

# 雲嘉南地區設施蔬菜土壤肥力及重金屬含量現況分析

毛王杰\*、黃瑞彰

行政院農業委員會臺南區農業改良場

\*E-mail: jcmiao@mail.tndais.gov.tw

## 摘要

本研究目的為調查設施蔬菜土壤及植體重金屬含量現況分析，研究調查分別在2020、2021年於雲嘉南地區等11個地區設施蔬菜產區共收集了植體及土壤樣本各84個，及灌溉水21個樣品，調查土壤肥力及土壤重金屬含量，以及蔬菜植體分析。結果顯示，土壤肥力分佈範圍相當廣泛，EC值偏高，pH值偏高，有機質含量低，土壤有效性磷、鉀、鈣、鎂濃度偏高，土壤重金屬濃度皆低於管制標準值，由分析結果顯示所採樣的植體(可食用部位)樣品皆在安全範圍內。土壤各項肥力偏高，建議減少使用肥料，以合理化施肥調整耕作模式。

**關鍵字：**設施蔬菜、土壤肥力、重金屬。

## 前言

設施栽培土壤經過長期連續性耕作及不當的施肥管理，容易造成過多肥力或有機質含量降低而造成土壤劣化，產生連作障礙影響產量與品質，過度施用禽畜糞肥料造成重金屬累積而影響蔬菜安全性，不當的堆肥或磷肥使用容易造成土壤中重金屬鎘的累積汙染Loganathan et al.(2008)。土壤中的各項營養元素及重金屬，亦會透過植株的根部吸收到植體各部位，因此本研究針對雲嘉南地區設施蔬菜進行土壤肥力、植體及灌溉水採樣調查，收集分析數據，以推薦合理之施肥及土壤管理並進行蔬菜植體之重金屬累積及安全性評估。作為合理化施肥及土壤管理的建議，避免連作障礙的發生，維持土地的永續生產力。

## 材料與方法

一、本研究採田間採樣調查方式進行。二、採樣地點分佈：雲嘉南地區等11個蔬菜產區。三、採樣蔬菜種類包括：苦瓜、辣椒、小果番茄、青松菜、美濃瓜、莧菜、油菜、青江菜、蚵白菜、山苦瓜、黑葉白菜、彩椒、小黃瓜等13種蔬果作物。四、採樣點紀錄採集地區、採集日期、採樣農戶姓名、採集點座標、種植作物及農民慣用肥料種類。五、蔬菜及土壤採樣：每位農戶設施為採樣單位，每戶採樣單位分別採取各4個植體樣品與4個土壤樣品。六、土壤、植體及灌溉水樣品分析肥力及重金屬元素的濃度。

## 結果與討論

一、土壤各項肥力性質及重金屬濃度分析結果：本研究設施蔬菜調查之主要土壤性質分布，其中土壤EC值範圍為0.09-4.75(dS/m)、pH值範圍為5.01.-8.51，有機質範圍為0.91-4.22(%)，磷濃度範圍為40-888mg kg<sup>-1</sup>，鉀濃度範圍為45-1,471mg kg<sup>-1</sup>，鈣濃度範圍為1,428-10,150mg kg<sup>-1</sup>，鎂濃度範圍為165-1,719mg kg<sup>-1</sup>，鐵濃度範圍為145-793mg kg<sup>-1</sup>，錳濃度範圍為10.2-209mg kg<sup>-1</sup>，鋅濃度範圍為2.1-41.8mg kg<sup>-1</sup>，銅濃度範圍為1.3-9.5mg kg<sup>-1</sup>，鎘濃度範圍為0.003-0.09mg kg<sup>-1</sup>，鉻濃度範圍為0.19-1.3mg kg<sup>-1</sup>，鎳濃度範圍為0.48-2.48mg kg<sup>-1</sup>，鉛濃度範圍為0.13-9.7mg kg<sup>-1</sup>，鈉濃度範圍為22-2,125mg kg<sup>-1</sup>。結果數據分析，顯示田間土壤EC值、pH值、有機質含量及土壤肥力濃度分布廣泛。EC值超過0.6標準範圍內的比例高，推測可能因為設施蔬菜土壤中因缺乏雨水淋洗或是農民肥料過度施用，造成鹽分累積高，土壤pH值屬鹼性7.4以上的比例最高，土壤有機質含量低於2.0以下的土壤比例較高，

推測可能設施蔬菜內能因為高溫多濕環境容易造成有機質分解速度快或是調查訪談的農民較少使用粗纖維有機質肥料作為基肥，以維持土壤有機質含量。土壤有效性磷、鉀、鈣、鎂濃度比較偏高，推測農民長期連續使用肥料或地下水含高鈣鎂造成累積過高，土壤重金屬濃度皆低於管制標準值，由分析結果顯示所採樣的土壤樣品皆在安全圍內。

二、蔬菜植體各項成分及重金屬濃度：其中碳濃度範圍為 29.06-47.58mg kg<sup>-1</sup>，氮濃度範圍為 0.06-7.92mg kg<sup>-1</sup>，磷濃度範圍為 0.009-0.98mg kg<sup>-1</sup>，鉀濃度範圍為 0.21-9.79mg kg<sup>-1</sup>，鈣濃度範圍為 0.33-0.37mg kg<sup>-1</sup>，鎂濃度範圍為 0.008-1.84mg kg<sup>-1</sup>，鋅濃度範圍為 0.70-66.63mg kg<sup>-1</sup>，銅濃度範圍為 0.32-18.3mg kg<sup>-1</sup>，鐵濃度範圍為 5.40-2189.2mg kg<sup>-1</sup>，錳濃度範圍為 0.46-80.8mg kg<sup>-1</sup>，鎘濃度範圍為 0-0.28mg kg<sup>-1</sup>，鉻濃度範圍為 0.12-21.62mg kg<sup>-1</sup>，鎳濃度範圍為 0.18-109.49mg kg<sup>-1</sup>，鉛濃度範圍為 0-5.04mg kg<sup>-1</sup>，鈉濃度範圍為 208.02-24,500mg kg<sup>-1</sup>。分析結果顯示，植體各項成分及重金屬元素濃度範圍差異性相當大。其中鈉濃度最小值與最大值相差超過 100 倍，值得進一步深入探討其原因。

三、灌溉水檢測結果：主要以地下水為主，EC 值分布範圍為 0.02-2.41(dS/m)、pH 值分布範圍為 6.61.-8.94。

#### 四、植體重金屬安全性評估分析結果

乾重含量植體(可食用部位)分析資料，重金屬銅含量高低，依序為山苦瓜>苦瓜>紅彩椒>莧菜>辣椒>小黃瓜>黑葉白菜>蚵白菜>青松菜>油菜>青江菜>小番茄>美濃瓜。結果顯示，除了美濃瓜以外，果菜類蔬菜吸收銅能力比葉菜類蔬菜高。

乾重含量植體(可食用部位)分析資料，重金屬鋅含量高低，依序為莧菜>黑葉白菜>山苦瓜>蚵白菜>青松菜>油菜>青江菜>紅彩椒>小黃瓜>苦瓜>辣椒>小番茄>美濃瓜。結果顯示，除了山苦瓜以外，葉菜類蔬菜吸收鋅能力比果菜類蔬菜高。

乾重含量植體(可食用部位)分析資料，重金屬鎘含量高低，依序為油菜>莧菜>青江菜>青松菜>紅彩椒>黑葉白菜=小黃瓜>蚵白菜>山苦瓜>小番茄>美濃瓜=苦瓜=辣椒。結果顯示，葉菜類蔬菜吸收鎘能力比果菜類蔬菜高。

乾重含量植體(可食用部位)分析資料，重金屬鉛含量高低，依序為蚵白菜>山苦瓜>紅彩椒>小黃瓜>黑葉白菜>美濃瓜>辣椒>青松菜>小番茄>油菜>青江菜>莧菜>苦瓜。結果顯示，果菜類與葉菜類蔬菜對鉛吸收能力都有較強的不同蔬菜種類。

由毛與黃(2017)高風險農地低鎘吸收作物篩選之研究，顯示葉菜類蔬菜在各種蔬果中對鎘吸收能力調查中是屬於較強作物。與本研究調查結果相符。其中莧菜結果分析，對鎘吸收能力也是相當高的蔬菜，亦與 Lin Y.W 等人(2015)研究結果相符。

#### 結論

由結果可知，雲嘉南地區設施蔬菜土壤因為缺乏雨水淋洗容易造成 EC 值偏高，累積較高鹽分，建議引用低 EC 值的灌溉水浸水洗鹽；pH 偏鹼，建議利用酸性資材土壤改良；土壤有機質含量較低，建議使用粗纖維有機質肥料；各項肥力偏高，建議減少使用肥料，以合理化施肥策略調整耕作模式。重金屬含量因不同蔬菜種類而有不同累積能力，同時也受到母岩影響、靠山或沿海地區及農民施肥種類用量而有所差異，未來可以累積更多調查分析數據來印證不同土壤及蔬菜種類的累積能力，以提供更多蔬菜安全性的評估。

#### 參考文獻

1. 毛壬杰、黃瑞彰。2020。高風險農地不同莖苔屬蔬菜對鎘吸收能力之研究. 農田土壤肥料成載量及土壤管理研討會論文。
2. 毛壬杰、黃瑞彰。2019。高風險農地不同玉米栽培種對鎘吸收能力之研究. 農田土壤肥料成載量及土壤管理研討會論文。
3. 毛壬杰、黃裕銘、黃政華、黃瑞彰、王聖善、吳東鴻、林毓雯。2018. 高風險農地不同毛豆栽培種對鎘吸收能力之研究. 農田土壤肥料成載量及土壤管理研討會論文。
4. 毛壬杰、黃裕銘。2018。不同毛豆栽培種對鎘吸收之研究. 中興大學土壤環境科學系碩士論文。
5. 毛壬杰、黃瑞彰。2017。高風險農地低鎘吸收作物篩選之研究. 台南區農業改良場研究彙報。第 69 期。P 58-68。
6. 毛壬杰、黃瑞彰。2016。雲嘉南蔬菜生產區之蔬菜重金屬含量之安全性評估. 台南區農業改良場研究彙報。第 67 期:49-61。
7. Lin Y. W., T. S. Liu, H. Y. Guo, C. M. Giang, H. J. Tang, H. T. Chen, and J. H. Chen. 2015: Relationships between Cd concentrations in different vegetables and those in arable soils, and food safety evaluation of vegetables in Taiwan. *Soil Sci. Plant Nutr.* 61: 983-998. DOI: 10.1080/00380768.2015.1078219.
8. Lune P, Zwart KB 1997: Cadmium uptake by crops from the subsoil. *Plant and Soil*, 189, 231-237.
9. Loganathan, P., M.J. Hedley, and N.D. Grace. 2008: Pasture soils contaminated with fertilizer-derived cadmium and fluorine: livestock effects. *Rec. Environ. Contam. Toxicol.* 192:29-66
10. Yang J, H Guo, Ma Y, Wang L, Wei D, Hua L 2010: Genotypic variations in the accumulation of Cd exhibited by different vegetables. *J. Environ. Sci.* 22:1246-1252
11. Zhang H, Chen J, Zhu L, Yang G, Li D 2014: Transfer of Cadmium from Soil to Vegetable in the Pearl River Delta area, South China. *PLoS ONE*. doi:10.1371/journal.pone.0108572.

表 1. 2020-2021 年設施蔬菜調查土壤各項肥力分析結果(樣本數共 84 點)

Table 1. Analysis results of various soil fertility in the greenhouse vegetables survey from 2020 to 2021. (sample size : 84)

項目	範圍	件數(件)	比例 (%)	合計 (件)
EC(1:5) (dS/m)	低至中 <0.6	31	37	84
	高 >0.6(0.09-4.75)	53	63	
pH (1:1)	強酸性土 5.5 以下	4	5	84
	微至中度酸性土 5.6~6.5	16	19	
	中性土 6.6~7.3	27	32	
	鹼性土 7.4 以上 (5.01~8.51)	37	44	
有機質 (%)	低 2.00 以下	47	56	84
	中 2.01~3.00	25	30	

	高 3.01 以上(0.91~4.22)	12	14	
有效性磷 (mg kg <sup>-1</sup> )	低 100 以下	6	7	84
	中 100~200	10	12	
	高 200 以上(40~888)	68	81	
有效性鉀 (mg kg <sup>-1</sup> )	低 100 以下	10	12	84
	中 100~200	18	21	
	高 200 以上(45~1471)	56	67	
有效性鈣 (mg kg <sup>-1</sup> )	低 1000 以下	0	0	84
	中 1000~3000	32	38	
	高 3000 以上(1428~10150)	52	62	
有效性鎂 (mg kg <sup>-1</sup> )	低 100 以下	0	0	84
	中 100~250	11	13	
	高 250 以上(165~1719)	73	87	

表 2.雲嘉南蔬菜生產區土壤重金屬含量分布(樣本數共 84 點)

Table 2. The distribution of soil heavy metal content in Yulin, Chiayi and Tainan Area with different vegetable crops ( sample size : 84 )

蔬菜 種類	樣 品 數	銅	鋅	鎳	鉛	鉻	鈉
		----- (mg kg <sup>-1</sup> ) -----					
苦瓜	16	1.3-6.5	2.1-22.6	0.005-0.062	1.28-40	0.19-0.7	167-1687
辣椒	4	1.6-2.1	11.9-13.7	0.01-0.02	0.7-1.2	0.92-1.00	-
小番茄	8	1.3-5.6	5.5-8.5	0.06-0.09	1.0-6.5	0.57-1.02	417-2125
青松菜	4	1.7-2.4	6.6-12	0.01-0.03	8.2-9.7	0.57-0.73	42-55
美濃瓜	12	1.6-4.4	3.5-17	0.01-0.05	2.49-8.9	0.62-1.3	22-83
莧菜	4	6.3-7.3	39-41.8	0.07-0.09	0.13-0.34	0.32-0.36	128-182
油菜	4	2.8-3.2	8.0-10.8	0.03-0.05	2.3-2.8	0.52-0.64	171-174
青江菜	4	2.7-4.0	8.6-12.9	0.04-0.06	2.3-3.5	0.6-0.72	172-182
蚵白菜	4	2.8-3.0	7.2-8.5	0.02-0.04	6.84-7.98	0.66-0.74	184-381
山苦瓜	4	1.8-2.5	4.0-5.1	0.01-0.03	4.50-5.49	0.46-0.6	458-1828
黑葉	4	1.7-2.1	3.7-4.2	0.01-0.01	4.78-5.4	0.54-0.59	167-492

白菜

紅彩椒	8	4.2-9.5	5.7-16.0	0.003-0.012	3.12-7.65	1.10-1.22	427-815
小黃瓜	8	2.1-7.8	6.9-23.4	0.003-0.053	2.60-4.12	0.96-1.07	270-1508

---

表 3. 不同蔬菜種類植體(可食用部份)重金屬銅含量調查(樣品數共 84 點)

Table 3. The content of Copper in different vegetables (the edible part) ( sample size : 84)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
		-----( $\text{mg kg}^{-1}$ )-----		
苦瓜	16	10.62	18.0	13.78
辣椒	4	10.4	12.6	11.6
小番茄	8	1.34	2.13	1.66
青松菜	4	5.98	6.31	6.13
美濃瓜	12	0.32	0.69	0.49
莧菜	4	11.32	12.08	11.68
油菜	4	5.84	6.38	6.09
青江菜	4	4.95	5.86	5.42
蚵白菜	4	5.9	6.9	6.5
山苦瓜	4	17.7	18.3	18.0
黑葉白菜	4	7.1	7.6	7.4
紅彩椒	8	10.1	16.15	13.39
小黃瓜	8	9.36	11.79	10.45

---

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)重金屬鋅含量調查(樣品數共 84 點)

Table 4. The content of Zinc in different vegetables (the edible part) ( sample size : 84)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
		-----( $\text{mg kg}^{-1}$ )-----		
苦瓜	16	24.4	44.20	34.3
辣椒	4	18.8	21.0	20.0
小番茄	8	2.58	3.39	2.948
青松菜	4	42.26	44.83	43.21
美濃瓜	12	0.70	1.35	1.134
莧菜	4	59.49	66.63	62.98
油菜	4	38.74	42.70	40.86
青江菜	4	38.46	42.22	40.61
蚵白菜	4	47.4	51.1	49.7
山苦瓜	4	51.4	55.7	53.2
黑葉白菜	4	54.0	62.6	58.4
紅彩椒	8	24.50	58.02	40.38
小黃瓜	8	32.21	42.92	38.34

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)重金屬鎘含量調查(樣品數共 84 點)

Table 5. The content of Cadmium in different vegetables (the edible part) ( sample size : 84)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
		-----( $\text{mg kg}^{-1}$ )-----		
苦瓜	16	ND	0.08	ND
辣椒	4	ND	0.08	ND
小番茄	8	0.011	0.02	0.01
青松菜	4	0.122	0.18	0.14
美濃瓜	12	ND	0.001	ND
莧菜	4	0.221	0.25	0.24
油菜	4	0.247	0.28	0.26
青江菜	4	0.191	0.23	0.20
蚵白菜	4	0.105	0.13	0.11
山苦瓜	4	0.013	0.06	0.03
黑葉白菜	4	0.106	0.14	0.12
紅彩椒	8	0.001	0.19	0.13
小黃瓜	8	0.089	0.15	0.12

註：以上植體分析數值皆為乾基

Note : The data were showed as dry plant tissue.

表 6. 不同蔬菜種類植體(可食用部份)重金屬鉛含量調查(樣品數共 84 點)

Table 6. The content of Lead in different vegetables (the edible part) ( sample size : 84)

蔬菜種類	樣品數	最小值	最大值	平均值
		-----( $\text{mg kg}^{-1}$ )-----		
苦瓜	16	ND	1.98	ND
辣椒	4	1.16	1.81	1.56
小番茄	8	0.32	0.35	0.34
青松菜	4	1.35	1.71	1.53
美濃瓜	12	0.36	4.59	2.04
莧菜	4	0.06	0.07	0.07
油菜	4	0.17	0.28	0.22
青江菜	4	0.14	0.18	0.16
蚵白菜	4	3.45	5.04	4.55
山苦瓜	4	3.28	4.39	3.85
黑葉白菜	4	1.97	2.51	2.23
紅彩椒	8	2.02	3.12	2.44
小黃瓜	8	1.75	2.88	2.28

註：以上植體分析數值皆為乾基

Note : The data were showed as dry plant tissue.



# **Analysis of heavy metals and fertility in soil and greenhouse vegetables in Yulin, Chiayi and Tainan**

Jen Chieh Mao\* and J. C. Huang

Tainan District Agricultural Research and Extension Station Council of Agriculture, Executive Yuan

\*E-mail:jcmao@mail.tndais.gov.tw

## **Abstract**

This study is to investigate heavy metals of greenhouse vegetables in soils and plants. The 84 plant, soil and 21 water samples were collected from the greenhouse vegetables production areas, including Yulin, Chiayi and Tainan Area, in 2020 and 2021. To investigate fertility and heavy metal in soil and vegetables evaluated safety of greenhouse vegetables. The results showed that the range of soil fertility is very wide, EC, pH in soil are higher, organic matter in soil are lower, soil available P, K, Ca, Mg are higher, and heavy metals in soil are under regulatory standards. The results showed that samples of vegetables (the edible part) are under range in safety. Due to the higher soil fertility, reducing fertilizer rate and rational fertilization were recommended.

**Keywords:** greenhouse vegetables, soil fertility, heavy metals.