

醫學昆蟲의 殺虫劑抵抗性에 關한 研究

第3編 韓國모기의 殺虫劑感受性에 對하여

Studies on Insecticide Resistance of Medical Insects

Part III: On Insecticide Susceptibility of Mosquitoes in Korea

서울大學校 醫科大學 豫防醫學敎室

〈指導 金 仁 達 敎授〉

具 彙 書

目 次

- I. 緒 論
- II. 實驗資料 및 方法
 - 1. 實驗資料
 - A. 供試昆蟲
 - B. 供試殺虫劑
 - 2. 實驗方法
 - A. 幼虫實驗
 - B. 成虫實驗
 - C. LC-50의 算出
- III. 實驗成績
- IV. 考 按
- V. 總括 및 結論

I. 緒 論

醫學昆蟲도 一般動物과 같이 生物學的不均衡(Biological unbalance), 環境的不適合(Environmental unfitness) 그리고 生物殺戮操作(Biological lethal procedure)에 의하여 그 存在가 危害롭게 된다. 即 天敵이 強해 짐으로서 環境이 淨化됨으로서 또 殺虫劑에 露出시킴으로서 醫學昆蟲을 減少 乃至絶無케 하는것이 그 管理原則이다. 이 中 最近 強力한 偉力을 發揮케된 殺虫劑는 醫學昆蟲의 管理方法으로서 廣範圍하게 使用되는것이 現實인데 殺虫劑의 種別도 勿論이러니와 그 使用方法도 여러가지가 알려져 있다. 그러나 漸次 殺虫劑에 對한 抵抗性이 報告되어 殺虫劑의 抵抗性은 多少 또는 早晚의 差는 있으나 不可分의 關聯이 認定되는 것 같다.

殘効性殺虫劑의 殘留噴霧法은 처음 南美의 英領 Guiana 및 Venezuela 의 마라리아撲滅事業에 應用되어 效果가 顯著한 것이 認定되었다. 그러나 Greece 에서는 全國의

으로 DDT 殘留噴霧가 施行된지 6年後인 1951 年에 *Anopheles sacharovi* 의 DDT 抵抗性이 發見되었다. 이것은 그 翌年 Skala-Peloponnese 地方의 *A. sacharovi* 의 成虫이 DDT 에 確實히 抵抗한다는 것이 Livadas 및 Georgopoulos 兩氏²¹⁾에 의해서 實驗의으로 證明되었다.

DDT 抵抗性은 또한 美國의 *A. quadrimaculatus* 幼虫에서도 나타났고¹⁹⁾ 特히 Indonesia 의 *A. sundaicus*¹²⁾와 Iran 의 *A. stephensi*²³⁾의 DDT 抵抗性은 殘留噴霧施行後에 마라리아流行의 再燃을 惹起하여 많은 論議를 일으켰다.

그리고 Northern Nigeria 의 *A. gambiae* 는 dieldrin 抵抗性이 報告되었고¹⁴⁾ Liberia 에서는 γ -BHC 와 dieldrin 은 *Anopheles* 殺滅에는 無用之物이 되었다⁶⁾. 이와같은 世界各地에서의 *Anopheles* 屬의 殺虫劑抵抗種의 漸增은 마라리아撲滅上의 最大의 技術的困難點으로서 注目되고 있다.

한편 *Culex* 屬모기의 殺虫劑抵抗性은 Mosna (1949)²⁴⁾ 에 의해서 Italy 의 Latina 地方에서 처음 發見되었다. 氏는 過去 1年間 house-spraying 을 實施한 同地方의 *Culex pipiens* 는 5gm/m² 濃度로 DDT 殘留噴霧한 壁에 앉아서 3日間이나 生存하는데 反하여 試驗室飼育의 DDT 非接觸 *C. pipiens* 는 같은 濃度에 不過 3~5時間밖에 生存하지못함을 알았다.

이와같은 *C. pipiens* 의 抵抗性의 現象은 곧이어 Greece ²¹⁾와 Morocco¹⁵⁾에서도 觀察되었다.

Turkey 의 Izmir 地方에서도 1951~1952 兩年間 幼虫 殺滅策으로 DDT 를 使用한 後 *C. pipiens* 幼虫이 抵抗性을 나타냈다고 報告되었다¹⁸⁾.

또한 Jerusalem 에서는 dieldrin 을 使用한 後 1年間은

有効하였으나 곧 그 地方의 *C. pipiens* 가 同藥劑에 抵抗性을 招來하였다는 것이 報告되었다¹⁷⁾.

北美大陸産의 *C. pipiens* 에 對해서는 Crandell(1954)¹³⁾는 DDT가 많이 撒布된 Ohio州 Toledo 地方의 모기 幼虫은 DDT가 使用되지 않은 地方의 幼虫에 比해서 DDT에 對하여 顯著하게 낮은 致死虫率을 나타냈다고 報告하였다. 그러나 反面 1956年 U.S. Desplains Valley Mosquito Abatement District 에서는 1953~1955年間 *C. pipiens* 幼虫의 抵抗性을 試驗한 結果 8年間에 걸쳐서 DDT가 많이 撒布된 Illinois州 Lyons 地方의 모기 幼虫은 DDT에 對해서 輕微한 抵抗性을 招來하였을뿐 이라고 報告하였다²⁰⁾.

東亞의 *C. pipiens* 에 關해서는 日本東京都의 美軍406 醫學研究所에서 1954年 日本의 *C. pipiens* 幼虫의 DDT外 4種의 殺虫劑에 對한 感受性을 調査한 報告가 있으며¹⁾ 1955年 Gentry 및 Hubert (1957)¹⁶⁾는 琉球에서 *C. pipiens* 와 分類學上 近緣인 *C. quinquefasciatus* 幼虫의 各種 殺虫劑에 對한 抵抗性을 實驗하여 抵抗性의 増大가 顯著하였음을 報告하였다.

그리고 最近 鈴木 및 水谷(1962)²⁸⁾는 日本産 *C. pipiens* 의 21個地域에서 採集한 colony 에 對해서 殺虫劑 抵抗性을 比較檢討하였다. 國內에서는 白²⁶⁾이 1959年 서울 地方의 *C. pipiens* 幼虫에 對한 DDT, γ -BHC, malathion 의 致死效果를 測定한 바 있다.

Aedes 屬 모기에 關해서는 黃熱의 媒介種인 *Aedes aegypti* 의 殺虫劑 感受性이 熱帶各處에서 報告되어 있으며 本種의 感受性은 *Culex* 와 *Anopheles* 의 中間인 것으로 보고 있다^{5, 30)}.

韓國에서 *A. sinensis* 는 *Plasmodium vivax* 의 媒介種임이 確認되었고²⁷⁾ 日本腦炎은 *Culex tritaeniorhynchus* 가 疫學的으로 優勢한 媒介種이며 또한 *C. pipiens* 도 本病流行에 關與하는 것으로 推測된다. 濟州島에서 糸狀虫症은 *Aedes togoi* 에 의해서 傳播되는 것으로 推測되고 있다²⁰⁾.

著者는 아직 國內에서 모기의 殺虫劑에 對한 反應에 關한 研究가 殆無함에 비추어 國內에서 *Anopheles*, *Culex*, *Aedes* 의 各屬中에서 가장 普遍的인 種類인 *Anopheles hyrcanus sinensis* Wiedemann, *Culex pipiens pallens* Coquillett, *Aedes vexans nipponii* Theobald 의 殺虫劑 感受性의 base-line 을 測定하므로써 將次 逢着할 런지도 모를 抵抗性問題를 다루는데 있어서 基礎資料를 提供하기 위하여 本實驗을 企圖하였다.

II. 實實資料 및 方法

1. 實驗資料

A. 供試昆蟲: 殺虫劑의 生物試驗을 할 때에는 供試昆

虫은 同一環境에서 生育된 同一系의 昆蟲의 同一發育段階의 個體를 使用하여야만 正確한 成績을 얻을 수 있다.

本實驗에 使用한 *C. pipiens* 幼虫은 서울市郊外 鷹岩洞에서 그 卵塊를 採集 孵化시킨 것이고 *A. sinensis* 幼虫은 京畿道楊平郡에서 같은 棲息場所에서 採集하여 供用하였다. 蒸溜水 1000cc에 magnesium sulfate 1.0gm, calcium sulfate 0.5gm 및 sodium chloride 0.5gm 을 加한것을 幼虫飼育水로 하고 먹이로서는 beer-yeast 를 少量씩 給與하였다. 그리고 實驗에는 第3齡 및 第4齡의 幼虫을 供用하였다.

成虫試驗에 供用한 모기는 *A. sinensis* 와 *C. pipiens* 는 幼虫試驗한 幼虫群의 殘餘를 羽化시킨것을 使用하였으며 *Aedes vexans nipponii* 는 京畿道楊平郡에서 幼虫을 採集하여 實驗室에서 羽化시킨 것이다.

B. 供試殺虫劑: 通常 모기驅虫作業에 있어서 幼虫에 對하여는 DDT, γ -BHC 의 溶液, 乳液과 malathion 液體가 有用하다. 成虫에 對해서는 殘効性殺虫劑의 殘留噴霧가 有効하며 여기에는 DDT 와 dieldrin 과 같은 殘留性이 比較的 長期間持續되는 殺虫劑가 推薦되고 있다.

따라서 本實驗에서 幼虫에 對해서는 DDT, γ -BHC 및 malathion, 成虫에 對해서는 DDT 및 dieldrin 을 選擇하였다.

供用殺虫劑의 規格은 다음과 같다.

p,p' -DDT, E.S.A. standard (technical grade), γ -BHC E.S.A standard (technical grade), malathion (technical grade, American Cynamid Co. 製品), DDT (p,p' -isomer) 및 dieldrin (純化 HEOD) 의 浸漬紙 (溶媒 Risella 17, shell, WHO 供給品).

2. 實驗方法

A. 幼虫實驗: The U.S. Armed Forces Pest Control Board²⁾에서 制定한 基準에 依據하여 各殺虫劑 原劑를 acetone 에 溶解하여 各各 下記濃度の 溶液으로 하였다.

殺虫劑原劑	0.25gm + 25cc (1:100)	A 溶液
A 溶液	1cc + 24cc (1:2,500)	B 溶液
B 溶液	2cc + 18cc (1:25,000)	C 溶液
B 溶液	2cc + 38cc (1:50,000)	D 溶液
D 溶液	5cc + 45cc (1:500,000)	E 溶液

beaker 에 蒸溜永를 約 200cc 程度 注入하고 여기에 모기 幼虫을 20 마리씩 넣은 다음 beaker 內에 蒸溜水容量이 正確히 200cc 가 되도록 蒸溜水를 다시 注入한 後 여기에 上記 殺虫劑溶液을 아래와 같은 用量으로 注入하였다.

濃度 (p.p.m.)	殺虫劑溶液用量
0.3	1.5 cc 의 C 溶液 + 200cc 의 蒸溜水
0.2	1.0 cc 의 C 溶液 + // //
0.15	1.5 cc 의 D 溶液 + // //

0.1	1.0 cc 의 D 溶液+	2 cc 의 蒸溜水
0.075	0.75 cc 의 D 溶液+	// //
0.05	0.5 cc 의 D 溶液+	// //
0.025	0.25 cc 의 D 溶液+	// //
0.01	1.0 cc 의 E 溶液+	// //
0.005	0.5 cc 의 E 溶液+	// //
對照群	1.5cc~0.5cc 의 acetone+	// //

室溫에서 모기幼虫을 各濃度의 殺虫劑에 24時間 接觸시킨 後 致死虫을 計算하였다.

이미 蛹化된 虫은 計算에서 除外하였으며 供試幼虫의 10% 以上이 蛹化된 區는 廢棄하였다.

B. 成虫實驗: 世界各地的의 모기의 抵抗性의 水準을 同一한 標準에서 測定할 수 있도록 考案되어 WHO에 採擇된 Busvine-Nash 方法¹⁰⁾을 使用하였다.

實驗裝置는 WHO에서 供給된 test-kit를 使用하였다. 殺虫劑浸漬紙의 適用濃度의 範圍는 豫備試驗의 結果 50%以下 및 100%致死虫率을 얻는데 必要한 濃度를 大體로 決定한다음 DDT 浸漬紙는 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0%의 濃度의 것을, dieldrin 浸漬紙는 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 및 0.8% 濃度의 것을 使用하고 對照群에는 溶媒(蠟油)만이 油浸된 「페-파」를 使用하였다.

實驗手技는 上記各濃度의 浸漬紙를 test-kit의 露出管에 裝填한다음 이 管속에 成虫 20마리 内外를 넣어 殺虫劑浸漬紙에 強制接觸시킨다음 紙製琺에 옮겨 24時間後의 致死虫率을 計算하였다.

이때 該當種以外的의 모기는 除外하였다.

C. LC-50의 算出: 生物群內에 있어서 毒物에 對한 抵抗性은 橫軸에 藥物의 濃度의 對數를 取하고 縱軸에 藥量에 對한 致死率을 取할때 正規分布曲線을 이룬다는 理論에 立脚하여 Bliss(1934 1935)^{3,4)}는 濃度-致死虫率曲線의 統計學的意義를 明白히 하였다. 著者는 本實驗에서 얻은 結果에 對하여 Bliss氏의 probit analysis法을 採用하여 LC-50을 算出하였다. 이 probit analysis의 考察方法은 藥物의 毒性試驗에 널리 應用되고있으며 大澤 및 長澤(1947)²⁵⁾는 이方法을 殺虫劑의 生物檢定法에 導入하여 抵抗性의 標準偏差, 殺虫能率, 中央致死量, 有效致死量 有效度等の 算出方法을 發展시켰다.

Ⅲ. 實驗成績

每回의 幼虫實驗의 結果 및 處理群과 對照群을 對照하여 補正한 處理群의 平均致死 虫率을 表示하면 第1表와 같다.

Table 1. Percent mortalities of mosquito larvae in Korea exposed to insecticides for 24 hours.

Species of mosquitoes	Insecticide concentrations (p.p.m.)	Tests								Totals		Average per cent mortalities	Mortalities corrected by Abbott's formula
		Replicate 1		Replicate 2		Replicate 3		Replicate 4		D	T		
		D	T	D	T	D	T	D	T				
<i>Anopheles sinensis</i>	<i>p,p'</i> -DDT												
	0.1	20	20	20	20	20	20	20	20	80	80	100	100
	0.075	18	20	17	19	18	20	18	20	71	79	89.9	89.9
	0.05	14	20	12	20	16	20	14	20	56	80	70.0	70.0
	0.025	7	20	9	21	5	20	7	20	28	81	34.6	34.6
	0.01	2	20	1	20	3	20	2	20	8	80	10.0	10.0
	Control	0	20	0	20	0	20	0	20	0	80	0.0	
<i>γ</i> -BHC	0.2	20	20	20	20	20	20	20	20	80	80	100	100
	0.1	16	20	15	21	14	20	17	20	62	81	76.5	75.9
	0.075	12	20	11	19	9	20	14	20	46	79	58.2	57.1
	0.05	4	18	6	20	5	20	3	19	18	77	23.3	21.3
	0.025	2	18	2	19	3	20	4	21	11	78	14.1	11.9
	Control	2	20	0	20	0	20	0	20	2	80	2.5	
malathion	0.2	20	20	20	20	21	21	20	20	81	81	100	100
	0.1	16	20	16	21	14	19	17	20	63	80	78.8	78.3
	0.075	7	17	8	20	6	20	8	20	29	77	37.8	36.2
	0.05	7	20	6	19	5	20	6	19	24	78	30.8	29.0
	0.025	1	19	1	20	2	20	1	20	5	79	6.3	3.9
	Control	1	20	0	20	1	20	0	20	2	80	2.5	

<i>Culex pipiens</i>	<i>p,p'</i> -DDT												
	0.15	17	20	19	20	19	21	17	20	72	81	88.9	88.2
	0.1	12	19	11	20	14	18	9	21	46	78	58.9	56.2
	0.05	9	20	8	20	7	20	8	20	32	80	40.0	36.0
	0.025	3	21	2	20	2	19	4	20	11	80	13.8	8.1
	Control	1	20	2	20	1	20	1	21	5	81	6.2	
	γ -BHC												
	0.1	19	20	20	20	19	21	19	20	77	81	95.1	94.8
	0.075	20	20	19	20	18	21	17	20	74	81	91.4	90.9
	0.05	15	20	14	20	17	20	13	20	59	80	73.8	72.5
	0.025	7	20	8	19	7	20	9	21	31	80	38.8	35.6
	0.01	3	19	2	21	1	19	4	20	10	79	12.7	8.2
	Control	0	20	1	20	1	20	2	21	4	81	4.9	
	malathion												
	0.2	18	20	19	20	17	20	19	20	73	80	91.2	90.9
0.075	15	20	18	21	14	19	16	20	63	80	78.8	77.9	
0.05	12	19	14	20	11	19	10	20	47	78	60.3	58.7	
0.025	10	20	8	20	7	20	8	20	33	80	41.3	38.9	
0.01	7	20	4	19	5	19	4	20	20	78	25.6	22.7	
0.005	2	20	1	19	2	20	3	21	8	80	10.0	6.4	
Control	1	20	0	20	2	20	0	20	3	80	3.8		

Note: D.....Dead T.....Total

A. sinensis 는 DDT 에 對하여 0.01p.p.m.에서 10.0%, 0.1 p.p.m. 에서 100%, γ -BHC 에서는 0.025 p.p.m. 에서 11.9%, 0.2 p.p.m. 에서 100%, malathion 에서는 0.025 p.p.m. 에서 3.9%, 0.2 p.p.m. 에서 100% 의 平均致死虫 率을 나타냈다.

0.15 p.p.m. 에서 88.2%, γ -BHC 에서는% 0.01 p.p.m. 에 서 8.2%, 0.1 p.p.m. 에서 94.8%, malathion 에서는 0.005 p.p.m. 에서의 6.4%, 0.2 p.p.m. 에서 90.9% 의 平均致死虫 率을 나타냈다.

그리고 每回의 成虫實驗의 結果및 補正한 平均致死虫 率을 表示하면 第2表와 같다.

C. pipiens 는 DDT 에서는 0.025 p.p.m. 에서 8.1%,

Table 2. Percent mortalities of adult mosquitoes in Korea exposed to insecticides for 24 hours

Species of mosquitoes	Insecticide concentrations (%)	Tests								Totals		Average per cent mortalities	Mortalities corrected by Abbott's formula
		Replicate 1		Replicate 2		Replicate 3		Replicate 4					
		D	T	D	T	D	T	D	T	D	T		
<i>Anopheles sinensis</i>	<i>p,p'</i> -DDT												
	4.0	20	20	20	20	20	20	20	20	80	80	100	100
	2.0	15	20	12	20	16	20	15	20	58	80	72.5	70.3
	1.0	4	20	3	20	4	20	5	20	16	80	20.0	13.5
	0.5	2	20	1	20	3	19	3	20	9	79	11.3	4.1
Control	2	20	1	20	2	20	1	20	6	80	7.5		
dieltrin	0.8	20	20	22	22	20	20	20	20	82	82	100	100
	0.4	21	21	20	22	21	21	21	21	83	85	97.6	97.3
	0.2	15	21	16	21	17	22	15	20	73	84	86.9	85.5
	0.1	10	20	11	21	10	21	11	20	42	82	51.2	45.9
	0.05	5	21	5	20	4	20	4	20	18	81	22.2	13.7
	Control	2	20	3	21	1	20	2	21	8	82	9.8	

<i>Culex pipiens</i>	<i>p,p'</i> -DDT	4.0	8	19	14	20	17	20	16	20	55	79	69.6	68.4	
		2.0	7	21	8	19	9	19	10	20	34	79	43.0	40.1	
		1.0	5	19	6	19	7	20	6	20	24	78	30.8	27.9	
		0.5	4	20	3	20	5	20	3	20	15	80	18.8	15.5	
		Control	1	19	1	19	1	20	0	19	3	77	3.9		
	dieltrin	1.6	15	15	17	17	15	15	16	16	73	73	100	100	
		0.8	17	19	18	19	17	20	18	19	70	77	90.9	90.4	
		0.4	15	20	17	19	19	20	14	20	65	79	82.3	81.4	
		0.2	4	18	6	19	8	20	8	19	26	76	34.2	30.9	
		0.1	0	17	0	17	0	18	0	18	0	70	0.0	0.0	
		Control	1	21	1	20	0	20	2	22	4	83	4.8		
	<i>Aedes vexans nipponii</i>	<i>p,p'</i> -DDT	4.0	18	20	20	20	18	20	18	20	76	80	95.0	95.0
			2.0	0	20	7	20	8	20	9	20	34	80	42.5	42.5
1.0			2	18	2	20	2	20	2	20	8	80	10.0	10.0	
0.5			0	20	0	19	0	20	0	20	0	79	0.0	0.0	
Control			0	19	0	20	0	19	0	20	0	78	0.0	0.0	
dieltrin		0.8	19	20	19	20	19	20	19	20	76	80	95.0	95.0	
		0.4	11	20	10	20	10	20	12	20	43	80	53.7	53.7	
		0.2	7	20	5	19	6	20	6	19	24	78	30.8	30.8	
		Control	0	20	0	20	0	20	0	20	0	80	0.0		

D..... Dead, T..... Total

A. sinensis 는 DDT 에 대하여 0.5% 및 4.0% 濃度에서 各各 4.1%, 100%, dieltrin 에서는 0.05% 및 0.8% 濃度에서 各各 13.7%, 100% 의 平均致死虫率을 나타냈다.

C. pipiens 는 DDT 에서는 0.5% 및 4.0% 濃度에서 各各 15.5%, 68.4%, dieltrin 에서는 0.1% 및 1.6% 濃度에서 各各 0.0%, 100% 의 平均致死虫率을 나타냈다.

Ae. vexans nipponii 는 0.5% 및 4.0% 濃度에서 各各 0.0%, 95.0%, dieltrin 에서 0.2% 및 0.8% 濃度에서 30.8%, 95.0% 의 平均致死虫率을 나타냈다.

幼虫과 成虫에 있어서 各種別에 따르는 感受性의 水準의 比較를 精密히 하기 위해서 Bliss 의 probit 變換法을 第 1, 2 表의 成績에 適用하며 藥劑濃度-致死虫率의 關係를 回歸方程式 $y=5+b(x-m)$ 에 求한 結果는 第 1, 2, 3, 4, 5 圖과 같다. 第 3, 4 表에서 b 는 作用係數이며 여기에서는 致死能率이 되며 求하고있는 回歸直線의 角係數이다.

그 逆數 $1/b=\sigma$ 는 變換된 抵抗性의 正規分布曲線의 標準偏差가 된다. 이 σ 의 값이 적을수록 直線의 勾配가 急하고 濃度가 높아짐에 따라 致死虫率이 急速히 上昇하는것을 나타낸다. m 는 致死虫率分布曲線의 中央値의 逆對數值이고 $M=\log^{-1}m$ 는 中央致死藥量이다.

幼虫에 對한 各殺虫劑의 LC-50 은 *A. sinensis* 에 對하

여 DDT 는 0.027 p.p.m., γ BHC 은 0.074 p.p.m., malathion 은 0.065 p.p.m. 으로 算出되었으며 *C. pipiens* 에 對하여 DDT 는 0.064 p.p.m., γ -BHC 은 0.030 p.p.m., malathion 은 0.029 p.p.m. 으로 算出되었다.

成虫에 對한 各殺虫劑의 LC-50 은 *A. sinensis* 에 對하여 DDT 는 1.33%, dieltrin 은 0.09%, *C. pipiens* 에 對하여 DDT 는 2.22%, dieltrin 은 0.28%, *Ae. vexans nipponii* 에 對하여 DDT 는 2.16%, dieltrin 은 0.31% 로 나타냈다.

IV. 考 按

幼虫實驗結果를 種別로 比較할때 *A. sinensis* 는 DDT 에 對해서 *C. pipiens* 에 比하여 보다 感受性이 있으나 *C. pipiens* 는 γ -BHC 와 malathion 에 對해서 感受性이 若干 크다. 著者의 *Anopheles* 에 對한 成績과 比較할 外國에서의 成績은 아직껏 發表된것이 없으나 一般의으로 *Anophels* 屬의 DDT 에 對한 耐藥量은 *Culex* 屬의 그것 보다 弱한 것으로 認識되고 있으며 本實驗에서도 역시 같은 傾向을 窺볼 수 있었다. 本實驗에서 얻은 *C. pipiens* 幼虫에 對한 各殺虫劑의 LC-50 과 日本의 *C. pipiens* 에 對한 LC-50 을 比較하면 第 5 表와 같다.

Table 3. Summary of the further statistical analyses on the experimental data in Table 1.

Species of mosquitoes	Insecticides	Regression equations	Regression coefficients b	Standard deviations σ	log median lethal doses m	Median lethal doses M(p.p.m)
<i>Anopheles sinensis</i>	<i>p,p'</i> -DDT	$5.33911+3.047(x-0.88602)$	3.047	0.3282	0.7780	0.027
	γ -BHC	$5.15781+3.623(x-1.14429)$	3.623	0.2760	1.1007	0.074
	malathion	$5.08304+4.115(x-1.16241)$	4.115	0.2429	1.1423	0.065
<i>Culex pipiens</i>	<i>p,p'</i> -DDT	$5.25112+2.257(x-1.18749)$	2.257	0.4431	1.0762	0.064
	γ -BHC	$5.37936+3.973(x-0.87981)$	3.973	0.2517	0.7843	0.030
	malathion	$5.04997+1.751(x-0.79384)$	1.751	0.5711	0.7653	0.029

Table 4. Summary of the further statistical analyses on the experimental data in Table 2.

Species of mosquitoes	Insecticides	Regression equations	Regression coefficients b	Standard deviations σ	log median lethal doses m	Median lethal doses M(%)
<i>Anopheles sinensis</i>	<i>p,p'</i> -DDT	$5.25406+3.702(x-1.49562)$	3.702	0.2701	1.4271	1.33
	dieldrin	$5.16799+1.474(x-0.36675)$	1.474	0.6803	0.2527	0.09
<i>Culex pipiens</i>	<i>p,p'</i> -DDT	$4.79608+1.333(x-1.49400)$	1.333	0.7519	1.6471	2.22
	dieldrin	$4.98988+3.907(x-0.74526)$	3.907	0.2560	0.7433	0.28
<i>Aedes vexans nipponii</i>	<i>p,p'</i> -DDT	$4.96557+2.802(x-1.62261)$	2.802	0.3569	1.6349	2.16
	dieldrin	$5.13937+3.329(x-0.85241)$	3.329	0.3004	0.7942	0.31

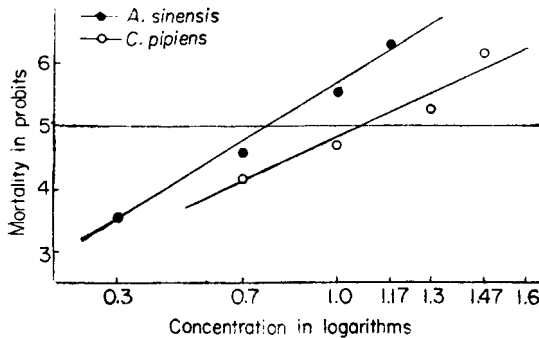


Fig. 1. Concentration-mortality regression lines of larvae of *Anopheles sinensis* and *Culex pipiens* obtained by DDT application.

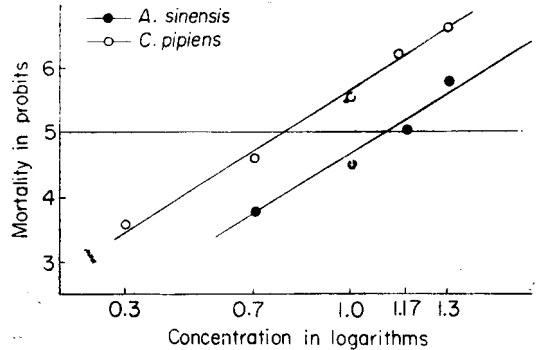


Fig. 2. Concentration-mortality regression lines of larvae of *Anopheles sinensis* and *Culex pipiens* obtained by BHC application.

日本の所澤 및 Johnson Air Base의 *C. pipiens*⁽¹⁾는 DDT가 大量撒布된 美空軍基地의 것으로서 1954년에 이미 DDT에 對한 耐性이 現在의 서울의 *C. pipiens*보다 約 3倍程度이다. 그리고 當時 γ BHC와 malathion은 사용된지 얼마 되지 않았던 탓인지 이들 藥劑에 對한 耐性은 現在의 서울의 *C. pipiens*에 對한 LC-50과 大同小異하다.

最近 東京에서 採集하여 測定한 *C. pipiens*의 DDT에

對한 耐性⁽²⁾은 現在의 서울의 *C. pipiens*에 比해 約10倍以上 耐性이 強한것이 注目을 끌며 殺虫劑의 頻繁, 大量使用이 昆虫의 抵抗性의 發展增大를 招來하는 것을 明示한 좋은 例로 생각된다.

이와같은 實例은 美國에서도 提示되어 있는데 New Jersey州에서 DDT를 5年間 撒布한 Hoboken地方의 *C. pipiens*에 對한 LC-50은 0.20 p.p.m. 였으나 Princeton 近傍의 非撒布地域의 *C. pipiens*에 對한 DDT의 LC-50

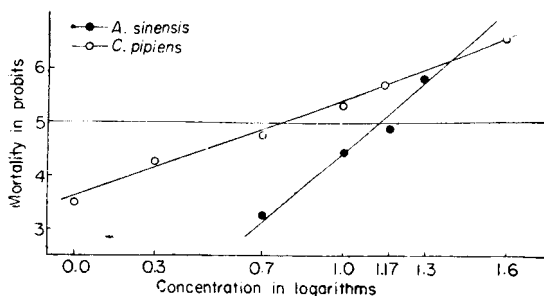


Fig. 3. Concentration-mortality regression lines of larvae of *Anopheles sinensis* and *Culex pipiens* obtained by malathion application.

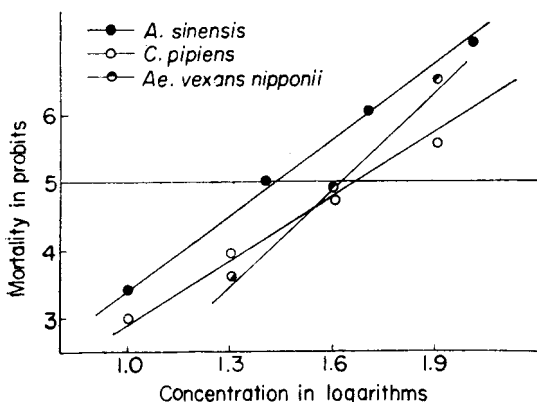


Fig. 4. Concentration-regression lines of adults of *Anopheles sinensis*, *Culex pipiens* and *Aedes vexans nipponii* obtained by DDT application.

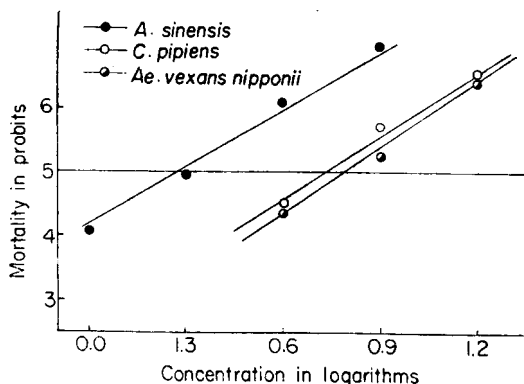


Fig. 5. Concentration-regression lines of adults of *Anopheles sinensis*, *Culex pipiens* and *Aedes vexans nipponii* obtained by dieldrin application.

은 0.013 p.p.m.이 었다⁷⁾. 또한 本實驗에서 얻은 *C. pipiens* 에 對한 LC-50 을 白²⁶⁾이 1959年에 試驗한 서울地方의 *C. pipiens* 에 對한 DDT, γ -BHC 및 malathion의 LC-

Table 5. Median lethal concentrations, in p.p.m., of *Culex pipiens* larvae exposed to insecticides for 24 hours.

Localities	DDT	γ -BHC	malathion	Authorities	Date
Seoul, Korea	0.064	0.030	0.029	Koo (1964) Paik (1960*)	1964
	0.044-0.081	0.031-0.055	0.022-0.036		1959
Tokorozawa, Japan	0.172	0.041	0.029	406MGL (1955*)	1954
Johnson Air Base, Japan	0.177	0.033	0.028	406MGL (1955**)	1954
Tokyo, Japan	0.92	0.49	0.09	Suzuki & Mizutani (1962***)	1959
Amami Is., Japan	0.12	0.50	0.03	//	1959

Bibliographical reference: *(26), **(1), *** (28)

50 은 各各 0.044~0.081 p.p.m., 0.031~0.055 p.p.m., 0.022~0.036 p.p.m. 이며 本實驗에서 얻은 LC-50 과 大同小異하다. 以上の 事實로 미루어 韓國의 *C. pipiens* 는 아직 抵抗性이 增大되지 않은 것으로 생각된다.

成虫實驗結果를 種別로 比較할때 DDT 에 對해서는 *A. sinensis* 가 가장 感受性이 크며 dieldrin 에 對해서는 *C. pipiens* 와 *A. sinensis* 가 *Ae. vexans nipponii* 에 비해 感受性이 크다.

Table 6. Susceptibility of adult anophelines to DDT and dieldrin when tested by the Busvine-Na sh method.

Insecticides	Species	Susceptible strains		Resistant strains	
		tested in	LC-50 (%)	tested in	LC-50 (%)
DDT	<i>A. atroparvus</i> *	London (L)	1.0		
	<i>A. quadrimaculatus</i> *	Mexico (F)	1.45		
	<i>A. maculipennis</i> **	Iran (F)	0.8		
	<i>A. aztecus</i> **	Mexico (F)	1.7		
	<i>A. sinensis</i> **	Taiwan (F)	2.0		
	<i>A. sinensis</i> **	Korea (F)	1.3		
	<i>A. sacharovi</i> **			Greece (F)	3
	<i>A. sundaicus</i> **	Java (F)	0.5	Jave (F)	9.0
dieldrin	<i>A. sundaicus</i> **	Java (F)	0.06-0.08		
	<i>A. gambiae</i> ***	London (L)	0.25	Nigeria	2.0
	<i>A. stephensi</i> ***	S. Arabia (F)	0.1-0.17		
	<i>A. sinensis</i>	Korea (F)	0.11		

L.....tested in laboratory

F.....tested in the field

Bibliographical reference: *(8), **(11), *** (9)

*A. sinensis*의 DDT와 dieldrin에 대한感受性を 諸外國에서 本實驗과 同一하게 Busvine-Nash 方法으로 測定한 成績을 보면 第6表와 같다.

이것과 韓國의 *A. sinensis* 成虫의 DDT感受性を 比較하면 韓國것은 諸外國의 感受性系에 對한 LC-50의 數値와 近似하며 DDT 殘留噴霧로 잘 殺滅된 Mexico의 *A. aztecus*¹¹⁾, 臺灣의 *A. sinensis*,¹¹⁾ Iran의 *A. maculipennis*¹¹⁾의 感受性과 大同小異함을 알았다. 1954年以來 大規模로 DDT 殘留噴霧가 施行되어온 臺灣에서는 *A. sinensis*에 對한 DDT의 LC-50의 數値가 非噴霧地區에서 1.4%, 3年連續噴霧後에는 1.7%, 4年後에는 2.3%로 되었다.⁽²²⁾

韓國의 *C. pipiens* 成虫에 對한 DDT의 LC-50을 外國의 感受性系의 LC-50과 比較하면 *C. pipiens*의 London系에 對한 DDT의 LC-50은 1.6%⁸⁾, dieldrin의 LC-50은 0.14%⁹⁾, Malaya의 *C. gelidius*에 對한 DDT의 LC-50은 0.3~5.0%⁸⁾, dieldrin의 LC-50은 0.18%⁽⁹⁾으로서 韓國의 *C. pipiens*는 感受性系에 屬함을 알았다. 前記의 諸外國의 *Anopheles*의 感受性과 比較할때 一般的으로 *Culex*의 DDT에 對한 耐性は *Anopheles*에 比하여 生來的으로 多少 높다는것을 알 수 있다.

그러나 外國에서 *Culex*에 對한 dieldrin의 LC-50은 *Anopheles*에 對한 LC-50과 큰 差異가 없으며 韓國에서도 역시 같은 傾向을 보여 주고 있다.

*Ae. vexans nipponii*의 殺虫劑感受性は 外國의 成績이 없으므로 比較할 수 없으나 Nigeria에서 같은 屬의 *Ae. aegypti*에 對한 DDT의 LC-50은 1.1%¹¹⁾, dieldrin은 0.2%⁹⁾, Malaya의 *Ae. albopictus*에 對한 DDT의 LC-50은 1.3%⁸⁾, dieldrin은 0.23%⁹⁾인데 이것과 對照할때 韓國의 *Ae. vexans nipponii*의 耐性は 多少 높다고 생각된다.

V. 總括 및 結論

著者は 1964年 모기發生季節中 서울에서 採集한 *Culex pipiens* 및 京畿道楊平郡에서 採集한 *Anopheles sinensis*, *Aedes vexans nipponii*의 幼虫 및 成虫의 p,p'-DDT, γ -BHC, malathion 및 dieldrin에 對한 殺虫劑感受性を 實驗한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. *A. sinensis* 幼虫에 對한 各殺虫劑의 LC-50은 DDT가 0.027 p.p.m., γ -BHC가 0.074 p.p.m., malathion은 0.065 p.p.m. 이었고 *C. pipiens*는 DDT가 0.064 p.p.m., γ -BHC는 0.030 p.p.m., malathion은 0.029 p.p.m. 이었으며 *A. sinensis*는 DDT에 對하여 感受성이 컸었고, γ -BHC, malathion에 對해서는 *C. pipiens*가 더욱 感受성이 있었다.

2. 韓國의 *C. pipiens* 幼虫의 殺虫劑感受性を 殺虫劑를 廣汎大量 使用한 外國의 *C. pipiens*와 比較할때 韓國것은 아직 殺虫劑抵抗性이 增大되지 않은 것 같다.

3. *A. sinensis*의 成虫에 對한 各殺虫劑의 LC-50은 DDT가 1.33%, dieldrin이 0.09%, *C. pipiens*에 對해서는 DDT가 2.22%, dieldrin이 0.28%, *Ae. vexans nipponii*에 對해서는 DDT가 2.16%, dieldrin이 0.31%로 3者를 比較할때 DDT에 對해서 *C. pipiens*가 耐성이 컸으며 dieldrin에 對해서는 *A. sinensis*가 感受성이 있었다.

4. 그러므로 上記 3種의 모기는 DDT 및 dieldrin에 對해서는 아직 抵抗性이 增大되지 않은 것 같다.

(擱筆함에 있어 懇曲한 指導를 하여주신 金仁達教授에게 感謝를 올리며 積極協力하여 주신 保社部 마라리아 팀 白永漢博士, 李漢一先生에게 謝意를 表한다)

ABSTRACTS

Studies on Insecticide Resistance of Medical Insects

Part III: On Insecticide Susceptibility of Mosquitoes in Korea

Do Seo Koo, M.D.

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea

(Director: Prof. In Dal Kim, M.D.)

Resume

Resistance to an insecticide was first recorded 1945 in housefly. Since that time, the number of insect species of public health importance resist to one or more insecticide has been increased year to year.

The first signs of weakening in effectiveness of DDT against *A. sacharovi* appeared in Greece in 1951. The development of other DDT-resistant anopelins -- namely, *A. quadrimaculatus* in the U.S.A., *A. sundanicus* in Indonesia and *A. stephensi* in Iran, resulted in a recrudescence of malaria transmission. Dieldrin-resistance in *A. gambiae* in Northern Nigeria and Liberia has rendered dieldrin useless for malaria eradication there.

With regard to the resistance of *Culex pipiens pallescens* in the Far East, in 1954, the 406th Medical General Laboratory, U.S. Army reported that the *Culex pipiens* larvae collected from various localities in Japan developed a remarkable resistance to

DDT, lindane and malation as compared with the normal *Culex* colonies at the Orlando Laboratory, Fla., U.S.A. In 1960, Paik reported that the Seoul strain of *C. pipiens* has not developed resistance to insecticides so markedly. Quite recently, Suzuki & Mizutani reported that *C. pipiens* in Tokyo seemed to have got more and more resistant to DDT, lindane and dieldrin with years, perhaps because of occasional application of these insecticides.

During the mosquito season of 1964, the author carried out this studies in order to ascertain the present situation of susceptibility of *Anopheles sinensis*, *Culex pipiens pallens* and *Aedes vexans nipponii*, the most common nuisance or vector in Korea. The susceptibility of larvae of *A. sinensis* and *C. pipiens* to *p,p'*-DDT, γ -BHC and malathion was tested in laboratory by the dipping method. The test for adult *A. sinensis*, *C. pipiens* and *Ae. vexans nipponii* were carried out by the Busvine-Nash method. Some of important results so far obtained can be summarized as follows:

1. The LC-50 of *A. sinensis* to insecticides were 0.027 ppm in *p,p'*-DDT, 0.074 ppm in γ -BHC and 0.065 ppm in malathion. The LC-50 of *C. pipiens* to insecticides were 0.064 ppm in *p,p'*-DDT, 0.030 ppm in γ -BHC and 0.029 ppm in malathion.

2. The resistance of both of two species larvae have not been arisen as compared with the results observed in other part of the Far East received heavy insecticidal applications.

3. The LC-50 of *A. sinensis* to *p,p'*-DDT and dieldrin were 1.33% and 0.09%. In *C. pipiens*, the LC-50 to *p,p'*-DDT and dieldrin were 2.16% and 0.28%. In *Ae. vexans nipponii*, the LC-50 to *p,p'*-DDT and dieldrin were 2.16% and 0.31%. *C. pipiens* showed to be most tolerant to DDT and *Ae. vexans nipponii* was the next, and *A. sinensis* was most susceptible to dieldrin.

4. In comparison with the data obtained in other countries, it was observed that adult mosquitoes of these three species were still susceptible to DDT and dieldrin.

REFERENCES

- 1) Anonymous: *The professional Reports of 406 th Medical General Laboarotry, U.S. Army, 1955*
- 2) Anonymous: "*Method for Determining Resistance of Insects to Insecticides published at the U.S. Armed Forces Pest Control Board, 1957*
- 3) Bliss, C. I.: *The method of probits. Science, 79, 38-39, 409-410, 1934*
- 4) Bliss, C. I.: *The calculation of the dosage mortality curve. Ann. Appl. Biol., 22, 134-167, 1935*
- 5) Brown, A. W. A.: "*Insecticide Resistance in Arthropods*" WHO Monograph, 1958, p. 62
- 6) ibdm, p. 14
- 7) Burbutis, P.P. & Davis, J. R.: *Culex colonies for insecticide resistance reference. In: Proceeding of the New Jersey Mosquito Extermination Association, 42nd Annual Meeting, pp 114-118, 1955*
- 8) Busvine, J.R. & Harrison, C.M.: *Tests for insecticide resistance in lice, mosquitos and houseflies. Bull. ent. Res., 44, 729-738, 1953*
- 9) Busvine, J. R. & Nash, R.: *The potency and persistence of some new synthetic insecticides. Bull. ent. Res., 371-376, 1953*
- 10) Busvin, J. R.: *Technique for assessing suceptibility of anophelines to insecticides. WHO tech. Rep. Ser., 30-32, 1954*
- 11) Busvine, J. R.: *A survey of measurement of the susceptibility of different mosquitos to insecticides. Bull. Wld Hlth Org., 15, 787-791, 1956*
- 12) Chow, C. Y. & Seoparmo, H. T.: *DDT-resistace of Anopheles sundaicus in Java. Bull. Wld Hlth Org., 15, 785-786, 1956*
- 13) Crandell, H. A.: *Resistance of Anopheles sundaicus to DDT a qreliminary report. Mosquito News, 14, 194-195, 1954*
- 14) Elliott, R. & Ramakrishna, V.: *Insecticide resistance in Anopheles gambiae. Nature (Lond.), 177, 532-533, 1956*
- 15) Gaud, J.: *La lutte contre les arthropodes d'importance medicale au Maroc depius l'utilisation des insecticides chlores de contact. R.C. 1st sup. Sanita, Suppl., pp. 143-159, 1954*
- 16) Gentry, J.W. & Hubert, A.A.: *Resistance of Culex quinquefasciatus to chlorinated hydrocarbon in Okinawa. Mosquito News. 17, 92-93, 1957*
- 17) Gratz, N.C.: *Insecticide resistance among insects of public health importance in Israel and neighboring countries. Tavruah, Jerusalem, 4, 26-32, 1958*
- 18) Kraman, A.: *Personal cummunication to L.B.*

Davenport, 14 December 1956

- 19) Kruse, C.W. et al.: *Resistance of Anopheles quadrimaculatus to DDT in the Tennessee Valley. J. econ. Ent.*, 45, 598-601, 1952
- 20) 李根泰等: 濟州島民의 糸狀忠感染에 關한 疫學的 調查研究, 大韓醫學協會誌 7. 7, 657-664, 1964
- 21) Livadas, G.A. & Georgopoulos, G. *Development of resistance to DDT by Anopheles sacharovi in Greece. Bull. Wld Hlth Org.*, 8, 497-511, 1953
- 22) Liu, S.Y. *A summary of recent insecticidal tests on some insects of medical importance in Taiwan, Bull. Wld Hlth Org.*, 18, 623-649, 1958
- 23) Mofid, C.: *Personal communication to WHO, 21 October and 30 November 1957.*
- 24) Mosna, E.: *Osca Klor, gammaesano e toxaphene usati contro le mosche DDT resistenti. Riv. Parasit.*, 11, 27-35, 1949
- 25) 大澤濟 長澤純夫: 殺虫劑の有効度と その示表法に對して, 防虫科學, 25, 14-16, 1960
- 26) 白永漢等: 서울市內의 *Culex pipiens* 幼虫의 殺虫劑에 對한 抵抗性에 對하여, 最新醫學, 3, 11, 1585-1588, 1960
- 27) 白永漢等: *Anopheles sinensis* 의 마라리아 原虫 自然感染例에 對하여, 大韓寄生學會學術大會 抄錄集 p. 3, 1962
- 28) Suzuki, T. & Mizutani, K.: *Studies on insecticide in mosquitoes of Jaqan. Jap. J. Exq. Med.*, 32, 4, 297-308, 1962
- 29) U.S. Desplaine Valley Mosquito Abatement District: *Twenty eighth annual report on mosquito control methods, 1955, Illinois*
- 30) Wharton, R.H.: *The susceptibility of various species of mosquitos to DDT dieldrin and BHC. Bull. ent. Res.*, 301-309, 1955