

QUADRO 13. Porcentagem de produtores que notam e fazem controle dos roedores com veneno, armadilha, gato e outros.

Estrato	Nota Ataque %	Efetua Controle %	Controle			
			Veneno %	Armadilha %	Gato %	Outro %
1	82,9	69,0	37,9	17,2	69,0	13,8
2	84,3	82,9	43,9	15,8	78,9	14,0
3	84,6	83,3	31,8	18,2	77,3	2,3
4	82,9	87,8	41,7	41,7	75,0	5,6
\bar{X}	83,5	81,2	39,1	22,3	75,9	9,0

d) Os roedores constituem outro grande problema para 83% das fazendas.

e) Finalmente pode-se concluir que medidas adequadas de controle das pragas, insetos e roedores trariam ganhos imediatos aos agricultores.

REFERÊNCIAS

TEIXEIRA FILHO, A.R.; PAEZ, P.B.; DEL GIUDICE, P.M.; BARBOSA, T. Armazenamento nas fazendas. UNIVERSIDADE RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS – ESA. Vol. I-VIII. Viçosa, MG. 1968.

SANTOS, J.P.; FONTES, R.A.; CRUZ, I. e FERRARI, R.A.R. Avaliação de danos e controle de pragas de grãos armazenados a nível de fazenda no Estado de Minas Gerais, Brasil. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE PERDAS PÓS-COLHEITA DE GRÃOS, 1., Viçosa, MG. Anais S.1., CENTREINAR, 1983. p. 105-10.

CONCENTRAÇÃO DA FOSFINA SOB A LONA PLÁSTICA DURANTE O EXPURGO

Jamilton Pereira dos Santos¹

Ivan Vaz de Melo Cajueiro²

Arlene Clara Vilefort³

¹ Eng. Agr., PhD; ² Biólogo. Pesquisadores do CNPMS/EMBRAPA. Caixa Postal, 151 CEP 35700 – Sete Lagoas – MG.

³ Eng. Agr., Estagiária. PIEP. EMBRAPA/CNPq.

RESUMO

O expurgo do milho é uma prática muito utilizada para controlar insetos pragas de grãos. O acompanhamento mais detalhado da liberação de fosfina (PH_3) poderá fornecer subsídios para uma melhor definição técnica na recomendação de uso. Conhecendo-se a evolução da concentração de fosfina sob a lona plástica durante a realização do expurgo e, principalmente, no momento de encerramento, poderá diminuir o risco de intoxicação no ato de abertura.

Para se obter os dados para a confecção da curva de liberação de fosfina a partir de comprimidos de 0,6 g de fosfeto de alumínio, foram realizados expurgos separados, em 3 repetições, de 1 tonelada de milho a granel e de 1 m^3 de milho em espiga com palha, sob lonas plásticas de PVC. Os expurgos foram iniciados às 9:00 e 18:00 horas. A fosfina foi utilizada na dosagem de 1 g p.a./t ou m^3 . As leituras foram procedidas utilizando-se uma bomba de vácuo para succionar o gás do interior da lona através de ampolas próprias para medir a concentração de fosfina. As leituras foram feitas em intervalos de tempo pré-determinado até 140 horas após o início do expurgo. Nas primeiras 24 horas foram tomadas leituras de 1 em 1 hora.

Foi definida uma curva que representa a concentração de fosfina liberada em cada um dos tratamentos.

No expurgo iniciado às 9:00 horas registraram-se concentrações maiores do que aquele iniciado às 18:00 horas. Observou-se também que no expurgo de milho a granel ocorreram maiores concentrações do que no milho em espiga. Esperava-se maiores concentrações do que as máximas observadas, como também se esperava que a curva fosse se estabilizar, após atingido o ponto máximo. Este fato pode indicar um escapamento do gás, possivelmente entre o piso e a lona. A elevação da curva ocorreu enquanto a liberação de fosfina estava se processando, porém sem atingir o máximo esperado. Logo após cessada a liberação, a curva que representa a concentração de fosfina declinou bruscamente em vez de estabilizar. Isto mostra que areia solta ou "cobras de areia", quando usadas para pressionar as margens da lona contra o piso por ocasião do expurgo, não são suficientes para criar um ambiente hermético no interior da lona plástica.

Termos para indexação: expurgo, fumigação, fosfina, fosfeto de alumínio.

CONCENTRATION OF PHOSPHINE (PH_3) DURING FUMIGATION UNDER PLASTIC FILMS

ABSTRACT

Fumigation is an useful method to control the stored grain pests. A more detailed knowledge about the concentration x time interations of phosphine (PH_3) beneath the plastic cover could give support to technical recommendation. Also, knowing the concentration build up and specially at the time of finishing fumigation specific care could be taken to avoid incidents.

A phosphine time x concentration curve was defined from 0.6 g of aluminium phosphine pellets during fumigation of shelled or unhusked corn ears using PVC plastic films. Fumigation started at 9:00 a.m. and 6:00 p.m. at a phosphine rate of 1 g a.i./ m^3 . Monitoring of concentration was possible by means of a gas pump which sucks the phosphine through a test tube which accurately measure the concentration in ppm. In the first 24 hours, lectures were made at one hour interval, and then followed by periods of 3, 6, 12 and 24 hours. Fumigation ended after 140 hours.

Higher concentration were observed in shelled corn when fumigation started at 9:00 a.m. It was expected not only higher concentration than the ones observed but also the

stabilization of the curve in its top points. Although sufficient care has been taken to seal with sand the edges of the plastic film, the concentration curve declined rapidly after ceasing the liberation of phosphine from the tablets. This was an indication that the gas escaped, possibly between the floor and the plastic during fumigation. Also, it shows that, either loose sand or "sand snakes", when used to press against the floor the edges of the plastic sheets during fumigation, do not provide an hermetic environment as is required.

Index terms: fumigation, phosphine, aluminum phosphide.

INTRODUÇÃO

A fosfina (PH_3) é um gás extremamente tóxico para todas as formas de vida animal, principalmente para os insetos, razão pela qual é muito utilizado para controle de insetos nocivos aos grãos armazenados. A densidade do gás de fosfina é 1,2. Porém, esta diferença de peso em relação ao ar não tem implicações negativas nas operações de expurgo. O gás de fosfina possui um grande poder de difusão que o permite, uma vez liberado, espalhar-se pelo ambiente em todas as direções, misturando-se rapidamente com o ar. Ele é um gás praticamente insolúvel na água e no óleo, não é adsorvido, e, nem reage química e irreversivelmente com os grãos podendo, entretanto, reagir com metais como o cobre, prata e ouro (Monro, 1970).

A fosfina é liberada a partir da hidrólise do fosfeto de alumínio pela umidade do ar. O fosfeto de alumínio (AIP) é comercializado sob a forma de comprimidos e tabletes pesando 0,6 e 3,0 g que liberam 0,2 e 1,0 g de fosfina (PH_3), respectivamente (Monro, 1970). Na composição química do fosfeto de alumínio comercial entra também o carbamato de amônia cuja função é retardar e controlar a liberação de fosfina, impedindo a produção de calor, além de liberar amônia (NH_4) e CO_2 cujos odores característicos funcionam como gases de alerta.

Embora a fosfina seja um gás extremamente tóxico, a indústria desenvolveu um produto comercial com características que torna o expurgo uma operação de risco mínimo, contando que a pessoa encarregada da execução do trabalho tenha obtido o treinamento técnico adequado.

Segundo as recomendações oficiais o limite máximo de tolerância do gás de fosfina num ambiente de trabalho é de 0,3 ppm nos Estados Unidos e 0,1 ppm na Europa, durante 8 horas/dia e 5 dias/semana (Anon, 1964). Para concentrações mais elevadas, Torkelson et al. (1966) propõem os respectivos períodos e dosagens máximas de 7 horas: 1 ppm, 1 hora: 25 ppm, 5 minutos: 50 ppm, para uma exposição que não se repita mais de uma vez por semana. Uma hora de inalação a 300 ppm é fatal para pessoas e a 2.000 ppm é morte instantânea segundo Flury e Zermik (1931), citado por Monro (1970).

No Brasil o emprego da fosfina para controle de insetos em grãos armazenados iniciou com Coutinho et al. (1961). Posteriormente Puzzi & Orlando (1964), Puzzi et al. (1966), Bitran et al. (1970 e 1971), demonstraram a eficiência da fosfina e determinaram as dosagens e tempo de exposição adequados para o combate dos insetos dos grãos armazenados. Bitran et al. (1976) demonstraram também que a fosfina é eficiente para a proteção contra o caruncho e a traça no milho armazenado na espiga.

A fosfina é hoje usada em mais de cem países para controle de várias espécies de insetos (Bell, 1977; Winks, 1982, 1985, Winks e Waterford, 1986) e em diferentes condições de armazenagens (Bitran et al., 1970, 1971; Leesch et al., 1978) e em diversos tipos de grãos. Bell (1976, 1977 e 1979) estudou a tolerância de diferentes instares de traças da farinha de trigo a fosfina e Santos (1981) demonstrou que fosfina na dosagem de 1 g produto comercial/ m^3 controla todas as fases de desenvolvimento do gorgulho do milho, porém Santos (1987) observou que, ocorrendo subdosagens em função de doses mal calculadas ou de escapamento de gás durante o expurgo, poderá haver sobrevivência da traça (*Sitotroga cerealella*) e do gorgulho (*Sitophilus zeamais*) nas fases de ovo e pupa pois são for-

mas mais resistentes ao gás de fosfina. A questão do modo de atuação dos fumigantes sobre os insetos (Price, 1985), do surgimento de raças resistentes a fosfina (Dyde e Halliday, 1985) assim como possíveis resíduos em grãos e produtos fumigados (Keith e Goodship, 1986) tem sido bem estudados.

No Brasil o expurgo vem também sendo recomendado como uma prática para proteção contra insetos do milho em espiga armazenado no meio rural, em diferentes tipos de paióis (Santos et al., 1984). Este trabalho foi conduzido, visando conhecer melhor a concentração de fosfina no interior da lona, durante e expurgo de milho em espiga e a granel.

MATERIAL E MÉTODOS

A concentração de fosfina no interior da lona foi representada por uma curva traçada em função do número de horas a partir do início do expurgo e da quantidade de fosfina liberada em cada intervalo de tempo. Os dados para a confecção da curva foram obtidos a partir de expurgos iniciados às 9:00 horas ou às 18:00 horas, realizados em 3 repetições em 1 tonelada de milho a granel ou 1 m³ de milho em espigas, utilizando lonas plásticas de PVC, próprias para expurgos, piso de cimento e vedação com areia solta. A marca comercial usada foi o GASTOXIN na formulação de 0,6 g de fosfeto de alumínio que libera 0,2 g de fosfina (PH₃). A dosagem da fosfina foi calculada para 1 g p.a./t ou m³.

As leituras foram registradas por intermédio de uma bomba de vácuo de operação manual que succiona 100 ml de gás através de ampolas próprias para medir a concentração do gás de fosfina em ppm. Foram utilizadas durante as primeiras 4 horas ampolas Draeger tipo N₁₀ que registram concentrações de 0,1 a 4 ppm e ampolas N₃ que medem concentrações de 50 a 1000 ppm para as demais leituras. As especificações N₁₀ e N₃ significam que o valor ou a concentração é obtida após 10 e 3 bombadas, respectivamente.

As leituras foram procedidas de acordo com os seguintes intervalos de tempo: primeiras 24 horas — leitura de 1 em 1 hora; de 25 a 48 horas — leitura de 3 em 3 horas; de 49 a 72 horas — leitura de 6 em 6 horas; de 73 a 96 horas — leitura de 12 em 12 horas e finalmente de 97 a 145 horas após o início do expurgo — leituras de 24 em 24 horas. A temperatura média diurna e noturna durante a realização dos expurgos foi 28,5°C e 21,5°C, respectivamente. A umidade relativa do ar foi de 65%.

O modelo seguido pela análise de regressão foi o seguinte:

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_j + Z_j (\beta_0 - \beta_1 X_j - \beta_2 X_j^2) + E$$

Onde: Y_j = concentração de fosfina

β = número de horas após início do expurgo

Z_j = 0; coeficiente linear

Z_j = 1; coeficiente quadrático

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a afirmativa de Monro (1970), sob as condições 25°C e 760 mmHg de pressão, 1 g de fosfina/m³ se equivale a uma concentração de 718 ppm. Esta era, portanto, a leitura máxima esperada no presente trabalho. Entretanto, o ponto médio máximo observado atingiu somente 603 ppm para o expurgo de milho a granel iniciado às 9:00 horas. Uma leitura abaixo do esperado poderia ser devido a liberação incompleta da fosfina contida nos comprimidos de fosfeto de alumínio, ou que a formulação comercial não continha 0,2 g de fosfina em cada comprimido de 0,6 g de fosfeto de alumínio ou ainda que havia escapamento de fosfina ao mesmo tempo em que se processava a liberação. Destas três hipóteses a mais provável de ser verdadeira é aquela em que sugere o escapamento de fosfina durante o expurgo. Como as Figuras 1 e 2 ilustram, a concentração de fosfina de-

clinou rapidamente após ter-se atingido o ponto máximo, embora se esperasse por uma estabilização da curva. Isto indica que as leituras registraram valores crescentes enquanto a quantidade de fosfina liberada dos comprimidos era maior do que a perda pelos vasosamentos que provavelmente ocorriam entre o piso e a lona plástica.

$$a) Y_j = -0,5095 + 21,3235 X_j + Z_j (1001,2398 - 35,5970 X_j + 0,04190 X_j^2); R^2 = 0,99$$

$$b) Y_j = -59,7937 + 27,5455 X_j + Z_j (826,8886 - 40,5181 X_j + 0,05576 X_j^2); R^2 = 0,99$$

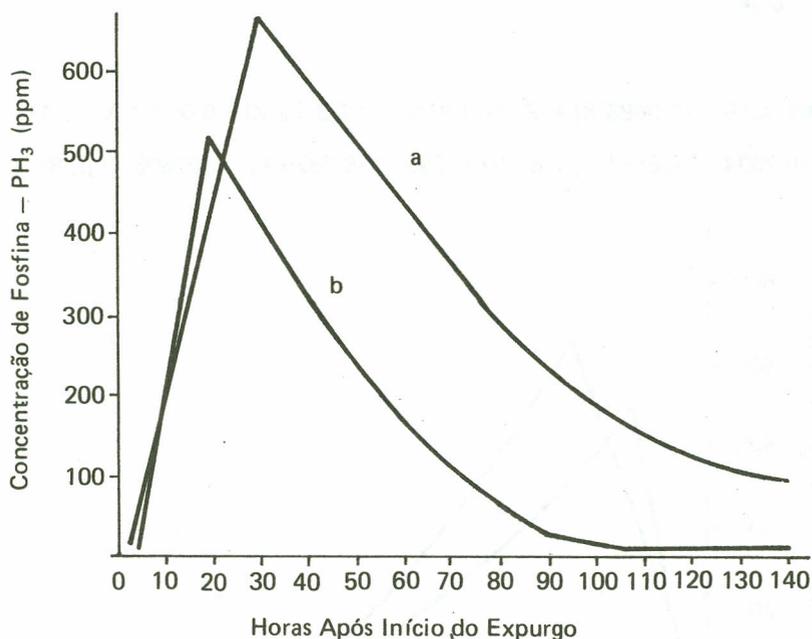


FIG. 1 — Concentração de fosfina (PH₃) observada em expurgo de milho a granel (a) e milho em espiga (b), iniciado às 9:00 horas. Sete Lagoas, MG' 1984.

Foi definida uma curva de liberação e concentração de fosfina sob a lona durante o expurgo de milho a granel e em espiga iniciado às 9:00 horas e 18:00 horas. No expurgo iniciado às 9:00 horas (Figura 1) registraram concentrações maiores do que quando iniciou-se às 18:00 horas (Figura 2). Observou-se também que no milho a granel ocorreram maiores concentrações do que no milho em espiga.

A primeira leitura, realizada uma hora após o início do expurgo, já registrou cerca de 20 ppm na ampola. Esta observação indica que, os comprimidos de fosfeto de alumínio após expostos a umidade do ar de 65% e temperatura de 21,5°C liberam fosfina em tempo menor que uma hora. A velocidade de liberação é bem constante, como mostram as Figuras 1 e 2. Na primeira parte, até atingir o ponto máximo, a curva teve um comprimido linear. Na segunda parte, a que descreveu a velocidade do escapamento ou perda do gás, o modelo da curva foi quadrático. A equação para cada tratamento ficou estabelecida da seguinte forma:

E₁ = expurgo de milho a granel, iniciado às 18:00 horas

$$E_1 = Y_j = -59,7937 + 27,5455 X_j + Z_j (826,2886 - 40,5181 X_j + 0,05576 X_j^2);$$

$$R^2 = 0,99$$

E_2 = expurgo de milho em espiga iniciado às 18:00 horas

$$E_2 = Y_j = 16,7994 + 28,6161 X_j + Z_j (573,1032 - 36,2679 X_j + 0,02806 X_j^2);$$

$$R^2 = 0,99$$

E_3 = expurgo de milho a granel iniciado às 9:00 horas

$$E_3 = Y_j = 0,5095 + 21,3235 X_j (1001,2398 - 33,5970 X_j + 0,04190 X_j^2);$$

$$R^2 = 0,99$$

E_4 = expurgo de milho em espiga iniciado às 18:00 horas

$$E_4 = Y_j = 61,0815 + 15,6688 X_j + Z_j (921,2753 - 31,8786 X_j + 0,06967 X_j^2);$$

$$R^2 = 0,96$$

a) $Y_j = 61,0815 + 15,6688 X_j + Z_j (921,2753 - 31,8786 X_j + 0,06967 X_j^2); R^2 = 0,96$

b) $Y_j = 16,7934 + 28,6161 X_j + Z_j (573,1032 - 36,2679 X_j + 0,02806 X_j^2); R^2 = 0,99$

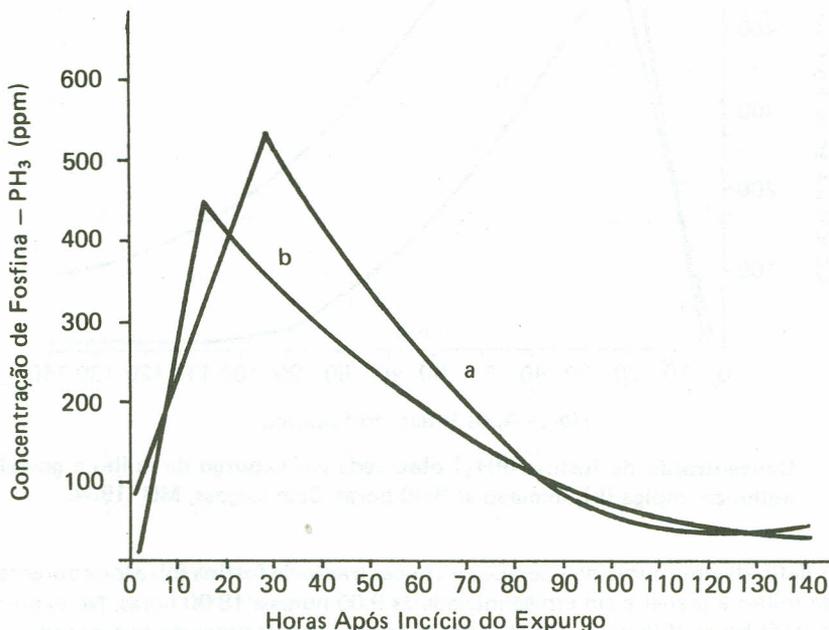


FIG. 2 — Concentração de fosfina (PH_3) observada em expurgos de milho a granel (a) e milho em espiga (b), iniciado às 18:00 horas. Sete Lagoas, MG, 1984.

Por estas curvas pode-se conhecer a concentração de fosfina a qualquer tempo após o início do expurgo. Deve-se ressaltar aqui que o expurgo foi realizado criteriosamente, colocando o milho sobre o piso cimentado e pressionando as margens de lona com areia solta.

Se mesmo com os cuidados tomados houve escapamento e perda do gás de fosfina, como mostram as curvas, acredita-se que esta seja uma ocorrência generalizada nos expurgos com lona plástica cujas margens sejam vedadas com areia ou "cobras de areia".

O declínio na curva de concentração de fosfina durante o expurgo, pode explicar alguns insucessos no controle de insetos observados neste país. Além deste problema, o es-

capamento do gás de fosfina pode tornar insalubre o ambiente de trabalho de pessoas que realizam expurgos em recintos fechados, com pouca ventilação como a maioria dos armazéns brasileiros. Os gases de alerta, produzidos durante o expurgo são uma indicação do início da liberação de fosfina. Porém: por serem mais leves do que a própria fosfina, há casos em que não se detecta os odores característicos e existe fosfina no ambiente. Portanto, a não detecção de gases de alerta não indicada, necessariamente ausência de fosfina no ambiente (Bond e Dumas, 1967).

CONCLUSÕES

a) Sob as condições de 65% de umidade relativa, 28,5°C de temperatura média diurna e noturna, respectivamente, o gás de fosfina já é detectável na concentração de 20 ppm, em menos de uma hora;

b) a concentração máxima de fosfina observada atingiu 83,9% do esperado;

c) a vedação das margens da lona com areia demonstrou ser inadequada para a prática do expurgo pois permitiu o escapamento do gás;

d) no expurgo iniciado pela manhã (9:00 horas) obteve-se maior concentração de fosfina do que quando iniciado a tarde (18:00 horas);

e) no milho a granel foram registradas maiores concentrações do que no milho em espiga.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem os pesquisadores Dr. Antônio C. Oliveira e Dr. Augusto R. de Morais pela orientação nas análises estatísticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANONIMOUS, Threshold limit values for 1964. A.M.A. *Arch Industr. Med.*, **9** : 545-554. 1964.
- BITRAN, E.A.; CAMPOS, T.B. e BARONI, O. A fosfina no combate ao gorgulho *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855, como praga de milho armazenado em silos de concreto. *O Biológico*. **36** (8) : 197-200. 1970.
- BITRAN, E.A.; LAZZARINI, S. e MENDONÇA, P.P. Ação da fosfina sobre o gorgulho do milho em armazéns e silos. *O Biológico*. **37** : 195-8. 1971.
- BITRAN, E.A.; CAMPOS, T.B.; OLIVEIRA, D.A. e ARAÚJO, J.B.M. Ensaio de proteção de milho em espiga com palha em paiol, em função do ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 e *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819). *Arq. Inst. Biol.* **43** : 57-63. 1976.
- BELL, C.H. Tolerance of developmental stages of four stored product moths to phosphine. *J. Stored Prod. Res.* **12** : 77-86. 1976.
- BELL, C.H. Toxicity of phosphine to the diapausing stages of *Ephestia elutella*, *Plodia interpunctella* and other Lepidoptera. *J. Stored Prod. Res.* **13** : 149-158. 1977.
- BELL, C.H. The efficiency of phosphine against diapausing larvae of *Ephestia elutella* (Lepidoptera) over a wide range of concentrations and exposure times. *J. Stored Prod. Res.* **15** : 53-58. 1979.
- BOND, E.J. e DUMAS, T. Loss of warning odour from phosphine. *J. Stored Prod. Res.* **3** : 389-392. 1967.
- COUTINHO, J.M.; PUZZI, D. e ORLANDO, A. Emprego do fumigante fosfina (hidrogênio fosforado) no combate aos insetos dos grãos armazenados. *O Biológico*. **27** : 271-5. 1961.

- DYTE, C.E. e HALLIDAY, D. Problems of development of resistance to phosphine by insects pests of stored grains. *FAO/EPP0 Bulletin*. **15** : 51-57. 1985.
- KEITY, A.S. e GOODSHIP, G. Determination of phosphine residues in fumigated cereals and other foodstuffs. *Pestic. Sci.* **17** : 385-395. 1986.
- LEESCH, J.G.; REDLINGER, L.M.; GILLENWATER, H.B.; DAVIS, R. e ZEHNER, J. M. An In-transit shipboard fumigation of corn. *J. Econ. Entomol.* **71** : 928-935. 1978.
- MONRO, H.A.U. Manual de Fumigacion Contra Insetos. FAO. 1970.
- PRICE, N.R. The mode of action of fumigants. *J. Stored Prod. Res.* **21** : 157-164. 1985.
- PUZZI, D. e ORLANDO, A. Estudos preliminares sobre a dosagem e tempo de exposiçãõ da "fosfina", no controle das pragas dos grãos armazenados. *O Biológico*. **30** : 5-10. 1964.
- PUZZI, D.; NOGUEIRA, G.; RIGITANO, A. e BARONI, O. Estudos preliminares sobre o emprego da fosfina e brometo de metila no expurgo no caruncho, *Sitophilus orizae* (L.), em milho ensacado. *O Biológico*. **32** : 179-183. 1966.
- SANTOS, J.P. **Efeito da fosfina sobre formas jovens e adultas do gorgulho do milho.** Anais do 1º Simpósio sobre combate das pragas de grãos armazenados. 139-152. 1981. Casa Bernardo LTDA.
- SANTOS, J.P. Resistência de diferentes ínstaes do gorgulho e da traça do milho a dosagens de fosfina. XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA. Resumo nº 325. Campinas. 1987.
- SANTOS, J.P.; CRUZ, I. e FONTES, R.A. Armazenamento e controle de pragas do milho. Sete Lagoas, MG, EMBRAPA/CNPMS. Documentos – 1. 30p ilustr. 1984.
- TORKELSON, T.R.; HOYLE, H.R. e ROWE, V.K. Toxicological hazards and properties of the fumigants. *Pest control*, **34** : 13-18. 1966.
- WINKS, R.G. The toxicity of phosphine to adults of *Tribolium castaneum* (Herbst): time as response factor. *J. Stored Prod. Res.* **18** : 159-169. 1982.
- WINKS, R.G. The toxicity of phosphine to adults of *Tribolium castaneum* (Herbst): phosphine-induced nascosis. *J. Stored Prod. Res.* **21** : 25-29. 1985.
- WINKS, R.G. e WATERFORD, C.J. The relationship between concentration and time in the toxicity of phosphine to adults of a resistant strain of *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod. Res.* **22** : 85-92. 1986.

DETERMINAÇÃO DE PERDAS POR INSETOS NO MILHO ARMAZENADO EM PEQUENAS PROPRIEDADES DO ESTADO DO PARANÁ

Jamilton P. Santos¹
Renato A. Fontes¹
Ivan V.M. Cajueiro²
Rodolfo Bianco³
Odílio Sepulcri⁴
Flávio Lazzarini⁵
José L. Bedani⁶

^{1 2} Eng.Agr. e Biólogo. Pesquisadores CNPMS/EMBRAPA. Cx. Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

³ Eng.Agr. Pesquisador IAPAR, PR.

^{4 5 6} Eng.Agr. ACARPA, CLASPAR e COPASA, PR.