

SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella*
(L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) A INSETICIDAS

por

ALEXANDRE CONTE DE OLIVEIRA

(Sob Orientação do Professor Herbert Álvaro Abreu de Siqueira)

RESUMO

A produção de hortaliças em geral é uma atividade que ocupa lugar de destaque no agronegócio brasileiro. Dentre os inúmeros insetos que incidem sobre as crucíferas, destaca-se a traça, *Plutella xylostella* (L.), principal praga das brássicas na Ásia e Américas. Seu controle tem sido basicamente através do uso de inseticidas, aos quais está associada uma série de problemas, entre eles a seleção de populações resistentes. No Brasil, levantamentos da resistência desta espécie ainda são bastante escassos, bem como a importância que tem sido relegada a esse assunto. O presente estudo teve como objetivo investigar a suscetibilidade de diferentes populações de *P. xylostella* de distintas localidades brasileiras utilizando os inseticidas abamectina, deltametrina e espinosade, representando três classes. Curvas de concentração-resposta foram estabelecidas usando lagartas de 2º instar de *P. xylostella*. Todas as populações de *P. xylostella* apresentaram razões de toxicidade (RT) significativas a pelo menos um inseticida, exceto a população de Brasília-DF. Seis populações de *P. xylostella* apresentaram RT significativa a abamectina, sendo que a população de Bonito-PE apresentou maior RT (20,2 vezes) comparadas à população suscetível. As CL₅₀s para o inseticida deltametrina variaram de 85,2 a 360,1 mg/L. Embora as RTs (2,2 a 4,2 vezes) a deltametrina foram consideradas baixas, todas as populações de *P. xylostella* sobreviveram à concentração recomendada para campo. As

RTs significativas para espinosade variaram de 2,3 a 5,1 vezes. Os resultados sugerem uma variabilidade de resposta natural, particularmente aos inseticidas abamectina e espinosade para a maioria das populações. Os resultados, também, indicam que o uso de inseticidas piretróides devem ser evitados, particularmente em áreas do Agreste de Pernambuco.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência, abamectina, deltametrina, espinosade, controle químico

SUSCEPTIBILITY OF POPULATIONS OF DIAMONDBACK MOTH, *Plutella xylostella* (L.,
1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) TO INSECTICIDES

by

ALEXANDRE CONTE DE OLIVEIRA

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

ABSTRACT

The horticulture is an important activity with great impact on the Brazilian agricultural economy. Among the many insects feeding on crucifers, the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), is the most important in Asia and America. To control it, growers have heavily relied on chemicals, to which are associated several problems such as environmental contamination, human health, and the selection of resistant populations. Currently, the *P. xylostella* is resistant to almost all classes of insecticides in the world. In Brazil, resistance surveys for this pest are still scarce, as well as the importance regarding to this matter. Therefore, the objective of the present work was to survey the susceptibility of populations of *P. xylostella* collected in different sites in Brazil to insecticides. Populations of *P. xylostella* were tested with the insecticides abamectin, deltamethrin, and spinosad. Concentration-response lines were established using 2nd-instar larvae reared on collard and mortality data were submitted to Probit analysis. All the *P. xylostella* populations showed significant toxicity ratio (TR) to at least one insecticide, except Brasília-DF population. Six populations of *P. xylostella* showed a significant TR to abamectin, but only Bonito-PE population showed a relatively high TR (20.2 times) compared with the susceptible population, suggesting a possible alteration in the resistant individuals frequency. The LC₅₀s for deltamethrin were very high to all *P. xylostella* populations

varying from 85.2 to 360.1 mg/L of the active ingredient. Although the TRs for deltamethrin were considered low (2.2 to 4.2 times), all the *P. xylostella* populations survived the field rated concentration. The TRs for spinosad were significant, varying from 2.3 to 5.1 times. To most populations, the results suggest a variation on the natural response, particularly for the abamectin and spinosad insecticides. They also suggest that uses of pyrethroid based products must be minimized, mainly in areas of the Agreste of Pernambuco State.

KEY WORDS: Resistance, abamectin, deltamethrin, spinosad, chemical control

SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella*
(L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) A INSETICIDAS

por

ALEXANDRE CONTE DE OLIVEIRA

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 - 2009

SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella*
(L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) A INSETICIDAS

por

ALEXANDRE CONTE DE OLIVEIRA

Comitê de Orientação:

Herbert Álvaro Abreu Siqueira - UFRPE

Jorge Braz Torres - UFRPE

José Vargas de Oliveira - UFRPE

SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella*
(L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) A INSETICIDAS

por

ALEXANDRE CONTE DE OLIVEIRA

Orientador:

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira

Examinadores:

Jorge Braz Torres - UFRPE

Hugo Bolsoni Zago - UFRPE

Pedro Jusselino Filho - UFPB

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, **Maria da Penha Conte de Oliveira e Samuel Oliveira Santana**, que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade.*

Dedico

*À minha irmã **Alessandra**, minha afilhada e sobrinha **Evelyn**, ao meu irmão **Anderson**, minha cunhada **Marinês**, meu cunhado **Alexandre**, por estarem sempre me apoiando, motivando e por terem acreditado nesta conquista. A minha avó **Lidia**, aos meus tios, tias, primos e primas, pela força, incentivo e compreensão.*

Ofereço

*A **DEUS**, Senhor de minha vida, e razão de tudo. Por estar presente em todos os momentos de dificuldade e alegrias, permitindo mais essa vitória em minha vida.*

Meus eternos agradecimentos

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade de obtenção deste título.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, que me concedeu a bolsa, fato este que contribuiu para viabilização desta dissertação.

Ao orientador e professor, Herbert Álvaro Abreu de Siqueira, pelo apoio, dedicação, sugestões e aos ensinamentos toxicológicos.

Aos co-orientadores e professores, Jorge Braz Torres e José Vargas de Oliveira, pelo convívio, incentivo e compreensão nos momentos em que sempre precisei.

A todos os professores desta instituição, pessoas responsáveis pelos nossos conhecimentos entomológicos.

Aos professores examinadores, Pedro Jusselino Filho - UFPB e Hugo Bolsoni Zago - UAST/ UFRPE, pela presença, pelas valiosas palavras e sugestões que foram acatadas.

Ao David dos Santos Martins, pela amizade, atenção, confiança, respeito e pela grande contribuição de todos meus momentos científicos.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER, empresa no qual, trabalhei como bolsista por quatro anos e aos demais amigos conquistados, César J. Fanton, Clair Barboza, Rita de Cássia A. Lima, Josimar de S. Andrade, Andréa de O. F. Couto, Laerciana P. Vieira, Vinícius R. Cardoso, Gracieli N. Pancieri, Francielle Marangoanha, Simone N. Arçari, Clarícia B. de Angeli, Bruna Soneghet, Inorbert de Melo e Nilson Oliveira Jr. Agradeço também, a todos os funcionários do INCAPER que não foram mencionados.

A todos amigos de Linhares que me incentivaram nessa caminhada.

A amiga Juliana Medeiros Del Ponte, pessoa primordial e muito importante que me acolheu em Recife, devo-lhe enorme agradecimento.

A Maria Esmeralda Cavalcante Sousa e Paulo César Gomes da Silva, pessoas muito especiais que estão presentes em todos os momentos da minha caminhada em Recife.

A minha amiga Andréa Nunes Moreira Carvalho, pela amizade, conselhos, incentivo e ao grande apoio de motivação nesta trajetória.

A Agna Rita, pela amizade, atenção e dedicação nas revisões e formatações dos trabalhos.

A Nilene Rodrigues e Maria Cleoneide, pela amizade, companheirismo e descontrações.

A Vanessa Correa Santos, amiga, grande pessoa, a ela devo um agradecimento especial. A Cecilia Sanguinetti, pela amizade e ajudas. Roseane C. Paz, Tadeu B. M. Silva, Jefferson Elias e Lilian M. S. Ribeiro, amigos do laboratório de Toxicologia de Inseticidas.

Aos meus colegas e amigos de turma: Eduardo, Solange, Gustavo, Eliana, Cinthia, André, Aleuny, Marco Aurélio, Franklin, Lígia, Christian, Alicely, Carla, Gicela, Hugo, Ana, Alberto, Nicolle, Roberta, Érica, Ítillio, Paula e Izeudo.

Aos amigos conquistados em Pernambuco: Shênia, Sandra, Fernanda, Juliana, Adeilda, Michel, Marisa, Ana Cecilia, Karen, Katiane, Célia, Maria do Carmo, Vera, Lenilda e Lúcio.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Páginas
AGRADECIMENTOS	viii
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	01
LITERATURA CITADA	05
1 SUSCEPTIBILIDADE DE POPULAÇÕES DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, <i>Plutella xylostella</i> (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) A INSETICIDAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO	13
MATERIAL E MÉTODOS	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
AGRADECIMENTOS.....	21
LITERATURA CITADA.....	21

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A família Brassicaceae é uma das famílias botânicas mais importantes economicamente, com cerca de 2,2 milhões de hectares plantados anualmente no mundo (Vickers *et al.* 2004). As plantas representantes compreendem um grupo diversificado de 350 gêneros e mais de 3200 espécies (Watson & Dallwitz 1992). Dentre as variedades hortícolas de importância mundial, destaca-se, o repolho (Liang *et al.* 2003), *Brassica oleracea* var. capitata, uma hortaliça, herbácea, cujo embricamento das folhas formam a cabeça que é a parte comestível da planta. No Brasil, as hortaliças envolvem mais de 60 espécies cultivadas, e aquelas pertencentes à família Brassicaceae (= Crucíferas), devido ao alto percentual de consumo, gera a cada ano mais rendimentos para os agricultores (Medeiros 1997). No Estado do Espírito Santo, os maiores produtores de repolho comercializados na CEASA/ES são os municípios de Santa Maria de Jetibá, Domingos Martins e Santa Teresa. Estes municípios citados, produziram no mês de outubro de 2008 mais de 1,8 mil toneladas de repolho híbrido, gerando R\$ 304.772,09 (CEASA 2008). Levando em consideração a região Nordeste do Brasil, o Estado de Pernambuco é um dos principais produtores de crucíferas (Michereff *et al.* 2003).

A cultura de brássica, no entanto, se depara com problemas fitossanitários, e dentre esses destacam as pragas que podem representar perdas consideráveis na produção. Entre as inúmeras pragas que incidem nas crucíferas, podemos citar: os pulgões, *Brevicoryne brassicae* (L., 1758) (Hemiptera: Aphididae) e *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae), o curuquerê-da-couve, *Ascia monuste orseis* (Latr., 1819) (Lepidoptera: Pieridae), a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), a traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* L.

(Lepidoptera: Plutellidae), a lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) (Lepidoptera: Noctuidae) e a lagarta-mede-palmo, *Trichoplusia ni* (Hueb., 1802) (Lepidoptera: Noctuidae) (Gallo *et al.* 2002). Deste complexo de pragas, *P. xylostella* é considerada a mais importante que, nos últimos 40 anos, tornou-se a mais destrutiva das pragas de brássicas no Brasil (Medeiros 1997) e em vários países (Talekar & Shelton 1993, Yu & Nguyen 1992, Shelton *et al.* 1997, Liang *et al.* 2003).

A *P. xylostella* é um dos insetos amplamente distribuído no mundo, estando registrado em mais de 80 países (Harcourt 1956). Ela é provavelmente originária da região Mediterrânea e atualmente encontra-se disseminada por todos os continentes (Monnerat 1995). As lagartas causam prejuízo de 42,2 milhões de toneladas de repolho, couve-flor e brócolis, em todo o mundo (Talekar 1992). Este inseto pode reduzir de 58 a 100% a qualidade comercial das cabeças de repolho produzidas (Castelo Branco & Guimarães 1990, Barros *et al.* 1993). Ao provocar injúrias nas plantas de interesse comercial, a praga ocasiona redução no valor de mercado dos produtos e, em infestações severas, causam a morte da planta (Srinivasan & Veeresh 1986). Talekar (1992) e Talekar & Shelton (1993) relataram que o controle deste lepidóptero, em escala mundial, tem um custo de cerca de US\$ 1 bilhão por ano. Dentre as alternativas utilizadas para reduzir a infestação da praga, o principal método utilizado pelos agricultores tem sido o controle químico (França *et al.* 1985, Talekar & Shelton 1993). Entretanto, este tipo de controle pode representar até 50% do custo total da produção (Picanço *et al.* 2000).

Os maiores problemas em lavouras de repolho devido à infestação de traça-das-crucíferas ocorrem em épocas de temperatura elevada e ausência de precipitação (França *et al.* 1985). Algumas dificuldades observadas no controle desta praga devem-se ao fato das áreas de cultivo coexistirem durante todo o ano, com plantas de diferentes idades, proporcionando à praga quantidade abundante e contínua de alimento. Além disso, devido ao hábito alimentar do 1º

estádio de larva, esta fase larval encontra-se protegida no interior das folhas (Imenes *et al.* 2002). Vale ressaltar, também um aspecto biológico deste inseto que é o elevado número anual de gerações no campo, normalmente com sobreposição de gerações (Ulmer *et al.* 2002). Bertels (1956) citou seis gerações deste inseto por ano, com cerca de 35 dias por geração. Em regiões tropicais, *P. xylostella* pode apresentar até 15 gerações por ano (Poelking 1992). Para as condições de Agreste Pernambuco, Ferreira *et al.* (2003) estimaram 20 gerações/ano. O conjunto destes e outros fatores tem levado, de acordo com a região, a aplicações exagerada de inseticidas que podem chegar a três pulverizações por semana (Castelo Branco & Medeiros 2001). Conforme Vasquez (1995), diversos inseticidas têm sido utilizados intensivamente durante o ciclo da cultura das crucíferas, de forma que em algumas áreas já foram observadas até 16 aplicações por cultivo.

Somados aos problemas gerados à saúde do agricultor e ao meio ambiente, o uso indiscriminado de inseticidas tem proporcionado a seleção de populações de traça-das-crucíferas resistentes (Medeiros *et al.* 2005) a diversos compostos químicos, como é o caso de inseticidas piretróides e fosforados (Vasquez 1995, Castelo Branco & Gatehouse 1997, Castelo Branco & Medeiros 2001). Yu & Nguyen (1992) documentaram a resistência de populações de *P. xylostella* a seis piretróides (variando de 2.100 a 82.400 vezes), a cinco organofosforados (variando de 20 a 73 vezes), aos carbamatos metomil e carbofurano (400 e 500 vezes, respectivamente). Ainda de acordo com estes autores, existe também resistência ao endosulfan (25 vezes). A resistência tem sido registrada até mesmo a inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Shelton *et al.* 1993), sendo que Sayyed *et al.* (2001) registraram a resistência de 44 a 1.170 vezes à toxina Cry1Ac expressada em *Escherichia coli* (bactéria pertence à família das Enterobacteriaceae).

Estes relatos são resultados do uso contínuo e excessivo desses inseticidas, que selecionam populações à resistência, obrigando os produtores a utilizarem concentrações cada vez mais elevadas (Ooi 1986). 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 espécie (Croft & Van de Bann 1988). As principais consequências do estabelecimento da resistência são: aplicações mais frequentes de inseticidas, o aumento da dose do produto utilizado, e por fim, a substituição do produto por outro inseticida, geralmente mais tóxico ou mais caro (Georghiou 1983). Segundo Knight & Norton (1989), o custo de desenvolvimento de novos inseticidas é geralmente alto, requerendo uma demanda de tempo apreciável, desde a síntese da molécula, testes toxicológicos, ensaios de campo, até chegar ao registro. Assim, a partir do registro do primeiro caso de resistência de pragas a inseticida nos Estados Unidos (Melander 1914), vários estudos têm sido desenvolvidos na área, porém com modesto progresso em relação às medidas práticas para retardar a evolução do problema (Georghiou 1983). Diante destes fatos e da necessidade de esclarecimentos das falhas de controles de inseticidas utilizados pelos produtores contra este inseto no Brasil, este estudo teve por finalidade levantar a suscetibilidade de populações da traça-das-crucíferas a inseticidas em populações brasileiras. Desta forma, foram feitos bioensaios em laboratório para determinar curvas de concentração-reposta para oito populações brasileiras de *P. xylostella* com três diferentes classes de inseticidas, sendo proposta a seguinte hipótese: (i) populações brasileiras de *P. xylostella* têm evoluído para resistência a pelo menos uma classe de inseticida.

Literatura Citada

- Barros, R., I.B. Alberto Júnior, A.J. Oliveira, A.C.F. Souza & V. Lopes. 1993.** Controle químico da traça das crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), em repolho. An. Soc. Entomol. Brasil 22: 463-469.
- Bertels, A. 1956.** Entomologia Agrícola Sul-Brasileira. Min. Agric. Serie Didática n. 16. Rio de Janeiro. 458p.
- 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. & A.L. Guimarães. 1990.** Controle da traça-das-crucíferas em repolho. Hortic. Bras. 8: 24-25.
- Castelo Branco, M. & M.A. Medeiros. 2001.** Impacto de inseticidas sobre parasitóides de traça-das-crucíferas em repolho, no Distrito Federal. Pesqu. Agropecu. Bras. 36: 7-13.
- Ceasa 2008.** Centrais de abastecimento do Espírito Santo- CEASA/ES. Municípios da Região Serrana se destacaram em outubro na Ceasa-ES. Disponível em: <http://www.ceasa.es.gov.br/noticias/noticias_materia.php?cd_matia=283&cd_site=21>. Acessado: 20/11/2008
- 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.
- Ferreira, S.W.J., R. Barros & J.B. Torres. 2003.** Exigências térmicas 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: 50-51.

- Gallo, D., O. Nakano, S. S. Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Baptista, E.B. Filho, J.R.P. Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** Entomologia Agrícola. FEALQ. Piracicaba. 920 p.
- 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.
- Harcourt, D.G. 1956.** Biology of the diamondbackmoth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae) in eastern Ontario. I. Distribution, economic history, synonymy and general description. 37th Report of the Quebec Society for the Protection of Plants, p. 155-160.
- 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.
- Knight, A.L. & G.W. Norton. 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.
- Medeiros, M.A. 1997.** O Controle biológico de insetos-praga e sua aplicação em cultivos de Hortaliças. Brasília, Embrapa Hortaliças, Circular Técnica 8, 15p.
- 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.
- Melander, A.L. 1914.** Can insects become resistant to sprays? J. Econ. Entomol. 7: 167-173.

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.

Monnerat, R.G. 1995. Interrelations entre la teigne des cruciferes, *Plutella xylostella*, son

parasitoide *Diadegma sp.* et la bacterie entomopathogene *Bacillus thuringiensis* Berliner.

Ecole Nationale Superieure Agronomique de Montpellier These de doctorat en Sciences Agronomiques 160 p.

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.

Poelking, A. 1992. Diamondback moth in the Philippines and its control with *Diadegma*

semiclausum, p. 271-278. In N.S Talekar (ed.), Diamondback moth and other crucifer pests.

Proceedings of the Second Internacional Workshop. AVRDC, Taiwan, 603p.

Ooi, P.A.C. 1986. Diamondback Moth in Malaysia, p. 25-34. In N.S. Talekar & T.D. Griggs

(eds.), Diamondback moth management. Proceedings of the First International Workshop.

Taiwan, 495 p.

Sayyed, A.H., R. Gatsi, T. Kouskoura, D.J. Wright & N. Crickmore. 2001. Susceptibility of

a Field-Derived, *Bacillus thuringiensis*-resistant strain of diamondback moth to in vitro-activated Cry1Ac toxin. Appl. Environ. Microbiol. 67: 4372-4373.

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 pests. In A. Sivapragasm, W.H Loke, A.k Hussan & G.S Lim (eds.), Malaysian

Agricultural Research and Development Institute, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 17-22.

- 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.
- Srinivasan, K. & G.H. Veeresh. 1986.** The development and comparison of visual damage thresholds for the chemical control of *Plutella xylostella* and *Crociodolomia binotalis* on cabbage in India. Insect Sci. Appl. 7: 547-557.
- 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.
- Talekar, N.S. & A.M. Shelton. 1993.** Biology, ecology and management of diamondback moth. Annu. Rev. Entomol. 38: 275-301.
- Ulmer, B., C. Gillott, D. Woods & M. Erlandson. 2002.** Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), feeding and oviposition preferences on glossy and waxy *Brassica rapa* (L.) lines. Crop Prot. 21: 327-331.
- 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 Florida, Gainesville. Disponível em: <<http://ufbir.ifas.ufl.edu/chap15.htm>>. Acessado: 05/07/2008.
- Vickers, R.A., M.J. Furlong, A. White & J.K. Pell. 2004.** Initiation of fungal epizootics in diamondback moth populations within a large field cage: proof of concept of auto-dissemination. Entomol. Exp. Appl. 111: 7-17.
- Yu, S.J. & S.N. Nguyen. 1992.** Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the diamondback moth. Pestic. Biochem. Physiol. 44:74-81.

Watson, L. & M.J. Dallwitz. 1992. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: 10th April 2008. Disponível em: <<http://delta-intkey.com>>. Acessado em 06/07/2008.

CAPÍTULO 2

SUSCETIBILIDADE DE POPULAÇÕES DA TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS, *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA.: PLUTELLIDAE) A INSETICIDAS¹

ALEXANDRE C. DE OLIVEIRA¹, HERBERT A. A. DE SIQUEIRA¹, JOSÉ V. DE OLIVEIRA¹ E
MIGUEL MICHEREFF FILHO²

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

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Hortaliças (CNPQ). Rodovia
Brasília/Anápolis, BR 060, Km 09, Gama, 70359-970 - Brasília, DF, Brasil.

¹Oliveira, A.C., H.A.A. Siqueira, J.V. Oliveira & M. Michereff Filho. Suscetibilidade de populações da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) a inseticidas. A ser submetido Pesquisa Agropecuária Brasileira.

RESUMO – A *Plutella xylostella* destaca-se como o inseto de maior importância devido aos sérios danos causados à cultura das brássicas. A suscetibilidade de populações de traça-das-crucíferas aos inseticidas abamectina, deltametrina e espinosade, provenientes de três regiões brasileiras, foram comparadas através de bioensaios com imersão de folhas de couve. A mortalidade foi avaliada após 48 horas de exposição aos inseticidas e os dados foram submetidos à análise de Probit. Os resultados demonstraram que sete populações de traça-das-crucíferas apresentaram significativa resistência a um ou mais inseticidas. A população de Bonito-PE apresentou a maior razão de toxicidade (20,2 vezes) ao abamectina quando comparados com a população suscetível. As CL₅₀s para deltametrina foram altas para as populações de traça-das-crucíferas, variando de 85,2 a 360,1 mg/L do inseticida. Todas as populações do Estado de Pernambuco foram consideradas resistentes ao deltametrina, apresentando razões de toxicidade variando entre 2,2 e 4,2 vezes. Cinco populações apresentaram moderada resistência ao espinosade com níveis de resistência variando de 2,3 a 5,1. Assim, a necessidade de desenvolvimento de programas de manejo de resistência de *P. xylostella* a inseticidas associados ao manejo integrado de pragas torna-se evidente nestas regiões produtoras de brássicas.

PALAVRAS-CHAVE: Abamectina, deltametrina, espinosade, controle químico, resistência

SUSCEPTIBILITY OF DIAMONDBACK MOTH, *Plutella xylostella* (L., 1758)
(LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) POPULATIONS TO INSECTICIDES¹

ABSTRACT – The *Plutella xylostella* is a recurring pest on cruciferous crops around the world. The susceptibility of diamondback moth populations to the insecticides abamectin, deltamethrin, and spinosad, from three Brazilian regions was compared through collard leaf dipping bioassays in laboratory for the different treatments. Mortality data were assessed 48 hours after exposition to every insecticide and submitted to Probit analysis. All the populations showed significant resistance to at least one of the insecticides. The Bonito-PE population showed the highest resistance ratio (20.2 times) to abamectin when compared with the susceptible population and to other insecticides. The deltamethrin LC_{50s} were very high for all the populations tested, ranging from 85.2 to 360.1 mg/L. All the populations from Pernambuco State were considered resistant to deltamethrin, with resistance ratios varying from 2.2 to 4.2 times. Five populations showed significant resistance to spinosad with ratios varying from 2.3 to 5.1. These results are discussed based on the spectrum of insecticides used in the regions. In conclusion, the need of resistance to insecticides management programs for *P. xylostella* in conjunction with an integrated pest management is urgent in these regions.

KEY WORDS: Abamectin, deltamethrin, spinosad, chemical control, resistance

Introdução

A produção de hortaliças em geral é uma atividade que ocupa lugar de destaque na economia e na agricultura brasileira e, atualmente, é crescente a adoção de sistemas ecologicamente corretos como o plantio de orgânico (Pinto *et al.* 2001). A qualidade da produção de crucíferas como couve, brócolis e repolho, deve-se à importância destes como alimentos funcionais no Brasil e no mundo (Costa *et al.* 2008). Dentre as várias espécies de pragas de importância econômica para as crucíferas cultivadas e, em particular as espécies pertencentes ao gênero *Brassica*, destaca-se a traça-das-crucíferas (TDC), *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (Harcourt 1956), considerado a principal praga, independente da localidade onde as brássicas são cultivadas (Yang *et al.* 1994).

Para reduzir os prejuízos da traça-das-crucíferas, muitos produtores têm optado pelo método químico que, aparentemente, pode produzir os melhores resultados com aplicações intensivas de inseticidas (Castelo Branco *et al.* 2003), pois esse tem sido o método mais empregado para reduzir as infestações desta praga (França *et al.* 1985). No entanto, esta prática no Brasil, ao longo do tempo, tem se mostrado ineficiente já que aplicações de inseticidas de até quatro vezes por semana não tem reduzido as perdas causadas pela praga (Castelo Branco *et al.* 2001). Mesmo em outras regiões do mundo, as aplicações podem chegar a até 15 ou 20 por ciclo de cultura, independente da presença da praga no campo (Guan-Soon 1990). A utilização indiscriminada de inseticida tem contribuído para o aumento da poluição ambiental e dos casos de intoxicação, além de potencializar a ocorrência de resíduos. Em geral, estes problemas estão associados a outro mais agravante, a evolução de resistência em populações de insetos (Georghiou 1983), decorrente da alta pressão de seleção pelos inseticidas. No caso de *P. xylostella*, as várias gerações ao ano, o seu elevado potencial migratório e potencial biótico tem contribuído para a seleção mais rápida de populações resistentes aos grandes grupos de

inseticidas (Sayyed & Wright 2006; Sayyed *et al.* 2004,2005b). Diferenças de resistência entre diferentes populações de *P. xylostella* poderiam também estar relacionados à alimentação e ao clima local (Sayyed *et al.* 2005a).

Populações de *P. xylostella* têm uma longa história de evolução para resistência a praticamente a todas as classes de inseticidas (Shelton *et al.* 2000, Khaliq *et al.* 2007), inclusive aos inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* (Berl.) (Shelton *et al.* 1993). Nos últimos anos, diferentes grupos de inseticidas tem sido desenvolvidos e apresentado excelentes ações contra *P. xylostella* na cultura das brássicas na tentativa de controlar populações resistentes aos inseticidas tradicionais como organofosforados, carbamatos e piretróides. Dentre esses, incluem-se avermectinas (França & Medeiros 1998), reguladores de crescimento de insetos (Oouchi 2005) e benzoato de emamectina, espinosade, e indoxacarbe (Kuhar *et al.* 2006). No entanto, registros de resistência à maioria destes grupos já tem sido documentados na literatura.

As primeiras constatações de populações de traça-das-crucíferas resistentes a inseticidas no Brasil foram feitas no Distrito Federal em 1997 para piretróides, organofosforados e *B. thuringiensis* (Castelo Branco *et al.* 1997). Apesar disso, a escassez de trabalhos na área de resistência de *P. xylostella* a inseticidas no Brasil tem continuado e inexistentes no Nordeste Brasileiro, região particularmente problemática quanto ao uso abusivo no uso de pesticidas. O presente trabalho teve como objetivo, avaliar a atual suscetibilidade de populações de *P. xylostella* ao deltametrina, bem como a dois inseticidas não pertencentes às classes tradicionais, o espinosade e o abamectina, estes sem registro para uso em brássicas no Brasil.

Material e Métodos

Populações de *P. xylostella* e manutenção. Oito populações distintas de traça-das-crucíferas, provenientes de três regiões produtoras de Brássicas no Brasil foram utilizadas para os testes de

suscetibilidade (Fig. 1). Essas populações foram mantidas individualmente no Laboratório de Interações Inseto-Tóxicos do Departamento de Agronomia da Área de Fitossanidade da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) ausentes de pressão seletiva de inseticidas. A população de Chã Grande I – PE tem sido mantida desde 1998 em condições de laboratório, sem contato com inseticidas. A criação de *P. xylostella* consistiu na metodologia descrita por Barros & Vendramin (1999).

Ensaio de suscetibilidade de *P. xylostella* aos inseticidas. Curvas de concentração-resposta foram estabelecidas para os inseticidas abamectina (Kraft 36 CE) Cheminova Brasil Ltda, deltametrina (Keshet 25 CE) Milenia Agrociências S/A e espinosade (Tracer 480 SC) Dow AgroSciences Industrial Ltda, com as diferentes populações de *P. xylostella* através de bioensaios, onde se avaliou a mortalidade. Para cada população, testes preliminares com concentrações de fator 10 para cada inseticida foram realizados para estabelecer uma resposta “tudo ou nada”, isto é, o intervalo de concentrações onde ocorre a relação concentração-resposta. Para a realização dos bioensaios, foram utilizadas folhas de couve *Brassica oleracea* var. acephala lavadas em solução de hipoclorito de sódio a 5%. Após a lavagem das folhas, discos de 5cm de diâmetro foram cortados com o auxílio de tubo cilíndrico metálico e tratados por um minuto em cada concentração (tratamento). Após a secagem em temperatura ambiente, os discos foram transferidos para placas de Petri (60 x 15 mm), contendo papéis de filtro (5 cm) umedecidos com água destilada. Pelo menos sete tratamentos inseticida (+ Triton X-100 como espalhante a 0,01%) com três replicações foram estabelecidos. O tratamento controle constou de água destilada com mesma concentração de Triton X-100. Em seguida, 10 lagartas de *P. xylostella* de 2º instar foram transferidas para cada placa com a ajuda de pincel, totalizando ao menos 240 lagartas/bioensaio/população. As placas de Petri foram mantidas em câmaras climáticas com temperatura de $27 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, U.R. de $65 \pm 5\%$ e fotoperíodo 12h. A mortalidade foi

avaliada após 48 horas de exposição aos inseticidas. Os experimentos (bioensaios) foram repetidos pelo menos uma vez. O critério de mortalidade baseou-se na locomoção máxima do comprimento do corpo das larvas após o toque com pincel de ponta fina. Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit utilizando o programa POLO – PC (LeOra Software 1987). As razões de toxicidade e seus intervalos de confiança a 95% foram calculados segundo método descrito por Robertson & Preisler (1992), sendo a razão de toxicidade consideradas significantes quando o intervalo de confiança não incluía o valor 1,0.

Resultados e Discussão

Os dados de mortalidade aos inseticidas obtidos com os bioensaios para as populações de traça-das-crucíferas ajustaram ao modelo de Probit (χ^2 não significativo, $p > 0,05$). As curvas de concentração-mortalidade e as estimativas de CL_{50} das populações de *P. xylostella* indicaram a população Chã Grande I-PE como a mais suscetível ao inseticida abamectina (Tabela 1), enquanto Vargem Alta-ES ao deltametrina (Tabela 2) e Garanhuns-PE ao inseticida espinosade (Tabela 3). Os valores das CL_{50} s das populações de *P. xylostella* para abamectina variaram de 0,007 a 0,136 mg/L (Tabela 1). Seis populações de *P. xylostella* apresentaram razões de toxicidade significativa a abamectina, uma vez que o intervalo de confiança não incluiu o valor (1,0). Os níveis de resistência a abamectina variaram de 2,1 a 20,2 vezes, porém apenas a população Bonito-PE apresentou alta razão de toxicidade (20,2 vezes), quando comparada com a população suscetível (Tabela 1).

As CL_{50} s para deltametrina foram altas para as populações de traça-das-crucíferas, variando de 85,19 a 360,10 mg/L (Tabela 2). Pelo critério de não-inclusão do valor 1 no intervalo de confiança a 95% de probabilidade para a razão de toxicidade (Robertson & Priesler 1992), todas as populações do Estado de Pernambuco foram consideradas resistentes, apresentando

razões de toxicidade variando entre 2,2 e 4,2 vezes quando comparada com Vargem Alta-ES (mais suscetível) (Tabela 2).

As CL_{50S} para espinosade variaram de 0,0014 a 0,0074 mg/L entre as populações. Cinco populações apresentaram-se resistentes ao espinosade com as razões de toxicidades variando de 2,3 a 5,1 vezes para a população de Alegre-ES e Chã Grande II-PE, respectivamente (Tabela 3).

A traça-das-crucíferas tem sido considerada o segundo inseto mais resistente a inseticidas no mundo, tendo desenvolvido resistência a mais de 50 compostos de quase todas as classes até 1989 (Vasquez 1995). Hoje, este inseto encontra-se praticamente resistente a todas as classes de inseticidas. Para os inseticidas testados neste estudo, já há registros de altos graus de resistência no mundo, mesmo para o espinosade (Sayyed *et al.* 2004) que, dos três, é o mais recente em espectro de uso em campo. No Brasil, não há registros de resistência de *P. xylostella* a espinosade até o presente momento. Levantamentos de resistência têm sido feitos para deltametrina e abamectina e, mostrado o surgimento de populações com algum grau de resistência significativa (Castelo Branco & Melo 2002, Castelo Branco *et al.* 2003). No entanto, estes levantamentos têm se restringido a áreas produtoras em torno do Distrito Federal.

Os níveis de resistência para o inseticida deltametrina foram considerados baixos nas populações de dois estados e do Distrito Federal (Tabela 2), e alguns fatores podem explicar a variabilidade de respostas das populações para os inseticidas. Embora as razões de toxicidade a deltametrina tenham sido baixas, os valores de CL_{50} foram muito elevados quando comparados com a dose recomendada de campo, que é 7,5 mg/L. Isto se justifica pela inexistência de uma população padrão de suscetibilidade de *P. xylostella* a deltametrina neste estudo. Apesar da inexistência desta uma população padrão de suscetibilidade, os valores de CL_{50} mostram que estas populações de *P. xylostella* têm sido submetidas a altas pressões de seleção com esse inseticida nas regiões de cultivo, ao longo de muitos anos e falhas de controle têm sido uma

constante com este produto em algumas destas regiões, particularmente no Estado de Pernambuco. Por exemplo, a população de Vargem Alta-ES de maior suscetibilidade apresentou CL_{50} de 85,2 mg/L (Tabela 2). Este valor é aproximadamente 11-vezes maior do que a dose recomendada de campo. Doses recomendadas de qualquer inseticida devem ser capazes de matar um elevado percentual, geralmente 95%, da população de uma praga independentemente da sua densidade populacional (Knipling 1979). A perda de eficácia da deltametrina tem sido observada em diversos locais do país (Castelo Branco *et al.* 2003), e o presente trabalho mostra que de fato isso tem ocorrido pelo surgimento de populações resistentes ao deltametrina e, provavelmente, a outros piretróides em graus variáveis.

Um aspecto importante da resistência a piretróides é a sua estabilidade (Georghiou 1983). Embora isto não tenha sido avaliado neste estudo, os valores das CL_{50} s para as populações são relativamente altos. Por exemplo, a população de Chã Grande I-PE com uma CL_{50} de 276,8 mg/L, correspondendo a 39 vezes a dose de campo, apesar de estar sendo mantida a mais de 10 anos em laboratório sem pressão de seleção a nenhum inseticida, sugere que a resistência ao deltametrina seja estável. Entretanto, Sayyed & Wright (2006) demonstraram que a razão de toxicidade a deltametrina em população de traça-das-crucíferas decresceu de 498 a 47 $\mu\text{g/mL}$, quando compararam a geração F_2 e F_8 . Se fosse possível fazer uma relação destes resultados com o do presente trabalho, seria bastante razoável estimar que a CL_{50} para deltametrina na população de Chã Grande I-PE. No momento da sua coleta, poderia ser muitas vezes maior e que deva ser investigado com maior detalhamento.

Dentre as populações avaliadas, seis apresentaram graus de resistência significantes a abamectina. No entanto, a população de Bonito-PE mostrou razão de toxicidade de 20,2 vezes, relativamente alta comparada com as demais populações. Abamectina é um produto não registrado para uso em repolho ou mesmo em outras brássicas no Brasil. Contudo, produtores o

tem utilizado em situações em que outros produtos tem apresentado falhas de controle, por exemplo, no Agreste de Pernambuco. O uso sem critérios técnicos destes produtos pode de fato agravar os problemas de resistência nas regiões produtoras, antes mesmo de eventual regularização do seu uso. Por outro lado, inseticidas reguladores de crescimentos (IGRs) têm sido bastante utilizados em algumas regiões como no Agreste de Pernambuco. Estudos recentes mostraram que populações selecionadas em laboratório com tebufenozide resultaram em resistência cruzada com abamectina (Cao & Han 2006). Possivelmente, a prévia seleção da população de Bonito-PE com IGRs tenha ocasionado uma resistência cruzada ao abamectina.

Apesar do grau de resistência ao inseticida abamectina ser significativo na população de Bonito-PE, os demais valores de CLs mostram que as populações de *P. xylostella* são, ainda, particularmente sensíveis ao produto numa possível dose recomendada para campo. Por outro lado, é provável que a frequência de indivíduos resistentes tenha atingido um valor crítico para a população de Bonito-PE. Quanto às demais populações, os valores de CLs sugerem que estas se apresentam particularmente suscetíveis ao abamectina, o que reflete a variabilidade natural na resposta dessas populações frente a este inseticida.

Aproximadamente dez anos depois da introdução do espinosade para controle de *P. xylostella* na Ásia, Attique *et al.* (2006) e Khaliq *et al.* (2007), em levantamento da resistência de populações de *P. xylostella* ao espinosade no Paquistão, verificaram que as razões de toxicidade variaram de 1 a 12 vezes. Recentemente, Eziah *et al.* (2008) verificaram que populações Australianas de *P. xylostella*, de campo, foram suscetíveis ao espinosade. No presente estudo, cinco populações apresentaram razão de toxicidade ao inseticida, variando de 2,3 a 5,1 (Tabela 3), consideradas, portanto, baixas. Os valores de CLs reportados para o espinosade, assim como observados nos trabalhos anteriores conduzidos na Ásia e Austrália, refletem possivelmente a variabilidade natural de respostas das populações frente ao espinosade. Hill & Foster (2000) e

Castelo Branco *et al.* (2003), obtiveram 100% de mortalidade após 48 horas da aplicação de espinosade. Por outro lado, Sayyed *et al.* (2004) afirmaram que a maioria dos agricultores da Malásia já utilizavam espinosade no controle de traça-das-crucíferas desde o final de 1990 e como consequência da alta pressão de seleção do espinosade a esta praga, razões de toxicidade de 171 vezes ao espinosade tem sido relatadas em populações de campo na Malásia (Sayyed & Wright 2006). Adicionalmente, diferentes espécies de insetos já apresentam resistência ao espinosade, a exemplo de *Musca domestica* (Shono & Scott 2003) e *Franklinella occidentalis* (Zhang *et al.* 2008).

Os valores das inclinações das curvas de concentração-mortalidade foram altos para deltametrina e variaram para os demais inseticidas (Tabelas 1, 2 e 3), sugerindo que este parâmetro depende do produto testado. As populações de *P. xylostella* testadas com o inseticida deltametrina apresentaram maiores valores de inclinações, sugerindo maior homogeneidade de resposta a este inseticida entre as populações. Valores dos coeficientes angulares podem ser uma medida da sensibilidade da resposta de insetos a um inseticida. Um valor alto do coeficiente de regressão dos dados de concentração-mortalidade indica um alto grau de sensibilidade e correlação entre concentração do inseticida e mortalidade (Georghiou & Metcalf 1961). Dessa forma, o presente estudo mostra que as populações avaliadas são particularmente suscetíveis ao abamectina e espinosade, podendo estes inseticidas serem recomendados para controle desta praga após registro em órgão oficial. Quanto ao deltametrina, o estudo confirma o desenvolvimento de resistência a este produto e provavelmente aos demais piretróides e sugere-se que seja evitado o seu uso nas regiões estudadas.

Agradecimentos

À Universidade Federal Rural de Pernambuco que possibilitou a realização desta pesquisa. A CAPES pela bolsa de estudos e ao programa PROCAD/CAPES pelo financiamento desta pesquisa.

Literatura Citada

- Attique, M.N.R., A. Khaliq & A.H. Sayyed. 2006.** Could resistance to insecticides in *Plutella xylostella* (L). (Lepidoptera: Yponomeutidae) be overcome by insecticide mixtures. J. Appl. Entomol. 130: 122-127.
- Barros, R. & J.D. Vendramim. 1999.** Efeito de cultivares de repolho utilizados para a criação de *Plutella xylostella* (L.) no desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* Riley, (Hymenoptera: Trichogrammatidae). An. Soc. Entomol. Brasil 28: 469-476.
- Castelo Branco, M., F.H. França & G.L. Villas Bôas. 1997.** Traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* - Artrópodes de importância econômica. Brasília: Embrapa Hortaliças, Comunicado Técnico 4, 4p.
- 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.
- Castelo Branco, M. & C.A. Melo. 2002.** Resistência a abamectin 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.
- Costa, C.J., M.B. Trzeciak & F.A. Villela. 2008.** Potencial fisiológico de sementes de brássicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. *Hortic. Bras.* 26: 144-148.
- Eziah, V.Y., H.A. Rose, A.D. Clift & S. Mansfield. 2008.** Susceptibility of four field populations of the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) to six insecticides in the Sydney region, New SouthWales, Austrália. *Aust. J. Entomol.* 47: 355-360.
- França, F.H., C.M.T. Cordeiro, L.B. Giordano & A.M. Resende. 1985.** Controle da traça-das-crucíferas em repolho. *Hortic. Bras.* 3: 50-51.
- França, F.H. & M.A. Medeiros. 1998.** Impacto de combinação de inseticidas sobre a produção de repolho e parasitóides associados com a traça-das-crucíferas. *Hortic. Bras.* 16: 132-135.
- Guan-Soon, L. 1990.** Overview of vegetable IPM in Asia. *FAO Plant Prot. Bull.* 38: 73-87.
- Georghiou, G.P. & R.L. Metcalf. 1961.** A bioassay method and results of laboratory evaluation of insecticides against adult mosquitoes. *Mosq. News* 21: 328-337.
- 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.
- Harcourt, D.G. 1956.** Biology of the diamondbackmoth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae) in eastern Ontario. I. Distribution, economic history, synonymy and general description. 37th Report of the Quebec Society for the Protection of Plants, p. 155-160.

- Hill, T.A., & R.E. Foster. 2000.** Effect of insecticides on the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). J. Econ. Entomol. 93: 763-768.
- 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.
- Knipling, E.F. 1979.** The basic principles of insect population suppression and management. Agri. Handbook n. 512. USDA. Washington, D. C. 659 p.
- Kuhar, T.P., S.B. Phillips, R.A. Straw, C. Waldenmaier & H.P. Wilson. 2006.** Commercial Vegetable Production recommendations, Virginia 2006. Virginia Coop. Ext. Pub. 456-420.
- LeOra Software. 1987.** POLO-PC: a user's guide to Probit Logit analysis. Leora Software, Berkely, CA.
- Oouchi, H. 2005.** Insecticidal properties of a juvenoid, pyriproxyfen, on all life stages of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). Appl. Entomol. Zool. 40: 145-149
- Pinto, C.M.F., J.M. Pereira & T.J. Paula Jr. 2001.** Agricultura alternativa no contexto mundial. Inf. Agropec.22: 80-83.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide bioassays with arthropods. California, CRC Press, 127p.
- Sayyed, A.H., D. Omar & D.J. Wright. 2004.** Genetics of spinosad resistance in a multi-resistant field-selected population of *Plutella xylostella*. Pest Manag. Sci. 60: 827-832.
- Sayyed, A.H., M.N.R. Attique & A. Khaliq. 2005a.** Stability of field-selected resistance to insecticides in *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae) from Pakistan. J. Appl. Entomol. 129: 542-547.

- Sayed, A.H., M.N.R Attique, A. Khaliq & D.J. Wright. 2005b.** Inheritance of resistance and cross-resistance to deltamethrin in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) from Pakistan. *Pest Manag. Sci.* 61: 636-642.
- Sayed, 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: Plutellidae). *Pest Manag. Sci.* 62: 1045-1051.
- 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.
- Shono T. & J.F. Scott. 2003.** Spinosad resistance in the housefly *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) is due to a recessive factor on autosome 1. *Pestic. Biochem. Physiol.* 75: 1-7.
- 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 Florida, Gainesville. Disponível em: <<http://ufbir.ifas.ufl.edu/chap15.htm>>. Acessado: 05/07/2008
- Yang, J.C., Y. Chu & N.S. Talekar. 1994.** Studies on the characteristics of *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae) by a larval parasite *Diadegma semiclausum* (Hym.: Ichneumonidae). *Entomophaga* 39: 397-406.
- Zhang, S.Y., S. Kono, T. Murai & T. Miyata. 2008.** Mechanisms of resistance to spinosad in the western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Insect Sci.* 15: 125-132.

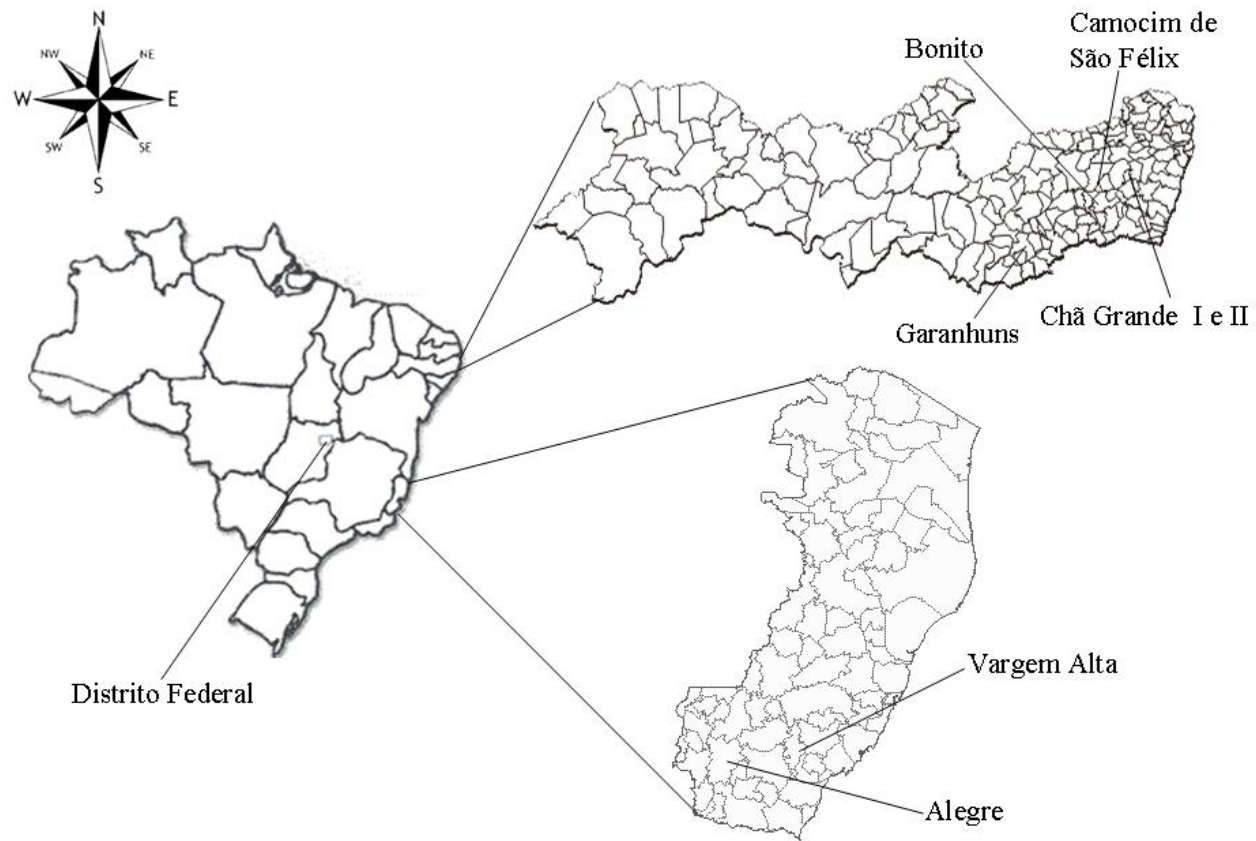


Figura 1. Locais de coleta das populações de traça-das-crucíferas de três regiões produtoras de Brássicas (Estados do Espírito Santo, Pernambuco e Distrito Federal).

Tabela 1. Suscetibilidade de populações de *P. xylostella* ao inseticida abamectina.

População	n ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Inclinação ± EPM ⁽³⁾	CL ₅₀ (IC 95%) mg/L	CL ₉₅ (IC 95%) mg/L	z ⁽⁴⁾	RT ⁽⁵⁾ (IC 95 %)
Chã Grande I-PE	253	5	2,12 ± 0,26a	0,007 (0,005 - 0,009)	0,040 (0,028 - 0,068)	2,16	---
Brasília-DF	293	5	2,55 ± 0,27b	0,008 (0,007 - 0,010)	0,036 (0,027 - 0,054)	1,86	1,2 (0,9 - 1,7)
Alegre-ES	350	5	1,89 ± 0,22a	0,014 (0,011 - 0,017)	0,105 (0,075 - 0,174)	1,84	2,1 (1,5 - 3,0)*
Chã Grande II-PE	268	5	1,83 ± 0,23a	0,016 (0,012 - 0,022)	0,126 (0,072 - 0,309)	3,87	2,4 (1,6 - 3,5)*
Camocim-PE	319	5	2,04 ± 0,27a	0,019 (0,014 - 0,024)	0,124 (0,090 - 0,206)	3,16	2,9 (2,0 - 4,1)*
Vargem Alta-ES	297	5	2,25 ± 0,26a	0,019 (0,015 - 0,023)	0,103 (0,077 - 0,158)	1,96	2,9 (2,0 - 4,0)*
Garanhuns-PE	327	5	1,83 ± 0,23a	0,022 (0,018 - 0,027)	0,174 (0,115 - 0,331)	4,16	3,3 (2,4 - 4,6)*
Bonito-PE	264	5	2,61 ± 0,31b	0,136 (0,110 - 0,161)	0,579 (0,443 - 0,866)	3,74	20,2 (14,7 - 27,8)*

¹Número total de insetos usados em cada bioensaio.

²Graus de liberdade para teste de qui quadrado.

³Erro Padrão da Média.

⁴Teste de qui-quadrado (P > 0,05).

⁵Razão de toxicidade; 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* apresentaram razões de toxicidade significativa ao abamectina, uma vez que o intervalo de confiança não inclui o valor (1,0).

Tabela 2. Suscetibilidade de populações de *P. xylostella* ao inseticida deltametrina.

População	n ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Inclinação ± EPM ⁽³⁾	CL ₅₀ (IC 95%) mg/L	CL ₉₅ (IC 95%) mg/L	2 ⁽⁴⁾	RT ⁽⁵⁾ (IC 95 %)
Vargem Alta-ES	320	6	3,50 ± 0,35b	85,19 (75,16 - 97,03)	251,75 (201,70 - 345,17)	4,12	---
Brasília-DF	353	5	2,97 ± 0,43a	94,95 (82,55 - 107,46)	338,71(256,13 - 546,85)	3,52	1,1 (0,7 - 1,8)
Camocim-PE	301	5	2,81 ± 0,29a	185,82 (154,80 - 218,26)	715,42 (565,85- 991,30)	3,93	2,2 (1,3 - 3,6)*
Alegre-ES	305	5	2,72 ± 0,29a	222,90 (188,44 - 263,83)	896,81 (673,35 -1361)	1,43	2,6 (0, 8 - 8,8)
Chã Grande II-PE	302	5	2,46 ± 0,28a	258,75 (217,70 - 306,46)	1204 (878,58 - 1938)	2,35	3,0 (1,8 - 5,1)*
Bonito-PE	258	5	2,35 ± 0,31a	261,87 (215,98 - 314,86)	1311 (917,48 - 2339)	2,47	3,1 (1,8 - 5,2)*
Chã Grande I-PE	313	5	2,43 ± 0,28a	276,76 (234,29 - 327,51)	1312 (947,42 - 2150)	3,39	3,3 (1,0 - 10,2)*
Garanhuns-PE	376	5	3,01 ± 0,36a	360,10 (317,22 - 411,38)	1266 (962,90 - 1938)	2,27	4,2 (2,6 - 7,0)*

¹Número total de insetos usados em cada bioensaio.

²Graus de liberdade para teste de qui quadrado.

³Erro Padrão da Média.

⁴Teste de qui-quadrado (P > 0,05).

⁵Razão de toxicidade; 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* apresentaram razões de toxicidade significativa ao deltametrina, uma vez que o intervalo de confiança não inclui o valor (1,0).

Tabela 3. Suscetibilidade de populações de *P. xylostella* ao inseticida espinosade.

População	n ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	Inclinação ± EPM ⁽³⁾	CL ₅₀ (IC 95%) mg/L	CL ₉₅ (IC 95%) mg/L	χ ² ⁽⁴⁾	RT ⁽⁵⁾ (IC 95 %)
Garanhuns-PE	240	5	2,96 ± 0,33b	0,014 (0,012 - 0,017)	0,052 (0,040 - 0,075)	1,96	---
Chã Grande I-PE	312	5	2,07 ± 0,22a	0,023 (0,019 - 0,028)	0,144 (0,100 - 0,246)	3,61	1,6 (0,8 - 3,1)
Brasília-DF	295	5	1,90 ± 0,22a	0,025 (0,020 - 0,031)	0,183 (0,119 - 0,351)	3,29	1,7 (0,8 - 3,3)
Vargem Alta-ES	273	5	3,75 ± 0,41b	0,033 (0,028 - 0,037)	0,090 (0,074 - 0,118)	3,48	2,3 (1,2 - 4,3)*
Bonito-PE	300	5	2,05 ± 0,25a	0,038 (0,031 - 0,046)	0,240 (0,162 - 0,438)	3,17	2,6 (1,4 - 5,0)*
Camocim-PE	366	6	2,45 ± 0,31a	0,047 (0,040 - 0,056)	0,220 (0,151 - 0,404)	1,34	3,3 (1,7 - 6,2)*
Alegre-ES	385	5	2,65 ± 0,36a	0,062 (0,046 - 0,077)	0,258 (0,200 - 0,381)	3,51	4,3 (2,2 - 8,4)*
Chã Grande II-PE	318	5	1,99 ± 0,24a	0,074 (0,060 - 0,090)	0,496 (0,346 - 0,863)	2,53	5,1 (2,7 - 9,9)*

¹Número total de insetos usados em cada bioensaio.

²Graus de liberdade para teste de qui quadrado.

³Erro Padrão da Média.

⁴Teste de qui-quadrado (P > 0,05).

⁵Razão de toxicidade; 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* apresentaram razões de toxicidade significativa ao espinosade, uma vez que o intervalo de confiança não inclui o valor (1,0).