

雲林地區水田灌溉水系水中農藥殘留監測

初 建* 林美珠 黃貞華 林浩潭

台中縣霧峰鄉 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

(接受日期：2007年9月30日)

摘 要

初 建、林美珠、黃貞華、林浩潭 2007 雲林地區水田灌溉水系水中農藥殘留
監測 植保會刊 49：245 – 257

在 94 年一期稻作與二期稻作生長時期，監測雲林地區灌溉水系中農藥殘留情況，結果顯示主要檢出藥劑種類與檢出頻率以殺草劑丁基拉草（3.85%；檢出範圍 ND-0.08 $\mu\text{g/l}$ ）最高，其次為殺菌劑亞賜圃（3.21%；檢出範圍 ND-0.64 $\mu\text{g/l}$ ）與殺蟲劑陶斯松（2.35%；檢出範圍 ND-0.03 $\mu\text{g/l}$ ）。一期稻作生長期間，灌溉水系中藥劑檢出高峰期發生在 5 至 6 月份，檢出藥劑與水稻栽培期間使用藥劑相吻合。在二期稻作耕作期間，灌溉水樣檢出農藥比率比一期稻作減少很多，此現象與二期作水稻休耕或轉作有關。殘留藥劑大部份屬於中度至極具環境殘效性藥劑，灌溉水系檢出農藥殘留區域主要發生在水稻耕作區域，在監測期間所採集之天然河水樣品中，並未檢出農藥殘留，故水稻現行耕作模式下，應不至於對天然河川產生污染。

(關鍵詞：農藥、殺草劑、灌溉水、水田、殘留)

緒 言

民眾對環境水域農藥污染問題一直存在著疑慮，根據國外研究指出，農藥使用後，由農田中經由逕流(run off)方式流出之農藥常等於或小於施用量之 0.5%，此現象經常發生在農藥使用後一至二星期中⁽¹⁴⁾，另有日本學者指出，在水田環境施用農藥後如無降雨，其農藥流失量常小於施用量之 5%；但農藥施用後如遇降雨，則可能經由逕流方式流失 20-30%之施用藥量

⁽¹²⁾，這些進入環境中之農藥可間接、直接經由食物鏈而進入非目標生物中，對環境生態產生衝擊，並可能影響飲用水水質，更進一步甚至會對水生生態系產生危害。

國外河水檢測資料亦常檢出殘留農藥，檢出藥劑種類包括殺草劑、殺蟲劑及殺菌劑，並與周遭農田農藥應用有相關^(4, 10, 11)。日本學者亦指出水田的逕流與淋洗液中常可檢驗到農藥的殘留⁽¹²⁾。

英國於 1985-1987 年間，FoE(Friends of the Earth)調查飲用水中農藥殘留，發現其

* 通訊作者。E-mail: chu@tactri.gov.tw

中有 298 個水樣超過 MAC(Maximum Admissible Concentration)單一藥劑標準 $0.1 \mu\text{g/l}$ ，並有 70 個水樣超過 MAC 合計藥劑標準 $0.5 \mu\text{g/l}$ (8)。且依地理區域分析，水樣農藥殘留超過標準之區域大部份為農業耕作區，主要之被檢出農藥為殺草劑(13)。而在歐洲也有相同情形，在農業耕作頻繁(Intensive cropping)區域之水樣中常被檢出高濃度之農藥殘留。根據荷蘭所進行之研究，進入表面水體農藥之來源有 95% 是來自農業之使用，只有少於 5% 來自工業或家庭(9)。依上述資料顯示進行水域環境農藥殘留研究，必須將主要農業耕作區域列為重點。

國內對於河川水域之農藥污染研究，偏向於探討環境中長持久性農藥在底泥中累積情形(6)，對於水中殘留農藥監測研究，除飲用水農藥殘留水質標準監測與排放水監測標準之藥劑種類外，其他種類農藥殘留調查之研究則較缺乏。根據本地水田環境下進行農藥消散性實驗，某些使用於水田防治藥劑在施用後，其水中消散半衰期可達 12-14 天(1)，這些殘留田間農藥，可能會隨灌溉水排放而進入灌溉水系中，對環境生態產生影響。

台灣作物耕作生產面積以水稻所佔比例最大，面積約有 43 萬公頃，大部份農民仍依傳統管理方式施用化學肥料種植稻米及使用農藥作為病蟲草害防治，以增加作物產量。根據植保手冊登載，國內目前推薦使用於水稻生產管理之農藥，其推薦農藥種類超過百種，這些農藥是否會進入環境水體中，而對環境產生影響？值得探討。

依據農委會發行之「九十二年農業統計年報」，水稻田栽培面積以雲林縣水稻田面積 63,048 公頃，為全省水稻田面積最多之縣市，故選定雲林縣為監測區域。在與雲林農田水利會研商後，共規劃 10 處雲林地區農田灌溉水系及排水道採樣地點，進行水樣採集，藉由監測灌溉水系上、中、

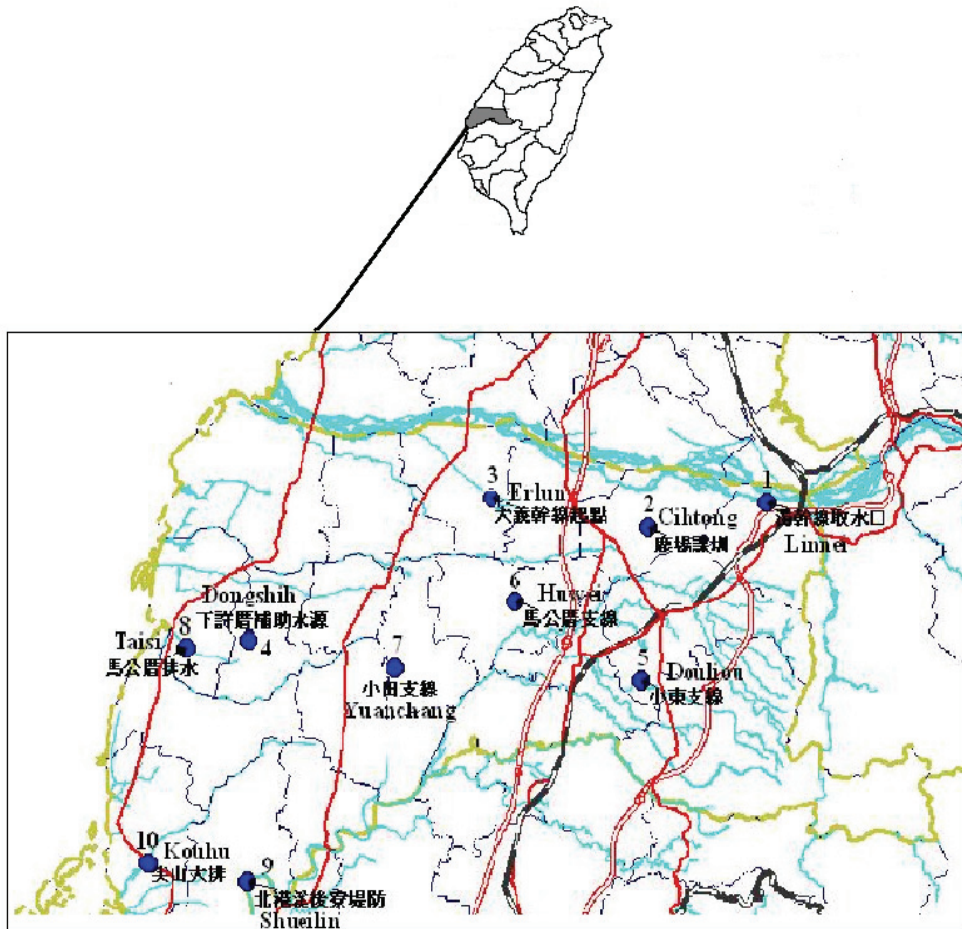
下流灌溉水中殘留農藥，瞭解目前農民慣行水稻耕作模式下，對於農藥環境流佈之影響，以作為維護生態環境，保護人體健康之參考。

材料與方法

採樣地點與方式

在雲林地區灌溉水系之上、中及下流共規劃 10 個採樣點，其中包括採樣點 1. 雲林縣林內鄉(Linnei)：濁幹線取水口(N $23^{\circ} 46' 54.5''$, E $120^{\circ} 36' 17.7''$)、採樣點 2. 荊桐鄉(Cihtong)：鹿場課圳(N $23^{\circ} 45' 57.8''$, E $120^{\circ} 31' 12.4''$)、採樣點 3. 二崙鄉(Erlun)：大義幹線起點(N $23^{\circ} 47' 03.1''$, E $120^{\circ} 24' 29.0''$)、採樣點 4. 東勢鄉(Dongshih)：下許厝補助水源(N $23^{\circ} 41' 42.9''$, E $120^{\circ} 14' 02.3''$)、採樣點 5. 斗六市(Douliou)：小東支線(N $23^{\circ} 40' 16.8''$, E $120^{\circ} 30' 56.5''$)、採樣點 6. 虎尾鎮(Huwei)：馬公厝支線(N $23^{\circ} 43' 08.5''$, E $120^{\circ} 25' 33.5''$)、採樣點 7. 元長鄉(Yuanchang)：小田支線(N $23^{\circ} 40' 44.3''$, E $120^{\circ} 20' 21.6''$)、採樣點 8. 台西鄉(Taisi)：馬公厝排水(N $23^{\circ} 41' 23.8''$, E $120^{\circ} 11' 25.5''$)、採樣點 9. 水林鄉(Shueilin)：北港溪後寮堤防(N $23^{\circ} 32' 39.5''$, E $120^{\circ} 14' 01.8''$)、採樣點 10. 口湖鄉(Kouhu)：尖山大排(N $23^{\circ} 33' 22.1''$, E $120^{\circ} 09' 44.1''$) (如圖一所示)。於一期水稻種植期間自 2005 年 3 月 9 日開始每二周採樣 1 次，持續至 6 月 29 日；而二期作期間則為自 2005 年 8 月 3 日至 11 月 9 日，亦為每二周採樣 1 次，在此期間預定採樣 170 件，但因灌溉水系枯水或淹水等因素而無法取得樣品，實際採樣 156 件。

水樣採樣方式如下：先於規劃採樣地點以全球衛星定位儀(GPS: GLOBAL POSITIONING SYSTEM)標定採樣點經緯度，紀錄地點、採樣日期等資料後，再由



圖一、雲林縣灌溉水系之採樣點分佈圖。

Fig. 1. Location of the Yunlin area and the sampling sites.

採樣人員以採水器採集水樣，置於褐色玻璃瓶，並於現址以溫度計測定水溫、以酸鹼度計測定 pH 值及以電導度計測定 EC 值後，將樣品保存於冷藏櫃運回實驗室，儲存於冷藏室（4℃），並於 24 小時內進行樣品分析工作。

試驗藥劑

分析藥劑種類計：殺菌劑 12 種：四氯異苯腈（chlorothalonil）、護粒松（edifenphos）、芬瑞莫（fenarimol）、福多寧（flutolanil）、丙基喜樂松（iprobenfos）、

依普同（iprodone）、亞賜圃（isoprothiolane）、滅普寧（mepronil）、賓克隆（pencycuron）、撲滅寧（procymidone）、脫克松（tolclofos-methyl）、三賽唑（tricyclazole）；殺蟲劑 22 種：布芬淨（buprofozin）、加保利（carbaryl）、陶斯松（chlorpyrifos）、大利松（diazinon）、二氯松（diclorvos）、大滅松（dimethoate）、依芬寧（ethofenprox）、撲滅松（fenitrothion）、丁基滅必蝨（fenobucarb）、芬殺松（fenthion）、亞芬松（isofenphos）、加福松（isoxathion）、馬拉松（malathion）、

滅大松 (methidathion)、賽達松 (phenthoate)、裕必松 (phosalone)、益滅松 (phosmet)、安丹 (propoxur)、必芬松 (pyridaphenthion)、樂本松 (tetrachlorvinphos)、硫滅松 (thiometon)、滅克蝨 (XMC)；殺蟲劑代謝物 1 種：chlorpyrifos-oxon；及殺草劑 12 種：拉草 (alachlor)、草脫淨 (atrazine)、必芬諾 (bifenox)、丁基拉草 (butachlor)、汰硫草 (dithiopyr)、理有龍 (linuron)、滅芬草 (mefenacet)、莫多草 (metolchlor)、樂滅草 (oxadiazon)、施得圃 (pendimethalin)、普拉草 (pretilachlor)、殺丹 (thiobencarb)，總計共 47 種藥劑。各藥劑分別配置成適當濃度之儲存液置於冷藏室 (4°C) 備用。

分析方法

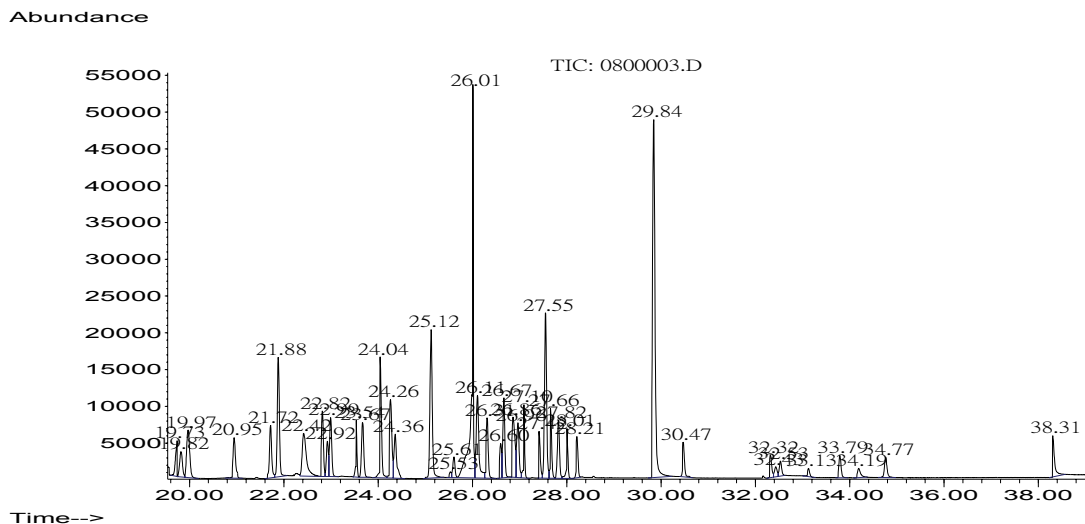
水樣中殘留農藥分析方法

參考 Tanabe 等人於 2000 年提出之河水中農藥殘留分析方法⁽¹⁵⁾，加以修飾進行灌溉水樣品分析，步驟為：水樣先經 ADVANTEC MFS, Inc. 出品之 0.45 μm

Membrane filters 過濾，再取 500 ml 水樣通過 Waters 公司產品 sep-pak plus ps-2 cartridge，流洗速率為 10 ml/min，之後以純水 10 ml 流洗，流洗完抽氣 15 min，將水份抽乾，接著分別以各 3 ml 丙酮、正己烷、乙酸乙酯 (EtOAc) 溶液沖提固相萃取管，收集沖提液，以氮氣吹乾，以丙酮定量至 1 ml 後，以氣相層析儀附質譜檢出器測定農藥。

分析儀器條件

測定農藥使用之氣相層析儀 (Gas-Liquid Chromatography) 為 HP 6890 附質譜檢出器 (HP 5973)，離子源 (Ion Source) 為電子游離 (EI) 方式，分析管柱為 DB-5 (30 m x 0.25 mm I.D., 0.5 μm)，攜帶氣體 (He) 之流速為每分鐘 0.5 ml，使用溫度分析管烘箱為：50 °C 維持 1 分鐘，再以每分鐘 10 °C 升至 150 °C，再以每分鐘 5 °C 升至 280 °C，280 °C 維持 10 分鐘。注入器為 250 °C，樣品注入體積為 1 μl，質譜檢出器離子選擇如表一所示，農藥標準劑圖譜示之於圖二。



圖二、標準劑全離子掃描質譜圖。

Fig. 2. Total ion chromatograms of pesticide standards.

表一、氣相層析質譜儀檢測各種藥劑所選擇離子

Table 1. Selected ions for GC/MS determination of target pesticides

Pesticides	m/z				Pesticides	m/z			
	Q ¹⁾	C1 ²⁾	C2 ²⁾	C3 ²⁾		Q	C1	C2	C3
alachlor	160	188	237	117	isoxathion	177	313	130	159
atrazine	200	215	202	173	linuron	187	189	124	159
bifenox	341	343	189	311	malathion	125	173	127	93
buprofozin	172	104	175	83	mefenacet	192	120	136	148
butachlor	176	160	188	237	mepronil	119	269	65	120
carbaryl	144	115	116	145	methidathion	145	93	125	146
chlorothalonil	266	264	268	270	metolchlor	162	238	240	146
chlorpyrifos	197	199	314	316	oxadiazon	175	177	258	302
chlorpyrifos-oxon	270	242	298	244	pencycuron	125	180	127	182
diazinon	179	137	152	304	pendimethalin	252	162	253	192
diclorvos	109	185	79	145	phenthoate	274	246	125	121
dimethoate	87	93	125	229	phosalone	182	121	184	367
dithiopyr	354	286	306	237	phosmet	160	161	93	317
edifenphos	109	173	310	201	pretilachlor	162	238	176	202
ethofenprox	163	135	107	164	procymidone	96	283	285	67
fenarimol	139	107	219	251	propoxur	110	152	111	81
fenitrothion	125	277	109	260	pyridaphenthion	340	199	188	125
fenobucarb	121	150	107	122	tetrachlorvinphos	329	331	333	109
fenthion	278	125	169	109	thiobencarb	100	72	125	257
flutolanil	173	145	323	174	thiometon	88	125	89	93
iprobenfos	204	288	246	123	tolclofos-methyl	265	267	250	266
iprodione	187	314	189	316	tricyclazole	189	162	161	135
isofenphos	213	121	185	255	XMC	122	107	121	123
isoprothiolane	118	162	189	253					

1) Quantitation ion.

2) Confirmation ion.

水樣中殘留農藥分析方法之回收率試驗

添加含已知濃度之標準劑，使水中農劑濃度為 0.1 µg/l，再依上述分析步驟進行回收率試驗。各藥劑之回收率及偵測極限如表二所示，回收率介於 65-106%，偵測極限介於 0.2-0.02 µg/l。

結 果

雲林地區灌溉水系 pH 值與 EC 值

由 2005 年 3 月 9 日起至 11 月 9 日，每隔二周於雲林地區進行灌溉水系採樣，同時於現場進行水溫、pH 值及 EC 值測定。試驗期間灌溉水系水溫介於 18.2-32.5

℃，氣溫最低的時間發生在 3 月 9 日，隨著日期增加，氣溫逐漸上昇，氣溫最高的時間則發生在 9 月 14 日，在 8 月與 9 月的水溫大部份都超過 30 ℃。

圖三為不同採樣點水樣 pH 值之分佈情形，由圖三可看出，所有樣品 pH 值皆介於 7.01-8.69 之間，符合灌溉水 pH 值管制標準（介於 6-9 之間）。而在 EC 值部份（見圖四），水樣之 EC 值隨著時間變異而有差異，其中採樣點 1、2、3、6、7 等樣品全年 EC 值皆低於 750 µS/cm，符合灌溉水電導度管制標準。採樣點 5（小東支線）除有一次測值為 1229 µS/cm，高於管制標準 750 µS/cm 外，其他皆符合標

準。採樣點 4（下許厝補助水源）在一期稻作期間普遍高於管制標準 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，而二期作期間皆低於管制標準。採樣點 9（北港溪後寮堤防）則隨時間而不同而有不同。至於採樣點 8（馬公厝排水）與 10（尖山大排）則大部份時期皆高於灌溉水管制標準，但此二地點已接近出海口，該水系並不作為灌溉用途。

灌溉水系中殘留農藥種類與含量

灌溉水中主要檢出藥劑種類殺蟲劑有陶斯松、加福松；殺菌劑有亞賜圃、賓克隆、福多寧；殺草劑有丁基拉草、普拉草、樂滅草等藥劑。其中以殺草劑檢出種類與

比率最高，其檢出範圍分別為丁基拉草從檢測不到（Not determined；ND）至 0.08 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、普拉草（ND -0.20 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）、樂滅草（ND -0.27 $\mu\text{g}/\text{l}$ ），其次為殺菌劑，其檢出範圍分別為亞賜圃（ND -0.64 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）、賓克隆（ND -0.34 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）、福多寧（ND -0.32 $\mu\text{g}/\text{l}$ ），殺蟲劑之檢出範圍分別為陶斯松（ND -0.03 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）、加福松（ND -0.02 $\mu\text{g}/\text{l}$ ）。

灌溉水系中農藥殘留檢出比率，以殺草劑丁基拉草 3.85% 最高，其次依序為亞賜圃（3.21%）、陶斯松（2.35%）、普拉草（1.76%）、賓克隆（1.18%）、福多寧（1.18%）、樂滅草（0.64%）與加福松（0.64%），詳如表三。

表二、灌溉水中農藥檢測之回收率（0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 標準劑添加）

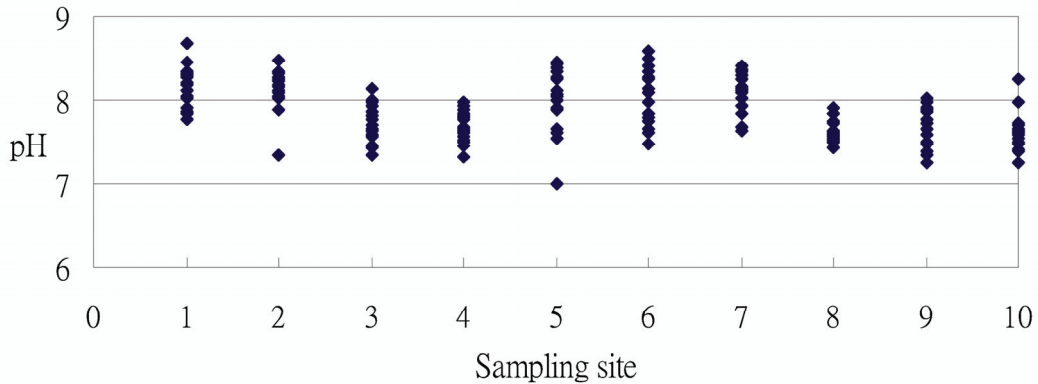
Table 2. The analytical recoveries and detection limits of irrigation water with spiked standards of 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$

Pesticides	Recovery (%)		LOD ($\mu\text{g}/\text{l}$) ³⁾	Pesticides	Recovery (%)		LOD ($\mu\text{g}/\text{l}$)
	Mean ¹⁾	RSD ²⁾			Mean	RSD	
alachlor	77.7	19.8	0.2	isoxathion	69.5	4.8	0.02
atrazine	106.3	10.3	0.2	linuron	89.3	9.9	0.2
bifenox	89.1	12.1	0.1	malathion	93.1	2.3	0.02
buprofozin	94.4	1.2	0.1	mefenacet	95.8	5.2	0.2
butachlor	85.5	0.8	0.02	meppronil	95.5	1.4	0.2
carbaryl	106.7	4.4	0.2	methidathion	104.0	0.5	0.1
chlorothalonil	65.0	12.1	0.2	metolchlor	86.7	1.5	0.2
chlorpyrifos	88.9	4.3	0.02	oxadiazon	97.8	3.2	0.2
chlorpyrifos-oxon	91.8	3.3	0.02	pencycuron	81.3	2.7	0.2
diazinon	90.9	11.9	0.02	pendimethalin	92.1	11.6	0.2
diclorvos	84.8	3.5	0.02	phenthoate	84.5	4.4	0.1
dimethoate	95.0	1.4	0.1	phosalone	104.7	2.5	0.1
dithiopyr	77.3	11.5	0.2	phosmet	93.4	2.4	0.1
edifenphos	104.1	6.1	0.02	pretilachlor	101.3	1.2	0.1
ethofenprox	99.9	14.7	0.1	procymidone	96.9	1.1	0.2
fenarimol	103.1	17.0	0.1	propoxur	85.9	9.4	0.1
fenitrothion	94.6	3.6	0.1	pyridaphenthion	101.2	0.1	0.1
fenobucarb	79.6	2.0	0.2	tetrachlorvinphos	92.0	1.6	0.1
fenthion	73.0	10.2	0.1	thiobencarb	80.4	14.6	0.2
flutolanil	104.6	4.8	0.1	thiometon	68.3	6.7	0.1
iprobefos	78.2	20.2	0.2	tolclofos-methyl	80.2	8.0	0.2
iprodione	102.4	0.7	0.1	tricyclazole	85.1	4.5	0.2
isofenphos	92.5	3.1	0.1	XMC	78.6	3.9	0.2
isoprothiolane	102.4	5.8	0.02				

1) Mean recovery(n=3).

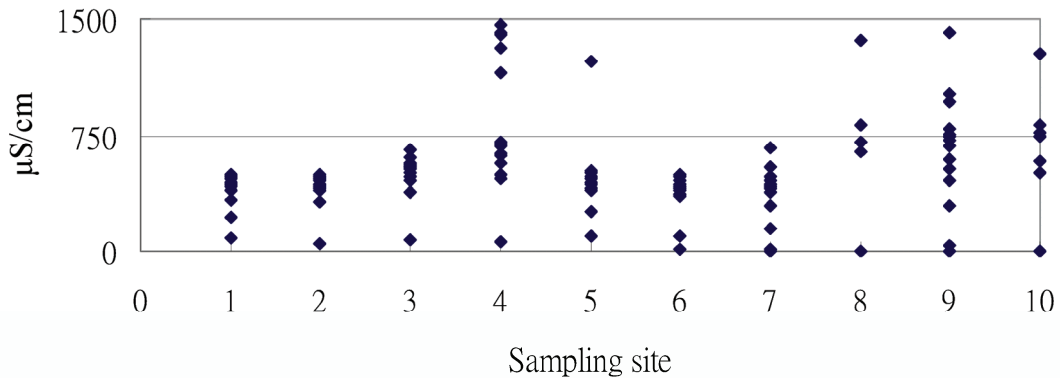
2) Relative standard deviation.

3) Limit of detection.



圖三、不同採樣點水樣酸鹼值分佈情形（採樣點 1.林內鄉濁幹線取水口、2.荊桐鄉鹿場課圳、3.二崙鄉大義幹線起點、4.東勢鄉下許厝補助水源、5.斗六市小東支線、6.虎尾鎮馬公厝支線、7.元長鄉小田支線、8.台西鄉馬公厝排水、9.水林鄉北港溪後寮堤防、10.口湖鄉尖山大排）。

Fig. 3. The pH distribution of different sampling sites. The locations of sampling sites are shown in Figure 1. (Sampling site1. Linnei, sampling site2. Cihtong, sampling site3. Erlun, sampling site4. Dongshih, sampling site5. Douliou, sampling site6. Huwei, sampling site7. Yuanchang, sampling site8. Taisi, sampling site9. Shueilin, sampling site10. Kouhu.)



圖四、不同採樣點水樣電導度分佈情形（採樣點 1.林內鄉濁幹線取水口、2.荊桐鄉鹿場課圳、3.二崙鄉大義幹線起點、4.東勢鄉下許厝補助水源、5.斗六市小東支線、6.虎尾鎮馬公厝支線、7.元長鄉小田支線、8.台西鄉馬公厝排水、9.水林鄉北港溪後寮堤防、10.口湖鄉尖山大排）。

Fig. 4. The EC distribution of different sampling sites. The locations of sampling sites are shown in Figure 1. (Sampling site1. Linnei, sampling site2. Cihtong, sampling site3. Erlun, sampling site4. Dongshih, sampling site5. Douliou, sampling site6. Huwei, sampling site7. Yuanchang, sampling site8. Taisi, sampling site9. Shueilin, sampling site10. Kouhu.)

表三、灌溉水系中不同農藥被檢出比率與濃度範圍

Table 3. The concentration ranges of pesticides found in irrigation water samples

Pesticides	Compound	Positive sample (%)	Range ($\mu\text{g/l}$)
Herbicide	butachlor	3.85	ND — 0.08
	pretilachlor	1.76	ND — 0.20
	oxadiazon	0.64	ND — 0.27
Fungicide	isoprothiolane	3.21	ND — 0.64
	pencycuron	1.18	ND — 0.34
	flutolanil	1.18	ND — 0.32
Insecticide	chlorpyrifos	2.35	ND — 0.03
	isoxathion	0.64	ND — 0.02

討 論

雲林地區灌溉水系殘留農藥種類之時間分佈

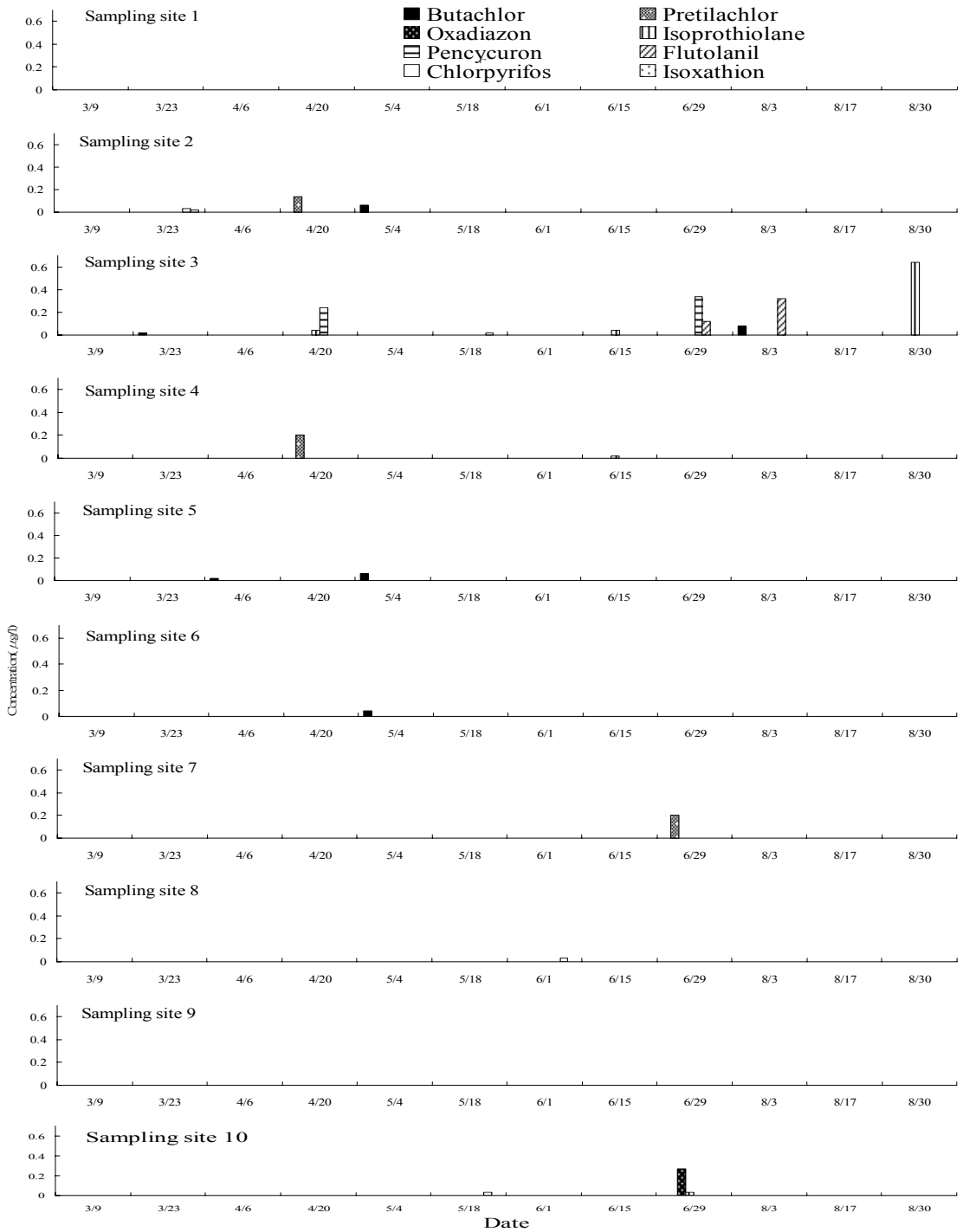
依季節、時間分析監測所得農藥殘留情形，可以清楚看出在 2005 年一期稻作耕作期間檢出農藥境況，在 3-4 月間僅有少量灌溉水樣品被檢出農藥殘留，檢出藥劑種類包括殺蟲劑陶斯松、加福松；殺草劑丁基拉草與普拉草；殺菌劑亞賜圃與賓克隆，主要檢出藥劑頻率以殺草劑最高，藥劑檢出高峰期則發生在 5 至 6 月份，檢出藥劑除殺草劑外也漸漸有轉成殺菌劑與殺蟲劑之趨勢，在 5 月 4 日之檢出藥劑仍以殺草劑為主，但到了 6 月 15 日與 6 月 29 日，水樣中主要殘留藥劑種類已變成殺菌劑亞賜圃、賓克隆與福多寧，如圖五，此與水稻栽培期間病、蟲、草害發生情形相吻合，水稻種植初期農民主要施用殺草劑防治雜草，此時水中主要殘留農藥種類以殺草劑為主。在一期水稻孕穗期及抽穗期間，主要病蟲害為稻熱病、紋枯病及斑飛蝨、瘤野螟危害，因此 5 至 6 月灌溉水中檢出主要殘留農藥為斑飛蝨、瘤野螟防治藥劑陶斯松與穗稻熱病防治藥劑亞賜圃、紋枯病防治藥劑賓克隆與福多寧。

在二期稻作耕作期間，8 月份灌溉水樣

品檢出農藥種類則以殺菌劑為主檢出藥劑有福多寧與亞賜圃，其次為殺草劑丁基拉草，但相對於一期稻作期間農藥被檢出頻率則減少很多，且從 9 月開始之樣品皆未檢出殘留農藥（或有藥劑殘留，但因殘留量比分析方法之檢測極限為低，故無法被儀器檢出）。其原因應是二期稻作各地種植水稻品系不同，種植時期亦不相同（於田野實際觀測可發現同一時期，有些稻田一期作尚未收割，但一些區域二期稻已插秧），加上許多區域二期稻作休耕，或在二期稻作期間原水田改種植其他雜糧作物或蔬菜作物，所以整體耕作方式並不像一期稻作那麼一致，同時各種作物各有其不同推薦藥劑，造成農民使用農藥種類、劑型繁雜，縱使發生農藥殘留情形，也因濃度過低而無法以現行檢測方法分析，故農藥檢出情形相對較少。同時根據水溫溫度監測資料在 8 月與 9 月的測值，有許多位置水樣水溫都超過 30 °C，而最高溫更是發生在 9 月，溫度升高加速殘留於環境中農藥降解速率，造成殘留環境之藥劑濃度更低，殘留量無法被儀器檢出，故在 9 月之後之監測資料皆未檢出殘留農藥。

殘留農藥種類之區域分佈及原因探討

採集之 156 個水樣中，有 19 個樣品檢出農藥殘留，檢出率為 12.2%，其中以採



圖五、不同採樣點農藥殘留情形。

Fig. 5. The pesticides distribution of different sampling sites. The locations of sampling sites are shown in Figure 1.

樣點 3 (二崙鄉；大義幹線) 之農藥檢出率最高，在 17 次採樣中有 7 次被檢出殘留農藥，其次為採樣點 2 (荊桐鄉；鹿場課圳) 在 17 次採樣中有 3 次被檢出殘留農藥。

採樣點 3 (二崙鄉；大義幹線) 位於西螺鎮與荊桐鄉下游，而此二區正是主要水稻與蔬菜種植區域，故在其下游監測點農藥被檢出之頻率最高。同樣的採樣點 2 (荊桐鄉；鹿場課圳) 正位於主要稻米耕作區域，當一期作本區域稻米生產耕作模式一致時，用藥頻率與用藥量相較大於其它點，造成排出之灌溉水中依可檢出農藥殘留。

在靠近海岸出海口之採樣點 8 (台西鄉；馬公厝排水) 與採集點 10 (口湖鄉；尖山大排) 所採集之樣品，檢出藥劑種類與頻率相對降低很多，且檢出藥劑高峰期主要是發生在 6 月，檢出藥劑種類包括殺蟲劑陶斯松、殺草劑樂滅草及殺菌劑亞賜圃，這些藥劑因水中半衰期較長，皆具環境殘效性，故在灌溉水系末端仍能被檢出。

雖然在灌溉水系中，部份樣品可檢出農藥殘留，但在採樣點 1 (林內鄉；濁幹線取水口) 與採樣點 9 (水林鄉；北港溪後寮堤防) 所採集之天然河水樣品中，在整個監測期間皆未檢出農藥殘留，故依農民現行耕作模式生產稻米，雖然在灌溉水系水中部份樣品會發生農藥殘留，但依監測資料研判，不會對天然河川產生污染。

水樣品中被檢出藥劑種類中以殺草劑佔最多數，其中又以丁基拉草之檢出率最高，其次為普拉草與樂滅草。丁基拉草在台灣廣泛被用於水稻田雜草防治，根據 94 年度成品農藥產銷記錄⁽³⁾，94 年內銷丁基拉草乳劑與粒劑成品，分別為 139,940 kg 與 1,467,341 kg，再加上眾多的丁基拉草複合藥劑之使用，可知該藥劑在台灣水田之使用量相當大，故在水樣品中被檢出機率亦大。國外資料指出丁基拉草之田間半衰期 (Field half life) 為 4-18 天⁽⁵⁾，屬於非

殘效性 (impersistent) 或稍具殘效性 (slightly persistent) 藥劑⁽⁷⁾，其在環境中殘效性並不長，所以主要檢出區域皆落在水稻栽培區域附近，在近海岸出海口之採樣點 8 (台西鄉；馬公厝排水) 與採集點 10 (口湖鄉；尖山大排) 並未檢測到該藥劑殘留。

普拉草與樂滅草亦為水田雜草防治用藥，其中樂滅草還被使用於落花生與大豆之雜草防治⁽²⁾。普拉草在田間之半衰期為 30 天⁽¹⁶⁾ 屬於中度環境殘效性 (moderately persistent) 藥劑，故易在本地環境中被檢測出，其主要檢出區域亦在水稻栽培區域。樂滅草田間半衰期為 3-6 個月⁽¹⁶⁾，是屬於極具殘效性 (very persistent) 藥劑，該藥劑環境殘效性遠較上述二殺草劑更為持久，但在主要水田栽種區域並未檢出該藥劑，反而是在採樣點 10 (口湖鄉；尖山大排) 靠近海岸之觀測點在 6 月底的樣品檢測到該藥劑，推測其原因應該是在雲林地區，該藥劑並非主要用於水田作物防治，而是可能在雜糧作物上使用的比較多，故水田栽種區域並未檢出該藥劑，但因該藥劑極具環境殘效性，故在匯流各區域之排水系統中可檢出該藥劑。

被檢出殺菌劑中以亞賜圃檢出比率最高 (3.21%)，該藥劑在國內被推薦用於育苗箱秧苗處理，水稻葉及穗稻熱病 (rice blast) 與梨幼苗白紋羽病防治⁽²⁾。在台灣本地水田土壤、水體及植株之消散半量期 (DT_{50}) 分別為 11-30 天、12-14 天及 5-6 天⁽¹⁾ 屬於環境稍具殘效性至中度殘效性藥劑，94 年內銷亞賜圃乳劑成品量為 14,237 kg/l⁽³⁾，在雲林地區主要用於水稻稻熱病防治，並且其檢出時期亦與農民防治葉稻熱病及穗稻熱病時期相吻合，故被檢出比率最高。

殺菌劑賓克隆與福多寧二者在水稻田主要是用來防治水稻紋枯病，賓克隆依據田間半衰期 (DT_{50}) 可被歸為中度殘效性到具殘效性藥劑⁽¹⁶⁾，福多寧在水田土壤，

田間半衰期為 190-320 天⁽¹⁶⁾，屬於極具環境殘效性藥劑，故二者在施用後易殘留於環境中。

殺蟲劑陶斯松在水稻田主要推薦用以防治水稻二化螟蟲、褐飛蟲、黑尾葉蟬、瘤野螟與稻心蠅，同時亦被使用在蔬菜蟲害防治⁽²⁾，田間半衰期為 30 天⁽¹⁷⁾，屬於中度殘效性藥劑，可能因該藥劑可防治多種水田、蔬菜田蟲害故農民使用頻繁，相對用藥量大，94 年內銷陶斯松各種劑型成品量為 540,856 kg/l⁽³⁾，加上該藥劑又具環境殘效性，故檢出率高達 2.35%。加福松除推薦用來防治水稻二化螟蟲外，亦被使用於十字花科蔬菜切根蟲與紋白蝶之防治⁽²⁾，田間半衰期為 3-7 天⁽¹⁶⁾，屬於非具環境殘效性或稍具環境殘效性藥劑，在整個監測期間只有一個樣品被檢出該農藥，檢出地點為主要水稻與蔬菜種植區域之荊桐鄉。

結論

在 94 年一期稻作與二期稻作生長時期，監測雲林地區灌溉水系水中農藥殘留情況，結果顯示主要檢出藥劑種類與檢出頻率以殺草劑丁基拉草 (3.85%) 最高，其次為殺菌劑亞賜圃 (3.21%) 與殺蟲劑陶斯松 (2.35%)。一期稻作生長期間，灌溉水系中藥劑檢出高峰期則發生在 5 至 6 月份，在這段期間檢出藥劑種類有從殺草劑轉成殺菌劑與殺蟲劑為主之趨勢，此與水稻栽培期間所使用之防治藥劑穩合，水稻栽培初期使用殺草劑防除水田雜草，水稻生長中期，施用殺蟲及殺菌劑防除蟲害與病害。在二期稻作耕作期間，灌溉水樣中被檢出農藥頻率比一期稻作減少很多，且從 9 月開始之樣品皆未檢出殘留農藥，此現象與二期作水稻休耕或轉作其它作物有關。

水樣中被檢出藥劑大部份屬於中度至

極具環境殘效性藥劑；灌溉水系檢出農藥殘留區域主要發生在水稻耕作區域，在監測期間所採集之天然河水樣品中，並未檢出農藥殘留，故推測依農民現行耕作模式生產稻米，應不至於對天然河川產生污染。

謝辭

本研究係由行政院農業委員會經費補助 (計畫編號：94 農科-8.1.4-藥-P1(1))，特此誌謝。

引用文獻

1. 初建、林浩潭、翁愷慎。2004。以模擬生態系統探討殺菌劑亞賜圃在水田環境之命運及其消散趨勢。植保會刊 46：281-293。
2. 植物保護手冊。2002。行政院農業委員會農藥技術咨議委員會審定。行政院農業委員會農藥藥物毒物試驗所編印。臺中。
3. 農藥產銷統計。2005。臺灣區植物保護工業同業公會編印。臺北。10 頁。
4. Akiko, T., Hideko, M., Kuniaki, K., Akio, Y., and Takayuki, S. 2001. Seasonal and spatial studies on pesticide residues in surface waters of the Shinano river in Japan. *J. Agric. Food Chem.* 49: 3847-3852.
5. Augustijn-Beckers, P. W. M., Hornsby, A. G., and Wauchope, R. D. 1994. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision making II. Additional compounds. *Rev. of Environ. Contamin. Toxicol.* 137: 1-82.
6. Doong, R. A., Sun, Y. C., Liao, P. L., Peng, C. K. and Wu, S. C. 2002. Distribution and fate of organochlorine

- pesticide residues in sediments from the selected rivers in Taiwan. *Chemosphere* 48: 237-246.
7. Dradun, J. 1988. The soil chemistry of hazardous materials. Hazardous Material Control Research Institute. Silver Spring, MD. 458 pp.
 8. Lees, A., and McVeigh, K. 1998. An investigation of pesticide pollution in drinking water in England and Wales. Friends of the Earth, London.
 9. Fssen, R. 1995. Agricultural pesticide use...a threat to the European environment? *Eur. Water Pol. Con.* 5: 34-40.
 10. Miki, S., Takao, K., and Takuya, O. 2002. Concentration and loading of pesticide residues in Lake Biwa basin (Japan). *Water Res.* 36: 315-329.
 11. Moody, J. A., and Goolsby, D. A. 1993. Spatial variability of triazine herbicides in the lower Mississippi river. *Environ. Sci. Technol.* 27: 2120-2126.
 12. Nagafuchi, O., Inoue, T., and Ebise, S. 1994. Runoff pattern of pesticides from paddy fields in the catchment area of Rikimaru Reservoir, Japan. *Water Sci. Technol.* 30: 137-144.
 13. Neil, W. 1995. Technological change and the regulation of pollution from agricultural pesticides. *Geoforum* 26: 19-33.
 14. Perelra, W. E., and Hostettler, F. D. 1990. Occurrence, distributions, and transport of herbicides and their degradation products in the lower Mississippi river and its tributaries. *Environ. Sci. Technol.* 24: 1400-1406.
 15. Tanabe, A., Mitobe, H., Kawata, K., Sakai, M., Yasuhara, A. A. 2000. New monitoring system for ninety pesticides and related compounds in river water by solid-phase extraction with determination by gas chromatographyl mass spectrometry. *J. AOAC Int.* 83: 61-77.
 16. The British Crop Protection Council. 2003. The e-Pesticide Manual (13th edition).
 17. Wauchope, R. D., Butter, T. M., Hornsby, A. G., Augustijn-Beckers, P.M., and Burt, J.P. 1992. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision making. *Rev. Environ. Contamin. Toxicol.* 123: 1-155.

ABSTRACT

Chu, C.,* Lin, M. J., Huang C. H., and Lin, H. T. 2007. Monitoring of pesticide residues in the irrigation system of paddy field in Yunlin area. Plant Prot. Bull. 49: 245-257. (Division of Residue Control, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung 41358, Taiwan (ROC))

Pesticides used for paddy rice protection may contaminated, by run off or over flow of field water, the irrigation systems after being applied to the fields. Therefore, it is necessary to monitor the pesticides in the irrigation systems for the purpose of environmental protection. The pesticide residues in the irrigation systems of Yunlin area was monitored during the rice growing period in 2005. Herbicide butachlor (3.85%, ranged from ND to 0.08 $\mu\text{g/L}$) is the highest concentration and frequency detected in the water, followed by fungicide isoprothiolane (3.21%, ranging from ND to 0.32 $\mu\text{g/L}$) and insecticide chlorpyrifos (2.35%, ranging from ND to 0.03 $\mu\text{g/L}$). Pesticides from irrigation water were detected on May to June when spring rice was growing. The pesticides detected were in accordance with the pesticides used for rice protection. However, the detected frequency of pesticides in water was decreased during the autumn crop periods. This result was related to the field fallowing or rotation of paddy rice with upland corps. Most pesticides found in the water have the properties of moderately to very persistent in the environment. No pesticide residues were detected in the natural water samples collected from the source of irrigation water or in the samples collected from the end of the water systems.

(Key words: pesticide, herbicide, irrigation water, paddy field, residue)

*Corresponding author. E-mail: chu@tactri.gov.tw

