

殺虫劑分解에 관여하는 東洋種꿀벌의 酵素活性에 關한 研究

徐鎔澤* · 沈在漢*

A Study on the Enzyme Activities of a Honeybee(*Apis cerana* F.) Associated with the Degradation of Some Insecticides.

Yong-Tack Suh* and Jae-Han Shim*

Abstract

This study was conducted to investigate insecticide toxicities to a honeybee, *Apis cerana* F. being raised in Korea and its detoxifying enzyme activities. In order to determine the appropriate usage of insecticides, median effective dose and detoxifying enzyme activities to seven insecticides were observed. Various detoxifying enzymes, including microsomal oxidases, glutathione S-transferases, esterases, and DDT-dehydrochlorinase were assayed in the midguts of adult worker bees as the enzyme source.

Of the insecticides used, LC₅₀ value in DDT treatment was the highest as 19ppm, and that in EPN treatment was the lowest as 0.75ppm.

Sublethal exposures of honeybees to various insecticides had some effects on microsomal enzyme activities. Aldrin epoxidase activity was inhibited by malathion and demeton S-methyl treatment. N-demethylase activity was induced by carbaryl treatment.

Of the glutathione S-transferases, aryltransferase (DCNB conjugation) activity was significantly induced by diazinon, and moderately induced by malathion.

Of the esterases, α -NA esterase activity was moderately inhibited by malathion and permethrin. Carboxylesterase and acetylcholinesterase activity were not affected by the sublethal exposure of honeybee to the insecticides.

Sublethal exposure of honeybee to the insecticides had no effect on DDT-dehydrochlorinase activity, except carbaryl, malathion and demeton S-methyl were inhibited.

緒 論

韓國에 있어서 養蜂이 시작된 最初의 記錄은 西紀600年경의 三國時代로 해지며 그때의 飼養蜂種은 東洋種(*Apis cerana* F.)으로 여겨진다.¹⁾ 東洋種은 東南아시아에 分布하는데 이 種은 西洋種과 類似한 몸의 構造와 行動習性으로 西洋種과 가까운 近緣種으로 알려져 있다.²⁾ 이 東洋種은 西洋種에 比하여 生産性的 貧弱, 飼養

上的 加다로움등이 弱點으로 指適되고 있으며 中國, 日本, 그리고 韓國등 東洋圈의 여러國家에서도 西洋種에 依해 代替되고 있는 實情이다.³⁾

最近 開發된 有機合成農藥들은 害蟲에 對하여 毒性이 強할 뿐만 아니라 꿀벌에 까지도 害를 끼치는 例가 있다. 근래 各種農作物 또는 山林病害蟲의 防除를 爲해 많은 農藥이 使用됨에 따라 農藥에 依한 꿀벌의 被害가 심하게 發生되고 있다.⁴⁾ Atkins에⁵⁾ 따르면 使用되고 있는 農

* 全南大學校 農科大學 農化學科 Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju, 500-757. Korea.

藥의 약50%가 벌에 對해서 高毒性 및 低毒性을 지녔다고 하였다. 農藥에 의한 꿀벌의 被害에 關한 研究는 世界的으로 많이 이루어져 왔으나^{6,7)} 우리나라에서는 이에 關한 研究가 거의 이루어지지 않고있다. 最近 Choi 등⁸⁾의 設問調査에 의하면 우리나라 養蜂家의 94.7%가 農藥에 의한 꿀벌의 被害를 經驗하였다고 報告한 바 있다.

이에 本 研究에서는 前報⁹⁾에 이어 東洋種꿀벌을 供試하여 7가지 殺蟲劑에 의한 中位致死濃度(LC₅₀)의 毒性差異를 檢討하고 準致死濃度を 決定하여 이 濃度에서 殺蟲劑가 꿀벌의 解毒酵素인 microsomal oxidases(N-demethylase, O-demethylase 및 epoxidase), glutathione S-transferases(DCNB, CDNB conjugation), esterases(α -NA esterase, carboxylesterase 및 acetylcholinesterase (ACHE)), 그리고 DDT-dehydrochlorinase (DDT-ase) 活性에 미치는 影響을 調査하였다.

材料 및 方法

1. 供試藥劑 및 試藥

Carbaryl, diazinon, EPN, malathion, demeton S-methyl 및 permethrin은 農藥研究所에서 分讓받아 사용하였으며 aldrin과 DDT는 Wako pure chem, Co(大板, 日本)製品이었고 試藥은 前報와⁹⁾ 같은 것을 使用하였다.

2. 供試꿀벌

供試꿀벌은 東洋種(*A. cerana*)成蟲일벌을 전북 순창군 강천사와 전남 장성군 북하면에서 1986. 5~7월, 전남 장성군 북하면과 광주시 청옥동에서 1987. 5~9월에 採取하여 實驗室條件(26~28°C)에서 가루 설탕10: 粒子설탕8: 물2의 比率로 섞어 調製한 人工 먹이로 飼育하면서 供試하였다.

3. 꿀벌시료調製

벌의 飼育箱子는 두께 0.5mm의 비닐을 7×8cm와 5.5×7cm의 구멍을 두어 防蟲網을 씌워 防蟲網箱子(높이 13.5cm, 直徑 8.5cm)를 製作하였다. 箱子의 兩面을 plastic petri dish로 막아 使用하였다. 箱子의 뚜껑에 直徑 2.5의 구멍을 두개 만들고 먹이를 25ml용 plastic vial에 넣어 가제로 막아 箱子의 뚜껑에 거꾸로 세웠다.

所定濃度의 農藥을 acetone 20ml에 녹여 이것을 가루 설탕 10g과 粒子설탕 8g의 混合粉末에 加하고 하루 동안 hood에서 acetone을 날려보내고 여기에 다시 2ml의 물을 加하여 混合하고 이것을 벌에 供給하였으며 對照區

로는 acetone 20ml만 處理한 것을 먹였다. 모든 實驗은 20~28°C의 室內에서 行하였고 農藥供給3日後에 供試하여 먹이를 먹인 꿀벌중 살아있는 벌만 골라 容器에 모은 다음 -72°C의 冷凍庫에 保管하였다.

4. 中位致死濃度(LC₅₀)와 準致死濃度

LC₅₀值와 準致死值를 구하기 위하여 藥劑當6水準의 濃度로 하고 區당 30마리의 일벌을 3反復으로 處理하였다. Finney法에 의한 probit分析으로 LC₅₀值를 구했고 準致死值는 LC₅₀值의 1/2로 計算하였다.

5. 酵素活性 測定

1) Microsomal oxidase 活性

Microsomal oxidase活性測定은 中腸5~10個를 벌에서 떼어낸 후 1.15% KCl溶液에 保管하고 창자 內容物을 포함한 原狀中腸을 酵素源으로 하였다.

가. Microsomal epoxidase

Microsomal epoxidase活性은 aldrin을 基質로 하여 Yu¹⁰⁾의 方法에 의해 측정하였다.

나. N-Demethylase

N-Demethylase活性은 Kupfe의 方法에¹¹⁾ 따라 p-chloro N-methylanilin을 基質로 하여 測定하였다.

다. O-Demethylase

O-Demethylase活性은 Hansen 등¹²⁾의 方法에 따라 p-nitrophenol을 基質로 하여 測定하였다.

2) Glutathione S-transferase(GST)活性.

腸內容物이 GST의 活性에 影響을 미치는 것을 줄이기 위해 解部用핀셋으로 中腸을 꺼내어 길게 잘라 內用物을 除去한 洗滌中腸을 供試하였다. Aryltransferase (DCNB conjugation) 活性을 測定하기 위해서는 0.1M Tris-HCl 緩衝溶液(pH 6.5)을 각각 使用하였다. 洗滌中腸 25個를 4°C로 냉각된 上記 緩衝溶液 12.5ml에 넣어 磨碎機에서 30초간 均質化시켰다. Homogenate를 二重가제로 濾過하여 10,000g에서 15分間 遠心分離한 후 上澄液을 超高速遠心分離機(Beckman L8-70)에서 105,000g로 60分間 遠心分離한 上 液을 酵素液으로 하였다.

가. Aryltransferase(DCNB conjugation)

Booth 등의 方法에¹³⁾ 準하여 3,4-dichloronitrobenzene (DCNB)를 基質로 하여 測定하였다.

나. Aryltransferase(CDNB conjugation)

Habig 등의 方法에¹⁴⁾ 準하여 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB)을 基質로 하여 測定하였다.

3) Esterases 活性

가. α -NAesterase 와 carboxylesterase

洗滌中腸5個를 4℃의 0.1M 磷酸나트륨 緩衝溶液(pH 7.0)20ml에 넣어 磨碎機에서 30초간 均質化시켜 二重가제로 濾過하여 酵素液으로 使用하였다. Van Asperen의 方法¹⁵⁾에 의해 3×10^{-4} M α -NA(0.4M 磷酸緩衝溶液, pH7.0)을 基質溶液으로 使用하였다. Carboxylesterase는 eserine(10^{-4} M)과 PHMB(10^{-4} M)를 배양액에 加하여 cholinesterase(ChE)와 arylesterase를 除去하여 測定하였다. 나. AchE.

AchE活性은 Ellman法¹⁶⁾에 準하여 acetylthiocholine (AThCh)을 基質로 하여 測定하였다. 頭部10個에 4℃의 0.1M 磷酸나트륨緩衝溶液(pH8.0)10ml를 加하여 磨碎機에서 1分間 均質化시킨 後 homogenate를 二重가제로 濾過하여 酵素液으로 하였다.

4) DDT-ase活性

Yu등의 方法¹⁷⁾에 의하여 DDT를 基質로 하여 測定하였다.

이상의 모든 酵素實驗은 0~4℃에서 行하였고 屬白質 定量은 Lowry등의 方法¹⁸⁾에 의하여였으며 標準品은 bovine serum albumin(fraction V)을 使用하였다.

結果 및 考察

1. 中位致死濃度(LC₅₀) 및 準致死濃度

꿀벌에 對한 各種殺蟲劑의 LC₅₀經口毒性值 및 準致死濃度는 Table 1과 같다. LC₅₀值에 의한 毒性크기 順序는 EPN, permethrin, demeton S-methyl, cabraryl, malathion, diazinon 그리고 DDT였고 EPN과 DDT의 LC₅₀值는 0.75와 19.25ppm으로 DDT에 대한 EPN의 毒性은 25.6배의 差異를 보였다. LC₅₀值를 西洋種의 결과⁹⁾의 비교

해보면 모든 供試 殺蟲劑에서 西洋種의 LC₅₀值가 東洋種의 LC₅₀值보다 높게 나타났는데 carbaryl 만은 西洋種이 1.99ppm, 東洋種이 2.27ppm으로 東洋種이 높게 나타났다. 꿀벌의 LC₅₀值는 個體當의 숫자로 계산된 것이어서 무게 當으로 標示할 경우 LC₅₀值에 약간의 差異가 있을 것으로 생각된다. 西洋種의 개체당 생체중은 평균 0.08~0.10g이었고 東洋種은 0.06~0.08g이었다. 準致死濃度는 permethrin이 0.019ppm으로 가장 낮았고 malathion이 0.40ppm으로 가장 높았다.

2. 酵素의 活性

가. 꿀벌 解毒酵素의 比活性

解毒酵素로 알려진 9가지 調査된 酵素活性을 Table 2에 나타내었다. AchE는 비록 解毒酵素에는 屬하지 않지만 神經系의 刺戟傳達作用에 必須的인 acetylcholine (Ach)을 가수분해하고 有機磷系殺蟲劑의 targetenzyme이므로 이 酵素도 包含시켜서 測定하였다.

Microsomal epoxidase活性의 測定에서 組織均質化가 酵素活性에 미치는 영향을 없애기 위해 原狀中腸을 그대로 使用하였고 N-demethylase와 O-demethylase活性은 原狀中腸을 均質化시켜 使用하였다. Microsomal oxidases는 酵素活性이 낮아 pmol/min/mid gut으로 表示하였고 蛋白質은 midgut當 0.843mg이었다. Microsomal oxidase中 N-demethylase의 活性이 가장 높았고 epoxidase의 活性이 가장 낮았다. 西洋種의 活性의 결과⁹⁾와 비교해보면 epoxidase의 活性은 東洋種이 西洋種의 活性보다 63% 더 높고 N-demethylase活性은 西洋種이 東洋種보다 30.9%, O-demethylase活性은 16.8% 더 높았다. GST는 aryltransferase(CDNB)活性이 aryltransferase(DCNB)活性보다 훨씬 더 높았고 aryltransferase

Table 1. Susceptibility of adult worker of a honeybee(*A.cerana*) to various insecticides

Insecticide	LC ₅₀	Oral toxicity (ppm)	
		95% confidence limits of LC ₅₀	Sublethal concentration
Carbaryl	2.27	1.79 - 2.75	0.07
DDT	19.25	14.93 - 23.57	0.20
Diazinon	5.65	4.99 - 6.31	0.35
EPN	0.75	0.62 - 0.88	0.04
Malathion	4.02	3.46 - 4.58	0.40
Demeton S-methyl	1.50	1.23 - 1.77	0.07
Permethrin	0.79	0.60 - 0.98	0.019

Table 2. Detoxifying enzyme in activities in adult worker of a honeybee(*A. cerana*)

Detoxifying enzyme ^a	Specific activity (nmol min ⁻¹ mg protein ⁻¹) ^d
Microsomal oxidases ^b	
Epoxidase	21.01±3.42
N-Demethylase	170.00±28.28
O-Demethylase	27.67±3.68
Glutathione S-transferases	
Aryltransferase (DCNB)	2.09±0.38
Aryltransferase(CDNB)	217.14±20.71
Esterases	
α-NA esterase	390.25±35.72
Carboxylesterase	175.25±23.82
Acetylcholinesterase ^c	383.23±16.85
DDT-Dehydrochlorinase	0.272±0.035

a: Midguts were used as the enzyme source

b: pmol min⁻¹ midgut⁻¹; 0.843mg protein/midgut

c: Heads were used as the enzyme source

d: Mean ± SE of triplications

(DCNB)활성은西洋種과 東洋種이 비슷하였고 aryltransferase(CDNB)활성은 西洋種의 활성이 東洋種보다 23.3% 높았다. Esterases는 α-NAestreas, carboxylesterase 및 AChE활성에서 東洋種이 西洋種보다 각각 22.9, 4.0 및 59.9% 더 높았다. DDT-ase활성은 全體의으로 낮았으며 東洋種의 활성이 272pmol/min/mg protein 이었고 西洋種은 133pmol/min/mg protein으로 東洋種에서

의 활성이 西洋種에 比하여 2倍정도 높았다.

나. Microsomal oxidase활성에 미치는 殺蟲劑의 影響

1) Microsomal epoxidase

準致死濃度の 殺蟲劑가 成蟲일벌의 microsomal oxidase활성에 미치는 영향은 Table 3에 標示하였다. 藥劑의 處理에 따라 microsomal epoxidase 활성은 EPN, malathion, demeton S-methyl 및 permethrin 處理區에서

Table 3. Effects of sublethal concentrations of insecticides on microsomal oxidase activities in the honeybees (*A. cerana*)

Insecticide ^a	Specific activity (% control ^b)		
	Aldrin epoxidase	N-Demethylase	O-Demethylase
Carbaryl	80.43±11.08	150.18±17.40	113.84±14.53
DDT	134.78±22.17	134.86±23.02	80.71±11.17
Diazinon	108.70±16.27	116.04±19.30	103.60±17.76
EPN	73.91±6.15	131.40±6.39	90.35±12.86
Malathion	69.57±6.15	139.94±12.07	99.39±10.32
Demeton S-methyl	67.39±3.07	139.94±8.70	87.34±14.03
Permethrin	78.26±10.65	119.46±46±8.70	95.77±9.67

a: Groups of 30 workers were fed on a sugar cake containing corresponding insecticides at the subldthal levels for 3 days prior to enzyme assays

b: Mean ± SE of triplications.

活性이 減少되었다.

Banke 등¹⁹은 *Acheta domesticus*의 microsomal epoxide 활성水準은 carbaryl 과 piperonyl butoxide와의 上昇作用과 關係가 있다고 했고 Kriege 등²⁰은 microsomal 酵素의 活性은 hormonal control하에 있을것으로 推定했다.

2) N, O-Demethylase

準致死濃度の 藥劑處理에 따른 N-demethylase, 活性은 Table 3에서 보는 바와 같이 carbaryl處理區에서만 增大를 보였으며 나머지 處理區에서는 거의 差異를 보이지 않았다. 準致死濃度の 藥劑處理에 따른 O-demethylase 活性은 Table 3에 表示한 바와 같이 거의 일정하였다.

곤충의 살충제에 대한 감수성은 곤충의 행동습성, 형태, 작용점의 감수성 및 기작등 여러가지 요인에 의해 달라질 수 있다. 前報⁹의 서양종에서의 결과와는 相反된 結果를 보였는데 이는 두 種間에 生理的인 差異로 cytochrome P450의 誘導또는 解毒酵素의 合成調節遺傳子의 調節에 殺蟲劑가 주는 影響이 서로 다르게 나타난 것으로 생각된다.

다. GST活性에 미치는 殺蟲劑의 影響

準致死濃度の 農藥이 꿀벌體內的 GST活性에 미치는 影響은 Table 4에 表示한 바와 같이 aryltransferase (DCNB conjugation)活性을 diazinon, permethrin, DDT 그리고 malathion 處理區에서 모두 增大시켰다. 한편 準致死濃度の 殺蟲劑가 꿀벌의 aryltransferase에 의한 CDNB conjugation에 미치는 영향은 Table 4에 나타난

바와 같이 全體的으로 거의 影響이 없었다.

라. Esterase活性에 미치는 殺蟲劑의 影響.

1) α-NA-esterase

準致死濃度の 殺蟲劑가 esterase活性에 미치는 影響은 Table 5에 나타내었다. α-NA esterase活性은 malathion과 permethrin 處理區에서 沮害樣相을 보였다. 前報의 西洋種에서의 結果⁹와 비교해 볼때 EPN處理區에서는 西洋種에서만 活性의 沮害를 보였는데 이러한 結果는 毒性調査에서 나타난 바와 같이 西洋種의 LC₅₀值가 東洋種보다 높게 나타난 事實과 聯關을 지어 생각할 수 있겠다.

2) Carboxylesterase

PHMB 와 eserine을 使用하여 ChE와 arylesterase를 除去한 다음 準致死濃度の 農藥이 carboxylesterase活性에 미치는 影響을 調査한 結果는 Table 5와 같다. DDT 處理區에서는 活性의 增大를 보였지만 다른 處理區에서는 뚜렷한 影響이 없었다.

Carboxylesterase活性 增大의 報文으로는 *Trichoplusia*에서 幼若hormone I, 幼若hormone II와 juvenoids에 의해서 esterase活性이 8倍增大했다는 것²⁴)과 *M. domestica*에서 malathion의 抵抗性은 carboxylesterase活性과 밀접히 關係된다고 한 것²⁵)이 있다. Esterase는 加水分解酵素로서 有機磷劑處理에 의한 影響이 活潑히 일어나리라는 예상과는 달리 西洋種⁹과 東洋種間에 별 影響이 없었고 活性의 增減이 部分的으로 나타난 것은 esterase組成에도 關係가 있을것으로 생각되어 組成比를 調査해 본 結果 西洋種은 arylesterase가 32%,

Table 4. Effects of sublethal concentrations of insecticides on glutathione S-transferases activities in the honeybee(*A. cerana*)

Insecticide ^a	Specific actity (% control ^b)	
	Aryltransferase (DCNB conjugation)	Aryltransferase (CDNB conjugation)
Carbaryl	124.08 ± 10.17	90.63 ± 8.38
DDT	146.84 ± 27.47	100.87 ± 17.89
Diazinon	117.35 ± 13.66	80.70 ± 17.67
EPN	135.57 ± 22.56	99.37 ± 16.98
Malathion	157.79 ± 13.17	96.81 ± 2.67
Demeton S-methyl	92.50 ± 9.65	108.49 ± 7.74
Permethrin	147.85 ± 24.72	81.96 ± 16.66

a: Groups of 30 workers were fed on a sugar cake containing corresponding insecticides at the sublethal levels for 3 days prior to enzyme assays.

b: Mean ± SE of triplications.

Table 5. Effects of sublethal concentrations of insecticides on esterase activities in the honeybees (*A. cerana*)

Insecticide ^a	Specific activity (% control ^b)		
	α -NA esterase	Carboxylesterase	Acetylcholinesterase
Carbaryl	84.92 ± 6.60	115.45 ± 10.30	100.18 ± 6.85
DDT	100.14 ± 14.95	132.57 ± 20.32	103.22 ± 16.59
Diazinon	85.58 ± 6.39	92.43 ± 10.23	101.48 ± 15.26
EPN	97.67 ± 5.28	107.44 ± 11.35	102.65 ± 16.77
Malathion	67.39 ± 5.49	85.80 ± 11.13	99.36 ± 7.04
Demeton S-methyl	108.68 ± 14.25	126.89 ± 19.23	104.35 ± 10.29
Permethrin	70.55 ± 13.00	81.13 ± 11.78	96.46 ± 4.57

a: Groups of 30 workers were fed on a sugar cake containing corresponding insecticides at the sublethal levels for 3 days prior to enzyme assays

b: Mean ± SE of triplications.

ChE가 8% 그리고 carboxylesterase가 60% 였으며 東洋種은 arylesterase가 32%, ChE가 14%, 그리고 carboxylesterase가 54%로 두 種間에 carboxylesterase와 ChE의 組成에서 差異를 認定할 수 있었다.

3) AchE

準致死濃度の 農藥이 AchE活性에 미치는 影響은 Table 5에서 보는 바와 같이 뚜렷한 影響이 없었다. 본 實驗에 使用한 살충제에 準致死濃度は 꿀벌의 神經系에 까지 影響을 미칠 수 있는 濃度以下인 것으로 생각할 수 있겠다. 이러한 것은 malathion과 EPN의 LC₁, LC₁₀, LC₂₅ 濃度の 實驗²⁶⁾에서 3.5~53.6%의 活性 阻害를 보인 結果로 證明이 되었다. 꿀벌 頭部의 ChE組成은 AchE가 89%, BuChE가 11%로 나타났다.

다. DDT-ase活性에 미치는 殺蟲劑의 影響

準致死濃度の 農藥이 꿀벌의 DDT-ase活性에 미치는 影響을 Table 6에서 보면 carbaryl, EPN, malathion, 그리고 demeton S-methyl 處理區에서 DDT-ase 活性의 減少를 보였다.

前報의 西洋種에서의 結果⁹⁾와 비교해 볼 때 西洋種 藥劑處理區에서는 東洋種의 藥劑處理區에서 보다 DDT-ase活性의 阻害가 더 적었다. 이러한 結果는 準致死濃度 決定實驗結果⁹⁾와 關聯지어 생각해 볼 때 西洋種의 準致死值가 2.75ppm, 東洋種의 準致死值가 0.20 ppm으로 DDT-ase活性은 準致死濃도와 相關된 것으로 여겨진다. 한편 DDT-ase活性의 增大는 microsomal oxidase活性의 增大와 關係된다는 報文²⁷⁾이 있고 또한 서

Table 6. Effects of sublethal concentrations of insecticides on DDT-dehydro-chlorinase activity in the honeybees (*A. cerana*)

Insecticide ^a	Specific activity (% control ^b)
Carbaryl	65.68 ± 12.94
DDT	79.51 ± 17.63
Diazinon	79.51 ± 12.93
EPN	70.87 ± 13.61
Malathion	67.41 ± 4.23
Demeton S-methyl	65.68 ± 12.94
Permethrin	110.62 ± 9.78

a: Groups of 30 workers fed on a sugar cake containing corresponding insecticides at the sublethal levels for 3 days prior to enzyme assays

b: Mean ± SE of triplications.

양종의 microsomal oxidase活性이 더 높기 때문에 두 種間의 DDT-ase活性의 差異는 藥劑處理에 의한 MFO 活性의 差異와 어느정도 相關되지 않을까 생각된다.

要 約

東洋種꿀벌(*Apis cerana* F.)에 對한 殺蟲劑의 毒性 및 解毒能力을 調査하고 농약한계 사용량 결정에 기여하기 위하여 7가지 대표적인 살충제의 꿀벌에 대한 독성 및 해독효소의 활성을 조사하였다. 효소 활성은 해독효소로 알려진 microsomal oxidases, glutathione S-transferases, esterase와 DDT-dehydrochlorinase를 조사했고 成蟲일벌의 中腸을 사용하여 측정하였다. LC₅₀치의 측정 결과는 다음과 같다.

1. 공시 살충제중 DDT가 19ppm으로 毒性이 가장 낮았고 EPN이 0.75ppm으로 毒性이 가장 強했다.

2. 準致死濃度の 農藥이 成蟲일벌의 microsomal oxidase에 미치는 영향은 malathion 및 demeton S-methyl 처리가 aldrin epoxidase활성을 저해시켰고 N-demethylase활성은 carbaryl 처리구에서 增大되었다.

3. Glutathione S-transferase(DCNB conjugation)활성은 diazinon과 malathion 처리구에서 증대되었다.

4. Esterase는 malathion 및 permethrin 처리구에서 α-NA esterase 活性의 沮害를 보였고 carboxylesterase와 AchE 활성은 거의 영향이 없었다.

5. DDT-dehydrochlorinase 활성은 carbaryl, malathion과 demeton S-methyl 처리구에서 저해를 보였다.

謝 辭

본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원으로 수행되었으며 재단당국에 깊은 감사를 드립니다.

參 考 文 獻

1. 최승윤(1982) : 新制養蜂學, 集賢社, 13~16, 47~55
2. 이명렬, 최승윤(1986) : 한국산 꿀벌 東洋種과 西洋種의 外部形態의 形質差異에 關한 연구, 한국양봉학회지, 1(1), 5~23
3. Sakai, T.(1980) : Beekeeping in Japan, *Honeybee Science*, 1(1), 7-12
4. Metcalf, R.L., Fukuto, T.R., Wilkinson, C.F., Fahmy,

M.H., El-Aziz, S.A., and Metcalf, E.R.(1966) : Mode of action of carbamate synergists, *J. Agr. Food Chem.*, 14, 555-562

5. Atkins, E.L.(1975) : Injury to honeybees by poisoning in "The hive and the honeybee", Datant & Sons, Hamilton, Illinois, p663
6. Georghiou, G.P., and Atkins, E.L. Jr.(1964) : Temperature coefficient of toxicity of certain N-methylcarbamates against honeybees, and the effect of the synergist piperonyl butoxide, *J. of Apicul. Res.*, 3(1), 31-35
7. Melksham, K.J., Rhodes, J., and Jacobson, N.(1985) : The problem of pesticide toxicity to honeybees in Queensland, Australia, *Bee World*, 140-147
8. Choi, S.Y., and Lee M.L.(1986) : A questionnaire survey on the injury to honeybees by pesticide poisoning in Korea, *Korean J. Apiculture*, 1(1), 76-89
9. Suh, Y.T., and Shim, J.H.(1988) : Enzyme activities of a honeybee(*Apis mellifera*L.) associated with the degradation of some insecticides, *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, 31(3), 241-248
10. Yu, S.J., Robinson, F.A., and Nation, J.L.(1984) : Detoxication capacity in the honeybee, *Apis mellifera* L., *Pestic. Biochem. Physiol.*, 22, 360-368
11. Kupfer, D., and Bruggeman, L.L.(1966) : Determination of enzymic demethylation of p-chloro N-methylaniline, assay of aniline and p-chloroaniline, *Anal. Biochem.*, 17, 502-512
12. Hansen, L.G., and Hodgson, E.(1971) : Biochemical characteristics of insect microsomes, N- and O-demethylation, *Biochem. Pharmacol.*, 20, 1569-1578
13. Booth, J., Boyland, E., and Sims, P.(1961) : An enzyme from rat liver catalysing conjugations with glutathione, *Biochemical J.*, 79, 516-524
14. Habig, W.H., Pabst, M.J., and Jakoby, W.B.(1974) : Glutathione S-transferases ; The first enzymatic step in mercapturic acid formation, *The J. of Biol. Chem.*, 249(22), 7130-7139
15. Van Asperen, K.(1962) : A study of housefly esterases by means of a sensitive colorimetric method, *J. Insect Physiol.*, 8, 401-416
16. Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres, V.Jr., and Feathe-

- rstone,R.M.(1961) : A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity, *Biochem. Pharmacol.*, 7,88-95
17. Yu,S.J.,and Terriere,L.C.(1971) : Induction of microsomal oxidases in the housefly and the action of inhibitors and stress factors, *Pestic. Biochem. Physiol.*, 2,184-190
18. Lowry,O.H.,Rosebrough,N.J.,Farr,A.L., and Randall,R. J.(1951) : Protein measurement with Folin Phenol Reagent, *J. of Biol. Chem.*, 193,265-275
19. Benke,G.M., and Wilkinson,C.F.(1971) : Microsomal oxidation in the house cricket, *Acheta domesticus(L)*, *Pestic. Biochem. Physiol.*, 1,19-31
20. Krieger,R.I.,and Wilkinson,C.F.(1969) : Microsomal mixed-function oxidases in insects I. Localization and properties of an enzyme system effecting aldrin epoxidation in larvae of the southern armyworm(*Prodenia eridania*), *Biochem. Pharmacol.*, 18,1403-1415
21. Motoyama,N., and Dauterman,W.C.(1975) : Interstrain comparison of glutathione-dependent reactions in susceptible and resistant houseflies, *Pestic. Biochem. Physiol.*, 5,489-495
22. Ottea,J.A., and Plapp,F.W.Jr.(1984) : Glutathione S-transferase in the housefly : Biochemical and genetic changes associated with induction and insecticide resistance, *Pestic. Biochem. Physiol.*, 22,203-208
23. Oppernoorth,F.J.(1984) : Biochemistry of insecticide resistance, *Pestic. Biochem. Physiol.*, 22,187-193
24. Sparks,T.C.,and Hammock,B.D.(1979) : Induction and regulation of juvenile hormone esterases during the last larval instar of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*, *J. Insect Physiol.*, 25,551-560
25. Kao,L.R., Motoyama,N., and Dauterman,W.C.(1984) : Studies on hydrolases in various housefly strains and their role in malathion resistance, *Pestic. Biochem. Physiol.*, 22,86-92
26. Suh,Y.T., and Shim,J.H.(1988) : Effects of insecticides on the activity of acetylcholinesterase in the honey bees(*Apis cerana F.* and *A. mellifera L.*), *Korean J. Apiculture*, 3(1), 48-60
27. Dauterman,W.C., and Hodgson,E.(1978) : Detoxication mechanisms in insects in "Biochemistry in insects" edited by M. Rockstein, Academic Press, New York,541-577