

文旦果園土壤肥培管理

江國忠¹ 林素禎² 鄭仲³

摘 要

爲了提高苦土石灰改良強酸性土壤缺鎂的效果，本試驗乃利用立體施肥機深施苦土石灰，期使深層土壤與苦土石灰充分混合。試驗地點在花蓮縣瑞穗鄉。試驗土壤爲強酸性壤土。民國八十年在文旦果實採收後，進行六種試驗處理。六種試驗處理爲(1).不施苦土石灰，(2).撒施苦土石灰，(3).溝施苦土石灰，(4).深施苦土石灰，(5).溝施苦土石灰並添加樹皮堆肥，以及(6).深施苦土石灰並添加樹皮堆肥。民國八十一年與八十二年，在八、九月間，分析土壤性質、葉片鎂含量以及文旦果實品質，並調查文旦果實產量。由分析調查結果得知，以立體施肥機深施苦土石灰，不論是否添加樹皮堆肥，皆可有效的提高土壤0~60cm深的鈣、鎂含量以及pH值，且深層施用苦土石灰之處理，其文旦果實產量最高，但各處理間文旦葉片鎂含量及文旦果實品質無明顯差異。

另外，爲探討硝酸鉀、硫酸鉀、氯化鉀與其施用量對文旦果實品質及產量之影響，於八十四年度在東部地區文旦主要產地之花蓮縣瑞穗鄉八年生果園進行試驗。結果顯示，在果實品質方面，果汁量每年以施用硫酸鉀每株0.6kg（含氧化鉀0.3kg）者之156cc爲最高，施用氯化鉀每株0.5kg（含氧化鉀0.3 kg）者次之，而以施用硝酸鉀每株0.9 kg（含氧化鉀0.3 kg）者之121 cc爲最低，糖度以每年施用硫酸鉀每株0.6 kg者之12.4°Brix 爲最高，施用量爲每株1.2 kg者次之，而以施用氯化鉀每株1 kg（含氧化鉀0.6 kg）者之9.8°Brix 爲最低，各處理間酸度含量之差異不顯著；在果實產量方面，以施用硫酸鉀每年每株0.6 kg者之46.3 kg爲最高，施用量爲每株1.2 kg者次之，而以施用硝酸鉀每株0.9 kg者之35.1 kg爲最低。綜合本試驗之果實產量與品質而論，文旦施用鉀肥種類與其施用量，以硫酸鉀每年每株0.6 kg之處理較佳。

關鍵字：文旦，土壤改良，肥培管理

Key words：Wentan pomelo, soil improvement, fertility management

-
1. 花蓮區農業改良場 助理研究員
 2. 臺灣省農業試驗所 助理研究員
 3. 花蓮區農業改良場 助理

前 言

文旦是花蓮地區最重要的果樹之一，根據臺灣省政府農林廳民國 86 年的臺灣農業年報，全臺灣文旦種植面積為 6795 公頃，花蓮縣 2226 公頃占 33%，為全省最多者，宜蘭縣 700 公頃占 9%，為全省第四位，可見文旦為花蓮地區最重要之經濟果樹⁽⁹⁾。文旦產量及品質的影響因子很多，土壤的理化性質及肥培管理是個重要的因子。花蓮地區土壤性質極端特殊，有強鹼性土壤，也有強酸性土壤，土層有深厚者，亦有淺薄而富石礫者，容易引起文旦營養障礙，尤其是缺鎂。一般而言，文旦在酸性土壤 pH5.0 以下易發生缺鎂現象，缺鎂果樹容易發生落葉、落果，糖度、酸度較低，品質較劣⁽³¹⁾。

對於強酸性缺鎂土壤，可施用若土石灰改善之，因其可中和土壤酸度，又可提供鈣、鎂營養要素，有利於柑橘生育⁽²²⁾。在日本秋田縣發現表面撒施石灰只能改善土壤 0~20cm 深，而 20~60cm 的深層土壤無法改善⁽²¹⁾。臺灣果農勞力不足，均將苦土石灰撒施於果園地表，故改善效果不大。

肥培管理是文旦栽培重要的一環，特別是鉀肥對於文旦品質及產量之影響。鉀是植物生長發育所必需的營養元素，是高等植物體內分佈最多的金屬元素⁽²⁷⁾，尤其以果實含量最高，故鉀肥素有“果肥”之稱，施用鉀肥可以提高果實的產量與品質^(5,24,26)。鉀元素的生理功能主要為維持細胞膨壓、促進植物生長與酵素的活化、提高光合效率與同化產物的運輸並促進蛋白質和脂肪的合成^(14,17)及增加植物的抗性^(20,25)。此外，不同種類的鉀肥亦會對植物造成影響^(11,13,15)，如氯化鉀會影響植物的品質⁽²⁾與纖維含量^(3,4)等。

硫酸鉀、硝酸鉀與氯化鉀雖同為鉀肥，作物所吸收利用均為鉀素，三者應有相同之效果，惟鉀被作物吸收後，土壤中所殘留者為硫酸根、硝酸根與氯離子，因化合物不同，使作物產生之反應不一，如鳳梨、菸草及其他作物的產量及品質，經前人研究有明顯差異，施用硫酸鉀效果，可使鳳梨產生果肉顏色濃，組織緊密、糖份高、酸度低之優點，同時提早成熟，其效果隨施用量增加而提高；反之，氯化鉀於鳳梨有延遲結實之現象^(29,33)。菸草在施氯（Cl）量增加時，菸葉對氯吸收量亦隨之提高⁽²³⁾；施用量達 90 kg/ha 以上時即有抑制生長之結果，其積聚量則以葉部最多，並導致菸葉品質低劣、異臭、燃燒不易⁽²⁸⁾。氯另有促進澱粉轉為纖維之作用，今作物葉片增厚。

為使苦土石灰之改良效果增大，且對於文旦品質與產量是否受鉀肥種類與其施用量之影響，目前尚少人研究，故本研究擬利用可節省勞力的立體施肥機⁽⁸⁾深施苦土石灰，使苦土石灰與土壤充分混合，提高強酸性土壤深層部分（20~60cm）之改良效果，並探討不同鉀肥種類與其施用量對文旦產量及品質之影響，以求合理且有效的施用鉀肥並提高文旦的經濟效益。

材料與方法

一、文旦果園土壤管理之研究

(一)試驗品種：麻豆文旦。

(二)試驗設計：逢機完全區集設計，六處理，四重複，每處理三株。

(三)試驗材料：臺肥5號複合肥料、苦土石灰、樹皮堆肥。

(四)試驗處理：

1.不施苦土石灰。

2.撒施苦土石灰5公斤/株，於文旦收穫後施用，以下各處理施用期同此。

3.輻射狀淺溝條施苦土石灰5公斤/株，並與土壤混合。

4.於樹冠下東、西、南、北各挖直徑20公分、深60公分的圓孔，另於樹幹與樹冠之間於東南、西北、西南及東北方向各挖一深30公分的圓孔，土壤與苦土石灰混合再施回原穴，每株5公斤苦土石灰。

5.同處理3，並加施樹皮堆肥40公斤。

6.同處理4，並加施樹皮堆肥40公斤。

註：各處理肥料用量依作物施肥手冊柑橘類施用。

(五)調查項目：試驗前後土壤分析、結果期葉片分析，果實大小、果皮厚度、果重、果實糖度、酸度及果汁量等。

二、文旦果園肥培管理之研究

(一)試驗品種：麻豆文旦

(二)試驗設計：逢機完全區集設計，五處理，六重複，每處理二株。

(三)試驗材料：硫酸鉀、硝酸鉀、氯化鉀、硫酸銨、過磷酸鈣。

(四)試驗處理：氮及磷酐之用量各為 0.4 及 0.2 kg，鉀肥之種類與其施用量如下，施用法按作物施肥手冊⁽¹⁹⁾柑橘類者施用。

1. 鉀肥用硝酸鉀，每年每株施用 0.9kg (含氧化鉀=0.3kg)。

2. 鉀肥用氯化鉀，每年每株施用 0.5kg (含氧化鉀=0.3kg)。

3. 鉀肥用硫酸鉀，每年每株施用 0.6kg (含氧化鉀=0.3kg)。

4. 鉀肥用氯化鉀，每年每株施用 1.0kg (含氧化鉀=0.6kg)。

5. 鉀肥用硝酸鉀，每年每株施用 1.2kg (含氧化鉀=0.6kg)。

註：1. 因硝酸鉀中含有13%的硝酸態氮，已在處理1 氮肥施用量中扣除。

2. 83年10月6日環施基肥(氮肥40%、磷肥100%、鉀肥30%)，84年2月9日撒施第一次追肥(氮肥40%、鉀肥30%)，84年5月25日撒施第二次追肥(氮肥20%、鉀肥40%)。

(五)調查項目：土壤及植體成分分析，園藝性狀及產量調查，果實品質(包括糖度、酸度等)分析。

結果與討論

一、文旦果園土壤管理之研究

(一)文旦果園試驗前之土壤理化性質分析

在試驗處理前，分析文旦果園土壤之理化性質，如表 1。由表 1 可知，文旦果園土壤質地為壤土，pH 值 0~20 cm 深為 4.5，20~40 cm 深為 4.2，40~60 cm 深為 4.1，屬強酸性土壤，而適合文旦生長之土壤 pH 值為 5.5~6.5。文旦果園之土壤有機質含量，0~20 cm 深為 3.4%，屬高等級含量，20~40cm 深為 3.3%，屬高等級含量，40~60 cm 深為 1.9%，屬低等級含量。土壤鉀含量 0~20 cm 深為 43.4ppm，屬中等級含量，20~40 cm 深為 15.6ppm，屬低等級含量，40~60cm 深為 10.3ppm，屬極低等級含量。土壤鈣含量 0~60 cm 深為 16.0~55.4ppm，皆屬極低等級含量。土壤鎂含量 0~20cm 深為 27.5ppm，屬低等級含量，20~40 cm 深為 6.5ppm，屬極低等級含量，40~60 cm 深為 2.9ppm，亦屬極低等級含量。一般土壤鎂(Mg)與鉀(K)毫克當量數比值(Mg/K)小於 1，亦會發生缺鎂症，本試驗土壤鎂與鉀毫克當量數比值，在 0~20 cm 的土壤比值為 2.1，20~40 cm 的土壤比值為 1.4，40~60 cm 的土壤比值為 0.9。由此可知本試驗土壤之鎂與鉀含量相對值尚屬正常。

表 1. 文旦果園土壤在試驗處理前之理化性質

Table 1. The physical and chemical properties of soil in the orchard of Wentan pomelo before experiment.

Soil depth (cm)	Texture	pH (1:1)	O.M. (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
0~20	L	4.5	3.4	11.3	43.4	55.4	27.5	49.5	1.8	8.4	1.0
20~40	L	4.2	3.3	2.4	15.6	34.6	6.5	41.3	1.7	5.6	0.3
40~60	L	4.1	1.9	2.1	10.3	16.0	2.9	25.6	1.5	7.3	0.2

(二)文旦果園試驗後各處理區之土壤分析

81 年 8 月文旦採收後，分別採取各處理 0~20 cm、20~40 cm 及 40~60 cm 深之土壤進行分析，分析結果如表 2。由表 2 顯示：不施苦土石灰之處理（對照組），土壤 0~20 cm 深之 pH 值為 4.1，20~40 cm 深之 pH 值為 4.0，40~60 cm 深之 pH 值為 4.2；撒施苦土石灰之處理，土壤 0~20 cm 深之 pH 值為 4.3，20~40 cm 深之 pH 值為 4.3，40~60 cm 深之 pH 值為 4.2，由此可知撒施苦土石灰對土壤 pH 值之改良效果不大；溝施苦土石灰之處理，土壤 0~20 cm 之 pH 值已提高至 5.5，而土壤 20~40 cm 之 pH 值為 4.5，土壤 40~60 cm 之 pH 值為 4.2，由此可知溝施苦土石灰之處理，改良效果只在表土；以立體施肥機深施苦土石灰之處理，土壤 0~20 cm 之 pH 值提高至 5.8，土壤 20~40 cm 之 pH 值

爲 7.4，土壤 40~60 cm 之 pH 值爲 7.5，由此可知深施苦土石灰可有效的提高土壤 0~60 cm 之 pH 值；溝施苦土石灰並加入樹皮堆肥之處理，土壤 0~20 cm 之 pH 值 6.2，比單獨溝施苦土石灰(pH 值 5.8)之效果好；深施苦土石灰並添加樹皮堆肥之處理，土壤 0~20 cm 之 pH 值爲 7.2，土壤 20~40 cm 之 pH 值爲 7.7，土壤 20~40 cm 之 pH 值爲 7.3，由此可知深施苦土石灰並添加樹皮堆肥，亦可有效的提高土壤 0~60 cm 之 pH 值。

深施苦土石灰並添加樹皮堆肥之處理，其土壤 0~20 cm，20~40 cm，40~60 cm 深之有機質含量分別爲 9.0%，7.8%，4.3%，明顯的比不加樹皮堆肥之其他處理高，其他處理土壤 0~60 cm 深有機質含量在 2.2~3.8% 之間。溝施苦土石灰且添加樹皮堆肥之處理，其土壤 0~20 cm 深之有機質含量 (9.3%) 亦很顯著增加。

表 2. 文旦果園 81 年各處理區之土壤分析

Table 2. Soil properties of the treatments in the orchard of Wentan pomelo in 1992.

Treatment*	Soil depth (cm)	pH	O.M. (%)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
(1)	0~20	4.1	2.4	10.6	2.4
	20~40	4.0	2.2	20.7	4.0
	40~60	4.2	2.4	16.2	8.1
(2)	0~20	4.3	2.8	22.4	6.3
	20~40	4.3	2.6	24.3	4.7
	40~60	4.2	2.5	20.5	2.8
(3)	0~20	5.5	3.5	14.0	75.2
	20~40	4.5	3.1	108.2	9.7
	40~60	4.2	3.8	23.6	2.8
(4)	0~20	5.8	3.8	190.5	73.5
	20~40	7.4	3.4	146.7	220.5
	40~60	7.5	2.7	352.5	755.0
(5)	0~20	6.2	9.3	149.9	47.5
	20~40	4.4	2.4	18.4	4.4
	40~60	4.2	2.3	23.1	2.8
(6)	0~20	7.2	9.0	380.0	1039.0
	20~40	7.7	7.8	666.0	770.0
	40~60	7.3	4.3	569.0	170.0

* Treatments : (1) control, (2) laying lime on the ground, (3) applying lime in the furrows, (4) deep fertilizer application by a driller, (5) furrow liming and amended with the bark compost, (6) deep fertilizer application with the bark compost.

各處理土壤 0~60cm 深，在鈣含量方面，不施苦土石灰之處理，其鈣含量為 10.6~20.7ppm，撒施苦土石灰之處理，其鈣含量為 20.5~24.3ppm，溝施苦土石灰之處理，其鈣含量為 14.0~108.2ppm，深施苦土石灰之處理，其鈣含量為 146.7~352.5ppm，溝施苦土石灰並加樹皮堆肥之處理，其鈣含量為 18.4~149.9ppm，深施苦土石灰並加樹皮堆肥之處理，其鈣含量為 380.0~666.0ppm。由此可知，深施苦土石灰，加或不加樹皮堆肥之處理，對土壤鈣含量之提高較為有效。

各處理土壤 0~60 cm 深，在鎂含量方面，不施苦土石灰之處理，其鎂含量為 2.4~8.1ppm，撒施苦土石灰之處理，其鎂含量為 2.8~6.3ppm，溝施苦土石灰之處理，其鎂含量為 2.8~75.2ppm，深施苦土石灰之處理，其鎂含量為 220.5~755.0ppm，溝施苦土石灰並加樹皮堆肥之處理，其鎂含量為 2.8~47.5ppm，深施苦土石灰並加樹皮堆肥之處理，其鎂含量為 170.0~1039.0ppm，由此可知，深施苦土石灰，加或不加樹皮堆肥，皆可有效的提高土壤鎂含量。

苦土石灰所含之鈣、鎂溶解度低，不易移動。由表 3 可知，深施苦土石灰後，在土壤 20~60 cm 深，其施肥位置土壤之鈣含量為 146.7~352.5ppm，而施肥位置外側 10 cm 處 20~60 cm 深之土壤鈣含量為 53.6~67.0ppm。深施苦土石灰後，在土壤 0~60 cm 深鎂含量為 220.5~773.5ppm，施肥位置外側 10 cm 處 0~60 cm 深之土壤鎂含量為 15.2~40.3ppm。深施苦土石灰並添加樹皮堆肥，在土壤 20~60 cm 深，其施肥位置土壤之鈣含量為 569.0~666.0ppm，而施肥位置外側 10 cm 處 20~60 cm 深之土壤鈣含量為 20.8~37.0ppm。深施苦土石灰並添加樹皮堆肥，在土壤 0~60 cm 深鎂含量為 170~1039.0ppm。施肥位置外側 10 cm 處 0~60 cm 深之土壤鎂含量為 1.7~6.4ppm。由此可知，雖然只有 10 cm 之距離，鈣、鎂之含量差異很大，故苦土石灰與土壤混合越充分，其改良效果越好。

表 3. 深施苦土石灰後，施肥位置土壤與其外側 10 cm 處土壤之分析

Table 3. Comparative soil analyses. Between the position of Mg-lime applied by a driller and the position 10 cm distant from the liming site.

Treatment*	Soil depth (cm)	pH	O.M. (%)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
D ₀	0~20	5.8	3.8	190.5	773.5
	20~40	7.4	3.4	146.7	220.5
	40~60	7.5	2.7	352.5	755.0
D ₁₀	0~20	5.0	3.2	238.0	40.3
	20~40	6.0	3.5	53.6	18.8
	40~60	4.7	2.9	67.0	15.2
DB ₀	0~20	7.2	9.0	380.0	1039.0
	20~40	7.7	7.8	666.0	770.0
	40~60	7.3	4.3	569.0	170.0
DB ₁₀	0~20	5.5	3.1	306.5	6.4
	20~40	4.6	2.5	37.0	3.2
	40~60	4.3	2.2	20.8	1.7

* Treatments : (D₀) the position of Mg-lime applied by a driller, (D₁₀) the position 10 cm distant from D₀ treatment, (DB₀) the position of Mg-lime and bark compost applied by a driller, (DB₁₀) the position 10 cm distant from DB₀ treatment.

(三)文旦葉片鎂含量之分析

於 81 年 8 月，採當年生春梢非結果枝第 3 或 4 葉，分析各處理葉片之鎂含量，各處理鎂含量為 0.30~0.33% ，處理間無顯著差異，根據臺灣省農業試驗所⁽¹⁰⁾ 訂定柑橘的葉片濃度，Mg 適當範圍為 0.27~0.50% ，由此可知，各處理葉片鎂含量已在適當標準內。

(四)文旦果實品質及產量之分析調查

文旦經採收後調查分析果實品質及產量，每處理四重覆，每重覆 2 株，每株取 3 粒文旦調查分析，調查結果如表 4。根據花蓮縣八十三年度文旦柚評鑑會之「果品評鑑評分標準」，優良的文旦果重 450~650g，果皮厚度在 0.9 cm 以下，糖度在 11°Brix 以上，酸度 0.4~0.6% ，糖酸比 20 以下。表 4 中，各處理之果重皆在標準範圍內。各處理間果皮厚度無明顯差異，皆在 1.5~1.7cm 之間，均超過 0.9 cm；糖度在 9.7~10.1Brix 之間，以深施苦土石灰加樹皮堆肥之處理糖度 10.1°Brix 最高；酸度在 0.42~0.45% 之間；糖酸比 22~24，皆在標準之外。由上述可知，各處理之文旦果實品質皆非優良品。各處理之產量 44.8~58.1 粒/ 株，以深施苦土石灰並添加堆肥之處理產量 58.1 粒/ 株為最高，而深施苦土石灰之處理產量 55.3 粒/ 株次之，但各處理間差異不顯著。

表 4. 81 年各處理對文旦果實品質及產量之影響

Table 4. Comparison of fruit quality and yield of Wentan pomelo in various treatments in 1992.

Treatment	Fruit weight (g)	Peel thickness (cm)	Sugar content (° Brix)	Acidity (%)	Sugar content /Acidity	Yield* (No.of fruit/pt.)
(1)	650	1.6	9.7	0.45	22	51.0 ^a
(2)	645	1.6	10.0	0.45	22	48.1 ^a
(3)	641	1.5	9.7	0.42	23	44.8 ^a
(4)	613	1.7	10.0	0.45	22	55.3 ^a
(5)	602	1.6	9.9	0.45	22	51.9 ^a
(6)	651	1.6	10.1	0.42	24	58.1 ^a

* Yield followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

(五)文旦葉片、果實試驗處理兩年後之分析調查

81 年 8 月 28 日文旦採收後，於 10 月中旬再施用同樣處理，並於 82 年 8 月上旬開始試區葉片採樣分析。各處理之文旦葉片鎂含量為 0.35~0.39% ，各處理間無顯著差異。各處理之文旦果實分析及產量如表 5 所示，各處理之果重皆在標準範圍內，果皮厚度無明顯差異，在 1.0~1.1cm 之間，各處理已接近 0.9 cm 之標準；糖度在 10.5~11.1°Brix，以溝施苦土石灰加堆肥之處理糖度最高；酸度為 0.49~0.52% ；糖酸比為 20~21，已接近標準 20。由上述可知，各處理之文旦果實品質皆已接近優良品。各處理之產量 59.3~

80.5 公斤/株，以深施苦土石灰之處理產量最高，而溝施苦土石灰加堆肥之處理產量最低，除了溝施苦土石灰加堆肥之處理外，各處理間之產量無明顯差異。

表 5. 82 年各處理對文旦果實品質及產量之影響

Table 5. Comparison of fruit quality and yield of Wentan pomelo in various treatments in 1993.

Treatment	Fruit weight (g)	Peel thickness (cm)	Sugar content (° Brix)	Acidity (%)	Sugar content /Acidity	Yield* (kg/pt.)
(1)	520	1.1	10.5	0.52	20	64.5 ^{ab}
(2)	547	1.1	10.7	0.51	21	71.3 ^{ab}
(3)	556	1.0	10.7	0.52	21	75.4 ^{ab}
(4)	531	1.0	10.5	0.49	21	80.5 ^a
(5)	549	1.0	11.1	0.52	21	59.3 ^b
(6)	547	1.0	10.6	0.51	21	71.9 ^{ab}

* Yield followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

二、文旦果園肥培管理之研究

(一)不同鉀肥種類與其施用量對文旦果園土壤性質之影響

八十四年九月廿九日文旦收穫後採取土壤分析結果（如表 6）顯示，各處理之土壤 pH 值，以施用硫酸鉀每株 0.6kg 之處理者最高，上層土壤 pH 值為 6.5，下層土壤 pH 值為 6.1，施用硫酸鉀每株 1.2kg 之處理者次之，上層土壤 pH 值為 6.2，下層土壤 pH 值為 6.1，而以施用硝酸鉀每株 0.9kg 之處理者最低，上層及下層土壤 pH 值均為 5.7，但各處理之土壤 pH 值均尚在中酸性(Medium acid, pH=5.6~6.0)至微酸性(Slightly acid, pH=6.1~6.5)之範圍⁽¹⁷⁾。土壤有機質含量，上層土壤以施用硫酸鉀每株 0.6kg 處理者之 2.9% 為最高，施用氯化鉀每株 1.0kg 處理者之 2.5% 次之，而以施用氯化鉀每株 0.5kg 及硫酸鉀每株 1.2kg 兩處理者之 2.1% 為最低；下層土壤以施用氯化鉀每株 1.0kg 處理者之 2.4% 為最高，其餘 4 個處理均為 2.1%，但各處理之土壤有機質含量均尚在中等級(OM=2.0~4.0%)之範圍⁽¹⁷⁾。土壤有效性磷含量，上層土壤以施用硫酸鉀每株 0.6kg 處理者之 260ppm 為最高，施用氯化鉀每株 1.0kg 處理者之 160ppm 次之，而以施用硝酸鉀每株 0.9kg 處理者之 70ppm 為最低；下層土壤以施用氯化鉀每株 1.0kg 及硫酸鉀每株 1.2kg 兩處理者之 110ppm 為最高，施用硫酸鉀每株 0.6kg 處理者之 100ppm 次之，而以施用硝酸鉀每株 0.9kg 處理者之 26ppm 為最低，但各處理之上層及下層土壤有效性磷含量均在高等級以上(P>20.1ppm)之範圍⁽¹²⁾。土壤有效性鉀含量，以施用硫酸鉀每株 0.6kg 之處理者最高，上層土壤有效性鉀含量為 106ppm，下層土壤有效性鉀含量為 152ppm，施用氯化鉀

每株 1.0kg 之處理者次之，上層土壤有效性鉀含量為 100ppm，下層土壤有效性鉀含量為 82ppm，而以施用氯化鉀每株 0.5kg 之處理者最低，上層土壤有效性鉀含量為 35ppm，下層土壤有效性鉀含量 46ppm，但各處理之土壤有效性鉀含量均在中等級以上（ $K > 29.8\text{ppm}$ ）之範圍⁽¹²⁾。土壤有效性鈣含量，各處理均在中等級以上（ $Ca > 571\text{ppm}$ ）之範圍⁽¹²⁾；有效性鎂含量，除施用硫酸鉀每株 1.2kg 處理之下層土壤尚在低等級（ $Mg : 24.1 \sim 48.1\text{ppm}$ ）之範圍，其餘土壤均在中等級以上（ $Mg > 48.1\text{ppm}$ ）之範圍⁽¹²⁾；可溶性鐵含量，各處理均在中等級以上（ $Fe > 50\text{ppm}$ ）之範圍⁽¹⁾，可溶性錳含量，除施用硫酸鉀每株 0.6kg 及氯化鉀每株 1.0 kg 兩處理均在中等級（ $Mn : 20 \sim 140\text{ppm}$ ）之範圍，其餘 3 個處理均尚在低等級（ $Mn < 20\text{ppm}$ ）之範圍⁽¹²⁾；可溶性銅含量，各處理均在中等級（ $Cu : 0.5 \sim 8.0\text{ppm}$ ）之範圍⁽¹⁾；可溶性鋅含量，除施用硫酸鉀每株 0.6kg 處理之上層土壤在中等級（ $Zn : 6 \sim 20\text{ppm}$ ）之範圍，其餘土壤均尚在極低等級（ $Zn < 3\text{ppm}$ ）之範圍⁽¹²⁾。

表 6. 各處理對文旦果園土壤性質之影響

Table 6. The soil properties of various treatments in the experimental orchard of Wentan pomelo.

Treatment	Soil depth (cm)	pH	OM (%)	P	K	Ca	Mg Fe Mn Cu Zn (ppm)				
							KNO ₃ 0.9kg	0~20	5.7	2.2	70
	20~40	5.7	2.1	26	68	1330	51	234	10	2.6	1.4
KCl 0.5kg	0~20	6.1	2.1	120	35	1205	52	332	6	1.9	1.3
	20~40	5.9	2.1	60	46	1144	74	263	7	2.4	1.3
K ₂ SO ₄ 0.6kg	0~20	6.5	2.9	260	106	1832	258	181	58	3.0	6.8
	20~40	6.1	2.1	100	152	1855	228	150	25	2.8	1.9
KCl 1.0kg	0~20	5.9	2.5	160	100	1637	87	231	27	3.4	2.3
	20~40	5.8	2.4	110	82	1536	62	222	21	3.8	2.1
K ₂ SO ₄ 1.2kg	0~20	6.2	2.1	150	66	1360	60	250	15	3.0	1.6
	20~40	6.1	2.1	110	58	1368	47	201	15	2.4	1.7

土壤分析方法說明：

1. pH：採玻璃電極法（土:水=1:1）。
2. OM：採比色法。
3. P：採白雷氏第一法（pH 3.5）。
4. K、Ca、Mg：採孟立克氏法（0.05N HCl-0.25N H₂SO₄ 抽出，K 以火焰光度計測定，Ca、Mg 以原子吸光儀測定）。
5. Fe、Mn、Cu、Zn：採 0.1N HCl 萃取法（以原子吸光儀測定）。

(二)不同鉀肥種類與其施用量對文旦葉片營養元素含量之影響

八十四年七月廿八日文旦果實肥大期，採取未結果枝條之葉片分析其營養元素含量（如表 7）顯示，各處理葉片之氮含量，以施用硫酸鉀每株 0.6kg 處理者之 1.9% 為最高，施用硝酸鉀每株 0.9 kg 處理者之 1.8% 次之，而以施用氯化鉀每株 0.5 kg 處理者之 1.3% 為最低，但各處理葉片之氮含量均低於本省現行文旦營養診斷標準之適中濃度 2.2~2.5% 範圍⁽³²⁾，惟植株均未發現有缺氮之徵狀。葉片之磷含量，以施用硫酸鉀每株 0.6 kg 處理者之 0.74% 為最高，施用氯化鉀每株 1.0 kg 及硫酸鉀每株 1.2 kg 兩處理者之 0.68% 次之，而以施用硝酸鉀 0.9 kg 處理者之 0.64% 為最低，但各處理葉片之磷含量均高於本省現行文旦營養診斷標準之適中濃度 0.12~0.18% 範圍⁽³²⁾。葉片之鉀含量，以施用硫酸鉀每株 0.6 kg 處理者之 3.17% 為最高，施用氯化鉀每株 1.0 kg 處理者之 3.05% 次之，而以施用硫酸鉀 1.2 kg 處理者之 2.92% 為最低，但各處理葉片之鉀含量均高於本省現行文旦營養診斷標準之適中濃度 1.40~1.70% 範圍⁽³²⁾。葉片之鈣、鎂及鐵含量均高於本省現行文旦營養診斷標準之適中濃度（Ca：2.5~4.5%，Mg：0.26~0.50%，Fe：60~120ppm）範圍⁽³²⁾。葉片之錳及銅含量均接近或在本省現行文旦營養診斷標準之適中濃度（Mn：25~200ppm，Cu：5~16ppm）範圍⁽³²⁾。葉片之鋅含量，各處理均低於本省現行文旦營養診斷標準之適中濃度（Zn：25~100ppm）範圍⁽³²⁾，惟植株均未發現有缺鋅之徵狀。

表 7. 各處理對文旦葉片營養元素含量之影響

Table 7. The leaf nutrient contents of Wentan pomelo in various treatments.

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
KNO ₃ 0.9kg	1.8	0.64	3.02	5.7	1.28	164	24	6	14
KCl 0.5 kg	1.3	0.67	3.03	5.2	1.63	198	28	7	18
K ₂ SO ₄ 0.6 kg	1.9	0.74	3.17	5.6	1.40	175	24	6	15
KCl 1.0 kg	1.6	0.68	3.05	5.2	1.46	199	28	6	15
K ₂ SO ₄ 1.2 kg	1.6	0.68	2.92	5.8	1.06	200	28	5	15

(三)不同鉀肥種類與其施用量對文旦果實品質之影響

八十四年九月五日收穫，採樣、調查與分析果實品質，每株採取四粒文旦進行調查分析結果（如表 8）顯示，各處理之果實果汁量，以施用硫酸鉀每株 0.6 kg 處理者之 156cc 為最高，雖與施用氯化鉀每株 0.5 kg 處理間差異不顯著，惟與其他 3 個處理間之差

異達 5% 之顯著水準，果實之糖度，以施用硫酸鉀每株 0.6 kg 處理者之 12.4°Brix 為最高，雖與施用硫酸鉀每株 1.2kg 處理間差異不顯著，惟與其他 3 個處理之差異達 5% 之顯著水準，果實之酸度，以施用氯化鉀每株 1.0 kg 處理者之 0.44% 為最高，惟與其他 4 個處理間差異並不顯著，果實之維生素 C 含量，以施用硫酸鉀每株 0.6 kg 處理者之 39.5mg/100g 為最高，雖與施用氯化鉀每株 0.5 kg 及硫酸鉀每株 1.2 kg 兩處理間差異不顯著，惟與其他 2 個處理間之差異達 5% 之顯著水準，果實之果皮厚度，以施用硝酸鉀每株 0.9kg 處理者之 1.9cm 為最高，雖與施用氯化鉀每株 0.5 kg 及 1.0 kg 兩處理間差異不顯著，惟與其他 2 個處理間之差異達 5% 之顯著水準。

表 8. 各處理對文旦果實品質之影響

Table 8. Comparison of fruit quality of Wentan pomelo in various treatments.

Treatment	Fruit		Peel	Fruit	Sugar	Acidity*	Vit.C*
	diameter	Length	thickness*	juice*	content*		
	(cm)	(cm)	(cm)	(cc)	(° Brix)	(%)	(mg/100g)
KNO ₃ 0.9 kg	12.4	14.3	1.9 ^a	121 ^d	10.7 ^c	0.43 ^a	33.6 ^c
KCl 0.5 kg	12.1	14.1	1.7 ^{ab}	150 ^{ab}	11.6 ^b	0.43 ^a	37.5 ^{ab}
K ₂ SO ₄ 0.6 kg	12.7	15.0	1.6 ^b	156 ^a	12.4 ^a	0.43 ^a	39.5 ^a
KCl 1.0 kg	12.1	13.5	1.7 ^{ab}	138 ^c	9.8 ^d	0.44 ^a	29.3 ^d
K ₂ SO ₄ 1.2 kg	12.1	14.5	1.6 ^b	147 ^b	12.2 ^a	0.43 ^a	38.7 ^a

* Quality followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

(四)不同鉀肥種類與其施用量對文旦果實產量之影響

八十四年九月五日收穫，採樣與調查果實之果重、果肉重、產量與果實數，調查結果(如表 9) 顯示，各處理之果重，以施用硫酸鉀每株 0.6 kg 處理者之 625 kg 為最重，並與其他 4 個處理間之差異達 5% 之顯著水準，果實之果肉重，以施用硫酸鉀每株 0.6 kg 處理者之 408g 為最重，雖與施用氯化鉀每株 1.0 kg 及硫酸鉀每株 1.2 kg 兩處理間差異不顯著，惟與其他 2 個處理間之差異達 5% 之顯著水準，果實之產量，以施用硫酸鉀每株 0.6 kg 處理者之 46.3 kg 為最高，並與施用硝酸鉀每株 0.9 kg 處理間之差異達 5% 之顯著水準，惟與其他 3 個處理間差異並不顯著，果實之果實數，以施用硫酸鉀每株 0.6 kg 處理者之 48.7 粒為最多，並與施用硝酸鉀每株 0.9 kg 處理間之差異達 5% 之顯著水準，惟與其他 3 個處理間差異並不顯著。

表 9. 各處理對文旦果實產量之影響

Table 9. Comparison of fruit yield of Wentan pomelo in various treatments.

Treatment	Fruit weight*	Pulp weight*	Yield*	No.of fruit/pt.*
	(g)	(cm)	(kg/pt.)	
KNO ₃ 0.9kg	650 ^c	381 ^b	35.1 ^c	39.5 ^b
KCl 0.5kg	612 ^d	388 ^b	43.5 ^{ab}	47.0 ^a
K ₂ SO ₄ 0.6kg	725 ^a	408 ^a	46.3 ^a	48.7 ^a
KCl 1.0kg	679 ^b	395 ^{ab}	43.8 ^{ab}	46.4 ^a
K ₂ SO ₄ 1.2kg	634 ^{cd}	403 ^a	45.9 ^a	47.2 ^a

*Yield followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

結 論 與 建 議

- 一、由81年至82年之葉片、土壤、果實分析及產量調查結果可知，以立體施肥機深層施用苦土石灰能提高0~60cm深土壤之pH值及鈣、鎂含量，而撒施及開溝施用者，僅能改善0~20cm深土壤。且以立體施肥機深層施用苦土石灰處理之文旦平均產量較高，但對果實品質無影響。
- 二、從文旦園藝性狀及產量調查數據顯示，施用硫酸鉀每年每株 0.6kg可增加果實數，並可提高果實之果汁、糖度、維生素C之含量及產量，為文旦果實品質改進及提高產量的最佳施肥方法。

參 考 文 獻

1. 方英傑 王傳釗 陳正義. 1982. 臺糖公司自營農場土壤肥力測定及其應用. 臺灣糖業研究所技術專刊 TB(32): 1~76.
2. 包伯度. 1972. 肥料學 p.52~159. 國立編譯館.
3. 江國忠. 1991. 不同鉀肥用量及型態對韭菜纖維及產量的關係試驗. 農林廳土壤肥料試驗報告 p.158~162.
4. 江國忠. 1989. 氮、鉀肥對韭菜纖維及產量之關係試驗. 農林廳土壤肥料試驗報告 p.262~288.
5. 何佑元. 1963. 果樹營養學. 中國科學實業出版社.
6. 何信鳳 曹碧貴 賴文龍. 1995. 不同鉀肥種類對茶樹產量及品質之影響. 八十三年度土壤肥料試驗報告. 台灣省政府農林廳.
7. 花蓮區農業改良場. 1994. 八十三年度文旦評鑑促銷活動. 花蓮區農情資訊第 19 期.
8. 林慶喜 陸應政 邱澄文. 1993. 果樹立體施肥機之研製. 花蓮區農業改良場研究彙報第 9

- 輯 p.25~34.
9. 林慶喜 陳任芳. 1992. 花蓮地區文旦常見營養障害、生理異常及病蟲害圖鑑 p.2~16. 花蓮區農業改良場.
 10. 果樹作物營養診斷應用研習會專輯. 1989. 臺灣省農業試驗所特刊第 28 號. 臺灣省政府農林廳補助. 臺灣省農業試驗所 中華土壤肥料學會編印.
 11. 胡敏夫 張愛華 呂秀英 劉新裕. 1990. 鉀肥種類與用量對蘭草品質與產量之影響. 中華農業研究 39(2) : 96~101.
 12. 連深 張淑賢 黃維廷 吳婉麗. 1989. 柑橘營養診斷之基礎及應用之現況 p.1~26. 果園作物營養診斷應用研習會專輯. 臺灣省農業試驗所特刊第 28 號 臺灣省農業試驗所 中華土壤肥料學會.
 13. 陳振鐸. 1991. 基本土壤學. p.79~136. 徐氏基金會.
 14. 張仲民. 1988. 普通土壤學. p.379~384. 國立編譯館.
 15. 張仲民. 1978. 作物之營養與肥料. P.111~115. 徐氏基金會.
 16. 張庚鵬 連深. 1992. 缺鎂枇杷園鎂肥施用法改良試驗. 酸性土壤之特性及其改良論文集 12 : 1~13.
 17. 郭魁士. 1990. 土壤學 中國書局.
 18. 農林廳. 1997. 臺灣農業年報 p.106~107. 臺灣省政府印刷廠.
 19. 農林廳. 1996. 作物施肥手冊 p.68~72. 行政院農委會 臺灣省政府農林廳.
 20. 廖梅桂. 1975. 韭菜花 專業栽培蔬菜 30 種 p.158~163. 豐年社.
 21. 熊自屏. 1988. 國外果樹生產與研究. 五洲出版社發行 台北 p.409.
 22. 劉 熙. 1985. 柑橘栽培法. 五洲出版社發行 台北 p.87.
 23. 蔡清榮. 1979. 臺灣黃色種菸葉攝取氮之研究. 臺灣省菸葉試驗所研究彙報 10 : 39~46.
 24. 譚克終. 1991. 果樹之營養診斷與施肥 p.1~111. 徐氏基金會.
 25. 譚克終. 1989. 最新果樹園藝學. p.109~135. 正中書局.
 26. 譚克終. 1979. 蔬菜之營養生理與施肥之新技術. 徐氏基金會.
 27. 譚克終. 1971. 果樹生理學. 臺灣商務印書館.
 28. 謝炳坤 謝榮輝. 1974. 菸草對氮之吸收及其抑制方法之研究. 臺灣省菸葉試驗研究彙報 1 : 58-69.
 29. 蘇楠榮 李培揚. 1962. 兩種鉀對於鳳梨產量及品質之影響. 中華農學會報 39 : 31~41.
 30. 小林章 苦名孝. 1980. 果樹生產手冊. 養賢堂發行. 東京 p.43.
 31. 山崎傳. 1979. 微量要素和多量要素土壤、作物之診斷對策. 博友社發行. 東京 pp : 181.
 32. Chang, S.S., W.T. Huang, S. Lian, A.H. Chang and W.L.Wu. 1994. Research on leaf diagnosis criteria and its application on leaf diagnosis criteria and its application on the fertilization recommendation for citrus orchards in Taiwan. p.1-1~1-19 in "Proceeding of the International Workshop on Leaf Diagnosis and Soil Testing as a Guide to Crop Fertilization", Sep : 12~17, 1994, hold at TARI. Taichung. Taiwan.
 33. Su, N.R., H.Y. Kang, Y.L.Yow, and Y.F.Chow. 1975. Responses of pineapple to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. I. Plant crop Tou-Lin pineapple Exp. Sta. Rept, No.13.

Soil and Fertility Managements for Wentan Pomelo

Kuo- Chung Chiang¹ Suh- Jen Lin² Chung Cheng³

Summary

The main purpose of this experiment is to enhance the efficiency of Magnesium containing lime and the availability of Magnesium application in cooperating with a riller designed for deep fertilization. The experiment was conducted at Jui - Sui, Hualien. The soil studied is strong acid loam. In 1991, after the harvest, six treatments, i. e. (1) control, (2) laying lime on the ground, (3) lime applied in the furrows, (4) deep fertilizer application by a driller, (5) furrow liming and amended with the bark compost, (6) deep fertilizer application with the bark compost. Between August and September of 1992 and 1993, soil properties, Mg contents in leaves and fruit quality of Wentan pomelo were analyzed. Meanwhile, the production of Wentan pomelo was also recorded. Result showed that, the operation of a driller designed for deep fertilizer application has been significantly promoted the strong acid soil to be neutralized to attain a desired soil pH, and also the contents of Mg and Ca in leaves at the depth of 0-60 cm. Besides, the fruit productions were also promoted to the highest among the treatments. However, the contents of Mg in leaves and the fruit quality were not significantly different.

Another experiment was designed to understand the effects of different kinds (K_2NO_3 , K_2SO_4 , KCl) and amounts of potassium fertilizers on the yield and quality of Wentan pomelo. The experiment was conducted in 1995 at Juisui, where is one of the most important Wentan pomelo production areas in Taiwan. In the contents of fruit juice, the results showed the treatment of applying 0.6kg K_2SO_4 per plant (contained 0.3kg K_2O) had the biggest volume of fruit juice (156 cc/fruit), the treatment of applying 0.5kg KCl (contained 0.3kg K_2O) was the second, and the lowest of that (121 cc/fruit) was obtained from the treatment of applying 0.9kg KNO_3 (contained 0.3kg K_2O). In the contents of sugar, the treatment of applying 0.6kg K_2SO_4 had the highest value (12.4 Brix), the treatment of applying 1.2kg K_2SO_4 was the second, and the lowest sugar content was obtained from the treatment of 1.0kg KCl (9.8 Brix). The results of acidity obtained from all treatments were not significantly different. On fruit yield, the highest amount of production was obtained by the treatment of applying 0.6kg K_2SO_4 ; the treatment of applying 1.2kg K_2SO_4 was the second; while the treatment of applying 0.9kg KNO_3 was the lowest. Results suggested that applying 0.6kg K_2SO_4 per plant each year could be the best way to improve the quality and yield of Wentan pomelo, compared with other potassium fertilizers.

1,3. Assistant agronomist, Assistant, Hualien DAIS.

2. Assistant agronomist, Taiwan Agricultural Research Institute.