

Cipó-Vick: Adaptação do Uso Tradicional Comparado à Fosfina no Controle do Gorgulho-do-Milho em Paióis



CGPE 8265

ISSN 0104-9046

Novembro, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Acre
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 115

Cipó-Vick: Adaptação do Uso Tradicional Comparado à Fosfina no Controle do Gorgulho-do-Milho em Paióis

*Murilo Fazolin
Charles Rodrigues da Costa
Ana Suzette da Silva Cavalcante
Joelma Lima Vidal Estrela
Elizângela Sampaio de Albuquerque
Janáina Estevo de Oliveira Damaceno*

Embrapa Acre
Rio Branco, AC
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre

Rodovia BR 364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho
Caixa Postal 321
CEP 69908-970 Rio Branco, AC
Fone: (68) 3212-3200
Fax: (68) 3212-3285
<http://www.cpaufac.embrapa.br>
sac@cpafac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Paulo Guilherme Salvador Wadt*
Secretária-Executiva: *Suely Moreira de Melo*
Membros: *Andréa Raposo, Aurenny Maria Pereira Lunz, Carlos Mauricio Soares de Andrade, Elias Melo de Miranda, Falberni de Souza Costa, Giselle Mariano Lessa de Assis, Jacson Rondinelli da Silva Negreiros, Rivaldvalve Coelho Gonçalves, Virgínia de Souza Álvares*

Supervisão editorial: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*
Revisão de texto: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*
Normalização bibliográfica: *Luiza de Marillac Pompeu Braga Gonçalves*
Tratamento de ilustrações: *Maria Goreti Braga dos Santos / Rafaella Magalhães dos Santos*
Editoração eletrônica: *Maria Goreti Braga dos Santos / Rafaella Magalhães dos Santos*

1ª edição

1ª impressão (2009): 300 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Acre**

F287c Cipó-vick: adaptação do uso tradicional comparado à fosfina no controle do gorgulho-do-milho em paióis / Murilo Fazolin... [et. al.]. Rio Branco, AC : Embrapa Acre, 2009.
44 p. (Documentos / Embrapa Acre, ISSN 0104-9046; 115)

1. Milho – Pragas. 2. Gorgulho-do-milho. 3. *Sitophilus zeamais* Mots. 4. Inseticida botânico. 5. *Tanaecium nocturnum*. 6. Cipó-vick. I. Fazolin, Murilo. II. Série.

CDD 21.ed. 632.7

©Embrapa 2009

Autores

Murilo Fazolin

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Entomologia, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC, murilo@cpafac.embrapa.br

Charles Rodrigues da Costa

Engenheiro-agrônomo, analista da Embrapa Acre, Rio Branco, AC, charles@cpafac.embrapa.br

Ana Suzette da Silva Cavalcante

Engenheira-agrônoma, M.Sc. em Fitotecnia, bolsista do CNPq, Rio Branco, AC, susyflor@bol.com.br

Joelma Lima Vidal Estrela

Engenheira-agrônoma, M.Sc. em Entomologia, bolsista do CNPq, Rio Branco, AC, joelma@cpafac.embrapa.br

Elizângela Sampaio de Albuquerque

Engenheira-agrônoma, bolsista do Programa Biodiversidade Brasil-Itália, Rio Branco, AC, elizangela@cpafac.embrapa.br

Janaína Estevo de Oliveira Damaceno

Estudante de biologia, bolsista do Pibic/CNPq/Ufac, Rio Branco, AC, janinhaestevo@hotmail.com



Apresentação

O Bioma Amazônia é reconhecido por sua relevância para o clima global e por sua alta biodiversidade, a qual apresenta imenso potencial para a produção de compostos secundários de plantas, que têm sido demandados tanto pela indústria, como também para uso nos cultivos orgânicos. Na transformação sustentável dessa biodiversidade, muitas vezes são obtidos produtos de aplicação prática na agropecuária, destacando-se os inseticidas botânicos. Nesse contexto faz-se necessário, na maioria das vezes, recorrer aos conhecimentos tradicionais, pela maneira peculiar como são construídos e passados às gerações que se sucedem.

Mesmo considerando que houve, nas últimas duas décadas, incremento significativo de ações de pesquisa e desenvolvimento para obtenção de inseticidas botânicos, existem nesse segmento grandes lacunas de conhecimentos da nossa flora a serem preenchidas.

A partir da década de 1990 a Embrapa Acre vem intensificando atividades de pesquisa no sentido de viabilizar a utilização de recursos não madeireiros das florestas acrianas. Destaca-se dentre eles o cipó-vick, utilizado por populações indígenas de variadas etnias para diversas aplicações.



Este trabalho apresenta um conjunto de informações técnico-científicas sobre a adaptação do uso tradicional do cipó-vick comparado à fosfina no controle do gorgulho-do-milho em paióis nas condições ambientais da Amazônia Ocidental. Pela eficácia na mortalidade de insetos e abundância de ocorrência na região, o cipó-vick apresenta grande potencial na fumigação de grãos de milho armazenados em paióis, principalmente os das pequenas unidades produtivas em comunidades extrativistas e projetos de assentamento da Amazônia, com vistas ao controle do gorgulho, sua principal praga.

Judson Ferreira Valentim
Chefe-Geral da Embrapa Acre



Agradecimentos

Agradecemos aos assistentes da Embrapa Acre, Valdemir de Souza e Silva, Pedro Pereira da Silva, Carlos Augusto de Araújo e Francisco Álvaro Viana Felisberto pelos serviços prestados no laboratório e campo; Luiza de Marillac Pompeu Braga Gonçalves e Maria de Fátima Vieira dos Santos pela disponibilidade do acesso às informações bibliográficas; ao Programa Biodiversidade Brasil-Itália pelo financiamento da pesquisa; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelas bolsas concedidas.



Sumário

Introdução	11
Características e danos do gorgulho <i>S. zeamais</i>	12
Controle convencional de pragas do milho armazenado e limitações para adoção de métodos de controle alternativos	14
Potencialidades dos inseticidas botânicos no controle de <i>S. zeamais</i> .	15
Resultados da utilização experimental de segmentos de caules de <i>T. nocturnum</i> na fumigação de milho armazenado	21
Ação toxicológica da fosfina e do ácido cianídrico contra insetos	33
Ação toxicológica da fosfina e do ácido cianídrico em humanos	35
Equipamentos de proteção individual e recomendações para a manipulação do cipó-vick	38
Manejo e multiplicação das plantas de cipó-vick	39
Referências	40



Cipó-Vick: Adaptação do Uso Tradicional Comparado à Fosfina no Controle do Gorgulho-do-Milho em Paióis

*Murilo Fazolin
Charles Rodrigues da Costa
Ana Suzette da Silva Cavalcante
Joelma Lima Vidal Estrela
Elizângela Sampaio de Albuquerque
Janaína Estevo de Oliveira Damaceno*

Introdução

Na Amazônia Ocidental, particularmente no Estado do Acre, a produção de milho é realizada em pequenas propriedades rurais.

Entre as culturas anuais, esse grão apresenta a maior área plantada no Estado do Acre, perfazendo 37.900 ha, o que representa 33,9% do total cultivado com culturas de subsistência em 2008, devido à sua grande utilização tanto na alimentação humana quanto de animais.

A produtividade do milho no estado, em 2007, foi em média de 1.500 kg/ha. Atualmente, com a implantação dos programas governamentais nas zonas especiais de desenvolvimento, há regiões que registram colheita de até 5.500 kg/ha. Entretanto, a média estadual cai para 4 mil kg/ha porque há agricultores de pequeno e médio porte que ainda não aplicam todas as tecnologias disponíveis.

No Brasil, especialmente na Amazônia Ocidental, metade da produção de milho é armazenada em paióis, nas pequenas propriedades rurais. Sabe-se que o controle de insetos nesse tipo de armazenagem é bem

mais difícil do que quando armazenado a granel ou mesmo em sacarias nos armazéns convencionais.

O milho, como a maioria dos grãos armazenados, sofre ataques de pragas no campo e durante o armazenamento, portanto, requer cuidados no controle populacional desses indivíduos a fim de diminuir as perdas. Os insetos, ácaros, fungos, bactérias, aves e roedores são considerados as principais pragas do milho armazenado. No entanto, dentre elas, merecem destaque especial os insetos, particularmente o gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae), pelas seguintes razões: a) elevado potencial biótico: dentro de paíóis, ao contrário do que ocorre no campo, há maior estabilidade das condições climáticas favorecendo a praga, que se multiplica rapidamente por não ser controlada pelos inimigos naturais; b) infestação cruzada: refere-se à capacidade dessa praga em infestar os grãos ainda no campo, sendo trazida para o paiol; c) polifagia: ataca principalmente grãos de milho, arroz e trigo; d) alta capacidade de penetração na massa de grãos.

Características e danos do gorgulho *S. zeamais*

O gorgulho-do-milho, *S. zeamais*, é um coleóptero pertencente à família Curculionidae. Acredita-se que seja originário da Índia, sendo logo depois encontrado na Europa. Sua presença é comum nas regiões tropicais e temperadas no mundo inteiro.

Descrição, biologia e danos

Os adultos de *S. zeamais* medem cerca de 3,0 mm de comprimento, são de coloração castanho-escura, com quatro manchas avermelhadas nos élitros, visíveis logo após a emergência. Têm a cabeça projetada à frente em rostro curvado, onde estão as peças bucais (Figura 1). Nos machos, esse rostro é mais curto e grosso do que nas fêmeas. O pronoto é fortemente pontuado e os élitros densamente estriados. As larvas possuem coloração amarelo-clara com a cabeça mais escura e as pupas são brancas.



Figura 1. Adulto de *S. zeamais*.

O período médio de ovo à emergência do adulto é de 34 dias, com longevidade média dos machos de 142 dias (variando de 85 a 221) e das fêmeas de 140,5 dias (80 a 186); período médio de pré-oviposição de 5,9 dias, variando de 4 a 12; número máximo de ovos por fêmea de 607 e período máximo de oviposição de 149 dias; número médio de 282,20 ovos por fêmea e período médio de oviposição de 104,26 dias, com média de 2,70 ovos por dia; número mínimo de ovos por fêmea de 93, colocados num período de 58 dias; período de incubação de 3 a 6 dias e emergência de 48,1% e 51,9% de adultos machos e fêmeas respectivamente, sendo 26,9% dos ovos desenvolvidos até a emergência dos adultos.

Os danos aos grãos armazenados podem ser causados tanto pelas formas jovens de *S. zeamais* (larvas), que se desenvolvem no interior dos grãos, como pelos adultos. As perdas que ocorrem são, principalmente, de peso, valor comercial e nutritivo dos grãos de milho (Figura 2). Alguns trabalhos demonstraram que os danos causados pelo gorgulho *S. zeamais*, em sementes de milho, reduzem significativamente a germinação.

Foto: Munilo Fazolin



Figura 2. Injúrias causadas por *S. zeamais* aos grãos de milho.

Controle convencional de pragas do milho armazenado e limitações para adoção de métodos de controle alternativos

No Brasil os inseticidas fumigantes são amplamente utilizados para proteger grãos armazenados por meio da fumigação ou expurgo, embora muitas vezes sejam aplicados de forma inadequada.

A fumigação é um processo de controle de insetos por meio da exposição desses artrópodes a um ou uma mistura de gases tóxicos, denominados fumigantes. O transporte, através da massa de grãos, é influenciado pelas propriedades de difusão e sorção desses gases.

Os principais fumigantes utilizados no controle de insetos-praga em grãos armazenados são a fosfina (PH₃) e o brometo de metila (CH₃Br). Entretanto, o uso desses dois produtos tem sido limitado devido à possibilidade de desenvolvimento de populações de insetos-praga resistentes, no caso da fosfina, ou por ser considerado nocivo à manutenção da camada de ozônio, como no caso do brometo de metila, cujo uso está autorizado no Brasil, até 2015, apenas em tratamentos quarentenários e fitossanitários para fins de importação e exportação.

O aumento no conhecimento dos efeitos indesejáveis advindos do uso indiscriminado das formulações dos fumigantes comerciais, associado à preocupação dos consumidores quanto à qualidade de alimentos, tem incentivado estudos relacionados a novas técnicas de controle dessas pragas.

Dentro desse enfoque, considerando-se o emprego do controle alternativo de insetos-praga de grãos armazenados na pequena propriedade, existem problemas adicionais, tais como a rusticidade das estruturas armazenadoras, o baixo conhecimento técnico dos produtores e a resistência em adotar tecnologias não convencionais, aliados à baixa capacidade financeira para investimentos, mesmo os de pequeno porte.

Para a utilização prática das propostas de controle alternativo deve ser considerado o desenvolvimento rural como um todo, sendo necessário construir novas práticas e comportamentos, por meio do processo educativo, para formar e capacitar os produtores rurais. Os agricultores familiares, com sua capacidade de mudar e de assumir a responsabilidade pelo seu próprio desenvolvimento, embasados nos princípios ecológicos da conservação dos ecossistemas, determinarão o êxito ou o fracasso de qualquer proposta encaminhada no uso de produtos alternativos. Para isso, a adoção de metodologias não convencionais, de baixo custo e de nível tecnológico facilmente assimilável pelo produtor poderá contribuir para que esses objetivos sejam atingidos.

Potencialidades dos inseticidas botânicos no controle de *S. zeamais*

O Brasil possui 30% das florestas tropicais do planeta, com 40 mil a 200 mil espécies vegetais. Estima-se que o número de espécies vegetais superiores já descrito varia de 250 mil a 500 mil; cerca de 5% têm sido estudadas fitoquimicamente e uma porcentagem menor, avaliada sob aspectos biológicos.

O potencial da biodiversidade, tão enfatizado, precisa ser transformado em algo concreto, no qual há necessidade de conexão com identificação, seleção de variedades de interesse produtivo, domesticação, plantio e industrialização.

A busca bioquímica baseada na informação etnobotânica expande a sua base de informação incluindo o conhecimento e as práticas de um escopo maior de culturas.

Pode ser destacada nesse contexto uma gama de trabalhos científicos, em várias partes do mundo, que relatam avaliações positivas do efeito fumigante de óleos essenciais de origem vegetal utilizados contra insetos-praga do milho armazenado, como o gorgulho *S. zeamais*. As principais espécies de plantas fornecedoras de princípios ativos para essa finalidade são: *Acorrus calamus* L.; *Allium sativum* L.; *Artemisia* spp.; *Chenopodium ambrosoides* L.; *Curcuma longa* L.; *Mentha* spp.; *Ocimum* spp.; *Rosmarinus officinalis* L.; *Foeniculum vulgare* Gaertner; *Citrus* spp.; *Azadirachta indica* A. Juss; *Cuminum cyminum* L.; *Elettaria cardamomum* (L.) Maton; *Eruca sativa* L.; *Pimpinella anisum* L.; *Piper chaba*, Hunter; *Evodia rutaecapa* Hookf. e Thomas; *Cinamomum aromaticum* Nees; *Lavandula hybrida* Reverchon; *Eucaliptus globulus* Labillardiere; *E. saligna*; *E. citriodora*; *Cymbopogon citrates* (DC) Stapf; *Lippia gracilllis* HBK; *Cedrela fissilis* Vell.; *Thujopsis dolabrata* Siebold e Zuccarni; *Cupressus sempervirens* LO.; *Piper aduncum* L.; *Piper hispidinervum* C. DC.; *Brassica hirta* e *Manihot esculenta* Crantz.

Ressalta-se que a maioria absoluta desses estudos foi realizada em condições de laboratório, o que alimenta as críticas quanto à validade da utilização prática dessas plantas na proteção ou profilaxia de pragas dos grãos armazenados.

Vários princípios ativos foram apontados como responsáveis pela ação inseticida dessas plantas, porém merece destaque o grupo das cianogênicas (produtoras de ácido cianídrico) as quais são objeto de interesse deste trabalho de pesquisa.

Muitas plantas são capazes de sintetizar compostos que liberam ácido cianídrico (HCN) quando o tecido vegetal é injuriado. Essas substâncias podem ser cianoglicosídeos ou cianolipídios que, quando hidrolisados por enzimas, formam açúcares, ácidos graxos, aldeídos ou cetona juntamente com o ácido cianídrico.

Na maioria dos casos, hidrólises são finalizadas pela beta-glicosidase, produzindo açúcar e cianohidrinas que espontaneamente se decompõem em HCN e uma cetona ou aldeído. O segundo passo pode também ser catalisado pela hidroxinitrilolise, que é dispersa em plantas cianogênicas.

Em plantas intactas, a enzima e o glicosídeo cianogênico permanecem separados, mas quando o tecido da planta é injuriado ambos são colocados em contato e o ácido cianídrico é liberado.

Existem evidências de que a cianogênese é um dos mecanismos que dotam a planta de um meio de proteção contra predadores, dentre eles os herbívoros. O nível de glicosídeos cianogênicos produzido depende principalmente da idade e variedade das plantas, como também dos fatores ambientais.

A liberação do ácido cianídrico é considerada um mecanismo de defesa vegetal e o seu efeito é a inibição da cadeia respiratória, resultando na morte do herbívoro. Os glicosídeos cianogênicos são considerados um protótipo químico de substâncias defensivas mais elaboradas, como os alcaloides e, dentre os mais frequentemente encontrados nas pteridófitas, estão a prunassina e vicianina. A cianogênese não é um método efetivo de defesa e sim um sistema conservativo, visto que os compostos envolvidos são reciclados e a planta precisa ser fisicamente injuriada para que ela ocorra.

A produção de ácido cianídrico foi detectada em pelo menos 2.650 espécies de plantas pertencentes a mais de 130 famílias, podendo ser observada também em insetos, bactérias, fungos, líquens, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.

***Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur & K. Shum.
(Bignoniaceae): cipó-vick**

São relatadas 19 espécies de plantas do gênero *Tanaecium* que se encontram distribuídas nas Américas Central e do Sul e no Oeste da Índia. Na Amazônia Ocidental, particularmente no Estado do Acre, a ocorrência de *T. nocturnum* é frequente tanto em floresta fechada quanto em clareiras.

São plantas trepadeiras altas (Figura 3a), glabras de ramos flexuosos, estriados longitudinalmente, folhas opostas, pecioladas, bifoliadas, folíolos peciolulados e elípticos (Figura 3b). Apresentam flores brancas, muito grandes, aromáticas, de cálice espontâneo bifendido, corola de 16 cm, igualmente glanduloso-punctuada na parte interna, dispostas em racimos no ápice dos ramos (Figura 3c), geralmente sobre as folhas das árvores em que se apoiam.

T. nocturnum, conhecida popularmente como cipó-vick, “kangàrà kanê”, corimbó, koribó, samedu, apresenta forte odor, característico de amêndoas amargas, sendo utilizada pelos índios da aldeia Karitiana (Rondônia) como antidiarreico; pelos Paumari (Amazonas) como alucinógeno; afrodisíaco pela tribo Chocó (Colômbia); para combater ou repelir abelhas e formigas pelos Gotira, no Rio Fresco (Xingu), Kayapós no Pará e Wayãpi na Guiana Francesa.

No Acre, foi obtido o óleo essencial dessa bignoniácea avaliando-se sua propriedade inseticida para o controle de *S. zeamais*. Observou-se que as vias de intoxicação por contato em superfície contaminada e fumigação foram mais eficazes no controle desse inseto, sendo a mortalidade atribuída à presença do ácido cianídrico (HCN) liberado pela hidrólise da mandelonitrila (Figura 4). Constatou-se ainda que, por se tratar de uma planta cianogênica, o ácido cianídrico é liberado naturalmente pelas folhas e talos de *T. nocturnum* quando sofrem injúrias.

Outros trabalhos de pesquisa demonstraram que o benzaldeído é o componente majoritário desse óleo essencial (74,7%), seguido de álcool benzílico (7,9%), mandelonitrila (3,9%), benzoato de benzila (3,3%) e uma mistura de benzoatos, aldeídos e álcoois (4,5%). No entanto, quando considerada a sua utilização prática no controle de *S. zeamais*, verificaram-se algumas limitações relacionadas à alta reversibilidade e instabilidade do produto, aliadas ao baixo rendimento de extração, além da possibilidade do óleo essencial interferir negativamente no potencial de germinação de sementes.



Figura 3. Planta adulta de *T. nocturnum* em mata aberta (a); folhas de planta jovem (b); e inflorescência na fase de botão floral (c). Rio Branco, AC.

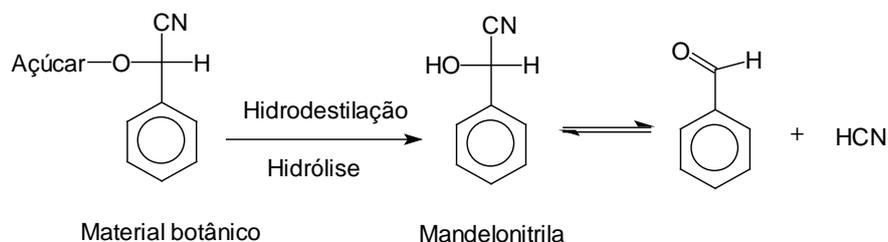


Figura 4. Esquema da hidrólise da mandelonitrila a partir do material botânico de *T. nocturnum*.

Fonte: Fazolin et al., 2007.

Determinações preliminares apontaram que os teores da produção do ácido cianídrico por *T. nocturnum* variaram em função da época de coleta, ao longo do ano, de 799,1 ppm em caules finos durante o período seco, a 3.014,7 ppm em folhas novas no inverno (Figura 5). Esses valores podem ser considerados elevados em comparação às diversas espécies de vegetais cianogênicos relatados na literatura. Independente da parte das plantas de *T. nocturnum* avaliadas, os maiores teores de HCN foram observados no período chuvoso do ano, quando variaram de 1.848,7 ppm em caules grossos a 3.014,7 ppm em folhas novas. Tal resultado sugere uma forte influência do regime pluviométrico para a produção desse metabólito secundário.

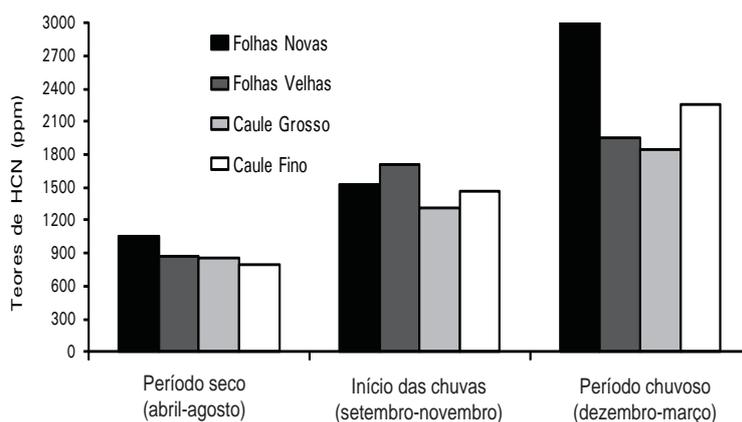


Figura 5. Teores de ácido cianídrico em folhas e caules de *T. nocturnum* em função da época de coleta. Rio Branco, AC.

Resultados da utilização experimental de segmentos de caules de *T. nocturnum* na fumigação de milho armazenado

Observações preliminares em condições de laboratório

Observações preliminares foram realizadas em laboratório, avaliando-se o comportamento de adultos de *S. zeamais* confinados dentro de potes de vidro de 1,44 L de capacidade, contendo diferentes concentrações de segmentos de caule de *T. nocturnum*. Quatro variações experimentais, combinadas entre si, foram adotadas nessa condição experimental: a) oferta para os insetos de 800 g de grãos de milho adicionados ao pote; b) ausência de grãos de milho; c) adultos de *S. zeamais* confinados dentro de outro vidro de 20 mL de capacidade, com o objetivo de isolá-los do contato direto com os segmentos de caule de *T. nocturnum*; e d) adultos do inseto não confinados.

Foi verificado que, sem alimento, os insetos soltos apresentaram mortalidade elevada, em comparação àqueles na condição de confinamento sem acesso direto aos segmentos de caules da planta, fazendo pressupor que a mortalidade desses últimos estaria relacionada à exposição ao gás HCN emanado pelos segmentos de caules injuriados, enquanto os insetos que ficaram soltos, além de se intoxicarem por essa via de exposição, também poderiam ter sido intoxicados pelo contato direto com os segmentos de caule. Em consequência disso, concentrações de *T. nocturnum* 20 vezes menores causaram a mortalidade total dos insetos quando soltos na massa de grãos de milho (Figuras 6a e 6b).

A suposição mais aceitável para explicar o fenômeno estaria relacionada ao contato dos adultos de *S. zeamais* com os compostos produzidos pelas reações químicas, a partir da injúria dos talos de *T. nocturnum* (Figura 4). O benzaldeído e o álcool benzílico, componentes majoritários do óleo essencial dessa planta, podem supostamente ter sido a principal causa da mortalidade do inseto por contato. No entanto, o álcool benzílico é um líquido com odor aromático e gosto

ardente e forte utilizado na indústria farmacêutica. É considerado também importante no preparo de pigmentos de anilina, perfumes e aromatizantes, apresentando efeito narcótico apenas em altas concentrações.

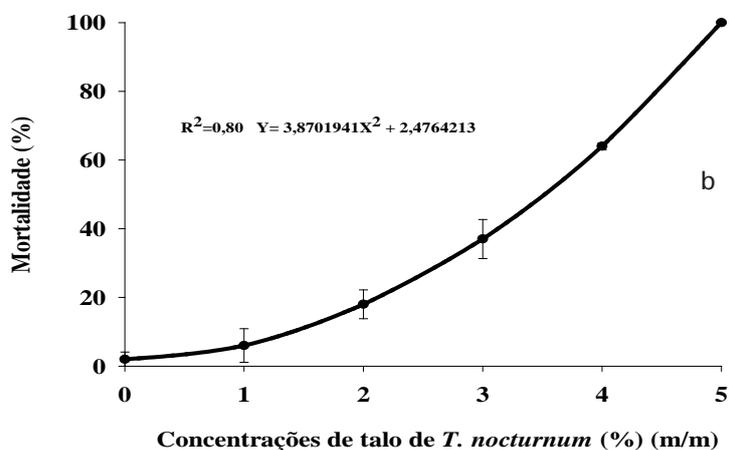
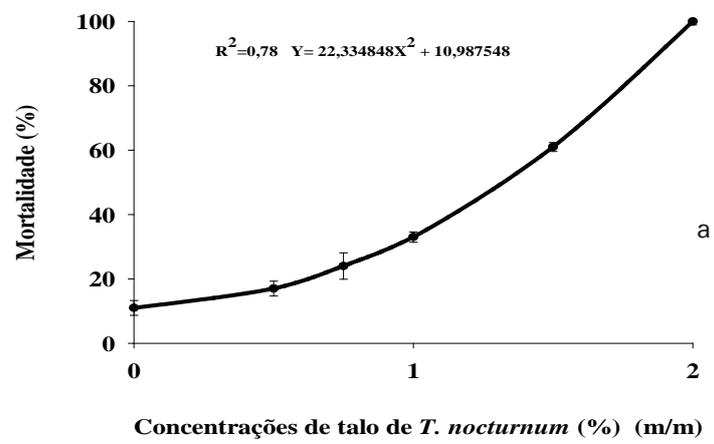


Figura 6. Toxicidade dos talos de *T. nocturnum* sobre adultos de *S. zeamais* na presença de grãos de milho para alimentação: insetos confinados (a) e insetos soltos (b). Rio Branco, AC.

Diante dessas informações, pode-se inferir que esses compostos não apresentam toxicidade deletéria para seres vivos. Prova disso é que o benzaldeído foi empregado em armadilhas, aumentando o poder atrativo de *Hypotenemus hampei* em concentrações de 1% (v/v) em combinação etanol e metanol. Por outro lado, folhas de louro (*Laurus nobilis* L.), ricas em benzaldeído, apresentam propriedades repelentes a insetos-praga de grãos armazenados, tais como *Rhyzoperta dominica* (Fabr.), *Sitophilus oryzae* (L.) e *Tribolium castaneum* (Herbst), não lhes causando a morte.

Na condição em que adultos de *S. zeamais* foram submetidos ao confinamento no vidro de 20 mL tendo a presença de grãos de milho, concentrações de 2% (m/m) promoveram a mortalidade total dos insetos (Figura 6a), enquanto aqueles soltos diretamente na massa de grãos necessitaram de uma concentração de 5% (m/m) para alcançar esses mesmos valores de mortalidade (Figura 6b).

Para explicar essa diferença no efeito sobre a mortalidade de *S. zeamais* foi considerado que os insetos confinados não tiveram possibilidade de se abrigarem nos espaços intergranulares, ficando expostos diretamente ao HCN, enquanto aqueles que estavam livres puderam ter acesso a esses espaços, permitindo seu isolamento temporário do contato com o gás.

Essa suposta proteção do inseto nesses espaços pode estar relacionada ao princípio de que a velocidade de difusão de um gás em um meio poroso, como a massa de grãos de milho com seus espaços intergranulares ocupados por ar e partículas sólidas, é apenas uma fração da velocidade desse mesmo gás no ar, desde que mensurada em uma mesma pressão e temperatura. No expurgo, a colisão das moléculas do gás com as do ar intergranular tende a frear a difusão do gás através dos produtos tratados, enquanto gradativamente ocorre a sorção do gás.

São definidos dois tipos de sorção: absorção e adsorção, sendo essa última de maior influência sobre a difusão dos gases nos processos

de expurgo, uma vez que envolve o fenômeno da retenção do gás na superfície do grão, retardando sua difusão. Alguns autores destacam ainda, como propriedades importantes para o aumento da adsorção de um gás, seu alto peso molecular, assim como seu alto ponto de ebulição.

Ao serem considerados os valores da massa molecular e ponto de ebulição do HCN ($27,03 \text{ g/mol}^{-1}$ e $26 \text{ }^\circ\text{C}$), comparados às massas moleculares e pontos de ebulição de gases utilizados para o expurgo e/ou inibição de atividade de *S. zeamais* em milho armazenado, tais como fosfina ($34,00 \text{ g/mol}^{-1}$ e $-87,4 \text{ }^\circ\text{C}$), dióxido de carbono ($44,00 \text{ g/mol}^{-1}$ e $-78 \text{ }^\circ\text{C}$) e brometo de metila ($94,94 \text{ g/mol}^{-1}$ e $-3,4 \text{ }^\circ\text{C}$), pode-se concluir que a velocidade de difusão do HCN é comparável à fosfina e dióxido de carbono, uma vez que o seu maior ponto de ebulição é compensado pela menor massa molecular quando comparada a esses gases.

Experimentação em condições de armazenamento em paiol

Metodologia

O experimento foi desenvolvido, no período de março a outubro de 2008, em paiol de madeira suspenso do solo e coberto por telha de amianto. As médias das temperaturas máximas e mínimas no interior dessa estrutura durante o período experimental foram de $38,5 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $18,3 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente.

Sacos de polietileno contendo 25 kg de grãos de milho (Figura 7a) constituíram parcelas experimentais. Esses sacos foram infestados com 200 adultos de *S. zeamais*, permanecendo assim, sob adaptação, por 45 dias. Foi utilizada concentração de $5\% \text{ m.m}^{-1}$ de caules esmagados (Figura 7b) de *T. nocturnum*, determinada por meio das avaliações iniciais em laboratório, introduzidos em garrafas PET de 2 L (Figura 7c), dotadas de perfurações em apenas uma face, para que somente o HCN entrasse em contato com a massa de grãos de milho, isolando a umidade emanada dos segmentos de caules verdes das plantas (Figura 7d).

Fotos: Charles Rodrigues da Costa



Figura 7. Condições experimentais para avaliação do efeito fumigante de *T. nocturnum*: sacos de 25 kg sob tratamento (a); esmagamento dos segmentos de caules (b); acondicionamento dos segmentos de caule dentro de garrafas PET com perfurações (c); inserção da garrafa na massa de grãos de milho (d).

Optou-se por utilizar segmentos finos de caules de *T. nocturnum* para o tratamento de expurgo durante este trabalho, embora não apresentassem os maiores teores do ácido cianídrico (Figura 5), quando comparados com outros valores ao longo do ano. Tal decisão está relacionada ao aspecto de preservação das plantas do cipó no momento da coleta de material *in situ*. Observou-se que a recuperação vegetativa é mais rápida (Figura 8a) quando são extraídos segmentos de caule em comparação com a extração das folhas, que apresentam maiores teores do ácido. Por outro lado, observou-se também que as folhas liberam maior quantidade de água em comparação com os caules,

promovendo o aumento da umidade na massa de grãos de milho durante a fumigação, o que favorece a formação de fungos, diminuindo a qualidade do produto (Figuras 8a e 8b).



Fotos: Charles Rodrigues da Costa

Figura 8. Planta de *T. nocturnum* na mata em processo de regeneração após 25 dias do corte (a); fungos presentes na massa de grãos de milho quando utilizados segmentos de caules de *T. nocturnum* diretamente em contato com as espigas (b).

O delineamento foi inteiramente casualizado com sete repetições dos seguintes tratamentos de expurgo aplicados sob lona plástica: a) segmentos de caules verdes de *T. nocturnum* contendo, em média, 800 ppm a 900 ppm de HCN a 5% m.m⁻¹; b) pastilhas de fosfeto de alumínio contendo 57% do princípio ativo a 1,5 g/saco; e c) testemunha (sem aplicação de tratamento). Cada parcela experimental, tratada individualmente, recebeu o produto e logo em seguida foi recoberta com lona plástica, permanecendo assim por 4 dias. A cada 23 dias, durante 210 dias, foram retiradas de cada saco amostras de 100 cm³ de grãos para avaliar a umidade, infestação e perda de peso. Antes de cada coleta, os sacos foram revolvidos para homogeneizar a distribuição tanto dos grãos danificados e sadios como dos insetos vivos e mortos, uma vez que há controvérsias sobre se a distribuição de *S. zeamais* na massa de grãos armazenados é agregada ou uniforme. Foi realizada uma análise de variância conjunta das avaliações e os valores médios das variáveis de cada tratamento foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O critério adotado para avaliar a necessidade de reaplicações dos tratamentos foi valores médios da perda de peso da testemunha superiores a 31%, correspondente ao dobro do valor observado na primeira avaliação do experimento (15,5%), conforme poderá ser verificado durante a discussão dos resultados. Caso esses valores ultrapassassem 50%, seria admitida nova aplicação.

Após a avaliação e retirada dos insetos mortos, os grãos de milho de cada parcela experimental foram acondicionados em potes plásticos de 250 cm³, fechados e armazenados em prateleiras no paiol. Considerou-se que em média são necessários 34 dias para que *S. zeamais* complete o ciclo de ovo a adulto. Baseando-se nessa informação foram contados em intervalos de 15, 30 e 45 dias os adultos emergentes em cada pote, independente de estarem vivos ou mortos, com o objetivo de observar indiretamente o efeito dos tratamentos de expurgo sobre o controle dos ovos e formas jovens.

Resultados

Os valores da umidade dos grãos, tanto dentro de cada tratamento como entre eles, não apresentaram diferença significativa durante o período experimental. A média dos tratamentos foi de 14,3% ± 0,1%; 14,1% ± 0,1% e 14,1% ± 0,2%, para *T. nocturnum*, fosfato de alumínio e testemunha, respectivamente (Figura 9). Nas quatro avaliações iniciais observou-se que independentemente do tratamento, a umidade dos grãos de milho permaneceu em torno de 13%, sendo considerada ideal para armazenamento, principalmente de sementes. No entanto, a partir da quarta avaliação, quando os tratamentos de expurgo foram reaplicados, constatou-se um aumento da umidade dos grãos para valores próximos a 15%, o que poderia ter sido atribuído aos tratamentos, principalmente de material fresco de *T. nocturnum*.

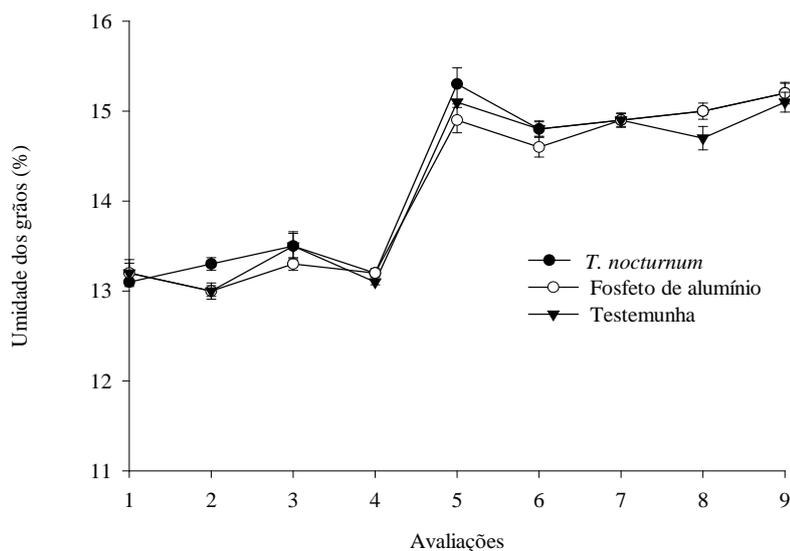


Figura 9. Umidade dos grãos de milho armazenados submetidos aos tratamentos de fumigação em função das épocas de avaliação.

Quando observados individualmente os valores de umidade de cada tratamento, verificou-se que da quinta a nona avaliação o *T. nocturnum* apresentou valores de umidade muito próximos tanto do fosfato de alumínio como, principalmente, da testemunha, justificando a necessidade da utilização das garrafas PET como retentoras da umidade contida nos ramos dessa planta.

Quanto à infestação de *S. zeamais*, houve diferença significativa entre o tratamento que utilizou os segmentos de caules de *T. nocturnum* e fosfato de alumínio e desses dois em relação à testemunha. Já para a perda de peso dos grãos, não houve diferença entre esses dois tratamentos de expurgo, diferindo significativamente da testemunha (Tabela 1).

Tabela 1. Infestação por *S. zeamais* e perda de peso de grãos de milho armazenado, submetidos à fumigação com segmentos de caules de *T. nocturnum* e pastilhas de fosfeto de alumínio.

Tratamento	Infestação média (%)*	Perda de peso média (%)*
<i>T. nocturnum</i>	5,18 (± 0,36) b	13,78 (± 0,56)a
Fosfeto de alumínio	2,57 (± 0,21)a	14,86 (± 0,82)a
Testemunha	16,13 (± 1,22) c	35,64 (± 2,39)b

*Médias (± desvio-padrão) seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As perdas observadas nos tratamentos de expurgo podem ser consideradas elevadas se comparadas aos resultados obtidos na literatura, quando foi estabelecida uma relação linear entre a porcentagem de perdas ocasionadas por *S. zeamais* em função da infestação mensurada por meio de grãos de milho danificados. A comparação dos valores dessas variáveis obtidas para os grãos de milho cv. BR-473 com as apresentadas neste trabalho faz supor que baixos níveis de infestação da praga ocasionaram elevados valores de perdas de peso de grãos, revelando a susceptibilidade dessa cultivar. No entanto, os resultados deste trabalho revelaram que mesmo sendo duas vezes maior o valor da proporcionalidade da infestação, quando os grãos foram tratados com *T. nocturnum* comparado ao fosfato de alumínio, isso não foi suficiente para que ocorresse uma diferença significativa na perda de peso dos grãos de milho tratados com esses produtos.

Quando se compararam, ao longo do período experimental, os níveis de infestação nos três tratamentos avaliados (Figura 10), foi constatado que nas duas primeiras avaliações não houve diferença significativa entre eles. Da terceira a oitava avaliação não houve diferença significativa entre o tratamento que utilizou segmentos de caules de *T. nocturnum* e fosfeto de alumínio, diferindo ambos da testemunha. A partir daí houve diferença significativa dos valores de infestação entre os dois tratamentos de expurgo e deles com a testemunha. Ao final do período experimental a diferença percentual de infestação entre

os tratamentos de expurgo em relação à testemunha foi de 28,6% e 41,9% para *T. nocturnum* e fosfeto de alumínio, respectivamente.

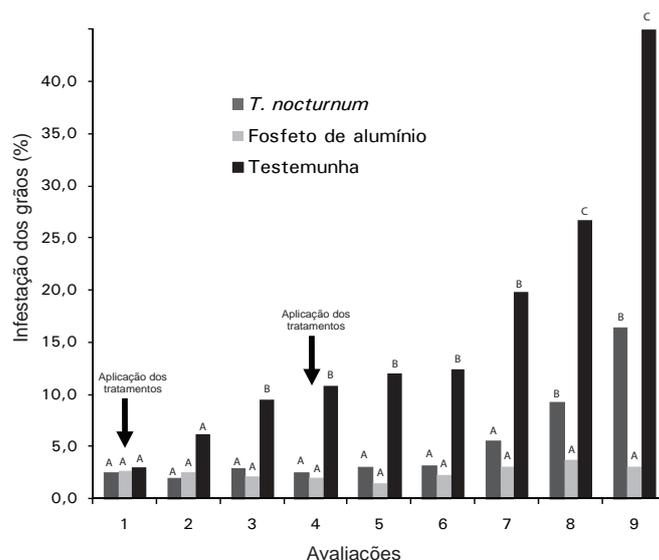


Figura 10. Infestação de grãos de milho por *S. zeamais* submetidos aos tratamentos de fumigação em função das épocas de avaliação*.

*Barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando-se os resultados obtidos até a sétima avaliação para a infestação do gorgulho e a perda de peso dos grãos, pode-se inferir que as tendências foram semelhantes para as duas variáveis. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos na primeira avaliação (Figura 11); na segunda ocorreu somente diferença significativa entre a testemunha e o fosfeto de alumínio, não havendo diferença entre *T. nocturnum* e esses tratamentos; a partir daí até ser completada a nona avaliação observou-se diferença significativa entre os tratamentos de expurgo e a testemunha. Ao final do período experimental a diferença percentual de perda de peso entre os tratamentos de expurgo em relação à testemunha foi de 26,8% e 29,8% para *T. nocturnum* e fosfeto de alumínio, respectivamente.

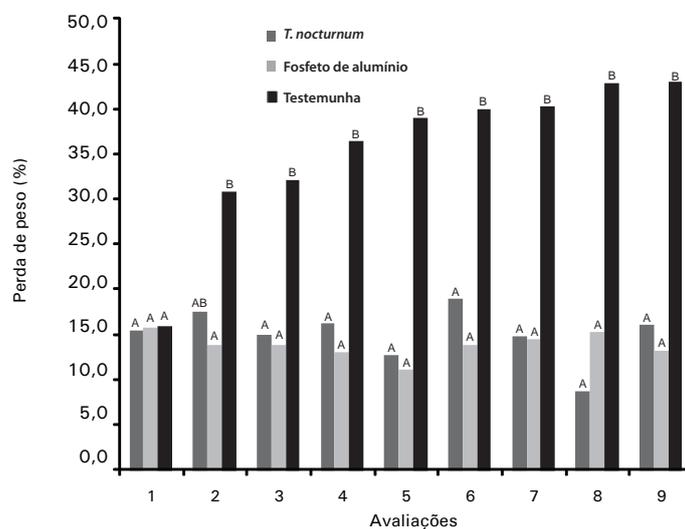


Figura 11. Perda de peso de grãos de milho devido ao ataque de *S. zeamais*, após serem submetidos aos tratamentos de fumigação em função das épocas de avaliação*.

*Barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Dessa maneira o desempenho dos caules finos de *T. nocturnum* quanto à eficácia no expurgo de grãos de milho pode ser considerado satisfatório tanto para o controle do inseto, como na diminuição da perda de peso do milho armazenado, quando comparado ao fosfeto de alumínio nas concentrações avaliadas.

Na avaliação indireta dos gases dos tratamentos de expurgo sobre a letalidade de formas jovens observou-se que, independentemente do período de avaliação e dos tratamentos, ocorreu a emergência de adultos (Figura 12). Houve uma tendência do número de adultos ser menor nos tratamentos de expurgo em comparação com a testemunha, destacando-se o tratamento com fosfina, no qual esses valores não ultrapassaram 4,7 adultos em média.

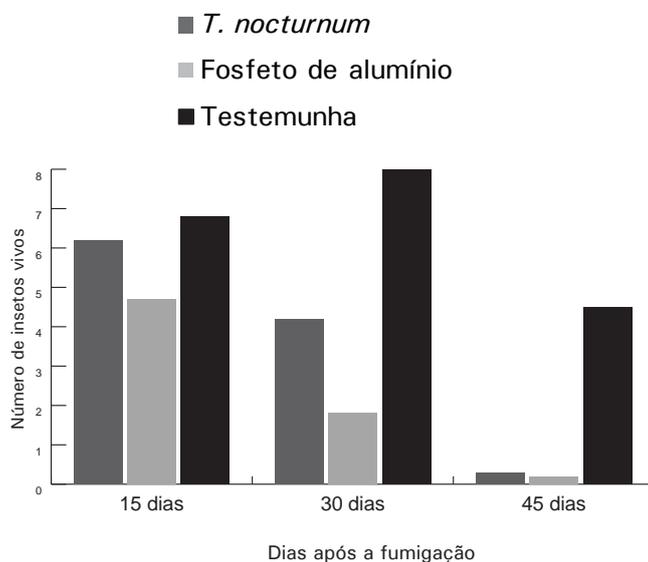


Figura 12. Emergência de adultos de *S. zeamais* após o tratamento de fumigação do milho, em função do tempo.

As diferentes respostas dos estágios de desenvolvimento do inseto aos gases, durante o expurgo dos grãos de milho, podem estar relacionadas ao fato de que nas fases sedentárias (ovo e pupa) a taxa respiratória é menor, em relação às demais fases e, conseqüentemente, há menor absorção dos gases, tornando-as mais tolerantes. Contrariando essa teoria, outros pesquisadores obtiveram controle da totalidade de imaturos no interior de grãos armazenados utilizando óleos essenciais, atribuindo o efeito ao maior período de exposição dos grãos ao expurgo.

Altos teores de umidade nos grãos armazenados são desfavoráveis à absorção dos princípios ativos contidos nos gases durante o expurgo, o que pode interferir na eficácia de controle das formas imaturas. Durante o período experimental, considerando-se que o teor de umidade não foi elevado, poderia ser esperado que a absorção dos gases de fosfeto de alumínio e de *T. nocturnum* pudesse causar a morte

das fases imaturas de *S. zeamais* na sua totalidade. No entanto, é possível que as altas temperaturas dentro do paiol tenham interferido parcialmente no processo de absorção dos gases, superando o favorecimento da baixa umidade dos grãos, diminuindo a mortalidade das formas sedentárias da praga.

Essas ações de pesquisa permitiram concluir que o uso de segmentos do caule de *T. nocturnum* a 5% (tratamento 1) é eficaz para o controle de *S. zeamais*, portanto essa técnica pode ser adaptada às condições de armazenamento do milho em pequenas propriedades da Amazônia Ocidental.

Ação toxicológica da fosfina e do ácido cianídrico contra insetos

Fosfina

A fosfina possui alta capacidade de difusão, sendo essa propriedade apontada como vantajosa, além de apresentar ausência de resíduos tóxicos detectáveis nos alimentos, eficiência quando aplicada em baixas concentrações, facilidade de aplicação, transporte e manuseio. Entretanto, uma das limitações de seu uso pelo pequeno agricultor é o custo, além do elevado período de exposição, alta toxicidade para mamíferos e o desenvolvimento de resistência pelas pragas, incluindo-se *S. zeamais*.

A toxicidade da fosfina aos insetos é influenciada pela temperatura, que atua sobre os processos metabólicos, principalmente a respiração, e pelo período de exposição ao princípio ativo. Sabe-se que a fosfina é liberada com maior intensidade em condições de temperatura e umidade elevadas, e sua total liberação depende do tempo de exposição das pastilhas de fosfeto de alumínio ao ar.

Os mecanismos de ação da fosfina sobre os insetos não são totalmente conhecidos. Hipóteses a respeito indicam a existência de múltiplos sítios de ação. A intoxicação pela fosfina leva à produção de uma variedade de respostas fisiológicas em humanos, cobaias e insetos,

mas a característica predominante em todos os casos é que a respiração aeróbia é inibida.

Foi comprovada experimentalmente que a fosfina exerce sua capacidade de intoxicação apenas na presença de oxigênio, não sendo absorvida pelos insetos quando há ausência desse gás.

Alguns autores descreveram as interações enzimáticas da heme proteína citocromo c oxidase e catalases e a fosfina, destacando que esse princípio ativo exerce uma ação sobre o oxigênio que está ligado ao grupo heme (Fe^{+2}). Essas heme proteínas formam um íon gradiente com uma série de proteínas redox que, por meio de oxidações reversíveis e reduções, transportam elétrons para uma enzima terminal, a citocromo c oxidase, que catalisa a redução do oxigênio. Esse processo é vital para todo organismo aeróbio o qual, em conjunto com a fosforilação oxidativa, é o processo gerador de energia química, que converte ADP em ATP.

Ácido cianídrico

O ácido cianídrico é um composto extremamente volátil, que contém o ânion cianeto (CN^{-1}). Puro, pode ser encontrado tanto na forma líquida quanto gasosa, devido ao seu baixo ponto de ebulição ($25,7\text{ }^{\circ}C$) e grande volatilidade. Borbulhado em água, produz uma solução chamada de ácido cianídrico ou ácido prússico. Tem um forte cheiro de amêndoas como o encontrado em caroços de certas frutas.

Esse gás começou a ser usado em larga escala durante a 1ª Guerra Mundial, na fabricação de projéteis para artilharia, fazendo com que os ataques com gás fossem rotineiros. Desde então se tornou o principal agente para extermínio de insetos e parasitas como piolhos, pragas da agricultura, cupins e baratas.

Atualmente, são raros os trabalhos de pesquisa que se referem à utilização do ácido cianídrico no controle de insetos. O maior número de referências é encontrado sobre o uso da manipueira, líquido extraído

pela prensagem das raízes da mandioca para obtenção da fécula ou farinha.

A manipueira contém um glicosídeo cianogênico denominado limarina, do qual se origina o ácido cianídrico. São esses cianetos que respondem pela ação inseticida.

Alguns genótipos de mandioca mostraram uma variação do potencial cianogênico bastante ampla, oscilando de 31,2 ppm a 645 ppm de HCN em polpas frescas de raízes.

Comparando-se esses valores com os obtidos para *T. nocturnum*, que variaram de 799,1 ppm a 3.014,7 ppm de HCN, pode-se confirmar a alta capacidade do cipó-vick na produção desse gás.

O ácido cianídrico é extremamente tóxico para uma grande gama de organismos, devido à habilidade de se ligar quimicamente a metais (Fe^{++} , Mn^{++} e Cu^{++}), que são grupos funcionais de várias enzimas, inibindo os processos ligados à redução do oxigênio na cadeia respiratória do citocromo, transporte de elétrons na fotossíntese e atividades de enzimas ligadas à catálise e oxidase.

Ação toxicológica da fosfina e do ácido cianídrico em humanos

Similaridades entre os efeitos fisiológicos da fosfina e do HCN levaram à hipótese de que compartilham a mesma ação bioquímica relacionada à inibição da heme proteína citocromo c oxidase, sendo, portanto, altamente tóxicos para seres humanos.

A inalação é a principal via de intoxicação da fosfina; havendo ainda a possibilidade de que ela ocorra ao se ingerir pastilhas de fosfetos que em contato com a umidade ou com o suco gástrico liberam fosfina.

A fosfina é rapidamente absorvida através da mucosa gastrintestinal e também pelos pulmões. Após a inalação, os fosfetos de alumínio e

magnésio depositam-se na superfície do trato respiratório, liberando fosfina. Por outro lado, o fosfeto de zinco, cuja hidrólise é significativa apenas em meio ácido, mantém-se estável por algum tempo; entretanto, uma parte inalada é diretamente absorvida pelo trato respiratório, sofrendo hidrólise nos tecidos; outra é transferida para o trato gastrointestinal por meio de mecanismos particulares de clearance no pulmão, permitindo a hidrólise da fosfina pelo suco gástrico como também a absorção do fosfeto de zinco.

Em geral, a absorção dérmica de fosfina e fosfetos é insignificante. A fosfina é amplamente distribuída nos tecidos corporais e tanto ela como os fosfetos podem permanecer no sangue por um período de tempo relativamente grande, favorecendo a manutenção da sintomatologia do quadro de intoxicação.

O exato mecanismo de ação da fosfina no homem ainda não é conhecido. Entretanto, alguns autores citam uma inibição não competitiva do transporte de elétrons na citocromo oxidase em animais, levando a uma difusa hipóxia celular. Por outro lado, alguns estudos têm demonstrado uma redução na atividade da catalase, ocasionando a formação de radicais livres que são tóxicos em humanos e em animais.

Além da indicação da interferência da fosfina com enzimas, ela interfere também na síntese de proteínas, primeiramente nas mitocôndrias do miocárdio, e nas células pulmonares. No miocárdio, essas mudanças produzem distúrbio de permeabilidade a cátions, responsáveis pelos potenciais transmembrânicos que resultam finalmente em colapso vascular periférico e parada cardíaca.

Os fosfetos, assim como a fosfina, são tóxicos para o sistema nervoso central, que sofre uma estimulação seguida de uma inibição.

Podem ser apontados como sintomas dos efeitos tóxicos da fosfina:

- Respiratório: tosse, dispneia, dificuldade respiratória e edema pulmonar.

- Neurológico: cefaleia, agitação, sonolência e astenia.
- Cardiovascular: mudanças no eletrocardiograma, miocardite, falência e arritmia cardíaca, hipotensão, bradicardia, taquicardia, redução da eficiência cardíaca, deficiência na circulação periférica e choque.
- Gastrointestinal: náusea, vômito, dor epigástrica e diarreia.
- Hepático: disfunção hepática com elevação de transaminases e icterícia.
- Renal: proteinúria, oligúria e anúria e possível falência renal aguda.
- Metabólico: várias alterações bioquímicas como hipoglicemia, hipocalcemia, hipomagnesia, acidose metabólica. Foram detectados níveis elevados de ureia no sangue, creatinina e bilirrubina no soro e de transaminases.
- Outros sintomas: desenvolvimento de cianose, pericardite, falência cardíaca congestiva, hemorragia gastrointestinal aguda e parada respiratória aguda. A principal causa de morte é atribuída ao sistema cardíaco, apesar dos sistemas respiratório, hepático e renal também serem afetados.

Os sais do ácido cianídrico são chamados cianetos, sendo os mais comuns o de potássio (KCN) e o de sódio (NaCN). Os cianetos são extremamente venenosos a vários seres vivos, em especial, aos humanos. Nesse caso, devido à habilidade do íon em se combinar com o ferro da hemoglobina, bloqueando a recepção do oxigênio pelo sangue, matando a pessoa exposta por sufocamento.

Isso reforça a ideia de que, mesmo sendo um produto originado de plantas, não é necessariamente inofensivo. A utilização de segmentos de caules de *T. nocturnum* não dispensa a atenção dos produtores no que se refere aos cuidados com a segurança tanto no manuseio como na aplicação.

Equipamentos de proteção individual e recomendações para a manipulação do cipó-vick

Os equipamentos de proteção individual necessários para a coleta e manipulação dos segmentos de caule do cipó-vick são óculos de segurança, luvas de borracha, camisa de manga comprida, calça comprida, botas e máscara. Sugere-se utilizar máscara tipo respirador semifacial com filtros mecânicos combinados de alta eficiência tipo PFF-2, contra vapores orgânicos e gases ácidos.

Outras recomendações importantes a serem seguidas são: não trabalhar sozinho quando manusear produtos tóxicos; preparar o produto em local fresco e ventilado; evitar inalação e contato com o produto sem a devida proteção; não beber, comer ou fumar durante o manuseio e a aplicação do tratamento; e utilizar sempre a dose recomendada.

Modo de aplicação do cipó-vick

As recomendações destinam-se ao expurgo de milho em sacarias, separadas em blocos de quatro sacos. Cada bloco deverá receber uma cobertura de lona plástica com uma sobra de aproximadamente 50 cm em todos os lados. Essa lona deve ser própria para expurgo, transparente, normalmente feita de PVC, ou polietileno, oferecendo resistência a rupturas ou rasgos que eventualmente possam ocorrer durante o manuseio. Não deverão ser tolerados rasgos ou furos na lona, por menores que sejam. É recomendável sempre inspecioná-la e reparar previamente os defeitos observados.

Os segmentos de caule de aproximadamente 1 cm de diâmetro deverão ser utilizados na concentração de 5% (m.m⁻¹). Após a coleta e uniformização de tamanho em segmentos de aproximadamente 25 cm, deverão ser amassados e posteriormente introduzidos em garrafas PET de 2 L contendo perfurações em apenas uma de suas faces. Nesse momento a utilização dos EPIs é fundamental.

A aplicação deverá ser realizada em paíóis com ventilação adequada, não sendo permitida a entrada de crianças e animais domésticos. Após 96 horas (4 dias) as garrafas PET e as lonas deverão ser retiradas. Os resíduos dos talos do cipó deverão ser enterrados para facilitar a decomposição. Sugere-se expor ao sol os grãos de milho, antes de utilizá-los, para que os resíduos de gás sejam eliminados.

Manejo e multiplicação das plantas de cipó-vick

A maioria das plantas, para a quais se encontram aplicações práticas, tendem a sofrer algum tipo de ação predatória, requerendo medidas preservacionistas. Algumas observações, baseadas no comportamento de plantas de *T. nocturnum* em condições naturais, permitem recomendar certos procedimentos para a preservação dessa espécie:

- O corte dos caules deverá ser realizado na altura do peito, preservando-os e também as raízes remanescentes, pois dessa forma a planta se regenera com maior rapidez.
- Caules novos podem servir de estacas de propagação vegetativa da planta, enterrando-os em copos plásticos descartáveis contendo solo de boa qualidade, mantendo-se o conjunto sombreado, até que ocorra o enraizamento, para posterior transplântio.
- O índice de pegamento das mudas é baixo, devendo ser levado em consideração no número de estacas processadas para tal finalidade.
- Utilizar o cipó, dentro do possível, quando os teores de ácido cianídrico são elevados, nos meses mais chuvosos, podendo-se reduzir a quantidade de segmentos de caule a ser utilizado.

Referências

- ALVES, L. F. Química dos lepidópteros. **Química Nova**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 2-57, 1980.
- BRADBURY, M. G.; EGAN, S. V.; BRADBURY, J. H. Determination of all forms of cyanogens in cassava roots and cassava products using picrate paper kits. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, Washington, v. 79, n. 4, Mar. p. 593-601, 1999.
- BUDAVARI, S. M.; O'NEIL, J.; SMITH, A.; HECLEMAN, P. E. (Ed.) **The Merck index: an encyclopaedia of chemicals, drugs and biologicals**. 11th. Rahway: Merck, 1989. 823 p.
- BUHRMESTER, R. A.; EBINGER, J. E.; SEIGLER, D. S. Sambunigrin and cyanogenic variability in populations of *Sambucus canadensis* L. (Caprifoliaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 28, n. 7, Aug. p. 689-695, 2000.
- CASTRO, H. G. de; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H. da; MOSQUIM, P. R. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**. 2. ed. Viçosa, MG: Visconde do Rio Branco, 2004. 113 p.
- CECHINEL FILHO, V.; YUNES, R. A. Estratégias para obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. Conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 99-105, 1998.
- CELARO, J. C. Métodos curativos de controle de pragas de grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2002. 1000 p.
- CHAUDHRY, M. Q. A review of the mechanisms involved in the action of phosphine as an insecticide and phosphine resistance in stored-product insects. **Journal of Pesticide Science**, Tokyo, v. 49, p. 213-228, 1997.
- CHAUDHRY, M. Q.; PRICE, N. R. A spectral study of biochemical reactions of phosphine with various haemproteins. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 36, n. 1, p. 14-21, 1990.
- COITINHO, R. L. B. C.; OLIVEIRA, J. V.; JUNIOR, M. G. C. G.; CÂMARA, C. A. G. Toxicidade de óleos vegetais para adultos de *Sitophilus zeamais* Mots (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de milho armazenados. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 29-34, 2006.
- COFIE-AGBLOR, R.; MUIR, W. E.; SINICIO, R.; CENKOWSKI, S.; JAYAS, D. S. Characteristics of carbon dioxide sorption by stored wheat. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 31, n. 4, p. 317-324, Oct. 1995.

- COOPER-DRIVER, G. A.; SWAIN, T. Cyanogenic polymorphism in braken in relation to herbivore predation. **Nature**, London, v. 260. p. 604-654. 1976.
- CREMASCO, M. A. **Fundamentos de transferência de massa**. Campinas: Editora Unicamp, Brasil, 2002. 792 p.
- DON-PEDRO, K. N. Fumigant toxicity of citruspeel oil against adult and immature stages of storage. **Journal of Pesticide Science**, Tokyo, v. 47, p. 213-223, 1996.
- DON-PEDRO, K. N. Fumigant toxicity is the major route of insecticidal activity of citruspeel essencial. **Journal of Pesticide Science**, Tokyo, v. 46, p. 71-78, 1996.
- DON-PEDRO, K. N. Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of citruspeel essencial. **Journal of Pesticide Science**, Tokyo, v. 46, p. 79-84, 1996.
- EGAN, S. V.; YEOH, H. H.; BRADBURY, J. H. Simple picrate paper kit for determination of the cyanogenic potential of cassava flour. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, Washington, v. 76, n. 1, p. 39-48, 1998.
- ESTRELA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V.; ALERCIO, M. R.; de LIMA, M. S. 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.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; ALÉCIO M. R.; LIMA, M. S. de. Atividade inseticida do óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum (Bignoneaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 599-604, 2007.
- FLORÃO, A.; FONSECA, R. V.; LOPES, M.; GABRIEL, M. M. Fosfina: Riscos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-108. jul-dez. 2004.
- FRANCISCO, I. A.; PINOTTI, M. H. Cyanogenic glycosides in plants. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 43, n. 5, p. 487-492, 2000.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. São Paulo: FEALQ, 2002. 920 p.
- GENTRY, A. H. Part IX. Family 172. Bignoniaceae. In: WOODSON JUNIOR, R. E.; SCHERY, R. W. Flora of Panama. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Missouri, v. 60, n. 3, p. 781-977. 1973.
- GENTRY, A. H. Synopsis of Bignoniaceae ethnobotany and economic botany. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Missouri, v. 79, p. 53-64, 1992.

GOTTLIEB, O. R.; KOKETSU, M. K.; MAGALHÃES, M. T.; MAIA, J. G. S.; MENDES, P. H.; ROCHA, A. I.; SILVA, M. L.; WILBERG, V. C. Óleos essenciais da Amazônia., VII. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 11, n. 1, p. 143-148, 1981.

GRUHNERT, C.; BIEHL, B.; SELMAR, D. Comportamentation of cyanogenic glucosides and their degrading enzymes. **Planta**, Berlin, v. 195, n. 1, p. 36-42, Nov. 1994.

GUEDES, R. N. C. Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 15/16, n. 1/2, p. 3-48. 1990/1991.

HAGSTRUM, D. W. Using five sampling methods to measure insect distribution and abundance in bins storing wheat. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 36, n. 3, p. 253- 262, 2000.

HARBONE, J. B. **Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plants analysis**. 2nd ed. London : Chapman and Hall, 1984. 288 p.

HOMMA, A. K. O. Biopirataria na Amazônia: como reduzir os riscos. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, PA, v. 1, n. 1, p. 47-60. 2005.

HUANG, Y.; HO, S. H.; KINI, M. Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 92, n. 3, p. 676-683, 1999.

HUANG, Y.; CHEN, S. X.; HO, S. H. Bioactivities of methyl allyl disulfide and methyl allyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored-product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 2, p. 537- 543, apr. 2000.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Banco de Dados Agregados: tabela 1612: área plantada, área colhida, quantidade produzida e valor da lavoura temporária**. [Rio de Janeiro], 2008. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612>. Acesso em: 19 fev. 2009.

JILLANI, G.; SAXENA, R. C. Repellent and feeding deterrent effects of turmeric oil, sweetflag, neem oil, and neem leaved insecticida against lesser grain borer (Coleoptera: Bostrichidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 83, p. 629-634. 1990.

KERR, W. E.; POSEY, D. A. "Kangàrà Kanê" *Tanaecium nocturnum* (Bignoniaceae), um cipó usado pelos índios Kayapós como inseticida natural. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 7, n. 1, p. 23-26, 1991.

- LIMA, R. R.; COSTA, J. P. C. da. **Coleta de plantas de cultura pré-colombiana na Amazônia brasileira**. I. Metodologia e expedições realizadas para coleta de germoplasma. Belém, PA: Embrapa- CPATU, 1997.150 p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 99).
- LOLLATTO, M. A. **O feijão no Paraná: colheita, processamento e armazenamento**. Londrina: IAPAR, 1989, p. 281-303 (IAPAR. Circular técnica, 63).
- MARTINS, D. S. dos; FARONI, L. R. D.; SILVA, F. A. P da; SOUZA, O. F. F. de. Avaliação das perdas do milho, antes da colheita e no armazenamento, pelo gorgulho (*Sitophilus* spp.) e pela traça (*Sitotogra cerealella*) na microrregião de Viçosa, MG. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 9/10, n. 1/2, p. 6-8, 1984/1985.
- MILLER, R. E.; JENSEN, R.; WOODROW, I. E. Frequency of cyanogenesis in tropical rainforest of far North Queensland, Australia. **Annals of Botany**, Oxford, v. 97, p. 1017-1044, 2006.
- MING, L. C. **Levantamento de plantas medicinais na reserva extrativista Chico Mendes-Acre**. 1995. 192 f. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.
- MONRO, H. A. U. **La fumigation en tant que traitement insecticide**. Roma: FAO, 1970. 138 p.
- PAES, J. L. **Difusão e sorção do isotiocianato alilo e seu efeito no controle de *Sitophilus zeamais* e na qualidade do milho**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, MG.
- PEREIRA, A. E. **Uso de armadilha visando geração de nível de ação e correlação entre captura e infestação de *Hypothenemus hampei* na cultura do café**. 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, MG.
- PIMENTEL, F. A. **Avaliação fungitóxicas e caracterização química dos óleos essenciais e extratos obtidos após diferentes processos de extração de cipó vick (*Tanaecium nocturnum*) e João-brandim (*Piper piscatorum*)**. 2007.178 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras.
- PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. A.; TÓTOLA, M. R.; GUEDES, R. N. C. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. **Pest Management Science**, New York, v. 63, n. 9, p. 876-881, Sep. 2007.
- PRANCE, G. T.; CAMPBELL, D. G.; NELSON, B. W. The ethnobotany of Paumari indians. **Economic Botany**, New York, v. 31, n. 2, p. 119-175, 1977 .
- PONTE, J. J. da. **Cartilha da manipueira: uso do composto como insumo agrícola**. 2. ed. Fortaleza: SECITEC, 2002. 52 p.
- RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. Plant products as fumigants for stored-product insect control. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 84, p. 243-249, 2007.

- SANT'ANA, P. J. P. **Bioprospecção no Brasil**: contribuições para uma gestão ética. Brasília, DF: Paralelo, 2002. 230 p.
- SANTOS, J. P. dos. Recomendações para o controle de pragas de grãos e de sementes armazenadas. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 197-236.
- SANTOS, J. P. dos; MANTOVANI, E. C. **Perdas de grãos na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa - CNPMS, 1997. 40 p. (Embrapa- CNPMS. Circular técnica, 24).
- SANTOS, A. K; FARONI, L. R. D.; SANTOS, J. P. dos; GUEDES, R. N. C.; ROZADO, A. F. Distribuição e amostragem de *Sitophilus zeamais* (M.) em grãos de trigo armazenado em silo metálico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, set./dez., 2003.
- SANTOS, M. G.; CARVALHO, C. E. M.; KELECOM, A.; RIBEIRO, M. L. R. da C.; FREITAS, C. V. C. de; COSTA, L. M. da; FERNANDES, L. V. de G. Cianogênese em esporófitos de pteridofitas avaliada pelo teste de ácido pícrico. **Acta Botanica Brasílica**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 783-788, 2005.
- SCHULTES, R. E.; RAFFAUF, R. F. **The healing Forest**: medicinal and toxic plants of the Northwest Amazonia. Portland: Dioscoredes Press, 1995. 448 p.
- TAPONDJOU, A. L.; ADLER, C.; FONTEM, D.A.; BOUDA, H.; REICHMUTH, C. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Moutschulsky and *Tribolium confusum* du Val. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 41, p. 91-102, 2005.
- UNITED NATION ENVORONMENT PROGRAMME. **Montreal Protocol on substances that deplet the ozone layer**: report of the Methyl Bromide Technical Options Committee. Naerobi, 1995. 304 p.
- VALLE, T. L.; CARVALHO, C. R. L.; RAMOS, M. T. B; MUHLEN, G. S.; VILLELA, O. V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 221-226, 2004.
- XIE, Y. S.; FIELDS, P. G.; ISMAN, M. B. Repellency and toxicity of azadirachthin and neem concentrates of three stored-product insects. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 88, n. 6, p. 1024-1031, 1995.
- WHITE, N. D. G.; LEESH, J. G. Chemical Control. In: SUBRAMANYAM, B.; HGSTRUM, D. W. (Ed.). **Integrate management of insects in stored products**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 287-330.
- WOODHLEAD, S.; BERNAYS, E. Change in release rates of cyanide in realtio to palatability of Sorghum to insects. **Nature**, London, v. 270, p. 230-236. 1977.