

# 臺灣各地區水稻田土壤及 水中砷含量調查

## Survey of Arsenical Residual Levels in the Rice Paddy Soil and Water Samples from Different Locations of Taiwan\*

李國欽 費雯綺 顏耀平

臺灣植物保護中心

(接受刊載日期：68年3月27日)

### 摘 要

全省 130 個土壤樣品及 76 個水樣品中均含有砷。62 年水稻田土樣分析之結果發現不同地區含砷量差異極大，其範圍自 1.3 ppm 至 176.6 ppm 不等；而其平均含砷量在 0~12.7 cm 深度之土層中為 8.22 ppm，在 12.7~25.4 cm 之間者為 14.07 ppm，在 25.4~38.1 cm 之間者為 18.85 ppm。65 年 45 個鄉鎮調查之結果，顯示土壤含砷量有減少之現象；45 個鄉鎮調查之結果，其含砷範圍為 1.28~21.96 ppm，在 0~12 cm 深度之土層中其平均含砷量為 7.89 ppm，在 12~24 cm 之間者為 9.90 ppm，在 24~36 cm 之間者為 10.53 ppm。

44 個鄉鎮水樣品調查之結果，其含砷範圍自 0.10~905.14 ppb 不等。較高之地區為宜蘭、臺南和嘉義。

### 一、緒 論

砷普遍存在於自然界中，在土壤、水及許多岩石和礦物中均可發現到它的存在。在工業上，許多化學工廠排出之廢物和動力能源——含砷煤炭之燃燒，以及農業上含砷藥劑之使用均可造成砷的污染，提高環境中之砷含量。據美國之調查顯示：未受砷污染地區，土壤中之砷含量範圍在 0.2~40 ppm

之間；而在砷劑使用區之土壤中含砷量則在 1.8~830 ppm 之間<sup>(6,7,13,18)</sup>；又據文獻報告顯示：未受砷污染之土壤其含砷量大多低於 10 ppm<sup>(16)</sup>，而其平均含量亦只有 5 ppm<sup>(12)</sup>。水中亦普遍含有砷，最近美國調查 727 個表層水樣發現約 79% 的樣品含砷量少於 10 ppb，2% 高於 50 ppb，而在 North Carolina 的 Iron Creak 廢水處理工廠下游區則高達 1,100 ppb<sup>(10)</sup>。

\* 臺灣植物保護中心農藥殘量組研究報告第 17 號。  
農復會計劃 77-C-13-A-2850 (b)

砷類化合物可殘留於土壤中達數年之久<sup>(17)</sup>，當這些土壤中的砷量累積到某一程度時，不但對植物會造成毒害<sup>(7,19)</sup>，甚且會污染到食用部份<sup>(1,20)</sup>。此外若飲用含砷量 0.21~10.0 mg/l 的水時，會引起慢性中毒<sup>(8)</sup>，如臺灣嘉南部份地區之飲用水中含有 0.35 mg/l 之砷時，有導致烏脚病發生之報告<sup>(9)</sup>。所以 1962 年美國衛生署訂定了飲用水中砷之容許含量為 0.01~0.05 mg/l<sup>(9)</sup>，而工業廢水中之含砷容許量則尚未定出一個標準。

臺灣由於防治水稻紋枯病，普遍使用含砷殺菌劑。由於噴灑於葉部之砷劑有部份可能流失於土壤中，造成土壤中砷之累積，或間接污染到灌溉水、河水，以及某些供飲用之地下水。本研究之目的即在調查臺灣全省各地水稻田土壤及水中砷含量，以瞭解其累積程度和污染情形。

## 二、材料和方法

### (一)採樣方法

#### 1. 土壤樣品之採集

第一次土壤樣品之採集是於民國 62 年 7 月、9 月及 11 月自 14 個鄉鎮取樣；每一鄉鎮選擇 3 個農戶耕地，每個農戶耕地採集 3~5 個點，每個點之深度為 38.1 cm (15 英吋)，分成上 12.7 cm、中 12.7 cm 及下 12.7 cm 三層；5 點之各層分別均勻混合後，風乾並貯存於室溫中供分析之用。

第二次土壤樣品之採集於 65 年 11 月至 12 月間自全省 45 個鄉鎮取樣，每鄉鎮選擇 2~3 個農戶耕地，每個農戶耕地採集 10 個點，每點之深度為 36 cm，亦是分成上 12 cm、中 12 cm 和下 12 cm 三層。10 點之各層分別均勻混合後，風乾並貯存於室溫中供分析之用。

樣品是利用直徑 2.54 cm (1 英吋) 之柱形土壤採集器採集。

#### 2. 水樣之採集

水樣於 65 年 11 月至 12 月間自 44 個鄉鎮採得，每個鄉鎮採 2~3 個樣品，包括有灌溉水、河水和井水。採樣時將收集瓶自水面以一定之速度往下沉至水裝滿收集瓶為止，以使樣品確實是來自水源之不同深度。

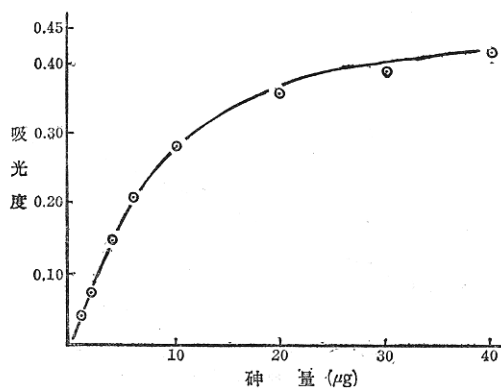
### (二)分析方法

#### 方法(一)——62 年土壤樣品

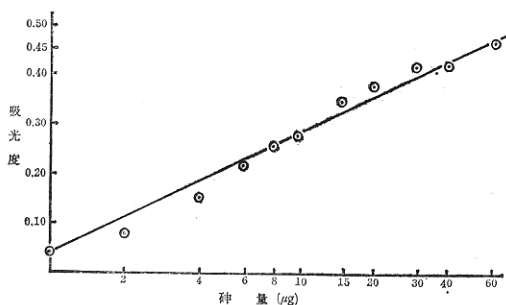
取風乾土 1 g，加入 20 ml 濃鹽酸，靜置過夜(約 16~20 小時)；過夜後加入 60 ml 蒸餾水，並將混合液轉移至反應瓶中(4 cm 外徑×15 cm 長度)後，立刻置於原子吸光儀之測砷裝置上，以注射器注入 4 ml 之 2.5% NaBH<sub>4</sub> 溶液。砷化物在此步驟中被還原成砷 (Arsine)，而由原子吸光儀在 193.7 nm 下測其吸光度。

圖一乃是利用上述方法，以不同量之 As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 所測出之標準曲線。由此標準曲線可以看出砷類化合物經過反應後，由原子吸光儀所測出之吸光度與砷量不成直線關係，此種非直線關係亦散見於其他報告之中<sup>(14)</sup>。

若將吸光度 (Absorbance) 與砷量之對數值作圖，則成一直線關係(圖二)。由樣品所測得之吸光度利用上述之標準直線，可計算出該樣品之砷含量。



圖一 砷量與吸光度之關係  
(0~40 μg As)

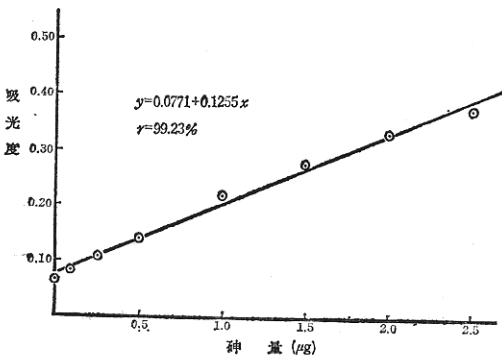


圖二 砷量之對數值與吸光度之關係  
(每一點係 5 個重複之平均值。)

方法(一)——65年土壤樣品

由於方法(一)所得之標準直線其吸光度範圍太窄，故分析65年土壤樣品時則改進分析法如下：取風乾土1g，將20ml之30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>分三次加入，並在110°C之平板爐(hot plate)上加熱，以破壞土壤中之有機質。待加熱近乾後，加入30ml之9.6N鹽酸，振盪1小時後靜置過夜。取上層清液5ml轉移至反應瓶中，加入11ml濃鹽酸，以蒸餾水將體積調整至50ml。加入0.5ml之10% NaI溶液，靜置15分鐘後，置於原子吸光儀上，以注射針加入6ml之4% NaBH<sub>4</sub>溶液(以10% NaOH溶液配製)，此時溶中之砷被還原成砷，可由原子吸光儀在193.7nm下測其吸光度。當1g之土壤含有2~16 μg之砷時，利用此法所得之回收率為121~74%不等。

由圖一可知利用原子吸光儀偵測之結果，砷量與吸光度之關係及呈一曲線，但低量之砷則與吸光度較成直線關係。故經實驗所求得之結果如圖三。



圖三 砷量與吸光度之關係  
(0~2.5 μg As)  
(\* 儀器經調整後靈敏度提高)

由於方法(一)所使用之標準直線需將數值轉換為對數值，計算較為繁瑣，而方法(二)只需將樣品之砷含量稀釋至直線範圍內(linear range)，即2.5 μg以下，便可利用標準直線直接計算其砷量，且其敏感度遠較方法(一)為高，故65年之土壤樣品乃採取此法分析。

方法(二)——65年水樣品

取100ml之水至250ml之分液漏斗中，加

入1N之硝酸，使其pH值約等於2；加入10滴之30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，振盪一分鐘；重複一次。加入10ml之還原劑(1.48M NaHSO<sub>3</sub>:0.056M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:4.5N HCl=2:2:1)，振盪2分鐘後轉移至500ml之圓底燒瓶中，在加熱爐上加熱濃縮至5ml左右後，轉移至反應瓶中；加入15ml濃鹽酸，並用蒸餾水調整體積至50ml；以下步驟與65年土壤樣品相同。

所使用之標準直線與圖三同。當100ml之水含有0.25~2.5 μg之砷時，利用此法所得之回收率為129~79%不等。

本研究使用之原子吸光儀為Varian Techtron Model 1200附測砷裝置(Model 64 As/Hg/Se Analysis Kit)，使用氫氣與氮氣之混合火焰。

三、結果與討論

(一)土壤

臺灣各地水稻田土壤中之含砷量以方法(一)分析之結果見附錄，其摘要見表一。

由附錄一顯示：100%之樣品均含有砷，因自然土壤中之含砷量常低於10 ppm<sup>(16)</sup>，若以此為標準，則62年調查之結果：在0~12.7cm，12.7~25.4cm及25.4~38.1cm深度之土壤樣品中分別有24%、65%和59%已超過此一標準；且其上中下三層土壤之平均含砷量為13.71 ppm。其中含砷量特別偏高的地區是屏東東林(176.6 ppm)和嘉義大林(76 ppm)。

表一 臺灣水稻田土壤中之平均含砷量(62年)

土壤深度 (cm)	平均砷含量 (ppm)	含砷範圍 (ppm)
0~12.7	8.22	1.3~44.2
12.7~25.4	14.07	1.7~34.4
25.4~38.1	18.85	2.7~176.6

註：1. 樣品採自14個鄉鎮，每鄉鎮3個樣品，每樣品為10個採樣點之混合。  
2. 含砷樣品出現之機率為100%。  
3. 每一地點樣品作5~10次重複分析，求其平均值。

65年度臺灣全省不同地區水稻田土壤含砷量之調查結果見附錄二，其摘要見表二。其結果亦顯示所有偵測之土壤樣品均含有砷，其中超過 10 ppm 之標準者，在 0~12 cm，12~24 cm 及 24~36 ppm 深度之土壤樣品中分別有 15%，50% 和 65%；其上中下三層土壤之平均含砷量為 9.44 ppm。含砷量較高之區域在宜蘭、屏東和臺南。

表二 臺灣水稻田土壤中之平均含砷量 (65年)

土壤深度 (cm)	平均含砷量 (ppm)	含砷範圍 (ppm)
0~12	7.89	1.28~21.96
12~24	9.90	2.15~19.50
24~36	10.53	6.40~18.56

註：1. 樣品採自 45 個鄉鎮，每鄉鎮 2~3 個樣品，每樣品為 10 個採樣點之混合。  
2. 含砷樣品出現之機率為 100%。  
3. 每一地點樣品作 2~3 次重複分析，求其平均值。

由附錄一及附錄二可看出，砷在臺灣水稻田土壤之中是呈點狀分佈的，其不同地區之砷含量差異極大；譬如 62 年調查之結果：在 25.4~38.1 cm 深度之土壤樣品中，其含砷量為 2.7~176.6 ppm 不等。造成差異之原因是由於土壤母質<sup>(2)</sup>和成份<sup>(21)</sup>，還是由於農民的用藥習慣和砷農藥之使用量不同<sup>(6)</sup>，有待進一步調查。此外，由調查之結果可看出：幾乎所有的土壤樣品均以中、下層之含砷量較上層之含砷量要高。Fassbender<sup>(11)</sup> 認為由於植物之吸收和土壤微生物之作用，砷較不易積聚於土壤表層；Tammes<sup>(15)</sup> 亦曾報告砷在上層土壤中會發生滲濾 (leaching) 之現象，而使心土 (subsoil) 中之含砷量逐漸增加。本研究調查之結果亦如此，其含砷量在採樣深度範圍內是愈深愈多。

65 年土壤樣品之平均含砷量要比 62 年者低，但並不表示臺灣環境中之砷含量有減少之趨勢，因為 62 年與 65 年之採樣鄉鎮並未有相同者 (圖四)。若欲瞭解水稻田土壤含砷量是否降低，進一步之工作應每年採取上述 59 個鄉鎮之水稻田土壤，連續分析幾年，以追蹤土壤中砷之變化情形。

## (二) 水樣

65年度臺灣全省各地區水樣 (包括河水、灌溉水和地下水) 含砷量調查之結果見附錄三，其摘要見表三。其結果所有樣品均含有砷，含砷量較高之區域在宜蘭、臺南和嘉義。其中宜蘭含砷量最高的四個樣品是採自五結鄉孝威村的四口井水，其含砷量分別為 35.7, 84.2, 49.0 和 905.1 ppb。其中 35.7 ppb 之井水，在日據時代便被禁止飲用；84.2 ppb 者為該區國小日常所使用之地下水，而 49.0 和 905.1 ppb 之井水均是近日有疑似烏腳病之患者後而被禁止飲用的。足見飲用水中若含有高量之砷對人體是有害的。

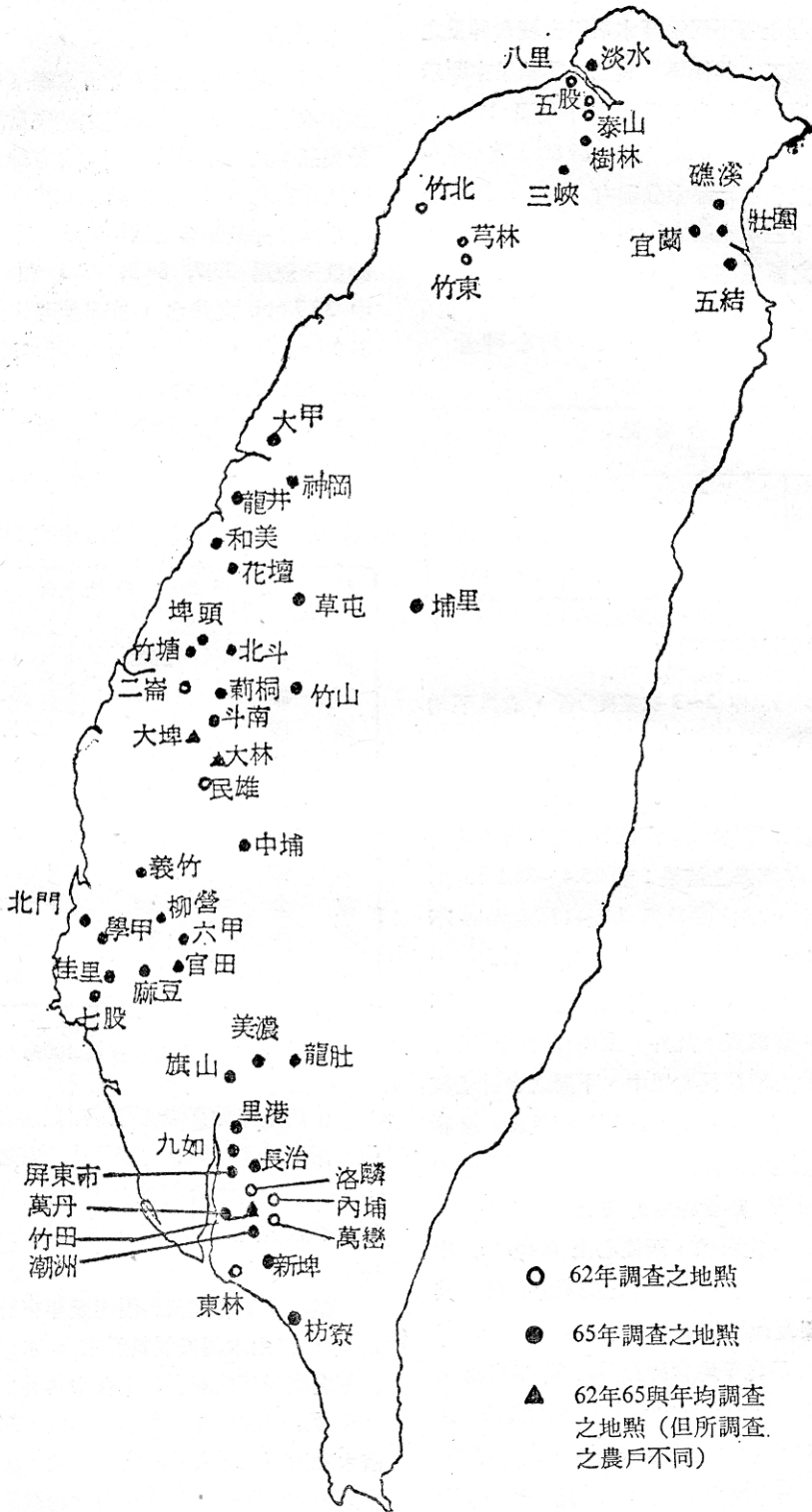
表三 臺灣地區水樣品中之砷含量(65年)

地區 (縣)	平均含砷量 (ppb)	含砷範圍 (ppb)
屏東	2.42	1.59~ 5.89
高雄	1.20	0.10~ 1.43
臺南	12.73	1.45~ 31.30
嘉義	12.07	3.39~ 33.36
雲林	7.10	1.78~ 11.57
彰化	6.82	4.52~ 10.02
南投	3.41	1.86~ 7.59
臺中	8.14	1.70~ 13.49
臺北	1.86	0.95~ 3.08
宜蘭	68.20	0.55~905.14

註：1. 樣品採自 44 個不同鄉鎮。  
2. 含砷樣品出現之機率為 100%。

由於臺南和嘉義部份地區以前有過烏腳病之發生，而全省水樣調查之結果該二區之含砷量亦較高。最近臺南水稻不稔症發生情形十分嚴重<sup>(4)</sup>，這些是否與砷之污染有關，實是值得研究之一項工作。

臺灣雖無詳細資料說明歷年來砷劑在稻田中之用量，但由本調查資料看來，水稻田可能會有因砷劑之使用而逐漸引起土壤中含砷量增多之現象，但多數未達到對作物有害之程度。而某些地區之灌溉水和地下水亦有被污染之現象，由於砷和某些有毒之金屬物質一樣，會經由食物鏈而濃縮，故如何解決和預防其污染情形之發生，有待更進一步之研究。



圖四 臺灣水田土壤之採集地點

## 參 考 文 獻

1. 李國欽、費雯綺、顏耀平，1978。臺灣不同地區水稻穀粒及糙米中砷含量之調查。臺灣植物保護中心農藥殘量組研究報告第16號。
2. 涉谷政夫，1973。二、三重金屬元素等の土壤中における行動について。近代農業における土壤肥料の研究第4集，pp. 53-64。
3. 陳拱北，1975。臺灣烏脚病防治調查報告。臺灣大學公共衛生研究所研究報告。
4. 歐榮東，1976。臺南地區水稻不稔症之探討。興農，92，6-7。
5. Anastasia, F. B. and W. J. Kender. 1973. The influence of soil arsenic on the growth of lowbush blueberry. *J. Environ. Quality*, 2(3), 335-337.
6. Benson, N. R. 1953. Effect of season, phosphate and acidity on plant growth in arsenic-toxic soils. *Soil Sci.*, 76, 215-224.
7. Bishop, R. F. and D. Chisholm. 1962. Arsenic accumulation in Annapolis Valley orchard soil. *Can. J. Soil Sci.*, 42, 77-80.
8. Borgono J. M. and R. Greiber. 1972. Trace substances in environmental health— 5. *Proc. Univ. of Missouri. Ann. Conf. 5th, 1971*, 13-24.
9. *Drinking Water Standards*. U. S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service (Revised), PHS Publ. No. 956, 1962.
10. Durm, W. H., J. D. Hem and S. G. Heidel. 1971. *Reconnaissance of Selected Minor Elements in Surface Waters of United States*, 1970, Geological Survey Cir. 643, U. S. Bureau Sport Fisheries Wildlife.
11. Fassbender, H. W. 1975. Contenido y formas de arsenico en algunos suelos tropicales. *Turrialba*, 25(1), Trimestre Enere-Marze.
12. Fleischer, M. 1973. Cycling and control of metals. *Proc. Environ. Resources Conf.*, Nat. Environ. Res. Center, Cincinnati.
13. Greaves, J. E. 1934. The arsenic content of soils. *Soil Sci.*, 38, 355-362.
14. Orheim, R. M. and H. H. Bovee. 1974. Atomic absorption determination of nanogram quantities of arsenic in biological media. *Anal. Chem.*, 46, 921-923.
15. Tammes, P. M. and M. M. DeLint. 1969. Leaching of arsenic from soil. *Neth. J. Agric. Sci.*, 17, 128-132.
16. U. S. Department of Agriculture, Yearbook, 1938.
17. U. D. Department of Agriculture, Yearbook, 1957.
18. William, K. T. and R. R. Whetstone. 1940. Arsenic distribution in soil and its presence in certain plants. *U. S. D. A. Tech. Bull.*, 732.
19. Woolson, E. A. 1969. *The Chemistry and Toxicity of Arsenic in Soil*. Ph. D. thesis, Univ. Maryland, Univ. Microfilms, Ann Arbor, Mich. (Diss. Abstr. 32, B, P. 20)
20. Woolson, E. A. 1973. Arsenic phytotoxicity uptake in six vegetable crops. *Weed Sci.*, 21, 524-527.
21. Zuccari, G. 1913. Sulla presenza dell'arsenico come elemento normale molle terre. *Gaz. Chem. Ital.*, 43, 398-403.

附 錄

附錄一 臺灣各地水稻田土壤中之含砷量 (62年)

鄉 鎮	土 壤 深 度 (cm)	砷 含 量*			平 均 值 (ppm)
屏東 內埔	0 ~12.7	9.0± 0.6	8.8±1.2		8.9 ± 1.1
	12.7~25.4	11.6± 2.0	29.5±1.3		20.6 ±10.5
	25.4~38.1	10.8± 0.6	25.2±2.3		18.0 ± 8.5
東林	0 ~12.7	8.8± 0.4			8.8 ± 0.4
	12.7~25.4	27.7± 3.8			27.7 ± 3.8
	25.4~38.1	176.6±14.7			176.6 ±14.7
萬巒	0 ~12.7	3.3± 0.5	9.5±0.9	5.9±0.8	6.2 ± 2.9
	12.7~25.4	15.2± 2.7	24.6±2.6	26.1±3.9	22.0 ± 6.3
	25.4~38.1	31.4± 4.5	30.4±1.4	26.1±3.2	29.3 ± 4.4
麟洛	0 ~12.7	4.7± 0.2	3.7±0.2	7.2±0.5	5.2 ± 1.7
	12.7~25.4	25.1± 3.5	18.4±2.8	13.1±2.1	18.9 ± 6.2
	25.4~38.1	20.2± 1.8	11.2±1.8	13.3±2.3	14.9 ± 4.7
竹田	0 ~12.7	6.9± 0.3	4.6±0.3	2.3±0.4	4.6 ± 2.1
	12.7~25.4	21.6± 3.4	19.6±0.5	20.8±3.5	20.7 ± 3.2
	25.4~38.1	25.1± 3.3	21.5±3.1	20.6±2.8	22.4 ± 4.0
嘉義 民雄	0 ~12.7	10.9± 2.0	15.3±0.6	6.6±0.7	10.9 ± 4.1
	12.7~25.4	14.4± 2.3	13.1±0.8	6.9±1.2	11.5 ± 4.0
	25.4~38.1	12.1± 1.1	16.4±1.2	4.4±1.3	11.0 ± 5.6
大林	0 ~12.7	21.2± 1.3	14.9±0.5	44.2±3.9	26.8 ±14.0
	12.7~25.4	21.0± 1.9	16.9±0.8	34.4±5.4	24.1 ± 9.0
	25.4~38.1	18.9± 3.2	17.3±1.1	76.0±8.9	37.4 ±30.5
雲林 大埤	0 ~12.7	17.0± 1.4	12.1±0.7		14.6 ± 3.1
	12.7~25.4	15.6± 2.9	13.5±1.6		14.6 ± 3.0
	25.4~38.1	14.0± 1.5	10.1±0.6		12.05± 2.6
新竹 竹東	0 ~12.7	3.0± 0.02	7.4±0.1	3.8±0.3	4.7 ± 2.1
	12.7~25.4	4.8± 0.5	9.8±1.3	9.9±1.3	8.2 ± 2.9
	25.4~38.1	2.9± 0.5	5.0±2.0	10.3±2.0	6.1 ± 3.9
芎林	0 ~12.7	1.7± 0.2	4.1±0.2	2.5±0.1	2.8 ± 1.1
	12.7~25.4	6.1± 0.5	4.2±0.7	6.0±0.4	5.4 ± 1.1
	25.4~38.1	3.8± 0.5	4.9±0.3	5.2±0.6	4.6 ± 0.8
竹北	0 ~12.7	2.9± 0.4	4.2±0.7	3.5±0.1	3.5 ± 0.8
	12.7~25.4	3.7± 0.5	14.8±2.2	7.2±0.5	8.6 ± 5.3
	25.4~38.1	3.7± 0.2	5.9±0.6	5.8±0.5	5.1 ± 1.2
臺北 八里	0 ~12.7	8.2± 0.04	6.7±0.6	4.3±0.6	6.4 ± 1.8
	12.7~25.4	11.8± 1.0	11.0±1.4	7.6±0.3	10.1 ± 2.3
	25.4~38.1	8.9± 0.6	9.5±5.5	11.9±0.7	10.1 ± 3.8
五股	0 ~12.7	14.0± 0.8	1.8±0.1	1.3±0.04	5.7 ± 6.5
	12.7~25.4	11.5± 1.6	1.8±0.2	1.7±0.1	5.0 ± 5.1
	25.4~38.1	15.9± 0.8	2.7±0.2	4.5±0.3	7.7 ± 6.4
泰山	0 ~12.7	11.6± 1.0	4.9±0.7	9.4±0.5	8.6 ± 3.2
	12.7~25.4	15.1± 0.8	7.3±0.6	12.1±1.4	11.5 ± 3.7
	25.4~38.1	8.3± 1.5	6.7±1.4	17.1±1.9	10.7 ± 5.3

(1)使用之採樣器乃以英吋為單位，即 0~5 英吋 (0~12.7 cm)，5~10 英吋 (12.7~25.4 cm)，10~15 英吋 (25.4~38.1 cm)。

(2)每一地點樣品作 5~10 次重複分析，表中數字代表平均值。

附錄二 臺灣 45 個鄉鎮水稻田土壤中之含砷量 (65年)

鄉	鎮	土 壤 深 度 (cm)	砷 含 量*		平 均 值 (ppm)
屏 東	萬 丹	0~12	6.20	3.39	4.80±1.99
		12~24	10.26	9.73	10.00±0.37
		24~36	6.91	8.96	7.94±1.45
	竹 田	0~12	6.51	7.27	6.81
		12~24	11.92	7.93	7.64
		24~36	14.27	10.88	9.43
	潮 洲	0~12	4.71	8.14	6.43±2.43
		12~24	9.30	11.65	10.48±1.66
		24~36	12.02	10.33	11.18±1.20
	新 埤	0~12	12.16	4.43	8.30±5.47
		12~24	12.55	7.17	9.86±3.80
		24~36	10.48	8.22	9.35±1.60
	枋 寮	0~12	8.17	5.96	7.07±1.56
		12~24	10.68	13.28	11.98±1.84
		24~36	8.45	10.83	9.64±1.68
	長 治	0~12	5.16	6.43	5.80±0.90
		12~24	10.04	12.11	11.08±1.46
		24~36	12.05	10.24	11.15±1.28
	屏東市	0~12	5.01	9.14	7.32±2.11
		12~24	9.55	19.00	12.30±5.84
		24~36	11.29	12.92	10.90±2.24
	九 如	0~12	6.55	8.65	7.6 ±1.48
		12~24	12.83	8.22	10.53±3.26
		24~36	13.76	16.14	14.95±1.68
	里 港	0~12	6.38	7.62	7.00±0.88
		12~24	10.76	13.62	12.19±2.02
		24~36	17.25	11.77	14.51±3.87
高 雄	美 濃	0~12	6.03	9.13	7.58±2.19
		12~24	10.06	11.36	10.71±0.92
		24~36	10.31	11.57	10.94±0.89
	龍 肚	0~12	6.46	8.33	7.40±1.32
		12~24	9.70	10.17	9.94±0.33
		24~36	11.12	7.79	9.46±2.35
	旗 山	0~12	7.06	8.43	7.75±0.97
		12~24	8.00	10.14	9.07±1.51
		24~36	8.20	11.88	10.04±2.60
臺 南	學 甲	0~12	9.41	7.75	8.58±1.17
		12~24	10.59	12.66	11.63±1.46
		24~36	11.47	11.64	11.56±0.12
	北 門	0~12	19.36	8.12	13.74±7.95
		12~24	13.37	9.16	11.27±2.98
		24~36	13.48	9.34	11.41±2.93
	七 股	0~12	8.56	12.07	10.32±2.48
		12~24	8.69	14.06	11.38±3.80
		24~36	9.89	12.80	11.35±2.06
	佳 里	0~12	10.08	7.97	9.03±1.49
		12~24	12.67	8.73	10.70±2.79
		24~36	11.65	11.37	11.51±0.20

附錄二 臺灣 45 個鄉鎮水稻田土壤中之含砷量 (65年) (續)

鄉	鎮	土 壤 深 度 (cm)	砷 含 量*		平 均 值 (ppm)
臺 南	麻 豆	0~12	6.96	10.69	8.83±2.64
		12~24	9.22	10.33	9.78±0.78
		24~36	11.68	10.72	11.20±0.68
	官 田	0~12	6.93	7.74	7.34±0.57
		12~24	8.52	7.54	8.03±0.69
		24~36	11.80	7.83	9.82±2.81
	六 甲	0~12	13.65	8.22	10.94±3.84
		12~24	13.40	11.94	12.67±1.03
		24~36	9.64	12.71	11.18±2.17
柳 營	0~12	8.64	8.62	8.63±0.01	
	12~24	8.14	8.64	8.39±0.35	
	24~36	10.02	9.42	9.72±0.42	
嘉 義	義 竹	0~12	9.82	8.65	9.24±0.83
		12~24	9.72	9.29	9.51±0.30
		24~36	10.74	9.23	9.99±1.07
	中 埔	0~12	6.05	7.89	6.97±1.30
		12~24	6.98	10.08	8.53±2.17
		24~36	7.65	10.64	9.15±2.11
	大 林	0~12	7.95	7.75	7.85±0.14
		12~24	9.12	9.24	9.18±0.08
		24~36	9.19	12.14	10.67±2.09
雲 林	斗 南	0~12	8.43	9.76	9.10±0.94
		12~24	10.21	9.08	9.65±0.80
		24~36	11.66	8.12	9.89±2.50
	大 埤	0~12	8.76	5.19	6.98±2.52
		12~24	7.61	6.79	7.20±0.58
		24~36	6.95	6.40	6.68±0.39
	莿 桐	0~12	5.31	6.79	6.05±1.05
		12~24	11.13	9.68	10.41±1.03
		24~36	11.55	13.35	12.45±1.27
二 崙	0~12	9.41	7.77	8.59±1.16	
	12~24	11.53	9.34	10.44±1.55	
	24~36	12.07	11.65	11.86±0.30	
彰 化	北 斗	0~12	11.22	6.42	8.82±3.39
		12~24	13.51	12.13	12.82±0.98
		24~36	13.10	12.94	13.02±0.11
	竹 塘	0~12	7.75	9.51	8.63±1.24
		12~24	9.91	11.41	10.66±1.06
		24~36	10.39	13.57	11.98±2.25
	埤 頭	0~12	6.91	10.02	8.47±2.20
		12~24	12.25	11.84	12.05±0.29
		24~36	11.01	12.93	11.97±1.36
花 壇	0~12	7.05	8.81	7.93±1.24	
	12~24	10.17	9.80	9.99±0.26	
	24~36	11.43	11.76	11.60±0.23	
和 美	0~12	7.18	9.43	8.31±1.59	
	12~24	11.41	10.27	10.84±0.81	
	24~36	13.98	18.56	16.27±3.24	

附錄二 臺灣 45 個鄉鎮水稻田土壤中之含砷量 (65年) (續)

鄉	鎮	土壤深度 (cm)	砷 含 量* (ppm)		平 均 值 (ppm)
南 投	草 屯	0~12	3.37	6.90	5.14±2.50
		12~24	9.18	8.08	8.63±0.78
		24~36	10.15	11.11	10.63±0.68
	埔 里	0~12	7.50	11.16	9.33±2.59
		12~24	11.03	13.30	12.17±1.61
		24~36	9.87	14.20	12.04±3.06
	竹 山	0~12	7.01	6.21	6.61±0.57
		12~24	12.40	15.95	14.18±2.51
		24~36	11.37	14.48	12.93±2.20
臺 中	龍 井	0~12	6.42	8.98	7.70±1.81
		12~24	8.09	8.96	8.53±0.62
		24~36	12.04	10.35	11.20±1.20
	神 岡	0~12	7.07	5.75	6.41±0.93
		12~24	9.37	8.98	9.18±0.28
		24~36	9.21	12.61	10.91±2.40
	大 甲	0~12	4.23	5.55	4.89±0.93
		12~24	6.52	8.89	7.71±1.68
		24~36	8.18	10.16	9.17±1.40
臺 北	淡 水	0~12	9.23	7.09	8.16±1.51
		12~24	9.59	8.30	8.95±0.91
		24~36	8.68	8.55	8.62±0.09
	樹 林	0~12	1.28	4.58	2.93±2.33
		12~24	2.15	5.88	4.02±2.64
		24~36	7.44	6.45	6.95±0.70
	三 峽	0~12	2.23	1.73	1.98±0.35
		12~24	2.91	7.25	5.08±3.07
		24~36	6.51	7.49	7.00±0.69
宜 蘭	礁 溪	0~12	14.76	21.96	18.36±5.09
		12~24	12.34	19.50	15.92±5.06
		24~36	13.84	7.95	10.90±4.16
	壯 圍	0~12	12.44	12.90	12.67±0.33
		12~24	12.41	13.21	12.81±0.57
		24~36	12.60	13.03	12.82±0.30
	五 結	0~12	12.52	8.33	10.43±2.96
		12~24	11.41	11.45	11.43±0.03
		24~36	11.59	11.61	11.60±0.01
宜蘭市	0~12	13.80	6.88	10.34±4.89	
	12~24	13.88	6.59	10.24±5.15	
	24~36	9.15	8.77	8.96±0.27	

\* 每個地點樣品作 2~3 次重複分析，表中數字代表平均值。

附錄三 臺灣 44 個鄉鎮水樣品中之砷含量 (65年)

鄉 鎮	砷 含 量* (ppb)	平 均 值 (ppm)	鄉 鎮	砷 含 量* (ppb)	平 均 值 (ppm)
屏東 竹 田	2.30		彰化 竹 塘	6.95	
潮 洲	2.46		埤 頭	4.52	
新 埤	2.06 1.75 1.59		和 美	6.38 6.22 10.02	
屏東市	5.89 2.22		南投 草 屯	5.90 7.59 2.42	
九 如	1.59		埔 里	1.86 3.39 2.18	2.75
里 港	1.90		竹 山	3.39 2.10 2.34	
高雄 美 濃	1.43		名 間	3.64	
旗 山	0.97		臺中 大 肚	2.50 12.60 9.96	
臺南 北 門	18.50 10.50		龍 井	11.07 13.25 8.81	
七 股	8.64		臺中市	1.70	
西 港	1.45		神 岡	3.80 13.49	
官 田	31.30		大 甲	4.28	
柳 營	5.98		臺北 淡 水	1.89 3.08	
嘉義 朴 子	33.36		樹 林	1.11	
水 上	6.84		三 峽	0.95 2.37 1.74	
嘉義市	3.39		宜蘭 礁 溪	19.71 21.33 0.55	
大 林	4.69		壯 圍	6.70 5.33 2.83	
雲林 斗 南	11.57 8.48		五 結	905.14 49.01 84.19	35.73
二 崙	5.17 6.22 9.37			6.56 1.50 1.82	2.29
西 螺	1.78		宜蘭市	11.38 3.00 2.29	

\* 每個地點樣品作 2~3 次重複分析，表中數字代表平均值。

## Survey of Arsenical Residual Levels in the Rice Paddy Soil and Water Samples from Different Locations of Taiwan<sup>(1)</sup>

Gwo-Chen Li, Wen-Chi Fei and Pin-Yao Yen<sup>(2)</sup>

### Abstract

By analysis of paddy soil samples and water samples collected from various locations in Taiwan, it was revealed that 100% of samples contain arsenic. The content of arsenic in the soil samples which were collected during 1973 varied greatly from locations to locations, ranged from 1.3 ppm to 176.6 ppm. Average 8.22 ppm was found in the 0-12.7 cm depth of soil, 14.07 ppm in the 12.7-25.4 cm, and 18.85 ppm in the 25.4-38.1 cm.

By analysis of soil samples collected during 1976 it was revealed that the amount of arsenic

found in the soil decreased, ranged from 1.28 to 21.96 ppm. The average of arsenic levels in the 0-12 cm layer of soil was 7.89 ppm, in the 12-24 cm was 9.90 ppm, in the 24-36 cm was 10.53 ppm.

By analysis of water samples collected from 44 townships it was revealed that 100% of samples contain arsenic, ranged from 0.10 to 905.4 ppb. The arsenic levels in the water samples collected from Ilan, Chiayi, and Tainan were higher than those from other locations.

(1) Research Report No. 17, Pesticide Residue Division, Plant Protection Center. JCRR Project No. 77-C13-A-2580 (b).

(2) Chief and Research Assistants Respectively, Pesticide Residue Division, Plant Protection Center