

有機農園土壤及灌溉水品質評估

王斐能、羅秋雄

摘要

為評估轄區內若干有機農園土壤與灌溉水之品質，本試驗共取土壤樣品 63 件及灌溉水樣品 64 件，檢測酸鹼度(pH)、電導度(EC)、有機質、有效性養分(磷、鉀、鈣、鎂)及重金屬(錳、銅、鋅、鉛、鎳、鉻、鎘)含量。結果顯示：土壤樣品方面，pH 值 48 % 偏酸，11 % 偏鹼；有效性磷 66.7 % 偏高，12.7 % 偏低；有效性鉀 66.7 % 偏高；有效性鈣 76.2 % 偏高，15.9 % 偏低；有效性鎂 73 % 偏高，14.3 % 偏低；EC 值 8 % 偏高；有機質 9.5 % 偏低；重金屬僅 1 件鋅偏高(1.6 %)，其餘均不超過限定範圍。灌溉水質方面，pH 值 12.5 % 偏酸，僅 1 件 EC 值偏高(1.6 %)，重金屬含量均在限定範圍內。由上述結果得知，有機農園灌溉水問題比土壤肥培管理問題小，而在肥培管理上又以 pH 值及巨量元素(磷、鉀、鈣、鎂)之管理較需要解決。

關鍵詞：有機栽培、土壤肥力、灌溉水質

前言

台灣地區近年來由於經濟發展迅速，國民生活水平日漸提昇，對農產品品質的要求也日益提高。然而，過去農業生產過程過度依賴化學肥料及農藥，雖有效的提高產量及產品外觀，但過量的使用化學物質致使農產品品質及土壤逐漸劣變；另外，工商業、畜牧業及漁產養殖業等排放廢棄物、廢水及有害氣體，常導致溝渠水質及空氣遭受污染，也直接或間接的影響到農耕土壤及灌溉水品質。因此，目前國內為有效提昇農產品品質及維護生態平衡，乃積極推展永續農業或有機農業等自然農耕法。

禽畜排泄物經加工製成廐肥可施用於土壤，但長期累積過量的氮和磷會造成水源污染，例如硝態氮滲入地下水和無機磷經由土表逕流水污染河川。有研究報告⁽¹⁴⁾指出，長期施用動物廐肥明顯提高土壤有機態氮含量，對有效性氮素影響不大；土壤中磷含量所受影響更大，有機態磷可轉變成無機態磷，部分和鐵或鋁鍵結的磷也轉變成易利用的鈣結合型態，無機態磷增加雖提高作物對磷的吸收，但同時逕流損失也相對增加。目前有機栽培的堆肥推薦量大都以作物氮素需求量为供給基準，除應正確估算有機肥之氮素礦化速率外，需注意氮和磷兩元素添加量和作物吸收量不均衡所衍生的問題。為避免過量氮素淋洗入地下水，應斟酌氮素用量及施肥方法。一般作物 N/P 值約 8-22，堆肥 N/P 值則相對較低，造成過量的磷累積於土壤，對作物產量無正面效應且影響了河川及地下水品質。

過去研究⁽¹¹⁾指出，有機態氮之礦化主要受添加有機肥種類影響，緩效性氮肥經由淋洗作用及脫氮作用的損失較少；有機磷釋放則與土壤種類關係最密切，其次才是受有機肥種類影響。

美國環境保護機構有規定經由有機物施用造成微量元素添加入土壤的限制量，過去一般認為這些微量元素累積於表土而不會移動至耕犁層以下。前人研究⁽⁸⁾測定不同深度土層中 AB-DTPA(NH_4HCO_3 diethylenetriaminepentaacetic acid)可抽出性微量元素鉬(Mo)、銅(Cu)、鋅(Zn)、鉛(Pb)、鎳(Ni)、鉻(Cr)和鎘(Cd)，發現長期施用堆肥後，在耕犁層下微量元素仍有顯著的累積，特別是鋅元素均呈顯著效應。

目前市售有機質肥料成分複雜，不同廠牌、原料、添加比例、堆積時間，甚至於不同一批產品或混合不均勻等皆會影響有機肥成分。栽培農戶應先認識自己的土壤，慎選有機肥料，確實做好土壤肥培管理及灌溉水水質監測工作，才能種出健康、安全的有機農產品。

材料與方法

針對轄區內 1999 年審查合格之有機栽培農戶農田土壤與灌溉用水進行調查，由本場派員至有機栽培農戶之農園採集樣品，合計採集土壤樣品 63 件及灌溉水樣品 64 件。

以土管採土器取表土層 0 - 15 cm 樣品，每園區至少採集 5 點再將樣品混合均勻。土壤樣品採集後帶回實驗室，將土樣平鋪於塑膠盤並置於室內鐵架上風乾約一週。風乾土壤先以棍棒磨碎大團粒結構，使用 10 mesh 篩網過篩，去除碎石及植物殘體組織等雜物，裝袋成樣品備用。分析項目及方法概述如下：土壤加蒸餾水(1:1)，震盪 1 小時後以酸鹼度計測定 pH 值；土壤加蒸餾水(1: 5)，震盪半小時後過濾並使用電導度計測定 EC 值；以重鉻酸鉀還原法測定有機碳並換算成土壤有機質含量；以白雷氏第一法抽出土壤有效性磷，使用原子分光光度計定量；以孟立克氏法抽出土壤有效性鉀、鈣及鎂，使用原子吸收光譜儀定量；以 0.1 M 鹽酸萃取土壤中可溶性銅、鋅、鎳、鉻、鎘及鉛重金屬，使用原子吸收光譜儀定量。

灌溉水樣品於現場採集山泉水、井水、池水或溝渠灌溉水，取樣約 0.5 - 1.0 λ ，以乾淨之塑膠容器盛裝，水樣以一號濾紙過濾後保存備用。測定項目有酸鹼度(pH)、電導度(EC)、水溶性錳(銅、鋅、鎳、鉻、鎘、鉛)。

結果與討論

一、有機農園土壤性質分析

(一)酸鹼度

作物適宜生長的土壤酸鹼度範圍因作物種類而異，一般在 pH 5.6 - 6.8 之間均可正常生長發育。本次調查 63 件土壤樣品酸鹼度分佈如圖 1，適合作物生長範圍者僅佔 41 %，約 6 成有機農園土壤酸鹼度管理不當，其中 48 % 土壤偏酸性，11 % 偏鹼性。農民在偏酸性土壤

之管理上多半忽略酸鹼度平衡的重要性，以為大量施用有機肥料即可滿足作物生長所需，實際上酸鹼度對養分利用率有間接關係，同時對作物根系發育影響甚鉅。過去有因堆肥使用造成土壤酸鹼度上升或下降^(6,9)的研究報告，長期施用中性或微酸性有機質肥料且忽略石灰資材補充，應是造成這 48 % 有機農園土壤逐漸酸化的原因。

至於 11 % 土壤偏鹼性農園，其管理缺失是過度依賴鈣鎂肥料(石灰資材)及碳化稻殼等資材使用。這類農民知道酸鹼度對土壤管理的重要性，知道耕地會有土壤酸化問題，同時也瞭解鈣、鎂是植物生長必需營養成分，但對鈣、鎂肥料使用方法卻一知半解。在未經檢測土壤酸鹼度情況下即自行依過去慣用方法施用鈣鎂肥料，過量使用而造成土壤酸鹼度偏高，不利作物根系生長且易發生微量元素錳、硼、鋅等之缺乏症狀。

桃園地區土壤母質生育以生成酸性紅壤為主，在灌溉水水質正常情形下，忽略石灰資材補充易造成土壤偏酸性，過量施用則造成土壤偏鹼性。這些接近 60 % 土壤酸鹼度不合格的有機農園大多沒有簡易的酸鹼度檢測器材，對土壤肥力管理認知不足或有實行上的困難仍有待解決。

(二) 電導度

電導度係表示可溶性鹽類的多寡，可概略判斷土壤肥力高低。施肥過量會使土壤產生鹽害問題，故實行有機栽培農法對電導度高的有機堆肥不宜大量施用。有機農園土壤電導度值分析結果如圖 2，僅有 8 % 發生鹽分過高情形；36 % 在合適範圍，即電導度值介於 0.26 - 0.60 之間(土：水 = 1：5)；另有 54 % 低於 0.26，顯示鹽分隨灌溉水流失、洗入深層土壤或經由作物吸收後，留於表土之可溶性鹽類不致於產生鹽害。電導度分析優點是檢測方便、迅速，但只能概略瞭解土壤肥力情形，不能直接判斷何種鹽類過多或缺乏，要進一步知道那種鹽類過量就必須做更精細的元素分析。

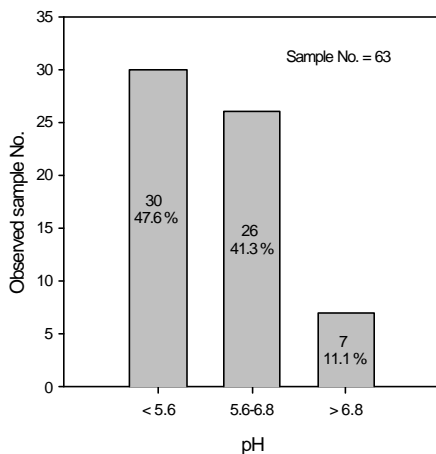


圖 1. 有機農園土壤樣品 pH 值分佈圖
Fig. 1. Distribution of pH value of soil samples on organic farm.

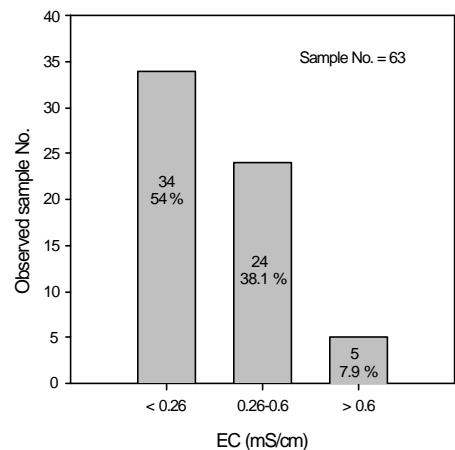


圖 2. 有機農園土壤樣品 EC 值分佈圖
Fig. 2. Distribution of EC value of soil samples on organic

farm.

(三) 有機質

添加堆肥可提高土壤有機質含量^(2,3)，因此，施行有機栽培法之農田土壤有機質含量平均高於一般栽培法的農地。土壤分析結果如圖 3，約 62 % 農園土壤有機質含量高於 3.0，加上 28.6 % 介於正常範圍，共 9 成以上土壤有機質含量充足，比一般農法施用化學肥者高。但仍約有 1 成有機農園土壤有機質含量不足，這類農園可能是土壤本身有機質含量甚低、施用堆肥有機質含量低、施行有機栽培時間較短或使用之有機肥屬於速效性、分解快的種類。短期內欲改善土壤有機質含量，應施用植物性、高纖維質、質地粗糙的有機質肥料。

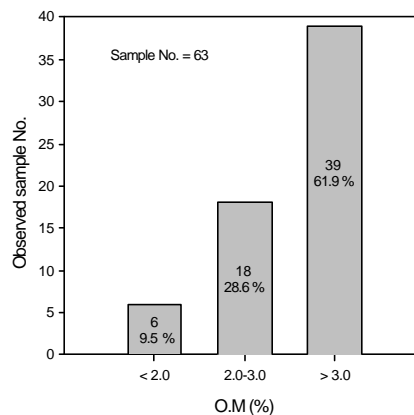


圖 3. 有機農園土壤樣品有機質含量分佈圖

Fig. 3. Distribution of organic matter content of soil samples on organic farm.

(四) 交換性鉀、鈣、鎂

有機肥料使用不當會和化學肥料一樣對土壤環境造成衝擊，因有機肥料成分複雜，品質又難掌握，使用上必須更加小心謹慎。有機栽培在南韓有養分過量累積的報告⁽⁵⁾，在日本也有造成養分不均衡情形⁽¹²⁾。以下是桃園地區有機栽培農戶土壤肥培管理中有效性鉀、鈣、鎂含量之現況（分佈如圖 4）：

1. 鉀

分析結果顯示，有機栽培沒有鉀肥缺乏的疑慮，約 33 % 土壤有效性鉀在正常範圍內，而 67 % 有鉀肥偏高情形。農民對有機質肥料的使用普遍有擔心施肥不足情形，反而造成施肥過量。過量施肥易造成肥料流失，不自覺中提高了耕作成本。

2. 鈣、鎂

分析結果顯示，15.9 % 有機農園土壤缺乏鈣，7.9 % 在正常範圍，另外 76.2 % 則有鈣肥偏高情形。土壤中鈣與鎂的比例約為 10 : 1 時較適當，若鈣含量遠超過鎂時，可能會造成作物對鎂元素吸收障礙。鎂與鈣化學性質類似，堆肥中兩者含量具相關性，即鈣成分高的堆

肥通常有相對較高的鎂肥成分。有機農園土壤分析結果也發現鎂與鈣情形類似，14.3 % 缺乏鎂，12.7 % 在正常範圍，另外 73 % 則有鎂肥偏高情形。鈣與鎂的比例大致維持 10 : 1 水準，因此作物不會產生鎂元素吸收障礙徵狀。

土壤酸鹼度與鈣、鎂含量有相關，一般酸性土壤鈣、鎂成分少，鹼性土壤則多，施用石灰資材可提高土壤酸鹼度及鈣、鎂含量。調查結果雖有 76.2 % 鈣肥偏高及 73 % 鎂肥偏高情形，但土壤酸鹼度偏高者僅佔 11.1 %，另一方面鈣肥與鎂肥偏低的土壤分別佔 15.9 及 14.3 %，而偏酸性土壤卻高達 47.6 %。以上資料顯示，土壤酸鹼度適合範圍與鈣、鎂含量適合範圍兩者之分佈情形沒有相關，可考慮重新訂定土壤肥力參考標準，調高鈣、鎂含量適合範圍，使分析數據更具實用性。

(五) 交換性磷酞

有研究指出氧化土以石灰中和酸性時土壤對磷吸附作用更強，有效性磷下降^(4,7)，亦有研究指出添加堆肥可提高土壤有效性磷含量^(1,14)，土壤性質差異及堆肥種類不同均會影響試驗結果。本研究以白雷式第一法土壤抽出液分析有效性磷酞，結果如圖 4，約 66.7 % 有磷肥偏高情形，20.6 % 屬正常範圍，而 12.7 % 有磷肥偏低情形。農作物對氮、磷、鉀肥料三要素的需求量隨作物種類、品系、土壤理化特性、施肥方法、氣候、栽培時間等因素而異。目前大多數農民施肥全憑感覺，沒有考慮上述因子對施肥管理的重要性，往往產生施肥不均衡情形。一般而言作物對肥料三要素需求量以氮、鉀為主，磷素需求較少，有些堆肥製造廠喜歡添加海鳥糞、魚粕、骨粉等材料來提高磷肥含量，使三要素看來較為平均，實際上反倒造成磷肥相對過量的情形，過量的磷對作物產量無正面效應且影響了河川及地下水品質⁽¹⁴⁾。若長期使用磷肥相對偏高的有機質肥料，或農民另外添加高磷成分的有機物，皆會導致土壤有效性磷酞過高，本次調查結果就有 66.7 % 屬於這種情形。反之，長期施用磷肥相對偏低的有機質肥料，又沒有補充高磷的有機資材，易造成土壤有效性磷酞偏低，這類農園約佔 12.7 %。

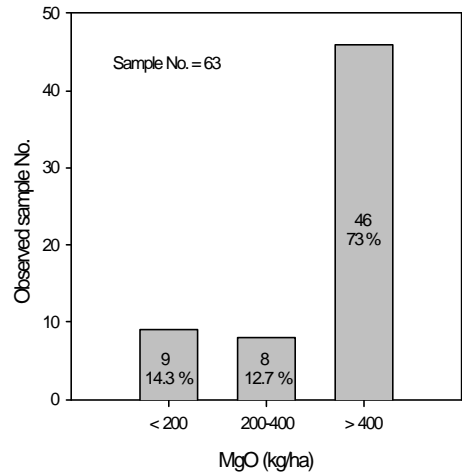
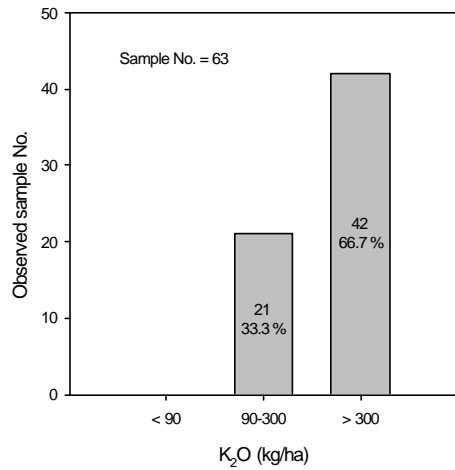
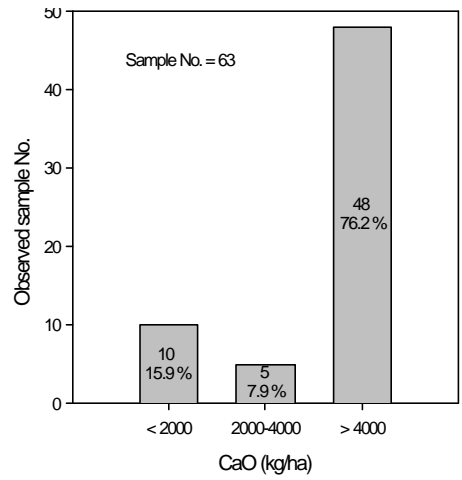
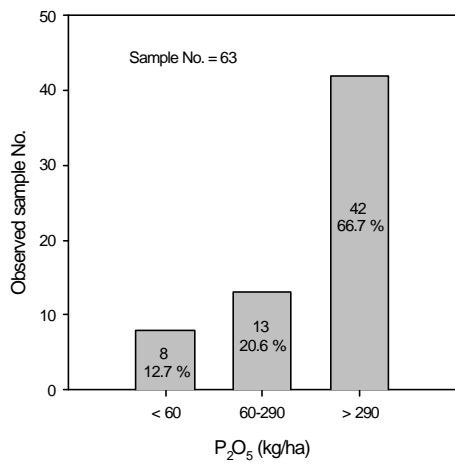
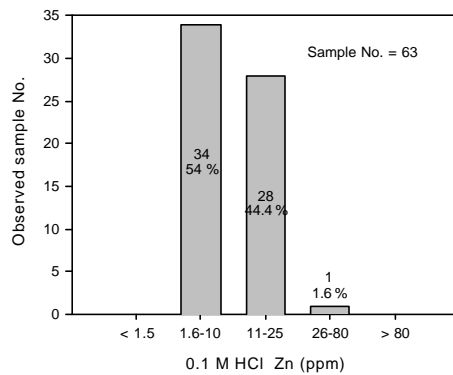
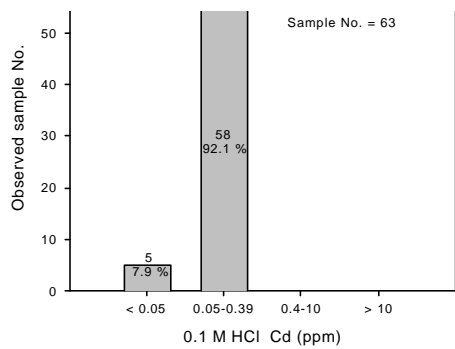


圖 4. 有機農園土壤樣品可抽出性養分含量分佈圖

Fig. 4. Distribution of extractable nutrient content of soil samples on organic farm.



二、有機農園灌溉水質分析

(一) 酸鹼度

依過去檢測經驗，井水(地下水)pH 值偏弱酸性居多，但不至低於 5.0 以下，而山泉水可能流經石灰質岩層，有些山泉水 pH 值偏弱鹼性，大多不超過 8.0 以上。臺灣省灌溉用水水質標準規定 pH 值應介於 6.0 - 9.0 之間，目的是避免使用 pH 低於 6.0 的水源導致土壤逐步酸化，pH 高於 9.0 的水源則可能受強鹼性物質污染，也應避免使用。

如圖 6 所示，有 87.6 % 有機農園灌溉水符合標準，另有 12.5 % 偏酸性。近約 9 成樣品符合標準，顯示目前灌溉水質問題不大。山泉水 pH 值大多不超過 8.0，沒有高於灌溉用水標準的困擾，因此檢驗樣品中沒有 pH 值超過標準者。12.5 % 因偏酸性而不符規定的灌溉水部分來自井水(地下水)，部分是溝渠灌溉水。使用偏酸性水源會逐漸酸化土壤，這些農戶應另尋水源或適當施用石灰資材進行土壤改良。

(二) 電導度

臺灣省灌溉用水水質標準規定電導度(EC)值應低於 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，64 件檢測樣品中僅 1 件不符規定。電導度(EC)值表示溶液中可溶性鹽類多寡，未受污染的水質可溶性鹽含量不高。通常山泉水或井水電導度(EC)值較低，而來自溝渠水源則較高，因為水源上游可能經過別人的農田。有機栽培農園應設於獨立園區，若水源曾流經他人農田就有可能受化學肥料及農藥的污染。本件電導度(EC)值偏高的樣品應進行實地堪察，了解問題發生原因。

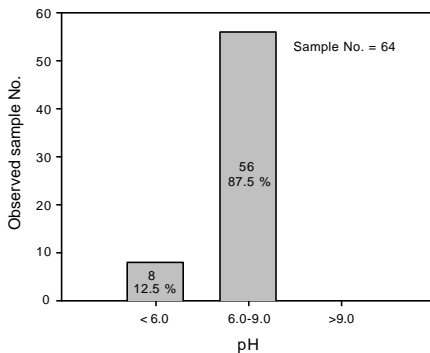


圖 6. 有機農園灌溉水樣品 pH 值分佈圖
Fig. 6. Distribution of pH value of irrigation water samples on organic farm.

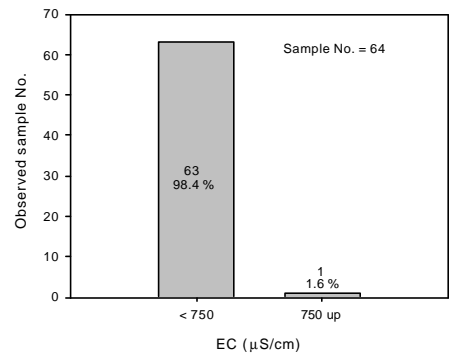


圖 7. 有機農園灌溉水樣品 EC 值分佈圖
Fig. 7. Distribution of EC value of irrigation water samples on organic farm.

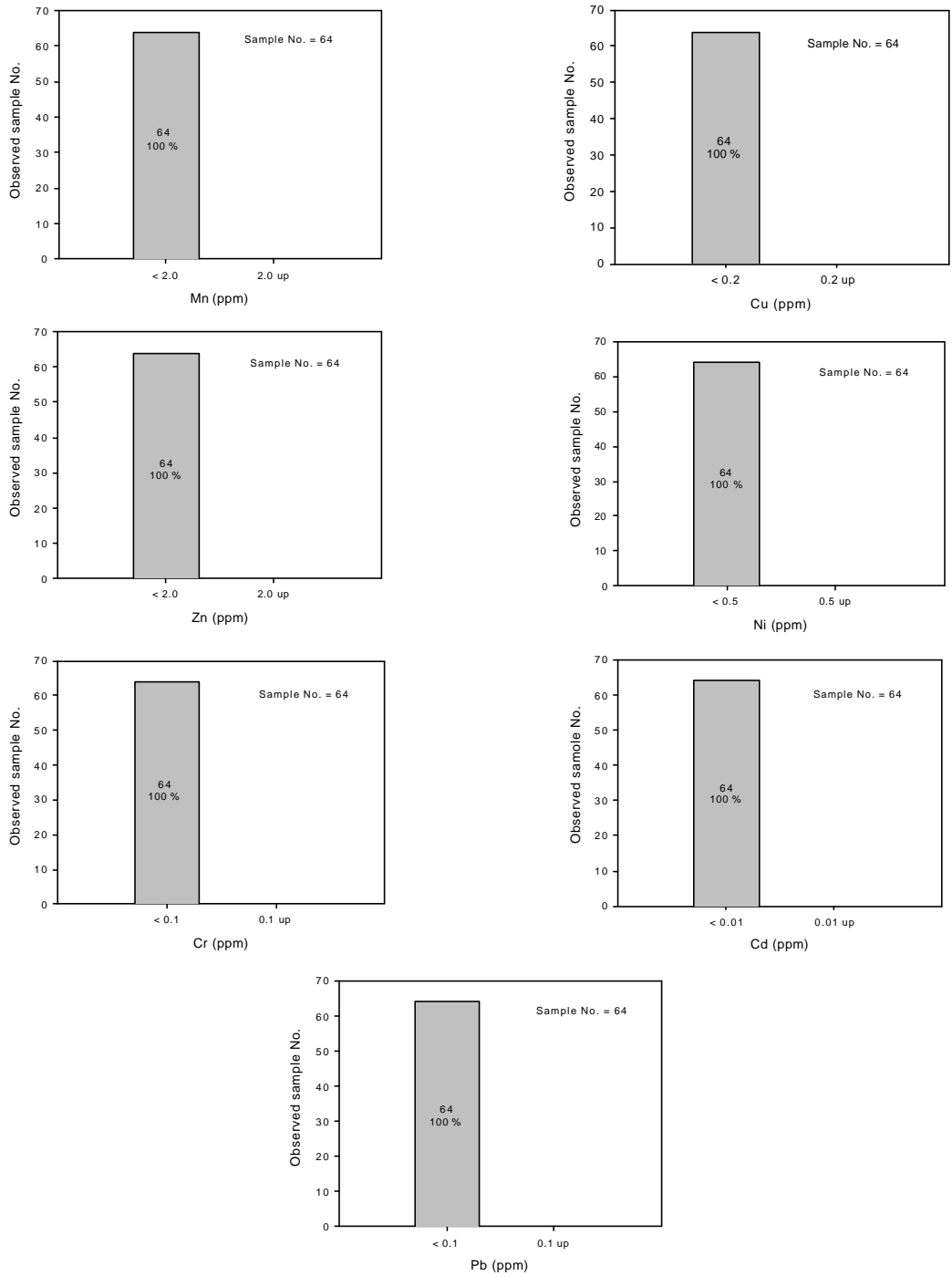


圖 8. 有機農園灌溉水樣品中錳、銅、鋅、鎳、鉻、鎘和鉛含量分佈圖

Fig 8. Distribution of Mn, Cu, Zn Ni, Cr, Cd, and Pb content of irrigation water samples on organic farm.

(三) 重金屬

水源遭受重金屬污染大多來自工廠排放廢水，或附近有堆積廢棄物，因此溝渠灌溉用水較有可能遭受重金屬污染。日前高屏溪發生化學工廠排放廢水污染河川的案例，顯示溝渠用水較難以掌控品質，若有遭受污染疑慮即應採取水樣檢測。

山泉水源頭較乾淨，受人為破壞及污染較少。土壤本身有很好的過濾效果，深層地下水經土壤過濾後也沒有遭受污染的疑慮，除非地層本身重金屬背景值含量高。依圖 8 分析結果顯示，有機農園灌溉水中錳、銅、鋅、鎳、鉻、鎘及鉛共 7 項重金屬分析均符合臺灣省灌溉用水水質標準。

參考文獻

1. 翁玉娥。1993。有機肥料的添加對磷在土壤中的轉變及有效性的影響。國立中興大學土壤研究所碩士論文 p. 13-33。
2. 張淑賢。1995。有機資材利用之試驗研究現況與展望。有機肥料合理施用技術研討會專刊，台灣省農業試驗所 p. 1-14。
3. 趙震慶、蘇楠榮、王銀波。1996。有機農耕法之土壤肥力的變遷。中華農學會報 新 173: 85-102。
4. Anjos, J. T., and D. L. Rowell. 1987. The effect of lime on phosphorus and barley growth in three acid soils. *Plant Soil*, 103: 75-83.
5. C. W. Hong. 1994. Organic farming and the sustainability of agriculture in Korea. ASPAC Food and Fertilizer Technology Center, Extension Bulletin, No. 388.
6. He, O. B., and B. R. Singh. 1963. Effect of organic matter on the distribution, extractability and uptake of Cd in soils. *J. Soil Sci.*, 44: 641-650.
7. Hunter, D. J., L. G. G. Yapa, N. V. Hue, and M. Eaqub. 1995. Comparative effects of sweet corn and chemical properties of an acid oxisol in western Samoa. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 26: 375-388.
8. K.A. Barbarick, J. A. Ippolito, and D. G. Westfall. 1998. Extractable trace elements in the soil profile after years of biosolids application. *J. Environ. Qual.*, 27:801-805.
9. Ktetzchmar, R. M., H. Hafnar, A. Bationo and H. Marschner. 1991. Long and short term effects of crop residues on aluminum toxicity, phosphorus available and growth of pearl millet in an acid sandy soil. *Plant Soil*, 136: 215-223.
10. L. W. Jacobs. 1990. Potential hazards when using organic materials as fertilizers for crop production. Food and Fertilizer Technology Center, Extension Bulletin, No. 313.

11. Maria J. Mazzarino, Francisca Laos, Patricia Satti, and Susana Moyano. 1998. Agronomic and environmental aspects of utilization of organic residues in soils of the Andean-Patagonian region. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 44: 105-113.
12. M. Koshino. 1988. Recent advances in the application of livestock manure to farmland in Japan. ASPAC Food and Fertilizer Technology Center, Extension Bulletin, No. 282.
13. R. L. Frances. 1991. Chemical reaction of metal with humic material. *Environ. Poll.*, 70: 185-208.
14. Sharpley, A. N. and S. J. Smith. 1995. Nitrogen and phosphorus forms in soils receiving manure. *Soil Sci.*, 159: 253-258.

Assessment of the Quality of Soil and Irrigation Water on Organic Farming Fields

Fei-Neng Wang and Chiu-Shyong Lo

Summary

Sixty three soil samples and 64 water samples collected from the organic farming fields in this district area were analyzed to determine the quality of soil and irrigation water on the farms. Items of analysis were soil acidity (pH), electric conductance (EC), organic matter, available nutrients (P, K, Ca, Mg) and heavy metals (Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Cd). The results of soil analysis indicated that as compared to allowable level, 48% had pH value that were slightly low and 11% were slightly high; 66.7% available phosphorous were slightly high and 12.7% were slightly low; 66.7% available potassium were slightly high; 76.2% available calcium were slightly high and 15.9% were slightly low; 73% available magnesium were slightly high and 14.3% were slightly low; 8% EC values were slightly high; 9.5% organic matter contents were slightly low. In terms of heavy metal content, only 1.6% (one sample) has a very high level of zinc, the others were under the allowable level. The results of irrigation water analysis indicated that 12.5% had pH values slightly lower than usual; 1.6% EC value were slightly high. All the heavy metal contents were under the allowable level. The results of the experiment indicated that soil and fertilizer management were more important than irrigation water management in the organic farming fields. Among the fertilization management, pH and macro nutrient management need to be solved immediately.

Key words: Organic farming, Soil fertility, Irrigation water quality.