

魚蝦介類累積水中殘留農藥及其釋放之研究

*陳玉麟 王一雄 **湯弘吉 ***鄭奇昌

摘 要

由於台灣水稻田大量施用丁基拉草、甲氧基護谷及殺丹三種除草劑，可能造成環境污染進而危害水生生物安全。本研究針對本省養殖魚類，鯉魚 (Carp, Common carp)、吳郭魚 (Tilapia, *Tilapia nilotica* x *Tilapia mossambica*) 以及大頭鰱 (Black silver carp, *Aristichthys nobilis*)，探討除草劑之魚毒性及累積。在毒性方面，以 TLM 表示均為丁基拉草 > 殺丹。對抗毒性而言為吳郭魚 > 鯉魚 > 大頭鰱。魚體內除草劑濃度分佈差異可能造成死亡之原因。本實驗顯示高濃度處理下短時間內，鰓累積濃度高者愈容易死亡，反之存活者其內臟或肌肉均有較高之累積。在低濃度處理 25 天累積試驗方面，發現肌肉部分在 25 天後仍有累積之趨勢，而鰓及內臟則快速累積也快速消失。吳郭魚肌肉對丁基拉草、殺丹及甲氧基護谷之生物濃縮指數 (Bioconcentration factor) 分別為 2.98, 44.32, 21.58。鯉魚分別為 5.94, 92.77, 101.96。大頭鰱則為 48.74, 257.26, 476.84。三種除草劑之 K_{ow} 分別為殺丹— 3.56, 丁基拉草— 3.66, 甲氧基護谷— 5.25。這個結果顯示生物濃縮指數與 K_{ow} 並沒有很好之相關。

* 台大農化系教授

** 台灣省水產試驗所竹北分所長

*** 農業工程研究中心副研究員

一、前 言

台灣地處熱帶及亞熱帶地區，高溫多雨，病蟲害及雜草特多，對於農業生產影響很大。爲了確保農業的生產，農藥的使用成爲必要的手段。由於農藥在施用後僅有少量的藥劑能達到目的物而產生預期的效果，其餘大部分則分散進入生態環境中。其移轉變化的可能途徑爲：一、被植物吸收與代謝；二、光分解；三、揮散進入大氣中；四、隨表面逕流沖刷損失；五、被土壤吸附；六、生物分解；七、淋洗；八、化學分解等(8)。所以在農藥使用安全的顧慮下，除了考慮農藥的直接殺病蟲害及雜草效果外，另一個極重要的課題即是探討其對非目的生物的作用。

本省農耕爲集約制度，單位面積之農藥施用量偏高，且種類繁多。此等農藥因逕流或排水流入至溝渠河川或魚池及天然水域中，造成水產物死亡之事件可能發生。另外，養殖魚蝦貝類或天然水產魚蝦類亦可能有吸收累積農藥的現象(2, 6)。本省耕地 60% 爲水稻田，稻田之排放水爲魚池河川中農藥來源之一。爲確保水產物不受稻田使用農藥之爲害，稻田中推廣之農藥的魚毒性及生物累積性應詳加探討。

本研究之主要目的，即在探討台灣水稻田常用農藥之魚毒性，據以提供訂定各種農藥在水中之最高容許量參考資料，及探討其在魚體內累積的情形。台灣水稻田中最常用的除草劑爲丁基拉草，其次爲殺丹(4)，再其次爲甲氧基護谷，故本期研究首先選擇用以進行研究。

丁基拉草的化學名稱爲N-(Butoxymethyl)-2-chloro-2',6'-diethylacetanilide，屬於 α -氯基酸銨類之萌前除草劑，自1971年在台灣被推廣使用，係目前在台灣使用最普遍之水田除草劑。陳(1986)(7)研究丁基拉草在本省南北兩地水田中分解的情形，結果發現在每公頃30公斤5%粒劑用量下

，經 32 天後田水中及土壤中仍有丁基拉草殘留。

殺丹的化學名稱爲 S-(4-chlorobenzyl)-N, N-diethylthiocarbamate，爲氨基甲酸酯系的除草劑，具選擇性，對一年生雜草有效，在日本廣被使用，據估計約 60 % 的水稻田使用此除草劑 (5,16)。本省亦於 1971 年推廣使用於水田雜草防除。Yusa 及 Ishikawa (1977) (16) 研究殺丹在田水中的消失，發現每公頃水田中施用 6 Kg 有效成份的劑量後，田水中殺丹濃度爲 1.5 ppm，五天後減低至半量，而經三十天後，田水中仍可測得 0.1 ppm。另外農田灌排系統在施用殺丹前，水樣中偵測不到殺丹的存在，施藥後排水可測到 49 ppb，6.4 天後濃度減半。李及康 (1979) (1) 以溫室試驗田模擬水稻生態系研究殺丹之殘留，認爲其殘留時間長，若在連續使用多次後，對水稻及裡作物可能會造成不良的影響。陳 (1986) (7) 研究殺丹在本省南北兩地田水中的殘留，指出殺丹在田水中的殘留高，毒性亦高，故可能對水生物或其他環境的影響甚大。

甲氧基護谷的化學名稱爲 2,4-dichlorophenyl-3'-methoxy-4'-nitrophenyl ether，屬於聯苯醚系 (diphenyl ether) 的水田雜草萌前，萌後初期除草劑，對水稻及稗草而言並非本質上的選擇性，而是生育期不同而產生耐藥性之差異的關係，本劑不僅對一年生雜草，對多年生雜草之發生始期亦有抑制效果。陳 (1986) (7) 研究甲氧基護谷在本省南北兩地田水中的殘留情形，結果發現在每公頃 30 公斤 7 % 粒劑用量下，經 32 天後田水中及土壤中仍有甲氧基護谷殘留。

除草劑 (甲氧基護谷，丁基拉草，殺丹) 會在魚類體內累積至一定程度；已如前期報告所示，本研究擬更進一步探討在魚體內的不同器官 (鰓，內臟) 及肌肉組織對三種除草劑的累積以及在高濃度下死魚與活魚體內不同器官與肌肉組織累積除草劑的情形，並探討魚類對三種除草劑的 B.C.F. (生物累積指數) 與 K_{ow} (除草劑在水中及 octanol 之間的分配係數) 的關係。此外，爲了解目前

水田施用除草劑對養殖環境污染之可能影響。繼續宜蘭、屏東、高雄沿海養殖區地表水源殺草劑之監測。並擴大範圍至台南地區，以充實背景資料。

二、結果與討論

(一) 測試魚類對丁基拉草和殺丹的TLm值

工業廢水、有毒物質及農藥對魚類急毒性的表示方法，通常用TLm表示(3)。TLm之測定是將供試魚類，放於各種濃度的毒物或藥物溶液中，在一定時間內計算供試魚類殘存50%的濃度。一般所定的時間為24小時、48小時及96小時。日本農林省的標準為48小時(3)，本研究以48小時為標準測定丁基拉草、甲氧基護谷和殺丹的TLm值。

本研究使用Doudoroff (9)作圖法求出TLm值，吳郭魚、鯉魚和大頭鰱對殺丹的急毒性，如表二至表四所示，48小時的TLm值分別為5.50、4.17與2.45 ppm。吳郭魚、鯉魚和大頭鰱對丁基拉草的急毒性，如表五至表七所示。48小時的TLm值分別為3.55、2.00與0.58 ppm。

其中甲氧基護谷由於水飽和濃度只有0.3 ppm (15 °C)，所以並不對魚類產生急毒性。如上所示，不論對殺丹或丁基拉草TLm值，具為吳郭魚 > 鯉魚 > 大頭鰱。從另一方面來探討，對所有的魚類而言丁基拉草比殺丹較具急毒性。

(二) 在高濃度下死魚和活魚累積除草劑的情形

當進行TLm試驗時，有一些魚很快死亡，而一些魚卻仍活著；因此有必要了解是否由於其體內除草劑分佈不同而造成這種差異。其中甲氧基護谷不具急毒性，所以沒有作這方面的研究。

表八表示高濃度丁基拉草 (4 ppm) 處理下，吳郭魚的鰓，內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度。經過一天或兩天就死亡的吳郭魚體中，鰓和

和內臟相對於肌肉的丁基拉草累積濃度比例皆高於經兩天後仍活著的魚。以上結果顯示，可能過高的累積丁基拉草在鰓及內臟之中，而導致吳郭魚的死亡。表九是在高濃度丁基拉草（3 ppm）處理下，鯉魚的鰓，內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度。鰓對於肌肉的累積比值以活著的魚最高，而內臟部分則無明顯變化。所以可能是鰓的過高累積導致鯉魚的死亡。表十是在高濃度丁基拉草（2 ppm）處理下，大頭鰱的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度。內臟對於肌肉的累積比值以活魚最高，然差異不大，而鰓部分則無明顯變化。所以可能是整體的累積量多寡影響大頭鰱的存沒，亦既說從表十無法看出魚的存沒是受魚體內農藥分佈不均所影響。表十一是在高濃度殺丹（5 ppm）處理下，吳郭魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度，在此表中，活著的魚的內臟累積農藥量幾乎為死魚的十倍。表十二是在高濃度殺丹（5 ppm）處理下，鯉魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度。在此表中，活魚的鰓及內臟累積量比死魚低，但肌肉則相反。表十三是在高濃度殺丹（3 ppm）處理下，大頭鰱的鰓，內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度，在這個處理中，活魚鰓的累積比死魚少，而內臟較多，肌肉則差不多。

從以上結果看來，由於每條魚的各別差異，雖然處於相同環境而於相同時間採樣，有些魚會死，有些魚不會，因為排除及代謝能力不同也導致死魚和活魚體內農藥在鰓，內臟及肌肉分佈比例不一。綜合言之，死魚大都在鰓累積高濃度農藥，活魚大部分在內臟或肌肉有較高累積。

(三) 魚類累積水中殘留農藥試驗

在農藥推廣使用前考慮農藥之安全問題，除應考慮其對人畜之毒性外，更應考慮其對自然食物鏈中各成員（如魚類、植物等）之影響，以免因使用農藥而影響生態環境及人類食物。為探討魚類是否可能會有吸收農藥並經生物濃

縮之現象，採用吳郭魚、鯉魚和大頭鰱進行試驗。同時爲了解農藥在魚體內分佈情形，故分爲三部分（鰓、內臟、肌肉組織）加以測定。

三種魚類在 0.02 ppm 殺丹下；鰓、內臟及肌肉的累積情形如下：表十四及圖一顯示吳郭魚鰓、內臟及肌肉在 25 天的累積，鰓和內臟分別在第二及第十五天達最高而後下降，肌肉則仍有上升趨勢。表十五及圖二顯示鯉魚鰓、內臟及肌肉在 25 天的累積，內臟在第一天達最高濃度，第十天後漸漸下降，鰓及肌肉部分在第十天稍降而後緩緩上升。表十六及圖三顯示大頭鰱鰓、內臟及肌肉在 25 天的累積，鰓在第二天達最高累積而後持平，內臟及肌肉皆仍有上升趨勢。

三種魚類在 0.02 ppm 丁基拉草下；鰓、內臟及肌肉的累積情形如下：表十七及圖四顯示吳郭魚鰓、內臟及肌肉在 25 天的累積，鰓在第二天累最高，第五天以後維持在 0.1 ppm 左右。內臟在第一天達最高而後下降至十五天後又有上升趨勢，肌肉則維持緩緩上升之趨勢。表十八及圖五顯示鯉魚鰓、內臟及肌肉在 25 天的累積，內臟在第十天達最高，第十五天時降至最低。鰓在第十天濃度最高而後緩緩下降。肌肉在第二天達最高而後幾乎持平。表十九及圖六顯示大頭鰱鰓，內臟及肌肉在 25 天的累積，鰓在第十五天達最高而後漸下降，內臟第一天達最高，第十五天降至最低，肌肉在十五天後仍有上升趨勢。

三種魚類在 0.01 ppm 甲氧基護谷下；鰓，內臟及肌肉的累積情形如下：表二十及圖七顯示吳郭魚鰓，內臟及肌肉在 25 天的累積，鰓和內臟皆在第十天最高而後下降，肌肉在二十五天後仍然有上趨勢，表二十一及圖八顯示吳郭魚鰓，內臟及肌肉在 25 天的累積，鰓幾乎沒有累積，內臟在 25 天時突然上升至 4.5 ppm 左右的高濃度，肌肉仍是緩緩上升。表二十二及圖九顯示吳郭魚鰓、內臟及肌肉在 25 天的累積，鰓的累積在第十天達到最高，內臟在第十天達到最高，而後皆幾乎維持相同濃度，而肌肉仍是緩緩上升的趨勢。

一般來說，不論殺丹、丁基拉草或甲氧基護谷；三種魚類的鰓及內臟在 25 天內累積都有先升後降或持平的趨勢。至於肌肉部分則一直在上升之中。所以鰓及內臟可能是累積的較快步驟，而肌肉則是其較慢步驟和最終主要累積場所。整體上說，肌肉佔魚體的絕大部分，因此欲比較不同除草劑累積量，必需參考肌肉的累積。

(四) B.C.F. (生物濃縮指數) 與 K_{ow} (分配係數) 的關係

承上文所示，我們採用二十五天後肌肉對於除草劑的生物濃縮指數來作比較。表二十三顯示殺丹，丁基拉草及甲氧基護谷的 $\log(K_{ow})$ 值與二十五天後三種魚類肌肉組織對它們的 B.C.F. (生物濃縮指數)。不論何種魚類，它們的 B.C.F 值並非隨著 $\log(K_{ow})$ 值升高而上生。所以魚類從水中累積除草劑的過程，並不是像在水中和脂肪中分配至一定比例般簡單，而是牽涉到較為複雜的代謝排除過程。

(五) 田間調查

1. 本年度計畫目標仍是繼續探討目前水田中較常被施用的三種殺草劑丁基拉草 (Butachlor)、甲氧基護谷 (Chlomethoxynil)、及殺丹 (Benthiocarb) 對養殖環境污染影響繼續做監測。

2. 鑑於近來工廠污染日愈嚴重，以致部份河川甚至農田灌溉渠道均受到污染已不盡適合養殖水之使用。所以本期作即 79 年第一期作將部份污染較嚴重之監測點刪除，另行選擇較未受污染之彰化、雲林部份監測點繼續加以監測。

3. 採樣地區插秧期時間：

宜 蘭：2 月下旬～3 月中旬左右。

彰化、雲林：1 月下旬～2 月上旬左右。

台 南：12 月下旬～1 月下旬左右。

高 雄：12 月下旬～1 月下旬左右。

屏東：12月下旬～1月下旬左右。

4. 本期作檢測結果：

(1) 甲氧基護谷：

宜蘭部份以 FE-4 的 0.27 ppb 為最高，其他則依次遞減至 ND。台南、高雄、屏東部份則有少部份是插秧期較早（在 12 月下旬），大部份在一月份左右插秧，所以部份第二次採樣檢測值略高於第一次採樣檢測值。

(2) 丁基拉草：

宜蘭部份所選採樣點河川中丁基拉草殘留量以 FE-4 為最高，達 2.84 ppb，係因採樣點較接近田區排水口所致，部份第二次採樣檢測值略高於第一次採樣檢測值可能係因田區插秧期間先後的關係。

台南、高雄、屏東部份則採樣點仍略受畜牧、工廠廢水污染影響，程度較受三種農藥污染為嚴重。

(3) 殺丹：

據前往各採樣區附近農會查詢，農民施用殺丹殺草劑較少，所以可能因此所檢測出各區殺丹殺草劑的含量均非常微量（ND）。

三、參考文獻

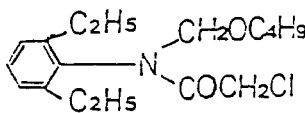
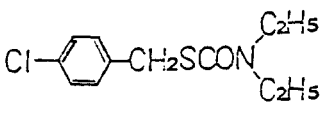
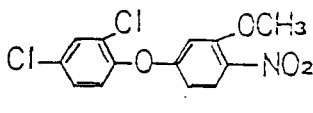
1. 李國欽、康碧華（1979）殺丹在模擬水稻生態系之分佈及其對水稻田裡作物生長之影響。植保會刊，21:188-193。
2. 徐爾烈（1979）水田模擬生態系評估農藥代謝之可行性。國立台灣大學植物病蟲害研究所博士論文。
3. 李國欽、陳朝月（1981）常用農藥對二種魚類之急毒性研究。科學發展月刊，第九卷第二期，第 146 頁。
4. 胡承嶸（1982）歷年來稻田殺草劑推廣概況。中華民國雜草學會會刊，

- 3(1) : 91-92 。
- 5.黃育清 (1982) 掃丹之特性及推廣。中華民國雜草學會會刊， 3(1) : 91-92 。
- 6.黃冠良 (1984) 除草劑 Naproanilide 在水稻模擬生態系中的分佈及其代謝之研究。國立台灣大學農業化學研究所碩士論文。
- 7.陳玉麟 (1986) 台灣水田主要除草劑之微生物分解。中華民國行政院國家科學委員會專題研究報告， NSC 75-0409-B002-28 。
8. Brown , A.W.A .1987 .Herbicide :Persistence and plant Ecosystem Effects. Ecology of Pesticide. pp. 320-343. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and sons, New York.
9. Doudoroff , P. , B .G.Anderson , G.E.Burdick, P.S. Galtsoff , W.B.Hart , R.Patrick , E.R.Strong, E.W. Surber and W.M.Van Horn.1951.Bioassay methods for the evaluation of acute toxicity of industrial wastes to fish. Sewage and Ind . Wastes, 23,1380-1379.
10. Hashimoto , Y .1979 . The present situation of aquatic hazard problem in Japan. Japan Pesticide Information, 36, 27-31.
11. Konar, S.K.1970. Toxicity of heptachlor to aquatic life. J. Water Poll. Contr, Fed., 42 (8), part 2, 299-303.

12. Macek, K.C., C. Hutchinson and O.B. Cope. 1969. The effects of temperature on the susceptibility of bluegill and rainbow trout to selected pesticides. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 4, 174-183.
13. Mackin, J.M. 1973. Effect of pollution on freshwater fish. J. Water Poll. Contr. Fed., 45(6), 1370-1407.
14. Mullison, W.R. 1979. Herbicide handbook of weed science society of American. 4th Ed. WAAS. p. 75.
15. Nishiuchi, Y. 1974. Testing method for the toxicity of agricultural chemicals to aquatic organisms. Japan Pesticide Information, 19, 15-19.
16. Yusa, Y. and K., Ishikawa. 1977. Disappearance of benthocarb herbicide in irrigation water. Asian-pacific Weed sci. soc. 6th Conf.: 596-602

表一、三種除草劑之一般性質

Table 1. Some properties of the three herbicides

Item	Butachlor	Benthiocarb	Chlormethoxynil
Chemical name	<u>N</u> -(butoxymethyl)-2-chloro- <u>N</u> -(2,6-diethylphenyl)acetamide	<u>S</u> -[(4-chlorophenyl)methyl]diethylcarbamothioate	2,4-dichlorophenyl-3'-methoxy-4'-nitrophenyl ether
Structural formula			
Molecular formula	$C_{17}H_{26}ClNO_2$	$C_{12}H_{16}ClNOS$	$C_{13}H_9Cl_2NO_4$
Molecular weight	311.9	257.8	304.0
Boiling point	156 °C (0.5 mmHg)	126-129 °C (0.008 mmHg)	260 °C
Melting point	< 5 °C	—	113-114 °C
Solubility	Water: 23 ppm (24 °C) Soluble in ether, acetone, benzene, alcohol, hexane, ethylacetate	Water: 30 ppm (20 °C) Soluble in acetone, ethanol, xylene	Water: 0.3 ppm (15 °C) Soluble in hexane, benzene, acetone
Acute toxicity	LD50: 3300 mg/Kg	LD50: 1903 mg/Kg	LD50: 33000 mg/Kg

表二 吳郭魚對殺丹的TLm值 (48 hr)

conc. (ppm)	log(conc.)	death ratio(%)
3.00	0.48	0
5.00	0.70	20
6.00	0.78	60
8.00	0.90	100

R Square = 0.88

TLm = 5.50

表三 鯉魚對殺丹的TLm值 (48 hr)

conc. (ppm)	log(conc.)	death ratio(%)
2.00	0.30	0
4.00	0.60	30
6.00	0.78	80
7.50	0.88	100

R Square = 0.94

TLm = 4.17

表四 大頭鱧對殺丹的TLm值 (48 hr)

conc. (ppm)	log(conc.)	death ratio(%)
1.50	0.18	0
2.00	0.30	30
3.00	0.48	70
4.00	0.60	100

R Square = 0.99

TLm = 2.45

表五 吳郭魚對丁基拉草的TLm值 (48 hr)

conc. (ppm)	log(conc.)	death ratio(%)
2.00	0.30	0
3.00	0.48	20
4.00	0.60	50
5.00	0.70	100

R Square = 0.89

TLm = 3.55

表六 鯉魚對丁基拉草的TLm值 (48 hr)

conc. (ppm)	log(conc.)	death ratio(%)
1.00	0.00	0
1.50	0.18	20
2.00	0.30	50
3.00	0.48	90
4.00	0.60	100

R Square = 0.98

TLm = 2.00

表七 大頭鱧對丁基拉草的TLm值 (48 hr)

conc. (ppm)	log(conc.)	death ratio(%)
0.10	- 1.00	0
0.50	- 0.30	20
1.00	0.00	70
1.50	0.18	90
2.00	0.30	100

R Square = 0.89

TLm = 0.58

表八 在高濃度丁基拉草 (4 ppm) 處理下，吳郭魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度

day		1(death)	2(death)	2(live)
lipid content(%)	gill	4.5	4.5	3.2
	gut	0.9	2.1	1.2
	muscle	3.2	2.2	4.9
conc.(ppm)	gill	105.5911	51.2736	20.3590
	gut	19.8823	49.7960	30.0378
	muscle	3.5492	5.9901	8.2129

表九 在高濃度丁基拉草 (3 ppm) 處理下，鯉魚的鰓，內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度

day		1(death)	2(death)	2(live)
lipid content(%)	gill	3.9	4.2	4.7
	gut	5.5	4.1	6.1
	muscle	3.4	3.7	2.9
conc.(ppm)	gill	76.7164	96.3855	48.3631
	gut	42.1596	30.0751	59.0297
	muscle	33.2375	38.7275	49.2221

表十 在高濃度丁基拉草 (2 ppm) 處理下，大頭鰱的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度

day		1(death)	2(death)	2(live)
lipid content(%)	gill	5.8	2.2	1.9
	gut	7.4	2.1	1.5
	muscle	5.5	2.0	2.3
conc.(ppm)	gill	25.7471	19.7761	12.5479
	gut	108.8121	88.6532	98.1613
	muscle	82.7076	69.2267	50.0239

表十一 在高濃度殺丹(5 ppm)處理下，吳郭魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度

day		1(death)	2(death)	2(live)
lipid content(%)	gill	1.3	2.2	3.6
	gut	0.9	1.3	3.3
	muscle	2.6	3.0	3.3
conc.(ppm)	gill	47.1281	128.3643	87.8081
	gut	23.0343	13.7844	127.9658
	muscle	30.0034	12.5675	8.4188

表十二 在高濃度殺丹(5 ppm)處理下，鯉魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度

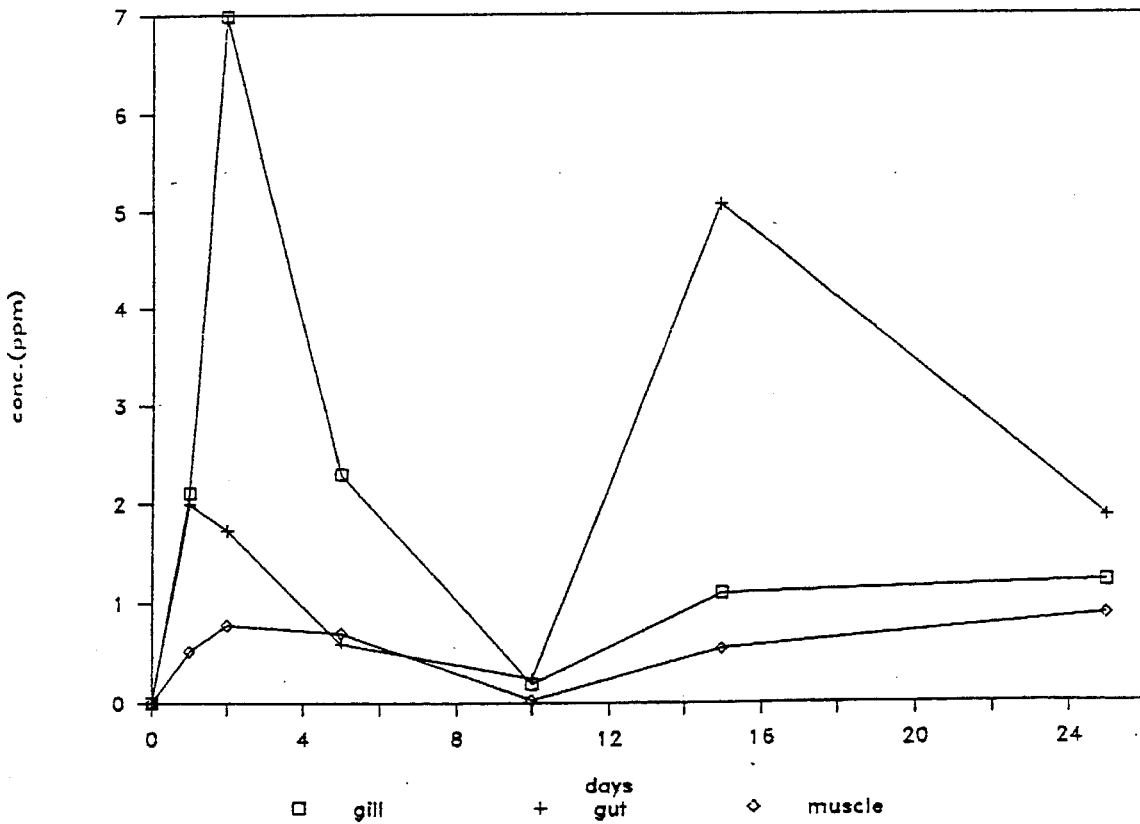
day		1(death)	2(death)	2(live)
lipid content(%)	gill	2.3	1.9	0.8
	gut	4.9	4.6	4.0
	muscle	2.8	3.1	2.7
conc.(ppm)	gill	107.7043	201.3200	37.2023
	gut	109.6613	80.6990	31.6716
	muscle	190.1272	220.2267	314.9515

表十三 在高濃度殺丹(3 ppm)處理下，大頭鯪的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度

day		1(death)	2(death)	2(live)
lipid content(%)	gill	4.0	1.3	1.3
	gut	3.4	1.1	1.1
	muscle	4.9	1.6	1.7
conc.(ppm)	gill	80.0000	35.7142	15.0375
	gut	166.0561	444.4400	434.7826
	muscle	202.3769	204.5277	164.2036

表十四 在 0.02 ppm 殺丹水溶液中，吳郭魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

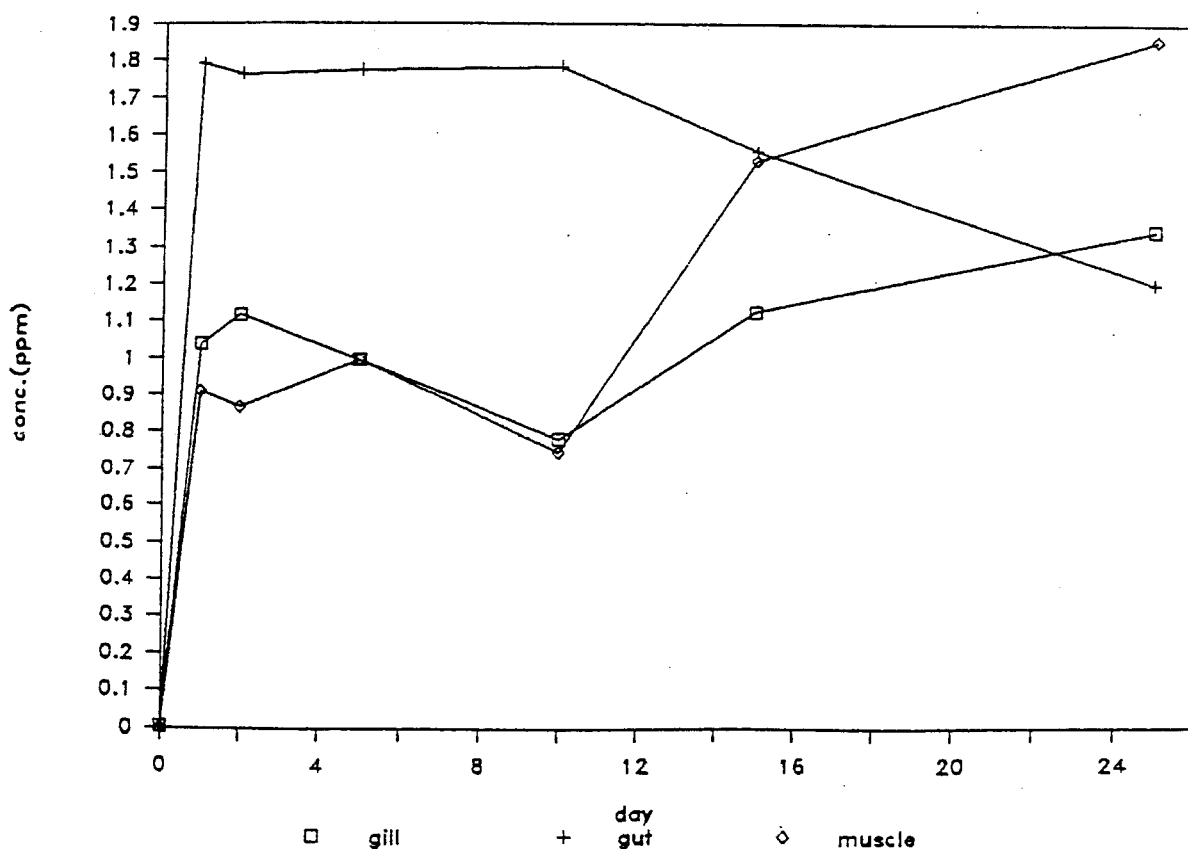
days	lipid content(%)			conc. (ppm)		
	gill	gut	muscle	gill	gut	muscle
0	2.7	3.5	1.1	0.0008	0.0006	0.0007
1	2.2	8.9	1.9	2.1142	2.0043	0.5271
2	1.7	1.9	1.5	6.9841	1.7316	0.7856
5	4.7	2.5	0.9	2.3113	0.6021	0.7067
10	1.4	2.7	3.5	0.1917	0.2462	0.0271
15	3.0	10.0	0.8	1.1176	5.0725	0.5564
25	4.8	1.3	0.8	1.2195	1.8667	0.8864



圖一 在 0.02 ppm 殺丹水溶液中，吳郭魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

表十五 在 0.02 ppm 殺丹水溶液中，鯉魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

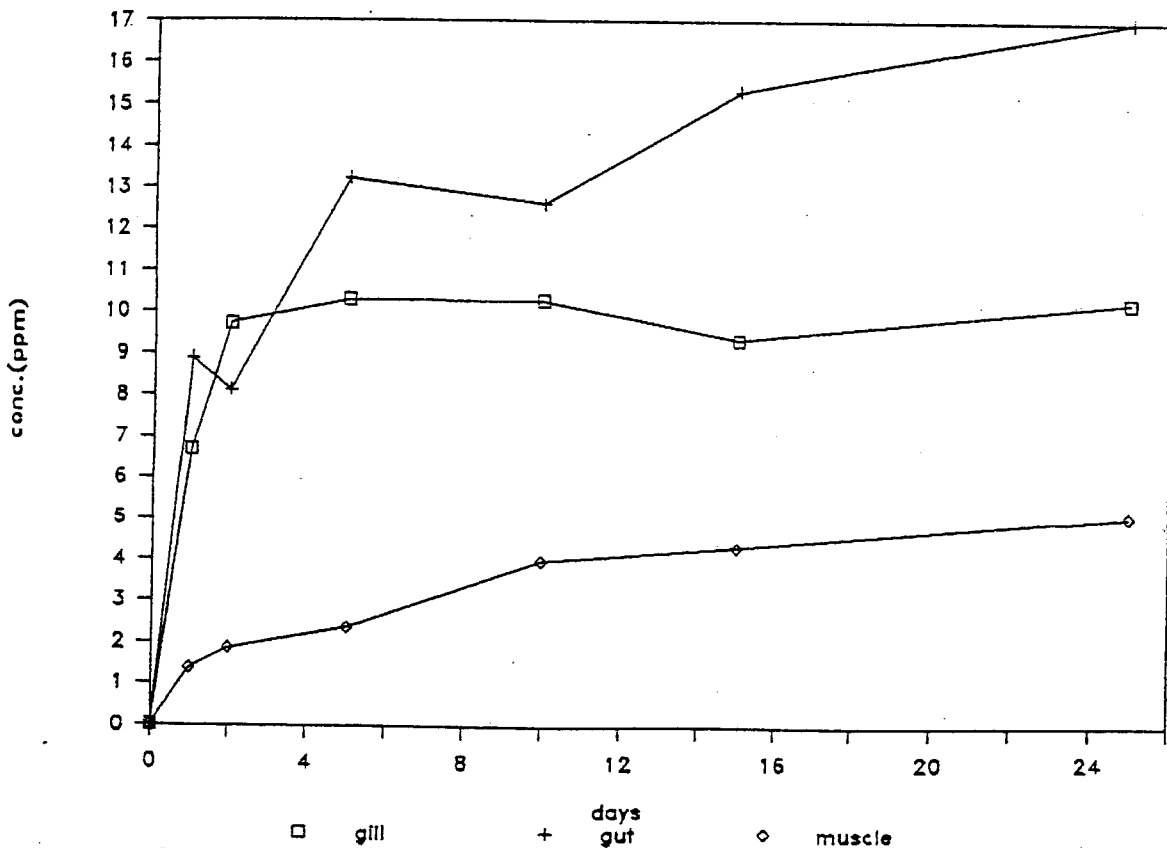
days	lipid content(%)			conc.(ppm)		
	gill	gut	muscle	gill	gut	muscle
0	1.8	14.0	7.8	0.0040	0.0060	0.0002
1	1.6	13.7	9.3	1.0376	1.7896	0.9103
2	1.3	6.4	5.2	1.1178	1.7621	0.8680
5	4.1	17.0	9.5	0.9985	1.7735	0.9975
10	4.6	18.0	9.3	0.7823	1.7824	0.7474
15	3.4	17.0	5.0	1.1269	1.5567	1.5321
25	3.3	12.0	7.0	1.3423	1.2012	1.8553



圖二 在 0.02 ppm 殺丹水溶液中，鯉魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

表十六 在 0.02 ppm 殺丹水溶液中，大頭鰱的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

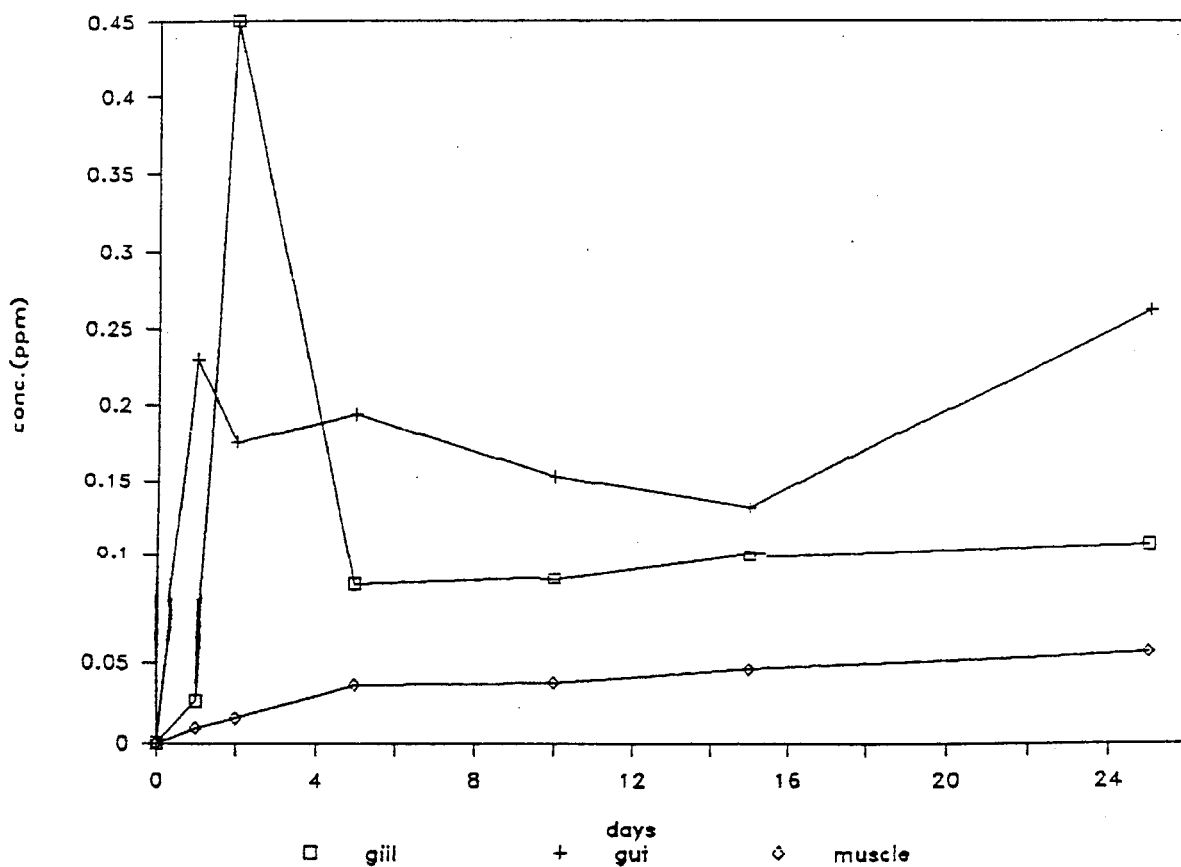
days	lipid content(%)			conc.(ppm)		
	gill	gut	muscle	gill	gut	muscle
0	2.1	5.7	7.4	0.0040	0.0050	0.0007
1	1.3	6.5	7.8	6.6879	8.8989	1.3970
2	1.5	6.0	5.0	9.7436	8.1481	1.8828
5	2.1	4.8	5.5	10.3321	13.2457	2.3789
10	1.0	5.4	5.0	10.3039	12.6243	3.9965
15	3.7	6.6	6.9	9.3750	15.3317	4.3378
25	3.9	5.7	5.7	10.2857	17.0000	5.1452



圖三 在 0.02 ppm 殺丹水溶液中，大頭鰱的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

表十七 在 0.02 ppm 丁基拉草水溶液中，吳郭魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

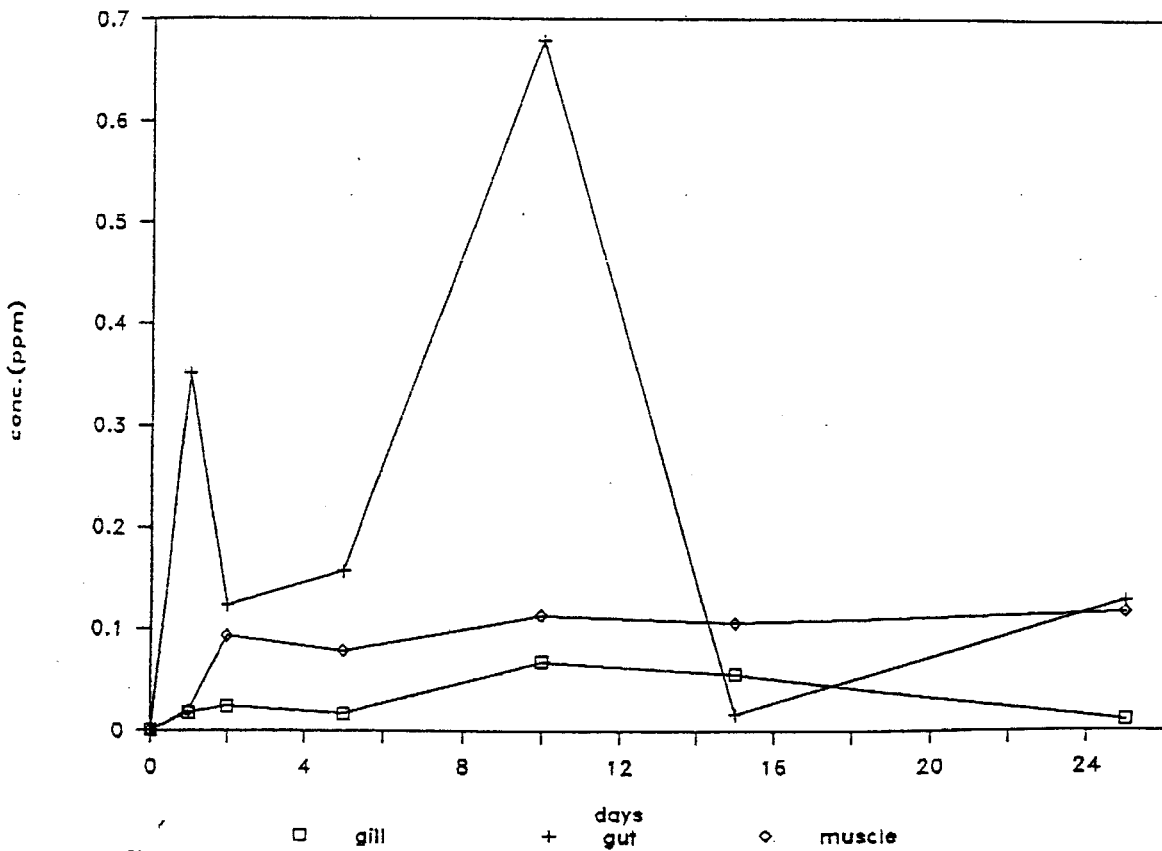
days	lipid content (%)			conc. (ppm)		
	gill	gut	muscle	gill	gut	muscle
0	2.5	5.5	2.6	0.0000	0.0000	0.0000
1	1.9	7.2	2.1	0.0265	0.2300	0.0098
2	2.3	2.7	2.0	0.4497	0.1765	0.0157
5	3.3	2.9	1.1	0.0785	0.1943	0.0365
10	0.9	2.6	2.3	0.0832	0.1536	0.0379
15	4.2	3.0	0.8	0.0988	0.1326	0.0465
25	3.0	7.0	3.3	0.1074	0.2623	0.0578



圖四 在 0.02 ppm 丁基拉草水溶液中，吳郭魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度時時間的變化

表十八 在 0.02 ppm 丁基拉草水溶液中，鯉魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

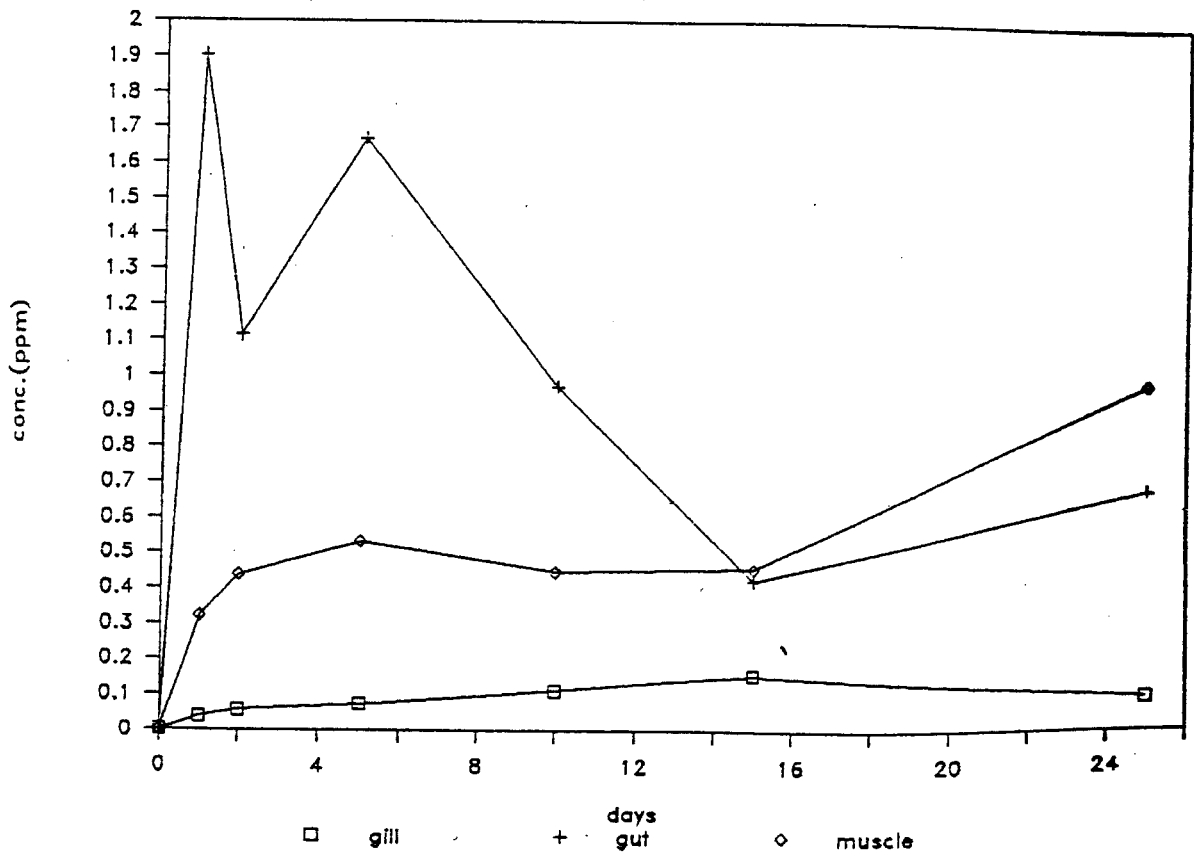
days	lipid content (%)			conc. (ppm)		
	gill	gut	muscle	gill	gut	muscle
0	1.5	11.0	6.7	0.0000	0.0000	0.0000
1	1.7	15.0	8.9	0.0178	0.3521	0.0199
2	4.7	6.8	11.9	0.0245	0.1240	0.0940
5	7.2	14.0	9.0	0.0166	0.1582	0.0795
10	2.5	17.1	9.3	0.0684	0.6783	0.1144
15	5.0	12.0	5.6	0.0570	0.0165	0.1079
25	1.7	7.4	7.2	0.0110	0.1303	0.1189



圖五 在 0.02 ppm 丁基拉草水溶液中，鯉魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

表十九 在 0.02 ppm 丁基拉草水溶液中，大頭鱧的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

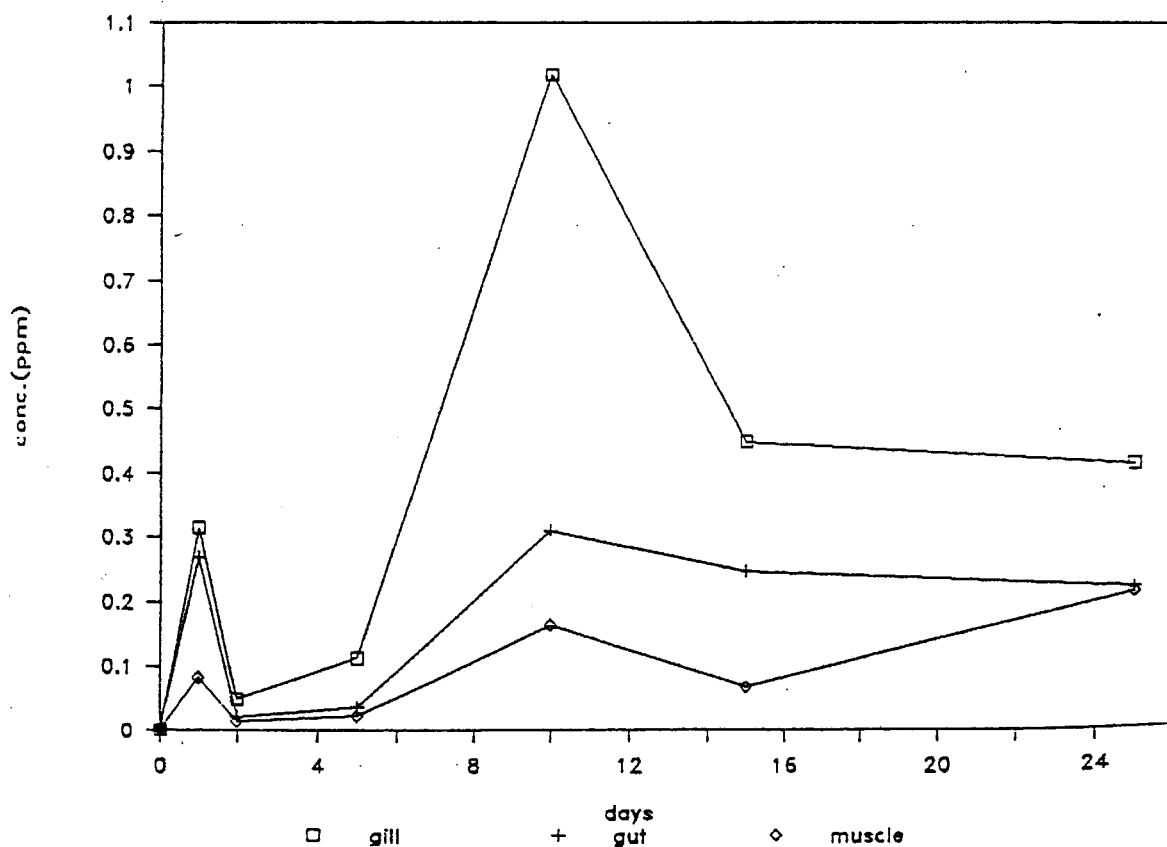
days	lipid content(%)			conc.(ppm)		
	gill	gut	muscle	gill	gut	muscle
0	2.0	3.7	6.9	0.0000	0.0000	0.0000
1	1.3	4.9	6.0	0.0387	1.9029	0.3213
2	1.7	5.2	6.6	0.0569	1.1127	0.4387
5	2.0	7.0	6.6	0.0735	1.6675	0.5321
10	1.2	5.0	4.7	0.1124	0.9693	0.4447
15	1.0	4.8	3.8	0.1559	0.4227	0.4555
25	1.1	4.9	5.3	0.0965	0.6759	0.9749



圖六 在 0.02 ppm 丁基拉草水溶液中，大頭鱧的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

表二十 在 0.01 ppm 甲氧基護谷水溶液中，吳郭魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量累積農藥濃度隨時間的變化

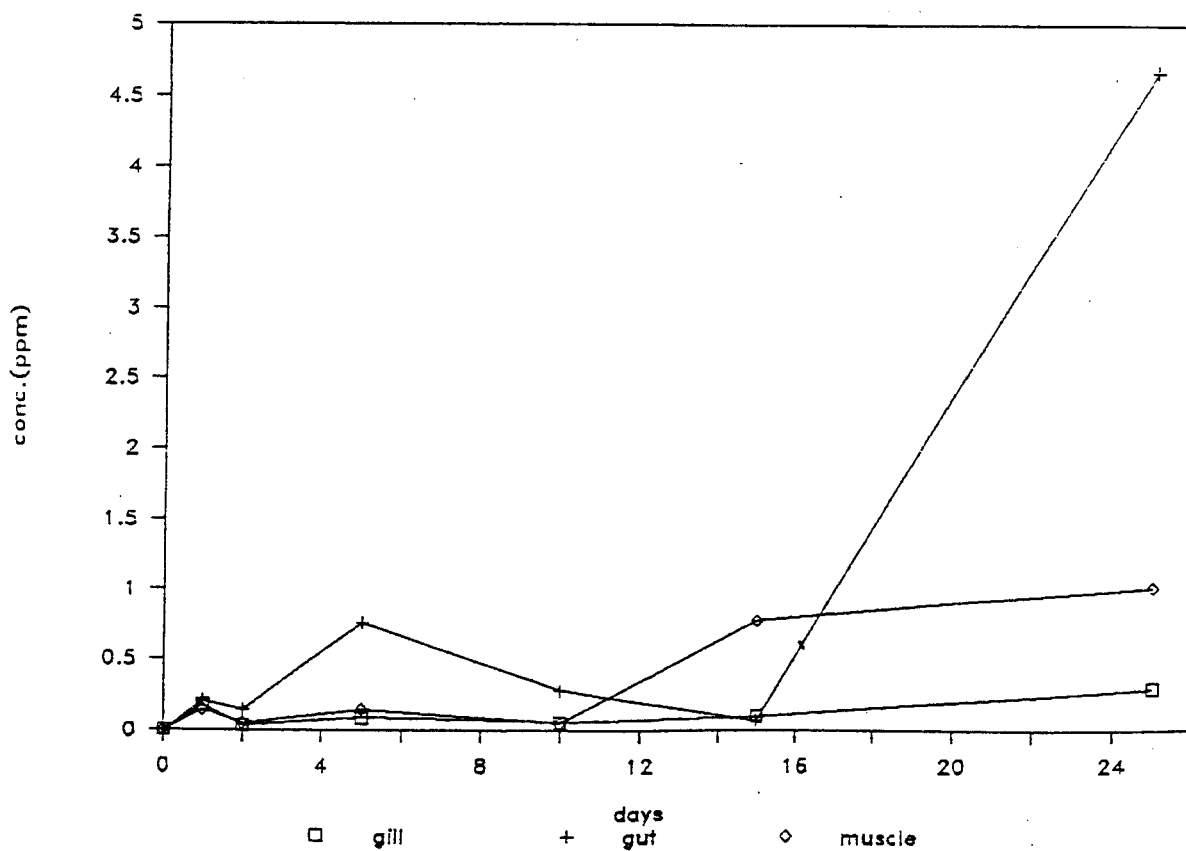
days	lipid content(%)			conc. (ppm)		
	gill	gut	muscle	gill	gut	muscle
0	1.7	3.3	0.9	0.0010	0.0030	0.0008
1	2.0	9.0	1.0	0.3148	0.2697	0.0834
2	1.6	0.9	0.7	0.0499	0.0215	0.0142
5	3.0	1.5	0.7	0.1135	0.0364	0.0228
10	0.9	1.8	1.3	1.0193	0.3100	0.1631
15	2.0	2.1	0.7	0.4494	0.2469	0.0678
25	1.6	1.3	0.5	0.4157	0.2230	0.2158



圖七 在 0.01 ppm 甲氧基護谷水溶液中，吳郭魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

表二十一 在 0.01 ppm 甲氧基護谷水溶液中，鯉魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

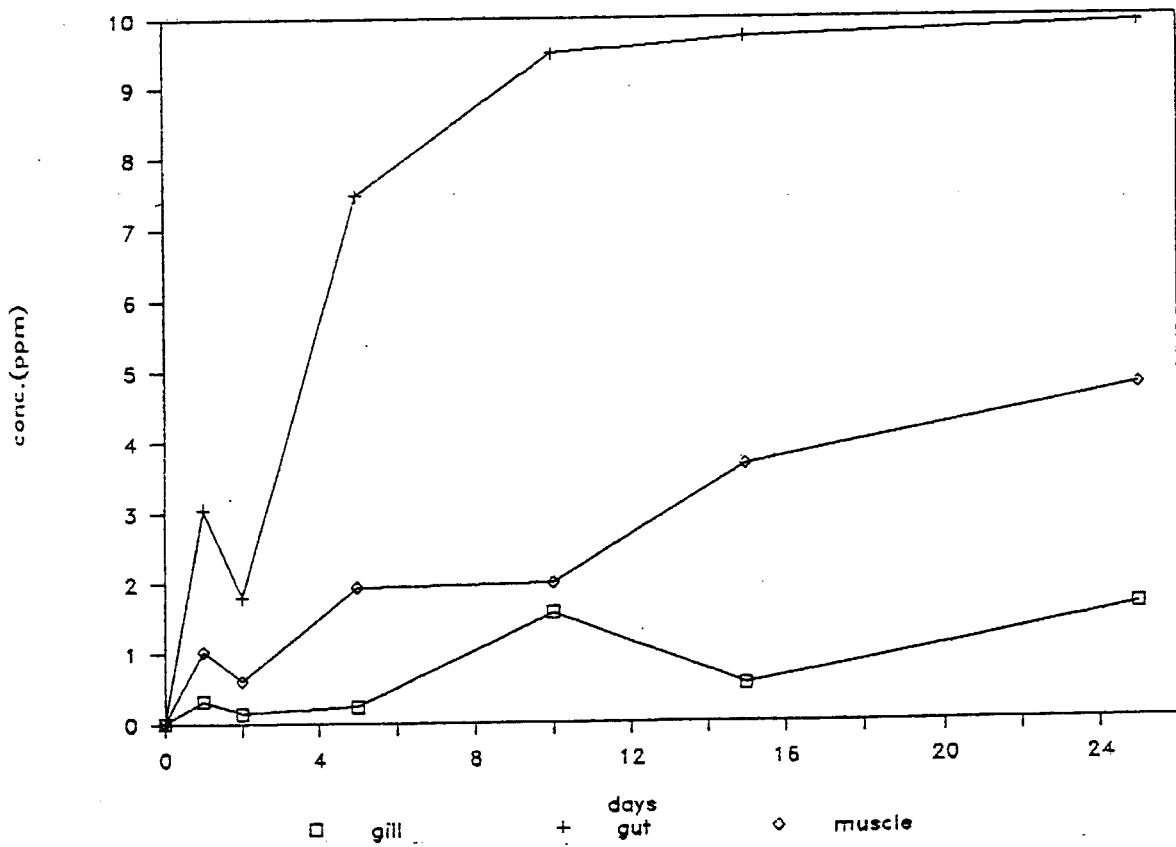
days	lipid content(%)			conc. (ppm)		
	gill	gut	muscle	gill	gut	muscle
0	2.2	12.0	7.6	0.0001	0.0003	0.0005
1	1.8	14.4	8.1	0.1757	0.2088	0.1416
2	3.6	14.5	5.6	0.0360	0.1460	0.0500
5	2.3	18.0	7.7	0.0858	0.7577	0.1466
10	2.6	7.8	2.0	0.0602	0.2800	0.0510
15	2.4	10.0	4.8	0.0987	0.0706	0.7765
25	2.1	17.0	6.5	0.2980	4.6687	1.0196



圖八 在 0.01 ppm 甲氧基護谷水溶液中，鯉魚的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

表二十二 在 0.01 ppm 甲氧基護谷水溶液中，大頭鰱的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

days	lipid content(%)			conc.(ppm)		
	gill	gut	muscle	gill	gut	muscle
0	2.0	3.0	4.5	0.0040	0.0060	0.0090
1	1.3	3.9	5.5	0.3217	3.0477	1.0340
2	1.1	7.6	6.1	0.1452	1.7998	0.6088
5	4.3	8.0	5.6	0.2443	7.4762	1.9443
10	4.4	3.3	3.8	1.5764	9.4791	1.9943
15	4.0	5.0	6.7	0.5466	9.7191	3.6745
25	3.2	4.7	5.7	1.6548	9.8972	4.7684



圖九 在 0.01 ppm 甲氧基護谷水溶液中，大頭鰱的鰓、內臟及肌肉組織的脂肪含量與累積農藥濃度隨時間的變化

表二十三 殺丹，丁基拉草及甲氧基護谷的 $\log(K_{ow})$ 值與二十五天後三種魚類肌肉組織對它們的B.C.F (生物濃縮指數)

	殺 丹	丁基拉草	甲氧基護谷
吳郭魚	44.32	2.89	21.58
鯉 魚	92.77	5.94	101.96
大頭鰱	257.26	48.74	476.84
Log(K_{ow})	3.56	3.66	5.25

表二十四 魚貝介類累積水中殘餘農藥研究計畫宜蘭現場採樣表

採樣點 編 號	地 點	河川或排 水路名稱	採 樣 日 期		
			79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.
FE-101	宜蘭縣頭城鎮下埔里	頭城河	79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.
FE-102	宜蘭縣礁溪鄉石灘村	得子口溪	79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.
FE-103	宜蘭縣壯圍鄉大福村	十三股大 排上游	79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.
FE-104	宜蘭縣壯圍鄉古亭村	十三股大 排下游	79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.
FE-105	宜蘭縣壯圍鄉新南村	美福大排	79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.
FE-106	宜蘭縣壯圍五結交界	蘭陽溪	79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.
FE-107	宜蘭縣五結鄉清水村	冬山河	79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.

表二十五 魚貝介類累積水中殘餘農藥研究計畫彰化、雲林現場採樣表

採樣點 編號	地 點	河川或排水 路 名 稱	採 樣 日 期	
F-101	彰化縣鹿港鎮埔尾	洋子厝溪	79. 3. 13.	79. 4. 20.
F-102	彰化縣福興鄉福興	鹿 港 溪	79. 3. 13.	79. 4. 20.
F-103	彰化縣福興鄉麥厝村	舊虎尾溪	79. 3. 13.	79. 4. 20.
F-104	彰化縣芳苑鄉王功	王 功	79. 3. 13.	79. 4. 20.
F-105	雲林縣麥寮鄉麥寮	新虎尾溪	79. 3. 13.	79. 4. 19.
F-106	雲林縣臺西鄉新興	有才寮排水	79. 3. 13.	79. 4. 19.
F-107	雲林縣臺西鄉台西	馬公厝排水	79. 3. 13.	79. 4. 19.
F-108	雲林縣臺西鄉溪頂	舊虎尾溪	79. 3. 13.	79. 4. 19.

表二十六 魚貝介類累積水中殘餘農藥研究計畫台南現場採樣表：

採樣點 編號	地 點	河川或排水 路 名 稱	採 樣		日 期	
T-101	台南縣麻豆鎮北勢寮 北勢寮里	將 軍 線	78.12.26.	79. 2. 16.	79. 3. 15.	79. 4. 19.
T-102	台南縣麻豆鎮下營鄉 大屯村	急水溪線	78.12.26.	79. 2. 16.	79. 3. 15.	79. 4. 19.
T-103	台南縣鹽水鎮頭港	急 水 溪	78.12.26.	79. 2. 16.	79. 3. 15.	79. 4. 19.
T-104	台南縣仁德鄉中生村	中洲合流	78.12.26.	79. 2. 16.	79. 3. 15.	79. 4. 19.

表二十七 魚貝介類累積水中殘餘農藥研究計畫高雄、屏東現場採樣表

採樣點 編號	地 點	河川或排水 路 名 稱	採 樣 日 期 期			
K-101	高雄縣橋頭鄉頂鹽田	第一大排	78.12.29.	79.2.14.	79.3.14.	79.4.18.
K-102	高雄縣楠梓區援中港	第二大排	78.12.29.	79.2.14.	79.3.14.	79.4.18.
K-103	高雄縣岡山鎮嘉興段	百甲圳排水	78.12.29.	79.2.14.	79.3.14.	79.4.18.
K-104	高雄縣茄定鄉沙崙段	涵 口 圳	78.12.29.	79.2.14.	79.3.14.	79.4.18.
K-105	高雄縣茄定鄉頂茄定	內灣制水門	78.12.29.	79.2.14.	79.3.14.	79.4.18.
K-106	高雄縣湖定鄉海崙段	第二號排水門	78.12.29.	79.2.14.	79.3.14.	79.4.18.
K-107	屏東縣茄苳鄉塹豐村	水關碑中排	78.12.28.	79.2.13.	79.3.14.	79.4.17.
K-108	屏東縣茄苳鄉羌園村	下 碑	78.12.28.	79.2.13.	79.3.14.	79.4.17.
K-109	屏東縣茄苳鄉茄苳村	港口碑排水	78.12.28.	79.2.13.	79.3.14.	79.4.17.

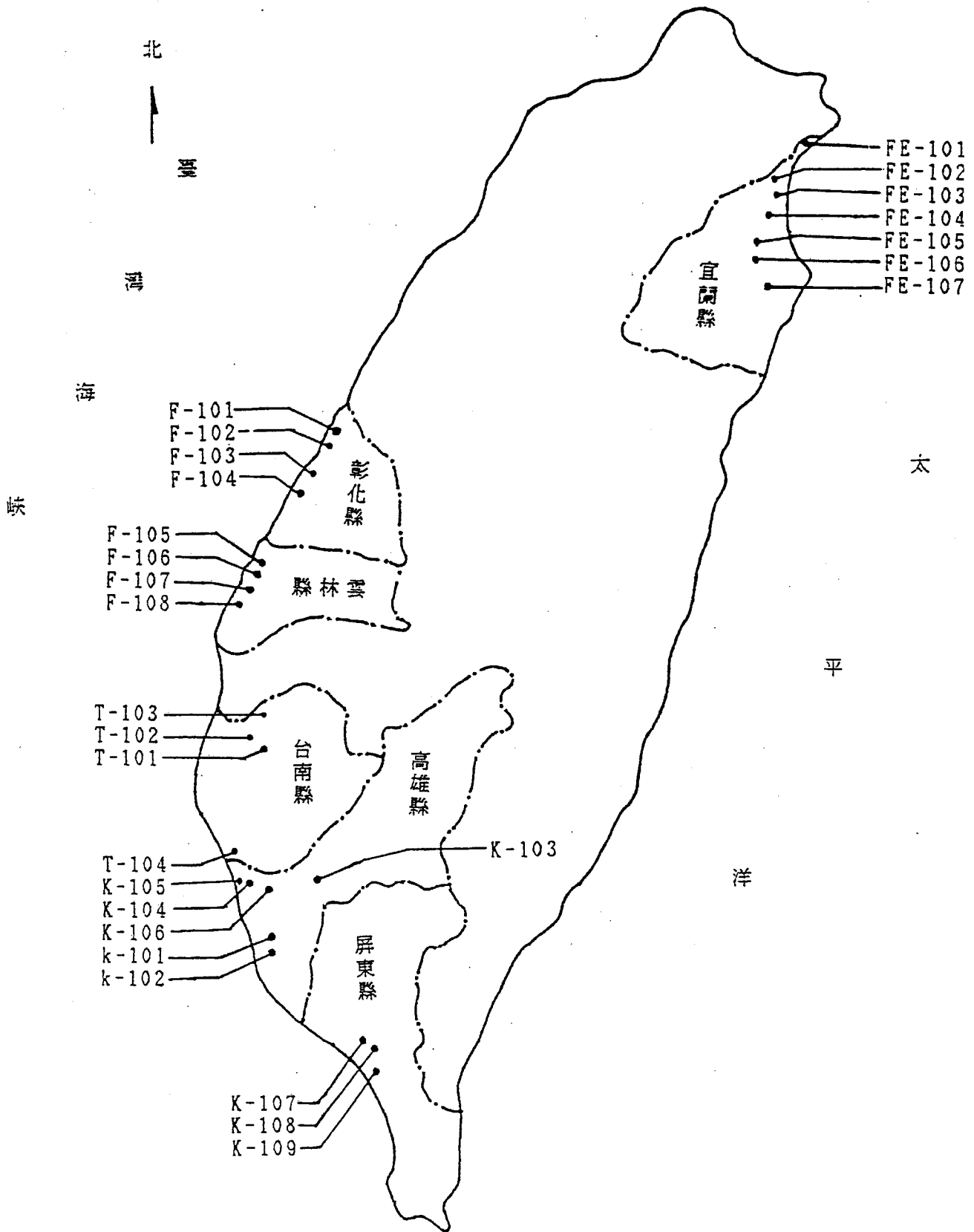


圖 十、 水質採樣位置圖

表二十八 魚貝介類農藥研究〔宜蘭地區(丁基拉草)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.
FE-101	0.44	1.07	ND
FE-102	2.47	1.53	ND
FE-103	1.20	1.06	ND
FE-104	2.58	2.84	ND
FE-105	1.14	1.02	ND
FE-106	0.57	N D	ND
FE-107	1.11	0.49	ND

註：ND < 0.01 ppb

表二十九 魚貝介類農藥研究〔台南地區(丁基拉草)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	78.12.26.	79.2.16.	79.3.15.	79.4.19.
T-101	ND	ND	ND	ND
T-102	ND	0.42	ND	ND
T-103	—	—	ND	ND
T-104	ND	ND	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb T-103 是新加入點，前兩次未採。

表三十 魚貝介類農藥研究〔彰化地區(丁基拉草)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79. 3. 13.	79. 4. 20.
F-101	0.56	ND
F-102	ND	ND
F-103	ND	ND
F-104	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

表三十一 魚貝介類農藥研究〔雲林地區(丁基拉草)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79. 3. 13.	79. 4. 19.
F-105	1.34	ND
F-106	ND	ND
F-107	0.80	ND
F-108	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

表三十二 魚貝介類農藥研究〔高雄地區（丁基拉草）分析〕
單位：ppb

採樣點編號	78.12.29.	79.2.14.	79.3.14.	79.4.18.
K-101	ND	ND	ND	ND
K-102	ND	ND	ND	ND
K-103	ND	0.87	ND	ND
K-104	ND	ND	ND	ND
K-105	0.41	ND	ND	ND
K-106	ND	1.29	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

表三十三 魚貝介類農藥研究〔屏東地區（丁基拉草）分析〕
單位：ppb

採樣點編號	78.12.28.	79.2.13.	79.3.14.	79.4.17.
K-107	ND	ND	ND	ND
K-108	2.15	0.73	ND	ND
K-109	ND	ND	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

表三十四 魚貝介類農藥研究〔宜蘭地區（殺丹）分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79. 3. 8.	79. 3.26.	79. 4. 26.
FE-101	ND	ND	ND
FE-102	ND	ND	ND
FE-103	ND	ND	ND
FE-104	ND	ND	ND
FE-105	ND	ND	ND
FE-106	ND	ND	ND
FE-107	ND	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

表三十五 魚貝介類農藥研究〔台南地區（殺丹）分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79.12.26.	79. 2. 16.	79. 3. 15.	79. 4. 19.
T-101	ND	ND	ND	ND
T-102	ND	ND	ND	ND
T-103	—	—	ND	ND
T-104	ND	ND	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

T-103 是新加入點，前兩次未採

表三十六 魚貝介類農藥研究〔彰化地區(殺丹)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79. 3. 13.	79. 4. 20.
F-101	ND	ND
F-102	ND	ND
F-103	ND	ND
F-104	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

表三十七 魚貝介類農藥研究〔雲林地區(殺丹)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79. 3. 13.	79. 4. 19.
F-105	ND	ND
F-106	ND	ND
F-107	ND	ND
F-108	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

表三十八 魚貝介類農藥研究〔高雄地區(殺丹)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	78.12.29.	79.2.14.	79.3.14.	79.4.18.
K-101	ND	ND	ND	ND
K-102	ND	ND	ND	ND
K-103	ND	ND	ND	ND
K-104	ND	ND	ND	ND
K-105	ND	ND	ND	ND
K-106	ND	ND	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

表三十九 魚貝介類農藥研究〔屏東地區(殺丹)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	78.12.28.	79.2.13.	79.3.14.	79.4.17.
K-107	ND	ND	ND	ND
K-108	ND	ND	ND	ND
K-109	ND	ND	ND	ND

註：ND < 0.01 ppb

表四十 魚貝介類農藥研究〔宜蘭地區（甲氧基護谷）分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79.3.8.	79.3.26.	79.4.26.
FE-101	0.16	N D	N D
FE-102	0.21	0.13	N D
FE-103	0.16	0.11	N D
FE-104	0.27	0.13	N D
FE-105	0.20	N D	N D
FE-106	0.16	N D	N D
FE-107	0.18	N D	N D

註：ND < 0.01 ppb

表四十一 魚貝介類農藥研究〔台南地區（甲氧基護谷）分析〕

單位：ppb

採樣點編號	78.12.26.	79.2.16.	79.3.15.	79.4.19.
T-101	N D	N D	N D	N D
T-102	0.11	0.24	N D	N D
T-103	—	—	N D	N D
T-104	N D	0.24	N D	N D

註：ND < 0.01 ppb

T-103 是新加入點，前兩次未採

表四十二 魚貝介類農藥研究〔彰化地區（甲氧基護谷）分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79.3.13.	79.4.20.
F-101	N D	N D
F-102	0.21	N D
F-103	0.23	N D
F-104	0.19	N D

註：N D < 0.01 ppb

表四十三 魚貝介類農藥研究〔雲林地區（甲氧基護谷）分析〕

單位：ppb

採樣點編號	79.3.13.	79.4.19.
F-105	0.20	N D
F-106	0.23	N D
F-107	0.24	N D
F-108	N D	N D

註：N D < 0.01 ppb

表四十四 魚貝介類農藥研究〔高雄地區(甲氧基護谷)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	78.12.29.	79.2.14.	79.3.14.	79.4.18.
K-101	N D	N D	N D	N D
K-102	N D	0.26	N D	N D
K-103	N D	0.29	N D	N D
K-104	0.18	0.27	N D	N D
K-105	0.19	0.27	N D	N D
K-106	0.26	0.34	N D	N D

註：ND < 0.01 ppb

表四十五 魚貝介類農藥研究〔屏東地區(甲氧護護谷)分析〕

單位：ppb

採樣點編號	78.12.28.	79.2.13.	79.3.14.	79.4.17.
K-107	0.22	0.22	N D	N D
K-108	N D	N D	N D	N D
K-109	0.24	0.23	N D	N D

註：ND 0.01 < ppb