

雲嘉南蔬菜生產區之蔬菜重金屬含量 之安全性評估¹

毛王杰、黃瑞彰²

摘 要

毛王杰、黃瑞彰。2016。雲嘉南地區土壤特性與蔬菜安全性評估。臺南區農業改良場研究彙報 67：49-61。

本研究分別於 2012、2013、2014 年於雲嘉南地區蔬菜產區共收集了植體及土壤樣本各 600 個，蔬菜樣本採自雲林縣西螺鎮、荊桐鄉、東勢鄉、二崙鄉、嘉義縣新港鄉、六腳鄉、臺南市南區等 7 個主要蔬菜產區，統一送農業試驗所分析，以建立土壤資料庫及農業環境地理資訊系統，期待能夠降低農產品重金屬污染之安全疑慮，提高消費者食品安全的信心，減少農產品銷毀成本，提供降低農產品重金屬管理方案，分析結果顯示，土壤部份之銅含量均低於 140 mg kg^{-1} ，鋅含量均低於 248 mg kg^{-1} ，鎘含量均低於 3.48 mg kg^{-1} ，鉛含量均低於 50 mg kg^{-1} ，砷含量均低於 36 mg kg^{-1} ，汞含量均低於 1.04 mg kg^{-1} ；植體（可食用部位）重金屬平均濃度（乾基）分別為銅含量 $1.13 \sim 69.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ，鋅含量 $7.52 \sim 215 \text{ mg kg}^{-1}$ ，鎘含量 $0.01 \sim 2.01 \text{ mg kg}^{-1}$ ，鉛含量 $0 \sim 5.35 \text{ mg kg}^{-1}$ ，砷含量 $0 \sim 10.7 \text{ mg kg}^{-1}$ ，汞含量 $0 \sim 0.07 \text{ mg kg}^{-1}$ 。各重金屬濃度以小葉菜類風險性最高，安全性最低，其它類別蔬菜則隨著重金屬種類不同濃度高低而有所不同。

現有技術：以往缺乏大面積調查土壤特性與蔬菜生產的安全性分析。

創新內容：本研究則整理近三年雲嘉南地區土壤及蔬菜樣品分析資料。

對產業影響：證實雲嘉南正常農田環境下，蔬菜安全性高。不同作物之重金屬吸收力不同，可針對不同土壤重金屬背景值栽種確保蔬菜安全性，針對雲嘉南地區建立土壤資料庫及農業環境地理資訊系統，期待能夠降低農產品受重金屬污染之安全疑慮，提高消費者食品安全的信心，減少農產品銷毀成本，提供降低農產品重金屬管理方案。

關鍵字：土壤、蔬菜、安全性

接受日期：2015 年 12 月 20 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 454 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場技佐、副研究員。712 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

歷年來學術單位研究針對土壤重金屬含量及作物重金屬含量間之關係多有探討，研究發現土壤重金屬含量越高對作物之生長影響越大，且作物中重金屬含量也越高，但對作物重金屬含量與食用安全性之關係則較少探討。近年來國內農民之粗放農田管理制度、良莠不齊的肥料資材、灌溉水帶來的污染物質、環保意識要求提高肥培管理技術之壓力等等，預期會造成農業經營之困擾與農田土壤生產力衰退之現象。

材料與方法

一、樣品採集

- (一) 依據農試所提供之編號條碼，2012 年至 2014 年三年期間共採集 600 組蔬菜及土壤樣本送農業試驗所統一檢驗分析。
- (二) 採樣點紀錄採集地區、採集日期、採樣農戶姓名、採集點座標、種植作物、栽培方式、採收前一天天氣條件、採收時段等等資料，採樣點均非環保署所公告之污染控制場址，理論上應無重金屬安全之虞。
- (三) 採樣以植體、土壤、旁邊的土壤為一組，土壤晾乾，植體稱鮮重，以去離子水清洗、烘乾，過程中如需切開或剪開應使用陶瓷器具，以免污染。
- (四) 根域土壤以近植株 20 公分內（表土），每個土樣為採 4 點土壤混合後取樣約 500 公克。
- (五) 植體每個樣本採 3 ~ 5 株之葉片與根莖分開，一包重約 500 公克，洗淨後烘乾（70℃、48 小時）取適當的樣本包裝後一併送農試所分析。
- (六) 採樣的蔬菜種類包括葉用甘藷、蕹菜（空心菜）、白菜、不結球白菜（小白菜）、不結球白菜（蚵白菜）、不結球萵苣（大陸妹）、紅萵菜、萵菜、菠菜、山萵蒿、芥藍菜、萵苣類、不結球萵苣（A 菜）、油菜、皇宮菜、青江菜、芹菜、高麗菜、結球白菜、青花菜、結球甘藍（大頭菜）、蕃茄、牛蕃茄、青椒、甜椒、大、小黃瓜、蒲瓜、苦瓜、南瓜、長豇豆、水果玉米、大蒜、青蔥、紅蘿蔔等等。

二、樣品前處理

蔬菜樣品經自來水清洗與去離子水沖洗，以紙巾吸乾表面水份，去除非可食用部位，蔬菜樣品以陶瓷刀削皮，稱量鮮重，以陶瓷刀切成小塊，置入烘箱以 70℃ 烘至恆重，稱量乾重，使用鈦刀磨粉機粉碎後，置於塑膠罐中儲存備用。土壤樣品經風乾後，以木製磨土桿粉碎，過 2 mm 篩網，此樣品用以分析 pH、陽離子交換能量（CEC），由前述土壤樣品中另取 20 至 30 克樣品，重新粉碎過 0.5 mm 篩網，此樣品用來分析重金屬濃度。

三、樣品分析

(一) 土壤重金屬濃度

稱取 0.5 公克土壤樣品，加入 8 mL 混合酸液 (HCl : HNO₃, 3 : 1, v/v) 以微波消化裝置 (MARS 5; CEM, Mathews, NC, USA) 加熱分解，加熱條件如下：功率設定 1,600W，升溫時間 20 分鐘，溫度設定 180℃，持溫時間 20 分鐘。分解液以

Whatman No.42 濾紙過濾，以去離子水定量至 50 mL。濾液以感應耦合電漿原子放射光譜儀（Ultima 2C, Horiba Jobin Yvon, Irvine, CA, USA）測定重金屬濃度。

(二) 蔬菜重金屬濃度

稱取 0.25 克蔬菜樣品，加入 5.5 mL 混合酸液（ $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$ ，10 : 1, v/v），以微波消化裝置（MARS 5;CEM,Mathews,NC,USA）加熱分解，加熱條件如下：第一階段功率設定 1,600 W；升溫時間 10 分鐘；溫度設定 180℃；持溫時間 5 分鐘。第二階段功率設定 1,600 W；升溫時間 5 分鐘，溫度設定 200℃，持溫時間 10 分鐘。分解液以 Whatman No.42 濾紙過濾，以去離子水定量至 50 mL。濾液以感應耦合電漿質譜儀（Agilent 7500C, Santa Clara, CA, USA）測定重金屬濃度。

(三) 分析品質

為了確保實驗室之分析品質，分別選用 2 個植物國際標準品與 3 個土壤國際標準品，以前述蔬菜與土壤重金屬濃度分析之方法進行分析。其中番茄葉（NIST 1573a）與菠菜葉（NIST 1570a），均為未受污染之植物標準品，其鎘濃度分別為 2.89 與 1.52 mg kg^{-1} （乾基），採用前述蔬菜樣品分解及測定方法進行鎘濃度分析，所得的回收率分別為 95% 與 89%。而 CRM 023 為低鎘濃度（0.92 mg kg^{-1} ）土壤標準品，CRM 026 與 CRM 032 則為高鎘濃度標準品，採用前述土壤樣品分解及測定方法進行鎘濃度分析，所得的回收率分別為 101%、97% 及 95%。

結果與討論

一、土壤重金屬結果

於雲嘉南地區蔬菜產區共採樣調查收集了 600 組植體與土壤樣本，蔬菜種類包括葉菜類與果菜類蔬菜等。由表 1 分析調查資料所得土壤 6 種重金屬含量，分別為銅含量 7 ~ 140 mg kg^{-1} ，鋅含 43 ~ 248 mg kg^{-1} ，鎘含量 0.02 ~ 3.48 mg kg^{-1} ，鉛含量 7 ~ 50 mg/kg kg^{-1} ，砷含量 4 ~ 36 mg kg^{-1} ，汞含量 0.01 ~ 1.04 mg kg^{-1} ，皆低於管制標準值，由分析結果顯示所採樣的土壤樣品皆在安全範圍內。

二、植體分析結果

由表 2 鮮重或乾重含量植體（可食用部位）分析資料，顯示重金屬銅含量高低，依序為萵苣類 > 白菜 > 空心菜 > 大陸妹 > 山萵蒿 > 苦瓜 > 蒲瓜 > 青椒、甜椒 > 長豇豆 > 芹菜 > 葉用甘藷 > 蕃茄、牛蕃茄 > A 菜 > 紅莧菜、莧菜 > 油菜 > 芥藍菜 > 青江菜 > 皇宮菜 > 大、小黃瓜 > 菠菜 > 結球白菜 > 青蔥 > 大蒜 > 紅蘿蔔 > 南瓜 > 青花菜 > 大頭菜 > 水果玉米 > 高麗菜。

由表 3 植體（可食用部位）分析資料，顯示重金屬鋅含量高低，依序為山萵蒿 > 菠菜 > 大陸妹 > A 菜 > 芥藍菜 > 青江菜 > 結球白菜 > 紅莧菜、莧菜 > 白菜 > 皇宮菜 > 青花菜 > 長豇豆 > 青蔥 > 油菜 > 萵苣類 > 大、小黃瓜 > 芹菜 > 葉用甘藷 > 蒲瓜 > 空心菜 > 水果玉米 > 苦瓜 > 大頭菜 > 高麗菜 > 青椒、甜椒 > 蕃茄、牛蕃茄 > 紅蘿蔔 > 大蒜 > 南瓜。

由表 4 植體（可食用部位）分析資料，顯示重金屬鎘含量高低，依序為大陸妹 > 芹菜 > 萵苣類 > 白菜 > 山萵蒿 > 蕃茄、牛蕃茄 > 油菜 > 菠菜 > A 菜 > 紅莧菜、莧菜 > 芥藍菜 > 青江菜 > 結球白菜 > 空心菜 > 皇宮菜 > 青椒、甜椒 > 苦瓜 > 青花菜 > 蒲瓜 > 高麗

菜>葉用甘藷>大頭菜>大蒜>大、小黃瓜>紅蘿蔔>青蔥>長豇豆>南瓜>水果玉米。

表 1. 雲嘉南蔬菜生產區土壤重金屬含量分佈 (樣本數共 600 點)

Table 1. The distribution of soil heavy metal content in Yulin, Chiayi and Tainan Area with different vegetable crops (sample size: 600)

蔬菜種類	樣品數	------(mg kg ⁻¹)-----					
		銅	鋅	鎳	鉛	砷	汞
葉用甘藷	56	7-37	48-196	0.07-0.36	8-40	6.81-32	0.01-0.26
空心菜	160	7-94	43-171	0.02-0.69	7-27	7-33	0.01-0.36
白菜	16	10-25	65-167	0.05-0.36	9-20	9-25	0.02-0.19
小白菜、蚵白菜	36	15-23	75-248	0.1 -0.58	13-40	10-24	0.01-0.45
大陸妹	12	20-33	93-124	0.2 -0.29	23-25	12-14	0.05-0.18
紅莧菜、莧菜	16	15-48	79-224	0.16-0.48	12-34	6-28	0.02-0.82
菠菜	4	35-53	150-216	0.24-0.36	16-18	11-19	0.11-0.53
山萵蒿	8	21-31	81-130	0.09-0.22	11-42	4-20	0.01-0.20
芥藍菜	36	21-44	92-175	0.21-0.55	16-26	11-36	0.02-1.04
萵苣類	16	26-140	112-156	0.22-3.48	17-38	11-18	0.02-0.45
A 菜	4	51-65	75-93	0.13-0.24	34-50	11-14	0.10-0.14
油菜	12	20-22	95-103	0.22-0.27	18-20	10-20	0.02-0.06
皇宮菜	8	9-11	46-52	0.12-0.21	9-10	11-12	0.03-0.21
青江菜	40	18-27	94-134	0.17-0.33	17-25	20-31	0.02-0.29
芹菜	8	24-32	97-128	0.25-0.34	21-31	11-14	0.08-0.16
高麗菜	16	12-39	64-127	0.09-0.2	15-28	10-21	0.01-0.11
結球白菜	4	11-15	63-74	0.1 -0.16	14-16	21-24	0.02-0.05
青花菜、大頭菜	36	9-18	61-95	0.06-0.2	11-18	8-23	0.01-0.20
蕃茄、牛蕃茄	16	17-37	78-132	0.15-0.25	16-32	9-15	0.02-0.20
青椒、甜椒	20	9-30	62-112	0.09-0.19	12-27	7-18	0.02-0.17
大、小黃瓜	24	22-34	77-115	0.11-0.23	16-28	12-18	0.01-0.33
蒲瓜、苦瓜、南瓜	12	24-28	99-107	0.19-0.29	26-29	12-23	0.01-0.18
長豇豆、水果玉米、 大蒜、青蔥紅蘿蔔	40	31-37	77-129	0.13-0.20	18-28	10-35	0.01-0.05
總計	600						

由表 5 植體 (可食用部位) 分析資料, 顯示重金屬鉛含量高低, 依序為菠菜>山萵蒿> A 菜>結球白菜>萵苣類>紅莧菜、莧菜>白菜>油菜>大頭菜>大陸妹>芥藍菜>空心菜>芹菜>葉用甘藷>大蒜>青花菜>青椒、甜椒>高麗菜>長豇豆>青江菜>蕃茄、牛蕃茄>紅蘿蔔>大、小黃瓜>蒲瓜>苦瓜>青蔥>皇宮菜>水果玉米。

由表 6 植體 (可食用部位) 分析資料, 顯示重金屬砷含量高低, 依序為空心菜>大、小黃瓜>白菜>萵苣類>結球白菜>葉用甘藷>青蔥>芥藍菜>大陸妹>山萵蒿>紅莧菜、莧菜>油菜>青江菜> A 菜>菠菜>芹菜>大蒜>蒲瓜、苦瓜、皇宮菜>青花菜>大頭菜>長豇豆>高麗菜>紅蘿蔔>青椒、甜椒>蕃茄、牛蕃茄。

表 2. 不同蔬菜種類植體（可食用部份）重金屬銅含量調查（樣本數共 600 點）

Table 2. The content of Copper in different vegetables (the edible part) (sample size: 600)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
		------(mg kg ⁻¹)-----		
葉用甘藷	56	5.47	16.0	10.2
空心菜	160	3.71	69.6	16.6
白菜、小白菜、蚵白菜	52	6.84	56.7	17.2
大陸妹	12	6.87	28.3	16.2
紅莧菜、莧菜	16	5.86	16.8	9.00
菠菜	4	6.35	8.46	7.11
山萵蒿	8	11.7	20.5	15.6
芥藍菜	36	2.09	60.5	8.48
萵苣類	16	4.33	68.2	17.3
A 菜	4	7.12	10.4	9.13
油菜	12	4.52	16.4	8.57
皇宮菜	8	6.16	9.11	7.80
青江菜	40	3.37	27.5	8.20
芹菜	8	8.93	13.1	10.4
高麗菜	16	1.13	2.10	1.63
結球白菜	4	4.01	5.82	4.98
青花菜	32	2.24	5.67	3.13
大頭菜	4	2.25	3.45	2.92
蕃茄、牛蕃茄	16	6.59	13.3	9.60
青椒、甜椒	20	8.71	13.9	10.6
大、小黃瓜	24	5.26	11.81	7.55
蒲瓜	4	10.5	13.9	12.4
苦瓜	4	11.0	15.7	13.5
南瓜	4	2.79	3.74	3.22
長豇豆	4	9.68	10.9	10.5
水果玉米	4	1.59	2.50	1.99
大蒜	20	1.84	8.04	3.72
青蔥	4	3.82	6.30	4.89
紅蘿蔔	8	2.02	8.61	3.30

註：以上植體分析數值皆為乾基。

Note: The data were showed as dry plant tissue.

表 3. 不同蔬菜種類植體（可食用部份）重金屬鋅含量調查（樣本數共 600 點）

Table 3. The content of Zinc in different vegetables (the edible part) (sample size: 600)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
		------(mg kg ⁻¹)-----		
葉用甘藷	56	20.8	38.9	29.1
空心菜	160	7.52	66.9	26.6
白菜、小白菜、蚵白菜	52	32.7	63.3	46.6
大陸妹	12	51.0	215	102
紅莧菜、莧菜	16	29.1	81.2	49.9
菠菜	4	94.2	146	111
山萵蒿	8	70.7	185	117
芥藍菜	36	27.2	159	60.9
萵苣類	16	29.4	61.4	37.9
A 菜	4	83.4	112	96.2
油菜	12	34.2	51.1	41.9
皇宮菜	8	38.7	50.8	44.4
青江菜	40	33.6	106	58.2
芹菜	8	25.3	38.4	31.3
高麗菜	16	15.6	32.7	21.4
結球白菜	4	47.9	59.1	51.0
青花菜	32	32.6	56.4	43.1
大頭菜	4	20.0	33.1	23.8
蕃茄、牛蕃茄	16	16.3	23.2	19.9
青椒、甜椒	20	14.6	30.7	20.7
大、小黃瓜	24	26.8	44.0	33.0
蒲瓜	4	23.2	31.3	28.5
苦瓜	4	19.5	28.5	24.1
南瓜	4	7.95	12.7	9.79
長豇豆	4	40.6	43.9	42.6
水果玉米	4	22.3	28.6	25.0
大蒜	20	9.61	15.3	12.0
青蔥	4	30.3	50.9	42.2
紅蘿蔔	8	8.79	26.0	12.2

註：以上植體分析數值皆為乾基。

Note: The data were showed as dry plant tissue.

表 4. 不同蔬菜種類植體（可食用部份）重金屬鎘含量調查（樣本數共 600 點）

Table 4. The content of Cadmium in different vegetables (the edible part) (sample size: 600)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
		------(mg kg ⁻¹)-----		
葉用甘藷	56	0.01	0.15	0.04
空心菜	160	0.05	0.98	0.3
白菜、小白菜、蚵白菜	52	0.23	0.75	0.46
大陸妹	12	0.62	2.01	1.37
紅莧菜、莧菜	16	0.19	0.87	0.36
菠菜	4	0.22	0.51	0.37
山萵蒿	8	0.32	0.54	0.43
芥藍菜	36	0.15	0.65	0.36
萵苣類	16	0.23	1.05	0.55
A 菜	4	0.29	0.43	0.37
油菜	12	0.29	0.81	0.39
皇宮菜	8	0.21	0.25	0.23
青江菜	40	0.16	0.71	0.35
芹菜	8	0.59	0.75	0.65
高麗菜	16	0.04	0.12	0.06
結球白菜	4	0.24	0.39	0.31
青花菜	32	0.05	0.17	0.08
大頭菜	4	0.03	0.05	0.04
蕃茄、牛蕃茄	16	0.20	0.54	0.39
青椒、甜椒	20	0.10	0.29	0.22
大、小黃瓜	24	0.02	0.10	0.04
蒲瓜	4	0.05	0.09	0.07
苦瓜	4	0.06	0.11	0.09
南瓜	4	0.01	0.02	0.01
長豇豆	4	0.02	0.02	0.02
水果玉米	4	0.01	0.02	0.01
大蒜	20	0.02	0.06	0.04
青蔥	4	0.02	0.03	0.02
紅蘿蔔	8	0.02	0.06	0.03

註：以上植體分析數值皆為乾基。

Note: The data were showed as dry plant tissue.

表 5. 不同蔬菜種類植體（可食用部份）重金屬鉛含量調查（樣本數共 600 點）

Table 5. The content of Lead in different vegetables (the edible part) (sample size: 600)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
葉用甘藷	56	ND	1.32	0.19
空心菜	160	0.01	2.08	0.23
白菜、小白菜、蚵白菜	52	0.05	2.26	0.59
大陸妹	12	0.13	0.51	0.30
紅莧菜、莧菜	16	0.02	5.35	0.59
菠菜	4	0.19	2.97	1.33
山萵蒿	8	0.18	2.77	1.05
芥藍菜	36	0.06	1.57	0.23
萵苣類	16	0.18	2.59	0.64
A 菜	4	0.25	1.62	0.89
油菜	12	0.01	4.10	0.56
皇宮菜	8	ND	0.16	ND
青江菜	40	0.04	0.07	0.02
芹菜	8	0.05	0.43	0.22
高麗菜	16	ND	0.30	0.03
結球白菜	4	0.17	1.70	0.67
青花菜	32	ND	0.05	0.07
大頭菜	4	ND	1.91	0.48
蕃茄、牛蕃茄	16	ND	0.03	0.01
青椒、甜椒	20	ND	0.44	0.04
大、小黃瓜	24	ND	0.04	0.01
蒲瓜	4	ND	0.02	0.01
苦瓜	4	ND	ND	0.01
南瓜	4	ND	ND	ND
長豇豆	4	0.02	0.04	0.03
水果玉米	4	ND	ND	ND
大蒜	20	0.03	0.26	0.10
青蔥	4	ND	0.02	0.01
紅蘿蔔	8	ND	0.02	0.01

註：以上植體分析數值皆為乾基；ND：未檢出。

Note: The data were showed as dry plant tissue.

表 6. 不同蔬菜種類植體（可食用部份）重金屬砷含量調查（樣本數共 600 點）

Table 6. The content of Arsenic in different vegetables (the edible part) (sample size: 600)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
		------(mg kg ⁻¹)-----		
葉用甘藷	56	0.02	1.57	0.25
空心菜	160	0.21	10.7	2.36
白菜、小白菜、蚵白菜	52	0.23	0.67	0.36
大陸妹	12	0.08	0.39	0.21
紅莧菜、莧菜	16	0.06	0.45	0.17
菠菜	4	0.06	0.08	0.07
山萵蒿	8	0.15	0.30	0.19
芥藍菜	36	0.06	0.54	0.22
萵苣類	16	0.11	0.59	0.31
A 菜	4	0.10	0.11	0.10
油菜	12	0.08	0.26	0.16
皇宮菜	8	0.02	0.06	0.04
青江菜	40	0.05	0.55	0.15
芹菜	8	0.05	0.10	0.07
高麗菜	16	0.01	0.06	0.02
結球白菜	4	0.23	0.37	0.30
青花菜	32	0.01	0.09	0.04
大頭菜	4	0.01	0.05	0.03
蕃茄、牛蕃茄	16	ND	ND	ND
青椒、甜椒	20	ND	0.02	0.01
大、小黃瓜	24	0.07	0.83	0.39
蒲瓜	4	0.03	0.05	0.04
苦瓜	4	0.02	0.05	0.04
南瓜	4	ND	0.01	0.01
長豇豆	4	0.02	0.03	0.02
水果玉米	4	0.01	0.01	0.01
大蒜	20	0.01	0.14	0.05
青蔥	4	0.16	0.28	0.24
紅蘿蔔	8	ND	0.05	0.02

註：以上植體分析數值皆為乾基；ND：未檢出。

Note: The data were showed as dry plant tissue.

由表 7 植體（可食用部位）分析資料，顯示重金屬汞含量高低，依序為芥藍菜>菠菜>山萵蒿>青江菜>萵苣類>A 菜>葉用甘藷>紅萵菜、萵菜>空心菜>油菜>大陸妹>白菜>青蔥>芹菜>皇宮菜>苦瓜>大蒜>結球白菜>大、小黃瓜>蕃茄、牛蕃茄>青花菜>紅蘿蔔>高麗菜>蒲瓜>青椒、甜椒>長豇豆。

表 7. 不同蔬菜種類植體（可食用部份）重金屬汞含量調查（樣本數共 600 點）

Table 7. The content of Mercury in different vegetables (the edible part) (sample size: 600)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
葉用甘藷	56	ND	0.10	0.02
空心菜	160	ND	0.05	0.02
白菜、小白菜、蚵白菜	52	0.01	0.02	0.01
大陸妹	12	0.01	0.03	0.02
紅萵菜、萵菜	16	0.01	0.03	0.02
菠菜	4	0.02	0.03	0.03
山萵蒿	8	0.02	0.03	0.02
芥藍菜	36	0.01	0.07	0.03
萵苣類	16	0.01	0.03	0.02
A 菜	4	0.02	0.02	0.02
油菜	12	0.01	0.02	0.02
皇宮菜	8	0.01	0.01	0.01
青江菜	40	0.01	0.04	0.02
芹菜	8	ND	0.02	0.01
高麗菜	16	ND	ND	ND
結球白菜	4	ND	0.01	0.01
青花菜	32	ND	ND	ND
大頭菜	4	ND	ND	ND
蕃茄、牛蕃茄	16	ND	ND	ND
青椒、甜椒	20	ND	ND	ND
大、小黃瓜	24	ND	ND	ND
蒲瓜	4	ND	ND	ND
苦瓜	4	0.01	0.01	0.01
南瓜	4	ND	ND	ND
長豇豆	4	0.00	0.00	0.00
水果玉米	4	ND	ND	ND
大蒜	20	ND	ND	ND
青蔥	4	0.01	0.02	0.01
紅蘿蔔	8	ND	ND	ND

註：以上植體分析數值皆為乾基；ND：未檢出。

Note: The data were showed as dry plant tissue.

由以上結果顯示，不同類別蔬菜之平均比較，銅濃度以小葉菜類最高，再其次為根莖類，（半）結球菜類最低；平均鋅濃度以小葉菜類最高，其次為瓜菜及果菜類，再其次為（半）結球菜類，根莖類最低；平均鎘濃度以小葉菜類最高，其次為根莖類，再其次為（半）結球菜類，瓜菜及果菜類最低；平均鉛濃度以小葉菜類最高，其次為（半）結球菜類，再其次為根莖類，瓜菜及果菜類最低；平均砷濃度以小葉菜類最高，其次為（半）結球菜類，再其次為根莖類，瓜菜及果菜類最低；平均汞濃度以小葉菜類最高，其次為（半）結球菜類，再其次為根莖類，瓜菜及果菜類最低。

綜上所述，各植體重金屬濃度以小葉菜類，其中包括萵苣類蔬菜、山萵蒿、大陸妹、菠菜、空心菜、芥藍菜，風險性較高，推測其重金屬吸收能力較強，安全性相對較低，反之，而各植體重金屬濃度以高麗菜、南瓜、水果玉米、番茄、牛番茄、長豇豆等蔬菜，風險性最低，推測其重金屬吸收能力較弱，對鎘的排斥，安全性相對較高，其它類別蔬菜則隨著重金屬種類不同濃度高低，而有所不同。

結 論

由本研究結果可知蔬菜重金屬累積能力，隨著蔬菜種類及品種不同而有差異。大多數蔬菜重金屬濃度均符合衛生福利部公告「蔬果植物類重金屬限量標準」，但是，蔬菜對於各種重金屬的吸收能力不同，即使同一類別之不同蔬菜其重金屬吸收亦存在不小的差異，其次，本研究蔬菜樣本採自雲嘉南地區主要蔬菜產區，均符合衛生福利部公告「蔬果植物類重金屬限量標準」範圍內，尚無超出標準值，故無重金屬污染的安全問題。

誌 謝

本研究承蒙土肥研究室全體同仁協助執行，並提供寶貴意見，特別感謝行政院農業委員會農業試驗所農業化學組林毓雯博士協助各項重金屬濃度分析，使得本試驗得以圓滿執行完成，謹此致謝。

引用文獻

1. 王斐能、羅秋雄。2003。土壤肥力與作物營養診斷服務資訊系統之建立。土壤與環境 6(2)：71-78.
2. 林正芳、林欣華、林文山、張家銘。2003。臺灣農業區適地適作評估原理與實務之回顧。土壤與環境 6(4)：237-244.
3. 林毓雯、劉滄琴、陳吉村、湯雪溶、陳鴻堂、林永鴻、卓家榮、徐仲禹、蔡正賢、張繼中、2015。蔬菜品種與土壤性質對蔬菜中鎘濃度之影響。臺灣農業環境資源保護回顧與展望論文集：133-152。
4. 林毓雯、劉滄琴、郭鴻裕、江致民、陳鴻堂、湯雪溶、卓家榮、蔡正賢、林永鴻、張繼中、蔡淑珍、黃維廷。2012。臺灣地區蔬菜鎘、鉛濃度調查。臺灣農業研究 61(1)：38-51。

5. 李艷琪，"銅、鉛污染各類土壤與作物生長關係之研究"，碩士論文。
6. 陳吉村、李達源。1998。結合地理資訊系統之溶質移動模式評估區域尺度下農藥在土壤中之動態。土壤與環境 4(12)：325-332。
7. 連深。1995。肥料與植物營養研究。臺灣農業試驗所一百年來之試驗研究專刊。臺灣省農業試驗所特刊第 54 號臺中。霧峰。p. 129-132。
8. 郭鴻裕。1994。臺灣地區農田地力增進初步調查報告。臺灣省農業試驗所特刊第 42 號。臺中。霧峰。pp. 99。
9. 廖玉華、林正芳、陳仁炫、楊秋忠。2002。土壤與肥料資訊系統之建立。土壤與環境 5(1)：1-121。
10. 臺灣省農業試驗所年報。1996。本省土壤資訊系統之建立與應用。臺灣省農業試驗所。臺中。霧峰。
11. Masaki Ohata and Naoki Furuta, Analytical Sciences April 2004, Vol. 20, p. 701-706.
12. Koji Baba, Eiki Watanabe, Heesoo Eun and Masumi Ishizaka, J. Anal. At. Spectrom. 2003. 18. 1485-1488.
13. Lin, Y. W., T. S. Liu and C. H. Wang. 2003. Study on nitrogen mineralization characteristics of organic materials. Jour. Agric. Res. China 53: 178-190 (in Chinese with English abstract)
14. Bennett, S. P, E. Chiriboga, J. Coleman, D. M. Waller, 2000. Heavy metals in wild rice from northern Wisconsin. The Science of the Total Environmental. Vol. 246, p. 261-269.

Evaluations of Heavy Metals in Soil and Safety of Vegetables in Yulin, Chiayi and Tainan Area¹

Mao, J. C and R. C. Huang²

Abstract

The 600 plant and soil samples were collected from the 7 major vegetable production areas, including Hsilo, Cihong, Dongshih, Erlun, Singang, Lioujiao and South district of Tainan city, in 2012, 2013, 2014. The samples were analyzed by Taiwan Agricultural Research Institute (TARI, COA). The data in this study were helped to established soil database and geographic information system of agricultural environment. We hoped this study can rise the confidence of food safety from consumer, decrease the cost in destruction of agricultural products and provide the program for soil heavy metal management. The results showed that most of the Cu content of the soil is less than 140 mg kg⁻¹, Zn content is less than 248 mg kg⁻¹, Cd content is less than 3.48 mg kg⁻¹, Pb content is less than 50 mg kg⁻¹, As content is less than 36 mg kg⁻¹, Hg is less than 1.04 mg kg⁻¹. The average heavy metal content in Cu, Zn, Cd, Pb, As, Hg of vegetables in edible part in dry tissue were 1.13~69.6 mg kg⁻¹, 7.52~215 mg kg⁻¹, 0.01~2.01 mg kg⁻¹, 0~5.35 mg kg⁻¹, 0~10.7 mg kg⁻¹, 0~0.07 mg kg⁻¹, respectively. According to the result, leaf vegetables (such as Cu, Zn, Cd, Pb, As and Hg) showed the higher risk in heavy metal content, but the heavy metal content in other vegetables were various with species.

What is already known on this subject?

Due to the few study about large scale soil characteristics investigation and vegetable production safety in the past.

What are the new findings?

We revealed the soil characteristics and safety of vegetables within three years in this area.

What is the expected impact on this field?

The result revealed the safety of that vegetables was high in normal farm environment, and the heavy metal absorption was various with different crops, and the vegetable safety could be made sure due to different soil characteristics. According to establish soil database and geographic information system of agricultural environment in Yulin, Chiayi and Tainan area. We hope these results will be able to reduce heavy metal risk of agricultural products, increase consumer confidence in food safety, reduce the cost of agricultural products destruction, and provide the programs in heavy metal management in agricultural products.

Key words: Soil, Vegetable, Safety

Accepted for publication: December 20, 2015

1. Contribution No.454 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2. Junior Specialist, Associate Researcher, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.