o principal método utilizado pelos agricultores no Estado de Pernambuco tem sido o controle químico.

Entre as dificuldades existentes no controle da *P. xylostella* apresenta-se, a sobreposição de gerações, podendo desenvolver 20 gerações/ano (Barrantes & Rodriguez 1996, Ferreira *et al.* 2003); a abundância de alimento (Imenes *et al.* 2002); a não eliminação de restos culturais (Castelo Branco *et al.* 2003), a alta capacidade migratória da praga (Chapman *et al.* 2002) e o hábito alimentar do 1º estágio larval, que ao ficar protegido no interior das folhas, dificulta o controle (Imenes *et al.* 2002). A somatória destes e outros fatores têm levado a pulverizações exacerbadas de inseticidas podendo chegar a três aplicações por semana (Castelo Branco *et al.* 2001). Resultando, além dos problemas gerados ao meio ambiente e à saúde do agricultor, na seleção de populações resistentes (Georghiou 1983, Medeiros *et al.* 2005) a diferentes classes de inseticidas (Yu & Nguyen 1992, Vasquez 1995, Castelo Branco *et al.* 2001).

Com o surgimento, em campo, da resistência, o uso excessivo de inseticidas, concentrações elevadas e a substituição do produto, normalmente, por outro mais caro e mais tóxico (Georghiou 1983), têm se tornado frequente. Ressaltando, que o custo de desenvolvimento de um novo inseticida é alto, exigindo tempo, indo desde a síntese de moléculas, testes toxicológicos, ensaios de campo, até chegar ao registro (Knight & Norton

1989). Diante da necessidade de explicar as constantes falhas no controle químico pelos produtores de brássicas, este estudo teve como objetivo identificar a resistência de populações de *P. xylostella* a inseticidas no Estado de Pernambuco.

Assim, curvas de concentração-resposta foram realizadas em laboratório, através de bioensaios, para sete populações pernambucanas de *P. xylostella* e cinco diferentes classes de inseticidas, sugerindo que populações pernambucanas de *P. xylostella* têm evoluído para resistência a pelo menos uma classe de inseticida.

Literatura Citada

- Aragão, F., F.A.A. Feitosa, C.P. Moraes & M.C.M. Corrêa. 2008.** Sistema de produção de repolho utilizando tnt como mulching e manta. Disponível em: <<http://www.cnpat.embrapa.br>>. Acesso em: 24/09/2008.
- Ankersmith, G.W. 1953.** DDT resistance in *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera) in Java. Bull. Entomol. Res. 44: 421-25.
- Barrantes, A.J.A. & V.C.L. Rodriguez. 1996.** Abundancia estacional y dano de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) y el cultivo de repollo, durante la epoca seca en Alfaro Ruiz, Alajuela, Costa Rica. Man. Integ. Plagas 39: 17-24.
- Bortoli, S.A., R.T. Thuler & B.S. Lopes. 2006.** Efeito de lufenuron e azadiractina sobre adultos de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) Científica 34: 53-58.
- Castelo Branco, M., G.L. Villas Bôas & F.H. França. 1996.** Nível de dano de traça-das-crucíferas em repolho. Hortic. Bras. 14: 154-157.
- Castelo Branco, M. & A.G. Gatehouse. 1997.** Insecticide resistance in *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Federal District, Brazil. An. Soc. Entomol. Brasil 26: 75-79.

- Castelo Branco, M. 1999.** Associação de armadilhas de feromônio e número de machos coletados para a redução do uso de inseticidas no controle da traça das crucíferas. *Hortic. Bras.* 17: 274-280.
- Castelo Branco, M., F.H. França, M.A. Medeiros & J.G.T. Leal. 2001.** Uso de inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e traça-das-crucíferas: um estudo de caso. *Hortic. Bras.* 19: 60-63.
- Castelo Branco, M., F.H. França, L.A. Pontes & P.S.T. Amaral. 2003.** Avaliação da suscetibilidade a inseticidas em populações de traça-das-crucíferas de algumas áreas do Brasil. *Hortic. Bras.* 21: 549-552.
- Croft, B.A. & H.E. Van de Bann. 1988.** Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in tetranychid and phytoseiid mites. *Exp. Appl. Acarol.* 4: 277-300.
- Chapman, J.W., D.R. Reynolds, A.D. Smith, J.R. Riley, D.E. Pedgley & I.P. Woiwod. 2002.** High-altitude migration of the diamondback moth *Plutella xylostella* to the U.K.: a study using radar, aerial netting, and ground trapping. *Ecol. Entomol.* 27: 641-650.
- Czerpak C., P.M. Fernandes, H.G. Santana, F.S. Takatsuka & C.L. Rocha. 2005.** Eficiência de inseticidas para o controle de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Pesqu. Agropec. Trop.* 35: 129-131.
- Ferreira, S.W.J., Barros & J.B. Torres. 2003.** Exigência térmica e estimativa do número de gerações de *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Eulophidae), para regiões produtoras de crucíferas em Pernambuco. *Neotrop. Entomol.* 32: 407- 411.
- França, F.H., C.M.T. Cordeiro, L.B. Giordano & A.M. Resende. 1985.** Controle da traça-das-crucíferas em repolho. *Hortic. Bras.* 3: 47-53.

- Fukuto, T.R. & N.M. Mallipudi. 1983.** Suppression of metabolic resistance through chemical structure modification, p. 557-578. In G.P. Georghiou & T. Satto (eds.), Pest Resistance to Pesticides: Challenges and Prospects. New York, Plenum Press, 797p.
- Gallo, D., O. Nakano, S. Silveira Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Baptista, E. Berti Filho, J.R.P. Parra, R.A. Zuchhi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** Entomologia Agrícola. Piracicaba, FEALQ, 920p.
- Georghiou, G.P. 1983.** Management of resistance in arthropods. In G.P. Georghiou, & T. Satto (eds.), Pest Resistance to Pesticides: Challenges and Prospects. New York, Plenum Press, 797p.
- Hardy, J.E. 1938.** *Plutella maculipennis* Curt., its natural and biological control in England. Bull. Entomol. 29: 343-372.
- Imenes, S.D.L., T.B. Campos, S.M. Rodrigues Netto & E.C. Bergmann. 2002.** Avaliação da atratividade de feromônio sexual sintético da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), em cultivo orgânico de repolho. Arq. Inst. Biol. 69: 81-84.
- IPA/CEAGEPE/EMATER-PE. 1997.** Sistema Integrado de Produção de Repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) para o Estado de Pernambuco. Vitória de Santo Antão. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. 41p.
- Johnson, D.R. 1953.** *Plutella maculipennis* resistance to DDT in Java. J. Econ. Entomol. 46: 176.
- Kirsch, L. & H. Schmutterer. 1988.** Low efficacy of a *Bacillus thuringiensis* (Berl.) formulation in controlling the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) in the Philippines. J. Appl. Entomol. 105: 249-55.
- Knight, A.L. & Norton G.W. 1989.** Economics of agricultural pesticide resistance in arthropods. Annu. Rev. Entomol. 34: 297-313.

- Liang, G.-M., W. Chen & T.-X. Liu. 2003.** Effects of three neem-based insecticides on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Prot.* 22: 333-340.
- Mahar A.N., M. Munir, S. Elawad, S.R. Gower & N.G.M. Hague. 2004.** Microbial control of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L). (Lepidoptera: Yponomeutidae) using bacteria (*Xenorhabdus nematophila*) and its metabolites from the entomopathogenic nematode *Steinemema carpocapsae*. *J. Zhej. Univ S.C.I.* 5: 1183-1190.
- Martinelli, S., M.A. Montagna, N.C. Picinato, F.M.A. Silva & O.A. Fernandes. 2003.** Eficácia do indoxacarbe para o controle de pragas em hortaliças. *Hortic. Bras.*21: 501-505.
- May, A., S.W. Tivelli, P.F. Vargas, A.G. Samra, L.V. Sacconi & M.Q. Pinheiro. 2007.** A cultura da couve-flor. Campinas, IAC, 36p. (Boletim, 200).
- Medeiros, M.A. 1997.** O Controle biológico de insetos-praga e sua aplicação em cultivos de Hortaliças. Brasília, Embrapa Hortaliças, 15p. (Circular Técnica, 8).
- Medeiros, C.A.M., A.L. Boiça Junior & A.L. Torres. 2005.** Efeito de extratos aquosos de plantas na oviposição da traça-das-crucíferas, em couve. *Bragantia* 64: 227-232.
- Michereff, S.J., M.A. Noronha, O.M. Rocha Jr., J.A. Silva & E.S.G. Mizubuti. 2003.** Variabilidade de isolados de *Alternaria brassicicola* no estado de Pernambuco. *Fitopatol. Bras.* 28: 656-663.
- Miner, F.D. 1947.** Life history of the diamondback moth. *J. Econ. Entomol.* 40: 581-583.
- Monnerat, R.G. 1995.** Interrelations entre la teigne des cruciferes, *Plutella xylostella*, son parasitoide *Diadegma* sp. et la bacterie entomopathogene *Bacillus thuringiensis* Berliner. These de doctorat, ENSAM, Montpellier, 160p.
- Oliveira, A.C. 2009.** Suscetibilidade de populações da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) a inseticidas. Dissertação de Mestrado, UFRP, Recife. 28 p.

- Ooi, P.A.C. & W. Kelderman. 1979.** The biology of common pests of cabages in Cameron Highlands, Malaysia. *Malays. Agric. J.* 52: 85-101.
- Oppenoorth, F.J. 1984.** Biochemistry of insecticide resistance. *Pest. Biochem. Physiol.* 22: 187-193.
- Oppenoorth, F.J. 1985.** Biochemistry and genetics of insecticide resistance. In G.A. Kerkut & L.I. Gilbert. *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry, and Pharmacology.* Oxford: Pergamon Press. 12: 731-773.
- Picanço, M.C., M.R. Gusmão & T.L. Galvan. 2000.** Manejo integrado de pragas de hortaliças, p. 275-324. In L. Zambolim (ed.), *Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas.* Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 49p.
- Rosário, C. & C. Cruz. 1986.** Life cycle of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), in Puerto Rico. *J. Agric.Univ. P. R.* 70: 229-234.
- Sarfraz, M., L.M. Dossall & B.A. Keddie. 2006.** Diamondback moth-host plant interactions: Implications for pest management. *Crop Prot.* 25: 625.
- Silva Júnior, A.A. 1987.** Repolho: Fitologia, Fitotecnia, Tecnologia Alimentar e Mercadologia. 1ª ed. Florianópolis, EMPASC, 295p.
- Srinivasan, K. & G.H. Veeresh. 1986.** The development and comparison of visual damage thresholds for the chemical control of *Plutella xylostella* and *Crocidolomia binotalis* on cabbage in India. *Insect Sci. Appl.* 7: 547-557.
- Shelton, A.M., C.J. Perez, J.D. Tang & J. Vandenberg. 1997.** Prospects for novel approaches towards management of the diamondback moth. *The Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pest.* In A. Sivapragasm, W.H Loke, A.k Hussan & G.S Lim (eds.), *Malays. Agric. Res. Devel.* 90: 17-22.

- Tabashnik, B.E., Y.B. Liu, N. Finson, L. Masson & D.G. Heckel. 1997.** One gene in diamondback moth confers resistance to four *Bacillus thuringiensis* toxins. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94: 1640-1644.
- Talekar, N.S. 1992.** Management of diamondback moth and other crucifer pests. Proceedings of the Second International Workshop, Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, p. 603.
- Torres, A.L. 2004.** Efeito de cultivares de repolho e extratos aquosos vegetais na biologia de *Plutella xylostella* (L.) e no parasitóide *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov). Tese de Doutorado, UNESP, Jaboticabal. 109p.
- Vasquez, B.L. 1995.** Resistance to most insecticides. In: T.J. Walker (ed.), University of Florida of Insect Records. Chapter 15: Resistant to Most Insecticides: Department of Entomology & Nematology. University of Flórida, Gainesville. Disponível em: <<http://ufbir.ifas.ufl.edu/chap15.htm>>. Acessado em: 12/05/2009.
- Villas Bôas, G.L., M. Castelo Branco & A.L. Guimarães. 1990.** Controle químico de traças-crucíferas em repolho do Distrito Federal. Hortic. Bras. 8: 10-11.
- Yu, S.J. & S.N. Nguyen. 1992.** Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the diamondback moth. Pestic. Biochem. Physiol. 44: 74-81.
- Warwick, S.I., A. Francis & G.A. Mulligan. 2003.** Brassicaceae of Canada. Disponível em: <http://www.cbif.gc.ca/spp_pages/brass/index_e.php> Acesso em: 20/06/2008.
- Whalon, M.E. 2008.** Department of Entomology, Michigan State University, B11 Center for Integrated Plant Systems, East Lansing, MI 48824, USA.

CAPÍTULO 2

RESISTÊNCIA A INSETICIDAS EM POPULAÇÕES PERNAMBUCANAS DE TRAÇAS-DAS-CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)¹

VANESSA C. SANTOS¹, HERBERT A. A. SIQUEIRA¹, JEFFERSON E. SILVA¹ E MARIA J.D.C. FARIAS¹

¹Departamento de Agronomia – Entomologia, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

¹Santos, V.C., H.A.A. Siqueira, J.E. Silva & M.J.D.C. Farias. Resistência de populações Pernambucanas de traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) a inseticidas. A ser submetido à Neotropical Entomology.

RESUMO – A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lep.: Plutellidae) é uma das pragas de maior expressão econômica em plantas da família Brassicaceae, no Brasil e em várias regiões do mundo. As infestações recorrentes deste inseto-praga, em áreas de cultivo, no Agreste de Pernambuco têm levado os agricultores a pulverizar frequentemente suas lavouras com inseticidas. Contudo, têm sido muito comum relatos de falhas de controle com vários inseticidas por parte dos agricultores. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi identificar a resistência das populações pernambucanas de *P. xylostella* a inseticidas. Foram coletadas, populações de *P. xylostella*, no Agreste de Pernambucano entre Janeiro e Abril de 2009. A razão de resistência das populações de *P. xylostella* foi comparada para cinco inseticidas de diferentes classes: abamectina, metomil, lufenuron, diafentiuon e indoxacarbe, através de bioensaios em laboratório com imersão de folha de couve. Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit. As populações de *P. xylostella* testadas apresentaram variabilidade de resposta e resistência significativa a um ou mais inseticidas. A população de Bezerros apresentou as maiores razões de resistência a indoxacarbe (25,3 vezes), a abamectina (61,7 vezes) e a lufenuron (705,2 vezes), quando comparadas a população suscetível. A população de Bonito apresentou uma razão de resistência 33,0 vezes a lufenuron e a população de Jupi 12,0 vezes para abamectina. Os resultados indicam que a resistência está associada às falhas de controle por alguns inseticidas, reforçando a necessidade de um manejo de resistências na região.

PALAVRAS-CHAVES: Brássicas, abamectina, metomil, lufenuron, diafentiuon e indoxacarbe

INSECTICIDE RESISTANCE IN DIAMONDBACK MOTH, *Plutella xylostella* (L., 1758)
(LEPIDOPTERA: Plutellidae) POPULATIONS FROM PERNAMBUCO STATE

ABSTRACT - The moth diamondback, *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lep.: Plutellidae) is an insect pest of great economic expression in Brassicaceae crops in many parts of the world. Recurrent infestations of this pest in growing areas in Pernambuco state - Brazil have led farmers to frequently spray their crops with insecticides. However, control failures by several pesticides have been alleged by farmers. Thus, the objective of this study was to check whether resistance to insecticides could explain these control failures in *P. xylostella* populations from Pernambuco. Populations of *P. xylostella* were collected in the Agreste Pernambucano between January and April 2009. The resistance ratios of *P. xylostella* populations were compared among five different active ingredients: abamectin, methomyl, lufenuron, indoxacarb, and diafentiuron through leaf dipping bioassays in laboratory, using cabbage leaf. Mortality data were submitted to Probit analysis after correction. The *P. xylostella* populations showed variable response and significant resistance to one or more insecticides. The population from Bezerro County showed the highest resistance ratios to indoxacarb (25.3-fold), abamectin (61.7-fold), and lufenuron (705.2-fold), when compared to the reference population. The populations from Bonito and Jupi Counties were 33.0- and 12.0-times more resistant to lufenuron and abamectin, respectively, when compared with the reference population. These results concluded that resistance was associated with control failures by some of the evaluated insecticides, reinforcing the need for resistance management in areas of the Agreste Pernambucano.

KEY WORDS: Chemical control, abamectin, methomyl, lufenuron, indoxacarb and diafentiuron

Introdução

A traça-das-crucíferas, *P. xylostella* (L.,1758) (Lepidoptera: Plutellidae), é considerada a praga mais destrutiva nos campos de produção de brássicas, no Brasil e em várias outras regiões do mundo (Shelton *et al.* 2000, Monnerat *et al.* 2004, Medeiros *et al.* 2005, Khaliq *et al.* 2007). Na tentativa de reduzir as perdas causadas por este inseto-praga, muitos produtores têm utilizado o controle químico que, no primeiro momento, pode produzir os melhores resultados (Castelo Branco *et al.* 2003). Porém, ao longo dos anos, este tipo de controle têm se mostrado ineficiente já que aplicações de inseticidas de 15 a 20 vezes durante o ciclo da cultura não tem reduzido as perdas causadas pela praga (Sampson 1992, Monnerat 1995, Torres 2004). No Brasil, já foram registrado três pulverizações de inseticidas por semana, em regiões próximas ao Distrito Federal (Castelo Branco *et al.* 2001) e duas a quatro pulverizações por semana no Agreste de Pernambuco. Entre as consequências ao meio ambiente e à saúde do agricultor, o manejo inadequado de inseticidas tem selecionado populações de *P. xylostella* para resistência (Georghiou 1983, Monnerat *et al.* 2004).

Associado ao problema da resistência, outras características da *P. xylostella*, como a elevada capacidade migratória, a sobreposição de gerações, o alto potencial biótico e a disponibilidade de hospedeiros simultaneamente nas áreas (Sayyed & Wright 2006, Sayyed *et al.* 2005) têm dificultado o controle deste inseto-praga, colaborando, desta forma, para seleção de populações resistentes, como já relatados para a classe dos piretróides, organofosforados, carbamatos (Yu & Nguyen 1992) e para os inseticidas biológicos, como *Bacillus thuringiensis* (Shelton *et al.* 1993).

No Brasil, a constatação de populações de *P. xylostella* resistentes se restringe ao Distrito Federal, particularmente para os inseticidas piretróides, organofosforados e aos microbianos como o *B. thuringiensis* (Castelo Branco e Gatehouse 1997). Mais recentemente, a resistência tem sido relatada também para o Estado do Espírito Santo, aos inseticidas xentari

e dipel (Zago 2007) e em Pernambuco, a piretróides e avermectina (Oliveira 2009), região particularmente problemática quanto ao uso abusivo de inseticidas. Apesar destes relatos, vários outros inseticidas como metomil, diafentiuron, lufenurom e indoxacarbe são constantemente usados em áreas do Agreste de Pernambuco, sem a constatação da resistência, embora seja comum os relatos de ineficácia a estes inseticidas em quase toda a região. Desta forma, este trabalho teve como objetivo identificar a resistência de populações pernambucanas de *P. xylostella* a diferentes classes de inseticidas.

Material e Métodos

Populações de *P. xylostella*. A população suscetível de *P. xylostella* foi obtida junto à criação estoque no Laboratório de Biologia de Insetos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), mantida por aproximadamente dez anos sem contato com inseticidas após coleta no município de Chã Grande I. De Janeiro a abril de 2009, foram coletadas sete populações de *P. xylostella* em áreas de cultivo no Agreste de Pernambuco (Figura 1). Os municípios foram escolhidos por serem importantes produtores de brássicas e pelo histórico do uso intensivo de inseticidas no controle deste inseto-praga. Aproximadamente 50-200 larvas e pupas de *P. xylostella* foram coletadas e transportadas para o Laboratório de Interação Inseto-Tóxicos do Departamento de Agronomia da UFRPE, onde foram criadas de acordo com a metodologia descrita por Barros & Vendramim (1999).

Inseticidas. Nos bioensaios foram utilizados os inseticidas Abamectina (Kraft 36 CE), Metomil (Lannate BR), Lufenurom (Match CE), Diafentiuron (Polo 500 PM) e Indoxacarbe (Rumo GDA), obtido através de lojas especializadas de Recife-PE e/ou através de doações dos fabricantes.

Bioensaios. Para cada população, testes preliminares com concentrações fator de 10 foram realizados com os inseticidas, para estabelecer o intervalo de concentrações onde ocorre a

relação concentração-resposta. Em seguida, diferentes concentrações dos inseticidas foram diluídas em água destilada + Triton X-100, aplicados através de imersão de discos de folhas de couve *Brassica oleracea* (L.) var. *acephala*. Para o tratamento controle foi usada apenas água destilada + Triton X-100. As folhas foram dispostas em papel toalha, permanecendo até a secagem total. Em seguida foram colocadas em placas de Petri (60 mm) sobre papel de filtro (60 mm) umedecido. Dez lagartas de 2º instar por concentração foram transferidas com o auxílio de pincel. As concentrações foram replicadas três vezes e os ensaios repetidos pelo menos duas vezes, o delineamento inteiramente casualizado. Os experimentos foram colocados em estufa incubadora (B.O.D.) regulada para a temperatura de $27 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $65 \pm 5 \%$ e fotofase de 12 h, durante 48 horas, exceto para lufenurom, que foi avaliado após 96 horas. O critério de mortalidade baseou-se nas lagartas que não conseguiram mover-se por pelo menos a extensão do seu comprimento, e, portanto, foram consideradas mortas (Tabashnik *et al.* 1990).

Os dados correspondentes à mortalidade de insetos foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971) após correção da mortalidade (Abbott 1925), usando o programa POLO-PC (LeOra Software 1987). Os graus de resistência foram determinados de acordo com o teste de razão letal e considerados significativos sempre que os limites fiduciais não incluíssem o valor 1,0 (Robertson & Preisler 1992).

Resultados

O modelo de Probit ajustou-se aos dados de mortalidade para os inseticidas testados em populações pernambucanas de *P. xylostella* (χ^2 não significativo, $P > 0,05$). A população de Chã Grande I (Laboratório) foi a mais suscetível a todos inseticidas avaliados, apresentando uma variação entre suas CL_{50} s de 0,01 mg/L para abamectina a 47,9 mg/L para diafentiuron (Tabela 1 e 4).

As CL₅₀s para diafentiuron foram altas para as populações pernambucanas de *P. xylostella*, variando de 47,9 a 122,2 mg/L. Pelo critério de não-inclusão do valor 1,0 no intervalo de confiança a 95% de probabilidade para a razão de resistência, apenas a população de Camocim e Bezerros não apresentaram resistência significativa a diafentiuron, onde os valores variaram de 1,3 a 2,5 vezes, comparado com a população suscetível (Tabela 1).

Para metomil, as CL₅₀s e as razões de resistência variaram de 0,4 a 7,3 mg/L e de 1,1 a 6,4 vezes, respectivamente (Tabela 2). Os valores sugerem haver uma pequena variabilidade na resposta dessas populações junto a este inseticida, visto que a população de Gravatá apresentou o maior valor de coeficiente angular ($5,81 \pm 1,26$). Os valores das CL₅₀s encontrados para indoxacarbe variaram de 0,2 a 7,5 mg/L (Tabela 3). Sendo que apenas as populações de Bonito e Bezerros apresentaram resistência significativa a este inseticida, com as razões de resistência variando de 4,0 a 25,9 vezes a população de referência.

As populações de *P. xylostella* avaliadas com o inseticida abamectina apresentaram os valores da CL₅₀s de 0,01 a 0,74 mg/L e os valores das razões de resistência foram significativos para todas as populações, variando de 2,2 a 61,7 vezes para a população de Bonito e Bezerros, respectivamente (Tabela 4), com destaque para Bezerros que apresentou uma razão de resistência de 61,7 vezes.

Entre os inseticidas, lufenurom foi o que apresentou os maiores graus de resistência, representado por duas populações pernambucanas de *P. xylostella*, Bonito 33,0 e Bezerros 705,2 vezes em comparação à população suscetível. Quanto as CL₅₀s os valores variaram de 0,02 a 18,3 mg/L para Chã Grande II e Bezerros, respectivamente (Tabela 5).

Discussão

As lavouras de brássicas da região Agreste de Pernambuco têm sido alvo de pulverizações intensas de inseticidas pelos produtores, que por não disporem de

acompanhamento técnico, conduzem de forma errônea as recomendações dos fabricantes levando muitas vezes à seleção de populações resistente de traça-das-crucíferas. A resistência a deltametrina é conhecida em populações de *P. xylostella* nestas áreas (Oliveira 2009), bem como inseticida microbiano à base de *B. thuringiensis* (Zago 2007). De acordo com os dados levantados neste estudo, a resistência estar espalhada na região, também, a outros inseticidas de usos mais recentes. Com exceção para diafentiuron, os inseticidas abamectina, indoxacarbe, metomil e lufenurom apresentaram graus de resistência variando de baixos a altos.

Para o inseticida diafentiuron, as populações apresentaram altos valores de CL_{50} , porém abaixo da dose recomendada de campo. Estes valores não foram muito diferentes daqueles observados para a população suscetível, refletindo possivelmente à variabilidade natural de respostas das populações pernambucanas de *P. xylostella* a este produto. Os baixos valores das razões de resistência encontrados para diafentiuron pode ser explicado pela redução do seu uso nestas áreas, o que não exclui também a uso incorreto deste produto na região.

Apesar dos registros de resistência em populações de *P. xylostella* para metomil, como observado por Feng & Sun (1978) e por Shelton *et al.* (1993), as populações pernambucanas de *P. xylostella* avaliadas no presente estudo apresentaram baixos graus de resistência. A hipótese para este resultado pode estar associada ao uso de rotação de diferentes produtos pelo produtor ou até mesmo pela redução de aplicações deste inseticida, que segundo Murai *et al.* (1992) pode reduzir significativamente o nível de resistência da população. Através dos resultados da inclinação da curva (Tabela 2), houve pouca variabilidade na resposta encontrada para metomil, ou seja, as populações de *P. xylostella* apresentaram-se mais homogêneas (Hosking & Gordon 1956).

Dentre as populações pernambucanas de *P. xylostella* avaliadas, apenas a população do município de Bonito e Bezerros apresentaram graus de resistência significativa a indoxacarbe.

No entanto, apenas Bezerros mostrou razão de resistência expressiva de 25,3 vezes, valor inferior ao encontrado por Sayyed & Wright (2006) em Cameron Highlands, Malásia. Apesar da razão de resistência ao inseticida indoxacarbe ser significativo nas populações de Bezerros e Bonito (Tabela 3), os demais valores das CLs mostraram que outras populações pernambucanas de *P. xylostella* são, ainda, sensíveis ao produto na dose de campo, o que sugere atenção nas áreas onde elas foram coletadas.

Abamectina foi o único inseticida testado neste estudo que não possui registro para a cultura das brássicas no Brasil, mas seu uso tem sido realizado em algumas áreas de cultivo em Pernambuco. Em outros países, onde a abamectina é registrada para *P. xylostella*, já se tem registro de populações de *P. xylostella* resistentes a este produto, como no Paquistão (Sayyed *et al.* 2005), na China (Zhang *et al.* 2001) e na Malásia (Igbal *et al.* 1996). No Brasil, foi identificada resistência, a *P. xylostella*, a este inseticida no Distrito Federal e em Pernambuco (Castelo Branco & Melo 2002, Oliveira 2009). No entanto, todas as populações estudadas apresentaram resistência significativa ao inseticida abamectina em diferentes graus, o que pode ser justificado pela variação das doses e das frequências de aplicações desse inseticida, as quais essas populações foram submetidas. A alta razão de resistência encontrada, particularmente, para a população de Bezerros a abamectina (Tabela 4), pode ter sido facilitada pela forte pressão de seleção exercida com reguladores de crescimento (IGRs) nestas áreas. Isto pode ser justificado, pela possível correlação de resistência cruzada nesta população, como já registrado por Cao & Han (2006). Entretanto, estudos adicionais são necessários para confirmar os reais fatores que possivelmente tenham levado a esse resultado.

O presente trabalho identificou os primeiros relatos de resistência de *P. xylostella* a lufenuron no Brasil, com altos graus de resistência para as populações de Bonito e Bezerros, 33,0 a 705,2 vezes, respectivamente (Tabela 5). Provavelmente, a frequência de indivíduos resistentes nestas localidades tenha atingido um valor crítico. As demais populações são

particularmente suscetíveis ao lufenurom, o que pode ser explicado pelo uso reduzido deste inseticida. Este inseticida tem demonstrado eficiência para o controle de *P. xylostella*, conforme Lima & Barros (2000) e Thuler *et al.* (2007), respectivamente.

De acordo com os dados obtidos, os inseticidas diafentiuron e metomil, podem ser utilizados para o controle de *P. xylostella* na região Agreste de Pernambuco, no entanto o uso de metomil deve ser monitorado de perto. Quanto à variabilidade de resposta aos inseticidas indoxacarbe e lufenurom a resistência encontrada em algumas populações de *P. xylostella* foi alta, o que pode sugerir a redução da utilização destes inseticidas em algumas áreas da região. Abamectina, por sua vez, só pode ser recomendado após registro para o controle de *P. xylostella* no Brasil.

O presente estudo mostra que a hipótese de que a resistência a inseticidas, de maneira geral, está presente em populações de *P. xylostella* é verdadeira, mas outras hipóteses como a de incorreta aplicação de produtos devem ser investigadas. Estes resultados, portanto podem ser utilizados como base para novos estudos na área de toxicologia, particularmente no manejo da resistência nestas populações de *P. xylostella* no Estado de Pernambuco. Desta forma, auxiliando na escolha de inseticidas efetivos para o uso em rotação e na elaboração de forma adequada para um manejo da resistência.

Agradecimentos

À Universidade Federal Rural de Pernambuco que possibilitou a realização desta pesquisa e à FACEPE, pela concessão da bolsa de estudo.

Literatura Citada

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.

- Barros, R. & J.D. Vendramim. 1999.** Efeito de cultivares de repolho utilizado para criação de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), no desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). An. Soc. Entomol. Brasil 28: 469-476.
- Castello Branco, M., F.H. França, L.A. Pontes & P.S.T. Amaral. 2003.** Avaliação da suscetibilidade a inseticidas em populações de traça-das-crucíferas de algumas áreas do Brasil. Hortic. Bras. 21: 549-552.
- Castello Branco, M. & A.G. Gatehouse. 1997.** Insecticide resistance in *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Federal District, Brazil. An. Soc. Entomol. Brasil 26: 75-79.
- Castello Branco, M., F.H. França, M.A. Medeiros & J.G.T. Leal. 2001.** Uso de inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e traça-das-crucíferas: um estudo de caso. Hortic. Bras. 19: 60-63.
- Castello Branco, M. & C.A. Melo. 2002.** Resistência a abamectina e cartap em populações de traça-das-crucíferas. Hortic. Bras. 20: 541-543.
- Cao, G. & Z. Han. 2006.** Tebufenozide resistance selected in *Plutella xylostella* and its cross-resistance and fitness cost. Pest Manag. Sci. 62: 746-751.
- Feng, H. & C. Sun 1978.** Diamondback moth resistance to methomyl in Taiwan. Sci. Agric. 26: 135-139.
- Finney, D.J. 1971.** Probit Analysis, A statistical Treatment of the Sigmoid Response Curve. Cambridge, University Press, 333p.
- Georghiou, G.P. 1983.** Management of resistance in arthropods, p.769-792. In G.P. Georghiou & T. Saito (eds.), Pest Resistance to Pesticides: Challenges and Prospects. New York, Plenum Press, 797p.

- Hoskins, W.M. & H.T. Gordon 1956.** Arthropod resistance to chemicals. *Annu. Rev. Entomol.* 1: 89-122.
- Igbal, M., R.H.J. Verkerk, M.J. Furlong, P.C. Ong, S.A. Rahman & D.J. Wright. 1996.** Evidence for resistance to *B. thuringiensis* (*B.t.*) subsp. *kurstaki* HD-1, *B.t.* subsp. *aizawai* and abamectin in field populations of *Plutella xylostella* from Malaysia. *Pestic. Sci.* 48: 89-97.
- Khaliq, A., M.N.R. Attique & A.H. Sayyed. 2007.** Evidence for resistance to pyrethroids and organophosphates in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) from Pakistan. *Bull. Entomol. Res.* 97: 191-200.
- LeOra Software. 1987.** POLO-PC: a user's guide to Probit Logit analysis. Leora Software, Berkely, CA.
- Lima, M.P. L. & R. Barros. 2000.** Toxicidade de lufenurom para lagartas de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). *Rev. Ômega* 1: 52-54.
- Medeiros, C.A.M., A.L. Boiça Junior & A.L. Torres. 2005.** Efeito de extratos aquosos de plantas na oviposição da traça-das-crucíferas, em couve. *Bragantia* 64: 227-232.
- Monnerat, R.G. 1995.** Interrelations entre la teigne des cruciferes, *Plutella xylostella*, son parasitoide *Diadegma* sp. et la bacterie entomopathogene *Bacillus thuringiensis* Berliner. These de doctorat, ENSAM, Montpellier, 160p.
- Monnerat, R.G., S.C.M. Leal-Bertioli, D.J. Bertioli, T.M. Butt & D. Bordat. 2004.** Caracterização de populações geograficamente distintas da traça-das-crucíferas por suscetibilidade ao *Bacillus thuringiensis* Berliner e RAPD-PCR. *Hortic. Bras.* 22: 607-609.
- Murai, T., M. Miyazaki & M. Ozuka. 1992.** Changes in insecticide susceptibility of the Diamondback Moth in Shimane, Japan. *Jpn. Agric. Res. Quart.* 26: 152-156.

- Oliveira, A.C. 2009.** Suscetibilidade de populações da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepdoptera: Plutellidae) a inseticidas. Dissertação de Mestrado, UFRPE, Recife, 28p.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide bioassays with arthropods. Califórnia, CRC Press, 127p.
- Sampson, C. 1992.** Producción de repolho en Belice: programa de investigación para el control de la palomilla dorso de diamante. Cerba 33: 623-628.
- Sayyed, A.H., M.N.R Attique, A. Khaliq & D.J. Wright. 2005.** Inheritance of resistance and cross-resistance to deltamethrin in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) from Pakistan. Pest Manag. Sci. 61: 636-642.
- Sayyed, A.H. & D.J. Wright. 2006.** Genetics and evidence for an esterase associated mechanism of resistance to indoxacarb in a field population of diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) to *Bacillus thuringiensis* subspecies in the field. J. Econ. Entomol. 86: 697-705.
- Shelton, A.M., J.L. Robertson & J.D. Tang. 1993.** Resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) to *Bacillus thuringiensis* subspecies in the field. J. Econ. Entomol. 86: 697-705.
- Shelton, A.M., F.V. Sances, J. Hawley, J.D. Tang, M. Boune, D. Jungers, H.L. Collins & J. Farias. 2000.** Assessment of insecticide resistance after the outbreak of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in California in 1997. J. Econ. Entomol. 93: 931-936.
- Tabashnik, B.E., N.L. Cushing, N.Finson, M.W. & Johson. 1990.** Development of resistance to *Bacillus thuringiensis* in Diamondback moth (Lep.: Plutellidae). J. Econ. Entomol. 83: 1671-1676.

- Torres, A.L. 2004.** Efeito de cultivares de repolho e extratos aquosos vegetais na biologia de *Plutella xylostella* (L.) e no parasitóide *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov). Tese de Doutorado, UNESP, Jaboticabal, 109p.
- Thuler, R.T., S.A. Borttole e J.C. Barbosa. 2007.** Eficácia de inseticidas químicos e produtos vegetais visando ao controle de *Plutella xylostella*. Cientifica 35: 166-174.
- Yu, S.J. & S.N. Nguyen. 1992.** Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the diamondback moth. Pestic. Biochem. Physiol. 44:74-81.
- Zago, H. B. 2007.** Manejo de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): Parasitismo por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e suscetibilidade de populações a *Bacillus thuringiensis* Berliner. Tese de Doutorado, UFRPE, Recife. 87p.
- Zhang, X.Y., H. Jie, C.Y. Ye & Y. Xue. 2001.** Monitoring on resistance of diamond back moth to abamectin and field control experiments in Yunnan, China. J. Huaz. Agric. Univ. 20: 426-430.



Figura 1. Locais de coleta das populações de *Plutella xylostella* na região produtora de brássica do Estado de Pernambuco.

Tabela 1. Resistência de populações Pernambucanas de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) ao inseticida diafentiuron.

População	n ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Inclinação ±EPM ⁽³⁾	CL ₅₀ (IC 95%) mg/L	CL ₉₅ (IC 95%) mg/L	χ^2 ⁽⁴⁾	RR ⁽⁵⁾ (IC 95 %)
Chã Grande I	381	6	1,74 ± 0,19	47,95 (38,55 – 57,71)	418,28 (290,76 – 718,40)	3,28	---
Camocim	240	6	1,55 ± 0,417	61,91 (38,44 – 249,76)	703,72 (196,99 – 39686)	1,18	1,30 (0,61 – 2,69)
Chã Grande II	444	6	2,75 ± 0,34	65,47 (52,09 – 76,50)	258,79 (213,68 – 347,60)	5,80	1,36 (1,04 – 1,79)*
Bezerros	202	5	1,40 ± 0,29	76,00 (25,45 – 129,67)	1117,76 (677,66 – 3027,25)	2,82	1,58 (0,75 – 3,32)
Gravatá	205	5	2,95 ± 0,45	77,36 (55,51 – 96,20)	278,89 (220,16 – 406,46)	3,20	1,61 (1,17 – 2,22)*
Jupi	268	5	2,58 ± 0,28	109,73 (91,37 – 128,80)	471,22 (365,89 – 689,89)	2,73	2,28 (1,73 – 3,02)*
Bonito	348	5	2,29 ± 0,23	122,22 (99,25 – 144,84)	635,90 (498,42 – 892,70)	2,41	2,54 (1,90 – 3,41)*

¹Número total de insetos usados em cada bioensaio.

²Graus de liberdade para teste de qui-quadrado.

³EPM = Erro padrão da média.

⁴Teste de qui-quadrado (P > 0,05).

⁵Razão de resistência; razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀.

*População de *P. xylostella* apresentou razões de resistência significativas ao diafentiuron, uma vez que o intervalo de confiança não inclui o valor (1,0).

Tabela 2. Resistência de populações Pernambucanas de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) ao inseticida metomil.

População	n ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Inclinação ±EPM ⁽³⁾	CL ₅₀ (IC 95%) mg/L	CL ₉₅ (IC 95%) mg/L	χ^2 ⁽⁴⁾	RR ⁽⁵⁾ (IC 95 %)
Chã Grande I	317	7	1,73 ± 0,15	0,41 (0,30 – 0,57)	3,69 (2,26 – 7,51)	7,63	----
Bonito	236	6	2,36 ± 0,54	0,62 (0,24 – 0,64)	2,28 (1,55 – 5,44)	5,91	1,1 (0,4 – 2,5)
Jupi	280	6	1,79 ± 0,18	0,59 (0,42 – 0,86)	4,92 (2,69 – 13,92)	7,77	1,4 (0,6 – 3,1)
Chã Grande II	333	5	3,36 ± 0,51	1,10 (0,74 – 1,38)	3,39 (2,58 – 5,74)	5,04	2,7 (1,2 – 5,6) *
Bezerros	579	5	2,97 ± 0,34	1,05 (0,78 – 1,30)	3,75 (2,82 – 6,12)	5,84	4,0 (3,1 – 5,2) *
Camocin	185	6	2,45 ± 0,40	2,32 (1,48 – 3,23)	10,85 (7,48 – 20,34)	3,15	5,6 (2,4 – 13,0) *
Gravatá	261	7	5,81 ± 1,26	7,34 (5,79 – 8,37)	14,10 (11,98 – 19,91)	6,80	6,4 (4,9 – 8,3) *

¹Número total de insetos usados em cada bioensaio.

²Graus de liberdade para teste de qui-quadrado.

³EPM = Erro padrão da média.

⁴Teste de qui-quadrado (P > 0,05).

⁵Razão de resistência; razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀.

*População de *P. xylostella* apresentou razões de resistência significativas a metomil, uma vez que o intervalo de confiança não inclui o valor (1,0).

Tabela 3. Resistência de populações Pernambucanas de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) ao inseticida indoxacarbe.

População	n ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Inclinação ±EPM ⁽³⁾	CL ₅₀ (IC 95%) mg/L	CL ₉₅ (IC 95%) mg/L	χ^2 ⁽⁴⁾	RR ⁽⁵⁾ (IC 95 %)
Chã Grande I	405	5	2,13 ± 0,17	0,20 (0,24 – 0,36)	1,77 (1,34 – 2,54)	3,91	----
Chã Grande II	319	5	2,49 ± 0,22	0,24 (0,20 – 0,29)	1,12 (0,85 – 1,62)	4,63	0,82 (0,62 – 1,07)
Camocin	224	7	1,75 ± 0,26	0,26 (0,17 – 0,39)	2,32 (1,32 – 5,87)	4,74	0,90 (0,58 – 1,39)
Jupi	356	7	1,52 ± 0,13	0,26 (0,17 – 0,42)	3,14 (1,51 – 11,17)	13,76	0,87 (0,63 – 1,22)
Bonito	283	5	1,38 ± 0,15	1,21 (0,88 – 1,59)	18,60 (11,21 – 39,73)	2,82	4,03 (3,34 – 4,86)*
Bezerros	366	7	3,18 ± 0,44	7,57 (5,69 – 8,96)	24,84 (19,78 – 38,08)	7,52	25,3 (19,40 – 32,9)*

¹Número total de insetos usados em cada bioensaio.

²Graus de liberdade para teste de qui-quadrado.

³EPM = Erro padrão da média.

⁴Teste de qui-quadrado (P > 0,05).

⁵Razão de resistência; razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀.

*População de *P. xylostella* apresentou razões de resistência significativas a indoxacarbe, uma vez que o intervalo de confiança não inclui o valor (1,0).

Tabela 4. Resistência de populações de Pernambucanas de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) ao inseticida abamectina.

População	n ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Inclinação ± EPM ⁽³⁾	CL ₅₀ (IC 95%) mg/L	CL ₉₅ (IC 95%) mg/L	χ^2 ⁽⁴⁾	RR ⁽⁵⁾ (IC 95 %)
Chã Grande I	379	6	1,91 ± 0,17	0,01 (0,01 – 0,01)	0,08 (0,06 – 0,13)	4,40	---
Bonito	216	6	2,66 ± 0,45	0,02 (0,01 – 0,03)	0,10 (0,07 – 0,26)	7,12	2,2 (1,5 – 3,0) *
Chã Grande II	338	5	1,50 ± 0,16	0,04 (0,03 – 0,06)	0,58 (0,37 – 1,15)	1,41	4,0 (2,8 – 5,6) *
Camocin	345	5	1,75 ± 0,19	0,05 (0,03 – 0,07)	0,46 (0,33 – 0,75)	3,58	4,5 (3,2 – 6,4) *
Jupi	513	9	0,98 ± 0,07	0,14 (0,10 – 0,19)	6,66 (4,00 – 12,65)	4,86	12,0 (8,0 – 17,7) *
Bezerros	330	5	1,65 ± 0,17	0,74 (0,56 – 0,93)	7,26 (5,03 – 12,19)	2,63	61,7 (44,3 – 85,7) *

¹Número total de insetos usados em cada bioensaio.

²Graus de liberdade para teste de qui-quadrado.

³EPM = Erro padrão da média.

⁴Teste de qui-quadrado (P > 0,05).

⁵Razão de resistência; razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀.

*População de *P. xylostella* apresentou razões de resistência significativa a abamectina, uma vez que o intervalo de confiança não inclui o valor (1,0).

Tabela 5. Resistência de populações Pernambucanas de traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) ao inseticida lufenuron.

População	n ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Inclinação ±EPM ⁽³⁾	CL ₅₀ (IC 95%) mg/L	CL ₉₅ (IC 95%) mg/L	χ ² ⁽⁴⁾	RR ⁽⁵⁾ (IC 95 %)
Chã Grande I	366	11	0,48 ± 0,05	0,02 (0,01 – 0,05)	66,55 (16,66 – 570,61)	0,62	---
Chã Grande II	137	5	1,35 ± 0,19	0,04 (0,02 – 0,09)	0,69 (0,24 – 5,88)	5,75	1,63 (0,96 – 2,74)
Camocim	262	7	0,62 ± 0,09	0,10 (0,01 – 0,36)	44,23 (7,48 – 3480)	13,39	4,00 (1,58 – 10,06)*
Bonito	230	6	0,65 ± 0,10	0,859 (0,05 – 2,98)	283,53 (58,78 – 20131)	11,13	33,06 (12,69 – 86,13)*
Bezerros	228	6	0,92 ± 0,13	18,31 (11,79 – 29,70)	1104,55 (384,72 – 7156,26)	2,68	705,2 (429,39 – 1158,27)*

¹Número total de insetos usados em cada bioensaio.

²Graus de liberdade para teste de qui-quadrado.

³EPM = Erro padrão da média.

⁴Teste de qui-quadrado (P > 0,05).

⁵Razão de resistência; razão das estimativas da CL₅₀ entre a população resistente e suscetível, calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL₅₀.

*População de *P. xylostella* apresentou razões de resistência significativas a lufenuron, uma vez que o intervalo de confiança não inclui o valor (1,0).