**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Bioecologia do ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst
(Acari: Tenuipalpidae), na Venezuela**

Carlos Luis Vásquez Freytez

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Entomologia

**Piracicaba
2012**

Carlos Luis Vásquez Freytez
Engenheiro Agrônomo

**Bioecologia do ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari:
Tenuipalpidae), na Venezuela**

Orientador:
Prof. Dr. **GILBERTO JOSÉ DE MORAES**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Entomologia

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Vásquez Freytez, Carlos Luis

Bioecologia do ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), na Venezuela / Carlos Luis Vásquez Freytez.- - Piracicaba, 2012.
87 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Ácaro vermelho - Distribuição geográfica 2. Biologia 3. Controle biológico
4. Dinâmica de populações 5. Enzimas oxidativas 6. Palmeiras 7. Plantas hospedeiras
I. Título

CDD 632.6542
V335b

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

À memória de meu amado irmão **Jounger** e de **Carlos Sánchez** quem faleceram durante a realização de meus estudos de doutorado, mas estou certo que me acompanharam cada dia desse difícil caminho na sua ausência.

A meu grande amor, meu filho **Carlos Eduardo**, para você tudo de meu coração.

A toda a minha família, em especial a meus pais **Pablo** e **Altagracia** por ser meu maior apoio. Também a minhas irmãs e irmão, a meus sobrinhos para que esse esforço seja um exemplo para eles.

AGRADECIMENTOS

A Deus e à N. Sra. do Carmo pela força espiritual que deram durante minha vida toda, principalmente durante a realização do doutorado.

À Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, ao Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y de Tecnología (CDCHT-UCLA) e à Enga. Agra. Maria Fernanda Sandoval (Instituto Nacional de Sanidad Agrícola Integral) pelo apoio financeiro.

À Universidade de São Paulo, particularmente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” por ter me acolhido no seu seio para me formar como doutor em Entomologia.

Ao Prof. Gilberto José de Moraes, além da excelente orientação a mim prestada, pela amizade e apoio que me ofereceu principalmente nos momentos de grande dificuldade.

A Dra. Maria Auxiliadora Jiménez, Dra Grisaly García e a Profa. Naileth Méndez pelas valiosas ideias para a realização do estudo de enzimas.

A meus amigos da Venezuela Neicy, Alcides, Luis Alfredo, Lilian, Yolmar, Grisaly, Martha, Nelly e Maria Carolina, pela grande amizade que ao longo dos anos têm me presenteado e pelo apoio incondicional.

À minha amiga Pastora, ao Prof. Fredy Vega e ao Jonas por terem sido minha família e minha companhia aqui no Brasil.

À Yelitza Colmenárez pela oportunidade e apoio para fazer parte dos estudos no Laboratório de Entomologia de CABI, em Trinidad e Tobago.

A meus amigos hispânicos John Jairo, Osmar e Edgar com quem compartilhei momentos agradáveis durante a minha estada no Brasil.

A meus amigos brasileiros Fernando, Tatiane, Eliane Grissoto, Jeronimo, Daniel e Mauro por me ajudar quando precisei durante os estudos.

Aos produtores de coqueiro nos estados de Falcón e Sucre pelo apoio para a realização dos estudos de campo.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
Referências	19
2 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA, PLANTAS HOSPEDEIRAS E INIMIGOS NATURAIS DE <i>Raoiella indica</i> HIRST NA VENEZUELA	21
Resumo	21
Abstract	21
2.1 Introdução	22
2.2. Desenvolvimento	23
2.2.1 Material e Métodos	23
2.2.2 Resultados e Discussão	25
Referências	32
3 DISTRIBUIÇÃO INTRA-PLANTA E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE <i>Raoiella</i> <i>indica</i> HIRST EM COQUEIROS NO ESTADO DE FALCÓN, VENEZUELA	35
RESUMO.....	35
ABSTRACT	35
3.1 Introdução	36
3.2 Desenvolvimento	37
3.2.1 Materiais e Métodos	37
3.2.2 Resultados e Discussão	39
Referências	49
4 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE <i>Raoiella indica</i> HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE) EM PLANTAS ORNAMENTAIS	53
Resumo	53
Abstract	53
4.1 Introdução	54
4.2 Desenvolvimento	55
4.2.1 Material e Métodos	55
4.2.2 Resultados e Discussão	57

Referências.....	61
5 RELAÇÃO ENTRE A AÇÃO DE ENZIMAS OXIDATIVAS E PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDEOS EM GENÓTIPOS DE COQUEIRO E A RESISTÊNCIA DESTES AO ÁCARO <i>Raoiella indica</i> HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE).....	64
Resumo	64
Abstract.....	64
5.1 Introdução.....	65
5.2 Desenvolvimento	67
5.2.2 Material e Métodos	67
5.2.2.1. Aspectos biológicos de <i>R. indica</i> sobre diferentes germoplasmas de coqueiro	67
5.2.2.2 Respostas bioquímicas induzidas pelo ataque de <i>R. indica</i> em coqueiros mantidos sob condições de casa de vegetação	68
5.2.3 Resultados e Discussão	73
Referências.....	83

RESUMO

Bioecologia do ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), na Venezuela

A ocorrência do ácaro vermelho das palmeiras (AVP), *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), foi relatada no Novo Mundo em 2004 e desde então este ácaro tem colonizado várias espécies de aceráceas e musáceas, assim como plantas ornamentais de outras famílias nas ilhas do Caribe, Florida (USA), Venezuela, Brasil e Colômbia. Desde aquele primeiro relato, essa espécie tem produzido consideráveis perdas econômicas em coqueiro nos países onde foi encontrada, o que tem conduzido a um interesse cada vez maior em se conhecer o impacto da praga às plantas em que este ácaro tem sido encontrado. Com o objetivo de conhecer aspectos bioecológicos do AVP na Venezuela foram feitas amostragens para determinar a distribuição geográfica nesse país assim como as plantas hospedeiras e inimigos naturais com os quais a praga tem sido encontrada. A biologia da praga foi estudada em plantas ornamentais e em espécies de palmeiras nativas do Neotrópico, para avaliar o seu potencial em causar dano a estas plantas. Além disso, foi estudada sua distribuição intra-planta, sua flutuação populacional em plantios comerciais de coqueiro e também as variações na expressão das enzimas oxidativas (POD e PPO) e o grau de peroxidação de lipídeos em genótipos de coqueiro, como respostas à alimentação deste ácaro. Foram verificados altos níveis populacionais do AVP em plantios comerciais de coqueiro e em outras plantas crescendo naturalmente no litoral na Venezuela. Em apenas oito espécies de Arecaceae, uma de Musaceae e uma de Strelitziaceae foram verificados todos os estágios de desenvolvimento do AVP, sugerindo que este se desenvolve e se reproduz nestas plantas. O ácaro fitoseídeo *Amblyseius largoensis* (Muma) foi o predador mais frequentemente associado com o AVP em todos os locais estudados. Maiores densidades do AVP foram observadas nas regiões mediana e basal das folhas coletadas nos estratos mediano e basal da copa da planta. Em 2010, os níveis populacionais do AVP foram mais elevados que em 2011, aparentemente em função dos níveis menores de precipitação naquele ano. O AVP conseguiu se desenvolver sobre as espécies de plantas ornamentais, mas não nas espécies de areáceas nativas do Novo Mundo. Com relação às enzimas oxidativas, as atividades das POD, PPO e a peroxidação de lipídeos foram maiores em plantas infestadas dos cultivares Anão Amarelo da Malásia (AAM) e Gigante do Caribe (GC) quando comparadas com os respectivos controles. Além disso, maiores atividades de POD e PPO foram detectadas no cultivar 'AAM' que no cultivar 'GC', tanto em plantas infestadas quando não infestadas. Em contraste, maior peroxidação de lipídeos foi verificada em plantas do cultivar GC infestadas. Estes resultados sugerem que provavelmente esses genótipos de coqueiro possuem mecanismos de resistência ao AVP, porém estudos complementares precisam ser realizados.

Palavras-chave: Distribuição geográfica; Plantas hospedeiras; Controle biológico; Dinâmica populacional; Biologia; Enzimas oxidativas

ABSTRACT

Bioecology of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Venezuela

Occurrence of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), was related in the New World in 2004 and since then this mite species has colonized several arecaceae and musaceae plant species, but also ornamental species in the Caribbean Islands, Florida (USA), Venezuela, Brazil and Colombia. Since firstly reported, this mite species has provoked considerable economic losses in coconut in countries where it has been found thus raising more interest to know pest impact on plant species on which mite has been found. In order to know biological aspects of *R. indica* samplings were made to determine geographical distribution, and also host plants and natural enemies which are found with it. Pest biology was assessed in ornamental plants and also on palms species native to Neotropical region in order to evaluated potential to cause damage on these plant species. Besides intra-plant distribution and population fluctuation was evaluated in coconut commercial plots and also variations in oxidative enzyme expression (POD and PPO) and extent of lipid peroxidation in coconut genotypes as response to *R. indica* feeding. Higher population levels of RPM were verified in coconut commercial plots but also in naturally growing plants in the coastal line in Venezuela. All developmental stages of the RPM were verified only on eight Arecaceae species, one Musaceae and one Strelitziaceae species thus suggesting that mite is able to develop and reproduce on these plant species. Phytoseiid mite *Amblyseius largoensis* (Muma) was the most frequent predator species associated to the RPM in all of the sampling areas. Higher mite densities were observed in middle and basal portions from leaf collected from middle and basal canopy. In 2010, RPM population levels were higher than in 2011, probably as function to lower rainfall levels in that year. The RPM completed development on ornamental plant species but did not on arecaeae native to New World. In regard to oxidative enzymes, POD and PPO activities and lipid peroxidation were higher in infested plants from Malaysian Yellow Dwarf (MYD) and Caribbean Tall (CT) as compared to respective controls. Besides higher POD or PPO activities were detected in MYD cultivar than in CT both in infested or no infested plants. In contrast, higher lipid peroxidation was verified in infested CT cultivar. Our results suggest that probably these coconut genotypes exhibit resistance mechanism to the RPM, however more detailed studies are required.

Keywords: Geographical distribution; Host plants; Biological control; Population dynamics; Biology; Oxidative enzymes

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estados em que se realizou a avaliação da possível ocorrência de <i>Raoiella indica</i> em 2008-2012 e estados em que este ácaro foi encontrado.....	26
Figura 3.1 – Número médio de <i>Raoiella indica</i> /cm ² em plantios de coqueiros em Chichiriviche, estado de Falcón, Venezuela; abril a agosto-2010.....	41
Figura 3.2 – Número médio de <i>Raoiella indica</i> /cm ² nos terços basal, mediano e apical de folhas tomadas dos estratos basal, mediano e apical da copa de coqueiro no estado de Falcón, Venezuela.....	41
Figura 3.3 – Número médio de <i>Raoiella indica</i> /cm ² nos terços apical, mediana e basal de folhas de coqueiro no estado de Falcón, Venezuela.....	42
Figura 3.4 – Flutuação populacional de <i>Raoiella indica</i> em três plantações comerciais de coqueiro (abril – agosto 2010) no estado de Falcón, Venezuela.....	46
Figura 3.5 – Flutuação populacional de <i>Raoiella indica</i> em três plantações comerciais de coqueiro (Dez 2010 – Nov 2011) no Estado de Falcón, Venezuela.....	47
Figura 5.1 – Oviposição diária de <i>Raoiella indica</i> sobre folíolos de mudas de diferentes genéticos de coqueiro a 29 ± 1,0°C, 60 ± 10% UR e fotoperíodo diário de 12 horas de luz.....	75
Figura 5.2 - Variação no conteúdo das PT em em coqueiros dos cultivares Anão Amarelo da Malásia e Gigante do Caribe infestados e não infestados com <i>Raoiella indica</i>	76
Figura 5.3 – Variação da atividade de peroxidases (a) e polifenol oxidases (b) em coqueiros dos cultivares Anão Amarelo da Malásia e Gigante do Caribe infestados e não infestados com <i>R. indica</i> ...	77
Figura 5.4 – Relação entre a atividade de enzima peroxidase (POD) e o número de ácaros nos cultivares de coqueiro Anão Amarelo da Malásia (AAM) e Gigante do Caribe (GC).....	79
Figura 5.5 – Relação entre a atividade da Polifenol oxidase (PPO) e o número de <i>Raoiella indica</i> nos cultivares de coqueiro Anão Amarelo da Malásia (AAM) e Gigante do Caribe (GC).....	80
Figura 5.6 – Conteúdo de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), indicadoras da peroxidação de lipídeos em folhas de dois cultivares de coqueiro (AAM: Anão Amarelo da Malásia; GC: Gigante do Caribe), de acordo com diferentes níveis de infestação de <i>Raoiella indica</i> (controle: sem	

infestação; baixo: 10; médio: 20; alto: 50 fêmeas/folículo)..... 82

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Locais e plantas sobre as quais <i>Raoiella indica</i> foi encontrado na Venezuela em um levantamento realizado em 2008-2012.....	27
Tabela 2.2 – Espécies de plantas amostradas em vários estados na Venezuela, com indicação daquelas sobre as quais <i>Raoiella indica</i> foi encontrada.....	28
Tabela 2.3 – Ácaros encontrados em folhas de coqueiro no norte da Venezuela em levantamentos realizados entre 2008-2012.....	31
Tabela 3.1 – Resultados de análise fatorial relativa às densidades de <i>Raoiella indica</i> determinadas em três plantios de coqueiro em diferentes datas de amostragem (avaliações realizadas a cada 14 dias, entre abril e agosto de 2010), estratos da copa (terço basal, médio, apical) e regiões da folha (terço basal, médio, apical) em Chichiriviche, estado de Falcón. Venezuela.....	40
Tabela 4.1 – Tempo de desenvolvimento em dias ($\pm$ Desvio Padrão) de <i>Raoiella indica</i> em diferentes plantas hospedeiras.....	57
Tabela 4.2 – Longevidade (dias) e oviposição (ovos/fêmea/dia) ($\pm$ Desvio Padrão) de <i>Raoiella indica</i> sobre diferentes plantas hospedeiras.....	59
Tabela 4.3 – Parâmetros da tabela de vida de <i>Raoiella indica</i> em diferentes plantas hospedeiras a $29 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 h de luz.....	60
Tabela 5.1 – Diluições da solução inicial de albumina de soro bovino (ASB) em buffer Tris (2 mg/1 ml) para a obtenção da curva de calibração.....	70
Tabela 5.2 – Absorvância da albumina de soro bovino (ASB) diluído em diferentes volumes de Bradford.....	70
Tabela 5.3 – Duração (em dias $\pm$ Desvio Padrão) do ciclo biológico de <i>Raoiella indica</i> criado sobre folíolos de mudas de diferentes genótipos de coqueiro a $29 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 horas de luz.....	73
Tabela 5.4 – Oviposição média (número de ovos $\pm$ Desvio Padrão) de <i>Raoiella indica</i> criado sobre folíolos de mudas de diferentes genótipos de coqueiro a $29 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 horas de luz.....	74

1 INTRODUÇÃO

O ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, foi descrito a partir de espécimes coletados em folhas de coco, *Cocos nucifera* L., procedentes da Índia (HIRST, 1924). Este ácaro tem sido considerado uma praga de importância econômica para várias espécies de Arecaceae, principalmente coqueiros, podendo também causar danos consideráveis a espécies de Musaceae e a plantas ornamentais de outras famílias botânicas (FLECHTMANN; ETIENNE, 2004, 2005; ETIENNE; FLECHTMANN, 2006).

Como sumariado por Mendonça et al. (2005), *R. indica* está amplamente distribuída na Índia, Paquistão, Rússia, Irã, Israel, Omã, Egito, Sudão e Ilha de Maurício. Mais recentemente, este ácaro foi introduzido em várias ilhas do Caribe, incluindo Martinica (FLECHTMANN; ETIENNE, 2004), Santa Lucia e Dominica (KANE et al., 2005), Guadalupe e São Martín (ETIENNE; FLECHTMANN, 2006), Porto Rico e Ilhas Culebra (RODRÍGUES et al., 2007), Trinidad e Tobago, Jamaica e Haiti (R. Ochoa 2006, SEL, BARC, USDA, comunicação pessoal). No final de 2007, foi encontrado em Güiria, estado Sucre, no nordeste de Venezuela (VÁSQUEZ et al., 2008), assim como no condado de Palm Beach, Estado de Flórida, Estados Unidos da América do Norte, onde a praga tem sido considerada uma ameaça direta à indústria das palmeiras ornamentais e a plantações de coqueiro na Florida, Alabama, Arizona, Califórnia, Havaí, Porto Rico e Texas (NAPPO, 2007).

Ainda são poucas as informações disponíveis sobre os inimigos naturais desta praga. Na Índia, *R. indica* é predado pelo fitoseídeo (Phytoseiidae) *Amblyseius channabasavanni* Gupta & Daniel (DANIEL, 1981) e por *Stethorus keralicus* Kapur (Coleoptera: Coccinellidae) (PUTTASWAMY; RANGASWAMY, 1976). Na região do Caribe, vários estudos têm sido realizados sobre os ácaros predadores associados a *R. indica*, tendo-se relatado os fitoseídeos *Amblyseius largoensis* Muma e *Neoseiulus longispinosus* (Evans), assim como o cunaxídeo *Armascirus taurus* (Kraemer) em associação com *R. indica* em Santa Lucia (PEÑA et al., 2006). Porém, *A. largoensis* tem sido a espécie mais frequentemente encontrada em Guadalupe e São Martinho (ETIENNE; FLECHTMANN, 2006), Trinidad e Tobago (PEÑA et al., 2009), Cuba (RODRÍGUEZ et al., 2010) e Flórida (Estados Unidos da América do Norte) (CARRILLO; PEÑA, 2012). *Amblyseius largoensis* tem demonstrado potencial

para controlar as populações de *R. indica*, particularmente quando as populações da praga são baixas (RODRÍGUEZ et al., 2010; CARRILLO; PEÑA, 2012).

Raoiella indica foi recentemente relatada no Brasil (NÁVIA et al., 2011). Este país é considerado o segundo maior produtor de banana a nível mundial, com cerca de 500 mil hectares plantados e uma produção de aproximadamente seis milhões de toneladas (FAO, 2004). Por outro lado, são conhecidas no Brasil 284 espécies de Arecaceae, incluindo o coqueiro (LORENZI, 1996), sendo este o segundo maior produtor de coco na América Latina (PERSLEY, 1992).

Na Venezuela, altas populações de *R. indica* têm sido encontradas sobre folhas de coqueiro, palmeira imperial-de-Cuba (*Roystonea regia* (HBK) Cook) e bananeira (*Musa* sp.), nos municípios de Valdez, Andrés Bello, Estado de Sucre, e no município de Bolívar, Estado de Monagas (VÁSQUEZ et al., 2008); presume-se que a praga já tenha também dispersado até o Estado de Zulia, no ocidente do país (Magally Quirós, comunicação pessoal). Este último estado é o maior produtor de banana da Venezuela. Devido à rápida dispersão da praga ao longo do litoral venezuelano, o “Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral” (INSAI) tem estabelecido medidas quarentenárias para dificultar a dispersão da praga a outros locais ao norte da Venezuela, mas estas não têm sido eficazes.

Objetivo Geral

Avaliar aspectos da bioecologia de *R. indica* no litoral da Venezuela, assim como determinar a resistência de genótipos de coqueiro, encontrados naquela região, à alimentação da praga.

Objetivos Específicos

- a. Determinar a distribuição geográfica de *R. indica* e determinar espécies de plantas hospedeiras alternativas deste ácaro no litoral da Venezuela.
- b. Identificar as espécies de Phytoseiidae que ocorrem naturalmente nos diferentes ecossistemas onde a praga ocorre.
- c. Estudar a distribuição intra-planta e a flutuação populacional de *R. indica* em coqueiros no estado de Falcón, Venezuela.
- d. Avaliar aspectos biológicos de *R. indica* sobre diferentes plantas hospedeiras.
- e. Avaliar a resistência de diferentes genótipos de coqueiro em resposta à alimentação por *R. indica*.

Referências

CARRILLO, D.; PEÑA, J. E. Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p. 361–372, 2012.

DANIEL, M. Bionomics of the predaceous mite *Amblyseius channabasavanni* (Acari: Phytoseiidae), predaceous on the palm mite *Raoiella indica*. In: INDIAN SYMPOSIUM IN ACAROLOGY, 1., 1981, Bangalore. **Contributions to acarology in India: proceedings...** Bangalore: Anubhava Printers. 1981. p. 167-173.

ETIENNE, J.; FLECHTMANN, C.H.W. First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadalupe and Saint Martin, West Indies. **International Journal of Acarology**, Oxon, v. 32, p. 331-332, 2006.

FAO. **La economía mundial del banano 1985-2002**. Disponível em: <[ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5102s/y5102s00.pdf](http://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5102s/y5102s00.pdf)>. 2004. Acesso em: Março,

FLECHTMANN, C.H.W.; ETIENNE, J. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 9, p. 109-110, 2004.

_____. Un nouvel acarien ravageur des palmiers: en Martinique, premier signalement de *Raoiella indica* pour les Caraïbes. **Phytoma**, Julliet –Août, v. 548, p. 10-11. 2005.

HIRST, S. On some new species of red spider. **The Annals and Magazine of Natural History**, London, v. 14, p. 522-527, 1924.

KANE, E.C.; OCHOA, R.; MATHURIN, G.; ERBE, E.F. *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae): an island-hopping mite pest in the Caribbean. Disponível em: <<http://www.sel.barc.usda.gov/acari/PDF/TrinidadHandout.pdf>>. 2005. Acesso em: 16 jul. 2010.

LORENZI, H. **Palmeiras no Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996. 303p.

MENDONÇA, R.S.; NAVIA, D.; FLECHTMANN, C.H.W. *Raoiella indica* Hirst (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae), o acaro vermelho das palmeiras: uma ameaça para as Americas. Brasília: EMBRAPA, Rec. Genet. Biotec., 2005. 37p. (Documentos, 146).

NATIONAL AMERICAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **Detecciones del ácaro rojo de la palma (*Raoiella indica*) en el condado Palm Beach, Florida, Estados Unidos**: notificación oficial de plaga. Palm Beach, 2007. 1v.

NÁVIA, D.; MARSARO Jr, A.L.; SILVA, F. R. da; GONDIM Jr., M.G.C.; MORAES, G.J. de. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 409-411, 2011.

PEÑA, J.E.; MANNION, C.M.; HOWARD, F.W.; HOY, M.A. ***Raoiella indica* (Prostigmata: Tenuipalpidae): the red palm mite: a potential invasive pest of palms and bananas and other tropical crops of Florida.** Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN68100.pdf>. 2006. Acesso em: jul. 2008.

PEÑA, J.E.; RODRIGUES, J.C.V.; RODA, A.; CARRILLO, D.; OSBORNE, L.S. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. In: MEETING OF IOBC/WPRS, 2., 2009. Florência. **Proceedings...** Florência: International Organization for Biological and Integrated Control, 2009. p. 69–79.

PERSLEY, G.J. **Replanting the tree of life:** towards an international agenda for coconut palm research. Wallingford: CAB International, 1992. 156 p.

PUTTASWAMY, ;RANGASWAMY, H.R. *Stethorus keralicus* Kapur (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of the areca palm mite. **Current Research**, Kerala, v. 5, p. 27-28, 1976.

RODRIGUES, J.V.C.; OCHOA, R.; KANE, E. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra island. **International Journal of Acarology**, Oxon, v. 33, n. 1, p. 3-5, 2007.

RODRIGUEZ, H.; MONTOYA, A.; FLORES-GALANO, G. Conducta alimentaria de *Amblyseius largoensis* (Muma) sobre *Raoiella indica* Hirst. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 25, n. 1, p. 26-30, 2010.

VÁSQUEZ, C.; QUIRÓS, M.; APONTE, O.; SANDOVAL, M.F. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 739-740, 2008.

2 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA, PLANTAS HOSPEDEIRAS E INIMIGOS NATURAIS DE *Raoiella indica* Hirst NA VENEZUELA

Resumo

O ácaro vermelho das palmeiras (AVP), *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), é considerado uma espécie invasora no Novo Mundo. Atualmente, é considerada uma ameaça à produção de coco e banana nestas regiões. Em 2007, esse ácaro praga foi encontrado ao nordeste da Venezuela. Para determinar sua distribuição naquele país, foram feitas amostragens de outubro 2008 a abril 2010 em coqueiros (*Cocos nucifera* L.) e bananeiras (*Musa* spp.), assim como em espécies ornamentais e plantas daninhas que crescem em associação com estas culturas. As amostragens foram conduzidas em municípios das regiões nordeste (estados de Anzoátegui, Monagas, Nueva Esparta e Sucre), central (Aragua, Carabobo e Miranda) e noroeste (Falcón, Lara, Yaracuy e Zulia) da Venezuela. Foram verificados altos níveis populacionais do AVP em plantações comerciais de coqueiro nos estados Falcón e Sucre, mas também em outras plantas crescendo naturalmente no litoral dos estados de Anzoátegui, Aragua, Carabobo, Monagas e Nueva Esparta. De um total de 34 espécies de plantas amostradas, em apenas oito espécies de Arecaceae, uma de Musaceae e uma de Strelitziaceae foram verificados todos os estágios de desenvolvimento do AVP, sugerindo que o ácaro se desenvolve e se reproduz nestas plantas. Considerou-se que a constatação do ácaro em espécies de plantas invasoras represente eventos ocasionais, de vez que as formas imaturas da praga não foram observadas nestas plantas. O fitoseídeo *Amblyseius largoensis* (Muma) foi a espécie predadora mais frequentemente associada com o AVP em todos os locais estudados, porém outras espécies de ácaros predadores também foram encontradas em alguns locais. Os resultados indicam que o AVP tem se dispersado em extensas áreas no norte da Venezuela. Considerando o relato da praga no norte do Brasil em 2009, sugere-se que amostragens sejam conduzidas também na região sul da Venezuela, para confirmar a possível presença da praga em palmeiras que ocorrem naturalmente nessa região, assim como para identificar as espécies predadoras associadas à praga.

Palavras-chave: Praga invasora; Ácaro vermelho das palmeiras; América do Sul; Plantas hospedeiras

Abstract

The red palm mite (RPM), *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), is an invasive pest in the New World. It is currently considered a serious threat to coconut and banana in this region. In 2007, this pest mite was reported in northern Venezuela. To determine its current distribution in this country, surveys were carried out from October 2008 to April 2010 in coconut (*Cocos nucifera* L.), banana (*Musa* spp.), and also in ornamental plants and weeds growing in association with those crops. Samplings were conducted in municipalities in northeastern (Anzoátegui, Monagas, Nueva Esparta and Sucre), central (Aragua, Carabobo and Miranda) and northwestern (Falcón, Lara, Yaracuy and Zulia) regions in Venezuela. RPM higher population levels were registered in commercial coconut farms in Falcón, and Sucre states but also on other plant species naturally growing along coastal line in

Anzoategui, Aragua, Carabobo, Monagas and Nueva Esparta states. Out of 34 botanical species only on eight arecaceous, one musaceous and one streliziacious species all RPM stages were observed thus suggesting developing and reproduction of mite on those plant species. Mite specimens found on weeds was considered as occasional events since pest immature stages were not observed on these plant species. The phytoseiid mite *Amblyseius largoensis* (Muma) was the most frequent predatory mite associated to RPM in all sampling sites, however other predatory mites were also found in some locations. Results indicate that RPM has spread to extensive areas in the northern part of the country. Considering recent report of this pest mite in northern Brazil in late 2009, additional samplings in southern Venezuela should be carried out to confirm its presence on native palm species occurring naturally in this area and also to identify associated predatory species.

Keywords: Invasive pest; Red palm mite; South America; Host plants

2.1 Introdução

Os plantios de coqueiros concentram-se principalmente na Ásia, sendo Indonésia, Filipinas e Índia os principais países produtores, contribuindo com 70% da produção mundial (FAO, 2012). Já na América, Brasil e México são os maiores produtores, produzindo respectivamente 2.960.050 e 1.004.710 toneladas de cocos anualmente. Além destes, várias outras regiões do Novo Mundo têm plantações comerciais de coqueiro, principalmente as ilhas do Caribe.

Entre as espécies de ácaros que causam danos ao coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) tem sido considerada uma séria ameaça para essa cultura, devido aos severos danos que causa aos frutos e à sua ampla distribuição nas principais áreas produtoras no mundo (NÁVIA et al., 2005). A introdução do Ácaro Vermelho das Palmeiras (AVP), *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), no Caribe (FLECHTMANN; ETIENNE, 2004) contribuiu ainda mais para a diminuição da produção de coqueiro na região, em função do ataque de ácaros. De acordo com Flechtmann e Etienne (2005) e Rodrigues et al. (2007), o dano causado pelo AVP inicia como pequenas manchas amareladas sobre a superfície abaxial da folha, que posteriormente tornam-se manchas cloróticas de maior tamanho. Esses autores hipotetizaram que possivelmente a alimentação contínua do ácaro produzia enrolamento e a seca das pontas dos folíolos, finalizando com a morte das plantas em viveiros, embora as plantas de mais de cinco anos possam resistir ao dano.

Os primeiros estudos realizados nas Américas se concentraram em determinar a distribuição geográfica do AVP, as plantas hospedeiras e os inimigos naturais associados. Quando da introdução da praga neste hemisfério, além do coqueiro, o ácaro foi relatado apenas sobre *Veitchia merrillii* (= *Adonidia merrillii*) (FLECHTMANN; ETIENNE, 2004, 2005). Logo depois, o número de plantas hospedeiras incrementou para outras sete espécies de palmeiras, duas de Zingiberaceae e uma espécie cada de Heliconiaceae, Strelitziaceae e Musaceae. Posteriormente, de acordo com vários estudos, o número de possíveis hospedeiros aumentou muito (COCCO; HOY, 2009). O objetivo do presente trabalho foi determinar a distribuição geográfica do AVM e espécies de plantas hospedeiras alternativas no litoral da Venezuela, assim como identificar as espécies de Phytoseiidae que ocorrem naturalmente associados a ela nos diferentes ecossistemas onde a praga ocorre.

2.2. Desenvolvimento

2.2.1 Material e Métodos

Para determinar a distribuição geográfica da praga, foram feitas amostragens em várias plantações de coqueiro, nos estados de Falcón e Sucre, mas também em coqueiros crescendo naturalmente no litoral dos estados de Anzoátegui, Aragua, Carabobo, Monagas e Nueva Esparta de outubro 2008 a 2010. Foram selecionados para amostragem cultivos de fácil acesso ao longo da estrada principal que atravessa diferentes municipalidades desta região. De cada campo amostras foram tomadas de dez coqueiros mostrando sintomas de amarelecimento das folhas, coletando-se dez folíolos ao acaso de cada um. Os folíolos de cada campo foram colocados juntos em um saco plástico, sendo este por sua vez colocado em uma caixa de isopor com gelo para transporte ao laboratório, onde os folíolos foram examinados sob um estereomicroscópio. Quando ácaros que pareciam ser o AVP foram encontrados, um máximo de dez espécimes fêmeas e três espécimes machos foram coletados. Cinco exemplares de outras espécies de ácaros (fitófagos ou predadores) foram também coletados. Todos os ácaros foram montados em meio de Hoyer para a posterior identificação até o menor nível taxonômico possível.

Com relação às bananeiras, amostragens foram feitas em plantações crescendo perto das plantações de coqueiro nos estados de Falcón, Monagas e Sucre onde foram selecionadas três plantações em pequena escala. Por outro lado, foram feitas amostragens em plantios comerciais em duas das principais áreas produtoras de bananas no país onde não existiam plantações de coqueiro, sendo amostrados quatro campos (estado de Zulia) e dois campos (estado de Aragua) comerciais que produzem várias espécies (plátano 'Harton Gigante' (*Musa* AAB), banana (*Musa* AAA) subgrupo Cavendish e 'Cambur Manzano' (*Musa* AAB). de *Musa*. Em cada local de amostragem, tomou-se uma folha completamente madura de cada uma de dez plantas também tomada ao acaso.

Para o exame das plantas espontâneas foram selecionados dois plantios de coqueiro dos municípios de Acosta e Monseñor Iturriza, estado de Falcón. De cada plantio foram coletados cinco espécimes da vegetação espontânea crescendo nos plantios, os quais foram selecionados pela abundância nos locais de amostragem. De cada espécie de invasora foram tomadas amostras tanto para a herbarização quanto para o exame da presença de ácaros. Os espécimes herbarizados foram identificados por comparação com exemplares depositados no Herbário Nacional de Venezuela da Universidad Central de Venezuela e o Herbário da Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.

As amostras tomadas para o exame de ácaros foram então colocadas em sacos plásticos identificados com o mesmo número da planta herbarizada, sendo estes levados ao laboratório em caixas de isopor refrigeradas. No laboratório, cada planta foi observada sob um estereomicroscópio para detectar a possível presença de *R. indica*. As plantas foram consideradas hospedeiras quando todos os estágios de desenvolvimento do ácaro foram encontrados.

Finalmente, devido à proximidade dos estados de Lara, Miranda e Yaracuy com os locais onde o ácaro já tinha sido relatado foram feitas inspeções em palmeiras ornamentais e em espécies de heliconiáceas e strelitziáceas nesses estados entre 2011 e parte de 2012.

2.2.2 Resultados e Discussão

Distribuição geográfica

O AVP foi encontrado neste estudo nos seguintes municípios: Píritu (estado de Anzoátegui), Mario Briceño Iragorri (estado de Aragua), Puerto Cabello (estado de Carabobo), Acosta, Carrizal, Colina, Monseñor Iturriza, Tocópero, Miranda, Silva (estado de Falcón), Iribarren e Palavecino (estado de Lara), Brión e Paez (estado de Miranda), Bolívar (estado de Monagas), Villalva (estado de Nueva Esparta), Andrés Eloy Blanco, Cajigal, Mariño e Valdez (estado de Sucre) e Maracaibo (estado de Zulia) (Tabela 2.1). Desde seu primeiro relato em Güiria (estado de Sucre) em 2007 (VÁSQUEZ et al., 2008), a praga tem colonizado vários locais não apenas no litoral, mas também nos estados de Lara, Yaracuy (na região ocidental) e Monagas (na região oriental) (Fig. 2.1). O alto potencial biótico mostrado pelo ácaro e o volume de frutos de coco transportados de uma parte a outras do país para o consumo interno e externo devem ter contribuído com a dispersão ácaro. No caso do estado de Sucre, a maior parte da produção é destinada à comercialização com a Colômbia, para onde o transporte dos frutos é feito por via terrestre, percorrendo outros estados litorâneos. Neste transporte, os frutos sobre os caminhões são cobertos com as folhas de coqueiro, aumentando as possibilidades de dispersão do ácaro.

Considerando o relato da praga no norte do Brasil em 2009 (NÁVIA et al. 2011), sugere-se que amostragens sejam conduzidas na região sul da Venezuela, para confirmar a possível presença da praga em palmeiras que ocorrem naturalmente nessa região, assim como para identificar as espécies predadoras a esta associadas.

Figura 2.1 – Estados em que se realizou a avaliação da possível ocorrência de *R. indica* em 2008-2012 e estados em que este ácaro foi encontrado

Tabela 2.1 – Locais e plantas sobre as quais *R. indica* foi encontrado na Venezuela em um levantamento realizado em 2008-2012.

continua

Estado	Local de amostragem	Coordenadas geográficas	Planta hospedeira	Data de coleta
Anzoátegui	Piritu	10°03'50"N; 64°44'15"W	<i>Cocos nucifera</i>	Set 2010
	Piritu, Petrozuata	10°03'06"N; 64°53'26"W	<i>Adonidia merrilli</i>	Set 2010
Aragua	Mario Briceño Iragorri	10°15'45"N 67°37'09"W	<i>C. nucifera</i> , <i>A. merrilli</i>	Maio 2009 Out 2009
Carabobo	Puerto Cabello, Base Naval Agustín Armario.	10°29'18"N 68° 00' 30"	<i>C. nucifera</i>	Agosto 2009
Falcón	Monseñor Iturriza (Chichiriviche)	11°00'51"N 68°0'37"W 11°03'00"N 68°21'00"W	<i>C. nucifera</i> , <i>Musa sp.</i>	Fev 2008 Mar 2008 Maio 2008 Out 2008
	Acosta (San Juan)	11°04'41"N 68°21'31"W		Maio 2008
	Acosta (San Juan)	11°05'04"N 68°21'43"W		Maio 2008
	Acosta (San Juan)	11°06'46"N 68°24'15"W		Maio 2008
	Tocópero (Tocópero)	11°30'54"N 68°14'19"W		Maio 2008
	Silva (Tucacas)	10°40'39"N 68°17'40"W		Out 2008
	Colina (Carrizal)	11°29' 00"N 69°32'02"W	<i>C. nucifera</i>	Julho 2009
	Colina (La Vela de Coro)	11°27'35"N 69°33'59"W	<i>C. nucifera</i>	Julho 2009
	Miranda (Santa Ana de Coro)	11°24'53"N 69°40'53"W	<i>A. merrillii</i>	Julho 2009
Lara	Iribarren	10°04'45" N; 69°17'56"W 10°04'41"N; 69°17"W	<i>Pritchardia pacifica</i> <i>A. merrillii</i>	Março 2012 Fev 2012
	Palavecino, Cabudare.	10°01'59"N; 69°16'47"W	<i>Washigtonia robusta</i>	Dez 2011
	Palavecino. Agua Viva	10°01'38"N; 69°17'14"W	<i>C. nucifera</i>	Março 2012
Miranda	Brión	10°28'58"N; 66°06'38"W	<i>C. nucifera</i>	Set 2011
	Paez	10°22'31"N; 65°58'39"W	<i>C. nucifera</i>	Set 2011
Monagas	Bolívar	09°46'60"N 63°12'00"W	<i>C. nucifera</i> , <i>Musa sp.</i>	Out 2008 Out 2008
	Maturín, Sector Juanito	9°45'00"N 63°10'34"W	<i>C. nucifera</i>	Mar 2009
Nueva Esparta	Villalva Isla de Coche, Punta La Playa	10°48' 32"N 63°59'37"W	<i>C. nucifera</i>	Mar 2008
Sucre	Valdez	10°35'42"N 62°37'13"W	<i>C. nucifera</i> , <i>Musa sp.</i> <i>Phaseolus sp.</i>	Dez 2008 Dez 2008 Dez 2008
	Mariño	10°34'48"N 62°49'44"W	<i>C. nucifera</i>	Jul 2009

Tabela 2.1 – Locais e plantas sobre as quais *R. indica* foi encontrado na Venezuela em um levantamento realizado em 2008-2012

				(conclusão)
Estado	Local de amostragem	Coordenadas geográficas	Planta hospedeira	Data de coleta
	Cajigal	10°34'10"N 62°49'44"W	<i>C. nucifera</i>	Jul 2009
	Andrés Eloy Blanco	10°29'56"N 63°25'46"W	<i>Musa</i> sp. <i>Roystonea regia</i>	Dez 2010
Zulia	Maracaibo	10°49'47"N 71°46'28"W	<i>R. regia</i> , <i>R. oleraceae</i> <i>Strelitzia</i> sp. <i>Washingtonia</i> sp.	Julho 2009 Abr 2012

Plantas hospedeiras

De um total de 34 espécies de plantas amostradas, em apenas oito espécies de Arecaceae, uma de Musaceae e uma de Strelitziaceae foram verificados todos os estágios de desenvolvimento do AVP, sugerindo que o ácaro se desenvolva e se reproduza nestas plantas (Tabela 2.2). Embora não se tenha realizado uma avaliação quantitativa dos ácaros encontrados, observou-se que as populações de AVP eram distintamente maiores em coqueiros. No entanto, outras espécies de palmeiras, assim como bananeiras, mostraram níveis populacionais altos da praga, quando estas cresciam nas proximidades de coqueiros infestados.

Tabela 2.2 – Espécies de plantas amostradas em vários estados na Venezuela, com indicação daquelas sobre as quais *Raoiella indica* foi encontrad (continua)

Família de planta	Espécie	Presença (+)/ausência (-)
Apocynaceae	<i>Rauvolfia viridis</i>	-
	<i>Vinca rósea</i>	-
Arecaceae	<i>Adonidia merrillii</i>	+
	<i>Cocos nucifera</i>	+
	<i>Dyopsis lutescens</i>	-
	<i>Roystonea oleraceae</i>	+
	<i>R. regia</i>	+
	<i>Pritchardia pacifica</i>	+
	<i>Ptychosperma macarthurii</i>	+
	<i>Roystonea regia</i>	+
	<i>Washingtonia</i> sp.	+

Tabela 2.2 – Espécies de plantas amostradas em vários estados na Venezuela, com indicação daquelas sobre as quais *Raoiella indica* foi encontrada

(conclusão)

Família de planta	Espécie	Presença (+)/ausência (-)
Asteraceae	<i>Egletes prostrata</i>	-
	<i>Spilanthes urens</i>	-
Boraginaceae	<i>Heliotropium indicum</i>	-
	<i>Heliotropium</i> sp.	-
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	-
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i>	-
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	-
Euphorbiaceae	<i>Jatropha</i> sp.	-
Fabaceae	<i>Acacia macracantha</i>	-
	<i>Acacia tortuosa</i>	-
	<i>Clitoria macrophylla</i>	-
	<i>Desmodium</i> sp1	-
	<i>Desmodium</i> sp2	-
	<i>Desmodium</i> sp3	-
	<i>Mimosa pigra</i>	-
	<i>Phaseolus</i> sp.	-
		-
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i>	-
Musaceae	<i>Musa</i> sp.	+
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i>	-
Sterculiaceae	<i>Sterculia</i>	-
Strelitziaceae	<i>Strelitzia</i> sp.	+
	<i>Lantana câmara</i>	-
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta</i> sp.	-

Dentre as espécies de Arecaceae, além do coqueiro, *A. merrilli*, *Ptychosperma macarthurii* (H. Wendl. ex H.J. Veitch) H. Wendl. ex Hook. e *Pritchardia pacifica* Seem. & H. Wendl. mostraram os maiores níveis populacionais de *R. indica*.

Após o relato do AVP na região Neotropical, surgiu grande interesse em determinar as consequências do estabelecimento dessa espécie exótica devido à potencialidade para produzir danos tanto ecológicos quanto os econômicos em plantas próprias dessa região (CARRILLO et al., 2012a). Os mais recentes estudos na América relataram o ácaro vermelho sobre 72 espécies de plantas, incluindo sete espécies de Dicotiledôneas (= Magnoliopsida) das famílias Aceraceae,

Celastraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Myrtaceae e Oleaceae (COCCO; HOY, 2009). Posteriormente, Carrillo et al. (2012a) mostraram uma lista de 91 espécies de monocotiledôneas (=Liliopsida), principalmente dentro de Arecales (Arecaceae), Zingiberales (Heliconiaceae, Musaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae) e Pandanales (Pandanaceae), não incluindo entretanto as espécies de dicotiledôneas previamente citadas por Cocco e Hoy (2009). Provavelmente essas divergências estejam relacionadas com a existência de várias espécies de *Raoiella* que amostram atributos biológicos e morfológicos diferentes (DOWLING et al., 2012). Embora a maior parte dos estudos tenha sido desenvolvida sobre a principal planta hospedeira, o coqueiro, existem evidências de que as populações de *R. indica* encontradas até o presente no neotrópico não consigam se desenvolver em dicotiledôneas, tais como *Phaseolus vulgaris* e *Ocimum basilicum* (CASTILLO et al., 2012a). Pouca atenção tem sido dada até o momento em determinar o potencial como praga em outras espécies hospedeiras.

Outros ácaros associados à folhagem do coqueiro

Durante o período de amostragem, outras dez espécies de ácaros pertencentes a cinco famílias foram coletadas (Tabela 2.3). Em geral, as espécies de fitoseídeos foram as mais freqüentes. Dentre estas, *Amblyseius largoensis* (Muma) foi a mais frequentemente encontrada nos diferentes locais e datas de amostragem, seguida por *Iphiseiodes zuluagai* Denmark e Muma, coletada apenas no estado de Sucre.

Além dos fitoseídeos, outras espécies encontradas e que poderiam estar predando o AVP foram *Cunaxa* sp. e *Cunaxatricha* sp. (Cunaxidae) no estado de Sucre, assim como *Cunaxa* sp. e *Xenocalligonellidus* sp. (Xenocalligonellidae) no estado de Falcón. Até agora, não existe informação sobre o papel potencial desses grupos de ácaros no controle das populações do AVP.

Amblyseius largoensis tem sido relatado na Venezuela sobre *Citrus aurantium* L., *Persea americana* Mill. (APONTE; MCMURTRY, 1993) e *Psidium guajava* L. (QUIRÓS et al. 2005). Por outro lado, *I. zuluagai* foi relatado como *Iphiseiodes quadrapilis* (Banks) por Aponte; McMurtry (1993) sobre *C. aurantium*, *Coffea arabica* L., *Elaeis guineenses* Jacq., *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.,

Fragaria x ananassa Duchesne, *Musa sapientum* L., *P. americana* e *Syzygium jambos* (L.) Alston. Finalmente, não existem relatos prévios de *N. longispinosus* para Venezuela.

Tabela 2.3 – Ácaros encontrados em folhas de coqueiro no norte da Venezuela em levantamentos realizados entre 2008-2012

Família, espécie		Número de espécimes	Hábito alimentar	Estado	
Acaridae					
<i>Tyrophagus</i> (Shrank)	<i>putrescentiae</i>	5	Fungívoro	Aragua, Monagas, Sucre	Falcón,
Cunaxidae					
<i>Cunaxa</i> sp.		5	Predador	Sucre	
<i>Cunaxatricha</i> sp.		2	Predador	Sucre	
Phytoseiidae					
<i>Amblyseius</i> (Muma)	<i>largoensis</i>	587	Predador	Aragua, Falcón, Nueva Sucre, Zulia	Carabobo, Monagas, Esparta,
<i>Iphiseiodes</i> e Muma	<i>zuluagai</i> Denmark	135	Predador	Monagas, Sucre	
<i>Neoseiulus</i> Evans	<i>longispinosus</i>	2	Predador	Falcón	
Tarsonemidae					
<i>Steneotarsonemus</i> sp.		12	Fitófago	Aragua, Falcón, Nueva Sucre	Carabobo, Monagas, Esparta,
Tetranychidae					
<i>Tetranychus</i> sp.		7	Fitófago	Falcón	
Xenocalligonellidae					
<i>Xenocalligonelidus</i> sp.		35	Predador	Sucre, Falcón	

De acordo com Carrillo et al. (2012b), têm sido relatadas 16 espécies de ácaros predadores em associação com o AVP no mundo, incluindo as famílias Ascidae, Bdellidae, Cheyletidae, Cunaxidae, Phytoseiidae e Xenocalligonellidae, sendo que o maior número de espécies pertence à família Phytoseiidae (oito espécies). *Amblyseius caudatus* Berlese e *Amblyseius channabasavanni* Gupta e Daniel foram as principais espécies predadoras do AVP em coqueiro em Mauricio (MOUTIA, 1958) e em areca na Índia (DANIEL 1981), respectivamente. Contudo, *A. largoensis* tem sido encontrada em Benim, Tanzânia (ZANNOU et al., 2010), Maurício (BOWMAN; HOY, 2012), Índia (TAYLOR et al., 2012), Trinidad (RODA, 2008), Porto Rico, Flórida (Estados Unidos da América do Norte) (PEÑA et al. 2009), Cuba (HASTIE et al. 2010, RAMOS et al. 2011) e Ilha de La Reunión (MORAES et al., 2012). As semelhanças morfológica entre *A. caudatus* e *A. largoensis* permitem

sugerir que os relatos prévios da predação de *A. caudatus* sobre *R. indica* em Maurício poderiam corresponder a uma identificação errônea de *A. largoensis* (CARRILLO et al., 2012b).

Estudos de laboratório têm sugerido que *A. largoensis* possa exercer o controle desta praga (RODRÍGUEZ et al., 2010, CARRILLO; PEÑA, 2012), particularmente quando a densidade dessa for baixa (CARRILLO; PEÑA, 2012). Pesquisas complementares precisam ser desenvolvidas sob condições de casas de vegetação e campo, para avaliar a efetividade deste ácaro como agente de controle biológico a fim de determinar seu impacto e posterior inclusão nos programas de manejo integrado de praga na cultura de coqueiro.

Referências

- APONTE, O.; MCMURTRY, J.A. Phytoseiid of Venezuela (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, Oxon, v. 19, n. 2, p. 149-157. 1993.
- BOWMAN, H.M.; HOY, M.A. Molecular discrimination of phytoseiids associated with the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) from Mauritius and South Florida. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p. 395-407. 2012.
- CARRILLO, D.; AMALIN, D.; HOSEIN, F.; RODA, A.; DUNCAN, R.E.; PEÑA, J.E. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p.271-289, 2012a.
- CARRILLO, D.; HOWARD, J.; RODRIGUES, J.C.V.; PEÑA, J.E. A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p. 347-360, 2012b.
- CARRILLO, D.; PEÑA, J.E. Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p. 361–372, 2012.
- COCCO, A.; HOY, M.A. Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 92, n. 2, p. 276- 291, 2009.
- DANIEL, M. Bionomics of the predaceous mite *Amblyseius channabasavanni* (Acari: Phytoseiidae), predaceous on the palm mite *Raoiella indica*. In: INDIAN SYMPOSIUM IN ACAROLOGY, 1., 1981, Bangalore. **Contributions to acarology in India: proceedings...** Bangalore: Anubhava Printers.1981. p. 167-173.

DOWLING, A.P.G.; OCHOA, R.; BEARD, J.J.; WELBOURN, W.C.; UECKERMANN, W.C.W. Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Prostigmata: Tenuipalpidae): diversity, distribution, and world invasion. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p. 257-269, 2012.

FAO. **Food and Agricultural commodities production**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

FLECHTMANN, C.H.W.; ETIENNE, J. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 9, p. 109-110, 2004.

_____. Un nouvel acarien ravageur des palmiers: en Martinique, premier signalement de *Raoiella indica* pour les Caraïbes. **Phytoma**, Julliet –Août, v. 548, p. 10-11, 2005.

HASTIE, E.; BENEGAS, A.; RODRIGUEZ, H. Inventario de ácaros depredadores asociados a fitoácaros en plantas de las familias Arecaceae y Musaceae. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 25, n. 1, p. 17-25, 2010.

MORAES, G.J. de; CASTRO, T.M.M.G. de; KREITER, S.; QUILICI, S.; GONDIM JR., M.G.C.; SÁ, L.A.N. de. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Réunion Island (Indian Ocean). **Acarologia**, Montpellier, 2012. In press.

MOUTIA, L. A. Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. **Bulletin of Entomological Research**, Cardiff, v. 49, n. 1, p. 59-75. 1958.

NÁVIA, D.; MARSARO Jr., A.L.; SILVA, F.R. da; GONDIM Jr., M.G.C.; MORAES, G.J. de. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 409-411, 2011.

NÁVIA, D.; MORAES, G.J. de; RODERICK, G.; NAVAJAS, M. The invasive coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae): origin and invasion sources inferred from mitochondrial (16S) and nuclear (ITS) sequences. **Bulletin of Entomological Research**, Cardiff, v. 95, p. 505–516, 2005.

PEÑA, J.E.; RODRIGUES, J.C.V.; RODA, A.; CARRILLO, D.; OSBORNE, L.S. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. In: MEETING OF IOBC/WPRS, 2., 2009, Florência. **Proceedings...** Florência: International Organization for Biological and Integrated Control, 2009. p. 69–79.

QUIRÓS DE G., M.; LOFEGO, A.C.; MORAES, G. de; POLEO, N.; PETIT, Y. Fitoseidos (Acari: Phytoseiidae) del guayabo (*Psidium guajava*), en el estado Zulia, Venezuela. **Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas**, Maracaibo, v. 39, n. 2, p. 128-144, 2005.

RAMOS, M.; RODRÍGUEZ, H.; GONZÁLEZ, A.; GONZÁLEZ, M. Management strategy of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Cuba. **Zoosymposia**, Auckland (New Zealand), v. 6, p. 152-159, 2011.

RODA, A.; DOWLING, A.; WELBOURN, C.; PEÑA, J. E.; RODRIGUES, J. C. V.; HOY, M.A.; OCHOA, R.; DUNCAN, R.A.; DE CHI W. Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. **Proceeding of Caribbean Food Crops Society**, San Juan de Puerto Rico, v. 44, n. 1, p. 80-87, 2008

RODRIGUES, J.C.; OCHOA, R.; KANE, V. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. **International Journal of Acarology**, Oxon, v. 33, p. 3-5, 2007.

RODRIGUEZ, H; MONTOYA, A; FLORES-GALANO, G. Conducta alimentaria de *Amblyseius largoensis* (Muma) sobre *Raoiella indica* Hirst. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 25, n. 1, p. 26-30. 2010.

TAYLOR, B.; RAHMAN, P.M.; MURPHY, S.T.; SUDHEENDRAKUMAR, V.V. Within-season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) and phytoseiid predators on two host palm species in south-west India. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p. 331–345, 2012.

VÁSQUEZ, C.; QUIRÓS, M.; APONTE, O.; SANDOVAL, M.F. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 739-740, 2008.

ZANNOU, I.D.; NEGLOH, K.; HANNA, R.; HOUADAKPODE, S.; SABELIS, M.W. Mite diversity in coconut habitat in West and East Africa. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ACAROLOGY, 13., 2010, Recife. **Abstract book...** Recife: ESALQ, 2010. p. 295.

3 DISTRIBUIÇÃO INTRA-PLANTA E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Raoiella indica* Hirst EM COQUEIROS NO ESTADO DE FALCÓN, VENEZUELA

Resumo

A ecologia do ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, é ainda pouco conhecida no Novo Mundo, uma vez que a praga foi apenas recentemente introduzida nesta região. Os dados sobre a distribuição intra-planta e a flutuação populacional podem contribuir para o desenvolvimento de métodos de amostragem mais eficientes. Neste sentido, estudos foram conduzidos para determinar a distribuição espaço-temporal de *R. indica* em três plantações comerciais no estado de Falcón, na Venezuela. Maiores densidades deste ácaro foram observadas nas regiões mediana e basal das folhas coletadas dos estratos mediano e basal da copa da planta, sugerindo que as amostragens deveriam ser concentradas nessas regiões. A população do AVP mostrou estar negativamente associada com a precipitação pluviométrica. Em 2010, os níveis populacionais de *R. indica* foram mais elevados (até 23,7 ácaros/ cm²) que em 2011 (máximo de 7,1 ácaros/ cm²), aparentemente em função dos níveis menores de precipitação naquele ano. Em 2011, os níveis populacionais mais elevados corresponderam ao período de abril a julho, época em que os níveis de precipitação foram mais baixos. Embora a população de *Amblyseius largoensis* (Muma) pareça ter flutuado em sincronia com a flutuação de *R. indica*, o predador não parece estar exercendo o controle satisfatório desta praga.

Palavras-chave: Ácaro vermelho das palmeiras; Estudos ecológicos; População do ácaro; Métodos de amostragem

Abstract

Ecology of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, is still scarce for the New World since it was recently introduced in this region. Intra-plant distribution and population fluctuation data could contribute to develop more efficient sampling methods. In this regard, studies were carried out to determine spatial temporal distribution of *R. indica* in three commercial plantations in state of Falcón, in Venezuela. Higher mite number was registered on middle and lower leaf portions collected from middle or lower plant strata suggesting that sampling should be allocated on these canopy areas on coconut. The RPM population showed to be negatively associated to rainfall. In 2010, population levels of *R. indica* were higher than in 2011 (maximum 7, mites/cm²), probably as function of lower rainfall values on that year. In 2011, higher population levels were reached from April to July, coinciding with lowest rainfall values. Even though, *Amblyseius largoensis* population showed a numerical response in relation with *R. indica* density, this predator species seems not to be exerting biocontrol on pest mite.

Keywords: Red palm mite; Ecological studies; Mite population; Sampling methods

3.1 Introdução

Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae) foi descrito a partir de espécimes coletados em folhas de coqueiro provenientes de Coimbatore, no sul da Índia (HIRST 1924), sendo hoje considerada espécie praga em tamareira (ZAHER et al., 1969), palma areca (SARADAMMA, 1972) e coqueiro (NAGESHACHANDRA; CHANNABASAVANNA, 1984). Observações de campo na República Árabe Unida mostraram ser esse ácaro encontrado ao longo das nervuras nas superfícies abaxial e adaxial, mas preferindo a superfície adaxial de folhas de tamareira (ZAHER et al., 1969).

A recente introdução de *R. indica* nas ilhas do Caribe (FLECHTMANN; ETIENNE, 2004, 2005; RODRIGUES et al., 2007) e em vários países de América do Sul (VÁSQUEZ et al., 2008; CARRILLO et al., 2011; NÁVIA et al., 2011) tem despertado o interesse por obter informação sobre a bioecologia da praga, para facilitar o estabelecimento de estratégias de controle que tentem minimizar seu impacto econômico. Conhecimentos sobre a distribuição e abundância das espécies herbívoras que produzem dano econômico podem facilitar o estabelecimento destas estratégias (BASKAUF, 2003).

A distribuição espaço-temporal dos ácaros fitófagos é influenciada principalmente pelos fatores inerentes à planta hospedeira, à interação com outras espécies herbívoras que competem com as populações da praga, ao efeito regulatório dos inimigos naturais e/ou às condições ambientais (SABELIS, 1985; KITASHIMA; GOTOH, 2003). Esses fatores em conjunto determinam o valor da taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) sob condições específicas em um ambiente ilimitado (BIRCH 1948). Existem poucas informações sobre os fatores que influenciam as flutuações populacionais de *R. indica*. Nageshachandra e ChannaBasavana (1984) relataram relações negativas entre os níveis populacionais deste acaro e a precipitação e a umidade relativa, e relação positiva entre os níveis populacionais e a temperatura. Sarkar e Somchoudhury (1989) observaram que os maiores níveis populacionais de *R. indica* ocorreram entre 29 e 32°C, mas não constataram relação entre os níveis do ácaro e a umidade relativa ou a chuva. Mais recentemente, Taylor et al. (2012) encontraram que as densidades de *R. indica* em

coqueiro na Índia foram negativamente afetadas pela precipitação e a umidade relativa.

Além disso, o desenvolvimento de um programa de manejo integrado para *R. indica* em coqueiro deveria ser baseado na avaliação da distribuição na cultura para assim desenvolver um plano de amostragem. Para o caso de *R. indica*, os estudos recentes feitos em Trinidad e Tobago e Puerto Rico com coqueiros das variedades Gigante de Jamaica e Anão Amarelo da Malásia, respectivamente, demonstraram que as maiores densidades do ácaro concentraram-se em folhas do estrato mediano (RODA et al., 2012).

Apesar do impacto causado por *R. indica* na produção de cocos na Venezuela, que segundo alguns produtores resulta na redução de 50-60% na produtividade da cultura, até o presente não existe nesse país informações sobre aspectos ecológicos básicos úteis para a toma de decisão sobre o manejo dessa praga. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição intra-planta e a flutuação populacional de *R. indica* na Venezuela.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Materiais e Métodos

Distribuição intra-planta

A distribuição intra-planta de *R. indica* foi estudada em três plantios comerciais de coqueiro (Figura 3.1) de Chichiriviche, município de Monseñor Iturriza, estado de Falcón, entre abril e agosto de 2009, conforme descrito a seguir: Parcela 1 (P1), a 1 km a oeste da Playa del Norte, com superfície de 3,4 ha, e plantas de mais de 20 anos de idade; Parcela 2 (P2), setor Jajatal, a aproximadamente 2,5 km da parcela 1, com superfície de 8,0 ha e plantas de 5 anos de idade; Parcela (P3), a 6 km da parcela 2, com superfície de 2,2 ha e plantas de 5 anos de idade. Nas três parcelas predominava o cultivar GC.

A área de estudo é caracterizada por um padrão de chuva unimodal, com as seguintes características: precipitação média anual de 1100 mm; máxima de até 235

mm em novembro e mínima de 74 mm em agosto; temperatura média anual de 26,6 C° e evapotranspiração média anual de 1912 mm. De acordo com Holdridge (1979), essa área é classificada como Bosque Seco Tropical (Bst), com vegetação predominantemente xerofítica.

Em cada parcela, dez coqueiros da parte central do plantio foram tomados ao acaso. De cada planta, tomaram-se ao acaso dois folíolos de cada terço (basal, mediano e apical) de uma folha tomada ao acaso em cada estrato (basal, mediano e apical) da copa. Os folíolos de cada terço da folha de cada estrato foram colocados em um saco plástico e levados para o laboratório em caixas de isopor refrigerada. No laboratório, os folíolos foram examinados sob um estereoscópico, sendo o número de *R. indica* contabilizado em cinco pontos de 10 cm² cada, tomados ao acaso na face inferior de cada folíolo.

Para as análises estatísticas, os dados sobre densidade de ácaros foram transformados em $y = \sqrt{x + 0,5}$. Para avaliar se havia variação na densidade de ácaros entre os estratos da planta e as regiões das folhas, os dados foram submetidos a análise fatorial usando SAS versão 9.1. Médias das densidades dos estratos da copa e das regiões da folha foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Flutuação populacional

Dois estudos de flutuação populacional foram conduzidos, ambos nos mesmos locais em que havia sido conduzido o estudo da distribuição intra-planta de *R. indica*. O primeiro entre abril e agosto de 2010, tomando-se uma amostra a cada 12-15 dias. Em cada uma das parcelas, dez coqueiros da parte central do plantio foram tomados ao acaso. De cada planta, tomaram-se ao acaso seis folíolos de uma folha tomada ao acaso do estrato mediano da copa. Os folíolos foram colocados em um saco plástico e levados para o laboratório em caixas de isopor refrigerada. No laboratório, os folíolos foram examinados sob um estereoscópico, sendo o número de *R. indica* contabilizado em cinco pontos de 10 cm² cada, tomados ao acaso na face inferior de cada folíolo. O segundo foi realizado entre dezembro de 2010 e novembro de 2011, tomando-se uma amostra a cada 12-15 dias. Em cada avaliação, foram tomados cinco folíolos da região média de uma folha do estrato mediano de

cada um de dez coqueiros tomados ao acaso. As amostras foram colocadas em sacos plásticos para o transporte em caixas de isopor com gelo para o laboratório de Zoologia Agrícola (Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Estado de Lara). No laboratório, a face inferior de cada folíolo foi examinada sob estereomicroscópio, sendo o número de *R. indica* contabilizado em 5 pontos de 10 cm² selecionados ao acaso na face inferior de cada folíolo. Todos os espécimes de *A. largoensis* presentes no folíolo foram contabilizados.

Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos da estação climatológica Serial 0396 em Tocuyo de la Costa, estado de Falcón, cerca de 5 km dos plantios em que o trabalho foi realizado.

3.2.2 Resultados e Discussão

Distribuição intra-planta

A análise fatorial explicou 71% da variação total dos dados ($R^2 = 0.71$; $F_{197, 1152} = 14.52$; $p < 0.0001$). Exceto pelas interações triplas, a variação de todos os fatores e de suas combinações foram estatisticamente significativas; o valor de p para a interação local (plantios de coqueiro) x data (período de amostragem) x seção (terço da folha) esteve muito próxima do nível de significância (Tabela 3.1).

As significâncias das interações dos fatores dois a dois indicam que o padrão de variação da densidade em relação à variação de cada fator é influenciado pela variação de cada um dos outros fatores. Em outras palavras, o padrão das densidades nos locais de coleta varia de acordo com época de amostragem, estrato da copa e região da folha; o padrão das densidades nos diferentes estratos da copa varia de acordo com a época de amostragem, local ou região da folha; enquanto o padrão das densidades nas diferentes regiões da folha varia de acordo com época de amostragem, local e estrato da copa.

Tabela 3.1 - Resultados de análise fatorial relativa às densidades de *Raoiella indica* determinadas em três plantios de coqueiro em diferentes datas de amostragem (avaliações realizadas a cada 14 dias, entre abril e agosto de 2010), estratos da copa (terço basal, médio, apical) e regiões da folha (terço basal, médio, apical) em Chichiriviche, estado de Falcón. Venezuela

Fonte	g,l	Erro tipo III	Quadrado médio	F	P>F
Data	9	29367,70289	3263,07810	124,66	<0,0001
Estrato	2	3586,35091	1793,17545	68,51	<0,0001
Local	2	3956,61215	1978,30607	75,58	<0,0001
Seção	2	22663,79851	11331,89926	432,93	<0,0001
Data*Estrato	18	3015,90040	167,55002	6,40	<0,0001
Local*Data	18	3219,47353	178,85964	6,83	<0,0001
Data* Seção	18	273,98292	68,49573	7,89	<0,0001
Local*estrato	4	1163,00220	290,75055	2,62	0,0338
Estrato* Seção	4	1163,00220	290,75055	11,11	<0,0001
Local* Seção	4	284,61702	71,15425	2,72	0,0285
Local*Data*Estrato	36	1201,47594	33,37433	1,28	0,1296
Data*Estrato* Seção	36	1318,68606	36,63017	1,40	0,0611
Local*Data* Seção	36	925,33601	25,70378	0,98	0,5002
Local*Estrato*Seção	8	158,47250	19,80906	0,76	0,6412

Entretanto, considerando-se todos os estratos e regiões da folha conjuntamente, as densidades de *R. indica* foram significativamente mais elevadas nos plantios 2 (13,4 ácaros/cm²) e 3 (14,0 ácaros/cm²), não se observando diferenças significativas entre as densidades nestes plantios. No plantio 1, a densidade média foi de 10,1 ácaros/cm² (Fig. 3.1).

Considerando-se todos os plantios e regiões da folha conjuntamente, as densidades de *R. indica* foram significativamente mais altas nas folhas do estrato basal e mediano da copa, não se observando diferenças significativas entre as densidades destes dois estratos (Fig. 3.2). Nas folhas do estrato mediano, as densidades do ácaro variaram entre 9,6 (plantio 1) e 13,9 (plantio 3) ácaros por cm², enquanto que nas folhas do estrato basal os valores variaram entre 10,6 (plantio 1) e 15,3 (plantio 3) ácaros por cm². No estrato apical as densidades foram 20,6 (plantio 2) a 36,8% (plantio 1) menores que no estrato basal.

Figura 3.1 – Número médio de *Raoiella indica*/cm² em plantios de coqueiros em Chichiriviche, estado de Falcón, Venezuela; abril a agosto-2010

Figura 3.2 – Número médio de *Raoiella indica*/cm² nos terços basal, mediano e apical de folhas tomadas dos estratos basal, mediano e apical da copa de coqueiro no estado de Falcón, Venezuela

Considerando-se todos os plantios e todos os estratos da planta conjuntamente, as maiores densidades encontradas em folíolos dos terços basal e mediano de cada folha (Figura 3.3). No terço mediano, as densidades do ácaro variaram entre 13,0 (plantio 1) e 17,6 (plantio 3), enquanto que no basal, os valores

variaram entre 12,2 (plantio 1) e 16,9 (plantio 3). No terço apical, as densidades foram 54,8 (plantio 3) a 57,4% (plantio 1) menores que no terço basal.

Figura 3.3 – Número médio de *Raoiella indica*/cm² nos terços apical, mediana e basal de folhas de coqueiro no estado de Falcón, Venezuela

A interação observada entre a distribuição de *R. indica* nos estratos da copa e a data de amostragem, determinada no presente estudo, referem-se a uma progressão. De meados de dezembro a início de maio, foram registradas as menores densidades populacionais de *R. indica* nos três plantios, quando as densidades no estrato apical variou de 2,7 a 7,7 ácaros/cm² e quando não foram observadas diferenças entre as densidades neste estrato e nos estratos mediano e basal, em que as densidades variaram de 5,9 a 9,2 ácaros/cm². Porém, durante a amostragem de meados de junho, quando os níveis populacionais eram maiores, o número de ácaros no estrato apical foi maior, variando de 12,5 a 18,8 ácaros/cm². Estes resultados estão em acordo com os resultados de Roda et al. (2012), que também demonstraram que *R. indica* é observada inicialmente nos estratos basal e mediano da planta e posteriormente pode ocupar o estrato superior dos coqueiros. Ao contrario, em areca (*Areca catechu* L.) (YADAV BABU; MANJUNATHA, 2007) não observaram um padrão consistente de distribuição dessa espécie sobre os diferentes estratos da planta na Índia, porém constataram que quando as

densidades da praga eram baixas a praga tendia a se concentrar nos estratos baixo e médio, mas quando a densidade era alta concentrava-se no estrato superior.

Os resultados sobre a distribuição intra-planta tem sido muito variáveis para diferentes grupos de ácaros e em diferentes espécies vegetais. Quirós et al. (2005) determinaram que a distribuição de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Tenuipalpidae) em goiabeiras (*Psidium guajava* L.) na Venezuela é homogênea. Por outro lado, Bonato et al. (1995) determinaram que em plantas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), *Oligonychus gossypii* (Zacher) (Tetranychidae) ocorre preferencialmente nas regiões mediana e basal da copa, enquanto que *Mononychellus progresivus* Doreste (Tetranychidae) ocorre em níveis semelhantes nas regiões apical e mediana. Estudos conduzidos por Perring et al. (1987) indicaram que a maior proporção de fêmeas adultas de *Tetranychus urticae* Koch (Tetranychidae) ocorre nas folhas basais e medianas de plantas de melão. Os autores também observaram que as folhas apicais tornaram-se infestadas apenas com o avanço no estado de crescimento da planta. Portanto, os autores concluíram que a amostragem de folhas do estrato basal proporcionava maior probabilidade de encontrar as maiores densidades de ácaros e que a adoção de um plano de amostragem baseado neste estrato reduziria o tempo necessário para a amostragem.

Para outros grupos de ácaros fitófagos, os resultados também são variáveis. Estudos têm demonstrado que *Trisetacus juniperinus* (Nalepa) (Phytoptidae) mostra preferência pelos brotos no estrato superior da planta hospedeira, enquanto que *Epitrimerus cupressi* (Keifer) (Eriophyidae) distribui-se uniformemente na planta de *Cupressus sempevirens* L. (CASTAGNOLI; SIMONI, 2000).

Em geral, as variações nos níveis populacionais dos ácaros fitófagos estão associadas à mudança na taxa de predação e cultivar (DUSO; VETTORAZZO, 1999), assim como à mudança de microambientes (PERRING et al., 1986), ou na concentração de metabólitos (PERRING et al., 1983) ou nas folhas com o amadurecimento dessas.

A qualidade da folha influencia a abundância e a atividade de insetos herbívoros na planta, sendo que as maiores densidades são encontradas em folhas com altos conteúdos de água e nitrogênio e baixos teores de taninos hidrolisáveis

(BARBER; MARQUIS, 2011). Em coqueiro tem sido demonstrado que o teor de nitrogênio varia com a idade da folha, sendo que os menores conteúdos são encontrados em folhas imaturas e nas senescentes, fazendo com que a taxa de fotossíntese nestas seja também baixa (JAKASEKARA et al., 1996). Esse fato, poderia explicar a preferência de *R. indica* por folhas dos terços medianos da planta.

Interessantemente, Roda et al. (2012) notaram que a maior contribuição na variância ($\approx 50\%$) foi produzida quando foram considerados os folíolos, seguida pela variância relativa às folhas e pela posição dos folíolos na folha. Portanto, baseados em argumentos estatísticos, esses autores concluíram que o incremento no número de árvores (> 5 árvores/unidade de amostragem) teria um maior impacto sobre a variância total. Porém, considerando o custo por amostragem em cada árvore, essa recomendação deveria ser considerada apenas em casos que uma alta precisão dos resultados fosse requerida.

Dada a importância econômica da praga e sua potencialidade para colonizar novas áreas, é extremamente relevante a necessidade de estabelecer métodos para a amostragem das populações. Porém essas amostragens podem chegar a ser muito exigentes tanto em tempo quanto em recursos (pessoal capacitado, econômicos, etc.) caso se pretenda obter resultados com um nível muito alto de precisão. Assim, baseados em nossos resultados e em os valiosos aportes de Roda et al. (2012), estima-se que a amostragem das seções mediana e basal de folíolos provenientes de folhas do estrato médio da copa possam fornecer informações mais precisa sobre a condição da população do ácaro vermelho das palmeiras em plantações de coqueiro. O número de árvores a ser amostrado vai depender da precisão dos resultados esperados e da disponibilidade de recursos.

Flutuação populacional de R. indica e A. largoensis.

No início das amostragens em 2010, as densidades de *R. indica* foram maiores nas parcelas 2 e 3 (14,5 e 15,8 ácaros/cm²), enquanto que na parcela 1 a densidade foi de 7,1 ácaros/cm². Durante a segunda amostragem, as densidades começaram a diminuir nas três parcelas experimentais, o que perdurou até o início de junho, atingindo o primeiro pico (P1: 15,9; P2: 21,6 e P: 23,7 ácaros/cm²) em

meados desse mês. Após disso, as populações diminuíram no início de julho e tenderam a aumentar mostrando dois picos de menor magnitude no início e final de agosto (Fig. 3.4). Os incrementos populacionais coincidiram com os períodos de seca.

Observou-se no transcorrer do trabalho certo nível de variabilidade no padrão de flutuação da população de *R. indica* entre os campos. Isto provavelmente está em parte ligado ao fato de que os campos pertenciam a diferentes produtores, que adotavam práticas diferentes de controle (mas nenhum utilizando o controle químico). Entre as práticas culturais que poderiam ter influenciado estas variações está a eliminação das folhas velhas muito danificadas pelo ácaro, adotada pelos produtores, porém em momentos diferentes ao longo do ano. Outro fator potencialmente importante foi a população dos ácaros predadores, representados principalmente por *Amblyseius largoensis* (Muma).

Os níveis populacionais mais elevados de *R. indica* foram observados entre abril e julho de 2011, época em que os níveis de precipitação foram mais baixos (Fig. 3.5). Com o aumento dos níveis de precipitação a partir de agosto, observou-se a redução progressiva dos níveis populacionais da praga. A relação entre o aumento da precipitação e a redução da população da praga também tornou-se evidente em março, com a queda pronunciada da população com a elevada precipitação observada neste mês, lembrando entretanto que também nesta época a população do predador *A. largoensis* ocorria em níveis crescentes.

Os níveis populacionais da praga mostraram-se negativamente relacionados com a precipitação ($r = -0,3673$; $p = 0,001$) (Figura 3.5). No entanto, os índices de correlação entre a densidade de *R. indica* e a precipitação mostraram-se muito baixos, provavelmente em função dos diferentes fatores que também poderiam estar influenciando a densidade, inclusive os predadores.

Figura 3.4 - Flutuação populacional de *R. indica* em três plantações comerciais de coqueiro (abril – agosto 2010) no Estado de Falcón, Venezuela

Figura 3.5 – Flutuação populacional de *R. indica* em três plantações comerciais de coqueiro (Dez 2010 – Nov 2011) no Estado de Falcón, Venezuela

Esta possibilidade é suportada pelo fato de que também em relação à temperatura, embora significativamente relacionada à densidade ($r= 0,202$; $p= 0,005$) apresentou baixo índice de correlação. Obviamente, dentro da amplitude de temperaturas registrado ao longo do trabalho, seria esperada uma grande correlação entre estas variáveis, permanecendo outros fatores estáveis.

Taylor et al. (2012) observaram que as maiores densidades do ácaro foram verificadas em ambientes com temperaturas elevadas e baixa precipitação. A associação entre a distribuição temporal de outras espécies de tenuipalpídeo e a ocorrência das chuvas tem sido comprovada em vários estudos. Assim, a ocorrência temporal de *Tenuipalpus heveae* Baker (Tenuipalpidae) em seringueiras (MARTINS et al., 2010) e de *B. phoenicis* em erva-mate (MINEIRO, 2006) mostraram o aumento da população destes ácaros com a redução da precipitação no final da estação chuvosa.

As curvas das flutuações populacionais de *R. indica* e *A. largoensis* mostraram-se parcialmente sincronizadas durante o período de estudo ($r= 0,646$; $p= 0,000$) (Figura 3.5). A predação de *R. indica* por *A. largoensis* foi confirmada pela coloração vermelha do trato digestivo deste último. A sincronia parcial entre as populações corresponderam ao aumento sistemático da densidade do predador com o aumento da densidade da praga, notando-se o início da queda da população daquele apenas quando a população da praga também começava a reduzir na avaliação subsequente àquela em que a população da praga havia começado a declinar. Os danos observados às plantas estudadas demonstraram que o predador não conseguiu reduzir a praga a níveis toleráveis pelos produtores. No entanto, é possível que se o predador não estivesse presente, os danos causados pela praga pudessem ser ainda maiores.

Amblyseius largoensis também foi o predador mais frequentemente encontrado em associação com *R. indica* em coqueiros e palma areca nas ilhas do Caribe (PEÑA et al., 2009), na Florida, Estados Unidos da América do Norte (CARRILLO et al., 2012), na Índia (TAYLOR et al., 2012) e em La Reunión (MORAES et al., 2012). Semelhantemente aos resultados obtidos na Venezuela, Taylor et al. (2012) também encontraram uma correlação positiva entre a praga e o predador em coqueiros, verificando uma tênue resposta numérica entre o complexo

de predadores e a densidade da praga. Não obstante, essa correlação não foi observada em areca.

No decorrer do presente estudo, altos níveis populacionais da cochonilha *Aspidiotus destructor* Signoret foram observados nas folhas de coqueiro. Densidades variando entre $3,0 \pm 1,4$ e $28,5 \pm 6,9$ cochonilhas/cm² foram observadas durante todo o período de estudo. Aparentemente, o amarelecimento das folhas de coqueiro observado no presente estudo se deveu a uma somatória dos efeitos de *R. indica* e de *A. destructor*. Este também pode ter sido um dos fatores que reduziu a explicação da flutuação populacional de *R. indica* em função da variação dos níveis de precipitação.

Referências

BARBER, N.A.; MARQUIS, R.J. Leaf quality, predators, and stochastic processes in the assembly of a diverse herbivore community. **Ecology**, Washington, v. 92, n. 3, p. 699-708, 2011.

BASKAUF, S.J. Factors influencing population dynamics of the southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae): A reassessment. **Environmental Entomology**, Lanhan, v. 32, p. 915-928, 2003.

BIRCH, L.C. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 17, p. 15-26, 1948.

BONATO, O.; BAUMGÄRTNER, J.; GUTIERREZ, J. Sampling plans for *Mononychellus progresivus* and *Oligonychus gossypii* (Acari: Tetranychidae) on cassava in Africa. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 88, n. 5, p. 1296-1300, 1995.

CARRILLO, D.; HOWARD, J.; RODRIGUES, J.C.V.; PEÑA, J.E. A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p. 347-360, 2012.

CARRILLO, D.; NÁVIA, D.; FERRAGUT, F.; PEÑA, J. E. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 94, n. 2, p. 370-371, 2011.

CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S. Observations on intraplant distribution and life history of eriophyoid mites (Acari: Eriophyidae, Phytoptidae) inhabiting evergreen cypress, *Cupressus sempervirens* L. **International Journal Acarology**, Oxon, v. 26, n. 1, p. 93-99, 2000.

DUSO, C.; VETTORAZZO, E. Mite population dynamics on different grape varieties with or without phytoseiids released (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 23, p. 741-763, 1999.

FLECHTMANN, C.H.W.; ETIENNE, J. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 9, p. 109-110, 2004.

_____. Un nouvel acarien ravageur des palmiers: en Martinique, premier signalement de *Raoiella indica* pour les Caraïbes. **Phytoma**, Julliet –Août, v. 548, p. 10-11, 2005.

HIRST, S. On some new species of red spider. **The Annals and Magazine of Natural History**, London, v. 14, p. 522-527, 1924.

HOLDRIDGE, L. **Ecología de zonas de vida**. San Jose: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979. 216p.

JAYASEKARA, C.; NAINANAYAKE, N.P.A.D.; JAYASEKARA, K.S. Photosynthetic characteristics and productivity of the coconut palm. **Cocos**, Sri Lanka, v. 11, p. 7-20, 1996.

KITASHIMA, Y.; GOTOH, T. Population dynamics of *Panonychus osmanthi* (Acari: Tetranychidae) on two *Osmanthus* species. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 29, p. 227-240. 2003.

MARTINS, G.; VIEIRA, M.R.; BARBOSA, J.C.; DINI, T.A.; MANZANO, A.M.; ALVES, B.M.S.; SILVA, R.M. Distribuição espacial de *Tenuipalpus heveae* Baker (Acari: Tenuipalpidae) na cultura da seringueira. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 5, p. 703-708, 2010.

MINEIRO, J.L. **Dinâmica populacional do ácaro-do-bronzeado na cultura da erva-mate em Chapecó, Santa Catarina**. 2006. 182 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

MORAES, G. de; CASTRO, T.M. de; KREITER, S.; QUILICI, S.; GONDIM Jr., M.G.C.; SÁ, L.A.N. de. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Réunion Island (Indian Ocean). **Acarologia**, Montpellier, 2012. In press.

NAGESCHA CHANDRA, B.K.; CHANNABASAVANNA, G.P. Development and ecology of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on coconut. In: GRIFFITHS, D.H.; BOWMAN, C.E. (Ed.). **Acarology VI**. West Sussex: Elis Horwood Publ., 1984. v. 2, p. 785–790.

NÁVIA, D.; MARSARO Jr, A.L.; SILVA, F. R. da; GONDIM Jr., M.G.C.; MORAES, G.J. de. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 409-411, 2011.

- PEÑA, J.E.; RODRIGUES, J.C.V.; RODA, A.; CARRILLO, D.; OSBORNE, L.S. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. In: MEETING OF IOBC/WPRS, 2., 2009, Florência. **Proceedings...** Florência: International Organization for Biological and Integrated Control, 2009. p. 69–79.
- PERRING, T.M.; ARCHER, T.L.; KRIEG, D.L.; JOHNSON, J.W. Relationships between the Banks grass mite (Acariformes: Tetranychidae) and physiological changes of maturing grain sorghum. **Environmental Entomology**, Lanhan, v. 12, p. 1094-1098, 1983.
- PERRING, T.M.; FARRAR, C.A.; ROYALTY, R.N. Intraplant distribution and sampling of spider mites (Acari: Tetranychidae) on Cantaloupe. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 80, p. 96-101, 1987.
- PERRING, T.M.; HOLTZER, T.O.; TOOLE, J.L.; NORMAN, J.M. Relationships between corn-canopy microenvironments and Banks grass mite (Acari: Tetranychidae) abundance. **Environmental Entomology**, Lanhan, v. 15, p. 79-83, 1986.
- QUIRÓS, M.; PETIT, Y.; POLEO, N.; GÓMEZ, A. Distribución de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) en la planta del guayabo (*Psidium guajava* L.) en La Coruba, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. **Entomotropica**, Maracay, v. 20, n. 1, p. 39-47, 2005.
- RODA, R.; NACHMAN, G.; HOSEIN, F.; RODRIGUES, J.C. V.; PEÑA, J.E. Spatial distributions of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut and their implications for development of efficient sampling plans. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p. 291-308, 2012.
- RODRIGUES, J.C.V.; OCHOA, R.; KANE, E.C. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. **International Journal of Acarology**, Oxon, v. 33, n. 1, p. 3-5, 2007.
- SABELIS, M.W. Strategies reproductives. In: HELLE, W.; SABELIS, M.W. (Ed.). **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier Science, 1985. v. 1A, p. 265-278.
- SARADAMMA, K. Evaluation of toxicity of some pesticides to the red mite on coconut, *Raoiella indica* (Hirst) (Phytoseiidae). **Agricultural Research Journal of Kerala**, Kerala, v. 10, p. 61-62. 1973.
- SARKAR, P.K.; SOMCHOUDHURY, A.K. Influence of major abiotic factors on the seasonal incidence of *Raoiella indica* and *Tetranychus fijiensis* on coconut. In: CHANNABASAVANNA, G.P.; VIRAKTAMATH, C.A. (Ed.). **Progress in acarology**. New Delhi: Oxford and IBH Co., 1989. v. 2, p. 60–65
- TAYLOR, B.; RAHMAN, P.M.; MURPHY, S.T.; SUDHEENDRAKUMAR, V.V. Within-season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) and phytoseiid predators on two

host palm species in south-west India. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, p. 3/4, p. 331–345, 2012.

VÁSQUEZ, C.; QUIRÓS, M.; APONTE, O.; SANDOVAL, M. F. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 739-740, 2008

YADAV BABU, R.; MANJUNATHA, M. Seasonal incidence of mite population in Arecanut. **Karnataka Journal of Agricultural Science**, Karnataka (India), v. 20, p. 401-402, 2007.

ZAHER, M.A.; WAFA, A.K.; YOUSEF, A.A. Biological studies on *Raoiella indica* Hirst and *Phyllotetranychus aegyptiacus* Sayed infesting Date palm trees in U. A. R. (Acarina: Tenuipalpidae). **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, Goettingen, v. 63, n. 1/4, p. 406-411, 1969.

4 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) EM PLANTAS ORNAMENTAIS

Resumo

O ácaro vermelho das palmeiras (AVP), *Raoiella indica* Hirst, tem sido encontrado principalmente atacando coqueiros e bananeiras, mas também tem sido relatado em densidades variáveis sobre várias outras espécies de palmeiras, helicônias e zingiberáceas de importância ornamental. É possível que algumas das plantas menos atacadas possam servir como hospedeiros alternativos a este ácaro, de onde poderiam migrar novamente para os coqueiros e as bananeiras. Para tentar entender a relação planta hospedeira - *R. indica*, alguns aspectos biológicos deste ácaro foram avaliados sobre *Adonidia merrillii* (Beccari) (palmeira-de-natal) e *Ptychosperma macarthurii* H. Wendl. (palmeira-de-macarthur), ambas da família Arecaeae, sobre *Heliconia psittacorum* Sessé & Moc. (helicônia-papagaio), da família Heliconiaceae, e sobre *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. (bastão-de-imperador), da família Zingiberaceae, comumente usadas como espécies ornamentais na Venezuela e em outros países. Folhas de coqueiro foram usadas como controle. O estudo foi conduzido sob condições controladas ($29 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 h. de luz) no Laboratório de Entomologia (CABI Caribbean and Latin America) em Trinidad e Tobago. Estudos semelhantes foram conduzidos na Venezuela em dez espécies de palmeiras nativas do trópico americano: *Coccothrinax barbadensis* (Lodd. ex Mart.) Becc., *Mauritia flexuosa* L., *Roystonea oleraceae* L.H. Bailey, *Sabal mauritiformis* (Karst.) Griseb. & H. Wendl.), *Syagrus amara* (Jacq.) Mart., *Syagrus coronata* (Mart.) Becc., *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, *Syagrus sancona* H. Karst., *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glassman e *Syagrus stenopetala* Buret. O ácaro completou seu ciclo biológico nas plantas avaliadas em Trinidad e Tobago, mas não nas plantas avaliadas na Venezuela. O tempo de desenvolvimento para *R. indica* (ovo-adulto) variou significativamente entre as plantas hospedeiras, com médias variando entre 21,5 dias sobre coqueiro a 34,1 dias sobre bastão-de-imperador. A taxa de oviposição foi maior em coqueiro (0,8 ovos/fêmea/dia) e menor sobre helicônia-papagaio e bastão-de-imperador (ambos os casos $<0,1$ ovos/fêmea/dia). A longevidade média das fêmeas de *R. indica* variou de 21,5 dias em folhas de coqueiro a 9,7 dias em helicônia-papagaio. A taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) foi maior em coqueiro (0,157) e palmeira-de-natal (0,137) e menor em helicônia-papagaio (0,040) e bastão-de-imperador (0,037). Baseado nos resultados obtidos, *R. indica* não parece ser uma ameaça para helicônia-papagaio e bastão-de-imperador, mas sim para coqueiro e palmeira-de-natal.

Palavras-chave: Parâmetros biológicos; Ácaro vermelho das palmeiras; Espécies ornamentais; Coqueiro

Abstract

The red palm mite (RPM), *Raoiella indica* Hirst, has been found primarily associated with coconut and musaceous plants, but it has also been recorded on several other palms, heliconia or zingiberaceous species with remarkable use as ornamentals. Probably these less attacked plant species serve as alternative hosts to

this mite species, and soon it could migrate to coconut and bananas. In order to better understand host plant - RPM relationship, some biological parameters of *R. indica* were evaluated on *Adonidia merrillii* (Beccari) (Manila palm) and *Ptychosperma macarthurii* H. Wendl. (Macarthur feather palm), both belonging to Arecaeae, *Heliconia psittacorum* Sessé & Moc. (parrot flower) from Heliconiaceae and *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. (red ginger) from Zingiberaceae, commonly used as ornamental species in Venezuela and other countries. Coconut leaves were used as control. The study was carried out under controlled conditions ($29 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ RH and daily photoperiod 12 hours of light) at the Entomology Laboratory (CABI Caribbean and Latin America) in Trinidad & Tobago. Similar studies were conducted on ten palm species native to the American tropic in Venezuela: *Coccothrinax barbadensis* (Lodd. ex Mart.) Becc., *Mauritia flexuosa* L., *Roystonea oleracea* L.H. Bailey, *Sabal mauritiformis* (Karst.) Griseb. & H. Wendl.), *Syagrus amara* (Jacq.) Mart., *Syagrus coronata* (Mart.) Becc., *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, *Syagrus sancona* H. Karst., *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glassman e *Syagrus stenopetala* Buret. Complete life cycle of the red palm mite was reached in plants studied in Trinidad & Tobago, but did not on American palm species tested in Venezuela. Life span of *R. indica* (egg-adult) varied significantly among host plants, averages ranging between 21.5 days on coconut to 34.1 days on red ginger leaves. Oviposition rate was higher on coconut (0.8 eggs/female/day) and lower on parrot flower and red ginger (in both cases, <0.1 egg/female/day). Average longevity of *R. indica* females ranged from 21.5 to 9.7 days on coconut and parrot flower leaves, respectively. Intrinsic rate of increase (r_m) was higher on coconut (0.157) and Manila palm (0.137), and lowest on parrot flower (0.040) and red ginger (0.037). Based on our data, *R. indica* seems not to be a threat to for parrot flower and red ginger but for coconut and Manila palm.

Keywords: Biological parameters; Red palm mite; Ornamental plants; Coconut

4.1 Introdução

O ácaro vermelho das palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, tem sido considerado uma praga do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e palmeira de betel (*Areca catechu* L.) na Índia (DANIEL, 1981; NAGESHA CHANDRA; CHANNABASABANNA, 1984), e em tâmareira (*Phoenix dactylifera* L.) no Egito (ZAHER et al., 1969). Em 2004, este ácaro foi relatado pela primeira vez na região do Caribe (FLECHTMANN; ETIENE, 2004), dispersando-se rapidamente a várias ilhas dessa região (KANE et al., 2005, FLECHTMANN; ETIENE, 2005, ETIENE; FLECHTMANN, 2006, RODRIGUES et al., 2007; DE LA TORRE et al., 2010). O ácaro foi pouco mais tarde verificado na Venezuela (VÁSQUEZ et al., 2008), Florida (PEÑA et al., 2008), México (NAPPO, 2009), Brasil (NÁVIA et al., 2011) e Colômbia (CARRILLO et al., 2011).

Raoiella indica causa danos sérios em Arecaceae, especialmente em coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e também em Musaceae e outras famílias botânicas

(FLECHTMANN; ETIENNE 2004, 2005; ETIENNE; FLECHTMANN, 2006; CARRILLO et al., 2012). Em viveiros de coqueiro, a alimentação do ácaro pode provocar a morte das mudas; mas em plantas adultas o dano corresponde ao amarelecimento das folhas, com a consequente redução na produção (PEÑA et al., 2006; WELBOURN, 2005).

Os primeiros estudos sobre a biologia desta espécie foram feitos na Índia, sobre palmeira de betel (ZAHER et al., 1969) e coqueiro (NAGESHA CHANDRA; CHANNABASAVANA, 1984). Mas com a chegada de *R. indica* nas Américas, começou um interesse por se conhecer aspectos de sua biologia nesta região, com o objetivo de estabelecer as bases para o manejo de sua população. Até o presente, existe informação sobre a biologia do ácaro vermelho das palmeiras em coqueiro e bananeiras (GONZÁLEZ; RAMOS, 2010; RAMOS et al., 2011), e em palma de betel (FLORES-GALANO et al., 2010).

Com menor frequência e menor sintomas de danos, *R. indica* tem sido também encontrada em helicônias, zingiberáceas e várias outras espécies ornamentais que crescem nas proximidades de coqueiros severamente infestados, como verificado por Roda et al. (2008) nas ilhas do Caribe. Isso mostra a grande capacidade desta praga em infestar diferentes espécies vegetais. No entanto, uma pergunta a se fazer é se *R. indica* realmente usa estas outras plantas como hospedeiros, ou se chega a estas plantas apenas durante o processo de dispersão do ácaro, quando estas estão nas proximidades de coqueiros altamente infestados.

O objetivo deste trabalho foi avaliar se algumas das espécies relatadas na literatura como hospedeiras assim como outras arecáceas comumente encontradas na Venezuela permitem o desenvolvimento e a reprodução de *R. indica*.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Material e Métodos

Para o estudo conduzido em Trinidad e Tobago, os ácaros foram coletados sobre coqueiros de um campo em Icacos (10° 03' 47" N; 61° 54' 56" W), Saint Patrick. As seguintes espécies vegetais foram avaliadas neste estudo: *Adonidia*

merrillii (Beccari) (palmeira-de-natal) e *Ptychosperma macarthurii* H. Wendl. (palmeira-de-macathuri), ambas da família Arecaeae, *Heliconia psittacorum* Sessé & Moc. (helicônia-papagaio), da família Heliconiaceae, e *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. (bastão-de-imperador), da família Zingiberaceae. Estas plantas foram selecionadas pelo fato de serem comumente utilizadas como ornamentais na Venezuela e outros países, e pelo fato de terem sido relatadas como hospedeiros de *R. indica*.

Para o estudo conduzido na Venezuela, os ácaros foram coletados de uma população sobre coqueiro de um campo em Chichiriviche, estado de Falcón e de outra população sobre palmeira-de-natal em Barquisimeto, estado de Lara. As plantas avaliadas como hospedeiros foram: *Coccothrinax barbadensis* (Lodd. ex Mart.) Becc., *Mauritia flexuosa* L., *Roystonea oleraceae* L.H. Bailey, *Sabal mauritiformis* (Karst.) Griseb. & H. Wendl.), *Syagrus amara* (Jacq.) Mart., *Syagrus coronata* (Mart.) Becc., *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, *Syagrus sancona* H. Karst., *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glassman e *Syagrus stenopetala* Buret. Estas plantas foram selecionadas por serem espécies nativas do trópico americano, também usadas como ornamentais na Venezuela.

Em Trinidad e Tobago, o estudo foi conduzido no Laboratório de Entomologia da “CABI Caribbean and Latin America”, enquanto na Venezuela o estudo foi conduzido no Laboratório de Zoologia da Universidade Centroccidental Lisandro Alvarado. Em ambos os casos, o trabalho foi realizado a $29 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 h de luz. Cada unidade experimental consistiu de um disco de folha (3 cm de diâmetro) cortado da região mediana de um folíolo e colocado com a superfície abaxial para cima sobre uma lâmina de poliuretano mantidas permanentemente úmida no interior de uma bandeja, pela adição diária de água destilada. Preparou-se um total de dez discos de cada planta a ser avaliada. Sobre cada disco foi colocada uma fêmea de *R. indica* tomada ao acaso dentre os ácaros coletados no campo. A cada 12 horas, os folíolos eram examinados para determinar se havia ocorrido a oviposição. Tendo esta ocorrido, a fêmea adulta e o excesso de ovos foram retirados, deixando-se apenas um ovo por unidade. Cada unidade foi então examinada a cada 12 horas, para determinar a duração de cada estágio de desenvolvimento. Quando o estágio adulto foi atingido, um macho

tomado ao acaso dentre aqueles coletados no campo foi colocado juntamente com cada fêmea, com a qual foi mantido até a morte desta. Machos mortos no transcorrer do trabalho foram substituídos por novos machos da mesma procedência. A cada 3-4 dias, os discos foram substituídos por novos discos, para manter adequada a condição fisiológica do substrato. Discos de folha de coqueiro (variedade Alto Caribe) foram usados como controle, tanto em Trinidad e Tobago como na Venezuela.

4.2.2 Resultados e Discussão

Raoiella indica conseguiu se desenvolver até a fase adulta em todas as plantas avaliadas em Trinidad e Tobago, mas não em nenhuma das palmeiras avaliadas na Venezuela. Diferenças significativas foram observadas em relação à duração dos estágios da fase imatura entre as plantas. O desenvolvimento foi mais rápido em coqueiro que em outros hospedeiros (Tabela 4.1). No entanto, em *A. merrillii* a diferença foi pequena (menos de 10% mais longo nesta planta). Nos outros hospedeiros, o desenvolvimento de ovo a adulto foi pelo menos cerca de 40% mais longo que em coqueiro, sendo todos os estágios de desenvolvimento afetados pela espécie hospedeira.

Tabela 4.1 – Tempo de desenvolvimento em dias ($\pm$ Desvio Padrão) de *Raoiella indica* em diferentes plantas hospedeiras

	Ovos	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Ovo-adulto
<i>Alpinia purpurata</i>	7,8 $\pm$ 0,2ab	9,0 $\pm$ 0,1a	7,3 $\pm$ 0,2a	9,8 $\pm$ 0,2a	33,9 $\pm$ 0,5a
<i>Heliconia psittacorum</i>	7,4 $\pm$ 0,2b	9,2 $\pm$ 0,1a	7,6 $\pm$ 0,2a	9,4 $\pm$ 0,2a	33,7 $\pm$ 0,5a
<i>Ptychosperma macarthurii</i>	8,0 $\pm$ 0,1	7,7 $\pm$ 0,1b	6,7 $\pm$ 0,1b	7,7 $\pm$ 0,2b	30,0 $\pm$ 0,4b
<i>Adonidia merrillii</i>	7,4 $\pm$ 0,1b	5,9 $\pm$ 0,1c	4,7 $\pm$ 0,1c	5,3 $\pm$ 0,2c	23,3 $\pm$ 0,4c
<i>Cocos nucifera</i>	6,1 $\pm$ 0,1c	5,5 $\pm$ 0,1d	4,5 $\pm$ 0,1c	5,5 $\pm$ 0,2c	21,5 $\pm$ 0,4d

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferiram significativas de acordo com teste de Tukey ($p= 0,001$, $p= 0,001$, ovo (g.l.= 172, F= 28,2), larva (g.l.= 159, F= 196), protoninfa (g.l.= 143, F= 128); deutoninfa (g.l.= 134, F= 145); adulto (g.l.= 134, F= 200).

Embora estudos prévios tenham demonstrado diferenças no ciclo de vida em diferentes espécies de planta, informações sobre os efeitos da planta hospedeira sobre o tempo de desenvolvimento *R. indica* são escassas. Pesquisas conduzidas no Hemisfério Oriental revelaram que o ciclo de vida de *R. indica* foi completado em 24,5 dias em folhas de coqueiro sob condições de laboratório, a temperaturas variando entre 23,9 e 25,7 °C (NAGESHA CHANDRA; CHANNABASANNA, 1984) ou em 21,4 dias em folhas de tamareira (*Phoenix dactylifera* L.) a 25,7 °C (ZAHER et al., 1969). Nas Américas, o tempo de desenvolvimento tem mostrado ser significativamente maior do que os reportados no Hemisfério Oriental, variando entre 31,0 dias em palmeira de betel a 25,4 °C (FLORES-GALANO et al., 2010) e 31,4 e 33,5 dias em coqueiro e bananeira a 26,3 °C (GONZÁLEZ; RAMOS, 2010). A 26,3 °C, Ramos et al. (2011) observaram valores de 30,9 e 32,4 dias em coqueiro e bananeira, valores próximos aos valores mostrados por González e Ramos (2010).

A longevidade das fêmeas adultas de *R. indica* foi significativamente maior em folhas de coqueiro (Tabela 4.2). Para este parâmetro, a diferença entre o coqueiro e outras plantas, incluindo *A. merrillii*, foi bastante considerável (pelo menos cerca de 60% mais longa em coqueiro). Semelhantemente, a oviposição média diária foi significativamente maior em folhas de coqueiro (Tabela 4.2); neste caso, a oviposição em coqueiros foi pelo menos o dobro daquela observada em outras espécies vegetais. A baixa oviposição de *R. indica* em helicônia coincidem com as observações de campo feitas por Taylor et al. (2011). Estes autores não encontraram o ácaro em heliconiáceas que cresciam perto de plantas de palmeira de betel com altos níveis de infestação.

Os dados sobre longevidade e oviposição são amplamente variáveis nesta espécie de praga. Nagesha Chandra e ChannaBasanna (1984) reportaram 50,9 dias como longevidade média e fecundidade de 22 ovos/fêmeas em coqueiro. Por outro lado, González e Ramos (2010) e Ramos et al. (2011) relataram oviposição média de 12,58 ou 7,53 ovos/fêmea durante 24,1 ou 14,8 dias, em folhas de coqueiro ou bananeira, respectivamente.

Tabela 4.2 – Longevidade (dias) e oviposição (ovos/fêmea/dia) ($\pm$ Desvio Padrão) de *Raoiella indica* sobre diferentes plantas hospedeiras

	Longevidade	Oviposição
<i>C. nucifera</i>	21,5 $\pm$ 2,2 ^a	0,8 $\pm$ 0,1 ^a
<i>V. merrillii</i>	13,3 $\pm$ 2,2 ^b	0,4 $\pm$ 0,1 ^b
<i>P. macarthurii</i>	10,0 $\pm$ 2,0 ^c	0,2 $\pm$ 0,1 ^b
<i>H. psittacorum</i>	9,7 $\pm$ 2,2 ^c	0,1 $\pm$ 0,05 ^c
<i>A. purpurata</i>	9,9 $\pm$ 1,9 ^c	0,1 $\pm$ 0,03 ^c

Em cada coluna, valores seguidos da mesma letra não diferiram significativamente pelo teste de Tukey (Longevidade: $p=0.001$, $gl=130$, $F=169$; Oviposição: $p=0.001$, $gl=95$, $F=67$).

Com relação às espécies de palmeiras nativas do trópico americano, o ácaro não se desenvolveu em discos de folha no laboratório, independentemente de ter sido coletado de folhas de coqueiro ou de palmeira-de-natal. As explicações sobre por que o ácaro vermelho das palmeiras não consegue se desenvolver em várias espécies areáceas do Novo Mundo ainda não está claro. É que possivelmente algumas espécies de palmeiras nativas da região neotropical tenham algum tipo de barreira morfológica constitutiva (por exemplo, engrossamento da cutícula), produzam alguma substância deterrente de alimentação e/ou oviposição (fenóis, terpenóides, etc) (WITTSTOCK; GERSHENZON, 2002; KROYMANN, 2011), ou que suas qualidades fisiológicas não sejam adequadas para o desenvolvimento e reprodução desta e outras pragas semelhantes.

De forma semelhante ao que se observou no presente trabalho, Carrillo et al. (2012) encontraram que o número de *R. indica* foi relativamente baixo ou que este ácaro não ocorreu em 68% das palmeiras amostradas em Trinidad e Tobago, sendo a maioria delas originárias do trópico americano. Durante as amostragens feitas por aqueles autores durante os períodos chuvoso e seco de 2008, as densidades do ácaro foram consistentemente baixas sobre *R. oleraceae* (0,003 ácaros/cm²), *Syagrus glaucescens* Glaz. ex Becc. (0,001 ácaros/cm²) e *S. romanzoffiana* (Cham.) Glassman (0,04 ácaros/cm²). De acordo com estes autores, a maioria das palmeiras sobre as quais *R. indica* tem sido constatada no Novo Mundo originaram-se no Hemisfério Oriental, principalmente em áreas tropicais da Ásia, Austrália e/ou África

(CARRILLO et al., 2012), de onde *R. indica* é provavelmente originária (DOWNY et al., 2012). Porém, quase 25% das espécies relatadas por Carrillo et al. (2012) como hospedeiras para *R. indica* são nativas do Novo Mundo, sugerindo uma grande plasticidade genética da praga para se adaptar aos novos ambientes.

Como esperado, tendo em vista os resultados relatados para o desenvolvimento e reprodução, os parâmetros da tabela de vida variaram de acordo com a planta hospedeira (Tabela 4.3). Maiores valores de taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) e razão finita de crescimento (λ) e menores valores de tempo médio de uma geração (T) foram observados quando o hospedeiro foi o coqueiro. Os resultados sugerem que o potencial biótico de *R. indica* é extremamente baixo em *H. psittacorum* ou *A. purpurata*.

Tabela 4.3 – Parâmetros da tabela de vida de *Raoiella indica* em diferentes plantas hospedeiras a $29 \pm 0,5^\circ\text{C}$; $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 h de luz

	Taxa líquida de reprodução (R_0)	Tempo médio de uma geração (T) (dias)	Taxa intrínseca de crescimento (r_m)	Razão finita de crescimento (λ)
<i>C. nucifera</i>	36,47	22,9	0,157	1,071
<i>V. merrillii</i>	28,68	24,5	0,137	1,061
<i>P. macarthurii</i>	8,29	31,1	0,068	1,029
<i>H. psittacorum</i>	3,81	33,5	0,040	1,017
<i>A. purpurata</i>	3,83	35,9	0,037	1,016

Os resultados deste estudo sugerem que existe a potencialidade para *R. indica* causar danos em *A. merrillii* e desta planta servir como fonte de infestação e dispersão da praga, tendo em vista que essa planta é muito usada como ornamental em avenidas e outros lugares públicos. Com isso é necessário aplicar medidas de controle nestes espaços. Por outro lado, os níveis de potencial biótico de *R. indica* sobre *H. psittacorum* e *A. purpurata* sugerem que estes sejam hospedeiros pouco favoráveis para *R. indica*. Possivelmente, as infestações observadas sobre essas espécies no campo poderiam ser consideradas como colonização ocasional, depois que altos níveis populacionais foram atingidos pela praga sobre o coqueiro, a principal planta hospedeira. Porém, estudos de campo poderiam melhor determinar

o potencial deste ácaro como praga dessas e outras espécies de heliconiáceas e zingiberáceas de importância ornamental na região Neotropical.

Referências

- CARRILLO, D.; AMALIN, D.; HOSEIN, F.; RODA, A.; DUNCAN, R.E.; PEÑA, J.E. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 3/4, p. 271–289, 2012.
- CARRILLO, D.; NÁVIA, D.; FERRAGUT, F.; PEÑA, J.E. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 94, n. 2, p. 370-371, 2011.
- DANIEL, M. Bionomics of the predaceous mite *Amblyseius channabasavanni* (Acari: Phytoseiidae), predaceous on the palm mite *Raoiella indica*. First Indian Symposium in Acarology. 1981, Bangalore, India. **Contributions to Acarology in India**. Bangalore: Anubhava Printers. 1981. p. 167-173.
- DE LA TORRE, P.E.; SUÁREZ, A.; GONZÁLEZ, A.I. Presencia del ácaro *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Cuba. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana (Cuba), v. 25, n. 1, p. 1-4, 2010.
- ETIENNE, J.; FLECHTMANN, C.H.W. First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadalupe and Saint Martin, West Indies. **International Journal of Acarology**, Oxon, v. 32, p. 331-332, 2006.
- FLECHTMANN, C.H.W.; ETIENNE, J. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 9, p. 109-110, 2004.
- _____. Un nouvel acarien ravageur des palmiers: en Martinique, premier signalement de *Raoiella indica* pour les Caraïbes. **Phytoma**, Julliet –Août, v. 548, p. 10-11, 2005.
- FLORES-GALANO, G.; MONTOYA, A.; RODRÍGUEZ, H. Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca catechu* L. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana (Cuba), v. 25, n. 1, p. 11-16, 2010.
- GONZÁLEZ, A.I.; RAMOS, M. Desarrollo y reproducción de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en laboratorio. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana (Cuba), v. 25, n. 1, p. 7-10, 2010.

KANE, E.C.; OCHOA, R.; MATHURIN, G.; ERBE, E.F. ***Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae):** an islandshopping mite pest in the Caribbean. 2005. Disponível em: <<http://www.sel.barc.usda.gov/acari/PDF/TrinidadHandout.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2010.

KROYMANN, J. Natural diversity and adaptation in plant secondary metabolism. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdã, v. 14, n. 3, p. 246-251, 2011.

NAGESCHA CHANDRA, B.K.; CHANNABASAVANNA, G.P. Development and ecology of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on coconut. In: GRIFFITHS, D.H.; BOWMAN, C.E. (Ed.). **Acarology VI**. West Sussex: Elis Horwood Publ., 1984. v. 2, p. 785-790.

NATIONAL AMERICAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **Detecciones del ácaro rojo de la palma (*Raoiella indica*) en Cancún e Isla Mujeres, Quintana Roo, México:** notificación oficial de plaga. Quintana Roo, 2009. 1v.

NÁVIA, D.; MARSARO Jr, A.L.; SILVA, F.R. da; GONDIM Jr., M.G.C.; MORAES, G.J. de. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 409-411, 2011.

PEÑA, J.E.; MANNION, C.M.; HOWARD, F.W.; HOY, M.A. ***Raoiella indica* (Prostigmata: Tenuipalpidae):** the red palm mite: a potential invasive pest of palms and bananas and other tropical crops of Florida. 2006. University of Florida IFAS Extension, ENY-837. 2006. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_IN681>. Acesso em: 12 jul. 2007.

_____. Red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). In: CAPINERA, J. **Encyclopedia of entomology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2008. p. 3124-3127.

RAMOS, M.; RODRÍGUEZ, H.; GONZÁLEZ, A.; GONZÁLEZ, M. Management strategy of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Cuba. **Zoosymposia**, Auckland (New Zealand), v. 6, p. 152-159, 2011.

RODA, A.; DOWLING, A.; WELBOURN, C.; PEÑA, J.E.; RODRIGUES, J.C.V.; HOY, M.A.; OCHOA, R.; DUNCAN, R.A.; DE CHI, W. Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. **Proceedings of the Caribbean Food Crops Society**, San Juan de Puerto Rico, v. 44, n. 1, p. 80-87, 2008

RODRIGUES, J.C.V.; OCHOA, R.; KANE, E.C. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. **International Journal of Acarology**, Oxon, v. 33, n. 1, p. 3-5, 2007.

TAYLOR, B.; RAHMAN, M.; MURPHY, S.T.; SUDHEENDRAKUMAR, V.V. Exploring the host range of the red palm mite (*Raoiella indica*) in Kerala, India. **Zoosymposia**, Auckland (New Zealand), v. 6, p. 86-92, 2011.

VÁSQUEZ, C.; QUIRÓS, M.; APONTE, O.; SANDOVAL, M. F. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 739-740, 2008

WELBOURN C. **Red palm mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) pest alert.** 2005. Disponível em: <<http://www.daocs.state.fl.us/pi/enpp/ento/r.indica.html>>. Acesso em: 09 jun. 2007.

WITTSTOCK, U.; GERSHENZON, J. Constitutive plant toxins and their role in defense against herbivores and pathogens. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdã, v. 5, n. 4, p. 300-307, 2002.

ZAHER, M.A.; WAFI, A.K.; YOUSEF, A.A. Biological studies on *Raoiella indica* Hirst and *Phyllozetanys aegyptiacus* Sayed infesting Date palm trees in U. A. R. (Acarina: Tenuipalpidae). **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, Goettingen, v. 63, n. 1/4, p. 406-411, 1969.

5 RELAÇÃO ENTRE A AÇÃO DE ENZIMAS OXIDATIVAS E PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDEOS EM GENÓTIPOS DE COQUEIRO E A RESISTÊNCIA DESTES AO ÁCARO *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)

Resumo

Estudos anteriores têm mostrado um incremento na atividade das enzimas oxidativas (peroxidase, polifenol oxidase) e na peroxidação de lipídeos em plantas atacadas por *Tetranychus urticae* Koch e *Steneotarsonemus spinki* Smiley, o que pode estar associado à subsequente diminuição da atividade do ácaro na planta. Aspectos biológicos de *Raoiella indica* Hirst criado sobre diferentes genótipos de coqueiro denominados 'Anão Amarelo da Malásia' (AAM), 'Gigante do Caribe' (GC), 'Niu Leka' e um híbrido (AAM x GC) foram estudados sob condições de laboratório ($29 \pm 1,0^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 horas de luz). A maior duração da fase imatura (21,9 dias) e a menor taxa de oviposição (1,7 ovos/fêmea/dia) observados no cultivar GC sugeriram ser esse cultivar menos susceptível que outros genótipos. Baseado nos atributos biológicos mostrados pela praga e devido a que os cultivares 'AAM' e 'GC' são comumente usados para a produção de coqueiro na Venezuela, o efeito da alimentação de *R. indica* sobre a atividade das enzimas oxidativas (POD= peroxidase e PPO= polifenol oxidase) e a peroxidação de lipídeos foi estudado nesses cultivares para relacionar com as diferenças quanto à susceptibilidade a *R. indica*. As atividades das POD, PPO e peroxidação de lipídeos foram maiores em plantas infestadas de ambos cultivares quando comparadas com os respectivos controles. Além disso, maior atividade de POD e PPO foi detectada no cultivar 'AAM' que no cultivar 'GC', tanto em plantas infestadas quando não infestadas. Em contraste, maior peroxidação de lipídeos foi verificada em plantas do cultivar 'GC' infestadas. Estudos complementares precisam ser realizados, para avaliar o efeito dessas enzimas na resistência de coqueiros ao ácaro.

Palavras-chave: Peroxidase; Polifenol oxidase; Peroxidação de lipídeos; Ácaro vermelho das palmeiras

Abstract

Previous studies have shown increase in oxidative enzymes activities (Peroxidase and polyphenol oxidase) and in lipid peroxidation in plants damaged by *Tetranychus urticae* Koch or *Steneotarsonemus spinki* Smiley, which is probably associated to diminishing of mite performance on plants. Some biological aspects of *Raoiella indica* Hirst reared on coconut genotypes so-called 'Giant Caribe' (GC), 'Malaysian Yellow Dwarf' (MYD), Niu Leka and a hybrid (GC x MYD) were studied under laboratory conditions ($29 \pm 1.0^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ RH and photoperiod 12 h of light). Longer span time of immature stages (21.9 days) and lower oviposition rate (1.7 eggs/female/day) were observed on cultivar GC suggested this cultivar to be less susceptible host as compared to MYD. Based on biological parameters and since 'MYD' and 'CT' cultivars are commonly used for coconut production in Venezuela, the effect of *R. indica* feeding on the oxidative enzyme activity (POD= peroxidase and PPO= polyphenol oxidase) and lipid peroxidation was studied on these coconut cultivars to evaluate differences in susceptibility to *R. indica*. Higher POD and PPO

activity and lipid peroxidation were obtained in infested plants in both cultivars as compared to respective control. Besides higher POD and PPO activities were detected in 'MYD' than in 'CT', either in infested or not infested plants. In contrast, higher lipid peroxidation was verified in 'GC' infested plants. In contrast, higher lipid peroxidation was verified on infested GC plants. More detailed studies should be addressed to determine effect of these enzymes on coconut resistance to the mite.

Keywords: Peroxidase; Polyphenol oxidase; Lipid peroxidation; Red palm mite

5.1 Introdução

Os mecanismos de defesa das plantas podem se expressar permanentemente, sem a necessidade da presença de qualquer fator estressante (resistência constitutiva), ou podem ser despertados como resposta a estresses ambientais bióticos ou abióticos (resistência induzida) (AGRAWAL; KARBAN, 2000; KESSLER; BALDWIN, 2002; AGRAWAL, 2005). Esses dois mecanismos são cruciais para a resistência contra insetos e ácaros fitófagos (KANT, 2006). A defesa induzida envolve mudanças na planta desde o desenvolvimento de reforços estruturais (barreiras estruturais) até o incremento do nível de substâncias tóxicas (GRUBB; ABEL 2006) e inibidores de proteases (CHEN et al., 2005). Porém, os compostos obtidos em função da resistência induzida podem ser auto-tóxicos (GOG et al., 2005), implicar um alto custo metabólico para a planta (WALTERS; BOYLE, 2005) ou serem ativados relativamente tarde na interação (MORRIS et al., 2006).

O reconhecimento pela planta de algum fator de estresse induz uma série de desequilíbrios químicos, conhecidos como estresse oxidativo, que envolvem o incremento de reações oxidativas no sistema de defesa antioxidante de um organismo para prevenir a produção de um dano (BARTOSZ, 1997). O estresse oxidativo provoca a ativação de mecanismos de sinalização na planta que levam à produção das espécies reativas de oxigênio (ERO) que podem conduzir à acumulação de metabólitos secundários e proteínas de defesa, incluindo inibidores de proteases, quitinases, glucanases, polifenoloxidasas e lectinas (WALLING, 2000). A propriedade comum dos diferentes tipos de ERO é a capacidade para produzir dano oxidativo às proteínas, DNA e lipídeos (APEL; HIRT, 2004). Particularmente, as EROs produzidas pela oxidação de taninos (ex. radicais de semiquinona, quinonas, peróxido de hidrogênio e radicais hidroxila) estão envolvidas na transformação dos

nutrientes no lúmen do intestino e/ou produzem estresse oxidativo no tecido do intestino médio (BI; FELTON, 1995).

Entre as enzimas oxidativas, as peroxidases (POD) podem estar envolvidas em numerosas funções fisiológicas, incluindo a defesa contra patógenos (LÓPEZ-CURTO et al., 2006) e insetos (DOWD; LAGRIMINI, 1998), mas a expressão das diferentes isoenzimas das peroxidases depende do tecido, estágio de desenvolvimento da planta e os estímulos ambientais (VALÉRIO et al., 2004). O aumento na atividade das POD durante o ataque do patógeno/herbívoro tem sido associado à ligação de compostos fenólicos à parede celular de soja e feijão (LAMB; DIXON, 1997). Outra enzima oxidativa importante é a polifenol oxidase (PPO), para a qual diversas funções fisiológicas têm sido postuladas; entretanto, sua atividade é bem maior em tecidos danificados, fato pelo qual também são consideradas proteínas de defesa da planta (PINTO et al., 2008). Estudos anteriores demonstraram que existe uma relação negativa entre a atividade da PPO e a taxa de desenvolvimento de *Heliothis zea* (Boddie) em folhas de tomate, provavelmente devido à quelatação dos aminoácidos e proteínas das folhas com a subsequente redução da qualidade nutritiva da folhagem atacada (FELTON et al., 1989). Mais recentemente, lagartas de várias espécies de insetos da família Noctuidae [*Spodoptera exigua* (Hübner), *Spodoptera litura* (F.) e *Helicoverpa armigera* Hübner] mostraram diminuição do ganho de peso e taxa de consumo quando foram alimentadas com linhas transgênicas de tomate mostrando expressão de PPO (BHONWONG et al., 2009; MAHANIL et al., 2008).

Semelhantemente ao que tem sido relatado para os insetos, estudos têm demonstrado que o ataque de *T. urticae* induz a atividade da POD e lipoxigenase em tomateiro (STOUT et al., 1994) e da POD em lúpulo (TREVISAN et al., 2003). Kielkiewicz (2002) também observou incremento de até duas vezes na atividade da peroxidase e ascorbit oxidase em plantas atacadas por *Tetranychus cinnabarius* Boisduval, mas a indução da polifenol oxidase foi menos pronunciada. A maior atividade das enzimas oxidativas foi acompanhada de uma diminuição da densidade de *Steneotarsonemus spinki* Smiley sobre variedades de arroz mais tolerantes a esta praga (FERNÁNDEZ et al., 2005). Embora muitos trabalhos tenham avaliado as respostas oxidativas das plantas à alimentação por herbívoros, até o presente não existe informação disponível sobre esse particular em genótipos de coqueiro. O

presente trabalho relaciona o mecanismo do dano produzido por *Raoiella indica* Hirst, ácaro vermelho das palmeiras, em cultivares de coqueiro usados comercialmente na Venezuela com a atividade de peroxidase, polifenol oxidase e peroxidação de lipídeos nestas plantas.

5.2 Desenvolvimento

5.2.2 Material e Métodos

5.2.2.1. Aspectos biológicos de *R. indica* sobre diferentes germoplasmas de coqueiro

Aspectos biológicos de *R. indica* foram estudados em materiais de quatro genótipos de coqueiro fornecidos pelo Campo Experimental do Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Irapa, estado de Sucre, Venezuela. Os materiais genéticos foram: 'Gigante do Caribe' (GC), 'Anão Amarelo da Malásia' (AAM), um híbrido (GC x AAM) e Niu Leka (proveniente do Pacífico). Os experimentos foram conduzidos sob condições de laboratório, em câmaras climatizadas, a $29 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 horas de luz. Para a obtenção de indivíduos de idade homogênea, foram preparadas unidades de criação segundo a metodologia proposta por Rivero; Vásquez (2009). Cada unidade consistiu de uma placa Petri (9 cm de diâmetro) contendo uma espuma de poliuretano circular de 1,0 cm de espessura umedecida com água destilada. Sobre cada unidade foi posto um disco de folha de cada um dos genótipos de coqueiro estudados (3 cm de diâmetro) sobre o qual foram colocadas 30 fêmeas e 10 machos. Após 24 horas, as fêmeas e os machos foram descartados e o número de ovos foi registrado. Os ovos e os estágios imaturos subseqüentes foram deixados nas unidades e examinados diariamente, até o surgimento dos adultos.

O ciclo biológico de *R. indica* foi estudado usando unidades de criação como as descritas no parágrafo anterior. O estudo foi iniciado com 30 unidades para cada genótipo, cada uma contendo três discos de folhas de coqueiro de um genótipo (3 cm de diâmetro) com a superfície inferior da folha voltada para cima; os discos foram margeados com uma faixa de algodão. O algodão e a espuma foram mantidos permanentemente úmidos pela adição diária de água destilada, para evitar o escape dos ácaros e manter a turgidez das folhas. Sobre cada disco foram colocados uma

fêmea e um macho com um dia após a emergência, provenientes da criação de manutenção estabelecida em laboratório com folha do mesmo genótipo, como descrito no parágrafo anterior.

As unidades de criação foram observadas ao microscópio estereoscópico a cada hora, para determinar o momento da postura; logo em seguida, a fêmea e o macho foram removidos. Para determinar o tempo de incubação dos ovos e a duração das fases imaturas subseqüentes de cada ácaro, foram realizadas observações a cada 12 horas. À medida que se notava o início da perda de turgidez dos discos, os ácaros eram transferidos para novas unidades de criação.

A oviposição foi estudada num grupo de 30 fêmeas acasaladas em cada um dos genótipos avaliados. Uma fêmea recém-emergida foi colocada junto com um macho em uma unidade de criação e esta foi observada a cada 12 horas até o final da oviposição.

5.2.2.2 Respostas bioquímicas induzidas pelo ataque de *R. indica* em coqueiros mantidos sob condições de casa de vegetação

As respostas bioquímicas induzidas pelo ataque de *R. indica* foram determinadas nos cultivares sobre os quais *R. indica* apresentou o menor e maior potencial biótico no estudo descrito no item anterior. As respostas bioquímicas avaliadas incluíram: atividades da peroxidase e da polifenol oxidase, assim como o grau de peroxidação de lipídeos.

O número de ácaros/folíolo observado a 24, 72, 120 e 264 h após a infestação foi correlacionado com o nível das enzimas POD e PPO durante esses períodos respectivos.

Determinação da concentração de proteínas totais (PT) e atividades enzimáticas em coqueiros atacados por *R. indica*.

Material vegetal

Quarenta plantas de 1-2 anos de idade de cada genótipo foram postas em sacolas (60 x 40 cm) contendo substrato formado por uma mistura de terra + casca de arroz + areia (1:1:1). As plantas eram de aproximadamente 1,5 m de altura e tinham em média 4-6 folhas. As plantas foram adubadas com 100 g/planta de N-P-K

(15-20-20) um mês antes do início do ensaio e irrigadas a cada três dias. Dois meses mais tarde, as plantas de cada genótipo foram divididas em dois grupos de 20 plantas cada, sendo as plantas de um dos grupos de cada genótipo infestadas com 20 fêmeas em cada um de três folíolos bem desenvolvidos de folhas medianas. O outro grupo foi mantido livre de ácaros e usado como controle.

Obtenção e armazenamento das amostras de tecido foliar.

De cada cultivar, uma amostra de tecido foliar foi tomada de cada uma de três plantas infestadas e do grupo controle no início do ensaio e 24, 72, 120 e 264 h após a infestação. Cada amostra foi constituída de uma seção de folha (aproximadamente 4 cm²) para obter os extratos enzimáticos, sendo esta envolta em um pedaço de papel alumínio e levada ao laboratório em caixas de isopor refrigeradas. No laboratório, foram pesadas e armazenadas a -20° C até o processamento.

Preparação dos extratos enzimáticos

De cada cultivar e data de amostragem, um volume da amostra correspondente a trezentos miligramas foi triturado em nitrogênio líquido e homogeneizado com o buffer de extração TRIS-HCL 50 mM, a pH 5,7, contendo 1% de polivinilpirrolidona (PVP), e 1 mM de EDTA. O extrato vegetal foi centrifugado a 12.000 rpm e 4 °C durante 20 minutos. O sobrenadante foi usado para as determinações das PT e das atividades enzimáticas.

Quantificação das PT

A concentração de PT foi feita seguindo a metodologia proposta por Bradford (1976). A curva de calibração foi obtida com o uso de uma solução padrão de 1 mg.L^{-1} de albumina de soro bovino (ASB). Para tanto, 2 mg de ASB foram colocados em um tubo de Falco (15 ml) contendo 1 ml de buffer Tris. Após a homogeneização da solução, diferentes alíquotas desta solução foram transferidas para tubos do tipo “eppendorff” contendo diferentes volumes de buffer Tris para obter as concentrações desejadas, de acordo com a tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Diluições da solução inicial de albumina de soro bovino (ASB) em buffer Tris (2 mg/1 ml) para a obtenção da curva de calibração

	Volume						
	60	50	40	30	20	10	0
ASB							
Buffer Tris	40	50	60	70	80	90	100

Posteriormente, para cada diluição, um volume de 100 μL foi transferido para um tubo “eppendorf” que continha 2,9 mL de Bradford, sendo o tubo mantido em repouso durante 10 min para a estabilização da reação. Foram preparados dois tubos de cada diluição. A absorvância de cada diluição foi medida com um espectrofotômetro (Genesys 10 uv) a 595 nm, obtendo-se os resultados mostrados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Absorvância da albumina de soro bovino (ASB) diluído em diferentes volumes de Bradford

Concentração da ASB	Absorvância ASB
0	0
0	0
10	0,455
10	0,544
20	0,596
20	0,696
30	0,697
30	0,741
40	1,027
40	1,053
50	1,07
50	0,884
60	1,152
60	1,266

Quantificação da atividade da POD

A quantificação da atividade da POD foi feita pelo método espectrofotométrico descrito por Bradford (1976). A velocidade de reação da oxidação do guaiacol pela POD na presença de H_2O_2 foi determinada através da medição da absorvância a 470 nm (zona do espectro de luz absorvida pelo guaiacol oxidado). Para isso, adicionaram-se 100 μ L de extrato enzimático a uma solução de 450 μ L de tampão fosfato de potássio (pH 7,5); 1,25 mL de guaiacol 20 mM e 1,25 mL de H_2O_2 30%. O branco consistiu de uma mistura de guaiacol, tampão e H_2O_2 (sem extrato enzimático). A variação da densidade ótica (DO) foi determinada para as diferentes amostras com os extratos enzimáticos durante 1 minuto (t) a cada 15 seg com três repetições. A atividade enzimática foi expressa em mmoles (mM) de produto formado (purpurogalina) por minuto (min) por micrograma (μ g) de proteína, calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Atividade enzimática } POX = \left(\frac{x}{\epsilon_{POX}} \right) * \left(\frac{1}{t} \right) * \left(\frac{V_{\text{reacao}}}{V_{\text{amostra}}} \right) * \left(\frac{1}{PT} \right)$$

Em que:

x= coeficiente angular da linha de regressão dos dados de cada repetição.

ϵ = coeficiente de extinção molar da enzima ($\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$).

t= intervalo de tempo para as leituras de absorvância.

V_{reacao} = volume total de reação.

V_{amostra} = volume da amostra.

PT= proteínas totais obtidas (mg)

Quantificação da atividade da Polifenol Oxidase (PPO)

A atividade da PPO foi quantificada pela velocidade de reação da oxidação do pirogalol (ALEXANDER et al., 1964). O pirogalol foi preparado em solução tampão de acetato de sódio (50 mM, pH 5,5). Foram adicionados 50 μ L do extrato enzimático à solução de reação contendo 450 μ L de tampão acetato de sódio e 2,5 mL de pirogalol a 20 mM. A atividade da enzima foi determinada a cada 15 seg por um período de 3 minutos, usando um espectrofotômetro a 420 nm. A atividade

enzimática foi expressa em (mM) de produto formado (quinona) por minuto (min) por micrograma (μg) de proteína calculada pela formula seguinte:

$$\text{Atividade enzimática PPO} = \left(\frac{x}{\epsilon_{\text{PPO}}} \right) * \left(\frac{1}{t} \right) * \left(\frac{v_{\text{reacao}}}{v_{\text{amostra}}} \right) * \left(\frac{1}{PT} \right)$$

Grau de peroxidação de lipídeos

A quantificação da peroxidação de lipídeos foi feita seguindo o método de Çakmak e Horst (1991). Para cada genótipo, foram preparados extratos a partir de 0,75 g de tecido foliar congelado obtido de plantas não infestadas (controle) e plantas infestadas inicialmente com 10, 25 ou 50 fêmeas/folíolo (infestação baixa, média e alta). O tecido foi triturado com nitrogênio líquido em um mortar refrigerado até a formação de pó ao qual se adicionou 1 mL de ácido tricloroacético (0,1%). O material triturado foi centrifugado a 10.000 rpm durante 5 min. Posteriormente, transferiram-se 0,3 mL do sobrenadante para um tubo contendo 0,9 mL de uma solução de ácido tiobarbitúrico (0,5%) e ácido tricloroacético (20%). A mistura foi colocada em banho Maria a 95 °C durante 30 min e esfriada em banho com gelo para deter a reação. Finalmente, o líquido foi centrifugado a 10.000 rpm a 4°C durante 5 min, sendo o sobrenadante usado para as avaliações. A quantidade de substâncias que reagem com o ácido tiobarbitúrico (TBARS, siglas em inglês) foi determinada pela absorvância do líquido sobrenadante a 532 e 600 nm (Espectrofotômetro Genesys 10UV). A concentração de TBARS, expressa em nmol.g^{-1} , foi calculada através da fórmula:

$$TBARS = \frac{A_{532} - A_{600}}{\epsilon}$$

Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variância e quando foram detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As atividades da POD e PPO foram correlacionadas com número de ácaros/folíolo, usando o software STATISTIX versão 8.0.

5.2.3 Resultados e Discussão

Aspetos biológicos de R. indica criado em diferentes geremoplasmas de coqueiro

A duração dos diferentes estágios de desenvolvimento de *R. indica* variaram nos diferentes genótipos avaliados (Tabela 5.3). O maior tempo de desenvolvimento foi observado sobre o cultivar ‘Gigante do Caribe’ (21,9 dias), enquanto que no cultivar ‘Anão Amarelo da Malásia’ o tempo foi cerca de 23% menor. No híbrido GC x AAM e no cultivar Niu Leka o tempo de desenvolvimento foi intermediário, sendo reduzido em 9,6 e 13,4 %, respectivamente. Os tempos de duração das fases imaturas obtidas no cultivar GC são semelhantes aos observados no capítulo anterior, sob as mesmas condições de temperatura, umidade relativa e luz do presente estudo.

Além disso, também foi verificado o efeito dos genótipos sobre a oviposição de *R. indica* (Tabela 5.4, Fig. 5.1). O maior nível de oviposição foi atingido sobre os discos de folha do cultivar ‘Anão Amarelo da Malásia’ e no híbrido AAM x GC, com uma média de 2,4 ovos/fêmea/dia, enquanto que no cultivar GC a oviposição média foi de quase 30% menor em relação a AAM. Já no caso de cultivar Niu Leka a oviposição média diária foi intermediária.

Tabela 5.3 – Duração (em dias $\pm$ Desvio Padrão) do ciclo biológico de *Raoiella indica* criado sobre folíolos de mudas de diferentes genótipos de coqueiro a $29 \pm 1,0^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 horas de luz

	Ovo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Ovo-adulto
GC	6,7 $\pm$ 1,8b	5,8 $\pm$ 0,7a	4,7 $\pm$ 0,5 ^a	4,8 $\pm$ 0,7a	21,9 $\pm$ 2,7 ^a
AAM x GC	7,6 $\pm$ 0,5 ^a	4,4 $\pm$ 0,5b	3,8 $\pm$ 0,8b	4,0 $\pm$ 0,8b	19,8 $\pm$ 1,0b
Niu Leka	7,7 $\pm$ 0,5 ^a	3,7 $\pm$ 0,7c	3,8 $\pm$ 0,9b	3,9 $\pm$ 0,9b	19,0 $\pm$ 1,3b
AAM	6,0 $\pm$ 0,5b	4,3 $\pm$ 0,5b	2,6 $\pm$ 0,8c	4,0 $\pm$ 0,6b	16,9 $\pm$ 0,9c

AAM= Anão Amarelo da Malásia; GC= Gigante do Caribe; AAM x GC= híbrido de AAM e GC.

Tabela 5.4 – Oviposição média (número de ovos $\pm$ Desvio Padrão) de *Raoiella indica* criado sobre folíolos de mudas de diferentes genótipos de coqueiro a $29 \pm 1,0^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 horas de luz

	Média $\pm$ D.P.	Máximo	Mínimo
GC	1,7 $\pm$ 1,3b	5,0	0,0
AAM x GC	2,4 $\pm$ 1,5 ^a	6,0	0,0
Niu Leka	2,2 $\pm$ 2,1ab	7,0	0,0
AAM	2,4 $\pm$ 1,9 ^a	7,0	0,0

AAM= Anão Amarelo da Malásia; GC= Gigante do Caribe; AAM x GC= híbrido de AAM e GC.

Estudos prévios tem demonstrado o efeito do cultivar sobre os parâmetros biológicos de um amplo número de espécies de ácaros, principalmente tetraniquídeos. Opit et al. (2001) observaram que os incrementos populacionais de *Tetranychus urticae* Koch foram maiores em plantas de gerânio do cultivar ‘Amethyst’ do que do cultivar ‘Sybil Holmes’. Os autores hipotetizaram que provavelmente o maior teor de fósforo nas folhas de ‘Amethyst’ poderia explicar o incremento da população do ácaro. Chen et al. (2007) observaram que as maiores densidades de *T. urticae* foram observadas em folhas completamente expandidas de gerânio as quais continham os maiores teores de fósforo. Kasap (2003) demonstrou que o tempo de desenvolvimento de *Amphitettranychus viennensis* (Zacher) foi menor quando este foi criado sobre folhas de maçieira dos cultivares ‘Starkrimson Delicious’ e ‘Golden Delicious’ (10,7 dias) quando comparado com os cultivares ‘Amasya’ e ‘Starking Delicious’, em que o ciclo foi completado em 11,7 dias. Semelhantemente, o tempo de desenvolvimento de *Oligonychus punicae* (Hirst) variou nos diferentes cultivares de videira, sendo que sobre os cultivares ‘Tucupita’ e ‘Sauvignon’ os ácaros atingiram o estágio adulto em 8,2 e 8,3 dias, enquanto nos cultivares ‘Villanueva’, ‘Red Globe’, ‘Chenin Blanc’ e ‘Sirah’ o desenvolvimento foi 7–11% mais lento (VÁSQUEZ et al., 2008).

O efeito da planta hospedeira sobre a reprodução de espécies fitófagas tem sido estabelecido para várias espécies de ácaros (RIBEIRO et al., 1988; HILKER; MEINERS, 2002; PRASLIČKA; HUSZAR, 2004). Vásquez et al. (2008) hipotetizaram que os parâmetros reprodutivos de *O. punicae* parecem estar negativamente associados aos teores de flavonóides em cultivares de videira. Estudos anteriores demonstraram que as folhas e frutos de videira podem sintetizar compostos

fenólicos em resposta a ataques de fungos ou fatores abióticos (MORRISSEY; OSBOURN, 1999) e esses compostos podem atuar sinergicamente com taninos para fornecer a resistência das plantas (HARBORNE, 1994; BERNARDS; BÅSTRUP-SPOHR, 2008).

Figura 5.1 – Oviposição diária de *Raoiella indica* criadas sobre folíolos de mudas de diferentes genéticos de coqueiro a $29 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, $60 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo diário de 12 horas de luz

Respostas bioquímicas induzidas pelo ataque de *R. indica* em coqueiros mantidos sob condições de casa de vegetação

Quantificação das PT

O conteúdo de PT foi maior no cultivar GC e não mostrou variações significativas ao longo do período de avaliação (Fig. 5.2). Porém observou-se maior conteúdo de PT 72 h após a infestação, coincidindo com a maior acumulação de POD neste cultivar. Ainda quando menores níveis de PT foram quantificados no cultivar AMM, estes variaram significativamente sendo maior a 120 h após a infestação quando também foi verificado o maior nível de PO. Os resultados são consistentes com os resultados obtidos por vários autores, onde se observa incremento de PT como resposta a diferentes tipos de estresses abióticos (GARCÍA

et al., 2003) e bióticos (KAMAL et al., 2010; WANG et al., 2011). Esse tipo de resposta tem sido considerado como uma medida de protecção contra o estresse o qual pode estar associado com a expressão de genes específicos que favorecem a indução de proteínas que não são sintetizadas sob condições óptimas (PÉREZ et al., 1997).

Figura 5.2. – Variação no conteúdo das PT em em coqueiros dos cultivares Anão Amarelo da Malásia e Gigante do Caribe infestados e não infestados com *Raoiella indica*

Atividade enzimática

A atividade das enzimas peroxidase (POD) e polifenol oxidase (PPO) incrementou em coqueiros dos cultivares AAM e GC infestadas com *R. indica* em comparação com plantas não infestadas (Figuras 5.3-5.4).

O incremento da POD foi revelado em ambos cultivares avaliados, porém no cultivar AAM o incremento variou de 4 vezes 24 h após a infestação a 6,7 vezes 120 h após a infestação. Já no cultivar GC os incrementos foram mais discretos e os maiores valores de peroxidase foram obtidos 72 e 120 h após a infestação, quando a enzima incrementou 1,7 e 1,6 vezes, respectivamente (Figura 5.3a).

Figura 5.3 – Variação na atividade de peroxidases (a) e polifenol oxidases (b) em coqueiros dos cultivares Anão Amarelo da Malásia e Gigante do Caribe infestados e não infestados com *Raoiella indica*

Com relação à atividade da enzima PPO, a atividade foi maior em plantas do cultivar GC no início da infestação, quando comparadas com plantas do cultivar AAM, porém tendeu a diminuir com o tempo tanto nas plantas infestadas quanto nas plantas não infestadas (Fig. 5.3b). Contrariamente, a atividade da PPO tendeu a incrementar discretamente durante as primeiras 72 h em plantas do cultivar AAM,

atingindo o nível máximo 120 h após a infestação quando tinha aumentado 4,2 vezes com relação às plantas não infestadas. Depois de 120 h, a atividade decresceu sendo semelhante em todos os tratamentos (Fig. 5.3b).

Trevisan et al. (2003) observaram um aumento da atividade da POD nas folhas superiores e inferiores da plantas de lúpulo cultivar 'Hallertauer Mittelfür' após a infestação das plantas com *T. urticae*. As modificações no perfil de proteínas e as alterações nos níveis das enzimas oxidativas são consideradas as primeiras respostas da planta à alimentação de herbívoros (FELTON et al., 1994; NI et al., 2001).

As respostas bioquímicas da planta ao ataque de patógenos ou herbívoros pode variar com o estado fenológico da planta e com a intensidade do efeito estressante (CONSTABEL; BARBEHENN, 2008). Estudos feitos por Ni et al. (2001) demonstraram que a atividade da POD variou com a espécie de planta e ainda com o tempo de amostragem, sendo maior durante os 3 primeiros dias e tendendo a diminuir no final do estudo, quando a planta não é submetida a estresse. A maior atividade das enzimas POD e PPO em morangueiros resistentes a *T. urticae* sugere que as enzimas oxidativas possam ser parte da base bioquímica de resistência de plantas a este ácaro (STEINITE; IEVINSH, 2002).

Apesar de ser as PPO encontradas em todas as espécies de planta, o baixo nível de mRNA associado com essa enzima em algumas sugere que seu papel na defesa tem evoluído apenas em poucas espécies (CONSTABEL et al., 2000). A produção de PPO como resposta de defesa contra herbívoros envolve uma sequência de reações muito complexas que iniciam com a expressão de genes levando tanto à formação e ativação de enzimas quanto à formação de substrato (MAYER, 2006).

De acordo com as análises realizadas neste trabalho, a densidade de ácaros mostrou-se negativamente correlacionada com a atividade da POD no cultivar GC ($R^2 = 64,91$; $F = 38,28$; $p = 0,001$). Assim, quanto maior a atividade da enzima no cultivar GC, menor era o número de ácaros encontrados por folíolo. Embora no cultivar AAM também fosse verificada uma correlação negativa, essa não foi significativa ($R^2 = 26,8$; $F = 3,66$; $p = 0,0845$) (Fig. 5.4). Por outro lado, com relação à PPO, foi encontrada uma relação de tipo quadrática entre o conteúdo da enzima e o

número de ácaros/folículo no cultivar GC ($R^2 = 43,56$) enquanto que no cultivar AAM foi verificada uma relação linear negativa não significativa (Fig. 5.5).

Figura 5.4 – Relação entre a atividade de enzima peroxidase (POD) e o número de ácaros nos cultivares de coqueiro Anão Amarelo da Malásia (AAM) e Gigante do Caribe (GC)

Figura 5.5 – Relação entre a atividade da Polifenol oxidase (PPO) e o número de ácaros nos cultivares de coqueiro Anão Amarelo da Malásia (AAM) e Gigante do Caribe (GC)

Vásquez et al. (2008) relataram uma associação negativa entre o conteúdo de flavonoides e a fecundidade de *O. punicae*. Fernández et al. (2005) verificaram que a alimentação por *Steneotarsonemus spinki* Smiley provocou um menor incremento na atividade das enzimas POD e PPO em cultivares susceptíveis de arroz (Perla de Cuba, J104 e IACuba 30) que em cultivares que mostraram maior tolerância à praga (Reforma e LC 88- 66). Mais recentemente, as peroxidases solúveis no endosperma de grãos de milho mostraram uma alta correlação com os

parâmetros de resistência contra *Sitophilus zeamais* (Motsch.), sugerindo que a atividade das peroxidases ou seus produtos contribuam na resistência do milho a esta praga (GARCÍA-LARA et al., 2007).

De acordo com Almagro et al. (2009), as peroxidases catalisam a síntese de produtos com atividade antimicrobiana na planta, tendo sido proposto que estas estão envolvidas na defesa da planta, através da participação na síntese de fitoalexinas. Assim, a atividade anti-fúngica das viniferinas em *Vitis* spp. e das hordatinas em *Hordeum* spp., obtidas das reações mediadas pelas peroxidases, foi demonstrada por Almagro et al. (2009). As peroxidases intervêm na ligação de componentes da parede celular, tais como extensinas, compostos fenólicos e polissacarídeos, agindo como barreira mecânica à penetração dos agentes patogênicos (BRISSEON et al., 1994). Estas barreiras mecânicas formadas como resultado do reforço das paredes celulares têm sido relatadas no pericarpo (GARCIA-LARA et al., 2004) e no embrião de grãos de milho como mecanismo de resistência ao *S. zeamais* (GARCÍA-LARA et al., 2007). Por outro lado, as peroxidases também podem contribuir na resistência a insetos, por oxidação de quinona no pericarpo do grão em desenvolvimento, reduzindo a digestibilidade para estes organismos (GARCÍA-LARA et al., 2007).

Grau de peroxidação de lipídeos

O grau de peroxidação de lipídeos no tecido foliar, medido pelo conteúdo de substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), foi maior em plantas atacadas em ambos cultivares quando comparadas com o grupo testemunha (Fig. 5.5). Nas plantas do cultivar GC, o incremento de TBARS com a infestação das plantas por *R. indica* foi de 2,0; 2,3 e 2,8 vezes em plantas com níveis baixo, médio e alto de ácaros/folha em relação ao controle não infestado. Já nas plantas do cultivar AAM, o incremento foi menor (1,1 vezes) em plantas com níveis baixos de ácaros, enquanto que em plantas com níveis médios e altos de ácaros o incremento foi de 4,9 e 5,2 vezes em relação ao controle (Fig. 5.6). O maior grau de peroxidação em plantas do cultivar GC é compatível com o fato de que este cultivar apresentou maior resistência na primeira parte deste estudo.

Semelhantemente, Hildebrand et al. (1986) encontraram que a peroxidação de lipídeos aumentou em folhas de soja à medida que a população de *T. urticae*

incrementou, sendo maior o incremento no cultivar parcialmente resistente em relação ao controle não infestado que no cultivar altamente susceptível sete dias após a infestação com ácaros.

Figura 5.6 – Conteúdo de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), indicadoras da peroxidação de lipídeos em folhas de dois cultivares de coqueiro (AAM: Anão Amarelo da Malásia; GC: Gigante do Caribe), de acordo com diferentes níveis de infestação de *Raoiella indica* (controle: sem infestação; baixo: 10; médio: 20; alto: 50 fêmeas/folículo)

Os resultados do presente estudo sugerem que o incremento da atividade da enzima peroxidase e o grau de peroxidação de lipídeos como resposta à alimentação de *R. indica* são a primeira evidência da resistência aparentemente expressada por certos cultivares de coqueiro em função do ataque deste ácaro. Por outro lado, não está claro se a enzima polifenol oxidase pode estar envolvida na resistência de coqueiros a esta praga. Porém, tendo em vista que a atividade dessa enzima foi maior no início da infestação, estudos complementares devem ser conduzidos para esclarecer este aspecto.

Referências

- AGRAWAL, A.; KARBAN R. Specificity of constitutive and induced resistance: pigments glands influence mites and caterpillar on cotton plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 96, p. 39-49, 2000.
- AGRAWAL, A.A. Future directions in the study of induced plant responses to herbivory. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 115, n. 1, p. 97-105, 2005.
- ALEXANDER, A.G. Sucrose enzyme relationship in immature sugar cane. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, San Juan de Puerto Rico, v. 4813, p. 165-231, 1964.
- ALMAGRO, L.; GÓMEZ, L. V.; BELCHI-NAVARRO, S.; BRU, R; ROS-BARCELÓ, A.; PEDREÑO, M. A. Class III peroxidases in plant defence reactions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 2, p. 377-390, 2009.
- APEL K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 55, p. 373-399, 2004.
- BARTOSZ, G. Oxidative stress in plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, Poznan, v. 19, n. 1, p. 47-64, 1997.
- BERNARDS, M.A.; BÅSTRUP-SPOHR, L. Phenylpropanoid metabolism induced by wounding and insect herbivory. In: SCHALLER, A. (Ed.). **Induced plant resistance to insects**. New York: Springer, 2008. chap. 9, p. 189-213.
- BHONWONG, A.; STOUT, M.J.; ATTAJARUSIT, J.; TANTASAWAT, P. Defensive role of tomato polyphenol oxidases against cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) and beet armyworm (*Spodoptera exigua*). **Journal of Chemical Ecology**, Amsterdã v. 35, p. 28-38, 2009.
- BI, J.L.; FELTON, G.W. Foliar oxidative stress and insect herbivory: primary compounds, secondary metabolites, and reactive oxygen species as components of induced resistance. **Journal of Chemical Ecology**, Amsterdã, v. 21, p. 1511-1530, 1995.
- BRADFORD, M.M. A Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Amsterdã, v. 72, p. 248-254, 1976.
- ÇAKMAK, I.; HORST, W.J. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Physiologia Plantarum**, Oxford, v. 83, n. 3, p. 463-468, 1991.
- CHEN, H.; WILKERSON, C.G.; KUCHAR, J.A.; PHINNEY, B.S.; HOWE, G.A. Jasmonate inducible plant enzymes degrade essential amino acids in the herbivore midgut. **Proceeding of National Academy of Science of the USA**, Washington, v. 102, n. 52, p. 19237-19242, 2005.

CHEN, Y.; OPIT, G.P.; JONAS, V.M.; WILLIAMS, K.A.; NECHOLS, J.R.; MARGOLIES, D.C. Twospotted spider mite population level, distribution, and damage on ivy geranium in response to different nitrogen and phosphorus fertilization regimes. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 100, n. 6, p. 1821-1830, 2007.

CONSTABEL, C.P.; BARBEHENN, R. Defensive roles of polyphenol oxidase in plants. In: SCHALLER, A. (Ed.). **Induced plant resistance to insects**. New York: Springer, 2008. chap. 12, p. 253-269.

CONSTABEL, C.P.; YIP, L.; PATTON, J.J.; CHRISTOPHER, M.E. Polyphenol oxidase from hybrid poplar. cloning and expression in response to wounding and herbivory. **Plant Physiology**, Rockville, v. 124, p. 285-296, 2000.

DOWD, L.M.; LAGRIMINI, L.M. Differential leaf resistance to insects of transgenic sweetgum (*Liquidambar styraciflua*) expressing tobacco anionic peroxidase. **Cellular and Molecular Life Science**, Basel, v. 54, n. 7, p. 712-720, 1998.

FELTON, G.W.; BI, J.L.; SUMMERS, C.B.; MUELLER, A.J.; DUFFEY, S.S. Potential role of lipoxygenases in defense against insect herbivory. **Journal of Chemical and Ecology**, v. 20, p. 651-666, 1994.

FELTON, G.W.; DONATO, K.; VECCHIO, R.J.; DUFFEY, S.S. Activation of plant foliar oxidases by insect feeding reduces nutritive quality of foliage for noctuid herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, Amsterdã, v. 15, n. 12, p. 2667-2694, 1989.

FERNÁNDEZ, A.; SOLÓRZANO, E.; MIRANDA, I. Actividad peroxidasa, glucanasa, polifenol oxidasa y fenilalanina amonio liasa en variedades de arroz con diferente grado de susceptibilidad al ácaro *Steneotarsonemus spinki*. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana (Cuba), v. 20, n. 2, p. 132-136, 2005.

GARCÍA, A.; FLORIDO, M.; LARA, R.M. Estudios bioquímicos para la selección in vitro de variedades de arroz con tolerancia a estrés hídrico. **Bioteecnología Vegetal**, La Habana, v. 3, n. 3, p. 181-186, 2003.

GARCÍA-LARA, S.; ARNASON, J.T.; DÍAZ-PONTONES, D.; GONZALEZ, E.; BERGVINSON, D.J. Soluble peroxidase activity in maize endosperm associated with maize weevil resistance. **Crop Science**, Madison, v. 47, p. 1125-1130, 2007.

GARCIA-LARA, S.; BERGVINSON, D.J.; BURT, A.J.; RAMPUTH, A.I.; DIAZ-PONTONES, D.M.; ARNASON, J.T. The role of pericarp cell wall components in maize weevil resistance. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 1546-1552, 2004.

GOG, L.; BERENBAUM, M.R.; DELUCIA, E.H.; ZANGERL, A.R. Autotoxic effects of essential oils on photosynthesis in parsley, parsnip, and rough lemon. **Chemoecology**, Basel, v. 15, n. 2, p. 115-119, 2005.

GRUBB, C.D.; ABEL, S. Glucosinolate metabolism and its control. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 11, n. 2, p. 89-100, 2006.

HARBORNE, J. Do natural plant phenols play a role in ecology? **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 381, p. 36-43, 1994.

HILDEBRAND, D.F.; RODRIGUEZ, J.G., BROWN, G.C., LUU, K.T.; VOLDEN, C.S. Peroxidative responses of leaves in two soybean genotypes injured by twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 79, p. 1459-1465, 1986.

HILKER, M.; MEINERS, T. Induction of plant responses to oviposition and feeding by herbivorous arthropods: a comparison. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 104, p. 181-192, 2002.

KAMAL, A.H.M.; KIM, K.; SHIN, K.; KIM, D.; OH, M.; CHOI, J.; HIRANO, H.; HEO, H.; WOO, S. Proteomics-based dissection of biotic stress responsive proteins in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 9, n. 43, p. 7239-7255, 2010.

KANT, M.R. **The consequences of herbivore variability for direct and indirect defenses of plants**. 2006. 192 p. Tese (Ter verkrijging van de graad van doctor) - Faculty of Science, Mathematics and Computer Science, University of Amsterdam, Amsterdam, 2006.

KASAP, I. Life history of hawthorn spider mite *Amphitetranychus viennensis* (Acarina: Tetranychidae) on various apple cultivars and at different temperatures. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 31, p. 79-91, 2003.

KESSLER, A.; BALDWIN, I. Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular analysis. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 53, p. 299-328, 2002.

KIELKIEWICZ, M. Influence of carmine spider mite *Tetranychus cinnabarinus* Boisd. (Acarida: Tetranychidae) feeding on ethylene production and the activity of oxidative enzymes in damaged tomato plants. In: SYMPOSIUM OF THE EUROPEAN ASSOCIATION OF ACAROLOGISTS, 4., 2002. Dordrecht. **Acarid phylogeny and evolution: adaptation in mites and ticks; Proceedings...** Dordrecht: Kluwer, 2002. p. 389-392.

LAMB, C.; DIXON, R.A. The oxidative burst in plant disease resistance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 48, p. 251-275, 1997.

LÓPEZ-CURTO, L.; MÁRQUEZ-GUZMÁN, J.; DÍAZ-PONTONES, D.M. Invasion of *Coffea arabica* (Linn.) by *Cuscuta jalapensis* (Schlecht): in situ activity of peroxidase. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdã, v. 56, p. 127-135, 2006.

MAHANIL, S.; ATTAJARUSIT, J.; STOUT, M.J.; THIPYAPONG, P. Overexpression of tomato polyphenol oxidase increases resistance to common cutworm. **Plant Science**, Amsterdã, v. 174, p. 456-466, 2008.

MAYER, A.M. Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? A review. **Phytochemistry**, Egham, v. 67, p. 2318–2331, 2006.

MORRIS, W.F.; TRAW, M.B.; BERGELSON, J. On testing for a tradeoff between constitutive and induced resistance. **Oikos**, Lund, v. 112, n. 1, p. 102-110, 2006.

NI, X.; QUISENBERRY, S.S.; HENG-MOSS, T.; MARKWELL, J.; SARATH, G.; KLUCAS, R.; BAXENDALE, F. Oxidative responses of resistant and susceptible cereal leaves to symptomatic and non-symptomatic cereal aphid (Hemiptera: Aphididae) feeding. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan v. 94, p. 743-751, 2001.

OPIT, G.P.; JONAS, V.M.; WILLIAMS, K.A.; MARGOLIES, D.C. Effects of cultivar and irrigation management on population growth of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* on greenhouse ivy geranium. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 25, p. 849-857, 2001.

PÉREZ, I.; DELL'AMICO, J.; RODRÍGUEZ, P.; REYNALDO, I. Alteraciones fisiológicas y bioquímicas de los cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) ante condiciones de inundación. **Cultivos Tropicales**, La Habana, v. 18, n. 3, p. 30-35, 1997.

PINTO, M.S.T.; SIQUEIRA, F.P.; OLIVEIRA, A.E.A.; FERNANDES, K.V.S. A wounding-induced PPO from cowpea (*Vigna unguiculata*) seedlings. **Phytochemistry**, Egham, v. 69, p. 2297-2302, 2008.

PRASLIČKA, J.; HUSZÁR, J. Influence of temperature and host plants on the development and fecundity of the spider mite *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). **Plant Protection Science**, Praha, v. 40, n. 4, p. 141-144, 2004.

RIBEIRO, L.G.; VILLACORTA, A.; FOERSTER, L.A. Life cycle of *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) in apple trees, cultivar Gala and Golden Delicious. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 232, p. 228, 1988.

RIVERO, E.; VÁSQUEZ, C. Biología e tabela de vida de *Tetranychus desertorum* (Acari: Tetranychidae) sobre folhas de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Zoologia**, Curitiba, v. 26, n.1, p. 38-42, 2009.

STEINITE, I.; IEVINSH, G. Wound-induced responses in leaves of strawberry cultivars differing in susceptibility to spider mite. **Journal of Plant Physiology**, Bavaria, v. 159, p. 491–497, 2002.

STOUT, M.J.; WORKMAN, J.; DUFFEY, S.S. Differential induction of tomato foliar proteins by arthropod herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, Amsterdã, v. 20, n. 10, p. 2575-2794, 1994.

TREVISAN, M.T.S.; SCHEFFERB, J.J.C.; VERPOORTEB, R. Peroxidase activity in hop plants after infestation by red spider mites. **Crop Protection**, Amsterdã, v. 22, p. 423-424, 2003.

VALÉRIO, L.; MEYER, M. de; PENEL, C.; DUNAND, C. Expression analysis of the *Arabidopsis* peroxidase multigenic family. **Phytochemistry**, Egham, v. 65, p. 1343-1350, 2004.

VÁSQUEZ, C.; APONTE, O.; MORALES, J.; SANABRIA, M. E.; GARCÍA, G. Biological studies of *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae) on grapevine cultivars. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 45, n. 1/2, p. 59-69, 2008.

WALLING LL. The myriad plant responses to herbivores. **Journal of Plant Growth Regulation**, Verona, v. 19, n. 2, p. 195-216, 2000.

WALTERS, D.R.; BOYLE, C. Induced resistance and allocation costs: What is the impact of pathogen challenge? **Physiological and Molecular Plant Pathology**, East Lansing, v. 66, n. 1/2, p. 40-44, 2005.

WANG, Y.; KIM, S.; KIM, S.; AGRAWAL, G.K.; RAKWAL, R.; KANG, K.Y. Biotic stress-responsive rice proteome: an overview. **Journal of Plant Biology**, New York v. 54, p. 219-226, 2011.