

農藥에 의한 참잉어 및 이스라엘잉어의 急性毒性比較

임요섭 · 한성수

Comparison of Acute Toxicity of Pesticides between Carp (*Cyprinus carpio* L.) and Israeli Carp(*Cyprinus israeli carpio* L.)

Yo-Sup Rim and Seong-Soo Han

Abstract

This study was carried out to compare the acute toxicity(96hr) of 13 chemicals to carp (*Cyprinus carpio* L.) and israeli carp (*Cyprinus israeli carpio* L.) and the activities of acetylcholinesterase (AChE) and glutathione S-transferase (GST) in israeli carp exposed to five insecticides (diazinon, malathion, carbofuran, cartap, methomyl). LC₅₀ values of acute toxicity of the chemicals to israeli carp were endosulfan 0.0061ppm, captafol 0.041ppm, chlorothalonil 0.073ppm, butachlor 0.48ppm, captan 0.14ppm, carbofuran 1.13ppm, cartap 1.15ppm, diazinon 1.35ppm, nitrofen 3.72ppm, methomyl 4.39ppm, propanil 10.61ppm, malathion 11.78ppm and isoprothiolane 12.81ppm. The acute toxicity of endosulfan 0.0061ppm was 2100 times higher than that of isoprothiolane 12.81ppm. LC₅₀ values of acute toxicity of the chemicals to carp were endosulfan 0.0026ppm, captafol 0.062ppm, chlorothalonil 0.078ppm, captan 0.14ppm, butachlor 0.47ppm, carbofuran 0.52ppm, nitrofen 0.58ppm, diazinon 0.81ppm, cartap 0.82ppm, methomyl 5.03ppm, propanil 10.67ppm, malathion 11.92ppm, and isoprothiolane 13.20ppm. The acute toxicity of endosulfan was 5,000 times higher than that of isoprothiolane. The toxicity of diazinon, carbofuran, cartap, endosulfan, and nitrofen to carp was approximately 2–6 times as high as that to israeli carp, but the toxicity of malathion, methomyl and captafol to israeli carp was slightly higher than that to carp. AChE activity was inhibited by 31% and 52% after 96hr's exposure of israeli carp to diazinon and malathion respectively. GST activity in israeli carp was significantly induced by methomyl exposure for 96 hr.

緒 論

病·害蟲等有害生物의 防除에 使用되는 農藥은 防除후에도 一部는 藥劑成分 그대로 또는 이로부터 轉換된 化合物의 形態로 作物, 土壤, 湖水나 河川같은 水系等 環境構成 成分에 殘留함으로써 環境을 汚染시킨다. 여러가지 化學物質이 水生生物에 被害를 끼칠 수 있는데 그 중에서도 農藥은 直接 環境中에 放出시켜 使用하기 때문에 魚類에 對한 被害의 原因이 不分明할 때는 農藥이 우선 그 原因으로 擧論되는 것이 普通이다. 그것은 우리나라 農藥 使用量의 50% 以上이 논의 病害蟲과 雜草防除에 使用되고 있으며 이들 農藥의 一部가 水系를 通해서 河川, 湖水, 沿岸, 海域으로 流出되는 比率이 높기 때문이다.

現在 使用量에 있어서 主流를 이루고 있는 有機磷系와 카바메이트계 農藥은 以前에 使用했던 유기 염소계 農藥에 비해 殘留期間이 짧고 低毒性임에도 불구하고 魚毒性이 比較的 強하여 單純한 環境汚染問題 뿐만 아니라 淡水 및 沿岸海域에서의 魚類養殖에도 影響을 미칠것으로 憂慮되는 形편이다. 특히 使用된 農藥이 먹이의 連鎖過程인 土壤 → 水 → 藻類 → 魚類 → 人體의 경우에까지 이행될 수 있으므로 먹이 連鎖 過程中 重要한 中間過程인 魚類를 利用하여 農藥의 毒性을 評價하여 이에 對한 安全性基準을 마련하는 것은 意味있는 일이다.

生物體에 對한 農藥의 安全性 評價에 包含되는 魚毒性 檢査에는 1次的으로 急性魚毒性値를 求하고,

2次的으로 急性魚毒性値에 根據하여 亞急性毒性和 慢性毒性을 求하는 方法¹⁾이 있다. 現在 우리나라에 서는 잉어, 송사리, 왜물개, 물벼룩에 觀한 毒性調査 研究²⁻⁶⁾가 이뤄졌지만 참잉어의 稚魚에 對한 魚毒性調査 結果만을 認定하고 있다. 또한 現在 淡水養殖場에서 가장 널리 養殖하고 있는 이스라엘 잉어에 對한 急性毒性値를 求한 研究는 없다.

따라서 本 研究는 같은 魚種의 淡水魚인 참잉어와 이스라엘잉어를 供試하여 現在 使用中인 農藥 13種에 對한 LC₅₀値를 求하여 準致死 濃度를 定하고 準致死 濃度에서 이스라엘 잉어의 acetylcholinesterase 및 glutathione S-transferase 活性에 미치는 影響을 調査하여 魚類의 安全性評價基準 마련에 基礎資料로 活用하고자 조사분석한 結果를 보고하는 바이다.

材料 및 方法

1. 材料

1) 供試魚類

本 實驗에 使用한 魚類는 이스라엘 잉어와 참잉어로 各各 全羅南道 內水面 開發試驗場과 忠淸北道 內水面 開發試驗場에서 운반용 vinyl속에 酸素를 채워 運搬하였고 直徑 84cm, 높이 36cm의 원통형 플라스틱통에 200-300마리씩 나누어서 實驗室 條件으로 2週 以上을 馴化시킨 後 供試하였다.

馴化期間中 잉어 稚魚用를 飼料를 體重當 2-4%

Table 1. Fresh water fishes and test condition.

Korean name	Scientific name	Size of test fish		pH	Temp. (°C)	DO (mg/l)
		Total length (cm)	Body weight (g)			
이스라엘 잉어	<i>Cyprinus israeli carpio</i> L.	4.32 ± 0.48	1.27 ± 0.42	6.63 ± 0.21	23.4 ± 0.27	7.26 ± 0.54
참잉어	<i>Cyprinus carpio</i> L.	5.24 ± 0.56	1.56 ± 0.59	6.59 ± 0.17	23.4 ± 0.27	6.92 ± 0.65

/day⁷⁾로 2-3회 나누어 充分히 供給하였고 實驗室 條件은 溫度 23±1°C, 光條件 12時間이었고, 供試 魚類는 實驗시작 24時間 前에 絶食시켜 分泌物에 의한 農藥의 吸着을 防止하였다. 現在 널리 使用되고 있는 몇가지 農藥을 供試하였으며 供試魚에 對한 實驗條件은 Table 1과 같다.

2) 供試農藥

本 實驗에 使用된 農藥은 農村振興廳內 農藥研究 所에서 分讓받은 純도 90% 이상의 標準品을 使用하였고 殺蟲劑 6種(diazinon, malathion, carbofuran, cartap, methomyl, endosulfan), 殺菌劑 4種(chlorothalonil, captan, captafol, isoprothiolane), 除草劑 3種(nitrofen, butachlor, propanil)等 13種을 使用하였다.

3) 試藥

Bovine serum albumin, glutathione, acetylthiocholine iodide(AThch), 5,5'-dithio-bis(2-nitrobenzoic acid)(DTNB), 1-chloro-2,4-dinitrobenzen(CDNB)은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, U.S.A)에서 methyl cellosolve는 Junsei Chemical Co.(Tokyo, Japan)에서 dimethyl sulfoxide(DMSO)는 Tedia Company Inc.(Ohio, U.S.A)에서 구입하여 使用하였다.

4) 供試 溶液 調製

試藥 溶液의 調製는 豫備試驗을 통해 얻은 結果를 利用, 處理濃도를 計算하였으며 diazinon, malathion, carbofuran, butachlor, propanil, captan은 必要量만큼 dimethyl sufoxide (DMSO)를 使用하여 stock solution을 만들어 濃度別로 投與하였고 chlorothalonil, endosulfan, isoprothiolane, nitrofen 等은 DMSO에 녹여 stock solution을 만들어 分散劑인 Triton X-100 한방울을 넣어 잘 混合한 後 投與하였으며, cartap이나 methomyl은 증류수로 stock solution을 만들어 直接投與하였다. 對照區에는 DMSO 2ml, DMSO 2ml+Triton X-100 한 방울이나 증류수로 各各 處理 濃度에 첨가한 量을 加했다.

實驗期間中 使用한 飼育用水는 수도물을 활성탄(S.P.C.GR reagent, Granular, Shinyo Pure Chemical Co., Japan)을 통과시켜 잔류 鹽素나 固形物質을 除去하였으며 水質特性⁸⁾은 電氣傳道度: 0.09 mmhos/cm, Total alkalinity: 11.00 mg/l as CaCO₃, Total hardness: 13.10 mg/l as CaCO₃, Total NH₃-N: 0.065 mg/l, DO: 7.4 mg/l, pH: 7.14 이었다.

2. 方法

1) 中位致死濃度(LC₅₀)와 準致死濃度

實驗用 水槽의 크기는 45cm(L)×45cm(W)×45cm(H)로 實遊泳 容積은 20ℓ이며 實驗始作 24時間 前에 絶食시켰다. 모든 實驗은 static state 상태로 하였으며 水槽當 10마리씩 2 反復하여 한 處理當 20마리로 하였다⁹⁾. 馴化中이거나 絶食中인 供試魚에 는 계속 酸素發生器로 空氣를 供給하여 주었으나 實驗期間中에는 공기와 먹이를 供給하지 않았다.

致死魚 숫자는 3, 6, 9, 12, 24, 48, 96時間 마다 記錄하였으며 腐敗에 의한 影響을 막기 위해 수시로 아가미 呼吸이 중지된 것이나 유리막대로 刺戟을 주어 反應이 없는 것은 致死魚로 看做하여 水槽에서 곧바로 除去하였다. 實驗條件인 水槽內의 溶存酸素(DO)濃度, 溫度, pH를 一定하게 하기 위해 水槽別로 每日 2회 測定하여 實驗條件을 維持하였고, 各 農藥別 供試魚에 對한 最高濃度는 24時間內에 完全 致死될 수 있도록 留意하였다.

이스라엘 잉어와 참잉어에 대한 藥劑處理는 LC₅₀ 値와 準致死濃도를 求하기 위해 藥劑當 5水準 以上の 濃度로 하고 區當 10마리의 供試魚를 2反復으로 處理하였으며 對照區에 5% 以上の 致死率이 나타날 경우에는 再實驗을 行하였다. 處理한 藥劑別 濃度는 Table 2에 나타내었다. Finney 法¹⁰⁾에 의한 probit 分析으로 LC₅₀値를 구했으며 準致死濃度는 LC₁値의 1/2로 計算하였다.

2) Acetylcholinesterase(AchE) 活性 測定

AchE의 活性 測定은 Ellman法¹¹⁾에 準하여 測定

Table 2. Concentrations of pesticides treated.

Pesticide	Fish	Concentration(ppm)
Diazinon	Israeli Carp	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5
	Carp	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5
Malathion	Israeli Carp	9.0, 11.0, 13.0, 15.0, 17.0
	Carp	7.0, 9.5, 12.0, 14.5, 17.0
Carbofuran	Israeli Carp	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5
	Carp	0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8
Cartap	Israeli Carp	0.5, 0.87, 1.25, 1.63, 2.0
	Carp	0.5, 0.87, 1.25, 1.63, 2.0
Methomyl	Israeli Carp	2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0
	Carp	2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0
Endosulfan	Israeli Carp	0.003, 0.007, 0.001,
	Carp	0.015, 0.019
Chlorothalonil	Israeli Carp	0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1
	Carp	0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1
Captan	Israeli Carp	0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25
	Carp	0.05, 0.12, 0.19, 0.26, 0.33
Isoprothiolane	Israeli Carp	10.0, 13.5, 17.0, 20.5, 24.0
	Carp	10.0, 11.75, 13.5, 15.25, 17.0
Captafol	Israeli Carp	0.01, 0.25, 0.05, 0.075, 0.1
	Carp	0.01, 0.0325, 0.05, 0.0775, 0.1
Nitrofen	Israeli Carp	2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0
	Carp	0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8
Butachlor	Israeli Carp	0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0
	Carp	0.1, 0.325, 0.55, 0.775, 1.0
Propanil	Israeli Carp	4.5, 6.5, 8.5, 10.5, 12.5
	Carp	7.25, 8.56, 9.88, 11.19, 12.5

하였다. Cold room(3-4°C)을 사용하여 눈알을 제거한 頭部 5個에 4°C의 0.1M 인산나트륨 緩衝溶液(pH 8.0) 10ml를 加하여 homogenizer에서 最高速度로 1分間 均質化 시킨 後 homogenate를 2重 加劑로 濾過하여 酵素液으로 使用하였다. 活性 測定은 0.1M 인산나트륨 緩衝溶液(pH 8.0) 2.8ml를 酵素液 0.2ml와 함께 試驗管에 넣고 水槽에서(25°C) 3分間 反應시킨 後 0.01M DTNB 溶液 39.6mg과 NaHCO₃ 15mg을 10ml의 0.1M 인산緩衝溶液(pH 7.0)에 녹인 溶液) 100μl를 加하여 cuvette에 옮기고 분광도기

에서 零點을 맞추었다. 基質로서 3차 증류수에 용해시킨 0.075M ATCh 20μl를 微量 주사기로 加하여 cuvette 뚜껑을 막아 10秒間 흔들어준 後 412nm에서 6分間 吸光度 變化를 測定하였고 消光係數는 1.36×10⁴M/cm로 하였다. 本 實驗에서 酵素活性의 阻害率은 다음 式으로 算出하였다.

$$\% \text{ inhibition} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A : 對照區의 酵素活性

B : 處理區의 酵素活性

3) Glutathione S-transferase(GST) 活性 測定

急性魚毒性 實驗에서 使用한 供試魚類인 이스라엘 잉어와 同一한 群의 個體에 probit法으로 구한 LC₁值의 1/2이 되는 量을 計算하여 同一한 方法으로 投與하였으며, 96時間 後 cold room(3-4°C)을 使用하여 供試魚 10마리를 곧바로 解剖用 칼로 배를 가르고 肝을 꺼내어 0.1M phosphate buffer (pH 8.2)로 씻은 후 4°C로 冷却된 上記緩衝溶液 10ml를 넣어 glass homogenizer로 30秒間 完全히 磨碎하여 均質化시켰다. Homogenate를 2重 加劑로 濾過하여 10,000 x g에서 20分間 원심분리한 後 上液을 초고속원심분리기에서 105,000 x g로 60分間 원심분리한 上液을 酵素原으로 하였다.

GST 活性 測定은 Habig 등¹²⁾의 方法에 準하여 測定하였다. 3차 증류수에 용해시킨 glutathione 15 mM 1ml와 酵素液 2ml를 試驗管에 넣고 水槽(20°C)에서 1分間 反應시킨 後 cuvette에 옮기고 methyl cellosolve에 용해시킨 15mM CDNB 0.02ml를 加한 後 cuvette 뚜껑을 막아 30秒間 흔들어 준 後 吸光度의 變化를 波長 344nm에서 5分間 30秒 간격으로 測定하였다. 消光係數는 9.6mM/cm로 計算하였으며 蛋白質 定量은 bovine serum albumin을 표준품으로 한 Lowry 등¹³⁾의 方法을 使用하였다.

結果 및 考察

1. 中位致死濃度(LC₅₀)

이스라엘잉어와 참잉어에 對한 各種農藥의 96hr-LC₅₀ 經口毒性値는 Table 3과 같다. LC₅₀値는 Table 3에서 보는 바와 같이 供試藥劑間에 顯著한 差異가 있었다. LC₅₀値(ppm)에 의한 毒性크기 順序는 이스라엘 잉어에서는 endosulfan(0.0061), captafol(0.0041), chlorothalonil (0.073), captan(0.14), butachlor (0.48), carbofuran(1.13), cartap(1.15), diazinon(1.35), nitrofen (3.72), methomyl(4.39), propanil(10.61), malathion(11.78), isoprothiolane(12.81) 順이었으며, 참잉어에서는 endosulfan(0.0026), captafol(0.062), chlorothalonil(0.078), captan(0.14), butachlor (0.47), carbofuran(0.52), nitrofen(0.58), diazinon (0.81), cartap(0.82), methomyl(5.03), propanil (10.67), malathion(11.92), isoprothiolane(13.20) 順으로 두 種間에 藥劑에 對한 感受성에 差異를 보였다.

이스라엘 잉어에서는 endosulfan, isoprothiolane

의 LC₅₀値는 0.0061과 12.81ppm으로 isoprothiolane에 對한 endosulfan의 毒性은 2100배의 差異를 보였고, 잉어에서는 endosulfan과 isoprothiolane이 0.0026과 13.20ppm으로 5077배의 큰 差異를 보였다. 모든 供試 藥劑에서 이스라엘 잉어 LC₅₀値가 참잉어의 LC₅₀値 보다 높게 나타난 것은 methomyl과 captafol이었으며 참잉어의 LC₅₀値가 이스라엘 잉어의 LC₅₀値 보다 높은 藥劑는 diazinon, carbofuran, cartap, endosulfan, nitrofen이었다. 藥劑에 對한 두 魚種間의 LC₅₀値는 nitrofen에서 참잉어 0.58ppm, 이스라엘 잉어 3.72ppm으로 毒性値가 6.4배의 큰 差異를 보였고 diazinon, captafol, carbofuran, endosulfan에서는 1.5-2.5배 程度의 毒性 差異를 보였으며 malathion, cartap, methomyl, chlorothalonil, captan, isoprothiolane, butachlor, propanil에서는 두 魚種間의 毒性置가 거의 비슷하였다. 이러한 結果는 cartap에서 卡³⁾에 의한 잉어에서의 實驗값인 0.78 ppm과 비슷하게 나타났으나 금붕어에 對해서는 1.1 ppm, 미꾸리에서는 0.11 ppm으로 나타난 것은 種間의 差異로 생각되며 또한 carbofuran은 양 등⁵⁾에 의한 잉어에서의 實驗값인 0.77ppm과도 거의 類似

Table 3. Acute toxicity of pesticides to fishes.

Pesticides	Israeli carp		Carp	
	LC ₅₀ (ppm)	95% confidence limits of LC ₅₀	LC ₅₀ (ppm)	95% confidence limits of LC ₅₀
Diazinon	1.35	1.21-1.49	0.81	0.60-1.03
Malathione	11.78	10.94-12.62	11.92	10.59-12.89
Carbofuran	1.13	1.00-1.26	0.52	0.39-0.72
Cartap	1.15	1.03-1.27	0.82	0.71-0.94
Methomyl	4.39	4.08-4.72	5.03	4.78-5.28
Endosulfan	0.0061	0.0050-0.0073	0.0026	0.0019-0.0033
Chlorothalonil	0.073	0.068-0.077	0.078	0.073-0.083
Captan	0.14	0.12-0.16	0.14	0.11-0.17
Captafol	0.041	0.035-0.047	0.062	0.049-0.075
Isoprothiolane	12.81	11.99-13.62	13.20	12.49-13.91
Nitrofen	3.72	3.39-4.06	0.58	0.55-0.61
Butachlor	0.48	0.42-0.54	0.47	0.41-0.53
Propanil	10.61	10.09-11.13	10.67	10.23-11.19

하게 나타났으나 李 등⁶⁾에 의한 잉어에서의 96hr LC₅₀인 1.4ppm과는 顯著한 差異를 나타냈는데 이것은 논물에서의 實驗值인 關係로 環境에 의한 差異라고 생각된다. Diazinon은 金 등²⁾에 의한 미꾸리와 송사리에 對한 實驗值인 0.27과 3.91ppm과 顯著한 差異를 보였다.

또한, 이를 회귀직선으로 LC₁值를 구해 이 값의 1/2인 준치사농도를 구한 값인 Table 4와 비교해 보면 diazinon, carbofuran, endosulfan, captan과 captafol中에서 endosulfan을 除外한 농약들의 회귀 직선상 傾斜는 이스라엘 잉어에 비해 緩慢하여 LC₁值와 LC₅₀值 間에 차이가 큰 것으로 나타났으며 나머지 供試 農藥인 malathion 등은 傾斜가 급격하여 LC₁值와 LC₅₀值가 差異가 적은 것으로 나타났다. 이스라엘 잉어에서의 準致死濃度는 cartap이 0.29 ppm으로 가장 낮았고 malathion이 3.23ppm으로 가장 높았으나 잉어에서는 carbofuran 0.031ppm에 비해 malathion 3.19ppm으로 藥劑間에 큰 差異를 보였다.

Table 4. Sublethal concentrations of insecticides to fishes.

Insecticides	Sublethal concentratio (ppm)	
	Israeli carp	Carp
Diazinon	0.37	0.055
Malathione	3.23	3.19
Carbofuran	0.30	0.031
Cartap	0.29	0.17
Methomyl	1.35	1.61

2. 이스라엘 잉어의 AchE와 GST活성에 미치는 殺 蟲劑의 影響

농약무처리 대조구의 AchE와 GST와 酵素 比活性은 Table 5에서 보는 바와 같이 각각 97.54±2.97 와 52.08±1.48으로 金 등²⁾의 實驗值인 송사리의 AchE의 比活性보다 3~4배 낮은 活性을, 미꾸리보다 5~6배의 높은 활성을 보였으며 GST의 比活性은 Tommy 등¹⁴⁾의 rainbow trout의 實驗值보다는

높은 活性을 보였는데 이는 魚種의 差異에 基因하는 것으로 생각된다.

準致死 濃度の 供試 農藥이 AchE活성에 미치는 影響을 살펴보면 有機磷系 殺蟲劑인 diazinon과 malathion의 AchE의 活性은 供試魚인 이스라엘 잉어의 LC₁值의 1/2값으로 處理한 農藥中에서 各各 31.89±2.25%, 52.29±3.33%의 沮害를 보였으며, 유기인제와 target enzyme이 같은 카바메이트系 殺蟲劑인 carbofuran, cartap, methomyl 中 methomyl만이 약간의 沮害를 보였고 carbofuran과 cartap은 沮害를 보이지 않았다. 이러한 傾向은 有機磷系의 경우 먼저 加水分解되어 AchE를 磷酸化시켜 沮害하는데 비해 카바메이트系 경우에는 分子 全體가 AchE의 음이온側 및 ester側의 兩部位에 結合하여 沮害 作用을 일으키고 카바메이트系 殺蟲劑의 結合力은 磷酸化보다 堅固하지 못하므로 可逆的 沮害作用을 보이기 때문인 것으로 생각된다.

한편 供試 農藥이 GST의 활성에 미치는 影響을

Table 5. Effects of sublethal concentrations of insecticides on AchE and GST activities in the israeli carp.

Insecticide ^a	Specific activity ^b (nmol · min ⁻¹ · mg protein ⁻¹)	
	Acetylcholinesterase ^c	Glutathione S-transferase ^d
Untreated control	97.54±2.972	52.08±1.486
Diazinon	68.34±2.29	121.89±7.37
Malathion	47.15±3.30	108.6±12.84
Carbofuran	151.27±1.15	104.67±11.92
Methomyl	93.29±4.52	261.66±24.8
Cartap	152.58±5.49	109.18±14.84

- a. Groups of 10 israeli carp were fed in diluted water containing corresponding insecticides at the sublethal levels for 4 days prior to enzyme assays.
- b. Mean±SE of triplications.
- c. Groups of 5 heads on israeli carp were used as the enzyme source.
- d. Groups of 10 livers in israeli carp were used as the enzyme source.

무처리구의 GST활성과 비교해 보면 carbofuran, diazinon, malathion, cartap처리에서 무처리보다 2.0배 이상의 活性을 보였고 methomyl에서는 5.0배 이상의 活性을 나타냄으로써 供試藥劑 모두 GST활성에 큰 영향을 끼친 것으로 나타났다.

供試 殺蟲劑중 카바메이트系인 methomyl은 다른 農藥들에 비해 GST活性이 $261.66 \pm 24.8\%$ 로 2배 이상 높은 活性을 보였는데, 이는 간단한 分子構造를 가진 化合物이 GST酵素 活性이 높고 aromatic ring 化合物은 GST活性이 낮다고 하는 James 등¹⁵⁾의 報告가 있는 바 본 시험의 methomyl은 分子構造가 간단하고 aromatic ring 化合物이 아니기 때문에 나타난 결과라 생각된다.

要 約

淡水産 魚類인 이스라엘 잉어 (*Cyprinus israeli carpio* L.)와 참잉어(*Cyprinus carpio* L.)에 對한 13個 農藥의 急性毒性 (96hr)과 이스라엘 잉어에 對한 5個 殺蟲劑(diazinon, malathion, carbofuran, cartap, methomyl)에서 acetylcholinesterase(AchE)와 glutathione s-transferase(GST) 活性을 測定한 結果는 다음과 같다.

이스라엘 잉어에서 供試農藥의 LC₅₀值에 의한 毒性크기 順序는 endosulfan, captafol, chlorothalonil, butachlor, captan, carbofuran, cartap, diazinon, nitrofen, methomyl, propanil, malathion, isoprothiolane 順이었고, 毒性의 差異는 endosulfan(0.0061 ppm)이 isoprothiolane(12.8ppm)보다 2,000倍의 毒性을 나타냈으며 참잉어에서의 毒性크기 順序는 endosulfan, captafol, chlorothalonil, captan, butachlor, carbofuran, nitrofen, diazinon, cartap, methomyl, propanil, malathion, isoprothiolane 順으로 endosulfan(0.0026ppm)이 isoprothiolane(13.20 ppm) 보다 5,000倍 毒性 差異를 나타내었다.

毒性은 diazinon, carbofuran, cartap, endosulfan, nitrofen에서는 참잉어가 이스라엘잉어 보다 約 2-6倍의 毒性을 나타냈으나 malathion, methomyl과

captafol에서는 이스라엘잉어의 毒性이 약간 높았다.

準致死 濃度の 殺蟲劑가 이스라엘잉어의 AchE가 活性에 미치는 影響은 有機磷系 殺蟲 劑인 diazinon과 malathion에서는 各各 約 31%와 52%의 沮害를 나타냈으며 이스라엘 잉어의 GST 活性은 methomyl 처리시 有意의으로 誘起되었다.

參考文獻

1. Bansal S. K., Verma S. R., Gupta A. K. and Dalela R. C. (1980). Predicting long-term toxicity by subacute screening of pesticides with larvae and early juveniles of four species of freshwater major carp., *Ecotoxicol. Environ. Safety*. **4** : 224.
2. 김영배, 이성규, 김용화, 노정구 (1988). Diazinon과 Carbofuran의 송사리와 미꾸리에 대한 선택적 독성과 Acetylcholinesterase 저해. *한국환경농학회지* **7**(2) : 177-123.
3. 卞上智. (1984). 몇가지 淡水産 動物에 對한 殺蟲劑 Cartap의 急性 毒性에 關한 研究. 서울대학교 석사학위논문.
4. 李相均. (1985). 왜물개와 송사리에 대한 水稻用 農藥의 急性毒性 및 毒性 發現에 미치는 要因에 關한 研究. 서울대학교 석사학위논문.
5. 양재설, 신진섭, 이해근. (1986). 수중농약성분이 어류 독성에 미치는 영향. 시험연구보고서. 농약연구소. 농촌진흥청 : 213-221.
6. 이성규, 박철원, 노정구. (1984). 농약의 급성어 독성과 처리방법에 따른 獨性的 변화. *한국환경농학회지* **3**(1) : 45-51.
7. Grant B. F and Mehrle P. M. (1973). Endrin toxicosis in rainbow trout. *J. Fisheries Research Board of Canada*. **30**(1) : 31-40.
8. APHA, AWWA, WPCF. (1981). Standard methods for the examination of water and waste water. 16th ed., Washington.
9. 橋本康. (1981). 農藥實驗法-6. 水生動物實驗

- 法. 環境化學及び分析偏 ンフトサイエンス社發行. Japan : 186-200.
10. Finney, D. J. (1971). Probit analysis. 3rd ed. Cambridge Univ. Press Cambridge. : 81-99.
 11. Ellman G. L., Courtney K. D., Andres Valentino, JR. and Featherstone R. M. (1961). A new rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.* **7** : 88-95.
 12. Habig W. H., Pabst M. J. and Jokoby W. B. (1974). Glutathions S-transferase; The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.* **249**(22) : 7130-7139.
 13. Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L. and randall R. J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. chem.* **193** : 265-275.
 14. Anderson T., Pesonen M. and Johanson C. (1985). Differential induction of cytochrome p-450-dependent monooxygenase, epoxide hydrolase, glutathione transferase and glucuronosyltransferase activities in the liver of the rainbow trout by γ -naphthoflavone or clophen A50., *Biochem. Pharmacol.* **34**(18) : 3309-3314.
 15. James M. O. and Bend J. r. (1980). Polycyclic aromatic hydrocarbon induction of cytochrome p-450 dependent mixed-function oxidases in marine fish. *Toxicology and Applied Pharmacology* **54** : 117-133.