

土壤改良資材應用於文旦柚果園改良之研究¹

賴文龍、郭雅紋²

摘 要

台中地區紅壤土壤面積約400平方公里，土壤酸性強，土壤黏重而密實，較不適果樹栽培。本場自2006年起，於台中縣大雅鄉六寶村紅壤土類之陳厝寮系，進行文旦柚果園應用土壤改良資材改良試驗。經過連續三年施用改良後，結果顯示施用白雲石粉、SH土壤添加物(SH soil)及有機肥料資材處理，皆可提升土壤酸鹼度(pH值)約0.31~1.44個單位；而對土壤交換性鈣提升59~643 mg/kg，缺鎂之紅壤經施用土壤改良資材後對土壤交換性鎂微增20~73 mg/kg。且對文旦柚果實糖度提升0.2~1.32 °Brix，及果實增產9.3~55.5%之產量。於酸性土壤果園施用土壤改良等資材並翻耕入土壤中改良，有效提升土壤肥力，克服紅壤的不良特性，並有助文旦柚果樹根系伸展，養分吸收利用，提高果實產量及品質。

關鍵字：文旦柚、有機肥料、土壤改良資材。

前 言

文旦柚(*Citrus grandis* L. Osbeck)屬於芸香科(Rutaceae)，英文名為Wentan pomelo或Buntan shaddock，原產中國華南地區，台灣在清朝乾隆53年(西元1788年)，由黃權自廣東引進⁽¹⁰⁾。文旦柚於2~3月開花，8~9月果實成熟採收，果實重量約600~700公克/粒，果皮淡黃色，果肉淡黃白色，酸度約0.45%，風味佳^(10,19)。文旦柚果樹為多年生之作物，每年果實產量甚多，所以需肥量大，由土壤長期供應果樹需求之礦物養分，提供足夠三要素之需求。若無適當的肥培及土壤管理，則很難獲得較多品質好的果實產量，因此，依果樹生育期營養狀況，適量施追肥^(5,20)。影響文旦柚產量與品質之因素甚多，如品種、砧木、樹齡、氣溫、日照、雨量、濕度、風速、果園方位、土壤理化性質、施肥、整枝、條剪、灌溉、病蟲害、採收期及貯藏時間等^(7,15)。

台灣之果農肥培管理上，長期偏用化學肥料且過量施用，以致土壤逐漸酸化劣變，嚴重影響果樹生長、果實產量及品質不佳^(14,16)，因此，果園土壤肥培管理，儼然已成生產高品質果實的重要因素。據農試所調查結果顯示，台灣耕地面積中約近35%及山坡地土壤約有76%為強酸性土壤(pH<5.5)，故強酸性土壤為台灣最大宗的問題土壤^(6,8)。強酸性土壤具有強的固定磷能力及低肥力特性，往往不利作物的生長，進而影響作物的產量與品質^(3,9,13)。中部地

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0741 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員。

區文旦柚生產地，屬於酸性土壤，在一般肥培管理下果實品質無法提升，且可能受肥培管理不當而衍生諸多土壤問題，致影響文旦柚營養吸收與生長。環境對作物的生長具有先天性的影響，而人為的管理與栽培技術也極為重要，本研究針對文旦柚果園土壤酸化之情形，探討施用土壤改良資材對土壤肥力之影響，以期促進果樹生長，提升文旦柚產量與果實品質，並供文旦柚及有關果樹園土壤肥培管理之參考。

材料與方法

田間設計及肥培管理

本試驗於臺中縣大雅鄉六寶村，八年生文旦柚果園進行，自2006年1月至2009年12月止，計三年之田間試驗。試驗設六處理，三重複，採用逢機完全區集排列，每處理選中庸2株，處理間設緩衝株1棵。

土壤改良資材每株用量為有機肥料20 kg/plant，白雲石粉10 kg/plant，SH土壤添加物10 kg/plant，於施基肥前20天撒施，並翻入土壤中，約於每年1月施用。氮肥用硫酸銨，磷肥用過磷酸鈣，鉀肥用硫酸鉀，化學肥料按照農民慣用法施用，經換算為每年每株施用用量，N：0.2 kg，P₂O₅：0.15 kg，K₂O：0.23 kg。施肥時期及分配率(%)，依作物施肥手冊行之⁽²⁾。

表一、試驗處理

Table 1. Fertilization treatments

Treatment	Application rate
OF+SH	20 kg/plant organic fertilizer+10 kg/plant SH soil
OF+L	20 kg/plant organic fertilizer+10 kg/plant dolomite
OF	20 kg/plant organic fertilizer
SH	10 kg/plant SH soil
L	10 kg/plant dolomite
CK	Control, without application any amendment

試區土壤性質

試區土壤屬於洪積層發育而成之紅棕色強酸性土壤，為陳厝寮系(Chentsoliao Series)，排水良好，土壤質地為粉質黏壤土。試驗前果園之土壤pH值4.84、有機質含量25 g/kg、土壤磷有效性含量34 mg/kg、交換性鉀90 mg/kg、交換性鈣321 mg/kg、交換性鎂88 mg/kg。

調查及分析項目

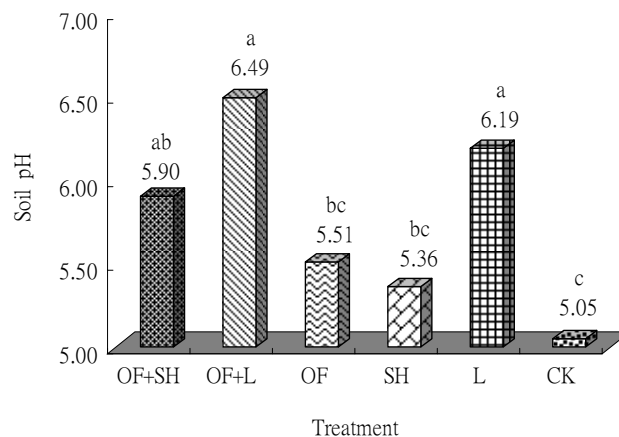
土壤樣本以逢機採取文旦柚樹冠周圍之表土(0~20 cm)、風乾過篩(2 mm)，分析其基本性質。pH值以玻璃電極法測定水：土(v:w)=1:1⁽¹²⁾；有機質以Walkley-Black法測定⁽²⁶⁾；有效性磷含量以白雷氏第1法(Bray P1 Method)測定⁽¹²⁾；交換性鉀、鈣、鎂以1 M中性醋酸銨萃取，再以原子吸收光譜儀(atomic adsorption spectrometry, AAS)和火焰光度計(flame emission spectrometry, FA)測定⁽²⁴⁾。

文旦柚葉片樣本係以逢機方式每株採取當年生春梢無結果枝第3或第4片葉，清洗後以60°C烘乾磨粉，分析其要素含量。氮之定量以濃硫酸消化分解後，用微量擴散法測定，磷、鉀、鈣、鎂之測定則先經過硝酸、硫酸與過氧酸(4:1:1)等三酸混合液分解，磷以鉬黃法定量，鉀以焰光分析法，鈣及鎂則用原子吸光法測定^(4,11)。

結果與討論

對文旦柚果園土壤肥力之影響

本試驗區之土壤屬於洪積土層發育而成之強酸性紅壤土，經過連續三年施用土壤資材處理後調查，以有機肥料+白雲石粉(OF+L)處理土壤pH值6.49最高，依次為白雲石粉(L)之處理(pH: 6.19)，有機肥料+SH土壤添加物(OF+SH soil)處理(pH: 5.90)，對照處理土壤pH值5.05最低，各處理間土壤pH值呈顯著差異(圖一)。顯示於酸性土壤果園施基肥20天前施白雲石粉、SH土壤添加物及有機肥料等資材，可提升土壤pH值，比對照增加約0.31~1.44個單位。土壤pH 5.5~6.5時之營養要素的有效性較大，當施用石灰性資材時，除可提高土壤pH外，並可促進作物吸收營養素^(23,27)。施白雲石粉或石灰之功用直接提供土壤鈣及鎂兩種元素，而鈣離子又有中和土壤酸性的功能，因此，可改良土壤性質，提高土壤pH值^(13,25)。台灣的柑桔園土壤在經過長期耕作及肥培管理之後，已使大多果園土壤pH值降至5.2以下，成為所謂之強酸性土壤⁽¹⁵⁾。據黃(1983)的研究也指出，於酸性土壤柑桔果園連續三年施用白雲石粉或石灰，平均可提高土壤pH值達0.6~0.9個單位⁽¹⁵⁾。

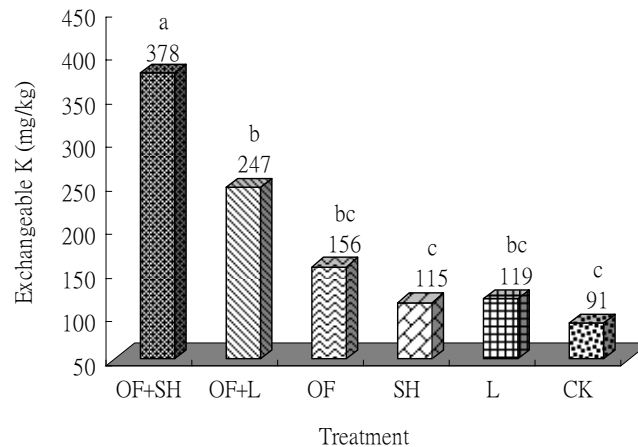


圖一、施用土壤改良資材對土壤 pH 值之關係。

Fig. 1. Effect of soil amendments on soil pH.

土壤有機質以施有機肥料+SH土壤添加物(OF+SH soil)處理之土壤有機質含量30 g/kg最高，其次為施有機肥料處理土壤有機質含量23.7 g/kg及施SH土壤添加物(SH soil)處理土壤有機質含量23.3 g/kg，對照處理土壤有機質含量22.7 g/kg，而施有機肥料+白雲石粉(OF+L)及單施白雲石粉(L)處理之土壤有機質含量分別為22.0 g/kg及21.3 g/kg最低。顯示於酸性土壤施白雲石粉進行果園土壤改良，會加速土壤有機質分解而減少土壤有機質含量。

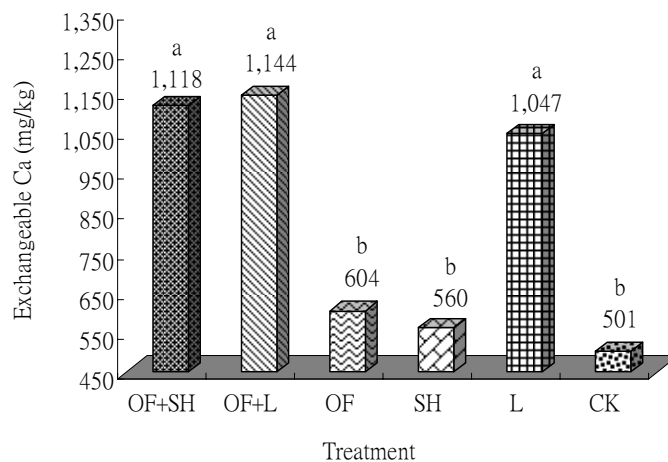
土壤交換性鉀含量，以施有機肥料+SH土壤添加物(OF+SH soil)處理者最高，其次為有機肥料+白雲石粉(OF+L)處理，其餘處理間差異不顯著(圖二)。顯示施加有機肥料之處理土壤鉀含量有增加之效果，與蔡等(1990)在紅壤施用有機質改良資材可增加土壤中磷、鉀、鈣及鎂等營養素含量及有效性之結果一致⁽¹⁸⁾。



圖二、施用土壤改良資材對土壤鉀之關係。

Fig. 2. Effect of soil amendments on soil K.

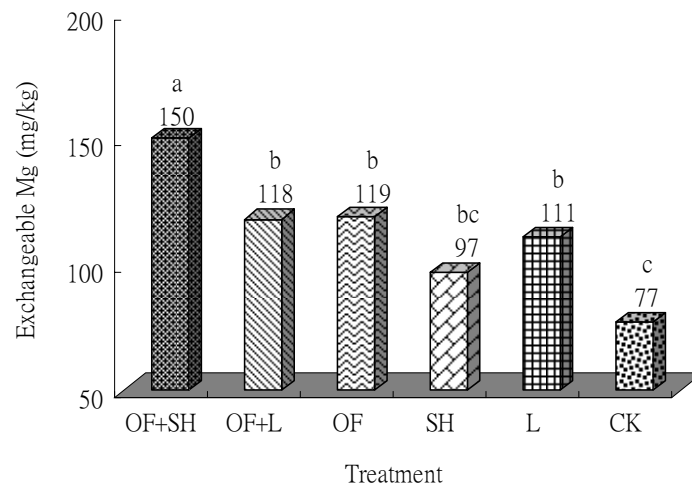
施用白雲石粉處理之土壤交換性鈣比對照區增加達1倍以上，施有機肥料+SH土壤添加物(OF+SH soil)處理為1,118 mg/kg、有機肥料+白雲石粉(OF+L)處理為1,144 mg/kg及白雲石粉(L)處理之土壤交換性鈣1,047 mg/kg含量最高，上述三處理間則沒有差異。只施有機肥料(OF)、SH土壤添加物(SH soil)及對照(CK)等處理土壤交換性鈣含量較低，對增加土壤交換性鈣含量之效果不顯著(圖三)。顯示於酸性土壤施土壤改良資材之白雲石粉每株10 kg量，對改良土壤理化性有助提高土壤肥效利用。



圖三、施用土壤改良資材對土壤鈣之關係。

Fig. 3. Effect of soil amendments on soil Ca.

對土壤交換性鎂含量而言，施用有機肥料+SH土壤添加物(OF+SH soil)處理比對照區處理增加達1倍以上，而施用有機肥料+白雲石粉(OF+L)、單獨有機肥料(OF)及白雲石粉(L)處理之土壤交換性鈣含量均較對照區增加34~42 mg/kg，土壤pH亦提高0.46~1.44個單位(圖一及圖四)，顯示施用含氧化鎂成分較高之改良資材，對土壤交換性鈣及鎂含量及土壤pH均有提昇效果。據劉(2004)之研究指出，花蓮地區之文旦柚果園土壤肥力適宜範圍為土壤pH值5.5~6.5、土壤有機質含量20~30 g/kg、土壤磷含量10~20 mg/kg、土壤鉀含量30~50 mg/kg、土壤鈣含量570~1,140 mg/kg、土壤鎂含量50~100 mg/kg⁽¹⁷⁾，顯示在酸性土壤文旦柚果園於施基肥20天前，先將土壤改良資材均勻撒施樹冠下，並翻耕深入土壤中改良，有效提升土壤肥力，應有助於文旦柚果樹生育期間吸收養分，並利於根系生長。



圖四、施用土壤改良資材對土壤鎂之關係。
Fig. 4. Effect of soil amendments on soil Mg.

對文旦柚葉片養分濃度之影響

本試驗於7月下旬所採文旦柚非結果枝第3或第4片葉之新成熟葉⁽¹⁷⁾之養分濃度如表二所示。施有機肥料+白雲石粉(OF+L)處理及施有機肥料+SH土壤添加物(OF+SH soil)處理之葉氮濃度分別為18.8及18.0 g/kg，為各處理中之最高者，且均較對照處理增加2.3~3.1 g/kg，其餘處理間差異不顯著。顯示施石灰改良質材時配合有機肥料施用，有助於文旦柚果樹氮之吸收。

葉之鉀濃度以對照(CK)處理濃度20.6 g/kg最高，其次白雲石粉(L)，施用有機肥料+SH土壤添加物(OF+SH soil)之處理，為19.2及18.4 g/kg，施有機肥料(OF)處理濃度最低。

葉之鈣濃度以有機肥料處理(OF)最高(33.6 g/kg)，其次為白雲石粉(L)及SH土壤添加物(SH soil)處理，施有機肥料+白雲石粉(OF+L)處理及對照(CK)處理最低，各處理間則呈顯著差異。顯示石灰及有機肥料之處理並不能增加鈣之吸收。

葉之鎂以有機肥料(OF)、有機肥料+SH土壤添加物(OF+SH soil)及SH土壤添加物(SH soil)處理最高，施白雲石粉(L)處理之葉鎂濃度2.1 g/kg最低，各處理間呈顯著差異，施白雲石粉後文旦柚未提升鎂吸收量。

文旦柚葉片鎂濃度為2.1 g/kg時，較適宜範圍2.6~5.0 g/kg為低，呈缺鎂症狀，顯示文旦柚對鎂需求較多。據謝(1990)之研究指出，柑桔之葉鎂濃度不足時，可由葉面噴施1~2%硫酸鎂2~4次或春梢長出約2/3時噴施1%硝酸鎂以防止缺鎂⁽²¹⁾。

葉之鐵濃度，以施有機肥料(OF)處理最高，施有機肥料+白雲石粉(OF+L)處理葉之鐵濃度最低。其餘銅、錳、鋅等微量元素之濃度各處理均無差異。文旦柚植株葉片各種元素濃度適宜範圍為氮22.0~25.0 g/kg、磷1.2~1.8 g/kg、鉀14.0~17.0 g/kg、鈣25.0~45.0 g/kg、鎂2.6~5.0 g/kg、鐵60~120 mg/kg、錳25~200 mg/kg、銅5~16 mg/kg、鋅25~100 mg/kg^(1,17,22)。本試區處理葉之氮濃度介於14.9~18.8 g/kg與上述文旦柚葉氮濃度適宜範圍比較，似有不足現象，但文旦柚果樹營養生長過於旺盛則果粒過於肥大而影響品質及商品價值甚鉅，因此，如葉之氮濃度25.0 g/kg以上，表示營養生長過盛，因充分提供養分促使果實肥大，則不利於銷售及果肉品質。葉之氮濃度低於18.0 g/kg時，生產之文旦柚果粒重在500~600 g/fruit，果粒大小最佳。葉之鉀濃度為16.8~20.6 g/kg及葉之鐵濃度為120~172 mg/kg略有過量吸收，葉之錳濃度9~16 mg/kg及葉之銅濃度3.7~4.0 mg/kg比適宜範圍均低，似不足，顯示於紅壤之果園施用土壤改良資材後，文旦柚植株生育期對鉀吸收過量而抑制對氮的吸收而呈不足現象。試區經施用土壤改良資材處理後，對果園土壤pH值略有提升改善土壤理化性質，促使文旦柚果樹對土壤中微量元素有增加吸收趨勢。

表二、文旦柚葉片養分之濃度

Table 2. Nutrient contents in wentan pomelo leaf

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	g/kg				mg/kg				
OF+SH	18.0a ²	1.5a	18.4b	26.8bc	2.7a	4.0a	10a	29a	142bc
OF+L	18.8a	1.4a	18.2bc	24.5c	2.5ab	4.0a	9a	22a	120c
OF	14.9b	1.6a	16.8c	33.6a	2.9a	4.0a	16a	39a	172a
SH	15.4b	1.5a	18.3bc	29.2ab	2.7a	4.0a	15a	31a	168ab
L	14.6b	1.5a	19.2ab	30.9ab	2.1b	4.0a	13a	39a	140bc
CK	15.7b	1.5a	20.6a	24.0c	2.6a	3.7a	13a	31a	167ab

¹ The same as Table 1.

² Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

對文旦柚園藝性狀之影響

土壤經施用土壤改良資材處理，由文旦柚園藝性狀(表三)顯示，以施用SH土壤添加物(SH soil)處理果實產量63.3 kg/plant最高，比對照處理增產55.5% (22.6 kg/plant)，其次為施有機肥料+白雲石粉(OF+L)處理及有機肥料(OF)處理，分別比對照處理增產25.3% (10.3 kg/plant)

及25.1% (10.2 kg/plant)，而對照處理40.7 kg/plant果實產量最低，且處理間呈顯著性差異。顯示在強酸性土壤果園施用土壤改良資材後對文旦柚果樹有增產效果。文旦柚每株果粒數顯示，以施用SH土壤添加物(SH soil)處理之果粒數91.8 fruit/plant最多，比對照處理增加24.0 fruit/plant，其次施有機肥料+白雲石粉(OF+L)處理比對照處理增加17.9 fruit/plant，而對照處理果粒數67.8 fruit/plant最低，顯示在強酸性土壤果園施用土壤改良資材改良後對文旦柚果樹開花著果率均有顯著增加效果。

施用不同土壤改良質材後對文旦柚之果皮厚度，以施用有機肥料(OF)及有機肥料+白雲石粉(OF+L)處理者最薄，而施有機肥料+SH土壤添加物(OF+SH soil)及SH土壤添加物(SH soil)處理者最厚，顯示施用SH土壤添加物(SH soil)，會增加果皮厚度，而施有機肥料及白雲石粉等資材，可使文旦柚果皮較薄，因而改善文旦柚之品質。果實之糖度，以白雲石粉(L)處理10.17 °Brix最高，而對照處理8.85 °Brix最低。顯示施用土壤改良資材後對文旦柚果實糖度可提升0.2~1.32 °Brix。其原因為酸性土壤果園經施土壤改良資材後，增加土壤中各種養分之有效性，促使文旦柚生育後期果實吸收較多養分而提高果實糖度。因此，於強酸性土壤之文旦柚果園施用土壤改良資材，有助文旦柚果實品質提升。

表三、文旦柚園藝性狀調查

Table 3. Horticultural characteristic of wentan pomelo fruit

Treatment ¹	Fruit number (fruit/plant)	Fruit weight (g/fruit)	Thickness of peel (mm)	Sugar content (°Brix)	Acidity (%)	Sugar /acidity (%)	Yield (kg/plant)	Index (%)
OF+SH	72.2bc ²	648.7a	12.6a	9.75ab	0.51ab	19.1	44.7bc	109.8
OF+L	85.7ab	597.6a	10.6cd	9.49b	0.60a	15.8	51.0b	125.3
OF	78.8bc	644.8a	10.3d	9.91ab	0.47b	21.1	50.9b	125.1
SH	91.8a	685.4a	12.0ab	9.05bc	0.49b	18.5	63.3a	155.5
L	68.3c	652.8a	11.1bc	10.17a	0.45b	22.6	44.5bc	109.3
CK	67.8c	657.0a	11.3bc	8.85c	0.53ab	16.7	40.7c	100.0

¹The same as Table 1.

² Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

誌 謝

本試驗研究之田間工作、土壤、植物體分析及報告統計，承蒙本場土壤肥料研究同仁協助，在此謹致誠摯謝意。

參考文獻

1. 王銀波 1990 葉片與土壤分析在果園之應用 p.45-59 果樹營養與果園土壤管理研討會專集 臺中區農業改良場編印。

2. 作物施肥手冊 2005 柑桔 p.50-53 中華肥料協會編印 台中。
3. 吳振記、陳仁炫 2006 台灣地區強酸性土壤石灰需要量模式之建立 p.443-458 第六屆海峽兩岸土壤與肥料學術交流研討會論文集(第一冊) 中華土壤肥料學會編印。
4. 李蘭帝 1966 大量植體樣本氮、磷、鉀之迅速測定法 中華農業研究 15: 1-5。
5. 邱再發 1973 植物營養與柑桔施肥 p.97-104 柑桔產銷講習會專刊 台灣農業研究中心。
6. 林家棻 1967 台灣省農田肥力測定 台灣省農業試驗所報告第28號。
7. 林慶喜、陳任芳 1992 文旦園土壤改良及肥培管理 p.7-80 花蓮區文旦柚常見營養障礙、生理異常及病蟲害圖鑑 花蓮區農業改良場編印。
8. 連深 1991 酸性土壤之利用與改良 p.263-276 土壤管理手冊 國立中興大學調查試驗中心編印。
9. 連深、王鐘和 1983 長期連用矽酸爐渣對水稻收量和土壤化學性質之影響 中華農業研究 32: 185-199。
10. 徐信次 1991 台灣果樹彩色圖說 p.147-148 台灣省農業試驗所特刊第33號。
11. 張淑賢 1981 本省現行植物分析法 p.53-59 作物需肥診斷技術 台灣省農業試驗所特刊第13號。
12. 張愛華 1981 本省現行土壤測定方法 p.9-26 作物需肥診斷技術 台灣省農業試驗所特刊第13號。
13. 郭魁士 1999 土壤學 中國書局印行。
14. 彭德昌 1995 有機質肥料不同施肥法對文旦柚品質與產量之影響 p.31-42 土壤肥料試驗報告 台灣省政府農林廳編印。
15. 黃文良 1983 本省柑桔土壤之酸化及其酸性來源 中華農業研究 32: 83-91。
16. 楊秋忠 1990 果園土壤有機質之功能與利用 p.65-72 果樹營養與果園土壤管理研討會專集 台中區農業改良場特刊第20號。
17. 劉啓祥 2004 文旦柚果園栽培管理 p.1-6 文旦柚加工利用專輯 花蓮區農業改良場編印。
18. 蔡宜峰、黃祥慶、黃山內 1990 中部地施紅壤改良之綜合研究 台中區農業改良場研究彙報 29: 49-60。
19. 譚克終 1989 最新果樹園藝學 p.488-490 正中書局。
20. 譚克終(譯) 1991 果樹之營養診斷與施肥 p.83-101 徐氏基金會。
21. 謝慶芳 1990 台灣中部地區果樹營養缺乏與過多症狀之調查 台中區農業改良場研究彙報 28: 3-22。
22. Embleton, T. W., W. W. Jones and R. G. Platt. 1978. Leaf analysis as a guide to citrus fertilization. In: Resinavor, H. M. ed., Soil and Plant Tissue Testing in California, University of California, p. 4-9.

23. Gregan, P. D., J. R. Hirth and M. K. Conyers. 1989. Amelion of soil acidity by liming and Other amendment. In "Soil Acidity and Plant Growth", Rohson, A.D. (eds.) p. 205-264.
24. Kundsén, D., G. A. Peterson and P. F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. IN: Methods of Soil Analysis. (A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney), Part II 2nd edition. ASA, Madison, Wisconsin, USA. p. 225-246.
25. Messick, D. L., M. M. Alley and L. W. Zelazny. 1984. Movement of Calcium and Magnesium in Ultisols from dolomitic limestone. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 1096-1101.
26. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, In: Methods of Soil Analysis. (A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney), Part II, 2nd edition. ASA, Madison, Wisconsin, USA. p. 539-579.
27. Sumner, M. S., H. Shahandeh, J. Bouton and J. Hammel. 1986. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1254-1258.

Effect of Application of Soil Amendments on Pomelo Fruit Quality ¹

Wen-Lung Lay and Ya-Wen Kuo ²

ABSTRACT

There are 4,000 hectares of red soils in Taichung area and one third of them is very acidic. Owing to the acidity of the soil, it isn't suitable for cultivation of crops. The purpose of this study was to correct the soil acidity by adding different amendments. The experiment was conducted in Chentsoliao Series soil located in Daya. Township. The amendments used were dolomitic limestone, SH mixture compost, and organic fertilizer. After 3 years of treatment the soil pH increased from 0.31 to 1.44 unit, compared with CK. The exchangeable calcium and magnesium of soil increased 59-643 mg/kg and 20-73 mg/kg, respectively.

Key words: wentan pomelo, organic fertilizer, soil amendment.

¹Contribution No. 0741 from Taichung DARES, COA.

²Assistant Researcher and Associate soil scientist of Taichung DARES, Changhua, Taiwan, ROC.