



Synergistic Effect Piperonyl Butoxide on the Toxicity of Insecticides against *Rhyzopertha dominica* and *Sitotroga cerealella* in Taiwan 【Research report】

協力劑PB對藥劑防治穀蠹及麥蛾之影響【研究報告】

Me-Chi Yao and Kang-Chen Lo
姚美吉*、羅幹成

*通訊作者E-mail:

Received: 1997/01/21 Accepted: 1997/03/01 Available online: 1997/03/01

Abstract

Rhyzopertha dominica and *Sitotroga cerealella* are major insect pests of stored grains in Taiwan. Synthetic pyrethroids and carbamates synergised with piperonyl butoxide (PB) exerted significant improvements against phoxim-resistant strains of *R. dominica* and *S. cerealella*. Synergistic ratios (SR) for phoximresistant strain of *R. dominica* to bendiocarb was 12.7 at 20°C, while the SR to deltamethrin was 10 to 30°C. The SR for phoxim-resistant strain of the *S. cerealella* to cypermethrin was 28.7 at 20°C, while the SR to deltamethrin was 31 at 30°C. Combining on of PB with pyrethroids or carbamates is recommended to combat insecticide-resistant strains of *R. dominica* and *S. cerealella* in the future.

摘要

穀蠹及麥蛾為台灣重要積穀害蟲，添加協力劑 piperonyl butoxide(PB)於氨基甲酸鹽及除蟲菊類藥劑中，能有效提升此兩類殺蟲劑對兩害蟲之藥效。在20°C時免敵克添加PB對抗巴賽松品系之穀蠹之協力效果最佳，達12.7倍；在30°C時，與第滅寧效果最佳，達10倍。對麥蛾抗巴賽松品系，添加PB在20°C時與賽滅寧協力效果最佳，達28.7倍；在30°C時與第滅寧最佳，達31倍。因此未來積穀害蟲防治，可應用添加PB於氨基甲酸鹽及除蟲菊中進行防治。

Key words: *Rhyzopertha dominica*, *Sitotroga cerealella*, temperature, synergism, piperonyl butoxide

關鍵詞: 穀蠹、麥蛾、協力劑、溫度。

Full Text: [PDF\(17.68 MB\)](#)

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

協力劑 PB 對藥劑防治穀蠹及麥蛾之影響

姚美吉* 羅幹成 台灣省農業試驗所應用動物系 台中縣霧峰鄉中正路 189 號

摘要

穀蠹及麥蛾為台灣重要積穀害蟲，添加協力劑 piperonyl butoxide (PB) 於氨基甲酸鹽及除蟲菊類藥劑中，能有效提升此兩類殺蟲劑對兩害蟲之藥效。在 20 °C 時免敵克添加 PB 對抗巴賽松品系之穀蠹之協力效果最佳，達 12.7 倍；在 30 °C 時，與第滅寧效果最佳，達 10 倍。對麥蛾抗巴賽松品系，添加 PB 在 20 °C 時與賽滅寧協力效果最佳，達 28.7 倍；在 30 °C 時與第滅寧最佳，達 31 倍。因此未來積穀害蟲防治，可應用添加 PB 於氨基甲酸鹽及除蟲菊中進行防治。

關鍵詞：穀蠹、麥蛾、協力劑、溫度

前言

穀蠹 (*Rhyzopertha dominica* (Fabricius)) 為重要世界性積穀害蟲，在美國中西部、澳洲昆士蘭、台灣均造成儲穀嚴重損失 (Barrer *et al.*, 1993; Collins *et al.*, 1993; Cuperus *et al.*, 1986, 1990; Hsieh *et al.*, 1985; Peng, 1977; Yao and Lo, 1992)。麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Olivier) 亦為主要鱗翅目積穀害蟲 (Imura and Sinha, 1984 ; Kao and Tzeng, 1992)。在台灣針對此兩害蟲之防治偏重於藥劑防治，在 1970 年以前防治以靈丹 (lindane) 為主，1971 年開始以馬拉松 (malathion) 替代，1979 年以後則使用巴賽松 (phoxim) 至今。

因巴賽松已推廣使用 15 年以上，為了了解防治成效，Yao and Lo (1994) 指出巴賽松對全省主要儲存倉庫中穀蠹之 LC₅₀ 與湖口感性品系相比，已提升至 5~68 倍，顯示大部份地區穀蠹對巴賽松產生明顯抗藥性。而麥蛾亦有相似結果，各地品系對巴賽松之 KC₅₀ 與和感性品系相比，其它品系提升至 1.5~36 倍，顯示麥蛾對巴賽松亦產生抗性。且發現穀蠹及麥蛾不只對巴賽松產生高抗性，同時對有機磷劑之陶斯松及馬拉松亦有明顯交互抗性，可喜的是氨基甲酸鹽及除蟲菊類對此二害蟲的毒效並無明顯下降趨勢 (Yao and Lo, 1995)。

未來防治積穀害蟲，為避免抗藥性發生，除利用低毒性之氨基甲酸鹽及除蟲菊類藥劑交替施用以取代巴賽松外，尚可在使用

藥劑中添加協力劑方式，不僅可延緩害蟲對藥劑抗性之發生速率，亦可減低藥劑用量。而協力劑 piperonyl butoxide (PB) 有抑制解毒酵素氧化沖 (monooxygenases) 之作用 (Attia and Frecker, 1984; Metcalf, 1976)。因此靠氧化沖代謝之除蟲菊類藥劑添加 PB 應可提升對害蟲之防治效果。

本文報導添加協力劑 PB 於藥劑中對積穀害蟲之藥效影響，以減少未來藥劑之使用量。並進一步探討溫度對藥劑及添加協力劑之藥效影響，期能提供未來防治害蟲時，配合季節的變化選擇最佳的防治組合。

材料與方法

一、供試藥劑

- 選用之殺蟲劑及協力劑分別如下
- (一) 巴賽松 (phoxim)，82.7% 工業級原體，由興農公司提供。
 - (二) 免敵克 (bendiocarb)，50% 可濕性粉劑，由發順公司提供。
 - (三) 加保利 (carbaryl)，99% 工業級原體，由興農公司提供。
 - (四) 百滅寧 (permethrin)，90% 工業級原體，由興農公司提供。
 - (五) 第滅寧 (deltamethrin)，98% 工業級原體，由興農公司提供。
 - (六) 賽滅寧 (cypermethrin)，90% 工業級原體，由興農公司提供。
 - (七) 氧化酵素抑制劑 piperonyl butoxide (PB)，90% 分析試劑購自 Aldrich Chemical (Milwaukee, Wis.)。

二、供試蟲源

穀蠹之測試品系，分別為採自湖口 (Hukou) 穀倉之感性品系及採自觀音 (Kuanyin) 對巴賽松之高抗性品系再經五代篩選後，繁殖其子代為測試蟲源 (Yao

and Lo, 1994)。麥蛾之品系，則分別為採自和美 (Homei) 穀倉之感性品系及採自民雄 (Minhsiu) 對巴賽松之高抗性品系，繁殖其子代為測試蟲源 (Yao and Lo, 1995)。

三、藥劑處理

穀蠹之試驗方法採用稻米與藥劑混拌處理方法 (Wang and Ku, 1982)，而麥蛾方法乃參照聯合國糧農組織 (FAO) 於 1979 年所推薦「農業害蟲對農藥抗藥性的偵測法」中之「倉儲鱗翅目害蟲成蟲抗藥性之測定方法--乾膜法」 (Zammarano, 1979) 進行測試。協力劑 PB 對穀蠹之最高不致死濃度為 1 mg/ml，協力劑 PB 對麥蛾之最高不致死濃度為 50 μg/ml，故以此濃度為添加於藥劑中之濃度。

(一) 穀蠹

將協力劑 PB 與所配成各濃度之丙酮藥液各 1 ml 分別倒入置有 0.1 g 滑石粉三角錐瓶 (高 10 公分、口徑 2.5 公分) 中充分混合，將玻璃瓶以水平旋轉，使滑石粉所混合之藥劑均勻沾附於玻璃內面，俟溶劑揮發後，加稻穀 10 g 充分振動拌合。加滑石粉之目的為避免溶劑直接對稻穀之傷害而影響害蟲取食行為，致使試驗發生誤差，同時藥劑藉滑石粉可與稻穀完全混合。每次試驗選擇 4-5 個濃度，對照組則以丙酮溶液取代藥液，分別置入 40-50 隻穀蠹，放置於定溫箱中，24 小時後觀察其死亡率，所得之數據再以 Finney (1971) 對機數分析法求得 LC₅₀ 及相關資料。

(二) 麥蛾

將協力劑 PB 與所配成各濃度之丙酮藥液各 1 ml 分別倒入 250 ml 之三角錐瓶 (高 10 公分、口徑 2.5 公分) 均勻滾塗瓶壁，作成殘留藥膜瓶，對照組則以丙酮溶液取代藥液，每處理濃度 3 重覆。在 30 °C 下，每一殘留藥膜瓶分別置入 15 隻在 24 小時內羽化

之麥蛾成蟲，經 6 小時後觀察擊倒率，判斷的標準為翻轉三角瓶，視麥蛾成蟲倒下無法再翻轉站起，所得之數據再以 Finney (1971) 對機數分析法求得半擊倒濃度 (KC_{50}) 及相關資料。

四、溫度對藥效之影響測定

比較在 20 °C 及 30 °C 下，協力劑 PB 添加於殺蟲劑中對穀蠹及麥蛾兩種品系之藥效，以提供不同季節之用藥。並以兩溫度下所得或 LC_{50} 或 KC_{50} 之比值為 TR 值 (temperature ratio for LC_{50} or KC_{50})，以評估藥劑受溫度影響之趨。

結 果

一、溫度及添加協力劑 PB 於藥劑中對穀蠹品系之藥效評估

利用混拌法處理添加 PB 於藥劑中，分別在 20 °C 及 30 °C 下對穀蠹湖口感性 (Hukou) 品系所測得藥效如表一。在 30 °C 下，對巴賽松無協力效果外，對其它五種氨基甲酸鹽類及除蟲菊類之藥劑之協力比值 (synergistic ratio, 以下簡稱 SR) 在 2.2~27 倍之間，其中對第滅寧協力效果最佳可達 27 倍。添加後之總合毒效以第滅寧最好，免敵克次之。在 20 °C 下，其結果與 30 °C 時相似，對巴賽松亦無協力效果外，對其它藥劑之 SR 在 4.0~27.5 倍之間，其中對免敵克協力效果最佳。添加後之總合毒效仍以第滅寧最好，免敵克次之。溫度變化對藥劑之毒效影響，除第滅寧 ($TR = 0.77$) 單獨使用呈負效應外，其餘藥劑對穀蠹之毒效均與溫度呈正相關。TR 在 1.6~28.6 倍之間，其中以免敵克受溫度影響最大，可達 28.6 倍。

溫度變化及添加協力劑 PB 於藥劑中對穀蠹抗巴賽松 (Phoxim-resistant) 品系所測得藥效如表二。在 30 °C 下，協力劑 PB 對

各藥劑均有協力效果，SR 在 1.4~10 倍之間，其中對賽滅寧效果最佳，第滅寧次之。在總合毒效上以免敵克最好，第滅寧次之。在 20 °C 下，除對巴賽松的藥效超過 100 mg/ml 以上無法比較，其餘各藥劑均有協力效果，SR 在 2.1~12.7 倍之間，其中對免敵克效果最佳，加保利次之。在總合毒效上以第滅寧最好，免敵克次之。溫度變化對藥劑之毒效影響，除第滅寧 ($TR = 0.84$) 單獨使用呈負相關外，其餘藥劑對穀蠹之毒效均與溫度呈正相關。TR 在 1.6~19.7 倍之間，其中以加保利 ($TR = 19.7$) 及免敵克 ($TR = 14.7$) 受溫度影響較大。

二、溫度及添加協力劑 PB 於藥劑中對麥蛾品系之藥效評估

分別在 20 °C 及 30 °C 下，添加 PB 於藥劑中對麥蛾和美感性 (Homei) 品系所測得藥效如表三。其結果與穀蠹之測試亦相似，在 30 °C 下，除對巴賽松無明顯協力效果外，對其它四種藥劑之 SR 在 3.8~17.5 倍之間，其中對第滅寧協力效果最佳。添加後之總合毒效以第滅寧最好，百滅寧次之。在 20 °C 下，其結果與 30 °C 時亦相似，SR 在 1.1~28.5 倍之間，其中對第滅寧協力效果最佳。添加後之總合毒效仍以第滅寧最好，百滅寧次之。溫度變化對藥劑之毒效影響，除第滅寧 ($TR = 0.4$) 及第滅寧加 PB ($TR = 0.26$) 外，其餘藥劑對麥蛾之毒效均與溫度呈正相關。TR 在 0.26~50.3 倍之間，其中以巴賽松加 PB 時受溫度影響最大，可達 50.3 倍。

分別在 20 °C 及 30 °C 下，添加 PB 於藥劑中對麥蛾抗巴賽松民雄 (Minhsiung) 品系所測得協力藥效如表四。在 30 °C 下，僅巴賽松無明顯協力效果外，其餘各藥劑均有協力效果，SR 在 3.3~31 倍之間，其中對第滅寧效果最佳，賽滅寧次之。在總合毒效上以第滅寧最好，百滅寧次之。在 20 °C 下，各

表一 在 20 及 30 °C 時，添加協力劑 PB 於各類殺蟲劑中對湖口感性品系穀蠹之藥效影響
 Table 1. Synergistic effect of piperonyl butoxide (PB) on the toxicity of several insecticides to the Hukou strain of *Rhyzopertha dominica* at 20 °C and 30 °C

Treatment	20 °C				30 °C				TR ^c (20 °C / 30 °C)
	N ^a	LC50 (95% FL) ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Slope ± SE	SR ^b	N	LC50 (95% FL) ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Slope ± SE	SR	
Phoxim	158	31.5 (24.2-40.4)	2.05 ± 0.32		141	12.6 (8.9-17.1)	1.72 ± 0.23		2.5
Phoxim + PB	196	116.2 (76.3-187.7)	1.19 ± 0.20	0.3	108	31.5 (10.7-46)	1.51 ± 0.52	0.4	3.7
Bendiocarb	176	457 (187-7966)	0.78 ± 0.23		103	16.0 (12.1-20.2)	3.37 ± 0.50		28.6
Bendiocarb + PB	119	16.6 (11.5-22.1)	2.48 ± 0.40	27.5	174	5.1 (4.1-6.3)	2.62 ± 0.33	3.2	3.3
Carbaryl	102	116 (72-470)	1.54 ± 0.49		147	32.2 (22.7-57.3)	1.50 ± 0.31		3.6
Carbaryl + PB	160	22.6 (18.7-27.7)	2.97 ± 0.39	5.1	114	14.4 (12.0-17.8)	3.47 ± 0.54	2.2	1.6
Cypermethrin	196	167.2 (119.3-213.7)	2.27 ± 0.36		137	71.2 (54.4-93.6)	2.11 ± 0.23		2.4
Cypermethrin+PB	149	28.9 (22.9-35.8)	2.55 ± 0.37	5.8	172	6.4 (2.6-10.4)	1.30 ± 0.24	11.1	4.5
Deltamethrin	118	36.3 (25.2-75.7)	1.49 ± 0.43		140	47.3 (32.8-72.1)	1.62 ± 0.35		0.77
Deltamethrin + PB	158	6.0 (4.8-7.4)	2.67 ± 0.35	6.1	154	1.7 (1.1-2.4)	1.88 ± 0.30	27.0	3.5
Permethrin	115	1119 (624-3970)	1.19 ± 0.32		172	167 (64.1-401)	0.54 ± 0.12		6.7
Permethrin + PB	118	281 (122-451)	1.30 ± 0.71	4.0	140	43.3 (29.2-73.4)	1.37 ± 0.24	3.9	6.5

^a Number of *R. dominica* used in the bioassay.

^b SR (Synergistic ratio), LC50 without synergist divided by the LC50 with synergist.

^c TR (Temperature ratio), LC50 at 20 °C divided by the LC50 at 30 °C.

表二 在 20 及 30 °C 時，添加協力劑 PB 於各類殺蟲劑中對抗巴賽松品系穀蠹之藥效影響
 Table 2. Synergistic effect of PB on the toxicity of several insecticides to the Phoxim-resistant strain of *R. dominica* at 20 °C and 30 °C

Treatment	20 °C				30 °C				(20 °C / 30 °C)
	N ^a	LC50 (95% FL) ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Slope ± SE	SR ^b	N	LC50 (95% FL) ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Slope ± SE	SR	
Phoxim	165	>100000			154	31518 (16916-101876)	0.88 ± 0.20		>3.2
Phoxim + PB	187	>100000			196	22477 (16228-33603)	1.49 ± 0.21	1.4	>4.4
Bendiocarb	199	443.7 (291.5-833.3)	1.02 ± 0.21		155	30.2 (23.1-39.8)	2.17 ± 0.27		14.7
Bendiocarb + PB	121	34.9 (27.7-45.2)	2.94 ± 0.63	12.7	157	6.6 (5.1-8.4)	2.28 ± 0.32	4.6	5.3
Carbaryl	158	1294 (781-2590)	0.96 ± 0.23		117	65.7 (49.1-94.6)	2.08 ± 0.41		19.7
Carbaryl + PB	197	139.4 (102.2-196.2)	1.47 ± 0.23	9.3	119	26.0 (22.3-29.9)	5.12 ± 0.79	2.5	5.4
Cypermethrin	159	1017 (781-1283)	2.46 ± 0.32		153	200 (145-257)	2.11 ± 0.34		5.1
Cypermethrin + PB	119	164.6 (134.2-196.3)	3.69 ± 0.56	6.2	194	20.2 (15.9-24.7)	2.80 ± 0.38	10.0	8.1
Deltamethrin	161	42.7 (33.3-56.6)	1.99 ± 0.32		118	50.7 (43.4-59.2)	4.24 ± 0.64		0.84
Deltamethrin + PB	160	20.9 (17.7-24.8)	3.74 ± 0.47	2.1	192	7.63 (6.1-9.4)	2.43 ± 0.29	6.7	1.6
Permethrin	197	14519 (5470-130001)	0.69 ± 0.16		159	2038 (852-14206)	0.60 ± 0.15		7.1
Permethrin + PB	193	2690 (1524-5937)	0.86 ± 0.15	5.4	241	538.1 (315-1044)	0.75 ± 0.11	3.8	4.6

^a Number of *R. dominica* used in the bioassay.

^b SR (Synergistic ratio), LC50 without synergist divided by the LC50 with synergist.

^c TR (Temperature ratio), LC50 at 20 °C divided by the LC50 at 30 °C.

表三 在 20 及 30 °C 時，添加協力劑 PB 於各類殺蟲劑中對和美性品系麥蛾之藥效影響
 Table 3. Synergistic effect of PB on the toxicity of insecticides to the Homei strain of
Sitotroga cerealella at 20 °C and 30 °C

Treatment	20 °C				30 °C				TR ^c (20 °C / 30 °C)
	N ^a	KC ₅₀ (95% FL) ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Slope \pm SE	SR ^b	N	KC ₅₀ (95% FL) ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Slope \pm SE	SR	
Phoxim	96	224 (143-351)	1.56 \pm 0.29		90	8.1 (4.4-17.2)	1.29 \pm 0.20		27.7
Phoxim + PB	83	417 (280-670)	1.79 \pm 0.43	0.5	63	8.3 (0.7-18.5)	1.18 \pm 0.38	1.0	50.3
Bendiocarb	71	25.4 (16.7-35.9)	3.21 \pm 0.63		95	22.7 (13.2-55.3)	1.26 \pm 0.28		1.1
Bendiocarb + PB	97	24.1 (16.7-32.7)	2.96 \pm 0.51	1.1	79	6.03 (3.1-9.9)	1.58 \pm 0.30	3.8	4.0
Cypermethrin	64	27.9 (16.9-41.4)	2.12 \pm 0.45		62	18.5 (10.9-39.6)	1.70 \pm 0.41		1.5
Cypermethrin + PB	53	9.4 (6.5-56.9)	2.82 \pm 1.40	3.0	54	4.7 (1.4-13.2)	0.67 \pm 0.32	3.9	2
Deltamethrin	126	3.7 (2.8-5.0)	2.33 \pm 0.33		120	9.0 (4.9-19.5)	0.94 \pm 0.17		0.4
Deltamethrin + PB	95	0.13 (0.09-0.18)	2.42 \pm 0.38	28.5	72	0.5 (0.3-0.8)	2.32 \pm 0.65	18	0.26
Permethrin	72	17.8 (9.3-31.2)	1.38 \pm 0.32		68	15.8 (7.7-24.3)	1.98 \pm 0.45		1.1
Permethrin + PB	76	2.8 (1.5-5.3)	1.39 \pm 0.25	6.4	68	0.9 (0.1-2.94)	0.68 \pm 0.29	17.5	3.1

^a Number of *S. cerealella* used in the bioassay.

^b SR (Synergistic ratio), KC₅₀ without synergist divided by the KC₅₀ with synergist.

^c TR (Temperature ratio), KC₅₀ at 20 °C divided by the KC₅₀ at 30 °C.

表四 在 20 及 30 °C 時，添加協力劑 PB 於各類殺蟲劑中對民雄抗巴賽松品系麥蛾之藥效影響
 Table 4. Synergistic effect of PB on the toxicity of several insecticides to the Minhsiu strain
 of *S. cerealella* at 20 °C and 30 °C

Treatment	20 °C				30 °C				TR ^c (20 °C / 30 °C)
	N ^a	KC ₅₀ (95% FL) ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Slope \pm SE	SR ^b	N	LC ₅₀ (95% FL) ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Slope \pm SE	SR	
Phoxim	117	1923 (1347-2501)	2.39 \pm 0.42		118	292 (182-904)	1.64 \pm 0.42		6.6
Phoxim + PB	118	1124 (789-1511)	1.98 \pm 0.36	1.7	63	496 (229-7145)	0.98 \pm 0.42	0.6	2.3
Bendiocarb	83	177 (145-224)	4.52 \pm 0.86		118	80.2 (65.8-98.3)	5.4 \pm 1.24		2.2
Bendiocarb + PB	72	120 (85-187)	1.78 \pm 0.35	1.5	106	24.1 (12.2-42.6)	1.63 \pm 0.38	3.3	4.97
Cypermethrin	104	15.2 (4.6-27.2)	1.72 \pm 0.44		59	52.5 (37.3-63.4)	5.89 \pm 1.81		0.29
Cypermethrin + PB	86	0.53 (0.2-0.79)	1.84 \pm 0.56	28.7	83	4.7 (1.9-159)	0.89 \pm 0.31	11.3	0.11
Deltamethrin	120	9.5 (5.9-14.0)	1.88 \pm 0.27		120	20.5 (12.4-33)	1.31 \pm 0.22		0.46
Deltamethrin + PB	101	0.61 (0.26-1.14)	0.99 \pm 0.25	15.6	83	0.66 (0.42-0.91)	2.65 \pm 0.72	31	0.92
Permethrin	88	21.1 (14.7-33)	2.21 \pm 0.36		87	14.2 (6.8-22.8)	1.62 \pm 0.36		1.48
Permethrin + PB	84	3.5 (1.5-7.7)	0.93 \pm 0.19	6.0	76	2.5 (0.99-4.6)	1.27 \pm 0.31	5.7	1.4

^a Number of *S. cerealella* used in the bioassay.

^b SR (Synergistic ratio), KC₅₀ without synergist divided by the KC₅₀ with synergist.

^c TR (Temperature ratio), KC₅₀ at 20 °C divided by the KC₅₀ at 30 °C.

藥劑均有協力效果，SR 在 1.5~28.7 倍之間，其中對賽滅寧效果最佳。在總合毒效上以賽滅寧最好，第滅寧次之。溫度變化對藥劑之毒效影響，第滅寧($TR = 0.46$)、第滅寧加 PB($TR = 0.92$)及賽滅寧($TR = 0.29$)、賽滅寧加 PB($TR = 0.11$)外，其餘藥劑對麥蛾之毒效均與溫度呈正相關。 TR 在 1.4~6.6 倍之間，其中以巴賽松單獨使用時受溫度影響最大，達 6.6 倍。

討 論

當藥劑被廣泛及持續使用後，結果往往促使害蟲對此藥劑產生高度的抗藥性。如馬拉松被推薦應用在積穀害蟲防治後約二十年，幾乎所有重要積穀害蟲(穀蠹、玉米象、擬穀盜、粉斑螟蛾、印度穀蛾…等)均對馬拉松引發高度抗性(Bansude and Campbell, 1979; Haliscak and Beeman, 1983; Zettler, 1982)。而在台灣巴賽松已應用十五年，結果顯示穀蠹及麥蛾多對此藥產生抗性(Kao and Tseng, 1992; Yen and Lo, 1994, 1995)。面對抗藥性害蟲，最簡易的方法是選擇與原藥劑無交互抗性，或害蟲解毒機制迥異之藥劑取代之。在澳洲曾使用亞特松(pirimiphos-methyl)成功防治馬拉松之積穀害蟲(Bengston et al., 1975)。Attia (1976)亦指出粉斑螟蛾對馬拉松抗性超過 259 倍時，對合成除蟲菊、氨基甲酸鹽均無交互抗性。Bengston et al. (1984)以除蟲菊添加 PB 對多種抗馬拉松之積穀害蟲有極佳防治效果。針對本省穀蠹及麥蛾對巴賽松產生抗藥性之解決方案之一，利用與巴賽松無交互抗性之免敵克或除蟲菊類藥劑取代巴賽松，將是較簡易可行之防治方法。

PB 之應用，以往大多以配合除蟲菊為

主，因除蟲菊之主要解毒機制為氧化酵素所作用，添加 PB 後能有效達到抑制此酵素之解毒作用。但 PB 並不是對所有除蟲菊都有極佳效果，針對擬穀盜的防治，Bodnaryk et al. (1984) 發現 PB 對百滅寧並不是有效的協力劑，反而加力可(chlordimeform)及 DEF 效果更好。Attia and Frecker (1984) 指出 PB 對有機磷藥劑亦有協力效果。對穀蠹及麥蛾防治而言，不論感性或抗性品系，在 20 °C 及 30 °C 下添加 PB 除對除蟲菊藥劑有協力效果外，對氨基甲酸鹽亦有不錯的協力效果。對氨基甲酸鹽之免敵克，在 20 °C 下添加 PB 後對抗巴賽松之穀蠹品系之藥效提升 12.7 倍。在 30 °C 下添加 PB 在第滅寧上，對感性穀蠹品系之 SR 亦高達 27。對麥蛾之防治上，PB 對氨基甲酸鹽之協力效果不如對穀蠹明顯，但 PB 與除蟲菊之協力效果則更佳($SR = 31$)。因此添加 PB 在未來積穀害蟲防治上將是一大利器，將可大幅提升防治效果，期望能減少藥劑使用量，使藥劑之殘毒問題能改善，而降低對環境之不利影響，並延緩抗藥性之發生。

Attia and Frecker (1984) 曾比較添加 PB 對鋸胸穀盜之感性及抗撲滅松品系之協力效果差異，發現對撲滅松感性品系，添加 PB 於撲滅松中 SR 為 1.1，對撲滅松抗性品系($RF = 164$)，添加 PB 後 SR 提升至 18.02，對撲滅松高抗品系($RF = 244$)，添加 PB 後 SR 更高達 40。對穀蠹及麥蛾而言，添加 PB 對巴賽松感性及抗性品系之 SR 雖有微少提升，但卻不明顯，推測其原因可能是穀蠹及麥蛾對巴賽松的主要抗藥機制並非氧化酵素所引起，故添加 PB 並無明顯效應。

殺蟲劑之藥效，受溫度之影響外，更因對不同的害蟲而有明顯差異現象。Watter et al. (1983) 指出賽滅寧對擬穀盜之藥效，

在 20 °C 時勝過 10 °C 或 30 °C。百滅寧之藥效則隨溫度增高而增強。但對米象而言，賽滅寧及第滅寧之藥效則與溫度成負相關。而有機磷之藥效，大多與溫度成正相關 (Iordanou and Watters, 1969; Thaung and Collins, 1986)。殺蟲劑對穀蠹之藥效，受溫度之影響除第滅寧 +PB 時成負相關外，其餘均成正相關，且在抗巴賽松之穀蠹品系上，加保利、免敵克及百滅寧之藥效影響最明顯。溫度對麥蛾而言，在感性和美品系除第滅寧及第滅寧 +PB 與溫度成負相關外，其餘均成正相關。而抗性民雄品系則賽滅寧及第滅寧並添加 PB 之結果成負相關外，其餘均成正相關。在感性與抗性品系之穀蠹及麥蛾上，藥劑受溫度之影響，常使藥效有極大差異，如加保利在感性穀蠹之 TR 為 3.6，但抗性時卻高達 19.7。另外賽滅寧並添加 PB 之藥效在感性麥蛾上呈正相關，但在抗性麥蛾上卻呈負相關。造成感性與抗性反應上之差異，是因品系個體之差異或因對藥劑產生抗性過程中之變化，值得未來進一步探討。

本實驗室對穀蠹及麥蛾之防治曾建議冬季使用除蟲菊類藥劑，夏季則使用氨基甲酸鹽藥劑 (Yao and Lo, 1994; 1995)。但有機磷及氨基甲酸鹽之藥效雖因溫度的增高而增強，同時其分解率亦隨之增加，而使其殘效期縮短 (Arthur, 1992)。除蟲菊則較不受溫度影響而使藥劑分解 (Rowland, 1975)。因此在防治上，在不同季節中因溫度的變化，考慮使用適合當時氣候環境之藥劑是重要之應用因子。另在未來防治時，因 PB 之添加，可提升氨基甲酸鹽在低溫時之藥效。若於倉庫實際應用時，無法因季節變化更替藥劑時，建議在冬季時亦可添加 PB 於氨基甲酸鹽藥劑，以提升防治效益。

Ardley (1976) 及 Ardley and

Desmarchelier (1978) 曾混合 4 ppm bioresmethrin 和 16 ppm PB 防治穀蠹及米象，藥效長達十二個月。因此東澳洲已普遍使用 bioresmethrin 添加 PB 防治抗有機磷之穀蠹 (Collins *et al.*, 1993)。但添加 PB 在除蟲菊中並不能杜絕害蟲抗藥性之發生，Collins (1990) 曾指出當擬穀盜對除蟲菊已產生抗藥性時，再添加 PB 來克服抗藥性問題並非最實際方法，而應選用甲基-陶斯松 (chlorpyrifos-methyl) 取代防治，且效果可達九個月。因此推薦除蟲菊添加 PB 應用於防治倉庫害蟲之際，若能未雨綢繆先篩選能防治抗除蟲菊害蟲品系之藥劑，則可避免未來防治上束手無策之苦。

誌謝

本研究承行政院農業委員會 85-科技-1.6-糧-7(4) 計畫之經費補助，文成後承中興大學昆蟲研究所孫志寧教授、本所應用動物系陳炳輝博士及李文台先生不吝撥冗斧正，試驗期中並承本系李錦霞小姐之協助，謹此一併致謝。

參考文獻

- Ardley, J. H.** 1976. Synergized bioresmethrin as a potential grain protectant. *J. Stored Prod. Res.* 12: 253-259.
- Ardley, J. H., and J. M. Desmarchelier.** 1978. Field trials of bioresmethrin and fenitrothion combinations as potential grain protectants. *J. Stored Prod. Res.* 14: 65-67.
- Arthur, F. H.** 1992. Control of lesser grain borer (Coleoptera: Bostrichidae).

dae) with chlorpyrifos-methyl, bioresmethrin, and resmethrin: effect of chlorpyrifos-methyl resistance and environmental degradation. J. Econ. Entomol. 85: 1471-1475.

Attia, F. I. 1976. Insecticide resistance in *Cadra cautella* in New South Wales, Australia. J. Econ. Entomol. 69: 773-774.

Attia, F. I., and T. Frecker. 1984. Cross-resistance spectrum and synergism studies in organophosphorus-resistant strains of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Cucujidae) in Australia. J. Econ. Entomol. 77: 1367-1370.

Bansode, P. C., and W. V. Campbell. 1979. Evaluation of North Carolina field strains of the red flour beetle for resistance to malathion and other organophosphorus compounds. J. Econ. Entomol. 72: 331-333.

Bengston, M., L. M. Cooper, and F. J. Grant-Taylor. 1975. A comparison of bioresmethrin, chlorpyrifos-methyl as grain protectants against malathion-resistant insects in wheat. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 32: 51-78.

Barrer, P. M., N. T. Starick, R. Morton, and E. J. Wright. 1993. Factors influencing initiation of flight by *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored. Prod. Res. 29: 1-5.

Bengston, M., R. A. H. Davies, J. M.

Desmarchelier, M. P. Phillips, and B. W. Simpson. 1984. Organophosphorus and synergised synthetic pyrethroid insecticides as grain protectants for stored sorghum. Pestic. Sci. 15: 500-508.

Bodnaryk, R. P., P. S. Barker, and L. Kudryk. 1984. Interaction between synergists and permethrin in adults of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). Pestic. Sci. 25: 481-486.

Collins, P. J. 1990. A new resistance to pyrethroids in *Tribolium castaneum* (Herbst). Pestic. Sci. 28: 101-115.

Collins, P. J., T. M. Lambkin, B.W. Bridgeman, and C Pulvirenti. 1993. Resistance to grain-protectant insecticides in coleopterous pests of stored cereals in Queensland, Australia. J. Econ. Entomol. 86: 239-245.

Cuperus, G. W., C. K. Prickett, P. D. Bloome, and J. T. Pitts. 1986. Insect populations in aerated and unaerated stored wheat in Oklahoma. J. Kans. Entomol. 59: 620-627.

Finny, D. J. 1971. Probit analysis. Cambridge University Press, London.

Haliscak, J. P., and R. W. Beeman. 1983. Status of malathion resistance in five genera of beetles infesting farm-stored corn, wheat, and oats in the United States *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha*

- dominica*, *Sitophilus* spp., *Cryptolestes* spp., *Oryzaephilus* spp. J. Econ. Entomol. 76: 717-722.
- Hsieh, F. K., S. L. Hsu, and C. C. Hung.** 1985. Evaluation of various control measures for controlling storage insects in the model grain bin. Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C.) 27: 359-370 (in Chinese).
- Imura, O., and R. N. Sinha.** 1984. Effect of infestation by *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) on the deterioration of bagged wheat. Environ. Entomol. 13: 1471-1477.
- Iordanou, N. T., and F. L. Watters.** 1969. Temperature effects on the toxicity of five insecticides against five species of stored-product insects. J. Econ. Entomol. 62: 130-135.
- Kao, S. S., and C. C. Tzeng.** 1992. A survey of the susceptibility of rice moth (*Corcyra cephalonica*) and angoumois moth (*Sitotroga cerealella*) to malathion and phoxim. Chinese J. Entomol. 12: 239-245 (in Chinese).
- Metcalf, R. L.** 1967. Mode of action of insecticide synergists. Ann. Rev. Entomol. 12: 229-256.
- Peng, W. K.** 1977. Vertical distribution of coleopterous insects in the storehouse. pp. 74-79 in: F. K. Hsieh, and S. S. Kao, eds. Pre-and post-harvest rice protection in Taiwan. Plant Protection Center, Taiwan, R.O.C (in Chinese).
- Rowlands, D. G.** 1975. The metabolism of contact insecticides in stored grains. Residue Rev. 17: 105-177.
- Thaung, M., and P. J. Collins.** 1986. Joint effects of temperature and insecticides on mortality and fecundity of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in wheat and maize. J. Econ. Entomol. 79: 909-914.
- Wang, S. C., F. Sun, and T. Y. Ku.** 1982. Effect of insecticides on the resistance and the reproductive rate in maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motchulsky). Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C.) 24: 143-151 (in Chinese).
- Watters, F. L., N. C. G. White, and D. Cote.** 1983. Effect of temperature on toxicity and persistence of three pyrethroid insecticides applied to fir plywood for the control of the red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econ. Entomol. 76: 11-16.
- Yao, M. C., and K. C. Lo.** 1992. Insect species and population densities in stored japonica rice in Taiwan. Chinese J. Entomol. 12: 161-169 (in Chinese).
- Yao, M. C., and K. C. Lo.** 1994. Phoxim resistance in *Rhyzopertha dominica* Fabricius in Taiwan. Chinese J. Entomol. 14 331-341 (in Chinese).
- Yao, M. C., and K. C. Lo.** 1995.

- Phoxim resistance in *Sitotroga cerealella* Qlivier in Taiwan. Jour. Agric. Res. China 44: 166-173 (in Chinese).
- Zammarano, K.** 1979. Method for lepidopterous larval pests of stored products and tentative method for detecting resistance in adults of stored-product lepidopterous pests. FAO Method No.22. FAO Plant Prot. Bull. 27: 47-51.
- Zettler, J. L.** 1982. Insecticide resistance in selected stored-product insects infesting in the southeastern United States. J. Econ. Entomol. 75: 359-362.

收件日期：1996年11月27日

接受日期：1997年1月21日

Synergistic Effect of Piperonyl Butoxide on the Toxicity of Insecticides against *Rhyzopertha dominica* and *Sitotroga cerealella* in Taiwan

Me-Chi Yao* and Kang-Chen Lo

Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, 189 Chung-cheng Road, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Rhyzopertha dominica and *Sitotroga cerealella* are major insect pests of stored grains in Taiwan. Synthetic pyrethroids and carbamates synergised with piperonyl butoxide (PB) exerted significant improvements against phoxim-resistant strains of *R. dominica* and *S. cerealella*. Synergistic ratios (SR) for phoxim-resistant strain of *R. dominica* to bendiocarb was 12.7 at 20 °C, while the SR to deltamethrin was 10 at 30 °C. The SR for phoxim-resistant strain of the *S. cerealella* to cypermethrin was 28.7 at 20 °C, while the SR to deltamethrin was 31 at 30 °C. Combining on of PB with pyrethroids or carbamates is recommended to combat insecticide-resistant strains of *R. dominica* and *S. cerealella* in the future.

Key words: *Rhyzopertha dominica*, *Sitotroga cerealella*, temperature, synergism, piperonyl butoxide