

## (2-4) 水污染對土壤之影響

### The Influence of Water Pollution on Soil

國立中興大學農學院土壤系教授

王 銀 波

人類最早之污染問題，開始於土沖蝕 (Soil Erosion) 其結果使地上覆蓋的植物及土粒被流洗到靜止或流動的水中。雖然加速的土壤沖蝕影響到土壤生產力及水質，但人類對此沒有很大的關心，常以遷移另處去得到綠草與清潔的水。R. L. Donahue (1971) 認為直接或間接影響農業的污染物質至少有下列十四種，(1)動物廢棄物(2)家庭廢棄物(3)工廠廢棄物(4)傳染性物質(5)植物殘體(6)沈積物(7)植物養分(8)礦物質(9)農藥污染(10)放射性物質(11)空氣中的物質(12)熱(13)噪音(14)光。

上列污染物之大部份直接或間接影響土壤。紙廠與酒廠之廢液有很高的 BOD 與 COD，以臺中酒廠為例，COD 約在 26,000~40,011ppm 之間，BOD 則在 18,460~28,007ppm (邱榮治 1973)，受此污染之土壤一定缺乏氧氣。吳敏慧等氏(1976)發現插秧前犁殘留稻根入土壤者，P-Hydroxy-benzoic acid 最多，P-coumaric acid 次之。楊子根、王世中、蔡茂寶 (1966) 等氏早經證明其為植物有毒物質，Chou 與 Lin (1976) 在稻田土壤浸水條件下找出水稻殘體分解而成之五種植物毒質及一些不知名者。本省沿海地區在颱風，大雨時海水之倒灌，會引起土壤內鹽分之聚積。多量灌用人糞尿時，亦會有鹽之聚積，因一公升人糞尿中含 NaCl 7g 佔灰分之 2/3。若其土壤飽和抽出液之電導率在 2-4 mmhos/cm 對鹽分敏感作物可能有影響 (U. S. S. L. S. 1954)。氮素之來源如作物殘體，堆厩肥及化學氮肥有被氧化成爲硝酸態氮素之可能，硝酸態氮素土壤無法吸收溶解在土壤溶液內，經雨水或灌溉水移動成爲地下水之污染。紀秋來氏 (1975) 調查嘉南平原地區，在水稻生長期間 75% 之觀測井，其地下水中之  $\text{NO}_3^-$ -N 超過 10mg/l 之飲用水標準 (U. S. P. H. S. 1962)。Edward 等報告施用之殺蟲劑，一部份混入土壤內影響土壤之生物相，阿特靈使角跳蟲科 (Entomobryidae) 及少腳類減少。DDT 使紅蜘蛛減少，土壤內之蚯蚓與線蟲不受影響 (相谷、笹波 1972)。日本尾尾礦業所之廢水，

由於硫化鐵之溶解氧化成爲硫酸，其 pH 爲 2~3，含  $\text{SO}_4^{2-}$  1,000~1,500 mg/l，易使河水酸性化，灌溉此水之 7,200ha 土壤有成爲酸性之傾向。含硫磺之溫泉水 (日本玉川溫泉含 HCl,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , pH 1.1~1.2) 亦有使土壤變酸性之傾向 (半谷 1973)，此種土壤之酸性化影響土壤內重金屬之溶解度及微生物之活動。

有關工業廢水之調查，王銀波等 (未發表) 認爲 Cu 與 Zn 在電鍍及電子工業廢水中有污染土壤之可能如表 1:

表 1. 電鍍與電子工業廢水中 Cu, Fe, Mn, Zn 含量 (ppm)

重金屬種類	電鍍工業		電子工業	
	範圍	$\bar{x} \pm SE$	範圍	$\bar{x} \pm SE$
Cu	0~135	13.97 ± 26.22	0.03~0.81	0.38 ± 0.35
Fe	0.1~600	54.34 ± 157.72	0.10~0.50	0.22 ± 0.18
Mn	0~8.4	1.71 ± 2.66	0~0.06	0.02 ± 0.03
Zn	0.05~368	27.12 ± 98.12	0.1~21.2	4.46 ± 9.36

註：電鍍廢水調查 14 處，電子工業廢水調查 5 處

日本渡良瀨川流域表土中銅含量異常高，該川 Cu 含量經六年四處之調查，年平均最低 0.01mg/l 最高 0.23mg/l，比較上流灌溉取水之表土含量 800~2,000 ppm，下流取水區域之表土則爲 500~1,200ppm。7,200公頃之平均值約 1,000ppm (對照約 350ppm)。以田地位置而論，灌溉水之入口處高，出口處低。深度則上層部高，40~50cm 深時與普通水田含量無差異，此種蓄積量似與水田土壤型有關，漏水性強的土壤用水量，蓄積量亦多 (半谷 1973)。

灌溉水經銅銻之污染後灌入水中，從近土面處開始累積，其向下之移動，隨灌溉水受污染之程度與田地使用灌溉水之時間而加大。王銀波等 (未發表) 之試驗結果列如表 2。Jones and Belling (1967) 認爲粘土與砂性土幾不移動，即使砂性土移動亦少。但藤本與山下 (1976) 發現污染特別厲害之水田底土 Cd 與 Zn 之含量爲表土之 2-5 倍。

表 2. 灌用不同濃度銅鋅污染灌溉水後土壤內有效性銅鋅之含量 (ppm)

期作	土壤深度 cm	第一作 (一期水稻)		第二作 (二期水稻)			第三作 (菠菜)		
		0~2	2~10	0~5	5~10	10~15	0~5	5~10	10~15
Cu	0	5.8	5.1	4.5	4.5	4.3	6.1	5.4	5.4
	0.4	13.8	5.9	17.6	4.8	4.3	21.4	8.8	6.6
	0.8	24.3	5.4	28.8	7.7	5.6	30.9	9.8	8.0
	1.6	29.4	5.8	19.5	5.8	5.8	33.0	12.0	8.0
	3.2	30.7	14.2	29.4	7.8	5.4	48.0	18.6	15.4
Zn	0	7.7	4.8	5.6	5.0	5.0	14.1	8.3	6.4
	2	75.0	7.2	33.0	7.2	6.9	59.5	16.6	9.3
	4	90.4	10.4	62.4	12.0	13.4	64.0	26.9	17.6
	8	100.0	12.8	93.5	16.8	16.0	65.9	51.2	39.7
	16	106.0	28.5	101.2	23.8	18.2	66.6	64.0	57.6

金屬離子對土壤微生物之影響，林慶福等氏 (未發表) 以土壤微生物 *Trichoderma* SP-109 探討其纖維分解酵素之活性受金屬離子之影響在各種金屬離子濃度為  $5.0 \times 10^{-3} M$  時，其 Relative Activity (%) 如下：CK100,  $BaCl_2$  100,  $MgSO_4$  85.5,  $CoCl_2$  114,  $FeCl_2$  89.4,  $HgCl_2$  43,  $CuCl_2$  54.3,  $NiCl_2$  89.6,  $ZnSO_4$  87.5,  $Pb(CH_3COO)_2$  85.7,  $MnCl_2$  105.0

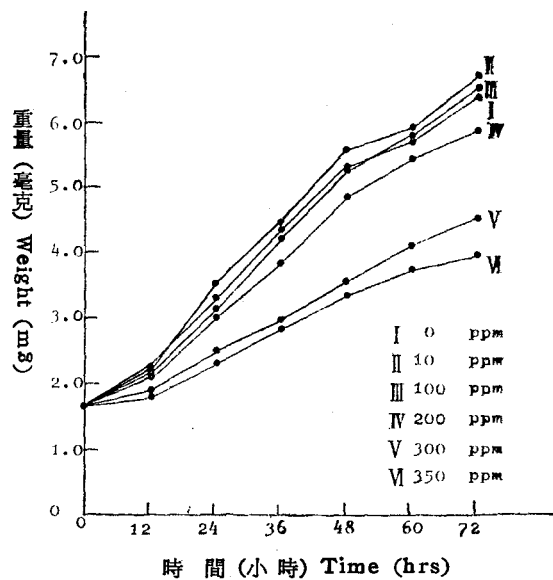
污染銅鋅之灌溉水對土壤生產力之影響，由實際作物之產量可看出。少量時不但對產量無害反而有益，見表 3。惟土壤繼續之累積將有發生毒害的一天，除此之外如銅在土壤含量太高，會引起鐵之缺乏，

表 3. 銅鋅污染灌溉水對作物產量之影響

重金屬含量	作物	第一作	第二作	第三作
		一期水稻產量 (g/pot)	二期水稻產量 (g/pot)	菠菜產量 (g/pot)
Cu	0	穀重 85.4	穀重 95.2	乾物重 10.40
	0.4	121.0	100.9	8.20
	0.8	114.3	100.5	6.29
	1.9	114.3	50.4	4.62
	3.2	91.5	96.4	4.31
Zn	0	86.9	103.3	8.13
	2	94.0	108.4	4.47
	4	94.9	106.8	1.12
	8	99.5	112.2	0.10
	16	81.0	105.9	0.03

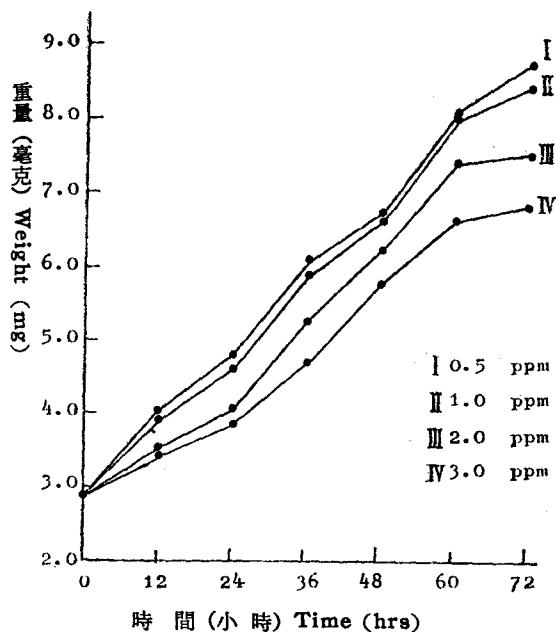
銅與鋅之間的拮抗作用，銅會抑制鋅之吸收 (Haun and Zwerman 1976)

在水稻栽培中發現污染之灌溉水對水田藻類有明顯之抑制作用，故以純粹培養之綠藻接入培養液中探討 Cu 及 Zn 濃度與綠藻生長之關係，銅為 2ppm 以上使綠藻生長受阻，鋅則需至 100ppm 以上生長才受影響 (王銀波、林慶福、林應欽，未發表) 詳如圖一、圖二。



圖一、不同銅濃度對綠藻生長之影響

Fig1. Effect of Zn concentration on the growth of Chlorella sp.



圖二、不同銅濃度對綠藻生長之影響

Fig. 3. Effect of Cu concentration on the growth of Chlorella sp.

### 參 考 文 獻

1. 王銀波等 (未發表) ; 工業廢水內 Cu, Mn, Fe, Zn 之含量調查。
2. 王銀波等 (未發表) ; 銅銻污染對土壤及植物生長之影響。
3. 王銀波、林慶福、林應欽 (未發表) ; 銅銻對綠藻生長及 Cu, Zn 吸收之影響。
4. 半谷高久 (1973) 污染水質機構, 共立出版株式會社
5. 吳敏慧、劉黔蘭、趙震慶、謝學武、林茂盛 (1976), 微生物及生化法探討二期稻減產之原因, 中華農學會報新96: 16-37.
6. 邱榮治 (1973) ; 利用土壤微生物處理酒廠蒸餾廢液,

中興大學土壤系碩士論文。

7. 桐谷圭治、笹波隆文 (1972) ; 環境污染と生物 I 工農藥と生態系 共立出版
8. 飯村康二 (1975) ; 土壤汚染についての基礎知識 土壤の物理性第 31 號 1-8.
9. 楊子根、王世中、蔡茂實 (1966) ; 土壤酚酸對作物生育之影響 臺糖研究所彙報 41:9-18.
10. 藤本堯夫、山下鏡一 (1976) ; 水田土壤の重金属汚染第一報雄物川水系地區における重金属の土壤蓄積の實態 日本土壤肥料學會講演要旨集第 22 集
11. Chou, C. H. and H. J. Lin (1976) ; Auto-intoxication Mechanism of *Oryza sativa* I Phytotoxic Effects of Decomposing Rice Residues in Soil J. Chem. Ecol., 2(3): 353-367
12. Donahue, R.L., J. C. Shickluna, L. S. Robertson (1971) Soils 471-488.
13. Haun, F. A. M. de and P. J. Zwerman (1976) Pollution of Soil in H. Boitt and M. G. M. Bruggenwert (Editors) Soil Chemistry Elsevier Scientific Publishing Company.
14. Jones, G. B. and G.B. Belling (1967) ; Movement of copper, molybdenum and selenium in soils as indicated by radio active isotopes Austr. J. Agri. Res. 18: 733-740.
15. Lin, C.F. et al (Unpublish) ; Studies on the microbiological, enzymological properties and the cultural conditions for cellulase production of the *Trichoderma* Sp-109 isolated from soils of Taiwan.
16. U. S. Public Health Service (1962) ; Drinking Water Standards, Public Health Service Publ. 956, 61p.
17. U. S. Salinity Laboratory Staff (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agri. Handbook No. 60 U. S. D. A.

# 永安建材有限公司

經理 王 全 居

地址：高雄縣大寮鄉義和村 230 號

電話：(〇七) 六五二二〇三