

CROP PROTECTION

Custo Adaptativo Associado à Resistência de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) ao Inseticida Carbosulfam

ROBERTO H. KONNO E CELSO OMOTO

Depto. Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, ESALQ/USP - C. postal 9, Av. Pádua Dias 11, 13418-900 Piracicaba, SP, celomoto@esalq.usp.br

Neotropical Entomology 35(2):246-250 (2006)

Fitness Cost Associated with Carbosulfan Resistance in *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae)

ABSTRACT - In order to collect basic information for a resistance management program of *Aphis gossypii* Glover to carbosulfam, studies to evaluate fitness costs associated to this resistance were conducted under laboratory conditions. For this purpose, we studied the stability of carbosulfan resistance in *A. gossypii* populations with differing initial frequencies of resistance and compared life-history traits of carbosulfan-susceptible and resistant strains. The stability of resistance was followed in three populations with initial frequencies of 20, 50 and 80% of resistant individuals. The susceptibility to carbosulfan was monthly estimated by using the diagnostic concentration of 32 ppm. The biology of carbosulfan-susceptible and resistant strains was evaluated in cotton plants kept under controlled climatic conditions. The resistance to carbosulfan was unstable, that is, there was a significant increase in the susceptibility of different populations of *A. gossypii* to this insecticide in the absence of selection pressure. Comparison of biological traits between carbosulfan-susceptible and resistant strains showed that there is a fitness cost associated with resistance. The resistant strain showed lower fecundity, shorter reproductive period and lower longevity than the susceptible strain. The net reproductive rate (R_0) was 14.04 and 43.18 and the finite rate of increase (λ) was 1.25 and 1.30 females/female/day for the resistant and susceptible strains respectively. Therefore, the instability of carbosulfan resistance in *A. gossypii* can be exploited in resistance management programs.

KEY WORDS: Cotton aphid, pesticide resistance, cotton

RESUMO - Com o objetivo de prover subsídios a um programa de manejo de resistência de *Aphis gossypii* Glover ao carbosulfam, foram avaliados os possíveis custos adaptativos associados a essa resistência em condições laboratoriais. Para tanto, avaliou-se a estabilidade da resistência ao carbosulfam em populações de *A. gossypii* com diferentes frequências iniciais de resistência e compararam-se parâmetros biológicos das linhagens suscetível e resistente ao inseticida. A estabilidade da resistência foi avaliada a partir de populações com frequências iniciais de 20, 50 e 80% de pulgões resistentes ao carbosulfam. A suscetibilidade ao carbosulfam foi estimada mensalmente durante seis meses, utilizando-se de concentração diagnóstica de 32 ppm. A biologia das linhagens suscetível e resistente foi avaliada em plantas de algodão mantidas em condições climáticas controladas. A resistência ao carbosulfam foi instável, ou seja, a suscetibilidade ao inseticida aumentou significativamente em diferentes populações de *A. gossypii* na ausência de pressão seletiva. Comparações de parâmetros biológicos entre as linhagens suscetível e resistente ao carbosulfam mostraram que há custo adaptativo associado à resistência. A linhagem resistente apresentou menor fecundidade, menor período reprodutivo e menor longevidade do que a linhagem suscetível. A taxa líquida de reprodução (R_0) de 14,04 e 43,18 vezes e razão finita de aumento (λ) de 1,25 e 1,30 fêmeas/fêmea/dia para as linhagens resistente e suscetível respectivamente. Portanto, a instabilidade da resistência de *A. gossypii* ao carbosulfam pode ser explorada em programas de manejo da resistência.

PALAVRAS-CHAVE: Pulgão-do-algodoeiro, resistência a pesticidas, algodão

O pulgão-do-algodoeiro *Aphis gossypii* Glover é considerado praga-chave da cultura do algodoeiro em algumas regiões no Brasil (Degrande 1998), por ser vetor de agentes virais que ocasionam doenças como o vermelho-do-

algodoeiro e a doença azul (mosaico das nervuras). A espécie tornou-se uma das pragas mais importantes e limitantes para a cultura, sendo que, em algumas regiões, foi responsável por 80% das pulverizações realizadas para o controle de pragas (Papa 2001). Diversos fatores podem estar envolvidos para agravar o problema, como uso de cultivares suscetíveis a agentes causais de viroses, sistema intensivo de plantio, eliminação de inimigos naturais pelo uso de inseticidas não seletivos e a evolução da resistência a inseticidas.

Atualmente, casos de resistência de *A. gossypii* a inseticidas relacionam-se a produtos do grupo dos carbamatos, organofosforados e piretróides, em localidades da África (Gubran *et al.* 1992), dos Estados Unidos (Grafton-Cardwell 1991, Godfrey *et al.* 2000), da Europa (Delorme *et al.* 1997), da Austrália (Herron *et al.* 2001), da China e do Japão (Leclant & Deguine 1994, Guilin *et al.* 1997).

O custo adaptativo associado à resistência de pragas a pesticidas é um dos fatores que podem auxiliar no restabelecimento da suscetibilidade em programas de manejo da resistência (Georghiou 1972, Roush & McKenzie 1987). Na ausência de pressão de seleção com um determinado pesticida, o genótipo resistente ao pesticida apresenta desvantagem adaptativa em relação ao genótipo suscetível; caso contrário, a frequência do alelo resistente seria bastante comum antes da seleção (Crow 1957). Hollingsworth *et al.* (1997) avaliaram o valor adaptativo de linhagens de *A. gossypii* suscetível e resistente a inseticidas. Os autores observaram um custo adaptativo associado à resistência ao esfenvalerate, isto é, a linhagem resistente apresentou menor fecundidade em relação à suscetível. Diferenças na fecundidade não foram observadas para as linhagens resistentes ao endossulfam e oxidemetom-metil. Por outro lado, a linhagem resistente ao metomil apresentou uma relação direta entre fecundidade e intensidade de resistência, isto é a linhagem resistente apresentou maior fecundidade em relação à suscetível, possivelmente devido ao processo de co-adaptação.

O controle de *A. gossypii* na cultura do algodoeiro no Brasil tem sido baseado principalmente no uso de inseticidas. Dentre os inseticidas recomendados para o controle da praga, destaca-se o carbosulfam que vem sendo utilizado devido ao seu expressivo efeito de choque. A resistência de *A. gossypii* a esse inseticida foi recentemente detectada no Brasil (Konno 2005).

Neste trabalho foram realizados estudos, em condições laboratoriais, para avaliar possíveis custos adaptativos associados à resistência de *A. gossypii* ao carbosulfam, objetivando subsidiar programas de manejo da resistência. Para tanto, estudou-se a estabilidade da resistência ao carbosulfam em populações de *A. gossypii* com diferentes frequências iniciais de resistência e compararam-se os parâmetros biológicos das linhagens suscetível e resistente a este inseticida.

Material e Métodos

Dois linhagens de *A. gossypii* foram usadas neste estudo, uma linhagem considerada suscetível obtida em algodoeiro (cultivo não-comercial) no município de Piracicaba, SP e uma linhagem resistente ao carbosulfam. A linhagem suscetível

vem sendo mantida em condições de laboratório na ausência de pressão de seleção desde 1999. A linhagem resistente ao carbosulfam foi obtida a partir de uma população com alta frequência de resistência, proveniente de uma lavoura comercial de algodoeiro do município de Ituverava, SP, com razão de resistência de 5,7 vezes (Konno 2005).

As duas linhagens foram mantidas em gaiolas teladas as quais permaneceram em salas climatizadas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotofase de 14h). Foram utilizadas plantas de algodoeiro da variedade Delta Opal livre de resíduos de pesticidas para a criação dos pulgões. Semanalmente foi efetuada a substituição da plantas com o intuito de evitar o surgimento de indivíduos alados devido a excessivo incremento populacional.

Competição entre linhagens de *A. gossypii* suscetível e resistente a carbosulfam. A partir das linhagens suscetível e resistente de *A. gossypii* ao inseticida carbosulfam, foram constituídas três populações com frequência de 20%, 50% e 80% de pulgões resistentes. Para a formação de cada população foram utilizadas quatro plantas de algodoeiro de 40 dias de idade, sendo que cada planta foi infestada com 100 pulgões, nas diferentes proporções de indivíduos resistentes e suscetíveis. As populações assim formadas foram acondicionadas em gaiolas teladas mantidas em sala climatizada (temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotofase de 14h).

A suscetibilidade ao carbosulfam foi monitorada mensalmente, durante seis meses, por meio de bioensaios de concentração diagnóstica de 32 ppm de carbosulfam. Para os bioensaios, discos foliares de 2,5 cm de diâmetro provenientes de plantas de algodoeiro foram pulverizados na superfície abaxial com a torre de Potter calibrada a 68,95 kPa. Um volume de dois ml de calda foi utilizado na pulverização de modo a obter uma deposição média de 1,5 mg/cm² de resíduo úmido. Após a pulverização, os discos foram transferidos para uma placa de Petri de 3,5 cm de diâmetro, contendo uma camada de ágar-água a 3%. Cada arena foi infestada com dez pulgões adultos ápteros. Após a transferência, as placas foram fechadas e mantidas em câmaras climatizadas. A avaliação da mortalidade foi realizada 24h após a transferência dos pulgões. Os bioensaios foram repetidos quatro vezes, sendo que na testemunha foram utilizadas duas arenas tratadas apenas com água destilada.

As porcentagens médias de sobrevivência e respectivos erros padrões obtidos em cada população ao longo dos seis meses foram analisados de forma descritiva.

Tabelas de vida e fertilidade de *A. gossypii* em plantas de algodoeiro. A biologia das linhagens suscetível e resistente foi avaliada em sala climatizada a temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotofase de 14h.

Plantas de algodoeiro de 40 dias de idade mantidas em vasos foram utilizadas como substrato para o desenvolvimento dos pulgões. Em cada planta foram transferidas três fêmeas adultas ápteras com auxílio de um pincel. Os pulgões foram colocados na face abaxial da terceira folha do ápice para base. Para confinar os pulgões foi utilizada uma gaiola acrílica de 3 cm de diâmetro, tendo em seu centro um orifício de 1,2 cm de diâmetro e 0,4 cm de espessura. Em uma das faces da gaiola foi colada

uma tela do tipo “organza” para confinar os pulgões e permitir ventilação. A gaiola foi fixada na folha com um grampo de latão.

As fêmeas permaneceram por 6h nas gaiolas. Todos os descendentes, exceto um, foram retirados. Dessa forma, para cada linhagem, o acompanhamento da biologia foi iniciado com 27 ninfas com idade, variando de 0h a 6h. As avaliações durante a fase ninfal foram realizadas duas vezes ao dia, às 8:00h e 17:00h e nos adultos apenas uma vez ao dia. Durante as avaliações, era observada a duração de cada ínstar, o número de ínstars, período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo e número de descendentes por fêmea. Na fase adulta, as observações foram realizadas apenas uma vez ao dia.

Os dados dos parâmetros biológicos observados para a linhagem suscetível e resistente foram analisados através do teste *F*, ao nível de significância de $\alpha = 0,05$. Tabelas de vida e fertilidade para as duas linhagens foram obtidas através do método proposto por Andrewartha & Birch (1954), citados por Silveira Neto *et al.* (1976).

Resultados e Discussão

Competição entre linhagens suscetível e resistente ao carbosulfam. As três populações de *A. gossypii* com distintas freqüências de resistência apresentaram reduções significativas na suscetibilidade ao carbosulfam, na ausência de pressão seletiva, em condições laboratoriais (Fig. 1). As maiores quedas na porcentagem de sobrevivência foram observadas para as populações com freqüências iniciais de 50% e 80% de indivíduos resistentes, sendo que as diferenças foram mais pronunciadas a partir do terceiro mês, para as três populações.

As reduções nas porcentagens de sobrevivência observadas para as três populações indicam que a resistência de *A. gossypii* ao carbosulfam é instável na ausência de pressão seletiva. Blackman *et al.* (1987) sugerem que a redução na freqüência pode estar relacionada à contaminação por indivíduos suscetíveis. Porém, a redução na freqüência de sobrevivência não pode ser atribuída a essa hipótese uma vez que o experimento foi conduzido em condições de isolamento para as três populações.

Estudos realizados por Bauernfeind & Chapman (1985) mostraram que a resistência de *Myzus persicae* (Sultzer)

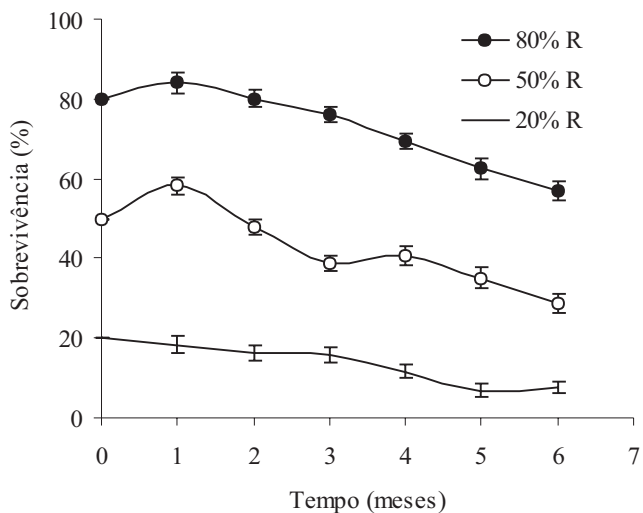


Fig. 1. Alterações nas freqüências de sobrevivência de *A. gossypii* ao carbosulfam em condições laboratoriais (temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h).

(Hemiptera: Aphididae) aos inseticidas endossulfam e paratiom era instável na ausência de pressão de seleção, sendo que a suscetibilidade era restabelecida após 10-27 gerações. Trabalhos de Foster *et al.* (2002) e Grafton-Cardwell (1991) têm relacionado a redução na freqüência de resistência ao custo adaptativo dos indivíduos resistentes em *A. gossypii* e *M. persicae* respectivamente. Por outro lado, Beranek (1974) mostrou que algumas populações de *M. persicae* resistentes ao dimetoato se mantinham resistentes mesmo após várias gerações na ausência de pressão seletiva.

Tabelas de vida e fertilidade de *A. gossypii* em plantas de algodoeiro. O estudo da biologia das linhagens resistente e suscetível de *A. gossypii* mostrou que existem diferenças significativas entre as linhagens para os períodos reprodutivo, pós-reprodutivo e longevidade. Os melhores desempenhos reprodutivos foram obtidos pela linhagem suscetível. O período reprodutivo da linhagem suscetível foi 1,63 vezes maior que a resistente e a longevidade foi 1,53 vezes superior (Tabela 1, Figs. 2 e 3). Em relação ao

Tabela 1. Duração média \pm erro padrão (em dias) dos diferentes períodos de desenvolvimento das linhagens de *A. gossypii* suscetível e resistente ao inseticida carbosulfam.

Período	Linhagens			
	n	Suscetível	n	Resistente
Ninfal	27	5,3 \pm 0,15 a	27	5,7 \pm 0,13 a
Pré-reprodutivo	27	0,4 \pm 0,18 a	27	0,3 \pm 0,21 a
Reprodutivo	26	16,4 \pm 0,84 a	27	10,0 \pm 0,95 b
Pós-reprodutivo	26	0,6 \pm 0,25 a	27	1,1 \pm 0,038 b
Longevidade	26	7,4 \pm 0,93 a	27	11,4 \pm 1,02 b

Médias da mesma linha seguida por mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste *F* ($P < 0,05$).

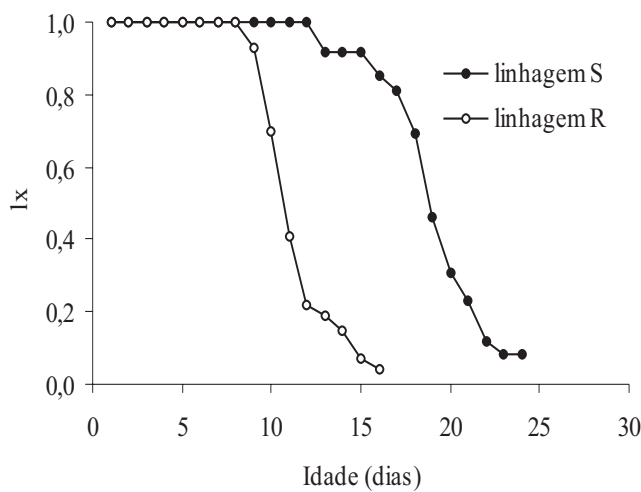


Fig. 2. Sobrevivência de fêmeas (lx) das linhagens de *A. gossypii* suscetível (S) e resistente (R) ao inseticida carbosulfam em condições laboratoriais.

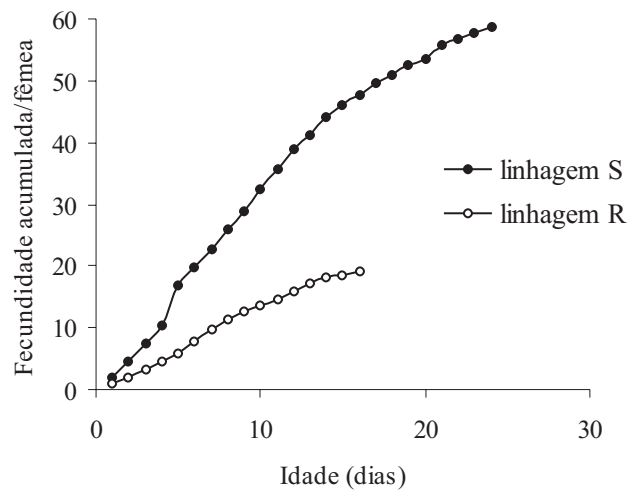


Fig. 3. Fecundidade acumulada das linhagens de *A. gossypii* suscetível (S) e resistente (R) ao inseticida carbosulfam em condições laboratoriais.

número de descendentes, as linhagens apresentaram média de 48 e 15 ninfas/fêmea para a suscetível e resistente respectivamente, ou seja, o número de ninfas por fêmea da linhagem suscetível foi 3,21 vezes superior ao da linhagem resistente. A linhagem resistente apresentou período pós-reprodutivo 1,65 vezes superiores ao da linhagem suscetível. Dessa forma, é possível afirmar que a instabilidade da resistência ao inseticida carbosulfam está parcialmente associada aos parâmetros biológicos da fase adulta.

Não foram observadas diferenças em relação ao número de instares entre as duas linhagens. Também não foram verificadas diferenças na duração do período ninfal e do período pré-reprodutivo (Tabela 1). A viabilidade ninfal foi de 100% para ambas linhagens.

Os índices da tabela de vida e fertilidade das linhagens mostraram que linhagem resistente apresenta uma desvantagem reprodutiva em relação a suscetível na ausência de pressão seletiva (Tabela 2). Um exemplo da desvantagem reprodutiva apresentada pela linhagem resistente pode ser observado a partir da sua menor taxa líquida de reprodução (R_0). O R_0 da linhagem suscetível foi de 43,18 enquanto que

o da resistente foi de apenas 14,04; isto quer dizer a cada geração, a linhagem suscetível tem capacidade de aumentar 3,07 vezes mais que a linhagem resistente. No entanto, as grandes diferenças no R_0 foram atenuadas pelas pequenas diferenças no tempo de geração (T) entre as linhagens na estimativa da capacidade inata de aumentar em número (r_m) e razão finita de aumento (λ).

Trabalhos de custo adaptativo associado à resistência de afídeos a inseticidas têm mostrado grande variabilidade nos resultados. Estudo conduzido por Stone *et al.* (2000) mostra que linhagens de *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), resistentes a pelo menos cinco inseticidas organofosforados, apresentaram desvantagens reprodutivas devido ao maior período pré-reprodutivo, menor produção de descendentes e menor razão finita de aumento (λ). Pozarowska (1987) não observou diferenças significativas nos parâmetros reprodutivos entre as linhagens de *M. persicae* resistente e suscetível a inseticidas organofosforados. Em outro extremo, Eggers-Schumacher (1983) relata que a linhagem de *M. persicae* resistente apresentou vantagens reprodutivas quando comparada à linhagem suscetível na ausência de pressão de seleção.

Muitas vezes, o custo adaptativo da resistência pode estar relacionado a outros parâmetros que não foram avaliados. Foster *et al.* (1997), estudando a dispersão de *M. persicae* resistentes e suscetíveis, observaram que os resistentes apresentavam menor mobilidade, isto é, eles se mantinham por mais tempo nas folhas velhas. Com isso, as chances de os pulgões resistentes se separarem da planta seriam maiores em função da queda de folhas velhas, podendo ocasionar a sua morte por falta de alimento e proteção.

No presente trabalho, os estudos de estabilidade da resistência de *A. gossypii* ao carbosulfam realizados em condições de laboratório, mostraram que a resistência é instável, ou seja, a frequência de resistência diminui significativamente na ausência de pressão de seleção. Comparações de parâmetros de tabela de vida e fertilidade entre as linhagens suscetível e resistente ao carbosulfam mostraram que há custo adaptativo

Tabela 2. Parâmetros biológicos obtidos por meio da tabela de vida e fertilidade para as linhagens de *A. gossypii* suscetível e resistente ao inseticida carbosulfam: Duração média (dias) de uma geração (T), taxa líquida de reprodução (R_0), capacidade inata de aumentar em número (r_m) e razão finita de aumento (λ).

Parâmetros biológicos	Linhagens	
	Suscetível	Resistente
T	14,65	12,13
R_0	43,18	14,04
r_m	0,26	0,22
λ	1,297	1,246

associado à resistência. Portanto, a instabilidade da resistência de *A. gossypii* ao carbosulfam pode ser explorada em programas de manejo da resistência.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor e à FMC do Brasil Indústria e Comércio Ltda., em especial à Eng. Agr. Maria de Lourdes S. Faustino, pelo apoio na realização do trabalho.

Referências

- Bauernfeind, R.J. & R.K. Chapman. 1985. Nonstable parathion and endosulfan resistance in green peach aphids (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 78: 516-522.
- Beranek, A.P. 1974. Stable and non-stable resistance to dimethoate in the peach-potato aphid (*Myzus persicae*). *Entomol. Exp. Appl.* 17: 381-390.
- Blackman, R.L. 1987. Reproduction, cytogenetics and development. In A.K. Minks, P. Harrewijn (eds.), *Aphids: Their biology, natural enemies and control*. New York, Elsevier, p.163-196. (Word Crop Pests, v.2A).
- Crow, J.F. 1957. Genetics of insect resistance to chemicals. *Ann. Rev. Entomol.* 2: 227-246.
- Degrande, P.E. 1998. Guia prático de controle das pragas do algodoeiro. Dourados, UFMS, 60p.
- Delorme, R., D. Augé, M.T. Béthenod & F. Villatte. 1997. Insecticide resistance in a strain of *Aphis gossypii* from Southern France. *Pestic. Sci.* 49: 90-96.
- Eegers-Schumacher, H.A. 1983. A comparison of the reproductive performance of insecticide-resistance and susceptible clones of *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. Appl.* 34: 301-307.
- Foster, S.P., I. Denholm & A.L. Devonshire. 2000. The ups and downs of insecticide resistance in peach-potato aphids (*Myzus persicae*) in the UK. *Crop Prot.* 19: 873-879.
- Foster, S.P., R. Harrington, A.L. Devonshire, I. Denholm, S.J. Clark & M.A. Mugglestone. 1997. Evidence for a possible fitness trade-off between insecticide resistance and the low temperature movement that is essential for survival of UK populations of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Bull. Entomol. Res.* 87: 573-579.
- Foster, S.P., R. Harrington, A.M. Dewat, I. Denholm & A.L. Devonshire. 2002. Temporal and spatial dynamics of insecticide resistance in *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Pest Manag. Sci.* 58: 895-907.
- Georghiou, G.P. 1972. The evolution of resistance to pesticide. *Ann. Rev. Ecol. System.* 3: 133-168.
- Godfrey, L.D., J.A. Rosenheim & P.B. Goodell. 2000. Cotton aphid emerges as major pest in SJV cotton. *Calif. Agric.* 54: 26-29.
- Grafton-Cardwell, E.E. 1991. Geographical and temporal variation in response to insecticides in various life stages of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) infesting cotton in California. *J. Econ. Entomol.* 84: 741-749.
- Gubran, E.E., R. Delorme & D. Augé. 1992. Insecticide resistance in cotton aphid *Aphis gossypii* (Glov.) in the Sudan Guezira. *Pestic. Sci.* 35: 101-107.
- Guilin, C., L. Runzxi & H. Mingjiang. 1997. Comparison of the cotton aphid resistance level between Xinjiang and Shandong populations. *Res. Pest Manag.* 9: 10-12.
- Herron, G.A., K. Powis & J. Rophail. 2001. Insecticide resistance in *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), a serious threat to Australian cotton. *Austral. J. Entomol.* 40: 85-91.
- Hollingsworth, R.G., B.E. Tabashnik, D.E. Ullman, M.W. Johnson & R. Messing. 1997. Relationship between susceptibility to insecticides and fecundity across populations of cotton aphid (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 90: 55-58.
- Konno, R.H. 2005. Subsídios para um programa de manejo da resistência de *Aphis gossypii* Glover 1877 a inseticidas na cultura do algodão. Tese de doutorado, Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, 72p.
- Leclant, F. & J.P. Deguine. 1994. *Aphis* (Homoptera: Aphididae). In G.A. Matthews & J.P. Tunstall (eds.), *Insect pests of cotton*. Cambridge, Cabi Publishing, 456p.
- Papa, G. 2001. Situação atual e perspectivas futuras no manejo de resistência de pragas do algodoeiro a inseticidas. *Congr. Bras. Algodão*, 3. Campo Grande, p.46-50.
- Pozarowska, B.J. 1987. Studies on low temperature survival, reproduction and development in Scottish clones of *Myzus persicae* (Sultzer) and *Aulacorthum solani* (Kaltenbach) (Homoptera: Aphididae) susceptible and resistance to organophosphates. *Bull. Entomol. Res.* 77: 123-134.
- Roush, R.T. & J.A. McKenzie. 1987. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Ann. Rev. Entomol.* 32: 361-380.
- Silveira Neto, S., O. Nakano, D. Barbin & N.A. Villa Nova. 1976. *Manual de ecologia dos insetos*. São Paulo, Ceres, 419p.
- Stone, B.S., R.A. Shufron & G.E. Wilde. 2000. Life history study of multiple clones of insecticide resistance and susceptible greenbug *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 93: 971-974.

Received 20/1/05. Accepted 28/X/05.