

有機質肥料不同施肥法對 文旦品質與產量之影響¹

彭德昌²

摘 要

為究明文旦果園之有機質肥料施用之方式亦即將有機質肥料採用不同之施用量、施肥位置及施肥深度等處理對文旦營養狀態、果實品質及產量之影響，並探討其對改進果園土壤理化性、提高施肥效率、增進根群發育與分佈之效果，於82~84年度在東部地區文旦主要產地之花蓮縣瑞穗鄉進行試驗，結果顯示，對文旦果實品質之影響而言，其果皮厚度、果肉重、果汁量及糖度之含量，各處理間之差異均不顯著，有機質肥料不論採30公分或以60公分深施之處理，其糖度、糖酸比、果糖、蔗糖及葡萄糖之含量均以每株施用16公斤比32公斤者為佳；文旦之產量與果實數均以每株施用有機質肥料16公斤深度60公分者為最高，未施用有機質肥料而只施化學肥料之文旦產量及果實數則最低，以產量與品質綜合而論，文旦之有機質肥料採深層施肥之方式每株施用16公斤及施肥深度為60公分之處理較佳。

文旦果園採深層施肥之方式施用有機質肥料，可改善土壤之pH值，增加土層中有機質、Bray-1磷、鉀、鈣、鎂、錳、鋅、硼等營養元素之含量，降低土壤之總體密度，並可促進中、下層土壤中根系之生長與分佈。

關鍵字：文旦，有機質肥料，施肥方法

Key words : Wentan pomelo, *Citrus grandis* (L.) Osbeck, organic fertilizer, application method

前 言

文旦之學名為 *Citrus grandis* (L.) Osbeck, 屬於芸香科(Rutaceae), 英文名為 Wentan pomelo 或 Buntan shaddock, 係常綠中喬木, 原產中國華南, 在清朝乾隆 53 (西元 1788) 年由黃權氏自廣東引進台灣栽植⁽¹⁾, 文旦果樹之生長勢甚強, 在本省約於每年之 2~3 月間開花, 8~10 月下旬果實成熟, 果實洋梨形, 果重約 600~700 公克, 果皮淡黃色, 果肉淡黃白色, 平均糖度 11° Brix, 酸度 0.45%, 風味佳⁽¹⁾。

1. 本試驗經費承行政院國家科學委員會(編號: 31326D)及農業委員會(計畫編號: 82 科技-2.4-糧-31-3,83 科技-2.5-糧-28-1,84 科技-2.5-糧-14-1)補助, 謹此致謝。
2. 花蓮區農業改良場作物環境課助理研究員。

影響文旦產量與品質之因素甚多，諸如：品種、根砧種類、樹齡、氣溫、日照強度、降雨量、降雨頻度、相對濕度、風速、海拔高度、果園方位、土壤理化性、施肥、整枝修剪、灌溉、病蟲害、採收期及貯藏後熟時間等⁽⁹⁾。果樹常為多年生之作物，土壤長年供應果樹充分之營養、水分及氧氣，為滿足果樹對此三大要項之需求，土壤之有機質即扮演著儲存、調整及供應之重要角色。土壤有機質之功效甚多，有機質肥料可增進果樹生產及產品品質之原因有：(1).有機質可改善土壤之物理特性及其團粒構造，有利於土壤之通氣與排水，(2).可增加土壤之保水能力，(3).可增加土壤之保肥力，以吸附及交換植物營養元素，減少流失，提高肥料之效率及在土壤中之持久性，(4).分解後可釋放植物所需之營養要素，(5).鉗合微量營養元素及提高植物營養元素之溶解度及有效性，(6).可增加土壤之緩衝能力，使土壤之酸鹼反應緩和，(7).可提供土壤有益微生物活動之能源，(8).可分解人為或天然之毒性物質及作用，(9).色黑有助吸熱及早春種植，(10).部分組成成分有助植物代謝及生長等功效⁽¹⁶⁾，因此，土壤之有機質含量即為土壤肥沃及健康與否之指標；但有機質肥料亦有其缺點，如：養分單價偏高，養分含量偏低，體積膨鬆，運輸困難，施用量龐大，肥效緩慢，且醱酵不完全時會有臭味產生等。台灣位處熱帶～亞熱帶地區，氣候高溫多雨，加上農田耕作頻繁，作物複種指數高，土壤有機質消耗迅速，根據台灣省農業試驗所民國 70 年年報之調查資料指出，全省耕地土壤之有機質含量在 2% 以下者佔 45%，顯示本省耕地土壤之有機質含量普遍偏低，文旦為多年生之中喬木果樹，為確保能有高產與質優之文旦產品，因此，文旦果園施用有機質肥料確有需要。

作物之根群具有向肥性，若常行淺施肥料，易造成淺根及肥效不佳等問題，果樹之根部深廣，欲使其根群深入土層中，肥料以深施為佳，以符合其需要^(21,17)。目前果農採行之施肥方法計有：(1).撒施法：於樹幹與樹冠之間將肥料全面散佈或在樹冠直下或稍外側處散佈，並輕鋤表土，將肥料耕入土中，或只撒施於地表，而不與土壤混合，此為省工之施肥方法，但有肥料容易流失及根朝向土表生長之缺點。(2).輪狀法：以樹幹為中心，沿樹冠之直下或直下稍外側之處，開溝將肥料施下，拌勻後覆土。(3).條狀施肥法：第一年於果樹行間樹冠直下或稍外之處開橫溝施肥，第二年則開縱溝施肥，如此交互施用。(4).放射狀法：以樹幹為中心，向外開 4~6 條之施肥溝，在樹幹附近之根為較老及較大之根，故宜開淺溝，漸往外之溝則漸深且寬。以上各種施肥方法若能輪流應用，可使土壤肥力均勻分布^(3,9)。文旦為花蓮地區新興之高經濟果樹，根據台灣農業年報 (1994) 之資料指出，花蓮縣之栽培面積為 1,843 公頃，年產量為 15,706 公噸，不論栽培面積或產量均佔全省之首位。近年來由於農村勞力不足、人力老化及工資昂貴，國內又缺乏合適之施肥機械，因此果園施用化學肥料或有機質肥料多採人工表面撒施或淺層掩埋等方式進行，致易造成肥料揮散、流失及淺根等問題，如何將有機質肥料深層施入土壤中，以促進根系向下生長，減少肥料之揮散與流失，並供文旦生育之所需，實為花蓮地區文旦果園極待解決之問題。花蓮區農業改良場自民國 79 年起即進行果樹立體施肥機之研製，並於 81 年間研發成功，可將肥料深施至地表下 75 公分，

具有深層施肥之功能，不僅可改進果園土壤之物理性，誘導根群伸入較深之土層中，增廣根群之發育與分佈，並可提高肥料之施用效率⁽⁸⁾。

本試驗之目的為究明文旦果園以深層施肥之方式將有機質肥料採用不同之施用量、施肥位置及施肥深度等處理與傳統之施肥法進行比較，探討其對土壤中有機質含量、文旦營養狀態、果實品質及產量之影響，並究明其對改進果園土壤理化性、提高施肥效率、增進根群發育與分布之效果，於 82~84 年度在花蓮縣瑞穗鄉東部文旦產地進行試驗，以供將來文旦及有關果樹施肥推荐之參考。

材料與方法

一、文旦品種及樹齡

本試驗之文旦品種為麻豆文旦 (*Citrus grandis* (L.) Osbeck cv. Buntan)，係於民國 75 年春季定植，行株距 6.1×5.5 公尺，至 81 年 7 月進行本試驗時之樹齡為 7 年生，並選取樹勢及生長情形相近之植株進行試驗。

二、肥料種類及成分

1. 台肥 1 號有機質肥料：為考量有機質肥料之來源及成分之穩定性，本試驗三個年度均施用台灣肥料股份有限公司新竹廠生產之台肥 1 號有機質肥料，該產品係利用動物性及植物性有機質，接種活性有益微生物，在醱酵機內充分醱酵、分解、脫臭調製而成，含有機質 60 % 以上，腐植酸 6.0 % 以上，氮素 1.5 %，磷酐 3.0 %，氧化鉀 2.0 %，pH 值為 8.0，水分含量在 35 % 以下。

2. 硫酸銨：含氮 21%。

3. 過磷酸鈣：含磷酐 18%。

4. 氯化鉀：含氧化鉀 60%。

三、試驗地點

本試驗設置於花蓮縣瑞穗鄉富興村，屬松浦系 (Sp) 之土壤，土壤能限分類為 C⁽⁴⁾。

座標：121°24' 05" E, 23°35' 54" N。

土類：海岸山脈母岩沖積土 (Ae)。

地形：台灣東部海岸山脈西麓河階台地。

地勢：平坦，坡度 < 3%。

座向：東。

排水等級：良好。

成土母質：海岸山脈母岩之沖、崩積物質。

四、試驗期間

自民國 81 年 7 月至 84 年 6 月，共計三年。

五、田間設計

田間試驗設計採用逢機完全區集設計，七處理，六重複，每小區二株。

六、試驗處理

處理1. 於果實採收後在樹冠下表面撒施台肥1號有機質肥料每株16公斤(以下各處理之有機質肥料種類及施用時期同此)，化學肥料之施用量及施用方法參照作物施肥手冊柑桔類者施用(以下各處理均同此)。

處理2. 於樹冠下開挖寬度30公分、深度15公分之環狀淺溝條施，每株施用16公斤，與土壤混合並覆土。

處理3. 穴施，以立體施肥機在樹冠下東、西、南、北、東南、西南、東北、西北等 8個方向各挖直徑20公分、深30公分之圓孔，每穴施用2公斤，每株總計16公斤，與土壤混合後施回原穴。

處理4. 處理方法同處理3，穴深30公分，每穴施用 4公斤，每株總計32公斤。

處理5. 處理方法同處理3，穴深60公分，每穴施用 2公斤，每株總計16公斤。

處理6. 處理方法同處理3，穴深60公分，每穴施用 4公斤，每株總計32公斤。

處理7. 只施化學肥料而不施有機質肥料，但化學肥料之施用量為推薦量再加16公斤台肥1號有機質肥料之要素含量等量之化肥(即每株另加施 $N : P_2O_5 : K_2O = 0.24 : 0.48 : 0.32$ 公斤)，參照作物施肥手冊柑桔類者之施肥時期撒施於樹冠下。

七、調查項目與方法

1. 土壤採樣分析

分別於試驗處理前及試驗結束後在有機質肥料之施肥位置上，採取 0~20 公分(上層)、20~40 公分(中層)、40~60 公分(下層)之土壤樣品，測定其 pH 值及分析有機質、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、硼之含量，並調查土壤之總體密度。穴施之 4 個處理，另在施肥穴之外側 10 公分處同時採樣進行分析。

2. 植體採樣分析

於樹冠外圍目視高度之東、西、南、北向採取當年生春梢非結果枝自末端算起之第三葉(葉齡 6個月)，分析氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、硼之含量。

3. 根群分布調查

於文旦收穫後在樹冠直下處挖掘120公分深、550公分寬(以樹幹基部為中心點)之土壤剖面，覆以具方格線之透明塑膠布，將文旦之根數及根群分布描繪於塑膠布上，並統計之(22)。

4. 果實品質及產量調查

於每年之 8 月底~9 月初(9 月 8 日白露之前約1星期左右)文旦果實成熟時，採摘樹冠外圍同等高度、大小約略相等之果實(82年於每小區文旦果樹之東、西、南、北方向各採樣一粒果實，亦即每重複每處理採樣4粒，83及84年則於東、西、南、北、東南、西南

、東北、西北等方向各採樣一粒果實，亦即每重複每處理採樣 8粒) 置於室內，約經一週之後熟期間，調查其果皮厚、果肉重、果汁量、糖度、酸度、果糖、蔗糖、葡萄糖及維生素 C 之含量。收穫當天調查各株之果實數及全株之鮮果產量。

結果與討論

一、有機質肥料不同施肥法對文旦果園土壤理化性之影響

有機質肥料可以改善土壤之物理及化學性質，有機物除供應作物所需之養分之外，尚可提高土壤之陽離子交換容量及保水容量，促進團粒構造之形成，因而增加土壤中之空氣與水之通透性，對粘重之土壤可減低其粘著性，氣候乾旱及土壤乾燥時，可避免土壤之硬度太高及在地表結皮等不良之問題產生；對砂質土壤則可改善其鬆散性，增進保水及保肥等功能⁽¹⁰⁾。有機質肥料之長期連續使用，可使土壤生物活動力增高，耕犁性優良，有好的結構，化學緩衝能力、保水與保肥能力均增強，最明顯的是微生物相之平衡，病原菌不易嚴重發生，使土壤之生產力得以增進⁽¹⁴⁾。有機質可增加土壤之滲透容量、水分保持力、水分含量、通氣性、團粒、作物根群發育，且可減低土表結皮、總體密度、表面逕流及沖蝕等，使土壤之物理性質獲得改善，因而防止養分因表土沖失、逕流及淋洗之損失⁽¹⁸⁾。本試驗經過連續三個年度之處理後，根據表1、2 及表3 之資料顯示，土壤表面撒施及環狀淺溝條施有機質肥料之處理，多僅能改善上層土壤之理化性，採深層施用有機質肥料之處理者，則可改善中、下層土壤之pH值，增加有機質及磷、鉀、鈣、鎂、錳、鋅、硼等之含量，降低土壤之總體密度，並可促進根系之生長與分布，此等效益與前述之報告頗為符合，而未施有機質肥料只施化學肥料之處理對改善土壤理化性質之效果則甚微小，若長期或過量施用化學肥料，尚會產生硝酸及副成分 SO_4^{-2} 之殘留，而使土壤之pH值低下之虞⁽²⁾，因此，作物之施肥，宜採速效性之化學肥料配合緩效性有機質肥料之施用，而緩效性之有機質肥料則應採深層施肥之方式施入各土層中，使與上、中、下之土層充分混合，以發揮其功效。

表 1. 試驗前文旦果園土壤理化性分析

Table 1. Physical and chemical properties of the soil before experiment.

| Depth (cm) | Texture | pH | OM (%) | Bray-1 P | Mehlich's Extractable | | | HCl Soluble | | | | B |
|---------------|---------|-----|-----------|-------------|--------------------------|-----|----|-------------|----|-----|-----|-----|
| | | | | | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn | |
| 0~20 | SiL | 4.4 | 1.2 | 15 | 180 | 158 | 65 | 355 | 31 | 2.8 | 1.2 | 0.2 |
| 20~40 | SiL | 4.4 | 0.9 | 8 | 131 | 158 | 67 | 341 | 21 | 2.4 | 1.2 | 0.2 |

表 2. 有機質肥料不同施肥法試驗後文旦果園各處理土壤理化性分析

Table 2. Physical and chemical properties of the soil after the experiment.

| Treatment ※ | Depth (cm) | pH | OM (%) | Bray-1 P | Mehlich's Extractable | | | HCl Soluble | | | | B | Bulk Density (g/cm ³) |
|----------------|---------------|-----|-----------|-------------|--------------------------|------|-----|-------------|-----|-----|------|-----|---|
| | | | | | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn | | |
| (mg / kg) | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0~20 | 4.5 | 1.2 | 30 | 142 | 134 | 76 | 337 | 34 | 3.5 | 1.9 | 0.2 | 1.30 |
| | 20~40 | 4.6 | 1.1 | 17 | 116 | 170 | 107 | 363 | 31 | 3.8 | 1.8 | 0.1 | 1.33 |
| | 40~60 | 4.6 | 1.0 | 17 | 63 | 191 | 121 | 411 | 31 | 3.9 | 1.6 | 0.1 | 1.36 |
| 2 | 0~20 | 5.2 | 1.4 | 52 | 246 | 361 | 134 | 327 | 42 | 3.8 | 6.1 | 0.1 | 1.28 |
| | 20~40 | 5.1 | 1.3 | 27 | 191 | 305 | 114 | 322 | 34 | 4.2 | 3.6 | 0.2 | 1.31 |
| | 40~60 | 4.9 | 1.4 | 19 | 130 | 307 | 131 | 325 | 31 | 3.8 | 2.3 | 0.2 | 1.35 |
| 3 | 0~20 | 6.8 | 2.4 | 94 | 441 | 1464 | 392 | 268 | 137 | 5.0 | 29.0 | 0.2 | 1.24 |
| | 20~40 | 6.2 | 1.6 | 67 | 459 | 576 | 162 | 325 | 60 | 5.1 | 8.2 | 0.2 | 1.25 |
| | 40~60 | 5.7 | 1.5 | 35 | 386 | 487 | 174 | 366 | 55 | 4.8 | 6.4 | 0.2 | 1.34 |
| 4 | 0~20 | 6.5 | 2.4 | 87 | 456 | 1166 | 409 | 241 | 124 | 4.0 | 29.9 | 0.3 | 1.22 |
| | 20~40 | 6.0 | 1.6 | 57 | 431 | 613 | 202 | 299 | 56 | 4.7 | 6.9 | 0.2 | 1.24 |
| | 40~60 | 6.0 | 1.4 | 35 | 432 | 560 | 170 | 266 | 66 | 4.0 | 7.4 | 0.2 | 1.33 |
| 5 | 0~20 | 6.0 | 1.9 | 71 | 269 | 658 | 255 | 298 | 95 | 5.3 | 14.4 | 0.2 | 1.23 |
| | 20~40 | 5.7 | 1.3 | 35 | 235 | 407 | 158 | 321 | 56 | 5.0 | 5.2 | 0.1 | 1.24 |
| | 40~60 | 5.4 | 1.0 | 20 | 185 | 435 | 175 | 361 | 40 | 4.4 | 4.6 | 0.2 | 1.26 |
| 6 | 0~20 | 6.2 | 2.3 | 77 | 379 | 994 | 414 | 240 | 116 | 3.5 | 24.2 | 0.3 | 1.20 |
| | 20~40 | 5.9 | 1.3 | 46 | 410 | 434 | 184 | 330 | 49 | 4.3 | 6.9 | 0.2 | 1.22 |
| | 40~60 | 5.6 | 1.0 | 24 | 406 | 323 | 159 | 350 | 40 | 4.4 | 4.4 | 0.2 | 1.23 |
| 7 | 0~20 | 4.9 | 1.0 | 22 | 127 | 199 | 102 | 326 | 31 | 3.7 | 1.5 | 0.1 | 1.34 |
| | 20~40 | 4.7 | 1.2 | 14 | 93 | 183 | 94 | 364 | 30 | 3.8 | 1.5 | 0.2 | 1.35 |
| | 40~60 | 4.9 | 1.3 | 14 | 101 | 257 | 119 | 360 | 32 | 4.1 | 1.9 | 0.1 | 1.37 |

※ Treatment 1 : Sprinkling over soil surface with organic fertilizer 16 kg per plant.

Treatment 2 : Circular ditch application with organic fertilizer 16 kg per plant.

Treatment 3 : Deeply applying 16 kg organic fertilizer at a depth of 30 cm.

Treatment 4 : Deeply applying 32 kg organic fertilizer at a depth of 30 cm.

Treatment 5 : Deeply applying 16 kg organic fertilizer at a depth of 60 cm.

Treatment 6 : Deeply applying 32 kg organic fertilizer at a depth of 60 cm.

Treatment 7 : Chemical fertilizer only.

表 3. 有機質肥料不同施肥法試驗後經深層施肥之土壤與其外側 10 公分處土壤理化性之比較
Table 3. Comparison of soil physical and chemical properties on sites of deeply applying organic fertilizer and 10 cm away from the application position.

| Treatment ※ | Depth (cm) | pH | OM (%) | Bray-1 P | Mehlich's Extractable | | | HCl Soluble | | | | B | Bulk Density (g/cm ³) |
|----------------|---------------|-----|-----------|-------------|--------------------------|------|-----|-------------|-----|-----|------|-----|---|
| | | | | | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn | | |
| | | | | | (mg / kg) | | | | | | | | |
| 3A | 0~20 | 6.8 | 2.4 | 94 | 441 | 1464 | 392 | 268 | 137 | 5.0 | 29.0 | 0.2 | 1.24 |
| | 20~40 | 6.2 | 1.6 | 67 | 459 | 576 | 162 | 325 | 60 | 5.1 | 8.2 | 0.2 | 1.25 |
| | 40~60 | 5.7 | 1.5 | 35 | 386 | 487 | 174 | 366 | 55 | 4.8 | 6.4 | 0.2 | 1.34 |
| 3B | 0~20 | 4.4 | 1.1 | 25 | 199 | 134 | 82 | 385 | 38 | 4.1 | 1.6 | 0.2 | 1.32 |
| | 20~40 | 4.8 | 1.1 | 8 | 88 | 229 | 124 | 363 | 39 | 4.5 | 1.5 | 0.1 | 1.35 |
| | 40~60 | 5.2 | 1.3 | 9 | 80 | 302 | 171 | 392 | 33 | 4.4 | 1.7 | 0.2 | 1.38 |
| 4A | 0~20 | 6.5 | 2.4 | 87 | 456 | 1166 | 409 | 241 | 124 | 4.0 | 29.9 | 0.3 | 1.22 |
| | 20~40 | 6.0 | 1.6 | 57 | 431 | 613 | 202 | 299 | 56 | 4.7 | 6.9 | 0.2 | 1.24 |
| | 40~60 | 6.0 | 1.4 | 35 | 432 | 560 | 170 | 266 | 66 | 4.0 | 7.4 | 0.2 | 1.33 |
| 4B | 0~20 | 4.9 | 1.5 | 41 | 224 | 401 | 223 | 244 | 61 | 3.4 | 11.7 | 0.2 | 1.31 |
| | 20~40 | 5.0 | 1.4 | 32 | 206 | 461 | 191 | 267 | 53 | 4.4 | 5.9 | 0.2 | 1.33 |
| | 40~60 | 5.1 | 1.6 | 10 | 171 | 248 | 116 | 311 | 33 | 3.9 | 1.5 | 0.2 | 1.37 |
| 5A | 0~20 | 6.0 | 1.9 | 71 | 269 | 658 | 255 | 298 | 95 | 5.3 | 14.4 | 0.2 | 1.23 |
| | 20~40 | 5.7 | 1.3 | 35 | 235 | 407 | 158 | 321 | 56 | 5.0 | 5.2 | 0.1 | 1.24 |
| | 40~60 | 5.4 | 1.0 | 20 | 185 | 435 | 175 | 361 | 40 | 4.4 | 4.6 | 0.2 | 1.26 |
| 5B | 0~20 | 5.3 | 1.4 | 26 | 108 | 522 | 212 | 280 | 63 | 4.1 | 8.4 | 0.2 | 1.32 |
| | 20~40 | 5.0 | 1.2 | 16 | 249 | 353 | 137 | 312 | 39 | 4.1 | 2.9 | 0.1 | 1.35 |
| | 40~60 | 5.2 | 1.0 | 7 | 89 | 244 | 145 | 256 | 36 | 3.8 | 1.8 | 0.2 | 1.36 |
| 6A | 0~20 | 6.2 | 2.3 | 77 | 379 | 994 | 414 | 240 | 116 | 3.5 | 24.2 | 0.3 | 1.20 |
| | 20~40 | 5.9 | 1.3 | 46 | 410 | 434 | 184 | 330 | 49 | 4.3 | 6.9 | 0.2 | 1.22 |
| | 40~60 | 5.6 | 1.0 | 24 | 406 | 323 | 159 | 350 | 40 | 4.4 | 4.4 | 0.2 | 1.23 |
| 6B | 0~20 | 5.5 | 1.7 | 38 | 292 | 697 | 188 | 301 | 71 | 4.3 | 13.7 | 0.2 | 1.33 |
| | 20~40 | 5.3 | 1.3 | 30 | 220 | 410 | 163 | 351 | 51 | 4.7 | 5.7 | 0.2 | 1.35 |
| | 40~60 | 5.3 | 1.2 | 15 | 160 | 410 | 177 | 324 | 33 | 4.1 | 3.7 | 0.2 | 1.36 |

※Treatment 3~6 : See table 2.

A : Soil sample was collected from the position of organic fertilizer application.

B : Soil sample was collected 10 cm away from the position of organic fertilizer application.

二、有機質肥料不同施肥法對文旦根系分布之影響

經過連續三個年度之試驗處理後，於冬季休眠期在樹冠下挖掘土壤剖面，調查各處理文旦之根數及根群分布，根據表 4 之資料顯示，施肥深度與各土層中根系之生長及根群之分布有密切之關係，採土表撒施及環狀淺溝條施之處理，其根系多分布於地表下 0~30公分之範圍，約佔該剖面總根數之50% 左右，地表下30公分以下之根數則隨剖面深度之增加而漸減少，而採深層施肥之方式深度為30公分之處理者，雖其根數及中、下層土壤之根群分布已較土壤表面撒施及環狀淺溝條施者為多，惟仍較60公分深施者為少。中、下土層之根系愈多，將有助於作物對中、下層土壤之養分及水分之吸收而有利作物之生長，進而增加作物之產量與提升產品之品質，尤其是處於經常遭受颱風頻繁侵襲之台灣東部地區之多年生果樹，根系若能深入地層中，將可減少因颱風所造成作物倒伏之情況發生，此外，東部文旦果園多位於坡地且甚少有灌溉設施，夏季乾旱時常有缺水旱害之問題，有機質肥料若採深施之方式，將可增加土壤之保水力與促進中、下層土壤中根系之生長與分布，亦可減輕旱害之損失，因此，建議文旦之有機質肥料宜採深層施肥之方式，施肥深度以60公分者較佳。

表 4. 有機質肥料不同施肥法對文旦根系分布之影響

Table 4. Effect of the organic fertilizer application on the distribution of root system of Wentan pomelo.

| Depth (cm) | Treatment* | | | | | | |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0-10 | 127 (20.52%) | 33 (5.00%) | 43 (5.60%) | 79 (6.98%) | 63 (6.2%) | 109 (7.73%) | 17 (2.92%) |
| 10--20 | 152 (24.56%) | 160 (24.24%) | 183 (23.83%) | 225 (19.88%) | 126 (12.39%) | 136 (9.64%) | 171 (29.38%) |
| 20--30 | 113 (18.26%) | 165 (25.00%) | 194 (25.26%) | 307 (27.12%) | 177 (17.40%) | 294 (20.84%) | 169 (29.04%) |
| 30--40 | 106 (17.12%) | 95 (14.39%) | 122 (15.89%) | 222 (19.61%) | 147 (14.45%) | 241 (17.08%) | 110 (18.90%) |
| 40--50 | 73 (11.79%) | 92 (13.94%) | 106 (13.80%) | 152 (13.43%) | 180 (17.70%) | 211 (14.95%) | 64 (11.00%) |
| 50--60 | 26 (4.20%) | 67 (10.15%) | 73 (9.51%) | 85 (7.51%) | 139 (13.67%) | 157 (11.13%) | 35 (6.01%) |
| 60--70 | 16 (2.59%) | 35 (5.30%) | 29 (3.78%) | 40 (3.53%) | 95 (9.34%) | 104 (7.37%) | 14 (2.41%) |
| 70--80 | 6 (0.97%) | 10 (1.52%) | 13 (1.69%) | 18 (1.59%) | 60 (5.90%) | 77 (5.46%) | 2 (0.34%) |
| 80--90 | | 3 (0.46%) | 5 (0.65%) | 4 (0.35%) | 23 (2.26%) | 58 (4.11%) | |
| 90--100 | | | | | 7 (0.69%) | 24 (1.70%) | |
| 合計 | 619 (100%) | 660 (100%) | 768 (100%) | 1132 (100%) | 1017 (100%) | 1411 (100%) | 582 (100%) |

※：See table 2.

三、有機質肥料不同施肥法對文旦葉片營養元素含量之影響

經過連續三個年度之試驗處理後，採取文旦葉片進行分析，根據表5 及表6 之資料顯示，每株施用16公斤有機質肥料之處理，不論係採土壤表面撒施、環狀淺溝條施或以深層施肥之方式者，其葉片中之氮含量均低於每株施用32公斤有機質肥料之處理，但卻較接近本省現行文旦之適中濃度範圍，而每株施用32公斤有機質肥料者，其葉片中之氮含量則已趨近於該適中濃度範圍之上限，同時葉片中鉀及鈣之含量亦有類似之情形，為避免文旦植體之部分營養過剩而造成營養之不平衡，並考量有機質肥料施用16公斤者之果實品質及產量均比施用32公斤者為優，且在其他營養成分含量差異不大之情況下，故建議文旦之有機質肥料宜採深層施肥之方式，每株施用量為16公斤較佳。

表 5. 試驗前文旦葉片營養成分分析

Table 5. Nutrient analysis of the leaf before the experiment.

| Nutrient | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn | B |
|----------------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | (%) | | | | | (μg/g) | | | | |
| Pre-experiment | 2.45 | 0.09 | 1.81 | 1.32 | 0.79 | 133 | 45.7 | 7.0 | 12.6 | 30.6 |
| Recommendation | 2.20 | 0.12 | 1.40 | 2.50 | 0.26 | 60 | 25 | 5.0 | 25 | 25 |
| ※ | | | | | | | | | | |
| | 2.50 | 0.18 | 1.70 | 4.50 | 0.50 | 120 | 200 | 16.0 | 100 | 150 |

※The appropriate concentration of Wentan pomelo non-fruit born branch leaf in Taiwan

表 6. 有機質肥料不同施肥法試驗後各處理文旦葉片營養成分分析

Table 6. Nutrient analysis of the leaf after the experiment.

| Treatment | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn | B |
|----------------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|
| | (%) | | | | | (μg/g) | | | | |
| ※ | | | | | | | | | | |
| 1 | 2.38 | 0.12 | 1.48 | 3.79 | 0.31 | 101 | 31.8 | 5.5 | 12.3 | 68.9 |
| 2 | 2.39 | 0.13 | 1.51 | 3.92 | 0.34 | 94 | 35.6 | 6.5 | 12.7 | 74.5 |
| 3 | 2.35 | 0.13 | 1.57 | 3.99 | 0.35 | 95 | 34.2 | 4.4 | 13.1 | 69.8 |
| 4 | 2.43 | 0.14 | 1.64 | 4.19 | 0.36 | 105 | 35.5 | 5.5 | 11.6 | 72.3 |
| 5 | 2.38 | 0.14 | 1.59 | 4.07 | 0.35 | 98 | 34.2 | 4.7 | 12.3 | 71.9 |
| 6 | 2.48 | 0.15 | 1.69 | 4.28 | 0.37 | 114 | 39.0 | 4.9 | 15.1 | 73.6 |
| 7 | 2.44 | 0.14 | 1.70 | 4.48 | 0.36 | 83 | 34.6 | 4.3 | 15.9 | 72.4 |
| Recommendation | 2.20 | 0.12 | 1.40 | 2.50 | 0.26 | 60 | 25 | 5.0 | 25 | 25 |
| | | | | | | | | | | |
| | 2.50 | 0.18 | 1.70 | 4.50 | 0.50 | 120 | 200 | 16.0 | 100 | 150 |

※See table 2.

四、有機質肥料不同施肥法對文旦果實品質與產量之影響

經過連續三個年度之試驗處理後，分別於82、83及84年文旦收穫期調查與採樣分析，根據表7~12之資料顯示，有機質肥料不同施肥處理對文旦之果皮厚度、果肉重及果汁量，各處理間之差異均不顯著，亦即有機質肥料不同之施肥深度及施用量對文旦之果皮厚度、果肉重及果汁量均無影響，而文旦果實之果糖、蔗糖及葡萄糖之含量，有機質肥料不論採30公分或以60公分深施之處理，均以每株施用16公斤比32公斤者為佳，文旦之產量與果實數均以每株施用有機質肥料16公斤深度60公分者為最高，未施用有機質肥料而只施化學肥料者之文旦產量及果實數則顯著減少，此與諶克終(1989)之論述「土壤中缺乏有機物時，樹勢則易衰，結果則不良，施用量適當時，樹勢則旺，產量則多，過量時，枝葉軟弱，果實雖大但成熟期晚，風味淡泊」亦相符合。因此，以品質與產量綜合而論，文旦之有機質肥料在本試驗之條件下，以採深層施肥之方式每株施用16公斤、深度60公分之處理較佳。

表 7. 有機質肥料不同施肥法對文旦果實品質之影響 (82 年度)

Table 7. Effect of the organic fertilizer application on the quality of Wentan pomelo fruit (1993).

| Treatment ※ | Rind thickness (cm) | Fruit juice (ml) | Sugar content (Bx) | Sugar content (%) | | | | Vit. C (mg/100g) |
|----------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|----------|---------|---------|---------------------|
| | | | | Acid | Fructose | Sucrose | Glucose | |
| 1 | 1.3 | 152 | 9.1 | 0.46 | 1.10 | 5.15 | 1.24 | 35.4 |
| 2 | 1.4 | 153 | 9.1 | 0.46 | 1.10 | 4.98 | 1.25 | 35.4 |
| 3 | 1.3 | 150 | 9.3 | 0.46 | 1.28 | 5.06 | 1.40 | 36.0 |
| 4 | 1.4 | 152 | 8.9 | 0.45 | 1.13 | 5.05 | 1.28 | 34.5 |
| 5 | 1.3 | 161 | 9.2 | 0.45 | 1.15 | 4.82 | 1.26 | 35.2 |
| 6 | 1.3 | 151 | 9.2 | 0.46 | 1.15 | 4.79 | 1.26 | 35.8 |
| 7 | 1.3 | 156 | 9.0 | 0.44 | 1.13 | 4.51 | 1.27 | 35.4 |
| LSD (0.05) | 0.2 | 22 | 0.5 | 0.04 | 0.23 | 0.62 | 0.20 | 1.5 |

※See table 2.

表 8. 有機質肥料不同施肥法對文旦果實品質之影響 (83 年度)

Table 8. Effect of the organic fertilizer application on the quality of Wentan pomelo fruit (1994).

| Treatment ※ | Rind thickness (cm) | Fruit juice (ml) | Sugar content (Bx) | Sugar content (%) | | | | Vit.C (mg/100g) |
|----------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|----------|---------|---------|--------------------|
| | | | | Acid | Fructose | Sucrose | Glucose | |
| 1 | 1.4 | 118 | 9.6 | 0.41 | 1.52 | 5.52 | 1.48 | 36.9 |
| 2 | 1.4 | 110 | 9.6 | 0.43 | 1.46 | 5.81 | 1.44 | 38.4 |
| 3 | 1.5 | 115 | 9.9 | 0.40 | 1.84 | 5.70 | 1.77 | 37.7 |
| 4 | 1.4 | 107 | 8.4 | 0.42 | 1.59 | 5.26 | 1.58 | 37.3 |
| 5 | 1.4 | 118 | 9.6 | 0.42 | 1.92 | 5.64 | 1.90 | 37.9 |
| 6 | 1.4 | 114 | 9.5 | 0.44 | 1.53 | 5.24 | 1.51 | 39.5 |
| 7 | 1.4 | 112 | 9.9 | 0.42 | 1.66 | 5.59 | 1.67 | 40.5 |
| LSD(0.05) | 0.2 | 14 | 0.5 | 0.03 | 0.42 | 0.63 | 0.45 | 3.0 |

※See table 2.

表 9. 有機質肥料不同施肥法對文旦果實品質之影響 (84 年度)

Table 9. Effect of the organic fertilizer application on the quality of Wentan pomelo fruit (1995).

| Treatment ※ | Rind | Fruit | Sugar | Acid | Fructose | Sucrose | Glucose | Vit. C |
|----------------|-------------------|---------------|-----------------|------|----------|---------|---------|--------|
| | thickness (cm) | juice (ml) | content (Bx) | | | | | |
| 1 | 1.3 | 90 | 11.8 | 0.65 | 2.31 | 5.07 | 2.24 | 40.1 |
| 2 | 1.3 | 100 | 11.6 | 0.60 | 2.23 | 5.00 | 2.25 | 38.1 |
| 3 | 1.4 | 93 | 11.6 | 0.63 | 2.36 | 4.99 | 2.40 | 39.2 |
| 4 | 1.2 | 104 | 11.1 | 0.62 | 2.10 | 4.85 | 2.28 | 36.8 |
| 5 | 1.3 | 103 | 11.1 | 0.66 | 2.32 | 4.72 | 2.26 | 39.1 |
| 6 | 1.4 | 98 | 11.1 | 0.62 | 2.13 | 4.47 | 2.26 | 38.9 |
| 7 | 1.3 | 91 | 11.8 | 0.65 | 2.43 | 4.97 | 2.27 | 38.2 |
| LSD (0.05) | 0.3 | 17 | 0.7 | 0.05 | 0.31 | 0.41 | 0.32 | 2.5 |

※See table 2.

表 10. 有機質肥料不同施肥法對文旦產量之影響 (82 年度)

Table 10. Effect of the organic fertilizer application on the yield of Wentan pomelo (1993).

| Treatment ※ | Pulp weight (g) | Yield (kg/pt.) | No. of fruit/pt. |
|----------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 398 | 42.4 | 50.6 |
| 2 | 369 | 41.5 | 50.8 |
| 3 | 371 | 37.2 | 43.7 |
| 4 | 377 | 36.3 | 42.5 |
| 5 | 392 | 45.1 | 50.4 |
| 6 | 383 | 37.4 | 44.7 |
| 7 | 401 | 30.9 | 35.9 |
| LSD (0.05) | 44 | 11.3 | 13.6 |

※See table 2.

表 11. 有機質肥料不同施肥法對文旦產量之影響 (83 年度)

Table 11. Effect of the organic fertilizer application on the yield of Wentan pomelo (1994).

| Treatment ※ | Pulp weight (g) | Yield (kg/pt.) | No. of fruit/pt. |
|----------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 345 | 32.3 | 40.4 |
| 2 | 359 | 29.6 | 36.9 |
| 3 | 339 | 27.6 | 35.9 |
| 4 | 336 | 21.9 | 29.9 |
| 5 | 348 | 38.2 | 47.2 |
| 6 | 346 | 29.7 | 36.8 |
| 7 | 347 | 26.5 | 33.4 |
| LSD (0.05) | 33 | 9.8 | 12.1 |

※ See table 2.

表 12. 有機質肥料不同施肥法對文旦產量之影響 (84 年度)

Table 12. Effect of the organic fertilizer application on the yield of Wentan pomelo (1995).

| Treatment ※ | Pulp weight (g) | Yield (kg/pt.) | No. of fruit/pt. |
|----------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 246 | 50.4 | 93.8 |
| 2 | 246 | 49.2 | 82.3 |
| 3 | 244 | 47.6 | 83.7 |
| 4 | 268 | 47.9 | 85.2 |
| 5 | 256 | 53.2 | 98.3 |
| 6 | 269 | 50.4 | 91.6 |
| 7 | 252 | 41.2 | 76.6 |
| LSD (0.05) | 28 | 8.7 | 15.5 |

※ See table 2.

參考文獻

1. 山田裕. 1988. 有機農業の技術評價. 農業技術 43 : 433~437.
2. 王銀波 趙震慶 黃山內. 1993. 永續性農耕法對土壤性質與養分供應量之影響 p.9~17. 永續農業研討會專集. 台中區農業改良場特刊第 32 號. 台灣省台中區農業改良場.
3. 王銀波. 1987. 作物施肥法 p.123~133. 國立中興大學教務處出版組.
4. 台灣省山地農牧局. 1979. 台灣省山坡地可利用限度分級圖.
5. 台灣省政府農林廳. 1994. 台灣農業年報(民國 83 年版) p.108~109. 台灣省政府印刷廠.
6. 台灣省政府農林廳肥料技術小組. 1987. 作物施肥手冊 p.68~72. 行政院農業委員會、台灣省政府農林廳.
7. 台灣省農業試驗所. 1982. 本省農田肥力之變遷 p.72~73. 台灣省農業試驗所民國 70 年年報.
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 9 : 25~33. 台灣省花蓮區農業改良場.
9. 林慶喜 陳任芳. 1992. 文旦園土壤改良及肥培管理 p.7~80. 花蓮地區文旦柚常見營養障害、生理異常及病蟲害圖鑑. 台灣省花蓮區農業改良場.
10. 洪崑煌. 1995. 作物生產上土壤有機物之功能 p.5-1~5-13. 有機質肥料合理施用技術研討會專集. 台灣省農業試驗所.
11. 徐信次. 1991. 台灣果樹彩色圖說 p.147~148. 台灣省農業試驗所特刊第 33 號. 台灣省農業試驗所嘉義農業試驗分所.
12. 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 p.1-26. 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第 28 號. 台灣省農業試驗所、中華民國土壤肥料學會.
13. 郭魁士. 1990. 土壤反應 p.216~230. 土壤學. 中國書局印行.
14. 黃山內. 1989. 有機農業之發展及其重要性 p.21~30. 有機農業研討會專集. 台中區農業改良場特刊第 16 號. 台灣省台中區農業改良場.
15. 楊光盛 林學正. 1993. 鐵、錳、銅、鋅 p.17-1~17-22. 土壤分析手冊. 中華土壤肥料學會.
16. 楊秋忠. 1990. 果園土壤有機質之功能與利用 p.65~72. 果樹營養與果園土壤管理研討會專集. 台中區農業改良場特刊第 20 號. 台灣省台中區農業改良場.
17. 楊秋忠. 1988. 土壤與肥料. p.25~49, p.148~225. 農藥世界叢書①. 農世股份有限公司.
18. 鄭雙福. 1989. 有機農業系統的營養循環 p.89~95. 有機農業研討會專集. 台中區農業改良場特刊第 16 號. 台灣省台中區農業改良場.
19. 諶克終譯. 1991. 果樹之營養診斷與施肥 p.83~101. 徐氏基金會.
20. 諶克終. 1989. 最新果樹園藝學 p 488~490. 正中書局.
21. 諶克終. 1971. 果樹生理學 p.205~216. 台灣商務印書館.
22. Böhm, W. 1979. Methods of studying root systems. 188pp. Springer-Verlag, Berlin.
23. 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 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, held at TARI, Taichung, Taiwan.

Effects of Organic Fertilizer Application on the Quality and Yield of Wentan Pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck)¹

Der-Chang Perng²

Summary

The objective of this study was to investigate the significance of deep placement of organic fertilizers. The study was conducted between 1993 and 1995 at Juisui, Hualien, where is one of the most important Wentan pomelo production areas in Taiwan. Experiment was designed to examine the application areas in Taiwan. Experiment was designed to examine the application of organic fertilizers based on amount of fertilizer used, position of fertilizer applied, and the placement depth. Nutrition of Wentan pomelo tree, fruit quality and yield, physical and chemical properties of soil were examined for each treatment. The results indicated that differences of fruit quality, such as rind thickness, pulp weight and fruit juice among treatments, were not at significant level. Both 30 cm and 60 cm deep organic fertilizer placements had better results on brix degree, and content of fructose, sucrose, and glucose of treatment using 16 kg organic fertilizer, compared to treatment using 32 kg organic fertilizer. In aspects of fruit number and quality, the treatment of 16 kg fertilizer application at a depth of 60 cm was the best, and the treatment applied chemical fertilizer only (without using organic fertilizer) was the lowest.

Deeply applying organic fertilizer increased soil pH, organic matter and nutrient (P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, and B) contents, decreased soil bulk density, and enhanced the extension and distribution of root system of the trees.

1. This experiment was supported in part by the National Council of Science [number: 31326D] and the Council of Agriculture [project number: 82AST-2.4-FAD-31 (3) , 83AST-2.5-FAD-28 (1) and 84 AST-2.5-FAD-14 (1)] .

2. Assistant researcher, Division of Crop Environment, Hualien DAIS.