



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Horizontal Diffusion of Phosphine through Grain 【Research report】

磷化氫在穀物中之水平方向擴散【研究報告】

Wu-Kang Peng Chin-Chiang Yang and Teng-Kuei Lee
彭武康1)、楊金江2)、李騰貴2)

*通訊作者E-mail: [phosphine, diffusion, corn, sorghum, paddy rice.](mailto:phosphine@yabee.com.tw)

Received: 1998/02/10 Accepted: 1999/03/25 Available online: 1999/06/01

Abstract

Chambers, made of tin plates 30 x 30 x 150 cm in dimension, and divided into 3 parts, were used for detecting the horizontal diffusion of phosphine through grain. The middle part, 90 cm long, was fully loaded with corn, sorghum, or paddy rice. Phosphine, generated by aluminum phosphate applied to one end of the chamber, moved horizontally through the interstitial spaces among the grain mass to the other end. Every 24 h, concentration of the phosphine at each end was measured by using Auger gas detecting tubes. At 24 h, the concentrations of phosphine at the application end and the other end of the chamber were 3250 and 400 ppm in corn; and 3600 and 500, 3700 and 520, 1200 and 1100 ppm, respectively, in sorghum, paddy rice and the control. The ratios of the concentrations at the application end to the other end were 1:0.12, 1:0.14, 1:0.14 and 1:0.92 in corn, sorghum, paddy rice and the control. In the control, the concentration between the ends balanced at 48 h, being 1100 ppm; however, in corn or paddy rice, it reached balance at 144 h, the concentration being 410 and 500 ppm. Due to the oxidation and absorption by the grain, the phosphine concentration decreased day by day. At 240 h, the average concentration was 550, 170, 185 and 285 ppm, in the control, corn, sorghum and paddy rice, respectively.

摘要

利用長方形馬口鐵皮箱，截面30x30 cm，長150 cm，隔成3段，中央部分(C)長90 cm裝滿穀物，偵測磷化氫之水平方向擴散速率。磷化鋁施於一端(B)，產生之磷化氫氣體，經玉米、高粱或稻穀之穀粒間隙，橫向擴散至另一端(D)。每24小時，以Auger gas detecting tube偵測DB兩端之濃度，分別為3250及400、3600及500、3700及520 ppm；無穀之對照組為1200及1100 ppm。兩端磷化氫濃度比分別為1:0.12、1:0.14、1:0.14及1:0.92。磷化氫經144小時擴散，在玉米及稻米，兩端已達平衡，濃度為分別410及500 ppm；對照組在48小時平衡，濃度1100 ppm。由於磷化氫被氧化分解及被穀物吸收，濃度逐日降低。至240小時，玉米、高粱或稻穀之處理組分別為170、185及285 ppm；對照組濃度降至550 ppm。

Key words: phosphine, diffusion, corn, sorghum, paddy rice.

關鍵詞: 磷化氫、擴散、玉米、高粱、稻穀

Full Text: [PDF\(0.28 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

磷化氫在穀物中之水平方向擴散

彭武康* 國立臺灣大學昆蟲學系 臺北市羅斯福路4段1號

楊金江 李騰貴 臺灣省政府糧食處 臺北市杭州南路1段15號

摘要

利用長方形馬口鐵皮箱，截面 30×30 cm，長150 cm，隔成3段，中央部分(C)長90 cm裝滿穀物，偵測磷化氫之水平方向擴散速率。磷化鋁施於一端(B)，產生之磷化氫氣體，經玉米、高粱或稻穀之穀粒間隙，橫向擴散至另一端(D)。每24小時，以Auger gas detecting tube偵測DB兩端之濃度，分別為3250及400, 3600及500, 3700及520 ppm；無穀之對照組為1200及1100 ppm。兩端磷化氫濃度比分別為1:0.12、1:0.14、1:0.14及1:0.92。磷化氫經144小時擴散，在玉米及稻米，兩端已達平衡，濃度為分別410及500 ppm；對照組在48小時平衡，濃度1100 ppm。由於磷化氫被氧化分解及被穀物吸收，濃度逐日降低。至240小時，玉米、高粱或稻穀之處理組分別為170、185及285 ppm；對照組濃度降至550 ppm。

關鍵詞：磷化氫、擴散、玉米、高粱、稻穀。

前言

燻蒸是利用氣態之化學藥劑，經由昆蟲之呼吸系統進入昆蟲體內，而產生殺蟲作用。由於氣態之燻蒸劑擴散性強，相對地，也容易流失。因此，由安全及效果考慮，使用時需要有良好的密閉空間。一般適合於儲物害蟲之防治，尤以防治糧倉害蟲為多。燻蒸後，殘餘之氣態燻蒸劑，經適當之通風後，容易散發，或氧化分解(Dhaliwal, 1974)，減少燻蒸劑之殘留。

燻蒸劑有多種(Harcin and Las Casas, 1976)，溴化甲烷及磷化氫是常用的種類。但近年發現溴化甲烷及氟碳化物與大氣臭氧層

之破裂有關(Bell *et al.*, 1996)。因此，有些國家已逐漸減產，或不再生產。至於二溴化乙烯(EDB)，因對試驗動物有致癌性，政府已於民國73年明令禁止製造及輸入。

燻蒸劑雖以氣體狀態達到殺蟲效果，但商品則有固態、高壓液態或氣態等種。常見之商品，如好達勝、敵西亞及德燻寶等燻蒸劑之形態，有片狀及粒狀兩種。此外，尚有一種小型袋包裝，或100小袋相連成長條。一般適於大規模使用。近年新開發一種產品，將磷化氫與二氧化碳製成高壓液態溶液，名為Phosfume (Schonstein *et al.*, 1994)，已在澳洲上市。

含磷化鋁(AIP)或磷化鎂(Mg_3P_2)之燻蒸

* 抽印本索取及論文聯繫之負責人

劑，遇水或潮濕空氣，即起水解反應，釋出劇毒之磷化氫(PH₃)氣體(Anon., 1974)。其另一成份，胺基甲酸銨(NH₂COONH₄)，受微熱即釋放出刺激性氣體，NH₃及CO₂。與磷化鋁同在時，具有警示作用，可增加使用上之安全性。同時，此兩種氣體可降低磷化氫燃燒之危險性。

一般言之，氣體具有良好之擴散性及滲透性。實際應用燻蒸劑時，因處理倉庫之空間龐大，大者如1000-1500 m³，或更大。在此巨大空間，存放穀物對燻蒸劑之擴散造成阻礙。此時，燻蒸劑分布之均勻程度，則會影響燻蒸效果。磷化氫雖然較空氣重1.2倍，可自然下降。許多文獻報導(Lin *et al.*, 1966; Halliady and Kazaure, 1968; Peng 1980)，磷化氫擴散確實受到燻蒸物品之阻礙，在垂直方向之分布有明顯之差異。

在臺灣利用磷化鋁產品防治稻穀、玉米、甘藷籤及豆餅粉、外銷蒜頭、桶菸及進口小麥等之倉儲害蟲，已有許多研究報告(Lin and Tao, 1962; Lin 1964; Lin *et al.*, 1966; Horng, 1967; Hseih and Kao, 1975; Lin and Horng, 1977)，報導害蟲之燻蒸防治，效果良好。

磷化氫在臺灣已使用多年。在燻蒸袋裝稻穀或高粱及玉米等雜糧後，1-2個月後害蟲再發生(Ko, 1989 及作者未發表資料)。可能是害蟲再侵入，害蟲產生抗藥性，燻蒸時磷化氫未完全透入穀內等。確實原因如何，則須加證實。

綜合觀之，應用磷化氫防治倉儲害蟲時，應對其擴散性質及分佈事實有所瞭解，方能確實掌握其防蟲效果。目前臺灣省糧食處使用之PP袋，裝滿穀物時，重量60 kg，外形長寬厚規格約為75×45×35 cm。袋裝儲藏時，一袋袋重疊堆積，高度可達6 m。本文報導以試驗模型，探討磷化氫橫向擴散穿過

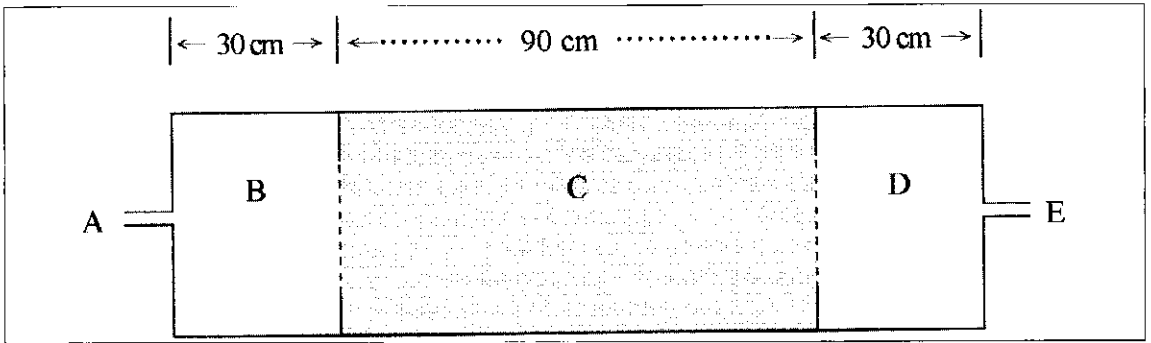
厚度90 cm穀物之可能性，期瞭解在燻蒸時磷化氫氣體是否進入穀包之內。

材料與方法

供試之燻蒸劑為57%磷化鋁，商品名好達勝(Phostoxin)片狀，每片3 g為西德Degesch公司出品。試驗時，每片切成兩半，秤1.5 g(含有有效成分AlP 0.855 g)供使用。測量磷化氫濃度採用西德Auger公司出品Gas detector，包括一吸氣唧筒及偵測管。唧筒完全壓縮後，放鬆時可吸入100 ml之氣體。抽取之氣體，經過偵測管後，管內起化學作用而變色，由變色長度可測出磷化氫氣體濃度(Leichnitz, 1976)。偵測管有多種規格，可供偵測最高磷化氫氣體濃度為10,000, 2,000及50 ppm等。

磷化氫氣體穿透穀粒間空隙之試驗裝備如圖1所示，為白鐵焊製之長箱。該箱之截面30×30 cm，長度為150 cm。中央C箱，長90 cm。試驗時C箱盛滿國產之高粱、玉米或蓬萊稻穀。B為施藥箱，長30 cm。D箱長亦為30cm。兩端之A、E各接一段橡膠管，使用時連接偵測管。在C與D及B與C之間隔板，鑽有直徑4 mm之小孔約20個，可隔離穀物但讓氣體通過。磷化鋁施放於B箱，產生磷化氫氣體時，穿過C箱到達D箱。施藥後，每24小時，分別由A及E抽取氣體，偵測B箱及D箱之磷化氫濃度一次，直至240小時。

玉米、高粱及蓬萊稻穀等穀物之穀粒間隙容積測量，採用排水法。將試驗穀物裝入1000 ml之量筒至1000 ml之刻度，秤重後，再將定容量1000 ml之白來水，倒入裝穀物之量筒中，至水位滿1000 ml刻度時停止。計算量筒中倒入穀物中之水量，即為穀粒間隙之容積。重複5個樣品。試驗之玉米、高粱及蓬



圖一 磷化氫穿透穀粒間空隙偵測箱規格。A, E：接偵測管，採取氣體樣本。磷化鋁施於B箱，D：空箱，C：穀物箱，盛高粱、玉米或稻穀。

Fig. 1. Dimension of the chamber used for detecting phosphine diffusion through grain. Aluminum phosphate was applied to chamber B; Chamber D was empty; Chamber C contained sorghum, corn, or paddy rice; A and E connected to a gas detector for taking gas samples.

萊稻穀水分含量分別為 13.8、13.5 及 13.3%。試驗於臺灣大學昆蟲館進行。研究室室溫為 25-28°C，空氣相對濕度 73%。

結 果

磷化鋁 0.855 g (好達勝 1.5 g) 施於 B 箱後，24 至 240 小時，B 箱及 D 箱之磷化氫濃度列於表 1。磷化鋁產生之磷化氫依水平方向擴散，由 B 箱通過穀粒空隙，經過厚度 90 cm 之穀物 (C)，到達 D 箱。施藥後 24 小時，在玉米，B 箱已有 3250 ppm，擴散至 D 箱濃度僅 400 ppm。BD 兩箱磷化氫濃度比為 1:0.12。在高粱，BD 兩箱磷化氫濃度分別為 3600 及 500 ppm，磷化氫濃度比為 1:0.14。稻穀 BD 兩箱磷化氫濃度為 3700 及 520 ppm，濃度比為 1:0.14。無穀物之空箱，BD 兩箱磷化氫濃度為 1200 及 1100 ppm，濃度比為 1:0.92。施藥 48 小時以後，施藥之 B 箱，磷化氫濃度逐漸降低，而 D 箱在 48 小時仍上升，擴散也逐漸增加。顯示施藥箱者繼續擴散過來。

處理組之玉米及稻穀，在 144 小時，BD

兩箱磷化氫濃度相等，即兩箱之磷化氫濃度達平衡。72 小時後各點之濃度都下降。雖然在 D 箱之起始濃度較低，最後兩者幾乎達到平衡。顯示磷化氫可橫向擴展。空倉磷化氫之擴散，在 24 小時 BD 兩箱磷化氫濃度比為 1:0.92，48 小時為 1:1。高粱約在 78 小時，兩箱磷化氫濃度比為 1:0.86。

三種穀物單位體積 (公升) 之重量，及穀粒間孔隙以排水法測得容積列於表 2。每公升重量以玉米最重，740 g，其次為高粱，677 g，稻穀較輕 566 g。至於穀粒間孔隙則正好相反，稻穀最大，0.460 公升，高粱玉米分別為 0.424 及 0.368 公升。

討 論

雖然磷化氫對空氣之比重為 1.2，水平方向之擴散與重力並無直接關係。而擴散速度與其分子量之平方根成反比。因此，磷化氫橫向之分散，只有單純之擴散作用。由表 1 資料，在施藥 24 小時後，對照組中央 C 箱沒有穀物，施藥 B 箱與 D 箱之磷化氫濃度比為 1:0.92；而處理組有玉米、高粱或稻穀時，兩箱

表一 磷化鋁0.855 g(好達勝 1.5 g)施於施藥箱B後磷化氫經穀粒空隙之水平擴散效果

Table 1. Diffusion of phosphine from chamber B through cereal to chamber D after application of aluminum phosphate (AIP)

	Concentration (ppm) of PH_3 at various times (h) after application of AIP									
	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
Corn										
Chamber B	3250	1550	880	790	570	410	380	290	210	170
Chamber D	400	850	820	610	410	410	370	280	200	170
Average	1825	1200	850	700	490	410	375	285	205	170
B/D	1:0.12	1:0.55	1:0.93	1:0.77	1:0.72	1:1	1:0.97	1:0.97	1:0.95	1:1
Sorghum										
Chamber B	3600	1700	1100	900	600	500	450	350	260	190
Chamber D	500	900	950	700	430	400	380	310	250	180
Average	2050	1300	1025	800	515	450	415	330	255	185
B/D	1:0.14	1:0.53	1:0.86	1:0.78	1:0.72	1:0.80	1:0.84	1:0.89	1:0.96	1:0.95
Paddy rice										
Chamber B	3700	1600	1050	930	650	500	480	390	370	290
Chamber D	520	1000	950	900	620	500	470	380	350	280
Average	2400	1300	1000	915	635	500	475	385	360	285
B/D	1:0.14	1:0.63	1:0.91	1:0.97	1:0.95	1:1	1:0.98	1:0.97	1:0.95	1:0.97
Control										
Chamber B	1200	1100	1100	1000	900	840	800	550	550	550
Chamber D	1100	1100	1100	1000	900	840	800	550	550	550
Average	1150	1100	1100	1000	900	840	800	550	550	550
B/D	1:0.92	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1

表二 每公升穀物之平均重量及穀粒間隙容積

Table 2. Mean weight and the interstitial volume among kernels per liter of grain

Grain	Weight (g)*	Volume (l) among kernels*
Corn	740 ± 12	0.368 ± 0.020
Sorghum	677 ± 22	0.424 ± 0.019
Pady rice	566 ± 11	0.460 ± 0.017

* Mean of 5 samples (mean ± S.E.).

之濃度比為 1:0.12–0.14。由此觀之，施藥初期，對照與處理組 BD 兩箱磷化氫濃度比，差異極為懸殊。至 48 小時，對照組 BD 兩箱磷化氫濃度比為 1:1，而有穀物之處理組為 1:0.53–0.63。以後對照組一直維持 1:1，至 240 小時。有玉米及稻穀之處理組，在 144 小時 BD 兩箱濃度比達到 1:1。時間上較對照組落後 96 小時。這顯示穀物存在，阻礙磷化氫之擴散速度，而延緩達到平衡擴散之時間。

以目前臺灣省糧食處使用之 PP 袋，裝滿穀物時，重 60 kg，長寬厚約為 75x45x35 cm。在倉庫堆疊之穀包，每包長 75 cm，寬 45 cm。燻蒸時，磷化氫從穀袋兩旁擴散，進入穀包內。平均每邊擴展距離為 37.5–22.5 cm。由此觀之，穀包周圍之磷化氫氣體之擴散，雖受穀物阻礙而影響擴散速率，但應可均勻擴散至穀包內部，而達到預期之燻蒸效果。據植物保護手冊(Fei *et al.*, 1998)推薦，

燻蒸5日後開倉。如能延展開倉時間，以促使磷化氫氣體擴散進入穀包，則可增進燻蒸效果。

以排水法測量每公升體積之穀物中，穀粒間空隙所佔的容積，玉米、高粱及稻穀，分別為0.3868、0.424及0.460公升(表2)。根據圖1之尺寸規格，燻蒸箱放入玉米、高粱、稻穀及對照，排除穀物固體容積後，空氣之容積在各箱分別為83.8、88.3、91.3及135.0公升。以玉米之燻蒸箱空氣容積最小，83.8公升。對照空箱者最大，135公升。各處理施用之磷化鋁量均為0.855 g，如產生之磷化氫為等量，被不同體積空氣稀釋時，則空氣體積小者濃度高，體積大者濃度稀。但由表1資料顯示，燻蒸240小時，在玉米、高粱、稻穀及對照各燻蒸箱之平均磷化氫濃度分別為170、185、285及550 ppm。此順序正好與期待值相反。

Berck (1968)將燻蒸後之穀物，以氮氣沖洗，回收磷化氫。結果磷化氫回收量在穀物者較對照顯著減少。他認為這是由於磷化氫被穀物吸收所致。Sato and Suwanai (1974)報導小米、小麥、稻穀及紅豆之種子表面，會吸收磷化氫。Sittisuang and Nakakita (1985)報導玉米及稻穀吸收磷化氫，而且玉米吸收量較稻穀為大。這些報導穀物吸收燻蒸劑之資料，可解釋本文中之事實。

對照組施藥後24小時，磷化氫在B、D兩箱之平均濃度為1150 ppm，以後逐漸下降，至240小時，減為550 ppm，正好為原來之半。對照組內無穀物，磷化氫減少之原因，據Dhallwal (1974)報導，磷化氫在空氣中逐步被氧化為二磷化氫，次磷酸、亞磷酸，最後氧化成磷酸，磷化氫因而消失。在玉米、高粱及稻穀之處理組，240小時分別殘存170、185及285 ppm磷化氫，較對照組少得多。穀物之處理組，磷化氫除氧化分解

外，尚被穀物吸收。

誌 謝

本研究承行政院農業委會86農建3.3-糧-22經費資助；嘉義縣義竹鄉農會提供試驗穀物；初稿承臺灣省農業藥物毒物試驗所高主任穗生博士，及國立自然科學博物館謝副館長豐國博士斧正；謹誌謝忱。

引用文獻

- Anon. 1974. Training outline for safe practices in handling and using phostoxin. Phostoxin Sales Inc., Alhambra, CA. USA. 11 pp.
- Bell, C. H., N. Price, and B. Chakrabarti. 1996. The methyl bromide issue. John Willey & Son. New York. 400 pp.
- Berck, B. 1968. Sorption of phosphine by cereal products. *J. Agr. Food Chem.* 16: 419-425.
- Dhallwal, G. S. 1974. Metabolism of fumigants. *Bull. Grain Technol.* 12: 132-138.
- Fei, W. C., Y. M. Wang, K. H. Chang, C. L. Chen, and C. M. Pan. 1998. Plant Protection Manual. Department of Agriculture and Forestry, Taiwan Provincial Government. 723 pp. (in Chinese).
- Halliday, D., and I. Kazaure. 1968. Distribution and concentration of phosphine in groundnut pyramids fumigated with phostoxin. *Rep. Nigerian Stored Prod. Res. Inst. Tech. Rept. No. 5*, 45-52 pp.

- Harein, P. K., and E. Las Casas.** 1976. Chemical control of stored-grain insects and associated micro- and macro-organisms. pp. 232-291. *in*: C. M. Christensen, ed. Storage of cereal grains and their products. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul. MN, USA.
- Horng C. F.** 1967. Fumigation of export garlic with Phostoxin. *Inspection* 69: 1-9 (in Chinese).
- Hsieh, F. K., and S. S. Kao.** 1975. Fumigation effects of Detia-Ex-B and Phostoxin on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* and the red flour beetle, *Tribolium castaneum*. *Taiwan Agr.* 11: 139-146 (in Chinese).
- Ko, W. C.** 1989. Vertical distributions, seasonal population changes and post-fumigation reinfestation of insect pests in stored rice. MS Thesis. Institute of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan Univ. 72 pp. (in Chinese).
- Leichnitz, K.** 1976. Drager detector tube handbook: air investigations and technical gas analysis with Drager tubes. 190 pp.
- Lin, T.** 1964. Control of stored-rice insects with phostoxin and effect on the germination of seed. *Plant Prot. Bull.* 6: 237-239 (in Chinese).
- Lin, T., and L. M. Horng.** 1977. Studies on the effectiveness of the fumigant celphos and phostoxin against granary insects and their effects on the germination of seeds *J. Agr. Res. China* 26: 72-80 (in Chinese).
- Lin, T., and C. C. Tao.** 1962. Experiment on the control of storage insects with phostoxin. *Plant Prot. Bull.* 4: 196 (in Chinese).
- Lin, C. H., K. S. Wai, R. S. Wang, and T. F. Chueh.** 1966. Fumigation with phostoxin in silo. *Inspection* 49: 13-26 (in Chinese).
- Peng, W. K.** 1980. Evaluation of control efficacy for phostoxin applied at different depths of the experimental bins. *Natl. Sci. Council. Monthly, ROC.* 8: 226-236.
- Sato, K., and Suwanai, M.** 1974. Adsorption of hydrogen phosphide to cereal products. *Appl. Entomol. Zool.* 9: 127-132.
- Schonstein, D., W. Shore, R. Ryan, and S. Waddell.** 1994. Controlled release of phosphine - an update. pp. 188-191 *in* E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks, and B. R. Champ, eds. Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product. 17-23 April 1994. CAB International, UK.
- Sittisuang, P., and H. Nakakita.** 1985. The effect of phosphine and methyl bromide on germination of rice and corn seeds. *J. Pestic. Sci.* 10: 461-468.

收件日期：1998年2月10日

接受日期：1999年3月25日

Horizontal Diffusion of Phosphine through Grain

Wu-Kang Peng* Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan 106, R.O.C.

Chin-Chiang Yang and Teng-Kuei Lee Department of Food, Taiwan Provincial Government, 15 Hungechow South Road, Sec. 1, Taipei, Taiwan 100, R.O.C.

ABSTRACT

Chambers, made of tin plates $30 \times 30 \times 150$ cm in dimension, and divided into 3 parts, were used for detecting the horizontal diffusion of phosphine through grain. The middle part, 90 cm long, was fully loaded with corn, sorghum, or paddy rice. Phosphine, generated by aluminum phosphate applied to one end of the chamber, moved horizontally through the interstitial spaces among the grain mass to the other end. Every 24 h, concentration of the phosphine at each end was measured by using Auger gas detecting tubes. At 24 h, the concentrations of phosphine at the application end and the other end of the chamber were 3250 and 400 ppm in corn; and 3600 and 500, 3700 and 520, 1200 and 1100 ppm, respectively, in sorghum, paddy rice and the control. The ratios of the concentrations at the application end to the other end were 1:0.12, 1:0.14, 1:0.14 and 1:0.92 in corn, sorghum, paddy rice and the control. In the control, the concentration between the ends balanced at 48 h, being 1100 ppm; however, in corn or paddy rice, it reached balance at 144 h, the concentration being 410 and 500 ppm. Due to the oxidation and absorption by the grain, the phosphine concentration decreased day by day. At 240 h, the average concentration was 550, 170, 185 and 285 ppm, in the control, corn, sorghum and paddy rice, respectively.

Key words: phosphine, diffusion, corn, sorghum, paddy rice.