

# 臺中地區農田土壤肥力現況<sup>1</sup>

郭雅紋、曾宥紘<sup>2</sup>、陳鴻堂<sup>3</sup>

## 摘要

本研究係利用臺中區農業改良場土壤肥力分析資料，評估農業措施對臺中地區農田土壤肥力狀態之影響。由資料顯示，土壤有機質含量 $10-30\text{ g kg}^{-1}$ 者分佔中、彰、投行政區的60%、68%和53%，土壤有機質含量高於 $30\text{ g kg}^{-1}$ 者比例則較過去有顯著增加現象，另土壤有機質含量表現非對稱分布。土壤酸鹼值仍深受母質影響，但彰化縣果樹栽培區域存在土壤酸化風險。土壤Bray-1磷量和栽植作物種類相關，果樹植區普遍土壤Bray-1磷含量較高，且聚積表土。由土壤剖面交換性鉀分布顯示，臺中市表、底土約略等量，而彰化縣、南投縣表土含量高於底土。農業活動亦造成鎂等養分在土壤積累。大部分樣品土壤銅含量皆落在中等範圍，惟需注意土壤鋅含量有較高比例超標。

**關鍵詞：**土壤肥力、施肥、累積

## 前言

施肥是影響土壤變化最為直接的農業措施之一。長期肥料試驗產生了土壤品質和功能顯著的農田生態系統<sup>(8,10,11)</sup>。英國Rothamsted研究站長達100多年的肥料試驗，在當時是為解決植物營養學說的分歧和驗證肥料的增產效果，百年時間過去，亦在因應不同土地利用類型調整之施肥制度下，土壤肥力長期演化、肥料效應、養分循環、土壤生態等研究上具有顯著貢獻。臺灣曾幾度設置長期肥料試驗區，但由於某些原因沒能持續下來；如林等人(1973)以水稻為試驗作物，經48年試驗結果顯示，氮、磷、鉀和鈣分別以肥料施用量的4.3%、55%、0.4%及1.4%蓄積於土壤中，且在水田耕作制度強烈淋滲下，肥料向底土移動，或移動於底土以下，即使磷肥亦不例外。施肥制度之不同、土壤養分含量和供應能力之不同，影響土壤肥力，這種差異影響作物對土壤養分的吸收利用，以及土壤的結構性和生物性。作物產量和變化是衡量農業永續的指標，長期研究顯示化學肥料可維持地力，但欲求高產，增進肥力，更須兼施堆肥<sup>(1)</sup>。

<sup>1</sup>行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0946號。

<sup>2</sup>行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

<sup>3</sup>前行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

為解決農業永續生產的問題，重視土壤資源，合理化施肥的概念與實踐性是必要方法。有關係統研究長期施肥對土壤品質的影響，宥於長期肥料試驗區未能保持下來，本研究利用本場農民土壤肥力分析資料庫，評估農業措施對中、彰和投農田土壤狀態之影響，以期作為指導和提供作物肥培管理之依據。

## 材料與方法

### 一、土樣採集

為本場轄區(中、彰、投)農民依技術推廣活動、農業專業訓練課程、改良場網頁或專家指導下自行採樣送驗。按0-15(20) cm、15-30(20-40) cm分層取樣，土樣為一耕作土壤內取多個剖面按土層分別混合所得。

### 二、樣品處理及分析

土樣經風乾後，過2 mm篩網，達均質化供分析測定。土壤酸鹼值(土水比為1:1(w/v))以電極法測定。土壤有機質含量採用總有機碳分析儀(Elementar vario MAX C)定量。土壤有效性磷以Bray No.1方法萃取<sup>(9)</sup>，土壤陽離子(鉀、鈣、鎂、鈉)以1 M醋酸銨(pH 7.0)抽出<sup>(5,6)</sup>，土壤銅、錳、鋅和鐵以0.1 N鹽酸萃取，各取濾液分別以感應耦合電漿光譜分析儀(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry; ICP-AES, HORIBA JOBIN- YVON ULTIMA 2)定量分析。

## 結果與討論

### 一、土壤樣品來源分析

分析2015-2017年本場農民土壤肥力分析資料庫，將土地利用類型區分為水稻、蔬菜、果樹、花卉、雜糧、特作和休耕，計有6,584筆分析資料。樣本送驗管道可分為自行送驗或以農民團體、合作社(場)、農業產銷班團體送件，其中自行送驗和團體送件比率分別為46%和54%。以臺中市團體送件率最高，達73%；臺中市分析資料以果樹利用最多(葡萄、梨、柑桔)，佔47%，其次為蔬菜(23%)和水稻(18%)。彰化縣樣品則以果樹(40%)、蔬菜(29%)、水稻(15%)為大宗。南投縣果樹樣品佔38%，依次為蔬菜(29%)和特作(茶)(23%)利用類型最多。土壤樣品來源臺中市主要為新社、東勢和石岡等區；彰化地區主要為二林、溪湖、埔心和大村等鄉鎮；南投縣主要資料來自名間、仁愛、信義、集集和魚池等鄉鎮(見表一)。

表一、土壤樣品來源

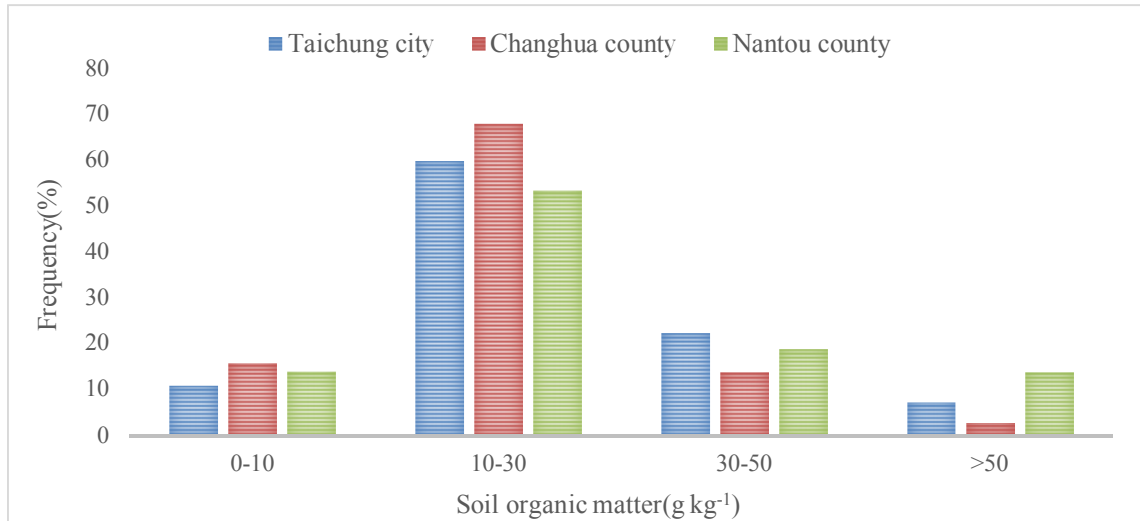
Table 1. The sources of soil samples

Area	1	2	3	4	5	6	7	8
Taichung city	Dongshi 19.5	Xinshe 13.7	Wuri 10.0	Dajia 9.2	Shigang 9.2	Waipu 8.4	Heping 6.5	Dadu 3.8
Changhua county	Dacun 16	Erlin 11.4	Xihu 9.7	Puxin 7.6	Pitou 5.9	Puyan 5.5	Shetou 3.8	
Nantou county	Ren'ai 16.7	Zhushan 15.6	Mingjian 13.0	Puli 11.5	Guoxing 10.4	Zhongliao 7.8	Xinyi 7.3	Yuchi 3.6

## 二、土壤有機質含量之變化

土壤有機質的來源十分廣泛，包括動物、植物、微生物的生物殘體及其分泌物、排泄物等，但不同土壤差異較大，且有機質來源不同，其積累數量、性質以及對土壤的影響也不相同。由中、彰、投地區土壤有機質含量分布頻度(圖一)顯示，土壤有機質含量 $10-30 \text{ g kg}^{-1}$ 者分佔各行政區的60%、68%、53%。土壤有機質含量高於 $30 \text{ g kg}^{-1}$ 者比例以南投縣最高(33%)，臺中市次之(30%)，而以彰化縣最低(17%)，且僅佔南投縣1/2。與過去農業試驗所作農田肥力調查結果，有機物含量在3%以上者僅佔耕地土壤8%，有顯著增加的現象。中、彰、投地區表、底土平均土壤有機質含量為2.68、2.27、2.18、1.71、3.29、2.70%。

土壤有機質含量分布頻度之差異，推測與土地利用類型有關，本次分析資料中，南投縣多數樣品來自山地鄉，因未經農業活動和因當地氣候特性，土壤有機質較能保存下來。而臺中市多數樣品來自果樹栽培區域，在技術推廣活動、農業專業訓練課程或專家指導下，常灌輸土壤有機質對農作物品質和產量之助益，故多數從農人員在冬末皆會補充腐熟有機質肥料。另彰化縣之土地利用多元，是臺灣主要水田和蔬菜生產基地，水田管理不同於果樹栽植區域重視有機物的補充，故高有機質含量之土壤比例較低。經研究指出，在稻田土壤施用堆肥對土壤有機碳的蓄積較三要素高<sup>(1)</sup>。蔬菜在複種指數高的條件下，雖多數於基肥時補充有機物，但由於過度追求有機物的氮素供應能力，多數選擇植物渣粕類肥料(5-01)或混合有機質肥料(5-12)，且在旱田環境下，故土壤有機物分解相對較快。分析資料亦顯示，三地區之土壤有機質含量都表現出明顯的非對稱分布，表土層平均有機質含量是底土的1.17-1.27倍；顯示施肥方法是未來進行教育推廣更應強調的重點。

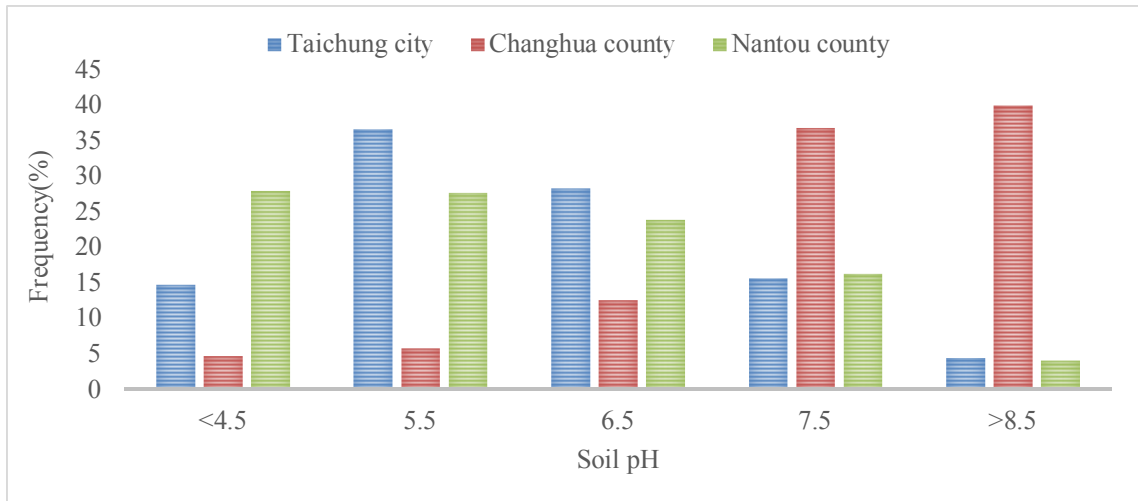


圖一、臺中地區土壤有機質含量分布頻度。

Fig. 1. The frequency of soil organic matter in Taichung district area.

### 三、土壤酸鹼值變化

據土壤調查報告書<sup>(3,4)</sup>，濁水河流域之彰化縣南半部為石灰性粘板岩沖積土，土壤呈微鹼性至中鹼性反應。大肚溪與濁水河流域之彰化縣北半部沖積平原，為砂頁岩與粘板岩混合沖積土，土壤呈微酸性至中性反應。臺中盆地為非石灰性砂頁岩沖積土，土壤呈微酸性反應。八卦山、大肚山、新社、后里和埔里大坪頂等台地為紅壤分佈，土壤呈強酸性反應。台地邊緣及丘陵山坡地，則為面積頗大之黃壤分佈，土壤呈酸性反應。至於高山地區則屬於林地砍伐後之森林土壤。由臺中地區土壤酸鹼值分布頻度(圖二)可現，土壤酸鹼值深受母質影響。另值得關注的是，由各行政區表和底土平均酸鹼值變化顯示，臺中市和南投縣表土酸鹼值高於底土，彰化縣恰好相反，應可反應不同土壤管理措施造成之影響。換句話說，石灰資材的使用除可改良土壤酸度，亦兼具補充農業活動所致之土壤酸化現象。在彰化縣果樹栽培區域表土土壤酸鹼值較底土約降低0.2個單位(表土6.66、底土6.88)，存在土壤酸化風險，防止土壤酸化是重要課題。有關施肥種類和施用量對土壤酸鹼值影響有不少研究，在施用氮肥下，2-3年內土壤酸鹼值開始下降<sup>(7)</sup>，化肥和有機質肥料混合對防止土壤酸化有一定的緩衝作用。



圖二、臺中地區土壤酸鹼值分布頻度。

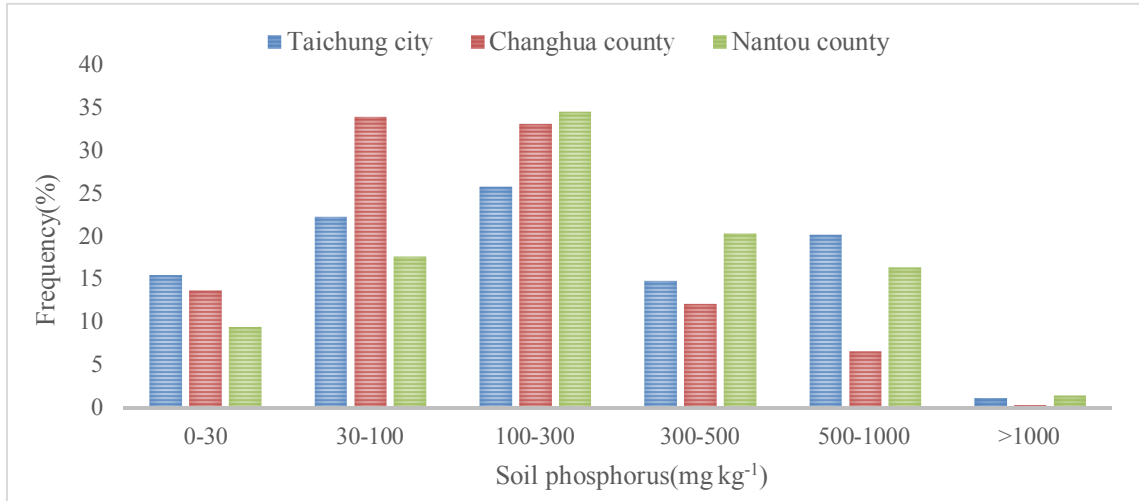
Fig. 2. The frequency of soil pH in Taichung district area.

#### 四、養分在土壤中的積累狀況

臺中地區土壤Bray-1磷含量大多處於豐富水平(圖三)，高於 $30 \text{ mg kg}^{-1}$ 者佔各行政區8成以上，其中南投縣更高達91%。臺中市土壤Bray-1磷含量範圍為 $1.76\text{-}1,922 \text{ mg kg}^{-1}$ ，平均含量為 $282 \text{ mg kg}^{-1}$ 。彰化縣土壤Bray-1磷含量範圍為 $0\text{-}1,316 \text{ mg kg}^{-1}$ ，平均含量為 $160 \text{ mg kg}^{-1}$ 。南投縣土壤Bray-1磷含量範圍為 $1.50\text{-}2,174 \text{ mg kg}^{-1}$ ，平均含量為 $288 \text{ mg kg}^{-1}$ 。磷是作物的必要營養要素，也是肥料三要素之一。施肥、作物吸收及土壤固定是影響土壤磷平衡最主要因素。資料顯示，土壤Bray-1磷量和栽植作物種類相關性大，土壤Bray-1磷含量最高者在臺中市和彰化縣大致落在果樹利用類型土壤，南投縣則為果樹和蔬菜區域。磷在剖面的分布以表土聚積為主，臺中市、彰化縣、南投縣表、底土平均Bray-1磷含量各為 $258$ 、 $339$ 、 $162$ 、 $153$ 、 $302$ 和 $261 \text{ mg kg}^{-1}$ 。過量施肥及表土施肥方式造成土壤中Bray-1磷含量普遍偏高，顯著超過作物的磷需求量，在校準試驗中顯示Bray-1磷含量高於 $50 \text{ mg kg}^{-1}$ 時，施磷效應甚微<sup>(2)</sup>。因資料庫中，多數水稻土壤樣品並無進行底土採集分析，故無法映證肥料向底土移動現象。

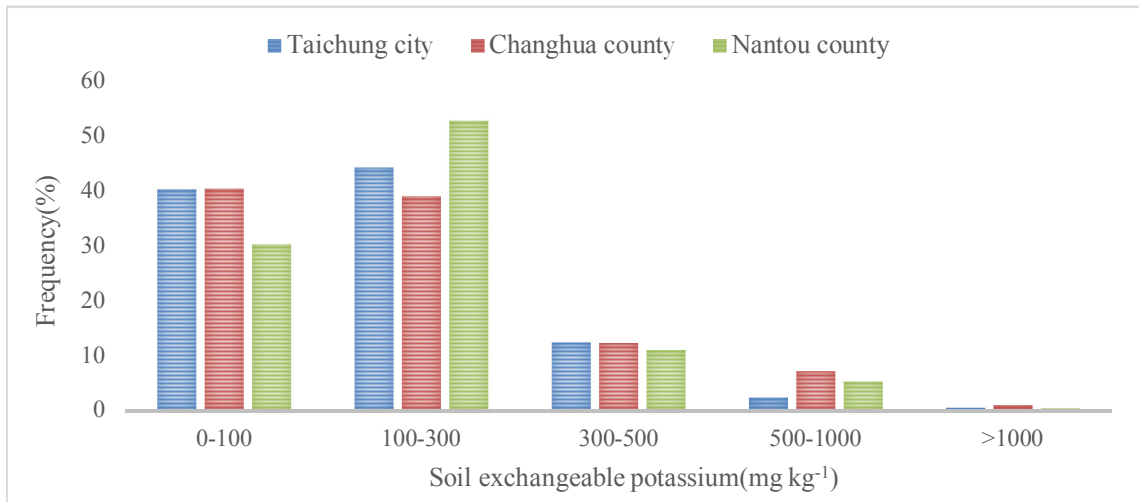
鉀肥施用並無氮肥施入土壤後所顯現損失途徑多、利用率低和不易在土壤殘留的特性，亦無磷肥易被土壤固定的性質，因此，施肥對於土壤交換性鉀含量變化趨勢不同於氮和磷兩者。圖四顯示臺中地區土壤交換性鉀含量之分布頻度，臺中市、彰化縣和南投縣分別有68、68、65%樣品土壤交換性鉀含量落於 $0\text{-}200 \text{ mg kg}^{-1}$ ，且土壤平均含量為 $174$ 、 $201$ 、 $198 \text{ mg kg}^{-1}$ 。臺中市和彰化縣表土交換性鉀平均含量和底土差異小(臺中市表、底土約略等量( $174$ 、 $174.2$

mg kg<sup>-1</sup>)、彰化縣(202.9、193.2 mg kg<sup>-1</sup>)，但南投縣表土交換性含量則高於底土(211.3、171.4 mg kg<sup>-1</sup>)。



圖三、臺中地區土壤 Bray-1 磷含量分布頻度。

Fig. 3. The frequency of soil Bray-1 phosphorus in Taichung district area.



圖四、臺中地區土壤交換性鉀含量分布頻度。

Fig. 4. The frequency of soil exchangeable potassium in Taichung district area.

一般而言，以表、底土分組比較土壤各種養分平均含量(表二)結果顯示，中、彰和投行政區皆是表土含量高於底土。

土壤養分的流佈途徑可大致劃分為固定、流失和植物利用，為改善養分累積效應，可暫時降低肥料慣用量；以磷肥為例，若以複合肥料是常用肥料種類者，可以5-10-20或16-8-12肥料取代15-15-15肥料量；針對需磷量較高的果樹作物建議加深土層有效深度，以表底土混合以降低表土高濃度磷量。若養分累積效應已高達危害作物生長，建議以灌水洗鹽或栽植綠肥作物予以移除，亦可觀察作物生長狀況，適時以葉面施肥方式補充，而降低土壤施用量。

表二、臺中地區土壤養分平均含量

Table 2. Soil nutrient contents in Taichung district area

Area	Soil horizon	Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )
Taichung city	Top soil	1,121	147	11	54	17	629
	Subsoil	920	132	6.9	45	13	446
Changhua county	Top soil	2,702	268	18	139	27	650
	Subsoil	2,721	199	7.9	131	19	442
Nantou county	Top soil	1,131	136	15	76	19	597
	Subsoil	872	121	6.4	64	11	436

表三、臺中地區土壤有效性銅含量等級區分表

Table 3. The frequency of rank groups of soil copper content in Taichung district area

Area	Frequency (%)			
	Shortage + Low <11 (mg kg <sup>-1</sup> )	Medium 12-20 (mg kg <sup>-1</sup> )	High 21-100 (mg kg <sup>-1</sup> )	Toxic >100 (mg kg <sup>-1</sup> )
Taichung city	92.1	4.8	3.2	0.0
Changhua county	76.1	20.4	3.5	0.0
Nantou county	89.1	8.5	2.4	0.0

表四、臺中地區土壤有效性鋅含量等級區分表

Table 4. The frequency of rank groups of soil zinc content in Taichung district area

Area	Frequency (%)			
	Shortage + Low <10 (mg kg <sup>-1</sup> )	Medium 11-25 (mg kg <sup>-1</sup> )	High 26-80 (mg kg <sup>-1</sup> )	Toxic >80 (mg kg <sup>-1</sup> )
Taichung city	54.9	32.0	13.1	0.0
Changhua county	34.4	38.3	27.2	0.1
Nantou county	57.6	28.2	14.2	0.0

行政院環保署所公佈之土壤中重金屬含量標準與等級區分表中，以0.1 M HCl可萃取之重金屬量屬土壤中植物可能吸收者。表三及表四為資料庫中不同土壤銅鋅含量之分布頻度，如依不足、低、中、高和毒害等級判斷，臺中市樣品有92% 0.1 M HCl可萃取銅在缺乏和低

量等級範圍，南投縣則為89%，彰化縣為76%；另彰化縣樣品有高達20%落在中量範圍。0.1M HCl可萃取鋅含量在缺乏和低量等級者，臺中和南投約佔樣品5成，彰化則為34%；其中彰化有較高比率含高量鋅樣品，且遠超過臺中和南投二行政區。彰化縣0.1 M HCl可萃取銅及鋅含量分布頻度皆屬偏高。

將銅和鋅含量予以分級，結果顯示多數(近9成7)土壤銅含量小於20 mg kg<sup>-1</sup>，惟需注意土壤鋅含量有較高比例逾越50 mg kg<sup>-1</sup>。以表土和底土分組比較，兩種重金屬在各行政區皆是表土含量高於底土；顯示重金屬在土壤的累積問題來自外在因素，且重金屬在土壤中不易移動。禽畜糞堆肥往往以銅、鋅、鉻和鎳含量較高。銅、鋅、鉻、鎳之來源主要為飼料中銅、鋅之過量添加，以自配料中銅鋅含量較高所致；在堆肥製作過程中若添加皮革粉，則會增高鉻之含量。因此，有機質肥料中重金屬在農田表土的累積問題值得注意。

## 參考文獻

1. 林家棻、李子純、張愛華、陳卿英 1973 長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻穀收量之影響 農業研究 22: 241-292。
2. 郭鴻裕、劉滄琴、朱戩良、江志峰 2005 雲嘉南農田土壤及其特性肥料特性與合理化施肥要領 行政院農業委員會臺南區農業改良場技術專刊132號 p.3-23。
3. 臺灣省政府農林廳山地農牧局 1969 平地土壤調查報告-彰化縣 南投 臺灣。
4. 臺灣省政府農林廳山地農牧局 1976 平地土壤調查報告-台中南投 南投 臺灣。
5. Kundsén, D. and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc., New York.
6. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. p.247-262. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2. Academic Press, Inc., New York.
7. Marinari S., R. Mancinelli, E. Campiglia, and S. Grego. 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. Ecological Indicators. 6: 701-711.
8. Manna, M.C. A. Swarup, R.H.Wanjari, B.Mishra and D.K.Sahi. 2007. Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields. Soil and Tillage Research. 94: 397-409
9. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-430. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc., New York.



10. Rothamsted experimental station. Report for 1968, Part2. Richard Clay, Ltd. UK.
11. Rothamsted Research. 2006. Guide to the classical and other long-term experiments, datasets and sample archive. Lawes Agricultural Trust Co. Ltd. UK.

# The Soil Fertility in Taichung Distric Area<sup>1</sup>

Ya-Wen Kuo, You-Hong Zeng<sup>2</sup> and Hong-Tang Chen<sup>3</sup>

## ABSTRACT

This study investigated soil nutrients and organic matter in Taichung Distric Area by using the data of soil analysis. The results showed that the proportion of soil organic matter content at 30 g kg<sup>-1</sup> was significantly higher than before and the content of soil organic matter was asymmetric distribution. Soil pH was affected by parent materials, and data showed there was a tendency for soil acidfy under the orchids in Changhwa county. The soil phosphorus content was related to the crop. The soil phosphorus level under orchids was higher than cropland and it accumulated in topsoil. The distribution of exchangeable potassium in soil profile showed that the content of topsoil was equal to or higher than the subsoil's. The results indicated cultivation increased nutrients such as magnesium in the soil. In addition, the soil copper level under 20 mg kg<sup>-1</sup>, but the soil zinc content has a higher proportion of the exceeded(>25 mg kg<sup>-1</sup>).

**Key words:** soil fertility, fertilization, accumulation

---

<sup>1</sup>Contribution No.0946 from Taichung DARES, COA.

<sup>2</sup>Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

<sup>3</sup>Former Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.