

**POTENCIAL INSETICIDA DE EXTRATOS DE *Piper tuberculatum* JACQ.
(PIPERACEAE) SOBRE A FASE LARVAL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH)**

MARIA DE JESUS PASSOS DE CASTRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

**TERESINA
Estado do Piauí - Brasil
Maio - 2007**

**POTENCIAL INSETICIDA DE EXTRATOS DE *Piper tuberculatum* JACQ.
(PIPERACEAE) SOBRE A FASE LARVAL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH)**

MARIA DE JESUS PASSOS DE CASTRO
Bióloga

Orientador: Dr. Paulo Henrique Soares da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

TERESINA
Estado do Piauí – Brasil
Maio - 2007

C355p Castro, Maria de Jesus Passos de
Potencial inseticida de extratos de *Piper tuberculatum* JACQ.
(Piperaceae) sobre a fase larval de *Spodoptera frugiperda* (J. E.
Smith) / Maria de Jesus Passos de Castro. Teresina: 2007.
56f.

Orientador: Dr. Paulo Henrique Soares da Silva

Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal
do Piauí.

1. Planta inseticida. 2. Insecta. 3. Controle alternativo. 4.
Extrato vegetal. I. Título.

C.D.D. – 632.951

**POTENCIAL INSETICIDA DE EXTRATOS DE *Piper tuberculatum* JACQ.
(PIPERACEAE) SOBRE A FASE LARVAL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH)**

MARIA DE JESUS PASSOS DE CASTRO

Aprovada em: 31 /05/2007

BANCA EXAMINADORA

Dr. Paulo Henrique Soares da Silva (Orientador)
Embrapa Meio – Norte - CPAMN

Prof. Dr. Luiz Evaldo de Moura Pádua (Examinador interno)
Universidade Federal do Piauí - UFPI

Prof. Dr. José Djair Vendramim (Examinador externo)
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ / USP

“Aprendi a transformar o medo em respeito, o respeito em confiança. Descobri como é bom chegar quando se tem paciência para se chegar, onde quer que seja. Aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão”.

Amyr Klink

*Aos meus pais Antônio Borges de Oliveira (In memoriam) e
Maria da Natividade de Castro pela dedicação e credibilidade desde os
primeiros passos de minha vida estudantil.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais essa conquista;

À Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade de realização do curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Banco do Nordeste do Brasil pelo apoio, através do projeto “Avaliação de Plantas com Propriedades de Controle de Pragas na Agricultura Familiar”, financiado pela FUNDECI;

Ao pesquisador e amigo Dr. Paulo Henrique Soares da Silva, pela dedicação, atenção e serenidade em todos os momentos, bem como pela fantástica orientação neste trabalho e por iniciar-me na Entomologia;

À Embrapa Meio-Norte, pela concessão do estágio para realização dos bioensaios;

Ao auxiliar do laboratório de Entomologia, Marcos Alves de Sousa Neto, pela grande ajuda na condução dos ensaios e ao auxiliar de campo, Francisco das Chagas Sousa, sempre disponível para cortar os discos de folhas oferecidos às lagartas;

Aos funcionários da biblioteca da Embrapa, em especial à bibliotecária Orlane da Silva Maia pela amizade, presteza e correção das referências bibliográficas e a auxiliar Maria Gorete Ribeiro dos Santos, pela solicitação de trabalhos científicos;

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA), pelos ensinamentos transmitidos; em especial, ao professor Luiz Evaldo de Moura Pádua, pelas sugestões e pela atenção dispensada;

Aos colegas da pós-graduação: Solranny, Ocimar, Jaqueline, José Inaldo, Marcelo e Sávio, pela boa convivência durante o curso;

Em especial, à amiga Solranny Carla Cavalcante Costa e Silva pelo companheirismo, pelas ajudas com o Excel e apoio nos momentos mais difíceis;

Ao secretário do PPGA, Vicente de Sousa Paulo pela presteza, e aos demais funcionários que direta ou indiretamente contribuíram com esse trabalho;

Ao professor José Djair Vendramim (ESALQ/USP) e à Professora Hosana M. Deboni Navickiene (USP/Ribeirão Preto) pelo envio de artigos científicos;

À Dr^a Elsie Franklin Guimarães (Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro), pela identificação da espécie vegetal;

A todos os meus familiares, especialmente, minha mãe, meus irmãos, cunhados e sobrinhos;

Às amigas Eliete, Helanne, Jocélia, Almerinda e Ana Paula, pela compreensão e pelos momentos de lazer;

Enfim, a todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).....	03
2.1.1. Descrição e biologia	03
2.2. Considerações gerais sobre inseticidas botânicos	04
2.3. A família Piperaceae no nordeste brasileiro	05
2.4. O gênero <i>Piper</i>	06
2.4.1. Aspectos gerais	06
2.4.2 Atividade de algumas espécies de <i>Piper</i> sobre insetos.....	07
2.4.3. A pimenta-de-macaco, <i>Piper tuberculatum</i> Jacq. var. <i>tuberculatum</i>	10
2.4.3.1. Descrição botânica.....	10
2.4.3.2. Distribuição geográfica	10
2.4.3.3. Atividade sobre insetos.....	10
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
4. CAPÍTULO I – Atividade comparada de extratos de frutos frescos e desidratados de <i>Piper tuberculatum</i> Jacq. (Piperaceae) sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith)	19
Resumo	19
Abstract	20
Introdução	21
Material e Métodos	23
Resultados e Discussão.....	25
Conclusões.....	31
Referências	32

5. CAPÍTULO II – Efeito do armazenamento de substratos na atividade inseticida de extratos de <i>Piper tuberculatum</i> Jacq. (Piperaceae) sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith)	34
Resumo	34
Abstract	35
Introdução	36
Material e Métodos.....	38
Resultados e Discussão.....	40
Conclusões.....	43
Referências	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46

**POTENCIAL INSETICIDA DE EXTRATOS DE *Piper tuberculatum* JACQ.
(PIPERACEAE) SOBRE A FASE LARVAL DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH)**

Autor: Maria de Jesus Passos de Castro

Orientador: Dr. Paulo Henrique Soares da Silva

RESUMO

Foram conduzidos em laboratório, bioensaios para avaliar o potencial inseticida de extratos aquosos de *Piper tuberculatum* Jacq. sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Primeiramente, foram comparadas as atividades entre o extrato obtido de frutos frescos e de frutos desidratados em relação à toxicidade, consumo e duração do período larval. Folhas de milho foram imersas em diferentes concentrações desses extratos e oferecidas diariamente às lagartas. Verificou-se que ambos apresentaram toxicidades similares e provocaram elevados percentuais de mortalidade, reduziram o consumo e prolongaram o período larval. O extrato de frutos frescos apresentou ação tóxica mais rápida em comparação ao extrato de frutos desidratados. Posteriormente, realizou-se um ensaio para comparar o potencial inseticida do pó dos frutos desidratados e armazenados por 10 e 90 dias em relação ao pó dos frutos desidratados e não armazenado. Para tanto, prepararam-se extratos brutos a partir desses pós, sendo as lagartas alimentadas como citado anteriormente. Constatou-se que o tratamento correspondente ao substrato fresco afetou a viabilidade larval, matando 100% dos insetos. Os substratos armazenados tiveram suas ações reduzidas sobre a viabilidade, mas inibiram o consumo e prolongaram a fase larval dos insetos sobreviventes.

Palavras-chave – Insecta, Controle alternativo, Planta inseticida, Extratos vegetais

**POTENTIAL INSECTICIDE OF *Piper tuberculatum* JACQ. (PIPERACEAE)
EXTRACTS ON THE LARVAL PHASE OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH)**

Author: Maria de Jesus Passos de Castro
Adviser: Dr. Paulo Henrique Soares da Silva

SUMMARY

Bioassays were carried out in laboratory to evaluate the potential insecticide of aqueous extracts of *Piper tuberculatum* Jacq. on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Firstly, extracts obtained from fresh and dehydrated fruits had their insecticide activity compared in relation to toxicity, consumption and duration of the larval period. Corn leaves were immersed into different concentrations of extracts and offered daily to the larvae. Both extracts presented similar toxicities and provoked high percentage of mortality. They also have reduced the consumption and prolonged the larval period. The extract of fresh fruits presented more rapid toxic action in comparison to the extract of dehydrated fruits. Another assay was performed to compare the potential insecticide of fresh substratum dehydrated to the vegetable substratum submitted to a storage period of 10 and 90 days. Crude extracts were then prepared and the larvae fed as mentioned previously. The treatment corresponding to the fresh substratum affected the larval viability by killing 100% of the insects. The stored substrata had a reduced effect on larvae viability, however, it has inhibited the consumption and prolonged the larval phase of the surviving insects.

Key words - Insecta, Alternative control, Insecticide plants, Vegetable extracts

1. INTRODUÇÃO GERAL

Um dos principais problemas da agricultura refere-se ao controle de pragas e doenças. Antes das facilidades na aquisição de agrotóxicos para o controle dos problemas fitossanitários, os agricultores preparavam e utilizavam produtos naturais obtidos a partir de materiais disponíveis em suas próprias propriedades. Com a popularização do uso dos agrotóxicos, aqueles produtos foram quase que totalmente abandonados e, hoje, muitos deles são chamados de alternativos (BETTIOL, 2006).

No entanto, o conhecimento dos efeitos indesejáveis do uso de inseticidas químicos, associados à preocupação dos consumidores quanto à qualidade dos alimentos, têm incentivado estudos sobre novas técnicas de controle (TAVARES, 2002), incluindo-se a utilização de produtos naturais que sejam menos agressivos ao ambiente, sendo que muitos são utilizados pelos agricultores há décadas, como os inseticidas de origem vegetal.

Pesquisando no passado e testando novas plantas, conseguiu-se determinar inúmeras formulações que tem efeito benéfico na agricultura visando o combate de pragas e doenças, sem prejudicar o meio ambiente. Então o uso de extratos vegetais vem sendo uma prática cada vez mais constante para os agricultores, principalmente da linha de produção orgânica (INNECCO, 2006) e agricultura familiar.

Pesquisas já demonstraram que os princípios ativos dos inseticidas botânicos são compostos resultantes do metabolismo secundário das plantas, sendo acumulados em pequenas e diferentes proporções nos tecidos vegetais com diversas funções específicas, entre elas a estratégia de defesa contra os insetos (PASCUAL-VILLALOBOS, 1996).

Nos últimos anos o interesse por essas substâncias cresceu muito, uma vez que é uma alternativa mais segura, mais econômica para pequenos agricultores e mais facilmente biodegradável em relação aos inseticidas sintéticos. Além da toxicidade, muitas espécies botânicas também apresentam efeitos biológicos diferenciados sobre vários insetos, incluindo alteração do comportamento e do desenvolvimento (MUSETTI, 1991).

Dentre as plantas inseticidas atualmente estudadas, destaca-se a meliácea *Azadirachta indica* A. Juss., comumente conhecida por nim. Essa planta, cuja principal substância ativa é a azadiractina, é considerada a mais importante e promissora espécie vegetal com atividade inseticida. Os bons resultados obtidos com o nim têm estimulado estudos com outras meliáceas e diversas outras famílias botânicas (VENDRAMIM, 1997), no intuito de encontrar novas espécies com atividades inseticidas.

Apesar de menos pesquisada que o nim, a família Piperaceae tem se revelado bastante promissora, pois algumas de suas espécies como *Piper nigrum* L., *Piper aduncum* L. e *Piper hispidinervum* C. DC., têm demonstrado excelentes resultados em pesquisas que avaliam suas potencialidades como plantas possuidoras de atividades controladoras de pragas.

Dentro desse contexto, desenvolveu-se esta pesquisa objetivando-se avaliar em laboratório a potencialidade inseticida da pimenta-de-macaco *Piper tuberculatum* Jacq., uma piperácea encontrada facilmente durante todo o ano na região nordeste do Brasil, utilizando-se a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) como inseto-alvo.

Este estudo é constituído de uma introdução geral, revisão de literatura, dois capítulos e um tópico contendo algumas considerações finais. No primeiro capítulo compara-se o potencial inseticida do extrato de frutos de *P. tuberculatum* verdes frescos com o de frutos verdes desidratados; no segundo capítulo compara-se o potencial inseticida de extratos obtidos de frutos verdes desidratados e armazenados com o extrato de frutos verdes desidratados e não armazenados, utilizando-se a lagarta-do-cartucho como inseto modelo nos bioensaios.

Os capítulos representam artigos científicos e estão formatados conforme as normas da **Revista Ciência Rural**, para posterior submissão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

2.1.1. Descrição e biologia

O adulto é uma mariposa de 35 mm de envergadura com o corpo de coloração cinza, medindo aproximadamente 15 mm de comprimento. As asas anteriores dos machos possuem manchas mais claras, diferenciando-os das fêmeas, enquanto as asas posteriores de ambos os sexos são de coloração clara, circundada por linhas marrons (CRUZ et al., 1999). Tem hábito noturno, permanecendo escondida durante o dia no interior do cartucho da planta ou nos hospedeiros silvestres ao redor da plantação. À noite, após o acasalamento, a mariposa inicia o processo de oviposição (CRUZ, 1993).

As fêmeas ovipositam preferencialmente na página superior das folhas, formando massas com número variável de ovos (BIANCO, 1991), sendo esses depositados em grupos em duas camadas. Logo após a oviposição, os ovos são de coloração verde-clara, passando a uma coloração alaranjada e, próximo à eclosão das larvas, mostram-se escurecidos (CRUZ, 1995).

Após 3 a 4 dias eclodem as lagartas (LUCCHINI, 1977) que inicialmente alimentam-se do córion dos ovos que lhes deram origem e posteriormente raspam o limbo foliar, deixando o sintoma de “folha raspada”. A partir do terceiro ínstar, penetram no interior do cartucho do milho e daí até o último ínstar atacam e comem todas as folhas centrais, sendo facilmente percebidas pelos excrementos encontrados na planta. As folhas são danificadas dentro do cartucho e, quando se abrem, apresentam áreas comidas simétricas nos dois lados da nervura central (SOUZA; SOUZA, 2002).

Cruz (1995) relatou que, em geral, as larvas recém-nascidas possuem uma coloração esbranquiçada antes de se alimentar e esverdeada após a alimentação, variando de cor até atingir o último ínstar larval, que segundo Bianco (1991), apresenta coloração variável de pardo-escura a quase preta, com estrias longitudinais e pontuações negras no corpo, medindo cerca de 40 a 50 mm de comprimento e cabeça preta com uma linha clara em forma de “y” invertido.

O período larval depende principalmente da temperatura. Durante o verão, quando a temperatura é mais elevada, a fase larval pode ser completada em cerca de quinze dias. Findo esse período, a lagarta vai para o solo, onde se transforma em pupa, sendo o período pupal de dez a doze dias nas épocas mais quentes do ano. Logo após sua formação, a pupa é de coloração

verde-clara, tornando-se alaranjada e em seguida sua cor definitiva, marrom-avermelhada. (CRUZ, 1993, 1995, 1999).

No Brasil, essa praga ocorre durante todo o ano na cultura do milho, nos plantios de verão e safrinha, sendo considerada extremamente polífaga e com vários hospedeiros. Além do milho ataca também cana-de-açúcar, sorgo, arroz, algodão, trigo, capins e alface (SOUZA; SOUZA, 2002).

No milho, o dano típico das lagartas é a destruição das folhas do cartucho, porém outros tipos de danos podem ser observados. Dependendo das circunstâncias, principalmente das condições climáticas e do próprio híbrido utilizado, a lagarta pode abandonar o cartucho e dirigir-se para a base da planta, seccionando-a ou pode dirigir-se à espiga, alimentando-se dos grãos. Esses danos atípicos são evitados com o uso de um manejo adequado da praga ainda no cartucho (BIANCO, 1991; CRUZ, 1993).

2.2. Considerações gerais sobre inseticidas botânicos

Na primeira metade do século 20, o Brasil foi um grande produtor e exportador de inseticidas botânicos, como rotenona (extraída das raízes e rizomas de *Lonchocarpus* sp. e *Derris* sp.), piretro (extraído de flores de *Chrysanthemum cinerariaefolium*) e nicotina (extraída de folhas de *Nicotiana tabacum*). Entretanto, seguindo a tendência internacional após os anos 50, o controle de pragas no país passou a ser realizado principalmente com compostos químicos sintéticos. Há quase meio século esses compostos têm sido a principal ferramenta no controle de pragas, doenças e plantas invasoras na agricultura. Embora sua utilização tenha permitido incrementos significativos na produção, o uso intensivo e indiscriminado dessas moléculas, cujos efeitos danosos se conheceram posteriormente, favoreceu o surgimento de pragas secundárias, resistência por parte dos organismos e efeitos cumulativos sobre o ambiente, não conseguindo eliminar os problemas já existentes (MARTINEZ, 2002).

Surgiu, então, a necessidade de modificar a forma de combater esses organismos, sendo retomadas as pesquisas nas diversas áreas, como a utilização de produtos de plantas, de microorganismos, controle biológico e sistemas de manejo (SAITO; LUCCHINI, 1998).

As plantas produzem defesas bioquímicas, também conhecidas como metabólitos secundários (FRIGHETTO, 1997), que segundo Rodríguez e Vendramim (1996), causam mortalidade e atuam negativamente no comportamento e na fisiologia dos insetos.

Vendramim (1997) relatou duas abordagens quanto à utilização de plantas com atividades sobre os insetos: a descoberta de novas moléculas que permitam a formulação de produtos sintéticos e a obtenção de inseticidas botânicos naturais para uso direto no controle de pragas. Para Fazolin et al. (2002), a escolha da melhor abordagem está relacionada à complexidade das estruturas químicas, que são muito grandes e complexas, difíceis de isolar e sintetizar, bem como às considerações de ordem econômica e tecnológica.

De acordo com Vendramim (1997), as plantas inseticidas podem ser utilizadas de diversas formas, sendo mais comum o seu emprego na forma de pó seco, óleos, extratos aquosos e não aquosos. Para esse autor, os pós e extratos aquosos, constituem-se na melhor opção por serem de fácil obtenção e aplicação.

Maranhão (1954) relacionou cerca de 2000 plantas distribuídas em 170 famílias, as quais possuíam atividade tóxica reconhecida para diversos insetos. Segundo esse autor, os inseticidas comerciais de origem vegetal eram encontrados em cinco famílias botânicas: Solanaceae (nicotina, anabasina), Compositae (piretro), Leguminosae (timbó), Liliaceae (heléboro) e Chenopodiaceae (anabasina).

O estudo de compostos de origem vegetal com utilização na agricultura teve um impulso considerável, especialmente nos últimos anos, com o advento de equipamentos analíticos como os de Ressonância Magnética Nuclear - NMR, Cromatografia de Massa – MS e Cromatografia Líquida de Alta Performance - HPLC, que facilitam a identificação e a elucidação química das moléculas (MARTINEZ, 2002).

A família botânica Meliaceae é atualmente muito investigada, por possuir muitas espécies que são fontes de princípios ativos com propriedades inseticidas e diferentes modos de ação a muitas espécies de insetos (RODRÍGUEZ, 1995). O nim, *A. indica*, é a espécie mais estudada e destaca-se pela sua alta eficiência, com ação sobre mais de 400 espécies de insetos-praga e ácaros (MARTINEZ, 2002).

Existem atualmente, no Brasil, inúmeras pesquisas sobre o potencial fitoinseticida de algumas plantas nativas (ROEL, 2001), dentre as quais a família Piperaceae vem se destacando com algumas espécies promissoras no controle de diversas pragas.

2.3. A família Piperaceae no nordeste brasileiro

As piperáceas constituem uma família botânica tropical com oito gêneros (CICCIÓ, 1996) que se reconhecem por suas folhas simples, alternas, opostas ou verticiladas, sésseis ou

pecioladas, inteiras, de consistência e formas diversas e por possuírem flores muito pequenas, aperiantadas, protegidas por bracteólas pediceladas ou sésseis, dispostas esparsas ou congestas em espigas, formando umbelas ou dispostas em racemos, axilares ou terminais, opostos ou não às folhas. O fruto é uma drupa, séssil ou pedicelado (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004).

Segundo Guimarães e Giordano (2004), estudos taxonômicos vêm sendo desenvolvidos em piperáceas no Brasil com base nas pesquisas realizadas por Yuncker, que é especialista na família e estabeleceu diretrizes para o entendimento desse grupo. Esses autores, dando continuidade aos trabalhos encetados para o Brasil, procuraram conhecer as espécies dessa família representadas no nordeste do país, tendo em vista que a literatura informa a importância de algumas como medicinais. De acordo com as investigações desses pesquisadores, o Brasil possui 5 gêneros, a saber: *Ottonia* Spreng., *Piper* L., *Peperomia* Ruiz & Pav, *Pothomorphe* Miq. e *Sarcorrhachis* Trel, dos quais, apenas o último é ausente no nordeste brasileiro.

2.4. O gênero *Piper*

2.4.1. Aspectos gerais

O gênero *Piper* é constituído por mais de 700 espécies (CICCIÓ, 1996). São arbustos, subarbustos ou arvoretas, geralmente variando entre 1 e 10 m de altura, mais ou menos lignificados, ramosos, não raro nodosos e as inflorescências são espigas solitárias opostas às folhas pedunculadas que estão dispostas de forma alternada. Essas plantas se encontram largamente distribuídas pelas regiões tropicais e temperadas dos dois hemisférios. No Brasil, ocorrem aproximadamente 266 espécies (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004).

As espécies de *Piper* têm alto valor comercial, medicinal e econômico. Economicamente são importantes pela pimenta como condimento nos mercados em todo o mundo. O fruto amadurecido de *P. nigrum* é a fonte da pimenta branca, enquanto o fruto verde da mesma espécie é a fonte da pimenta-do-reino. Várias plantas desse gênero são bem conceituadas no sistema de medicina indiano (Ayurvédica), na medicina popular da América Latina e nas Índias Orientais (PARMAR et al., 1997).

Os constituintes químicos mais comuns são as amidas, em especial a isobutilamida, piperidina e pirrolidina. Também se encontram lignanas, neolignanas e seus precursores, flavonóides, kawalactonas, butenólidos e epóxidos de ciclohexano (SENGUPTA; RAY, 1987).

2.4.2. Atividade de algumas espécies de *Piper* sobre insetos

A presença de amidas com atividade inseticida nas espécies de *Piper* tem conduzido a um estudo fitoquímico intenso desse gênero. A piperina foi a primeira amida a ser isolada dos frutos das espécies de *Piper* e os seus constituintes químicos têm sido freqüentemente investigados, dentre os quais as amidas lipofílicas insaturadas. Essas, além de constituírem o principal grupo de metabólitos da planta, são os principais responsáveis pela atividade inseticida (PARMAR et al., 1997). Em estudos realizados por esses autores, seis amidas alcalóides isoladas de *Piper guineense* Schum apresentaram atividade antialimentar para larvas de quinto ínstar de *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae), sendo as amidas mais ativas a piperina e a (α , β)-diidropiperina.

Em testes para avaliar a atividade de amidas sintéticas análogas à piperina sobre a lagarta-do-cartucho foram observadas, além da mortalidade das lagartas, anomalias morfológicas, prolongamento dos ínstars e redução do peso das larvas (ESTRELA et al., 2005).

As propriedades inseticidas de extratos da pimenta-do-reino *P. nigrum* são conhecidas desde 1924. A piperina é o principal constituinte da pimenta-do-reino, que demonstrou sobre a mosca-doméstica, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), uma atividade inseticida maior do que aquela observada para as piretrinas (MIYAKADO et al., 1989).

Su (1977), ao estudar a toxicidade de extratos bruto e purificado da pimenta-do-reino através de aplicação tópica, verificou que eles causaram mortalidade elevada em adultos de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) e *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Num trabalho subsequente, Su e Horvat (1981) isolaram três amidas de *P. nigrum* e constataram ação tóxica contra *C. maculatus*, estimando DL₅₀ de 2,18 e 6,70 mg por inseto para machos e fêmeas, respectivamente.

No Brasil, como em outros países, o maior número de relatos sobre a atividade inseticida de piperáceas tem sido apresentado sobre a espécie *P. nigrum* como o de Musetti (1991) que constatou toxicidade dos extratos acetônico e metanólico de frutos secos de *P. nigrum* para adultos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), oferecendo proteção superior a 95% nas concentrações mais elevadas (12,5; 25 e 50%) e provocando efeito fagoinibidor. O extrato acetônico mostrou-se mais eficaz, proporcionando 100% de proteção já na dosagem de 25% e apresentando-se repelente contra os insetos.

Simas et al. (2000), ao compararem a atividade larvicida do extrato etanólico dos frutos da pimenta-do-reino com o Temephós em *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), constataram que a

pimenta-do-reino poderia representar uma alternativa viável de controle. Oliveira et al. (2000), investigando a bioatividade de diversos pós vegetais nas concentrações de 0; 1,5 e 2,5% e três períodos de armazenamento de grãos de *Phaseolus vulgaris* L. sobre *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae), destacaram no período inicial os pós de casca de canela, sementes de nim e sementes de pimenta-do-reino a 2,5%, com reduções na postura de ovos viáveis e emergência de adultos. No entanto, aos dois e quatro meses de armazenamento, somente a pimenta-do-reino causou redução da postura e emergência.

Almeida et al. (2004) avaliaram a atividade inseticida de extratos vegetais contra *C. maculatus* em feijão *Vigna unguiculata* (L.) Walp. armazenado. Para tanto, utilizaram várias estruturas de cinco espécies botânicas para extração com álcool etílico (30% e 50%) e cinco períodos de exposição desses extratos na forma de vapor. Os resultados demonstraram que os extratos da pimenta-do-reino e do nim foram os mais eficientes em todos os períodos de exposição (5, 10, 15, 20, 25 min.), tendo o extrato da pimenta alcançado um melhor desempenho em relação ao do nim, provocando 100% de mortalidade logo a partir do segundo tempo de exposição, enquanto que o nim causou essa mortalidade somente nos dois últimos tempos. Também Almeida et al. (2006) utilizaram frutos secos da pimenta-do-reino para extração em percolador com solvente álcool etílico nas concentrações (30%, 50% e 70%) e cinco períodos de exposição. Os extratos foram aplicados na forma de vapor sobre o gorgulho-do-feijão-caupi e causaram mortalidade acima de 90% já no menor período de exposição (5 minutos). No entanto, em termos de valores absolutos, o extrato formulado com 70% de álcool foi o mais eficiente, matando todos os insetos a partir de 10 minutos de exposição.

Fazolin et al. (2000) investigaram o efeito deterrente dos extratos aquosos de 15 espécies vegetais, das quais oito apresentaram efeito significativo sobre *Cerotoma tingomarianus* (Coleoptera: Crysomelidae), dentre elas a pimenta-do-reino a 1% e, segundo Fernandes et al. (2004), o extrato da pimenta-do-reino na dose de 5% (p/v) com óleo mineral (0,5% v/v) apresentou uma eficiência de 71% no controle dos adultos de *Cerotoma arcuata* (Coleoptera: Crysomelidae) em folhas de soja.

A planta de *P. aduncum* é também muito conhecida. No Brasil, é nativa da região Amazônica e conhecida popularmente como pimenta-de-macaco; rica no óleo essencial dilapiol, vem sendo testada com êxito como fungicida, moluscicida, acaricida, bactericida e larvicida (OLIVEIRA NETO et al., 2006). Bernard et al. (1995) compararam o extrato alcoólico de folhas de dezesseis espécies de *Piper*, apontando *P. aduncum* como a de maior atividade para larvas de

segundo ínstar de *Aedes atropalpus* (Diptera: Culicidae), provocando 92% de mortalidade nas larvas desse culicídeo à concentração de 1 ppm.

Uma outra espécie que vem ganhando destaque, sobretudo no Brasil, onde, segundo Fazolin et al. (2006) é abundante em áreas degradadas e de regeneração florestal no estado do Acre, é a pimenta longa *P. hispidinervum*. Ela produz um óleo essencial rico em safrol, componente químico aromático empregado como matéria prima na manufatura de heliotropina, importante fixador de fragrâncias, e butóxido de piperonila, agente sinérgico natural de inseticidas.

Em relação a essas duas piperáceas, diversos estudos comprovam seus potenciais inseticidas contra várias espécies de insetos considerados pragas. Das Neves et al. (2000) utilizaram *Z. subfasciatus* em testes com derivados botânicos em sementes de feijoeiro com avaliações realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a infestação e obtiveram os melhores resultados com a mistura óleo de nim juntamente com óleo de *P. hispidinervum*, com redução de 100% nos números de ovos e de grãos danificados, aos 90 dias.

Costa et al. (2006) consideraram satisfatório o controle da desfolha e a produtividade obtida com a utilização de extratos alcoólicos de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* comparados com o inseticida sintético carbaryl, no controle de *C. tingomarianus* na cultura da soja.

Fazolin et al. (2005) avaliaram o efeito da aplicação tópica e da ação por contato (papel-filtro) de diferentes concentrações do óleo de *P. aduncum*, por meio da mortalidade e consumo foliar de *C. tingomarianus* em plantas de feijão. Esses autores verificaram que a mortalidade dos insetos alcançou praticamente 100% nas concentrações de 1% do óleo na avaliação por contato e de 5% a 30% nas concentrações aplicadas topicamente, havendo redução significativa no consumo foliar dos insetos nas concentrações de 2,5% e 5%, além da redução do TL₅₀ em função das concentrações superiores a 5%. Fazolin et al. (2006), utilizando a mesma metodologia para determinar a eficiência do óleo essencial de *P. hispidinervum* no controle do mesmo inseto, verificaram que esse óleo não provocou mortalidade significativa para os adultos dessa praga, no entanto, apresentou resposta na inibição do consumo foliar em relação à testemunha de 41,6%, 47,3% e 60,9% nas concentrações de 0,6%, 0,8% e 1% (v v⁻¹), respectivamente.

De maneira similar à citada acima, Fazolin et al. (2007) também avaliaram tanto o óleo de *P. aduncum* como o de *P. hispidinervum* no controle de larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), que apresentaram toxicidade elevada e ótimo efeito inseticida nas concentrações acima de 3% (v/v⁻¹) para *P. hispidinervum* e 2,5% (v v⁻¹) para *P. aduncum*. Esses mesmos óleos essenciais diluídos em acetona foram testados por Estrela et al. (2006), quanto ao

efeito inseticida sobre *S. zeamais* por ação de contato (papéis-filtro impregnados com 0,5 ml nas concentrações: 30; 20; 10; 7,5; 5,0; 2,5 e 1%), fumigação (2 ml das concentrações de 5; 4; 3; 2; 1; e 0,1%) e tópica (0,5µl das concentrações de 30; 20; 10; 7,5; 5 e 2,5%). Ambos apresentaram efeito inseticida contra o inseto, causando mortalidade próxima a 100% nas concentrações de 20% e 30% do óleo de *P. hispidinervum*. Em relação ao efeito fumigante, a suscetibilidade foi maior com o óleo de *P. aduncum*, havendo diferença significativa entre eles somente nas concentrações de 0,1 e 1%. A DL₅₀ foi semelhante nos dois óleos por aplicação tópica, no entanto, a mortalidade foi maior com *P. aduncum*.

2.4.3. A pimenta-de-macaco, *Piper tuberculatum* Jacq. var. *tuberculatum*

2.4.3.1. Descrição botânica

Essa espécie é um arbusto medindo aproximadamente de 2 a 2,5 m de altura, com folhas de bainha alada; pecíolo de 0,5 a 1 cm de comprimento; lâmina oblongo-elíptica ou ovado-elíptica, base assimétrica, ápice agudo, brilhante, glabra na face adaxial; nervuras ascendentes em número de 8 – 10 pares, peninervias, dispostas até o ápice da lâmina. Espigas eretas, com 4 a 7 cm de comprimento; pedúnculo de 1 a 1,5 cm comprimento; bractéolas triangular-subpeltadas, marginalmente franjadas. Estames 4. Drupa tetragonal, lateralmente comprimida, glabra, 3 estigmas sésseis (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004).

2.4.3.2. Distribuição geográfica

Segundo Guimarães e Giordano (2004), essa planta está distribuída pelo Continente Americano e Antilhas. No Brasil, ocorre naturalmente nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro e Mato Grosso. Cresce em altitudes próximas a 550 m, em encosta úmida, em áreas de capoeira e em locais brejosos.

2.4.3.3. Atividade sobre insetos

Ao contrário de muitas espécies da família Piperaceae, *P. tuberculatum* é uma planta ainda pouco estudada, sobretudo no Brasil, onde é popularmente conhecida na região nordeste como pimenta-de-macaco. Segundo Araújo-Junior et al. (1997), no estado da Paraíba essa planta

é usada como sedativo e como antídoto para picada de cobra, sendo conhecida localmente como pimenta d'arda. Scott et al. (2002) relataram que na Costa Rica essa espécie é abundante e semidomesticada, onde é usada como cerca viva.

A atividade inseticida dessa pimenta se deve, principalmente, à ação de suas piperamidas, em especial as isobutilamidas e piperidinas (ARAÚJO-JUNIOR et al., 1997; SCOTT et al., 2002). Scott et al. (2002) constataram atividade inseticida de extratos das folhas de *P. tuberculatum* sobre as larvas do mosquito *A. atropalpus*. Esses pesquisadores revelaram que os extratos da referida espécie são tão eficazes quanto o extrato das sementes de *P. nigrum* e provêm um inseticida alternativo de uma fonte mais conveniente, as folhas. Scott et al. (2005) registraram mortalidade total das larvas de 2º instar daquele culicídeo após 24 h de exposição em extratos de *P. nigrum*, *P. tuberculatum* e *P. guineense* nas concentrações de 10 e 100 µg/ml.

Miranda et al. (2000) testaram duas amidas de *P. tuberculatum* (pelitorina e a 4,5-diidropiperlonguminina) quanto à suscetibilidade da broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). Ambos os compostos foram eficazes como inseticidas contra essa broca, com mortalidade variando de 0 a 90% nas aplicações de doses entre 40 e 190 mg i.a.inseto⁻¹ para pelitorina e entre 35 e 210 mg i.a.inseto⁻¹ para 4,5-diidropiperlonguminina. O potencial inseticida do extrato diclometano-metanólico das sementes dessa piperácea foi avaliado no controle do curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae), tendo apresentado efeito tóxico agudo contra lagartas de terceiro instar dessa praga, com uma DL₅₀ de 219 mg/inseto após 72 h de exposição (MIRANDA et al., 2002).

A toxicidade aguda da pelitorina, extraída de *P. tuberculatum* também foi avaliada através de testes de contato e ingestão em larvas e adultos recém-emergidos de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). Essa amida diluída em etanol com doses crescentes do ingrediente ativo (0, 40, 200, 1000, 5000 e 25000 ng de i.a./indivíduo) apresentou baixa seletividade para abelhas, com valores de DL₁₀ de 39,14; 36,16 e 13,79 ng de i.a./inseto para larvas via de contato e ingestão, adultos via ingestão e adultos via de contato, respectivamente (MIRANDA et al., 2003).

Pohlit et al. (2004) realizaram uma triagem com 56 espécies vegetais distribuídas em 28 famílias de plantas encontradas no estado do Amazonas. Foram preparados e testados extratos aquosos, etanólicos e metanólicos contra *A. aegypti*. Os extratos metanólicos foram, em geral, os que apresentaram maior atividade larvicida, destacando-se apenas sete espécies vegetais que provocaram 100% de mortalidade nas larvas desse inseto, dentre elas *P. aduncum* (folha e raiz) e *P. tuberculatum* (folha, fruto e talos).

Silva e Castro (2006) constataram que o extrato aquoso dos frutos de *P. tuberculatum* provocou mortalidade de 60% sobre a lagarta-do-cartucho na concentração de 10% e Castro et al. (2006) verificaram que o pó dos frutos dessa planta reduziu o número de posturas de *C. maculatus* em feijão-caupi.

Navickiene et al. (2007), após testarem extratos orgânicos de sementes, folhas e talos de *P. tuberculatum*, verificaram que esses extratos apresentaram atividade inseticida potencial, mostrando um processo de intoxicação rápido contra *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae), causando 80% de mortalidade quando doses maiores que $800 \mu\text{g inseto}^{-1}$ foram administradas. As respostas das lagartas apresentaram uma relação positiva entre dose e mortalidade, tendo sido o extrato de sementes o mais eficaz. Esses autores também avaliaram as isobutilamidas pelitorina e 4,5 diidropiperlonguminina extraídas das sementes dessa piperácea e verificaram que esses compostos provocaram 100% mortalidade a doses de 200 e $700 \mu\text{g inseto}^{-1}$ respectivamente, demonstrando ação tóxica quase que imediata à aplicação das doses de cada composto, apresentando redução dos movimentos e praticamente cessando a alimentação.

3. REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. A. et al. Atividade inseticida de extratos vegetais sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 67-70, 2004.

ALMEIDA, S. A. et al. Controle do *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) utilizando extratos de *Piper nigrum* L. (Piperaceae) pelo método de vapor. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 793-797, 2006.

ARAÚJO-JUNIOR, J. X. de. et al. Piperdardine, a piperidine alkaloid from *Piper tuberculatum*. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 44, n. 3, p. 559-561, 1997.

BERNARD, C. B. et al. Insecticidal defenses of Piperaceae from the neotropics. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 21, n. 6, p. 801-814, 1995.

BETTIOL, W. Controle alternativo de doenças de plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 3., 2006, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: SEBRAE, 2006. p. 101-113.

BIANCO, R. Pragas e seu controle. In: **A cultura do milho no Paraná**. Londrina, IAPAR. 1991. p. 184 -221. (IAPAR. Circular técnica, 68).

CASTRO, M. J. P. et al. Efeito de pós vegetais sobre a oviposição de *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão-caupi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 21., 2006, Recife. **Resumos...** Recife: SEB: UFRPE, 2006. 1 CD-ROM.

CICCIÓ, J. F. Constituyentes del aceite esencial de las hojas de *Piper terrabanum* (Piperaceae). **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 44, n. 2A, p. 507-511, 1996.

COSTA, C. R. da. et al. Extratos de piperáceas no manejo integrado de *Cerotoma tingomarianus* Bechné (Coleoptera: Crysomelidae) na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 3., 2006, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: SEBRAE, 2006. p. 29.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete lagoas: EMBRAPA CNPMS, 1995. 45 p. (EMBRAPA CNPMS. Circular Técnica, 21).

CRUZ, I. Controle econômico da lagarta-do-cartucho. **Correio Agrícola**, São Paulo, v. 1, p. 8-11, 1993.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. de L. C.; MATOSO, M. J. **Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos *Trichogramma***. Sete Lagoas: EMBRAPA CNPMS, 1999. 40 p. (EMBRAPA CNPMS. Circular Técnica, 30).

DAS NEVES, B. P. et al. Eficiência de alguns produtos de origem vegetal no controle de *Zabrotes subfasciatus* em sementes de feijoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Academia Cearense de Ciências, 2000. p. 75.

ESTRELA, J. L. V. et al. Toxicidade de amidas análogas à piperina para *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 2, p. 69-75, 2005.

ESTRELA, J. L. V. et al. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 217-222, 2006.

FAZOLIN, M. et al. **Avaliação de plantas com potencial inseticida no controle da vaquinha-do-feijoeiro (*Cerotoma tingomarianus* Bechné)**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 42 p. (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37).

FAZOLIN, M. et al. Efeito deterrente de extratos vegetais sobre *Cerotoma tingomarianus* Bechné em plantas de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Academia Cearense de Ciências, 2000. p. 59.

FAZOLIN, M. et al. Potencial inseticida do óleo essencial de *Piper hispidinervium* C. DC. No controle de *Cerotoma tingomarianus* Bechné. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 3., 2006, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: SEBRAE, 2006. p. 32.

FAZOLIN, M. et al. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC., *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 113-120, 2007.

FAZOLIN, M. et al. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechné (Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 485-489, 2005.

FERNANDES, A. C. da S. et al. Utilização de extratos vegetais aquosos no controle de *Ceratomyxa arcuata*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004 Gramado. **Programa e Resumos...** Gramado: SEB, 2004. p. 550.

FRIGHETTO, R. T. S. Preparação e avaliação da bioatividade de extratos vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador. **Resumos...** Salvador: SEB; Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. p. 10.

GUIMARÃES, E. F.; GIORDANO, L. C. S. Piperaceae do nordeste brasileiro I: estado do Ceará. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 84, p. 21-46, 2004.

INNECCO, R. Uso de óleos essenciais como defensivo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 3., 2006, Belém. . **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: SEBRAE, 2006. p. 98-99.

LUCCHINI, F. **Biologia da *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae), níveis de prejuízos e avaliação toxicológica de inseticidas para o seu combate, em milho.** 1977. 114 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1977.

MARANHÃO, Z. C. Plantas inseticidas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 29, n. 3/4, p. 113-121, 1954.

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

MIRANDA, J. E. et al. Compostos inseticidas isolados de *Piper tuberculatum* – teste de suscetibilidade em *Diatraea saccharalis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Academia Cearense de Ciências, 2000. p. 44.

MIRANDA, J. E. et al. Potencial inseticida do extrato de *Piper tuberculatum* (Piperaceae) sobre *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 557-563, 2002.

MIRANDA, J. E. et al. Susceptibility of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to pellitorine, na amide isolated from *Piper tuberculatum* (Piperaceae). **Apidologie**, Paris, v. 34, p. 409-415, 2003.

MIYAKADO, M.; NAKAIAMA, I.; OHNO, N. Insecticidal unsaturated isobutylamides: From natural products to agrochemical leads. In: ARNASON, J. T.; PHILOGÈNE, B. J. R.; MORAND, P. J. **Insecticides of plant origin**. New York: American Chemical Society, 1989. 418 p.

MUSETTI, L. **Avaliação de efeitos de extratos de *Piper nigrum* L. sobre adultos de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera, Curculionidae)**. 1991. 79 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

NAVICKIENE, H. M. D. et al. Toxicity of extracts and isobutyl amides from *Piper tuberculatum*: potent compounds with potential for the control of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis*. **Pest Management Science**, Londres, v. 63, p. 399-403, 2007.

OLIVEIRA NETO, C. F. et al. Redução do crescimento micelial de *Rhizoctonia solani* Kühn submetido a meios de cultura preparado com extrato aquoso de *Piper aduncum* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 3., 2006, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: SEBRAE, 2006. p. 33.

OLIVEIRA, J. V. et al. Influência de pós vegetais na viabilidade de ovos e emergência de *Zabrotes subfasciatus* (BOH) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão, *Phaseolus vulgaris* L., armazenado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Academia Cearense de Ciências, 2000. p. 41.

PARMAR, V. S. et al. Phytochemistry of the genus *Piper*. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 46, n. 4, p. 597-673, 1997.

PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. **Plaguicidas naturales de origen vegetal: estado actual de la investigacion**. Madrid: INIA, 1996, 35 p. (INIA. Monografías, 092).

POHLIT, A. M. et al. Screening of plants found in the state of Amazonas, Brasil for larvicidal against *Aedes aegypti* larvae. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 1, p. 97-105, 2004.

RODRÍGUEZ H., C. **Efeito de extratos aquosos de Meliaceae no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 1995. 100 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

RODRÍGUEZ H., C.; VENDRAMIM, J. D. Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae em *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Manejo Integrado de Plagas**, Costa Rica, n. 42, p. 14-22, 1996.

ROEL, A. R. Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o desenvolvimento rural sustentável. **Interações**: revista internacional de desenvolvimento local, Campo Grande, v. 1, n. 2, p. 43-50, 2001.

SAITO, M. L.; LUCHINI, F. **Substâncias obtidas de plantas e a procura por praguicidas eficientes e seguros ao meio ambiente**. Jaguariúna: Embrapa CNPMA, 1998. 46 p. (Embrapa CNPMA. Série Documentos, 12).

SCOTT, I. M. et al. Analysis of Piperaceae germplasm by HPLC and LCMS: a method for isolating and identifying unsaturated amides from *Piper* spp. extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 6, p. 1907-1913, 2005.

SCOTT, I. M. et al. Insecticidal activity of *Piper tuberculatum* Jacq. extracts: synergistic interaction of piperamides. **Agricultural and Forest Entomology**, Londres, v. 4, p. 137-144, 2002.

SENGUPTA, S.; RAY A. B. The chemistry of *Piper* species: a review. **Fitoterapia**, Milano, Varanasi, v. 58, n. 3, 1987.

SILVA, P. H. S.; CASTRO, M. J. P. Avaliação do extrato aquoso de frutos da pimenta-de-macaco *Piper tuberculatum* Jacq. na mortalidade e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 3., 2006, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: SEBRAE, 2006. p. 18.

SIMAS, N. K. et al. Atividade larvicida dos extratos de plantas cultivadas na região amazônica em *Aedes aegypti*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Academia Cearense de Ciências, 2000. p. 23.

SOUZA, J. C. de; SOUZA, M. de A. **Lagarta-do-cartucho e besourinho das plantas: principais pragas do milho em plantio direto no sul de Minas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 32 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 68).

SU, H. C. F. Insecticidal properties of black pepper to rice weevils and cowpea weevils. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 70, n. 1, p. 18-21, 1977.

SU, H. C. F.; HORVAT, R. Isolation, and insecticidal properties of *Piper nigrum* amides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 29, n.1, p.116-118, 1981.

TAVARES, M. A. G. C. **Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosoides* L. (Chenopodiaceae), em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col: Curculionidae).** 2002. 59 f. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

VENDRAMIM, J. D. Plantas inseticidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador. **Resumos...** Salvador: SEB; Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1997. p. 10.

VENDRAMIM, J. D. Uso de plantas inseticidas no controle de pragas. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE AGRICULTURA ORGÂNICA, 2, 1997, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1997, p. 64-69.

4. CAPÍTULO I

Atividade comparada de extratos de frutos frescos e desidratados de *Piper tuberculatum* Jacq. (Piperaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

Compared activity of extracts of fresh and dehydrated fruits of *Piper tuberculatum* Jacq. (Piperaceae) on the *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

Maria de Jesus Passos de Castro^I Paulo Henrique Soares da Silva^{II}

RESUMO

Avaliou-se em condições de laboratório o potencial inseticida de extratos aquosos de frutos verdes frescos e frutos verdes desidratados de *Piper tuberculatum* sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Folhas de milho foram imersas em diferentes concentrações desses extratos e oferecidas diariamente às lagartas. Verificou-se que os extratos foram tóxicos às lagartas; reduziram o consumo e prolongaram o período larval dos insetos. O extrato de frutos frescos apresentou uma ação tóxica mais rápida em comparação ao extrato de frutos desidratados.

Palavras-chave: *Piper*, Inseticidas botânicos, Extratos vegetais, *Spodoptera frugiperda*

^I Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Petrônio Portela, Bairro Ininga, 64049-550, Teresina, Piauí - Brasil

^{II} Embrapa Meio-Norte. Av. Duque de Caxias, 5650, Cx. Postal 01, Bairro Buenos Aires, 64006-220, Teresina, Piauí – Brasil. E-mail: phsilva@cpamn.embrapa.br. Autor para correspondência.

ABSTRACT

The potential insecticide of aqueous extracts of fresh and dehydrated green fruits of *Piper tuberculatum* on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) was evaluated in laboratory conditions. Corn leaves were immersed into different concentrations of extracts and offered to the caterpillars daily. The extracts were poisonous to the caterpillars and reduced the consumption and prolonged the larval period of the insects. The extract of fresh fruits presented a more rapid toxic action in comparison to the extract obtained from dehydrated fruits.

Key words: *Piper*, Botanical insecticides, Vegetable extracts, *Spodoptera frugiperda*

INTRODUÇÃO

Os inseticidas sintéticos têm sido o principal meio de controle de insetos-praga da agricultura. No entanto, o alto custo ecológico e sócio-econômico de sua utilização como eliminação dos inimigos naturais das pragas, contaminação do meio ambiente e de resíduos nos alimentos, levou pesquisadores à reformulação do conceito de controle de insetos-praga, baseados no reconhecimento de que este não poderia ser feito com a utilização de uma única tática de controle, mas pela fusão de várias práticas fundamentadas em princípios ecológicos.

Uma alternativa a essa situação é a produção de outros tipos de inseticidas, que sejam menos nocivos ao homem e ao meio ambiente. Produtos naturais extraídos de plantas são fontes promissoras e têm adquirido importância como alternativa para o controle de insetos, reduzindo os efeitos negativos ocasionados pela aplicação descontrolada de inseticidas organossintéticos (VENDRAMIM & SCAMPINI, 1997).

As plantas inseticidas podem ser utilizadas de diversas formas, sendo mais comum o seu emprego na forma de pó seco, óleos, extratos aquosos e não aquosos (VENDRAMIM, 1997). Assim, tais produtos podem proporcionar aos agricultores de baixa renda, um método fácil, natural e econômico de manejo de insetos, utilizando as ferramentas do seu próprio ecossistema (RODRÍGUEZ & VENDRAMIM, 1997).

Dentre as plantas inseticidas atualmente estudadas, o melhor exemplo pode ser dado pela meliácea *Azadirachta indica* A. Juss, comumente conhecida por nim. Essa planta, cuja principal substância é a azadiractina, é considerada a mais importante e promissora espécie vegetal com atividade inseticida. Os bons resultados obtidos com o nim têm estimulado a pesquisa com outras meliáceas e diversas outras famílias botânicas (VENDRAMIM, 1997).

Apesar de menos pesquisada que as meliáceas, a família Piperaceae tem se revelado bastante eficaz para uso como inseticida botânico, especialmente as espécies pertencentes ao gênero *Piper* que possuem metabólitos secundários como amidas, lignanas e flavonóides.

Segundo BERNARD et al. (1995), estudos realizados com espécies de *Piper* na Ásia e na África revelaram que as lignanas e isobutilamidas são os compostos com maior atividade de defesa contra insetos.

No Brasil, vêm sendo recentemente investigadas três espécies dessa família sobre insetos: *Piper aduncum* L. e *Piper hispidinervum* C. DC. sobre *Cerotoma tingomarianus* (COSTA et al., 2006; FAZOLIN et al., 2005, 2006), *Tenebrio molitor* (FAZOLIN et al., 2007) e *Sitophilus zeamais* (ESTRELA et al., 2006) e *Piper tuberculatum* Jacq., que se revelou eficaz no controle de *Alabama argillacea* (MIRANDA et al., 2002), *Apis mellifera* (MIRANDA et al., 2003), *Anticarsia gemmatalis* (NAVICKIENE et al., 2007) e *Diatraea saccharalis* (MIRANDA et al., 2000).

Com base nesses fatos, foi desenvolvida esta pesquisa visando avaliar em laboratório, o potencial inseticida de extratos aquosos de frutos verdes desidratados e não desidratados de *P. tuberculatum*, utilizando-se como inseto alvo a lagarta-do-cartucho-do-milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Entomologia da Embrapa Meio – Norte em Teresina - Piauí, sob condições controladas em B.O.D. (a 28 ± 2 °C; UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas). Para realização dos testes, foi mantida em laboratório criação de *S. frugiperda*, onde as lagartas foram alimentadas com dieta natural à base de folhas de milho e os adultos com solução de mel a 10%.

Foram preparados dois extratos brutos, um utilizando-se frutos verdes desidratados e outro com frutos verdes não desidratados (frescos). Para ambos, as referidas estruturas vegetais foram coletadas no campo experimental da Embrapa Meio-Norte.

Obtenção do extrato aquoso de frutos verdes não desidratados

Frutos verdes recém coletados foram adicionados à água destilada na proporção de 1 : 1 (p/v), em seguida triturados no liquidificador e posteriormente filtrados em tecido “voil”. A solução resultante desse processo, aqui denominada de solução-estoque ou extrato bruto foi preparada no momento da instalação do bioensaio, onde parte da qual foi diluída em nove concentrações (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90% v/v), as quais juntamente com o extrato bruto e a testemunha (água destilada) constituíram onze tratamentos. A parte restante dessa solução foi armazenada em frascos escuros e conservada em refrigerador à temperatura de 5 °C, sendo diluída a cada 48 h pouco antes da sua utilização.

Obtenção do extrato aquoso de frutos verdes desidratados

Em consequência do “inchaço” do pó vegetal quando adicionado à água destilada na proporção de 1:1 (p/v), não foi possível extrair quantidade suficiente do extrato bruto para manutenção do experimento; então foi realizado um ensaio preliminar para encontrar uma proporção a partir da qual fosse possível extrair maior quantidade de extrato.

Logo após a coleta dos frutos verdes, esses foram secos em estufa a 40 °C, por 48 h e posteriormente triturados em moinhos de facas, até obtenção do pó. O extrato foi obtido pela imersão do substrato vegetal recém triturado em água destilada na proporção de 1:1,5 (p/v). A mistura repousou por 24 h em recipiente fechado e opaco para extração dos compostos hidrossolúveis, seguindo, a partir desse ponto, o procedimento realizado com a pimenta não desidratada.

Realização dos bioensaios

Para a realização dos bioensaios, foram utilizadas folhas de milho (cultivar São Vicente) cultivado no campo experimental da Embrapa Meio – Norte. Folhas cortadas em círculos com área de 7,06 cm², obtidos através de um vazador medindo 2,5 cm de diâmetro, foram imersas nos extratos por 3 minutos e secas em papel toalha, sendo posteriormente, oferecidas às lagartas com três dias de idade (criadas até essa fase em dieta natural) e individualizadas em placas plásticas medindo 6,0 cm de diâmetro por 2,0 cm de altura. As folhas foram substituídas diariamente por outras folhas tratadas, anotando-se a quantidade oferecida. Folhas de milho mergulhadas em água destilada foram utilizadas como testemunha. O alimento não consumido durante o período larval foi recolhido em sacos de papel identificados para posterior cálculo do consumo larval, realizado pela diferença entre o peso seco da área foliar oferecida e o peso seco da área foliar das sobras.

As variáveis avaliadas foram: mortalidade, consumo e duração larval. Para cada tratamento foram utilizadas 35 lagartas, distribuídas em 5 repetições com 7 lagartas cada, em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo considerado como número mínimo para análise, duas repetições por tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito dos extratos na mortalidade das lagartas

O extrato de frutos frescos apresentou toxicidade similar ao extrato de frutos desidratados sobre as lagartas de *S. frugiperda*, tendo ambos causado altos percentuais de mortalidade larval em quase todas as concentrações estudadas (Tabela 1).

Tabela 1 - Média (\pm EP)¹ da mortalidade de lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com doses de extratos aquosos dos frutos frescos e desidratados de *P. tuberculatum*.

Tratamentos	Mortalidade (%)	
	Frutos Frescos	Frutos Desidratados
Testemunha (água)	2,86 \pm 2,86 a	0,00 a
10% do Extrato bruto	25,70 \pm 8,32 b	6,82 \pm 3,50 b
20% do Extrato bruto	79,98 \pm 3,50 c	79,98 \pm 7,29 c
30% do Extrato bruto	85,70 \pm 4,52 c	100,00 \pm 0,00 d
40% do Extrato bruto	88,56 \pm 5,35 c	100,00 \pm 0,00 d
50% do Extrato bruto	94,28 \pm 3,50 c	97,14 \pm 2,86 d
60% do Extrato bruto	91,42 \pm 5,72 c	91,42 \pm 3,50 cd
70% do Extrato bruto	94,28 \pm 3,50 c	100,00 \pm 0,00 d
80% do Extrato bruto	94,28 \pm 3,50 c	94,28 \pm 3,50 cd
90% do Extrato bruto	97,14 \pm 2,86 c	97,14 \pm 2,86 d
Extrato bruto	97,14 \pm 2,86 c	100,00 \pm 0,00 d
CV	13,05	8,29
MÉDIA	77,39	83,89

¹EP: Erro Padrão; Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Esses resultados estão de acordo com diversos trabalhos envolvendo o potencial inseticida de *P. tuberculatum* sobre vários insetos, como o de MIRANDA et al. (2002) que efetuaram aplicação tópica de extrato orgânico de sementes de *P. tuberculatum* em *A. argillacea*, verificando uma toxicidade dose-dependente e estimando DL₅₀ de 219 mg/inseto após 72 horas de exposição, e MIRANDA et al. (2003) que avaliaram a suscetibilidade de *A. mellifera* à pelitorina, uma amida de *P. tuberculatum*, e constataram baixos valores de doses letais sobre larvas e adultos dessas abelhas, indicando serem essas suscetíveis à referida amida. NAVICKIENE et al. (2007), após testarem extratos orgânicos de sementes, folhas e talos de *P.*

tuberculatum, verificaram que esses extratos apresentaram atividade inseticida potencial, mostrando um processo de intoxicação rápido contra *A. gemmatalis*, causando 80% de mortalidade quando doses maiores que $800 \mu\text{g inseto}^{-1}$ foram administradas, tendo sido o extrato de sementes o mais eficaz. Duas isobutilamidas, pelitorina e 4,5 diidropiperlonguminina, isoladas dessas sementes também foram avaliadas e provocaram 100% de mortalidade a doses de 200 e $700 \mu\text{g inseto}^{-1}$ respectivamente, apresentando uma relação positiva entre dose e mortalidade.

No presente estudo, constatou-se que embora os dois extratos tenham sido similares em relação aos percentuais de mortalidade, eles diferiram quanto ao tempo letal. Para o extrato de frutos frescos ocorreu uma ação tóxica rápida, alcançando valores de mortalidade acumulada acima de 80% nos cinco primeiros dias nas maiores concentrações (Figura 1).

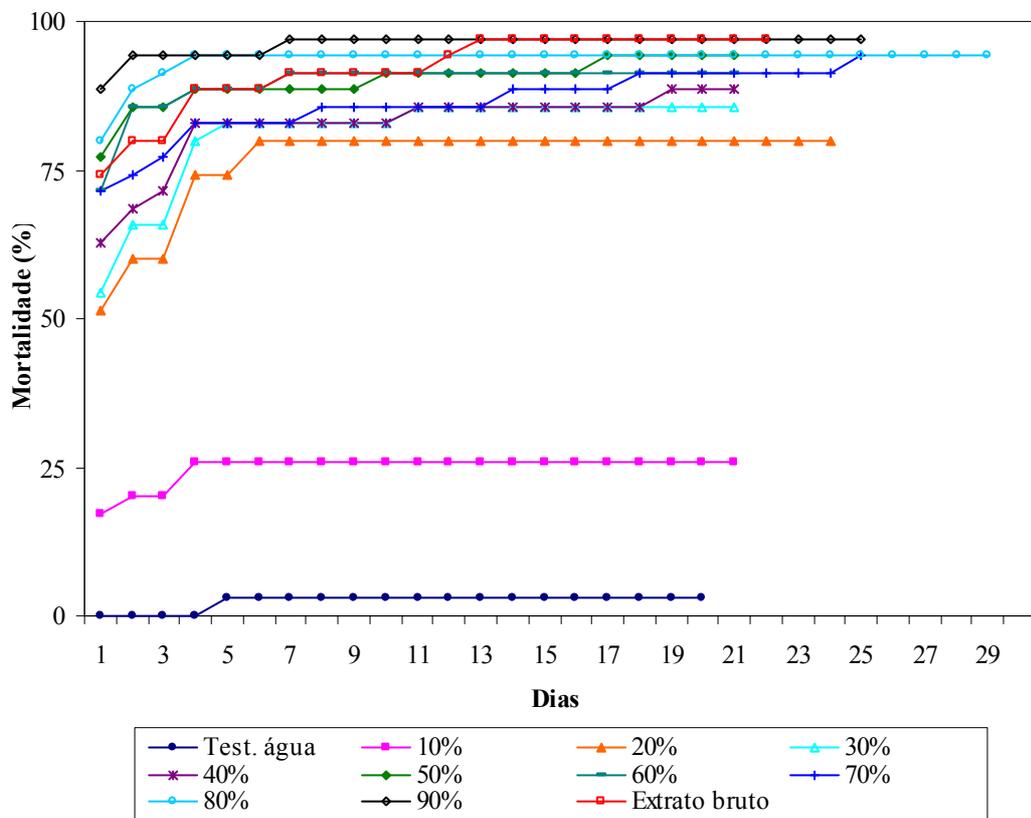


Figura 1. Mortalidade larval acumulada de *S. frugiperda*, alimentadas com folhas de milho tratadas com diferentes concentrações de extrato aquoso de frutos frescos de *P. tuberculatum*.

Para o extrato dos frutos desidratados essa atividade foi retardada, levando entre 20 e 23 dias para alcançar os mesmos valores (Figura 2).

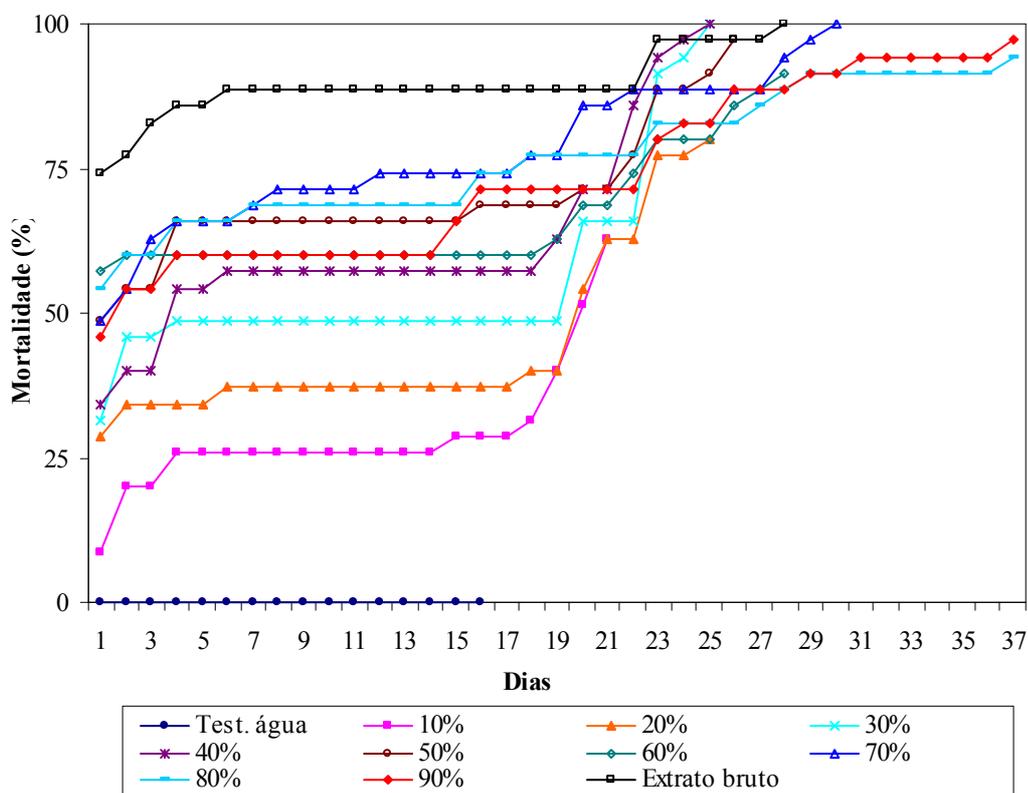


Figura 2. Mortalidade larval acumulada de *S. frugiperda*, alimentadas com folhas de milho tratadas com diferentes concentrações de extrato aquoso de frutos desidratados de *P. tuberculatum*.

Uma hipótese para explicar esse comportamento baseia-se na associação de lignanas ao grupo metilenedioxifenil, que segundo BERNARD et al. (1990) são consideradas importantes inibidores de monooxigenases dependentes de citocromo P450, característico das piperáceas. De acordo com FAZOLIN et al (2005), muitos componentes potencialmente tóxicos contidos no alimento dos insetos são gradualmente eliminados por essa enzima destoxicativa antes de se acumularem a níveis letais. Portanto, a rápida toxicidade constatada para o extrato de frutos frescos, pode ter sido consequência de um rápido acúmulo de componentes tóxicos presentes no referido extrato; por outro lado, os frutos desidratados podem ter perdido (quantitativamente) durante o processo de secagem, a associação das lignanas ao grupo metilenedioxifenil, o que

aumentaria a capacidade destoxificativa, permitindo o consumo dos insetos, ainda que de forma reduzida, mas o suficiente para mantê-los vivos por um período maior.

Observou-se ainda no ensaio com a pimenta desidratada que aquelas lagartas que sobreviveram por muitos dias não conseguiram mais se alimentar e perderam a coordenação motora, apresentando uma coloração escura. Para TRINDADE et al. (2000), essas alterações morfológicas e fisiológicas sugerem interferência de algum componente do extrato no sistema hormonal que regula o desenvolvimento larval do inseto. MORDUE & BLACKWELL (1993) reportaram que essas alterações resultam da redução na concentração do ecdisônio ou atraso da sua liberação na hemolinfa e que isso é de grande importância, pois quando o desenvolvimento larval é afetado, obtém-se a diminuição da população do inseto na fase em que ocorre o dano às plantas.

Efeito dos extratos no consumo e no período larval

Os dois extratos afetaram o consumo e o período larval de *S. frugiperda*, tendo provocado uma redução no consumo e um prolongamento do período larval. Com a utilização do extrato de frutos frescos, o consumo diferiu significativamente da testemunha já na menor concentração (10%), o mesmo não ocorrendo com a pimenta desidratada que só diferiu da testemunha a partir da concentração de 30%. Para o período larval, o processo foi inverso, tendo este diferido significativamente da testemunha somente a partir da concentração de 60% com a utilização do extrato de frutos frescos e de 20% com o de frutos desidratados (Tabela 2).

Tabela 2 - Média (\pm EP)¹ do consumo e do período larval de *S. frugiperda*, alimentadas com folhas de milho tratadas com doses de extratos aquosos dos frutos frescos e desidratados de *P. tuberculatum*.

Tratamentos	Frutos Frescos		Frutos Desidratados	
	Consumo (cm ²)	Período larval (dias)	Consumo (cm ²)	Período larval (dias)
Testemunha (água)	119,85 \pm 4,36 a	16,38 \pm 0,29 a	129,23 \pm 1,99 a	15,00 \pm 0,05 a
10% do Extrato bruto	91,02 \pm 9,44 b	17,10 \pm 0,25 a	111,95 \pm 11,84 a	17,76 \pm 0,69 ab
20% do Extrato bruto	31,26 \pm 9,58 c	20,30 \pm 0,94 abc	105,56 \pm 13,79 ab	19,93 \pm 1,45 b
30% do Extrato bruto	25,10 \pm 8,83 c	19,88 \pm 0,72 ab	70,06 \pm 11,81 bc	-
40% do Extrato bruto	24,60 \pm 8,66 c	20,33 \pm 0,67 abc	56,55 \pm 11,91 c	-
50% do Extrato bruto	15,08 \pm 6,94 c	20,50 \pm 0,50 abc	37,38 \pm 9,20 cd	22,00 ²
60% do Extrato bruto	14,44 \pm 6,72 c	25,75 \pm 4,75 cd	33,89 \pm 7,78 cd	27,33 \pm 0,33 c
70% do Extrato bruto	19,86 \pm 7,80 c	23,00 \pm 1,00 bcd	13,88 \pm 4,93 d	-
80% do Extrato bruto	9,84 \pm 5,44 c	28,50 \pm 0,50 d	15,20 \pm 4,70 d	29,50 \pm 0,50 c
90% do Extrato bruto	5,98 \pm 3,64 c	25,00 ²	11,63 \pm 3,77 d	27,00 ²
Extrato bruto	7,07 \pm 3,33 c	22,00 ²	10,49 \pm 8,06 d	-
CV	40,05	9,54	31,69	7,90

¹EP: Erro Padrão; Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

²Valores não incluídos na análise estatística por número insuficiente de repetições (Considerou-se para análise no mínimo duas repetições por tratamento).

Para RODRÍGUEZ & VENDRAMIM (1997), existe uma relação entre o prolongamento da fase larval e a menor ingestão de alimento, por existir neste, um ou vários inibidores de alimentação ou por ocorrer inadequação nutricional do substrato alimentar. De fato, observou-se que em geral, nos tratamentos em que o período larval foi maior houve menor consumo, o que indica que os extratos podem conter substâncias deterrentes à alimentação dos insetos.

FERNANDES et al. (1996) observaram 100% de deterrência alimentar em *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae), utilizando extratos etanólicos de *Piper nigrum* e PARMAR et al. (1997), em estudos realizados com seis amidas isoladas de *Piper guineense* (Piperaceae) também verificaram atividade antialimentar para larvas de 5º instar de *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae). BERNARD et al. (1995), após testarem diversas espécies de piperáceas em *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), constataram diferentemente desses resultados

que os extratos de piperáceas mostraram pouco efeito sobre o consumo e digestão do alimento, afetando apenas a eficiência de conversão do mesmo. NAVICKIENE et al. (2007), avaliando as isobutilamidas pelitorina e 4,5 diidropiperlonguminina das sementes de *P. tuberculatum*, verificaram que as doses de 200 e 700 μg inseto⁻¹ respectivamente, demonstraram uma ação tóxica quase que imediata à aplicação, provocando redução dos movimentos e praticamente cessando a alimentação de *A. gemmatalis*. Esses resultados contrastantes mostram que a atividade tóxica dos extratos depende da espécie de inseto estudada.

É relevante salientar que não foram encontrados na literatura estudos comparativos como esse utilizando *P. tuberculatum*. No entanto, SU (1984) comparou extratos de frutos secos com o de frutos verdes da espécie *P. nigrum* através de aplicações tópicas e verificou que o primeiro extrato foi mais tóxico para *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) e *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) que o segundo, embora ambos, tenham oferecido boa proteção contra *C. maculatus* e *S. oryzae*.

CONCLUSÕES

1. Tanto o extrato de frutos desidratados como o de frutos frescos de *P. tuberculatum* são tóxicos às lagartas de *S. frugiperda*;
2. O extrato de frutos frescos provoca uma ação tóxica mais rápida que o extrato de frutos desidratados;
3. Ambos reduzem o consumo e prolongam a fase larval dos insetos.

REFERÊNCIAS

- BERNARD, C. B. et al. Insecticidal defenses of Piperaceae from the neotropics. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 21, n. 6, p. 801-814, 1995.
- BERNARD, C. B. et al. In-vivo effect of mixtures of allelochemicals on the life cycle of the european corn borer, *Ostrinia nubilalis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, Holanda, v. 57, p. 17-22, 1990.
- COSTA, C. R. da et al. Extratos de piperáceas no manejo integrado de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 3., 2006, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: SEBRAE, 2006. p. 29.
- ESTRELA, J. L. V. et al. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 217-222, 2006.
- FAZOLIN, M. et al. Potencial inseticida do óleo essencial de *Piper hispidinervium* C. DC. No controle de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 3., 2006, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: SEBRAE, 2006. p. 32.
- FAZOLIN, M. et al. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC., *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 113-120, 2007.
- FAZOLIN, M. et al. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 485-489, 2005.
- FERNANDES, W. D. et al. Deterrência alimentar e toxidez de extratos vegetais em adulto *Anthonomus grandis* Both. (Coleoptera: Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, n. 3, p. 553-556, 1996.
- MIRANDA, J. E. et al. Compostos inseticidas isolados de *Piper tuberculatum* – teste de suscetibilidade em *Diatraea saccharalis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Academia Cearense de Ciências, 2000. p. 44.

MIRANDA, J. E. et al. Potencial inseticida de *Piper tuberculatum* (Piperaceae) sobre *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 557-563, 2002.

MIRANDA, J. E. et al. Susceptibility of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to pellitorine, na amide isolated from *Piper tuberculatum* (Piperaceae). **Apidologie**, Paris, v. 34, p. 409-415, 2003.

MORDUE, A. J.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: an update. **Journal of Insect Physiology**, Londres, v. 39, p. 903-924, 1993.

NAVICKIENE, H. M. D. et al. Toxicity of extracts and isobutyl amides from *Piper tuberculatum*: potent compounds with potential for the control of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis*. **Pest Management Science**, Londres, v. 63, p. 399-403, 2007.

PARMAR, V. S. et al. Phytochemistry of genus *Piper*. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 46, n. 4, p. 597-673, 1997.

RODRÍGUEZ H., C.; VENDRAMIM, J. D. Avaliação da bioatividade de extratos aquosos de Meliaceae sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 72, n. 3, p.305-318, 1997.

SU, H. C. F. Comparative toxicity of three peppercorn extracts to four species of stored-product insects under laboratory conditions. **Journal of Georgia Entomological Society**, Tifton, v. 19, n. 2, p. 190-199, 1984.

TRINDADE, R. C. P. et al. Extrato metanólico da amêndoa da semente de nim e a mortalidade de ovos e lagartas da traça-do-tomateiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 407-413, 2000.

VENDRAMIM, J. D. Plantas inseticidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador. **Resumos...** Salvador: SEB; Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. p. 10.

VENDRAMIM, J. D.; SCAMPINI, P. J. Efeito do extrato aquoso de *Melia azedarach* sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em dois genótipos de milho. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 72, n. 2, p. 159-170, 1997.

5. CAPÍTULO II

Efeito do armazenamento de substratos na atividade inseticida de extratos de *Piper tuberculatum* Jacq. (Piperaceae) sobre *Spodoptera frugiperda*

Effect of storage of substrata on the insecticide activity of *Piper tuberculatum* Jacq. (Piperaceae) extracts on the *Spodoptera frugiperda*

Maria de Jesus Passos de Castro^{III} Paulo Henrique Soares da Silva^{IV}

RESUMO

Avaliou-se em condições de laboratório, o potencial inseticida de *Piper tuberculatum* através de três períodos de armazenamento de seus substratos vegetais (frutos moídos) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Para tanto, prepararam-se extratos brutos a partir de pó vegetal armazenado em dois períodos (10 e 90 dias) e pó fresco. Cada extrato foi diluído à concentração de 30% (v/v), e as lagartas foram alimentadas diariamente com discos de folhas de milho imersos nesses extratos. Verificou-se que o tratamento correspondente ao substrato fresco afetou a viabilidade larval, matando 100% dos insetos. Os substratos armazenados tiveram suas ações reduzidas sobre a viabilidade, mas inibiram o consumo e prolongaram a fase larval dos insetos sobreviventes.

Palavras-chave: Extrato vegetal, Planta inseticida, Controle alternativo, *Spodoptera frugiperda*

III Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Petrônio Portela, Bairro Ininga, 64049-550, Teresina, Piauí - Brasil

IV Embrapa Meio-Norte. Av. Duque de Caxias, 5650, Cx. Postal 01, Bairro Buenos Aires, 64006-220, Teresina, Piauí – Brasil. E-mail: phsilva@cpamn.embrapa.br. Autor para correspondência.

ABSTRACT

The potential insecticide of *Piper tuberculatum* on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) was evaluated in laboratory, through three periods of storage of their vegetable substrata (ground fruits). Crude extracts were prepared from fresh powder and the vegetable powder submitted to a storage period of 10 and 90 days. Each extract was diluted to the concentration of 30% (v/v), and the caterpillars were fed daily with disks of corn leaves immersed in those extracts. The treatment corresponding to the fresh substratum affected the larval viability by killing 100% of the insects. The stored substrata had a reduced effect on larvae viability; however, they inhibited the consumption and prolonged the larval phase of the surviving insects.

Key words: Vegetable extract, Insecticide plants, Alternative control, *Spodoptera frugiperda*

INTRODUÇÃO

O controle de pragas tem sido realizado por meio de produtos químicos sintéticos, que além de agressivos ao meio ambiente, nem sempre são eficientes (ROEL & VENDRAMIM, 1999; ROEL et al., 2000). O uso indiscriminado e incorreto desses produtos tem aumentado o número de aplicações e diminuído sua eficiência, principalmente devido ao surgimento de populações de insetos resistentes a esses inseticidas (BOGORNİ & VENDRAMIM, 2003).

O conhecimento dos efeitos indesejáveis do uso desses inseticidas, associados à preocupação dos consumidores quanto à qualidade dos alimentos, têm incentivado estudos sobre novas técnicas de controle (TAVARES, 2002), incluindo-se a utilização de produtos naturais que sejam menos agressivos ao ambiente, dentre os quais, os inseticidas de origem vegetal.

Os inseticidas de plantas têm sido utilizados por meio de produtos com formulação em pó, óleos e extratos (ESTRELA et al., 2006). Nos últimos anos, o interesse por essas substâncias cresceu muito, uma vez que são uma alternativa mais segura, mais econômica para pequenos agricultores e mais facilmente biodegradável em relação aos inseticidas sintéticos. Além da toxicidade, muitas espécies botânicas também apresentam efeitos biológicos diferenciados sobre vários insetos, incluindo alteração do comportamento e do desenvolvimento (MUSETTI, 1991).

As plantas constituem a mais importante fonte de compostos químicos orgânicos, pois enquanto seu metabolismo primário sintetiza compostos essenciais presentes em todas as espécies vegetais, seu metabolismo secundário produz compostos com diversas funções específicas, entre elas a estratégia de defesa contra insetos (PASCUAL-VILLALOBOS, 1996).

Dentre as plantas inseticidas atualmente estudadas, destaca-se a meliácea *Azadirachta indica* A. Juss., comumente conhecida por nim. Essa planta, cuja principal substância ativa é a azadiractina, é considerada a mais importante e promissora espécie vegetal com atividade inseticida. Os bons resultados obtidos com o nim têm estimulado estudos com outras meliáceas e

diversas outras famílias botânicas (VENDRAMIM, 1997), no intuito de encontrar novas espécies com atividades inseticidas.

Apesar de menos pesquisadas que as meliáceas, entre as plantas cujos extratos apresentam potencial inseticida estão as da família Piperaceae. O gênero *Piper* destaca-se dentro dessa família por conter espécies que apresentam metabólitos secundários, como lignanas e amidas, usados na defesa contra a herbivoria. Essas substâncias com propriedades inseticidas, representam uma alternativa promissora à incorporação de novas substâncias ao manejo de pragas (MIRANDA et al., 2002), principalmente na agricultura orgânica e familiar.

Algumas plantas como *P. tuberculatum* não apresentam frutificação constante, o que significa que nem sempre os produtores contarão com seus frutos frescos para produção de extratos.

Com base nesses fatos, desenvolveu-se esta pesquisa visando-se avaliar, em laboratório, o potencial inseticida de extratos aquosos de *Piper tuberculatum* Jacq. através do armazenamento de substratos vegetais desidratados sobre *S. frugiperda*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Entomologia da Embrapa Meio – Norte em Teresina - Piauí, sob condições controladas em B.O.D. (28 ± 2 °C, UR $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas). Para realização dos testes, foi mantida em laboratório criação de *S. frugiperda*, onde as lagartas foram alimentadas com dieta natural à base de folhas de milho e os adultos com solução de mel a 10%.

Frutos verdes de *P. tuberculatum* foram coletados em diferentes datas no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, para avaliação de três períodos de armazenamento (90, 10 e 0 dias). As referidas estruturas vegetais foram secas, nas respectivas datas, em estufa a 40 °C por 48 h e posteriormente trituradas em moinhos de facas até obtenção do pó. O pó utilizado na avaliação dos períodos de 90 e 10 dias, foram mantidos em recipientes plásticos opacos fechados e conservados em condições ambiente até o momento da utilização.

Para realização do bioensaio, foram preparados três extratos com substratos vegetais correspondentes aos três períodos estudados. Cada substrato vegetal foi adicionado em água destilada na proporção de 1:1,5 (p/v), sendo essa mistura mantida em repouso por 24 h em recipientes opacos e fechados para extração dos compostos hidrossolúveis e em seguida filtrada em tecido “voil.” Da solução resultante desse processo, aqui denominada de solução-estoque ou extrato bruto, foi obtida a concentração previamente definida de 30% (30 ml do extrato bruto para 100 ml de água destilada), utilizada para as três datas estudadas, as quais juntamente com a testemunha (água destilada) constituíram quatro tratamentos. A parte restante dessa solução foi acondicionada em frascos escuros e conservada em refrigerador à temperatura de 5 °C, sendo diluída a cada 48 h pouco antes da sua utilização.

Folhas de milho cultivar São Vicente (cultivado no campo experimental da Embrapa Meio – Norte) foram cortadas em círculos (com área de 7,06 cm²), obtidos através de um vazador (2,5 cm de diâmetro), e imersas nos extratos por 3 minutos, secas em papel toalha e

posteriormente, oferecidas às lagartas com três dias de idade e individualizadas em placas plásticas (6,0 cm de diâmetro por 2,0 cm de altura). As folhas foram substituídas diariamente por outras folhas tratadas, anotando-se a quantidade oferecida. Folhas de milho mergulhadas em água destilada foram utilizadas como testemunha. O alimento não consumido durante o período larval foi recolhido em sacos de papel identificados, sendo utilizado para o cálculo do consumo larval (realizado pela diferença entre o peso seco da área foliar oferecida e o peso seco da área foliar das sobras).

As variáveis biológicas avaliadas foram: mortalidade, consumo e período larval. Para cada tratamento foram utilizadas 35 lagartas, distribuídas em 5 repetições com 7 lagartas cada, em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa na mortalidade larval entre todos os períodos avaliados e entre esses e a testemunha. Verificou-se que no tratamento correspondente ao substrato desidratado não armazenado ocorreu 100% de mortalidade, e para os demais tratamentos houve decréscimo na mortalidade com o aumento do número de dias que o substrato vegetal ficou armazenado (Tabela 1).

Tabela 1 - Mortalidade média (\pm EP)¹ de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com extratos aquosos à 30% (v/v) de frutos verdes desidratados e armazenados (0, 10 e 90 dias) de *P. tuberculatum*.

Tempo de armazenamento (dias)	Mortalidade (%)
0	100,00 \pm 0,00 d
10	48,52 \pm 3,50 c
90	28,58 \pm 4,51 b
Testemunha (água)	0,00 a
CV	14,41

¹EP: Erro Padrão. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

MUSETTI (1991), ao conservar extratos acetônico e metanólico de sementes da pimenta-do-reino durante um ano, à temperatura de 0 °C verificou que esses não apresentaram diferenças significativas na toxicidade média sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em comparação aos extratos frescos. No presente estudo é possível que tenha havido perdas da atividade dos extratos testados pelo fato de os substratos terem sido armazenados em condições ambiente, onde são comumente observadas temperaturas em torno de 30° C.

Na avaliação do período larval, observou-se que os tratamentos analisados diferiram entre si e da testemunha, tendo ocorrido um alongamento da referida fase com a diminuição do tempo de armazenagem. Quanto ao consumo foliar, constatou-se que o maior período de armazenagem (90 dias) não diferiu significativamente da testemunha, tendo diferido apenas do tratamento com o substrato fresco (Tabela 2).

Tabela 2 - Média (\pm EP)¹ do período larval e do consumo de área foliar de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com extratos aquosos à 30 % (v/v) de frutos verdes desidratados e armazenados (0, 10 e 90 dias) de *P. tuberculatum*.

Tempo de armazenamento (dias)	Período larval (dias)	Consumo (cm²)
0	-	70,60 \pm 11,81 c
10	18,53 \pm 0,28 c	78,40 \pm 12,61 bc
90	17,07 \pm 0,16 b	97,56 \pm 10,49 ab
Testemunha (água)	13,39 \pm 0,12 a	119,89 \pm 1,40 a
CV	2,72	14,46

¹EP: Erro Padrão. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Mesmo apresentando o menor valor absoluto e considerando-se que houve mortalidade total das lagartas, o consumo foi elevado no tratamento onde o substrato não foi armazenado. Isso pode ser explicado pelo fato de que mesmo não conseguindo se transformarem em pupas as lagartas sobreviveram por vários dias alimentando-se.

Segundo RODRÍGUEZ & VENDRAMIM (1997), existe uma relação entre o prolongamento da fase larval e a menor ingestão de alimento, por existir neste, um ou vários inibidores de alimentação ou por ocorrer inadequação nutricional do substrato alimentar. Para BERNARD et al. (1995), esse atraso no desenvolvimento pode também ser decorrente da menor eficiência de conversão do alimento ingerido e digerido, indicando toxicidade dos componentes do alimento. A hipótese que melhor explica os resultados desta pesquisa é a primeira, uma vez que nos tratamentos em que o período larval foi maior houve menor consumo, indicando também que o substrato armazenado no menor tempo teve maior capacidade de manter os constituintes químicos ativos responsáveis por inibir a alimentação, atrasando seu desenvolvimento e prolongando sua duração.

Um aspecto relevante para esta investigação é que não foram encontrados na literatura, estudos realizados sobre a avaliação dos efeitos do período de armazenamento de substratos de piperáceas desidratados sobre a mortalidade e consumo de insetos. Vários estudos, como os de FARONI et al (1995); OLIVEIRA & VENDRAMIM (1999) e LIMA et al (1999), relatam sobre

a eficiência do período de armazenamento principalmente em relação à repelência e, sobretudo em pragas de grãos armazenados.

CONCLUSÕES

1. O pó de frutos de *P. tuberculatum* perde o potencial inseticida durante o armazenamento;
2. O extrato produzido com o pó vegetal fresco afeta a viabilidade das lagartas de *S. frugiperda*, impedindo que essas atinjam a fase de pupas;
3. Extratos obtidos de substratos armazenados têm a ação inseticida reduzida, mas inibem o consumo e prolongam a fase larval do inseto, sendo essa atividade diminuída com o aumento do tempo de armazenamento do substrato.

REFERÊNCIAS

- BERNARD, C. B. et al. Insecticidal defenses of Piperaceae from the neotropics. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 21, n. 6, p. 801-814, 1995.
- BOGORNI, P. C.; VENDRAMIM, J. D. Bioatividade de extratos aquosos de *Trichilia* spp. sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 665-669. 2003.
- ESTRELA, J. L. V. et al. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 217-222, 2006.
- FARONI, L. R. D. A., et al. Utilização de produtos naturais no controle de *Acanthoscelides obtectus* em feijão armazenado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 20, n. (1.2), p. 44-48, 1995.
- LIMA, H. F. et al. Avaliação de produtos alternativos no controle de pragas e na qualidade fisiológica de sementes de feijão macassar armazenadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 49-53, 1999.
- MIRANDA, J. E. et al. Potencial inseticida do extrato de *Piper tuberculatum* (Piperaceae) sobre *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 557-563, 2002.
- MUSETTI, L. **Avaliação de efeitos de extratos de *Piper nigrum* L. sobre adultos de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera, Curculionidae)**. 1991. 79 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.
- OLIVEIRA, J. V.; VENDRAMIM, J. D. Repelência de óleos essenciais e pós vegetais sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) em sementes de feijoeiro. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 549-555, 1999.
- PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. **Plaguicidas naturales de origen vegetal: estado actual de la investigación**. Madrid: INIA, 1996, 35 p. (INIA. Monografías, 092).
- RODRÍGUEZ H., C.; VENDRAMIM, J. D. Avaliação da bioatividade de extratos aquosos de Meliaceae sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 72, n. 3, 1997.

ROEL, A. R. et al. Efeito do extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) no desenvolvimento e sobrevivência da lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 53-58, 2000.

ROEL, A. R.; VENDRAMIM, J. D. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em genótipos de milho tratados com extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* (Swartz). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 581-586, 1999.

TAVARES, M. A. G. C. **Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosoides* L. (Chenopodiaceae), em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col: Curculionidae)**. 2002. 59 f. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

VENDRAMIM, J. D. Plantas inseticidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador. **Resumos...** Salvador: SEB; Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMP, 1997. p. 10.

6. COSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da elevada demanda por inseticidas de baixo impacto ambiental, a utilização de derivados (pó, extrato e óleo essencial) de plantas configura-se como uma alternativa promissora. No entanto, apesar de diversas espécies de plantas apresentarem resultados positivos em pesquisas, ainda há necessidade de muita investigação para solucionar alguns entraves à utilização desses produtos, tais como a fácil decomposição, a toxicidade a insetos benéficos e aos inimigos naturais das pragas, bem como definir a melhor maneira de prepará-los e conservá-los para que não percam suas propriedades ativas.

Atualmente, os constituintes químicos das plantas são encarados como modelo para a síntese, em laboratório, de inseticidas mais eficientes e, dentro dessa perspectiva, plantas do gênero *Piper* têm revelado uma vasta variedade desses constituintes, já tendo sido isolados e sintetizados vários compostos com ação contra insetos.

Diante dos resultados apresentados nesta pesquisa, torna-se evidente que, como outras piperáceas, *P. tuberculatum* possui grande potencial inseticida e, portanto, necessita de aprofundamento em estudos posteriores, aos quais se sugere:

- Fracionar em intervalos menores as concentrações mais baixas aqui avaliadas e que apresentaram elevada toxicidade às lagartas;
- Determinar as doses letais, sendo conveniente realizar ensaios pré-testes para selecionar o melhor intervalo de doses a serem utilizadas de fato;
- Realizar ensaios de campo;
- Isolar as substâncias ativas, através das quais novos testes deverão determinar suas letalidades a insetos, com vistas à possibilidade de produzir comercialmente uma nova molécula sintética a ser agregada ao manejo de pragas.