

土壤重金屬含量與稻體吸收分佈之關係研究

鄭榮賢 吳金助 阮忠信¹

摘 要

- 一由稻谷產量調查結果顯示，橋頭鄉輕污染區，稻谷產量較灌清水區減產，二期16.5%，一期7.9%；中污染區減產二期32.6%，一期17.3%；嚴重污染區減產二期40.6%，一期38%。鳳山市輕污染區稻谷產量較灌清水區減產二期7.4%，一期0.5%；中污染區減產二期13.9%，一期10.5%；嚴重污染區減產二期37.3%，一期30.6%。其稻谷減產主要原因為灌溉水中銨態氮濃度過高，水稻生長旺盛，結實不良，病蟲害嚴重。
- 二鎘、鉻、銅、鋅、鉛等重金屬在土壤0~5公分、5~15公分時，含量最多，而以25~35公分含量最少。而砷則以15~25公分、25~35公分含量最多而以0~5公分含量最少。
- 三鎘、鉻、銅、鋅、鉛、砷等重金屬在稻根含量最多，其次稻葉，而以糙米含量最少，但橋頭鄉鋅例外以稻葉含量最多，其次稻根。
- 四稻谷產量與不同土壤深度重金屬含量相關分析結果①78年二期作橋頭鄉稻谷產量與土壤鉻含量有顯著負相關，鳳山市稻谷產量與土壤鉻、銅、鋅等含量有顯著負相關。②79年一期作橋頭鄉稻谷產量與土壤鉻含量有顯著負相關，鳳山市稻谷產量與土壤鎘、鉻、銅、鋅等有顯著負相關。
- 五稻體不同部位重金屬含量與不同土壤深度重金屬含量相關分析結果：①78年二期作橋頭鄉，稻根鉻，稻葉銅、鋅、砷及糙米鉻、銅、鉛等含量與土壤中該元素含量有顯著相關；鳳山市稻根鉻及稻葉鉻含量與土壤中鉻含量有顯著相關。②79年一期橋頭鄉稻根銅，稻葉銅、砷及糙米銅等含量與土壤中該元素含量有顯著相關；鳳山市稻根鎘、銅、鋅、鉛及稻葉鋅等含量與土壤中該元素含量有顯著相關。
- 六依據台灣地區農耕土壤八種重金屬之含量分級暫定標準，橋頭鄉表土（0~15公分）土壤重金屬分級標準為鎘、鉻、銅、鋅、鉛等屬中，砷屬低；鳳山市表土（0~15公分）土壤重金屬含量分級標準為鎘屬中、高、鉻、銅、鋅、鉛等屬中，砷屬低。但其中有部份土壤鉻、銅、鋅、鉛含量屬高。
- 七由水稻生育中期採取灌溉水進行水質分析結果，電導度超過規定標準，嚴重污染為3820~4320umho/cm，銨態氮超過規定標準嚴重污染為37.10~44.10ppm，COD超過規定標準，嚴重污染906ppm，重金屬含量除鳳山市鉻外均未超過規定標準。

關鍵字：重金屬、稻體

1. 分別為台灣省高雄區農業改良場研究員兼作物環境課長及助理。

前言

高雄縣橋頭鄉稻田灌溉後勁溪污水後，水稻發生不稔，受害農民因而抗繳水費，因此發生橋頭鄉民與高雄農田水利會糾紛案件，並且該鄉民懷疑稻田土壤中已含有過量的重金屬。另高雄縣鳳山圳上游有許多皮革廠及家庭廢水均排放入鳳山圳，以鳳山圳灌溉之稻田曾發生稻谷變黑之現象，因此農民懷疑他們稻田土壤已有重金屬過量現象，紛紛要求高雄縣環保局對鳳山圳上游工廠命令停工。

針對解決上述原因，本計劃擬進行該兩地區稻田土壤重金屬含量調查及重金屬在土壤、稻體分佈情形，並探討土壤重金屬含量與稻谷產量與稻體重金屬含量相關，提供環保單位訂定土壤污染限值標準及劃定污染區管制污染源之參考。

材料與方法

(一)採樣區域：後勁溪灌溉區域，及鳳山圳灌溉區域。

(二)土壤採樣：

時期：第一、二期作水稻成熟期。

方法：在稻株附近採取 0 ~ 5 公分，5 ~ 15公分，15 ~ 25公分，25 ~ 35公分等四層土壤。

點數：橋頭鄉：灌清水區 5 點，輕污染區 10 點，中污染區 20 點，重污染區 15 點，共計 50 點。

鳳山市：灌清水區 5 點，輕污染區 5 點，中污染區 10 點，重污染區 10 點。

(三)稻株採樣：

1.時期：第一、二期作水稻成熟期。

2.方法：每調查點採取 5 樣稻株、分根、葉及穗。

3.點數：如土壤採樣，橋頭鄉 50 點，鳳山市 30 點。

(四)產量調查：在水稻成熟期，田間坪刈 5 平方公尺調查產量。

(五)灌溉水質分析：於水稻生育中期採取灌溉水，分析電導度，BOD、COD、NH₄-N，Cd、Cr、Cu、Zn、Pb、As。

(六)土壤及稻體分析方法：

1.土壤：鎘、鉻、銅、鋅、鉛用 0.1N HCl 抽取 AA 測定。砷用 30% H₂O₂ + 9.6N HCl 抽取 AA 測定。

2.稻體：鎘、鉻、銅、鋅、鉛用濃硝酸 + 濃過氯酸分解，用 AA 測定。砷用濃硝酸 + 濃硫酸 + 濃過氯酸分解，用 AA 測定。

結果與討論

(一)產量調查結果：

由表一稻谷產量調查結果顯示，橋頭鄉輕污染區稻谷產量較灌清水區減產 16.5%，中污染區減產 32.6%，嚴重污染區減產 40.6%。鳳山市輕污染區減產 7.4%，中污染區

減產13.9%，嚴重污染區減產37.3%。

由表二稻谷產量調查結果顯示，橋頭鄉輕污染區稻谷產量較灌清水區減產7.9%，中污染區減產17.3%，嚴重污染區減產38%；較78年二期受害程度降低，由於部份灌溉水已抽地下水沖稀。鳳山市輕污染區減產0.5%，中污染區減產10.5%，嚴重污染區減產30.6%，也較78年二期受害程度降低。

表 1、七十八年二期稻谷產量調查結果

地 點	污 染 程 度	產 量 (公斤／公頃)	指 數 (%)	採 樣 點 數 (個)
橋 頭	清 水	4940	100	5
	輕	4125	83.5	10
	中	3328	67.4	15
	重	2933	59.4	20
鳳 山	清 水	4352	100	5
	輕	4032	92.6	3
	中	3749	86.1	3
	重	2728	62.7	12

- 1.表中所列污染程度是依據水稻生育中期觀察水稻生育狀況及灌溉水混濁程度而規劃。
- 2.產量依坪刈 5 平方公尺換算公頃產量。

表 2、七十九年一期稻谷產量調查結果

地 點	污 染 程 度	產 量 (公斤／公頃)	指 數 (%)	採 樣 點 數 (個)
橋 頭	清 水	5936	100	5
	輕	5469	92.1	10
	中	4911	82.7	20
	重	3681	62.0	15
鳳 山	清 水	5510	100	5
	輕	5485	99.5	5
	中	4933	89.5	10
	重	3825	69.4	10

(二)重金屬在土壤中分佈情形：

由表三顯示橋頭鄉及鳳山市所採取土壤進行重金屬含量分析結果，鎘、鉻、銅、鋅、鉛等元素均以 0 ～ 5 公分及 5 ～15公分含量最多，而以25～35公分含量最少；砷元素則與上述五種元素不同，在橋頭鄉以15～25公分含量最多，其次25～35公分，而 0 ～ 5 公分含量最少。鳳山市則以25～35公分含量最多，其次15～25公分，而 0 ～ 5 公分含量最少。

由表四顯示，橋頭鄉及鳳山市土壤中鎘、鉻、銅、鋅、鉛等元素含量均以 0 ～ 5 公分及 5 ～15公分最多，而以25～35公分含量最少。砷元素則與上述五種元素不同，在橋頭鄉以 5 ～15公分含量最多，其次15～25公分，而以25～35公分最少；鳳山市以 15～25公分含量最多，其次25～35公分，而以0～5公分最少。

表 3。 七十八年二期不同土壤深度重金屬含量

地點	重金屬別	土 壤 深 度 (公分)			
		0 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35
橋頭	鎘 (ppm)	0.086	0.083	0.057	0.019
	鉻 (ppm)	0.697	0.653	0.476	0.193
	銅 (ppm)	14.82	14.21	7.64	3.21
	鋅 (ppm)	15.83	14.78	9.97	5.16
	鉛 (ppm)	6.78	6.68	5.58	4.30
	砷 (ppm)	1.81	1.96	2.42	2.29
鳳山	鎘 (ppm)	0.471	0.373	0.252	0.059
	鉻 (ppm)	3.400	3.240	1.905	0.449
	銅 (ppm)	18.62	5.44	8.71	3.68
	鋅 (ppm)	21.83	16.47	9.62	4.40
	鉛 (ppm)	12.41	11.53	7.87	4.05
	砷 (ppm)	1.82	1.83	2.07	2.11

表 4。 七十九年一期不同土壤深度重金屬含量

地點	土壤深度 重金屬別 / 重金屬含量		土 壤 深 度 (公分)			
			0 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35
橋頭	鎘 (ppm)		0.074	0.074	0.061	0.033
	鉻 (ppm)		0.517	0.484	0.446	0.435
	銅 (ppm)		11.93	10.60	4.75	3.09
	鋅 (ppm)		14.11	13.20	8.72	6.13
	鉛 (ppm)		6.18	6.09	4.95	4.08
	砷 (ppm)		3.18	3.23	3.27	3.15
鳳山	鎘 (ppm)		0.255	0.186	0.098	0.036
	鉻 (ppm)		0.781	0.806	0.658	0.510
	銅 (ppm)		14.21	12.38	5.90	2.96
	鋅 (ppm)		17.70	15.10	7.59	3.77
	鉛 (ppm)		11.36	10.24	5.91	2.66
	砷 (ppm)		2.33	2.34	2.60	2.51

(三)重金屬在稻體分佈情形：

由表五顯示重金屬在稻體分佈情形除橋頭鄉鋅例外，其他五種元素鎘、鉻、銅、鉛、砷等均以根部含量最多，其次稻藁，而以糙米含量最少，橋頭鄉鋅以稻藁含量最多，其次根部，而以糙米含量最少。由上面資料顯示，重金屬大部份累積於稻根及稻藁，在糙米含量最少。

表五不同稻體部位重金屬含量情形

1. 78年二期作

地點	重金屬別	稻體部位		
		根	稻 藁	糙 米
橋頭	鎘 (ppm)	0.132	0.290	ND
	鉻 (ppm)	4.70	0.84	0.69
	銅 (ppm)	33.86	23.19	14.27
	鋅 (ppm)	64.20	76.78	27.82
	鉛 (ppm)	19.05	7.31	2.62
	砷 (ppm)	58.13	4.70	0.37
鳳山	鎘 (ppm)	1.335	0.163	0.048
	鉻 (ppm)	38.29	4.72	0.14
	銅 (ppm)	72.01	31.08	7.22
	鋅 (ppm)	133.71	118.18	25.47
	鉛 (ppm)	41.94	16.67	1.55
	砷 (ppm)	36.23	7.96	0.50

2. 79年一期作

地點	重金屬別	稻體部位		
		根	稻 藁	糙 米
橋頭	鎘 (ppm)	1.400	0.700	0.100
	鉻 (ppm)	11.42	1.82	ND
	銅 (ppm)	29.72	17.74	10.01
	鋅 (ppm)	62.15	73.58	33.34
	鉛 (ppm)	16.12	9.08	0.45
	砷 (ppm)	43.23	4.57	0.16
鳳山	鎘 (ppm)	4.000	1.300	0.300
	鉻 (ppm)	30.55	5.10	2.32
	銅 (ppm)	38.76	21.99	5.61
	鋅 (ppm)	97.01	86.87	29.86
	鉛 (ppm)	48.20	18.62	4.03
	砷 (ppm)	11.47	2.91	0.95

(四)稻谷產量與不同土壤深度重金屬含量之相關：

由表六顯示，78年二期橋頭鄉鎘、銅、鋅、鉛、砷等在不同土壤深度含量與稻谷產量均無相關，但鉻與產量有極顯著與顯著負相關，即0～5公分，5～15公分鉻含量與稻谷產量成極顯著負相關，相關係數為-0.4333**、-0.5919**；15～25公分、25～35公分鉻產量與稻谷產量成顯著負相關，相關係數-0.3302*、-0.3071*。鳳山市鎘、鉛、砷等在不同土壤深度含量與稻谷產量均無相關，而鉻、銅、鋅等在不同土壤深度含量與稻谷產量有極顯著與顯著負相關；0～5公分、5～15公分，25～35公分鉻含量與

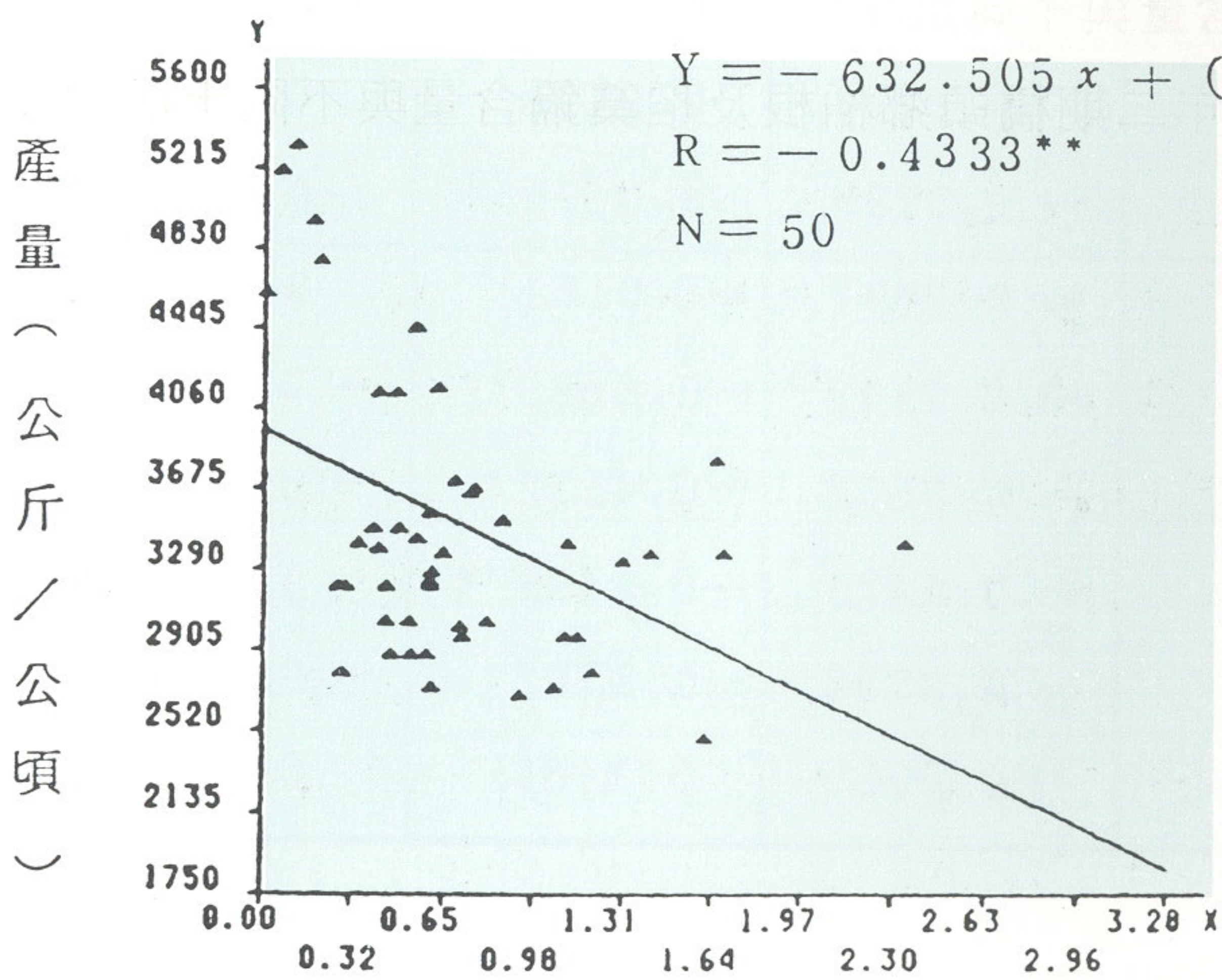
稻谷產量成極顯著負相關，相關係數-0.7307**、-0.6689**、-0.5491**。15~25公分
 鉻含量與稻谷產量成顯著負相關，相關係數-0.5184*。79年一期橋頭鄉不同土壤深度
 鎘、銅、鋅、鉛、砷等含量與稻谷產量均無相關，但15~25公分鉻含量與稻谷產量成
 顯著負相關，相關係數-0.3332*，25~35公分鉻含量與稻谷產量成極顯著負相關，相
 關係數-0.3737**。鳳山市，不同土壤深度鉛、砷含量與稻谷產量均無相關；而5~15
 公分鎘含量與稻谷產量成極顯著負相關，相關係數-0.6194**；0~5公分、15~25公分
 鉻含量與稻谷產量成顯著負相關，相關係數 -0.3916*、-0.4281*；5~15公分鉻含量
 與稻谷產量成極顯著負相關，相關係數-0.5998**；0~5公分、5~15公分鋅含量與稻
 谷產量成極顯著負相關，相關係數-0.6571**、-0.6404**。

表 6. 不同土壤深度重金屬含量與稻谷產量相關
 1. 78年二期

地 點	重 金 屬 別	土 壤 深 度 (公 分)			
		0 — 5	5 — 15	15 — 25	25 — 35
橋 頭	鎘	0.0055	0.0349	0.1518	0.1061
	鉻	— 0.4333**	—0.4919**	— 0.3302*	— 0.3071*
	銅	— 0.2295	—0.2408	— 0.1983	0.0589
	鋅	— 0.2512	—0.2412	— 0.1871	0.0727
	鉛	0.1246	0.2196	0.1757	0.0801
	砷	— 0.0229	0.0676	0.2001	— 0.0226
鳳 山	鎘	— 0.2697	—0.0161	0.1700	0.0707
	鉻	— 0.7307**	—0.6689**	— 0.5184*	— 0.5491**
	銅	— 0.3552	—0.4532*	— 0.3259	— 0.0070
	鋅	— 0.5478**	—0.5495**	— 0.4458*	— 0.1108
	鉛	— 0.3820	—0.2702	— 0.0835	0.2959
	砷	0.0009	0.3482	0.3177	0.2404

2. 79年一期

地點	重金屬別	土 壤 深 度				(公 分)	
		0 — 5	5 — 15	15 — 25	25 — 35		
橋頭	鎘	— 0.0614	— 0.0869	— 0.0112	0.0766		
	鉻	— 0.1821	— 0.1041	— 0.3332*	— 0.3737**		
	銅	0.0293	— 0.0388	— 0.0391	— 0.0539		
	鋅	0.0114	— 0.0030	0.0807	— 0.1452		
	鉛	0.2617	0.2333	0.1304	— 0.1228		
	砷	0.0363	— 0.0592	— 0.0612	— 0.0935		
鳳山	鎘	— 0.2916	— 0.6194**	— 0.1404	— 0.0358		
	鉻	— 0.3916*	— 0.6496**	— 0.4281*	— 0.1779		
	銅	— 0.5998**	— 0.5451**	— 0.1969	0.1469		
	鋅	— 0.6571**	— 0.6404**	— 0.3084	— 0.1950		
	鉛	— 0.3577	— 0.3091	— 0.2340	— 0.0151		
	砷	— 0.2546	— 0.2327	— 0.2186	0.0802		



0 — 5 公分土壤鉻含量

圖 1. 橋頭鄉78年二期稻谷產量與 0 ～ 5 公分土壤鉻含量相關

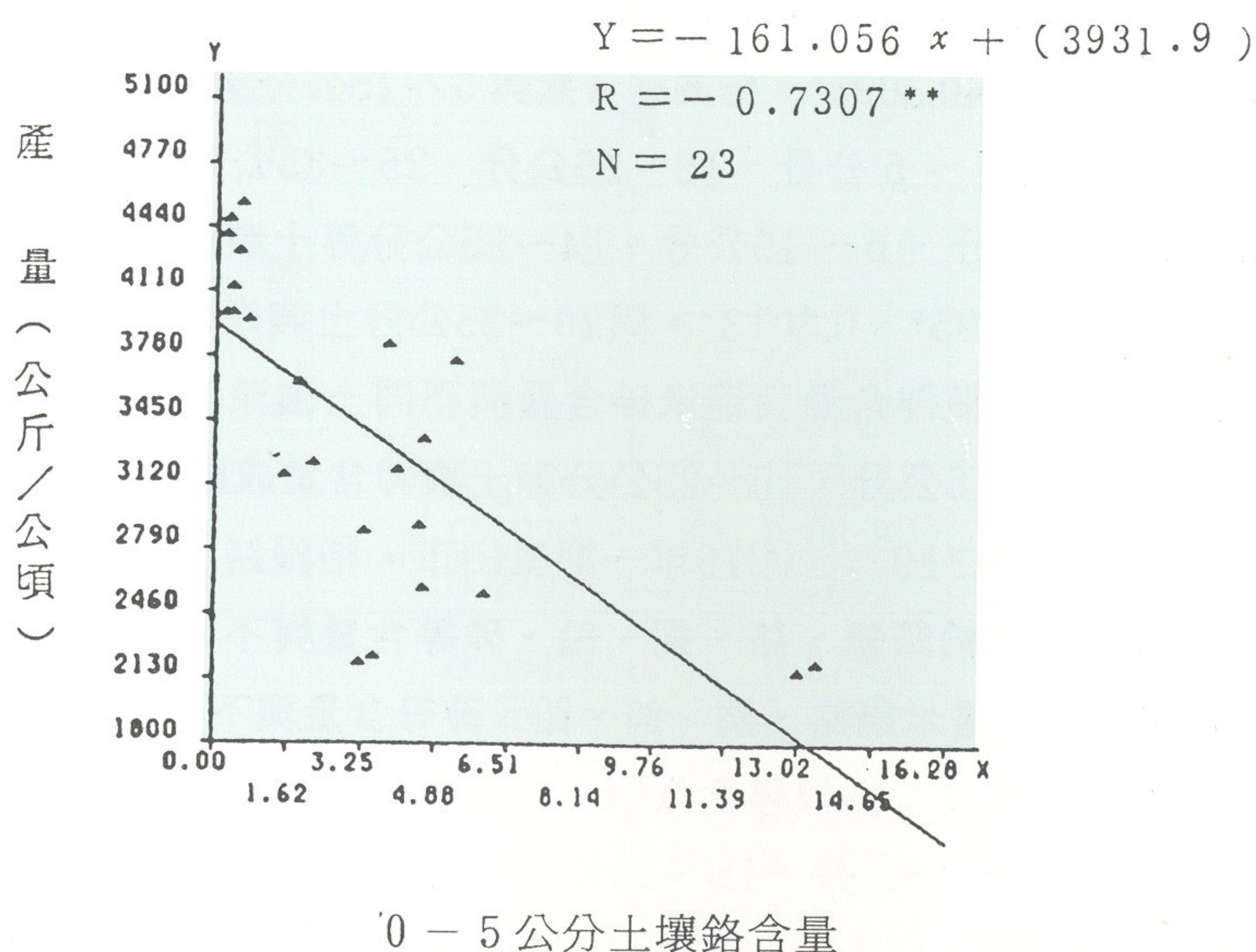


圖 2. 鳳山市78年二期稻谷產量與 0 ~ 5 公分土壤鉻含量相關

(五)稻體不同部位重金屬含量與不同土壤深度重金屬含量相關：

由表七顯示(1)78年二期橋頭鄉稻根及稻藁鎘含量與不同土壤深度鎘含量無相關；稻根鉻含量與 0 ~ 5 公分土壤鉻含量成極顯著正相關，相關係數為 0.3794**，與 5 ~ 15 公分土壤鉻含量成顯著正相關，相關係數為 0.3095*，與 15 ~ 25 公分、25 ~ 35 公分土壤鉻含量無相關；稻藁鉻含量與不同土壤深度鉻含量無相關，糙米鉻含量與 0 ~ 5 公分、5 ~ 15 公分土壤鉻含量成顯著正相關，相關係數為 0.2798*、0.2866*。稻藁銅含量與 0 ~ 5 公分、5 ~ 15 公分、15 ~ 25 公分土壤銅含量成極顯著正相關，相關係數為 0.5645**、0.5748**、0.6145**；糙米銅含量 0 ~ 5 公分、5 ~ 15 公分土壤銅含量成顯著正相關，相關係數為 0.2861*、0.3282*。稻藁鋅含量與 0 ~ 5 公分、5 ~ 15 公分土壤鋅含量成顯著正相關，相關係數 0.3494*、0.3970*；糙米鋅含量與不同土壤深度鋅含量無相關。稻藁鉛含量與不同土壤深度鉛含量無相關；糙米鉛含量與 0 ~ 5 公分、15 ~ 25 公分土壤鉛含量成顯著負相關，相關係數為 -0.3228*、-0.3195*。稻根砷含量、糙米砷含量與不同土壤深度砷含量無相關，稻藁砷含量與 0 ~ 5 公分土壤砷含量成顯著正相關，相關係數 0.3035*。(2)78年二期鳳山市，稻體不同部位鎘、銅、鋅、鉛、砷等含量與不同土壤深度鎘、銅、鋅、鉛、砷等含量無相關。稻根鉻含量與 0 ~ 5 公分、5 ~ 15 公分、15 ~ 25 公分、25 ~ 35 公分土壤鉻含量成極顯著正相關，相關係數為 0.8648**、0.7977**、0.8899**、0.6971**；稻藁鉻含量與 0 ~ 5 公分土壤鉻含量成顯著正相關，相關係數為 0.4968*，5 ~ 15 公分、15 ~ 25 公分土壤鉻含量成極顯著正相關，相關係數為 0.5627**、0.5461**；糙米鉻含量與不同土壤深度鉻含量無相關。(3)79年

一期橋頭鄉，稻體不同部位鎘、鉻、鋅、鉛等含量與不同土壤深度鎘、鉻、鋅、鉛等含量無相關。稻根銅含量與0~5公分、5~15公分、15~25公分等土壤銅含量成極顯著正相關，相關係數為0.7086**、0.6303**、0.5119**，與25~35公分土壤銅含量成顯著正相關，相關係數為0.3096*。稻葉銅含量與5~15公分土壤銅含量成顯著正相關，相關係數0.3102*，與0~5公分、15~25公分、25~35公分等土壤銅含量無相關。糙米銅含量與0~5公分、5~15公分、14~25公分等土壤銅含量成顯著正相關，相關係數為0.3061*、0.2895*、0.3013*，與25~35公分土壤銅含量成極顯著正相關，相關係數為0.5277**。稻根砷含量及糙米砷含量與不同土壤深度砷含量無相關；稻葉砷含量與0~5公分、5~15公分、15~25公分等土壤砷含量成顯著負相關，相關係數為-0.2901*、-0.3352*、-0.3193*。(4)79年一期鳳山市，稻根鉻、砷等含量與不同土壤深度鉻、砷等含量無相關；稻葉鎘、鉻、銅、鉛、砷等含量與不同土壤深度鎘、鉻、銅、鉛、砷等含量無相關；糙米鎘、鉻、銅、鋅、鉛、砷等含量與不同土壤深度鎘、鉻、銅、鋅、鉛、砷等含量無相關；稻根鎘含量與0~5公分土壤鎘含量成極顯著正相關，相關係數0.5118**，與5~15公分、15~25公分、25~35公分等土壤鎘含量無相關。稻根銅含量與0~5公分、5~15公分土壤銅含量成極顯著正相關，相關係數為0.7914**、0.7435**；與15~25公分、25~35公分等土壤銅含量無相關。稻根鋅含量與0~5公分土壤鋅含量成極顯著正相關，相關係數0.5425**，與5~15公分土壤鋅含量成顯著正相關，相關係數0.4297*，與15~25公分、25~35公分等土壤鋅含量無相關。稻葉鋅含量與0~5公分土壤鋅含量成極顯著正相關，相關係數為0.5365**，與5~15公分、15~25公分、25~35公分等土壤鋅含量無相關。稻根鉛含量與0~5公分、5~15公分、15~25公分等土壤鉛含量成顯著正相關，相關係數為0.8653**、0.8195**、0.6794**；與25~35公分土壤鉛含量無相關。

表 7 • 稻體不同部位重金屬含量與不同土壤深度重金屬含量相關

二、78年二期

1.橋頭鄉

重金屬別	土壤深度 稻體部位 相關係數	土 壤 深 度 (公分)			
		0 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35
鎘	根 蘗	- 0.1280 0.0503	- 0.1064 0.0363	- 0.0885 - 0.0569	0.0850 0.2884
鉻	根 蘗 糙米	0.3794** 0.2276 0.2798*	0.3095* 0.0658 0.2866*	0.0354 0.0235 0.0655	- 0.0378 - 0.1684 0.2128
銅	蘗 糙米	0.5645** 0.2861*	0.5748** 0.3282*	0.6145** 0.2672	0.2683 - 0.1537
鋅	蘗 糙米	0.3494* - 0.1510	0.3970* - 0.1324	0.2718 - 0.1706	0.0190 - 0.0418
鉛	蘗 糙米	0.0536 - 0.3228*	0.0114 - 0.2277	0.0513 - 0.3195*	0.0442 - 0.3001
砷	根 蘗 糙米	- 0.0577 0.3035* 0.2308	- 0.0881 0.2099 0.2073	- 0.1384 0.1542 0.1310	- 0.1215 0.1842 0.1453

2.鳳山市

重金屬別	土壤深度 稻體部位 相關係數	土 壤 深 度 (公分)			
		0 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35
鎘	根 蘗 糙米	0.1718 0.0143 0.0915	0.2247 0.1828 0.2350	0.2923 0.1323 0.0483	0.1382 - 0.2531 - 0.1141
鉻	根 蘗 糙米	0.8648** 0.4968* 0.1044	0.7977** 0.5627** 0.1203	0.8899** 0.5461** 0.1217	0.6971** 0.2447 - 0.0311
銅	蘗 糙米	- 0.0259 - 0.0380	- 0.2054 - 0.0075	- 0.1147 0.1631	0.2914 - 0.2258
鋅	蘗 糙米	- 0.1606 - 0.2353	- 0.0796 - 0.0341	0.1385 0.2406	- 0.2624 - 0.2629
鉛	蘗 糙米	0.1030 - 0.0132	0.0786 0.0294	0.0589 - 0.1438	- 0.1995 - 0.0231
砷	根 蘗 糙米	- 0.1416 - 0.1418 - 0.1710	- 0.0275 - 0.1040 0.2417	0.0792 - 0.0244 - 0.1218	- 0.0510 0.1892 0.1858

二79年 1 期
1.橋頭鄉

重金屬別	土壤深度 稻體相關係數 部位	土 壤 深 度 (公分)			
		0 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35
鎘	根 蘗 糙米	- 0.3333	- 0.2062	- 0.1461	- 0.0855
		- 0.1422	0.0198	- 0.2509	- 0.0550
		0.0237	- 0.0387	0.0092	0.1639
鉻	根 蘗	- 0.1476	- 0.2604	- 0.1988	- 0.1940
		0.2192	- 0.0248	- 0.0058	0.1499
銅	根 蘗 糙米	0.7086**	0.6303**	0.5119**	0.3096*
		0.2421	0.3102*	0.1862	0.0006
		0.3061*	0.2895*	0.3013*	0.5277**
鋅	根 蘗 糙米	- 0.0326	- 0.0318	0.0309	- 0.1647
		0.0488	0.0423	- 0.1529	- 0.2588
		- 0.0246	0.0153	- 0.0441	- 0.1668
鉛	根 蘗 糙米	- 0.2248	- 0.2850	- 0.2471	- 0.2173
		- 0.1693	- 0.1637	- 0.1158	- 0.0656
		0.0520	0.0121	0.0701	- 0.0585
砷	根 蘗 糙米	0.0874	0.1554	0.2001	0.1366
		- 0.2901*	- 0.3352*	- 0.3193*	- 0.1590
		0.0726	- 0.0021	0.0805	0.0085

2.鳳山市

重金屬別	土壤深度 稻體相關係數 部位	土 壤 深 度 (公分)			
		0 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35
鎘	根 蘗 糙米	0.5118**	0.1712	0.0728	- 0.1150
		0.1673	0.2251	- 0.1563	- 0.1120
		0.2864	0.1395	0.1437	- 0.0072
鉻	根 蘗 糙米	0.2779	0.3198	0.2948	0.0220
		0.1024	- 0.1049	- 0.2077	- 0.1624
		0.2655	0.3548	0.2467	0.2483
銅	根 蘗 糙米	0.7914**	0.7435**	0.2216	- 0.0757
		0.0463	0.0249	- 0.1016	- 0.2105
		0.1667	0.1418	0.1261	- 0.0439
鋅	根 蘗 糙米	0.5425**	0.4297*	0.0310	0.0284
		0.5365**	0.3651	0.0829	0.0125
		0.2791	0.2189	0.0169	0.0451
鉛	根 蘗 糙米	0.8653**	0.8196**	0.6794**	0.3398
		0.1060	0.0738	0.0679	0.0964
		0.0471	0.0765	0.2157	0.1835
砷	根 蘗 糙米	0.0174	0.1502	0.2595	0.3579
		0.2660	0.2923	0.1080	0.1393
		0.1376	0.2418	0.2532	0.2782

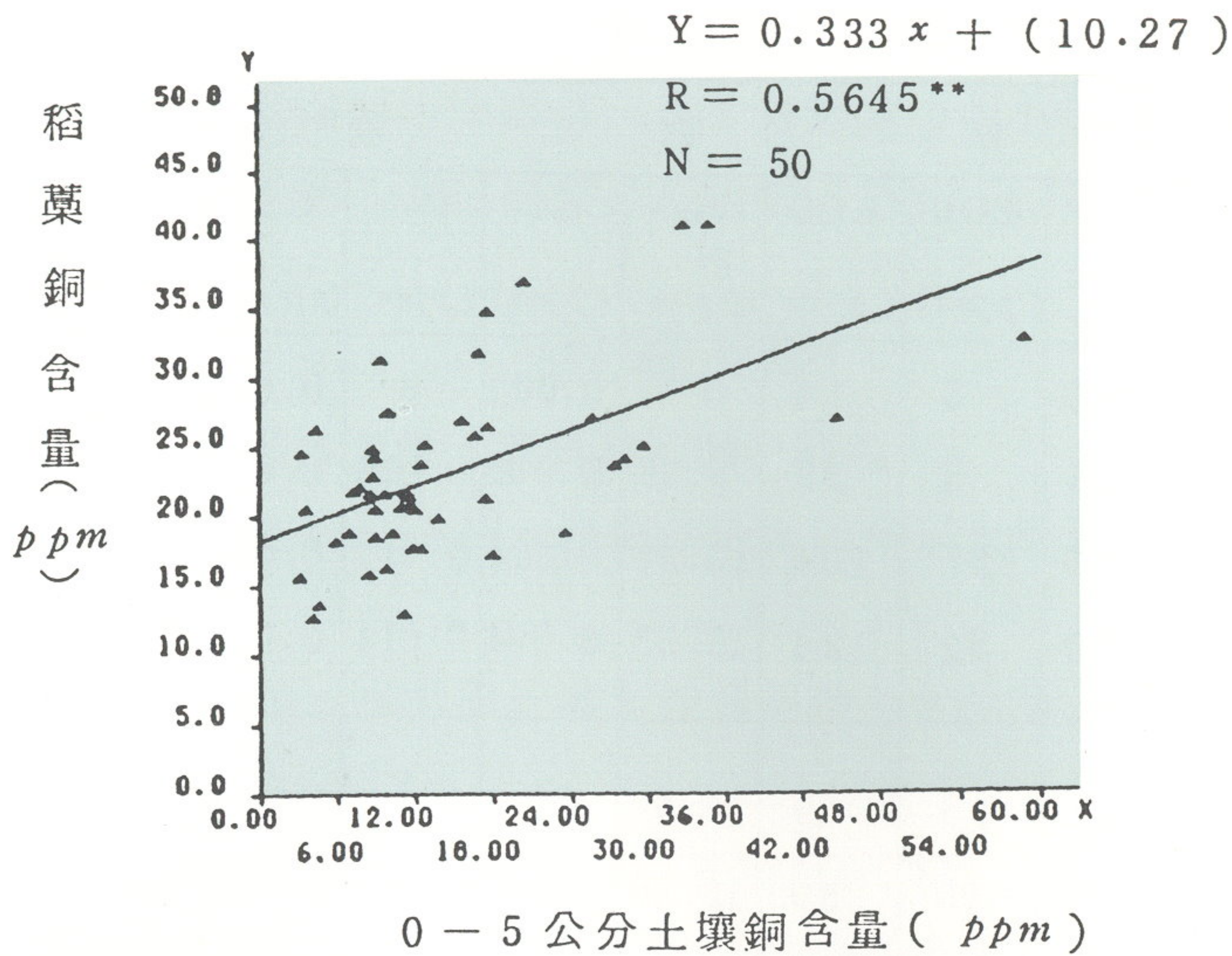


圖 3. 橋頭鄉78年二期稻葉銅含量與 0 ~ 5 公分土壤銅含量相關

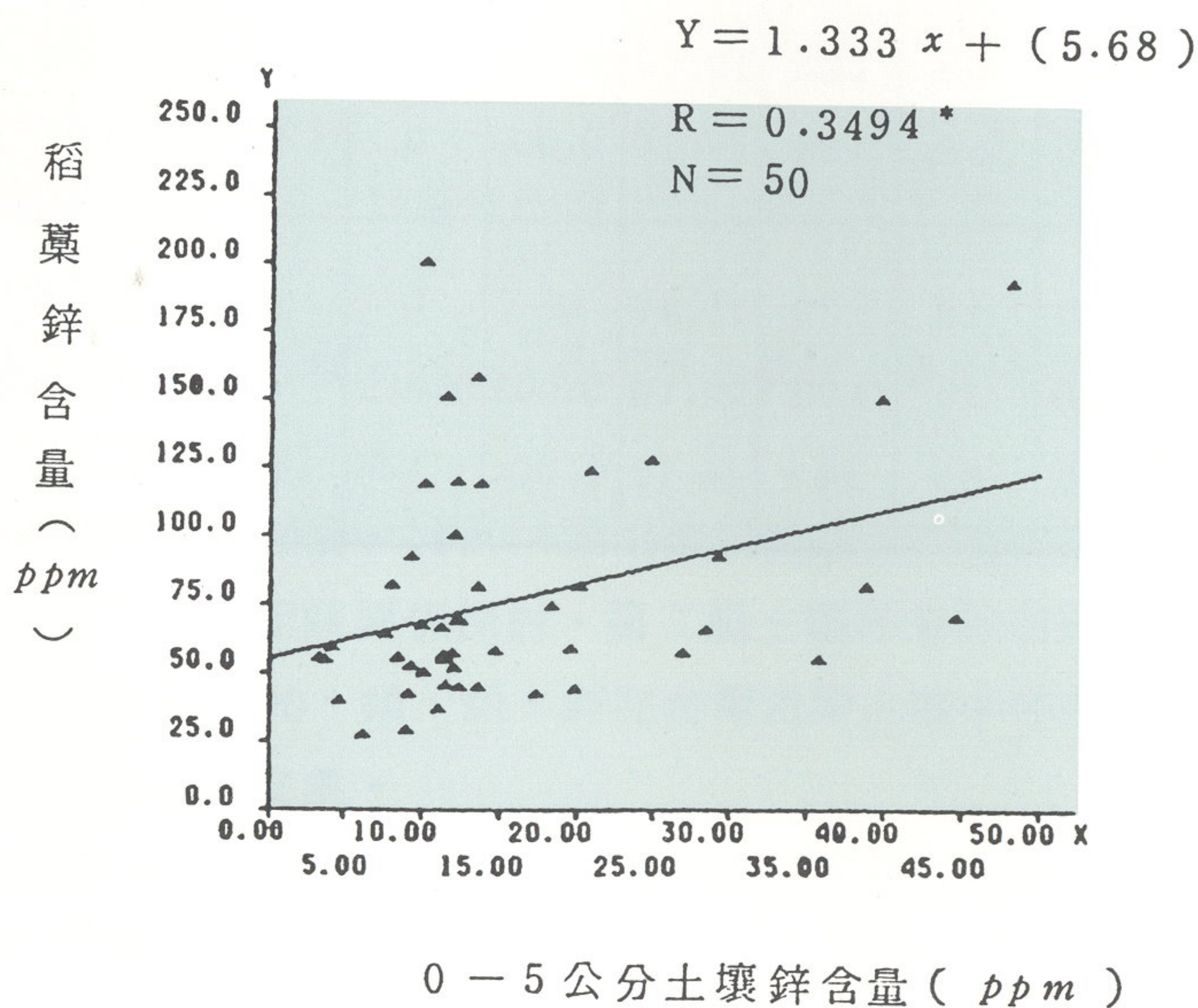


圖 4. 橋頭鄉78年二期稻葉鋅含量與 0 ~ 5 公分土壤鋅含量相關

(六) 灌溉水質分析結果：

依據台灣省灌溉用水水質標準，電導度限值為750umho/cm，總氮量1.0mg/l、鎘0.01mg/l、鉻0.1mg/l、銅0.2mg/l、鉛0.1mg/l、鋅2.0mg/l、砷1.0mg/l。由表八生育中期採取田間灌溉用水分析水質結果，電導度均超過規定標準，銨態氮也都超過規定標準，COD、BOD有部分超過規定標準，而重金屬含量均未超過規定標準。（除七十九年一期鳳山市鉻含量超過標準外）。

表 8. 灌溉水質分析結果

期 作	採 樣 時 期	採 樣 地 點	污 染 程 度	分 析 項 目									
				E.C. umho /cm	BOD (p p m)	COD (p p m)	NH ₄ - N (p p m)	Cd (p p m)	Cr (p p m)	Cu (p p m)	Zn (p p m)	Pb (p p m)	As (p p m)
七 十 八 年 二 期	生 育 中 期	橋 頭	清水區	1065	5	16	0	0.003	0	0.002	0	0	0
			輕 區	1175	5	22	8.75	0.002	0.028	0.011	0.314	0.017	0.001
			中 區	1400	37	104	13.30	0.004	0.017	0.065	0.026	0	0.002
			重 區	1390	52	124	13.53	0.004	0.011	0.029	0.208	0.013	0.003
		鳳 山	輕 區	950	15	59	10.60	0.001	0.015	0.015	0.022	0	0.003
			中 區	1120	33	89	12.40	0.002	0.012	0.020	0.016	0.002	0.003
			重 區	4320	430	906	18.20	0.004	0.050	0.056	0.044	0.036	0.100
七 十 九 年 一 期	生 育 中 期	橋 頭	清水區	1600	4	25	2.10	0.002	0	0	0	0.059	0
			輕 區	1710	43	93	12.10	0.003	0.005	0	0.024	0.010	0.002
			中 區	1530	65	126	19.60	0.008	0.008	0	0.293	0.015	0.003
			重 區	1550	58	138	37.10	0.006	0	0	1.171	0.100	0.003
		鳳 山	輕 區	590	15	39	11.90	0	0	0	0	0.103	0
			中 區	920	30	102	19.10	0.003	0.015	0	0	0.095	0
			重 區	3820	80	149	44.10	0.004	1.140	0	0	0.107	0.192

誌 謝

本計畫承蒙農委會黃技正山內，中興大學王主任銀波指教及本課土壤肥料研究室黃建雄先生、林博誠先生協助田間採樣工作，傅秀蘭小姐協助室內分析工作，以及台灣省農業藥物毒物試驗所林浩潭兄提供分析儀器，謹此一併致謝。

參考文獻

- 1.王銀波，1975，落葉果樣微量元素營養狀態之研究。
- 2.李國欽、黃雯綺、顏耀平，1979，台灣各地區水稻田土壤及水中砷含量調查，科學發展 7(8):789-809。
- 3.李國欽、黃雯綺，1980，水稻田土壤含砷量與植株含砷量及生長情形相關關係之探討，植保會刊 22:101-112。
- 4.台灣地區土壤污染調查報告，行政院衛生署環境保護局。
- 5.台灣地區土壤重金屬含量調查總報告(三)，行政院環境保護署。
- 6.黃山內，1989，台灣農地土壤污染現況，第一屆土壤污染防治研討會論文集。
- 7.王銀波、李國欽、陳尊賢，1989，台灣土壤中重金屬資料庫與其含量分佈，第一屆土壤污染防治研討會論文集。
- 8.李芳胤，1989，污染土壤中重金屬聚積型態之檢定方法，第一屆土壤污染防治研討會論文集。
- 9.王銀波、譚鎮中，1989，鉛蓄電池廠附近土壤之鉛污染，第一屆土壤污染防治研討會論文集。
- 10.連 深、郭鴻裕、朱戡良，1990，台灣地區農田土壤重金屬自然含量調查，第二屆土壤污染防治研討會論文集。
- 11.李國欽、林浩潭、賴七仙，1990，硬脂酸鎘製造工廠廢水排放渠道灌區土壤與稻米中重金屬含量調查與相關關係探討，第二屆土壤污染防治研討會論文集。
- 12.陳尊賢、張如燕，1990，鎘、鉛、鋅在台灣污染土壤中存在之形式與分佈，第二屆土壤污染防治研討會論文集。
- 13.謝慶芳，1990，土壤中鎘含量與水稻植物體不同部位鎘濃度變化之研究，第二屆土壤污染防治研討會論文集。