

桃園縣鎘污染農田改良技術之研究

廖乾華 傅仰人

摘 要

本試驗之主要目的在探討桃園縣鎘污染農田種植非食用性之花卉及觀賞植物的可行性。試種植物有唐菖蒲、黃金榕、葵百合、玫瑰及杜鵑等五種花卉，四重複，小區面積為6平方公尺，花卉施肥方法依一般慣用量施以43號複合肥料。試驗前採取土壤分析，結果其pH值為5.0，有機質含量2.7%，每公頃有效性磷鉀含量264公斤，交換性氧化鉀含量391公斤，交換性氧化鈣含量3948公斤，氧化鎂含量689公斤，有效性鎘、鉛含量分別為2.0 ppm及15ppm。在此土壤環境下，五種花卉的生育情形均甚為良好。花卉植體中之鎘含量，以乾物重計算，葵百合：花約含12.4ppm，莖葉29.4ppm；唐菖蒲：花13.6ppm，莖葉7.8ppm；玫瑰：花0.55ppm，莖葉1.86ppm；杜鵑：枝葉4.1ppm；黃金榕：枝葉0.73ppm。顯見此五種園藝作物中對鎘的吸收力有很大的差別，依植物體含量多少順序為葵百合>唐菖蒲>杜鵑>玫瑰>黃金榕。就經濟效益言，種植此五種花卉，均獲利甚豐，值得推廣。

前 言

蘆竹鄉基力化工廠主要生產塑膠安定劑—硬脂酸鉛及硬脂酸鎘，因其製造過程中添加鎘、鉛，致使廢水排出嚴重污染附近之灌溉渠道及農田。據李氏⁽²⁾調查結果，距離高銀化工廠約1公里之圳道土層底泥中鎘含量最高達4707ppm，距離基力化工廠100公尺處之圳道底泥亦達387ppm，而土壤中鎘的濃度，基力化工廠污染之農田平均為16.35ppm(0.1N HCl抽出)，足見其污染甚為嚴重。環保署⁽¹⁾根據近來有關單位進一步詳細調查的結果指出，高銀化工廠鎘污染農田面積達17公頃，基力化工廠則廣達60公頃。由於污染田所生產之稻米，其鎘含量均已超過食用的安全標準，政府為顧及國民健康，均已令其休耕，而此廣大的農田面積，長久休耕，實非解決問題之道。

植物對鎘的吸收，因種類不同而異，Pettersen⁽¹²⁾曾以水耕實驗結果指出，蕃茄對鎘的吸收速率要大於黃瓜、小麥；而根吸收鎘後轉運至地上部的速率，萵苣、水芹要較黑麥草為快。至於鎘對植物的毒害，Haghiri⁽⁷⁾實驗指出，土壤施用2.5ppm的鎘，即可使大豆和小麥造成毒害，植物體內累積鎘平均達3ppm以上時，植物生長即受到抑制⁽⁵⁾，其毒害機制為鎘會抑制光合作用和固氮作用⁽¹¹⁾，並降低豆科植物對鈣、錳、銅的吸收(Wallace et al 1977)⁽¹⁴⁾；此外，鉛離子在許多代謝作用中會模擬鈣離子，抑制許多酵素系統的功能，而鎘離子亦會干擾鈣、鐵、磷的代謝，擾亂酵素活性^(6、8、10)。在改善土壤鎘、鉛污染的對策中，Takijima⁽¹³⁾報告在浸水狀態，Eh值低時，可因形成難溶性的鎘、鉛硫化物，而降低土壤中鎘、鉛的有效性；此外，亦可施用石灰增加土壤中鈣離子，提高土壤pH值，以減少植物對鎘的吸收⁽⁹⁾。然在鎘含量過高的土壤，此等處理仍無法免除水稻對鎘的大量吸收。黃、廖氏等⁽³⁾曾於高銀化工廠附近鎘污染的水田中，利用硫磺粉、消石灰、翻土、客土、堆肥等不同處理以減少水稻對鎘的吸收，然因該地區土壤中鎘含量太高，各處理的效果均不理想。因此，對於鎘污染已甚嚴重的農田，應不適合再種植食用作物，而須改植非食用性植物。廖氏⁽⁴⁾曾取基力化工廠附近鎘污染之農田土壤為介質，進行玫瑰、球狀菊、劍蘭等花卉盆栽試驗，結果所植花卉之生育情形甚為良好。本試驗即擬探討在

基力化工廠鎘污染之農田，實際種植較具經濟價值的花卉植物的可行性，以提供改良鎘污染農地之參考。

材 料 與 方 法

試驗於基力化工廠附近鎘污染之農田進行，以種植葵百合、唐菖蒲、杜鵑、黃金榕、玫瑰等五種花卉為處理，小區面積 $3 \times 2 = 6$ 平方公尺，四重複，隨機完全區集排列，各花卉之行株距及施肥情形如表一。田間管理依各花卉之標準方法行之，試驗前及收穫後採取表土，分析土壤性質，以水與土壤比例1:1，用玻璃電極法測pH值；Walkley Black法測有機質含量；Bray No.1測有效性磷含量；Mehlich's method測交換性鉀、鈣、鎂的含量；比重計法測土壤質地；以0.1N鹽酸為抽出液，用原子吸光儀測定鎘、鉛的含量。收穫時，分別調查各種花卉的收量、品級及經濟效益評估，並分析植株內氮、磷、鉀、鈣、鎂、鎘、鉛的含量。

表一：試驗花卉之行株距及施肥方法

Table 1. Planting density and fertilization method of flowers in Cd polluted soil

花卉種類	行 株 距(公分)	施 肥 方 法
唐 菖 蒲	25×20	每區施用43號複合肥料200g，分基肥及追肥(種植後二個月)，二次平均施用。
杜 鵑	50×50	施肥方法與唐菖蒲同。
黃 金 榕	50×50	施肥方法與唐菖蒲同。
葵百合	25×25	施肥方法與唐菖蒲同。
玫 瑰	100×66	每區施用43號複合肥料400g，平均分基肥及三次追肥(每隔一個月施用一次)施用。

註：每種花卉於基肥時每小區施入雞糞3.6公斤。

結 果 與 討 論

試驗前採土分析結果顯示，本試驗區土壤質地為坩質粘土，土壤 pH 5.0，有機質含量2.7%，有效性磷酐含量264公斤/公頃，交換性氧化鉀的含量391公斤/公頃，交換性氧化鈣含量3948公斤/公頃，氧化鎂含量689公斤/公頃。以0.1N鹽酸為抽出液，抽出的土壤中鎘、鉛含量分別為2.0ppm及15.0ppm。種植黃金榕、唐菖蒲、玫瑰、杜鵑、葵百合後，各種花卉對鎘污染土壤性質的影響如表二所示，顯示此五種花卉，在短時期內，所吸收的鎘、鉛含量，尚不足以使此污染區土壤中鎘、鉛含量顯著的減少，然土壤中鈣的含量，則因種植花卉而有明顯降低的趨勢，顯示此五種花卉對鈣的需求甚大。各花卉植物體內元素含量的分布情形如表三，以乾物重來計算，此五種花卉植株中鎘的濃度分布分別為：葵百合，枝葉29.4ppm，花12.4ppm；唐菖蒲花13.6ppm，莖葉7.8ppm；玫瑰，花0.55ppm，枝葉1.86ppm；黃金榕枝葉0.73ppm；杜鵑以地上部平均計算約4.1ppm，顯見此五種園藝花卉中對鎘的吸收力大小順序為葵百合>唐菖蒲>杜鵑>玫瑰>黃金榕。一株葵百合枝葉乾物重約5.4g(鮮重約30g，含水百分率約82%)，花

乾物重約4.5g(每枝以3朵計算，每朵花約10g，三朵鮮重約為30g，含水百分率約85%)，每分地若以種植30,000株計算，則種植一次萼百合花卉，即可因切花而移走土壤中鎘約6.42g。若種植黃金榕，移植做高速公路的路樹，則每株約可取走4公斤的表土，故如在此污染區培植大批黃金榕、杜鵑、或切花花卉，然後將黃金榕、杜鵑移植做高速公路之路樹，稀疏分布於高速公路沿線，而花卉則切花銷售各地，如此，不僅可解決此鎘污染區的問題，而其稀疏分布的結果，亦不致於產生二次污染問題；若以土壤污染深度30公分，每公頃種植黃金榕4萬株，每株移走4公斤土壤來估算，則每次可移走16萬公斤之表土，而每公頃之污染土壤為375萬公斤，則13次的種植，可將土壤中鎘的含量降低至原來濃度的1/2，而23次的種植，即可將土壤完全更新。故每年若種植三次則8年內，可將鎘污染完全消除。供試的五種花卉在此鎘污染土壤的生育情形均極為良好，所生產之切花品級：萼百合2級、唐菖蒲1級、玫瑰2級，均屬上品，其經濟效益評估結果(表五)，種植萼百合一次，每分地可獲淨利45萬元、唐菖蒲3萬5千元、黃金榕6萬元、杜鵑6萬元、玫瑰每月平均至少可獲淨利3千元，因此，鎘污染區，應可轉作花卉，一方面解決農民的生計問題，一方面亦可逐漸降低土壤鎘污染的程度。

表二：種植花卉對鎘污染土壤性質的影響

Table 2. Effect of growing flower plants on the soil properties of Cd-polluted farm

花 卉 kind of flower	pH	0.M %	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	CaO kg/ha	MgO kg/ha	Cd ppm	Pb ppm
黃 金 榕 golden banyan	4.9	3.0	250	301	2410	958	2.0	15.3
唐 菖 蒲 sword lily	4.9	2.6	339	381	2505	713	1.7	14.1
玫 瑰 rose	4.8	3.4	401	337	2631	580	1.9	15.1
杜 鵑 azalea	4.9	2.9	195	344	2005	663	2.4	15.6
萼百合 lily	5.0	2.6	257	448	2307	692	2.1	13.6

表三：鎘污染土壤對花卉植體中元素含量分布的影響

Table 3. The effect of Cd polluted soil on the distribution of nutrient contents in flower plants

花 卉 Kind of flower	部 位 plant part	N	P	K	Ca	Mg	Cd	Pb
		%					ppm	ppm
葵百合 lily	花 flower	2.19	0.263	3.37	2.08	0.69	12.4	4.25
	枝葉 branch and leaf	2.12	0.201	2.44	3.49	0.58	29.4	7.63
唐菖蒲 sword lily	花 flower	1.25	0.183	1.92	2.65	0.61	13.6	3.75
	莖 stem and leaf	1.63	0.208	2.98	3.53	0.51	7.8	4.63
玫 瑰 rose	花 flower	1.92	0.266	2.06	2.97	0.77	0.55	6.25
	枝葉 branch and leaf	2.27	0.189	2.39	4.19	0.87	1.86	6.00
杜 鵑 azalea	地上部 upper ground part	1.33	0.105	0.75	8.59	1.57	4.10	9.63
黃金榕 golden banyan	枝葉 branch and leaf	2.04	0.223	3.69	11.67	2.58	0.73	5.38

表四：鎘污染土壤對花卉性狀表現的影響

Table 4. The effect of Cd polluted soil on the characters of flower plants

花 卉 kind of flower	株高(公分) plant height (cm)	花莖長(公分) stem length (cm)	花朵直徑(公分) diameter of flower (cm)	花朵數 No. of flower	品級 grade
葵百合 lily	—	50	18.5	3.0	2
唐菖蒲 sword lily	—	116	10.5	16.0	1
玫 瑰 rose	—	37.6	10.0	1.0	2
黃金榕 golden banyan	95	—	—	—	—
杜 鵑 azalea	103	—	—	—	—

表五：鎘污染土壤種植花卉之經濟效益評估

Table 5. Evaluation of economic profit of growing flower plants on the Cd polluted soil

花 卉 kind of flower	株數(株/ 10公畝) plant/0.1ha	單價(元) NT\$/ plant	毛利(元) gross profit NT\$	成本(元) cost NT\$	淨利(元/ 10公畝) net profit NT\$/ 0.1ha
美百合 lily	30,000	35	1,050,000	600,000	450,000
唐 菖 蒲 sword lily	15,000	4	60,000	25,000	35,000
玫 瑰 rose	2,000	1	6,000	3,000	3,000
黃金榕 golden banyan	3,000	90	270,000	21,000	60,000
杜 鵑 azalea	3,000	60	180,000	120,000	60,000

註：1、單價係依台北濱江花市批發價計算。

2、成本包括種苗費、工資、農藥、肥料及其他雜支等一切費用。

3、玫瑰利潤係以每株每月平均切3枝計算。

參 考 文 獻

1. 中華民國台灣地區環境資訊。1989。行政院環境保護署編印。
2. 李錦地等。1983。含鎘鉛之工業廢水污染農業環境之探討。台灣省水污染防治所編印。
3. 黃益田、廖乾華。1984。重金屬鎘鉛污染農田土壤之改善對策研究。農委會試驗期末報告。
4. 廖乾華。1985。重金屬鎘鉛污染農田土壤種植非食用性植物可行性之探討。農委會試驗期末報告。
5. Allaway, W. H. 1968. Agronomic controls over the environmental cycling of trace element. *Advan. Agron.* 20:235-274.
6. Carlson W., H. J. Evans, K. R. Carter, and S. A. Russell. 1980. Cadmium effects on the nitrogen fixation system of red alder. *J. Environ. Quality.* 9(2): p 174-178.
7. Haghiri, F. 1973. Cadmium uptake by plants. *J. Environ. Qual.* 2(1): p 93-96.
8. Lee, K. C. etc. 1976. Effects of Cadmium on respiration rate and activities of several enzymes in soybean seedling. *Physical. Plant* 36:4-6.
9. Mchride, M. B., L. D. Tyler, and D. A. Hoved. 1981. Cadmium adsorption by soils and uptake by plants as effected by soil chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 739-744.
10. Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1978. Elements with more toxic effect. *Principles of plant nutrition.* p 559-572.
11. Miller, J. E., J. J. Hassett, and D. E. Koeppel. 1976. Uptake of cadmium by soybeans as influenced by soil cation exchange capacity, pH, and available phosphorus. *J. Environ. Qual.* 15(2): p 157-160.

12. Dettersson, O. 1976. Heavy-metal ion uptake by plants from nutrition solutions with ion plant species and growth period variations. *Plant and soil* 45:445-459.
13. Takijima, Y., F. Katsumi, and S. Koizumi. 1973. Cadmium contamination of soils and rice plants caused by Zinc mining Ⅱ. Effects of water management and applied organic manures on the control of Cd uptake by plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 19(3): 183-193.
14. Takijima, F. Katsumi, and K. Takozawa. 1973. Cadmium contamination of soil and rice plants caused by Zinc mining Ⅲ. Soil conditions of contaminated paddy field with influence heavy metal contents in rice. *Soil Sci. Plant Nutr.* 19(3): p 173-182.
15. Wallace, A. etc. 1977. Some interactions in plant among cadmium, other heavy metals and chelating agents. *Agron. J.* 69(1-2):18-20.

Study on the Technique of Improving the Cd-polluted Soil in Taoyuan

Liao, Chien-hua and Fu, Yang-jen

Abstract

The experiment was conducted in Taoyuan Hsien to study the feasibility of growing flower plants to improve the Cd-polluted soil. Five flower plants, sword lily, rose, lily, golden banyan, azalea were planted with four replications and complex fertilizer of No.43 was applied according to standard amount of each flower. The soil properties of Cd-polluted farm were analyzed. The results showed as follows: pH 5.0, O.M. 2.7%, available phosphorus 264kg/ha P_2O_5 , exchangeable potassium (K_2O) 391kg/ha, exchangeable calcium (CaO) 3948kg/ha, exchangeable magnesium (MgO) 689kg/ha, available cadmium 2.0ppm, and available lead 15 ppm. On the polluted soil, these five flower plants performed very well. The distribution of cadmium concentration in flower plants, calculated based on dry matter, were respectively as follows: lily: flower 12.4ppm, Shoot 29.4ppm; sword lily: flower 13.6ppm, shoot 7.8ppm; rose: flower 0.5ppm, shoot 1.86ppm; azalea: shoot 4.1ppm; golden banyan: shoot 0.73ppm. The abilities of five flower plants to uptake Cd from soil were decreased in the sequence of lily > sword lily > azalea > rose > golden banyan. The results suggested that at the present level of technology, cultivation of flower plants maybe considered as an alternative improvement method for Cd-polluted soil.