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

**Efeitos da ingestão de carboidratos com
reguladores de crescimento de insetos na reprodução de
Phthorimaea operculella (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)**

Alexandre Luis Jordão

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

**Piracicaba
2009**

Alexandre Luis Jordão
Engenheiro Agrônomo

**Efeitos da ingestão de carboidratos com
reguladores de crescimento de insetos na reprodução de
Phthorimaea operculella (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)**

Orientador:
Prof. Dr. OCTÁVIO NAKANO

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

Piracicaba
2009

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

Jordão, Alexandre Luis

Efeitos da ingestão de carboidratos com reguladores de crescimento de insetos na reprodução de *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) / Alexandre Luis Jordão. - - Piracicaba, 2009.

81 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.
Bibliografia.

1. Batata 2. Entomologia agrícola 3. Fertilização 4. Inseticida 5. Inseto - desenvolvimento
6. Manejo integrado 7. Traça I. Título

CDD 632.7
J82e

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

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Octávio Nakano, pela oportunidade e orientação;

Em especial, a toda minha família: minha mamãe Alice, meus irmãos, meus avós e minha tia Inês. À minha esposa Sônia cujo apoio sempre foi essencial, proporcionando a convivência muito agradável com a nossa encantadora filha Júlia. Também à família Schaefer's.

Ao IEPA (Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá) por me proporcionar uma vivência inigualável;

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de estudos e pela taxa de bancada para o apoio financeiro;

À ABBA (Associação Brasileira da Batata) pelo financiamento de algumas atividades;

Aos Professores do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola pelos ensinamentos e presteza;

Aos colegas, Prof. Vanderly Janeiro (UEMaringá) e Prof. Wilson Alves de Oliveira (UNIOESTE) pelas imprescindíveis colaborações nas análises estatísticas;

Às trocas de ideias com as amigas Fabiana Cristina Bortolazzo Romano e Patrícia Milano;

A todos os amigos do curso da Pós-graduação em Entomologia e do Setor de Defensivos Agrícolas;

À Neide Graciano Zério e à estagiária e amiga Camila Graciano Zério pelos seus esforços e dedicações na colaboração em conduzir a criação dos insetos;

Às amigas e bibliotecárias Eliana Maria Garcia e Kátia Maria de Andrade Ferraz pelas revisões nas citações das literaturas;

A todos que de alguma forma contribuíram, espero ter sido grato durante os momentos em que convivemos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
Referências	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Histórico, características botânicas e nutricionais da cultura da batata.....	17
2.2 Aspectos agrônômicos.....	18
2.3 Características gerais e desenvolvimento biológico	18
2.4 Fisiologia do desenvolvimento de lepidópteros	19
2.5 Sistema reprodutivo de fêmeas e machos.....	21
2.6 Hormônios de insetos	21
2.7 Reguladores de crescimento de insetos	24
2.7.1 Azadiractina.....	24
2.7.2 Lufenurom	26
2.7.3 Metoxifenoazida.....	26
2.7.4 Piriproxifem.....	27
Referências	28
3 INGESTÃO DE CARBOIDRATOS POR ADULTOS DE <i>Phthorimaea operculella</i> (ZELLER) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) E SEUS EFEITOS NA CAPACIDADE REPRODUTIVA	35
Resumo	35
Abstract.....	35
3.1 Introdução.....	36
3.2 Material e Métodos	38
3.2.1 Criação dos insetos	38
3.2.2 Ingestão de carboidratos por adultos	39
3.2.3 Desempenho reprodutivo após a ingestão de carboidratos.....	39

3.2.4 Oferta de carboidratos a adultos em ambientes confinados com diferentes dimensões	41
3.3 Resultados e Discussão	42
3.3.1 Ingestão do alimento	42
3.3.2 Desempenho reprodutivo	44
3.3.3 Índice de ovigenia	47
3.3.4 Oferta de carboidratos em ambientes com diferentes dimensões	48
3.4 Conclusões	49
Referências	49

4 EFEITOS DE REGULADORES DE CRESCIMENTO DE INSETOS NA REPRODUÇÃO DE <i>Phthorimaea operculella</i> (ZELLER) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)	53
Resumo	53
Abstract	53
4.1 Introdução	54
4.2 Material e Métodos	56
4.2.1 Criação dos insetos	57
4.2.2 Ação de reguladores de crescimento de insetos sobre a capacidade reprodutiva	57
4.2.3 Avaliações	60
4.2.4 Análises estatísticas	61
4.3 Resultados e Discussão	61
4.3.1 Ritmo de postura	61
4.3.2 Fecundidade	63
4.3.3 Viabilidade dos ovos	66
4.3.4 Período embrionário	67
4.4 Conclusões	68
Referências	68

5 PERSPECTIVAS PARA APLICAÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO DE INSETOS NO MANEJO INTEGRADO DA TRAÇA-DA-BATATINHA,

<i>Phthorimaea operculella</i> (ZELLER) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE).....	73
Resumo	73
Abstract.....	73
5.1 Introdução	74
5.2 Material e Métodos	75
5.2.1 Criação dos insetos	75
5.2.2 Ingestão de carboidratos em ambiente sem e com plantas de batata.....	75
5.3 Resultados e Discussão.....	77
5.3.1 Ingestão de carboidratos em ambientes sem e com plantas de batata	77
5.3.2 Perspectivas de manejo integrado.....	78
5.4 Conclusões.....	79
Referências	79
6 CONCLUSÕES	81

RESUMO

Efeitos da ingestão de carboidratos com reguladores de crescimento de insetos na reprodução de *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)

O presente trabalho foi subdividido em quatro capítulos com os seguintes objetivos: (i) apresentar revisão bibliográfica abordando as principais referências presentes na literatura sobre a cultura da batata, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), os aspectos bioecológicos da traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), os hormônios no desenvolvimento dos lepidópteros e a atuação de alguns reguladores de crescimento de insetos (RCIs); (ii) avaliar a ingestão dos carboidratos por adultos de *P. operculella* e sua influência na reprodução da espécie; (iii) testar parâmetros reprodutivos devido à ingestão de alguns ingredientes ativos presentes em RCIs; (iv) avaliar a ingestão de carboidratos aplicados sobre plantas de batata de maneira a ser possível a aplicação de RCIs como método de redução populacional da praga. Inicialmente, para comprovação da ingestão dos carboidratos, foi utilizada a técnica de marcadores coloridos, em que se ofereceu, por capilaridade via rolete dental, solução de mel a 10% contendo corante líquido artificial de coloração azul anis. Os insetos foram confinados em um recipiente cilíndrico construído com tubo de PVC rígido. Após três dias de oferecimento da alimentação, analisou-se a presença do corante no sistema digestivo dos insetos. Para verificação da ingestão de carboidrato em condições mais próximas ao ambiente das culturas agrícolas, foi realizada nova avaliação em recipientes com diferentes dimensões: 0,0018; 0,054 e 9,6 m³. Posteriormente, simulando um borrifamento na cultura, foi realizada uma terceira avaliação no ambiente de 9,6 m³, na qual a solução de mel foi oferecida aos insetos em gotas grandes no limbo foliar de plantas de batata. Para análise da influência dos carboidratos na reprodução da espécie, foram verificados os seguintes parâmetros reprodutivos: ritmo de postura, fecundidade, viabilidade dos ovos e índice de ovigenia. Para análise dos efeitos dos RCIs, foram utilizados quatro compostos com diferentes ingredientes ativos: azadiractina, lufenurom, metoxifenoazida e piriproxifem. Estes compostos foram oferecidos aos insetos em solução de mel a 10%, nas concentrações de 5, 10 e 20 ppm. Durante 10 dias após o acasalamento, foram analisados os parâmetros reprodutivos. O corante colorido mostrou-se adequado para os estudos visuais do sistema digestivo de *P. operculella*. A ingestão dos carboidratos pelos insetos ocorreu somente quando estes foram confinados em ambientes menores, 0,0018 e 0,054 m³. No ambiente maior, de 9,6 m³, a ingestão ocorreu somente quando a solução foi oferecida via gotas em plantas de batata. Quanto aos efeitos dos RCIs, verificou-se diminuição significativa na fecundidade das fêmeas de *P. operculella* que ingeriram solução de mel contendo azadiractina e lufenurom à concentração de 5 ppm e piriproxifem à concentração de 20 ppm. Quanto aos parâmetros viabilidade dos ovos e período embrionário não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos. Este fato sugere que a fertilidade não foi alterada, demonstrando que os RCIs não afetam os machos. A comprovação da ingestão dos carboidratos oferecido via gotas no limbo foliar de plantas de batata e os resultados obtidos na redução da fecundidade de *P. operculella* indicaram que esta técnica pode ser utilizada em programas de manejo integrado da traça-da-batatinha.

Palavras-chave: Endocrinologia de inseto; Fecundidade; Hormônios de inseto; Manejo integrado de pragas; Sistema digestivo; *Solanum tuberosum* L.; Traça-da-batatinha

ABSTRACT

Effects of the ingestion of carbohydrates with insect growth regulators on the reproduction of *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)

The present work has been subdivided into four chapters, with the following objectives: (i) to present a bibliographic review of the main aspects related to the potato crop, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), the bioecological aspects of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), the hormones related to lepidopterans development and the role of some insect growth regulators (IGRs); (ii) to evaluate the carbohydrate intake by *P. operculella* adults and its influence on the species reproduction; (iii) to test the effects of active ingredients of IGR's on reproductive parameters; (iv) to evaluate the ingestion of carbohydrates applied on potato plants, in order to allow IGR's application as a population reduction strategy for this pest. Initially, confirmation of carbohydrate consumption was by a means colored marker technique, which offers a 10% honey solution containing an artificial liquid food dye, blue anise, by capillarity via a dental roll wick. The insects were caged in a cylindrical container made of a rigid PVC tube. After three days of food offering, dye presence was analyzed within the insects' digestive system. For confirmation of carbohydrate intake under simulated field conditions, an additional evaluation was conducted in containers with different sizes: 0.0018, 0.054 and 9.6 m³. Later, a third evaluation was carried out in the 9.6 m³ container, in which the honey solution was offered to insects as big drops applied on the leaf blade of potato plants, simulating a spray application. To analyze carbohydrate influence on species' reproduction, the following reproductive parameters were assessed: oviposition rate, fertility, egg viability and ovigeny index. Four compounds with different active principles were utilized to analyze IGR effects: azadirachtin, lufenuron, methoxyfenozide and pyriproxyfen. These compounds were offered to the insects in a 10% honey solution at concentrations of 5, 10 and 20 ppm. During 10 days after mating the reproductive parameters were evaluated. The colored dye method proved to be efficient for visual studies of *P. operculella*'s digestive system. Carbohydrate ingestion by the insects occurred only when they were caged in small environments, 0.0018 and 0.054 m³. In larger ones 9.6 m³, feeding occurred when the solution was offered by dripping over potato plants. Results showed a significant reduction of *P. operculella* fertility among females that ingested the honey solution containing azadirachtin and lufenuron, at 5 and 20 ppm, respectively. Regarding egg viability and embryonic period, no significant differences were found between the treatments. This fact suggests that fertility was not affected, thus demonstrating that IGRs did not affect males. Confirmation of carbohydrate ingestion offered by dripping over potato leaf blades and the results of fertility reduction in *P. operculella*, indicated that this technique may be utilized in integrated management programs against the potato tuber moth.

Keywords: Digestive system; Insect endocrinology; Insect hormones; Integrated pest management; Fecundity; *Solanum tuberosum* L.; Potato tuber moth

1 INTRODUÇÃO

Os tubérculos da batata, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), ocupam a quarta posição como fonte alimentar no mundo, sendo superados apenas pelos cereais: arroz, trigo e milho (PEREIRA, 1987; VICENTE; CENZANO; VICENTE, 1996). As batatas possuem excelentes características nutricionais e são consumidas em diversas formas. Porém, devido aos danos causados por pragas, parte da produção agrícola é perdida, sendo a traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), uma das principais pragas que atacam a cultura, tanto no campo como no armazém. Este inseto tem ocorrido em todas as épocas do ano, sendo que a lagarta é que provoca danos às folhas, aos ramos e aos tubérculos (FILGUEIRA, 2003a, b).

A Fisiologia de Insetos é uma área do conhecimento entomológico essencial para o aperfeiçoamento do manejo integrado de pragas. Os hormônios de insetos, por exemplo, são compostos que circulam na hemolinfa para sinalizar e regular as atividades fisiológicas, estimulando o desenvolvimento, atividades comportamentais e performance reprodutiva. Possuem funções essenciais na regulação do crescimento, morfogênese e embriogênese (CHAPMAN, 1998; RETNAKARAN; GRANETT; ENNIS, 1985). Dentre os hormônios de insetos, o 20-hidroxiecdisônio (20E) e o hormônio dos corpos alados conhecido como hormônio juvenil (HJ) têm funções essenciais durante a fase imatura e na coordenação dos processos da reprodução (EDWARDS et al., 1995; WYATT, 1997). Quando os insetos são submetidos a alterações causadas por hormônios, o processo de formação de espermatóforos ou de óvulos é afetado, provocando redução em parâmetros reprodutivos, tais como fecundidade ou fertilidade (SORGE et al., 2000).

Estudos endocrinológicos sugerem que os compostos químicos reguladores do desenvolvimento dos insetos, com ação semelhante aos hormônios, podem ser utilizados na redução populacional das pragas (CHAPMAN, 1998; RETNAKARAN; GRANETT; ENNIS, 1985). Um sistema de ação provocada por moléculas semelhantes, análogas ou miméticas aos hormônios de insetos, é capaz de alterar as funções fisiológicas e pode ser fundamental para o estabelecimento de estratégias visando ao manejo de pragas agrícolas. Para tanto, é valioso o desenvolvimento de estudos que elucidem os efeitos de alguns compostos químicos sobre a

fecundidade e a fertilidade dos insetos (MINAKUCHI; RIDDIFORD, 2006; WIMMER et al., 2006).

Em lepidópteros, a ingestão alimentar ocorre de maneira distinta de acordo com as fases de desenvolvimento. Algumas espécies adultas necessitam ingerir nutrientes para manter sua capacidade reprodutiva; enquanto outras espécies, nesta fase, não dependem de nutrientes para perpetuarem a espécie. Naqueles indivíduos cuja aquisição de aminoácidos ou carboidratos não se completou até o final do período imaturo, o aparelho bucal sugador-maxilar é funcional, sendo essencial para a aquisição de nutrientes e para a finalização do desenvolvimento de suas estruturas reprodutivas (CHAPMAN, 1998; NATION, 2002). No que se refere a *P. operculella* ainda não há conhecimento suficiente sobre o estado nutricional da fase adulta e sua influência no desenvolvimento reprodutivo.

Sabe-se que na natureza, o néctar floral é o principal recurso de carboidratos para os lepidópteros, porém, a fonte também pode ser “*honeydew*” de hemípteros, sendo constituídos principalmente por frutose, glicose e sacarose. Porém, para *P. operculella*, não há na literatura científica relatos que se refiram à aquisição dos carboidratos por este inseto. Acredita-se, que os adultos desta espécie obtenham carboidratos na natureza principalmente via néctar floral, de maneira semelhante às outras espécies da mesma Ordem (CHALCOFF; AIZEN; GALETTO, 2006; HACKMAN; TRIKOJUS, 1952; ROMEIS; WÄCKERS, 2000, 2002).

Soluções contendo carboidratos podem ser uma alternativa interessante para a aplicação de inseticidas que alterem o desenvolvimento reprodutivo de *P. operculella*, desde que sejam atrativas para os insetos nos campos de cultivo. Portanto, a confirmação da ingestão de carboidratos por *P. operculella* e a elucidação da relação dos açúcares com a reprodução da espécie podem ser úteis em estratégias de combate à praga. De maneira semelhante, os estudos sobre os efeitos dos compostos químicos, análogos aos hormônios, sobre a reprodução de *P. operculella* podem ser fundamentais para a busca de técnicas a serem implementadas aos programas de manejo integrado da praga. Portanto, os objetivos gerais desta pesquisa foram:

- 1) verificar a ingestão de carboidratos por adultos de *P. operculella* e seus efeitos no processo reprodutivo da espécie;
- 2) verificar os efeitos de alguns inseticidas reguladores de crescimento de insetos (RCIs) em parâmetros reprodutivos da espécie e
- 3) desenvolver métodos e técnicas que possam ser implementados ao manejo integrado da praga.

Referências

- CHALCOFF, V.R.; AIZEN, M.A.; GALETTO, L. Nectar concentration and composition of 26 species from the temperate forest of South America. **Annals of Botany**, Oxford, v. 97, n. 3, p. 413–421, 2006.
- CHAPMAN, R.F. **The insects: structure and function**. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 770 p.
- EDWARDS, J.P.; CORBITT, T.S.; MCARDLE, H.F.; SHORT, J.E.; WEAVER, R.J. Endogenous levels of insect juvenile hormones in larval, pupal and adult stages of the tomato moth, *Lacanobia oleracea*. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 41, n. 8, p. 641-651, 1995.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2003a. 412 p.
- _____. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: Editora UFLA, 2003b. 333 p.
- HACKMAN, R.H.; TRIKOJUS, V.M. The composition of the honeydew excreted by australian coccids of the genus *Ceroplastes*. **The Biochemical Journal**, London, v. 51, n. 5, p. 653-656, 1952.
- MINAKUCHI, C.; RIDDIFORD, L.M. Insect juvenile hormone action as a potential target of pest management. **Journal of Pesticide Science**, Kyoto, v. 31, p. 77-84. 2006.
- NATION, J.L. **Insect physiology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 2002. 485 p.
- PEREIRA, A.S. Composição química, valor nutricional e industrialização. In: REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Coord.). **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p. 12-28.
- RETNAKARAN, A.; GRANETT, J.; ENNIS, T. Insect growth regulators. In: KERKUT, G.A.; GILBERT, L.I. (Ed.). **Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology**. New York: Pergamon Press, 1985. v. 12, chap. 15, p. 529-601.
- ROMEIS, J.; WÄCKERS, F.L. Feeding responses by female *Pieris brassicae* butterflies to carbohydrates and amino acids. **Physiological Entomology**, London, v. 25, p. 247-253, 2000.
- _____. Nutritional suitability of individual carbohydrates and amino acids for adult *Pieris brassicae*. **Physiological Entomology**, London, v. 27, p. 148-156. 2002.
- SORGE, D.; NAUEN, R.; RANGE, S.; HOFFMANN, K. Regulation of vitellogenesis in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Physiology**, London, v. 46, p. 969-976, 2000.

VICENTE, A.M.; CENZANO, I.; VICENTE, J.M. A batata e seus produtos derivados. In: _____. **Manual de indústrias dos alimentos**. Tradução de J.A. Ceschin. São Paulo: Livraria Varela, 1996. cap. 16, p. 497-503.

WIMMER, Z.; KULDOVÁ, J.; HRDÝ, I.; BENNETTOVÁ, B. Can juvenogens, biochemically targeted hormonogen compounds, assist in environmentally safe insect pest management? **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 36, p. 442-453, 2006.

WYATT, G.R. Juvenile hormone in insect reproduction - a paradox? **European Journal of Entomology**, Praha, v. 94, n. 3, p. 323-333, 1997.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico, características botânicas e nutricionais da cultura da batata

A batata, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), originou-se próximo ao lago Titicaca, entre a atual fronteira do Peru e da Bolívia, na região dos Andes. Foi domesticada por populações nativas há aproximadamente oito mil anos, sendo que, atualmente, dispõe-se de oito espécies botânicas cultivadas e mais de 200 espécies tuberíferas silvestres. No Brasil, os cultivares mais utilizados são: Ágata, Asterix, Atlantic, Cupido, Monalisa e Mondial (FILGUEIRA, 2003a, b).

Suas folhas são compostas por folíolos arredondados e as flores hermafroditas apresentam-se reunidas em inflorescências no topo da planta. A parte aérea pode ter altura variável entre 50 a 70 cm, entretanto pode alcançar 1,5 m na fase adulta. Apresenta caules aéreos, herbáceos e suas raízes originam-se na base dos caules ou hastes. O sistema radicular é delicado e superficial, com a maioria das raízes atingindo até 30 cm de profundidade. Dependendo da variedade, do solo e das condições ambientais locais, o ciclo vegetativo da cultura pode ser precoce (menor de 90 dias), médio (de 90 a 110 dias) ou longo (maior de 110 dias) (FAVORETTO, 2005; FILGUEIRA, 2003a, b).

Os tubérculos de batata apresentam elevado conteúdo de água e carboidratos, contêm aminoácidos, vitaminas e sais minerais. Dentre os açúcares, o amido é o elemento presente em maior quantidade, mas outros, como, frutose, glicose e sacarose, podem estar presentes em baixas concentrações. Os tubérculos de batata contêm em média de 1 a 2% de proteínas, o que representa quase 10% do seu peso seco, entre as vitaminas há vitamina C, vitamina E e algumas do complexo B, especialmente riboflavina e tiamina. Com relação aos sais minerais, é assinalada a presença de ferro, fósforo, magnésio e potássio, estando o sódio presente, mas em baixo teor. As características nutricionais da batata conferem ao tubérculo posição de elevado destaque como fonte alimentar de toda a humanidade. Haja vista que nos países onde a população humana a utiliza como alimento básico, as deficiências nutricionais são reduzidas (PEREIRA, 1987; VICENTE; CENZANO; VICENTE, 1996).

2.2 Aspectos agronômicos

A produção mundial de batatas é realizada em 19 milhões de hectares, com produtividade média de 16,6 ton/ha, o que representa uma produção média de 1,4 kg de proteína/ha. São 300 milhões de toneladas produzidas por ano (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2006). No entanto, devido aos danos causados por pragas, parte da produção é perdida, sendo a traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), uma das principais causas de descarte de batatas durante a colheita e o armazenamento (FILGUEIRA, 2003a, b; GALLO et al., 2002; MIRANDA FILHO, 2003; ZUCCHI; SILVEIRA NETO; NAKANO, 1993).

No Brasil, as condições climáticas da maioria das regiões permitem que se plante e colha batatas durante todos os meses do ano. Dependendo do clima de cada região de cultivo, podem ser realizadas três safras distintas: safra das águas, em que se faz o plantio de agosto a novembro; safra da seca, com plantio de janeiro a março e safra de inverno, plantando-se de maio a julho. Desta forma, *P. operculella* tem ocorrido em todas as épocas do ano (MIRANDA FILHO, 2003).

Atualmente, com a preocupação sobre os efeitos ecológicos negativos provocados pela aplicação de agrotóxicos, os projetos de pesquisa científica têm priorizado a utilização de técnicas que possam ser implementadas ao manejo integrado de pragas, tais como, aplicação de inseticidas de mais baixa toxicidade, controle biológico com parasitoides, predadores e patógenos e monitoramento com armadilhas contendo feromônio sexual. A resistência hereditária das plantas aos insetos também pode ser utilizada como um importante elemento para estratégias do controle de pragas, além dos vegetais geneticamente modificados (ESTRUCH et al., 1997; FOUDA; SEIBER; BACON, 1975; PERSOONS et al., 1976; PRATISSOLI; PARRA, 2001; ZEHNDER et al., 1994).

2.3 Características gerais e desenvolvimento biológico

Após a eclosão, a lagarta *P. operculella* penetra nos órgãos da planta, estando completamente desenvolvida após 12 a 14 dias, medindo aproximadamente 12 mm de comprimento. Neste estágio, apresenta cabeça de coloração castanha e corpo de coloração branco-esverdeada no início e branco-amarelada, com a parte dorsal ligeiramente rosada,

manchas escuras no protórax e no penúltimo segmento abdominal, no final do desenvolvimento. De acordo com Pratissoli et al. (2003), na descrição sobre o desenvolvimento biológico de *P. operculella* à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e à umidade relativa de $70 \pm 10\%$, as lagartas permanecem alimentando-se dos tubérculos por um período de até 20 dias, até se transformarem em pupas. A pupação ocorre fora do tubérculo, sendo a pupa de coloração castanho-avermelhada e protegida por um casulo de teia (GALLO et al., 2002; ZUCCHI; SILVEIRA NETO; NAKANO, 1993).

As asas de *P. operculella* podem atingir 10 a 15 mm de envergadura. No trabalho desenvolvido por Pratissoli et al. (2003), a longevidade dos machos foi maior do que a das fêmeas, 33 e 32 dias, respectivamente. Até o sexto dia após o acasalamento, não ocorreu mortalidade das fêmeas, o mesmo aconteceu até o 10º dia para os machos. Até o 12º dia após o acasalamento, ocorreram 69% da postura, sendo que o maior número de ovos foi colocado entre o segundo e o quinto dia. O número de ovos foi de 195 com viabilidade média de 46%.

A infestação causa perdas consideráveis em todo o mundo, pois a praga está largamente distribuída, hajam vista os relatos em cinco continentes, principalmente naqueles com climas tropicais e subtropicais (RAMAN; RADCLIFFE, 1992). É um inseto oligófago, as lagartas provocam danos às folhas, aos ramos e aos tubérculos, produzindo danos característicos pela formação de galerias nas folhas ao consumir o parênquima do mesófilo. Além de broquear os ramos e perfurar os tubérculos, geralmente via brotações das gemas, e construir galerias em seu interior (FILGUEIRA, 2003a, b; GAMBOA; NOTZ, 1990).

Os autores Lopes, Vendramim e Thomazini (2000) avaliaram a biologia de *P. operculella* quando alimentadas com folhas de quatro genótipos que apresentavam distintos tipos de tricomas glandulares de *S. tuberosum* e *Solanum berthaultii*. Por meio de testes com e sem chance de escolha, constataram que os genótipos apresentavam resistência discreta do tipo não-preferência para a oviposição à traça-da-batatinha, no entanto, de maneira geral os genótipos não afetaram a oviposição do inseto.

2.4 Fisiologia do desenvolvimento de lepidópteros

Entre os indivíduos da Classe Insecta, existem alguns grupos que durante o período imaturo não passam por metamorfose e outros passam por metamorfose parcial ou completa. Na metamorfose completa, além da ausência do sistema reprodutivo, os indivíduos na fase imatura

possuem forma totalmente diferente daqueles na fase adulta, como é o caso da Ordem Lepidoptera. Dentre as Famílias da Ordem, há grupos que possuem o hábito de se alimentar durante a fase adulta. A espirotromba que constitui o aparelho bucal sugador-maxilar é funcional naqueles indivíduos cuja aquisição de aminoácidos ou carboidratos não se completou até o final do período imaturo, neste caso, a aquisição de carboidratos e proteínas é essencial para a finalização do desenvolvimento de suas estruturas reprodutivas (CHAPMAN, 1998; NATION, 2002).

Os indivíduos da Ordem Lepidoptera podem ser divididos em quatro grupos distintos, de acordo com o ciclo de produção hormonal e as características reprodutivas e biológicas. O primeiro grupo compreende as espécies que iniciam o desenvolvimento do ovo durante o estágio larval ou início do estágio pupal e requerem ecdisteroides para a produção de vitelogeninas. O segundo grupo é representado pelos pirálídeos, nos quais a produção de vitelogenina é iniciada pelo decréscimo nas concentrações de ecdisteroides na hemolinfa, sendo a maturação do ovo completada antes da emergência do adulto. O terceiro grupo é exemplificado pela espécie *Manduca sexta* (Linnaeus) (Sphingidae), em que o início da vitelogênese independe de ecdisteroides, mas a coriogênese é controlada pelo hormônio juvenil e completada no adulto. Ao quarto grupo pertencem alguns noctuídeos, em que a vitelogênese e coriogênese dependem dos eventos metamórficos, iniciando a formação dos ovos somente após a emergência do adulto e com a presença do hormônio juvenil (RAMASWAMY et al., 1997).

Segundo Nijhout (1994); Ramaswamy et al. (1997), existem fases distintas durante a reprodução em várias espécies de insetos. São divisões do desenvolvimento da oôgenese (previtelogênese, vitelogênese e coriogênese), durante as quais ocorrem várias mudanças bioquímicas e morfológicas no óvulo. Estas fases são reguladas pela variação nos níveis dos hormônios juvenil, ecdisteroide e neurosecreções peptídicas. Inicialmente, os óvulos passam por um período de crescimento previtelogênico durante o qual se acumulam proteínas, carboidratos e outros nutrientes. Logo após, há um período de vitelogênese, durante o qual as vitelogeninas são transportadas por proteínas carreadoras aos ovários e incorporadas aos óvulos. O estágio final é a coriogênese, na qual as proteínas da córion do ovo são secretadas ao redor do óvulo.

De acordo com os trabalhos de Chapman (1998); Nijhout (1994); Shu et al. (1997); Zakarian, Dunphy e Quiot (2002), a maioria das proteínas do vitelo, vitelogenina e lipoforina, é sintetizada primeiramente em células dos corpos gordurosos e, posteriormente, liberada na

hemolinfa, onde são acumuladas. As células foliculares também contribuem com a adição de proteínas ao óvulo.

A acumulação cíclica de vitelo é frequentemente dependente da nutrição, porém nos lepidópteros em que os adultos não se alimentam, a acumulação se completa durante o período pupal. Nas fêmeas, os ecdisteroides, hormônios juvenis e outros hormônios neuroendócrinos são essenciais para a síntese da vitelogenina, separação dos folículos do germário, previtelogênese e vitelogênese (CHAPMAN, 1998; NIJHOUT, 1994; SHU et al., 1997; ZAKARIAN; DUNPHY; QUIOT, 2002).

2.5 Sistema reprodutivo de fêmeas e machos

Em fêmeas, o sistema reprodutivo consiste de um par de ovários, os quais se conectam a um par de ovidutos laterais. Estes se juntam para formar um oviduto mediano, abrindo-se posteriormente dentro de uma câmara genital. Algumas vezes, a câmara forma um tubo, ou vagina, e este é desenvolvido para formar a bolsa copuladora para recepção do edeago. Seguindo a abertura da câmara genital há a espermateca, que armazena espermatozoides, e frequentemente um par de glândulas acessórias (CHAPMAN, 1998).

Os órgãos reprodutivos em insetos machos consistem de um par de testículos conectados a vesículas seminais pareadas e um ducto ejaculatório. Em Lepidoptera, há também um número de glândulas acessórias que se abrem no ducto ejaculatório (CHAPMAN, 1998). As glândulas acessórias do sistema reprodutivo neste sexo produzem secreções essenciais para a função principal do acasalamento, que é a transferência do espermatozoide às fêmeas. Estas secreções podem conter aminas, aminoácidos, carboidratos, hormônio juvenil, lipídeos ou mesmo substâncias que protegem o ovo e são transferidas às fêmeas durante a cópula. Após a transferência do espermatozoide às fêmeas, ocorre uma dissolução para que os aminoácidos liberados sejam utilizados para a síntese da vitelogenina (ARNQVIST; NILSSON, 2000; GILLOTT, 2003).

2.6 Hormônios de insetos

O processo natural de reprodução dos insetos segue um ritmo de periodicidade, o que sugere um controle hormonal (ENGELMANN, 1968). Os hormônios são compostos químicos

que circulam na hemolinfa dos insetos para sinalizar e regular as atividades fisiológicas, excitando o desenvolvimento e atividades comportamentais. Quando são liberados em concentrações reguladas, os hormônios têm funções específicas em controlar as ecdises, metamorfose, síntese de vitelogenina, orientação do voo, deposição de cutículas embrionárias, ocorrência de polifenismo, diapausa, diurese e proliferação de indivíduos em parasitoides poliembriônicos (ANTON; GADENNE, 1999; CAMPERO; HAYNES, 1990; FAN et al., 1999; NIJHOUT, 1994; STRAND; BAEHRECKE; WONG, 1991).

Quando os insetos são submetidos a alterações hormonais, o processo de formação de espermatóforos ou óvulos é afetado, notando-se modificações negativas em parâmetros reprodutivos, como fecundidade ou fertilidade (SORGE et al., 2000). Cole et al. (2002) verificaram que a aplicação tópica do juvenoide fenoxicarbe, em fêmeas de *Cydia pomonella* (Linnaeus) (Tortricidae) acasaladas, provocou redução do número de ovos depositados. Porém, estes resultados foram observados apenas quando as fêmeas eram recém emergidas, podendo se atribuir ao fato das reservas nutricionais, necessárias à reprodução da espécie, depender do estágio imaturo.

O hormônio dos corpos alados é conhecido como hormônio juvenil (HJ). Quimicamente é definido como um sesquiterpenoide e está sendo estudado há quase um século por ter funções essenciais na fisiologia da morfogênese e embriogênese dos insetos e outros artrópodes. O HJ III foi encontrado em diversas Ordens de insetos, no entanto, HJ 0, HJ I, HJ II e 4-metil-HJ I são exclusivos de representantes da Ordem Lepidoptera. A função prioritária deste hormônio é a coordenação de processos da reprodução, sendo que, todos os tecidos que estão direta ou indiretamente envolvidos na reprodução podem ser alvos de sua ação. A quantidade deste hormônio é maior em adultos acasalados do que em adultos virgens (EDWARDS et al., 1995; WYATT, 1997).

Estudos utilizando o bicho-da-seda, *Bombyx mori* (Linnaeus) (Bombycidae), têm sido desenvolvidos como modelos para apresentar as funções orgânicas dos hormônios em órgãos reprodutivos da Ordem Lepidoptera, auxiliando na elucidação dos processos de vitelogênese e coriogênese (SWEVERS; IATROU, 2003). Verificou-se que o potencial reprodutivo das fêmeas de Lepidoptera foi determinado pelo período de vida, estado nutricional e sua relação com o desenvolvimento dos ovários, sendo governado pelo hormônio juvenil e pelo declínio de níveis de 20-hidroxiecdisônio (20E).

A síntese do hormônio juvenil pelos corpos alados nas fêmeas é regulada por sinais do cérebro, onde se integram relevantes informações vindas de outros tecidos. As fontes alimentares são reconhecidas por meio de odores que agem nas células neurosecretoras, dando início à liberação do hormônio juvenil, o qual atua no controle da síntese de vitelogenina, agindo diretamente nos corpos gordurosos. O desenvolvimento ovariano atua no declínio do esteroide 20-hidroxiecdisônio, que também age no controle da vitelogênese e influencia na acumulação de proteínas em células foliculares específicas (Figura 1) (MORDUE et al., 1980; NATION, 2002; NIJHOUT, 1994).

Figura 1 - Ilustração esquemática do controle endócrino da reprodução em insetos, adaptado de Mordue et al. (1980)

2.7 Reguladores de crescimento de insetos

Os reguladores de crescimento de insetos (RCIs) fazem parte de um grupo de inseticidas que interferem no crescimento e desenvolvimento normal dos insetos. Segundo Retnakaran, Granett e Ennis (1985) haviam dois grandes grupos de RCIs, que diferem pelo seu modo de ação: os análogos do hormônio juvenil e as benzoilfenilureias. Foi em 1967, que se sugeriu pela primeira vez que os compostos de efeitos fisiológicos análogos ao hormônio juvenil, com maior especificidade nos insetos, poderiam ser utilizados como agentes para o manejo de pragas. Nos adultos, as ações de esterilidade do hormônio juvenil foram observadas pelo bloqueio no desenvolvimento embrionário ou pela reabsorção dos óvulos nas espécies vivíparas (WILLIAMS, 1976). Já as atividades inseticidas das benzoilfenilureias foram descobertas posteriormente, aproximadamente em 1970, resultantes da combinação de dois herbicidas (MAAS et al., 1981), sendo que sua ação interfere na formação e deposição de quitina na cutícula, resultando em interrupção do processo de metamorfose. Naquela época, havia também evidências da ação de ecdisteroides nos insetos devido a diversas análises elaboradas com espécies no estágio adulto, no entanto, as clarezas das ações deste hormônio surgiram somente após 1975 (HAGERDORN, 1985).

Os trabalhos científicos, que utilizam reguladores de crescimento de insetos como meio de diminuir a taxa reprodutiva, têm aplicado os análogos e os mímicos dos hormônios de insetos em baixas concentrações, durante os últimos instares ou em aplicação tópica diretamente no adulto (MINAKUCHI; RIDDIFORD, 2006; WIMMER et al., 2006).

Abaixo, estão descritos os compostos químicos que atuam como reguladores de crescimento de insetos e que foram utilizados nas avaliações do efeito na reprodução de *P. operculella*.

2.7.1 Azadiractina

A utilização de compostos botânicos para o controle de pragas na agricultura é uma prática empregada há cerca de 3.000 anos, portanto, desde épocas remotas, diversos compostos extraídos de diferentes partes dos vegetais auxiliam no controle dos insetos, como por exemplo:

- 1) cevadina, que é extraída de sementes de *Schoenocaulon officinale* (Schltdl. & Cham.) A. Gray ex Benth. (Liliaceae);
- 2) nicotina, que é extraída de folhas de *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae);
- 3) piretrina, extraída de flores de *Chrysanthemum cinerariifolium* Vis. (Asteraceae);
- 4) quassinoides, extraídos de tecidos de *Quassia amara* L. (Simaroubaceae);
- 5) rianodina, provenientes de talos e raízes de *Ryania speciosa* Vahl (Flacourtiaceae) e
- 6) rotenona, das raízes e rizomas de *Derris* sp. (Fabaceae).

Dos 64 compostos da planta *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae), conhecida mundialmente por nim, o principal e que possui maior ação contra insetos, é a azadiractina, cujas toxicidades agudas, dermal e oral, são muito menores do que os outros seis compostos botânicos, das outras plantas, listados acima. Nos últimos tempos, sua utilização tem sido difundida para programas de controle de pragas, embora o conhecimento de sua ação sobre inimigos naturais ainda mereça ser ampliado (DEV; KOUL, 1997; MENEZES, 2005; SIMPSON; OGORZALY, 1995).

Possivelmente, a azadiractina age alterando a concentração da ecdisona na hemolinfa, pois bloqueia o estímulo que parte dos corpos alados, portanto, altera a síntese hormonal. De maneira semelhante, afeta os teores do hormônio juvenil pela sua ação nos corpos cardíacos. Estas ações deletérias são notadas, principalmente, em fêmeas, embora haja observações incipientes também em machos (MORDUE (LUNTZ); BLACKWELL, 1993). Como estes são hormônios reguladores da reprodução, a azadiractina afeta diretamente a síntese proteica, ou seja, a síntese de vitelogenina, logo, seus efeitos são notados na fecundidade. Foi o que observou MARTINEZ (2002), testando a ingestão de óleo emulsionável de nim, por adultos de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lyonetiidae), no qual se verificou redução na fecundidade do inseto.

Além dos efeitos reprodutivos, o composto limonoide azadiractina pode atuar como supressor da atividade alimentar, causando um efeito antialimentar, também chamado de atividade fagodeterrente. Foi observado que após o composto ser ingerido pelo sugador e vetor *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell) (Aphididae), o rápido efeito foi capaz de impedir a transmissão de viroses às plantas hospedeiras (LOWERY; ISMAN, 1993). Devido à sensibilidade das células sensitivas presentes na probóscide dos lepidópteros, estes são bastante sensíveis ao efeito antialimentar da azadiractina, havendo supressão total da alimentação, mesmo em concentrações menores (MORDUE (LUNTZ); NISBET, 2000).

2.7.2 Lufenurom

O lufenurom é uma benzoilfenilureia potente, que age como regulador de crescimento de insetos por interferir na formação e deposição de quitina na cutícula, resultando em interrupção do processo de metamorfose, principalmente, em lepidópteros durante o estágio imaturo. Seus efeitos são relatados frequentemente como larvicidas e ovicidas, mas ações na fecundidade, fertilidade e longevidade dos insetos também são mencionadas. O lufenurom afeta a reprodução devido à queda na fecundidade e redução da eclosão das larvas, resultando em uma porcentagem significativa de esterilidade. Os estudos atribuem as ações devido às modificações morfológicas no ovipositor, interferência na vitelogênese, redução testicular e incapacidade de transporte de espermatozoides (COHEN, 2001; SÁENZ-DE-CABEZÓN et al., 2006). A este grupo químico pertencem os inseticidas menos tóxicos aos organismos não-alvos do controle (PERRY et al., 1998).

2.7.3 Metoxifenoazida

A molécula de metoxifenoazida apresenta características peculiares. De acordo com descrições de alguns autores, é um complexo heterodimérico de duas proteínas, principalmente, dos lepidópteros: proteína receptora do ecdisônio (EcR) e proteína ultraespiralada (USP). Nos não-lepidópteros, como ácaros, Coleoptera, Hemiptera, nematoides e vespas parasitoides, as concentrações efetivas para lagartas não apresentaram efeito satisfatório. Algumas avaliações revelaram que este composto apresenta baixa toxicidade para alguns crustáceos, mamíferos e minhocas (CARLSON et al., 2001).

O diazotizador, metoxifenoazida, é o componente que confere potente eficiência contra pragas da Ordem Lepidoptera. Sua seletividade, propriedades físicas e químicas e seu modo de ação mais seguro permitem sua utilização em programas integrados de controle de pragas. As fêmeas, cujas larvas foram mantidas e sobreviveram a mais do que 12 gerações sob a concentração letal capaz de matar 25% das populações avaliadas (CL_{25}) tiveram perda total da fecundidade (DHADIALLA; JANSSON, 1999).

Os efeitos deletérios na fecundidade e fertilidade do composto metoxifenoxida foram descritos e confirmados. Quando os machos foram expostos à aplicação tópica deste composto, observou-se que a habilidade de resposta ao chamamento e atração sexual foram negativamente

afetados, indicando que a excitação sexual dos indivíduos se modifica na presença do agonista de ecdisteroides (HOELSCHER; BARRETT, 2003a, b; SUN; BARRETT, 1999; SUN; BARRETT; BIDDINGER, 2000).

No trabalho de Sun, Song e Barrett (2003) os autores afirmaram que metoxifenoziata causa acúmulo de vitelogenina na hemolinfa de mariposas, sendo isto devido às modificações proteicas nos ovários, resultando em inibição significativa da fecundidade.

2.7.4 Piriproxifem

O piriproxifem é um mímico sintético, análogo ao hormônio juvenil, que tem forte ação como indutor na síntese de vitelogenina. Em grupos de insetos com metamorfose completa ou incompleta, apresenta a característica química de lipofilia, que o favorece para agir no corpo gorduroso. É uma molécula capaz de provocar acúmulo da síntese de vitelogenina, em pouco tempo após a emergência (EDWARDS; BRAUN; WYATT, 1993). Na literatura disponível sobre o composto, há afirmações de que, além da interferência durante a metamorfose, este mímico do HJ pode induzir esterilidade nas fêmeas e bloquear a embriogênese. As determinações de concentrações do hormônio juvenil apresentaram picos em que se seguiram reduções da fecundidade resultante daquele mesmo ciclo gonodotrópico (VENNARD et al., 1998). Sua ação foi observada em baratas, cochonilhas, mariposas, moscas domésticas e mosca Tsé-tsé. Possui ação transovariana, sendo capaz de reduzir a fecundidade em 71 a 97% com aplicações tópicas. No interior de casas de vegetação, foi capaz de reduzir a fecundidade em 71 a 97% de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) (ISHAAYA; HOROWITZ, 1992).

Testes realizados com fêmeas de moscas-brancas revelaram que, aumentando-se a concentração do piriproxifem, há redução na fecundidade, com diminuição do número de ovos depositados e supressão parcial da postura (ISHAAYA; COCK; DEGHEELE, 1994). Os autores Nomura e Miyata (2000) relataram que a aplicação de piriproxifem em pupas fêmeas reduziu significativamente o número de ovos depositados. Os resultados também revelaram que o desenvolvimento ovariano foi inibido em quantidade significativa nas fêmeas tratadas.

Referências

ANTON, S.; GADENNE, C. Effect of juvenile hormone on the central nervous processing of sex pheromone in an insect. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 96, n. 10, p. 5764-5767, 1999.

ARNQVIST, G.; NILSSON, T. The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects. **Animal Behaviour**, New York, v. 60, p. 145-164, 2000.

CAMPERO, D.M.; HAYNES, K.F. Effects of methoprene on chemical communication, courtship, and oviposition in the cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 83, n. 6, p. 2263-2268, 1990.

CARLSON, G.R.; DHADIALLA, T.S.; HUNTER, R.; JANSSON, R.K.; JANY, C.S.; LIDERT, Z.; SLAWECKI, R.A. The chemical and biological properties of methoxyfenozide, a new insecticidal ecdysteroid agonist. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 57, n. 2, p. 115-119, Feb. 2001.

CHAPMAN, R.F. **The insects: structure and function**. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 770 p.

COHEN, E. Chitin synthesis and inhibition: a revisit. **Pest Management Science**, London, v. 57, n. 10, p. 946-950, 2001.

COLE, T.J.; RAMASWAMY, S.B.; SRINIVASAN, A.; DORN, S. Juvenile hormone catabolism and oviposition in the codling moth, *Cydia pomonella*, as functions of age, mating status, and hormone treatment. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, New York, v. 49, p. 10-21, 2002.

DHADIALLA, T.S.; JANSSON, R.K. Non steroidal ecdysone agonists: new tools for IPM and insect resistance management. **Pesticide Science**, London, v. 55, n. 3, p. 357-359, 1999.

DEV, S.; KOUL O. **Insecticides of natural origin**. Amsterdam: Hardwood Academic, 1997. 365 p.

EDWARDS, G.C.; BRAUN, R.P.; WYATT, G.R. Induction of vitellogenin synthesis in *Locusta migratoria* by the juvenile hormone analog, pyriproxyfen. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 39, n. 7, p. 609-614, 1993.

EDWARDS, J.P.; CORBITT, T.S.; MCARDLE, H.F.; SHORT, J.E.; WEAVER, R.J. Endogenous levels of insect juvenile hormones in larval, pupal and adult stages of the tomato moth, *Lacanobia oleracea*. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 41, n. 8, p. 641-651, 1995.

ENGELMANN, F. Endocrine control of reproduction in insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 13, p. 1-26, 1968.

ESTRUCH, J.J.; CAROZZI, N.B.; DESAI, N.; DUCK, N.B.; WARREN, G.W.; KOZIEL, M.G. Transgenic plants: an emerging approach to pest control. **Nature Biotechnology**, New York, v. 15, p. 137-141, 1997.

FAN, Y.; RAFAELI, A.; GILEADI, C.; APPLEBAUM, S.W. Juvenile hormone induction of pheromone PBAN-responsiveness in *Helicoverpa armigera* females. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 29, p. 635-641, 1999.

FAVORETTO, P. **Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de minitubérculos de batata cv Atlantic**. 2005. 98 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2003a. 412 p.

_____. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: Editora UFLA, 2003b. 333 p.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Frutos & olerícolas no Brasil. In: _____. **Agrianual 2006: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 2006. p. 333-384.

FOUDA, H.G.; SEIBER, J.N.; BACON, O.G. A potent sex attractant for the potato tuberworm moth. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 68, n. 4, p. 423-427. Aug. 1975.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GAMBOA, M.; NOTZ, A. Biología de *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) en papa (*Solanum tuberosum*). **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracay: v. 16, p. 245-257, 1990.

GILLOTT, C. Male accessory gland secretions: modulators of female reproductive physiology and behavior. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 48, p. 163-184, 2003.

HAGERDORN, H.H. The role of ecdysteroids in reproduction. In: KERKUT, G.A.; GILBERT, L.I. (Ed.). **Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology**. New York: Pergamon Press, 1985. v. 8, chap. 7, p. 205-262.

HOELSCHER, J.A.; BARRETT, B.A. Effects of methoxyfenozide treated surfaces on the attractiveness and responsiveness of adult codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 96, n. 3, p. 623-628, 2003a.

_____. Effects of methoxyfenozide treated surfaces on the attractiveness and responsiveness of adult leafrollers. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 107, n. 2, p. 133-140, 2003b.

ISHAAYA, I.; HOROWITZ, A.R. Novel phenoxy juvenile hormone analog (pyriproxyfen) suppresses embryogenesis and adult emergence of sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 85, n. 6, p. 2113-2117, 1992.

ISHAAYA, I.; COCK, A.; DEGHEELE, D. Pyriproxyfen, a potent suppressor of egg hatch and adult formation of the greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 87, n. 5, p. 1185-1189, 1994.

LOPES, M.T.R.; VENDRAMIM, J.D.; THOMAZINI, A.P.B.W. Biologia e preferência para oviposição de *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) em folhas de genótipos de *Solanum tuberosum* (L.) e *Solanum berthaultii* (Hawkes). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 319-326, Jun. 2000.

LOWERY, D.T.; ISMAN, M.B. Antifeedant activity of extracts from neem, *Azadirachta indica*, to strawberry aphid, *Chaetosiphon fragaefolii*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 19, n. 8, p. 1761-1773, 1993.

MAAS, W.; VAN HES, R.; GROSSCURT, A.C.; DEUL, D.H. Benzoylphenyl urea insecticides. In: WEGLER, R. (Ed.). **Chemie der pflanzenschutz und schädlingsbekämpfungsmittel**. Berlin; Heidelberg: Springer, 1981. v. 6, p. 423-470.

MARTINEZ, S.S. (Ed.). **O nim - *Azadirachta indica*: natureza, usos múltiplos, produção**. Londrina: IAPAR, 2002. 142 p.

MENEZES, E.L.A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58 p.

MINAKUCHI, C.; RIDDIFORD, L.M. Insect juvenile hormone action as a potential target of pest management. **Journal of Pesticide Science**, Kyoto, v. 31, p. 77-84. 2006.

MIRANDA FILHO, H.S. **A cultura da batata**. Vargem Grande do Sul: IAC; APTA, SAA, 2003. 68 p.

MORDUE (LUNTZ), A.J.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: an update. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 39, n. 11, p. 903-924, 1993.

MORDUE (LUNTZ), A.J.; NISBET, A.J. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 615-632, dez. 2000.

MORDUE, W.; GOLDSWORTHY, G.J.; BRADY, J.; BLANEY, W.M. **Insect physiology**. Oxford; Boston: Blackwell Scientific, 1980. 108 p.

NATION, J.L. **Insect physiology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 2002. 485 p.

NIJHOUT, H.F. **Insect hormones**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 267 p.

NOMURA, M.; MIYATA, T. Effects of pyriproxyfen, insect growth regulator on reproduction of common cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 44, n. 2, p. 81-88, 2000.

PEREIRA, A.S. Composição química, valor nutricional e industrialização. In: REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Coord.). **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p. 12-28.

PERRY, A.S.; YAMAMOTO, I.; ISHAAYA, I.; PERRY, R.Y. **Insecticides in agriculture and environment: retrospects and prospects**. Berlin: Springer, 1998. 261 p.

PERSOONS, C.J.; VOERMAN, S.; VERWIEL, P.E.J.; RITTER, F.J.; NOOYEN, W.J.; MINKS, A.K. Sex pheromone of the potato tuberworm moth, *Phthorimaea operculella*: isolation, identification and field evaluation. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 20, p. 289-300. 1976.

PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P. Seleção de linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle das traças *Tuta absoluta* (Meyrick) e *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 277-282, June 2001.

PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N.; PEREIRA, F.F. Aspectos biológicos da traça-da-batatinha *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1153-1155, nov./dez. 2003.

RAMAN, K.V.; RADCLIFFE, E.B. Pest of potato production: part 2. Insect pests. In: HARRIS, P.M. (Ed.). **The potato crop**. London: Chapman & Hall, 1992. chap. 11, p. 476-506.

RAMASWAMY, S.B.; SHU, S.; PARK, Y.I.; ZENG, F. Dynamics of juvenile hormone-mediated gonadotropism in the Lepidoptera. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, New York, v. 35, p. 539-558, 1997.

RETNAKARAN, A.; GRANETT, J.; ENNIS, T. Insect growth regulators. In: KERKUT, G.A.; GILBERT, L.I. (Ed.). **Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology**. New York: Pergamon Press, 1985. v. 12, chap. 15, p. 529-601.

SÁENZ-DE-CABEZÓN, F.J.; PÉREZ-MORENO, I.; ZALOM, F.G.; MARCO, V. Effects of lufenuron on *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) egg, larval, and adult stages. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 99, n. 2, p. 427-431, 2006.

SHU, S.; PARK, Y.I.; RAMASWAMY, S.B.; SRINIVASAN, A. Hemolymph juvenile hormone titers in pupal and adult stages of southwestern corn borer [*Diatraea grandiosella* (Pyralidae)] and relationship with egg development. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 43, n. 8, p. 719-726, 1997.

SIMPSON, B.B.; OGORZALY M.C. **Economic botany**: plants in our world. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1995. 742 p.

SORGE, D.; NAUEN, R.; RANGE, S.; HOFFMANN, K. Regulation of vitellogenesis in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Physiology**, London, v. 46, p. 969-976. 2000.

STRAND, M.R.; BAEHRECKE, E.H.; WONG, E.A. The role of host endocrine factors in the development of polyembryonic parasitoids. **Biological Control**, Orlando, v. 1, p. 144-152, 1991.

SUN, X.; BARRETT, B.A. Fecundity and fertility changes in adult codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) exposed to surfaces treated with tebufenozide and methoxyfenozide. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 92, n. 5, p.1039-1044, 1999.

SUN, X.; BARRETT, B.A.; BIDDINGER, D.J. Fecundity and fertility reductions in adult leafrollers exposed to surfaces treated with the ecdysteroid agonists tebufenozide and methoxyfenozide. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 94, p. 75-83, 2000.

SUN, X.; SONG, Q.; BARRETT, B. Effects of ecdysone agonists on the expression of EcR, USP and other specific proteins in the ovaries of the codling moth (*Cydia pomonella* L.). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 33, n. 8, p. 829-840, 2003.

SWEVERS, L.; IATROU, K. The ecdysone regulatory cascade and ovarian development in lepidopteran insects: Insights from the silkmoth paradigm. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 33, n. 12, p. 1285-1297, 2003.

VENNARD, C.; NGUAMA, B.; DILLON, R.J.; OOUCHI, H.; CHARNLEY, A.K. Effects of the juvenile hormone mimic pyriproxyfen on egg development, embryogenesis, larval development, and metamorphosis in the desert locust *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 91, n. 1, p. 41-49, 1998.

VICENTE, A.M.; CENZANO, I.; VICENTE, J.M. A batata e seus produtos derivados. In: _____. **Manual de indústrias dos alimentos**. Tradução de J.A. Ceschin. São Paulo: Livraria Varela, 1996. cap. 16, p. 497-503.

WILLIAMS, C.M. Juvenile hormones, in retrospect and prospect. In: GILBERT, L.I. (Ed.). **The juvenile hormones**. New York: Plenum Press, 1976. p. 1-14.

WIMMER, Z.; KULDOVÁ, J.; HRDÝ, I.; BENNETTOVÁ, B. Can juvenogens, biochemically targeted hormonogen compounds, assist in environmentally safe insect pest management? **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 36, p. 442-453. 2006.

WYATT, G.R. Juvenile hormone in insect reproduction - a paradox? **European Journal of Entomology**, Praha, v. 94, n. 3, p. 323-333, 1997.

ZAKARIAN, R.J.; DUNPHY, G.B.; QUIOT, J.M. Growth of an ovarian cell line of *Galleria mellonella* and its response to immune-inducing factors. **In Vitro Cellular and Developmental Biology Animal**, Gaithersburg, v. 38, n. 10, p. 572-581, 2002.

ZEHNDER, G.W.; POWELSON, M.L.; JANSSON, R.K.; RAMAN, K.V. (Ed.). **Advances in potato pest biology and management**. St. Paul: APS Press, 1994. 655 p.

ZUCCHI, R.A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 139 p.

3 INGESTÃO DE CARBOIDRATOS POR ADULTOS DE *Phthorimaea operculella* (ZELLER) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) E SEUS EFEITOS NA CAPACIDADE REPRODUTIVA

Resumo

Embora a capacidade reprodutiva da maioria dos insetos dependa de recursos alimentares acumulados durante o estágio larval, muitos indivíduos de distintas Famílias de Lepidoptera apresentam o hábito de se alimentar na fase adulta. Para a traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), praga-chave da cultura da batata *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), não há conhecimento suficiente sobre a aquisição de nutrientes durante o estágio adulto e a influência deste no seu desenvolvimento reprodutivo. Soluções contendo carboidratos podem vir a ser um meio para aplicação de inseticidas, desde que sejam atrativas para os insetos nos campos de cultivo. Assim, foram objetivos deste trabalho verificar a ingestão de carboidratos por adultos de *P. operculella* e avaliar a influência dos carboidratos em parâmetros reprodutivos da espécie. Para a comprovação da ingestão dos carboidratos, os insetos virgens e com 24 horas após a emergência, foram liberados em um recipiente cilíndrico construído com tubo de PVC rígido de 150 mm de diâmetro e 100 mm de altura. A este grupo de insetos foi oferecida, por capilaridade via rolete dental, solução de mel a 10%, contendo corante líquido artificial de coloração azul anis. Após três dias de oferecimento da alimentação, foram realizadas análises no exterior e no interior do abdome dos insetos, verificando-se a presença ou ausência do corante. Para verificação da influência do tamanho do ambiente na ingestão dos carboidratos, foi realizada nova avaliação, em insetos confinados em ambientes com diferentes dimensões: 0,0018; 0,054 e 9,6 m³. Para a avaliação do desempenho reprodutivo, os insetos foram separados em casais e confinados em recipientes plásticos semitransparentes de 500 mL. Para 25 casais foi oferecida, por capilaridade via rolete dental, solução de mel a 10% e para outros 25 casais foi oferecida apenas água destilada. Dez dias após o acasalamento, foram verificados os seguintes parâmetros reprodutivos: ritmo de postura, fecundidade, viabilidade dos ovos e índice de ovigenia. O corante colorido utilizado como marcador mostrou-se adequado para os estudos visuais do sistema digestivo de *P. operculella*, sendo facilmente notado tanto na análise externa quanto interna do abdome dos insetos. A ingestão dos carboidratos pelos insetos ocorreu somente quando estes foram confinados em ambientes menores, de 0,0018 e de 0,054 m³. No ambiente maior, de 9,6 m³, não houve ingestão. Quanto aos parâmetros reprodutivos, verificou-se que a ingestão de carboidratos por *P. operculella* aumenta a fecundidade das fêmeas, no entanto, não houve diferença significativa na viabilidade dos ovos.

Palavras-chave: Desenvolvimento dos ovários; Índice de ovigenia; Marcador colorido; Sistema digestivo; Sistema reprodutivo

Abstract

Although reproduction capacity of most insects depends on food resources accumulated during the larval stage, many individuals of different Lepidoptera families show feeding habits only in the adult stage. There is not yet enough knowledge about nutrient intake during the adult stage, nor about nutrient influences on the reproductive development of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), one of the key-pests of potato crop *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae). Solutions containing carbohydrates may become a route for

insecticide application, provided that they will be attractive for insects in the field. Therefore, the aims of this study were to verify carbohydrate intake by adults of *P. operculella* and to evaluate carbohydrate influence on the reproductive parameters of the species. To confirm of carbohydrate intake, virgin insects collected 24 hours after emergence were released inside a cylindrical container made of rigid PVC, measuring 150 mm in diameter and 100 mm in height. The insects were offered a 10% honey solution containing an artificial blue anise dye by capillarity via a dental roll wick. After three days the outside and inside of insect abdomens were analyzed to verify the presence or absence of the dye. To verify the influence of space dimensions over carbohydrate intake, a new evaluation was conducted, with insects caged in environments with different sizes: 0.0018, 0.054 and 9.6 m³. To evaluate reproductive performance, the insects were divided in couples and caged inside semi-transparent plastic containers of 500 mL. To 25 couples a 10% honey solution was offered by capillarity via a dental roll wick, while for other 25 received distilled water only. Ten days after mating, the following reproductive parameters were assessed: oviposition rate, fertility, egg viability and ovigeny index. The dye utilized as a marker seemed to be adequate for visual studies of the *P. operculella* digestive system, being easily viewed both in external and internal analysis of the insects abdomens. Carbohydrate ingestion by the insects only occurred when they were caged in the smaller cages, 0.0018 and 0.054 m³. In the larger ones, of 9.6 m³, there was no food ingestion at all. Regarding the reproductive parameters, it was verified that carbohydrate ingestion by *P. operculella* increases female fertility; however, there was no significant differences in egg viability.

Keywords: Colour dye; Digestive system; Ovarian development; Ovigeny index; Reproductive system

3.1 Introdução

A traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), é considerada uma das principais causas de descarte durante a colheita e o armazenamento de batatas. Esta praga ocorre em todas as épocas do ano, sendo a lagartas que provoca danos às folhas, aos ramos e aos tubérculos (FILGUEIRA, 2003a, b).

Embora a reprodução da maioria dos insetos dependa de recursos alimentares acumulados durante o estágio larval, muitos indivíduos de distintas Famílias de Lepidoptera apresentam o hábito de se alimentarem na fase adulta. Suas peças bucais são adaptadas à sucção, constituindo o aparelho bucal sugador-maxilar, em que a probóscide é formada pelas gálea das maxilas alongadas (CHAPMAN, 1998; NATION, 2002; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005). A sucção permite aquisição de soluções ricas em carboidratos e aminoácidos, necessários à finalização do desenvolvimento do sistema reprodutivo. Na natureza, o néctar floral é o principal recurso de carboidratos para os lepidópteros, porém, a fonte também pode ser “*honeydew*” de hemípteros, sendo constituídos principalmente por frutose, glicose e sacarose (CHALCOFF; AIZEN;

GALETTO, 2006; HACKMAN; TRIKOJUS, 1952; ROMEIS; WÄCKERS, 2002). Para *P. operculella*, não há na literatura científica relatos que se refiram à aquisição de carboidratos por este inseto e, conseqüentemente, a sua relação com o processo de reprodução. Acredita-se, porém, que os adultos desta espécie obtenham carboidratos na natureza principalmente via néctar floral, de maneira semelhante a outras espécies da mesma Ordem, como *Pieris brassicae* (Linnaeus) (Pieridae), conforme relatado por Romeis e Wäckers (2000).

A visualização e comprovação do hábito alimentar de insetos voadores pequenos é um desafio. As observações destes insetos na natureza são complexas, bem como o acompanhamento do processo de aquisição de nutrientes necessários ao seu metabolismo. Por isto, as técnicas para marcar insetos têm sido muito utilizadas em estudos de ecologia, como em análises de dispersão, e em avaliações de estudos nutricionais e fisiológicos. O desejável é que se utilizem marcadores notáveis, tais como marcadores fluorescentes ou corantes coloridos, que sejam facilmente reconhecidos e que tenham a menor influência possível nos resultados da avaliação realizada (HAGLER; JACKSON, 2001).

O potencial reprodutivo dos lepidópteros é influenciado pelo período de vida do inseto, pelo estado nutricional e pelo desenvolvimento de seus órgãos reprodutivos, os quais são afetados por eventos fisiológicos em função dos níveis hormonais (COLE et al., 2002; PARRA et al., 1999). De acordo com Sorge et al. (2000) todo o desenvolvimento proteico das células reprodutivas, em indivíduos da ordem Lepidoptera, é coordenado por hormônios. Os autores Smagghe e Degheele (1994), estudando o desempenho reprodutivo de *Spodoptera exempta* (Walker) e *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) por meio do fornecimento de soluções de mel contendo o agonista de ecdisteroide, tebufenozida, constataram significativa alteração na fecundidade dos insetos com o aumento na concentração deste ingrediente ativo na solução oferecida.

De acordo com Jervis e Ferns (2004), o índice de ovigenia (IO) é um parâmetro considerável para a avaliação do desempenho e estratégia reprodutiva dos insetos. Este índice refere-se à proporção do número total de ovos que as fêmeas depositaram pelo número total de óvulos maduros após a emergência. Segundo os autores, quando o índice for igual a um, indica que todos os óvulos estão maduros no momento da emergência e são depositados rapidamente; quando o índice for igual a zero indica que não há óvulos maduros na emergência, sendo que a reprodução depende dos recursos nutricionais adquiridos no estágio adulto.

A confirmação da ingestão de carboidratos por *P. operculella* e a elucidação da relação dos açúcares com a reprodução na espécie podem ser úteis em estratégias de combate à praga que se utilizem desta dieta como atrativo. Assim, os objetivos deste trabalho foram:

- 1) verificar se ocorre ingestão de carboidratos via solução de mel a 10%, por adultos de *P. operculella*, em ambientes confinados, com distintas dimensões e
- 2) verificar a influência da ingestão de carboidratos em parâmetros reprodutivos da espécie.

3.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Defensivos Agrícolas do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, da Universidade de São Paulo (USP) com a espécie *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae).

3.2.1 Criação dos insetos

Os insetos utilizados nas avaliações foram obtidos de batatas, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), infestadas após a colheita. No laboratório, seguindo-se os métodos propostos por Pratissoli et al. (2003), os tubérculos foram colocados dentro de bacias plásticas contendo areia fina para desenvolvimento das larvas e pupação. As bacias foram mantidas em uma câmara climatizada, à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $65 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. As pupas formadas foram transferidas para uma gaiola coberta com tecido organdi de coloração branca, até a emergência.

Concluído o período de 24 horas após a emergência, considerado como de pré-oviposição, os adultos foram transferidos para um recipiente de criação construído com tubo de PVC rígido de 150 mm de diâmetro e 100 mm de altura. Na parte superior do tubo, foi colocada uma tela de tecido do tipo filó, presa por um elástico e coberta por um círculo de papel-filtro. Acima foi mantida uma rodela de batata, substituída a cada dois dias, que serviu como estimulante de oviposição. Na parte inferior, foi colado um papelão ondulado, em cujo centro foi acoplado um recipiente de plástico rígido, transparente, com diâmetro de 25 mm e altura de 35 mm. Dentro deste recipiente, foram pipetados $13,0 \pm 1,0$ mL de uma solução de mel a 10%, contendo

anticontaminante metil p-hidroxibenzoato à concentração de 0,03%, oferecida aos insetos por capilaridade, via rolete dental.

Os ovos depositados nos papéis-filtros foram mantidos no laboratório, em placas de Petri colocadas dentro da câmara climatizada. Após a eclosão, as lagartas foram inoculadas nas superfícies de batatas perfuradas, que também foram mantidas na câmara climatizada para continuação do ciclo de vida do inseto.

Nos experimentos foram utilizados insetos adultos e virgens. Para isto, as pupas foram peneiradas e isoladas individualmente em pequenos tubos de ensaio de 10 mm de diâmetro e 75 mm de altura, cobertos com filme plástico de PVC transparente. Após a emergência, os adultos foram sexados de acordo com o dimorfismo presente na extremidade do abdome.

3.2.2 Ingestão de carboidratos por adultos

Visando à comprovação da ingestão de carboidratos por *P. operculella*, 20 indivíduos fêmeas e 20 indivíduos machos, virgens e com 24 horas após a emergência, foram liberados em um recipiente construído com o tubo de PVC rígido de 150 mm de diâmetro, com estrutura idêntica ao recipiente de criação descrito anteriormente. A este grupo de insetos foi oferecido, por capilaridade via rolete dental, uma solução de mel a 10% contendo os açúcares frutose e glicose, acrescida de um corante líquido artificial para fins alimentícios, de coloração azul anis, além do anticontaminante metil p-hidroxibenzoato à concentração de 0,03%.

As avaliações foram realizadas três dias após a liberação dos insetos no recipiente. A certificação da ingestão da solução de mel foi realizada por análise do sistema digestivo, de acordo com a presença ou ausência do corante, sendo avaliados o exterior de maneira visual e o interior do abdome via dissecação do sistema digestivo.

3.2.3 Desempenho reprodutivo após a ingestão de carboidratos

Para avaliação do desempenho reprodutivo de *P. operculella* adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 25 repetições. Cada tratamento foi constituído de dois tipos de alimentação:

T₁ - água destilada e

T₂ - solução aquosa de mel a 10% contendo anticontaminante metil p-hidroxibenzoato a 0,03%.

Cada repetição foi constituída de um casal de *P. operculella* (um adulto fêmea e outro macho, virgens, com 24 horas após a emergência) colocado dentro de um recipiente de criação, confeccionado com um copo plástico semitransparente de 500 mL. Na parte superior do copo foi colocada uma tampa, com uma tela circular de tecido de filó, coberta por um disco de papel-filtro, onde as posturas e as avaliações foram realizadas diariamente. Acima do papel-filtro foi mantida uma rodela de batata, substituída a cada dois dias, que serviu como estimulante de oviposição. Na parte inferior do copo, foi acoplado um recipiente de plástico rígido, transparente, com diâmetro de 25 mm e altura de 35 mm. Dentro deste recipiente foi oferecida a alimentação aos insetos, por capilaridade via rolete dental, constituída de $13,0 \pm 1,0$ mL da solução de mel a 10%, contendo o anticontaminante metil p-hidroxibenzoato a 0,03% ou $13,0 \pm 1,0$ mL de água destilada.

Ao longo de 10 dias após o acasalamento, foram contadas diariamente as posturas depositadas nos discos de papéis-filtros que cobriam as tampas dos copos plásticos para análise dos seguintes parâmetros reprodutivos: ritmo de postura, fecundidade, viabilidade dos ovos e índice de ovigenia (IO).

Para análise do ritmo de postura foram construídas duas curvas: uma com base no número médio de ovos diariamente depositados por fêmea e outra com base no número médio de ovos acumulados ao longo de cada dia. A fecundidade foi obtida por meio da média do número total de ovos depositados ao longo do ciclo de vida das fêmeas avaliadas e a viabilidade dos ovos de acordo com o percentual médio de larvas eclodidas em cada tratamento. O índice de ovigenia foi calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$IO = \frac{(\text{Número total de ovos depositados ao longo da vida da fêmea})}{(\text{Número de óvulos contidos no abdome após a emergência})}$$

Para determinação do número de óvulos contidos no abdome das fêmeas, os ovários de 25 fêmeas virgens com idade de 24 horas após a emergência, foram extraídos em uma placa de Petri contendo uma pequena lâmina de álcool etílico a 70%. Foram utilizados estiletes pontiagudos e pinças de pontas finas e planas de maneira que, sob microscópio estereoscópico, se conseguisse

cortar ventralmente o tegumento dos segmentos abdominais e, puxando-se os últimos segmentos, extrair os ovários. Com um contador manual numérico, contou-se a quantidade de óvulos presentes nos ovaríolos. A Figura 2 apresenta a disposição dos ovários de *P. operculella* (A), os óvulos presentes nos ovaríolos das fêmeas virgens (B) e os ovos de uma postura (C). As imagens foram feitas com câmera fotográfica Sony Digital Still, lente óptica 3X, f = 7,9-23,7 mm e cinco Mega Pixels-Cyber-Shot.

Para análise dos IOs, os resultados obtidos foram comparados aos índices sugeridos por Jervis e Ferns (2004).

Figura 2 - Estruturas reprodutivas de *Phthorimaea operculella*. A - Esquema da disposição dos ovários, adaptado de Nijhout (1994); B - Fotografia dos óvulos de fêmea virgem em quatro ovaríolos do tipo meroístico politrófico e C - Fotografia de alguns ovos em uma postura. Escala 1 mm

Para as análises estatísticas, inicialmente aplicou-se o Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk (SIEGEL, 1975) ao nível de 5% de significância. Com a rejeição da suposição de normalidade dos dados não se utilizou testes paramétricos, aplicando-se em seguida o Teste da Soma das Ordens de Wilcoxon (CAMPOS, 1983). As análises foram realizadas com o Software R (THE R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING, 2008).

3.2.4 Oferta de carboidratos a adultos em ambientes confinados com diferentes dimensões

Considerando-se que as dimensões de ambientes podem interferir na opção dos adultos de *P. operculella* em ingerir carboidratos, posteriormente ao ensaio realizado para a comprovação da ingestão de carboidratos, foram realizados testes em mais dois ambientes confinados, com dimensões maiores que o recipiente construído com o tubo de PVC rígido de 150 mm de diâmetro. Em cada ambiente foram liberados 20 indivíduos fêmeas e 20 indivíduos machos, virgens e com 24 horas de idade após a emergência. Para avaliação da influência das dimensões

do ambiente, na ingestão de carboidratos por *P. operculella*, foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, constituído de três tratamentos, com 20 repetições para machos e 20 repetições para fêmeas:

1) tratamento 1: um recipiente de PVC rígido utilizado para a criação dos insetos com volume de $0,0018 \text{ m}^3$.

2) tratamento 2: gaiola em formato espacial de paralelepípedo com dimensões de $0,3 \times 0,3 \times 0,6 \text{ m}$ ou volume de $0,054 \text{ m}^3$, envolvida com tecido organdi de coloração branca.

3) tratamento 3: telado, semelhante a uma casa de vegetação, em formato irregular, com dimensões de $2,0 \times 2,0 \times 2,10 \text{ m} + 0,6 \times 0,95 \times 2,10 \text{ m}$ ou volume de $9,6 \text{ m}^3$, todo coberto com tela de nylon de malha fina.

Dentro de cada ambiente, foi colocado um recipiente de plástico rígido, transparente, com diâmetro de 25 mm e altura de 35 mm, contendo $13,0 \pm 1,0 \text{ mL}$ de uma solução de mel a 10%, acrescida de um corante líquido artificial para fins alimentícios de coloração azul anis. Esta solução foi oferecida aos insetos por capilaridade, via rolete dental.

As avaliações foram realizadas três dias após a liberação dos insetos nos ambientes, quando foram realizadas análises na parte exterior do abdome dos insetos e do interior via dissecação do sistema digestivo.

Para análise estatística, utilizou-se os métodos de Modelos Lineares Generalizados, ao nível de 5% de significância (McCULLAGH; NELDER, 1989). As análises foram realizadas com o Software R (THE R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING, 2008).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Ingestão do alimento

Após três dias em contato com a solução de mel e o corante, ficou evidente a ingestão de carboidratos por adultos de *P. operculella*. Tanto em machos, quanto em fêmeas. O corante

líquido de coloração azul anis mostrou-se adequado para os estudos visuais de seu sistema digestivo, pois além de ter sido facilmente notado, não provocou alterações fisiológicas que fossem capazes de causar modificações perceptíveis. Tanto na análise do exterior (Figura 3A) como do interior do abdome (Figura 3B) foi possível constatar a presença do corante nas estruturas orgânicas.

Figura 3 - Fotografias das evidências da ingestão de carboidratos por adulto de *Phthorimaea operculella* utilizando-se corante colorido azul anis como marcador: A - Visão exterior do abdome do inseto com a porção anterior corada e B - Abdome dissecado com exposição do sistema digestivo. Escala: 1 mm

Pelas observações externas do abdome foi possível verificar a presença do corante em 17 fêmeas (85%) e 16 machos (80%). Já a dissecação demonstrou que 100% dos indivíduos, tanto fêmeas como machos, ingeriram a solução de mel, pois todos apresentaram o corante no sistema digestivo. Possivelmente, a menor visualização do corante durante as análises externas se deve ao

tegumento típico do lepidóptero, que é coberto por escamas que dificultaram a visualização do sistema digestivo.

Apesar das avaliações terem sido realizadas em recipientes fechados, com a oferta do alimento bem próxima e sem chance de múltipla escolha para opção à alimentação dos insetos, os resultados obtidos comprovaram a ingestão dos carboidratos pelos indivíduos adultos de *P. operculella* nestas condições. A solução de mel utilizada, contendo os açúcares frutose e glicose, apresentou ingestão semelhante à apresentada pelo trabalho realizado por Grützmacher et al. (2005), onde foram avaliados os efeitos da atratividade de melaço de cana e açúcar cristal, que contêm principalmente sacarose, sendo que quando ingeridos, em mistura com um inseticida do grupo tiocarbamato, provocavam rápida mortalidade dos adultos de *Spodoptera frugiperda* (Smith) em ambiente de casa de vegetação na cultura do arroz irrigado.

Muitos indivíduos de distintas Famílias de Lepidoptera apresentam o hábito de se alimentarem na fase adulta, cujo processo de digestão de carboidratos é realizado por hidrólises sendo, geralmente, absorvidos pelo mesêntero em moléculas simples. A atratividade dos adultos de *P. operculella* pela solução de mel pode estar relacionada à habilidade de absorção de monossacarídeos como frutose e glicose.

3.3.2 Desempenho reprodutivo

Tanto na dieta com solução de mel quanto na dieta com água destilada foram observadas maiores quantidades de ovos depositados, logo no início do período de postura, o que está de acordo com as observações feitas por Pratissoli et al. (2003) para *P. operculella*. A Figura 4 demonstrou que embora o comportamento das curvas do ritmo de postura das fêmeas tenham sido semelhantes em ambas as situações, com as máximas e as mínimas delineando as curvas paralelamente, os casais que ingeriram apenas água destilada depositaram menos ovos do que os casais que tiveram à disposição a solução de mel, resultando em uma fecundidade significativamente superior para a solução de mel, segundo o Teste da Soma das Ordens de Wilcoxon ($W = 485$; $P = 0,0019$).

Figura 4 - Ritmos de postura diários e acúmulo médio de ovos ao longo de 10 dias, em *Phthorimaea operculella*, submetida a duas dietas alimentares: água destilada e solução de mel a 10% ($25\pm 2^\circ\text{C}$, UR $65\pm 10\%$ e fotofase 14 horas)

Observou-se que, no tratamento em que houve apenas ingestão de água destilada pelos casais, 50% do número de ovos depositados por cada fêmea ficou entre 10 e 56; enquanto que, para os casais que ingeriram a solução de mel, 50% do número de ovos depositados ficou entre 42 e 86. A mediana dos dados de fecundidade foi de 26 para as fêmeas que ingeriram água destilada e de 70 para as que ingeriram solução de mel (Figura 5). Portanto, os valores ficaram superiores quando os casais ingeriram a solução de mel.

Quanto à viabilidade dos ovos, observou-se que, no tratamento em que houve apenas ingestão de água destilada pelos casais, 50% da viabilidade ficou entre 59,9 e 68,4%; enquanto que, para os casais que ingeriram a solução de mel, 50% da viabilidade ficou entre 64,9 e 74,1%. A mediana dos dados da viabilidade foi de 63,6% para as fêmeas que ingeriram água destilada e de 69,7% para as que ingeriram solução de mel. Assim, não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto à viabilidade, segundo o Teste da Soma das Ordens de Wilcoxon ($W = 284$; $P = 0,0544$). As pontuações dispersas representaram valores atípicos de elevada viabilidade dos ovos, que possivelmente se refere à eclosão de larvas cujos ovos provêm de fêmeas em baixa fecundidade (Figura 6).

Devido à semelhança dos valores de viabilidade dos ovos em ambas as dietas, sugere-se que as fêmeas não diferiram quanto a sua fertilidade, demonstrando que nestas condições alimentares, a atuação dos machos foi semelhante, ou seja, os tratamentos não afetaram a fecundação dos óvulos e formação dos ovos (Tabela 1).

Tabela 1 - Médias ($\pm$ EP) da fecundidade e viabilidade dos ovos de *Phthorimaea operculella* em casais submetidos a duas dietas alimentares: água destilada e solução de mel a 10% ($25\pm 2^\circ\text{C}$, UR $65\pm 10\%$ e fotofase 14 horas)

Condição alimentar	Fecundidade	Viabilidade dos ovos (%)
Água destilada	$35,1 \pm 6,38$ a (25)	$66,6 \pm 2,42$ a (20)
Solução de mel a 10%	$65,0 \pm 7,26$ b (25)	$69,7 \pm 1,58$ a (22)

As médias dos tratamentos seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo Teste da Soma das Ordens de Wilcoxon ($P \geq 0,05$). Os valores entre parênteses se referem ao tamanho da amostra.

Figura 5 - Distribuição do número médio de ovos por fêmea de *Phthorimaea operculella*, quando os casais foram submetidos a duas dietas alimentares: água destilada e solução de mel a 10% ($25\pm 2^\circ\text{C}$, UR $65\pm 10\%$ e fotofase 14 horas)

Figura 6 - Distribuição da viabilidade média dos ovos de *Phthorimaea operculella*, quando os casais foram submetidos a duas dietas alimentares: água destilada e solução de mel a 10% ($25\pm 2^\circ\text{C}$, UR $65\pm 10\%$ e fotofase 14 horas)

Os resultados obtidos corroboram com os apresentados por outros autores que avaliaram os efeitos de frutose, glicose e sacarose em lepidópteros. Savopoulou-Soultani et al. (1998) avaliaram *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermueller) (Lepidoptera: Tortricidae) e Tisdale e Sappington (2001) avaliaram *S. exigua*. Ambos os trabalhos indicaram que a ingestão de carboidratos pode fornecer energia adicional ao carreamento de vitelogenina e ao desenvolvimento dos óvulos e ovos, resultando em maior fecundidade.

3.3.3 Índice de ovigenia

A determinação do número de óvulos contidos no abdome das 25 fêmeas virgens revelou uma média de $148 \pm 37,3$ óvulos. Feito os cálculos, o índice de ovigenia para fêmeas que consumiram apenas água destilada foi 0,24, enquanto que para as fêmeas que ingeriram solução de mel foi 0,44. Considerando as interpretações feitas por Jervis e Ferns (2004); Jervis, Boggs e Ferns (2005), em que:

- índice = 1: indica que todos os óvulos estão maduros no momento da emergência da fêmea, sendo que as reservas nutricionais da fase imatura são destinadas à reprodução, o que favorece a reprodução rápida;
- índice igual a zero: indica que não há óvulos maduros na emergência, sendo que a reprodução depende dos recursos nutricionais adquiridos no estágio adulto.

Nos experimentos realizados tem-se que, em ambas as situações, os IOs foram menores do que 1, indicando maturação dos óvulos no decorrer da vida adulta, porém, a aquisição de nutrientes alterou o valor distanciando-se de zero, o que pode ser confirmado pelo maior índice de ovigenia apresentado pelas fêmeas que ingeriram a solução de mel. Este fato indicou que a solução de mel utilizada constituiu uma fonte satisfatória de energia e que a ingestão destes carboidratos na fase adulta dos indivíduos de *P. operculella* influenciou o seu desempenho reprodutivo, contribuindo com as afirmações de Romeis e Wäckers (2000, 2002), em que os autores demonstraram a importância da alimentação do lepidóptero adulto, *P. brassicae*.

No entanto, é possível que, em condições naturais (a exemplo de armazéns de batata), os óvulos já formados durante o estágio pupal de *P. operculella* sejam suficientes para a formação dos ovos e sustentação do processo reprodutivo, pois mesmo no tratamento testemunha, onde as fêmeas só ingeriram água destilada houve, em média, a deposição de 31,5 ovos, sendo 66,6%

deles viáveis. A autora Milano (2008) demonstrou que, apesar de todos os índices de ovigenia, calculados para representantes de Noctuidae, Crambidae, Tortricidae e Elasmobranchidae terem sido inferiores a um, apenas duas espécies avaliadas necessitaram de alimentação na fase adulta, enquanto as demais espécies se utilizaram dos nutrientes armazenados durante a fase larval. Para *P. operculella*, quando houve o estímulo à alimentação de adultos, ocorreu aumento na quantidade de ovos depositados, tal como no trabalho citado. Estes resultados também são semelhantes às conclusões apresentadas por Fonseca et al. (2005), em que, fêmeas de *Bonagota cranaodes* (Meyrick) (Tortricidae) não necessitaram de carboidratos para iniciar a atividade reprodutiva, no entanto, os autores demonstraram que a ausência dos elementos nutricionais avaliados reduziu a capacidade de oviposição, o período embrionário e a longevidade.

O complemento nutricional, além de se originar de fontes externas, é possibilitado pelo alimento adquirido durante o estágio imaturo e por um mecanismo de transferência de moléculas bioativas de glândulas acessórias dos machos às fêmeas; em alguns casos, os nutrientes são adicionados via espermatóforo (GILLOTT, 2003; HAN; GATEHOUSE, 1991; OJEDA-AVILA et al., 2003; RAGUSO et al., 2007).

Com as avaliações realizadas, foi possível comprovar que os adultos de *P. operculella* ingeriram os carboidratos presentes no mel e que este alimento interferiu positivamente na reprodução da espécie, aumentando a fecundidade das fêmeas.

3.3.4 Oferta de carboidratos em ambientes com diferentes dimensões

Os testes de ingestão de carboidratos por adultos de *P. operculella*, realizados em ambientes confinados com diferentes volumes (0,0018; 0,054 e 9,6 m³) revelaram não haver influência do sexo quanto à ingestão da solução de mel a 10% ($P = 0,852$), de acordo com o método de Modelos Lineares Generalizados, ao nível de 5% de significância (McCULLAGH; NELDER, 1989). No entanto, há evidências de que os espaços disponíveis, quantificados pelos volumes de cada ambiente, influenciaram na ingestão ($P < 0,0001$). Apenas nos ambientes menores, de 0,0018 e de 0,054 m³, houve ingestão dos carboidratos pelos adultos de *P. operculella*, sendo que no primeiro ambiente todos os insetos ingeriram o alimento e no segundo ambiente 82,5% dos insetos. No ambiente de espaço disponível maior, de 9,6 m³, nenhum dos

insetos avaliados apresentou evidências de ingestão, não estando o corante presente em suas estruturas orgânicas (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de adultos de *Phthorimaea operculella* que ingeriram (corados) e que não ingeriram (não-corados) solução de mel a 10% contendo corante artificial azul anis, em três ambientes confinados com volumes distintos: 0,0018; 0,054 e 9,6 m³

Ambiente	Corados		Não-corados	
	♀	♂	♀	♂
Recipiente cilíndrico: 0,0018 m ³	20	20	0	0
Gaiola: 0,054 m ³	16	17	4	3
Telado: 9,6 m ³	0	0	20	20

Estes resultados indicaram que, em ambientes abertos, a ingestão de carboidratos, via solução de mel a 10%, pode não ocorrer. Fato que dificulta a utilização da solução de mel a 10% como atrativo em estratégias de manejo integrado de pragas, se o oferecimento for realizado por capilaridade em ambiente maior.

3.4 Conclusões

Insetos adultos de *P. operculella* ingerem solução de mel contendo carboidratos e este alimento proporciona aumento na fecundidade. No entanto, a ingestão de carboidratos, via solução de mel a 10% em roletes dentais, ocorre somente quando a oferta do alimento encontra-se próxima aos indivíduos. No ambiente em que o alimento ficou mais distante, a solução de mel não foi ingerida.

Referências

CAMPOS, H. **Estatística experimental não-paramétrica**. 4. ed. Piracicaba: ESALQ, 1983. 349 p.

CHALCOFF, V.R.; AIZEN, M.A.; GALETTO, L. Nectar concentration and composition of 26 species from the temperate forest of South America. **Annals of Botany**, Oxford, v. 97, n. 3, p. 413–421, 2006.

CHAPMAN, R.F. **The insects: structure and function**. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 770 p.

COLE, T.J.; RAMASWAMY, S.B.; SRINIVASAN, A.; DORN, S. Juvenile hormone catabolism and oviposition in the codling moth, *Cydia pomonella*, as functions of age, mating status, and hormone treatment. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, New York, v. 49, p. 10-21, 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2003a. 412 p.

_____. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: Editora UFLA, 2003b. 333 p.

FONSECA, F.L.; MANFREDI-COIMBRA, S.; FORESTI, J.; KOVALESKI, A. Efeito de dietas artificiais para a alimentação de adultos de *Bonagota cranaodes* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae), em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1229-1233, nov./dez. 2005.

GILLOTT, C. Male accessory gland secretions: modulators of female reproductive physiology and behavior. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 48, p. 163-184, 2003.

GRÜTZMACHER, A.D.; BUSATO, G.R.; ZOTTI, M.J.; MARTINS, J.F.S. Efeito do inseticida Cartap BR 500 e de diferentes atrativos alimentares sobre adultos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 2005. v. 2, p. 137-139.

HACKMAN, R.H.; TRIKOJUS, V.M. The composition of the honeydew excreted by australian coccids of the genus *Ceroplastes*. **The Biochemical Journal**, London, v. 51, n. 5, p. 653-656, 1952.

HAGLER, J.R.; JACKSON, C.G. Methods for marking insects: current techniques and future prospects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 46, p. 511-543, 2001.

HAN, E.N.; GATEHOUSE, A.G. The effect of adult feeding on female pre-calling period and ovarian development in a migratory moth, the oriental armyworm *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 81, p. 395-400, 1991.

JERVIS, M.A.; FERNS, P.N. The timing of egg maturation in insects: ovigeny index and initial egg load as measures of fitness and of resource allocation. **Oikos**, Kobenhavn, v. 107, p. 449-460, 2004.

JERVIS, M.A.; BOGGS, C.L.; FERNS, P.N. Egg maturation strategy and its associated trade-offs: a synthesis focusing on Lepidoptera. **Ecological Entomology**, London, v. 30, p. 359-375, 2005.

McCULLAGH, P.; NELDER, J.A. **Generalized linear models**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1989. 511 p.

MILANO, P. **Influência da nutrição e temperatura na reprodução de representantes de Noctuidae, Crambidae, Tortricidae e Elasmobranchidae**. 2008. 75 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

NATION, J.L. **Insect physiology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 2002. 485 p.

NIJHOUT, H.F. **Insect hormones**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 267 p.

OJEDA-AVILA, T.; WOODS, H.A.; RAGUSO, R.A. Effects of dietary variation on growth, composition, and maturation of *Manduca sexta* (Sphingidae: Lepidoptera). **Journal of Insect Physiology**, London, v. 49, p. 293-306, 2003.

PARRA, J.R.P.; MILANO, P.; CÔNSOLI, F.L.; ZÉRIO, N.G.; HADDAD, M.L. Efeito da nutrição de adultos e da umidade na fecundidade de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 49-57, 1999.

PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N.; PEREIRA, F.F. Aspectos biológicos da traça-da-batatinha *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1153-1155, nov./dez. 2003.

THE R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING. **2008. R version 2.8.1**. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 23 jan. 2009.

RAGUSO, R.A.; OJEDA-AVILA, T.; DESAI, S.; JURKIEWICZ, M.A.; WOODS, H.A. The influence of larval diet on adult feeding behaviour in the tobacco hornworm moth, *Manduca sexta*. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 53, p. 923-932, 2007.

ROMEIS, J.; WÄCKERS, F.L. Feeding responses by female *Pieris brassicae* butterflies to carbohydrates and amino acids. **Physiological Entomology**, London, v. 25, p. 247-253, 2000.

_____. Nutritional suitability of individual carbohydrates and amino acids for adult *Pieris brassicae*. **Physiological Entomology**, London, v. 27, p. 148-156. 2002.

SAVOPOULOU-SOULTANI, M.; MILONAS, P.G.; STAVRIDIS, D.G. Role of availability of food to the adult *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in its reproductive performance. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 91, p. 1341-1348, 1998.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para a ciência do comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 350 p.

SMAGGHE, G.; DEGHEELE, D. Action of the nonsteroidal ecdysteroid mimic RH 5849 on larval development and adult reproduction of insects of different orders. **Invertebrate Reproduction and Development**, Rehovot, v. 25, p. 227-236, 1994.

SORGE, D.; NAUEN, R.; RANGE, S.; HOFFMANN, K. Regulation of vitellogenesis in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Physiology**, London, v. 46, p. 969-976, 2000.

TISDALE, R.A.; SAPPINGTON, T.W. Realized and potential fecundity, egg fertility, and longevity of laboratory-reared female beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) under different adult diet regimes. **Annals of the Entomological Society of America**, Columbus, v. 94, p. 415-419, 2001.

TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N.F. **Borror and DeLong's introduction to the study of insects**. Belmont: Thomson Brooks/Cole, 2005. 864 p.

4 EFEITOS DE REGULADORES DE CRESCIMENTO DE INSETOS NA REPRODUÇÃO DE *Phthorimaea operculella* (ZELLER) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

Resumo

Parte da produção agrícola de tubérculos de batata, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), é perdida devido aos danos causados pela traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Para os insetos e outros artrópodes, os hormônios têm funções essenciais na regulação do crescimento, morfogênese e embriogênese. Diante deste fato, os compostos análogos aos hormônios, como alguns inseticidas reguladores de crescimento de insetos (RCIs), podem provocar alterações fisiológicas nas pragas e levar a uma diminuição dos danos causados às culturas agrícolas. Exercendo atração alimentar aos insetos, soluções contendo carboidratos podem se tornar uma via para a aplicação dos reguladores de crescimento. Assim, esta pesquisa teve como objetivos avaliar a ingestão de RCIs por adultos de *P. operculella*, oferecidos em solução contendo carboidratos e testar seus efeitos em parâmetros reprodutivos da espécie. Para isto, foram avaliados quatro compostos com diferentes ingredientes ativos: azadiractina, lufenurom, metoxifenoza e piriproxifem. Estes compostos foram oferecidos a 25 casais, virgens e com 24 horas após a emergência, via solução de mel a 10%, nas concentrações de 5, 10 e 20 ppm. Durante 10 dias após o acasalamento, foram analisados os seguintes parâmetros reprodutivos: ritmo de postura, fecundidade, viabilidade dos ovos e período embrionário. Os resultados obtidos demonstraram que os RCIs azadiractina e lufenurom à concentração de 5 ppm e piriproxifem à concentração de 20 ppm têm efeito sobre a fecundidade da espécie, pois causaram diminuição no número médio de ovos depositados. No entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos na viabilidade dos ovos e nem no período embrionário para a espécie. Este fato sugere que a fertilidade não foi alterada, demonstrando que os RCIs não afetaram a eficiência do machos em fecundar os óvulos.

Palavras-chave: Azadiractina; Fecundidade; Lufenurom; Metoxifenoza; Piriproxifem; Reprodução de inseto

Abstract

Potato crops, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), suffer appreciable losses due to damages caused by the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). It is known that hormones play essential functions on growth regulation, morphogenesis and embryogenesis in insects and other arthropods. Therefore, analogous compounds, such as some insect growth regulator insecticides (IGRs) may cause physiological alterations in pests, thus reducing damages to agricultural crops. Carbohydrate exert feeding attraction on the insects and may become an alternative for growth regulator applications. Thus, this study evaluated IGR intake by adults of *P. operculella* when offered in a solution containing carbohydrates. The effects over the reproductive parameters of this species were tested. To this purpose, four compounds with different active principles were evaluated: azadirachtin, lufenuron, metoxiphenozide and pyriproxifen. These compounds were offered separately and in concentrations of 5, 10 and 20 ppm to 25 virgin couples, 24 hours after emergence, via a 10% honey solution. During ten days after mating, the following reproductive parameters were assessed: oviposition rate, fertility, egg viability and embryonary period. The results indicated that

the 5 ppm of azadirachtin or lufenuron, and pyriproxyfen at 20 ppm, affected the species fertility by reducing the average number of eggs laid. Nevertheless, there were no significant differences among treatments, neither on egg viability, nor on the embryonic period of this species. This fact suggests that fertility was not affected, thus demonstrating that male efficiency to fecundate the ovules is not altered.

Keywords: Azadirachtin; Fecundity; Insect reproduction; Lufenuron; Methoxyfenozide; Pyriproxyfen

4.1 Introdução

Os tubérculos da batata, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), são importantes fontes alimentares em todo o mundo. Entretanto, devido aos danos causados por pragas, parte da produção agrícola é perdida, sendo a traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), uma das principais pragas que atacam a cultura no campo ou no armazém. As lagartas podem provocar danos às folhas, aos ramos e aos tubérculos (FILGUEIRA, 2003a, b; VICENTE; CENZANO; VICENTE, 1996).

A utilização de compostos químicos no combate a insetos está sendo realizada há muitos séculos. Constatam-se em registros, que os Sumérios utilizaram compostos sulfúricos contra insetos, antes mesmo do ano 2.500 AC (DETHIER, 1976). Em 1997, os inseticidas neurotóxicos convencionais ocupavam 93,7% do mercado mundial de inseticidas e os inseticidas não-convencionais, que normalmente apresentam menor toxicidade aos organismos não-alvo, apenas 6,6% daquele mercado. No entanto, nos últimos anos, se tornou constante a procura por inseticidas com novos mecanismos de ação nos insetos, o que tem levado à descoberta de moléculas que atuam na metamorfose, respiração celular, musculatura ou reprodução. Estas pesquisas têm a finalidade de possibilitar a diminuição dos problemas decorrentes do desequilíbrio populacional dos insetos em plantas cultivadas, manejar a resistência cruzada e propiciar maior preservação ambiental (ALVES FILHO, 2002; ISHAAYA, 2005; MALINOWSKI, 2003; RETNAKARAN; GRANETT; ENNIS, 1985). Dentre os diversos grupos de inseticidas, os reguladores de crescimento de insetos (RCIs) possuem vantagens ecotoxicológicas sobre os demais (PERRY et al., 1998).

Os reguladores das diversas atividades fisiológicas são compostos químicos endógenos denominados hormônios dos insetos. A ativação destes hormônios está intimamente ligada aos fatores genéticos e ao estado nutricional. Um dos mais importantes é o hormônio juvenil (HJ), um

hormônio específico de insetos e de outros artrópodes (CHAPMAN, 1998; NIJHOUT, 1994). Devido às boas características da sua molécula, como a baixa toxicidade aos organismos não-alvo do controle químico, os pesquisadores têm se empenhado na descoberta de moléculas que tenham ação semelhante ao HJ, para serem utilizadas como inseticidas (MINAKUCHI; RIDDIFORD, 2006; SORGE et al., 2000; WILLIAMS, 1976). Neste sentido, alguns métodos de controle de pragas utilizam compostos químicos, cujas moléculas podem ser análogas, miméticas ou com ação semelhante aos hormônios. Estes compostos são biologicamente ativos e são utilizados principalmente como inseticidas seletivos durante a fase imatura. Isto porque nesta fase, tais compostos atuam nos insetos como reguladores de crescimento, sendo inibidores da síntese de quitina, agonistas de ecdisteroides ou juvenoides (DHADIALLA; CARLSON; LE, 1998; NATION, 2002; RETNAKARAN; GRANETT; ENNIS, 1985).

Os inseticidas inibidores da síntese de quitina são, principalmente, as benzoilfenilureias; os agonistas de ecdisteroides são, principalmente, as diacilhidrazinas que provocam aceleração no processo de ecdise e os juvenoides que mantêm o inseto na fase larval modificando a sua programação metamórfica e impedindo, que após o último ínstar, um lepidóptero passe à fase de pupa (DHADIALLA; CARLSON; LE, 1998; MAAS et al., 1981; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005). Os efeitos na reprodução ocorrem uma vez que há mudas na embriogênese, havendo necessidade da síntese de cutícula antes da postura. Na presença destes análogos os ovários podem se degenerar (RETNAKARAN; GRANETT; ENNIS, 1985).

Dentre os compostos químicos que pertencem ao grupo dos RCIs estão a azadiractina, o lufenurom, a metoxifenoazida e o piriproxi-fem. A azadiractina, um composto botânico extraído da planta nim, *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae), provavelmente causa efeito por competição com ecdisteroides, junto ao seu sítio receptor (ADEL; SEHNAL, 2000; DEV; KOUL, 1997; SHARMA, 1992). Além disto, altera a concentração de ecdisona na hemolinfa, afetando a síntese hormonal e consequentemente a reprodução e, em lepidópteros, também atua como supressora da atividade alimentar (MENEZES, 2005; MORDUE (LUNTZ); NISBET, 2000). O lufenurom, do grupo químico das benzoilfenilureias, além dos efeitos sobre a metamorfose, por meio da alteração da síntese de quitina na cutícula, pode atuar sobre a fecundidade, se aplicados em baixas concentrações durante o estágio larval, aumentando a porcentagem de insetos estéreis (COHEN, 2001; LYRA; FERRAZ; SILVA, 1998; SÁENZ-DE-CABEZÓN et al., 2006). A metoxifenoazida, do grupo químico das diacilhidrazinas, pode alterar a fecundidade e a fertilidade, diminuindo o

chamamento e a atração sexual, sendo seletivo para lepidópteros e com baixa toxicidade para outros organismos (CARLSON et al., 2001; HOELSCHER; BARRETT, 2003a, b; SUN; BARRETT, 1999; SUN; BARRETT; BIDDINGER, 2000). Já o piriproxifem, um mímico sintético análogo ao hormônio juvenil, além de interferir durante a metamorfose, pode induzir esterilidade nas fêmeas e bloquear a embriogênese (EDWARDS; BRAUN; WYATT, 1993).

Neste sentido, diversos trabalhos que buscam aprimorar o manejo integrado de pragas têm sido desenvolvidos (WIMMER et al., 2006). Os autores Irigaray, Marco e Zalom (2005) propuseram a utilização do RCI, metoxifenoazida, associado ao alimento das larvas para a redução da taxa reprodutiva de *Lobesia botrana* (Denis e Schiffermüller) (Tortricidae). Para a broca-do-tabaco, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Noctuidae), os efeitos reprodutivos foram avaliados por Hatakoshi (1992), cuja aplicação tópica de piriproxifem, resultou em redução no número de ovos depositados e em deformações dos óvulos presentes nos ovários. Resultados com diferenças significativas quanto aos parâmetros reprodutivos resultantes da aplicação de metoxifenoazida e tebufenoazida, foram apresentados por Sun, Barrett e Biddinger (2000).

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a ação de quatro compostos reguladores de crescimento na biologia reprodutiva de *P. operculella*, aplicados via ingestão de solução de mel a 10%, nas concentrações de 5, 10 e 20 ppm.

4.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Defensivos Agrícolas do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, da Universidade de São Paulo (USP) com a espécie *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Durante a realização dos experimentos o ambiente consistiu de uma sala climatizada à temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $65 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

4.2.1 Criação dos insetos

Os insetos utilizados nas avaliações foram obtidos e criados em batatas, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae). No laboratório, seguindo-se os métodos propostos por Pratissoli et al. (2003) foram obtidos ovos, larvas, pupas e adultos necessários aos experimentos.

Para os experimentos foram utilizados insetos adultos e virgens. As pupas foram peneiradas e isoladas individualmente em pequenos tubos de ensaio com tamanho de 10 mm de diâmetro e 75 mm de altura, cobertos com filme plástico de PVC transparente. Concluído o período de 24 horas após a emergência, os adultos foram sexados de acordo com o dimorfismo sexual presente na extremidade do abdome.

4.2.2 Ação de reguladores de crescimento de insetos sobre a capacidade reprodutiva

Após a confirmação da ingestão de carboidratos por adultos de *P. operculella* e baseando-se na ingestão alimentar de lepidópteros, descrita pelos autores Parra et al. (1999); Romeis e Wäckers (2000, 2002), avaliou-se as alterações na capacidade reprodutiva de *P. operculella* provocadas pelos RCIs. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e 25 repetições.

Os tratamentos consistiram em oferecer aos insetos quatro reguladores de crescimento (RCIs): azadiractina (T1), lufenurom (T2), metoxifenoazida (T3) e piriproxifem (T4). Cada composto foi oferecido aos insetos nas concentrações de 5, 10 e 20 ppm, via ingestão de uma solução de mel a 10%, contendo o anticontaminante metil p-hidroxibenzoato a 0,03%. No tratamento testemunha (T5) foi oferecido aos insetos apenas a solução de mel a 10%, contendo o anticontaminante a 0,03% (Tabela 3).

Tabela 3 – Tratamentos constituídos pelos compostos diluídos em solução aquosa de mel a 10%. T₁: azadiractina, T₂: lufenurom, T₃: metoxifenoza, T₄: piriproxim e T₅: testemunha. Avaliações realizadas concomitantemente para cada concentração, porém, cada concentração em uma época distinta (25±2°C, UR 65±10% e fotofase 14 horas)

Tratamento	Concentração		
	C ₁	C ₂	C ₃
T ₁	T _{1,5} : azadiractina, 5 ppm	T _{1,10} : azadiractina, 10 ppm	T _{1,20} : azadiractina, 20 ppm
T ₂	T _{2,5} : lufenurom, 5 ppm	T _{2,10} : lufenurom, 10 ppm	T _{2,20} : lufenurom, 20 ppm
T ₃	T _{3,5} : metoxifenoza, 5 ppm	T _{3,10} : metoxifenoza, 10 ppm	T _{3,20} : metoxifenoza, 20 ppm
T ₄	T _{4,5} : piriproxim, 5 ppm	T _{4,10} : piriproxim, 10 ppm	T _{4,20} : piriproxim, 20 ppm
T ₅	T _{5,5} : testemunha	T _{5,10} : testemunha	T _{5,20} : testemunha

Cada repetição foi constituída por um casal de *P. operculella* - um adulto fêmea e outro macho, virgens, com 24 horas após a emergência - colocados dentro de um recipiente de criação, construído com um copo plástico semitransparente de 500 mL. Na parte superior do copo foi colocada uma tampa, com uma tela circular de tecido de filó, coberta por um disco de papel-filtro onde as posturas e as avaliações foram realizadas diariamente. Acima do papel-filtro foi mantida uma rodela de batata, substituída a cada dois dias, que serviu como estimulante de oviposição. Na parte inferior do copo, foi acoplado um recipiente de plástico rígido, transparente, com diâmetro de 25 mm e altura de 35 mm. Baseando-se na forma de oferecimento alimentar descrita pelo trabalho de Grützmacher et al. (2005), dentro deste recipiente foi oferecida a alimentação aos insetos, por capilaridade via rolete dental, constituída de 13,0 ± 1,0 mL da solução de mel a 10%, contendo o anticontaminante metil p-hidroxibenzoato a 0,03% e as diferentes concentrações dos RCIs.

Os produtos utilizados foram adquiridos de embalagens comerciais lacradas em sua origem e abertos no momento dos bioensaios. Os inseticidas foram selecionados de maneira que se dispusesse de distintos mecanismos de ação. O Nim 1% CE foi obtido de uma extratora e trata-se de um óleo emulsionável contendo 10.000 ppm do ingrediente ativo, azadiractina. Os outros três produtos comerciais foram obtidos com as próprias empresas fabricantes ou distribuidoras dos produtos no Brasil (Tabela 4).

Tabela 4 – Nomenclatura técnica e comercial, grupo químico e principal mecanismo de ação dos compostos químicos que foram utilizados para a avaliação do efeito de reguladores de crescimento na reprodução de *Phthorimaea operculella*, segundo Cohen (2001); Edwards, Braun e Wyatt (1993); Mordue (Luntz) e Nisbet (2000); Sáenz-de-Cabezón et al. (2006); Sharma (1992); Retnakaran, Granett e Ennis (1985)

Nomenclatura		Grupo químico	Mecanismo de ação
Técnica	Comercial		
azadiractina	Nim 1% CE	Complexo tetranortriterpenoide limonoide	Fagodeterrente e hormonal. Efeito de competição com ecdisteroides
lufenurom	Match CE [®]	Benzoilfenilureia	Inibidor de síntese de quitina
metoxifenoizida	Intrepid 240 SC [®]	Diacilhidrazina	Agonista de ecdisteroides
piriproxifem	Cordial 100 CE [®]	Éter piridiloxipropílico	Juvenoide, agonista do hormônio juvenil, mímico HJ

A Figura 7 apresenta as estruturas químicas das moléculas que constituem os inseticidas reguladores de crescimento: azadiractina (A), lufenurom (B), metoxifenoizida (C) e piriproxifem (D) foram elaboradas utilizando-se o editor gráfico de moléculas bidimensionais ChemDraw versão 9.0 (CAMBRIDGE SOFT CORPORATION, 2005).

Figura 7 - Estruturas químicas das moléculas dos reguladores de crescimento de insetos.

A – azadiractina, B – lufenurom, C – metoxifenoizida e D – piriproxifem

As diluições dos inseticidas comerciais foram realizadas de acordo com a concentração de cada ingrediente ativo presente no produto disponível, de maneira a se obter as concentrações desejadas para cada tratamento em miligramas por litro de solução, convertendo-se as unidades das proporções volumétricas a partes por milhão (ppm). O volume da solução aquosa de mel a 10%, contendo o anticontaminante metil p-hidroxibenzoato a 0,03%, foi adicionado a um frasco Erlenmeyer de vidro, graduado com capacidade de 125 mL. Em seguida as amostras foram tomadas empregando-se dois micropipetadores da marca Labsystems, um graduado de 0,5 a 10 μ L e outro de 20 a 200 μ L com ponteira plástica descartável, adicionando-se a quantidade calculada do inseticida comercial e misturando-o com agitador mecânico até a completa homogeneização.

As análises foram primeiramente realizadas para verificação dos efeitos de cada ingrediente ativo sobre a capacidade reprodutiva de *P. opercullela* e a interação entre eles. Posteriormente, foram avaliadas as concentrações mais efetivas de cada ingrediente ativo.

4.2.3 Avaliações

Durante 10 dias após o acasalamento, foram contadas diariamente as posturas depositadas nos discos de papéis-filtros que cobriam as tampas dos copos plásticos. Com estas contagens realizou-se análises dos seguintes parâmetros reprodutivos: ritmo de postura das fêmeas, fecundidade ou número de ovos depositados por fêmea, viabilidade e duração do período embrionário.

Para análise do ritmo de postura foram construídas duas curvas: uma com base no número médio de ovos diariamente depositados por fêmea e outra com base no número médio de ovos acumulados ao longo de cada dia. A fecundidade foi obtida por meio da média do número total de ovos depositados ao longo do ciclo de vida das fêmeas avaliadas. A viabilidade dos ovos foi obtida pelo percentual médio de larvas eclodidas em cada tratamento e a duração do período embrionário pelo número de dias necessários desde a postura até a eclosão das lagartas. Para apresentação dos resultados do número médio de ovos, viabilidade média dos ovos e duração média do período embrionário adotou-se os diagramas do tipo “boxplot”, para isto foi utilizado o Software R (THE R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING, 2008) e gráficos construídos com as planilhas eletrônicas em Excel do pacote MS Office – versão 2003.

4.2.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram elaboradas por Grupos de Experimentos de acordo com Banzatto e Kronka (1992); Oliveira e Nogueira (2007); Pimentel-Gomes (2000). Para a comparação entre as médias aplicou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. O software utilizado foi o “Statistical Analysis System” 9.1 (SAS INSTITUTE, 2006).

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Ritmo de postura

Segundo a Figura 8, nas concentrações 5 e 10 ppm foram observados para todos os tratamentos, maiores quantidades de ovos depositados logo no início do período de postura, entre o segundo e terceiro dias, declinando de forma gradual até o décimo dia, o que está de acordo com as observações feitas por Pratissoli et al. (2003) para *P. operculella*. No entanto, no experimento realizado com a concentração de 20 ppm para os RCIs, exceção feita para azadiractina (T1), os casais tiveram um ritmo de postura diferente, não apresentando o declínio gradual na deposição de ovos ao longo dos dias, e sim, oscilações, com picos menores de deposição de ovos até o décimo dia. Nesta concentração, as oscilações foram maiores para os casais que receberam somente a solução de mel a 10% (T5) e aqueles que receberam a solução contendo piriproxifem (T4) e não ocorreram para os casais que receberam a solução contendo azadiractina (T1).

Figura 8 - Ritmos de postura diários e acúmulo médio de ovos ao longo de 10 dias, em *Phthorimaea operculella*, quando os casais foram submetidos à ingestão dos tratamentos T₁: azadiractina, T₂: lufenurom, T₃: metoxifenoazida, T₄: piriproxi-fem e T₅: testemunha, nas concentrações de 5, 10 e 20 ppm, respectivamente (25±2°C, UR 65±10% e fotofase 14 horas)

4.3.2 Fecundidade

Os compostos azadiractina (T1) e lufenurom (T2) foram os RCIs que apresentaram os melhores resultados na redução da fecundidade de *P. operculella*. No entanto, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, somente à concentração de 5 ppm estes dois tratamentos apresentaram valores menores que os demais. À concentração de 10 ppm não houve diferença significativa entre os tratamentos e à concentração de 20 ppm, a maior redução da fecundidade ocorreu para os casais que ingeriram a solução contendo piriproxifem (T4), embora o valor apresentado por este RCI não tenha sido significativamente menor que os tratamentos com azadiractina e lufenurom a 5 ppm, mas numericamente menor (Tabela 5).

Tabela 5 – Número de ovos (média $\pm$ EP) de *Phthorimaea operculella* quando submetidos aos tratamentos T₁: azadiractina, T₂: lufenurom, T₃: metoxifenoazida, T₄: piriproxifem e T₅: testemunha, às concentrações C₁: 5 ppm, C₂: 10 ppm e C₃: 20 ppm com 25 repetições (25 $\pm$ 2°C, UR 65 $\pm$ 10% e fotofase 14 horas)

Tratamento	C ₁ : 5 ppm	C ₂ : 10 ppm	C ₃ : 20 ppm
T ₁ : azadiractina	37,2 $\pm$ 8,77 ab	21,3 $\pm$ 5,75 ab	21,0 $\pm$ 5,20 ab
T ₂ : lufenurom	40,4 $\pm$ 8,80 ab	17,3 $\pm$ 5,05 ab	24,6 $\pm$ 9,65 ab
T ₃ : metoxifenoazida	64,8 $\pm$ 9,50 cd	28,7 $\pm$ 8,73 ab	57,1 $\pm$ 11,44 c
T ₄ : piriproxifem	85,4 $\pm$ 13,39 c	26,7 $\pm$ 6,71 ab	14,0 $\pm$ 5,62 b
T ₅ : testemunha	65,0 $\pm$ 7,26 cd	33,2 $\pm$ 6,16 ab	49,9 $\pm$ 9,32 a c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Somente para piriproxifem o aumento na concentração teve efeito na efetividade do RCI em reduzir a fecundidade em fêmeas de *P. operculella* (Figura 9). Aumentando-se a concentração de 5 para 10 ppm, possivelmente não houve aumento na efetividade de todos os tratamentos, pois com a concentração de 10 ppm os tratamentos não diferiram entre si.

Supõe-se que a diferença entre as testemunhas (T5), para cada concentração, se deva às variações interpopulacionais. No caso da concentração de 10 ppm, não houve diferença entre os tratamentos o que pode ter ocorrido devido à baixa fecundidade da população, sendo que para este caso não houve efeito dos RCIs na fecundidade desta população, pressupõe-se que em condições de baixa postura não hajam efeitos, do contrário reduziria ainda mais o número de ovos.

Sendo a testemunha com uma média de até 65 ovos por fêmea e após a ingestão de piriproxifem houve uma média de 14 ovos por fêmea, o que significa 22% da capacidade de postura em relação ao máximo obtido sem a ingestão de algum RCI, podendo-se também dizer que houve uma redução de 78% na capacidade de postura (Tabela 5 e Figura 9).

Figura 9 - Números médios de ovos de *Phthorimaea operculella* entre os casais que foram submetidos aos tratamentos T₁: azadiractina, T₂: lufenuron, T₃: metoxifenoazida, T₄: piriproxifem e T₅: testemunha nas concentrações 5, 10 e 20 ppm com 25 repetições (25±2°C, UR 65±10% e fotofase 14 horas)

A Figura 10 representa a distribuição dos dados referentes ao número de ovos por fêmea de *P. operculella* em diagramas do tipo “boxplot”. Pelos diagramas, na concentração de 5 ppm as colunas, no geral, são mais compridas do que na concentração de 10 ppm, o que demonstra a maior dispersão dos dados no primeiro caso. Para a concentração de 20 ppm, houve diferença na dispersão dos dados entre os tratamentos, sendo que os tratamentos azadiractina (T₁), lufenuron (T₂) e piriproxifem (T₄) a dispersão é menor que os outros tratamentos.

Figura 10 - Distribuição do número de ovos por fêmea de *Phthorimaea operculella*, quando os casais foram submetidos à ingestão dos tratamentos T₁: azadiractina, T₂: lufenurom, T₃: metoxifenoza, T₄: piriproxi-fem e T₅: testemunha, nas concentrações de 5, 10 e 20 ppm, respectivamente (25±2°C, UR 65±10% e fotofase 14 horas)

4.3.3 Viabilidade dos ovos

Quanto à viabilidade dos ovos de *P. operculella*, a testemunha apresentou o maior valor (79,2%) e os tratamentos contendo lufeniurom (T2) e piriproxifem (T4) apresentaram os menores valores (59,5% e 59,6%, respectivamente). No entanto, de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5%, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6). Ao estudar fêmeas de mosca-branca expostas à concentração média de 0,1 ppm de piriproxifem, Ishaaya, Cock e Degheele (1994) registraram redução da viabilidade dos ovos para a espécie e atribuíram o fato à presença de atividade transovariana, ocasionando perda de embriões.

Tabela 6 – Porcentagem de viabilidade dos ovos de *Phthorimaea operculella* (média $\pm$ EP) quando submetidos aos tratamentos T₁: azadiractina, T₂: lufeniurom, T₃: metoxifenoazida, T₄: piriproxifem e T₅: testemunha. Independente das concentrações utilizadas (25 $\pm$ 2°C, UR 65 $\pm$ 10% e fotofase 14 horas)

Tratamento	Viabilidade (%)
T ₁ : azadiractina	68,7 $\pm$ 3,78 a (55)
T ₂ : lufeniurom	59,5 $\pm$ 4,51 a (47)
T ₃ : metoxifenoazida	65,0 $\pm$ 3,79 a (60)
T ₄ : piriproxifem	59,6 $\pm$ 4,33 a (58)
T ₅ : testemunha	79,2 $\pm$ 1,88 a (61)

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Os valores entre parênteses se referem ao tamanho da amostra.

Os números de ovos inférteis produzidos pelas fêmeas submetidas a todos os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. A fertilização dos óvulos ocorreu de maneira semelhante qualquer que tenha sido a solução ingerida. Devido à semelhança dos valores de viabilidade dos ovos entre os tratamentos, sugere-se que as fêmeas não diferiram quanto a sua fertilidade, demonstrando que a ingestão dos compostos azadiractina, lufeniurom, metoxifenoazida e piriproxifem pelos machos não afetou a sua capacidade em fecundar os óvulos, portanto as larvas não foram afetadas em relação à eclosão (Tabela 6).

4.3.4 Período embrionário

Com relação à duração média do período embrionário de *P. operculella*, também não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey, ao nível de 5%. Sendo registrado, em média, um período embrionário de cinco a seis dias para a espécie (Tabela 7).

Tabela 7 – Duração média do período embrionário (dias $\pm$ EP) de *Phthorimaea operculella* quando submetidos aos tratamentos T₁: azadiractina, T₂: lufenurom, T₃: metoxifenoazida, T₄: piriproxifem e T₅: testemunha, às concentrações de C₁: 5 ppm, C₂: 10 ppm e C₃: 20 ppm com 25 repetições (25 $\pm$ 2°C, UR 65 $\pm$ 10% e fotofase 14 horas)

Tratamento	C ₁ : 5 ppm	C ₂ : 10 ppm	C ₃ : 20 ppm
T ₁ : azadiractina	5,9 $\pm$ 0,10ab (18)	5,7 $\pm$ 0,19 b (17)	6,6 $\pm$ 0,14a (15)
T ₂ : lufenurom	5,8 $\pm$ 0,12ab (15)	5,0 $\pm$ 0,31 b (16)	6,4 $\pm$ 0,08a (10)
T ₃ : metoxifenoazida	4,7 $\pm$ 0,12 b (20)	4,3 $\pm$ 0,16 b (15)	6,1 $\pm$ 0,06a (19)
T ₄ : piriproxifem	4,7 $\pm$ 0,08 b (17)	4,9 $\pm$ 0,11 b (18)	6,2 $\pm$ 0,08a (14)
T ₅ : testemunha	5,8 $\pm$ 0,09ab (22)	5,4 $\pm$ 0,21 b (19)	6,1 $\pm$ 0,09a (21)

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Os valores entre parênteses se referem ao tamanho da amostra.

Além dos efeitos reprodutivos, conforme afirmaram Mordue (Luntz) e Blackwell (1993) o composto limonoide azadiractina pode atuar como supressor da atividade alimentar. Uma vez que a nutrição está diretamente relacionada à regulação dos hormônios, este pode ser um efeito adicional para a redução na fecundidade de *P. operculella* observada. Isto já que, conforme foi avaliado, a alimentação dos adultos afetou a quantidade de ovos depositados.

No presente trabalho, o lufenuron causou redução na fecundidade de *P. operculella*, mas seus efeitos na viabilidade dos ovos não foram notados. Quando realizado aplicação tópica nos ovos de *P. operculella* os autores Edomwande et al. (2000) notaram redução da eclosão das larvas consequentemente menores danos nos tubérculos. Isto sugere que os efeitos do composto lufenuron são dependentes do estágio de desenvolvimento em que se encontra o inseto. Os autores Soltani e Soltani-Mazouni (1992) verificaram que em *C. pomonella* a reprodução foi afetada devido ao efeito no crescimento e desenvolvimento dos óvulos, revelados por exames histológicos.

O composto metoxifenoazida apresentou valores sempre próximos à testemunha, não apresentando efeitos significativos sobre os parâmetros reprodutivos observados. Apesar deste composto ser seletivo para lepidópteros, sua ação está relacionada à habilidade de resposta ao chamamento e atração sexual (HAN; GATEHOUSE, 1991; HOELSCHER; BARRETT, 2003a, b; SUN; BARRETT, 1999; SUN; BARRETT; BIDDINGER, 2000), o que pode não ter tido importância no experimento devido ao confinamento dos insetos. No entanto, Sun, Song e Barrett (2003) afirmaram que metoxifenoazida causa acúmulo de vitelogenina na hemolinfa de mariposas, resultando em inibição significativa da fecundidade, sendo o fato atribuído a modificações proteicas nos ovários.

O piriproxifem é um mímico sintético, análogo ao hormônio juvenil, que tem forte ação como indutor na síntese de vitelogenina. Na literatura disponível sobre o composto há afirmações de que este mímico do HJ pode induzir esterilidade nas fêmeas e bloquear a embriogênese. As determinações do hormônio juvenil apresentaram picos em que se seguiram reduções da fecundidade (VENNARD et al., 1998).

4.4 Conclusões

Os reguladores de crescimento de insetos azadiractina e lufenurom à concentração de 5 ppm e piriproxifem à concentração de 20 ppm, têm efeito sobre o ritmo de postura e fecundidade de *P. operculella*. Estes RCIs causaram diminuição no número médio de ovos depositados pelas fêmeas, mas não afetaram a viabilidade dos mesmos e nem o período embrionário para a espécie.

Referências

ADEL, M.M.; SEHNAL, F. Azadirachtin potentiates the action of ecdysteroid agonist RH-2485 in *Spodoptera littoralis*. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 46, n. 3, p. 267-274, 2000.

ALVES FILHO, J.P. **Uso de agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos**. São Paulo: Annablume, 2002. 188 p.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. Análise de grupos de experimentos. In: _____. **Experimentação agrícola**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. cap. 8, p. 213-236.

CAMBRIDGE SOFT CORPORATION. **ChemDraw 9.0, Chemical Structure Drawing Standard 2005**. Cambridge, 2005. 1 CD-ROM.

CARLSON, G.R.; DHADIALLA, T.S.; HUNTER, R.; JANSSON, R.K.; JANY, C.S.; LIDERT, Z.; SLAWECKI, R.A. The chemical and biological properties of methoxyfenozide, a new insecticidal ecdysteroid agonist. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 57, n. 2, p. 115-119, Feb. 2001.

CHAPMAN, R.F. **The insects: structure and function**. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 770 p.

COHEN, E. Chitin synthesis and inhibition: a revisit. **Pest Management Science**, London, v. 57, n. 10, p. 946-950, 2001.

DETHIER, V.G. **Man's plague?** Insects and agriculture. Princeton: Darwin Press, 1976. 237 p.

DEV, S.; KOUL O. **Insecticides of natural origin**. Amsterdam: Hardwood Academic, 1997. 365 p.

DHADIALLA, T.S.; CARLSON, G.R.; LE, D.P. New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 43, p. 545-569, 1998.

EDOMWANDE, E.O.; SCHOEMAN A.S.; BRITS J.A.; VAN DER MERWE, M. Laboratory evaluation of lufenuron on immature stages of potato tuber moth (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 93, n. 6, p. 1741-1743, Dec. 2000.

EDWARDS, G.C.; BRAUN, R.P.; WYATT, G.R. Induction of vitellogenin synthesis in *Locusta migratoria* by the juvenile hormone analog, pyriproxyfen. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 39, n. 7, p. 609-614, 1993.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2003a. 412 p.

_____. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: Editora UFLA, 2003b. 333 p.

GRÜTZMACHER, A.D.; BUSATO, G.R.; ZOTTI, M.J.; MARTINS, J.F.S. Efeito do inseticida Cartap BR 500 e de diferentes atrativos alimentares sobre adultos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. Santa Maria: UFSM, 2005. v. 2, p. 137-139.

HAN, E.N.; GATEHOUSE, A.G. The effect of adult feeding on female pre-calling period and ovarian development in a migratory moth, the oriental armyworm *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 81, p. 395-400, 1991.

HATAKOSHI, M. An inhibitory mechanism over oviposition in the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* by juvenile hormone analogue pyriproxyfen. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 38, n. 10, p. 793-801, 1992.

- HOELSCHER, J.A.; BARRETT, B.A. Effects of methoxyfenozide treated surfaces on the attractiveness and responsiveness of adult codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 96, n. 3, p. 623-628, 2003a.
- _____. Effects of methoxyfenozide treated surfaces on the attractiveness and responsiveness of adult leafrollers. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 107, n. 2, p. 133-140, 2003b.
- IRIGARAY, F.J.S.C.; MARCO, V.; ZALOM, F.G. Effects of methoxyfenozide on *Lobesia botrana* Den & Schiff (Lepidoptera: Tortricidae) egg, larval and adult stages. **Pest Management Science**, London, v. 61, n. 11, p. 1133-1137, 2005.
- ISHAAYA, I. Introduction - novel insecticides: modes of action and resistance mechanism. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, New York, v. 58, n. 4, p. 191, 2005.
- ISHAAYA, I.; COCK, A.; DEGHEELE, D. Pyriproxyfen, a potent suppressor of egg hatch and adult formation of the greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 87, n. 5, p. 1185-1189, 1994.
- LYRA, J.R.M.; FERRAZ, J.M.G.; SILVA, A.P.P. Ação de inibidores de la síntesis de la quitina en la reproducción de *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 569-576, dez. 1998.
- MAAS, W.; VAN HES, R.; GROSSCURT, A.C.; DEUL, D.H. Benzoylphenyl urea insecticides. In: WEGLER, R. (Ed.). **Chemie der pflanzenschutz und schädlingsbekämpfungsmittel**. Berlin; Heidelberg: Springer, 1981. v. 6, p. 423-470.
- MALINOWSKI, H. Mechanisms of action of insecticides on target tissue of insects. **Sylwan**, Warszawa, v. 147, n. 4, p. 38-51, 2003.
- MENEZES, E.L.A. **Inseticidas botânicos**: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58 p.
- MINAKUCHI, C.; RIDDIFORD, L.M. Insect juvenile hormone action as a potential target of pest management. **Journal of Pesticide Science**, Kyoto, v. 31, p. 77-84, 2006.
- MORDUE (LUNTZ), A.J.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: an update. **Journal of Insect Physiology**, London, v. 39, n. 11, p. 903-924, 1993.
- MORDUE (LUNTZ), A.J.; NISBET, A.J. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 615-632, dez. 2000.
- NATION, J.L. **Insect physiology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 2002. 485 p.

- NIJHOUT, H.F. **Insect hormones**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 267 p.
- OLIVEIRA, W.A.; NOGUEIRA, M.C.S. Aplicação do resíduo específico na análise de grupos de experimentos. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 737-744, 2007.
- PARRA, J.R.P.; MILANO, P.; CÔNSOLI, F.L.; ZÉRIO, N.G.; HADDAD, M.L. Efeito da nutrição de adultos e da umidade na fecundidade de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 49-57, 1999.
- PERRY, A.S.; YAMAMOTO, I.; ISHAAYA, I.; PERRY, R.Y. **Insecticides in agriculture and environment: retrospects and prospects**. Berlin: Springer, 1998. 261 p.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: O Autor, 2000. 477 p.
- PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N.; PEREIRA, F.F. Aspectos biológicos da traça-da-batatinha *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1153-1155, nov./dez. 2003.
- THE R PROJECT FOR STATISTICAL COMPUTING. **2008. R version 2.8.1**. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 23 jan. 2009.
- RETNAKARAN, A.; GRANETT, J.; ENNIS, T. Insect growth regulators. In: KERKUT, G.A.; GILBERT, L.I. (Ed.). **Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology**. New York: Pergamon Press, 1985. v. 12, chap. 15, p. 529-601.
- ROMEIS, J.; WÄCKERS, F.L. Feeding responses by female *Pieris brassicae* butterflies to carbohydrates and amino acids. **Physiological Entomology**, London, v. 25, p. 247-253, 2000.
- _____. Nutritional suitability of individual carbohydrates and amino acids for adult *Pieris brassicae*. **Physiological Entomology**, London, v. 27, p. 148-156, 2002.
- SÁENZ-DE-CABEZÓN, F.J.; PÉREZ-MORENO, I.; ZALOM, F.G.; MARCO, V. Effects of lufenuron on *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) egg, larval, and adult stages. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 99, n. 2, p. 427-431, 2006.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT™**: user's guide, release. 9.1 ed. Cary, 2006.
- SHARMA, G.K. Growth-inhibiting activity of azadirachtin on *Corcyra cephalonica*. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 20, n. 1, p. 47-50, 1992.
- SOLTANI N.; SOLTANI-MAZOUNI N. Diflubenzuron and oogenesis in the codling moth *Cydia pomonella* (L). **Pesticide Science**, London, v. 34, n. 3, p. 257-261, 1992.

SORGE, D.; NAUEN, R.; RANGE, S.; HOFFMANN, K. Regulation of vitellogenesis in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Physiology**, London, v. 46, p. 969-976, 2000.

SUN, X.; BARRETT, B.A. Fecundity and fertility changes in adult codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) exposed to surfaces treated with tebufenozide and methoxyfenozide. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 92, n. 5, p.1039-1044, 1999.

SUN, X.; BARRETT, B.A.; BIDDINGER, D.J. Fecundity and fertility reductions in adult leafrollers exposed to surfaces treated with the ecdysteroid agonists tebufenozide and methoxyfenozide. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 94, p. 75-83, 2000.

SUN, X.; SONG, Q.; BARRETT, B. Effects of ecdysone agonists on the expression of EcR, USP and other specific proteins in the ovaries of the codling moth (*Cydia pomonella* L.). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 33, n. 8, p. 829-840, 2003.

TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N.F. **Borror and DeLong's introduction to the study of insects**. Belmont: Thomson Brooks/Cole, 2005. 864 p.

VENNARD, C.; NGUAMA, B.; DILLON, R.J.; OOUCHI, H.; CHARNLEY, A.K. Effects of the juvenile hormone mimic pyriproxyfen on egg development, embryogenesis, larval development, and metamorphosis in the desert locust *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 91, n. 1, p. 41-49, 1998.

VICENTE, A.M.; CENZANO, I.; VICENTE, J.M. A batata e seus produtos derivados. In: _____. **Manual de indústrias dos alimentos**. Tradução de J.A. Ceschin. São Paulo: Livraria Varela, 1996. cap. 16, p. 497-503.

WILLIAMS, C.M. Juvenile hormones, in retrospect and prospect. In: GILBERT, L.I. (Ed.). **The juvenile hormones**. New York: Plenum Press, 1976. p. 1-14.

WIMMER, Z.; KULDOVÁ, J.; HRDÝ, I.; BENNETTOVÁ, B. Can juvenogens, biochemically targeted hormonogen compounds, assist in environmentally safe insect pest management? **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 36, p. 442-453. 2006.

5 PERSPECTIVAS PARA APLICAÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO DE INSETOS NO MANEJO INTEGRADO DA TRAÇA-DA-BATATINHA, *Phthorimaea operculella* (ZELLER) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

Resumo

O Manejo Integrado de Pragas envolve a utilização de técnicas de supressão populacional para manter os insetos ao nível populacional sem dano econômico e de maneira harmoniosa com o meio ambiente. Ao longo de toda a pesquisa apresentada, foram realizadas avaliações tendo como alvo a traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), praga-chave da cultura da batata, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae). Comprovou-se a ingestão de carboidratos em ambientes confinados de pequenas dimensões (0,0018 e 0,054 m³) e o efeito de reguladores de crescimento de insetos em sua reprodução. No entanto, para que as técnicas sejam utilizadas em programas de manejo integrado da praga foi necessário testar a ingestão de carboidratos em ambiente mais próximo da realidade do campo. Assim, foi objetivo deste trabalho verificar a ingestão de carboidratos por *P. operculella* em ambiente semiaberto com a presença de plantas de batata. Para comprovação da ingestão do alimento, 40 indivíduos fêmeas e 40 indivíduos machos, virgens, com 24 horas após a emergência, foram liberados dentro de um telado de formato irregular, com dimensões de 2,0 x 2,0 x 2,10 m + 0,6 x 0,95 x 2,10 m e volume de 9,6 m³. Neste ambiente foram colocados três vasos, cada vaso contendo uma planta de batata. Os carboidratos foram oferecidos aos insetos, em forma de gotas no limbo foliar das plantas, por meio de uma solução de mel a 10%, contendo corante líquido artificial para fins alimentícios de coloração azul anis. As avaliações foram realizadas três dias após a liberação dos insetos no ambiente, analisando-se por dissecação o sistema digestivo dos insetos e verificando-se a presença ou ausência do corante. Os resultados demonstraram que cerca de 50% dos insetos ingeriram a solução de mel a 10%, demonstrando haver perspectivas para a técnica ser utilizada em programas de manejo integrado da praga. Em uma outra avaliação, no mesmo ambiente semiaberto, porém, sem os vasos com as plantas de batata ficou evidente que a mariposa não se alimentou da isca, comprovando a necessidade de um estímulo do hospedeiro próximo ao inseto.

Palavras-chave: Ambiente semiaberto; Atrativo alimentar; Supressão populacional

Abstract

Integrated Pest Management involves utilization of population suppression techniques to maintain insect populational in levels that will cause no economical loss and still be in harmony with the environment. Throughout this whole investigation, evaluations focused on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), a key-pest of potato crops, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae). Carbohydrate ingestion in small confined environments (0.0018 and 0.054 m³) and the effect of insect growth regulators on their reproduction were assessed. However, inclusion of such techniques into integrated pest management programs demand evaluation of carbohydrate ingestion in environments that simulate field conditions. Therefore, the objective of this study was to verify carbohydrate ingestion by *P. operculella* in a semi-open space containing potato plants. To confirm food intake, 40 female and 40 male virgin individuals were released after 24 hours after emergence, inside an irregular net, with dimensions of 2.0 x 2.0 x 2.10 m + 0.6 x 0.95 x 2.10 m and volume of 9.6 m³. Inside this space were three pots, each one containing one potato plant. Carbohydrates

were offered to the insects by dripping a 10% honey solution containing an artificial liquid blue anise dye, on the plant leaf blades. Evaluations were conducted three days after the insect release into the netted space by dissecting the digestive system to verify the presence or absence of dye. The results demonstrated that 50% of the insects ingested the 10% honey solution, indicating a possible utilization of this technique in integrated pest management programs. However, in another similar evaluation but without the pots with potato plants, carbohydrate was not ingested by the moth, thus demonstrating the necessity of the host plant stimulus close to the insect.

Keywords: Attractive food; Population suppression; Semi-open ambient

5.1 Introdução

Atualmente, o controle de pragas é preconizado para ser aplicado de maneira abrangente, levando-se em consideração os princípios ecológicos, econômicos e sociais. Neste sentido, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) envolve a utilização de técnicas de supressão populacional para manter os insetos numa condição de não-praga, de forma econômica com o sistema de produção agrícola e harmoniosa com o meio ambiente (ALTIERI; SILVA; NICHOLLS, 2003; CAMPANHOLA; BETTIOL, 2003).

Desta forma, a estrutura do MIP pondera os efeitos negativos que cada método de controle pode ter na sociedade, no meio ambiente, no ser humano e nos seres vivos, utilizando os agentes naturais de controle do meio, bióticos ou abióticos. De maneira geral, os fundamentos do MIP são: 1) encontrar um método para modificar e dificultar o sistema de vida de uma praga visando à redução de sua população a níveis toleráveis, ou seja, densidade populacional inferior à que provoca dano econômico; 2) aplicar o conhecimento biológico e tecnológico disponível para obter a modificação desejada e 3) usar táticas de controle adequadas à tecnologia existente, compatível com os aspectos qualitativos, econômicos, ambientais e com aceitação social (CROCOMO; ZUCCHI, 1990; KOGAN; BAJWA, 1999).

Ao longo de todo o trabalho que está sendo apresentado, foram realizados bioensaios tendo como alvo a traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), principal praga da cultura da batata, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae). Comprovou-se a ingestão de carboidratos por esta espécie, em ambientes confinados de pequenas dimensões (0,0018 e 0,054 m³) e o efeito de reguladores de crescimento em sua reprodução, especialmente na diminuição da fecundidade. No entanto, para que as técnicas sejam utilizadas em programas de manejo integrado da praga foi necessário confirmar a ingestão de carboidratos

em ambiente mais próximo da realidade do campo. Seguindo-se as recomendações do trabalho de Kim (1993), as ferramentas e técnicas aqui sugeridas não são únicas ou técnicas definitivas, uma vez que o controle de pragas é um processo complexo e que envolve análise combinada de diversos fatores: o nível populacional da praga, o dano causado, o ambiente em que o cultivo é realizado, as condições meteorológicas, o grau de instrução e o poder aquisitivo do agricultor.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a ingestão de carboidratos por *P. operculella*, em ambiente semiaberto com dimensões maiores (volume de 9,6 m³) e com a presença de plantas de batata, *Solanum tuberosum* L.

5.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Defensivos Agrícolas do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, da Universidade de São Paulo (USP) com a espécie *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae).

5.2.1 Criação dos insetos

Os insetos utilizados nas avaliações foram obtidos e criados em batatas, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae). No laboratório, seguindo-se os métodos propostos por Pratioli et al. (2003), foram obtidos ovos, larvas, pupas e adultos necessários aos experimentos.

Para o experimento, foram utilizados insetos adultos e virgens. As pupas foram peneiradas e isoladas individualmente em pequenos tubos de ensaio com tamanho de 10 mm de diâmetro e 75 mm de altura, cobertos com filme plástico de PVC transparente. Concluído o período de 24 horas após a emergência, os adultos foram sexados, de acordo com o dimorfismo sexual presente na extremidade do abdome.

5.2.2 Ingestão de carboidratos em ambiente sem e com plantas de batata

Para se verificar a ingestão de carboidratos por *P. operculella*, em ambiente mais próximo à realidade encontrada no campo de cultivo agrícola, 40 indivíduos fêmeas e 40 indivíduos

machos, virgens, com 24 horas de idade após a emergência, foram liberados próximo ao horário do crepúsculo, dentro de um telado de formato irregular, semelhante a uma casa de vegetação, com dimensões de 2,0 x 2,0 x 2,10 m + 0,6 x 0,95 x 2,10 m e volume de 9,6 m³, coberto com tela de nylon de malha fina. Para avaliação da influência da presença das plantas de batata, na ingestão de carboidratos por *P. operculella*, foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, constituído de dois tratamentos:

1) tratamento 1: um recipiente de plástico rígido, transparente, com diâmetro de 25 mm e altura de 35 mm, contendo $13,0 \pm 1,0$ mL de uma solução de mel a 10%, acrescida de um corante líquido artificial para fins alimentícios de coloração azul anis. Esta solução foi oferecida aos insetos por capilaridade, via rolete dental.

2) tratamento 2: três vasos, cada vaso contendo uma planta de batata, *S. tuberosum*. Os carboidratos foram oferecidos aos insetos na forma de gotas no limbo foliar das plantas, por meio de uma solução de mel a 10% contendo corante líquido artificial para fins alimentícios de coloração azul anis (Figura 11).

As avaliações foram realizadas três dias após a liberação dos insetos no ambiente, analisando-se o sistema digestivo do inseto, via dissecação, de acordo com a presença ou ausência do corante. A imagem foi feita com câmera fotográfica Sony Digital Still, lente óptica 3X, f = 7,9-23,7 mm e cinco Mega Pixels-Cyber-Shot.

Figura 11 - Fotografia da gota de solução de mel a 10% contendo corante líquido azul anis sobre o limbo foliar de planta de batata. Escala: 1 cm

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Ingestão de carboidratos em ambientes sem e com plantas de batata

Em ambiente confinado de 9,6 m³ contendo plantas de batata para simular a cultura no campo, os resultados demonstraram que, 50% dos adultos fêmeas e 45% dos adultos machos, ingeriram a solução de mel a 10% (Tabela 8), pois estes apresentaram o corante líquido azul anis no sistema digestivo.

No primeiro tratamento realizado neste ambiente, sem a presença das plantas, não houve ingestão de carboidratos pelos insetos confinados, o que indicou que a solução de mel a 10% não exerceu atração para que *P. operculella* a ingerisse. Entretanto, no segundo tratamento, pode-se verificar que as plantas de batata serviram como atrativo para que os insetos ingerissem os carboidratos.

Tabela 8 – Número de adultos de *Phthorimaea operculella* que ingeriram (corados) e que não ingeriram (não-corados) solução de mel a 10% contendo corante líquido artificial, em telado de 9,6 m³ com a presença de plantas de batata

Ingestão de carboidratos	Número de indivíduos de <i>P. operculella</i>	
	♀	♂
Com ingestão	20	18
Sem ingestão	20	22

Estes resultados indicaram que a presença das plantas de batata influenciou a ingestão de carboidratos, sendo que o oferecimento de um regulador de crescimento de insetos, que cause modificação deletéria, deve ser realizado desta maneira, assim como no ambiente natural da cultura.

5.3.2 Perspectivas de manejo integrado

Diante dos resultados obtidos ao longo deste trabalho, têm-se perspectivas para o manejo integrado da traça-da-batatinha, *P. operculella*, utilizando-se reguladores de crescimento em solução com carboidratos. Quando a solução é aplicada diretamente no limbo foliar das plantas, esta pode exercer atração para os insetos e os RCIs, azadiractina e lufenurom à concentração de 5 ppm e piriproxifem à concentração de 20 ppm, de maneira a reduzir a fecundidade das fêmeas de *P. operculella*, quando a praga ingerir estes compostos via solução de mel a 10%. Considerando--se a redução da fecundidade provocada pela ingestão do RCI e a proporção de fêmeas que ingeriram a solução (50%), pode haver uma redução na quantidade de ovos depositados ao longo de sucessivas gerações de *P. operculella* nos campos de cultivo de batatas ou durante o armazenamento.

A intenção do RCI é atingir a reprodução tendo como alvo os adultos, pois segundo Dent (2000) um inseticida somente pode controlar uma praga se aplicado de maneira que atinja o indivíduo desejado. Sendo que os alvos podem ser ovos, larvas, pupas ou adultos, dependendo da facilidade em se atingir determinado estágio. Inserir a utilização de RCIs como medida de alteração deletéria na reprodução de *P. operculella* é uma estratégia que está de acordo com as recomendações dos autores Pedigo e Rice (2006) que adotaram que um sistema de manejo tem

como objetivo reduzir as pragas de importância a níveis aceitáveis, alterando o mínimo possível o equilíbrio do ecossistema.

5.4 Conclusões

A técnica de redução da fecundidade de *P. operculella* pela ingestão de reguladores de crescimento de insetos pode ser implementada ao manejo integrado de pragas da batata, pois os indivíduos adultos ingerem solução de mel a 10% se aplicada sobre o limbo foliar de plantas de batata.

Referências

- ALTIERI, M.A.; SILVA, E.N.; NICHOLLS, C.I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226 p.
- CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (Ed.). **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 279 p.
- CROCOMO, W.; ZUCCHI, R.A. **Manejo integrado de pragas**. São Paulo: UNESP, 1990. 358 p.
- DENT, D. **Insect pest management**. 2nd ed. Wallingford: CABI Publ., 2000. 410 p.
- KIM, K.C. Insect pests and evolution. In: KIM, K.C.; McPHERON, B.A. (Ed.). **Evolution of insect pests**. New York: John Wiley & Sons, 1993, chap. 1, p. 3-25.
- KOGAN, M.; BAJWA, W.I. Integrated pest management: a global reality? **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 1-25, 1999.
- PEDIGO, L.P.; RICE, M.E. **Entomology and pest management**. 5th ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2006. 749 p.
- PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N.; PEREIRA, F.F. Aspectos biológicos da traça-da-batatinha *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1153-1155, nov./dez. 2003.

6 CONCLUSÕES

Os insetos adultos de *P. operculella*, fêmeas e machos, se alimentam de solução de mel a 10% quando o alimento é oferecido por capilaridade, via rolete dental, em ambientes confinados de volume 0,0018 m³ e 0,054 m³. No entanto, em ambiente maior (9,6 m³) e sem a presença de seu hospedeiro, os adultos de *P. operculella* não ingerem a solução de mel.

Os índices de ovigenia calculados para *P. operculella* foram menores que 1, tanto para as fêmeas que consumiram apenas água destilada, como para as fêmeas que ingeriram solução de mel a 10%, indicando que nem todos os óvulos presentes nos ovários foram depositados. No entanto, a ingestão da solução de mel a 10% contribui para aumentar a fecundidade, devido à maturação do sistema reprodutivo de *P. operculella* ocorrer durante a fase adulta.

Os compostos químicos reguladores de crescimento de insetos azadiractina, lufenurom, metoxifenoizida e piriproxifem adicionados e ingeridos com a solução de mel a 10% nas concentrações 5, 10 e 20 ppm causam alteração na fecundidade de *P. operculella*, sendo mais efetivos em reduzir a fecundidade os RCIs, azadiractina e lufenurom à concentração de 5 ppm e piriproxifem à concentração de 20 ppm. A viabilidade dos ovos e o período embrionário não se alteram quando o inseto ingere as soluções contendo os RCIs.

Os testes com a aplicação da solução de mel a 10% na forma de gotas espalhadas sobre o limbo foliar de plantas de batata indicam que insetos adultos da espécie *P. operculella* podem ingerir a solução de mel a 10% mesmo em ambientes abertos, como é o caso das áreas de plantio. Portanto, a técnica de redução da fecundidade de *P. operculella* pela ingestão de reguladores de crescimento de insetos solubilizados junto com carboidratos oferece perspectivas para ser implementada ao manejo integrado da traça-da-batatinha.