

ACAROLOGY

Suscetibilidade de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) ao Enxofre

JOSÉ R. GONÇALVES¹, LÊDA R.D'A. FARONI², RAUL N.C. GUEDES¹, RAMON M. SILVA² E FLÁVIA M. GARCIA²

¹Depto. Biologia Animal, goncalves_mip@hotmail.com; ²Departamento de Engenharia Agrícola Univ. Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG

Neotropical Entomology 36(1):112-116 (2007)

Susceptibility of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) to Sulfur

ABSTRACT - The parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) is a potentially important biocontrol agent of stored grain insect pests, but its presence in insect mass rearing is undesirable. This study was carried out to evaluate the susceptibility of *A. lacunatus* to sulfur. The experimental units were petri dishes containing 30 g of whole wheat grains infested with 30 adults of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae). The treatments consisted of pulverizing the wheat grains with sulfur, at 0, 0.15, 0.3, 0.6, 0.9 and 1.2 mg a.i./g, in five replicates. Three inoculations of *A. lacunatus* were carried out in each petri dish at five, ten and fifteen days after infestation with *R. dominica*. The petri dishes were stored for 60 days at $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ R.H. and 24h scotophase. The parasitic mite was susceptible to all sulfur doses used in the test. The number of eggs of *R. dominica* parasitized by *A. lacunatus* showed a decreasing trend with the increase in doses of sulfur, as did the number of physogastric females of the mite. The mite showed a negative correlation of their instantaneous rate of increase with sulfur dose. No mites developed at sulfur doses higher than 0.3 mg a.i./g. The susceptibility of *A. lacunatus* to sulfur is an important aspect to consider in the control of this parasitic mite in colonies of *R. dominica*. In addition, this control method has low cost and is easy to use.

KEY WORDS: Acari, stored grain, mass rearing, *Rhyzopertha dominica*, acaricide

RESUMO - O ácaro parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) pode ser um importante agente de controle biológico de insetos-praga de grãos armazenados, mas sua presença em criações massais desses organismos é prejudicial. O objetivo deste trabalho foi avaliar a susceptibilidade desse parasita ao enxofre. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri, contendo 30 g de grãos de trigo infestados com 30 adultos de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae). Os tratamentos consistiram no polvilhamento dos grãos de trigo com enxofre, nas doses correspondentes a 0; 0,15; 0,30; 0,60; 0,90 e 1,20 mg i.a./g, em cinco repetições. Foram realizadas três inoculações de *A. lacunatus* por placa de Petri, cinco, dez e quinze dias depois da infestação de *R. dominica*. Em seguida, as placas foram armazenadas por 60 dias a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ UR e escotofase de 24h. O ácaro parasita mostrou-se susceptível a todas doses de enxofre avaliadas. O número de ovos de *R. dominica* parasitados por *A. lacunatus* apresentou uma tendência decrescente com o aumento das doses do acaricida, assim como o número de fêmeas fisogástricas do ácaro. A taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus* se reduziu com o aumento das doses de enxofre, não ocorrendo o desenvolvimento do parasita nas doses superiores a 0,30 mg i.a./g. A susceptibilidade de *A. lacunatus* ao enxofre é importante, uma vez que não existe na literatura uma alternativa de controle desse parasita sobre criações de insetos. Além disso, esse método de controle apresenta baixo custo e é de fácil utilização.

PALAVRAS-CHAVE: Acari, grãos armazenados, criação massal, *Rhyzopertha dominica*, acaricida

O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) vem se destacando como um agente potencialmente útil para o controle biológico de coleópteros-praga de grãos armazenados (Oliveira *et al.* 2003). O ácaro parasita os ovos de seus hospedeiros em temperaturas de 18°C a 40°C , não permitindo o seu desenvolvimento (Faroni *et al.* 2001).

A temperatura ótima para *A. lacunatus* é 30°C , chegando a suprimir 90% dos ovos de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae), no período de 23 dias após sua inoculação sobre populações de 25 adultos do coleóptero (Gonçalves *et al.* 2001).

O primeiro relato de *A. lacunatus* interagindo com praga

de grãos armazenados foi feito por Cross & Krantz (1964), que o coletaram em adultos do coleóptero *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae). Estudos mais aprofundados de *A. lacunatus* iniciaram-se com a descoberta por Faroni *et al.* (2000) desse parasita sobre *R. dominica*. Trabalhos realizados por Oliveira *et al.* (2002, 2003) constataram que esse ácaro é capaz de parasitar ovos dos coleópteros *C. ferrugineus*, *Dinoderus minutus* (Fabricius) (Bostrichidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae).

O hospedeiro em que *A. lacunatus* melhor se desenvolve é *R. dominica*, podendo alcançar até 12 gerações em um mês (Faroni *et al.* 2001). Uma das dificuldades da manipulação de criações massais de insetos hospedeiros é que dificilmente elas estão livres desse ácaro. Esse problema também é observado para o ácaro *Acarophenax tribolii* Newstead & Duvall sobre *Tribolium confusum* Duval e *T. castaneum* (Trivelli & Velázquez 1985, Arnaud *et al.* 1996) e para *Pyemotes tritici* (Lagrèze-Fossat & Montané) (Acari: Pyemotidae) sobre *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae), *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) e *Phoracantha semipunctata* Fabricius (Coleoptera: Cerambycidae) (Navarro *et al.* 1983, Trivelli & Velázquez 1985, Hanks *et al.* 1992).

A dificuldade em se manter criações de insetos livres de ácaros também vem sendo observada em colônias de *Apis cerana* Fabricius, *Apis mellifera* Linnaeus e *Melipona colimana* Ayala (Hymenoptera: Apidae), que são atacadas por *Varroa jacobsoni* (Oudemans), *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari: Varroidae) e *P. tritici* (De Jong *et al.* 1982, Anderson & Trueman 2000).

Na tentativa de controlar a infestação de ácaros em criações massais de insetos, vários acaricidas já foram avaliados, principalmente contra *Pyemotes* spp. (Navarro *et al.* 1983, Dinabandhoo & Dogra 1984), uma vez que esses ácaros também causam dermatites em seres humanos (Rosen *et al.* 2002). Estudos realizados por Hanks *et al.* (1992) constataram que o uso do enxofre reduziu a densidade de *P. tritici* e, conseqüentemente, aumentou a emergência de *P. semipunctata*. Já Arnaud *et al.* (1996), na busca de uma alternativa para eliminar o ácaro *A. tribolii* de criações massais de *T. castaneum*, pulverizaram os adultos desse coleóptero com uma solução de 5% de formol e obtiveram mortalidade dos ácaros após um período de 10h de exposição. No presente estudo, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes doses de enxofre sobre o potencial de parasitismo de *A. lacunatus*, visando a obtenção de criações massais de *R. dominica* livres da presença do ácaro parasita.

Material e Métodos

Criação de *R. dominica*. O coleóptero *R. dominica* foi criado em câmara climatizada, à temperatura de 30 ± 1°C, 60 ± 5% UR e escotofase de 24h, a partir de adultos provenientes da criação estoque do laboratório. A criação foi iniciada com 50 adultos, em placas de Petri contendo grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) previamente expurgados, com teor de água de 13% b.u. (base úmida). Sete dias

após o início da criação, tempo suficiente para que os insetos iniciassem a oviposição. Os ovos da praga foram coletados com peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro e colocados em outras placas com a mesma dieta. Os ovos foram coletados de acordo com um calendário, para que houvesse disponibilidade de adultos de *R. dominica* com idade conhecida (Faroni *et al.* 2001).

Criação de *A. lacunatus*. Espécimes de *A. lacunatus* foram obtidos de criações massais de *R. dominica* infestadas por esse parasita há mais de quatro anos em laboratório. O ácaro foi criado em populações de *R. dominica* a 30 ± 1°C, 60 ± 5% UR e escotofase de 24 h, porém em salas diferentes das criações de *R. dominica* isentas do ácaro, para evitar a contaminação (Faroni *et al.* 2001).

Exposição de *A. lacunatus* ao enxofre. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm (diâmetro x altura), contendo 30 g de grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. (base úmida), infestados com 30 adultos não-sexuados de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Os tratamentos consistiram no polvilhamento com enxofre em pó (grau de pureza 99%) em diferentes doses sobre grãos de trigo, correspondentes a 0; 0,15; 0,30; 0,60; 0,90 e 1,20 mg do ingrediente ativo (i.a.)/g, em cinco repetições. Foram realizadas três inoculações de cinco fêmeas adultas de *A. lacunatus* por placa de Petri, cinco, dez e quinze dias após a infestação de *R. dominica*, período suficiente para que a praga colocasse os primeiros ovos. As placas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar que os insetos e os ácaros escapassem e também para prevenir contaminação por outras espécies. Todos os tratamentos foram armazenados por 60 dias em câmara climatizada ajustada a 30 ± 1°C, 60 ± 5% UR e escotofase de 24h.

Após o período de armazenamento avaliaram-se as populações de *R. dominica* inoculadas com o ácaro e a massa de grãos de trigo presentes por placa. Para isso, a massa de grãos de cada placa foi passada em peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro, separando-se os insetos dos grãos e o resíduo (pó) contendo fases imaturas (ovos e larvas) de *R. dominica* e ácaros. Em seguida, procedeu-se à determinação da perda de massa dos grãos de trigo (%), através da alteração da massa com o término do experimento, e à contagem do número de insetos adultos de *R. dominica*. Para quantificar o número de ovos de *R. dominica* parasitados ou não por *A. lacunatus*, de fêmeas do ácaro em processo de fisiogastria e de larvas de 1º instar de *R. dominica*, foi analisado o resíduo da massa de grãos com auxílio de microscópio estereoscópico.

A taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus* (r_i) foi calculada usando a equação: $r_i = [\ln(N_f/N_0)]/\Delta t$; onde N_f = número final de ácaros vivos; N_0 = número inicial de ácaros vivos; Δt = variação de tempo (número de dias em que o ensaio foi executado) (Walthall & Stark 1997).

Os dados avaliados foram submetidos à análise de regressão, com exceção da taxa instantânea de crescimento (r_i) de *A. lacunatus* e da perda de massa dos grãos de trigo cujas médias foram comparadas pelo teste Duncan, a 5% de significância.

Resultados e Discussão

O ácaro *A. lacunatus* mostrou-se susceptível a todas as doses de enxofre. O número de ovos de *R. dominica* parasitados por *A. lacunatus* apresentou uma tendência decrescente com o aumento da dose do acaricida ($F_{2,27} = 257,75$; $P < 0,001$) (Fig. 1). Essa tendência também foi observada para o número de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* ($F_{2,27} = 100,93$; $P < 0,001$) (Fig. 1). O parasita não sobreviveu nas doses acima de 0,30 mg i.a./g (Fig. 1). Resultados semelhantes foram observados por Hanks *et al.* (1992), quando utilizaram 500 mg de enxofre sobre o ácaro *P. tritici*. O uso do enxofre na prevenção e/ou controle de ácaros é uma prática que já vem sendo empregada há vários anos em condições de campo (Jeppson *et al.* 1975). Em criações massais de insetos, o acaricida vem se destacando, uma vez que pode conferir proteção contra o ataque de ácaros e não afetar a longevidade e fecundidade dos insetos (Hanks *et al.* 1992).

As dificuldades para se prevenir infestação de ácaros em criações massais de insetos são decorrentes da inexistência de produtos registrados para esse fim. No entanto, pesquisadores vêm tentando adaptar produtos recomendados para outras espécies de ácaros em culturas ou em produtos armazenados para o controle desses organismos em criações de insetos (Dinabandho & Dogra 1984, Hanks *et al.* 1992).

Uma vez notada a infestação de ácaros em criações de insetos em laboratório, seu controle é praticamente impossível, sendo, às vezes, necessário descartar tais

criações. Com isso, a prevenção da infestação é de suma importância (Flechtmann & Zem 2002). Algumas espécies de ácaros que atacam colônias de insetos em laboratório podem ser controladas através da limpeza e higienização das salas de criação, dos equipamentos e de materiais utilizados para multiplicação desses organismos, uma vez que podem existir focos de infestação de ácaros nesses locais (Navarro 1993).

Doses de enxofre inferiores a 0,30 mg i.a./g apresentaram efeito subletal no ácaro *A. lacunatus*. Isso foi constatado através da tendência decrescente do número de fêmeas fisogástricas do ácaro e do número de ovos de *R. dominica* parasitados, com o aumento da dose de 0,15 para 0,30 mg i.a./g. O efeito subletal também foi observado para *P. tritici*, quando, após a aplicação do enxofre, o número médio de ácaros infestando *P. semipunctata* foi reduzido significativamente de 39 ± 12 para $2,9 \pm 1,2$ (Hanks *et al.* 1992). Existem evidências de que o enxofre também causa efeitos subletais sobre espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae), os quais apresentam, respectivamente, seu potencial de parasitismo e de predação reduzido com a utilização do acaricida (Thomson *et al.* 2000, Torres *et al.* 2002).

A taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus* também apresentou diferença significativa com a utilização do enxofre ($F_{5,24} = 144,34$; $P < 0,001$) (Fig. 2). Nas doses acima de 0,30 mg i.a./g, não houve desenvolvimento do parasita. Porém, *A. lacunatus* se desenvolveu nas doses de 0,15 e 0,30 mg

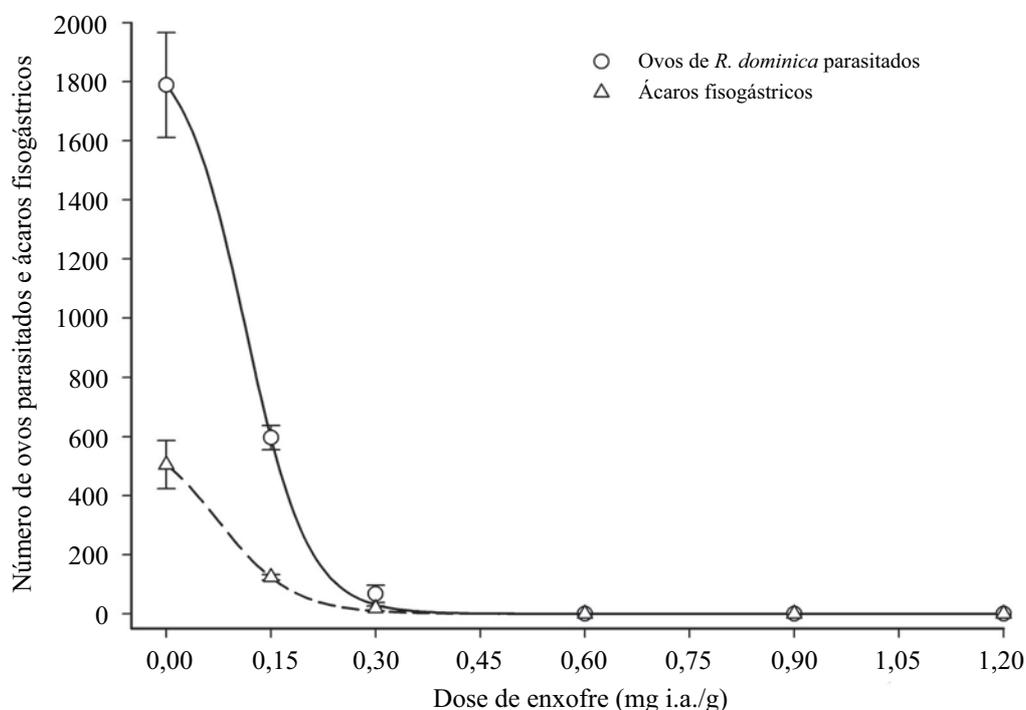


Fig. 1. Número de ovos de *R. dominica* parasitados e fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* em função de doses de enxofre misturado aos grãos de trigo, após 60 dias de armazenamento a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ de UR e 24h de escotofase. ([—] $y = 1933,27/(1+\exp(-(x-0,11)/-0,04))$; $F_{2,27} = 257,75$; $P < 0,001$; $R^2 = 0,95$) ([---] $y = 627,22/(1+\exp(-(x-0,08)/-0,05))$; $F_{2,27} = 100,93$; $P < 0,001$; $R^2 = 0,88$).

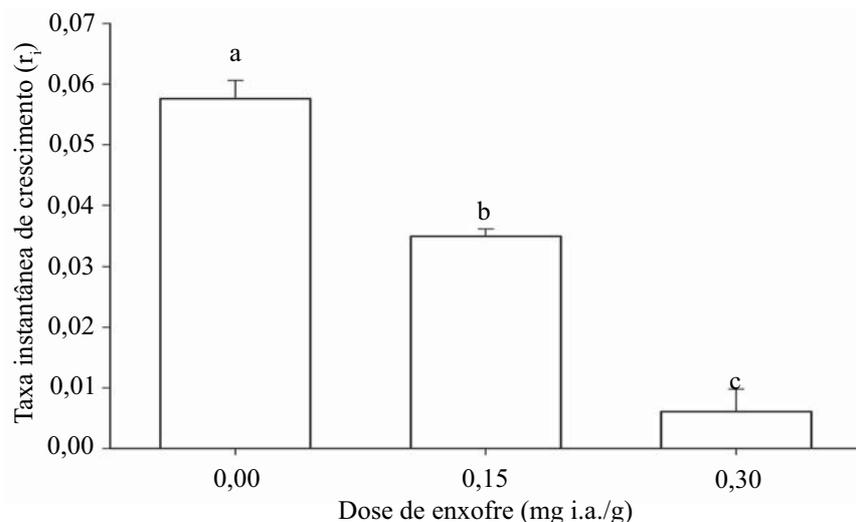


Fig. 2. Taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus*, após 60 dias de armazenamento a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ de UR e 24h de escotofase, em função de doses de enxofre misturado aos grãos de trigo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de significância.

i.a./g do acaricida, com a taxa instantânea de crescimento (r_i) de $0,035 \pm 0,001$ e $0,006 \pm 0,004$, respectivamente (Fig. 2). Resultados semelhantes foram observados por Gonçalves *et al.* (2004) no desenvolvimento de *A. lacunatus* sobre grãos de trigo tratados com bifentrina. Essa resistência pode estar relacionada ao elevado número de gerações do ácaro num curto período de tempo (12 gerações mensais a 30°C) (Faroni *et al.* 2001).

O número de ovos ($F_{1,28} = 339,56$; $P < 0,001$) e larvas ($F_{1,28} = 241,40$; $P < 0,001$) de *R. dominica* apresentou uma

tendência crescente com o aumento das doses de enxofre (Fig. 3). Isto se deve ao potencial de parasitismo de ovos de *R. dominica* pelo ácaro *A. lacunatus*, nas menores doses do acaricida.

Não houve diferença significativa em relação ao número de adultos de *R. dominica* ($F_{5,24} = 1,51$; $P = 0,23$), porém, foi observada diferença significativa para a perda de massa dos grãos de trigo ($F_{5,24} = 6,71$; $P < 0,001$), embora a menor perda só tenha ocorrido na ausência do acaricida.

Na ausência do enxofre, *A. lacunatus* proporcionou

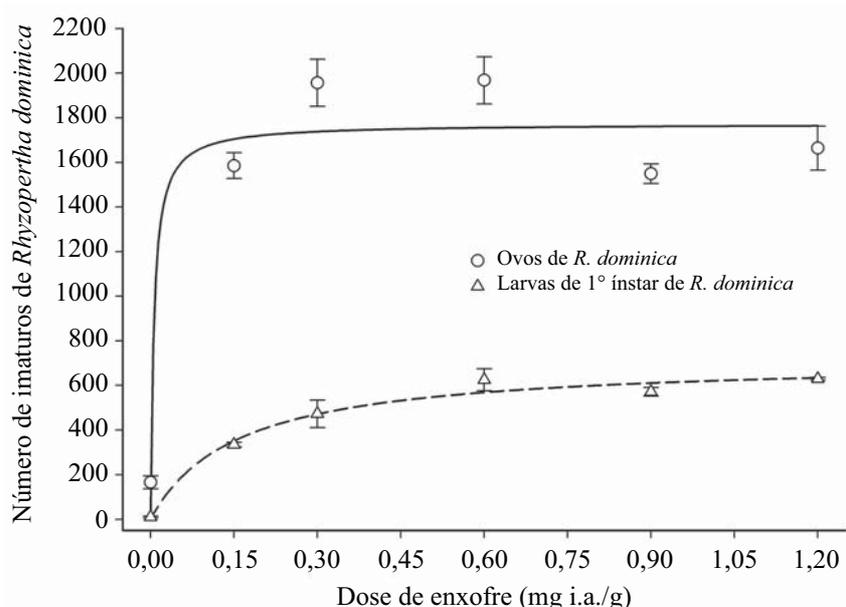


Fig. 3. Efeito de doses de enxofre misturado aos grãos de trigo sobre o potencial de *A. lacunatus* na redução do número de ovos e larvas de *R. dominica*, após 60 dias de armazenamento a $30 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ de UR e 24h de escotofase. ([—] $y = 1787,73 \cdot x / (0,55 + x)$; $F_{1,28} = 339,55$; $P < 0,001$; $R^2 = 0,92$); ([---] $y = 716,93 \cdot x / (5,20 + x)$; $F_{2,28} = 241,40$; $P < 0,001$; $R^2 = 0,90$).

os menores números de ovos e larvas de *R. dominica* e, conseqüentemente, a menor perda de massa dos grãos de trigo. Nas doses de 0,90 a 1,20 mg i.a./g de enxofre, também se reduziu o número de ovos de *R. dominica*. Essa redução pode ter sido ocasionada pelo uso do acaricida, uma vez que nessa faixa de dose, *A. lacunatus* não sobreviveu. Este fato foi relatado por Ware (1994), ao mencionar que o enxofre, embora seja um acaricida, pode afetar o desenvolvimento dos insetos.

Neste estudo, portanto, *A. lacunatus* se mostrou susceptível ao enxofre. Esse resultado é relevante, uma vez que não existe na literatura uma alternativa para o controle desse parasita em criações massais de insetos. Todavia, altas doses desse acaricida também podem afetar o desenvolvimento do hospedeiro. Estudos utilizando *R. dominica* associada a diferentes doses de enxofre, sem o ácaro, devem ser realizados com o intuito de se obter a dose do acaricida que elimine o parasita e não influencie a biologia do hospedeiro.

Referências

- Anderson, D.L. & J.W.H. Trueman. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Exp. Appl. Acarol.* 24: 165-189.
- Arnaud, L., J. Mignon, J.C. Gilson & E. Haubruge. 1996. A simple technique to relieve *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Acarophenax tribolii* (Acarina: Pyemotidae), p.86-87. In Material contributed by workers on *Tribolium* and other coleopteran. San Bernadino, California, School of Natural Sciences, California State University. 253p. (Information Bulletin)
- Cross, E.A. & G.W. Krantz. 1964. Two new species of the genus *Acarophenax* Newstead and Durvall 1918 (Acarina: Pyemotidae). *Acarologia* 6: 287-295.
- Dinabandhoo, C.L. & G.S. Dogra. 1984. Incidence and control of ectoparasitic mite, *Pyemotes herfsi* Oudenmans of the Indian honeybee, *Apis cerana* Fab. *Am. Bee J.* 120: 44-47.
- Faroni, L.R.A.; Guedes, R.N.C. ; Matioli, A.L.. 2000. Potential of *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) as a biological control agent of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Stored Prod. Res.*, 36: 55-63.
- Faroni, L.R.A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2001. Effect of temperature on development and population growth of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Biocontrol Sci. Tech.* 11: 7-14.
- Flechtmann, C.H.W. & A.C. Zem. 2002. Ácaros de produtos armazenados, p.807-856. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Scussel (eds.), Armazenagem de grãos. Campinas, Instituto Bio Geneziz. 983p.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2001. Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) em ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Eng. Agric.* 9: 242-250.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2004. Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Neotrop. Entomol.* 33: 243-248.
- Hanks, L.M., J.S. McCelfresh, J.G. Millar & T.D. Paine. 1992. Control of the straw itch mite (Acari: Pyemotidae) with sulfur in an insect rearing facility. *J. Econ. Entomol.* 85: 683-686.
- Jeppson, L.R., H.H. Keifer & E.W. Baker. 1975. History of chemical control and mite resistance to acaricides, p.47-61. In L.R. Jeppson, H.H. Keifer & E.W. Baker (eds.), Mites injurious to economic plants. University of California Press, Berkley, USA, 614p.
- Jong, D.D. De, R.A. Morse & G.C. Eickwort. 1982. Mite pests of honey bees. *Annu. Rev. Entomol.* 27: 229-252.
- Navarro, M.A. 1993. El *Trichogramma* spp.: Producción, uso y manejo en Colombia, Palmira, ICA., 184p.
- Navarro, R., C. Luna & C. Juarez. 1983. Prueba de diferentes substratos para la cria masiva de *Sitotroga cerealella*. *Agron. Trop.* 33: 111-121.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003. Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. *Biocontrol* 48: 503-513.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes, A. Pallini & J.R. Gonçalves. 2002. Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) sobre *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Neotrop. Entomol.* 31: 245-248.
- Rosen, S., I. Yeruham & Y. Braverman. 2002. Dermatitis in humans associated with the mites *Pyemotes tritici*, *Dermanyssus gallinae*, *Ornithonyssus bacoti* and *Androlaelaps casalis* in Israel. *Med. Vet. Entomol.* 16: 442-444.
- Thomson, L.J., D.C. Glenn & A.A. Hoffmann. 2000. Effects of sulfur on *Trichogramma* egg parasitoids in vineyards: Measuring toxic effects and establishing release windows. *Australian J. Exp. Agric.* 40: 1165-1171.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres, M.R. Silva & J.F. Ferreira. 2002. Compatibilidade de inseticidas e acaricidas com o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em algodoeiro. *Neotrop. Entomol.* 31: 311-317.
- Trivelli, H.Dell'O. & C.J.A. Velásquez. 1985. Insectos que dañan granos y productos almacenados, FAO/RLAC, Santiago, Chile, 142p.
- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997. Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. *Environ. Toxicol. Chem.* 16: 1068-1073.
- Ware, G.W. 1994. Insecticide, p.41-74. In *The pesticide book*, 4a ed. Fresno, CA, Thomson Publications. 386p.