

# 椪柑園施用石灰之研究<sup>1</sup>

黃祥慶 蔡宜峰<sup>2</sup>

## 摘 要

為瞭解施用白雲石灰或石灰等土壤改良資材對椪柑果園土壤肥力，樹體營養狀況及果實品質之影響，在東勢地區強酸性果園經過連續三年試驗結果顯示，施用白雲石灰或石灰可提高土壤pH值及增加土壤交換性鈣及鎂含量，並增加椪柑葉片鈣及鎂含量，且白雲石灰或石灰對椪柑果實、果汁率、糖度及糖酸比之提高亦有顯著效果，每公頃施用1.5及3.0 ton間之效果並無差異。經由相關分析顯示，椪柑葉片中鉀與鈣及鎂，似有互為拮抗現象，而且椪柑果實糖度、酸度與葉片鉀、磷含量之間有顯著相關性。因此，施用白雲石灰或石灰對椪柑品質之影響是經由葉片鈣及鎂含量之增加而影響葉片鉀及磷之含量，進而間接影響椪柑果實糖、酸度含量。為使椪柑果實果汁率及糖酸比達到較高水準，白雲石灰或石灰施用量以1.5 ton/ha左右為宜。但為維持較高的土壤pH值及交換性鈣、鎂含量，每年連續施用較為適當。

## 前 言

柑桔為多年生果樹，每年果實產量甚多，所以需肥量很大。若無適當的肥培管理及土壤管理，則很難獲得量多品質好的果實產量<sup>(3)</sup>。又本省柑桔栽培多在丘陵坡地，土壤環境條件不佳，據新近調查發現，本省柑桔園除部分石灰母質土壤外，土壤pH值多已達5.2以下，屬強酸性反應<sup>(8)</sup>。土壤酸化對作物生長不利之因素甚多，郭氏<sup>(5)</sup>及諸多研究報告已有甚多敘述<sup>(8,14)</sup>，包括強酸性土壤中鐵、鋁及錳毒害作用，若干植物營養要素如磷、鉀、鈣、鎂之有效性降低及土壤有益微生物活性被抑制等。但一般而言，對於酸性土壤之改良，仍以施用石灰為最經濟有效的方法之一<sup>(5,6)</sup>。本試驗即針對椪柑果園土壤酸化之情形，酌予施用石灰及白雲石灰，以探討施用石灰改良土壤性質，對土壤肥力之影響。並研究石灰及白雲石灰對椪柑生育及樹體營養狀況與椪柑果實品質之影響，以供柑桔果園土壤管理之參考。

## 材料與方法

### 一、田間設計及肥培管理

本試驗設置於臺中縣東勢鎮茂興里張慶才農戶階段式六年生椪柑果園。自1972年1月至1974年12月止，計三年之田間試驗，設五處理，六重覆，採用逢機完全區集設計，每處理三棵，處理間設緩衝株一棵。白雲石灰(俗稱苦土石灰)及石灰處理均於每年椪柑採收後基肥施用前二星期撒施，並翻入土壤中，約於每年1月至2月施用。化學肥料及有機肥料均

<sup>1</sup>臺中區農業改良場研究報告 0172 號。

<sup>2</sup>臺中區農業改良場助理研究員及助理。

按照農民慣用法施用，經推算為每年每株施用量N：0.81kg/ha，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：0.51kg/ha，K<sub>2</sub>O：0.9kg/ha，豆餅：3kg。

## 二、試驗處理

Treatment	Applied rate		Contents (%)	
	kg/ha	kg/plant	CaO	MgO
A. Dolomite	1,500	3	54.5	8.22
B. Dolomite	3,000	6	54.5	8.22
C. Lime	1,500	3	54.2	7.74
D. Lime	3,000	6	54.2	7.74
E. Check	-	-	-	-

## 三、試區一般土壤性質

Soil depth (cm)	Soil texture	Soil reaction pH	Organic matter (%)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Exchangeable cation		
					K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Ca (m.e./100g)	Mg (m.e./100g)
0-15	CL	4.9	1.82	426.4	361.5	4.43	2.97
15-30	CL	5.2	0.89	78.5	132.0	2.41	2.29

## 四、調查及分析項目

椪柑葉片樣本係以逢機方式每株採取當年生春梢無結果枝第三或第四葉，清洗後以60°C烘乾磨粉，分析其要素含量，氮之定量以濃硫酸硝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<sup>(1)</sup>。土壤樣本以逢機採取椪柑樹冠周圍之表土(0~15cm)，風乾過篩(2mm)，分析其基本性質，包括土壤pH值以玻璃電極法測定(1:1水土比)，土壤有機質含量以比色法測定，有效性磷含量以白雷氏第一法(Bray No. 1)測定，土壤中交換性鉀、鈣、鎂含量則以孟立克氏法(Mehlich's)測定<sup>(10)</sup>。椪柑生育調查包括果樹徑圍、產量等，果實品質調查則包括果重、果肉率、果汁率、果皮率等項。果實品質分析按慣行法為之，糖度以屈折光度計測定，Brix%表示。酸度則取定量果汁以0.1 N NaOH及酚酞滴定至終點。

## 結果與討論

### 一、對土壤肥力之影響

在經過連續三年施用白雲石灰或石灰處理後調查，平均可提高土壤pH值達0.6~0.9個單位(表一)，因此可知施用白雲石灰或石灰確有改善土壤酸性的效果。而在石灰處理上，施用3,000kg/ha者，其土壤pH值比施用1,500kg/ha者高出0.3個單位，但在白雲石灰施用量分別為3,000kg/ha及1,500kg/ha時，二者處理之土壤pH值無甚差異。另在土壤有機質，有效性磷及交換性鉀含量調查分析上，各試驗處理間差異不顯著。而對土壤交換性鈣含量而言，施用白雲石灰或石灰處理比對照區增加幾達一倍以上的含量，並以施用3,000kg/ha石灰處理之土壤交換性鈣含量最高，但增加白雲石灰施用量對增加土壤交換性鈣含量之效果不顯著。對土壤交換性鎂含量而言，施用1,500kg/ha的白雲石灰或石灰處理僅比對照區處理略為增加，但當分別提高施用量為3,000kg/ha時，則比對照區分別增加86及65%的交換

性鎂含量。其中白雲石灰因含氧化鎂成分較高，所以對增加土壤交換性鎂含量的效果較佳，而施用石灰對土壤交換性鈣含量及土壤pH值之提高效果較優。

表一、施用石灰對著果期椪柑園土壤化學性質之影響

Table 1. Effect of liming on selected chemical properties of soil in Ponkan orchard at fruit setting

Treatment <sup>1</sup>	pH 1:1 soil/H <sub>2</sub> O	OM (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Ca (m.e/100g)	Mg (m.e/100g)
A	5.4ab <sup>2</sup>	1.92	410.8	624.2	5.34b	2.39c
B	5.4ab	1.78	456.4	653.6	6.27b	3.65a
C	5.3b	1.81	536.9	647.0	6.22b	2.76bc
D	5.7a	1.76	519.3	632.9	8.16a	3.29ab
E	4.8c	1.82	429.8	622.8	3.76c	1.96c

<sup>1</sup> A: dolomitic lime 1,500 kg/ha    B: dolomitic limic 3,000 kg/ha    C: lime 1,500 kg/ha  
 D: lime 3,000 kg/ha    E: without liming materials.

<sup>2</sup> Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

施用白雲石灰或石灰之功用在直接提供土壤鈣及鎂兩種要素，而鈣離子又有中和土壤酸根的功能，因此可改良土壤性質，提高土壤pH值<sup>(5,14)</sup>。而在未施用任何石灰的對照區內，在試驗前後三年中，土壤交換性鈣及鎂分別減少15%及34%之鉅，土壤pH值降低0.1個單位。以土壤具有強大緩衝效能的特性而言，在三年內土壤交換性鹽基流失如此嚴重，對地力之影響相當不利。據近來黃氏<sup>(8)</sup>的研究指出，本省柑桔園土壤主要酸性來源為鋁離子[Al(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>+</sup><sup>3</sup>，在經過長期耕種及肥培管理之結果，目前大多果園土壤pH值已降至5.2以下，已屬於強酸性土壤<sup>(8)</sup>。

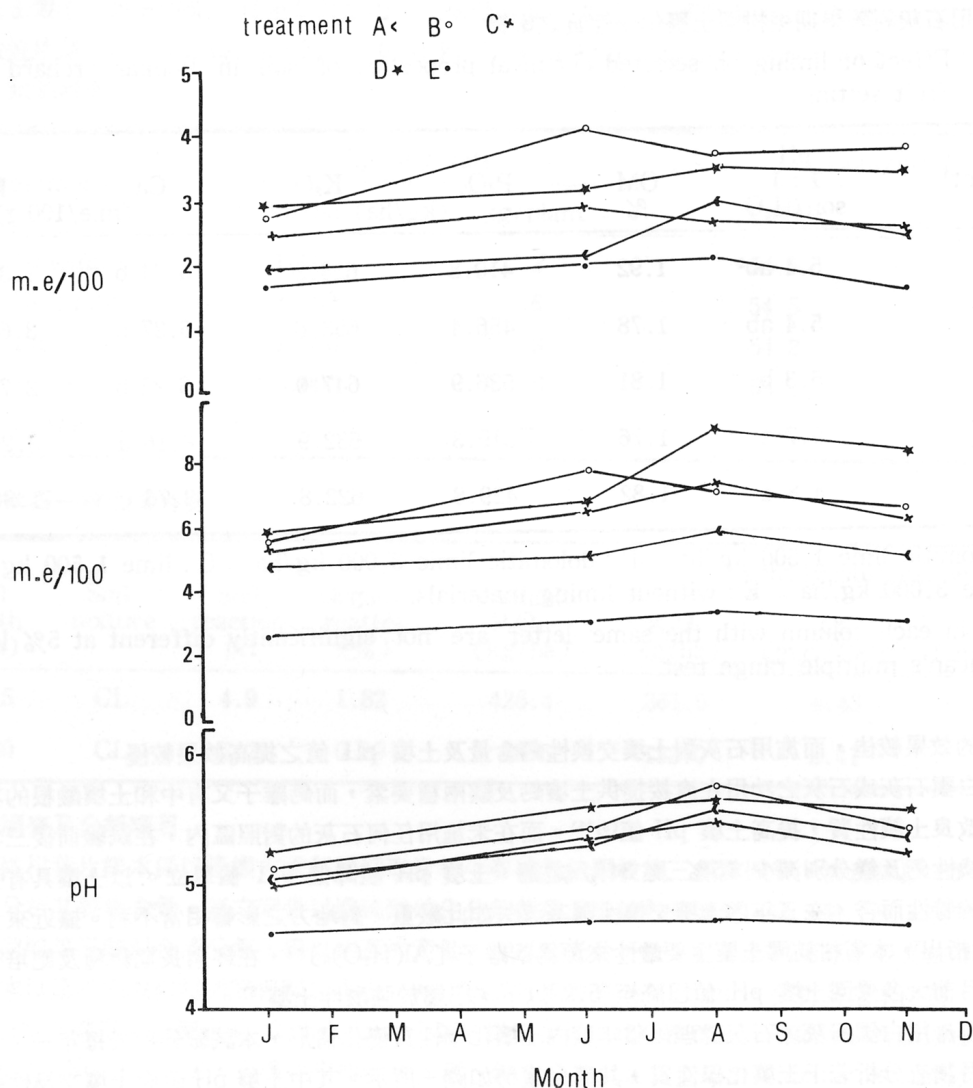
為瞭解施用白雲石灰或石灰處理後整年度內土壤化學性質變化情形，本試驗分別於每年一、六、八及十二月調查分析若干土壤化學性質，其變化趨勢如圖一所示。其中土壤pH值與土壤交換性鈣含量之變化曲線相當一致，即由年初施用白雲石灰或石灰後，土壤pH值及土壤交換性鈣含量會往上漸增，至每年八月左右達到高峰，而後又逐漸下降至某一個固定水平，究其二者之相關性，可得到極顯著的線性相關 $Y=3.112X-10.6$ ， $R=0.755^{**}$  (X=土壤pH值，Y=土壤交換性鈣含量m.e/100g)，在土壤交換性鎂含量之年分佈變化較無一致脈絡可循，但在6~8月間都會達到較高峰。

由圖一所顯示的土壤pH值及交換性鈣、鎂含量的年分佈變化情形，我們可發覺施用白雲石灰或石灰的效果均無法延續至隔年，可能是坡地果園土壤沖蝕較大的緣故，尚須加以探討研究。但在連氏<sup>(6)</sup>於水田長期連用矽酸爐渣之研究中，亦表示為維持較高的土壤肥力水準，連續施用矽酸爐渣為必要之措施。

## 二、對椪柑生育及果實品質之影響

經三年連續施用白雲石灰或石灰處理的椪柑樹徑圍，都比對照區處理者增加甚多(表二)，其徑圍增大之比率一般比對照區高出72~122%以上，且椪柑徑圍隨白雲石灰及石灰用量之增加而增加。但施用白雲石灰或石灰處理對椪柑果重及產量之影響則無顯著差異。鈣在植物體內主要功用為黏膠質結合促使細胞膜結合，並能中和有機酸，防止老化。鎂則

為葉綠素構成要素，與酵素活化亦有關<sup>(3,5)</sup>，因此施用以鈣及鎂為主要成分的白雲石灰或石灰對椪柑生育有相當之助益。



圖一、施用石灰對椪柑生育及產量之影響

Fig. 1. Soil pH and soil exchangeable Ca and Mg over changes of years (mean of 3 years).

表二、施用石灰對椪柑生育及產量之影響

Table 2. Effect of liming on the growth and yield of Ponkan

Treatment <sup>1</sup>	Trunk diameter (cm)				Fruit wt. (g)	Yield kg/plant
	Initial (1972)	Final (1974)	Increase	Index (%)		
A	34.3	39.8	+5.5	172	238.1	54.6
B	32.6	39.7	+7.1	222	215.8	51.3
C	34.6	40.9	+5.9	184	217.7	52.9
D	33.7	40.3	+6.6	206	208.1	51.8
E	33.2	36.4	+3.2	100	213.8	51.0

<sup>1</sup> Same as Table 1.

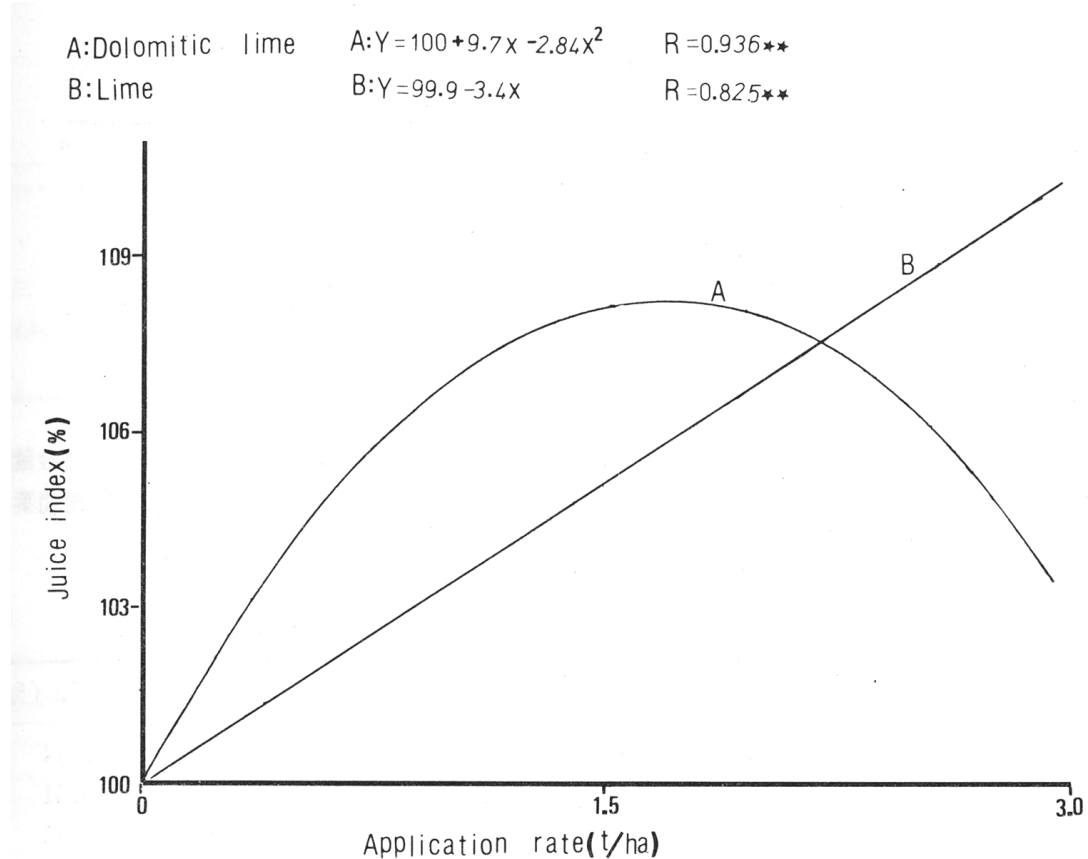
在椪柑果實品質分析上(表三)，施用白雲石灰或石灰會增加椪柑果肉率及果汁率，而降低果實的果皮率，尤其對椪柑果汁率之影響最顯著，平均比對照區處理高出2~5.6%。由於柑桔果實品質受氣候影響頗大<sup>(7)</sup>。所以將歷年試驗調查椪柑果實果汁率換算成指數百分率而與白雲石灰或石灰施用量之間做迴歸分析(圖二)，結果在白雲石灰與果汁率指數之間有極顯著的二次迴歸關係而在石灰與果汁率指數之間則為一次迴歸關係。因此，為獲得較高的椪柑果汁率，白雲石灰的施用量應介於1,500~2,000kg/ha之間。而在3,000kg/ha石灰施用量以內，椪柑果汁率隨石灰施用量之增加而增加。

表三、施用石灰對椪柑果實品質之影響

Table 3. Effect of liming on fruit qualities of PonKan

Treatment <sup>1</sup>	Pulp rate (%)	Juice rate (%)	Peel rate (%)	Solids Tss (Brix%)	Acidity citric (%)	Solids/Acidity (%)
A	76.4	58.8ab <sup>2</sup>	22.5	10.3a	0.63	16.9
B	76.1	56.4bc	24.5	10.0c	0.65	15.4
C	76.6	56.0bc	23.9	10.3ab	0.64	16.2
D	76.9	60.0a	23.9	10.2b	0.65	15.6
E	75.7	54.4c	25.5	10.2b	0.67	15.1

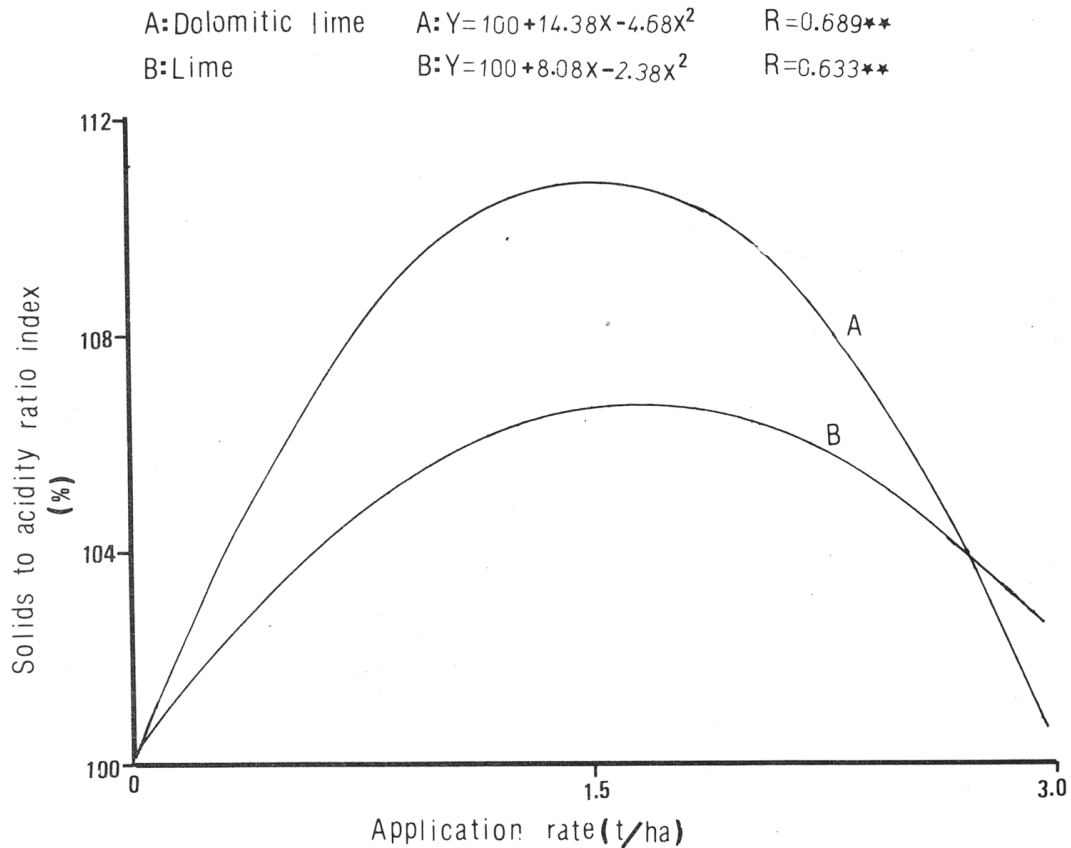
<sup>1,2</sup> Same as Table 1.



圖二、白雲石灰或石灰施用量與椪柑果實果汁率指數之迴歸關係

Fig. 2. Relationships of the application rate of dolomitic lime or lime with the index of the juice rate of Ponkan.

如以椪柑果實糖、酸度分析而言(表三)，施用白雲石灰或石灰會增加果實糖度且降低酸度含量，因而提高椪柑果實糖酸比，在白雲石灰或石灰施用量多寡之效果上，如圖三所示，為獲得較高的椪柑果實糖酸比，白雲石灰施用量最佳用量為1,500kg/ha左右，而石灰用量則為1,600kg/ha左右。



圖三、白雲石灰或石灰施用量與椪柑果實糖酸比指數之迴歸關係

Fig. 3. Relationships of the applied rate of dolomitic lime or lime with the index of the solids to acidity ratio of Ponkan.

### 三、對椪柑葉片營養狀現之影響

在椪柑著果期葉片營養要素含量分析上(表四)，施用白雲石灰或石灰處理對椪柑葉片鈣含量之增加有顯著效果，且隨施用量之增加而增加，而白雲石灰與石灰處理則無甚差異。至於各處理間葉片氮、磷及鎂含量的差異雖未達顯著水準，但一般施用較高量的白雲石灰或石灰對葉片鎂含量仍有增加效果。對椪柑葉片鉀含量而言，則出現較特殊的現象，即葉片鉀含量隨白雲石灰或石灰施用量之增加而減少，而以對照區椪柑葉片鉀含量最高。

目前一般學者常藉植物體分析用以診斷作物生育之營養問題<sup>(1,2,3,7,11)</sup>。本試驗中施用白雲石灰或石灰對土壤pH值之提高及增加土壤交換性鈣、鎂含量的效果頗為顯著。而由表五所顯示，土壤pH值及土壤交換性鈣及鎂含量與椪柑葉片磷、鈣及鎂含量之間均有顯著的正相關性。因此施用白雲石灰或石灰亦有增加椪柑葉片磷、鈣及鎂含量的效果。又由表六所顯示椪柑葉片鉀含量與鈣及鎂含量之間有顯著的負相關，尤其鉀與鎂之間更達到極

顯著水準。植物體內鉀與鈣及鎂的拮抗作用在許多的研究中都有相同的發現<sup>(3,5,11,13)</sup>。另在表六中又顯示椪柑果實糖酸度含量與葉片磷及鉀之間有顯著的相關關係，如椪柑葉片磷含量與果實酸度成員相關，與糖酸比呈正相關，而椪柑葉片鉀含量與果實糖度及糖酸比均呈負相關性。在許多研究中曾指出，施用磷肥會使柑桔果皮變薄而細，果汁增多，而糖酸比提高，但風味稍差<sup>(7,9,11)</sup>。鉀肥會使柑桔果實增大，果皮變厚，糖度略降，ascorbic acid及酸度均提高，而降低果實糖酸比。

表四、施用石灰對著果期椪柑葉片營養要素含量之影響

Table 4. Effect of liming on leaf nutrient content of Ponkan as fruit setting stage

Treatment <sup>1</sup>	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
A	3.17	0.12	0.90ab <sup>2</sup>	3.37b	0.44
B	3.05	0.12	0.81c	3.66a	0.51
C	3.17	0.11	0.89b	3.33b	0.43
D	3.19	0.12	0.92ab	3.65a	0.49
E	3.05	0.11	0.96a	3.25b	0.41

<sup>1,2</sup> Same as Table 1.

表五、土壤化學性質與椪柑葉片營養要素之線性相關係數分析

Table 5. Linear correlation coefficients of selected chemical properties of soil and leaf nutrients concentration of Ponkan.

土壤/葉片	P	Ca	Mg
pH	0.565* <sup>1</sup>	0.707**	-
CaO	0.621*	0.662**	-
MgO	-	0.529*	0.632*

<sup>1</sup> \*,\*\* Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

表六、椪柑葉片營養要素及椪柑品質之線性相關性

Table 6. Linear correlation coefficients of leaf nutrients concentration and fruit quality of Ponkan.

	Ca	Mg	Solids	Acidity	Ratio	Pulp rate
N	-	-	-	-	-	0.517* <sup>1</sup>
P	-0.551*	-	-	-0.597*	0.542*	-
K	-0.532*	-0.742**	-0.725**	-	-0.662**	0.605*
Ca		0.745**	-	-	-	-
Solids				-0.674**	0.927**	0.763**
Acidity					-0.894**	-
Ratio						-0.521*

<sup>1</sup> \*,\*\* Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

總之，本試驗中施用白雲石灰或石灰會提高土壤pH值及交換性鈣及鎂含量，並增加椪柑葉片鈣及鎂約含量，又因鉀與鈣及鎂之間的拮抗作用，而抑制椪柑葉片鉀含量。由於椪柑果實糖酸度受葉片磷及鉀含量的影響頗為密切，因此，施用白雲石灰或石灰對椪柑果實糖酸度之影響是經由鈣及鎂之影響椪柑葉片鉀、磷含量之間接效應。

## 誌 謝

本試驗承農委會補助，本場王助理研究員錦堂協助策畫及國立中興大學吳論先生協助分析工作，謹此一併致謝。

## 參考文獻

1. 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(2):1-5。
2. 邱再發、林森嶠 1961 利用葉分析診斷柑桔營養狀態之研究 中華農業研究 10(2):25-33。
3. 邱再發 1973 植物營養與柑桔施肥 臺灣農業研究中心 柑桔產銷講習會專刊 p.97-104。
4. 范念慈 1961 施用不同鉀肥對椪柑葉片在不同季節鉀含量之研究 中國園藝 7(4):24-28。
5. 郭魁士 1977 土壤學 中國書局 臺北 p.231-237。
6. 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(2):185-199。
7. 張淑賢、李峰憲、吳婉麗 1987 氣溫與降雨量對本省主要椪柑產區之果實品質與柑樹營養狀況之影響 中華農業研究 36(1):75-86。
8. 黃文良 1983 本省柑橘土壤之酸化及其酸性來源 中華農業研究 32(1):83-91。
9. Anderson, C. A. 1966. Effect of phosphate fertilizer on yield and quality of "Valencia" oranges. Proc. Fla. State Hors. Soc. 79:36-40.
10. Black, C. A. 1965. Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy. p.924-925.
11. Embleton, T. W., W. W. Jones, C. K. Labanauskas, and W. Reuther. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization, in "The Citrus Industry" 3rd ed. chap. 6. p.184-210, edited by W. Reuther.
12. Koo, R. C. J., T. W. Young, R. L. Reese, and T. W. Kesterson. 1974. Effects of nitrogen, potassium and irrigation on yield and quality of lemon. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(4):289-291.
13. McLean, E. O., and M. D. Carbonell. 1972. Calcium, magnesium and potassium ratios in two soils and their effects upon yields and nutrient contents of German millet and alfalfa. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36:927-930.
14. Messick, D. L., M. M. Alley, and L. W. Zeiazny. 1984. Movement of calcium and magnesium in Ultisols from dolomitic limestone. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1096-1101.
15. Reese, R. L., and R. C. J. Koo. 1975. Effects of N and K fertilization on internal and external fruit quality of three major Florida orange cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100(4):425-428.

# Study on the Effect of Liming on Acidic Ponkan Orchard<sup>1</sup>

H. C. Huang and Y. F. Tsa<sup>2</sup>

## ABSTRACT

In order to understand the effect of liming on soil fertility maintaining, nutritional status, fruit yields and qualities of Ponkan citrus, a 3-year field experiment was carried out at Tangshui, Taichung Hsien. The soil pH was 4.9. Lime and dolomite with 1.5 and 3.0 t/ha were used. Results showed that the application of liming materials *i.e.* lime or dolomite increased soil pH, exchangeable Ca and Mg, and leaf Ca and Mg. The yields as well as the qualities *i. e.* juice rate of acids (sweetness) and solids/acidity of Ponkan were increased significantly by the liming. Statistical analysis showed a slight antagonistic relationship between leaf Ca or Mg and leaf K. Solids and acid content of fruit were closely related to leaf K and P. Thus, the improvement of fruit qualities by the application of liming materials was through increasing of leaf Ca, Mg, P and K contents.

In order to maintain the level of soil exchangeable Ca and Mg and to neutralize soil acidity, an amount of 1.5 t/ha of liming material is recommended to apply annually in Tangshui area.

---

<sup>1</sup>. Contribution No. 0172 from Taichung DAIS.

<sup>2</sup>. Assistant Soil Scientist and Assistant of Taichung DAIS, respectively.