

文旦柚缺鎂土壤改良方法之研究¹

林素禎² 鄭仲³

摘要

為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。試驗土壤為強酸性壤土。民國八十年在文旦柚果實採收後，進行六種試驗處理。六種試驗處理為（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柚果實品質，並調查文旦柚果實產量。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，其文旦柚果實產量最高，但各處理間文旦柚葉片鎂含量及文旦柚果實品質無明顯差異。

（關鍵字：文旦柚、缺鎂、土壤改良）

¹花蓮區農業改良場研究報告第 112 號。本計畫承蒙行政院農業委員會經費補助（計畫編號 83 科技 - 2.5 - 糧 - 28 - 1 - 5,82 科技 - 2.4 - 糧 - 31 - 2,81 農建 - 12.2 - 糧 - 33 - 7），謹致謝忱。

²花蓮區農業改良場助理研究員

³花蓮區農業改良場助理

前言

文旦柚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 84 年的臺灣農業年報，全臺灣文旦柚種植面積為 6243 公頃，花蓮縣 2071 公頃占 33%，為全省最多者，宜蘭縣 573 公頃占 9%，為全省第四位。文旦柚產量及品質的影響因子很多，土壤的理化性質是一個重要的因子之一。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，容易引起文旦柚營養障礙。一般而言，文旦柚在酸性土壤 pH 值 5.0 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（山崎傳 1979）。

對於強酸性缺鎂土壤，可施用苦土石灰改善之，因其可中和土壤酸度，又可提供鈣、鎂養分要素，有利於柑橘生育（劉熙 1985）。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（熊自屏 1988）。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。因此，為使苦土石灰之改良效果增大，本計畫擬利用可節省勞力的立體施肥機（林慶喜等人 1993）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。

材料與方法

本試驗之試驗地點為花蓮縣瑞穗鄉鶴岡村，文旦柚為六年生，葉片有明顯的缺鎂症狀，分析果園土壤 pH 值為 4.3，屬強酸性土壤。試驗於民國 80 年文旦柚採收後進行。試驗設計採逢機完全區集設計，六處理，四重複，每處理為二株。各處理三要素肥料施用量、施用法，依作物施肥手冊柑橘類施用。六個試驗處理如下：

1. 不施苦土石灰
2. 撒施苦土石灰 5 k g / 株。
3. 開放射狀淺溝條施苦土石灰 5 k g / 株,並與土壤混合。
4. 於樹冠下東、西、南、北各挖一直徑 20cm，深 60cm 的圓孔，另於樹幹與樹冠之間於東南、西南、西北及東北方向各挖一直徑 20cm，深 30cm 的圓孔，挖出之土壤與苦土石灰混合再施回原穴，每株 5 k g 苦土石灰。
5. 同處理 3，並加施樹皮堆肥 40 k g。
6. 同處理 4，並加施樹皮堆肥 40 k g。

結果與討論

一、文旦柚果園試驗前之土壤理化性質分析

在試驗處理前，分析文旦柚果園土壤之理化性質，如表一。由表一可知，文旦柚果園土壤質地為壤土，pH 值 0 20cm 深為 4.5，20 40cm 深為 4.2，40 60cm 深為 4.1，屬強酸性土壤，而適合文旦柚生長之土壤 pH 值為 5.5 6.5。文旦柚果園之土壤有機質含量，0 20cm 深為 3.4%，屬高等級含量，20 40cm 深為 3.3%，屬高等級含量，40 60cm 深為 1.9%，屬低等級含量。土壤鉀含量 0 20cm 深為 43.4ppm，屬中等級含量，20 40cm 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 60cm 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 40cm 深為 6.5ppm，屬極低等級含量，40 60cm 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 20cm 的土壤比值為 2.1，20 40cm 的土壤比值為 1.4，40 60cm 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。

表一、文旦柚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、文旦柚果園試驗後各處理區之土壤分析

81年8月文旦柚採收後，分別採取各處理0-20cm、20-40cm及40-60cm深之土壤進行分析，分析結果如表二。由表二顯示：不施苦土石灰之處理（對照組），土壤0-20cm深之pH值為4.1，20-40cm深之pH值為4.0，40-60cm深之pH值為4.2；撒施苦土石灰之處理，土壤0-20cm深之pH值為4.3，20-40cm深之pH值為4.3，40-60cm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0-20cm之pH值已提高至5.5，而土壤20-40cm之pH值為4.5，土壤40-60cm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0-20cm之pH值提高至5.8，土壤20-40cm之pH值為7.4，土壤40-60cm之pH值為7.5，由此可知深施苦土石灰可有效的提高土壤0-60cm之pH值；溝施苦土石灰並加入樹皮堆肥之處理，土壤0-20cm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0-20cm之pH值為7.2，土壤20-40cm之pH值為7.7，土壤20-40cm之pH值為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0-60cm之pH值。

深施苦土石灰並添加樹皮堆肥之處理，其土壤0-20cm，20-40cm，40-60cm深之有機質含量分別為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0-60cm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0-20cm深之有機質含量（9.3%）亦很顯著增加。

表二、文旦柚果園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	773.5

	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 60cm 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。由表三可知，深施苦土石灰後，在土壤 20 60cm 深，其施肥位置土壤之鈣含量為 146.7 352.5ppm，而施肥位置外側 10cm 處 20 60cm 深之土壤鈣含量為 53.6 67.0ppm。深施苦土石灰後，在土壤 0 60cm 深鎂含量為 220.5 773.5ppm，施肥位置外側 10cm 處 0 60cm 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 60cm 深，其施肥位置土壤之鈣含量為 569.0 666.0ppm，而施肥位置外側 10cm 處 20 60cm 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 60cm 深鎂含量為 170 1039.0ppm，施肥位置外側 10cm 處 0 60cm 深之土壤鎂含量為 1.7 6.4ppm。由此可知，雖然只有 10cm 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。

三、文旦柚葉片鎂含量之分析

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(果樹作物營養診斷應用研習會專輯 1989)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。

表三、深施苦土石灰後，施肥位置土壤與其外側 10cm 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)
D0	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
D10	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
DB0	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
DB10	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: (D) the position of Mg-lime applied by a driller, (D) the position 10 cm distant from D treatment, (DB) the position of Mg-lime and bark compost applied by a driller, (DB) the position 10 cm distant from DB treatment.

四、文旦柚果實品質及產量之分析調查

文旦柚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 粒文旦柚調查分析，調查結果如表四。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」，優良的文旦柚果重 450 650g，果皮厚度在 0.9cm 以下，糖度在 11°(Brix)以上，酸度 0.4 0.6%，糖酸比 20 以下。表四中，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 0.9cm；糖度在 9.7 10.1°(Brix)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，各處理之文旦柚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。

表四、81 年各處理對文旦柚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 (kg)	peel thickness (cm)	Brix (?)	acidity (%)	Brix/Acidity	yield (fruit no./plant)
(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

*: ANOVA/LSD, p=0.05

五、文旦柚葉片、果實試驗處理兩年後之分析調查

81 年 8 月 28 日文旦柚採收後,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。各處理之文旦柚葉片鎂含量為 0.35 0.39%，各處理間無顯著差異。各處理之文旦柚果實分析及產量如表五所示，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 0.9cm 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，各處理之文旦柚果實品質皆已接近優良品。各處理之產量 59.3 80.5kg / 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。

表五、82 年各處理對文旦柚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 (kg)	peel thickness (cm)	Brix (?)	acidity (%)	Brix/Acidity	yield (fruit no./plant)
(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

*: ANOVA/LSD, p=0.05

六、文旦柚園試驗處理三年後之生育情形

82年8月文旦柚採收後，於11月中旬再施用同樣處理，但在83年7至8月間連續遭受提姆、凱特琳與道格颱風的摧殘，致使部分文旦柚果樹樹幹、枝條折斷，文旦柚果實掉落一半以上，使產量大減，且樹勢大受影響。

結論

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柚平均產量較高，但對果實品質無影響。

參考文獻

- 1.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。
- 2.熊自屏 1988 國外果樹生產與研究 五洲出版社發行 台北 p.409。
- 3.劉熙 1985 柑桔栽培法 五洲出版社發行 台北 p.87。
- 4.小林章、苦名孝 1980 果樹生產手冊 養賢堂發行 東京 p.43。
- 5.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 p.181。
- 6.花蓮區農業改良場 1994 八十三年度文旦柚評鑑促銷活動 花蓮區農情資訊第19期。
- 7.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。
- 8.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、中華民國土壤肥料學會編印。
- 9.臺灣農業年報 1995 臺灣省政府農林廳編印。