

果樹根域調整效應之研究

蘇德銓 張茂盛¹

摘 要

本試驗分別於關山鎮晚崙西亞甜橙園(初鹿系土壤,土壤肥力能限分類為G,片岩老沖積土)及卑南鄉番荔枝果園(豐樂系土壤,土壤肥力能限分類為L,片岩老沖積土)兩處進行。

晚崙西亞根域調整區內深施樹皮、蛭石及珍珠砂、僅以小挖土機深挖處理四個月後即可將原先集中於地表下約20公分之根系誘引至距地表30公分以下,一年後即可將根系誘引至距地表50公分以下,並以30-45公分處最多。而傳統表面施肥之處理,其根系仍維持在15公分左右。每年調整區之根系調查以施用樹皮處理的根系分布最深,根生長量也最多。

晚崙西亞果園樹皮之處理,其土壤有機質含量及陽離子交換能力(C.E.C)之提高都較其餘處理為高。土壤酸鹼值經三年之後各處理間差異已不大。處理三年六個月後所得各處理之果實產量及品質未呈顯著差異,而葉片分析結果,各處理葉片三要素除氮含量在79年9月間分析時僅達2.60-2.61%,較其餘處理皆低。80年9月間分析時達2.68-2.79%,亦只是在適中範圍2.70-3.10%之下限,且較各非樹皮處理為低。至81年9月間分析時則各處理皆已在適中範圍之內,分析值也極為接近。磷、鉀含量則各處理之葉片分析值皆在適中範圍之內,差異不大。

番荔枝根域調整區內之土壤分析大致與晚崙西亞果園結果相近。處理三年六個月後即82年4月時調整區內以樹皮處理有大量根群,其根分布也最深,達50公分以下,並以30-45公分處最多。葉片分析值中,葉片各要素之含量在各處理間未見差異,葉片分析所得之氮含量在根域處理或對照上差別不大。果實產量則處理後以根域處理在冬果表現較對照皆佳。而品質則以樹皮處理之夏果果粒最大,較對照組差異顯著。

經根域調整處理結果,以樹皮有機介質最能增進土壤有機質及土壤養分緩衝能力,並使根系分布較深。其造成土壤略為酸化之現象僅在施用後一至二年內出現,稍後可趨於緩和。至於氮肥初期在樹皮處理有施用量不足現象則在番荔枝果園較晚崙西亞甜橙園不明顯。而根域調整處理配合肥料用量減半對晚崙西亞甜橙及番荔枝樹體養分之吸收及其產量、

¹臺東區農業改良場副研究員。

品質等影響，在試驗期間並未見明顯差異。

關鍵詞：晚崙西亞甜橙、番荔枝、根、土壤改良、介質。

前 言

台東縣坡地面積廣大，頗適於果樹之種植，唯氣候上雨旱季明顯，土壤不夠深厚及公共灌溉設施不足等，對於果樹產業發展頗多不利，本場曾在果園中實施各種深層施肥方式⁽¹²⁾，期望誘導果樹根係往下紮根，以克服上述障礙。惜因土壤硬度過高，農友普遍無此勞力，推廣效果不甚理想⁽⁴⁾。

於今之計，若能配合改良土壤之觀念及利用小型挖土機操作，將大量不易迅速分解之有機質及作物所需養分施於果樹樹冠下之一定範圍內，則必然使該範圍內因其理化條件較其他之部分土壤優良而導致根群往此處集中⁽⁹⁾，達成根群集中於吾人期望之範圍。此舉不僅將使灌溉上節省水源⁽¹¹⁾，施肥效率也將相對提高，即使土壤酸性之改良也會較省本且易於達成，對於常缺水，肥料易流失及大部分都需實施酸性改良之本區坡地土壤而言，極具實質效益。為供日後推廣之依據，故進行本研究。

材料與方法

本試驗以此一根域控制觀念⁽⁶⁾，供試植株為10年生(關山試驗區)晚崙西亞橙及10年生(卑南試驗區)番荔枝果園。關山試驗區為初鹿系土壤，位於關山圖之麥氏座標 083459⁽²⁾，土壤能限分類為G⁽⁵⁾。卑南試驗區為豐樂系土壤，位於利嘉圖之麥氏座標060205，土壤能限分類為L。根域調整處理：每株樹冠下於冬季以小挖土機挖掘長寬深約 120公分×50公分×60公分之洞穴，將露出之根系修剪後，每穴放入粉碎之樹皮有機質約200公升，放入時與土壤充分混合，此一操作以人力在旁輔助。關山試驗區在78年10月28日處理，卑南試驗區在79年2月下旬處理。

關山晚崙西亞甜橙果園及卑南番荔枝園各設一試區，採逢機完全區集設計，每園每處理4株每處理3重複，晚崙西亞甜橙果園計下列六處理。番荔枝園計其中(1)(3)(5)(6)四處理。(1)以有機質樹皮堆肥每株使用200公升為介質，行根域調整處理，肥料量按葉片營養診斷推薦⁽¹⁾。(2)同(1)之根域調整處理，肥料量按(1)減半。(3)以無機蛭石及珍珠砂(2:1=v:v)每株共使用200公升行根域調整處理，肥料量同(1)，按葉片營養診斷推薦。(4)同(3)之根域調整處理，肥料量按(3)減半。(5)不施任何介質，但在想要調整根域之範圍內以挖土機鬆土及斷根，做為不同介質效果之對照處理。(6)不施任何介質，亦不鬆動土壤，

視爲所有處理之對照。

於8-9月間採晚崙西亞甜橙葉片及土壤，5-6月採番荔枝之葉片及土壤，比較各項處理之樹體營養狀況⁽⁸⁾，並記錄根系分布情形⁽¹⁶⁾，記錄果實產量與品質等。

結果與討論

關山鎮加樂地區之晚崙西亞甜橙於78年10月底經不同根域處理後，不論調整區內是混施樹皮，或混施蛭石及珍珠砂，或僅只以小挖土機行深挖及深層施肥處理，至79年5月間，都可將原先集中於距地表下20-40公分之根系誘引至更深處，並以施用有機質的樹皮處理根系分布最深。一年後即可將根系誘引至距地表50公分以下，並以30-45公分處所占比例最高最多(圖一)。進行此根系分布調查時，因發現新根在處理後形成尚少，爲免傷及根系，在5月間僅以鋤頭人力挖掘，儘量以最小的區域進行觀察。處理間比較時爲免所挖掘處其根系之密度不一，將造成比較上之困難，因此，主要是以同一處理所觀察的根系在不同深度之分布之百分比爲準，而不以實際所測得之根系長度作比較。而混施樹皮之處理在距地表下約30-40公分處密度最高，混施珍珠砂蛭石次之，約在地表下30公分處。僅掘土深挖後填回之根泰半在地表下25公分處，都較未處理之傳統表施約在地表下20公分處來得深些。三年後(1993)在調整區之根系調查結果(圖二)與八十一年結果即近似，仍以施用樹皮處理的根系分布最深，根生長量似乎也最多，挖掘過程中並常發現有蚯蚓於其中。Eavis與Payne⁽¹⁰⁾，Natsvliwshvilli⁽¹³⁾及Russel⁽¹⁵⁾皆指出根系生長擴張之條件中包括有水、養分與空氣，而各種根域調整的處理中，因肥料同時施與深層土壤在調整區內充分混合，且達到土壤鬆動的目的，理論上較適於涵養水分、養分等，且通氧性較佳。而混施樹皮有機質介質處理中也同時使有機質達到深層施肥的目的，對土壤深層的養分、水分、空氣保涵能力自然更佳，此可說明爲何施用根域處理尤其是樹皮處理其根系生長較深之原因⁽¹⁴⁾。至於蛭石及珍珠砂亦在通氣、保水、涵養養分等具有相當效果，唯因不屬有機性介質，因此若考慮土壤深層處微生物之生態環境，自然較樹皮處理要遜色，此點也可以由樹皮處理區每每會發現蚯蚓而得到部份之證據與啓示。僅以挖土機深挖，不施任何土壤改良介質者，則只有使土壤膨鬆及深層施肥之功效，自然效果又較蛭石及珍珠砂處理者稍差。不過，根據1990年在台東盛產柑桔之關山、東河、成功等地之實地挖掘觀察。柑桔之根系都集中在距地表下20公分處，30公分以下者極爲稀少。純以根系之正常生長考慮，上述三種方法都能使根系往地表下較深處發展，或值得按這些方法繼續研究修正，設法克服成本及技術上的難題，以達到田間實用階段。在1990年2月間之土壤採樣結果(表一)，調整區內混施樹皮之處理，其土壤有機質(6%以上)及土壤陽離子交換能量(CEC約20me/100g)較其餘各處理之有機質(1.4-1.9%)及CEC(約4-5me/100g)明顯提升。而其土壤中之磷酞(超過900公斤/公頃)

、氧化鉀(超過1000公斤/公頃)、氧化鈣(超過10000公斤/公頃)、氧化鎂(超過700公斤/公頃)等在此一有灌溉設施之河床沙質石礫地上也較其餘處理之磷酐(580-730公斤/公頃)、氧化鉀(300-385公斤/公頃)、氧化鈣(3000-3890公斤/公頃)、氧化鎂(176-321公斤/公頃)等含量為高。而土壤酸鹼值則樹皮處理皆較其餘各處理為低，該園在處理前土壤即已調整在pH5.8-6.2間，而各項處理至2月間之pH變化亦都在此一範圍內，只有樹皮處理施用推存全量肥及半量肥處理皆各降至pH 5.0及5.8。此與樹皮為有機質，且能繼續緩慢分解，產生某些酸性物質等或有關係，但經1990年、1991年、1992年9月(表一)之土壤分析顯示，各處理土壤酸鹼度之差異漸小而趨於接近6.5左右。但在實際運用樹皮介質上，剛施用之一年內此點頗應注意。在1990年9月間之土壤採樣結果，調整區內混施樹皮之處理，其土壤有機質(約4.5-5.3%)及土壤陽離子交換能量(CEC，約15.5-16.3me/100g)比其餘各處理之有機質(1.5-1.9%)及CEC(約6.6-7.5me/100g)仍然較高。在1991年9月間之土壤採樣結果，調整區內混施樹皮之處理，其土壤有機質(4.2-5.1%)及土壤陽離子交換能量(CEC 14.6-15.6me/100g)比其餘各處理之有機質(2.5-2.8%)及CEC(8.5-10.0me/100g)雖高，但以較1980年9月之分析值為低。1991年9月間之土壤採樣結果，調整區內混施樹皮之處理，其土壤有機質(2.6-2.9%)及土壤陽離子交換能量(CEC 7.2-7.4me/100g)雖比其餘各處理之有機質(1.6-1.9%)及CEC(5.9-6.1me/100g)為高，但已較1990年、1991年之分析值為低。由此似可得知，若利用樹皮有機質行根域處理，則同一果園每三年應在原處理之另外相對位置從新行根域處理，並建議同時與有機樹皮混合施用三年份量之磷肥。

於1990年3月中旬採果後，調查各處理間每株之平均產量、各處理間之果實品質(表二)，包括單果粒重、果高、果寬、果實周徑(青果社分級包裝常用為設定標準之單位)果皮厚度、果汁率、糖度、酸度、糖酸比等未見有顯著差異，此可能是因處理與採收間僅距離4個半月，尚無法使差異表現出來。但經1991年，1992年，1993年3月(表二)之調查結果，各處理間之產量、果實品質亦未見差異，根據田間之觀察，該果園在80年時已漸為感染柑桔黃龍病而困擾，本試驗區植株亦有因此而枯死者。由於各處理之根系生長有顯著之不同(圖一、二、)，較合理之推測或為柑桔地上部對黃龍病較地下部敏感，因此各處理在地上部之表現受此一更大因子之限制以致無法表現出處理差異。至於根域處理區皆在每株果樹之朝東方向處，但其果實品質也與長在其餘方向之果實品質無甚差異(表三)。

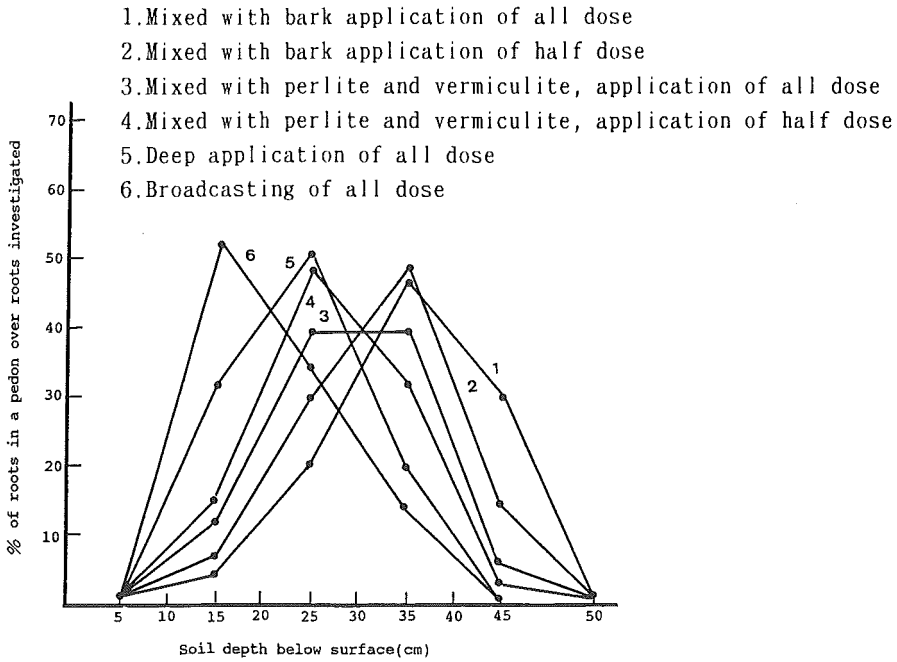
表一、晚崙西亞甜橙經不同根域處理後之土壤分析結果

Table 1. The soil properties of treated root region at the valencia orchard.

| Treat. date | Sampling date ¹ | Treat. code ² | pH | O.M (%) | P ₂ O ₅ | K ₂ O (kg/ha) | CaO | MgO (m.e./100g soil) | CEC |
|-----------------|----------------------------|--------------------------|-----|---------|-------------------------------|-----------------------------|-------|-------------------------|------|
| Oct. 28 1989 | Feb. 28 1990 | A | 5.0 | 6.0 | 981.9 | 1793 | 17972 | 722.9 | 18.4 |
| | | B | 5.7 | 6.4 | 976.0 | 1132 | 12300 | 800.5 | 21.4 |
| | | C | 5.8 | 1.7 | 676.6 | 342 | 3685 | 262.0 | 5.4 |
| | | D | 6.0 | 1.9 | 731.5 | 385 | 3890 | 176.7 | 4.6 |
| | | E | 6.2 | 1.5 | 586.6 | 354 | 3755 | 236.1 | 4.3 |
| | | F | 6.4 | 1.4 | 577.9 | 303 | 3008 | 323.3 | 5.3 |
| Oct. 28 1989 | Sep. 28 1990 | A | 6.3 | 5.3 | 949.9 | 255.5 | 14283 | 310.0 | 15.5 |
| | | B | 6.2 | 4.5 | 949.1 | 273.5 | 13362 | 356.5 | 16.6 |
| | | C | 6.6 | 1.5 | 948.6 | 234.6 | 9541 | 194.5 | 7.0 |
| | | D | 6.5 | 1.7 | 959.0 | 308.5 | 8707 | 177.4 | 7.4 |
| | | E | 6.7 | 1.7 | 957.0 | 214.5 | 12549 | 165.6 | 6.6 |
| | | F | 5.9 | 1.9 | 846.3 | 186.4 | 3954 | 240.5 | 7.5 |
| Oct. 28 1989 | Sep. 28 1991 | A | 6.5 | 4.2 | 631.5 | 281.2 | 18980 | 188.4 | 14.6 |
| | | B | 6.1 | 5.1 | 700.9 | 286.8 | 16872 | 289.7 | 15.6 |
| | | C | 6.2 | 2.8 | 808.7 | 318.1 | 16938 | 148.6 | 9.1 |
| | | D | 6.6 | 2.8 | 1003.4 | 333.4 | 18514 | 169.2 | 9.7 |
| | | E | 6.7 | 2.5 | 573.7 | 328.6 | 21698 | 103.0 | 8.5 |
| | | F | 6.4 | 2.5 | 755.7 | 282.8 | 12428 | 101.2 | 10.0 |
| Oct. 28 1989 | Sep. 28 1992 | A | 6.6 | 2.6 | 593.3 | 233.7 | 7055 | 306.0 | 7.4 |
| | | B | 6.7 | 2.9 | 329.0 | 305.3 | 7529 | 482.4 | 7.2 |
| | | C | 6.6 | 2.0 | 598.6 | 439.8 | 4297 | 229.7 | 6.1 |
| | | D | 6.7 | 1.6 | 187.0 | 204.0 | 4220 | 393.3 | 5.9 |
| | | E | 6.7 | 1.8 | 270.0 | 261.0 | 6788 | 507.8 | 6.1 |
| | | F | 6.4 | 1.9 | 273.8 | 230.5 | 4939 | 259.0 | 5.9 |

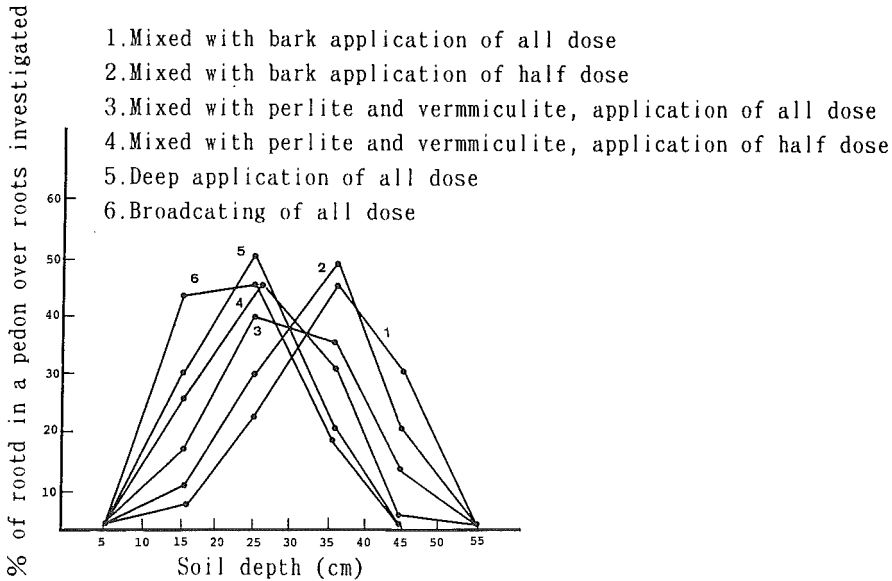
¹ Soil of 30cm depth from surface, belongs to gravel sandy loam.

² A: mixing bark compost with soil of all dose fertilizer
 B: mixing bark compost with soil of half dose fertilizer
 C: mixing vermiculite and perlite of all dose fertilizer
 D: mixing vermiculite and perlite of half dose of fertilizer
 E: digging soil only, mixing none, all dose of fertilizer
 F: all dose of fertilizer by surface broadcasting



圖一、關山加樂晚崙西亞甜橙經不同根域處理一年後根系在不同地表深度之分佈

Fig. 1. Roots distribution at varied soil depth after 1 year of root-region treatments on Valencia orange at Chia-le, Kuang-shan.



圖二、關山加樂晚崙西亞甜橙經不同根域處理後根系在不同地表深度之分佈

Fig 2. Roots distribution at varied soil depth after 1 year of root-region treatments on Valencia orange at Chia-le, Kuang-shan.

表二、晚崙西亞甜橙經不同根域調整處理後對果實產量及品質之影響

Table 2. The effect of the root-region soil treatments on the yield and quality of valencia fruit¹.

| Treat. date | Surveying date | Treat. code ² | Single fruit wt (g) | Fruit length (mm) | Fruit width (mm) | Circle length (cm) | Peel thick. (mm) | Juice % | Brix | Acid. % | Sugar-acid ratio | Yield (kg/tree) |
|--------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|------------------|--------------------|------------------|---------|-------|---------|------------------|-----------------|
| Oct. 28 1989 | Mar. 14 ³ 1990 | A | 158.4 | 64.6 | 66.2 | 20.8 | 3.17 | 59.7 | 11.8 | 0.87 | 14.1 | 95.6 |
| | | B | 159.1 | 64.6 | 66.2 | 20.8 | 3.25 | 58.7 | 11.8 | 0.90 | 13.1 | 101.3 |
| | | C | 167.3 | 65.5 | 67.2 | 21.1 | 3.58 | 53.6 | 11.6 | 0.76 | 15.2 | 98.7 |
| | | D | 163.3 | 65.9 | 67.3 | 21.1 | 3.29 | 53.6 | 10.8 | 0.87 | 12.5 | 100.1 |
| | | E | 160.7 | 64.5 | 65.4 | 20.9 | 3.27 | 61.4 | 11.1 | 0.85 | 13.2 | 107.1 |
| | | F | 152.8 | 64.9 | 65.4 | 20.5 | 3.29 | 61.3 | 11.1 | 0.87 | 13.0 | 104.4 |
| Oct. 28 1989 | Mar. 27 ³ 1991 | A | 179.0 | 68.0 | 66.2 | — | 3.4 | 58.0 | 10.5 | 1.0 | 10.5 | 59.8 |
| | | B | 175.7 | 67.4 | 66.2 | — | 3.0 | 58.4 | 10.7 | 1.1 | 10.3 | 57.9 |
| | | C | 164.6 | 66.0 | 67.5 | — | 3.6 | 58.0 | 10.9 | 1.1 | 10.5 | 57.6 |
| | | D | 153.4 | 64.3 | 67.3 | — | 3.4 | 59.0 | 10.9 | 1.0 | 10.9 | 56.2 |
| | | E | 158.6 | 64.1 | 66.4 | — | 3.4 | 58.5 | 11.0 | 1.1 | 10.3 | 57.3 |
| | | F | 158.8 | 64.4 | 65.8 | — | 3.6 | 55.2 | 11.1 | 1.1 | 10.7 | 56.1 |
| Oct. 28 1989 | Mar. 25 ⁴ 1992 | A | 151.9 | 6.43 | — | 20.28 | 3.55 | 58.4 | 10.35 | 1.00 | 10.69 | 43.32 |
| | | B | 152.6 | 6.52 | — | 20.50 | 3.55 | 56.1 | 9.88 | 0.92 | 11.07 | 39.65 |
| | | C | 155.9 | 6.59 | — | 20.63 | 3.67 | 58.1 | 9.74 | 0.99 | 10.71 | 42.25 |
| | | D | 152.1 | 6.42 | — | 20.44 | 3.68 | 57.3 | 10.10 | 0.99 | 10.64 | 43.48 |
| | | E | 145.9 | 6.29 | — | 20.10 | 3.31 | 57.1 | 10.27 | 1.01 | 10.72 | 35.90 |
| | | F | 144.8 | 6.51 | — | 20.41 | 3.48 | 56.8 | 10.07 | 0.99 | 10.48 | 41.73 |
| | | LSD5% | NS | 0.26 | | NS | 0.34 | | | | | NS |
| Oct. 28 1989 | Mar. 1 ⁴ 1993 | A | 163.5 | 6.56 | — | 20.85 | 3.95 | 57.3 | 10.46 | 1.85 | 5.65 | 34.91 |
| | | B | 163.8 | 6.70 | — | 24.24 | 4.68 | 61.1 | 10.46 | 1.81 | 5.78 | 37.00 |
| | | C | 157.1 | 6.53 | — | 20.63 | 4.55 | 57.0 | 10.38 | 1.99 | 5.21 | 33.62 |
| | | D | 148.6 | 6.44 | — | 20.47 | 3.95 | 61.7 | 10.72 | 1.80 | 5.96 | 34.43 |
| | | E | 155.2 | 6.42 | — | 20.56 | 4.50 | 60.1 | 10.91 | 1.83 | 5.96 | 36.47 |
| | | F | 167.3 | 7.21 | — | 21.16 | 4.05 | 58.3 | 11.04 | 1.70 | 5.49 | 39.32 |

¹No significant difference among six treatments in four surveyings except LSD presented.

²The same as table 1.

³Measuring yield by one time harvest.

⁴Fruit weight determined by the average of the oranges per tree sampled.

表三、晚崙西亞甜橙根域調整處理後對不同方位果實品質之影響

Table 3. The orientation effect of fruit setting by different root-region soil treatments on the quality of valencia fruits.

| Fruit-setting direction | Single fruit wt.(g) | Fruit length (mm) | Fruit width (mm) | Circle length (cm) | Peel thick. (mm) | Juice % | Brix | Acid. % | Sugar-acid. ratio |
|-------------------------|---------------------|-------------------|------------------|--------------------|------------------|---------|------|---------|-------------------|
| East | 152.4 | 64.4 | 65.1 | 20.5 | 3.24 | 59.5 | 11.5 | 0.85 | 13.6 |
| South | 162.4 | 64.2 | 66.6 | 20.9 | 3.35 | 59.4 | 11.4 | 0.82 | 14.0 |
| West | 166.0 | 66.6 | 68.2 | 21.3 | 3.36 | 60.8 | 11.2 | 0.86 | 13.2 |
| North | 160.4 | 65.6 | 66.2 | 20.8 | 3.27 | 60.4 | 11.4 | 0.81 | 13.4 |

¹Root-region treatments placed in the east side of each treatment on Oct.28, 1989 and harvest sampled on Mar. 14, 1990. No significant difference among four directions for all characteristics presented.

²Two fruits sampled in each direction per tree.

葉片氮含量在1990年 9月間分析時，除傳統全量肥表施在適中範圍2.70-3.10%⁽⁴⁾以內，其餘處理所得之分析值皆低於適中範圍。其中施用樹皮之兩處理葉片分析值為 2.60 及 2.61%，較其餘處理皆低（表四）。此可能是樹皮有機質在緩慢分解過程中仍會與果樹之根部競爭氮肥所致。至於葉片內之其餘要素不論任何處理，除鈣皆較標準範圍稍低外，磷、鉀、鎂、鐵、錳、銅、鋅、硼等則都在適中範圍內。至於葉片內之氮含量經二至三年後都有漸提升之現象，但不論任何處理，其氮、磷、鉀、鎂、鐵、錳、銅、鋅、硼等含量都尚在適中範圍內，各處理間差異也不大（表四）。

卑南鄉南王地區番荔枝根域調整區在1990年2 月底進行處理 5月時調整區內根系數量甚少，故1990年度間無根系分布之調查。1991年 5月時調整區內根系分布之調查結果，以混施樹皮處理根部分布最深約在地表下20-40公分處，且根的數量最多，次為混施珍珠砂、蛭石者，根主要分布在地表下15-35公分處，數量混施樹皮者少約一半以上。至於僅深挖填回或傳統表施者，根之生長量者極少，已不達混施樹皮處理之五分之一，並且僅分布在地表下10-30公分處（圖三）。1993年 2月時調查各處理根系生長情形（圖四）與1991年之結果極為接近，仍以混施樹皮處理，根部分布最深約在地表下20-40公分處，且根的數量最多，次為混施珍珠砂、蛭石者，根主要分布在地表下15-35公分處，而僅深挖填回或傳統表施者，根之生長量者極少，其在各處理間是最淺的。與蘇對番荔枝根系調查結果相近。因此就根域調整之任何處理對根部之生長而言，處理四個月後即可將晚崙西亞甜橙原先集中於地表下約20公分之根系誘引至距地表30公分以下，一年後即可將晚崙西亞甜橙及番

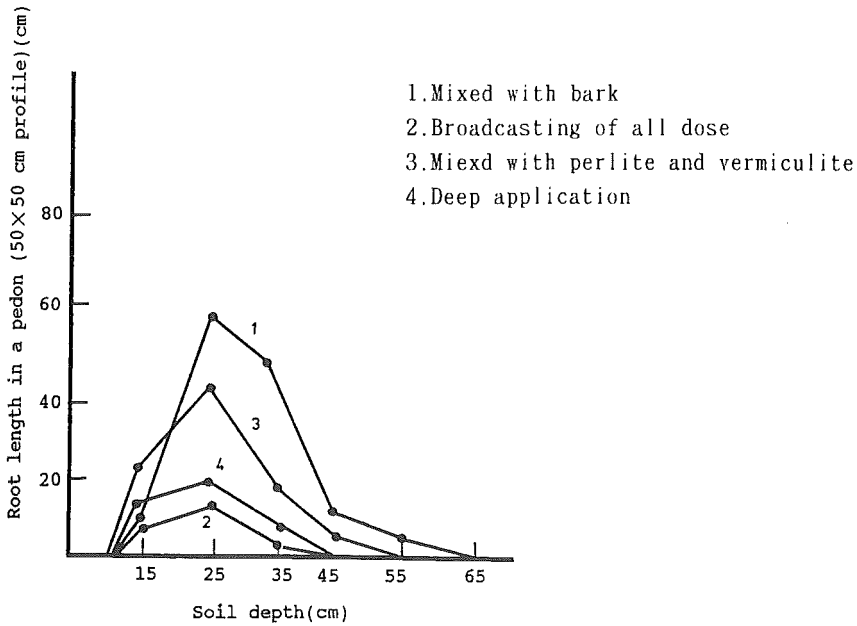
荔枝之根系誘引至距地表50公分以下，並以30-45公分處最多。每年之調整區根系調查中並以施用樹皮處理的根系分布最深，根生長量也最多。

表四、晚崙西亞甜橙植株根域經不同處理後之葉片分析

Table 4. Leaf analysis data of valencia tree under root-region soil treatments.

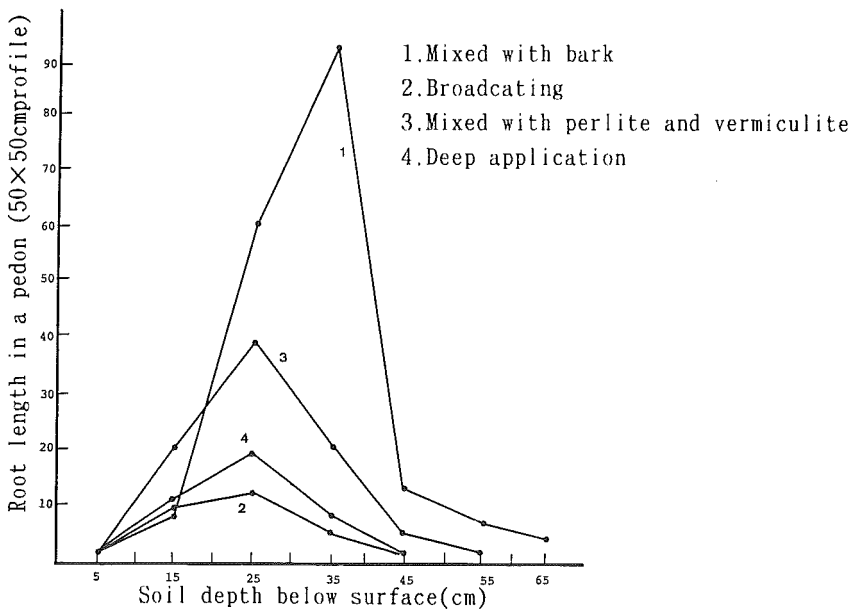
| Sampling date | Treat. code ¹ | N | P | K (%) | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu (ppm) | Zn | B |
|-----------------|--------------------------|------|------|-------|------|------|------|------|----------|------|------|
| Sep. 18 1990 | A | 2.60 | 0.12 | 1.35 | 1.71 | 0.23 | 73.6 | 41.0 | 8.20 | 12.3 | 35.1 |
| | B | 2.61 | 0.13 | 1.43 | 1.57 | 0.23 | 71.8 | 32.1 | 7.52 | 12.4 | 36.6 |
| | C | 2.70 | 0.14 | 1.43 | 1.77 | 0.22 | 81.1 | 42.0 | 8.13 | 13.3 | 34.7 |
| | D | 2.67 | 0.12 | 1.36 | 1.90 | 0.22 | 84.1 | 43.4 | 8.13 | 13.5 | 36.9 |
| | E | 2.66 | 0.12 | 1.33 | 1.71 | 0.21 | 80.8 | 47.0 | 7.76 | 13.6 | 35.1 |
| | F | 2.82 | 0.12 | 1.44 | 1.91 | 0.19 | 84.4 | 56.6 | 8.47 | 13.5 | 35.3 |
| Sep. 20 1991 | A | 2.79 | 0.14 | 1.34 | 4.74 | 0.23 | 57.3 | 29.1 | 10.4 | 21.4 | 17.8 |
| | B | 2.68 | 0.12 | 1.36 | 4.81 | 0.22 | 63.7 | 26.9 | 11.8 | 23.8 | 17.8 |
| | C | 2.86 | 0.12 | 1.39 | 4.57 | 0.21 | 62.5 | 36.9 | 11.4 | 23.8 | 15.8 |
| | D | 2.71 | 0.14 | 1.49 | 4.39 | 0.24 | 60.5 | 28.2 | 11.5 | 22.8 | 20.8 |
| | E | 2.73 | 0.13 | 1.43 | 4.34 | 0.23 | 54.4 | 30.0 | 15.0 | 23.9 | 18.5 |
| | F | 2.83 | 0.14 | 1.34 | 4.38 | 0.24 | 54.1 | 37.5 | 10.2 | 21.6 | 21.2 |
| Sep. 8 1992 | A | 2.93 | 0.15 | 1.48 | 3.90 | 0.44 | 94.0 | 42.6 | 20.8 | 24.8 | 12.6 |
| | B | 3.02 | 0.16 | 1.46 | 4.15 | 0.47 | 73.0 | 30.9 | 12.9 | 33.9 | 33.7 |
| | C | 3.01 | 0.16 | 1.55 | 3.88 | 0.42 | 73.0 | 27.9 | 10.8 | 13.7 | 22.1 |
| | D | 2.77 | 0.14 | 1.45 | 4.64 | 0.48 | 61.0 | 48.0 | 10.6 | 20.8 | 31.6 |
| | E | 2.93 | 0.15 | 1.44 | 4.01 | 0.46 | 66.0 | 31.8 | 10.7 | 17.0 | 30.0 |
| | F | 2.93 | 0.16 | 1.55 | 5.38 | 0.47 | 97.0 | 41.9 | 12.3 | 28.0 | 33.2 |

¹The same as table 1.



圖三、卑南番荔枝經不同根域處理後根系在不同深度之長度

Fig. 3. Root length at varied soil depth after root-region treatments on sugar apples at Pei-nan.



圖四、卑南番荔枝經不同根域處理一年三個月後根系在不同深度地表之長度分布

Fig. 4. Roots length distribution at varied soil depth after 1 year and 3 months of root-region treatments on sugar apples at Pei-nan.

卑南鄉南王地區番荔枝根域調整區在1990年2月底進行處理，5月時調整區內根系數量甚少，故1990年度間無根系分布之調查。1991年5月時調整區內根系分布之調查結果，以混施樹皮處理根部分布最深約在地表下20—40公分處，且根的數量最多，次為混施珍珠砂、蛭石者，根主要分布在地表下15—35公分處，數量混施樹皮者少約一半以上。至於僅深挖填回或傳統表施者，根之生長量者極少，已不達混施樹皮處理之五分之一，並且僅分布在地表下10—30公分處(圖三)。1993年2月時調查各處理根系生長情形(圖四)與1991年之結果極為接近，仍以混施樹皮處理，根部分布最深約在地表下20—40公分處，且根的數量最多，次為混施珍珠砂、蛭石者，根主要分布在地表下15—35公分處，而僅深挖填回或傳統表施者，根之生長量者極少，其在各處理間是最淺的。與蘇對番荔枝根系調查結果相近。因此就根域調整之任何處理對根部之生長而言，處理四個月後即可將晚崙西亞甜橙原先集中於地表下約20公分之根系誘引至距地表30公分以下，一年後即可將晚崙西亞甜橙及番荔枝之根系誘引至距地表50公分以下，並以30-45公分處最多。每年之調整區根系調查中並以施用樹皮處理的根系分布最深，根生長量也最多。

於番荔枝根域調整試區內之各處理葉片分析值中，據1991年5月上旬之葉片分析結果，除氮含量在混施樹皮處理較其餘處理稍高外，其餘任何要素在任何處理下其分析值頗近(表五)。此結果與晚崙西亞甜橙試區之葉片氮含量分析正好相反，未見混施樹皮之土壤中因有機質分解競爭氮素而導致葉片氮含量減少之事實。而於1992年6月上旬進行各處理之葉片分析結果，則包括氮含量在內，各處理之三要素分析值含量都在適中範圍內且頗為接近(表五)。1993年6月之葉片分析果，與1992年之結果相近，各處理三要素之分析值頗近(表五)。此結果在樹皮處理葉片氮含量之分析上與晚崙西亞甜橙相異之可能原因除作物本身不同外，晚崙西亞橙之葉片分析在9月中旬，距離3月之施肥期間已達6個月，而番荔枝之葉片分析在6月上旬，距離5月施肥期才1個月，因此土壤中之氮素含量還算充裕，推測土壤微生物與作物生長上之氮素競爭尚不如晚崙西亞甜橙來的明顯。

番荔枝根域調整之各處理之1990年夏果及1991年冬果產量及品質調查結果顯示，任何根域調整處理之單果粒重在夏果皆顯著較肥料表施之傳統方法處理為大，在冬果則僅混施樹皮處理較肥料表施之傳統方法之單果粒有顯著增大，而產量上夏果以混施樹皮之處理最高，與各處理之差異顯著，冬果產量則仍以混施樹皮之處理最高，但僅較肥料表施之傳統方法處理差異顯著，總產量以僅混施樹皮之處理最高，較肥料表施之傳統方法處理差異顯著(表六)。1991年夏果及1992年冬果產量及品質調查結果顯示，混施樹皮處理之單果粒重在夏果皆顯著較各處理為大，在冬果則僅混施樹皮處理較肥料表施之傳統方法之產量有顯著增加。雖與1990-1991年之果實調查結果稍有些不一致，但總產量仍以混施樹皮之處理最高，較肥料傳統表施之方法處理差異顯著(表六)。1992年夏果及1993年冬果產量及品質調查結果顯示，混施樹皮處理之單果粒重在夏果皆顯著較其餘各處理為大，在冬果則僅混

施樹皮處理較肥料表施之傳統方法之產量有顯著增加。與 1991-1992年之果實調查結果相當一致，總產量同前年，仍以混施樹皮之處理最高，較肥料表施之傳統方法處理差異顯著(表六)。番荔枝根域調整區內之各處理之土壤，約於處理一年後(1991年 1月)(表七)，處理約一年半後(1992年 5月)(表七)，及處理約二年半後(1993年5月)(表七) 之分析結果，大致未見各處理間有甚大之差異，樹皮處理也未見如同晚崙西亞甜橙試區有土壤pH值降低之現象，調整區內之樹皮處理也未見土壤CEC 值較其餘處理為高。

表五、番荔枝植株根域經不同處理後之葉片分析

Table 5. Leaf analysis of sugar apple tree under root-region soil treatments.

| Treat. date | Sampling date | Treat. code | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn | B |
|----------------|----------------|-------------|-----------------|------|------|-------|------|-------------------|------|------|------|------|
| | | | ————— (%) ————— | | | ————— | | ————— (ppm) ————— | | | | |
| | | A | 3.27 | 0.28 | 1.6 | 1.91 | 0.30 | 30.9 | 68.2 | 11.8 | 22.6 | 9.2 |
| | | B | 3.04 | 0.33 | 1.6 | 1.98 | 0.30 | 29.4 | 64.7 | 11.8 | 22.2 | 12.2 |
| Feb.28 1990 | May.16 1991 | C | 2.77 | 0.30 | 1.7 | 1.93 | 0.28 | 39.7 | 67.7 | 13.2 | 21.4 | 11.1 |
| | | D | 3.15 | 0.32 | 1.8 | 1.67 | 0.31 | 36.9 | 72.5 | 14.4 | 27.4 | 15.3 |
| | | A | 3.34 | 0.23 | 1.6 | 1.00 | 0.16 | 63.0 | 57.7 | 15.2 | 16.8 | 25.5 |
| Feb.28 1990 | Jun.13 1992 | B | 3.63 | 0.24 | 1.8 | 1.42 | 0.44 | 57.6 | 63.9 | 14.6 | 19.7 | 22.9 |
| | | C | 3.32 | 0.22 | 1.7 | 1.18 | 0.39 | 54.6 | 50.9 | 16.0 | 18.5 | 22.9 |
| | | D | 3.71 | 0.24 | 1.5 | 1.56 | 0.41 | 60.4 | 55.3 | 16.1 | 22.1 | 25.7 |
| | | A | 3.05 | 0.16 | 1.28 | 1.15 | 0.32 | 55.8 | 65.3 | 7.2 | 10.6 | 39.6 |
| Feb.28 1990 | Jun.10 1993 | B | 3.10 | 0.16 | 1.22 | 1.20 | 0.32 | 58.5 | 68.5 | 9.8 | 9.6 | 44.6 |
| | | C | 3.08 | 0.17 | 1.25 | 1.18 | 0.32 | 55.0 | 66.8 | 8.7 | 12.3 | 38.0 |
| | | D | 3.12 | 0.16 | 1.27 | 1.18 | 0.31 | 56.3 | 62.5 | 7.8 | 14.9 | 40.8 |

A: mixed bark compost with soil B: mixed vermiculite and perlite

C: digging soil only, mixing none D: traditional fertilizing by surface
broadcasting

表六、不同根域處理對番荔枝夏果、冬果及總果實產量及單果粒大小之影響

Table 6. The effect of root-region soil treatments on the yield of summer and winter harvests and fruit size of sugar apple.

| Harvesting season | | Treat. | Summer production | | Winter production | | Total yield (kg/tree) |
|-------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Summer | Winter | code ² | Yield (kg/tree) | fruit size (g) | Yield (kg/tree) | fruit size (g) | |
| Jun. 25 | Nov. | | | by wt. (g) | | by wt. (g) | |
| 1990 | 1990 | A | 2.4 | 289.4 | 12.60 | 409.3 | 15.0 |
| | | B | 2.2 | 223.1 | 10.58 | 324.5 | 12.78 |
| Sept. 7 | Feb. 20 | C | 1.8 | 265.0 | 11.52 | 365.6 | 13.32 |
| 1990 | 1991 | D | 2.0 | 278.8 | 11.65 | 359.8 | 13.65 |
| | | LSD 5% | 0.66 | 40.0 | 1.15 | 45.2 | 2.42 |
| Sept. 10 | Jan. 29 | | | by fruit Rad.(cm) | | by fruit Rad.(cm) | |
| 1991 | 1992 | A | 10.96 | 12.3 | 6.40 | 13.2 | 17.36 |
| | | B | 8.96 | 10.3 | 2.02 | 11.6 | 10.98 |
| Oct. 20 | Mar. 5 | C | 8.37 | 10.5 | 5.95 | 13.2 | 14.32 |
| 1991 | 1992 | D | 9.56 | 10.8 | 5.60 | 14.2 | 15.15 |
| | | LSD 5% | NS | 1.65 | 2.54 | NS | 4.82 |
| Aug. 6 | Oct. 26 | | | by fruit Rad.(cm) | | by fruit Rad.(cm) | |
| 1992 | 1992 | A | 10.12 | 11.9 | 8.53 | 12.6 | 18.65 |
| | | B | 9.36 | 9.4 | 2.62 | 11.8 | 11.98 |
| Oct. 21 | Feb. 28 | C | 9.96 | 9.4 | 6.76 | 11.6 | 16.72 |
| 1992 | 1993 | D | 9.56 | 9.5 | 5.60 | 11.8 | 16.16 |
| | | LSD 5% | NS | 2.88 | 3.12 | NS | 4.82 |

¹Root-region soil was treated on Feb. 28, 1980; and size was determined by 8-10 fruits per tree.

²The same as table 5.

綜合各種根域調整處理在果園所表現之結果，各種根域調整處理皆使根系分布較深。對原為河床地之晚崙夏橙果園並以其中混施樹皮有機介質處理最能增進土壤有機質及土壤養分緩衝能力，其初期造成土壤酸化及氮肥施用量不足等現象需於施用後一至二年內予以注意。就果實而言，單果粒重等品質及產量之提高仍不明顯。但就原為稻田之番荔枝果園

而言各種根域調整處理皆使根系分布明顯較深，其中混施樹皮有機處理雖未明顯增進土壤有機質及土壤養分緩衝能力，但各處理之中以樹皮有機對果實產量增加及品質有明顯的幫助。就晚崙西亞果園各處理間之果實產量及品質未呈顯著差異，尤以肥料用量減半之處理亦於三年之觀察中對晚崙西亞甜橙產量、品質等影響未呈顯著差異而言，因試驗期間之產量每年已有明顯之降低且田間部份供試植株有毒素病死亡之例，推測可能係植株受病毒之干擾所造成，若果然如此，或可再推測毒素並對地上部之影響較地下部為烈。唯原因尚待繼續觀察與病理建議。

表七、番荔枝果園經不同根域處理後之土壤分析

Table 7. The soil properties of treated root region at the sugar apple orchard.

| Treat. date | Sampling date | Treat. cade ¹ | Soil depth | pH | 0.M % | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | CEC | | |
|-----------------|-----------------|--------------------------|-----------------|------|-------|-------------------------------|------------------|-------|-------------|------|-----|-----|
| | | | | | | (kg/ha) | | | (m.e./100g) | | | |
| Feb. 28 1990 | Jan. 24 1991 | A | 0-20 | 5.1 | 1.7 | 941.9 | 463 | 3285 | 184 | 5.3 | | |
| | | | 21-40 | 4.8 | 1.6 | 554.4 | 362 | 1709 | 155 | 5.4 | | |
| | | B | 0-20 | 5.1 | 2.1 | 870.3 | 636 | 3114 | 228 | 6.7 | | |
| | | | 21-40 | 4.7 | 1.5 | 661.2 | 513 | 1339 | 135 | 6.5 | | |
| | | Feb. 28 1990 | May. 22 1992 | C | 0-20 | 4.9 | 2.4 | 970.2 | 571 | 3279 | 230 | 5.3 |
| | | | | | 21-40 | 4.8 | 1.4 | 747.3 | 542 | 1905 | 925 | 5.3 |
| D | 0-20 | | | 5.9 | 1.8 | 758.9 | 412 | 5168 | 99 | 5.0 | | |
| | 21-40 | | | 5.8 | 1.5 | 543.7 | 412 | 3405 | 279 | 5.6 | | |
| Feb. 28 1990 | Jun. 19 1993 | A | 0-20 | 5.5 | 2.8 | 961.5 | 1133 | 11105 | 851 | 15.0 | | |
| | | | 21-40 | 5.3 | 1.7 | 582.3 | 362 | 7350 | 201 | 13.4 | | |
| | | B | 0-20 | 5.6 | 2.4 | 960.2 | 1181 | 10308 | 520 | 14.3 | | |
| | | | 21-40 | 5.5 | 2.1 | 958.5 | 897 | 8565 | 414 | 13.3 | | |
| | | C | 0-20 | 5.3 | 2.6 | 959.3 | 1181 | 8489 | 249 | 14.9 | | |
| | | | 21-40 | 5.2 | 2.0 | 959.7 | 800 | 8069 | 279 | 13.6 | | |
| | | D | 0-20 | 5.9 | 2.7 | 958.5 | 964 | 10588 | 642 | 14.3 | | |
| | | | 21-40 | 5.6 | 2.1 | 957.6 | 564 | 6987 | 348 | 12.8 | | |
| Feb. 28 1990 | Jun. 19 1993 | A | 0-20 | 4.8 | 2.4 | 390 | 1417 | 6799 | 585 | 5.4 | | |
| | | | 21-40 | 4.9 | 2.9 | 585 | 484 | 4449 | 309 | 6.0 | | |
| | | B | 0-20 | 5.4 | 2.3 | 1408 | 482 | 6337 | 347 | 5.5 | | |
| | | | 21-40 | 5.2 | 2.5 | 1092 | 747 | 6391 | 501 | 5.4 | | |
| | | C | 0-20 | 5.1 | 2.4 | 1396 | 969 | 5753 | 434 | 6.9 | | |
| | | | 21-40 | 5.1 | 2.7 | 594 | 684 | 5543 | 1056 | 6.9 | | |
| D | 0-20 | 5.0 | 2.2 | 1678 | 856 | 5375 | 199 | 5.8 | | | | |
| | 21-40 | 4.6 | 1.7 | 620 | 586 | 3402 | 157 | 5.5 | | | | |

¹The same as table 5.

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會補助(79-農建-7.1-糧-27(1))、(80-農建-7.1-糧-65(1A))、(81-農建-12.2-糧-33(5))、(82-科技-2.4-糧-31(1)) 經費補助方得以完成，另蒙林秘書慶喜及郭研究員能成熱心斧正，特此感謝。

參 考 文 獻

1. 台灣省農業試驗所 1981 作物需肥診斷技術 198p. 台灣省農業試驗所第13號特刊。
2. 林務局農林航空測量所 1989 台灣地區像片基本圖出版通報 p.105-116。
3. 陳春泉 1979 台東縣土壤調查報告 115p. 台灣省農業試驗所第 6號報告，台灣省農業試驗所編印。
4. 張茂盛 1987 台東地區果樹營養狀況對果實品質之影響調查研究 台東場研究彙報 1: 51-63。
5. 謝兆申 王明果 1991 台灣地區主要土類圖輯 p.243-244 國立中興大學土壤調查研究中心編印。
6. 蘇德銓 1986 葡萄之根系 中國園藝 32(1):1-17。
7. 蘇德銓 1988 番荔枝栽培生理研究及根系分布之調查 p.34-41 台東場七十七年度園藝果樹組工作報告。
8. 蘇德銓 1991 也談番荔枝營養診斷技術與應用 興農 p.265:40-43。
9. Drew, M. C., and L. R. Saker. 1975. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. II. Localized, compensatory increases in lateral root growth and rates of nitrate uptake when nitrate supply is restricted to only part of the root system. *Exp. Bot.* 26:79-90.
10. Eavis, B. W., and D. Payne. 1969. Soil physical conditions and root growth. p.315-338. In: W. J. Whittington (ed.), *Root Growth*. Butterworths, London.
11. Goldberg, S. D., M. Rinot, and N. Karu. 1971. Effect of trickle irrigation intervals on distribution and utilization of soil moisture in a vineyard. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35:127-130.
12. Kazaryan, V. O., A. S. Melkonyan, and V. A. Devtyan. 1971. The after-effect of deep cultivation on some physiological indices and on yields of grapevines (in Russian). *Biologicheskii Zhurnal Armenii* 24:3-12. (In: *Hort. Abstr.* 43: 5842, 1973)
13. Natsvliwshvilli, V. I. 1973. How best to cultivate the soil (in Russian).

Saovodstro 1:28. (In: Hort. Abstr. 43:6738, 1973)

14. Reynolds, E. R. C. 1975. Tree rootlets and their distribution. p.163-177. In: J. G. Torrey and D. T. Clarksons (eds.). The development and function of roots. Academic Press, New York.
15. Russel, R. S. 1977. Plant root systems: Their Functional Interaction with the Soils, McGraw-Hill, London.
16. Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. J. Ecol. 63:995-1001.

Study on the Effect of Modifying Root Region for Fruit Trees

Te-Chuan Su and Moa-Shen Chang¹

Abstract

The effect of modifying root region for valencia in Kuan-San plot (soil condition as Chulu series, FCC:G, schist old alluvial soils) by mixing bark compost, or vermiculite and perlite with soil, or just digging but mixing none in 120x50x60cm volume under tree canopy might induce root system depth from 20 cm to 30 cm under the ground surface after 4 months and to 50 cm (concentrated from 30-45cm) after 1 year. The most satisfactory one was mixing bark compost treatment, which caused the deepest root system and with the highest CEC and organic matter content in 3 years' investigation. The soil of the mixing bark compost treatment had the lowest soil pH and the lowest leaf N content among these treatments just in the first year. There were no significant differences on leaf P and K content, fruit yield and quality of valencia fruits in all treatments during the 3 years.

The results of root growth for sweet apple trees in Pei-Nan plot (soil condition as Feng-Lo series, FCC:L, schist old alluvial soils) were the similar to the valencia's. The bark compost treatment was also the most satisfactory treatment which induced the deepest root system to 50 cm (concentrated from 30 to 45cm) after 1 year.

There were no significant differences on the soil pH and the leaf nutrient contents by leaf diagnosis in all treatments, but the mixing bark compost treatment which showed very good effects on yield and quality in 3 years' investigation was significantly different from fruit size or yield in summer and winter fruits compared with non-bark compost treatments.

Key words: Valencia orange, Sugar apple, Root, Soil reclamation, Media.

¹Associate Horticulturist and Associate Soil Scientist of Taitung DAIS.