

中部多作蔬菜栽培區土壤重金屬含量調查¹

王錦堂 陳鴻堂 賴惠珍²

摘 要

為探討本省中部多作蔬菜栽培地區之施肥與重金屬含量之關係，1990年度於彰化縣鹿港、溪湖、社頭、台中縣后里、石岡及台中市南屯等地各選擇5處，並以大城一般地區5處作為對照，共計35處，分別調查比較葉菜、花菜、豆類、瓜類、馬鈴薯等蔬菜之生育狀況及產量，以探討施肥和土壤之理化性及重金屬含量之相關。調查結果顯示：在種植前採樣中蔬菜園土壤重金屬含量屬高量者有鎘7處、銅1處及鎳1處等。至收穫時含量由中量提高者有鉛1處及鋅11處，且鋅含量有表土11處、底土8處提高為高含量級，另鉻含量種植前屬低量級者有24處，但至收穫時35處全部均提高成為中含量級，顯示蔬菜園土壤之重金屬含量確在增加。分析施肥量對收穫時土壤及生育期葉片重金屬含量關係顯示：氮肥施用量增加對蔬菜產量及收穫時之土壤鎘含量呈極顯著正相關，對生育期葉片鎘含量亦呈極顯著正相關。磷肥施用量增加對生育期葉片鎘含量呈顯著正相關。鉀肥施用量增加對收穫時之土壤鎘含量及生育期葉片鎘含量亦分別呈極顯著及顯著正相關。肥料施用量增加造成對土壤重金屬含量的提高，可能與肥料施用直接或間接促進土壤重金屬的溶解度有關，施用的肥料及農藥資材本身亦可能受含有重金屬有直接的影響。此外，長期由於灌溉水、有機質肥料等資材也可能是重金屬污染的來源，值得進一步探討。

關鍵字：多作栽培、施肥、重金屬。

前 言

本省中部地區五縣市土壤重金屬含量概測結果，約有1萬公頃農田較自然含量高，有些地點土壤重金屬含量超過目前暫訂之最高量限值範圍。土壤重金屬除少量由於土壤之風化而生成外，可能由於水污染、空氣污染、家庭廢棄物所帶來，亦可能由於農業生產之資材，如肥料及農藥等之大量施用引起累積而來。台灣中部地區高溫多雨，土壤性質特殊，加上耕作集約，複作指數高，為求產量增加農民都大量施用化學肥料。根據台灣不同土類重金屬污染毒害研究^(1,2,3,4)顯示，本省土壤污染已到為害人民健康階段，而有全面改善的必要。本省中部地區為蔬菜供應重鎮，氣候、土壤俱佳，其產品是否已對國人健康安全形成威脅，殊值深入探究，並早謀對策，本試驗調查中部多作地區蔬菜之施肥情形，及土壤鎘、銅、鉻、鎳、鉛、鋅等重金屬含量，以及其理化性及肥力問題與蔬菜生育之關係，同時也探討施肥對土壤重金屬含量之影響及其被作物吸收之關係。

¹ 台中區農業改良場研究報告第 0319 號。

² 台中區農業改良場副研究員、助理、約僱技術員。

材料與方法

選擇從「台灣地區土壤污染調查報告」(文獻；行政院環保署編印)中，中部地區疑似重金屬含量較高之多作栽培區，進行採樣分析調查，調查地點為彰化縣大城、鹿港、溪湖、社頭，台中縣后里、石岡及台中市南屯等7鄉鎮區，每鄉各5處，共計35處。分別進行葉菜、花菜、豆類、瓜類及馬鈴薯等蔬菜之生育狀況、產量及肥培管理之調查，分析其土壤理化性質、肥力及植物體營養、重金屬含量，並探討各因素間之關係。

土壤分析方法：以土：水=1：1玻璃電極法測定土壤pH，以比色法測定有機質含量(O.M)，Bray No. 1測定有效性磷，中性醋酸銨抽出液測定交換性鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)，0.1 M HCl抽出液(HCl 20 ml：土壤2 g)測定鐵(Fe)、錳(Mn)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鎘(Cd)、鉻(Cr)、鎳(Ni)、鉛(Pb)，硼(B)以熱水抽出法測定。

植物體分析方法：以H₂SO₄-H₂O₂之分解液測定氮(N)、磷(P)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)，並以自動分析儀測定氮，鉬藍法測定磷，火焰光度計測定鉀，原子吸光儀測定鈣、鎂。1 M HCl溶提法，以1：50之比例抽出後(植物體1 g：1 M HCl 50 ml)用原子吸光儀測定，硼則以薑黃素呈色法測定之(台灣省農業試驗所1981作物需肥診斷技術)。

結果與討論

蔬菜園產量與施肥量之關係

蔬菜園肥料三要素N-P₂O₅-K₂O施用量以苦瓜之1002-329-787 kg/ha最高，苦瓜產量37,500 kg/ha亦為最高，豌豆之三要素施用量219-67-87 kg/ha為最低，豌豆產量6,533 kg/ha亦為最低。惟整體而言，產量與施肥量間並無明顯之正相關。三要素中普遍以氮素施用量較多，磷鉀較少，但馬鈴薯則以鉀素施用量較多。35處總平均施肥量分別為439-211-352 kg/ha(表一)。

表一、蔬菜產量與施肥量調查(kg/ha)

Table 1. The yield and fertilizer application rates (kg/ha) of vegetable

Kind of vegetables	Location	Yield	kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
252	11	25,573		83	94
460	6	22,833		236	255
219	3	6,533		67	87
1,002	6	37,500		329	787
Potato	9	18,633	352	312	531

蔬菜園土壤重金屬濃度變化

(一)土壤鎘濃度：種植前各35處蔬菜園中表、底土鎘高含量級土壤(0.4~10 ppm)分別佔7處及8處(20及23%)，在社頭分別已有0.58及0.5 ppm之最高含量，雖至收穫時底土高含量級園數目略有減少，但測定數值中社頭及溪湖有高至0.84及1.3 ppm者，低含量表、底土在種植前分別佔有5處及7處(14及20%)，但在收穫時卻均已增至中含量級而無低含量級，均有追蹤調查之必要。

- (二)土壤銅濃度：種植前除鹿港1處有23 ppm之銅高含量土壤外，其餘均低於中含量級(20 ppm)以下，其中以低含量級1~11 ppm含量之表底土較多，分別佔30處及27處(85及77%)，顯示銅含量似尚無增加。
- (三)土壤鉻濃度：種植前表、底土鉻含量低於0.1 ppm者，分別佔24處及17處(69及49%)，中含量級(0.1~10 ppm)佔11處及18處(31及51%)，最高含量1處，為鹿港之2.5 ppm，收穫時測定結果大部為中含量級，分別為35處及32處(100及91%)，含量均在1.4 ppm以下，全部樣品中均無高含量之等級。
- (四)土壤鎳濃度：種植前有后里1處，鎳濃度達14 ppm屬高含量。溪湖有1處種植前為10 ppm，至收穫時則增為24 ppm之高含量級，餘32處及33處均為2至7 ppm中含量級。
- (五)土壤鉛濃度：收穫時石岡有1處為16 ppm之高含量級，而其餘(34處及35處)亦均增加至屬中量級含量。
- (六)土壤鋅濃度：種植前表、底土含量均在< 25 ppm之中量含量級範圍以下，但收穫時已有11處及8處(31及23%)之高量級土壤，最高為后里之36 ppm(表二)。

表二、中部多作蔬菜栽培區土壤各種重金屬濃度級別樣品數

Table 2. Samples of different levels of heavy metals in soils of vegetable garden

Element Class	1(VL)	2(L)	3(M)	4(H)	5(VH)	Highest content
Soil layer	A:B	A:B	A:B	A:B	A:B**	(ppm) Plot
Cd ppm		< 0.05	0.05-0.4	0.4-10	> 10	
a*		0:0	28:29	7:6	0:0	(Shifu 1.3)
b		5:7	23:20	7:8	0:0	(Shotou 0.58)
Cu ppm	< 1	1-11	12-20	21-100	> 100	
a	2:2	31:32	2:1	0:0	0:0	(Shifu 13)
b	2:3	30:27	2:5	1:0	0:0	(Lukan 23)
Cr ppm		< 0.1	0.1-10	11-16	> 16	
a		0:3	35:32	0:0	0:0	(Houli 1.4)
b		24:17	11:18	0:0	0:0	(Lukan 2.5)
Ni ppm		< 2	2-10	11-100	> 100	
a		1:1	32:33	2:1	0:0	(Shifu 24)
b		7:12	27:22	1:1	0:0	(Houli 14)
Pb ppm	< 1	1-15	16-120	> 120		
a		0:0	34:35	1:0	0:0	(Shukan 16)
b		2:5	33:30	0:0	0:0	(Shukan 9)
Zn ppm	<1.6	1.6-10	11-25	26-80	> 80	
a	2:2	20:25	2: 0	11:8	0:0	(Houli 36)
b	1:2	22:20	12:13	0:0	0:0	(Shifu 24)

1. * Sampling stage: a. After harvesting. b. Before planting.

2. ** Soil layer: A. Top soil (0~15 cm). B. Sub soil (16~30 cm).

3. Determined by 0.1 M HCl abstract solution.

4. Contents of element class using from Environmental Protection Administration, Executive Yuan.

5. VL: Very low, L: Low, M: Medium, H: High, VH: Very high.

各種蔬菜園土壤重金屬平均含量

在蔬菜種植前及收穫時之重金屬平均含量比較顯示，鎘(Cd)含量以苦瓜園之0.48及0.69 ppm為最高，超過中含量級範圍，葉菜類之0.11及0.21 ppm最低屬中含量級。銅含量以花椰菜園之12.0及8.7最高，豌豆園之7.3及9.7 ppm次之，尚屬中含量級範圍。鉻(Cr)含量以花椰菜園之0.8及0.9 ppm最高，均屬中含量級範圍。鎳(Ni)含量以豌豆園之8.0及7.7 ppm較高，苦瓜園之5.7及6.7 ppm次之，均屬中含量級範圍。鉛(Pb)含量以豌豆園之8.0及12.7 ppm為最高，番茄園之4.8增至9.2 ppm次之，亦均屬中含量級園。鋅(Zn)含量以花椰菜園之16及24 ppm較高，豌豆園之12及23 ppm次之，亦屬中含量級園(表三)。

表三、各種蔬菜園土壤重金屬平均含量

Table 3. Average contents of heavy metals in soils of vegetable gardens

Element	Cd		Cu		Cr		Ni		Pb		Zn	
	a*	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
	----- ppm -----											
Cabbage	0.21	0.11	3.9	5.7	0.6	ND	2.9	3.6	7.2	5.9	12	10
Cauliflower	0.24	0.19	8.7	12.0	0.9	0.8	3.8	4.7	8.7	6.3	24	16
Green pea	0.24	0.26	9.7	7.3	0.9	0.2	7.7	8.0	12.7	8.0	23	12
Bitter gourd	0.69	0.48	2.2	6.3	0.6	0.4	6.7	5.7	3.3	4.3	8	8
Potato	0.24	0.17	4.4	7.1	0.8	0.6	1.9	2.6	9.2	4.8	16	8

* Soil sampling: a. After harvest b. Before planting.

ND: Not Detectable

蔬菜葉片重金屬平均含量

據生育盛期之葉片分析顯示，鎘平均含量以馬鈴薯之6.9 ppm較高，葉莖菜類之2.4 ppm次之，豌豆之0.8 ppm最低。銅之含量以苦瓜之31.7 ppm為最多，似與噴施含銅殺菌劑有關，馬鈴薯之14.6 ppm次之，花椰菜及豌豆又次之，葉菜類之7.1 ppm最低。除了苦瓜之0.8 ppm最低外，鉻含量差異不大，均在3.0至2.8 ppm之間。鎳之含量除了葉莖菜類之24 ppm最高及苦瓜之9.3 ppm最低外，其餘均為20 ppm。鉛含量以苦瓜之12 ppm為較高，葉莖菜類之7.5 ppm次之，豌豆、花椰菜及馬鈴薯分別以7.0、6.2及5.7 ppm又次之。鋅含量特別高，以馬鈴薯之199 ppm為最高，葉莖菜類之81 ppm次之，花椰菜之47 ppm最低，葉片鋅含量與土壤鋅含量偏高，是否與噴施藥劑、施肥或肥料促成土壤重金屬釋放，或加速蔬菜吸收而引起，均有待進一步探究(表四)。

表四、各種蔬菜葉片重金屬平均含量

Table 4. Average contents of heavy metals in leaves of vegetables

Element	Cabbage	Cauliflower	Green pea	Bitter gourd	Potato	Mean
	----- ppm -----					
Cd	2.4	1.2	0.8	1.9	6.9	2.6
Cu	7.1	14.0	14.0	31.7	14.6	16.3
Cr	2.9	2.8	3.0	0.8	2.8	2.5
Ni	24.0	20.0	20.0	9.3	20.0	18.7
Pb	7.5	6.2	7.0	12.0	5.7	7.7
Zn	81.0	47.0	52.0	53.0	199.0	89.2

不同土壤質地對蔬菜園重金屬含量影響

以土壤質地別而言，含鎘平均量在粘土較高，種植前表底土分別為0.48及0.45 ppm，及至收穫時增為0.75及0.83 ppm之幅度最大，其餘為砂質壤土之表底土分別增加為0.28及0.12 ppm幅度較大。銅平均含量為粘質壤土及砂質粘壤土之種植前表底土分別為8及7 ppm較高，收穫時前者仍是，其餘僅砂質壤土1處底土增為7 ppm較大。鉻平均含量在砂質粘壤土時種植前表底土分別為0.48及0.50 ppm，至收穫時表底土分別為0.80及0.63 ppm，而砂質壤土之表底土則由ND而分別增至0.5及0.7 ppm。鎳平均含量在粘土於種植時表土為6 ppm，底土為3 ppm，收穫時表底土分別增為8及11 ppm，係因溪湖1處表底土之24及35 ppm而引起，若扣除該調查點則分別為4及5 ppm，惟亦屬較高。鉛平均含量在粘質壤土之含量較高，種植時表底土分別為7及6 ppm，惟收穫時僅砂質粘土表底土同增為10 ppm，其餘亦均有增加趨勢。鋅平均含量在種植及收穫時表底土含量均居所有元素之冠，其中以粘質壤土之種植前表底土含量分別為14及10 ppm與收穫時之20及16 ppm為最高，其餘增加幅度較小。土壤質地別與重金屬含量之關係因其金屬別而有差異，惟似較粘重者含量較多(表五)。

表五、蔬菜園不同土壤質地之重金屬含量 (ppm)

Table 5. Contents of heavy metals in different soil texture of vegetable gardens (ppm)

Soil texture	Soil Location layer	Cd		Cu		Cr		Ni		Pb		Zn	
		a**	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Sandy clay loam	A*	0.21	0.14	5	8	0.80	0.48	3	3	8	6	15	10
	18 B	0.20	0.12	5	7	0.63	0.50	4	3	7	5	12	9
Clay loam	A	0.23	0.22	8	8	0.66	0.22	5	5	10	7	20	14
	6 B	0.24	0.19	7	7	0.67	0.13	4	4	10	6	16	10
Clay	A	0.75	0.48	2	7	0.62	0.46	8	6	4	5	9	9
	5 B	0.83	0.45	3	6	0.64	0.78	11	3	4	4	8	7
Sandy clay	A	0.26	0.28	4	5	0.64	0.20	2	3	8	4	16	11
	5 B	0.28	0.27	4	5	0.56	0.72	2	2	8	3	11	8
Sandy loam	A	0.28	ND	3	4	0.50	ND	2	4	7	4	7	6
	1 B	0.12	ND	7	4	0.70	ND	3	4	12	5	9	6

* Soil layer: A. Top soil (0~15 cm), B. Sub soil (16~30 cm).

** Sampling stage: a. After harvest, b. Before planting.

ND: Not Detectable.

鄉鎮間施肥對土壤重金屬含量影響

多作蔬菜栽培鄉鎮間，氮素施用量以后里的224 kg/ha最低，對照的大城的275 kg/ha居次，社頭的1,065 kg/ha最高，為大城之3.9倍高。磷酰施用量以后里的62 kg/ha最低，大城的77 kg/ha居次，社頭的376 kg/ha最高，為大城之4.9倍高。氧化鉀施用量以后里的66 kg/ha為最低，大城105 kg/ha居次，社頭848 kg/ha最高，為大城之8.1倍40,200 kg/ha為最高，社頭的39,000 kg/ha居次，而以台中市的10,060 kg/ha為最低。施肥量對產量因不同種類蔬菜之利用部位不同、氣候、栽培習慣、適地適作等高。鄉鎮間蔬菜產量上以大城的原因而無法比較其營養吸收。

土壤重金屬中鎘平均含量以社頭鄉表、底土種植前0.49及0.45 ppm與收穫時之0.45及0.46 ppm為最高，溪湖及后里次之，大城之0.19及0.16 ppm及石岡之0.18及0.15 ppm最低。土壤銅含量以溪湖及鹿港二地較高，均為10 ppm，雖二地地表底土在收穫時均稍降，而社頭3 ppm含量最低。土壤鉻平均含量以鹿港之0.7至1.0 ppm為最高，溪湖、后里及石岡次之，社頭之0.4 ppm最低。土壤鎳平均含量以溪湖表土種植前之7 ppm及收穫時之10 ppm為最高，鹿港、社頭次之，石岡之2及2 ppm最低。土壤鉛平均含量以溪湖表土之8及11 ppm最高，后里次之，社頭之3及4 ppm最低。土壤鋅平均含量以溪湖種植前之18及13 ppm為最高，后里次之，收穫時以鹿港之表土27 ppm為最高，社頭5及3 ppm最低。鄉鎮間，社頭有鎘，溪湖有鎘、鉻、鎳、鉛、鋅，鹿港有銅、鉻、鋅，后里有鎘、鉻、鋅，石岡有鉛等較高，上述重金屬含量較高現象及趨勢有待追蹤探究(表六)。

表六、施肥量及鄉鎮土壤重金屬平均含量 (ppm)

Table 6. Fertilizer application rates and contents of heavy metals in soils of different location (ppm)

Location	Yield (kg/ha)	Fertilizer (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O)				Cd		Cu		Cr		Ni		Pb		Zn	
						a**	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Tazuen	40,200	275	77	105	A*	0.19	0.05	4	5	0.5	ND	3	3	7	6	6	6
					B	0.16	0.03	4	7	0.3	ND	3	3	9	6	7	6
Lukan	21,872	324	180	110	A	0.24	0.15	9	10	1.0	0.7	4	5	8	6	27	11
					B	0.22	0.09	8	10	0.8	0.7	4	5	8	6	13	10
Shifo	20,972	497	162	344	A	0.45	0.31	8	10	0.8	0.7	10	7	11	8	20	18
					B	0.48	0.33	9	10	0.7	0.6	11	4	10	2	26	13
Shoto	39,000	1065	376	848	A	0.45	0.49	3	5	0.4	0.2	3	5	3	4	5	8
					B	0.46	0.45	3	4	0.4	0.6	4	4	4	2	3	5
Houli	10,060	224	62	66	A	0.33	0.26	5	8	0.8	0.6	2	4	9	6	24	13
					B	0.30	0.24	4	4	0.8	0.7	2	4	8	6	22	11
Shukan	19,340	300	298	375	A	0.18	0.13	4	6	0.5	0.5	2	1	9	4	11	6
					B	0.15	0.13	4	5	0.7	0.7	2	1	9	4	7	6
Taichung	20,200	389	318	616	A	0.25	0.11	4	6	0.6	ND	4	4	7	6	13	11
					B	0.22	0.12	4	5	0.5	0.2	4	2	6	3	7	6

* Soil layer: A. Top soil (0~15 cm), B. Sub soil (16~30 cm).

**Sampling stage: a. After harvest, b. Before planting.

ND: Not Detectable.

施肥量與收穫時土壤及葉片重金屬濃度之相關

施氮量較多之作物，在生育期葉片的鎘濃度會隨著提高，收穫時土壤鎘之濃度亦較高。施磷量多時，生育期葉片鎘濃度亦會提高。施鉀量多時對收穫時之土壤鎘亦是，另對生育期葉片鎘濃度亦呈顯著及對銅、鎳呈極顯著的提高。氮肥對磷及鉀肥，磷肥對鉀肥均分別呈極顯著相關，顯示農戶施肥對三要素用量尚有相互配合，而氮肥對蔬菜產量亦呈極顯著相關，亦顯示增氮可促進蔬菜之增產(表七)。

蔬菜園土壤理化性及肥力消長

(一)土壤pH值：整體而言有明顯之降低趨勢，尤其pH值< 4.5之蔬菜園數在收穫時表土有7處(20%)，底土有3處(9%)之增加，對蔬菜根部之營養吸收，是否會有影響有待探討。

(二)土壤有機質含量：蔬菜收穫時有2%之土壤底土有機質含量提高為4%，顯示有機質肥料有增施及深施趨勢。

表七、施肥量對收穫時土壤及生育期葉片重金屬含量相關分析

Table 7. Correlation analysis for contents of heavy metal in the soil and leaf of vegetable as affected by fertilizer application

a .Content of heavy metal in the soil on the harvesting stage				Soil
Fertilizer	Cd			
N	0.59**			
K	0.44**			
b.Content of heavy metal in the leaf on the growing stage				Leaf
Fertilizer	Cd	Cu	Ni	
N	0.58**			
P	0.39*			
K	0.36*	0.53**	0.58**	
c.Yield of vegetable on the fertilizer application				Yield
Fertilizer	P	K	Yield	
N	0.58**	0.75**	0.50**	
P		0.70**		

n=35.

* Significant at the 5% level. ** Significant at the 1% level.

(三)土壤有效性磷酞含量：蔬菜收穫時含量低於35 ppm之園數已由19處(54%)及23處(66%)(表土及底土)減為10處(29%)及13處(37%)，而高於36 ppm之表底土已由16處(46%)及12處(34%)園數增為25處(71%)及22處(63%)，顯示土壤磷酞施用在增加中。

(四)土壤交換性鉀含量：種植前原含量低於133 ppm以下之表底土園數分別為31處(89%)及34處(97%)，收穫時已減為15處(43%)及25處(71%)，而原高於134 ppm之高含量園4處(11%)及1處(3%)，收穫時已增為20處(57%)及9處(29%)，顯示施鉀量亦在增加。

(五)土壤交換性鈣含量：種植前原含量低於2,285 ppm之表底土園數分別為27處(77%)及25處(71%)，收穫時為27處(77%)及28處(80%)，惟低於1,142 ppm者有趨增現象，顯示鈣被吸收量或流失量頗大，尤其種植前5處大於4,570 ppm之高含量園，至收穫時卻減少，有待合理增施補給。

(六)土壤交換性鎂含量：種植前在196 ppm以上之表底土分別有23處(66%)及22處(63%)，及至收穫時減少為18處(51%)及17處(49%)，而98至195 ppm者增多，大於390 ppm者亦趨減無存，與鈣之消失頗為相似，亦有待合理增施補給(表八)。

35處蔬菜之三要素平均施用量N-P₂O₅-K₂O為439-211-352 kg/ha，即氮素較多而氧化鉀次之。蔬菜種類間氮素最高及最低施用量分別是苦瓜之1,002 kg/ha及豌豆219 kg/ha，均高出農林廳作物施肥手冊推薦量(苦瓜350 kg/ha，豌豆40 kg/ha)3倍以上，花椰菜之460 kg/ha及馬鈴薯之352 kg/ha亦高出推薦量(花椰菜300 kg/ha，馬鈴薯225 kg/ha)50%以上，而僅葉莖菜之252 kg/ha較接近推薦量。氧化鉀平均施用量居次，蔬菜種類間以苦瓜之787 kg/ha及馬鈴薯之531 kg/ha亦均高出推薦量(苦瓜300 kg/ha，馬鈴薯360 kg/ha)50%以上。磷酞平均施用量較少，惟

苦瓜之329 kg/ha，馬鈴薯之312 kg/ha及花椰菜之236 kg/ha亦均高出推薦量(苦瓜150 kg/ha，馬鈴薯200 kg/ha，花椰菜170 kg/ha)50%以上。

表八、中部多作蔬菜栽培區土壤理化性及肥力等級

Table 8. The levels of soil fertility in vegetable garden

Item/Class	1(VL) A**:B	2(L) A:B	3(M) A:B	4(H) A:B	5(VH) A:B
pH	≤4.5	4.6-5.5	5.6-6.5	6.6-7.5	>7.5
a*	7:3	8:7	4:8	8:7	8:10
b	0:0	13:5	6:10	8:8	8:12
OM%	≤1.0	1.1-2.0	2.1-3.0	3.1-4.0	>4.0
a	1:1	15:20	10:7	6:3	3:4
b	2:4	15:19	13:6	2:3	3:3
Pppm	≤10	11-35	36-70	71-140	>140
a	6:6	4:7	10:9	6:8	9:5
b	4:5	15:18	7:4	3:4	6:4
Kppm	≤16	17-67	68-133	134-267	>267
a	0:0	7:10	8:15	16:9	4:0
b	0:0	17:20	14:14	3:1	1:0
Cappm	≤570	571-1,142	1,143-2,285	2,286-4,570	>4,570
a	0:1	15:14	12:13	5:4	3:3
b	0:0	7:8	20:17	3:7	5:3
Mgppm	≤48	49-97	98-195	196-390	>390
a	0:0	2:0	15:18	18:17	0:0
b	0:0	1:1	11:12	21:19	2:3

* Sampling stage: a. After harvest b. Before planting.

** Soil layer: A. Top soil (0~15 cm) B. Sub soil (16~30 cm).

由前述農家施用量與農林廳作物施肥手冊推薦用量比較結果顯示，農家苦瓜園之氮、磷及鉀，花椰菜之氮及磷，馬鈴薯之氮、磷及鉀，豌豆之氮等施肥量均比施用手冊推薦量較高。其中氮及鉀的施用量與收穫時土壤鎘含量均有極顯著的正相關。氮及磷的施用量與蔬菜生育期葉片的鎘含量，分別呈極顯著及顯著的正相關。鉀的施用量與蔬菜生育期葉片的鎘呈顯著正相關。對銅及鎳則呈極顯著正相關。氮的施用與蔬菜的產量有顯著的相關，而可促進蔬菜之增產，惟似應注意增施氮對土壤及葉片中重金屬含量會有影響，或促進土壤重金屬之釋放而增加蔬菜之可食部份的污染，故多作蔬菜栽培區之施肥量不宜過多，並應注意肥料品質，尤其肥料中之重金屬含量是否有問題，更有待加強管制，並訂定葉片及可食部份重金屬含量標準以維護人體健康。

誌 謝

本報告承蒙農委會及農林廳補助經費，又本場前謝場長順景博士技術指導及鼓勵，特申謝忱。文成後復承蒙本場林場長俊義博士、國立中興大學陳教授世雄博士、本場作物環境課陳課長慶忠博士斧正，謹此誌謝。

參考文獻

1. 王銀波 1985 重金屬銅、鉻、鋅、鎘、鉛對作物毒害性之研究 重金屬毒害對農業生產之影響研討會論文集 p.105~117 農藥所。
2. 王銀波 1987 台灣重金屬污染之一些實況 危害性物質處理管制研習會專刊 p.29~46 中興大學土壤系。
3. 王銀波 1988 台灣農田重金屬污染 農業環境污染與管理論文集 p.1~15 中國農業工程學會學術技術研討會。
4. 農林統計協會 1979 土壤污染に係る環境基準及び農用地土壤污染對策地域の指定要件ポケット肥料要覽 p.268~273 日本農林水產省。

The Concentration of Heavy Metals in Soils as Affected by Chemical Fertilizer Application¹

Chin-Tang Wang, Hong-Tang Chen and Fuei-Jen Lay²

ABSTRACT

The purpose of this study was to survey the heavy metal contents of soils as affected by continuous application of chemical fertilizers. The data were collected from 35 plots of vegetable garden of central Taiwan in 1990. The results showed that the contents of soil heavy metals such as Cd and Ni were higher before planting than after harvest. The contents of Pb and Zn increased in soils when vegetables were harvested, and that of Cr in soils increased from low level to medium. The results from the analysis of vegetable leaf in maturity stage showed that amounts of fertilizers applied to soils was correlated with the contents of heavy metal in plant tissues. For instance, the over use of nitrogen fertilizer leads to an increase in the contents of Cd in leaf. In addition, increasing application of phosphate and potassium fertilizer enhances Cd content in plant leaf. As a matter of fact, the trend of increasing heavy metal contents in the soils of vegetable gardens has been found lately. Based on the results of this survey, it was suggested that farmers have to concern the contents of heavy metals in the edible part of vegetables which may be harmful for human health. The contents of heavy metals in fertilizers also need to be further certified.

Key words: multiple cropping, fertilization, heavy metals.

¹ Contribution No. 0319 from Taichung DAIS.

² Associate Soil Scientist and Assistants of Taichung DAIS, respectively.