

FATORES DA BIOLOGIA REPRODUTIVA QUE INFLUENCIAM O MANEJO
COMPORTAMENTAL DE *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

por

SHÊNIA SANTOS SILVA

(Sob Orientação do Professor Ailton Pinheiro Lôbo)

RESUMO

A traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) é a principal praga da cultura do tomate nas principais regiões produtoras do Brasil e várias táticas de controle foram usadas com resultados variados. A técnica da coleta massal foi uma das táticas utilizadas, e apesar da redução da população dos machos, não se obteve controle abaixo do nível de dano econômico. Deste modo este estudo foi realizado para esclarecer se aspectos da reprodução deste inseto podem contribuir para o baixo desempenho da coleta massal. Nesse sentido, verificou-se que quando ocorre o retardo do acasalamento das fêmeas, há redução da sua fecundidade e fertilidade, e incremento da sua longevidade. O chamamento das fêmeas altera-se ao longo do retardo dos acasalamentos de acordo com o peso e alimentação. A alimentação para as fêmeas leves influencia no aumento da intensidade de chamamento. As fêmeas pesadas são superiores em termos de intensidade e manutenção do chamamento. Desta forma, as fêmeas da *T. absoluta* reduzem seu potencial reprodutivo, mas ainda continuam capazes de promover o crescimento populacional. Os machos são poligínicos, sendo capazes de realizar até 12 cópulas consecutivas, apresentando em média 6,5 acasalamentos durante sua vida. Machos que realizam acasalamentos múltiplos e consecutivos promovem reduções de fecundidade, fertilidade e aumento de longevidade das suas fêmeas. As fêmeas desta espécie são em pequena escala poliândricas e a sua

ocorrência promove apenas aumento da sua longevidade. Existe uma assimetria do potencial de acasalamentos múltiplos entre machos e fêmeas em *T. absoluta*, sendo os machos mais promíscuos. Os machos que sobrevivem à ação da coleta massal podem compensar parte da população masculina que é aniquilada nas armadilhas, sendo as fêmeas capazes de esperar pelos sobreviventes com pequena perda do seu potencial reprodutivo. Neste contexto, para o sucesso do emprego do feromônio, alterações da capacidade de competição das armadilhas devem ser visadas para eliminar o maior número possível de machos, reduzindo as chances da ocorrência do acasalamento deste inseto em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Traça-do-tomateiro, retardo do acasalamento, alimentação, fecundidade, chamamento, acasalamentos múltiplos

REPRODUCTIVE BIOLOGY FACTORS INFLUENCING THE BEHAVIORAL
MANAGEMENT OF *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

by

SHÊNIA SANTOS SILVA

(Under the Direction of Professor Ailton Pinheiro Lôbo)

ABSTRACT

The tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) is one of the major tomato pest in Brazil. Mass trapping technique was tested as an alternative control of this pest, and although it provided a reduction of male population, no control below the economic injury level was attained. Therefore, this work tested the potential effect of reproductive and behavior factors on the low performance of *T. absoluta* mass trapping. A decrease in the fecundity and fertility, as well as an increment in the female longevity was observed after female mating delays. Calling activities changed with mating delays depending on the weight and feeding. Upon feeding, light females showed an increase in the calling intensity. Unlike these, heavy females showed a higher intensity and maintenance of calling. Apparently, females are still able of keeping the population growth, despite of the reproductive potential reduction. Males of tomato leafminer are polygynic and can mate up to 12 consecutive times, but they mated 6.5 times in their lifespan on average. Males that mates consecutively and many times cause not only a reduction in the fecundity and fertility but also an increase of longevity of their females. Females of *T. absoluta* are, on minor scale, polyandric and this contributed only to increase the females longevity. In general, there is an asymmetry of multiple mating potential between males and females of *T. absoluta*, and males are more promiscuous than females. Males that escape the mass

trapping may compensate part of the trapped male population and upon waiting; the females may mate with these males with almost no loss of reproductive potential. In conclusion, success of pheromone use depends on the capacity of competition among traps to eliminate as many males as possible, hence reducing the mating chance of this species in the field.

KEY WORDS: Tomato leafminer, mating delay, feeding, fecundity, calling, multiple matings

FATORES DA BIOLOGIA REPRODUTIVA QUE INFLUENCIAM O MANEJO
COMPORTAMENTAL DE *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

por

SHÊNIA SANTOS SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro - 2008

FATORES DA BIOLOGIA REPRODUTIVA QUE INFLUENCIAM O MANEJO
COMPORTAMENTAL DE *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

por

SHÊNIA SANTOS SILVA

Comissão de Orientação:

Ailton Pinheiro Lobo - UFRPE

Herbert Álvaro A. de Siqueira - UFRPE

José Vargas de Oliveira - UFRPE

RECIFE - PE

Fevereiro - 2008

FATORES DA BIOLOGIA REPRODUTIVA QUE INFLUENCIAM O MANEJO
COMPORTAMENTAL DE *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

por

SHÊNIA SANTOS SILVA

Orientador:

Ailton Pinheiro Lobo - UFRPE

Examinadores:

Herbert Álvaro A. de Siqueira – UFRPE

José Vargas de Oliveira – UFRPE

Pedro Jusselino Filho – UFPB

*Aos meus pais **Everaldo Marques da Silva e Maria Luzinete Santos da Silva** pela criação, educação e apoio constante. Especialmente a minha mãe, meu porto seguro, pela sua dedicação, pelo exemplo de pessoa maravilhosa, pessoa que apesar das dificuldades sempre ensinou, a mim e à minhas irmãs, a andar corretamente. Mãe obrigada pelas suas palavras confortantes e sábias, sempre.*

Dedico

*À minha avó **Maria Josefa**, à minhas irmãs **Shirley, Sheila e Shanna**, a minha sobrinha **Beatriz** e ao meu cunhado **Josevaldo** pelo amor e carinho mesmo à distância.*

Ofereço

*À **Deus** pelo teu imenso amor por mim, por me dar forças para continuar lutando, por me mostrar o caminho. Senhor continua me guiando.*

Meus Eternos Agradecimentos

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Ailton Pinheiro Lôbo pelos ensinamentos, orientação e contribuição para o desenvolvimento desse trabalho.

A Aleuny pela recepção, amizade e compreensão. Aos meus grandes amigos Suêrda, Eliana, Roberta, Rosana, Valda e Adelmo pelo carinho, zelo e companheirismo. Pela grande família que formamos.

A Cícero, meu amigo, companheiro, cúmplice e namorado, por partilhar comigo todos esses momentos vivenciados.

Aos colegas do Laboratório de Comportamento de Insetos Diogeno, Isabelle, José Moura, Andréa, Edivan, Tânia e Jayne, pelos ótimos momentos compartilhados e por tornarem o ambiente alegre.

Aos Professores da Pós-graduação em Entomologia Agrícola pelos grandiosos ensinamentos e conselhos durante o curso. Meu agradecimento especial para o Professor Herbert Álvaro A. de Siqueira pela contribuição imprescindível para conclusão deste trabalho.

Ao Professor Reginaldo Barros pelo apoio ao desenvolvimento desse trabalho através do Laboratório de Biologia de Insetos.

Aos colegas de curso Agna, Alberto, Alexandre, Alicely, Ana, André, Andréa Nunes, Ariana, Cinthia, Christian, Cléa, Cleoneide, Eduardo, Érica, Esmeralda, Fernanda, Franklin,

Gustavo, Hugo, Júnior, Laurici, Lígia, Marco Aurélio, Marcos, Marta, Nilene, Solange e Tarcísia pela ótima convivência e auxílio mútuo.

Aos funcionários Romildo e Darcy pelo apoio administrativo.

Ao Sr. Luís pelos préstimos indispensáveis.

Aos professores Sami Jorge Michereff pelo material fornecido e Marcos Câmara pela disponibilização de material do Laboratório.

A Lígia Helena pelas ótimas fotos e por sempre demonstrar disponibilidade em me ajudar.

A Miguel Michereff Filho e Mirian Fernandes Furtado Michereff pelas contribuições com materiais bibliográficos.

SUMÁRIO

	Páginas
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO.....	01
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO TOMATE	01
HISTÓRICO E DESCRIÇÃO DA <i>Tuta absoluta</i>	02
CONTROLE DA <i>Tuta absoluta</i>	04
CONTROLE COMPORTAMENTAL DE <i>Tuta absoluta</i> POR EMPREGO DO FEROMÔNIO SEXUAL.....	05
REPRODUÇÃO EM LEPIDOPTERA	07
LITERATURA CITADA	11
2 INFLUÊNCIA DO RETARDO DO ACASALAMENTO E ALIMENTAÇÃO NO COMPORTAMENTO REPRODUTIVO DE FÊMEAS DE <i>Tuta absoluta</i> (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE).....	16
RESUMO.....	17
ABSTRACT	18
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	20
RESULTADOS	23
DISCUSSÃO	26
AGRADECIMENTOS	30

	LITERATURA CITADA	30
3	ACASALAMENTOS MÚLTIPLOS EM <i>Tuta absoluta</i> (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)	40
	RESUMO	41
	ABSTRACT	42
	INTRODUÇÃO	43
	MATERIAL E MÉTODOS	45
	RESULTADOS	48
	DISCUSSÃO	50
	AGRADECIMENTOS	52
	LITERATURA CITADA	52

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Importância Econômica da Cultura do Tomate

A cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum*) é uma atividade agrícola socioeconomicamente importante para o Brasil. Responsável pela geração de grande número de empregos diretos e indiretos, exige alto investimento, mão-de-obra qualificada e elevado nível tecnológico (Haji *et al.* 2002, Haji *et al.* 2004). São necessários a esse cultivo intensa utilização de trabalhadores para tarefas como desbastes, capinas e colheitas manuais, mesmo com o elevado índice de mecanização em operações rotineiras como o preparo do solo, semeadura, irrigação e pulverização (Silva & Giordano 2000).

O Brasil está entre os maiores produtores em nível mundial, registrado como o nono país produtor de tomate, com 3.303.530 ton em aproximadamente 55.000 ha de área cultivada em 2005, destacando-se a região sudeste com 1.538.366 ton de produção em 23.976 ha de área colhida (Agrianual 2007). Os sistemas de produção caracterizam-se pela produção de tomate rasteiro para atender ao mercado industrial, e pela produção de tomate estaqueado para consumo *in natura* (Camargo *et al.* 2006).

De acordo com Silva & Giordano (2000), o cultivo de tomateiro no Brasil começou no início do século XX, teve grande impulso na década de 50 no Estado de São Paulo, e na década de 80 expandiu-se para a Região Nordeste, mais especificamente para o pólo de Petrolina (PE)/ Juazeiro (BA), no Submédio do Vale do São Francisco.

No entanto, o surgimento de pragas e doenças (Silva & Giordano 2000), a política de incentivos para o desenvolvimento de fruticultura irrigada no Nordeste (Haji *et al.* 2004), aliado à

forte concorrência com outras áreas produtoras como o cerrado (Goiás e Minas Gerais) e áreas com nível tecnológico superior como São Paulo, fizeram com que houvesse um declínio da produção na região do Submédio do Vale do São Francisco (Camargo *et al.* 2006).

Como agravantes para o surgimento de problemas fitossanitários na região produtora do Submédio do Vale do São Francisco, Haji (1990) citou o uso excessivo e indiscriminado de defensivos agrícolas, a não eliminação dos restos culturais e o escalonamento de plantios numa mesma área, atitudes essas que culminaram no aumento do ataque de pragas secundárias pela eliminação de insetos benéficos.

Atualmente são consideradas pragas-chave: o microácaro *Aculops lycopersici* (Masse), a broca pequena *Neoleucinodes elegantalis* Guenée, o trips *Frankliniella schultzei* Trybom e as pragas exóticas: traça-do-tomateiro – *Tuta absoluta* (Meyrick) e mosca-branca – *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.). A quantidade de pragas secundárias é extensa na cultura do tomateiro destacando-se a lagarta-rosca *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), a mosca-minadora *Liriomyza sativae* Blanchard, a lagarta-das-folhas *Manduca difissa* (Butler), a vaquinha *Diabrotica speciosa* (Germar), as brocas-grandes-dos- frutos *Helicoverpa zea* (Boddie), *Spodoptera frugiperda* (Smith), *S. eridania* (Cramer) e *Pseudoplusia includens* (Walker), o ácaro vermelho – *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, e os percevejos *Nezara viridula* (L.) e *Phthia picta* (Drury) (Haji *et al.* 2004). Todos esses insetos possuem a característica idêntica de elevado potencial biótico e o uso de medidas não sustentáveis podem favorecer a maximização do seu *status* para pragas-chave.

Histórico e Descrição da *Tuta absoluta*

A primeira ocorrência da *T. absoluta* no Brasil ocorreu em meados de 1979, no litoral do Paraná (Muszinski *et al.* 1982), e já no final da década de 80 esta praga era relatada em todos os campos produtores de tomate deste país (França 1993).

Os adultos da *T. absoluta* são microlepidópteros de coloração cinza-prateada, com envergadura variando de 9 a 11 mm (Coelho & França 1987, Michereff Filho & Vilela 2001, Gallo *et al.* 2002). Seus ovos possuem formato elíptico e inicialmente são de coloração branca brilhante ou amarela-clara brilhante, passando a marrom ou avermelhada próximo à eclosão das lagartas, são depositados isoladamente ou em grupos nas superfícies superior ou inferior dos folíolos (Coelho & França 1987). As lagartas eclodem de 3 a 5 dias após a postura, possuem coloração esverdeada e penetram imediatamente no parênquima foliar, nos ápices das plantas, ou nos frutos (França *et al.* 2000). Desenvolvem-se em quatro instares durante 9 a 13 dias, quando próximo a atingir a fase de pupa assumem coloração vermelha no dorso (França 1993) e costumam abrigar-se no solo ou, principalmente, em folhas secas onde tecem um casulo esbranquiçado (Coelho & França 1987), permanecendo nesta fase em torno de 6 a 10 dias (Coelho & França 1987, França *et al.* 2000). Em condições de laboratório o ciclo completo da *T. absoluta* varia de 26 a 38 dias, podendo haver sobreposição de gerações no campo (Michereff Filho & Vilela 2001).

A *T. absoluta* destrói grande parte da área foliar da planta devido à penetração da lagarta no parênquima das folhas (Coelho & França 1987), atacam os frutos, depreciando-os para comercialização, e brotações apicais, podendo causar, em alguns momentos, a morte do tomateiro (Michereff Filho & Vilela 2001).

Dentre os principais fatores que contribuíram para a ágil dispersão da *T. absoluta* nas várias regiões produtoras, cita-se o intenso fluxo de comercialização regional entre produtores e centros consumidores de tomate, as condições climáticas ótimas e a curta distância entre cultivos de vários estágios fenológicos.

Por conseguinte, como focos locais de dispersão aponta-se a permanência de plantas voluntárias de tomateiros, o abandono de campos infestados por agricultores e em menor

importância à presença de plantas que podem manter a traça na entressafra do tomateiro como as solanáceas silvestres maria-pretinha (*Solanum americanum*) e joá-bravo (*S. aculeatissimum*) (França 1993) e plantas cultivadas como a batata (*S. tuberosum*) (Pereyra & Sánchez 2006).

Controle da *Tuta absoluta*

Desde o início da rápida expansão da *T. absoluta* nos campos produtores, o método químico foi a principal tática de controle, realizado quase que exclusivamente, com aplicações em altas dosagens e alta frequência de aplicações. Nesse período, devido à gravidade das perdas econômicas dos produtores, foram utilizados inseticidas de grupos variados como fosforados, carbamatos e piretróides, além de misturas de substâncias com princípios ativos diferentes, porém sem que houvesse resultados eficientes (França 1993).

O uso excessivo dessas substâncias durante um longo período colaborou com a seleção de populações resistentes ao abamectin, cartap e permetrina (Siqueira *et al.* 2000a, Siqueira *et al.* 2000b), além de aumentar o custo de produção, favorecer o surgimento de pragas até então consideradas secundárias e suscitar rejeição da sociedade frente ao produto com alto nível de substâncias tóxicas (Leite *et al.* 1990).

As limitações do uso exclusivo do controle químico foram as frequências de aplicações dos inseticidas, as dosagens aumentadas, a eficiência de apenas poucos produtos, o lento desenvolvimento de novos produtos, dentre outros fatores (França 1993). Hoje a realidade de controle para a *T. absoluta* continua semelhante (Villas Bôas *et al.* 2005).

O uso de parasitóides, predadores e microorganismos entomopatogênicos foram analisados como alternativas no manejo da *T. absoluta* em tomateiro (França 1993, Medeiros *et al.* 2005, Villas Bôas *et al.* 2005) obtendo resultados variados quanto à eficiência de controle. França *et al.* (2000) estudaram a ação do parasitóide *Trichogramma pretiosum* Ridley em conjunto com inseticida biológico – *Bacillus thuringiensis* ou com inseticidas de alta seletividade, e obtiveram

uma redução de apenas 2% de frutos danificados. Haji *et al.* (1995), utilizando liberações de *T. pretiosum* associadas a outros métodos de controle, tais como, o cultural e o químico, obtiveram percentagem de frutos de tomate danificados de até 9%.

Em cultivo protegido, a liberação de *T. pretiosum* três vezes por semana, associada a uma aplicação de *B. thuringiensis* obteve um controle eficiente da *T. absoluta*, reduzindo em até 80% os gastos com aplicações de inseticidas. Quando comparado com o controle químico, a primeira alternativa obteve menor custo operacional de produção, além de apresentar outras vantagens como a não produção de resíduos tóxicos ao ambiente, ao trabalhador e ao produto colhido (Medeiros *et al.* 2005, Medeiros *et al.* 2006). Entretanto, fazem-se necessários maiores estudos para utilização desses agentes ainda incipientes.

Devido à crescente busca da sociedade por alimentos produzidos diferentemente dos métodos convencionais que fazem uso de grande quantidade de defensivos agrícola (Spers & Kassouf 1996), o controle da *T. absoluta* utilizando feromônio produzido sinteticamente mostra-se hoje como uma importante ferramenta, recebendo bastante atenção da comunidade científica.

Controle comportamental de *Tuta absoluta* por emprego do feromônio sexual

A observação da importância dos feromônios na comunicação e conseqüentemente na sobrevivência dos insetos suscitaram uma modificação no conceito do manejo e controle de pragas nas últimas décadas (Bento 2001). Desde então, os feromônios vêm-se destacando como componentes importantes no Manejo Integrado de Pragas de grande número de espécies em todo o mundo, seja através de armadilhas iscadas para o sistema de amostragem ou para a coleta massal, ou ainda através da técnica de confundimento (Vilela & Della Lucia 1987, Cardé & Minks 1995).

Uma das bases para a tomada de decisão no manejo de pragas, o monitoramento (Gallo *et al.* 2002), tem nas armadilhas com feromônios sexuais ou de agregação, ferramentas importantes ao

seu funcionamento. Estas podem ser usadas na detecção prematura de pragas, no levantamento de áreas infestadas, na determinação de limiares de ação e na estimativa populacional, todas essas aplicações têm como finalidade a redução do uso de inseticidas (Bento 2001).

Outra forma de aplicação do feromônio, a supressão de machos através da coleta massal, consiste na utilização de elevado número de armadilhas iscadas com feromônios sexuais sintéticos ou com insetos do sexo emissor, com o intuito de capturar seletivamente a maior quantidade de indivíduos. Já a técnica de confundimento é definida como a interrupção ou bloqueio da transmissão de sinais entre parceiros sexuais através da liberação de grande quantidade de feromônio sexual na área a ser tratada (Bento 2001).

O manejo de pragas baseado no uso de feromônio pode gerar muitas vantagens como a não produção de resíduos de agrotóxicos e a não acumulação destes no meio ambiente, o insignificante risco à saúde e a sua alta seletividade. A interrupção do acasalamento baseado no uso do feromônio também foi identificada no campo como um importante instrumento no combate à resistência dos insetos a inseticidas (Welter *et al.* 2005). Atualmente, o uso de feromônios sexuais sintéticos está intensamente difundido no manejo de diversos insetos-praga (Cardé & Minks 1995).

O feromônio sexual de *T. absoluta* foi identificado após várias pesquisas iniciadas por Hickel *et al.* (1991). Estudando o comportamento de acasalamento e o comportamento sexual da *T. absoluta*, esses autores observaram que extratos de glândulas de fêmeas virgens provocavam as mesmas respostas comportamentais que as fêmeas virgens nos machos, e concluíram que tais extratos poderiam ser utilizados como feromônios sexuais em armadilhas adesivas. A elevada atratividade do feromônio natural obtido de extrato de glândulas sugeriu que o manejo comportamental poderia ser uma alternativa viável, o que sustentou o interesse pelo desenvolvimento do feromônio sintético.

A identificação do componente principal do feromônio sexual de *T. absoluta* ocorreu nos anos subseqüentes após vários estudos de Attygalle *et al.* (1995) e Attygalle *et al.* (1996). Eles observaram que o acetato de (3E, 8Z, 11Z)-3,8,11- tetradecatrienila (3E,8Z,11Z:14 Ac) induzia nos machos atividades biológicas idênticas àquelas quando estes estavam em contato com fêmeas em comportamento de chamamento.

Posteriormente, a natureza binária do feromônio sexual foi estudada por Svatoš *et al.* (1996) e Griepink *et al.* (1996), onde composição de acetato de (3Z, 8Z, 11Z)-3,8,11- tetradecatrienila e acetato de (3Z, 8Z)-3,8,- tetradecadienila, a 90:10 respectivamente, demonstrou elevada resposta comportamental dos machos em condições de laboratório, contudo os resultados obtidos em testes sob condições de campo foram diferentes.

Em experimentos realizados com o feromônio sexual sintético para controle comportamental da *T. absoluta* observou-se que apesar da alta taxa na supressão de machos as perdas na produção permaneceram ainda acima do nível de dano econômico. Vários fatores foram atribuídos à ineficiência do controle, dentre eles, a biologia reprodutiva da praga (Michereff Filho *et al.* 2000, Lôbo 2005).

Desse modo, para a identificação de falhas, desenvolvimento do feromônio no manejo de pragas e para aperfeiçoamento das técnicas de controle faz-se necessário conhecer aspectos da reprodução da praga a ser controlada (McNeil 1991).

Reprodução em Lepidoptera

Inúmeros insetos realizam reprodução sexuada com fecundação interna onde o macho transfere os espermatozóides para o interior da fêmea durante o acasalamento (Ringo 1996). Em Lepidoptera, durante a transferência desses espermatozóides o esperma depositado pelo macho no trato vaginal da fêmea é fechado em um saco protéico chamado de espermatóforo (Drummond 1984).

O espermatozóide possui um também fluido seminal, que consiste numa secreção produzida pelas glândulas acessórias do macho com funções de facilitar a movimentação do esperma, lubrificando-o, regular a fisiologia da fêmea, desencadeando uma ou mais respostas, como indução a oviposição ou repressão da receptividade sexual, prover nutrientes para fêmeas em algumas espécies (Gullan & Cranston 1996).

Para haver sucesso na reprodução, os comportamentos relacionados a esta fase devem ser sincronizados, com ajustes exatos no conjunto das respostas fisiológicas (maturação sexual, atração, receptividade e acasalamento) entre os parceiros, conjuntamente com os sinais do meio ambiente, uma vez que o tempo de vida desses organismos é breve (Raina 1997).

O controle da maturação sexual está sob influência de fatores bióticos e abióticos que podem interagir entre si. Os fatores bióticos compreendem a qualidade e quantidade do alimento, principalmente, a idade e espécie do hospedeiro, sendo a maturação de ovos mais comumente incitada pelo hormônio juvenil que controla a síntese de vitelogenina (Ringo 1996, Wheeler 1996). E como fatores abióticos têm-se as condições de temperatura, luz, fotoperíodo e umidade relativa, embora que o fator biótico alimento seja o principal (Wheeler 1996).

O sistema preponderante para o encontro entre parceiros sexualmente maduros, na maioria das espécies conhecidas em Lepidoptera é caracterizado pelo vôo do macho em direção ao feromônio produzido e liberado pela fêmea (Cardé & Minks 1995), caracterizando a troca de sinais de longo alcance, e por sua vez a troca de sinais de curto alcance constitui a corte (Ringo 1996).

A produção, liberação e resposta aos feromônios podem ser modificadas por fatores endógenos, tais como a idade e a condição de acasalado (Lima & Della Lucia 2001). Fêmeas com idade avançada podem antecipar o chamamento conferindo-lhes vantagens em relação às fêmeas mais jovens, que geralmente iniciam o chamamento nas primeiras 24h após a emergência, sendo

que esse tempo pode até mesmo aumentar ou diminuir em noites sucessivas para as diferentes espécies de insetos. Após o acasalamento as fêmeas possuem um período refratário tanto para expressar o comportamento de chamamento, como para a síntese de feromônio (McNeil 1991).

Em vários insetos, como em baratas, besouros e algumas mariposas, o hormônio juvenil parece induzir a produção e liberação de feromônio ou inibir a sua produção, mecanismos ainda pouco elucidados (Schal *et al.* 1997).

O retardo para o acasalamento no macho pode resultar em significativo efeito no número de espermatozoides transferidos para as fêmeas (Marcotte *et al.* 2007), e nestas últimas o retardo para o acasalamento pode implicar em mudanças fisiológicas, havendo conseqüências nas suas taxas reprodutivas, tais como a fecundidade e fertilidade (Lingren *et al.* 1988, McNeil 1991, Rogers & Marti 1996), ou diminuir a receptividade da fêmea (Ringo 1996).

Após o acasalamento algumas espécies de fêmeas podem tornar-se menos receptivas devido à transferência de um peptídeo produzido pelas glândulas acessórias do macho, responsável pela inibição da produção de feromônio, o que conseqüentemente altera a receptividade (Raina 1997). A inibição da produção de feromônio pode ter efeito menos extenso quando a fêmea acasala com macho que já realizou acasalamentos prévios, por causa da produção e transferência de um espermatóforo reduzido. Em muitos lepidópteros, o primeiro espermatóforo produzido proporciona melhores benefícios, quando comparado com os espermatóforos subseqüentes, produzidos em acasalamentos posteriores (McNeil *et al.* 1997).

A experiência de cópula do macho também pode acarretar em profundo impacto no sucesso reprodutivo das fêmeas, uma vez que o investimento reprodutivo do macho (quantidade de espermatozoides e nutrientes) declina em cópulas sucessivas (McNeil *et al.* 1997, Wedell & Ritchie 2004, Torres-Vila & Jennions 2005). Em fêmeas monândricas, o comprometimento pode ser ainda maior, pois estas não realizam outros acasalamentos para compensar o déficit de

investimento (McNamara *et al.* 2007). Por isso que para as fêmeas, às vezes é melhor acasalar com machos virgens.

Segundo Wedell *et al.* (2002), a ocorrência de acasalamentos múltiplos – poliandria, em lepidópteros é variável, assim como o seu grau de ocorrência entre indivíduos da mesma espécie. A comprovação desse fenômeno pode ser feita através da observação direta do comportamento da fêmea, ou pela dissecação da bolsa copulatória, para avaliar o número de espermatozoides depositados (Svärd & McNeil 1994).

Prováveis vantagens podem ser citadas para o fato das fêmeas realizarem mais de um acasalamento, como obter esperma adequado para fertilizar completamente seus ovos, adquirir outros recursos fornecidos pelo esperma que aumentem a sua longevidade ou o seu potencial reprodutivo, aumentar a variabilidade genética da prole e aumentar a qualidade da prole pela competição de espermatozoides (McNeil *et al.* 1997) – sobreposição do ejaculado de diferentes machos durante a fertilização (Gullan & Cranston 1996, McNeil *et al.* 1997).

Por outro lado, múltiplos acasalamentos em insetos podem ter efeitos negativos para fêmea, como propiciar disseminação de doenças entre parceiros, aumentar a exposição à predação, dentre outros (Arnqvist & Nilsson 2000).

Nas fêmeas poliândricas, a competição de espermatozoides é decidida por mecanismos físicos e comportamentais, eventos dentro do trato reprodutivo da fêmea, combinados com vários atributos do comportamento de acasalamento do macho que irão determinar quais espermatozoides fecundarão os óvulos. Para assegurar a paternidade da prole, os machos utilizam alguns mecanismos, como a remoção do ejaculado depositado por um macho anterior, a cópula prolongada (Gullan & Cranston 1996, Wedell 2005), ou o uso de tampões produzidos pelas suas glândulas acessórias (Wedell 2005).

Para o uso eficiente de feromônios sexuais no manejo de pragas, tanto para monitoramento, como para controle, faz-se necessário o entendimento da ecologia e do comportamento do inseto alvo, visando interpretar, apropriadamente, os resultados obtidos em campo (McNeil 1991).

Nesse contexto, o entendimento dos aspectos comportamentais e fisiológicos dos insetos-praga é necessário para a previsão de sucesso ou explicação de possíveis falhas de controle, além de orientar nas diferentes estratégias de uso e liberação de feromônio, constituindo, assim, os objetivos deste trabalho.

Literatura Citada

Agriannual. 2007. São Paulo, FNP. p. 490-496.

Arnqvist, G. & T. Nilsson. 2000. The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects. *Anim. Behav.* 60: 145-164.

Attygalle, A.B., G.N. Jham, A. Svatoš, R.T.S. Friguetto, F.A. Ferrara, E.F. Vilela, M.A. Uchôa-Fernandes & J. Meinwald. 1995. Tetradecatrienyl-acetate, major sex pheromone component of tomato pest *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bioorg. Med. Chem.* 4: 305-314.

Attygalle, A.B., G.N. Jham, A. Svatoš, R.T.S. Friguetto, F.A. Ferrara, E.F. Vilela, M.A. Uchôa-Fernandes & J. Meinwald. 1996. Microscale, random reduction: application to the characterization of (3E,8Z,11Z) – 3,8,11-tetradecatrienyl acetate, a new lepidopteran sex pheromone. *Tetrahedron Lett.* 36: 5471-5474.

Bento, J.M.S. 2001. Fundamentos do monitoramento, da coleta massal e do confundimento de insetos-praga. p. 135-144. In E.F. Vilela & T.M.C. Della Lucia (eds.), *Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas.* Ribeirão Preto, Holos, 206p.

Camargo, F.P., H.S. Alves, W.P. Camargo Filho & N.J. Vilela. 2006. Cadeia produtiva de tomate industrial no Brasil: resenha da década de 1990, produção regional e perspectivas. *Inf. Econ.* 36: 7-20.

Cardé, R.T. & A.K. Minks. 1995. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 559-585.

Coelho, M.C.F. & F.H. França. 1987. Biologia, quetotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traça-do-tomateiro. *Pesqu. Agropecu. Bras.* 22: 129-135.

- Drummond, B.B. 1984.** Multiple mating and sperm competition in the Lepidoptera. p. 547-572. In R.L. Smith (ed.), Sperm competition and the evolution of animal mating systems. London, Academic Press, 687p.
- França, F.H. 1993.** Por quanto tempo conseguiremos conviver com a traça-do-tomateiro? Horticult. Bras. 11: 176-178.
- França, F.H., G.L. Villas Bôas, M. Castelo Branco & M.A. Medeiros. 2000.** Manejo integrado de pragas. p. 112-127. In J.B.C. Silva & L.B. Giordano (orgs), Tomate para processamento industrial. Brasília, Embrapa Hortaliças, 168p.
- Gallo, D., O. Nakano, S.S. Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Batista, E.B. Filho, J.R.P. Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** Entomologia Agrícola. Piracicaba, FEALQ, 920p.
- Griepink, F.C., T.A. Van Beek, M.A. Posthumus, A. Groot, J.H. Visser & S. Voerman. 1996.** Identification of the sex pheromone of *Scrobipalpuloides absoluta*: determination of the double position in triple unsaturated straight chain molecules by means of dimethyl disulphide derivation. Tethradron Lett. 37: 411-414.
- Gullan, P.J. & P.S. Cranston. 1996.** The insects: an outline of entomology. London, Chapman & Hall, 491p.
- Haji, F.N.P. 1990.** Manejo de pragas do tomateiro no Submédio do São Francisco. p. 341-352. In O.A. Fernandes, A.C.B. Corrêa & S.A. Bortoli. Anais de Jaboticabal. 235p.
- Haji, F.N.P., L.C.L. Freire, F.G. Roa, C.N. Silva, M.M.S. Júnior & M.I.V. Silva. 1995.** Manejo integrado de *Scrobipalpuloides absoluta* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) no Submédio São Francisco. An. Soc. Entomol. Brasil 24: 587-591.
- Haji, F.N.P., L. Prezotti, J.S. Carneiro & J.A. Alencar. 2002.** *Trichogramma pretiosum* para o controle de pragas no tomateiro industrial. p. 477-494. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo, Manole, 635p.
- Haji, F.N.P., J.S. Carneiro, E. Bleicher, A.N. Moreira & R.C.F. Ferreira. 2004.** Manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B na cultura do tomate. p. 87-110. In F.N.P. Haji & E. Bleicher (eds), Avanços no manejo da mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). Petrolina, Embrapa Semi-árido, 186p.
- Hickel, E.R., E.F. Vilela, J.O.G. Lima & T.M.C. Della Lucia. 1991.** Comportamento de acasalamento de *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Pesqu. Agropecu. Bras. 26: 827-835.
- Leite, D., G.A. Groppo, A.F. Bresciani, J.E.M. Hoppe & A.C.N. Martins. 1990.** Considerações preliminares do manejo integrado de pragas do tomateiro estaqueado na região

- de Capivari. p. 221-236. In O.A. Fernandes, D.C.B. Côrrea & S.A. Bortoli (eds.). Manejo integrado de pragas e nematóides. Jaboticabal, UNESP, 253p.
- Lima, E.R. & T.M.C. Della Lucia. 2001.** Bioquímica dos Feromônios. p. 13-26. In E.F. Vilela & T.M.C. Della Lucia (eds.), Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas. Ribeirão Preto, Holos, 206p.
- Lingren, P.D., W.B. Warner & T.J. Henneberry. 1988.** Influence of delayed mating on egg production, egg viability, mating, and longevity of female pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environ. Entomol.* 17: 86-89.
- Lôbo, A.P. 2005.** Interferência de componentes do feromônio sexual, densidade de armadilhas e do estado reprodutivo de machos de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) na coleta massal. Tese de Doutorado, Lavras, UFLA, 86p.
- Marcotte, M., J. Delisle & J.N. McNeil. 2007.** Effects of different male remating intervals on the reproductive success of *Choristoneura rosaceana* males and females. *J. Insect Physiol.* 53: 139-145.
- McNamara, K.B., T.M. Jones & M.A. Elgar. 2007.** No cost of male mating experience on female reproductive success in the almond moth, *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61: 1177-1184.
- McNeil, J.N. 1991.** Behavioral ecology of pheromone-mediated communication in moths and its importance in the use of pheromone traps. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 407-430.
- McNeil, J.N., J. Delisle & M. Cusson. 1997.** Regulation of pheromone production in Lepidoptera: the need for an ecological perspective. p. 31-41. In R.T. Cardé & A.K. Minks (eds), *Insect pheromone research: new directions*. New York, Chapman Hall, 684p.
- Medeiros, M.A., G.L. Villas Bôas, O.A. Carrijo, N. Makishima & N.J. Vilela. 2005.** Manejo integrado da traça-do-tomateiro em ambiente protegido. 36. Brasília, Embrapa Hortaliças (Circular Técnica).
- Medeiros, M.A., N.J. Vilela & F.H. França. 2006.** Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido. *Hortic. Bras.* 24: 180-184.
- Michereff Filho, M. & E.F. Vilela. 2001.** Traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), p. 81-84. In E.F. Vilela, R.A. Zucchi & F. Cantor (eds.), *Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil*. Ribeirão Preto, Holos, 173p.
- Michereff Filho, M., E.F. Vilela, R. Rodrigues & G.N. Jham. 2000.** Field trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* with pheromones traps. *J. Chem. Ecol.* 26: 875-881.
- Muszinski, T., I.M. Lavendowski & L.M.A. Maschio. 1982.** Constatação de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick, 1917) (= *Gnorimoschema absoluta*) (Lepidoptera: Gelechiidae), como

- praga do tomateiro (*Lycopersicon sculentum* Mill.), no litoral do Paraná. An. Soc. Entomol. Brasil 11: 291-292.
- Pereyra, P.C. & N.E. Sánchez. 2006.** Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotrop. Entomol. 35: 671-676.
- Raina, A.K. 1997.** Control of pheromone production in moths. p. 21-30. In R.T. Cardé & A.K. Minks (eds.), Insect pheromone research: new directions. New York, Chapman Hall, 684p.
- Ringo, J. 1996.** Sexual receptivity in insects. Annu. Rev. Entomol. 41: 473-494.
- Rogers, C.E. & O.G. Marti. Jr. 1996.** Beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): effects of age at first mating on reproductive potential. Fla. Entomol. 79: 343-352.
- Schal, C., D. Liang & G.J. Blomquist. 1997.** Neural and endocrine control of pheromone production and release in cockroaches. p. 3-20. In R.T. Cardé & A.K. Minks (eds.), Insect pheromone research: new directions. New York, Chapman Hall, 684p.
- Silva, J.B.C. & L.B. Giordano. 2000.** Produção mundial e nacional. p. 8-11. In J.B.C. Silva & L.B. Giordano (eds.), Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças. 168p.
- Siqueira, H.A.A., R.N.C. Guedes & M.C. Picanço. 2000a.** Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Agric. For. Entomol. 2: 147-153.
- Siqueira, H.A.A., R.N.C. Guedes & M.C. Picanço. 2000b.** Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). J. Appl. Entomol. 124: 233-238.
- Spers, E.E. & A.L. Kassouf. 1996.** A abertura de mercado e a preocupação com a segurança de alimentos. Higiene Alimentar 10: 16-26.
- Svärd, L. & J.N. McNeil. 1994.** Female benefit, male risk: polyandry in the true armyworm *Pseudaletia unipuncta*. Behav. Ecol. Sociobiol. 35: 319-326.
- Svatoš, A., A.B. Attygalle, G.N. Jham, R.T.S. Friguette, E.F. Vilela, D. Šaman & J. Meinwald. 1996.** Sex pheromone of tomato pest *Scrobipalpaloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). J. Chem. Ecol. 22: 787-900.
- Torres-Vila, L.M. & M.D. Jennions. 2005.** Male mating history and female fecundity in the Lepidoptera: do male virgins make better partners? Behav. Ecol. Sociobiol. 57: 318-326.
- Vilela, E.F. & T.M.C. Della Lucia. 1987.** Feromônios de insetos (biologia, química e emprego no manejo de pragas). Viçosa, UFV, 155p.
- Villas Bôas, G.L., M. Castelo Branco & M.A. Medeiros. 2005.** Novas formas de manejo integrado da traça-do-tomateiro. Brasília, Embrapa Hortaliças (Comunicado Técnico, 29), 5p.

- Wedell N., C. Wiklund & P.A. Cook. 2002.** Monandry and polyandry as alternative lifestyles in a butterfly. *Behav. Ecol.* 13: 450-455.
- Wedell, N. & M.G. Ritchie. 2004.** Male age, mating status and nuptial gift quality in a bushcricket. *Anim. Behav.* 67: 1059-1065.
- Wedell, N. 2005.** Female receptivity in butterflies and moths. *J. Exp. Biol.* 208: 3433-3440.
- Welter, S.C, C. Pickel, J. Millar, F. Cave, R.A. Van Steenwyk & J. Dunley. 2005.** Pheromone mating disruption offers selective management options for key pests. *Calif. Agric.* 59: 16-22.
- Wheeler, D. 1996.** The role of nourishment in oogenesis. *Annu. Rev. Entomol.* 41: 407-431.

CAPÍTULO 2

INFLUENCIA DO RETARDO DO ACASALAMENTO E ALIMENTAÇÃO NO COMPORTAMENTO REPRODUTIVO DE FÊMEAS DE *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)¹

SHÊNIA S. SILVA¹, AILTON P. LÔBO¹, HERBERT A. A. SIQUEIRA¹, ERALDO R. LIMA² E ANDREA

A. SILVA¹

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

²Departamento de Biologia Animal – Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs,
361571-000, Viçosa, MG, Brasil.

¹Silva, S.S., A.P. Lôbo, H.A.A. Siqueira & A.A. Silva. Influência do retardo do acasalamento e alimentação no comportamento reprodutivo de fêmeas de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Agricultural and Forest Entomology.

RESUMO – A traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick), é uma importante praga da cultura do tomate no Brasil e estudos sobre o seu comportamento reprodutivo são necessários para o entendimento e otimização do controle comportamental realizado com o feromônio sexual sintético. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do retardo do acasalamento e da alimentação de fêmeas na fecundidade, longevidade, fertilidade de seus ovos e na sua capacidade de chamamento. A fecundidade de fêmeas decresceu com o aumento do tempo de retardo de acasalamento. Para as fêmeas alimentadas, o número de ovos foi maior. A taxa de fertilidade dos ovos decresceu com o aumento do tempo de retardo tanto para fêmeas alimentadas quanto para fêmeas não alimentadas. A longevidade das fêmeas alimentadas e não alimentadas aumentou com o incremento do retardo dos acasalamentos. A atividade de chamamento das fêmeas de *T. absoluta* iniciou-se nas duas últimas horas da escotofase, estendendo-se até a quarta hora da fotofase, com pico de atividade de chamamento entre a primeira e segunda hora da fotofase para todos os tratamentos. O tempo de chamamento das fêmeas variou com o tempo de retardo para as fêmeas leves e pesadas, com e sem alimento, para fêmeas leves a alimentação favoreceu o aumento do tempo de chamamento. Alguns aspectos da reprodução da *T. absoluta* foram discutidos, considerando a melhora do desempenho do seu manejo comportamental, por emprego de feromônio sexual sintético.

PALAVRAS-CHAVE: Traça-do-tomateiro, fecundidade, fertilidade, chamamento, idade

MATING DELAY AND FEEDING INFLUENCING THE REPRODUCTIVE BEHAVIOR
OF *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) FEMALES

ABSTRACT – The tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick), is an important tomato pest in Brazil and reproductive behavior studies are necessary to understand and optimize its control with synthetic sexual pheromone. The objective of this work was to evaluate the effect of mating delay and female feeding on the fecundity, longevity, fertility, and the calling ability of *T. absoluta*. The females fecundity decreased with the mating delay increasing. The number of laid eggs was higher for the fed females. The fertility rate decreased with increasing on the mating delay, either with fed females or non-fed females. Female longevity increased with the mating delay increments for both fed and non-fed females. Female calling activity of *T. absoluta* began during the two last hours of scotophase extending up to the fourth hour of photophase. However, the highest percentage of calling activity occurred between the first and the second hour of photophase across the treatments. The calling time of females varied with the mating delay increasing, for both heavy and light females and with no feeding. With light females, the feeding accounted for the increasing and maintenance of calling time. Herein, some aspects of *T. absoluta* reproduction are discussed considering the improvement of its behavior management by employing synthetic sexual pheromone.

KEY WORDS: Tomato leafminer, fecundity, egg viability, calling, age

Introdução

Vários fatores bióticos e abióticos influenciam o comportamento de chamamento de fêmeas e a receptividade de machos em Lepidoptera (Lima & Della Lucia 2001), mas a relativa importância desses fatores varia entre espécies e até entre populações de algumas espécies, refletindo as diferentes condições ecológicas nas quais estas estão normalmente submetidas (McNeil 1991).

O comportamento de chamamento de fêmeas de diversos lepidópteros depende, significativamente, da idade. Há espécies que são precoces sendo, seu chamamento máximo logo após a emergência da fêmea, em outras, a atividade de comunicação é maior depois de dois ou três dias e em outras, ainda, a emissão de feromônio ocorre tardiamente, após vários dias da emergência (Karalius & Bûda 1995).

O retardo do acasalamento nas fêmeas pode acarretar em mudanças fisiológicas associadas à idade, podendo haver diminuição na receptividade (Ringo 1996) e alterações relacionadas ao *fitness*, tais como a fecundidade, fertilidade e longevidade (Lingren *et al.* 1988, McNeil 1991, Rogers & Marti 1996).

Este conjunto de conhecimentos é de fundamental importância para o desenvolvimento de técnicas de controle ou monitoramento de pragas por emprego de feromônio, possibilitando a previsão de sucesso das diferentes técnicas de controle, além da adequação das estratégias de aplicação deste semioquímico no campo (Jutsum & Gordon 1989).

A traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick), é praga-chave nas principais regiões produtoras do Brasil (Picanço *et al.* 1997, Picanço *et al.* 1998). Este inseto tem o hábito minador e broqueador de partes da planta do tomateiro e possui grande potencial biótico, o que acaba ocasionando aplicações elevadas de inseticidas. Isso tem levado um aumento do custo de

produção e proporcionado a seleção de populações resistentes a importantes grupos de inseticidas (Leite *et al.* 1990, Siqueira *et al.* 2000a, Siqueira *et al.* 2000b).

Visando o manejo comportamental deste inseto, Lôbo (2005) estudou a eficiência da coleta massal de machos com armadilhas de feromônio e verificou que apesar da alta taxa de aniquilamento dos machos as perdas na produção permaneceram ainda acima do nível de dano econômico. Diversas causas podem estar associadas à limitada eficiência de controle, principalmente aquelas relacionadas à biologia reprodutiva da traça. Indiretamente, supõe-se que fêmeas sejam capazes de realocar parte da energia voltada para a reprodução para alongar a fase adulta, aumentando a probabilidade de obtenção de um acasalamento com pequeno comprometimento do seu potencial reprodutivo.

Portanto, este trabalho objetivou estudar o efeito do retardo do acasalamento de fêmeas de *T. absoluta* na fecundidade, longevidade, fertilidade, bem como na capacidade de chamamento, visando auxiliar no entendimento e controle dessa praga com o uso de feromônio sexual sintético.

Material e Métodos

Criação de *Tuta absoluta*. Para o estabelecimento da criação da *T. absoluta*, folhas minadas contendo este inseto foram coletadas em plantios comerciais localizados em Camocim de São Félix – PE e trazidos ao Laboratório de Comportamento de Insetos – UFRPE. As folhas infestadas foram postas em contato com folhas frescas de tomateiro variedade Santa Clara para permitir a migração das lagartas. Após o desenvolvimento da fase larval, as pupas obtidas foram acondicionadas em gaiola de madeira (60 x 40 x 40 cm) coberta com organza para a emergência dos adultos. Nesta gaiola foi oferecido alimento a base de solução de mel a 5% e uma folha de tomate como local para oviposição, ambos trocados diariamente.

No momento subsequente a eclosão, as lagartas foram transferidas para os folíolos de tomateiro, em baixa densidade (2 a 4 lagartas/ folíolo), para evitar a competição por alimento e produção de adultos mal formados. Seguindo o término da fase larval, pré-pupas e pupas foram separadas das folhas, sexadas conforme Lôbo (2005), e individualizadas em recipientes plásticos transparentes (2,0 cm de Ø x 3,5 cm de altura) até a emergência dos adultos.

As folhas utilizadas na criação foram mantidas em recipientes plásticos (500 mL) contendo solução nutritiva a 0,1% (Biofert Plus, Biokits Indústria & Comércio LTDA).

Efeito do retardo do acasalamento e alimentação na fecundidade, longevidade e na fertilidade de ovos de *T. absoluta*. Foram formados casais pareando machos virgens de um dia de idade com fêmeas virgens com idades de um (n = 25), dois (n = 25), quatro (n = 27), seis (n = 30) e oito (n = 30) dias após a emergência, em recipientes plásticos transparentes (2,0 cm de Ø x 3,5 cm de altura). Pares que não acasalaram foram desconsiderados, sendo utilizados ao final vinte casais por idade. Após a finalização dos acasalamentos, os machos foram descartados e as fêmeas transferidas, individualmente, para novos recipientes plásticos transparentes (200 mL) contendo folíolos de tomateiro que serviram como substrato para a oviposição. Os folíolos de tomateiro foram fixados em esponjas embebidas em solução nutritiva, sendo o conjunto coberto com organza para permitir as trocas gasosas. Para a manutenção das fêmeas foram oferecidas diariamente gotículas de água, aplicada na parede do recipiente de oviposição.

A fecundidade e longevidade foram determinadas através da observação diária do número de ovos ao longo da vida das fêmeas. A fertilidade dos ovos foi determinada após um período de incubação de seis dias, onde foi contado o número de ovos inférteis (opacos e sem embrião) com auxílio de lupa binocular estereoscópica. Para avaliação do efeito da nutrição do adulto sobre a reprodução de *T. absoluta*, o mesmo experimento anterior foi repetido, mas com fornecimento diário e *ad libitum* de gotículas de solução de mel a 5% as fêmeas. Todas as etapas desses

experimentos foram mantidas à temperatura de 26 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10 % e fotoperíodo de 12 horas.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e vinte repetições. Os dados de fecundidade, fertilidade e longevidade foram submetidos à análise de regressão e análise de covariância considerando o fator retardo do acasalamento como covariável. Os modelos de regressão foram posteriormente submetidos à comparação dos coeficientes angulares e interceptos pelo PROC GLM (Sas Institute 1999-2001).

Efeito do retardo do acasalamento e alimentação na frequência e tempo de chamamento de fêmeas de *T. absoluta*. Foram pesadas pupas fêmeas de dois dias, separadas em grupos de fêmeas leves e pesadas e posteriormente, submetidas à fotoperíodo atrasado em seis horas e meia em relação ao natural para facilitar as observações do comportamento dos adultos. Assim, o início da fotofase do fotoperíodo alterado correspondia às doze horas do fotoperíodo natural, permitindo tempo suficiente para observações tanto da escotofase como na fotofase. No período de emergência das fêmeas, uma segunda subdivisão foi efetuada estabelecendo dentro dos grupos de fêmeas leves e pesadas, subgrupos de fêmeas alimentadas e não alimentadas, fornecendo diariamente e direcionadamente solução de mel a 5% ou apenas água, respectivamente. Desta forma, foram estabelecidos quatro tratamentos: fêmeas leves sem alimentação, fêmeas leves com alimentação, fêmeas pesadas sem alimentação e fêmeas pesadas com alimentação.

As observações de distribuição de tempo e frequência de chamamento foram realizadas durante as três últimas horas da escotofase até as cinco primeiras horas da fotofase, durante os primeiros oito dias da emergência dos adultos. Considerou-se como indicador da atividade de chamamento, quando as fêmeas adotavam uma postura inclinada em relação à superfície de apoio com afastamento de pernas posteriores e asas ligeiramente abertas. Na extremidade do abdome era protraída uma estrutura semelhante a uma bolsa em forma de pé, com contrações lentas e

intermitentes (Hickel *et al.* 1991). O comportamento dos insetos foi registrado a cada 10 minutos, assumindo-se que o comportamento durante os 10 minutos posteriores foram aqueles do momento da observação (Toth 1985). Para as observações durante a escotofase, utilizou-se uma lanterna contendo um filtro vermelho e lâmpadas vermelhas fixadas no teto da sala climatizada. Todas as etapas desses experimentos foram mantidas à temperatura de 26 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10 % e fotoperíodo de 12 horas.

Os dados de frequência de chamamento das fêmeas leves e pesadas em diferentes estados de nutrição e retardo de acasalamento foram submetidos aos procedimentos de estatística descritiva. Os dados de tempo de chamamento e tempo de retardo foram submetidos a análise de correlação de Spearman e posteriormente o tempo de chamamento ao teste de comparações múltiplas de Kruskal-Wallis pelo PROC CORR e PROC NPAR1WAY (Sas Institute 1999-2001).

Resultados

Efeito do retardo do acasalamento e alimentação de fêmeas na fecundidade, longevidade e na fertilidade de ovos de *T. absoluta*. O número de ovos produzidos pelas fêmeas alimentadas decresceu com o incremento do tempo de retardo dos acasalamentos, sendo ajustado um modelo linear ($F = 34,69$, $GL = 1$, 98 ; $P < 0,0001$) (Fig. 1). Semelhante relação foi verificada para as mesmas variáveis no modelo das fêmeas não alimentadas ($F = 29,18$, $GL = 1$, 103 ; $P < 0,0001$). O comportamento geral dos dois modelos ajustados foi o mesmo, pois seus coeficientes angulares não diferiram estatisticamente, sendo suas retas consideradas paralelas ($F = 0,15$, $GL = 1$; $P = 0,702$) (Tabela 1). A diferença encontrada entre os dois modelos foi o nível de produção de ovos, no qual fêmeas alimentadas foram mais fecundas, como foi revelado pela diferença estatística dos interceptos ($F = 63,97$, $GL = 1$; $P < 0,0001$).

A fertilidade dos ovos decresceu linearmente com o aumento do tempo de retardo, tanto para fêmeas alimentadas ($F = 32,22$, $GL = 1$, 98 ; $P < 0,0001$) (Fig. 2), quanto para fêmeas não alimentadas ($F = 56,7$, $GL = 1$, 103 ; $P < 0,0001$), mas em diferentes taxas de decréscimo ($F = 17,45$, $GL = 1$; $P < 0,0001$) (Tabela 1), sendo os modelos considerados não paralelos.

A longevidade das fêmeas alimentadas aumentou com o incremento do retardo dos acasalamentos, sendo ajustado um modelo linear ($F = 148,90$, $GL = 1$, 98 ; $P < 0,0001$) (Fig. 3). Semelhante comportamento ocorreu para o modelo ajustado para as fêmeas não alimentadas ($F = 18,08$, $GL = 1$, 103 ; $P < 0,0001$), mas os dois modelos apresentaram diferenças nas taxas de incremento de longevidade ($F = 15,50$, $GL = 1$; $P < 0,0001$) (Tabela 1).

Efeito do retardo do acasalamento e alimentação na frequência e tempo de chamamento de fêmeas de *T. absoluta*. A atividade de chamamento das fêmeas de *T. absoluta* iniciou nas duas últimas horas da escotofase, estendendo-se até a quarta hora da fotofase, com pico de atividade de chamamento entre a primeira e segunda hora da fotofase para todos os tratamentos (Fig. 4). A frequência de chamamento variou entre os tratamentos ao longo dos tempos de retardo dos acasalamentos.

As fêmeas leves não alimentadas exibiram menor frequência de chamamento no primeiro dia de vida, tendo no pico chamamento cerca de 35% de participação (Fig. 4), enquanto que as fêmeas leves alimentadas, no mesmo período, apresentaram 50% de atividade. As fêmeas pesadas não alimentadas e fêmeas pesadas alimentadas apresentaram maior atividade, exibindo 52 e 65% de atividade, respectivamente.

As fêmeas leves não alimentadas apresentaram elevação da atividade de chamamento no segundo dia de retardo, com participação de cerca de 72% no pico de atividade (Fig. 4), mas ainda inferior as leves alimentadas (78%), pesadas não alimentadas (80%) e pesadas alimentadas (90%), que também apresentaram elevação de atividade. As frequências de chamamento não diferiram

muito do segundo para o quarto dia de retardo para todos os tratamentos, mas apresentaram decréscimo no sexto dia, apenas para fêmeas leves não alimentadas (50%) e alimentadas (60%). Nesse período, as fêmeas pesadas não alimentadas e alimentadas participaram do pico de chamamento com 89 e 92% de atividade. O oitavo dia de retardo promoveu queda acentuada para as fêmeas leves não alimentadas e alimentadas (30 e 50%, respectivamente) e redução moderada para as fêmeas pesadas não alimentadas (80%) e alimentadas (86%).

O tempo de chamamento das fêmeas de *T. absoluta* variou com peso, tempo de retardo e ocorrência da alimentação. Para as fêmeas leves não alimentadas o tempo de chamamento foi correlacionado negativamente com o tempo de retardo de acasalamentos (teste de postos de Spearman, $r_s = -0,2583$, $P = 0,0064$) (Fig. 5a). Não houve correlação entre o tempo de chamamento e tempo de retardo de acasalamentos para as fêmeas leves alimentadas ($r_s = -0,07952$, $P = 0,3334$) (Fig. 5b), para as fêmeas pesadas não alimentadas ($r_s = 0,1389$, $P = 0,0629$) (Fig. 5c) e fêmeas pesadas e alimentadas ($r_s = 0,0968$, $P = 0,2025$) (Fig. 5d). Estes fatos demonstraram que a alimentação para fêmeas leves favoreceu a manutenção do chamamento.

O tempo de chamamento não diferiu para as fêmeas leves não alimentadas, fêmeas leves alimentadas, fêmeas pesadas não alimentadas e fêmeas pesadas alimentadas após 24 horas da emergência (Kruskal-Wallis, $H = 6,30$, $GL = 3$, $P < 0,05$) (Tabela 2). Para o tempo de retardo de 2 e 4 dias, o tempo de chamamento das fêmeas pesadas alimentadas foi superior ao das fêmeas leves não alimentadas, mas não diferiu estatisticamente das fêmeas leves alimentadas, ou pesadas não alimentadas, respectivamente. Nestes tempos de retardos não houve diferença no tempo de chamamento entre as fêmeas leves não alimentadas, fêmeas leves alimentada e fêmeas pesadas não alimentadas, (Kruskal-Wallis, $H = 8,148$, $GL = 3$, $P < 0,05$) (Kruskal-Wallis, $H = 8.047$, $GL = 3$, $P < 0,05$). O tempo de chamamento das fêmeas pesadas alimentadas e pesadas não alimentadas expresso no sexto e oitavo dia de retardo não diferiu estatisticamente, mas foi superior as das

fêmeas leves não alimentadas e leves alimentadas, respectivamente (Kruskal-Wallis, $H = 20,323$, $GL = 3$, $P < 0,05$) (Kruskal-Wallis, $H = 25,305$, $GL = 3$, $P < 0,05$).

Discussão

O melhor desempenho reprodutivo de *T. absoluta* ocorreu em acasalamentos realizados no primeiro dia ou segundo dia de vida das fêmeas (Figs. 1, 2 e 3). A idade em que deve ocorrer um acasalamento para maximizar a reprodução em Lepidoptera é variável quanto às espécies. Karalius & Bûda (1995), por exemplo, estudando distintas famílias de mariposas observaram que, para fêmeas de *Ephestia kuehniella* Zeller, a fecundidade é máxima para acasalamentos realizados no primeiro dia após a emergência do adulto, diferentemente de *Cydia pomonella* Linnaeus e *Yponomeuta cognagellus* Hübner onde a fecundidade é maximizada para acasalamentos no terceiro dia e do terceiro ao sétimo dia, respectivamente. Portanto existem diferentes ritmos biológicos relacionados ao processo de maturação sexual nessa ordem de insetos.

As taxas de fecundidade e fertilidade decresceram com o aumento do retardo dos acasalamentos em fêmeas de *T. absoluta* com e sem alimento. O mesmo fenômeno foi observado em *Argyrotaenia sphaleropa* Meyrick (Pinto *et al.* 2005) e *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet) (Michereff *et al.* 2004), demonstrando ser um padrão freqüente na biologia reprodutiva dos lepidópteros. Existem exceções neste padrão como foi, por exemplo, encontrado em *Pectinophora scutigera* (Holdaway) onde a taxa de fertilidade não decresceu com retardo do acasalamento (Walker 1991). Estas exceções justificam, então, a necessidade de estudos específicos na reprodução dos insetos, evitando generalizações.

Para fêmeas sem alimento, o decréscimo da taxa de fertilidade ao longo do retardo dos acasalamentos, em relação às alimentadas, foi maior sugerindo que a alimentação dos adultos é importante para a fertilidade dos ovos, não apenas como fornecedor de energia de outras

atividades, como o vôo para a busca de abrigo e oviposição. Este fato tem implicações no manejo de plantas invasoras ou uso de faixas circundantes no cultivo de tomateiros com o intuito de produzir flores e fornecer alimentos aos inimigos naturais, mas que acabam por favorecer também a permanência da traça no campo.

De um modo geral, em mariposas, a época de acúmulo de reservas nutritivas que servirão para a produção de ovos ocorre na fase larval por haver maior disponibilidade de aminoácidos essenciais no ambiente das lagartas do que dos adultos. Este fenômeno é encontrado em *Pseudoplusia includens* (Walker) e *Heliothis virescens* (Fabr.) (Wheeler 1996). Na fase adulta, algumas fêmeas de lepidópteros como em *Amphion floridensis*, podem sintetizar uma larga fração de aminoácidos essenciais utilizando o arcabouço de carboidratos obtido na ingestão de néctar na fase adulta, incrementando a sua fecundidade. Entretanto essa conversão de carboidratos em aminoácidos essenciais é dependente da disponibilidade de fontes nitrogenadas nas reservas do inseto que doarão átomos de nitrogênio para a formação desses aminoácidos (O'Brien *et al.* 2002). Quando as reservas de nutrientes essenciais são escassas na fase larval desses insetos, há redução da produção de ovos mesmo com a ocorrência de alimentação dos adultos (Wheeler 1996).

Estes exemplos ajudam a esclarecer o que foi verificado neste trabalho para *T. absoluta*, onde a fecundidade foi maior nas fêmeas alimentadas do que nas fêmeas não alimentadas, embora as taxas de redução da fecundidade tenham sido semelhantes. Este fato não foi observado para as taxas de fertilidade, havendo decréscimo maior para fêmeas não alimentadas. Dessa forma, supõe-se que para a formação de ovos em *T. absoluta* a alimentação da fase larval também seja mais importante.

A longevidade de fêmeas de *T. absoluta* aumentou com o retardo do acasalamento, principalmente quando estas foram alimentadas (Fig. 3). De forma semelhante, em *Scrobipalpa*

ocellatella Boyd, o retardo do acasalamento promoveu aumento da longevidade, à custa da reabsorção dos ovos maduros, considerando-se que a energia gerada é realocada para a manutenção da vida da fêmea (Robert 1970). O aumento da longevidade por efeito do retardo do acasalamento é aceito em alguns lepidópteros como sendo resultado da redução dos gastos energéticos com processos fisiológicos (como a energia alocada para formação dos ovos) e comportamentais relacionados à reprodução (como a busca e seleção de sítios de oviposição) (Torres-Vila *et al.* 2002).

Pode-se considerar que a compensação pelo aumento da longevidade por efeito do retardo do acasalamento seja um fenômeno fisiológico adaptativo dessas espécies por aumentar as chances da ocorrência da reprodução, mesmo em condições adversas como na coleta massal.

A variação na frequência de chamamento ao longo dos retardos dos acasalamentos reflete um processo de maturação sexual, estabilização e posterior envelhecimento das fêmeas. A atividade de chamamento está relacionada ao processo de maturação dos ovos que deve ter sido atingido, provavelmente, a partir do segundo dia de vida das fêmeas de *T. absoluta*. As reservas energéticas das fêmeas, provavelmente, estenderam-se até o sexto dia de retardo, havendo posteriormente decréscimo coincidindo com a queda do chamamento. As fêmeas pesadas alimentadas e não alimentadas, por terem maiores reservas energéticas apresentaram menor redução da atividade de chamamento.

O período de atividade de chamamento variou muito pouco entre todos os tratamentos, não ocorrendo avanços e nem retardos no início do chamamento pelas fêmeas. Isto, provavelmente, ocorreu devido às fêmeas estarem individualizadas em recipientes fechados, sem contato com o feromônio produzido por outras fêmeas. As antecipações ou retardos são comportamentos adaptativos que aumentariam a probabilidade das fêmeas de menor vigor de atrair mais cedo um parceiro para o acasalamento, reduzindo a competição com as fêmeas de melhor condição

fisiológica, como as advindas de uma boa alimentação na fase larval (McNeil 1991). Este fato foi verificado, por exemplo, em *Thyrinteina arnobia* (Stoll) havendo antecipação de chamamento nas primeiras horas de escotofase (Batista-Pereira *et al.* 2004).

A *T. absoluta* iniciou o chamamento no 1° e 2° dias após a emergência, demonstrando assim, que o melhor momento para a sua reprodução é durante esse período. Tal fato pode ser observado nos resultados da fecundidade, onde as taxas foram altas nesse período. De acordo com Gunn *et al.* (1989) e Han & Gatehouse (1991), insetos que iniciam o chamamento mais cedo podem começar a reprodução logo após a emergência sem o requerimento da ingestão de carboidratos. Portanto, a performance é, em geral, mais dependente das condições herdadas da fase larval, ou seja, da qualidade do alimento oferecido na fase larval (Batista-Pereira *et al.* 1994).

O chamamento e a produção de ovos em Insecta são fenômenos relacionados a maturação de ovos, que por sua vez esta sob o comando do hormônio juvenil e este está sujeito a nutrientes adquiridos durante o estágio larval ou adulto, dependendo da espécie de inseto (Engelmann 1968, Wheeler 1996). Qualquer fator que afete a aquisição de nutrientes, como a quantidade ou a qualidade do alimento, por exemplo, pode influenciar negativamente a produção de ovos (Wheeler 1996), através do hormônio juvenil. Com a ausência de nutrientes, o hormônio juvenil não induz a síntese de vitelogenina para o oócito, suprimindo a produção de ovos (Engelmann 1968), afetando a maturação destes e conseqüentemente a liberação de feromônio. A fonte alimentar pode afetar, também, outros aspectos associados ao feromônio em fêmeas, tal como a periodicidade de comportamento de chamamento (McNeil & Delisle 1989).

Este conjunto de características da biologia reprodutiva das fêmeas de *T. absoluta* ajudam a explicar a eficiência limitada da sua coleta massal, sendo necessário, portanto, indicar uma alternativa de controle por emprego de feromônio mais adequada a este inseto. A principal característica a ser considerada para escolha de uma técnica, então, deve ser a que permita incidir

na maior parte da população de machos possível, para minimizar acasalamentos em campo, pela praga.

O confundimento pode ser uma técnica mais adequada para controle. Nas condições ideais, esta técnica, através da formação de uma atmosfera de feromônio em todo o plantio, permite alcançar e inviabilizar parcela da população de machos no campo, pela fadiga sensorial. A extensão da fadiga é variável, mas a contínua exposição ao feromônio favorece a manutenção dos insetos inativos até a morte (Jutsum & Gordon 1989). Semelhantemente, a técnica de atrai e mata também causa o confundimento, além de promover a aniquilação dos machos (Jutsum & Gordon 1989). A técnica do atrai e mata também se mostra vantajosa à coleta massal pela possibilidade de empregar um maior número de iscas, promovendo maior competição em relação às fêmeas, favorecendo, portanto, o aumento no aniquilamento dos machos.

Agradecimentos

Aos programas PROCAD/CAPES e PRODOC/CAPES pelo financiamento desta pesquisa. A José Moura da Silva Júnior e Isabelle Susan de Andrade Pereira pelos préstimos indispensáveis a realização dessa pesquisa.

Literatura Citada

- Batista-Pereira, L.G., C.F. Wilcken, S.D. Pereira Neto & E.N. Marques. 2004.** Comportamento de chamamento de *Thyrinteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae) em *Psidium guajava*, *Eucalyptus grandis* e em dieta artificial. Neotrop. Entomol. 33: 21-28.
- Engelmann, F. 1968.** Endocrine control of reproduction in insects. Annu. Rev. Entomol. 30: 1-27.
- Gunn, A., A.G. Gatehouse & K.P. Woodrow. 1989.** Trade-off between flight and reproduction in the African armyworm moth, *Spodoptera exempta*. Physiol. Entomol. 14: 419-427.

- Han, E. & A.G. Gatehouse. 1991.** The effect of adult feeding on female pre-calling period and ovarian development in a migratory moth, the oriental armyworm *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). Bull. Entomol. Res. 81: 395-400.
- Hickel, E.R., E.F. Vilela, J.O.G. Lima & T.M.C. Della Lucia. 1991.** Comportamento de acasalamento de *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Pesqu. Agropecu. Bras. 26: 827-835.
- Karalius, V. & V. Bûda. 1995.** Mating delay effect on moths' reproduction: correlation between reproduction success and calling activity in females *Ephestia kuehniella*, *Cydia pomonella*, *Yponomeuta cognagellus* (Lepidoptera: Pyralidae, Tortricidae, Yponomeutidae). Pheromones 5: 169-190.
- Leite, D., G.A. Groppo, A.F. Bresciani, J.E.M. Hoppe & A.C.N. Martins. 1990.** Considerações preliminares do manejo integrado de pragas do tomateiro estaqueado na região de Capivari. p. 221-236. In O.A. Fernandes, D.C.B. Côrrea & S.A. Borloli (eds), Manejo integrado de pragas e nematóides. Jaboticabal, UNESP, 253p.
- Lima, E.R. & T.M.C. Della Lucia. 2001.** Bioquímica dos Feromônios. p. 13-26. In E.F. Vilela & T.M.C. Della Lucia (eds), Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas. Ribeirão Preto, Holos, 206p.
- Lingren, P.D., W.B. Warner & T.J. Henneberry. 1988.** Influence of delayed mating on egg production, egg viability, mating and longevity of female pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). Environ. Entomol. 17: 86-89.
- Lôbo, A.P. 2005.** Interferência de componentes do feromônio sexual, densidade de armadilhas e do estado reprodutivo de machos de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) na coleta massal. Tese de Doutorado, Lavras, UFLA, 86p.
- Jutsum, A.R. & R.F.S. Gordon. 1989.** Pheromones: importance to insects and role in pest management, p. 1-13. In A.R. Jutsum & R.F.S. Gordon (eds.), Insect pheromones in plant protection. New York, John Wiley and Sons Ltd.
- McNeil, J.N. 1991.** Behavioral ecology of pheromone-mediated communication in moths and its importance in the use of pheromone traps. Annu. Rev. Entomol. 36: 407-430.
- McNeil, J.N. & J. Delisle. 1989.** Host plant pollen influences calling behavior and ovarian development of the sunflower moth, *Homoeosoma electellum*. Oecologia 80: 201-205.
- Michereff, M.F.F., E.F. Vilela, M. Michereff Filho, D.M.S. Nery & J.T. Thièbaut. 2004.** Effects of delayed mating and male mating history on the reproductive potential of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). Agric. For. Entomol. 6: 241-247.
- O'Brien, D.M., M.L. Fogel & C.L. Boggs. 2002.** Renewable and nonrenewable resources: amino acid turnover and allocation to reproduction in Lepidoptera. Proc. Acad. Nat. Sci. Phila. 99: 4413-4418.

- Picanço, M., F.G. Faleiro, A. Pallini Filho & A.L. Matioli. 1997.** Perdas na produtividade do tomateiro em sistemas alternativos de controle fitossanitário. *Hortic. Bras.* 15: 88-91.
- Picanço, M., G.L.D. Leite, R.N.C. Guedes & E.A. Silva. 1998.** Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. *Crop Prot.* 17: 447-452.
- Pinto, Â.P., J. Sant'Ana & M. Botton. 2005.** Influência da idade da fêmea na performance reprodutiva e longevidade de *Argyrotaenia sphaleropa* (Lepidoptera: Tortricidae). *Iheringia. Ser. Zool.* 95: 435-440.
- Ringo, J. 1996.** Sexual receptivity in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 41: 473-494.
- Robert, P.C. 1970.** Action stimulante de la plante - hôte sur l'activité reproductrice chez la Teigne de la Betterave *Scrobipalpa ocellatella* Boyd (Lépidoptère: Gelechiidae). In L' influence des stimuli externes sur la gamétogenèse des insectes. *Colloq. Int. C.N.R.S.* 189: 147-172.
- Rogers, C.E. & O.G. Marti. Jr. 1996.** Beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): effects of age at first mating on reproductive potential. *Fla. Entomol.* 79: 343-352.
- Sas Institute. 1999-2001.** SAS/STAT user's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute, Cary, NC.
- Siqueira, H.A.A., R.N.C. Guedes & M.C. Picanço. 2000a.** Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agric. For. Entomol.* 2: 147-153.
- Siqueira, H.A.A., R.N.C. Guedes & M.C. Picanço. 2000b.** Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Appl. Entomol.* 124: 233-238.
- Torres-Vila, L.M., M.C. Rodríguez-Molina & J. Stockel. 2002.** Delayed mating reduces reproductive output of female European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Bull. Entomol. Res.* 92: 241-249.
- Toth, M. 1985.** Temporal pattern of the female calling behavior of the potato tuberworm moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Z. Angew. Entomol.* 99: 322-327.
- Walker, P.W. 1991.** Effects of delayed mating on the reproduction of *Pectinophora scutigera* (Holdaway) (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Aust. Entomol. Soc.* 30: 339-340.
- Wheeler, D. 1996.** The role of nourishment in oogenesis. *Annu. Rev. Entomol.* 41: 407-431.

Tabela 1. Análise de covariância do efeito do retardo de acasalamento e da alimentação na fecundidade, longevidade e na fertilidade dos ovos de fêmeas de *T. absoluta* a $26 \pm 2^\circ\text{C}$, fotofase de 12h e UR de $70 \pm 10\%$.

Interação	Coeficiente angular		Intercepto	
	F	P	F	P
Fecundidade de fêmeas alimentadas x não alimentadas	0,15	0,702	63,97	<0,0001
Fertilidade dos ovos de fêm. alim. x não alimentadas	17,45	<0,0001	-	-
Longevidade de fêmeas alimentadas x não alimentadas	15,50	<0,0001	-	-

Tabela 2. Efeito do retardo de acasalamento, peso e alimentação sobre o tempo de chamamento de fêmeas de *T. absoluta* mantidas a $26 \pm 2^\circ\text{C}$, fotofase de 12h e UR de $70 \pm 10\%$.

Tempo de retardo (dias)	Fêmeas ¹			
	Leves sem alimento	Leves com alimento	Pesadas sem alimento	Pesadas com alimentos
1	81,50 ± 18,11a (57,52)	69,97 ± 14,26a (52,23)	99,06 ± 16,74a (61,61)	114,51 ± 13,28a (73,59)
2	100,95 ± 16,15a (48,07)	127,4 ± 14,77ab (59,60)	127,97 ± 13,57ab (60,03)	161,31 ± 13,17b (74,84)
4	100,57 ± 16,61a (50,70)	135,03 ± 15,71ab (62,73)	117,72 ± 12,27ab (55,63)	166,54 ± 15,05b (75,03)
6	62,59 ± 16,06a (38,57)	95,33 ± 18,22a (50,97)	154,41 ± 13,09b (74,22)	156,51 ± 14,19b (73,61)
8	41,00 ± 14,93a (36,55)	70,40 ± 15,97a (49,83)	121,08 ± 13,41bc (70,63)	148,51 ± 16,66c (79,56)

¹As médias das ordens utilizadas nas análises estão entre parênteses. Valores seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de comparações múltiplas de Kruskal-Wallis ($P > 0,05$).

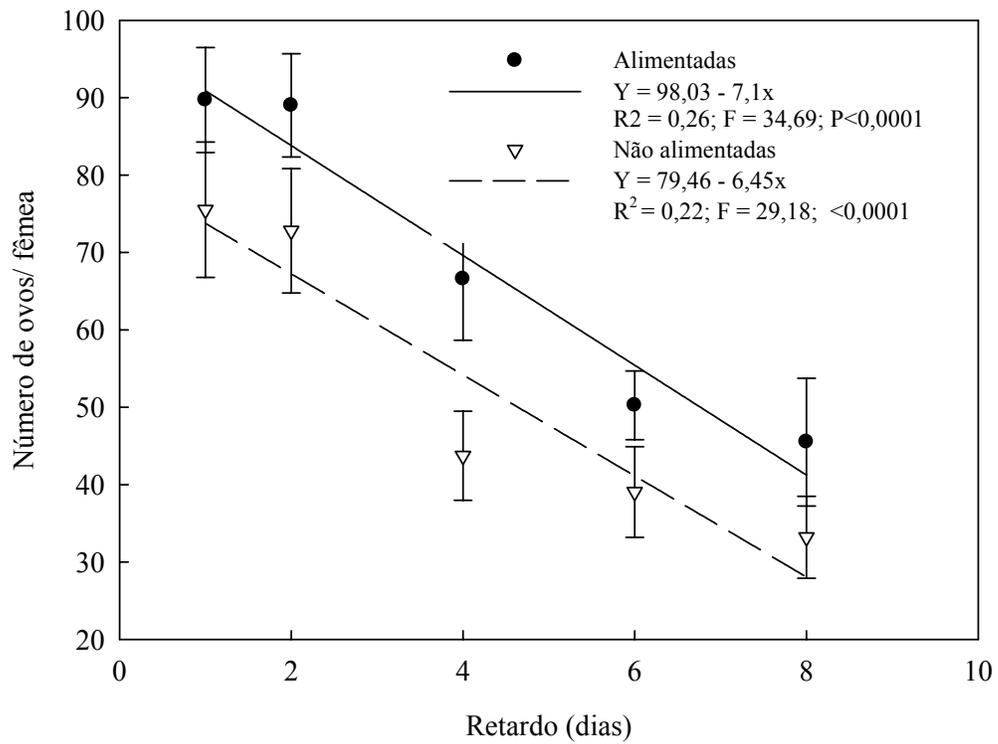


Figura 1. Fecundidade de fêmeas de *T. absoluta* sob efeito de retardo do acasalamento e ingestão de alimentos.

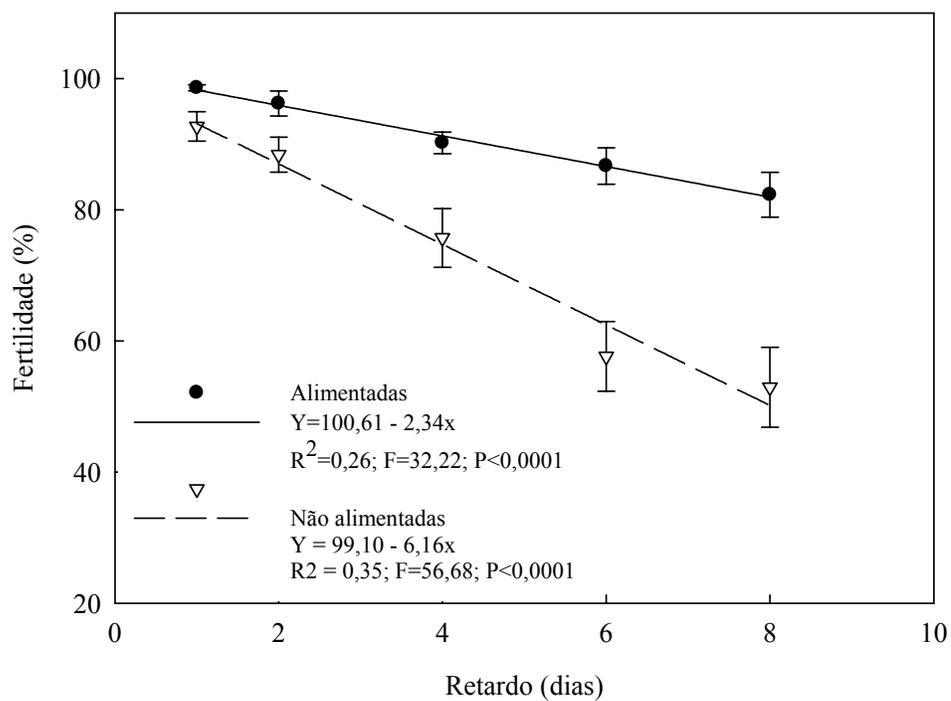


Figura 2. Fertilidade de fêmeas de *T. absoluta* sob efeito de retardo do acasalamento e ingestão de alimentos.

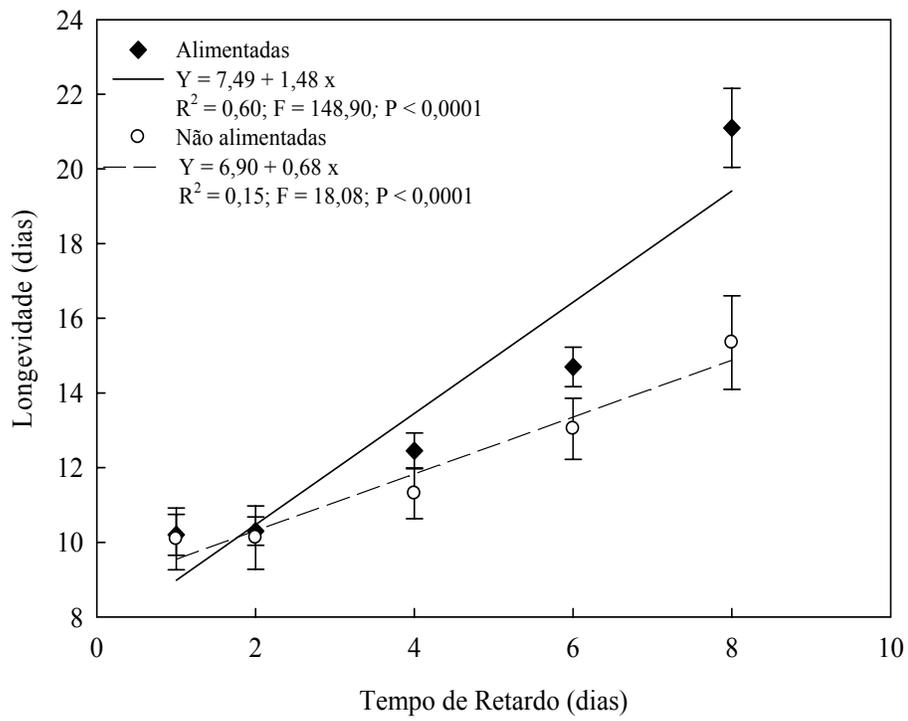


Figura 3. Longevidade de fêmeas de *T. absoluta* sob efeito de retardo do acasalamento e ingestão de alimentos.

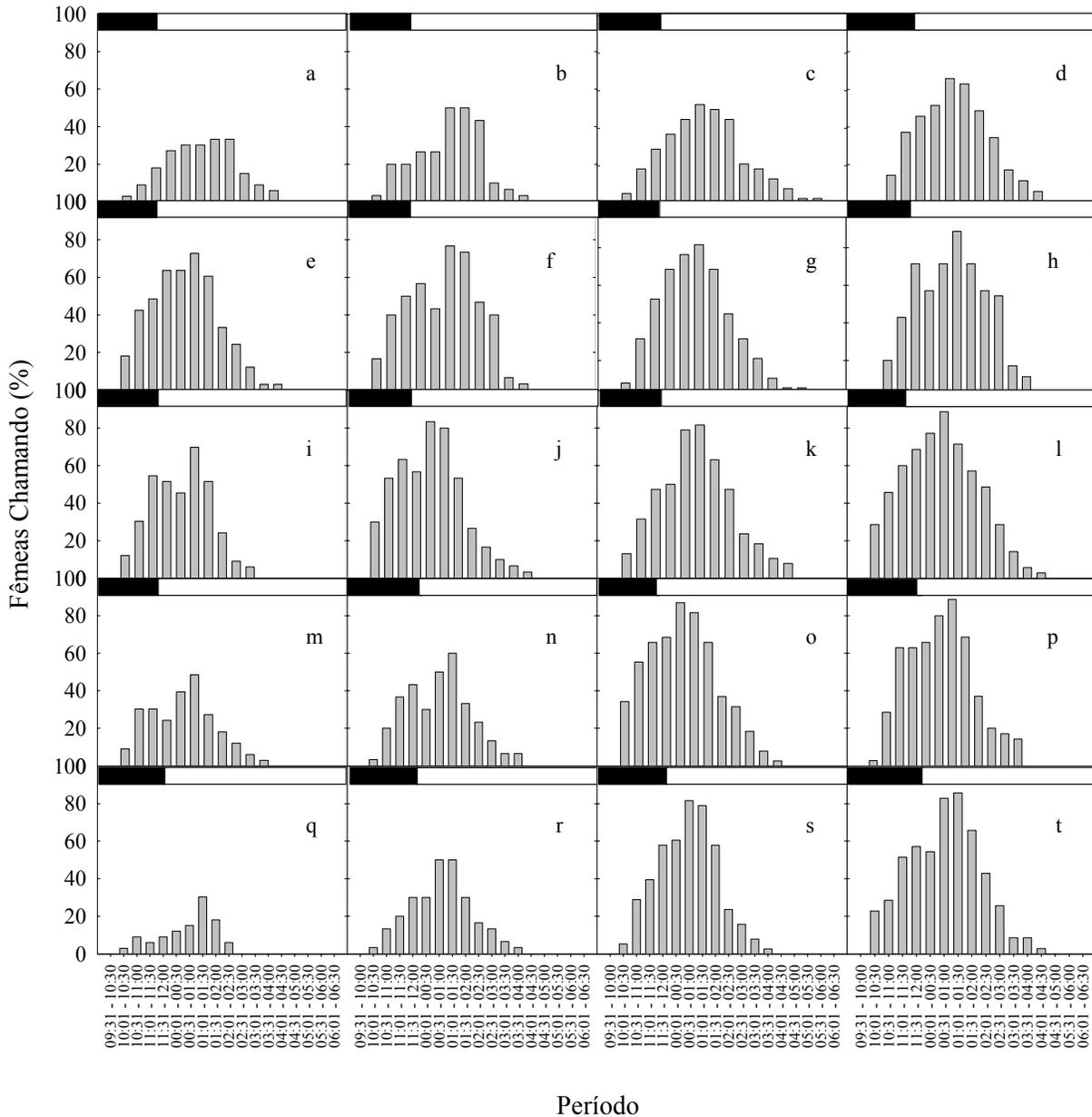


Figura 4. Distribuição de freqüência de chamamento de *T. absoluta* sob efeito de retardo de acasalamentos e alimentação de fêmeas leves e pesadas, observadas durante as 3 últimas horas da escotofase até a 5ª hora da fotofase. As figuras das linhas 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem aos retardos de 1, 2, 4, 6 e 8 dias no acasalamento, respectivamente. As figuras das colunas 1, 2, 3 e 4 correspondem às fêmeas leves sem alimento (a, e, i, m, q), as fêmeas leves com alimento (b, f, j, n, r), as fêmeas pesadas sem alimento (c, g, k, o, s) e as fêmeas pesadas com alimento (d, h, l, p, t), respectivamente. Barras escuras na parte superior dos gráficos representam o período de escotofase e barras claras a fotofase.

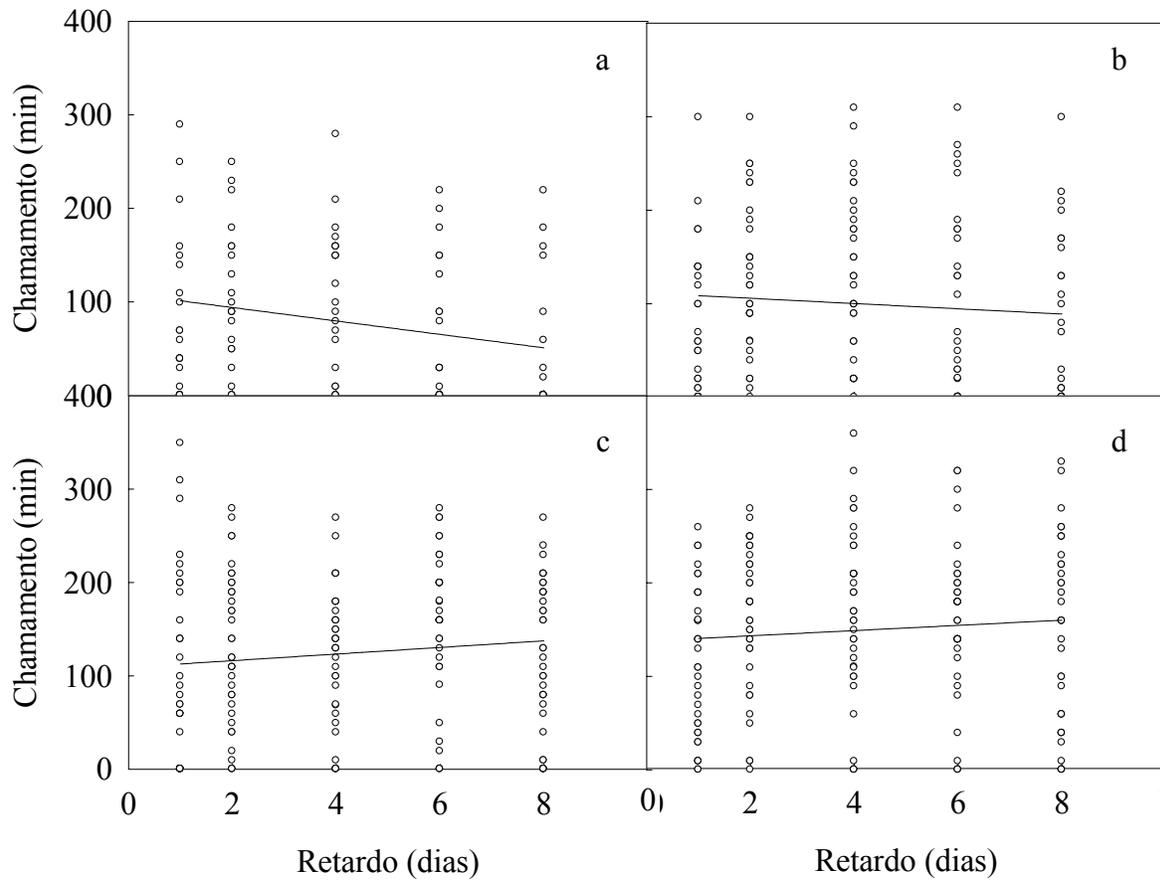


Figura 5. Correlação entre o tempo de chamamento e o tempo de retardo de acasalamentos de fêmeas de *T. absoluta* leves não alimentadas (a) ($r_s = -0,2583$, $P = 0,0064$), leves alimentadas (b) ($r_s = -0,07952$, $P = 0,3334$), (c) pesadas não alimentadas ($r_s = 0,13894$, $P = 0,0629$) e pesadas alimentadas (d) ($r_s = 0,09681$, $P = 0,2025$).

CAPÍTULO 3

ACASALAMENTOS MÚLTIPLOS EM *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)¹

SHÊNIA S. SILVA¹, AILTON P. LÔBO¹, HERBERT A. A. SIQUEIRA¹ E EDIVAN U. C. COSTA¹

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

¹Silva, S.S., A.P. Lôbo, H.A.A. Siqueira & E.U.C. Costa. Acasalamentos múltiplos em *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Applied Entomology.

RESUMO – Os efeitos de acasalamentos múltiplos de machos e fêmeas de *Tuta absoluta* (Meyrick) na longevidade, fecundidade e fertilidade foram estudados. Os machos desta espécie são poliginicos, sendo capazes de realizar até 12 cópulas em dias consecutivos, apresentando em média 6,5 vezes acasalamentos durante sua vida. A taxa de breacasalamentos, fecundidade, fertilidade das fêmeas decresceram com o aumento do número de acasalamentos dos machos. Houve um aumento linear da longevidade das fêmeas com o incremento de cópulas produzidas pelos machos. A maioria das fêmeas coletadas em campo ou mantidas em laboratório acasalou apenas uma vez, ocorrendo reacasalamentos em pequena extensão, em torno de 7,25% para as do campo e 12,2% para as do laboratório, sugerindo a existência da poliandria em fêmeas de *T. absoluta*. O reacasalamentos em fêmeas neste inseto favorece ao aumento da sua longevidade, mas sem contribuição para o aumento da sua fecundidade ou fertilidade. Alguns aspectos dos acasalamentos múltiplos de machos e fêmeas de *T. absoluta* foram discutidos para a otimização de técnicas de manejo comportamental por emprego de feromônio sexual sintético.

PALAVRAS-CHAVE: Traça-do-tomateiro, fecundidade, fertilidade, poliginia, poliandria

MULTIPLE MATING IN *Tuta absoluta* (MEYRICK) (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

ABSTRACT – The effects of multiple mating on longevity, fecundity, and fertility, in both males and females of *Tuta absoluta* (Meyrick), were evaluated. Males of this species are polygynous and able to hold up to 12 mates within consecutive days, although they hold in average 6.5 matings during their lifespan. The remating rate of males as well as the fecundity and fertility of females decreased as the polygyny level increased. There was a linear increase of female longevities with the increment of completed matings by males. Most females collected in field or kept in laboratory mated only one time. Remating occurred in little extension, 7.25 and 12.2% for field and laboratory female respectively, which suggests the existence of polyandry in females of *T. absoluta*. The remating of females promotes the increase of their longevities, but without contributing to fecundity and fertility increase. Some aspects of multiple matings of males and females of *T. absoluta* are discussed regarding the development of behavior tactics to manage this pest using synthetic sexual pheromone.

KEY-WORDS: Tomato leafminer, fecundity, fertility, polygyny, polyandry

Introdução

A ocorrência de acasalamentos múltiplos de machos e fêmeas é fato comum em várias ordens de insetos. Neste processo, acasalamentos múltiplos podem ocorrer com o mesmo parceiro (acasalamentos repetidos) ou com parceiros diferentes (poliandria e poliginia) (Drummond 1984).

Anteriormente, acreditava-se que o sucesso reprodutivo das fêmeas apenas estava associado à maximização do seu número de ovos viáveis produzidos (Thornhill & Alcock 1983), então um ou poucos acasalamentos seriam necessários para alcançar esse sucesso, uma vez que os machos possivelmente transfeririam grande quantidade de espermatozóides em cada acasalamento. Diferentemente do que supunham, fêmeas da maioria das espécies de insetos realizam múltiplos acasalamentos com efeitos variáveis em termos de fecundidade, fertilidade e longevidade (Arnqvist & Nilsson 2000).

Diversas pesquisas demonstram que a poliandria pode gerar vários benefícios para as fêmeas dos insetos (Gullan & Cranston 1996, McNeil *et al.* 1997, Drnevich *et al.* 2000, Wedell *et al.* 2002, Arnqvist & Andrés 2006). Como benefícios diretos, têm-se a renovação do suprimento de esperma para fertilizar completamente seus ovos, a transferência de nutrientes (Drnevich *et al.* 2000, Arnqvist & Andrés 2006), ou recursos fornecidos pelo esperma que aumentem a sua longevidade ou o seu potencial reprodutivo. E como benefícios indiretos têm-se o aumento da variabilidade genética da prole e o aumento da qualidade da prole pela competição de espermatozóides (McNeil *et al.* 1997, Drnevich *et al.* 2000) – sobreposição do ejaculado de diferentes machos durante a fertilização (Gullan & Cranston 1996, McNeil *et al.* 1997).

A poliandria também pode ter efeitos negativos para as fêmeas, tais como, o gasto de tempo e de energia com reacasalamentos, o aumento da exposição à predação, a disseminação de doenças entre parceiros, o risco de ferimentos, dentre outros (Arnqvist & Nilsson 2000).

Do mesmo modo acreditava-se, também, que o alto sucesso reprodutivo dos machos estivesse condicionado à quantidade de acasalamentos que esses realizavam (Arnqvist & Andrés 2006, McNamara *et al.* 2007). No entanto, recentes estudos revelam que acasalamentos múltiplos em machos, a poliginia, podem acarretar custo substancial como o esgotamento do esperma ou a redução da sobrevivência (Wedell *et al.* 2002, McNamara *et al.* 2007).

Para fêmeas, a poliginia pode causar impacto negativo no seu sucesso reprodutivo, uma vez que o investimento reprodutivo do macho (quantidade de espermatozoides e nutrientes) declina completamente em cópulas sucessivas (McNeil *et al.* 1997, Wedell & Ritchie 2004, Torres-Vila & Jennions 2005). Em fêmeas monândricas, o comprometimento pode ser ainda maior, pois estas não realizam outros acasalamentos para compensar o déficit de investimento. Por isso que para as fêmeas às vezes é melhor acasalar com machos virgens (McNamara *et al.* 2007).

Dentre as diversas espécies de pragas que infestam a cultura do tomateiro, destaca-se a traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). As lagartas dessa praga causam injúrias às flores, folhas, hastes, ponteiros e principalmente aos frutos, fator chave de perdas da produção desta cultura, depreciando-os para comercialização (Picanço *et al.* 1997, Picanço *et al.* 1998). E em alta densidade populacional pode causar até a morte da planta (Michereff Filho & Vilela 2001).

O número de aplicações de inseticidas pelos produtores no controle de pragas é elevado, sobretudo para a *T. absoluta*, entretanto, sem alcançar a eficiência de controle desejada. Entre as possíveis razões para esta baixa eficiência está a resistência deste inseto-praga a inseticidas (Siqueira *et al.* 2000a, Siqueira *et al.* 2000b). Como consequência da resistência, a dosagem e o número de aplicações de inseticidas são aumentados, gerando problemas ecológicos, econômicos e toxicológicos (Leite *et al.* 1990). Nesse sentido, maiores estudos são necessários para o

desenvolvimento de táticas adequadas de manejo de populações de *T. absoluta*, minimizando os impactos sociais e ecológicos devido o uso abusivo de inseticidas.

Estudando a eficiência da coleta massal de machos com armadilhas de feromônio, Lôbo (2005) verificou que apesar da alta taxa de eliminação dos machos as perdas na produção permaneceram ainda acima do nível de dano econômico. Diversas causas podem estar associadas a essa limitada eficiência de controle, principalmente aquelas relacionadas à biologia reprodutiva da traça. Os machos desta espécie podem ter elevada capacidade reprodutiva e os sobreviventes à coleta massal talvez sejam capazes de compensar a distorção da razão sexual promovida pelo uso das armadilhas. Para esclarecer essa questão, o presente trabalho objetivou estudar o efeito de múltiplos acasalamentos de machos na fecundidade, fertilidade e na longevidade das fêmeas de *T. absoluta*, bem como a ocorrência de poliandria e suas prováveis vantagens para essa espécie.

Material e Métodos

Criação de *Tuta absoluta*. Para o estabelecimento da criação da *T. absoluta*, folhas minadas contendo este inseto foram coletadas em plantios comerciais localizados em Camocim de São Félix-PE e trazidos ao Laboratório de Comportamento de Insetos – UFRPE. As folhas infestadas foram postas em contato com folhas frescas de tomateiro variedade Santa Clara para permitir a migração das lagartas. Após o desenvolvimento da fase larval, as pupas obtidas foram acondicionadas em gaiola de madeira (60 x 40 x 40 cm) coberta com organza para a emergência dos adultos. Nesta gaiola foi oferecido alimento a base de solução de mel a 5% e uma folha de tomate como local para oviposição, ambos trocados diariamente.

No momento subsequente a eclosão, as lagartas foram transferidas para os folíolos de tomateiro em baixa densidade (2 a 4 lagartas/ folíolo), para evitar a competição por alimento e produção de adultos mal formados. Seguido o término da fase larval, pré-pupas e pupas foram

separadas das folhas, sexadas conforme Lôbo (2005) e individualizadas em recipientes plásticos transparentes (2,0 cm de Ø x 3,5 cm de altura) até a emergência dos adultos.

As folhas utilizadas na criação foram mantidas em recipientes plásticos (500 mL) contendo solução nutritiva a 0,1% (Biofert Plus, Biokits Indústria & Comércio LTDA).

Ocorrência de múltiplos acasalamentos de machos de *T. absoluta* e seus efeitos na fecundidade e longevidade de fêmeas e na fertilidade dos seus ovos. Foram formados casais com machos e fêmeas virgens de um dia de idade, acondicionados em recipientes plásticos transparentes (2,0 cm de Ø x 3,5 cm de altura). Após a finalização dos acasalamentos as fêmeas foram transferidas individualmente para novos recipientes plásticos transparentes (200 mL) contendo folíolos de tomateiro que serviram como substrato para a oviposição. Os folíolos foram fixados em esponjas embebidas em solução nutritiva, sendo o conjunto coberto com organza para permitir as trocas gasosas. Para a manutenção das fêmeas foram oferecidas diariamente gotículas de água aplicadas na parede do recipiente de oviposição. Os machos foram submetidos, diariamente, a novos acasalamentos com fêmeas virgens, até a sua morte.

A fecundidade e longevidade foram determinadas através da observação diária do número de ovos ao longo da vida das fêmeas. A fertilidade dos ovos foi determinada após um período de incubação de seis dias, onde foi contado o número de ovos inférteis (opacos e sem embrião) com auxílio de lupa binocular estereoscópica. Todas as etapas desses experimentos foram mantidas à temperatura de 26 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10 % e fotoperíodo de 12 horas.

O delineamento experimental utilizado para o estudo da poliginia foi o inteiramente casualizado, com 24 repetições. Foram ajustados modelos matemáticos através de análise de regressão, relacionando fertilidade, fecundidade ou longevidade das fêmeas com o número de cópulas dos machos. Os dados de distribuição da frequência de acasalamentos dos machos foram

submetidos aos procedimentos de estatística descritiva através do PROC UNIVARIATE (Sas Institute 1999-2001). Casais que não copularam no primeiro dia foram excluídos da análise estatística.

Ocorrência de poliandria em *T. absoluta* e seu efeito na fecundidade e longevidade de fêmeas e na fertilidade dos seus ovos.

Estudo em laboratório. Foram formados casais com machos e fêmeas virgens de um dia de idade acondicionados em recipientes plásticos transparentes (2,0 cm de Ø x 3,5 cm de altura). Pares que não acasalaram foram desconsiderados, sendo utilizados ao final 90 casais. Após a finalização dos acasalamentos, as fêmeas foram transferidas individualmente para novos recipientes plásticos transparentes (200 mL) contendo folíolos de tomateiro que serviram como substrato para a oviposição. Os folíolos foram fixados em esponjas embebidas em solução nutritiva, sendo o conjunto coberto com organza para permitir as trocas gasosas. Para a manutenção das fêmeas foram oferecidas, diariamente, gotículas de água aplicadas na parede do recipiente de oviposição.

Nos dias subseqüentes a primeira cópula foi observado o retorno dos chamamentos das fêmeas, sendo as fêmeas que exibiram esse comportamento expostas a machos virgens de até três dias de idade. Esse procedimento foi repetido até a morte das fêmeas.

A fecundidade e longevidade foram determinadas através da observação diária do número de ovos ao longo da vida das fêmeas. A fertilidade dos ovos foi determinada após um período de incubação de seis dias, onde foi contado o número de ovos inférteis (opacos e sem embrião) com auxílio de lupa binocular estereoscópica. Todas as etapas desses experimentos foram mantidas à temperatura de 26 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10 % e fotoperíodo de 12 horas.

O delineamento experimental utilizado para o estudo da poliandria foi o inteiramente casualizado, com 90 repetições para teste de laboratório. As comparações dos resultados de fecundidade, fertilidade e longevidade das fêmeas acasaladas uma e duas vezes foram submetidos à análise de variância e teste F, a 5% de significância pelo PROC GLM (Sas Institute 1999-2001).

Estudo em campo. Este trabalho foi realizado em três cultivos comerciais de tomateiro situados na cidade de Camocim de São Félix, PE, em fase final de produção, período com reduzida aplicação de inseticidas e baixa interferência na população da *T. absoluta*.

Para a determinação da ocorrência de múltiplas cópulas em *T. absoluta*, cerca de 50 adultos foram coletados em cada plantio, através de coleta com rede entomológica, em pontos aleatórios no horário de atividade de oviposição entre 14:00 às 17:00 horas. No processo de busca, para aumentar as chances de encontros das fêmeas, as plantas foram agitadas e qualquer adulto que voasse das plantas era coletado e acondicionado individualmente em frascos de acrílico. O sexo dos adultos coletados foi confirmado pelo tamanho e diâmetro do abdome, sendo as fêmeas separadas. Nas fêmeas coletadas, foram verificados e contabilizados os espermátóforos, que se apresentavam opacos na bolsa copulatória hialina, para a determinação da frequência de fêmeas acasaladas e qualidade dos espermátóforos. Essa observação foi realizada com auxílio de luz transmitida na lupa binocular. Para análise dos dados utilizou-se procedimento descritivo pelo PROC UNIVARIATE (Sas Institute 1999-2001).

Resultados

Ocorrência de múltiplos acasalamentos de machos de *T. absoluta* e seus efeitos na fecundidade e longevidade de fêmeas e na fertilidade dos seus ovos. Os machos de *T. absoluta* acasalaram em média 6,5 vezes durante toda a sua vida. O número de acasalamentos consecutivos

dos machos de *T. absoluta* foi decrescente e influenciada pela história de acasalamentos prévios, sendo máxima para os machos virgens (84%), ocorrendo redução em até 8% para machos que realizaram 12 cópulas (Fig. 1).

A história de acasalamentos dos machos influenciou, significativamente, a fecundidade ($F = 33,26$, $GL = 1$, 85 ; $P < 0,0001$) (Fig. 2) e fertilidade das fêmeas ($F = 53,95$, $GL = 1$, 85 ; $P < 0,0001$) (Fig. 3), sendo ajustados modelos lineares. Fêmeas acasaladas com machos virgens produziram cerca de 90 ovos com 97 % de fertilidade, ocorrendo decréscimo linear até atingir a média de 38 ovos por fêmea com 50% de fertilidade (Figs. 2 e 3).

A longevidade das fêmeas foi afetada significativamente pela história de acasalamentos dos machos. Fêmeas que acasalaram com machos virgens tiveram em média 9 dias de vida ocorrendo acréscimo linear do tempo de vida destas com o incremento do número dos acasalamentos prévios praticados pelos machos ($F = 56,60$, $GL = 1$, 85 ; $P < 0,0001$) (Fig. 4).

Ocorrência de poliandria em *T. absoluta* e seu efeito na fecundidade e longevidade de fêmeas e na fertilidade dos seus ovos. As fêmeas de *T. absoluta* exibiram um período refratário médio de 3,2 dias para a ocorrência de novos chamamentos. A ocorrência de reacasalamentos nas fêmeas de *T. absoluta* influenciou apenas na extensão da sua fase adulta uma vez que houve diferença significativa no número de dias de sobrevivência ($F = 4,87$, $GL = 1$, 86 ; $P = 0,030$) (Fig. 5), não sendo encontrada diferença na quantidade de ovos depositados ($F = 1,34$, $GL = 1$, 86 ; $P = 0,250$) ou no número de ovos férteis ($F = 0,16$, $GL = 1$, 86 ; $P = 0,525$) (Figs. 6 e 7) pela ocorrência de um novo acasalamento.

A maioria das fêmeas de *T. absoluta* coletada em campo realizou apenas uma cópula (73,91%) sendo que apenas 7,25% realizaram duas cópulas e 18,84% consistiu em fêmeas virgens (Tabela 1). Das 51 fêmeas que realizaram apenas uma cópula, 82,4% apresentaram o espermátóforo vazio e 17,6% apresentaram o espermátóforo cheio. Das cinco fêmeas que

acasalaram duas vezes, todas apresentaram um espermátóforo cheio e o outro vazio. Em laboratório, as fêmeas acasalaram em média 1,12 vezes durante toda a sua vida, sendo a frequência de reacasalamentos de 12,2%, número inferior às fêmeas que chamaram pela segunda vez (17,8%) (Tabela 2).

Na média, os machos de *T. absoluta* reacasalaram em maior número de vezes do que as fêmeas, caracterizando a existência de uma assimetria de acasalamento nesta espécie.

Discussão

O sucesso de acasalamentos, fecundidade e fertilidade decresceram com o incremento do número de cópulas realizadas pelos machos de *T. absoluta*. As reduções de fecundidade e fertilidade das fêmeas, provavelmente, estão ligadas à perda na quantidade e qualidade dos espermátóforos transferidos pelos machos. Em *T. absoluta* já foi verificado que existe decréscimo de 40% do volume dos espermátóforos produzidos pelos machos da primeira para a segunda cópula (Lôbo 2005). Além disso, espermátóforos não são constituídos apenas de espermatozóides, mas geralmente de substâncias nutritivas como sais, aminoácidos, carboidratos e outras substâncias, que podem favorecer a expressão do potencial reprodutivo das fêmeas (Delisle & Bouchard 1995).

Marcotte *et al.* (2007) demonstraram que em cópulas sucessivas existe queda do número de espermatozóides transferidos em *Choristoneura rosaceana* Harris. De modo geral, a redução do volume do ejaculado não ocorre somente em termo quantitativo, mas também qualitativo tendo importância para a fertilidade das fêmeas. Hennerbery & Clayton (1985) demonstraram que existe queda dos espermatozóides eupirênios, nucleados e funcionais, em relação aos apirênios, anucleados e não funcionais, ao longo de cópulas múltiplas, relacionando à queda da fertilidade

de *Heliothis virescens* (Fabr.) a este fenômeno. Logo, o conjunto dessas observações pode ajudar a explicar o resultado encontrado neste trabalho.

As fêmeas de *T. absoluta*, aparentemente, minimizam os riscos de predação por exposição e evitam o custo energético alocado na atividade de reacasamento. Os machos comportam-se de maneira inversa, pois sempre tentam novos acasalamentos. Esta característica é comprovada pelas diferenças nas médias de reacasamentos entre machos e fêmeas, sendo este um padrão comum nos insetos (Thornill & Alcock 1983). A capacidade de reacasamentos dos machos é muito superior a das fêmeas, indicando uma aparente diferença na capacidade de investimento, devido em parte, talvez à diferença no custo de investimento na produção das células germinativas masculinas e femininas. Esta capacidade indica que estes não são limitados na reposição de material e energia nas cópulas.

A maior frequência de fêmeas com espermátóforos vazios sugere que a atividade de acasalamento ocorreu provavelmente em dias anteriores. Em certos casos, o espermátóforo leva cerca de 48 horas para ser completamente consumido, como encontrado em *Pseudaletia unipuncta* (Haworth) (Svärd & McNeil 1994). Este fato então reforça que a maioria das fêmeas de *T. absoluta* apenas realiza um acasalamento ao longo da sua vida.

A grande maioria das fêmeas, tanto em campo, quanto em laboratório acasalou apenas uma vez indicando que a oviposição não é limitada pelo número de acasalamentos. A ocorrência de reacasamentos por fêmeas de *T. absoluta* indica que esta espécie seja poliandrica, mas em pequena extensão. Este fato é comum em várias espécies de insetos, como em *Pieris napi* (Linnaeus) (Wedell *et al.* 2002), ocorrendo até variação entre populações ou gerações.

Estes resultados têm sérias implicações para o manejo comportamental da *T. absoluta* por emprego de feromônio sintético. O nível de aniquilamento dos machos com potencial de

acasalamentos superior a seis deve ser superior a 80%, para que haja controle eficiente da praga, como propõe Bento (2001). Esta sugestão só será possível alcançar provavelmente aumentando a capacidade de retenção dos insetos das armadilhas utilizadas, ou pelo aumento do poder de competição da formulação de feromônio em relação às fêmeas em campo, ou ainda pelo aumento do número de armadilhas.

Apesar das armadilhas desenvolvidas para controle da *T. absoluta* serem funcionais, o aumento do seu número no campo para aumento da eficiência de controle é limitado pela mão-de-obra necessária para a instalação e manutenção, além dos gastos com feromônio. Estes fatos orientam para adoção da técnica de atrai e mata, que atua aniquilando e confundindo machos e não apresentam as limitações já descritas. É possível utilizar grande número de pontos de atração e aniquilamento em uma área de plantio (1500 a 3000 pontos) com economia tanto do feromônio quanto do inseticida (Evenden & McLaughlin 2004). Esta técnica traz como vantagem a não contaminação do produto comercializável, pois pode ser aplicado nas folhas ou tutores das plantas. A aplicação do inseticida é direcionada com muita eficiência ao alvo (machos), uma vez que está relacionada à presença do feromônio. Dessa maneira, novas pesquisas devem ser efetuadas para o desenvolvimento da técnica de atrai e mata para um controle eficiente da *T. absoluta*.

Agradecimentos

Ao PROCAD/CAPES e PRODOC/CAPES pelo financiamento desta pesquisa. A Andrea Avelino da Silva pelos préstimos indispensáveis a realização dessa pesquisa.

Literatura Citada

Arnqvist, G. & J.A. Andrés. 2006. The effects of experimentally induced polyandry on female reproduction in a monandrous mating system. *Ethology*. 112: 748-756.

- Arnqvist, G. & T. Nilsson. 2000.** The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects. *Anim. Behav.* 60: 145-164.
- Bento, J.M.S. 2001.** Fundamentos do monitoramento, da coleta massal e do confundimento de insetos-praga. p. 135-144. In E.F. Vilela & T.M.C. Della Lucia (eds.), *Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas*. Ribeirão Preto, Holos, 206p.
- Delisle, J. & A. Bouchard. 1995.** Male larval nutrition in *Choritoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae): an important factor in reproductive success. *Oecologia.* 104: 508-517.
- Drnevich, J.M., R.S. Papke, C.L. Rauser & R.L. Rutowski. 2000.** Material benefits from multiple mating in female mealworm beetles (*Tenebrio molitor* L.). *J. Insect. Behav.* 14: 215-229.
- Drummond, B.B. 1984.** Multiple mating and sperm competition in the Lepidoptera. p. 547-572. In R.L. Smith (ed.), *Sperm competition and the evolution of animal mating systems*. London, Academic Press, 687p.
- Evenden, M.L. & J.R. McLaughlin. 2004.** Factors influencing the effectiveness of an attracticide formulation against the Oriental fruit moth, *Grapholita molesta*. *Entomol. Exp. Appl.* 112:89-97.
- Gullan, P.J. & P.S. Cranston. 1996.** The insects: an outline of entomology. London, Chapman & Hall, 491p.
- Hennerberry, T.J. & T.E. Clayton. 1985.** Tobacco budworm moths (Lepidoptera: Noctuidae): effect of time of emergency, male age, and frequency of mating on sperm transfer and egg viability. *J. Econ. Entomol.* 78: 379-382.
- Leite, D., G.A. Groppo, A.F. Bresciani, J.E.M. Hoppe & A.C.N. Martins. 1990.** Considerações preliminares do manejo integrado de pragas do tomateiro estaqueado na região de Capivari. p. 221-236. In O.A. Fernandes, D.C.B. Côrrea & S.A. Bortoli (eds.). *Manejo integrado de pragas e nematóides*. Jaboticabal, UNESP, 253p.
- Lôbo, A.P. 2005.** Interferência de componentes do feromônio sexual, densidade de armadilhas e do estado reprodutivo de machos de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) na coleta massal. Tese de Doutorado, Lavras, UFLA, 86p.
- Marcotte, M., J. Delisle & J.N. McNeil. 2007.** Effects of different male remating intervals on the reproductive success of *Choristoneura rosaceana* males and females. *J. Insect Physiol.* 53: 139-145.
- McNamara, K.B., T.M. Jones & M.A. Elgar. 2007.** No cost of male mating experience on female reproductive success in the almond moth, *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61: 1177-1184.

- McNeil, J.N., J. Delisle & M. Cusson. 1997.** Regulation of pheromone production in Lepidoptera: the need for an ecological perspective. p. 31-41. In R.T. Cardé & A.K. Minks (eds.), *Insect pheromone research: new directions*. New York, Chapman Hall, 684p.
- Michereff Filho, M. & E.F. Vilela. 2001.** Traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), p. 81-84. In E.F. Vilela, R.A. Zucchi & F. Cantor (eds.), *Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil*. Ribeirão Preto, Holos, 173p.
- Picanço, M., F.G. Faleiro, A. Pallini Filho & A.L. Matioli. 1997.** Perdas na produtividade do tomateiro em sistemas alternativos de controle fitossanitário. *Hortic. Bras.* 15: 88-91.
- Picanço, M., G.L.D. Leite, R.N.C. Guedes & E.A. Silva. 1998.** Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. *Crop Prot.* 17: 447-452.
- Sas Institute. 1999-2001.** SAS/STAT user's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute, Cary, NG.
- Siqueira, H.A.A., R.N.C. Guedes & M.C. Picanço. 2000a.** Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agric. For. Entomol.* 2: 147-153.
- Siqueira, H.A.A., R.N.C. Guedes & M.C. Picanço. 2000b.** Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Appl. Entomol.* 124: 233-238.
- Svärd, L. & J.N. McNeil. 1994.** Female benefit, male risk: Polyandry in the true armyworm *Pseudaletia unipuncta*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 35: 319-326.
- Thornhill, R. & J. Alcock. 1983.** The evolution of insect mating systems. Cambridge, Harvard Univ. Press, 547p.
- Torres-Vila, L.M. & M.D. Jennions. 2005.** Male mating history and female fecundity in the Lepidoptera: do male virgins make better partners? *Behav. Ecol. Sociobiol.* 57: 318-326.
- Wedell, N., C. Wiklund & P.A. Cook. 2002.** Monandry and polyandry as alternative lifestyles in a butterfly. *Behav. Ecol.* 13: 450-455.
- Wedell, N. & M.G. Ritchie. 2004.** Male age, mating status and nuptial gift quality in a bushcricket. *Anim. Behav.* 67: 1059-1065.

Tabela 1. Número de acasalamentos, qualidade do espermatozóide e percentagem de acasalamentos realizados pelas fêmeas de *T. absoluta* coletadas em campo.

Número de acasalamentos	Fêmeas com espermatozóide vazio	Fêmeas com espermatozóide cheio	Fêmeas com espermatozóide cheio e vazio	Número total de fêmeas	Percentagem de fêmeas
0	-	-	-	13	18,84
1	42	9	-	51	73,91
2	-	-	5	5	7,25

Tabela 2. Número de acasalamentos de machos e fêmeas e período refratário de receptividade de fêmeas em laboratório a $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$, fotofase de 12h e UR de $70 \pm 10\%$.

Número médio de acasalamentos dos machos	Número médio de acasalamentos das fêmeas	Período refratário (dias)	Fêmeas que chamaram pela segunda vez (%)
6,5	1,12	3,2	17,8

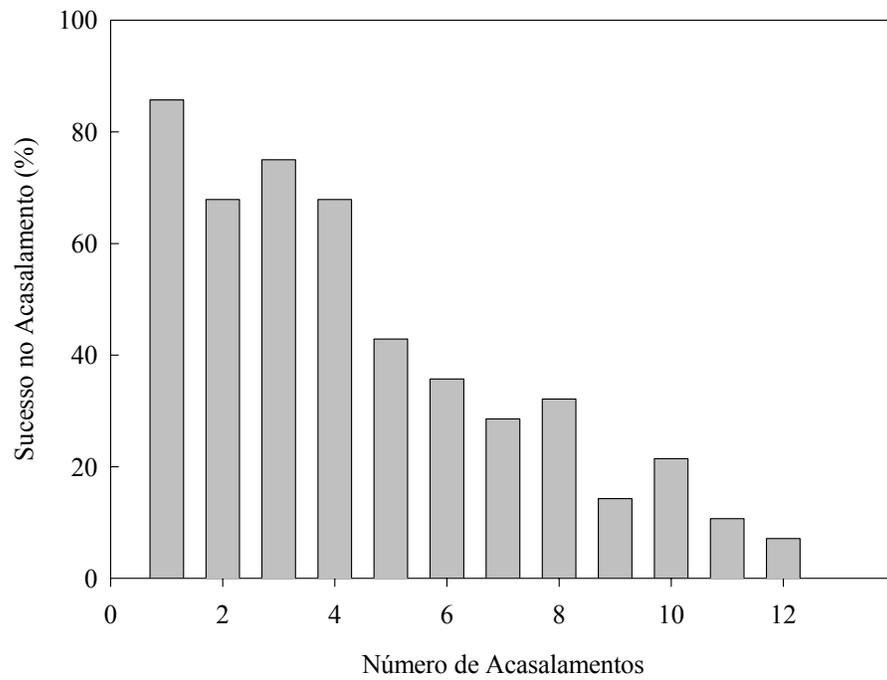


Figura 1. Frequência de acasalamentos de machos de *T. absoluta*.

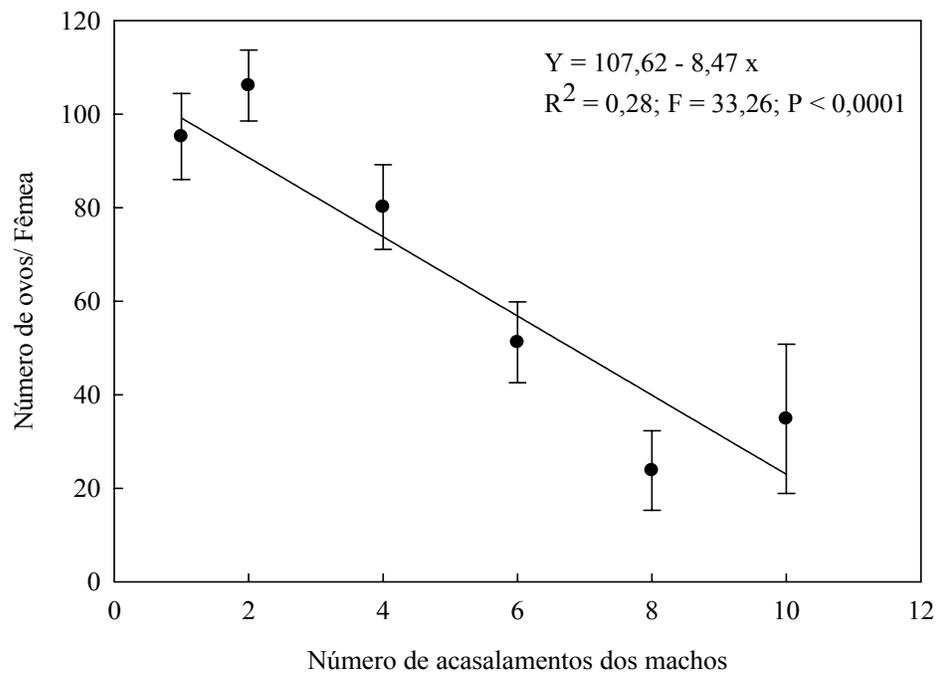


Figura 2. Efeito da poliginia sobre o número de ovos produzidos por fêmeas de *T. absoluta*.

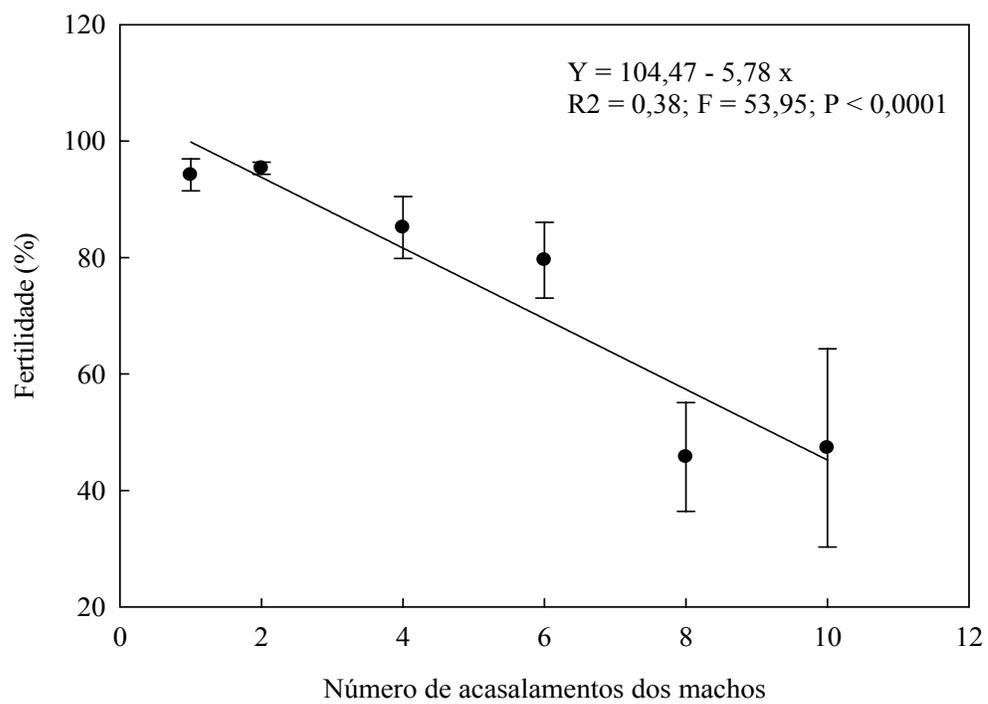


Figura 3. Efeito da poliginia sobre a fertilidade de ovos de *T. absoluta*.

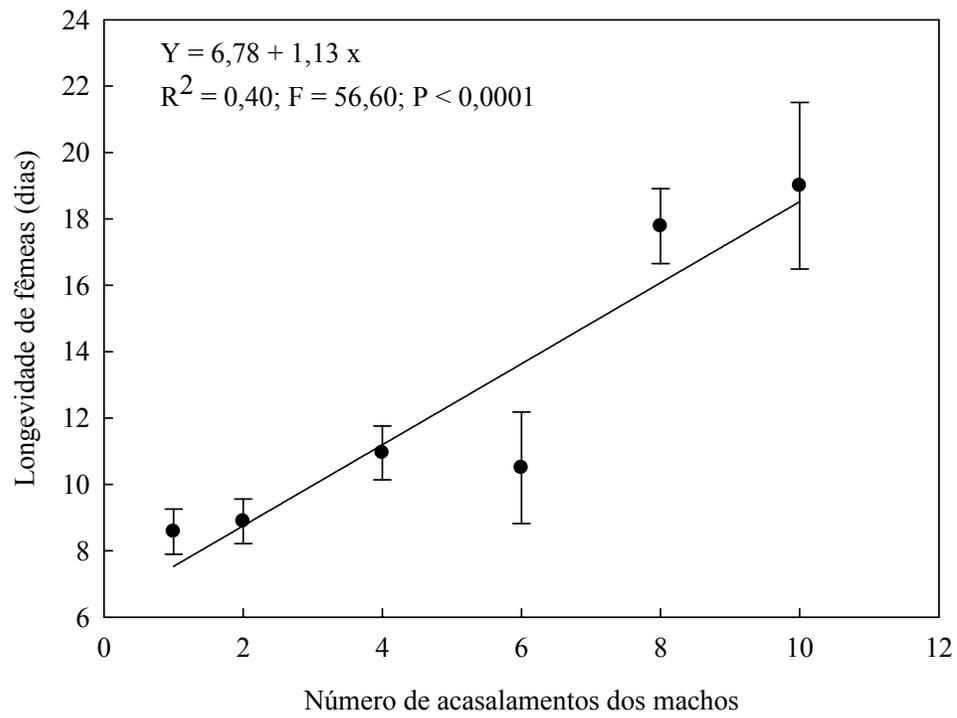


Figura 4. Efeito da poliginia sobre a longevidade de fêmeas de *T. absoluta*.

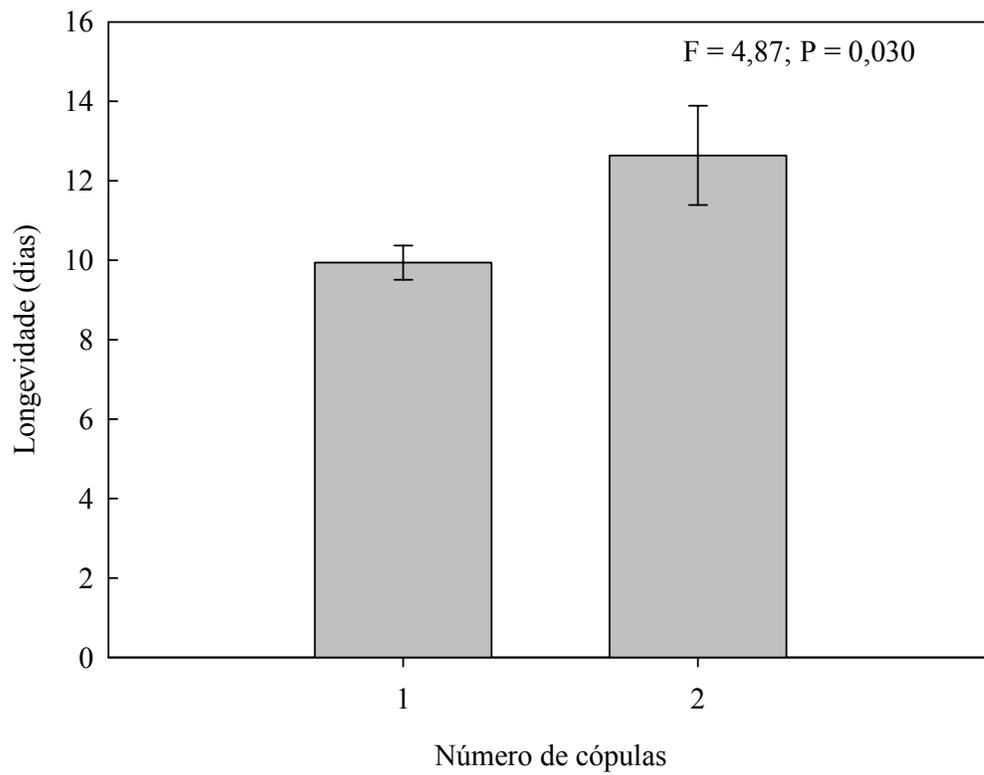


Figura 5. Efeito do número de acasalamentos de fêmeas de *T. absoluta* sobre a sua longevidade.

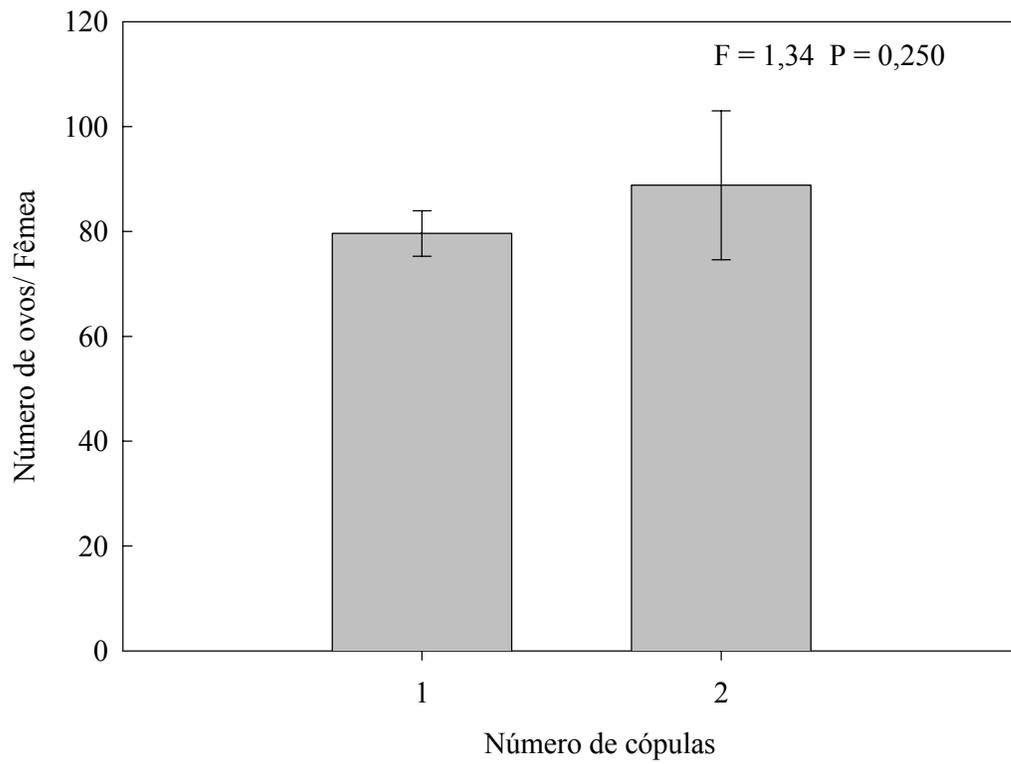


Figura 6. Efeito do número de acasalamentos de fêmeas de *T. absoluta* sobre a sua fecundidade.

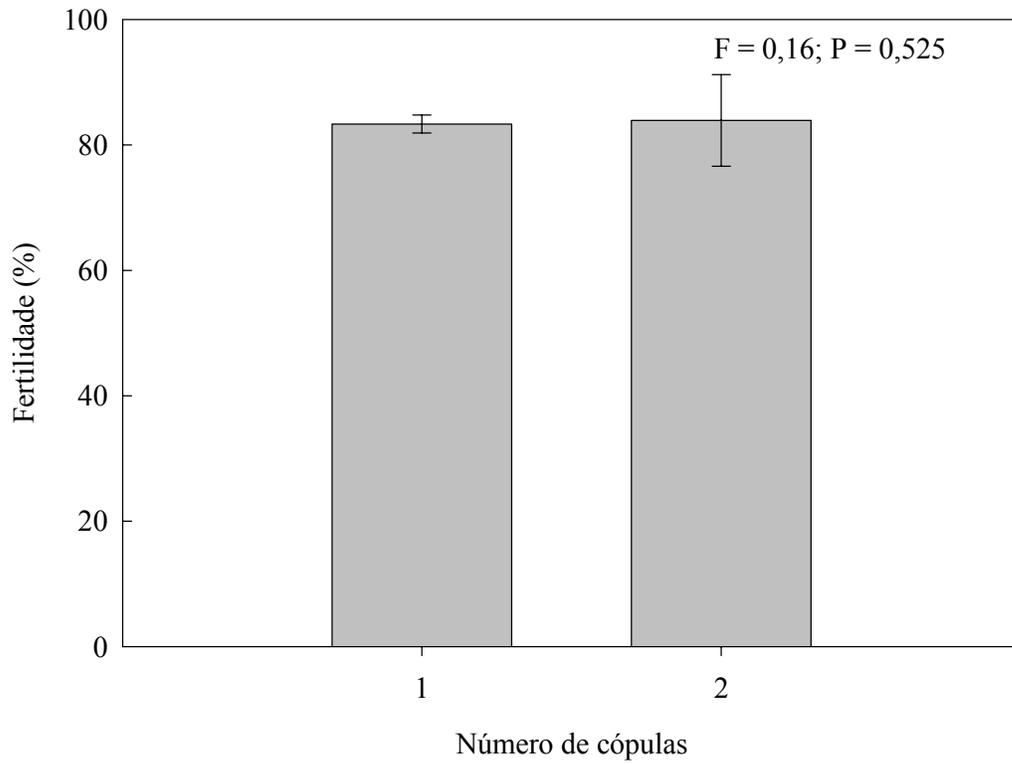


Figura 7. Efeito do número de acasalamentos de fêmeas de *T. absoluta* sobre a fertilidade de seus ovos.