

醫學昆蟲의 殺虫劑抵抗性에 관한 研究

第2編 집파리 (*Musca domestica vicina* Macquardt)의 殺虫劑에 對한 抵抗性發展에 對하여

Studies on Insecticide Resistance of Medical Insects

Part II: Study on the Development of Resistance to Insecticide in Korean Houseflies (*Musca domestica vicina* Macquardt)

金 承 斗

目 次

I 緒 言

II 現在까지의 知見

1. *Musca domestica domestica* 에 關하여
2. *Musca domestica nebulosa* 에 關하여
3. *Musca domestica vicina* 에 關하여

III 實驗資料 및 方法

1. 實驗資料
2. 實驗方法
 - A. 實驗裝置 및 手技
 - B. LD₅₀의 算出

IV 實驗結果

V 考 按

VI 總括 및 結論

I. 緒 言

近來 豫防醫學의 發達에 따라 傳染病의 媒介體인 醫學昆蟲의 驅除方法은 飛躍의인 發展을 보이고 있다. 醫學昆蟲의 被害는 傳染病의 媒介, 吸血-刺咬의 苦痛, 不快感의 順位로 重要視된다. 近年 開發諸國에서는 生活環境의 文明化, 自然環境의 人爲的改變 또는 '開發等으로 醫學昆蟲은 激減되어 所謂 節足動物媒介性 疾患은 急激히 減少되고 散發的 或은 僻地에 限局하는 程度로 媒介者로서의 昆蟲의 役割은 漸次로 消滅되어 가고 있는 現狀이다. 그러나 우리나라에서는 아직도 傳染病流行의 原因中에는 昆蟲媒介에 基因되는 것이 많으며 많은 部分의 防疫事業의 努力이 害虫驅除를 目的으로 遂行되고 있다.

各種 醫學昆蟲의 驅除에는 環境衛生의 改善과 아울러 殺虫劑의 使用이 그 雙璧을 이루는것인데 前者는 一時에 多額의 費用이 所要되나 永續的인 效果를 나타내는데 反하여 後者는 害虫驅除의 一時的인 手段에 不過하나 速効的이고 또한 急速한 驅除法으로서 將來 그 消費量의 加一層 增加는 必然之歸趨로 생각된다.

1936年 Swiss 의 Geigy 會社에 依해서 DDT 의 週期的인 殺虫力이 發見되었으나 實質的으로 廣範圍하게 使用한 것은 第二次大戰時 美軍으로서 이 物質은 昆蟲媒介 疾患抑制에 多大한 寄與를 하였다. 그러나 公衆保健事業에 有機合成殺虫劑가 널리 使用되기 始作한 1946年頃부터 DDT 와 더불어 γ -BHC, dieldrin 等 殺虫劑에 對한 파리, 모기, 이, 빈대 등의 醫學昆蟲의 抵抗性의 增大가 連이어 報告되어 Quarterman & Schoof (1958)³⁸⁾에 의하면 1955년까지에는 37種의 醫學昆蟲에 對해서 抵抗性 增大의 現象이 認識되었다. 醫學昆蟲集團의 殺虫劑에 對한 抵抗性 發展은 單只 實驗室內에서의 生物學的인 意義에만 끝이지 않고 世界 各地에서 實際上的 害虫驅除의 重要障害로 되어 있으며 生物學的, 遺傳學的인 諸見地에서 檢討가 加해 지고 있다.

집파리 (*Musca domestica* L.)의 DDT-抵抗性은 Sweden 의 Arnas 地方에서 DDT 가 使用된지 2年後인 1947年 Wiesmann⁴³⁾에 의해서 最初로 報告되었다. 同年 Italy 에서도 Sacca³⁹⁾에 의해서 집파리의 DDT-抵抗性이 報告 되었다. chlorinated hydrocarbon 系의 各種 殺虫劑에 對한 집파리의 逐次的인 抵抗性 發展은 Denmark 에서 그 典型的인 事例을 볼 수 있다. 同國에서는 1948年부터 各地方에서 DDT 의 집파리에 對한 効力이 減退되기 시작하여 用量을 增量해서 再次 噴霧해도 屢번히 失敗하게 되었으며 (Keiding & Deurs 1949)¹⁴⁾ 1949年에 이르러서는 DDT-抵抗性은 거의 全國에 걸쳐 普遍的인 것이 되어 γ -BHC 가 代替導入되었고 1949年 秋期에는 γ -BHC-抵抗性도 나타나 再次 chlordane 으로 代替되었다(Keiding, 1953)¹⁵⁾.

公衆保健上의 問題로서의 殺虫劑抵抗性은 Italy 의 Latina 地方에서의 집파리 驅除의 失敗에서 그 重要性이 처음으로 認識되었다 DDT 使用 當初의 驅除의 效果는 이 地方에서 消化器系 疾患을 顯著하게 抑制하였으나 DDT-抵抗性으로 因해 집파리 驅除가 失敗된 後에

는 消化器系 疾患으로 인한 嬰兒死亡率이 再次 上昇 되었다 (Corbo 1953)⁸⁾.

即 DDT 使用 最初年인 1946年 DDT 撒布地區의 嬰兒死亡率은 1.000 出産當 7.7, 非撒布地區는 11.7 였으며 驅除가 失敗된 1947年 前者의 區에서 18.0, 後者의 區에서 13.2를 나타내었다.

1949年 Palestine 의 UNRWA 難民收容所에서의 DD T에 의한 집파리 驅除의 失敗는 即刻痢疾, trachoma, 및 結膜炎의 高率의 發生率을 招來하였다 (Brown, 1958)⁴⁾. 또한 美國 Georgia 洲에서의 집파리 驅除에 의한 Shigella 感染症 및 泄瀉患者의 減少는 DDT 抵抗性으로 因하여 1年內外에 水化되였다(Lindsay, Stewart, Watt, 1953)²⁰⁾. Egypt에서 γ -BHC에 의한 파리 防除는 急性結膜炎의 減少를 갖어 왔으나 1950年에 이르러 γ -BHC, dieldrin-抵抗性으로 因하여 그 以上 本病을 抑制할 수가 없게 되었다(Weir et al., 1952)⁴¹⁾. 極東地域의 집파리의 抵抗性에 관해서는 Wheeler 等⁴²⁾이 1953~54年間, 日本 및 韓國의 諸 strain에 對해서 調査한 것이 있으며 그後 白 (1960)³²⁾은 서울 strain의 집파리의 DDT, γ -BHC 및 malathion에 對한 抵抗性을 美國 Orlando Laboratory normal strain과 比較하여 各各 97倍, 143倍, 4倍가 增大되었음을 報告하였다. 그리고 著者¹⁶⁾는 1961年 國內 5個地 (서울, 天安, 燕岐, 永同, 永川)에서 집파리를 採集飼育하여 DDT, malathion 및 dieldrin에 對한 感受性을 調査檢討한 바 있다. 그러나 아직도 우리나라에서 醫學昆蟲의 抵抗性發展의 現象과 抵抗性昆蟲의 分布의 實態에 관해서는 未知의 面이 많은 現狀이다.

DDT, γ -BHC 혹은 dieldrin 陶汰에 의한 집파리의 抵抗性의 增大 혹은 接觸停止後의 抵抗性의 消失에 관해서는 從來 歐洲産집파리 (*Musca domestica* L.)에 관해서는 相當히 많은 報告가 있으나 東南亞, 韓國, 日本等地에 分布하는 *Musca domestica vicina* Macquardt라고 稱해지는 亞種에 關해서는 實驗室的인 陶汰에 의한 抵抗性增大에 관한 報告가 稀少하므로 우리나라의 對象에 의해서 이것을 追究할 目的으로 本實驗을 試圖하였다.

II 現在까지의 知見

1. *Musca domestica domestica*에 관하여

DDT 陶汰에 의한 *Musca domestica domestica*의 抵抗性의 增大實驗은 1946年 美國 Orlando Laboratory에서 最初로 試圖되었다. Lindquist & Wilson (1948)¹⁸⁾은 Orlando strain을 每世代 LD₉₀의 水準으로 陶汰하여 14代에 이르러 original strain에 對해서 69% 致死하는 藥量에 接觸한 陶汰系는 36%의 致死率밖에 나타나지

않음을 觀察하였다. 이 實驗은 Wilson & Gahan(1948)¹⁴⁾에 의해서 15, 16, 17代까지 繼續되었는데 DDT 致死量은 original strain에 對한 量의 約 2倍가 所要되었으며 또한 DDT-陶汰系는 chlordane, toxaphene, pyrethrin에 對해서도 各各 約 2倍程度로 抵抗性의 增大를 보였다. King & Gahan (1949)¹⁷⁾은 이것을 引繼하여 32代까지 陶汰를 繼續하였으나 그 以上の DDT-抵抗性의 增大는 보지 못하였다.

그러나 55代에 이르러 DDT-抵抗法은 顯著하게 提高되어 LT₇₀ (Lethal time₇₀)은 original strain에 比해 約 100倍 延長되었다. 그後 Wilson, Gahan & McDuffie (1953)¹⁵⁾는 이 strain을 112代까지 累代 DDT로 陶汰하였던 바 그 抵抗性은 約 1,500倍까지 增大되었다.

Bruce & Decker (1950)⁵⁾는 NAIDM strain을 各 種 殺虫劑로 陶汰한 結果 DDT 陶汰群에서는 12代까지는 抵抗性 增大가 顯著하지 않았으나, 12代~18代에 約 800倍로 增大되고 그後 40代까지 經過하는 동안 變動을 보이지 않았다. γ -BHC 陶汰群에서는 抵抗性의 增大는 階段의 으로 上昇하여 40代에 이르러 約 500倍로 增大, chlordane 陶汰群에서는 20代까지 無變動. 40代에 이르러 約 1,500倍로 增大되고 dieldrin 陶汰群에서는 13代까지 無變動, 35代에 이르러 約 20,000倍로 增大되었다고 報告하였다. Bruce & Decker (1950)⁵⁾는 또한 1948年 美國 Illinois 州에서 採集한 strain을 DDT로 陶汰한 바 不過 3代間에 original stain에 比해 約 30~50倍의 DDT-抵抗性을 나타냈다. Harrison (1950, 1952)^{11, 12)}은 Roma strain에 DDT 陶汰를 加하여 最初 3代間 平均 落下 仰轉時間 (median knock-down time)의 顯著한 延長을 觀察하였다. 그러나 γ -BHC 陶汰群에서는 6代에 이르기까지 γ -BHC-耐性의 增大를 볼 수 없었다. March & Metcaef (1952)²²⁾는 normal laboratory strain에 對한 γ -BHC-陶汰로서 30代까지는 抵抗性의 增大가 緩慢하였으나 40代에 이르러서는 約 10,000倍의 抵抗性의 發達을 觀察하였다. March et al. (1952)²³⁾는 美國의 DDT 感受性系인 Bellflower strain을 5代陶汰로 그 抵抗性은 約 100倍 增大되는 것을 觀察하였다. 한편 Pimentel et al. (1951)³⁶⁾는 美國 Cortland 및 Dalaware에서 採集한 DDT 抵抗系에 對해서 LD₉₀의 水準으로 10代陶汰한 바 DDT-抵抗性은 不過 5倍 dieldrin 抵抗性을 3倍程度밖에 增大되지 않았다.

有機磷系殺虫劑에 對해서 歐美系의 집파리는 4代 parathion 陶汰로 10倍 (March et al. 1956²⁴⁾) 149代로 20倍 (March et al. 1956)²¹⁾ diazinon 陶汰로 13代에 10倍 (Meltzer 1956)²⁷⁾ malathion 陶汰로 19代에 3倍 (March et al. 1956)²⁴⁾, 12代間 dipterec 陶汰로 8倍로 (Lindquist, 1956)¹⁹⁾ 各各 그 抵抗性이 增大되었다는

諸報告가 있다.

2. *Musca domestica nebulosa* 에 관하여

Pal (1951)³³⁾ 은 1949年 印度의 Dehli 附近에서 採集한 *M.d. nebulosa* 에 對해서 LD₇₅ 水準으로 45代間 DDT 陶汰를 加한 實驗에서 2代에서 約 1.6~2.0倍 增大하였을 뿐 24代까지 增大하지 않음을 觀察하였다. 그리고 original strain 이 100% 致死하는 殺虫劑殘渣에 陶汰系는 이 代에서 60%의 致死虫率을 보였을 뿐 이었다. (Pal & Sharma 1952)³⁴⁾ 後 DDT 陶汰를 45代까지 加해도 致死虫率이나 落下仰轉虫率에 變動을 보이지 않았다. 그 뿐만 아니라 35~41代 사이에서 DDT 陶汰를 免除한 群은 2代以內 그나마 獲得된 低度の 抵抗性도 이것을 喪失하였다 (Pal, Sharma & Kirshnamurthy 1952)³⁵⁾.

3. *Musca domestica vicina* 에 관하여

Musca domestica vicina 에 관해서는 安富 (1960)⁴⁶⁾ 에 의해서 日本에서 廣汎하게 調査되었다. 그는 紋別町와 瀧臼村에서 採集한 집파리를 各各 15代, 30代 DDT 粉末로 陶汰하여 KT₅₀ (Knock down time₅₀) 을 求해 본 結果 前者에서 抵抗性의 發達度는 1:2.9, 後者에서는 전혀 發達度를 볼 수 없었다. 또한 日本에 DDT 가 導入된 以來 藥劑에 接觸된 것이 없이 隔離培養된 Takatsuki strain 에 對해서 40代에 걸쳐 DDT 粉劑로 LD₆₀~LD₈₀ 水準으로 陶汰를 繼續한 境遇의 KT₅₀은 160.6分으로 Takatsuki original 의 158.2分과 大差가 없었으며 DDT 에 依한 抵抗性의 發達을 볼 수 없었다. 한편 γ -BHC 로 陶汰한 例에 있어서는 Takatsuki strain 을 35代陶汰로 KT₅₀은 original strain 에 比하여 1.5倍, 紋別 strain 은 10代陶汰로 約8.4倍 延長되었다. 그리고 同氏가 Takatsuki strain 의 陶汰에 의한 抵抗性發達을 LD₅₀으로 比較한것을 보면 Technical DDT (*p, p'*-DDT 含量 81.45)로 3代 陶汰한 後의 암컷 1頭當의 LD₅₀ 이 16.60 microgram 을 보여 original strain 과 큰 變動을 볼 수 없었다. 同系에 對해서 γ -BHC 로 陶汰한 例에 있어서는 LD₅₀ 이 2代에서 1.008 microgram, 3代에서 1.350 microgram 로 original strain 의 LD₅₀ 0.095 microgram 에 比해 各各 10.6倍, 1 4.2倍 더 많은 藥量에 견디어 내었다.

Ⅲ. 實驗資料 및 方法

1. 實驗資料

供試殺虫劑: 本 實驗에 使用한 殺虫劑는 *p, p'*-DDT (mp. 108~109°C) γ -BHC, malathion 의 3種이며 모두 美國昆蟲學協會 (E.S.A.)의 標準品이다.

供試昆蟲: 長澤^{28, 29)} 의 飼育法에 의하여 豆腐粕 1kg 에 酵母 30gm 를 混和한 것을 幼虫培基로 하고 羽化한 後에는 牛乳로 飼育한 집파리 (*Musca domestica vicina* Macquardt) 를 使用하였다.

每實驗에 臨해서 羽化後 4~5日째된 體軀가 健全한 成虫을 選擇하여 使用하였다.

2. 實驗方法

A. 實驗裝置 및 手技

供試昆蟲을 殺虫劑로 陶汰하기 위해서 昆蟲을 골라넣고 殺虫劑에 曝露시킨 容器는 jar (Jar, spring fastened cap, 1 pint)를 使用하였다.

各 殺虫劑를 羽化後 2~3日째의 成虫의 60%~80% 가 死滅하는 濃度로 acetone 溶液으로하여 이것을 jar 에 注入하고 容器內壁에 均一하게 塗布되도록 jar 를 垂直, 水平兩方向으로 廻轉시키면서 acetone 을 完全揮發시키고 容器內壁에 殺虫劑만이 附着되게 하였다.

上記의 處理를 한 容器에 事前에 分離하여 둔 雌雄兩群을 따로히 골라 넣고 室溫 27°C에서 1時間 接觸케 한 後 이것을 screen cage 10×10×8 inch 에 옮겨 生殘虫에 産卵을 시켜 次世代를 만드는 方法을 反覆하였다.

各 殺虫劑에 의한 累代陶汰를 繼續하는 途中 4代, 8代, 12代 및 16代의 個體群에 對해서 各 殺虫劑의 LD₅₀을 測定하여 殺虫劑陶汰 處理以前의 LD₅₀과 比較하여 抵抗性의 增大有無를 檢討하였다.

LD₅₀ 測定을 위한 殺虫劑 適用方法은 microsyringe 로 殺虫劑 acetone 溶液을 供試雌虫背部에 直接搗下하는 이른 바 topical application 을 採擇하여 雌虫 1마리當의 LD₅₀을 算出하였다. 供試虫은 ether 麻醉를 加하여 20마리를 1個群으로하여 每虫에 殺虫劑落下處理를 하였다. 殺虫劑原劑를 下記의 各 濃度의 Acctone 溶液으로 한 다음 microsyringe 로 每虫當 0.00006 cc 를 胸部背面에 附着시켰다.

이 液量中の 濃度는 microgram(μ g) 單位로 *p, p'*-DDT 는 15, 30, 60, 120, 240 의 5階段이 包含되도록 하였으며 γ -BHC 는 1.5, 3, 6, 12, 24, 48, 그리고 malathion 은 0.15, 0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12 이 各各 包含되게 하였다. 殺虫劑를 適下處理한 供試虫은 screen cage 에 留置하고 25±2°C 의 室溫에서 飼料를 給하면서 24時間 放置後에 致死虫率을 計算 하였다. 試驗은 殺虫劑의 濃度別로 4회를 反覆하였다. 그리고 每回 acetone 만을 0.00006 cc 搗下한것을 對照群으로하여 試驗群의 致死虫率을 對照群의 死殘虫率과 對照하여 Abbott 氏 公式으로 補正하였다.

B. LD₅₀ 의 算出

生物群內에 있어서 毒物에 對한 抵抗性은 橫軸에 藥物濃度의 對數를 취하고 縱軸에 藥量에 對한 致死率을 취할 때 正規分布曲線을 이룬다는 理論에 立脚하여 Gaddum (1933)¹⁰⁾, Hemmingsen (1933)¹³⁾, Bliss (1934, 1935)^{12, 3)} O'kane (1934)³⁰⁾ 등은 濃度致死率曲線의 統計學的 意義를 明白히 하였다. 著者는 本 實驗에서 얻은 結

[計算例]

藥量 (μg)	log 濃度(x)	供試虫數(N)	致死虫數	致死率 %	補正致死率%	假 probit	補正probit (y)
240	1.2041	80	74	92.5	92.3	6.43	6.43
120	0.9031	80	57	71.3	70.5	5.54	5.56
60	0.6021	81	34	41.9	40.3	4.75	4.79
30	0.3010	80	14	17.5	15.2	3.97	4.07
15	0.0	79	4	5.1	2.6	3.06	3.43

藥量 (μg)	Weight 의 係 數	Weight (w)	wx	wy	wxy	wx ²	wy ²
240	0.2921	22.848	27.418	146.913	176.298	32.901	944.536
120	0.5671	44.424	39.982	246.997	222.299	35.983	1.373.146
60	0.6263	50.633	30.379	242.532	145.515	18.228	1.161.521
30	0.6263	54.007	16.202	219.808	65.942	4.861	894.355
15	0.4616	12.601	0	43.221	—	0	148.188
Σ		184.516	113.981	899.471	610.054	91.973	4.521.746

$$\bar{x} = \frac{\sum wx}{\sum x} = 0.61773$$

$$\bar{y} = \frac{\sum wy}{\sum w} = 4.87483$$

$$A = \sum wx^2 - \bar{x} \sum wx = 21.564$$

$$B = \sum wxy - \bar{x} \sum wy = 54.564$$

$$b = B/A = 2.5237$$

$$\sigma = 1/b = 0.39624$$

$$C = \sum wy^2 - \bar{y} \sum wy = 136.978$$

$$X^2 = C - 6B = 0.371$$

$$n = n' - 2 = 3$$

$$Pr > 0.05$$

$$V(a) = 1/\sum w = 0.00542$$

$$V(b) = 1/A = 0.04637$$

얻어진 回歸直線은 $y = 4.87483 + 2.254(x - 0.61773)$

$$LD_{50} = \log^{-1} M$$

$$M = \bar{x} - (\bar{y} - 5)/b = 0.6672$$

$$\log^{-1} 0.6672 = 4.645$$

$$\text{따라서 } LD_{50} = 15 \times 4.645 = 69.69 \mu\text{g}$$

이 計算에서 얻어진 回歸直線은 第1圖과 같다.

果에 對하여 Bliss의 probit analysis法을 採用하여 LD₅₀을 算出하였다.

이 probit analysis의 考察方法은 藥物의 毒性試驗과 微生物의 培養濾液의 毒性定量等に 널리 應用되고 있으며 大澤 및 長澤(1947)³¹가 이 考察法을 殺虫劑의 生物檢定法에 導入하여 抵抗性的의 標準偏差, 殺虫能率, 中央致死量, 有効致死量, 有効度等의 算出方法을 發展시켰다.

著者が 서울 strain의 標準群에 對한 pp'-DDT의 topical application으로 얻은 結果에 對해서 이 算出方法을 適用하여 LD₅₀을 求한 過程을 例示하면 다음과 같다.

IV. 實驗結果

標準系統과 淘汰群의 4代, 8代, 12代, 16代에 對해서 各 殺虫劑의 各 濃液으로 處理하여 24時間 經過後의 致死虫率 關係를 表示하면 第1表와 같다. 各 淘汰群의 淘汰世代之 累代에 따르는 抵抗性的의 變異의 比較를 精密히 하기 위해서 Bliss의 probit 變換法을 第1表의 成績에 適用하여 藥量—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2表와 같으며 이 直線들을 圖表로

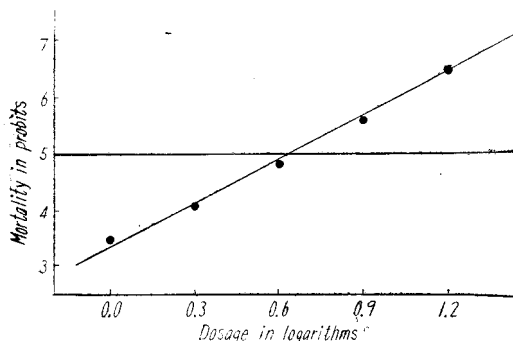


Fig. 1. Dosage-mortality lines for female of the Seoul strain of *Musca domestica vicina* to p,p'-DDT.

Table 1 24-hour percentage mortality of houseflies of the Seoul strain on topical application of *p,p'*-DDT, γ -BHC and malathion by the generation under the selection pressure with same insecticide.

Insecticides	Dosages (μg per fly)	Generations									
		p		f 4		f 8		f 12		f 16	
		No. of flies tested	Mortality	No. of flies tested	Mortality	No. of flies tested	Mortality	No. of flies tested	Mortality	No. of flies tested	Mortality
<i>p, p'</i> -DDT	240	80	92.5	79	86.1	80	76.3	79	70.9	80	61.3
	120	80	71.3	80	65.0	82	50.0	80	43.8	81	34.6
	60	81	41.9	80	41.3	78	25.6	80	18.8	80	16.3
	30	80	17.5	79	15.2	80	8.8	80	7.5	79	7.5
	15	79	5.1	81	6.2	79	2.5	80	3.8	80	2.5
	Control	78	2.6	80	3.8	81	2.5	78	2.6	80	3.8
γ -BHC	48							80	83.8	80	70.0
	24							81	69.1	80	53.8
	12	80	86.3	80	75.0	80	63.8	80	55.0	79	37.9
	6	80	73.7	79	68.8	80	56.3	80	32.5	81	23.8
	3	80	62.5	80	53.8	81	41.3	79	21.5	80	12.5
	1.5	80	55.0	80	53.8	80	27.5				
	0.75			81	45.0	80	14.2				
	Control	80	7.5	80	7.5	80	2.5	78	3.8	80	3.7
Malathion	12					80	87.5	79	80.0	80	73.8
	6					80	70.0	80	61.3	81	53.1
	3	80	92.5	80	86.2	80	46.3	80	38.8	80	32.5
	1.5	81	76.5	80	68.7	81	23.4	78	20.5	80	16.3
	0.6	80	45.0	79	36.3	79	10.1	82	9.8	80	7.5
	0.3	79	21.5	80	16.3						
	0.15	80	8.7	81	7.4						
	Control	80	2.8	79	3.8	80	5.0	81	3.7	79	3.8

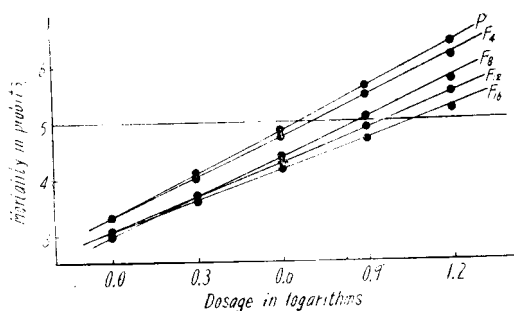


Fig. 2 Dose-mortality lines for female of the Seoul strain of *Musca domestica vicina* selected with *p,p'*-DDT for 16 generations.

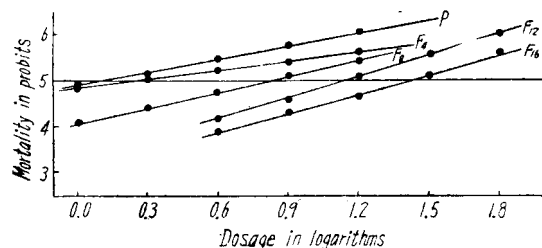


Fig. 3 Dose-mortality lines for female of the Seoul strain of *Musca domestica vicina* selected with γ -BHC for 16 generations.

Table 2. Summary of the further statistical analysis on the experimental data in Table 1.

Insecticides	Generations under selection pressure	Regression equation	χ^2	n	Probability in χ^2 test <i>pr</i>	Variance of parameter $V(a)$	Variance of parameter $V(b)$	Regression coefficient <i>b</i>	Standard deviation σ	Log median lethal dose <i>m</i>	Median lethal dose <i>M</i> (μ g)
<i>p, p'</i> -DDT	P	$4.87483 + 2.524(x - 0.61773)$	0.371	3	> 0.05	0.00542	0.04637	2.5237	0.39624	0.6672	69.69
	F ₄	$4.95697 + 2.326(x - 0.69585)$	6.110	3	> 0.05	0.00588	0.05115	2.3256	0.42992	0.7153	77.85
	F ₈	$4.84632 + 2.266(x - 0.82399)$	0.942	3	> 0.05	0.00642	0.07055	2.2664	0.44122	0.8891	116.18
	F ₁₂	$4.68391 + 2.003(x - 0.81183)$	4.515	3	> 0.05	0.00633	0.05786	2.0034	0.49915	0.9698	139.95
	F ₁₆	$4.57744 + 1.787(x - 0.84911)$	1.411	3	> 0.05	0.00670	0.06206	1.7866	0.55972	1.0857	182.70
γ -BHC	P	$5.49518 + 0.912(x - 0.63215)$	1.008	3	> 0.05	0.00547	0.03633	0.9116	1.09690	0.0889	0.95
	F ₄	$5.21150 + 0.596(x - 0.58844)$	0.413	3	> 0.05	0.00408	0.03214	0.5959	1.67813	0.2335	1.28
	F ₈	$4.79568 + 1.121(x - 0.64310)$	0.970	3	> 0.05	0.00394	0.02339	1.1218	0.89142	0.8252	5.02
	F ₁₂	$5.05451 + 1.512(x - 1.19067)$	0.410	3	> 0.05	0.00454	0.06616	1.5116	0.66155	1.1142	9.75
	F ₁₆	$4.77761 + 1.377(x - 1.26483)$	0.416	3	> 0.05	0.00466	0.02896	1.3772	0.72611	1.4362	20.48
Malathion	P	$4.99638 + 2.144(x - 0.65352)$	0.001	3	> 0.05	0.00567	0.03375	2.1436	0.46650	0.6553	0.68
	F ₄	$4.86914 + 1.993(x - 0.69962)$	1.308	3	> 0.05	0.00548	0.03166	1.9926	0.50185	0.7653	0.87
	F ₈	$5.03337 + 1.887(x - 1.35647)$	0.084	3	> 0.05	0.00547	0.03918	1.8866	0.53005	1.3388	3.28
	F ₁₂	$4.91392 + 1.665(x - 1.38626)$	0.305	3	> 0.05	0.00496	0.03004	1.6646	0.60074	1.4379	4.11
	F ₁₆	$4.80414 + 1.593(x - 1.42564)$	4.369	3	> 0.05	0.00537	0.03738	1.5935	0.62750	1.5487	5.29

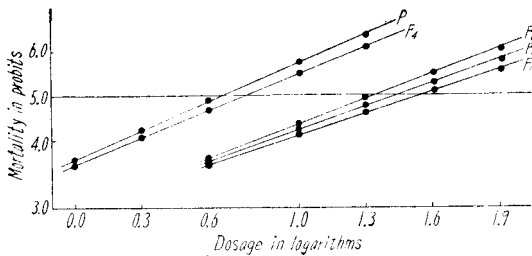


Fig. 4. Dosage-mortality lines for female of the Seoul strain of *Musca domestica vicina* selected with malathion for 16 generations.

表示하면 第 2, 3, 4 圖와 같다. 여기서 얻어진 모든 회귀方程式은 χ^2 檢定の 結果 $pr > 0.05$ 으로 되었다. 即 觀測値와 回歸直線은 抽出誤差의 範圍內에서 一致하고 있다고 할 수 있다. 第2表에서 *b*는 作用係數이며 여기에서는 致死能率이 되며 求하고 있는 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이다. 이 *b*의 값이 적을 수록 直線의 勾配가 急하며 藥劑의 濃度가 높아짐에 따라 致死虫率이 急速히 上昇하는 것을 나타낸다. *m*는 致死虫率 分布曲線의 中央値의 對數이며 그 逆對數值 $M = \log^{-1}m$ 는 中央致死藥量이다. DDT 淘汰群에서는 그 LD₅₀은 P에서 69.69 μ g 이던 것이 F₄에서 77.85 μ g, F₈에서 116.

18 μ g, F₁₂에서 139.95 μ g, F₁₆에서 182.70 μ g로 變動되었으며 γ -BHC 淘汰群에서는 P에서 0.95 μ g 이던 것이 淘汰世代가 累積됨에 따라 1.28 μ g, 5.02 μ g, 9.75 μ g, 20.48 μ g로 LD₅₀이 增大되었다, malathion 淘汰群에서는 P에서 0.68 μ g 이던 것이 淘汰世代에 따라 0.87 μ g, 3.28 μ g, 4.11 μ g, 5.29 μ g으로 增大되었다.

V. 考 按

上述의 實驗結果 서울 strain 집파리는 16代間의 DDT 淘汰에 의해서 LD₅₀이 69.69 microgram 에서 182.70 microgram으로 變化하는 것을 알았으며 그 比率은 1:2.62가 되며 16代間의 γ -BHC 淘汰에 의해서는 0.95 microgram에서 20.48 microgram으로 變動되어 그 比率은

Table 3. Resistance of housefly strains selected from the Seoul strain in the laboratory, expressed as multiple of the LD₅₀ on topical application in acetone.

Generations	F ₄	F ₈	F ₁₂	F ₁₆
<i>p, p'</i> -DDT, 16 generations	1.12	1.67	2.09	2.62
γ -BHC, 16 generations	1.35	5.28	10.26	21.57
Malathion, 16 generations	1.28	4.82	6.04	7.78

1:21.57 로 顯著하였으며 malathion 陶汰에서는 0.68 microgram 에서 5.29 microgram 으로 變動되어 그 比率은 1:7.78 이 되는 것을 알았다. 各 殺虫劑에 의한 陶汰世代에 따르는 LD₅₀의 變動의 比率은 第3表와 같으며 그것

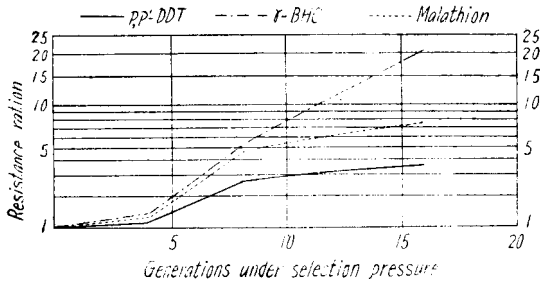


Fig. 5 Increase in resistance of the Seoul strain of houseflies under selection pressure from p,p'-DDT, γ-BHC and malathion.

을 圖示하면 第5圖과 같다. DDT 에의 한 實驗室內陶汰에 있어서 美國의 NAIDM 系統은 18代陶汰로 LD₅₀의 값이 original strain의 比해 800배가 增大되거나 (Bruce & Decker, 1950)⁵⁾, Bellflower strain에서와 같이 5代陶汰로 抵抗性이 約100배로 發達 (March et al, 1952)²³⁾하는 現象은 서울 strain에서는 전혀 볼 수가 없었다. March & Metcalf (1950)²⁵⁾, March (1952)²⁶⁾, Bruce(1950)⁶⁾, Decker & Bruce (1952)⁹⁾에 의하면 歐美의 집파리 *Musca domestica domestica*의 p,p'-DDT에 對한 耐性은 NAIDM, Riverside 혹은 Basel 등의 實驗室的 normal strain에 있어서는 LD₅₀이 극히 적은데 對해서 (LD₅₀은 各各 0.33, 0.033, 0.025 microgram) 反面 Pollard, Orlando special 등의 strain은 比較的 抵抗性이 强하여 (LD₅₀은 各各 100 microgram 以上, 12.3 microgram) 強弱의 幅이 대단히 넓다. 그러나 韓國의 집파리는 歐美의 感受性 strain과 같이 弱한 것은 없고 DDT에 接觸이 적은 農村의 strain (永川 strain의 LD₅₀은 53.46 microgram)에 있어도 歐美의 抵抗性-strain 以上の 耐性을 갖고 있는 것은 特記할 만 하다. 前記한 바와 같이 日本에서의 安富(1960)¹⁶⁾의 實驗에 있어서도 그곳의 *M.d. vicina*의 各 strain도 陶汰에 의한 DDT-抵抗性의 增大를 볼 수 없었으며 또한 日本의 Takatsuki strain의 p,p'-DDT에 對한 LD₅₀은 서울 strain보다 높아 60 microgram 以上 (60 μg→30%)이다. Liu (1958)²¹⁾에 의하면 臺灣의 Tung-Kang 및 Chi-san에서 採集한 *M.d. vicina*의 strain은 英國의 *M.d. domestica*의 normal strain에 比해 심히 DDT-

耐性이 强했으나 이 地域에서 供試 strain을 採集한 當時 過去에 DDT 使用이 없었다고 指摘하고 있다. 또한 Busvine & Harrison (1953)⁷⁾은 Nigeria의 Lagos 및 Ilaro의 *M.d. vicina*의 두 strain은 英國의 *M.d. domestica*에 比해서 DDT 耐性이 5.4배 强했으나 이 地域들도 DDT가 僅少하게 使用되었거나 혹은 全然 使用되지 않은 地域이라고 報告하였다. Pinotti (1954)³⁷⁾는 佛領 Guiana에서 1949년부터 DDT의 家屋內撒布가 施行되었으나 1954년에 가서도 이 地方의 *M.d. vicina*의 DDT 耐性은 전혀 높아지지 않았다. 그러나 Uruguay, Argentina, Chile 및 南部 Brazil에서는 DDT 抵抗性이 顯著하게 增大되었는데 이 地域의 집파리는 *M.d. domestica*라고 報告하였다.

Sacca (1957)⁴⁰⁾에 依하면 *vicina, nebulo* 및 *domestica*는 서로 fertile이며 *vicina* 수컷의 額(Frons)의 幅은 *domestica*와 *nebulo*의 中間에 屬한다고 하였다. 이것과 關聯하여 Pal (1951)³³⁾와 Pal & Sharma (1952)³⁴⁾가 *M.d. nebulo*에 對해서 DDT 陶汰를 加해도 24代까지 別般 DDT-抵抗性이 增大하지 않았다고 報告한 것은 興味있는 事實이다. 白 (1960)³²⁾은 서울 strain의 抵抗性이 美國 Orlando의 normal strain에 比해서 97.2배였다고 報告하였으나 이것도 自然界에서의 DDT-pressure에 의한 抵抗性의 增大가 아니라 *vicina* 亞種의 生理的 特性이 아닌가 생각된다. 그리고 DDT-抵抗性 strain은 實驗室內에서 陶汰를 되풀이 하여도 그리 抵抗性의 發展이 쉬 일어나지 않은 것 같으며 美國에서 感受性-strain인 Bellflower strain은 5代陶汰로 約 100배 抵抗性이 增大되었으나 (March et al. 1952)²³⁾ 抵抗性-strain은 5代陶汰로 不過 5배程度밖에 抵抗性이 發達되지 않았다는 報告 (Pimentel et al., 1951)³⁶⁾가 이것을 反證하는 것으로 생각된다.

諸外國에서의 γ-BHC에 의한 陶汰實驗을 보면 NAID M strain은 40代에서 約 500배로 抵抗性이 增大된 報告 (Bruc & Decker 1950)⁵⁾가 있으나 本 實驗結果는 16代까지 임으로 比較가 成立되지 않는다. 安富(1960)¹⁶⁾의 結果를 보면 Takatsuki strain은 3代에서 14.2 배, 彥根 strain은 5世代間에 12.7 배 抵抗性이 增大되어 서울 strain에 比해 發展도가 顯著하다. malathion 陶汰 實驗例에 있어서는 March et al. (1956)²⁴⁾은 19代陶汰에 있어서 3배의 增大를 報告한 바 있어 서울 strain에 比해 抵抗性發達이 緩慢하다. 서울 strain의 malathion에 對한 LD₅₀은 0.68 microgram으로 歐洲의 有機磷 抵抗性 strain인 R-P strain의 LD₅₀의 값 0.501 microgram보다 多少 높다. 著者の 1961年度의 實驗¹⁶⁾에 있어서 서울 strain은 永川 strain (0.27 microgram)에 比해 그 LD₅₀이 2.5배 높았으며 自然界에서도 malath-

ion에 의한 淘汰로 오는 抵抗性的의 增大는 쉬 일어난을 알 수 있었다.

그리하여 著者는 本 實驗에 있어서 昆虫의 殺虫劑抵抗性을 다루는데는 淘汰에 의한 抵抗性的의 發展以外에 亞種에 의한 生來的인 生理的特性까지도 아울러 考慮하여야 할 것을 더욱 깊이 認識하게 되었다.

VI. 總括 및 結論

著者는 1962年 6月부터 1963年末까지 서울 strain의 집파리 (*Musca domestica vicina* Macquardt)에 *p,p'*-DDT, γ -BHC 및 malathion 淘汰를 加하여 그 抵抗性的의 發展을 實驗한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. DDT 淘汰群에 있어서는 LD₅₀이 淘汰前의 69.69 microgram에 比하여 16代에서 182.70 microgram임으로 增大의 比率는 1:2.62이다(抵抗性的의 發展이 顯著치 못함).

2. γ -BHC 淘汰群에서는 LD₅₀이 淘汰前의 0.95 microgram에 比하여 16代에서 20.48 microgram임으로 增大의 比率는 1:21.57이다(抵抗性的의 增大가 明確함).

3. Malathion 淘汰群에서는 LD₅₀이 淘汰前의 0.68 microgram에 比하여 16代에서 5.29 microgram임으로 增大의 比率는 1:7.78이다(抵抗性的의 增大가 認識됨).

4. 諸外國에서의 殺虫劑淘汰의 結果와 對照하여 DDT 抵抗性的의 發展度가 낮은 것은 *M.d. vicina*의 生理的 特性에 由來한 것 같다.

5. 生來的으로 DDT에 耐性을 갖는 本 亞種에 있어서는 殺虫劑의 連用에 의한 *M.d. vicina* Macquardt의 抵抗性이 容易하게 增大되지는 않는것 같다.

(攔筆함에 있어 懇曲한 指導를 하여 주신 金仁達教授와 朱仁鎭教授, 白永漢先生의 協力에 對하여 感謝를 올리는 바입니다)

ABSTRACT

Studies on Insecticide Resistance of Medical Insects

Part II: Study on the development of resistance to insecticide in Korean houseflies (*Musca domestica vicina* Macquardt)

Sung Tu Kim, M.D.

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

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

Résumé

With regard to the resistance of the Korean house-

fly, Wheeler *et al* first observed the susceptibility of the Korean house-fly collected in Seoul to DDT, lindane, dieldrin and malathion in 1956, and found that the Seoul strain was susceptible as compared with various strains in Japan. In 1960, Paik reported that the Seoul strains has a high degree of resistance that corresponds to the fly colony resistant No. 2 at the Orlando Laboratory, Fla., U.S.A. My observation on the insecticide susceptibility of the strains collected from five localities in 1962, indicated that the Korean strain has a high degree of tolerance to DDT as compared with the strains tested in Europe. He also pointed out that the high degree of tolerance to DDT might be due to some physiological characteristics of the Korean strain.

Up to now many experiments on the induction of resistance in laboratory was performed for *Musca domestica* L. in many countries. However, the results obtained from *M. domestica vicina* Macquardt are seen quite scarce. Therefore, the writer carried out a study on the development of insecticide-resistance of the Seoul strain of *M. domestica vicina* under the artificial selection pressures with *p,p'*-DDT, γ -BHC and malathion. Some of the important results so far obtained can be summarized as follows:

1. At the 16 th generation of continuous selection with *p,p'*-DDT, the Seoul strain had become more than 2.6 times as resistant as the original strain. In other word, the LD₅₀ was increased only from 69.69 microgram to 188.70 microgram.
2. At the 16 th generation of continuous selection with γ BHC the strain had become more than 21.6 times as resistant as the original strain. The LD₅₀ was changed from 0.95 microgram to 20.48 microgram.
3. At the 16 th generation of continuous selection with malathion, the strain had become more than 7.8 times as resistant as the original strain. The LD₅₀ was increased from 0.68 microgram to 5.29 microgram.
4. In comparison with the results obtained from *M. domestica*, the increasing of resistance-ratio of *M. domestica vicina* for DDT was not remarkable.
5. It was observed that the DDT-resistance could not be easily developed by means of conseutive application in the strain which showed the tendency of vigor tolerance like as the Seoul strain.

REFERENCES

1. Bliss, C.I.: *The method of probits*. *Science*, 79, 38-39, 409-410 1934
2. Bliss, C.I.: *The calculation of the dosage-mortality curve*. *Ann. Appl. Biol.*, 22, 134-167. 1935
3. Bliss, C.I.: *The comparison of dosage-mortality data*. *ibid.*, 22, 307-335. 1935
4. Brown, A.W.A.: *Insecticide Resistance in Arthropods*, WHO Monograph, P 14. 1958
5. Bruce, W.N. & Decker, G.C.: *House-fly tolerance for insecticides*. *Soap (N.Y.)*, 26, 3, 122-125, 145-147 1950
6. Bruce, W.N.: *Current report on house-fly resistance to insecticides*, *Pest Control*. 18, 4, 9-10, 19. 1950
7. Busvine, J.R. & Harrison, C.M.: *Tests for insecticide resistance in lice, mosquitos and house-flies*. *Bull. Ent. Res.*, 44, 729-738. 1953
8. Corbo, S.: *La mosca domestica principale responsabile della mortalità infantile per malattie gastroenteriche (7 anni di osservazioni)*. *Riv. Parassit.*, 14, 55-59. 1953
9. Decker, G.C. & Bruse, W.H.: *House-fly resistance to chemicals*. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.*, 1, 395-403 1952
10. Gaddum, J.H.: *Methods of biological assay depending on a equal response*. *Reports on Biological Standards, III. Sepc. Rep. Ser. Med. Res. Coun. Lond. No. 183*. 1933
11. Harrison, C.M.: *DDT-resistance house-flies*. *Ann. Appl. Biol.*, 37, 306-309. 1950
12. Harrison, C.M.: *DDT-resistance in an Italian strain of Musca demestica*. *Bull. Ent. Res.*, 42, 76 1-768. 1952
13. Hemmingsen, A.M.: *The accuracy of insulin assay on mite mice*. *Quart. J. Pharm.*, 6, 39. 1933
14. Keiding, J. & van Deurs, H.: *DDT-resistance in house-flies in Denmark*. *Nature (Lond.)*, 163, 964. 1949
15. Keiding, J.: *Development of resistance in the field and studies of resistance*. *Trans. Ninth Int. Congr. Ent.*, 2, 340-345. 1953
16. 金承斗. 具燕書. 韓國產各地方「집파리」(*Musca domestica L.*)의 殺虫劑에 對한 抵抗性. *中央醫學*, 2, 111~116. 1962
17. King, W.V. & Gahan, J.B.: *Failure of DDT to control house-flies*. *J. Econ. Ent.*, 42, 305-409. 1949
18. Lindquist, A.W. & Wilson, H.G.: *Development of a strain of house-flies resistant to DDT*. *Science*, 107, 276. 1948
19. Lindquist, A.W.: *Effectiveness of organic phosphorus insecticides against insects*, *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 16, 33-39. 1956
20. Lindsay, D.R., Stewart W.H. & Watt, J.: *Effect of fly control on diarrheal disease in an area of moderate mor-bidity*. *Publ. Rep. (Wash)*, 68, 361-367. 1953
21. 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
22. March, R.B., Metcalf, R.L.: *Insecticide research for the control of resistant house-flies*. *Pest Control*. 20, 4, 12-18. 1952
23. March, R.B., Metcalf, R.L. & Lewallen, L.L.: *Synergists for DDT against insecticide-resistant house-flies*. *J. Econ. Ent.*, 45, 851-860. 1952
24. March, R.B. et al.: *A Summary of investigations with organo-phosphorus insecticides for the control of insecticide-resistant house-flies in southern California (Unpublished Working document WHO/insecticides/ 59, 17)*. 1956
25. March, R.B. & Metcalf, R.L.: *Insecticide-resistant flies*. *Soap. N.Y.*, 26, 7, 121-125. 1950
26. March, R.B.: *Summary of research on insect resistant to insect physiology, December 8-9, 1951, Wash, pp. 45-53 (National Research Council Publication No. 219)*. 1952
27. Meltzer, J.: *Multiresistentie bij de kamerolieg, Musca domestica L., opgewekt door selectie met insekticiden*. *Meded. Rijks. Opzoek, Staat Gent*, 31, 459-482. 1956
28. 長澤純夫. 馬糞培基에서 飼育한 집파리 와 豆腐粕培基로 飼育한 집파리의 DDT 粉劑에 對한 抵抗性의 相違에 對하여 防虫科學. 17, 99-103. 1952
29. 長澤純夫 豆腐粕培基에 의한 집파리의 飼育. 新昆蟲 7, 11, 33, 1954
30. O'Kane, W.C. et al.: *Studies of contact insecticides*. *Tech. Bull. N.H. Agric. Exp. Sta. No. 58*. 1934
31. 大澤濟. 長澤純夫: 殺虫劑의 有効度와 그 表示에 對하여 防虫科學. 7, 8, 9, 1-10, 1947
32. 白永漢: 집파리의 p,p'-DDT, γ-BHC 및 malathion 에 對한 抵抗性에 對하여. 防虫科學. 25, 14-16, 1960
33. Pal, R.: *DDT resistant strain of Musca nebulosa*. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 45, 125 126. 1951
34. Pal, R. & Sharma, M.I.D.: *Microbioassay method*

- for DDT. *Indian J. Malar.*, 6, 275-280. 1952
35. Pal, R., Sharma, M.I.D. & Krishnamurthy, B.S.: *Studies on the development of resistant strains of house-flies and mosquitoes. Indian J. Malar.*, 6, 303-316. 1952
36. Pimentel, D., Dewey, J. E. & Schwarat, J.J.: *An increase in the duration of the life cycle of DDT-resistant strains of the house-fly. J. Econ. Ent.* 44, 477-481. 1951
37. Pinotti, M.: *Recent findings of insect resistance and behaviouristic modifications of certain insects in South American areas. R.C. Ist. Sup. Sanita Suppl.*, pp. 184-200. 1934
38. Quarterman, K.D. & Schoof, H.F.: *Current status of insecticide resistance in insects of public health importance. Amer. J. Trop. Med. Hyg.*, 7, 74-83. 1958
39. Saccá, G.: *Sull'enistenza di mosche domestiche resistenti al DDT. Riv. Parassit.*, 8, 127-128. 1947
40. Saccá, G.: *Hybridization experiments with diazinon-resistant house-flies. (Unpublished working document WHO/Insecticides/67)*. 1957
41. Weir, J.M., et al.: *An evaluation of health and sanitation in Egyptian Villages. J. Egypt. Publ.-Hlth. Ass.*, 27, 55-122. 1952
42. Wheeler, C.M., Newson, H.D. & Blakeslee, T.E.: *Insecticide-resistance in house-flies of Japan, Korea and the Ryukyu Islands. U.S. Armed Forces Med. J.* 9, 68-79. 1958
43. Wiesmann, R., *Untersuchungen über das physiologische Verhalten von Musca domestica L. Verschiedener Provenienzen. Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, 20, 484-504. 1947
44. Wilson, H.G. & Gahan, J.B.: *Susceptibility of DDT-resistant house-flies to other insecticidal sprays. Science.*, 107, 276-277, 1948
45. Wilson, H.G., Gahan, J.B. & McDuffie, W.C.: *Toxicity of vapors of four chlorinated hydrocarbon insecticides to resistant house-flies, J. Econ. Ent.* 46, 699-700. 1953
46. 安富和男.: *옷잇니 및 집파리의 殺虫劑 抵抗性에 관한 研究. 衛生動物* 12, 36-76. 1960