



# Formosan Entomologist

Journal Homepage: [entsocjournal.yabee.com.tw](http://entsocjournal.yabee.com.tw)

## Resistance Mechanisms of Houseflies to Dichlorvos and Pirimiphos-methyl in Three Areas of Northern Taiwan 【Research report】

### 臺灣北部三地區家蠅對二氯松及亞特松之抗性機制【研究報告】

Sin-Chung Liao, Err-Lieh Hsu and William Can-Jen Maa

廖信昌\*、徐爾烈 馬基津

\*通訊作者E-mail :

Received:    Accepted: 1996/03/12    Available online: 1996/03/01

#### Abstract

Luotung (LT), Suinkeng (SK) and Keelung (KL) housefly populations were examined for insecticide resistance. When compared with a susceptible (S) strain, resistance to dichlorvos by wild (R) houseflies ranged from 18 to 31 fold; resistance to pirimiphos-methyl of R flies ranged from 14 to 94 fold. Bioassay synergist and in vitro enzyme activity studies showed that the mechanisms of resistance to dichlorvos and pirimiphos-methyl for LT flies, included increased activities of microsomal oxidase, glutathione transferase and general esterase. The general esterase and acetylcholinesterase (AChE) insensitivity may be involved in the resistance mechanism of SK flies to these 2 insecticides. However, microsomal oxidase was the major contributor to the resistance to dichlorvos, as well as all possible metabolized detoxification enzymes involved in the resistance to pirimiphos-methyl for KL houseflies. Finally we suggest that the reduced penetration of insecticides through the cuticle, and insensitivity of AChE were the common important resistant factors in the houseflies of these 3 areas in northern Taiwan.

#### 摘要

與感性品系相較，羅東、深坑及基隆地區家蠅對二氯松之抗藥性分別為31,18 及21倍；對亞特松之抗性分別為14, 38及94倍。根據生物檢定及活體外酵素活性之結果，顯示羅東家蠅對二氯松及亞特松之抗性機制包括所有可能之解毒代謝性酵素，深坑家蠅對此二藥之抗性機制主要為酯酶及神經部位不敏感(如AChE不敏感性)，而基隆家蠅對二氯松之主要抗性機制為雙功能加氧酶，對亞特松之抗性機制同樣如羅東家蠅包括所有可能之解毒代謝酵素，然而降低昆蟲表皮對藥劑之穿透速率及AChE之不敏感性為北台灣三地區家蠅共同普遍具備之抗性因子。

**Key words:** Housefly, insecticide resistance, synergist.

**關鍵詞:** 家蠅、抗藥性、協力劑。

Full Text:  [PDF \(0.73 MB\)](#)

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

# 臺灣北部三地區家蠅對二氯松及亞特松之抗性機制

廖信昌\*、徐爾烈 臺灣大學植物病蟲害學系 臺北市羅斯福路四段1號

馬堪津 中央研究院動物所 臺北市南港區研究院路二段128號

## 摘 要

與感性品系相較，羅東、深坑及基隆地區家蠅對二氯松之抗藥性分別為31, 18及21倍；對亞特松之抗性分別為14, 38及94倍。根據生物檢定及活體外酵素活性之結果，顯示羅東家蠅對二氯松及亞特松之抗性機制包括所有可能之解毒代謝性酵素，深坑家蠅對此二藥之抗性機制主要為酯酶及神經部位不敏感(如AChE不敏感性)，而基隆家蠅對二氯松之主要抗性機制為雙功能加氧酶，對亞特松之抗性機制同樣如羅東家蠅包括所有可能之解毒代謝酵素，然而降低昆蟲表皮對藥劑之穿透速率及AChE之不敏感性為北臺灣三地區家蠅共同普遍具備之抗性因子。

**關鍵詞：**家蠅、抗藥性、協力劑。

## 前 言

本省地窄人稠，近年來經濟發展迅速及都市林立，人口過度集中以致垃圾問題到處為患，其它諸如農漁牧加工廠之廢棄物及家禽家畜養殖場之排泄物等場所均為蠅類極佳之滋生溫床，其不僅嚴重侵擾居家生活更能傳播病原。

臺灣長久以來在農業及環境衛生上大量的施用各種殺蟲劑，因用藥頻繁及使用量不當導致大部份縣市之家蠅普遍具抗藥性，原為有效防治之藥劑如安丹及馬拉松，如今卻淪為無效之藥，因在某些縣市已失效(Jao and Hsu, 1980)。本省地區垃圾場施用藥劑種類極為分歧，根據統計其中以亞特松(pi-

rimiphos-methyl)及二氯松(dichlorvos, 82年已禁用)使用最多達53.7%(Hsieh and Wang, 1985)。台灣省家蠅對不同藥劑之感受性研究，發現家蠅對二氯松及亞特松之抗性為4-30倍(Hsieh and Wang, 1985)；據其稱此種抗性程度尚不嚴重。然而在各縣市垃圾場用藥量及頻率日增情況下，現田間家蠅族群對這兩種藥是否仍保持感受性是本文探究的重點。

因此本研究將比較北臺灣之羅東、深坑及基隆家蠅對此兩種藥劑抗性之演變，並探討其在生化抗性上之差異，是否有一共同之抗性因子且此抗性因子是否起因於長期藥劑之選汰壓力所致，若能確定其主要抗性機制，那麼對爾後本省家蠅防治策略之擬定將

有莫大之助益。

## 材料與方法

### 一、供試蟲源

1. 感性品系：該品系係在滴滴涕 (DDT) 尚未使用前，由 Dr. J. R. Busvine 在英國倫敦熱帶醫學衛生研究所 (London School of Hygiene and Tropical Medicine) 所建立，從未經殺蟲劑篩選過之感性品系，由前臺灣省傳染病研究所連日清博士引進本省。本實驗室自 1990 年 9 月自臺灣省農業試驗所應用動物系鄭允博士處引進繁殖為實驗之對照組，以羽化四日齡的成蟲為供試昆蟲，飼育狀況如 Maa and Terriere (1983)。

2. 田間族群：羅東、深坑及基隆家蠅族群係 1990 年間分別採集自羅東、深坑及基隆垃圾場，未以殺蟲劑篩選而大量飼育，取其第一代以後家蠅成蟲為實驗組之供試昆蟲，三地區家蠅成蟲之平均體重為  $18.0 \pm 0.5\text{mg}$ 。

### 二、供試殺蟲劑、協力劑及其它試藥

二氯松 (dichlorvos) 99.5%，亞特松 (pirimiphos-methyl) 97.5%，對氧磷巴拉松 (paraoxon) 95.0%，以上均為試藥級 (Riedel-de Haen Co., Germany); piperonyl butoxide (PB) 99.0%，diethyl maleate (DEM) 97.5% (Chem Service, USA), S,S-S-tributyl phosphorotrithioate (TBPT) 92.8% (Chemagro Co., USA); acetylthiocholine iodide,  $\alpha$ -naphthyl acetate ( $\alpha$ -NA),  $\beta$ -naphthyl acetate ( $\beta$ -NA), *p*-chloro-*N*-methylaniline (PCMA), 1-chloro-2,4-dinitrobenzoate (CDNB), 1,2-dichloro-4-nitrobenzene (DCNB), eserine, *p*-hydroxylmercuribenzoate (PHMB) (Sigma, Co., USA), 其它試藥均為最高級之商品。

### 三、殺蟲劑的毒效測定

1. 局部滴定法 (topical application)：將藥劑以丙酮稀釋成五種不同濃度，將經二氧化碳麻醉後的家蠅，以局部滴定器滴  $1\mu\text{l}$  之藥液於成蟲胸部背板前端，對照組蟲隻則滴加未含藥劑之丙酮，處理後之家蠅置於 250ml 之塑膠筒中並供給糖水經 24 小時後記錄其死亡率，每組處理 20 隻，重覆三次，對照組死亡率如超過 5% 則需經 Abbott 公式校正，再依 Finney (1971) 之統計方法求百分之五十之致死劑量 ( $\text{LD}_{50}$ )，若對照組死亡率超過 20% 則實驗重做。

2. PB、DEM 及 TBPT 對二氯松及亞特松之協力效果測定：協力劑先行施於家蠅胸部背板上，兩小時後再將殺蟲劑施用於處理過的家蠅，協力劑之施用量以不使試驗蟲死亡率超過 5% 為原則，協力劑之施用量為：PB, TBPT 為每蟲滴  $1\mu\text{l}$  含  $0.5\mu\text{g}$ ，DEM 為每蟲滴  $1\mu\text{l}$  含  $20\mu\text{g}$ ，對照組為僅處理協力劑，同樣依上法求  $\text{LD}_{50}$ ；協力倍數 (Synergistic Ratio: SR) 為單獨使用殺蟲劑之  $\text{LD}_{50}$  除以協力劑添加殺蟲劑所得之  $\text{LD}_{50}$  之商，以此來研判家蠅體內可能參與抗性機制之解毒酵素。

3. 節間膜注射法之毒效測定：將供試蟲麻醉後以  $0.2\mu\text{l}$  含不同濃度之殺蟲劑，由中胸小楯片下方注入胸部，對照組為未含藥劑之丙酮，24 小時後觀察其死亡情形並記錄之，對照組死亡率一般均低於 20%，死亡率之校正如 (1) 所述，依法算出其致死百分之五十之劑量，與 (1) 所得之  $\text{LD}_{50}$  做一比值，即可比較抗性及感性家蠅的表皮對殺蟲劑的穿透速率差異 (Sun and Johnson, 1970)。

### 四、家蠅活體外酵素活性的比較

1. 雙功能加氧酶活性測定：取 80 個家蠅成蟲腹部為氧化酵素之製備酶原 (Yu and Terriere, 1979), (1) *O*-去甲基酶活性測定，以 *p*-nitroanisole 為受質，其酵素活性測定依 Hansen and Hodgson (1971)。(2) *N*-去甲基

酶活性測定，以PCMA為受質，其酵素活性測定依Kupfer and Bruggeman (1966)。

2. 酯酶活性測定：家蠅成蟲頭部酯酶之製備依Ugaki *et al.* (1983)，其酵素活性以 $\alpha$ -NA及 $\beta$ -NA為受質，測定依van Asperen (1962)及Kao *et al.* (1985)。

3. 麩胱苷肽-S-轉基酶活性測定：CDNB及DCNB為測定家蠅腹部轉基酶活性之受質，其酵素製備及測定法依Motoyama and Dauterman (1977)及Chien and Dauterman (1991)。

4. 乙醯膽鹼酯酶活性測定：秤約0.025g之家蠅頭部為AChE之酶原，酵素之製備如酯酶及其活性測定依Ellman *et al.* (1961)以Acetylthiocholine iodide為受質。

5. 抑制劑對AChE之雙分子速率常數( $k_i$ )測定：酵素之製備及測定如上述，抑制劑對AChE之 $k_i$ 之測定依據Aldridge (1950)。

6. 蛋白質之定量：蛋白質之定量依據Bradford (1976)。

## 結 果

表一為羅東、深坑及基隆等北臺灣地區家蠅對二氯松及亞特松之LD<sub>50</sub>、抗性倍數及協力倍數。田間族群羅東、深坑及基隆家蠅與感性品系相較對二氯松之抗性分別為31, 18及21倍；對亞特松之抗性分別為14, 38及94倍，另外此三地區家蠅對馬拉松及安丹之抗性均超過千倍以上(未發表資料)，印證了Jao and Hsu(1980)之研究有關馬拉松及安丹在某些縣市已失效之說，顯然北台灣地區的家蠅已具備抗藥性的特質。

PB, TBPT與DEM分別與二氯松及亞特松共用對羅東、深坑及基隆家蠅之協力倍數(見表一)，就二氯松而言，PB, TBPT與DEM對羅東家蠅之協力倍數分別為2.1, 2.3及

1.8倍；對感性家蠅則分別為1.3, 2.0及1.0倍，顯示三種協力劑有部份之協力效果。但對深坑家蠅之協力倍數(分別為1.1, 1.4及0.8倍)反而低於感性家蠅(分別為1.3, 2.0及1.0倍)；顯示三種協力劑不具協力效果，則可能是神經部位的不敏感(包括AChE不敏感性)或其它因子參與抗性。對基隆家蠅之協力倍數分別為2.2, 1.4及1.0；對感性家蠅之協力倍數如上述，顯然TBPT及DEM均無協力效果，僅PB具部份之協力效應，因此氧化酵素參與基隆家蠅對二氯松之抗性。

比較PB, TBPT及DEM與亞特松共用對三地區家蠅之協力效應，對羅東家蠅分別為2.1, 2.7及1.3倍；對深坑家蠅分別為1.2, 2.4及0.9倍；對基隆家蠅分別為1.9, 3.9及2.3倍；而對感性家蠅則分別為1.5, 1.5及2.0倍，因此轉基酶可能未參與羅東家蠅對亞特松之抗性，TBPT對深坑家蠅具部份協力效應，而基隆家蠅除了雙功能加氧酶及轉基酶部份參與外；酯酶具明顯參與對亞特松之抗性機制。

表二為二氯松及亞特松以局部滴定及節間膜注射法對感性品系，羅東、深坑及基隆家蠅之相對作用性比較結果，發現羅東、深坑及基隆家蠅對二氯松之表皮抗性分別為2.1, 4.5及3.5倍；而對亞特松之表皮抗性則分別為1.4, 4.8及3.8倍，顯示降低表皮之穿透速率是三地區家蠅之共同重要抗性因子之一。

表三為感性品系及田間家蠅族群之非解毒性酵素如乙醯膽鹼酯酶及解毒性酵素包括酯酶、麩胱苷肽-S-轉基酶及雙功能加氧酶等活體外酵素活性之比較，結果發現羅東、深坑及基隆等田間家蠅族群乙醯膽鹼酯酶活性較感性品系高3.0-28.4倍不等。而解毒酵素除了酯酶外三地區之田間家蠅族群之麩胱苷肽-S-轉基酶及雙功能加氧酶活性均普遍高於感性品系家蠅，且不同地區之家蠅其酵素活性對不同受質有部份感受性的差異。

若以雙分子速率常數 ( $ki$ ) 做為 AChE 不敏感程度判定之標準 (表四), 田間家蠅族群其

AChE 對毒扁豆鹼之不敏感倍數比 ( $ki$  ratio (S/R)), 為 2.2–2.8 倍不等; 對 PHMB 為 2.2

表一 二氯松及亞特松對羅東、深坑及基隆地區家蠅之局部滴定毒效

Table 1. Topical toxicity of dichlorvos and pirimiphos-methyl to Luotung, Suinkeng and Keelung houseflies

Compound	Strain	LD <sub>50</sub> ( $\mu$ g / fly)	Slope	95% fiducial limits	RR <sup>b</sup>	SR <sup>c</sup>
Dichlorvos	S <sup>a</sup>	0.04	5.15	0.04–0.05	—	—
+PB <sup>d</sup>		0.03	3.63	0.03–0.04	—	1.3
+TBPT <sup>d</sup>		0.02	2.91	0.01–0.02	—	2.0
+DEM <sup>d</sup>		0.04	5.11	0.04–0.04	—	1.0
Dichlorvos	LT <sup>a</sup>	1.24	1.94	1.04–1.52	31	—
+PB		0.58	1.53	0.47–0.71	19	2.1
+TBPT		0.54	1.49	0.44–0.67	27	2.3
+DEM		0.70	1.62	0.56–0.93	18	1.8
Dichlorvos	SK <sup>a</sup>	0.72	3.61	0.59–0.85	18	—
+PB		0.65	2.42	0.54–0.78	22	1.1
+TBPT		0.53	2.93	0.44–0.67	27	1.4
+DEM		0.88	3.23	0.74–1.02	22	0.8
Dichlorvos	KL	0.82	4.96	0.73–0.91	21	—
+PB		0.37	2.19	0.30–0.45	12	2.2
+TBPT		0.57	4.02	0.48–0.66	29	1.4
+DEM		0.84	3.31	0.72–0.97	21	1.0
Pirimiphos-methyl	S	0.06	4.25	0.05–0.06	—	—
+PB		0.04	3.87	0.04–0.04	—	—
+TBPT		0.04	3.66	0.03–0.04	—	—
+DEM		0.03	2.98	0.03–0.04	—	—
Pirimiphos-methyl	LT	0.83	2.12	0.70–0.98	14	—
+PB		0.40	1.99	0.31–0.49	10	2.1
+TBPT		0.31	1.96	0.22–0.39	8	2.7
+DEM		0.63	2.09	0.52–0.74	21	1.3
Pirimiphos-methyl	SK	2.28	3.23	1.97–2.61	39	—
+PB		1.95	2.79	1.67–2.28	49	1.2
+TBPT		0.97	3.33	0.81–1.14	24	2.4
+DEM		2.57	3.83	2.23–2.92	86	0.9
Pirimiphos-methyl	KL	5.63	5.51	5.04–6.19	94	—
+PB		3.03	3.60	2.65–3.46	76	1.9
+TBPT		1.43	3.58	1.21–1.65	36	3.9
+DEM		2.49	2.58	2.09–2.94	83	2.3

a. S: Susceptible strain; Wild flies: LT (Luotung); SK (Suinkeng); KL (Keelung) housefly populations.

b. RR (Resistance ratio): LD<sub>50</sub> for wild flies / LD<sub>50</sub> for S strain.

c. SR (Synergistic ratio): nonsynergized LD<sub>50</sub> / synergized LD<sub>50</sub>.

d. PB: Piperonyl butoxide; TBPT: S,S,S-tributylphosphorotrithioate; DEM: Diethyl maleate.

-5.6倍；對安丹為14.0-22.3倍；對對氧磷巴拉松為1.3-2.1倍，而基隆家蠅對二氯松則達11.9倍。顯示臺灣北部地區田間家蠅族群之抗藥性與AChE之敏感性降低有明顯的關係。

## 討 論

北臺灣地區田間家蠅族群對二氯松及亞特松之感受性，本文發現其對二氯松及亞特松之抗性為14-94倍，已較前高出甚多(Hsieh and Wang, 1985)，其中的原因是否起因於此二種藥劑廣泛的被應用於垃圾場撲滅蠅類而增加藥劑的選汰壓，是值得進一步追蹤的。

綜合前述活體內之實驗結果，推論羅東家蠅對二氯松之抗性機制可能包括雙功能加氧酶，酯酶及麩胱苷肽-S-轉基酶等代謝酵素參與，但深坑家蠅除代謝酵素參與外推測或許與乙醯膽鹼酯酶之不敏感有關，而基隆家蠅可能則以雙功能加氧酶為主要參與抗性機制。而羅東家蠅對亞特松之抗性機制則可能包括雙功能加氧酶和酯酶；深坑家蠅之抗性機制則主要為酯酶，而基隆家蠅則包括雙功能加氧酶、酯酶及轉基酶等抗性因子。利

用協力劑與殺蟲劑之併用效應雖可快速地推論出昆蟲是否基於標的不敏感抑或基於某種解毒酵素之活性升高而導致抗性；但此項劑量及死亡率曲線所提供的資料仍無法肯定昆蟲抗性所涉及之多項生化抗性機制，因此測定參與抗性之酵素種類及其生化特性為重要檢測資料。

另外降低殺蟲劑對昆蟲表皮之穿透速率是多種昆蟲對藥劑產生抗性的重要因子之一(Oppenoorth and Welling, 1976)，表皮滴定毒效與直接將藥劑注射入蟲體之毒效的比例，可以粗略評估抗性及感性品系家蠅之表皮對藥劑之滲透率之差異；即可衡量表皮穿透率在抗性蟲所扮演之抗性因子角色。在國外的報告亦曾發現抗有機磷的家蠅與延遲殺蟲劑穿透表皮有關(Patil *et al.*, 1979)；降低表皮對藥劑的吸收而導致抗性亦可在斑蚊(*Aedes aegypti*)(Matsumura and Brown, 1963)及玉米穗蟲(*Heliothis virescens* (F.))(Vinson and Law, 1971)發現到。這是本省往昔有關家蠅抗性研究報告常被忽略的一環，此項舉證或許日後有關單位在擬定本省家蠅防治策略時，可考量幾丁質抑制劑及類青春激素等生長調節劑類似物做

表二 二氯松及亞特松以局部滴定及節間膜注射法處理對感性品系、羅東深坑及基隆地區家蠅之相對作用性比較

Table 2. Relative activity of dichlorvos and pirimiphos-methyl against susceptible and Luotung, Suinkeng and Keelung houseflies

Insecticide	Strain	Topical LD <sub>50</sub> ( $\mu\text{g}$ / fly) RR <sup>b</sup>	Injection LD <sub>50</sub> ( $\mu\text{g}$ / fly) RR	Ratio of topical LD <sub>50</sub> / Injection LD <sub>50</sub>
Dichlorvos	LT <sup>a</sup>	31	15	2.1
	SK <sup>a</sup>	18	4	4.5
	KL <sup>a</sup>	21	6	3.5
Pirimiphos-methyl	LT	14	10	1.4
	SK	38	8	4.8
	KL	94	25	3.8

a. Wild flies: LT (Luotung); SK (Suinkeng); KL (Keelung) housefly populations.

b. RR: Resistance Ratio (LD<sub>50</sub> for wild flies / LD<sub>50</sub> for susceptible flies).

家蠅防治的替用藥劑。

就北臺灣地區田間家蠅族群而言，其解毒酵素除酯酶外均普遍高於感性品系家蠅，

且神經傳遞物質(乙醯膽鹼)之重要分解酵素乙醯膽鹼酯酶活性田間家蠅族群亦高於感性家蠅。本省抗性家蠅體內之酯酶活性低於感

表三 感性品系、羅東、深坑及基隆地區家蠅活體外非代謝及代謝性酵素活性之比較

Table 3. Nonmetabolic and metabolic *in vitro* enzyme activities in homogenate preparation of susceptible and Luotung, Suinkeng and Keelung houseflies

Enzyme	Strain	Specific activity	Ratio (R / S)
<i>Non-metabolic enzyme</i>			
Acetylcholinesterase			
AcSCh <sup>b</sup>	S <sup>a</sup>	136.1 ± 20.1c <sup>f</sup>	1.0
((nmole / min) / mg protein)	LT <sup>a</sup>	414.1 ± 22.3b	3.0
	SK <sup>a</sup>	542.9 ± 16.7b	4.0
	KL <sup>a</sup>	3871.7 ± 176.1a	28.4
<i>Metabolic enzyme</i>			
Esterase			
((nmole / min) / mg protein)	S	71.3 ± 2.5b	1.0
$\alpha$ -NA <sup>c</sup>	LT	42.5 ± 0.8c	0.6
	SK	43.4 ± 3.5c	0.6
	KL	76.6 ± 3.0a	1.1
$\beta$ -NA <sup>c</sup>	S	58.0 ± 2.5a	1.0
	LT	33.5 ± 5.4b	0.6
	SK	33.2 ± 4.7b	0.6
	KL	53.4 ± 5.4a	0.9
Glutathione-S-transferase			
((nmole / min) / mg protein)	S	5.7 ± 1.4b	1.0
DCNB <sup>d</sup>	LT	10.6 ± 2.2ab	1.9
	SK	11.9 ± 0.9a	2.1
	KL	8.4 ± 1.6bc	1.5
CDNB <sup>d</sup>	S	83.2 ± 1.7b	1.0
	LT	123.3 ± 5.3a	1.5
	SK	118.4 ± 0.8a	1.4
	KL	85.4 ± 1.9b	1.0
Microsomal oxidase			
((pmole / min) / mg protein)	S	7.3 ± 0.8ab	1.0
<i>p</i> -nitroanisole	LT	9.2 ± 1.8a	1.3
	SK	6.3 ± 1.2b	0.9
	KL	8.6 ± 1.2b	1.2
PCMA <sup>e</sup>	S	105.7 ± 22.0c	1.0
	LT	155.3 ± 6.0b	1.5
	SK	169.0 ± 8.2b	1.6
	KL	214.7 ± 21.7a	2.0

a. S: Susceptible strain; LT: Luotung; SK: Suinkeng; KL: Keelung housefly populations.

b. AcSCh: Acetylthiocholine iodide.

c.  $\alpha$ -NA:  $\alpha$ -naphthyl acetate;  $\beta$ -NA:  $\beta$ -naphthyl acetate.

d. DCNB: 1,2-dichloro-4-nitrobenzene; CDNB: 1-chloro-2,4-dinitrobenzene.

e. PCMA: *p*-chloro-*N*-methylaniline.

f. Results are the means ± SD of 3 replications.

性蟲，此現象亦可在臺中家蠅發現到(Wang *et al.*, 1985)，且與國外的報告相一致(van Asperen and Oppenoorth, 1959; van Asperen, 1962; Hughes and Raftos, 1985; Bull and Pryor, 1990)，早期van Asperen and Oppenoorth (1959)曾提出轉變型脂族酯酶理論(mutant ali-esterase theory)來解釋抗性蠅類體內突變酵素對某些酯類失去活性，但到目前為止此理論尚待證實，因尚未有其它替代理論可說明此種現象，故仍被繼續延用。臺灣地區家蠅體內AChE之活性普遍高於感性蟲如羅東(Chao *et al.*, 1993)及臺中地區家蠅(Wang *et al.*, 1985)及本文之北臺灣地區家蠅；Wang *et al.* (1985)發現臺中TC-9品系家蠅其AChE活性為感性家蠅之2.8倍，但此酵素對安丹之不敏感性達一千倍，本研究之北臺灣地區家蠅之AChE活性為感性蟲之3.0

-28.4倍；其對各種抑制劑之不敏感性達1.3-22.3倍不等，此是否為本省家蠅的重要抗性特徵，本文僅陳述事實對其真正原因尚不清楚。另外Lee *et al.* (1987)研究大陸南口品系家蠅對二氯松之抗性；指出其抗性機制主要是AChE對藥劑之敏感性降低所致。國外的報告(Tripathi and O'Brien, 1973; Voss, 1980; Hama, 1983; Devonshire and Moores, 1984; Oppenoorth, 1984)亦認為抗性家蠅AChE較感性家蠅不敏感。然而有關抗性家蠅AChE活性的高低是否與家蠅抗性有關尚難定論，因國外往昔的研究報告發現家蠅不感性AChE活性有高於或低於正常型AChE(Devonshire and Moore, 1984)，但可確定的是不感性AChE是促成高抗性之因。

綜合比較北臺灣家蠅之抗性機制，臺灣北部家蠅對二氯松及亞特松之抗性已較六年

表四 感性品系、羅東、深坑及基隆地區家蠅乙酰膽鹼酯酶對數種抑制劑之敏感性比較  
Table 4. Bimolecular rate constants ( $k_i$ ) of various inhibitors to susceptible and resistant *Musca domestica* head acetylcholinesterase

Strain	Inhibitor	$k_i$ value ( $M^{-1} \text{ min}^{-1}$ )	Ratio (S / R)
S <sup>a</sup>	Eserine	$2.4 \times 10^6$	—
	PHMB <sup>b</sup>	$1.5 \times 10^6$	—
	Propoxur	$2.1 \times 10^5$	—
	Paraoxon	$1.5 \times 10^4$	—
	Dichlorvos	$1.9 \times 10^5$	—
LT <sup>a</sup>	Eserine	$1.1 \times 10^6$	2.2
	PHMB	$5.1 \times 10^5$	2.9
	Propoxur	$1.5 \times 10^4$	14.0
	paraoxon	$1.2 \times 10^4$	1.3
SK <sup>a</sup>	SKa Eserine	$1.0 \times 10^6$	2.4
	PHMB	$6.9 \times 10^5$	2.2
	Propoxur	$1.1 \times 10^4$	19.1
	Paraoxon	$7.1 \times 10^3$	2.1
KL <sup>a</sup>	Eserine	$8.7 \times 10^7$	2.8
	PHMB	$2.7 \times 10^5$	5.6
	Propoxur	$9.4 \times 10^3$	22.3
	Paraoxon	$1.2 \times 10^4$	1.3
	Dichlorvos	$1.6 \times 10^4$	11.9

a. S: Susceptible strain; LT: Luotung; SK: Suinkeng; KL: Keelung housefly populations.

b. PHMB: *p*-hydroxymercuribenzoate.



前增加，而其增加的原因與垃圾場的用藥大部份含有二氯松及亞特松有關，也就是說此二藥是主要的選汰壓。根據生物檢定及活體外之酵素活性偵測之初步實驗，羅東家蠅對二氯松及亞特松之抗性機制包括有雙功能加氧酶，酯酶及轉基酶，深坑家蠅之抗性機制主要為酯酶及AChE不敏感，而基隆家蠅對二氯松之主要抗性機制為雙功能加氧酶，對亞特松之抗性機制主要為酯酶之參與。且根據二氯松及亞特松官能基構造式之氧化代謝過程，雙功能加氧酶及轉基酶對二氯松均可進行去烷基作用。除此之外亞特松因硫磷酸酯(P=S)氧化為磷酸酯(P=O)而毒性增加；但因磷酸酶及酯酶之水解代謝使毒性減低，因此大部份之解毒代謝酵素參與北臺灣地區家蠅之抗性機制是可預見的只是參與的程度互有差異。顯然各地區家蠅對殺蟲劑之抗性程度及抗性機制與該地區之環境因素及過去用藥歷史有很大的關係，無法以一地區之實驗結果概括解釋整個臺灣地區抗性家蠅之抗性機制，但此三地區仍存在著共同普遍之抗性機制即降低昆蟲表皮對藥劑之穿透速率及AChE不敏感性，此在本省往昔之研究報告從未被提及，或許日後在擬定家蠅防治策略時可列入考慮之重要抗性因子。

## 誌 謝

本文承蒙兩位未具名審稿委員提供寶貴意見及熱心的指正，在此致最誠摯的謝意。

## 參考文獻

- Aldridge, W. N.** 1950. Some properties of specific cholinesterase with particular reference to the mechanism of inhibition by diethyl *p*-nitrophenyl thiophosphate (E605) and analogues. *Biochem. J.* 46: 451-460.
- Bradford, M. M.** 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- Bull, D. L., and N. W. Pryor.** 1990. Characteristics of resistance in house flies subjected to long-term concurrent selection with malathion and permethrin. *Pestic. Biochem. Physiol.* 37: 101-115.
- Chao, L. C., S. C. Liao, and W. C. J. Maa.** 1993. Resistance of the housefly, *Musca domestica* L., to dichlorvos, malathion, pirimiphos-methyl and propoxur in Luotung area. *Chinese J. Entomol.* 13: 17-25. (In Chinese)
- Chien, C., and W. C. Dauterman.** 1991. Studies on glutathione S-transferase in *Helicoverpa* (= *Heliothis*) *Zea*. *Insect Biochem.* 21: 857-864.
- Devonshire, A. L., and G. D. Moores.** 1984. Different forms of insensitive acetylcholinesterase in insecticide resistant houseflies (*Musca domestica*). *Pestic. Biochem. Physiol.* 21: 336-340.
- Ellman, G. L., K. D. Courtney, V. Andres, and R. M. Featherstone.** 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.* 7: 88-95.
- Finney, D. J.** 1971. *Probit Analysis*. Cambridge University Press. London. 333 pp.

- Hama, H.** 1983. Resistance to insecticides due to reduced sensitivity of acetylcholinesterase. pp. 299-331. *in*: G. P. Georghiou and T. Saito, eds. Pest Resistance to Pesticides. Plenum Press. New York.
- Hansen, L. G., and E. Hodgson.** 1971. Biochemical characteristics of insect microsomes: *N*- and *O*-demethylation. *Biochem. Pharmacol.* 20: 1569-1578.
- Hsieh, C. S., and C. H. Wang.** 1985. Report of insecticides for control the dump housefly in Taiwan area. *Taiwan Environ.* 20: 61-70. (In Chinese)
- Hughes, P. B., and D. A. Raftos.** 1985. Genetics of an esterase associated with resistance to organophosphorus insecticides in the sheep blowfly, *Lucilia cuprina* (Wiedeman) (Diptera: Calliphoridae). *Bull. Ent. Res.* 75: 535-544.
- Jao, L. T., and S. L. Hsu.** 1980. Resistance to insecticides for houseflies in Taiwan area: bioassay for studying effects on housefly of organophosphates and carbamates in Taichung area. *Taiwan Environ.* 12: 57-64. (In Chinese)
- Kao, L. R., N. Motoyama, and W. C. Dauterman.** 1985. The purification and characterization of esterases from insecticide-resistant and susceptible houseflies. *Pestic. Biochem. Physiol.* 23: 228-239.
- Kupfer, D., and L. L. Bruggeman.** 1966. Determination of enzymatic demethylation of *p*-chloro-*N*-methylaniline: assay of aniline and *p*-chloroaniline. *Anal. Biochem.* 17: 502-512.
- Lee, Y. M., Y. Q. Sun, and K. Y. Gong.** 1987. Relationship between sensitivity of housefly acetylcholinesterase and resistance to insecticides. *Acta Entomol Sinica* 30: 239-245.
- Maa, W. C. J., and L. C. Terriere.** 1983. Age-dependent variation in enzymatic and electrophoretic properties of housefly (*Musca domestica*) carboxylesterase. *Comp. Biochem. Physiol.* 74: 461-467.
- Matsumura, F., and A. W. A. Brown.** 1963. Studies on organophosphorus tolerance in *Aedes aegypti*. *Mosq. News* 23: 26-31.
- Motoyama, N., and W. C. Dauterman.** 1977. Purification and properties of housefly glutathione *S*-transferase. *Insect Biochem.* 7: 361-369.
- Oppenoorth, F. J.** 1984. Biochemistry and genetics of insecticide resistance. vol. 12. pp.731-773. *in*: G. A. Kerkut and L. I. Gilbert, eds. Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology. Pergamon Press. New York.
- Oppenoorth, F. J., and W. Welling.** 1976. Biochemistry and physiology of resistance. pp. 507-551. *in*: C. F. Wilkinson, ed. Insecticide Biochemistry and Physiology. Plenum Press. New York.
- Patil, V. L., P. V. Shah, and F. E. Guthrie.** 1979. Absorption of insecticides in resistant and susceptible

- houseflies. J. Econ. Entomol. 72: 416-418.
- Sun, Y. P., and E. R. Johnson.** 1970. A new technique for studying the toxicity of insecticides with houseflies by the infusion method with comparable topical application and injection results. J. Econ. Entomol. 64: 75-80.
- Tripathi, R. K., and R. D. O'Brien.** 1973. Insensitivity of acetylcholinesterase as a factor in resistance of houseflies to the organophosphate Rabon. Pestic. Biochem. Physiol. 3: 492-498.
- Ugaki, M., T. Abe, J. I. Fukami, and T. Shono.** 1983. Electrophoretic analysis of nonspecific esterase and acetylcholinesterase from the housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) with reference to organophosphorus insecticide resistance. Appl. Ent. Zool. 18: 447-455.
- Van Asperen, K.** 1962. A study of housefly esterase by means of a sensitive colorimetric method. J. Insect Physiol. 8: 401-416.
- Van Asperen, K., and F. J. Oppenoorth.** 1959. Organophosphate resistance and esterase activity in houseflies. Ent. Exp. Appl. 2: 48-57
- Vinson, S. B., and P. K. Law.** 1971. Cuticular composition and DDT resistance in the tobacco budworm. J. Econ. Entomol. 64: 1387-1390.
- Voss, G.** 1980. Cholinesterase autoanalysis: a rapid method for biochemical studies on susceptible and resistant insects. J. Econ. Entomol. 73: 189-192.
- Wang, T. C., H. L. Kao, and K. S. Kung.** 1985. Propoxur resistance of housefly, *Musca domestica* L. in Taichung. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica. 24: 139-146.
- Yu, S. J., and L. C. Terriere.** 1979. Cytochrome P450 in insects: 1. differences in the forms present in insecticide resistant and susceptible house flies. Pestic. Biochem. Physiol. 12: 239-248.

收件日期：1995年12月27日

接受日期：1996年3月12日

# Resistance Mechanisms of Houseflies to Dichlorvos and Pirimiphos-methyl in Three Areas of Northern Taiwan

**Sin-Chung Liao\*** and **Err-Lieh Hsu** Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, 1 Roosevelt Road, Sec. IV, Taipei, Taiwan, R.O.C.

**William Can-Jen Maa** Institute of Zoology, Academia Sinica, 128 Yen-Chiu Yuan Road, Sec. II, Nankang, Taipei, Taiwan, Taiwan 115, R.O.C.

## ABSTRACT

Luotung (LT), Suinkeng (SK) and Keelung (KL) housefly populations were examined for insecticide resistance. When compared with a susceptible (S) strain, resistance to dichlorvos by wild (R) houseflies ranged from 18 to 31 fold; resistance to pirimiphos-methyl of R flies ranged from 14 to 94 fold. Bioassay synergist and *in vitro* enzyme activity studies showed that the mechanisms of resistance to dichlorvos and pirimiphos-methyl for LT flies, included increased activities of microsomal oxidase, glutathione transferase and general esterase. The general esterase and acetylcholinesterase (AChE) insensitivity may be involved in the resistance mechanism of SK flies to these 2 insecticides. However, microsomal oxidase was the major contributor to the resistance to dichlorvos, as well as all possible metabolized detoxification enzymes involved in the resistance to pirimiphos-methyl for KL houseflies. Finally we suggest that the reduced penetration of insecticides through the cuticle, and insensitivity to AChE were the common important resistant factors in the houseflies of these 3 areas in northern Taiwan.

**Key words:** Housefly, insecticide resistance, synergist.