

施用磷肥及土壤磷含量對椪柑果實品質與產量之影響¹

王錦堂 陳鴻堂 賴惠珍²

摘 要

為探討強酸性紅壤果園有效性磷含量及不同施磷量對柑桔果實品質及產量之影響，於台中縣新社鄉紅壤進行田間試驗。採用複因子設計，先調查選取土壤含磷量4個等級(P低於200、200-400、400-600及高於600 ppm)，並分別施以磷肥量3種(P₂O₅：0、300、600 g/株)組合成12處理。果樹為14年生單株區，3重複，計36株，行株距5×4 m。1991年起連續4年田間試驗結果顯示，椪柑平均產量在土壤磷含量低於200 ppm時，以施磷肥P₂O₅ 600 g/株之80.9 kg/株為最高。在土壤磷含量200~400 ppm區，亦以施磷肥P₂O₅ 600 g/株之87.2 kg/株最高。在土壤磷含量400~600 ppm區，以不施磷之79.4 kg/株較高。在土壤磷含量高於600 ppm區，以不施磷株之86.0 kg/株及配合施P₂O₅ 600 g/株之83.8 kg/株為較高。上述五種處理區椪柑產量均顯著高於土壤磷含量低於200 ppm，配合不施磷區之60.6 kg/株。柑桔果汁糖度在處理間以土壤磷含量200~400 ppm區配合施磷肥P₂O₅ 600 g/株之10.5% Brix為較高，土壤磷含量高於600 ppm之施磷肥三處理區為9.8~9.7% Brix均較低。據試驗顯示土壤磷213 ppm可以生產最高糖度之椪柑，每株施用磷肥P₂O₅ 327 g則可以生產最低酸度之椪柑。本研究結果推薦紅壤磷含量在400 ppm以上時可以不施磷肥。

關鍵字：磷肥、椪柑、果實品質。

前 言

新墾地多施磷肥可改良土壤生產力，惟一般長年耕作果、菜園土壤，磷已有相當量之蓄積^(1,2,6)。洋蔥連作田土壤磷的蓄積有超過1,000及2,000 ppm者，由於土壤磷酞的過剩，可能對後作物有不利影響⁽⁷⁾。

多數作物在土壤有效性磷酞含量增加時產量亦隨著增加，在一定值時達到顛峰^(5,9,12,13)，土壤磷含量過多，由於其他元素未能配合均衡吸收亦可能造成減產⁽³⁾。對磷肥反應較大者有小麥、菠菜、洋香瓜等，磷肥效應較小者為胡蘿蔔、甘藍、大豆等⁽⁷⁾。磷肥施用一段時間後，土壤中磷酸會因受土壤鐵、鈣之固定而使有效性降低，磷酸受土壤固定之比例因土壤種類而異^(4,7)。台灣1993年椪柑目前種植面積13,624 ha(5,754千株)，平均每公頃收穫量13 tons⁽⁸⁾，每株收穫量為22 kg。若與1991年之14,353 ha，每公頃14 tons，每株生產33 kg相較減產甚多。主要原因除與柑桔價格偏低，農民不堪賠累而減少投入有關外，在紅壤等固定磷能力較強的果園⁽⁴⁾，由於長年施用大量磷肥，其累積在土壤中磷含量甚高^(10,11)，加上後續施磷量太高⁽²⁾，可能也是造成低產原因之一。一般農民對磷肥之使用，常有過量及浪費之現象，有關單位對紅壤

¹ 台灣省台中區農業改良場研究彙報第 0383 號。

² 台灣省台中區農業改良副研究員、助理、約僱助理。

之椪柑園土壤磷及施磷量之上限值亦尚無基準，可資應用，故有待探究以免施用過多而造成生產成本之浪費，並影響植株生育及果品之質量。本討論探究紅壤磷酐之含量及磷肥施用量對椪柑果實品質與產量之影響。

材料及方法

試驗地位於台中縣新社鄉(麥氏座標743822)，屬紅壤銅鑼圈土系(Tc5A-B)，表土質地為壤土。椪柑為14年生，單株區，行株距5×4 m。採用複因子設計，在四個磷含量土壤((1)低於200 ppm，(2) 200~400 ppm，(3) 400~600 ppm，(4)高於600 ppm)，分別施以三種磷肥用量(P_2O_5 : 0、300 g、600 g/株)，組合成12處理。三重複，計36小區。全部磷肥於11~12月一次施用完畢，氮、鉀肥用量均分別固定為N 600 g/株、 K_2O 450 g/株，並參照農林廳編印作物施肥手冊之柑桔施肥法施用。糖度採用手持曲折計測定(Refractometer Atago N1, Brix 0~32%)，果汁酸度則取8粒果實榨汁，以0.1 N NaOH滴定。

土壤pH以土：水=1:1並以玻璃電極法測定。以比色法測定有機質含量(OM)。土壤有效性磷以Bray No.1法測定。交換性鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)以0.1 N醋酸鉍抽出液測定。0.1 M HCl抽出液(HCl 20 ml:土壤2 g)測定鐵(Fe)、錳(Mn)、鋅(Zn)、銅(Cu)、鎘(Cd)、鉻(Cr)、鎳(Ni)、鉛(Pb)。硼(B)以熱水抽水法測定。植體分解後以自動分析儀測定氮，鉬藍法測定磷，火焰光度計測定鉀，原子吸光儀測定鈣、鎂。植物體之鐵、錳、鋅、銅、鎘、鉻、鎳、鉛等元素，則以1 M HCl 1:50之比例抽出後(植物體1 g:1 M HCl 50 ml)用原子吸光儀測定。硼以薑黃素呈色法測定之(以上土壤及植物體分析方法均引用台灣省農業試驗所1981編印之第13號特刊作物需肥診斷)⁽³⁾。

結 果

土壤磷含量及施磷量對椪柑產量之影響

以年別而言，1991年椪柑果實產量以高含磷(400~600 ppm)土壤配合施中量磷肥(P_2O_5 300 g/株)之107.2 kg/株最高，而低磷(200 ppm)及中磷(200~400 ppm)區施用重磷肥(P_2O_5 600 g/株)之95.5及104.3 kg/株次之。1992年椪柑產量則以土壤磷200~400 ppm，配合施高磷肥 P_2O_5 600 g/株區之106.6 kg/株較高，土壤磷含量400~600 ppm配合不施磷區之產量103 kg/株居次。1993年產量以土壤磷含量高於600 ppm配合施 P_2O_5 600 g/株區之95.5 kg/株最高，土壤磷高於600 ppm而不施磷之處理區91.9 kg/株次之。1994年產量則以土壤磷含量高於600 ppm，配合不施磷區之103.8 kg/株較高，土壤磷低於200 ppm，配合施 P_2O_5 300 g/株之98.6 kg/株次之。各年度平均椪柑產量1991年為76.1 kg/株，1992年為68.8 kg/株，1993年為77.2 kg，1994年為74.8 kg/株(表一)。

比較自1991~1994年4年間土壤磷含量及施磷量之12處理組合柑桔平均產量顯示，在土壤磷含量低於200 ppm情況下，以施 P_2O_5 600 g/株之柑桔產量80.9 kg/株為最高，比不施磷之60.6 kg增產33.5%。在土壤磷含量200~400 ppm時，亦以施磷量 P_2O_5 600 g/株之產量87.2 kg/株較高，比不施磷處理之73.9 kg/株增產18%。但在高磷含量土壤(400~600 ppm)，則以不施

磷之79.4 kg/株最高。在土壤磷含量高於600 ppm時，亦以不施磷之86.0 kg/株較高。在土壤磷含量高於400 ppm以上，增施磷肥即不再有增產之效果。顯示土壤磷含量在400 ppm以上時，種植椪柑可以不必再施用磷肥。椪柑產量經變方分析結果，在各年期12組合處理間，僅1993年處理組合間呈差異不顯著(表一)。

表一、不同土壤磷含量及磷肥施用量對柑桔產量、粒數及粒重之影響

Table 1. Yields and yield components of citrus (ponken) as affected by levels of soil phosphorus and phosphate fertilizer application rates (from 1991 to 1994)

Soil phosphorus P	Phosphate fertilizer P ₂ O ₅	Yield					Index %	No. of fruits fruit/plant	Weight per fruit g
		1991	1992	1993	1994	Mean			
<200	0	48.5c ¹	58.8cde	66.9a	68.0bcde	60.6bc	100	318bd	191e
	300	73.9b	51.2e	69.9a	98.6a	73.4ab	121	360c	204bc
	600	95.5ab	72.5bc	77.6a	78.0abcd	80.9a	133	402b	201c
200-400	0	75.6b	69.4bcd	81.8a	68.8bcde	73.9ab	122	354c	209a
	300	57.8bc	56.5de	69.6a	50.7e	58.7c	97	288e	205b
	600	104.3a	106.6a	75.6a	62.5cde	87.2a	144	433a	201c
400-600	0	72.7b	103.0a	81.4a	60.6cde	79.4a	131	407ab	195d
	300	107.2a	52.7e	75.9a	53.4de	72.3ab	119	353c	204bc
	600	60.9bc	48.9e	69.2a	79.5abcd	64.6b	107	329d	196d
>600	0	86.4ab	61.8cde	91.9a	103.8a	86.0a	142	438a	196d
	300	56.5bc	62.1cde	71.2a	91.2ab	70.3ab	116	363c	194de
	600	74.4b	82.5b	95.5a	82.7abc	83.8a	138	409b	205b
	Mean	76.1	68.8	77.2	74.8	74.3	123	371	200

¹ Mean followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

4年平均產量以土壤磷200 ppm、200~400 ppm，分別施以高磷肥(P₂O₅ 600 g/株)之80.9 kg及87.2 kg/株，以及土壤磷400~600 ppm，及高於600 ppm不施磷肥株之79.4及86 kg/株，配合施P₂O₅ 600 g/株之83.8 kg/株等5處理，分別對土壤磷低於200 ppm配合不施磷處理株之60.6 kg/株有顯著之增產效果(表一)。

相關分析顯示，椪柑果實產量與每株果粒數、果皮厚度及果汁酸度分別有極顯著及顯著的正相關，但與果汁磷含量有極顯著的負相關(表六)。

12組合處理間果粒數4年平均分別為288粒/株至438粒/株，土壤磷含量在低於400 ppm以下時，施磷有增加椪柑果實粒數趨勢，經變方分析結果處理間果粒數差異顯著(表一)，粒數與酸度有顯著正相關(表六)。

12組合處理間平均果粒重分別為191 g/粒至209 g/粒，經變方分析結果處理間粒重呈極顯著差異(表一)。

土壤磷含量及磷肥施用量對椪柑果實品質之影響

一、對糖度之影響

椪柑糖度是影響品質最主要之因素，1991年調查椪柑果實糖度，土壤磷含量低於200 ppm，配合磷量 P_2O_5 600 g/株處理區生產之大型果(圓周25~30 cm)糖度最高，達10.7% Brix，而土壤磷200~400 ppm配合施磷 P_2O_5 300 g/株區之9.6% Brix最低，處理間大型果實之糖度有顯著差異。1992年處理間大型果實糖度則以土壤磷含量200~400 ppm，配合施磷肥600 g/株之10.5% Brix為最高。中型果實(圓周17~25 cm)在土壤磷200~400 ppm，配合施磷 P_2O_5 600 g/株區糖度最高，達11.2% Brix，土壤磷低於200 ppm，配合施磷 P_2O_5 300 g/株亦達10.6% Brix。大、中型果實糖度在處理間均呈顯著差異。而大、中型果實在土壤磷200~400 ppm配合施 P_2O_5 600 g/株區，果實糖度均分別提高到11.3% Brix及10.8% Brix。在連續4年試驗中，椪柑果實平均糖度以1993年最高。1994年亦以土壤磷200~400 ppm，配合施 P_2O_5 600 g/株處理區之果實糖度較高，但均降低為9.6% Brix以下，其含糖量在4年中最低者(表二)。

表二、不同磷含量土壤及磷肥施用量對椪柑糖度含量之影響

Table 2. Sugar contents of Ponkan fruit as affected by phosphate application to soils with different phosphorus levels

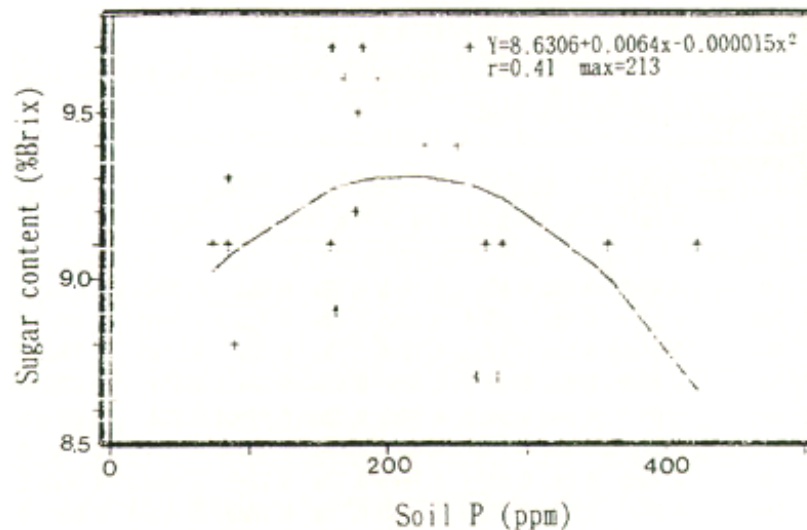
Soil phosphorus (ppm)	Phosphate fertilizer P_2O_5 (g/plant)	1991		1992		1993		1994		Mean	
		A ²	A	B	A	B	A	B	A	B	
<200	0	9.9ab ¹	9.7cd	9.7cde	11.0a	10.4a	9.0cde	9.1abcd	9.9ab	9.7b	
	300	10.3ab	9.8bc	10.6b	10.9a	10.3a	9.2abcde	8.8d	10.1ab	9.9ab	
	600	10.7a	10.3ab	9.9c	10.8a	10.3a	9.4abcd	9.1bcd	10.3ab	9.8b	
200-400	0	10.4ab	9.3cde	9.7cde	10.6a	10.0a	9.3abcde	9.2abcd	9.9ab	9.6b	
	300	9.6b	9.0e	9.8c	10.6a	10.2a	9.6ab	9.4abc	9.7b	9.8ab	
	600	10.5ab	10.5a	11.2a	11.3a	10.8a	9.6a	9.6a	10.5a	10.5a	
400-600	0	10.1ab	9.6cde	9.9c	10.6a	10.5a	9.5abc	9.5ab	10.0ab	10.0ab	
	300	10.0ab	9.6cde	9.4def	11.0a	10.8a	9.5abc	9.2abcd	10.0ab	9.8b	
	600	10.7a	9.4cde	9.6cde	11.0a	10.6a	9.4abc	9.3abcd	10.1ab	9.8ab	
>600	0	9.9ab	9.7cd	9.8cd	10.5a	10.2a	8.9de	8.9cd	9.7b	9.6b	
	300	10.3ab	9.6cde	9.2f	10.5a	10.1a	8.9e	8.8d	9.8ab	9.3b	
	600	10.2ab	9.1de	9.3ef	10.4a	10.2a	9.1bcde	9.1abcd	9.7b	9.5b	
Mean		10.2	9.6	9.8	10.8	10.4	9.3	9.2	10.0	9.8	

¹ See Table 1.

² Fruit size A: 25-30 cm B: 17-25 cm.

以土壤磷含量及施磷量組合之12處理間比較，4年之間椪柑大型果之果汁平均糖度含量，在土壤磷含量低於200 ppm時，以配合施磷量 P_2O_5 600 g/株之10.3% Brix最高(表二)。在土壤磷含量為200~400 ppm時，亦以配合施磷量 P_2O_5 600 g/株之10.5% Brix最高。而在土壤磷含量400~600 ppm時，則磷肥施用量間椪柑糖度差異不顯著。在土壤磷含量高於600 ppm時，果汁含糖量均較低，而其中以配合施磷量 P_2O_5 600 g/株及不施磷株之9.7% Brix最低，處理間差異顯著但差距很小，相差僅0.8% Brix。在中型果粒含糖量則稍低，惟以土壤磷含量

200~400 ppm配合施磷 P_2O_5 600 g/株之10.5% Brix最高(表二)，與土壤磷含量高於600 ppm配合所有施磷量呈差異顯著，含磷太高的土壤(> 600 ppm)，不管施用多少磷肥，果實含糖量均低。據迴歸分析顯示，施磷肥 P_2O_5 213 g/株可以生產最高糖度之椪柑(圖一)。糖度與酸度、糖酸比、果皮厚度、果皮含水量及果皮磷含量有極顯著之正相關，但與果肉率有極顯著之負相關(表六)。



圖一、土壤磷含量對柑桔果汁糖度之影響。

Fig. 1. Effects of soil phosphorus on the sugar content of Ponkan fruit juice.

二、對酸度之影響

1991年大型果果汁酸度在處理間經變方分析結果達極顯著差異，以土壤磷含量200~400 ppm配合施磷量 P_2O_5 600 g/株，及土壤磷含量大於600 ppm配合不施磷株之果汁酸度0.77 g/100 ml最高，以土壤磷含量400~600 ppm配合施磷肥 P_2O_5 300 g/株之果汁酸度0.57 g/100 ml最低，二者相差達0.20 g/100 ml。1992年大粒果亦以土壤磷200~400 ppm配合施磷 P_2O_5 600 g/株之0.73 g/100 ml為最高，而土壤磷含量400~600 ppm配合施磷 P_2O_5 300 g/株之0.42 g/100 ml最低，惟處理間差異不顯著。中型果粒酸度在處理間以土壤磷200~400 ppm配合磷肥施用量600 g/株之0.75 g/100 ml為最高，土壤磷含量低於200 ppm配合不施磷株處理之果汁酸度0.62 g/100 ml最低，處理間呈差異極顯著。1993年大、中型果粒酸度在處理間均以土壤磷200~400 ppm配合施 P_2O_5 600 g/株之0.81及0.85 g/100 ml為最高，亦均以土壤磷200~400 ppm配合不施磷株之大、中型果粒酸度之0.63 g及0.67 g/100 ml最低，處理間分別呈顯著與不顯著差異。1994年大果粒酸度在處理間以土壤磷200~400 ppm配合不施磷之0.76 g/100 ml最高。土壤磷低於200 ppm配合不施磷之酸度0.64 g為最低，處理間達顯著差異。中果粒酸度也有同樣結果。年度間平均酸度以1994年之大果粒0.72 g及中果粒0.78 g較高，1993年之0.71及0.75 g次之，1991年之0.69 g又次之，1992年之0.62及0.67 g/100 ml最低(表三)。

由土壤磷含量及施磷量組合之12處理間，比較椪柑果汁平均酸度含量顯示，大果粒在處理間以土壤磷200~400 ppm配合施用磷肥 P_2O_5 600 g/株之酸度0.76 g/100 ml為最高，與土壤磷400~600 ppm配合施 P_2O_5 300 g/株處理之酸度0.60 g/100 ml相差0.16 g/100 ml，而呈顯著差

異。在中型果粒處理間酸度則相差有0.09 g/100 ml，仍以土壤磷200~400 ppm配合 P_2O_5 600 g/株區之酸度0.79 g/100 ml較高，惟處理間差異不顯著(表三)。據迴歸分析顯示，每株施用磷肥327 g/株可以生產最低酸度之椪柑(圖二)。相關分析顯示酸度與糖度有極顯著正相關，與產量及粒數、果肉率有顯著正相關，與糖酸比、果汁率、果汁磷含量有極顯著負相關(表六)。

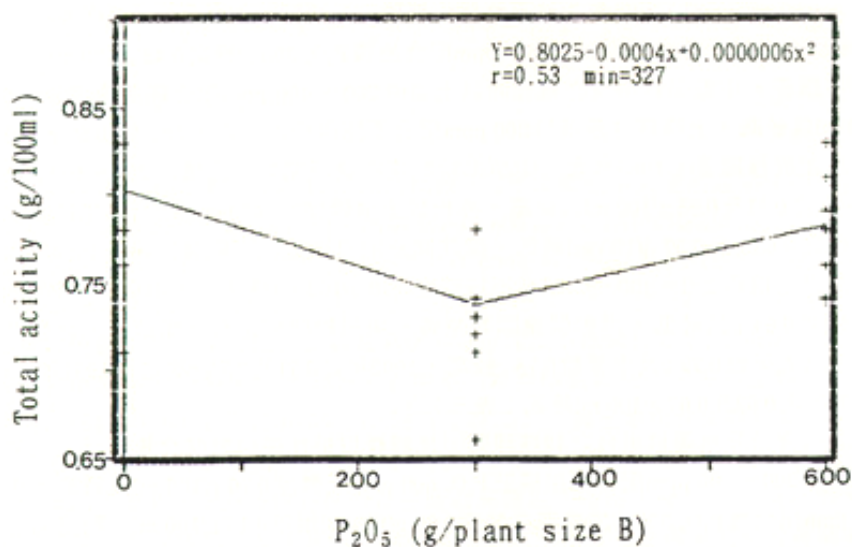
表三、不同土壤磷含量及磷肥施用量對柑桔酸度之影響

Table 3. The influence of phosphate fertilizer application in different phosphorus content soils on total acidity of citrus fruits

Soil phosphorus ppm	Phosphate fertilizer P_2O_5 g/plant	1991		1992		1993		1994		Mean	
		A ²	A	B	A	B	A	B	A	B	
<200	0	0.70ab ¹	0.62a	0.62e	0.73ab	0.72a	0.64d	0.78abcd	0.67bc	0.71a	
	300	0.64bc	0.65a	0.66cd	0.71ab	0.74a	0.71bcd	0.73cd	0.68b	0.71a	
	600	0.67abc	0.65a	0.67bcd	0.72ab	0.75a	0.75a	0.81ab	0.70ab	0.74a	
200-400	0	0.68ab	0.62a	0.66cd	0.63b	0.67a	0.76a	0.84a	0.67bc	0.72a	
	300	0.69ab	0.58a	0.66cd	0.69ab	0.73a	0.67bcd	0.72d	0.66bc	0.70a	
	600	0.77a	0.73a	0.75a	0.81a	0.85a	0.72abc	0.76bcd	0.76a	0.79a	
400-600	0	0.73ab	0.64a	0.64de	0.70ab	0.73a	0.73ab	0.80abc	0.70ab	0.72a	
	300	0.57c	0.42a	0.65cde	0.68ab	0.76a	0.73ab	0.76bcd	0.60c	0.72a	
	600	0.68ab	0.61a	0.70b	0.72ab	0.78a	0.74ab	0.77abcd	0.69ab	0.75a	
>600	0	0.77a	0.63a	0.68bc	0.71ab	0.81a	0.75a	0.77abcd	0.71ab	0.75a	
	300	0.70ab	0.66a	0.65cde	0.69ab	0.74a	0.66cd	0.75bcd	0.68b	0.71a	
	600	0.70ab	0.64a	0.68bc	0.73ab	0.77a	0.73ab	0.81ab	0.70ab	0.75a	
Mean		0.69	0.62	0.67	0.71	0.75	0.72	0.78	0.69	0.73	

¹ See Table 1.

² Fruit size (diameter) A:25-30cm B:17-25cm.



圖二、施磷量對柑桔果汁酸度之影響。

Fig. 2. Effects of phosphate fertilizer on total acidity of Ponkan citrus.

三、對糖酸比之影響

1991年椪柑果汁之糖酸比以土壤磷400~600 ppm配合施 P_2O_5 300 g/株之17.5為最高，土壤磷400~600 ppm配合不施磷處理，及土壤磷200~400 ppm配合施磷量300及600 g/株處理之13.9為最低，並達顯著水準。1992年大型果之糖酸比以土壤磷200~400 ppm配合施磷 P_2O_5 300 g/株之16.2最高，而其配合施 P_2O_5 600 g/株之14.4最低，處理間達顯著差異。中果粒在處理間以土壤磷低於200 ppm，配合施磷 P_2O_5 300 g/株之16.1為最高，而土壤磷400~600 ppm配合施磷量 P_2O_5 600 g/株之13.7糖酸比最低，處理間亦達極顯著差異。1993年大果粒糖酸比以土壤磷200~400 ppm配合不施磷株之16.5最高，與施 P_2O_5 600 g/株處理之14.2間有顯著差異。中果粒以土壤磷200~400 ppm，配合不施磷之15.0最高，但與土壤磷高於600 ppm配合不施磷株之12.8差異不顯著。1994年大果粒糖酸比在處理間以土壤磷200~400 ppm配合施 P_2O_5 300 g/株之14.4為最高，與土壤磷高於600 ppm不施磷株之12.0差異極顯著。中果粒糖酸比在處理間以土壤磷200~400 ppm配合施磷300 g/株之13.2最高與不施磷株11.3，處理間呈極顯著差異(表四)。

比較4年之平均椪柑糖酸比，大果粒為15.8至14.0，處理間呈顯著差異，其中以土壤磷400~600 ppm配合施磷 P_2O_5 300 g/株之15.8為最高，分別對土壤磷200~400 ppm及高於600 ppm配合施磷 P_2O_5 600 g/株之14.0，分別呈顯著差異，餘則均差異不顯著。在中果粒之糖酸比為14.2至12.9，以土壤磷200~400 ppm配合施磷量 P_2O_5 300 g/株之14.2較高，比較低之土壤磷含量高於600 ppm配合施 P_2O_5 600 g之糖酸比12.9在處理間呈差異不顯著(表四)。

表四、不同土壤磷含量及磷肥施用量對柑桔果實糖酸比之影響

Table 4. The influence of phosphate fertilizer applied to different phosphorus level soils on the ratios of sugar/acidity of ponken fruits

Soil phosphorus	Phosphate fertilizer P_2O_5 g/plant	1991		1992		1993		1994		Mean	
		A ²	A	B	A	B	A	B	A	B	
<200	0	14.4b ¹	15.6abc	15.7ab	15.2abc	14.7a	14.1ab	11.7cd	14.8ab	14.0a	
	300	16.1ab	15.2abc	16.1a	15.5abc	13.9a	13.2abc	12.3bc	15.0ab	14.1a	
	600	16.2ab	15.9ab	15.2abc	14.9abc	13.7a	12.5bc	11.4cd	14.9ab	13.4a	
200-400	0	15.3ab	15.1abc	14.9bcd	16.5a	15.0a	12.5bc	11.3d	14.9ab	13.7a	
	300	13.9b	16.2a	15.2abc	15.4abc	14.2a	14.4a	13.2a	15.0ab	14.2a	
	600	13.9b	14.4c	14.9bcd	14.2c	13.0a	13.4abc	12.8ab	14.0b	13.6a	
400-600	0	13.9b	15.0abc	15.5ab	15.4abc	14.5a	13.2abc	12.1bcd	14.4b	14.0a	
	300	17.5a	16.0ab	15.0abcd	16.3ab	14.5a	13.4abc	12.2bcd	15.8a	13.9a	
	600	15.7ab	15.6abc	13.7e	15.5abc	13.9a	13.0abc	12.2bcd	14.9ab	13.3a	
>600	0	15.5ab	15.3abc	14.6bcde	15.2abc	12.8a	12.0c	11.8cd	14.5ab	13.0a	
	300	14.9b	14.6bc	14.2cde	15.3abc	13.6a	13.4abc	11.7cd	14.5ab	13.2a	
	600	14.6b	14.4c	14.0de	14.3bc	13.5a	12.5bc	11.4cd	14.0b	12.9a	
Mean		15.2	15.3	14.9	15.3	13.9	13.1	12.0	14.7	13.6	

^{1,2} See Table 2.

土壤磷含量及施磷量對柑桔果實其他性狀之影響

一、對果肉率之影響

椪柑大型果之果肉率低於中型果，大型果各處理之平均果肉率只有71.6%，顯著低於中型果之73.4%。至於土壤磷含量及磷肥施用量對椪柑果肉率則沒有任何影響，除高磷含量(400~600 ppm)土壤，每株施用300 g磷肥處理之果肉率顯著轉低外，處理間差異不顯著(表五-1)。

二、對果汁率之影響

比較12處理組合間3年平均之果汁率含量，經變方分析結果顯示大型及中型果粒在處理間均差異顯著。果汁率在大果粒含有93.4至92.2%，相差1.2%。中果粒含有93.0至91.2%，相差1.8%。中型果粒果汁率含量較低而在處理間差異較大(表五-1)。

三、對果汁磷含量之影響

比較12組合處理間3年平均之果汁磷含量，經變方分析結果顯示大中果粒在處理間均呈顯著差異。大型果以土壤磷含量400~600 ppm，配合施 P_2O_5 600 g/株之果汁磷含量85 ppm最高，而其配合不施磷肥植株之磷含量72 ppm為最低，相差13 ppm。中型果亦以同土壤磷400~600 ppm，每株施用300及600 g磷酐兩種處理，果汁磷均為86 ppm最高，但同一土壤不施磷肥果汁磷含量只有69 ppm為最低，相差17 ppm(表五-1)。

表五-1、不同土壤磷含量與磷肥施用量對柑桔果實品質之影響

Table 5-1. Qualities of ponkan fruits as affected by soil phosphorus levels and phosphate fertilizer application rates (1992~1994)

Soil phosphorus P	Phosphate fertilizer P_2O_5	Rate of fruit flesh		Fruit juice percentage		Phosphorus content in juice	
		A ²	B	A	B	A	B
ppm	g/plant	%		%		ppm	
<200	0	71.5a ¹	73.1ab	93.4ab	92.0ab	82ab	78abc
	300	71.4a	72.5ab	93.0ab	93.0a	78ab	74bc
	600	71.6a	73.6ab	93.1ab	92.2ab	75ab	76abc
200-400	0	72.4a	74.2ab	93.1ab	92.7a	77ab	75bc
	300	71.4a	73.4ab	92.7ab	92.1ab	83ab	79abc
	600	72.9a	75.2a	92.5ab	92.1ab	77ab	74bc
400-600	0	71.9a	73.2ab	93.2ab	92.5a	72b	69c
	300	70.7a	71.8b	92.2b	91.2b	82ab	86a
	600	71.3a	73.1ab	92.5ab	92.0ab	85a	86a
>600	0	70.9a	72.4ab	92.9ab	92.7a	80ab	80ab
	300	72.1a	73.8ab	93.3ab	92.5a	79ab	81ab
	600	71.4a	74.0ab	93.4a	92.4ab	80ab	79abc
	Mean	71.6	73.4	92.9	92.3	79	78

^{1,2} See Table 2.

四、對果皮厚度之影響

比較12組合處理間3年平均之果皮厚度，經變方分析結果顯示，大中果果皮厚度分別呈顯著及極顯著差異。果皮厚度在大果粒為土壤磷高於P 600 ppm配合不施磷株之3.43 mm最厚，較土壤磷200~400 ppm、施磷P₂O₅ 600 g/株之3.18 mm，二者相差0.25 mm。中型果果皮厚度在3.15至2.86 mm間，相差0.29 mm。顯示中型果之果皮較薄而處理間差異較大(表五-2)。

五、對果皮含水率之影響

除低磷(<200 ppm)土壤，且未施磷處理之大型果果皮含水率最低(68.2%)外其餘各處理間果皮含水率均沒有差異(表五-2)。

表五-2、不同土壤磷含量及施磷量對柑桔果實品質之影響

Table 5-2. Qualities of Ponkan fruits as affected by soil phosphorus levels and phosphate fertilizer application of rates (1992~1994)

Soil phosphorus P	Phosphate fertilizer P ₂ O ₅	Thickness of fruit skin		Moisture content in fruit skin		Phosphorus in fruit skin	
		A ²	B	A	B	A	B
ppm	g/plant	mm		%		ppm	
<200	0	3.30ab ¹	2.97abcd	68.2b	76.8a	0.084a	0.090a
	300	3.34ab	3.15a	77.3a	76.5a	0.080a	0.090a
	600	3.24ab	3.01abcd	77.1a	76.5a	0.080a	0.092a
200-400	0	3.22ab	3.01abcd	77.2a	76.8a	0.081a	0.094a
	300	3.31ab	3.06abc	77.7a	77.3a	0.084a	0.095a
	600	3.18b	2.86d	75.8a	75.3a	0.080a	0.091a
400-600	0	3.36ab	3.07abc	77.0a	76.0a	0.075a	0.094a
	300	3.38ab	3.05abc	77.2a	76.0a	0.087a	0.101a
	600	3.31ab	3.10ab	78.5a	77.3a	0.089a	0.098a
>600	0	3.43a	3.13a	77.8a	77.2a	0.085a	0.094a
	300	3.28ab	2.89cd	77.2a	76.8a	0.084a	0.095a
	600	3.25ab	2.93bcd	77.7a	76.3a	0.081a	0.087a
	Mean	3.30	3.02	76.6	76.6	0.082	0.093

^{1,2} See Table 2.

六、對果皮磷含量之影響

比較12組合處理間3年平均之果皮磷含量，經變方分析結果顯示，大中果粒之果皮磷含量均差異不顯著。果皮磷含量在大果為0.089至0.075 ppm，相差0.014 ppm。中果粒為0.1 ppm及0.087 ppm，相差僅0.013 ppm。中果粒果皮磷含量較高(表五-2)。

柑桔產量與果實品質及其他特性之相關

以大果粒(A周圍25~30 cm)產量與椪柑果實品質及其他特性進行相關分析，結果顯示：產量與粒數、酸度、糖酸比、果汁磷等呈顯著相關(表六)。糖度與酸度、糖酸比、果肉率、果汁磷、果皮厚度、果皮含水率、果皮磷及酸度與糖酸比、果肉率、果汁率、果汁磷等均呈顯著相關。

表六、柑桔大粒果實產量、品質與果實特性間之相關

Table 6. Correlation coefficient among yield, and characteristics of fruit qualities of citrus (1992 to 1994)

	Yield	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A No. of fruit/plant	.97**										
B Weight fruit of per	.11	-.12				n=108		r=0.1895*		r=0.2471**	
C Sugar content	.01	.04	-.24*								
D Total acidity	.24*	.20*	.13	.32**							
E Sugar/tatol acidity	-.24*	-.16	-.37**	.41**	-.56**						
F Fruit flesh %	.09	-.01	.47**	-.52**	.25**	-.68**					
G Fruit juice %	-.06	.05	-.45**	-.01	-.25**	.37**	-.23*				
H Juice P content	-.26**	-.21*	-.17	-.25**	-.46**	.27**	-.30**	.11			
I Thickness of fruit skin	.00	.07	-.23*	.32**	-.09	.38**	-.67**	-.05.02			
J Moisture content in fruit skin	.03	.13	-.45**	.35**	-.06	.35**	-.46**	.30**	-.08	.34**	
K P in fruit skin	-.04	.07	-.56**	.67**	-.15	.70**	-.82**	.37**	.14	.45**	.53**

討論及結論

柑桔適宜生長之土壤pH範圍為5.2~6.3之間，在pH 4.3~7.0範圍內亦可生長⁽⁵⁾。若能將pH較低土壤稍加提高，可以促進肥料之效應⁽¹⁰⁾。土壤有機質含量一般以山區較高，而平地較低，因平地溫度較高，有機質易分解，有待隨時補充有機質肥料並可因而培育健全土層，在山區亦應選擇完全醱酵者，使能在土壤中保持2~4%含量，以期發揮適當肥效，及促進土壤磷之功用^(1,6)。又健全的土壤有效態磷酞含量宜保持在300~1000 ppm範圍⁽⁵⁾，避免降至80~200 ppm以下而引起欠乏症，或施過多而使增加到3000 ppm或超過5000 ppm以上，以致引起為害根群或肥傷等⁽⁵⁾。美國加州高產之柑桔果園，其土壤枸橼酸溶性磷有1486 ppm，水溶性磷有491 ppm之多⁽¹³⁾，可見磷對提高柑桔產量有其必要性。紅壤改良磷有效性低之對策除施用石灰、穀殼燻炭、有機質、磷肥外，亦可施用菌根菌、溶磷菌等以提高磷酸之分解，及促進根部對磷之吸收，或撒施磷酸鉀0.2~0.4%溶液，以補充磷肥。

據本試驗顯示，紅壤果園土壤磷含量低於400 ppm之情形下(包括低於200 ppm及200~400 ppm)，配合施P₂O₅ 600 g/株時，均比施P₂O₅ 300 g/株或不施磷株的處理，柑桔果實產量、果汁糖度及酸度含量均有較好的表現。又在土壤磷含量高於400 ppm時之情形下(包括400~600 ppm及高於600 ppm)時，配合不施磷時亦比施P₂O₅ 300 g或600 g/株處理，在產量、糖酸度及糖酸比等均有良好的表現。綜合本試驗結果，建議土壤磷含量在400 ppm以上之椏柑果園，可以不必再施用磷肥，即可獲得理想之產量及相當程度品質之椏柑果實。土壤磷含量在400 ppm以下時，增施適量磷肥顯然有增加椏柑產量及提高果實品質之效果。

誌 謝

本報告承蒙農委會{計畫編號：82科技-2.4-糧-31(14)、83科技-2.5-糧-28(1-4)、84科技-2.5-糧-14(1-4)}補助經費，又本場林場長俊義博士技術指導及鼓勵，特此感謝。文成復承國立中興大學陳教授世雄博士，本場林副場長信山博士，作物環境課陳課長慶忠博士斧正，謹此誌謝。

參考文獻

1. 三須英雄 1949 磷酸肥料 朝倉書局 肥料學 p.249~321。
2. 王錦堂 1995 柑桔土壤、葉片營養診斷與施肥 p.1~22 台中區農業改良場(編) 土壤與葉片營養診斷技術應用及施肥改進推廣成果。
3. 林家棻 1981 美國各州常用之土壤磷測定法及其平準 p.183~187 台灣省農業試驗所(編) 作物需肥診斷技術。
4. 陳振鐸 1979 磷之化合態與固定、磷的供應 p.41~61 台灣省土壤肥料學會(編) 台灣磚紅壤之利用與管理。
5. 前田正勇 1972 柑桔の特性と施肥の基準 p.163~177 農山漁村文化協會(編) 果樹の營養診斷と施用。
6. 葦澤正義等 1981 土壤と土壤管理、營養と施肥 朝倉書局(編) 果樹園藝學 p.157~201。
7. 龜和田國彥 1987 可給態リン酸の適正水準と上限値 p.5~30 全國農業協同組合連合會肥料農業部(編) 土壤養分の適正水準と上限値に関する研究。
8. 農林廳 1993 椪柑 台灣農業年報 p.107。
9. Chapman, H. D. 1966. Diagnostic criteria for plant and soils. p.1-10. Division of Agricultural Sciences. California, USA.
10. Chiu, T. F., S. Lian and S. M. Lin. 1960. Field experiment on fertilizer application in a citrus orchard. Agric. Res. Taiwan 1:1-8.
11. Chiu, T. F. and S. M. Lin. 1961. Study on leaf analysis as a means of diagnosing nutrition status of citrus plants. Agric. Res. Taiwan 2:25-33.
12. Koo, R. C. J. 1984. Recommended fertilizer and nutritional sprays for citrus. Agricultural Sciences, Gaintsville. Florida. USA.
13. Uexkul, H. R. von and M. Kampter. 1963. Phosphate. p.28-32. Science and practice in the manuring of citrus. Verlagsgellschaft fur Ackerbau MBH. Green Bulletin.

Yield and quality of Ponken as affected by levels of soil phosphorus and rates of phosphate fertilizer application¹

Chin-Tang Wang, Hong-Tong Chen and Fuei-Jen Lay²

ABSTRACT

Field experiments were carried out during 1991 through 1994 to investigate the effects of soil phosphorus and phosphate fertilizer on yield and quality of ponken fruits. Orchards of 14 years old poken trees were divided into four classes according to levels of soil available phosphorus (ie <200, 200-400, 400-600, and >600 ppm). Three rates of phosphate fertilizer (0, 300, and 600 g/plant) were applied to three replications of the ponken trees. Results from four years experiments indicated that phosphate fertilizer is not necessary to apply to the available phosphorus concentration in soil with higher than 400 ppm. When phosphorus contents in soils was less than 400 ppm, the phosphate fertilizer have to apply to reach a better fruit field and quality of citrus grown on the latosol.

Key Words: phosphate fertilizer, ponken, latosol.

¹ Contribution No. 0383 from Taichung DAIS.

² Associate Soil Scientist and Assistant of Taichung DAIS, respectively.