

멸구 매미충類에 對한 藥劑抵抗性的의 遺傳性的에 關한 研究

I. 애멸구의 MEP 劑에 對한 藥劑抵抗性的의 遺傳的 特性

沈 載 昱*

Inheritance of Insecticide Resistance to Plant- and Leaf-hoppers

I Inherited Properties of MEP Resistance to Small Brown
Plant-hopper (*Laodelphax striatellus* Fallen)

Jai Wook Shim*

ABSTRACT

The study was conducted to determine the inherited properties of the MEP resistance to natural population of the small brown plant-hopper (*Laodelphax striatellus*). The plant-hoppers were collected from the natural population of Naju area where the highest insecticide resistance of MEP to the green rice leaf hopper (*Nephotettix cincticeps*) have been examined in 1976. And Naju collections were crossed to the susceptible Lab stock to examine the MEP resistance in the F₁, BC₁F₁ and F₂ populations. All the data were analyzed by the probit method.

There was a difference in MEP resistance between Naju collection and susceptible Lab stock, showing LD₅₀ value of the former was 0.0029 μg/insect compared to 0.0008 μg/insect for the later.

The LD₅₀ values and dosage-mortality lines of the F₁ and BC₁F₁ tended to close their resistant parent, and it was considered that the character of the MEP resistance in the Naju collection of the small brown plant hopper was controlled by the genetic traits.

However, LD₅₀ value and dosasage-mortality lines of the F₂ populations were intermediate to their parents, it would be conclusive that the trait will be governed by a interaction of the genes or factors rather than the single genic control.

緒 言

有機合成 農藥이 害虫防除의 主手段으로 되면서부터 여러가지 害虫에 對하여 抵抗性的의 問題가 크게 惹起되어 왔다. 害虫의 藥劑抵抗性은 害虫의 種類와 藥劑間에 特異的인 反應으로 나타나는 事例가 많은데 멸구 및 매미충에 對한 農藥의 選擇毒性的은 Choi 等⁶⁾에 依하여 報告된 바 있다.

이와같은 害虫의 種類와 藥劑間의 特異的인 作用은 害虫이 特定藥劑에 對하여 繼續的으로 選擇되므로써 나

타나는 遺傳的인 特性에 基因된다고 생각되고 있다. 따라서 害虫의 藥劑抵抗性 遺傳은 1950年代에 이미 집파리(*Musca domestica* L.) 및 바퀴(*Blattella germanica*)에서 有機體素劑인 DDT에 對한 抵抗性的의 遺傳에 關한 報告^{4),11),12)}에서 그 遺傳的 特性이 어느 程度 明白하게 되었다.

Crow⁷⁾에 依하면 집파리에 對하여는 DDT를 爲始하여 몇가지 殺虫劑의 交叉抵抗性에 關한 研究와 아울러 抵抗性 遺傳子의 染色體上的 座位가 밝혀져 있다고 하며 Hoyers¹³⁾ 등은 집파리에서 DDT에 對한 抵抗性은 勿論, Dieldrin 및 Malathion에 對한 抵抗性的의 遺傳도 몇개의 主動遺傳子外에 여러개의 微動遺傳子가 共同 作用을 하여 抵抗性形質이 發現된다고 報告하였다.

* 서울大學校農科大學(College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea)

한편 有機磷劑에 對하여서도 집파리^{1,9,13)} 및 2점박이 응애^{10,15)} 등에서 殺虫率-回歸(Dosage-mortality regression)를 利用한 藥劑抵抗性의 遺傳分析에서 DDT 抵抗性의 境遇와 같이 少數의 遺傳子들이 關與됨이 알려 졌다.

우리나라 南部地域에서 水稻의 바이러스病 媒介虫으로 主要性이 큰 애벌거에 對하여 Choi 등⁵⁾은 Malathion과 NAC에서 地域間에 抵抗性의 差異가 크다고 하였고 벌거유에서 種間의 藥劑選擇毒성이 뚜렷하다고 報告하였다.

이와같은 點에서 筆者는 벌거유의 發生이 甚하여 藥劑散布의 機會가 많은 南部地域의 野外集團에서 自然的으로 形成된 애벌거의 MEP 劑에 對한 抵抗性이 遺傳的인 特性에 基因된 것인지의 與否를 알아 보려고 하였다. MEP 劑에 對한 抵抗性의 形成이 가장 높은 것으로 豫想된 地域은 全南의 羅州로서 1976年度의 農村振興廳 農技研 試驗事業 報告書(病害虫論)를 基準으로 淸동메이층에서 MEP 劑에 對한 抵抗性形成이 他地域에 比하여 極히 높았던 地域이 었다.

羅州地域의 애벌거 野外集團을 採集하여 感受性인 實驗室 系統과 交配實驗을 實施하고 그 後代에서 애벌거의 野外集團이 가지는 MEP 劑에 對한 抵抗性의 遺傳的 特性을 調査하여 그 結果를 報告하는 바이다.

끝으로 本實驗의 遂行過程에 여러가지 協助와 助言을 주신 서울大學校 農科大學의 崔承允 教授와 農村振興廳의 李炯來 李富榮 兩 研究士에게 감사하며 또한 本研究는 1977年度 文教部 學術研究助成費(基礎部門)의 支援으로 이루어 졌음을 밝혀 둔다.

材料 및 方法

1. 供試虫 : 本實驗에 供試된 藥劑抵抗性 集團의 애벌거는 1977年度 5월에 全羅南道 羅州地域의 野外集團에서 採集된 것으로 實驗室內(溫度條件 27~30°C, 24時間 100W 白熱電球 照明下)에서 水稻의 幼苗(品種: 振興)가 든 아크릴 飼育箱(넓이 17.5cm×길이 17cm×높이 14cm)을 使用하여 4世代동안 集團增殖法으로 飼育한 것이다.

그리고 感受性인 애벌거의 系統은 서울大學校 農科大學의 水稻耐虫性 研究室에서 1972年 以來 위와 同一한 方法으로 累代飼育해온 水原集團이며 殺虫劑에 對하여 感受性을 나타내는 實驗室系統으로 固定된 것이다

2. 交配方法 : 앞에서 말한 바와 同一한 飼育箱에 羅州集團(♀)×實驗室系統(♂) 및 이의 逆交配를 하고 各 各 10雙씩 集團交配하여 F₁ 個體를 얻었다. F₁ 個體의 一部는 F₂ 를 얻기 爲하여 그리고 또 一部는 退交配 集

Table 1. Dosage-mortality regression equation (in probit), LD₅₀ and LD₁₀ values of MEP to the adults of small brown plant-hopper strains of Lab stock (susceptible) and Naju (resistant) collection.

Strains	Treated	Regression	Degree of freedom	1/ x ² value	LD ₅₀		LD ₁₀	
	sex	equation			μg/insect	μg/g	μg/insect	μg/g
Naju	♀	Y=1.544x+8.901	3	0.094	0.003	2.230	0.020	15.223
	♂	Y=2.684x+12.548	3	2.929	0.002	1.800	0.005	5.520
Lab stock	♀	Y=1.169x+10.716	3	1.767	0.0004	0.328	0.002	1.968
	♂	Y=1.691x+11.544	3	1.274	0.0001	0.121	0.0008	0.966

1/ : Critical value of x² with 3 df=7.81

Table 2. Dosage-mortality regression equation, LD₅₀ and LD₁₀ values of MEP to the adults of F₁s which were crossed as Naju(♀) x Lab stock(♂) and Lab stock(♀) x Naju(♂) of the small brown plant-hopper.

Parental crosses	Treated	Regression	Degree of freedom	1/ x ² value	LD ₅₀		LD ₁₀	
	sex	equation			μg/insect	μg/g	μg/insect	μg/g
Naju(♀) x Lab stock(♂)	♀	Y=1.257x+8.375	3	0.755	0.0021	1.966	0.0215	20.042
	♂	Y=3.270x+15.389	3	2.055	0.0007	1.077	0.0016	2.462
Lab stock(♀) x Naju(♂)	♀	Y=1.982x+10.318	1	2.325	0.0021	1.793	0.0092	7.857
	♂	Y=2.537x+12.967	3	1.150	0.0007	0.980	0.0023	3.220

1/ : Critical value of x² with 1 df=3.814

團을 얻기 위하여 各各 10雙씩 交配하고 10日間 産卵 시키고 난 後 交配箱으로 부터 모든 成虫을 除去하였다. 交配를 爲한 애벌구의 成虫은 羽化後 24時間 以內에 雌雄을 性別하여 따로 2~3日間 保管하였다가 交配 계획에 따라 交配시켰다.

3. 處理方法 : 供試藥劑는 MEP(95%)의 原製를 Acetone을 써서 摘定의 濃度로 稀釋하였다. 藥劑處理는 稀釋藥液을 Arnold microapplicator를 使用하여 3~4日齡成虫의 腹部에 個體當 0.25 μg 씩 處理하였으며 處理된 成虫은 벼의 幼苗 1本씩을 넣은 試驗管(內徑 2 cm \times 길이 18.5 cm인 試驗管에 벼의 幼苗를 根部에 濕한 脫脂綿으로 감아 넣은 것)에 넣어 24時間後에 死虫率을 調査하였다. 여기서 얻은 藥劑의 濃度와 平均 死虫率의 關係는 Bliss²⁾가 提示한 probit法으로 分析하여 各 交配集團別로 抵抗性의 差異를 檢定하였다.

結 果

抵抗性이 形成된 애벌구의 野外集團과 感受性인 系統을 交配하기 爲하여 羅州地域의 野外集團에서 由來한 系統과 實驗室保存 系統을 MEP劑로 處理하여 處理後 24時에 얻어진 死虫率을 基礎로 probit法으로 分析하여 LD_{50} 과 LD_{10} 을 比較한 結果는 表 1 및 그림 1과 같다.

羅州地域 野外集團 系統은 雌虫의 境遇 LD_{50} 이 0.003 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 인데 比하여 實驗室系統에서는 0.0004 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 이었고 雄虫에 있어서도 野外集團 系統이 0.002 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 에 對하여 實驗室 系統은 0.0001 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 으로 野外集團 系統은 實驗室 系統에 比하여 顯著한 抵抗性의 差를 보였다. 이와 마찬가지로 LD_{90} 에 있어서도 野外集團 系統은 實驗室 系統에 比하여 雌虫과 雄虫에서 各各 0.020 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 과 0.005 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 에 對하여 實驗室系統의 0.0024 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 과 0.0008 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 으로 7내지 10倍의 抵抗性의 差를 나타내었

다. 또한 野外集團 系統과 實驗室系統의 藥劑處理 濃度別 死虫率의 回歸도 b值가 1.54와 1.68로 同一 傾向을 보였다.

抵抗性인 羅州野外集團 系統과 感受性인 實驗室 系統을 交配하여 雜種 第1世代인 F_1 集團의 抵抗性을 알아보기 爲한 羅州(♀) \times 實驗室(♂) 및 實驗室(♀) \times 羅州(♂)의 F_1 들의 死虫率에 對한 結果는 表 2와 같다.

F_1 들의 抵抗性은 表 2에서 보는 바와 같이 雌虫處理의 境遇 LD_{50} 과 LD_{90} 이 抵抗性인 野外集團雌虫의 0.003 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 및 0.020 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 에 對하여 野外集團(♀) \times 實驗室系統(♂)과 實驗室系統(♀) \times 野外集團(♂)의 兩 交配

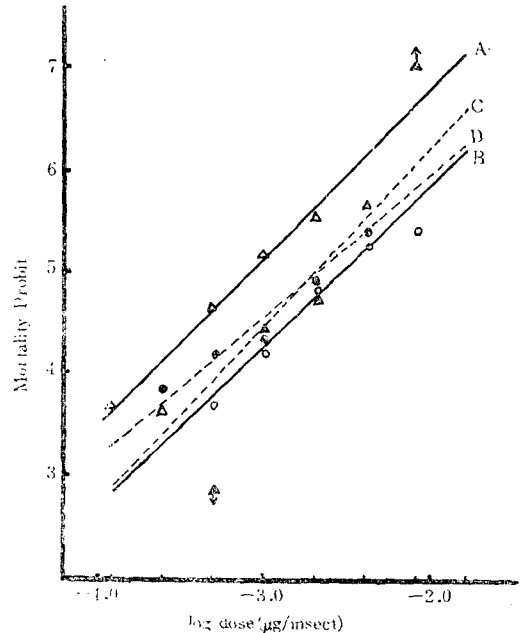


Fig. 1. Dosage-mortality lines for females of the F_1 s and their resistant (Naju collection) and susceptible (Lab stock) parents. A: for Lab stock, B: for Naju collection, C: for F_1 hybrid of Lab(♀) \times Naju(♂) and D: for F_1 hybrid of Naju(♀) \times Lab(♂).

Table 3. Dosage-mortality regression equation, LD_{50} and LD_{90} values of MEP to the BC_1F_1 ($R \times F_1$) and F_2 s of the small brown plant-hopper.

Crosses	Sex of treated insect	Regression equation	Degree of freedom	χ^2 value	LD_{50}		LD_{90}	
					$\mu\text{g}/\text{insect}$	$\mu\text{g}/\text{g}$	$\mu\text{g}/\text{insect}$	$\mu\text{g}/\text{g}$
$F_1(\text{♀})^1 / \times$ Naju(♂)	♀	$Y=0.844x+17.104$	2	2.071	0.0032	2.996	0.106	98.96
$F_1(\text{♀})^2 / \times$ Naju(♂)	♀	$Y=1.016x+7.546$	3	1.98	0.0031	2.647	0.057	48.41
$F_2(\text{Naju}(\text{♀}) \times \text{Lab}(\text{♂}))$	♀	$Y=2.043x+10.681$	3	2.21	0.0017	1.592	0.007	6.55
$F_2(\text{Lab}(\text{♀}) \times \text{Naju}(\text{♂}))$	♀	$Y=2.027x+10.993$	3	6.87	0.0011	0.939	0.0047	4.01

1/ : F_1 individuals derived from the parental cross of Naju(♀) \times Lab(♂)

2/ : F_1 individuals derived from the parental cross of Lab(♀) \times Naju(♂)

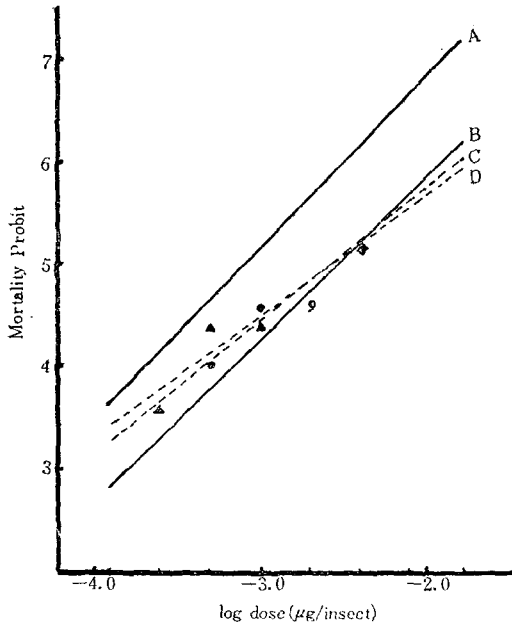


Fig. 2. Dosage-mortality lines for females of the BC_1F_1 s. C: for the offspring of $F_1(\text{♀})$ (Lab(♀) \times Naju(♂)) \times Naju(♂) and D: for $F_1(\text{♀})$ (Naju(♀) \times Lab(♂)) \times Naju(♂)

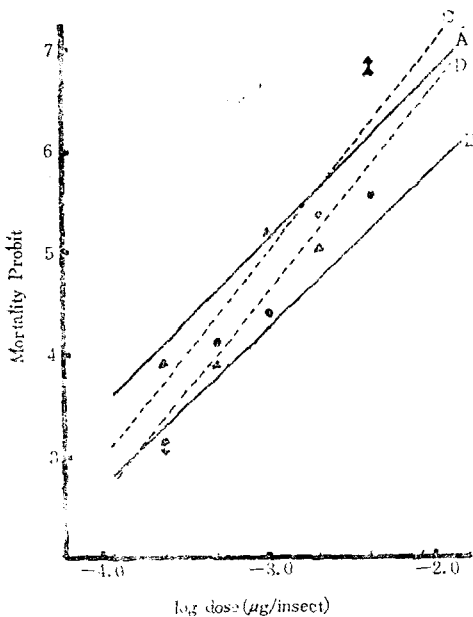


Fig. 3. Dosage-mortality lines for females of the F_2 s. C: for the F_2 of Lab(♀) \times Naju(♂) and D: for F_2 of Naju(♀) \times Lab(♂)

F_1 에서 LD_{50} 은 0.0021 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 그리고 LD_{10} 은 각 0.0215 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 및 0.0092 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 로 저항성 쪽으로 치우치는 경향을 보였다.

野外集團(♀) \times 實驗系統(♂)의 F_1 雌虫을 抵抗性인 羅州野外集團系統의 雄虫과 그리고 이 交配의 逆交配 F_1 雌虫을 野外集團系統의 雄虫과 交配시켜 BC_1F_1 을 얻었다. 그리고 兩系統親의 F_1 들을 각각 兄妹交配시켜 F_2 集團을 얻어 藥劑를 處理하고 死虫率에 對한 probit 分析을 한 結果는 表 3 및 그림 2와 3에서 보는 바와 같다.

表 3과 그림 2에서 보면 BC_1F_1 의 LD_{50} 은 두 集團에서 모두 退交配親(R)과 비슷한 값인 0.0032 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 및 0.0031 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 이었다. 그러나 BC_1F_1 集團의 b 値는 兩親의 境遇보다 훨씬 낮은 값을 보였다.

한편 F_2 集團의 LD_{50} 은 兩親의 中間程度의 값을 나타내었고 변이가 큰 경향이 있었는데 實驗室系統(♀) \times 羅州野外集團(♂)의 F_2 集團에서는 이런 현상이 더욱 뚜렷하였다.

考 察

害虫의 藥劑抵抗性에 對하여 遺傳의 情報를 얻기 爲한 分析方法에서 藥劑處理로 말미암아 어떤 表現型의 個體들이 致死하게 되므로 正確한 遺傳의 作用을 究明하기는 大端히 어렵다. 그리하여 집파리, 바퀴 및 응애류에서도 半致死藥量(LD_{50})을 基準으로 遺傳의 分析을 한 例를 많이 볼 수 있다. 더욱이 本實驗에서는 서로 다른 地域의 애벌구가 特定藥劑에 對하여 相異한 抵抗性을 나타낸다는 Choi 등⁶⁾의 報告를 基礎로 하여 抵抗性이 높게 形成되었을 것으로 豫想되는 地域의 애벌구 野外集團에서 抵抗性의 特性이 遺傳의 因자를 알아 보고져 하였다.

抵抗性인 애벌구의 集團을 얻기 爲한 地域의 選定에 있어서도 MEP劑에 對한 地域種間의 抵抗性 差에 對한 많은 情報를 얻을 수 없었으므로 本試驗에서는 1976年度 農村振興廳의 試驗事業報告書(病害虫編: 164-169p)에 의거 淸東에미층에 對한 MEP劑의 抵抗性이 가장 높았던 地域을 選定하였다. 따라서 抵抗性에 對한 特性의 遺傳現象을 究明하기 爲하여는 보다 넓은 地域에 對한 抵抗性의 調査는 勿論 長期間에 걸친 實驗室內 選拔過程을 거쳐 抵抗性 系統을 固定하여 遺傳子의 數 및 座位에 對한 研究가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

羅州地域의 애벌구 集團은 雌虫의 境遇 LD_{50} 이 0.0029 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 인데 比하여 實驗室系統은 0.0008 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 였다. 그러나 福田¹⁴⁾에 依하면 日本의 九州農試의 圃場內 애벌구 集團이 0.0237 $\mu\text{g}/\text{虫}$ 이 있다는 報告에 비추어 羅州

地域의 애벌레 野外集團은 比較的 낮은 抵抗力을 나타내었다. 따라서 우리나라의 地域種에 있어서도 보다 높은 藥劑에 對한 抵抗力을 나타내는 集團이 있을 것으로 생각된다.

또한 抵抗力의 遺傳에 關하여 Georghiou 等⁸⁾은 理論的인 R-遺傳子의 集團遺傳學의 追求에서 R-遺傳子는 完全優性이거나 優性 程度가 클수록 選擇에 依한 R-遺傳子의 集團內 濃縮이 늦어 진다는 報告에 비추어 MEP 劑에 對한 抵抗力은 抵抗力 形成이 比較的 낮은 水準에 있고 F₁과 BC₁F₁의 LD₅₀이 抵抗力 視점으로 치우치게 된다는 點으로 抵抗力 形質은 優性 程度가 높은 遺傳子에 依해 支配될 可能性이 있다. 그러나 F₂集團의 死虫率 回歸로 보면 兩親의 中間 程度에서 보다 分散을 나타내고 있다.

F₂集團의 이와같은 傾向에 關하여 살펴보면 Cochran 等⁴⁾은 바퀴에 DDT를 處理하였을 때 正·逆交配에서 얻은 F₂가 같은 反應을 보였고 兩親의 中間에서 S字曲線의 變動을 보이는데 對하여 1個의 主動遺傳子와 數個의 變遺更傳子의 作用을 強調하였다. 그리고 Bragassa 等³⁾은 다리바그미에서 Endrin에 對하여 F₁과 F₂가 中間程度의 LD₅₀ 値를 나타낸 結果에서 數個의 累積的인 同義遺傳子가 關與됨을 報告하였다.

藥劑抵抗力에 對하여 正·逆交配를 比較하여 볼 때 F₁에서 R(♀)×S(♂)보다 S(♀)×R(♂) 1)의 境遇가 高濃度 處理에서 感受性이 컸으며(그림 1) F₂나 BC₁F₁에서도 R(♀)×S(♂)에서 由來된 것들 보다 S(♀)×R(♂)에서 由來된 것들이 F₁과 같은 傾向을 보였다. 이와같은 現象은 Harris 等⁹⁾이 집파리에서 Malathion 抵抗力이 2雙의 不完全 優性上位가 作用하면서 F₁에서 母性效果가 나타난다고 報告한데 비추어 볼 때 本實驗의 結果가 回歸直線의 直線性 檢定에서 有意性을 나타내지 않았으므로 細胞質的인 母性效果 혹은 性連關 遺傳子가 關與된 것인지는 단언할 수 없다. 그러나 萬若 R-遺傳子가 伴性 혹은 細胞質的인 要因이 關聯될 境遇는 藥劑에 依한 選擇이 繼續될 경우 集團內에서 遺傳子의 濃縮效果가 크게 달라지게 되므로 앞으로 遺傳子座의 결정 및 相互作用에 關한 研究가 많이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

以上の 結果들을 綜合하여 보면 애벌레가 MEP 劑에 對한 抵抗力을 나타내는 特性은 遺傳的인 要因이 關與한다고 생각되며 MEP 劑에 對한 抵抗力 反應이 子孫代의 여러가지 集團의 死虫率 反應으로 미루어 單因子的인 遺傳分離다기 보다 數個의 遺傳子間 相互作用 혹은 보다 複雜한 機作에 依하여 決定될 것으로 생각되어 이 方面의 많은 研究가 要望된다.

摘 要

本 試驗은 애벌레의 MEP 劑에 對한 抵抗力이 遺傳的 特性에 基因된것인지를 알아보기 爲하여 羅州地域의 野外集團을 採集하여 感受性인 實驗室 系統과 交配하고 F₁ BC₁F₁ 및 F₂에 對하여 probit 法으로 分析하고 LD₅₀을 比較한 結果는 다음과 같다.

1. 羅州地域의 애벌레 野外集團은 LD₅₀이 雌虫虫의 境遇 0.0029 μg/虫으로 感受性인 實驗室 系統의 0.0008 μg/虫에 비하여 抵抗力의 差를 나타내었다.

2. 羅州地域 野外集團이 나타내는 抵抗力은 F₁과 BC₁F₁의 分析에서 LD₅₀ 및 死虫率의 回歸가 抵抗力인 視점으로 가깝게 나타나는 傾向을 보여 遺傳的 特性에 基因된다고 생각되었다.

3. F₂集團의 LD₅₀은 兩親의 中間 程度였으며 넓은 分散을 보이고 있어 MEP 劑에 對한 抵抗力의 遺傳은 數個의 遺傳子가 關與할 것으로 생각되었다.

引 用 文 獻

1. Abedi, Z.H. 1958. Inheritance of Aldrin resistance in the Indian house fly, *Musca domestica* Nebulo F. Bull. Ent. Res. 49:637-642.
2. Bliss, C. 1936. The calculation of the dosage mortality curve Ann. Apl. Biol. 22:134-167.
3. Bragassa, C.B. and J.R. Brazzel. 1961. Inheritance of resistance to Endrin in boll weevil. J. Econ. Ent. 54:311-314.
4. Cochran, D.G. and M.H. Ross. 1962. Inheritance of resistance to DDT in *Blattella germanica*. J. Econ. Ent. 55:88-89.
5. Choi, S.Y., Y.H. Song and J.S. Park. 1975. Insecticide resistance to small brown plant hopper (I) Local variabilities in susceptibility of small brown plant-hopper to Malathion and NAC. Kor. J.P1. Protect. 14:53-58.
6. Choi, S.Y. and H.R. Lee, 1976. Selective toxicity of insecticides to plant and leaf-hoppers. Kor. J. P1. Protect. 15:1-6.
7. Crow, J.F. 1957. Genetics of resistance to chemicals. Ann. Rev. Ent. 2: 227-246.
8. Georghiou, G.P. and C.E. Taylor, 1977. Genetic and biological influence in the evolution of insecticide resistance. J. Econ. Ent. 70:319-323.

9. Harris, R.L., S. Wearden and C.C. Roan. 1961. Preliminary study of the genetics of house fly (*Musca domestica*) resistance to Malathion. J. Econ. Ent. 54:40-45.
10. Herne, D.H.C. and A.W.A. Brown. 1969. Inheritance and biochemistry of OP-resistance in a New York strain of the two-spotted spider mite. J. Econ. Ent. 62:205-209.
11. Hoyer, R.F. and F.W. Plapp Jr. 1966. A gross genetic analysis of two DDT-resistant house fly strains. J. Econ. Ent. 59:495-501.
12. Hoyer, R.F. and F.W. Plapp Jr. 1968. Insecticide resistance in house fly: Identification of a gene that confers resistance to organotin insecticides and acts as an intensifier of parathion resistance. J. Econ. Ent. 61:1269-1276.
13. Hoyer, R.F. and F.W. Plapp Jr. 1971. Insecticide resistance in the house fly; Effect of a modifier gene in combination with major genes which confer resistance. J. Econ. Ent. 64:1051-1055.
14. 福田秀夫・永田 徹. 1969. ウンカ類の種間における殺虫剤の選擇毒性, 日本應用動物昆虫學會誌 13:142-149.
15. McEnroe, W.D. 1967. Genetic variation in a two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* population plateaued by directed selection. Ann. Ent. Soc. Am. 60:1081-1083.
16. Sawicki, R.M. 1974. Genetic studies of resistance of a Dimethoate-selected strain of house flies (*Musca domestica* L.) to several insecticides and Methylendioxyphenol synergists. J. Agr. Food Chem. 22:344-349.