

中部柑桔果樹之營養診斷及應用現況調查¹

賴文龍 王錦堂²

摘 要

為瞭解中部主要柑桔產區適栽情形，於1991~1995年在台中縣(市)設置178個調查點，除調查產量外，並進行柑桔果園土壤及葉片採樣，以分析各種元素濃度。結果以暗灰色崩積土柑桔產量28,185 kg/ha為最高，黃壤土柑桔產量16,114 kg/ha最低。土系間以灰黃色崩積土之Tlt土系柑桔產量39,675 kg/ha為最高，黃壤土之Ylk土系產量16,114 kg/ha最低。

調查結果顯示肥料以氮素用量>700 kg N/ha柑桔產量18,519 kg/ha最低，用量<300 kg N/ha柑桔產量22,617 kg/ha較>700 kg N/ha用量增產18.1% (4,098 kg/ha)，施用重氮肥料之柑桔果園有明顯減產。柑桔葉片隨氮肥用量增加而使葉氮濃度增加，超過3.3%以上者柑桔產量平均20,299 kg/ha，葉氮濃度在3.0~3.2%適宜值範圍內者，柑桔產量平均22,762 kg/ha，增產10.8% (1,463 kg/ha)。柑桔園土壤pH值平均4.90，有機質含量平均2.46%，有效性磷含量平均800 ppm，交換性鉀含量平均446 ppm，交換性鈣含量平均2276 ppm，交換性鎂含量平均293 ppm。柑桔葉鉀濃度平均1.14%，低於適宜值下限1.40%甚多，顯示柑桔葉鉀吸收受阻，產生葉鉀濃度不足。

調查結果中部地區有五土類27個土系適合栽培柑桔其面積共計35,695 ha，包括台中縣五土類26個土系面積26,612 ha；台中市四土類8個土系面積2,368 ha；南投縣二土類5個土系面積4,170 ha；彰化縣二土類3個土系面積2,545 ha。

關鍵字：柑桔、土壤肥力、土類、適栽、營養診斷。

前 言

柑桔類(Citrus)，屬於亞熱帶果樹，本省栽培面積達3萬7千多公頃，主要栽培品種包括椪柑(Ponkan)、柳橙(Liucheng)、桶柑(Tankan)及文旦柚(Wentan pomelo)等。中部地區柑桔栽培以椪柑為主，栽培面積3,236 ha，其中台中縣柑桔栽培面積佔2,978 ha⁽²⁾，中部柑桔主要栽培鄉鎮為東勢、石岡、和平、新社、大坑、國姓、中寮、集集及水里等。大部分柑桔種植於山坡地，其地力較差，缺乏灌溉，機械作業困難，每戶果農栽培面積少，由於過去果農僅憑以往多年累積經驗慣行施肥，長期大量施用化學肥料之結果造成土壤酸化劣變，營養元素不平衡、地力衰弱，以致影響柑桔果實產量及品質。為減少不必要肥料浪費及其造成環境污染並確保果實產量及品質，為瞭解柑桔果樹營養狀態，於1988年由農委會、中興大學、農試所及改良場等有關人員共同商討並參考國內外學者試驗結果^(8,11,12,13,14,19,20,24)修改，研訂本省柑桔要素濃度適宜值。本調查依柑桔果園之土壤肥力與葉片營養要素濃度，參酌

¹ 台中區農業改良場研究報告第 0425 號。

² 台中區農業改良場助理、前副研究員。

上述適宜值，加以診斷及利用現有山坡地土壤調查報告^(3,4)，綜合討論中部柑桔果園各土類之生產條件，以期瞭解及發揮柑桔果園生產潛力，促使本區山坡地果園之經營管理朝向適地適作之合理開發利用方向發展。

材料與方法

1991~1995年於中部主要柑桔產區，以種植柑桔為調查點土壤之土系為主，(如表一)進行178點柑桔果園土壤及葉片採樣分析各種元素濃度並調查果園施肥量及果實產量。每年九月份採0~20 cm表土，20~40 cm底土分析土壤成分；於八月下旬至九月上旬採不結果枝或分枝之春梢枝條，取其頂端生長5~7個月的第三或第四葉片，每點採集50~100柑桔葉片供分析營養要素成分⁽¹¹⁾。

表一、中部地區柑桔園調查點之土系

Table 1. The investigated sites of the experiments

Soil groups	Numbers of sites investigated	Soil series
紅壤土(Red earths)	32	金面山系 Cm(Chinmienshan)(17) ¹ . 四座屋系 St(Szutsuowu)(3). 銅鑼圈系 TC(Tunglochuan)(12).
黃壤土 (Yellow earths)	5	苑裡坑系 Ylk(Yuanlikeng)(5).
灰黃色崩積土 (Greyish yellow colluvial soils)	121	橫坑系(Hek)Hengkeng(9). 象鼻坑系 Hpk(Hsiangpikang)(3). 香員窩系 Hyw(Hsiangyuanwo)(44). 南富系 Naf(Naffu)(26). 南湖坑系 Nhk(Nanhukeng)(7). 大坪林系 Tap(Tapingline)(10). 桐林系 Tlt(Tunglintsun)(8). 大茅埔系 Tm(Tamaopu)(14).
暗灰色崩積土(Dark grey colluvial soils)	15	虎山系 Hus(Hushan)(7). 軟埤坑系 Jpk(Juanpikeng)(6). 頭汴坑系 Tpk(Toupierkeng)(2).
石質土(Litholols)	5	南勢山系 Nss(Nanshinshan)(5).

¹(): The parenthesis indicate the sample sites of the soil series.

土壤理化性質分析：土壤反應係用玻璃電極法測定，水土比為1:1之土壤懸液測定pH值；有機質含量以重鉻酸鉀比色法測定；有效性磷用Bray-1 method⁽²¹⁾抽出用UV測定；交換性鉀、鈣、鎂以冰醋酸和氨水為抽出液，鉀用火焰分光光度計測定(Rage, 1982)，鈣、鎂用原子吸光光度計(AA)測定⁽¹⁶⁾。

植物體營養元素分析：柑桔葉片樣品經70℃熱風乾燥箱乾燥48小時後磨細供測。植物體用硫酸+30%過氧化氫加熱分解，冷卻後加入純水稀釋至標線定量，此分解液可供氮、磷、鉀、鈣、鎂之測定。氮用微量擴散法測定，磷、鉀、鈣、~BX1;鎂用感應耦合電漿分光儀(Inductively Coupled Argon Plasma Spectrometer, ICP)測定，鉀用火焰分光光度計測定，銅、錳、鋅、鐵測定以全量分析，樣品用1N HCl溶液浸泡24小時後過濾萃取抽出液用ICP分光儀測定；硼用0.5 N HCl溶液振盪2小時過濾抽出液用ICP分光儀測定⁽¹⁵⁾。

柑桔適栽區等級劃分為適栽、尚適栽及不適栽⁽¹⁷⁾。其定義如下；適栽區：柑桔產量以土類之各土系總平均產量增加10%以上，且管理容易而無區域性災害之地區。

尚適栽區：柑桔產量變異以土類之各土系總平均產量上下10%範圍內，如加強栽培管理可得到平均值10%上下限水準之地區。

不適栽區：柑桔產量以土類之各土系總平均產量下限10%以下者，產量低落地區屬之。

以實際栽培調查之土系為實測，其土壤管理組相關土系為推測，利用土壤圖做適栽區土壤條件指標及氣候等條件，予以確認適栽土壤區域範圍，核算柑桔適栽面積，供栽培參考。

結果與討論

不同土壤柑桔產量調查

依柑桔種植之土壤調查柑桔產量之結果示如表二，在178調查點柑桔平均產量為22,405 kg/ha。土類間以暗灰色崩積土柑桔產量28,185 kg/ha為最高，紅壤土23,922 kg/ha及石質土23,171 kg/ha次之，黃壤土產量16,114 kg/ha最低。不同土系間，柑桔產量低於20,000 kg/ha以下土系有黃壤土之Ylk、灰黃色崩積土之Hek、Naf、Nhk、Tm及暗灰色崩積土之Jpk等土系產量平均18,340 kg/ha較低；產量超過30,000 kg/ha以上有灰黃色崩積土之Tlt及暗灰色崩積土之Hus、Tpk等土系產量平均35,099 kg/ha最高。調查結果顯示本區柑桔栽培之土類間以暗灰色崩積土產量最高，以Hus及Tpk等土系產量分別高達32,032 kg/ha及33,590 kg/ha，其土壤pH值分別為5.67與6.35，土壤有機質含量分別為3.21與3.60%，土壤磷及鉀含量亦高達400 ppm以上，土壤鈣含量高達2,100 ppm以上，土壤鎂含量達200 ppm以上，土壤肥力條件極佳，為柑桔栽培土壤之生育較佳生產條件。

表二、中部地區不同土壤柑桔產量之調查

Table 2. The yield of citrus in different soil group in central Taiwan

Soil group	Soil series	No. of location	Yield (kg/ha)
Red earths	1.Cm	17	24,187 c ¹
	2.St	3	21,815 cd
	3.Tc	12	25,763 bc
	Mean		23,922
Yellow earths	Ylk	5	16,114 e
Greivish yellow colluvial soils	1.Hek	9	19,744 d
	2.Hpk	3	22,083 c
	3.Hyw	44	20,874 cd
	4.Naf	26	16,741 e
	5.Nhk	7	18,785 de
	6.Tap	10	27,280 b
	7.Tlt	8	39,675 a
	8.Tm	14	19,723 d
Mean		23,113	
Dark grey colluvial soils	1.Hus	7	32,032 ab
	2.Jpk	6	18,932 de
	3.Tpk	2	33,590 ab
	Mean		28,185
Lithosols	Nss	5	23,171 c

¹ Different alphabet indicates significantly different at 5% level.

肥料用量與柑桔果實產量之關係

柑桔施肥分三次進行即採果後施基肥，春梢萌發前後時期施春肥，果實肥大期間施夏肥。將178調查點依肥料三要素使用量而區分為四等級及果實產量之結果列於如表三。

表三、中部柑桔果園施用量與果實產量之關係

Table 3. The relationship of fertilizer application and fruit yield in central Taiwan' citrims orchards

Application of fertilizers	No. of locations investigated	Yield (kg/ha)	Index of yield (%)
Nitrogen fertilizers(N kg/ha)			
<300	80	22,617 a ¹	100
300-500	47	21,123 b	93.4
500-700	21	22,629 a	100.1
>700	30	18,519 c	81.9
Phosphorus fertilizers (P ₂ O ₅ kg/ha)			
<100	46	20,173 a	100
100-200	53	21,468 a	106.4
200-300	29	21,154 a	104.9
>300	50	21,554 a	106.8
Potassium fertilizers (K ₂ O kg/ha)			
<100	30	21,355 b	100
100-200	45	24,336 a	114
200-300	37	20,760 c	97.2
>300	66	20,138 c	94.3

¹ Different alphabet indicates significantly different at 5% level.

一、氮肥

氮肥用量與產量之關係調查分析結果，氮素施用低於300 kg N/ha以下有80點佔全區果園調查178點之44.9%，柑桔產量22,617 kg/ha為最高；其次500~700 kg N/ha佔全區果園調查點之11.8%，柑桔產量22,629 kg/ha；超過700 kg N/ha佔全區果園調查點之16.9%，柑桔產量18,519 kg/ha最低。其中重氮區(>700 kg N/ha)產量18,519 kg/ha較低氮區(<300 kg N/ha)果園產量22,617 kg/ha減產達18.1% (4,098 kg/ha)。明顯施用重氮之柑桔園其產量有減產及成熟期延後。結果符合邱(1976)氮肥效應試驗結果，以每棵施用500 g氮素為最佳，比施氮素250 g之對區增產2%；施用氮肥每棵1,250 g氮素時，其產量即銳產，比對照區減產9%之結果。果農對氮肥使用情形來講，有44.9%果農減少氮肥施用，並由柑桔葉片營養濃度分析結果，得知本調查區葉氮濃度佔多數超過適宜值上限3.2%以上，建議果農逐年減少氮肥用量使用。

二、磷肥

磷肥施用量與產量之關係調查分析結果，磷酐用量以100~200 kg P₂O₅/ha有53點與用量超過300 kg P₂O₅/ha有50點各佔全區果園調查178點之29.8%與28.1%，柑桔產量分別為21468 kg/ha與21,554 kg/ha為最高，磷酐施用量低於100 kg P₂O₅/ha有46點佔全區果園調查點之25.8%柑桔產量20,173 kg/ha最低。明顯施用多量磷酐，似無法增加柑桔產量。依連等(1989)就柑桔產量100 kg/株之椪桔果園年要素吸收量N-P₂O₅-K₂O為0.6-0.11-0.4 kg/株計算，1987年於卓蘭椪柑使用P₂O₅用量1.10kg/株其吸收量P₂O₅為0.1時，其磷酐用量與實際吸收量比值為11.0，則磷酐用量與吸收量比較倍數愈大，表示其用量過多的情形，表土常有高量之磷肥累積。

三、鉀肥

鉀肥用量與產量之關係調查分析結果，鉀肥用量以100~200 kg K₂O/ha有45點佔全區果園調查178點之25.3%，柑桔產量24,336 kg/ha為最高，其次用量低於100 kg K₂O/ha有30點佔全區果園16.9%，柑桔產量21,355 kg/ha，用量超過(>300 kg K₂O/ha)有66點佔全區果園37.1%，柑桔產量20,138 kg/ha。施用重鉀(>300 kg K₂O/ha)比低鉀(<100 kg K₂O/ha)柑桔產量21,355 kg/ha減產5.7% (1,217 kg/ha)。本調查區柑桔葉片鉀濃度平均1.14%均低於適宜值下限1.4%以下，可能鉀肥施用時期不適、缺水灌溉乾旱或土壤壓實而影響鉀肥吸收，造成葉片鉀濃度低。Lawton (1945)曾研究土壤壓實對玉米攝取營養料的影響，發現土壤壓實減低鉀的吸收。

柑桔果園土壤肥力對產量之影響

中部柑桔主要產區果園土壤理化性質分析結果之關係如表四。

表四、中部地區柑桔園土壤肥力情形

Table 4. The soil fertility status of citrus orchard in the central Taiwan

Soil group	Soil series	pH	OM	Available	Exchangeable cation		
		H ₂ O/soil 1:1	% ppm	P	K	Ca	Mg
----- ppm -----							
Red earths	Cm	5.37	2.46	235	276	965	112
	St	4.10	2.10	288	358	928	59
	Tc	5.36	3.59	310	301	1,084	109
	Mean	4.94	2.72	278	312	992	93
Yellow earths	Ylk	4.78	2.20	748	494	2,081	352
Greivish yellow colluvial soils	Hek	4.96	2.27	1,662	762	3,760	551
	Hpk	4.77	3.70	957	455	2,724	409
	Hyw	4.53	2.27	656	435	1,558	214
	Naf	4.37	2.00	351	287	1,196	197
	Nhk	4.06	1.81	1,778	765	2,589	412
	Tap	4.48	1.88	2,110	801	4,627	813
	Tlt	4.71	1.70	1,767	940	3,673	536
	Tm	4.96	2.06	478	359	1,845	277
	Mean	4.65	2.21	1,220	601	2,747	426
Dark grey colluvial soils	Hus	5.67	3.21	426	492	2,100	215
	Jpk	5.08	2.35	410	371	4,044	144
	Tpk	6.35	3.60	414	406	2,605	212
	Mean	5.70	3.05	417	423	2,916	190
Lithosols	Nss	4.50	2.12	204	133	630	71

一、土壤pH

於1991~1995年調查178點果園中，土壤反應pH值平均4.90。土類間以暗灰色崩積土pH值5.7，柑桔產量28,185 kg/ha為最高，黃壤土pH值4.78，柑桔產量16,114 kg/ha最低；不同土系間以灰黃色崩積土Tlt土系pH值4.71，柑桔產量39,675 kg/ha及暗灰色崩積土Hus、Tpk土系pH值分別為5.67與6.35屬微酸土壤，柑桔產量分別為32,032與33,590 kg/ha最高；以黃壤土Ylk土系pH值4.78柑桔產量16,114 kg/ha與灰黃色崩積土Naf、Nhk，pH值4.37與4.06，產量16,741 kg/ha與18,785 kg/ha最低。土壤pH值低於4.5以下土系有紅壤土St、灰黃色崩積土Naf、

Nhk及石質土Nss等土系，佔全區調查果園50%，柑桔產量平均20,128 kg/ha；土壤pH值在5.0~5.5土系有紅壤土Cm、Tc及暗灰色崩積土Hus、Jpk及Tpk等土系，柑桔平均產量26,901 kg/ha，兩者產量相差33.6% (6,773 kg/ha)。調查結果顯示強酸性土壤之柑桔果園其產量略低，不適柑桔栽培生產，建議強酸性土壤(pH值5.0以下)果園於果實採收後均勻撒施石灰石粉或白雲石粉(苦土石灰)於地面，混入15~30 cm土壤中以調整土壤pH值⁽⁵⁾。張等1982及1983年分別調查本省柑桔果園土壤pH值於4.5以下佔調查果園40~56.8%之結果相類似比率。

二、土壤有機質含量

在178調查點果園中，土壤有機質含量平均為2.46%。土類間以暗灰色崩積土含量3.05%，柑桔產量28,185 kg/ha為最高；黃壤土有機質含量2.2%，產量16,114 kg/ha最低。不同土系間，柑桔果園土壤有機質含量2.0%以下佔全區調查果園之52.2%，有灰黃色崩積土Nhk、Tap、Tlt等土系，柑桔平均產量28,580 kg/ha；有機質含量3.0%以上有紅壤土Tc、灰黃色崩積土Hpk及暗灰色崩積土Hus、Tpk等土系，柑桔平均產量27,867 kg/ha。連等(1989)調查柑桔果園在近年大量施用有機質肥料下以豆粕類居多，其分解迅速提供與化學肥料氮肥相似效果，以致柑桔葉片氮素含量居高不下，氮肥用量過多之事實，土壤有機質管理實在有待檢討並加以試驗探討之必要。

三、土壤磷

在178調查點果園土壤之有效性磷含量平均800 ppm。土類間以灰黃色崩積土含量1,220 ppm最高，暗灰色崩積土含量417 ppm柑桔產量28,185 kg/ha最高；黃壤土含量748 ppm，產量16,114 kg/ha最低。不同土系間以灰黃色崩積土Tlt土系含量1,767 ppm，柑桔產量39,675 kg/ha為最高。土壤有效性磷含量在400 ppm以下有紅壤土Cm、St、Tc、灰黃色崩積土Naf及石質土Nss等土系平均產量22,335 kg/ha最低；含量超過1,200 ppm以上有灰黃色崩積土Hek、Nhk、Tap、Tlt土系平均產量26,371 kg/ha最高。土壤中之有效性磷含量居高，因大量施用磷肥只有小部分磷肥被果樹吸收利用外，大部分尚積聚被固定在土壤中，以致土壤中磷含量極高。

四、土壤鉀

在178調查點柑桔果園交換性鉀含量平均446 ppm。土類間以灰黃色崩積土含量601 ppm最高，暗灰色崩積土含量423 ppm柑桔產量28,185 kg/ha為最高；石質土含量133 ppm，柑桔產量23,171 kg/ha次之。不同土系間以灰黃色崩積土Tlt土系含量940 ppm，柑桔產量39,675 kg/ha為最高。果園土壤交換性鉀含量在300 ppm以下有紅壤土Cm、灰黃色崩積土Naf及石質土Nss等土系，柑桔平均產量21,366 kg/ha最低；含量超過600 ppm以上有灰黃色崩積土Hek、Nhk、Tap、Tlt等土系，柑桔平均產量26,383 kg/ha最高。土壤鉀含量均高，葉片鉀濃度平均1.14%低於適宜值下限1.4%以下，可能果農施肥時期不適、土壤過於乾旱或土壤壓實等因素以致於土壤鉀無法被柑桔植株吸收利用，造成柑桔葉鉀濃度低。建議柑桔果園在秋季果實肥大成熟期前，種植荳科綠肥或草生栽培，增加土壤保養水分、涵養水源，有利柑桔植株水分吸收，增加鉀素利用。邱(1976)指出果園之土壤交換性鉀經過數年繼續施用化學肥料後，其土壤經化學分析結果，顯示土壤中鉀含量增加甚多，但肥料中鉀養分小部分被柑桔植株吸收利用之外，大部分尚積聚在土壤中，以致分析結果果園交換性鉀含量極高，為柑桔葉片鉀濃度低之原因之一。

五、土壤鈣

在178調查點柑桔果園交換性鈣含量平均2,276 ppm。土類間以暗灰色崩積土含量2,916 ppm，柑桔產量28,185 kg/ha為最高，灰黃色崩積土含量2,747 ppm次之，紅壤土與石質土含量分別為992與630 ppm較低。不同土系間柑桔果園土壤交換性鈣含量低於1,000 ppm以下有紅壤土Cm、St及石質土Nss土系，柑桔平均產量23,001 kg/ha；含量超過3,000 ppm以上有灰黃色崩積土Hek、Tap、Tlt及暗灰色崩積土Jpk等土系，柑桔平均產量26,408 kg/ha，顯示土壤交換性鈣含量增加，對柑桔產量有增產趨勢。含量達1,000 ppm以上有158點佔全區果園總數88.8%。強酸性土壤果園逐年施石灰資材，改善土壤理化性質，提高土壤鈣含量效果顯著。

六、土壤鎂

在178調查點柑桔果園交換性鎂含量平均293 ppm。土類間以灰黃色崩積土含量426 ppm最高，黃壤土含量352 ppm次之，石質土及紅壤含量分別為71及93 ppm最低。不同土系間柑桔果園土壤交換性鎂含量低於200 ppm以下有紅壤土Cm、St、Tc、灰黃色崩積土Naf、暗灰色崩積土Jpk及石質土Nss等土系，柑桔產量平均21,768 kg/ha；含量超過400 ppm以上有灰黃色崩積土Hek、Nhk、Tap、Tlt等土系，柑桔產量平均25,113 kg/ha。178調查點柑桔葉片鎂濃度平均0.32，在適宜值0.27~0.5%範圍內⁽¹¹⁾。強酸性土壤果園，逐年施用白雲石灰改善，增加土壤氧化鎂含量，供給柑桔營養吸收。

柑桔葉片養分濃度比較

柑桔葉片養分分析係於1991~1995年，在中部主要柑桔栽培地區設178調查點進行採樣，所得結果列如表五。再依柑桔果樹葉片養分濃度適宜值為基準⁽¹¹⁾，以判斷柑桔果園營養等級，提供果農推薦施肥依據。

表五、中部地區柑桔園葉片養分濃度(1991~1995)

Table 5. The nutrient concentration of leaf blade sampled from citrus orchards in the central Taiwan

Soil group	Soil series	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	B
		%					ppm				
Red earths	Cm	3.25	0.14	1.19	3.46	0.27	9	59	25	125	53
	St	3.32	0.13	0.99	3.56	0.32	17	128	36	94	55
	Tc	3.26	0.14	1.25	3.53	0.26	9	56	29	123	60
	Mean	3.28	0.14	1.14	3.52	0.28	12	81	30	114	63
Yellow earths	Ylk	3.26	0.13	1.13	3.28	0.33	10	61	25	113	63
Greyish yellow colluvial soils	Hek	3.20	0.13	1.06	3.66	0.30	11	70	32	121	46
	Hpk	3.18	0.13	1.18	3.28	0.34	13	139	38	131	44
	Hyw	3.39	0.15	1.10	3.46	0.33	16	95	33	119	52
	Naf	3.19	0.14	1.21	3.32	0.32	27	99	34	141	50
	Nhk	3.51	0.14	1.09	2.86	0.30	25	71	30	111	40
	Tap	3.12	0.15	1.19	2.92	0.30	13	83	31	112	45
	Tlt	3.23	0.15	1.09	2.87	0.32	9	98	29	138	37
	Mean	3.27	0.14	1.13	3.24	0.32	16	92	32	123	47
Dark grey colluvial soils	Hus	3.28	0.13	1.09	3.63	0.35	9	67	29	99	73
	Jpk	3.2	0.15	1.17	3.39	0.36	9	66	27	112	52
	Tpk	3.17	0.13	1.18	3.56	0.39	9	66	31	100	69
	Mean	3.22	0.14	1.15	3.53	0.37	9	66	29	104	65
Lithosols	Nss	3.21	0.13	1.15	3.32	0.26	12	66	41	82	59

一、葉氮濃度

在178調查點柑桔葉氮濃度平均3.25%。土類間葉氮濃度以紅壤土3.28%最高，柑桔產量23,992 kg/ha，其次灰黃色崩積土葉氮濃度3.27%，柑桔產量23,113 kg/ha，石質土及暗灰色崩積土葉氮濃度分別為3.21及3.22%略低，柑桔產量分別為23,171及28,185 kg/ha為最高。不同土系間柑桔葉氮適宜值3.0~3.2%範圍內有灰黃色崩積土Hek、Hpk、Naf、Tap及暗灰色崩積土Jpk、Tpk等土系，柑桔產量平均22,762 kg/ha；超過3.3%以上柑桔葉氮濃度有紅壤土St、灰黃色崩積土Hyw、Nhk、Tm土系屬之，柑桔產量平均20,299 kg/ha。調查結果顯示，增加柑桔果園氮肥用量，相對亦增加柑桔葉片氮素吸收量，隨柑桔產量葉氮濃度增加有減產趨勢。符合張等(1985, 1986)兩年試驗結果柑桔葉片氮素濃度與果實收量呈負相關。邱(1976)報告指出桶柑葉片氮素濃度，隨氮肥施用多者其葉氮濃度較高，葉氮濃度亦受土壤氮之供給狀態影響。

二、葉磷濃度

在178調查點柑桔葉磷濃度平均0.14%。土類間葉磷濃度0.13~0.14%，均在適宜值0.12~0.18%範圍內⁽¹¹⁾。不同土系間葉磷濃度0.15%有灰黃色崩積土Hyw、Tpk、Tlt、Tm及暗灰色崩積土Jpk等土系，柑桔平均產量25,297 kg/ha；葉磷濃度0.13%有紅壤土St、黃壤土Ylk、灰黃色崩積土Hek、Hpk、暗灰色崩積土Hus、Tpk及石質土Nss等土系，柑桔平均產量23793 kg/ha。由於柑桔果園屬於強酸性土壤，磷與鐵和鋁化合，引起磷被固定而成為磷酸鐵和磷酸鋁，成為無效形態降低其有效性⁽⁹⁾。有效性磷含量高土壤，配合施少量磷肥供給柑桔果樹磷肥營養吸收。

三、葉鉀濃度

在178調查點柑桔葉鉀濃度平均1.14%。土類間以暗灰色崩積土及石質土含量均為1.15%，柑桔產量分別為28,185及23,171 kg/ha，其次紅壤土1.14%，柑桔產量23,922 kg/ha，而葉鉀濃度1.13%有黃壤土及灰黃色崩積土，柑桔產量分別為16,114及23,113 kg/ha略低。不同土系間以灰黃色崩積土Naf及紅壤土Tc等土系之葉鉀濃度分別為1.21及1.25%較高，柑桔產量平均21,252 kg/ha，葉鉀濃度0.99%略低之紅壤土St土系其產量為21,815 kg/ha。本調查區柑桔葉鉀濃度在0.99~1.25%，均比適宜值下限1.4%濃度以下為低。施鉀肥超過200 kg K₂O/ha以上有103調查點佔全區果園總數57.9%，土壤交換性鉀含量超過300 ppm以上有96調查點佔全區果園總數53.9%，結果顯示本調查區柑桔葉鉀濃度低，可能受施肥時期不適或缺水灌溉、乾旱及土壤壓實等因素影響，致土壤鉀素含量高及施重鉀肥用量，仍無法被柑桔植株吸利用，造成柑桔葉片鉀濃度低。與張等(1982、1983及1987)分別調查全省檳柑果園169及100處，葉鉀濃度屬低者佔調查果園總總數之42~53%，明顯指出本省柑桔果園大部分葉鉀濃度均低，有待加強探討鉀肥之施用。

四、葉鈣濃度

在178調查點之柑桔葉鈣濃度平均3.35%。土類間以紅壤土及暗灰色崩積土葉鈣濃度分別為3.52及3.53%，柑桔產量分別為23,922與28,185 kg/ha為最高，灰黃色崩積土含量3.24%與黃壤土含量3.28%，柑桔產量分別23,113與16,113 kg/ha為最低。不同土系柑桔葉鈣濃度3.50%以上有紅壤土St、Tc、灰黃色崩積土Hek、Tm及暗灰色崩積土Hus、Tpk等土系，柑桔

產量平均20,106 kg/ha；葉鈣濃度3.0%以下有灰黃色積土Nhk、Tap、Tlt等土系，柑桔產量平均28,580 kg/ha，中部地區柑桔葉鈣濃度均在適宜值2.5~4.5%範圍內⁽¹¹⁾。

五、葉鎂濃度

在178調查點之柑桔葉鎂濃度平均0.32%。土類間以暗灰色崩積土葉鎂濃度0.37%，柑桔平均產量28,185 kg/ha為最高，石質土及紅壤土葉鎂濃度0.26~0.28%最低，柑桔產量平均23547 kg/ha。不同土系間葉鎂濃度超過0.35%以上有灰黃色崩積土Tm及暗灰色崩積土Hus、Jpk、Tpk等土系，柑桔產量平均26,069 kg/ha；葉鎂濃度低於3.0%以下有紅壤土Cm、Tc及石質土Nss土系屬之，柑桔產量平均24,374 kg/ha，顯示柑桔葉鎂濃度低時對柑桔產量略受影響。連等(1989)指出椪柑葉鉀濃度與葉鎂濃度之拮抗關係呈顯著性負相關，果實糖度、檸檬酸含量與葉鎂濃度均呈正相關，葉鎂濃度之提高對柑桔果實品質有利。本省柑桔果園過去土壤pH值低，常見柑桔果園有缺鎂症狀發生，施白雲石灰改善增加土壤中氧化鎂含量，本調查區葉鎂濃度大部分在適宜值0.27~0.50%範圍⁽¹¹⁾，有助提升柑桔果實品質。

六、葉銅濃度

在178調查點之柑桔葉銅濃度平均13 ppm。土類間以灰黃色崩積土16 ppm濃度最高，柑桔產量23,113 kg/ha最低；暗灰色崩積土9 ppm濃度較低，柑桔產量28,185 kg/ha最高。在不同土系間，柑桔葉銅濃度超過16 ppm以上有紅壤土St、灰黃色崩積土Naf、Nhk等土系，柑桔產量平均19,114 kg/ha為最低；葉銅濃度在10 ppm以下有紅壤土Cm、Tc、灰黃色崩積土Tlt及暗灰色崩積土Hus、Jpk、Tpk等土系，柑桔產量平均29,030 kg/ha為最高。葉銅濃度>16 ppm比<10 ppm柑桔產量29,030 kg/ha減產34.2% (9,916 kg/ha)。葉銅濃度>16 ppm以上者，可能果農濫用波爾多液或有機銅劑等藥液，導致柑桔生育受影響，產量低落。王等(1974)曾在台中及新竹地區調查70處椪柑果園，亦有葉銅濃度偏高情形之報告。張等1982及1983年分別在新竹、苗栗、台中、嘉義、台南等縣，進行169點調查結果，有21%果園之葉銅濃度>16 ppm以上。柑桔葉銅濃度過高又逢乾早期缺水噴灌，易引起柑桔果樹生理落葉影響生長。

七、葉錳濃度

在178調查點之柑桔葉錳濃度平均83 ppm。土類間以紅壤土及灰黃色崩積土葉錳濃度分別為81及92 ppm最高，柑桔產量平均23,518 kg/ha，黃壤土葉錳濃度61 ppm，柑桔產量16114 kg/ha最低。不同土系間以紅壤土St及灰黃色崩積土Hpk土系葉錳濃度128及139 ppm最高，產量平均20,949 kg/ha。各土系葉錳濃度均在適宜值25~200 ppm範圍⁽¹¹⁾。

八、葉鋅濃度

在178調查點之柑桔葉鋅濃度平均31 ppm。土類間以石質土葉鋅濃度41 ppm最高，柑桔產量23,171 kg/ha；黃壤土葉鋅濃度25 ppm，柑桔產量16,114 kg/ha為最低。各土系葉鋅濃度均在適宜值25~100 ppm範圍⁽¹¹⁾。

九、葉鐵濃度

在178調查點之柑桔葉鐵濃度平均114 ppm。土類間以黃色崩積土葉鐵濃度123 ppm最高，柑桔產量23,113 kg/ha略低，石質土82 ppm濃度最低，柑桔產量23,171 kg/ha最高。不同土系間以灰黃色崩積土Naf土系葉鐵濃度141 ppm最高，柑桔產量16,741 kg/ha最低，石質土Nss土系葉鐵濃度最低82 ppm最低，柑桔產量23,171 kg/ha最高，顯示葉鐵濃度愈高，柑桔產量

反而有減產之趨勢。葉鐵濃度超過適宜值上限120 ppm有紅壤Cm、St、灰黃色崩積土Hek、Hpk、Naf、Tlt等土系屬之。其中Naf土系含量高達141 ppm，該土系土壤pH值4.37，屬強酸性土壤。因土壤酸性愈強則溶解性之鐵愈多，鐵的溶解度頗易隨pH值之增高而減低⁽¹⁰⁾。

十、葉硼濃度

在178調查點葉硼濃度平均54 ppm。土類間以暗灰色崩積土葉硼濃度65 ppm最高，灰黃色崩積土47 ppm最低。不同土系間葉硼濃度均在適宜值25~150 ppm範圍內⁽¹¹⁾。一般柑桔果園葉硼濃度低於10 ppm以下缺硼時，易影響柑桔開花授粉不佳、著果率低、果實畸形、無汁堅硬、品質差⁽⁶⁾。

柑桔適栽地區之土系分布與面積

台中地區主要柑桔生產土系及其適栽面積列如表六。柑桔栽培調查點之果實產量，再配合土壤圖以實際種植之土系為準^(3,4)。

表六、中部地區柑桔適栽相關土系

Table 6. The soil series of lands suitable for citrus production in the central Taiwan

Soil group	Soil phase ¹	Tested soils series	Average (ha)
Red earths	I a	Chinmienshan(Cm), Pinchen(Pc)	8,540
		Sanchiaolin(Sa), Shpeipu(Spp)	
		Szntsuowu(St), Tunglochuan(Tc)	
		Tunglo(Tul)	
Yellow earths	II a	Yinpankeng(Ip), Nanhu(Nah)	1,795
	II b	Yuanlikeng(Ylk)	
Greyish yellow colluvial soils	I a	Touhuanping(Thp)	14,919
		Hengkeng(Hek), Hsiangpikang(Hpk)	
		Hsitaopang(Htp), Hsiangyuanwo(Hyw)	
		Nanhukeng(Nhk), Shihchiufen(Scf)	
		Tapingline(Tap), Tunglintsun(Tlt)	
Dark grey colluvial soils	II a	Tamaopu(Tm)	8,245
		Hushan(Hus)	
		Shangshuiching(Ssc)	
Lithosols	II b	Toupierkeng(Tpk)	2,196
		a	
		Paileng(Pal), Szumahsien(Smh)	
	Total		35,695

¹ I . deeper soil layer (> 30-40cm)

II . upper soil layer (< 20cm)

a. well drainage

b. imperfect drainage

一、適栽

各土類柑桔果實產量總平均值增加10%以上，栽培管理容易之地區為適栽區⁽¹⁷⁾，以灰黃色崩積土之Tap、Tlt等土系屬之，實測適栽面積5,331 ha；暗灰色崩積土Hus、Tpk等土系屬之，實測適栽面積7,745 ha，推測之Ssc土系適栽面積500 ha，共計8,245 ha。適栽二個土類5個土系面積13,576 ha。

二、尚適栽

產量變異在該土類總平均值上下限10%範圍內為尚適栽區，以紅壤土Cm、St、Tc等3個土系屬之，實測適栽面積6,335 ha，推測之Pc、Sa、Spp、Tul等4個土系屬之，面積2,205 ha，共計8,540 ha；黃壤土Ylk土系，實測尚適栽面積292 ha，推測之Ip、Nah、Thp等3個土系屬之，面積1,503 ha共計1,795 ha；灰黃色崩積土之Hek、Hpk、Hyw、Nhk、Tm等五個土系屬之，尚適栽面積9,113 ha，推測之Htp、Scf等2個土系，面積475 ha，共計9,588 ha；石質土Nss土系為實測尚適栽面積1,564 ha，推測之Myk、Pal、Smh等3個土系屬之，面積632 ha，共計2,196 ha。尚適栽四個土類22個土系面積22,119 ha。

三、不適栽

產量變異在該土類總平均值下限10%以下為不適栽區，不適栽之土系為灰黃色崩積土之Naf、Jpk等土系屬之。

本調查區之土壤歸類為紅壤、黃壤、灰黃色崩積土、暗灰色崩積土及石質土等五土類共有27土系。柑桔適栽面積調查結果列表七，台中地區適栽面積為35,695 ha。包括台中縣五土類有26土系，面積26,612 ha；台中市四土類有8土系，面積2,368 ha；南投縣二土類有5土系，面積4,170 ha；彰化縣二土類有3土系，面積2,545 ha。

表七、中部地區柑桔適栽分佈

Table 7. The details of the tested and estimated orchards suitable for citrus production distributed in central Taiwan

Location	Acreage goodly for cultivation (ha)			Acreage fair for cultivation (ha)			Total (ha)
	Tested	Estimated	sub-total	Tested	Estimated	sub-total	
Taichung Prefecture	12,765	500	13,265	9,984	3,363	13,347	26,612
Taichung city	311	-	311	1,989	68	2,057	2,368
Nantou Prefecture	-	-	-	3,683	487	4,170	4,170
Changhua Prefecture	-	-	-	1,648	897	2,545	2,545
Total acreage (ha)	13,076	500	13,576	17,304	4,815	22,119	35,695

誌 謝

本報告調查工作由吳尚鑒先生協助，土壤及植物體化驗工作由農試所張愛華小姐幫忙，報告則由劉淑華小姐協助整理，文成後復承陳課長慶忠博士、林景和先生及蔡宜峰博士斧正，謹此誌謝。

參考文獻

1. 王中立、陳文蔚、洪偉郎、周廷樞 1974 台中區及新竹椏柑銅素營養問題之營養問題之研究 土壤肥料通訊 No.275。

2. 台灣省政府農林廳 1996 台灣農業年報。
3. 台灣省政府農林廳山地農牧局 1985 台中縣(市)山坡地土壤調查報告。
4. 台灣省政府農林廳山地農牧局 1985 南投、彰化縣山坡地土壤調查報告。
5. 台灣省政府農林廳 1996 果樹-柑桔 作物施肥手冊。
6. 邱再發、張淑賢 1983 柑桔缺硼症之診斷與防治方法研究 中華農業研究 32(2):161~171。
7. 邱再發 1976 柑桔、梨及蘋果葉片營養診斷研究 中華農業研究 25(3):214~226。
8. 邱再發、林森岷 1961 利用葉片分析診斷柑桔營養狀態之研究 中華農業研究 10(2):25~33。
9. 陳振鐸譯 1987 土壤與植物的礦物營養 基本土壤學 徐氏基金會出版 p.326~367。
10. 郭魁士 1990 土壤學 中國出版社 p.216~237。
11. 連深、張淑賢、黃維廷、吳婉麗 1989 柑桔營養診斷之基礎及應用之現況 果園作物營養診斷應用研習會專輯 台灣省農業試驗所特刊28號。
12. 張淑賢、黃維廷、連深 1987 柑桔經濟高品質肥培管理示範及葉片營養診斷標準之研究 75年度土壤肥料試驗示範報告 台灣省政府農林廳。
13. 張淑賢、李峰憲、吳婉麗、連深 1986 柑桔經濟高品質肥培管理示範及葉片營養診斷標準之研究 74年度土壤肥料試驗示範報告 台灣省政府農林廳。
14. 張淑賢、李峰憲、吳婉麗、連深 1985 柑桔經濟高品質肥培管理示範及葉片營養診斷標準之研究 73年度土壤肥料試驗示範報告 台灣省政府農林廳。
15. 張淑賢 1981 本省現行植物分析法 作物需肥診斷技術 台灣省農業試驗所特刊 13:53~59。
16. 張愛華 1981 本省現行土壤測定法 作物需肥診斷技術 台灣省農業試驗所特刊 13:9~26。
17. 賴文龍、王錦堂 1989 台中地區高粱適栽區調查研究與探討 台中區農業改良場研究彙報 25:13~25。
18. Beverly R. B., J. C. Stark, J. C. Ojala and T. W. Embleton. 1984. Nutrient diagnosis of Valencia oranges by DRIS. J. Amer. SOC. Hort. Sci. 109(5):654.
19. Chapman H. D. 1960. Leaf and soil analysis in citrus orchards. Univ. Calif. Agr. Sci. Ext. Serv. Manual 25:53.
20. Embleton T. W., W. W. Jones, C. K. Labanauskas and W. Reuther. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization.
21. Anomonony. 1980. Handbook on Reference Methods for soil Testing (Revised Edition). The Council on soil Testing and plant Analysis. University of Georgia. Athens, Georgia. p.37-51.
22. Lawton, K. 1945. "The Influence of soil Aeration on the Growth and Absorption of Nutrients by corn plants", Soil Sci. Soc. Am, Proc., 10:263-268.
23. Rage, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (ed). 1982. "Methods of soil Analysis Part 2", 2nd edition, American Society of Agronomy. 300pp.
24. Summer, M. E. 1982. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Paper presented to soil/plant analysis seminar, Council on soil testing and plant analysis, Anaheim, CA., U.S.A. 250pp.

The Investigation of the Nutrient Diagnosis and its Status of Application in Citrus Production in Central Taiwan¹

Wen-Long Lay and Chin-Tang Wang²

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the soil condition and fertilizer application suitable for citrus production. Samples of soil and leaf from 178 orchards were periodically collected and analysed.

The results showed that orchards in the dark grey colluvial soils had the highest fruit yield of 28,185 kg/ha, while orchards in the yellow earth soils had the lowest fruit yield of 16,114 kg/ha. In the soil series aspects, the Tlt soil series in the grey yellow colluvial soils had the highest fruit yield of 39,675 kg/ha, while the Ylk soil series in the yellow earth soils had the lowest fruit yield of 16,114 kg/ha. The investigated orchards fertilized with N element more than 700 kg/ha, had the lowest fruit yield of 18,519 kg/ha, while orchards fertilized with N-element less than 300 kg/ha had the highest fruit yield of 22,617 kg/ha, 18.1% higher than that of the lowest yield. In other words, excessive application of N-fertilizer lowered the yield significantly. Generally, increasing N-fertilizer application increased N content of leaf. The N-content in leaf higher than 3.3%, had the mean yield of 20,299 kg/ha and was 10.8% lower than that of the N-content in leaf of 3.0 - 3.2%, the appropriate range literated. The mean pH, organic matter, available P, exchangeable K, Ca and Mg content of the investigated soils are 4.90, 2.46%, 800, 446, 2,276 and 293 ppm, respectively. The mean of K content in leaf is 1.14%, lower than the appropriate low limit of 1.40%, and showed K deficiency from K-uptake inhibition. We concluded that twenty-seven soil series within five great soil groups are suitable for citrus production by the study. The total area are 35,695 hectares, including 26,612 hectares distributed in 26 soil series within 5 great soil groups in Taichung Prefecture, 2,368 hectares in 8 soil series within 4 great soil groups in Taichung city, 4,170 hectares in 5 soil series within 2 great soil groups in Nantou Prefecture, and 2,545 hectares in 3 soil series within 2 great soil groups in Changhua Prefecture.

Key words: citrus, soil fertility, great soil group, suitable cultivation, nutrient diagnosis.

¹ Contribution No. 0425 from Taichung DAIS.

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