



# Formosan Entomologist

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

## 【Research report】

### 羅東地區家蠅 (*Musca domestica* L.) 對四種殺蟲劑之抗藥性機制【研究報告】

趙利青、廖信昌、馬堪津

\*通訊作者E-mail :

Received:    Accepted: 1992/12/28    Available online: 1993/03/01

## Abstract

### 摘要

羅東家蠅與感性家蠅相較對安丹之抗性高達一千七百多倍、馬拉松約六百多倍、二氯松為卅一倍、亞特松為十四倍，羅東家蠅之主要抗性機制至少包括三項抗性因子，即表皮穿透速率之降低、乙醯膽鹼酯鎂之不敏感及解毒代謝作用之增強。

### Key words:

**關鍵詞:** 家蠅、乙醯膽鹼酯鎂、抗藥性。

Full Text:  [PDF\(0.34 MB\)](#)

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

# 羅東地區家蠅 (*Musca domestica* L.) 對四種殺蟲劑之抗藥性機制

趙利青 中央研究院動物所 臺北市南港區研究院路二段 128 號

廖信昌 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

羅東家蠅與感性家蠅相較對安丹之抗性高達一千七百多倍、馬拉松約六百多倍、二氯松為卅一倍、亞特松為十四倍，羅東家蠅之主要抗性機制至少包括三項抗性因子，即表皮穿透速率之降低、乙醯膽鹼酯酶之不敏感及解毒代謝作用之增強。

**關鍵詞：**家蠅、乙醯膽鹼酯酶、抗藥性。

## Resistance of Housefly, *Musca domestica* L., to Dichlorvos, Malathion, Pirimiphos-methyl and Propoxur in Lo-tung Area

Li-Ching Chao Institute of Zoology, Academia Sinica, 128 Yen-Chiu Yuan Road, Sec. II, Nankang, Taipei, Taiwan 115, R.O.C.

Sin-Chung Liao Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, 1 Roosevelt Road, Sec. IV, Taipei, Taiwan 106, R.O.C.

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

## ABSTRACT

The housefly, *Musca domestica* L., of Lo-tung area was investigated against

the susceptible strain for resistance to four insecticides. The resistance levels were 1700X to propoxur, 600X to malathion, 31X to dichlorvos and 14X to pirimiphos-methyl. At least three major mechanisms are involved in the insecticide resistance in the Lo-tung housefly, i.e., reduced cuticular penetration, insensitivity of acetylcholinesterase and enhanced metabolic detoxification mediated by microsomal oxidases, glutathione-S-transferase and esterase.

**Key words:** *Musca domestica* L., acetylcholinesterase, insecticide resistance.

## 前 言

臺灣地處亞熱帶，氣候高溫多濕，昆蟲種類多，世代短，繁殖快，加上人為的一再施藥導致了昆蟲抗藥性普遍地發生。臺灣地區最早報告家蠅的抗藥性是 1956 年於旗山、東港附近發現家蠅對 DDT 有耐受力 (Brown and Pal, 1971)。之後，陸續有報告 (朱耀沂等, 1990; 陳錦生、張森和, 1986; 陳錦生、張森和, 1988; 饒連財、徐士蘭, 1980; 饒連財, 1982; 饒連財, 1985; 林晃史、廿日出正美, 1974; Wang *et al.*, 1985) 報導臺灣地區不同縣市家蠅之抗性程度。

一般來說，有機磷及氨基甲酸鹽劑之毒殺效應在於抑制乙醯膽鹼酯酶 (Molloy, 1961) 及酯酶等水解酶 (Eto, 1977)。然而有的抗性家蠅具有轉化型的乙醯膽鹼酯酶 (Altered Acetylcholinesterase)，此類酵素可降低對有機磷及氨基甲酸鹽殺蟲劑之敏感性達幾百倍甚至幾千倍 (Hama, 1983; Hemingway *et al.*, 1986; Tripathi and O'Brien, 1973)，其它解毒或抗性機制如殺蟲劑穿透表皮之速率減緩及解毒酵素活性之昇高等因子，皆可導致家蠅抗藥性之增強 (Brown and Pal, 1971)。本實驗在於探討宜蘭縣羅東鎮地區家蠅對四種常用殺蟲劑：馬拉松、二氯松、亞特松及安丹是否已產生抗性，若已產生，其

抗藥性之機制為何？

## 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 在英國熱帶醫藥衛生研究所 (Londeon School of Hygiene and Tropical Medicine) 所建立，從未經殺蟲劑篩選過之感性品系，由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建立族群作為實驗之對照組，以羽化四口齡的成蟲為供試昆蟲，飼育狀況如 Maa and Terriere (1983) 所述。

2. 羅東族群：係 1990 年間自羅東鎮菜市場及三星垃圾場採回之野生混合族群未經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，家蠅成蟲平均體重為 16.2 mg。

### 二、供試之殺蟲劑，協力劑及其它試藥

馬拉松 (Malathion) 92%，安丹 (Propoxur) 99%，二氯松 (Dichlorvos) 99.5%，亞特松 (Pirimiphos-methyl) 97.5%，對氧磷巴拉松 (Paraoxon) 95%，以上均為試藥級 (Riedel-de Haen CO., Germany)。Pipe-

ronyl butoxide (PB) 99%, Diethyl maleate (DEM) 97.5% (Chem Service, USA), S, S, S-tributyl phosphorotrithioate (TBPT) 92.8% (Chemagro CO., USA)。 $\alpha$ -Naphthyl acetate ( $\alpha$ -NA),  $\beta$ -Naphthyl acetate ( $\beta$ -NA), *p*-chloro-*N*-methylaniline (PCMA), 1-chloro-2, 4-dinitrobenzoate (CDNB), acetylthiocholine iodide, eserine, *p*-hydroxymercuribenzoate (PHMB) (Sigma CO., USA)。*p*-nitroanisole, 1, 2-dichloro-4-nitrobenzoate (DCNB)(化成工業株式會社, 東京)。

### 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  $250 \text{ ml}$  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) 之統計方法求致死 50% 之劑量 ( $\text{LD}_{50}$ ), 若對照組死亡率超過 20% 則實驗重做。
2. 協力劑效果測定: 預先將協力劑施之於家蠅胸部背板上, 施後兩小時再施殺蟲劑於處理過的家蠅, 協力劑量之施用以不使試驗蟲死亡率超過 5% 為原則, 協力劑(均溶於丙酮)之施藥量為: PB, TBPT 為每蟲  $1 \mu\text{l}$  含  $0.5 \mu\text{g}$ , DEM 為每蟲  $1 \mu\text{l}$  含  $20 \mu\text{g}$ , 對照組僅含協力劑不另加殺蟲劑, 爾後依上法求  $\text{LD}_{50}$ ; 協力倍數之計算方法為: 協力倍數(Synergistic Ratio: SR)等於單獨使用殺蟲劑所得之致死劑量除以合併協力劑加殺蟲劑所得致死劑量之商, 以此來研判昆蟲體內解毒酵素在抗性機制上

所扮演之重要性。

3. 節間膜注射法(Intersegmental injection): 將供試蟲麻醉後以  $0.2 \mu\text{l}$  含不同濃度之殺蟲劑, 由後胸小楯片下方注入胸部, 對照組為未含藥劑之丙酮, 一般死亡率均低於 20%, 24 小時後觀察其死亡情形並記錄之, 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, 參照(1)所得結果, 比較抗性及感性家蠅的表皮對殺蟲劑之穿透速率差異。

### 四、家蠅活體外酵素活性的分析

1. 酯酶活性測定: 家蠅成蟲頭部酯酶之萃取依 Ugaki *et al.* (1983), 其活性測定依 van Asperen (1962) 及 Kao *et al.* (1985) 以  $\alpha$ -NA 及  $\beta$ -NA 為基質。
2. 麩胱苷肽-S-轉基酶活性測定: 家蠅成蟲腹部轉基酶之製備及活性測定依 Motoyama (1978) 以 CDNB 及 DCNB 為基質。
3. 雙功能加氧酶活性測定: 雙功能加氧酶之製備依 Yu and Terriere (1979), 其 *O*-或 *N*-去甲基作用之酵素活性測定依 Hansen and Hodgson (1971) 及 Kupfer and Bruggeman (1966); 分別以 *p*-nitroanisole 及 PCMA 為基質。
4. 乙醯膽鹼酯酶活性測定: 該酵素之萃取依 Ugaki *et al.* (1983) 之法取得上清液為樣品, 其酵素活性測定依 Ellman *et al.* (1961) 以 Acetylthiocholine iodide 為基質。
5. 乙醯膽鹼酯酶之抑制實驗: 酵素之製備及測定如上所述, 首先將殺蟲劑或抑制劑溶於丙酮再以緩衝液稀釋成不同濃度; 酵素和殺蟲劑作用 5 分鐘後測其被抑制之活性 ( $I\%$ ), 抑制活性 ( $I\%$ ) =  $100\% \times (1 - \text{被抑制後之酵素活性} / \text{未被抑制之酵素活性})$ , 再以各抑制活性 ( $I\%$ ) 對不同濃度之

殺蟲劑以半對數表作圖得一曲線即可求出  $LD_{50}$  值 (Aldridge, 1950)。

6. 蛋白質含量之決定依 Bradford (1976)。

## 結果與討論

### 一、局部滴定之毒效測定

表一為羅東家蠅對四種殺蟲劑之  $LD_{50}$ 、抗性倍數 (Resistance Ratio)、協力倍數，其抗性與感性家蠅相較對馬拉松的抗性超過 600 倍、二氯松為 31 倍、亞特松為 14 倍，而

表一 四種殺蟲劑對感性品系及羅東地區家蠅之局部滴定毒效

Table 1. Topical toxicity of four insecticides against susceptible and Lo-tung houseflies

Insecticide	Strain	$LD_{50}$ ( $\mu\text{g}/\text{fly}$ )	Slope	95% fiducial limits ( $\mu\text{g}/\text{fly}$ )	RR <sup>b</sup>	SR <sup>c</sup>
Malathion	R <sup>a</sup>	>200	—	—	> 600	
	S <sup>a</sup>	0.32	4.60	0.29—0.35		
+PB	R	>100	—	—	> 280	>2.0
	S	0.35	4.35	0.32—0.38		0.9
+TBPT	R	> 50	—	—	> 250	4.0
	S	0.21	4.41	0.19—0.24		1.5
+DEM	R	>100	—	—	> 470	2.0
	S	0.21	5.26	0.19—0.23		1.5
Dichlorvos	R	1.24	1.94	1.04—1.52	31	
	S	0.04	5.15	0.04—0.05		
+PB	R	0.58	1.53	0.47—0.71	19	2.1
	S	0.03	3.63	0.03—0.04		1.3
+TBPT	R	0.54	1.49	0.44—0.67	27	2.3
	S	0.02	2.91	0.01—0.02		2.0
+DEM	R	0.70	1.62	0.56—0.93	18	1.8
	S	0.04	5.11	0.04—0.04		1.0
Pirimiphos-methyl	R	0.83	2.12	0.70—0.98	14	
	S	0.06	4.25	0.05—0.06		
+PB	R	0.40	1.99	0.31—0.49	10	2.1
	S	0.04	3.87	0.04—0.04		1.5
+TBPT	R	0.31	1.96	0.22—0.39	8	2.7
	S	0.04	3.66	0.03—0.04		1.5
+DEM	R	0.63	2.09	0.52—0.74	21	1.3
	S	0.03	2.98	0.03—0.04		2.0
Propoxur	R	>300	—	—	>1700	
	S	0.17	2.10	0.15—0.21		
+PB	R	>300	—	—	>6000	>1.0
	S	0.05	2.73	0.04—0.06		3.4
+TBPT	R	>300	—	—	>4000	>1.0
	S	0.07	2.04	0.05—0.08		2.4
+DEM	R	>300	—	—	>4000	>1.0
	S	0.07	2.23	0.06—0.08		2.4

a.S: Susceptible strain; R: Lo-tung housefly population.

b. Resistance Ratio:  $LD_{50}$  for R strain /  $LD_{50}$  for S strain.

c. Synergistic ratio: nonsynergized  $LD_{50}$  / synergized  $LD_{50}$ .

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

安丹則超過 1700 倍。陳錦生、張森和 (1988)，饒連財、徐士蘭 (1980)，饒連財 (1982)，亦曾報導臺中、臺南地區之家蠅對馬拉松及安丹具相當高之抗性。Wang *et al.* (1985) 以安丹選汰出臺中 TC-9 家蠅對安丹之抗性可高達 5000 倍，顯示此地區家蠅已具備抗性族群之特質，乃為不可忽視的問題，此結果與朱耀沂等 (1990) 所偵測列為感性之宜蘭族群有明顯的差異，此差異或許因採集地區的不同所致，詳情尚待探究。

## 二、協力劑與供試藥劑之協力效果測定

就馬拉松而言，PB、TBPT 及 DEM 之協力倍數各為 2.0、4.0、2.0 倍；對二氯松各為 2.1、2.3 及 1.8 倍；對亞特松則各為 2.1、2.7 及 1.3 倍 (見表一)，除了 TBPT 對三種有機磷劑有較明顯之協力作用外，PB 及 DEM 之協力效果不甚顯著 (約 1 至 2 倍左右)，顯示酯酶可能參與羅東家蠅對三種不同有機磷劑之抗性機制，另一方面三種協力劑與安丹共用對羅東家蠅之協力作用僅略大於 1 倍，但對感性家蠅則分別有 3.4、2.4 及 2.4 倍之協力效應，推測有可能是羅東家蠅之乙酰膽鹼酯酶或靶標部位的敏感性降低所致。Wang *et al.* (1985) 研究 PB 與安丹共用對臺

中家蠅有 11.9 倍之協力效應，陳錦生、張森和 (1988) 則得到 4.7 倍，與本實驗之結果有部份的差距，是否有其它的因素涉及，值得進一步探討。

## 三、節間膜注射法之毒效測定

Welling and Paterson (1985) 以數學及圖解式探討昆蟲毒理動力學，說明表皮相對穿透速率及解毒作用之重要性，降低殺蟲劑對昆蟲表皮之穿透率是多種昆蟲對藥劑產生抗性之重要因子 (Oppenoorth and Welling, 1976)，表二為馬拉松、二氯松、亞特松及安丹以局部滴定及節間膜注射法之結果，在局部滴定法中抗、感性蟲之抗性倍數從 14 倍至大於 1700 倍，而節間注射法則從 10 倍至 345 倍，顯示節間膜注射之毒效遠較局部滴定為高，若比較局部滴定及節間膜注射法之抗、感性蟲之  $LD_{50}$ ，發現羅東家蠅之表皮抗性對亞特松有 1.4 倍、馬拉松 1.7 倍、二氯松 2.1 倍而安丹則超過 7.1 倍，顯示降低表皮之穿透速率是羅東家蠅重要的抗性因子，以對安丹之抗性最為明顯，二氯松次之，馬拉松再次之。由上述三種生物檢定法之綜合結果來看，羅東家蠅之主要抗性機制包括解毒酵素的強化及降低表皮穿透因子，然此兩項因

表二 四種殺蟲劑以局部滴定及節間注射法處理對感性品系及羅東地區家蠅之相對作用性比較

Table 2. Relative activity tested by topical application and intersegmental injection of four insecticides against susceptible and Lo-tung houseflies

Insecticide	Strain	Topical		Injection		Ratio (R / S) of Topical $LD_{50}$ / Injection $LD_{50}$
		$LD_{50}$ ( $\mu\text{g} / \text{fly}$ )	$LD_{50}$ ratio (R / S)	$LD_{50}$ ( $\mu\text{g} / \text{fly}$ )	$LD_{50}$ ratio (R / S)	
Malathion	R <sup>a</sup>	>200	> 600	31.06	345	>1.7
	S <sup>a</sup>	0.32		0.09		
Dichlorvos	R	1.24	31	0.15	15	2.1
	S	0.04		0.01		
Pirimiphos-methyl	R	0.83	14	0.29	10	1.4
	S	0.06		0.03		
Propoxur	R	>300	>1700	4.82	241	>7.1
	S	0.17		0.02		

a. S: Susceptible strain; R: Lo-tung housefly population.

子並不能概括解釋羅東家蠅族群之抗性機制；Wang *et al.* (1985)曾提出臺中家蠅抗安丹之機制為多因子，且至少包括轉化型之乙醯膽鹼酯酶，脂族酯酶及其它解毒酵素活性之強化，而這種情況也可在羅東家蠅發現到。

#### 四、家蠅活體外酵素活性之比較

表三為感性及羅東家蠅活體外數種酵素活性之比較，結果發現羅東家蠅乙醯膽鹼酯酶之活性較感性高 2.8 倍，麩胱苷肽-S-轉基酶若以 DCNB 及 CDNB 為基質，羅東家蠅分別高 1.9 倍及 1.5 倍，然羅東家蠅之酯酶活性僅及感性家蠅之 0.8 倍，雙功能加氧酶系統中之 O- 或 N- 去甲基作用，羅東家蠅較感性蟲分別高 1.3 及 1.5 倍，顯示乙醯膽鹼酯酶及雙功能加氧酶及部分之麩胱苷肽-S-轉基酶為

較重要之抗性因子，而酯酶則呈現抗性蟲反而有較低之活性，有多位學者(van Asperen, 1962; Bigley and Plapp, 1960; Wang *et al.*, 1985)曾指出抗性家蠅其脂族酯酶 (ali-esterase) 活性較感性為低。Oppenoorth and van Asperen (1960)更提出轉變型脂族酯酶之理論，即抗有機磷劑之家蠅含有由脂族酯酶轉變來之磷酸酶，因體內脂族酯酶之含量相對的減少故活性較低而磷酸酶在代謝有機磷劑時為可逆之反應，因此得以重覆使用，此乃為酵素之質變引起之抗性。

表四為感性及羅東家蠅乙醯膽鹼酯酶對四種抑制劑敏感性之比較，結果發現羅東家蠅乙醯膽鹼酯酶對毒扁豆鹼之不敏感性達 966 倍、PHMB 為 560 倍、安丹為 48 倍、對

表三 感性品系及羅東地區家蠅活體外數種酵素活性之比較

Table 3. *In vitro* enzyme activity in homogenate preparation of susceptible and Lo-tung houseflies

Enzyme	Strain	Specific activity ( nmole / min / mg protein )	Ratio ( R / S )
Acetylcholinesterase	R <sup>a</sup>	414.1 ± 18.2 <sup>e</sup>	2.8
	S <sup>a</sup>	147.5 ± 5.5	
Esterase	α-NA <sup>b</sup>	R	121.5 ± 4.0
		S	147.8 ± 6.8
	β-NA <sup>b</sup>	R	100.5 ± 11.3
		S	131.0 ± 0.9
Glutathione-S-transferase	DCNB <sup>c</sup>	R	10.6 ± 1.8
		S	5.7 ± 1.1
	CDNB <sup>c</sup>	R	123.3 ± 4.3
		S	83.2 ± 1.4
Microsomal oxidase	<i>p</i> -nitroanisole	R	0.9 ± 0.4
		S	0.7 ± 0.3
	PCMA <sup>d</sup>	R	15.5 ± 0.3
		S	10.7 ± 2.0

a.S: Susceptible strain; R: Lo-tung housefly population.

b.α-NA: α-naphtyl acetate; β-NA:β-naphtyl acetate.

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

d.PCMA: *P*-chloro-*N*-methylaniline.

e.Results are the means ± SD of three replications.

表四 感性品系及羅東地區家蠅乙醯膽鹼酯酶對四種抑制劑之敏感比較

Table 4. Sensitivity of acetylcholinesterase of susceptible and Lo-tung houseflies to four inhibitors

Inhibitor	I <sub>50</sub> (M)		Ratio of I <sub>50</sub> R/S
	R <sup>a</sup>	S <sup>a</sup>	
Eserine	4.8×10 <sup>-9</sup>	5.0×10 <sup>-12</sup>	960
PHMB <sup>b</sup>	5.6×10 <sup>-4</sup>	1.0×10 <sup>-6</sup>	562
Propoxur	4.8×10 <sup>-6</sup>	1.0×10 <sup>-7</sup>	48
Paraoxon	1.6×10 <sup>-5</sup>	6.3×10 <sup>-6</sup>	3

a.S: Susceptible strain; R: Lo-tung housefly population.

b.PHMB: *p*-hydroxymercuribenzoate.

氧磷巴拉松為3倍；顯示羅東家蠅乙醯膽鹼酯酶活性之增高及不敏感性為相當重要之抗性因子，Wang *et al.* (1985)也指出臺中之TC-9品系家蠅其膽鹼酯酶活性為感性家蠅之2.8倍，而此酵素對安丹之不敏感性高達一千倍，其它學者(Hama, 1983; Hemingway, 1986; Tripathi and O'Brien, 1973)亦提出抗性家蠅之乙醯膽鹼酯酶對殺蟲劑較感性家蠅不敏感，但降低乙醯膽鹼酯酶之敏感性只能延長昆蟲死亡時間，另需配合代謝解毒功能，方能增強昆蟲的抗藥性(Hama, 1983)。

顯然乙醯膽鹼酯酶活性之增高及不敏感性、表皮穿透率之減緩及其它代謝性酵素活性之強化等因子控制羅東家蠅之主要抗性機制，而這些抗性機制可能亦是造成本省家蠅抗性愈來愈高之原因，這是一個相當值得重視的問題。本實驗針對羅東家蠅對四種常用環境衛生殺蟲劑之抗藥性，提供了抗性發生之情形及其可能主要抗性機制。

## 誌謝

本研究承蒙環保署補助經費(EPA-80-E3 J1-09-06)，省農試所應用動物系鄭允博士提供感性家蠅，兩位未具名審稿委員提供寶貴意見及熱心指正，文成後承蒙中央研究院動物所研究員周延鑫博士及國立臺灣大學植物

病蟲害學系教授徐爾烈博士之斧正，謹此一併誌謝。

## 參考文獻

- 朱耀沂、徐爾烈、王正雄。1990。臺灣地區家蠅抗藥性發生之監測及預測。行政院環境保護署。37 pp。
- 陳錦生、張森和。1986。本省家蠅抗藥性之研究。臺灣環境衛生 18: 96-101。
- 陳錦生、張森和。1988。常用殺蟲劑添加協力劑防治蒼蠅之藥效試驗。臺灣環境衛生 20: 61-70。
- 饒連財、徐士蘭。1980。臺灣地區蒼蠅抗藥性之研究，有機磷及氨基甲酸鹽對臺中區蒼蠅之藥效研究。臺灣環境衛生 12: 57-64。
- 饒連財。1982。臺灣地區蒼蠅抗藥性之研究，有機磷及氨基甲酸鹽對臺南市區蒼蠅之藥效研究。臺灣環境衛生 13: 76-82。
- 饒連財。1985。有機磷及氨基甲酸鹽殺蟲劑對臺灣地區家蠅之毒效。臺灣環境保護 8: 15-23。
- 林見史、廿日出正美。1974。臺灣產家蠅對數種殺蟲劑之感受性測定。防蟲科學 39: 63-65。



- Aldridge, W. W.** 1950. Some properties of specific cholinesterase with particular reference to the mechanism of inhibition by diethyl *p*-nitrophenyl thiophosphate (E605) and analogus. *Biochem. J.* 46: 451-460.
- Asperen, K. van.** 1962. A study of housefly esterase by means of a sensitive colorimetric method. *J. Insect Physiol.* 8: 401-416.
- Bigley, W. S., and F. W. Plapp, Jr.** 1960. Cholinesterase and aliesterase activity in organophosphate susceptible and resistant house flies. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 53: 360-364.
- Bradford, M. M.** 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of micogram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- Brown, A. W. A., and R. Pal.** 1971. Insecticide resistance in arthropods. WHO. Geneva. pp. 255-387.
- 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.
- Eto, M.** 1977. Organophosphorus pesticides: Organic and biological chemistry. 387 pp. CRC Press. Ohio, USA.
- 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.
- Hemingway, J., C. Smith, K. G. I. Jayawardena, and P. R. J. Herath.** 1986. Field and laboratory detection of altered acetylcholinesterase resistance genes which confer organophosphate and carbamate resistance in mosquitoes (Diptera: Culiidae). *Bull. Entomol. Res.* 76: 559-565.
- 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 enzymic demethylation of *p*-chloro-*N*-methylaniline. Assay of aniline and *p*-chloroaniline. *Anal. Biochem.* 17: 502-512.
- Maa, W. C. J., and L. C. Terriere.** 1983. Age-dependent variation in enzymetic and electrophoretic properties of house fly (*Musca domestica*) carboxylesterases. *Comp. Biochem. Physiol.* 74: 461-467.
- Molloy, F. M.** 1961. The histochemistry of the cholinesterases in the central

- nervous system of susceptible and resistant strain of the house fly, *Musca domestica* L. in relation to diazinon poisoning. Bull. Entomol. Res. 52: 667-681.
- Motoyama, N., A. P. Kulkarni, E. Hodgson, and W. C. Dauterman.** 1978. Endogenous inhibitors of glutathione-S-transferase in houseflies. Pestic. Biochem. Physiol. 9: 255-262.
- Oppenoorth, F. J., and K. van Asperen.** 1960. Allelic genes in the housefly producing modified enzyme that cause organophosphate resistance. Science 132: 298-299.
- 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.
- 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: 495-498.
- Ugaki, M., T. Abe, J. I. Fukami, and T. Shono.** 1983. Electrophoretic analysis of nonspecific esterases and acetylcholinesterase from the housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) with reference to organophosphorus insecticide resistance. Appl. Ent. Zool. 18: 447-455.
- 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.
- Welling, W., and G. D. Paterson.** 1985. Toxicodynamics of insecticides. pp. 603-645 in G. A. Kerknt and L. I. Gilbert, eds. Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology. Vol. 12. Pergamon Press. Oxford.
- Yu, S. J., and L. C. Terriere.** 1979. Cytochrome *p*-450 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：1992年2月19日

接受日期：1992年12月28日