木本植物根系分布與經營管理作業關係之初探

⊙林業試驗所育林組・陳芬蕙 (fhchen@tfri.gov.tw)、何政坤、林欣德、蘇德忠、何可薏

世界各地目前皆積極鼓勵植樹造林，植樹的目的除了減碳及綠化外，最重要的還有提供水土保持的功效，尤其是在地質脆弱的臺灣，山坡地造林的水土保持等國土保安功能更是受到重視。

植物的地上部可以透過攔截雨滴、蒸散土壤水分、增加表面粗糙度、提供土壤有機質等等來減少土壤流失，而植物地下部的根部在水土保持也一樣扮演著重要的角色，例如提升土粒凝聚、穩定邊坡、加強滲入及滲透性、改善土壤物理性質等。然而由於在野外挖掘植物根系相當費工而耗時，相關研究不易進行，因此國內有關根系分布的報告十分缺乏。

此外，對於部分國有林租地造林地受到超限利用，違規栽植果樹等經濟作物可能威脅國土保安的問題，過去幾十年來受到各界爭論，尤其是深根性果樹可否列為合法造林木一直是關注的焦點。本研究觀察不同經營管理作業下之植物根系分布，包括山坡地常見的果樹、茶樹及造林樹共6種，嘗試比較及了解經營管理作業對根系分布的可能影響。

樣木之選擇

一共選擇了4種臺灣坡地常見的木本經濟作物，分別為臺中摩天嶺甜柿1株、臺南梅嶺梅樹1株、臺東岩灣釋迦2株及南投仁愛大禹嶺茶樹2株。這些作物的經營管理現況不太相同，有的屬於正常管理(甜柿及茶1)，有的屬於低度管理(梅樹及茶2)，其中茶2為2005年起停止修枝管理，而釋迦則為果園廢棄後由林務局收回並截幹處理，之後自然萌枝1年3個月後。為了解木本經濟作物與造林木根系之差異，並另外挖掘3株臺南梅嶺的造林木根系進行比較(1株烏心石及2株破布子)，破布子雖然屬國有林租地的造林樹種，但為了增加破布子果實的收成，農民在採收當年會進行修枝截幹。為了解經常修枝截幹對根系的影響，本次調查的2株破布子分別為自然生長與經過多次修枝(即非林業經營)。

選定目標樹種後，選擇大小中等之單株做為樣木，記錄樣木的胸徑、地徑、樹高、冠幅、樹齡、坡度、海拔等基本資料。樹齡則依據該區土地管理者提供的資料。

選定之樣木所在位置的海拔及坡度差異大(表1)，樣木之樹齡從7~37年不等。其中最高大的單株是自然生長的破布子，而有管理(含低度及正常管理)之果樹高度會控制在5 m以下，以方便採收管理作業的實施，大多是介於2~3 m，明顯比自然生長的造林木較矮。若比較2株破布子及2株茶樹高度，即可發現管理過程之修枝截幹已明顯將植株矮化。

根系調查方法

本研究依據樣木根系生長方向，將根系分為2個類型，即主根及側根，其中，主根是指樹幹以下之垂直根，側根則是從主根向側方發展之根。樣木基本資料記錄完成後即將樣木地上部伐倒，並由樹幹中心開始向外小心挖掘根部，針對大徑根(根徑≥2 cm之根部)進行挖掘及記錄，包括除了記錄大家最關心的主根深度，還記錄了側根數、側根長、根總重、基部與水平夾角，並以測徑器記錄根部基徑。調查結果

表1. 根系觀察取樣樹木之地形及地上部概況

地點	樹種	樹齡	經營管理	坡度	海拔 (m)	最近樹距(cm)	胸徑 (cm)	地徑 (cm)	高 (cm)	冠幅 (m^2)	地上部重(kg)
摩天嶺 (臺中和平)	甜柿	4+7 (砧木+嫁接)	正常管理	5	1,009	465	5.3	19.2	305	17.17	30.77
梅嶺	梅	30	低度管理	35	601	277	12.6	22.9	488	13.38	90.72
(臺南楠西)	烏心石	12	自然生長	2.5	651	131	9.3	12.0	852	5.80	37.97
	破布子1	15-20	多次修枝	30	640	354	19.1	24.7	479	13.12	58.40
	破布子2	22-23	自然生長	25	647	227	26.5	31.3	960	28.03	341.50
岩灣	釋迦1	37	截幹後萌發	35	110	215	1.8	16.0	243	3.43	22.06
(臺東卑南)	釋迦2	37	截幹後萌發	35	110	226	3.2	15.5	258	4.36	33.71
大禹嶺	茶1	24-30	正常管理	18	2,530	432[1)]	-	12.4	108	2.52	18.79
(南投仁愛)	茶2	34	低度管理	25	2,425	56	3.3	11.2	360	13.73	72.18

[1)] 鄰近茶樹近年遭移除。

表2. 根系觀察取樣樹木之根系概況(根徑 ≥ 2 cm)

地點	樹種	側根數	主根深度(cm)	最長根長(cm)	根總體積(cm^3)	根總重(kg)
摩天嶺 (臺中和平)	甜柿	7	75	238	44.42	30.35
梅嶺	梅	6	95	115	19.98	20.86
(臺南楠西)	烏心石	6	74	66	24.82	16.24
	破布子1	7	85	170	31.94	21.74
	破布子2[1)]	6	138	566	53.31	44.15
岩灣	釋迦1	5	55	90	17.86	16.68
(臺東卑南)	釋迦2	8	144	154	24.60	22.73
大禹嶺	茶1	4	71[2)]	119	6.88	7.91
(南投仁愛)	茶2	5	123[2)]	108	27.77	32.02

[1)] 由於遇到大石頭無法完成挖掘，主根只挖到根徑2.5 cm，根總重及總體積為估算值。
[2)] 茶樹無主根，此為側根之最大深度。

並繪製成根系分布圖，以比較樣木間之差異。

根系分布的比較

單株樣木根徑 ≥ 2 cm之側根數介於4~8之間(表2)。除了釋迦1(圖6)及高密度(2,200株/ha)栽植的烏心石(圖3)，最長側根根長多可超過1 m，最長者為自然生長之破布子(>5.5 m) (圖5)。而除了遭回收截幹的2株釋迦(圖6, 7)及強度矮化的茶1(圖8)冠幅較小，其他樣木的冠幅與最長根長的比值為0.05~0.13之間。因此，推測根系延伸範圍也會受冠幅大小與栽植密度影響。

主根深度以自然生長之破布子及釋迦2(圖

7)最深(> 1.3 m)，10年未管理之茶樹次之(無主根，側根最深1.2 m)，其餘介於55~95 cm，果樹中甜柿(圖1)深度可達75 cm，梅樹(圖2)亦可達95 cm，並不亞於烏心石造林木，其中甜柿是7年前嫁接於4年生的山柿上，山柿是種子苗，自然生長的山柿通常地上部生長勢比甜柿強健，推測根系也應該比甜柿強健。

另外由於2株茶樹都是屬於無性繁殖苗，因此沒有主根存在(圖8, 9)。臺灣茶園中的茶樹普遍都是栽植無性繁殖苗，雖然缺乏主根，但因為栽植密度高，各單株根系與根系間往往交錯生長，對固土與穩定邊坡的功能不容忽視。

根系分布與經營管理作業

經常施肥及澆水可能讓根部分布在距土表深度較淺處，例如觀察正常管理的甜柿側根多在離土表25~30 cm處(圖1)，而且它的根系發達，根總重與地上部總重相當，地下部與地上部生物量的比值接近1，明顯高於一般林木，通常熱帶亞熱帶地區林木的地下部與地上部生物量的比值介於0.1~0.7左右，平均約為0.22。此區甜柿園採用較為環境友善的草生栽培方法，根據前人研究報導發現草生栽培果樹的根系比使用除草劑者有更多的側根及菌根菌感染率，也就是根系會較為健康。

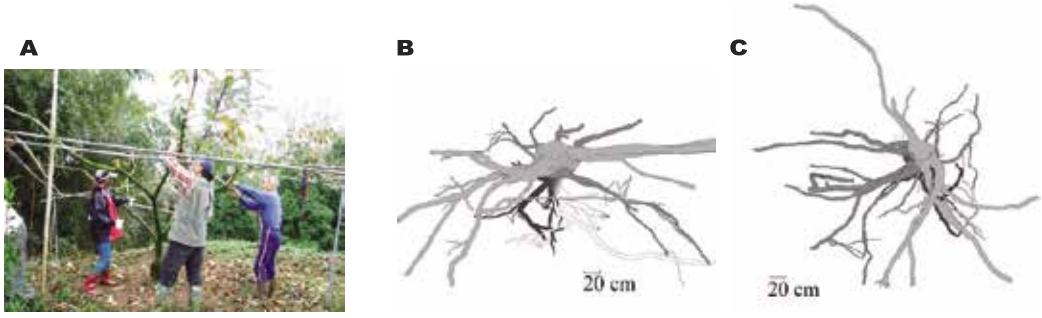


圖1 臺中甜柿樣木。A. 砍伐前(陳芬蕙 攝)；B. 樹根垂直分布圖；C. 樹根水平分布圖 (根徑 ≥ 2 cm)

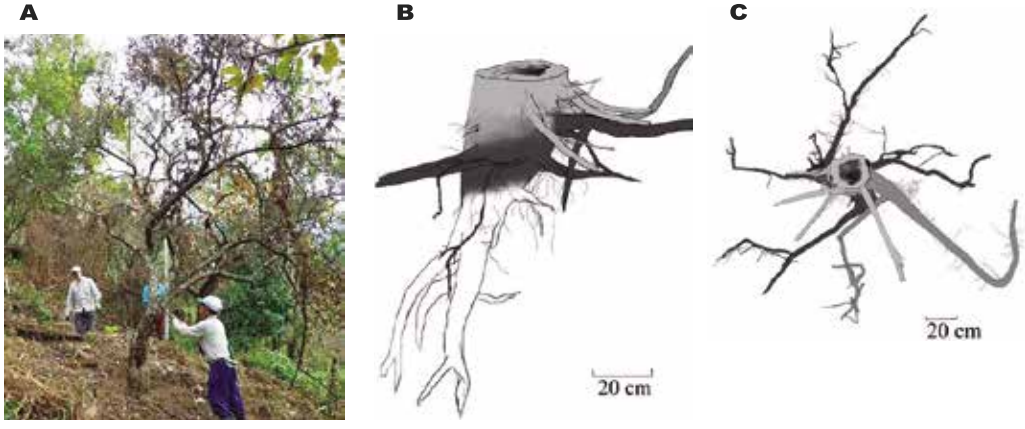


圖2 臺南梅樹樣木。A. 砍伐前(陳芬蕙 攝)；B. 樹根垂直分布圖；C. 樹根水平分布圖 (根徑 ≥ 2 cm)

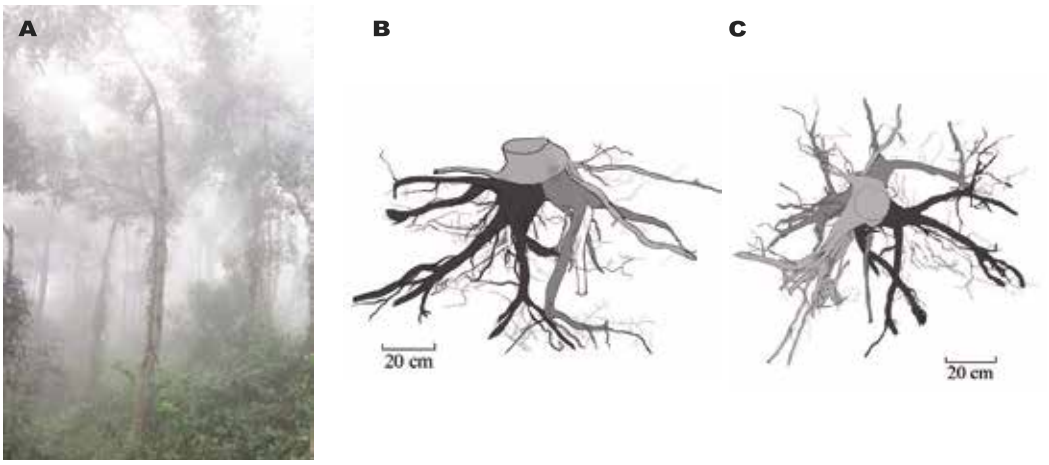


圖3 臺南烏心石樣木。A. 砍伐前(陳芬蕙 攝)；B. 樹根垂直分布圖；C. 樹根水平分布圖 (根徑 ≥ 2 cm)

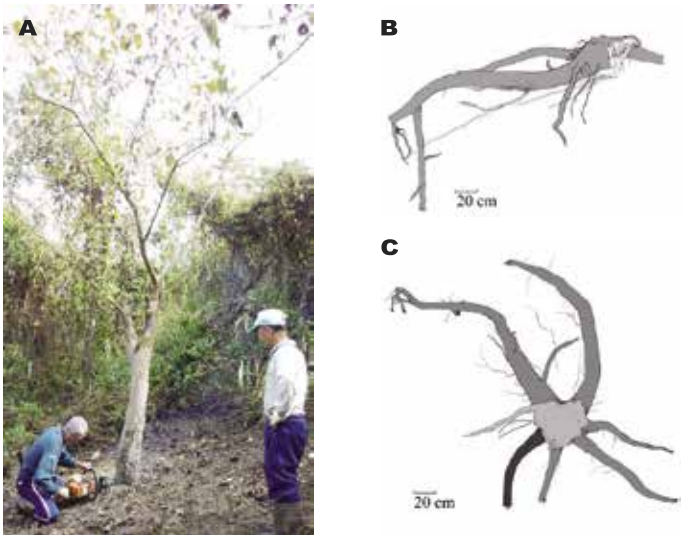


圖4 臺南破布子1(多次修枝)樣木。A. 砍伐前(陳芬蕙 攝)；B. 樹根垂直分布圖；C. 樹根水平分布圖(根徑 ≥ 2 cm)

若比較同地區同一樹種但經營管理情形不同(即破布子與茶樹)，雖然樹齡及生育地條件可能影響根系，但仍可發現自然生長之破布子不論在主根深度、側根長度、根總量及總體積，都明顯大於受到多次修枝的單株，所以自然生長之破布子應為良好的造林樹種，而茶樹也有類似之情形，低度管理的單株在根部深度、根長、根總量及總體積也都明顯大於正常管理之茶樹(表2、圖8, 9)。曾有研究指出修枝會明顯降低植物的根部發展，並可能導致地下部競爭力下降。

然而即使在類似條件下生長，單株間根部的個體差異仍可能很大，以本研究中兩株在同一坡面同樣處理下距離不到10 m的釋迦為例，兩者地上部差異不大，但根部深度及長度等皆差別很大，表示需要較多的調查樣本才能真正了解根系分布的情形。

結語

本研究觀察的取樣樹木雖然不多，但可作為重要的參考，仔

細分析後仍可以得到許多根系分布的有用資料。然而野外自然生長的植物根部形態往往多變而隨機，如果要通盤了解經營管理作業對植物根系的影響，則需要更多樣木的調查研究，才能得到充分的科學資料。

至於造林木與果樹的根系何者較佳?在相同的管理及生育地條件下，造林木大多應有較佳的根系，但是有許多因子會影響根系發展，例如高密度栽植未管理的造林木可能比低密度栽植而妥善照顧的果樹根系發展較差。由於根系發展深受經營方式及生育地影響，因此只依果樹種類是否屬於深根性植物來判定其對水土保持之功效並不十分合適，此外，單獨看根的深度並不足以代表該樹的水保能力，其他包括根的數量、分布深度、粗根細根的比例、根的質地等等都會影響根部與土壤的結合能力。

我們建議應該積極規範山坡地栽植樹木

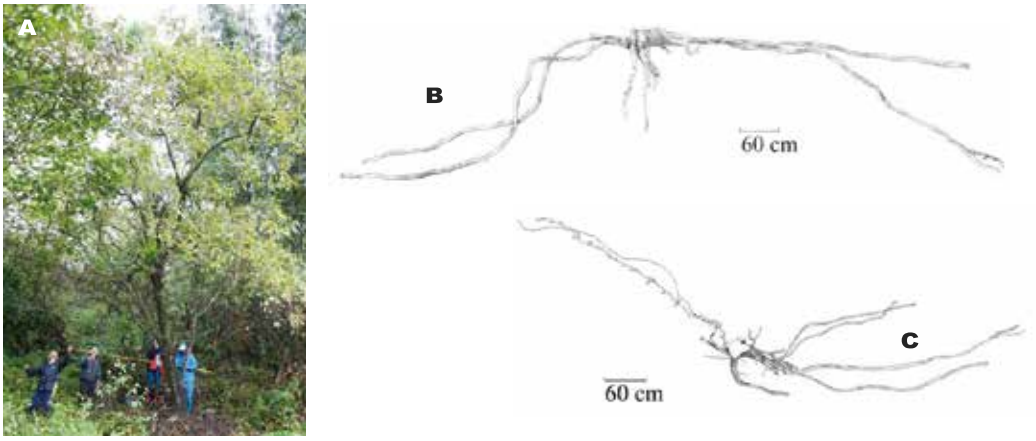


圖5 臺南破布子2(自然生長)樣木，由於遇到大岩石無法完成全根系的挖掘，只有約1/4的側根完成挖掘。A. 砍伐前(陳芬蕙攝)；B. 樹根垂直分布圖；C. 樹根水平分布圖 (根徑 ≥ 2 cm)

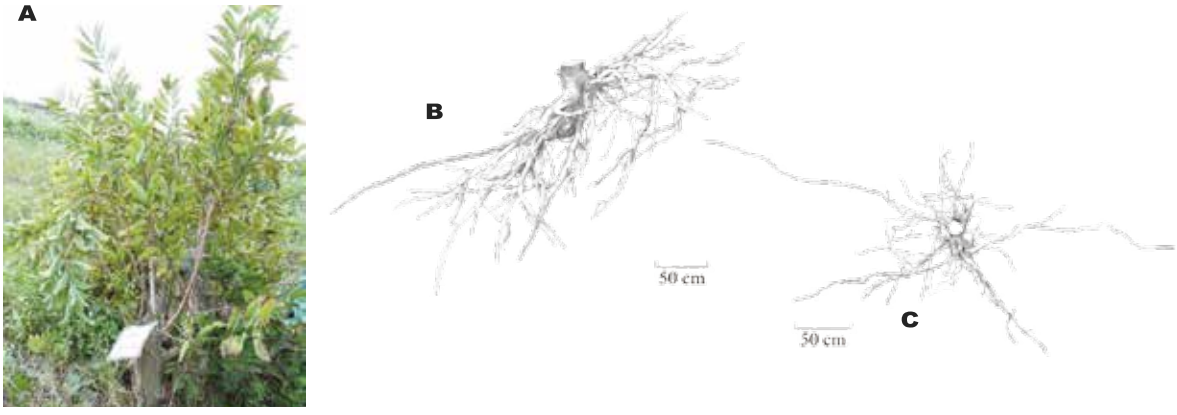


圖6臺東釋迦1樣木。A. 砍伐前(陳芬蕙 攝)；B. 樹根垂直分布圖；C. 樹根水平分布圖(根徑 ≥ 1 cm)



圖7臺東釋迦2樣木。A. 砍伐前(陳芬蕙 攝)；B. 樹根垂直分布圖；C. 樹根水平分布圖 (根徑 ≥ 1 cm)

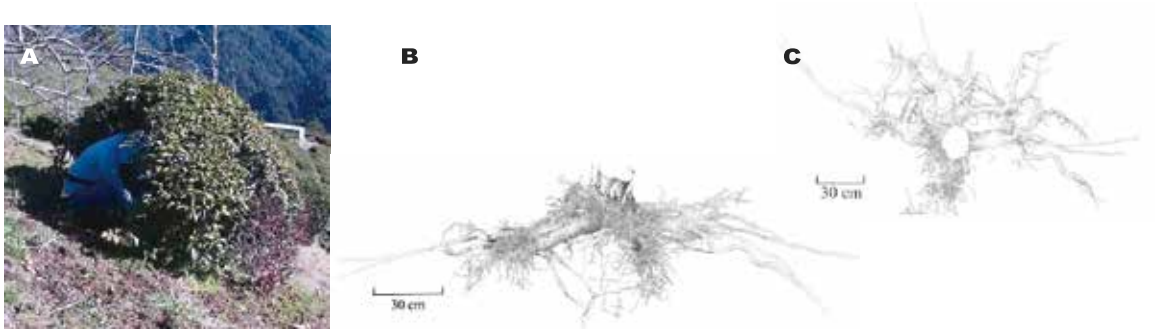


圖8 南投大禹嶺茶樹樣木。A. 砍伐前(陳芬蕙 攝)；B. 樹根垂直分布圖；C. 樹根水平分布圖(根徑 ≥ 1 cm)

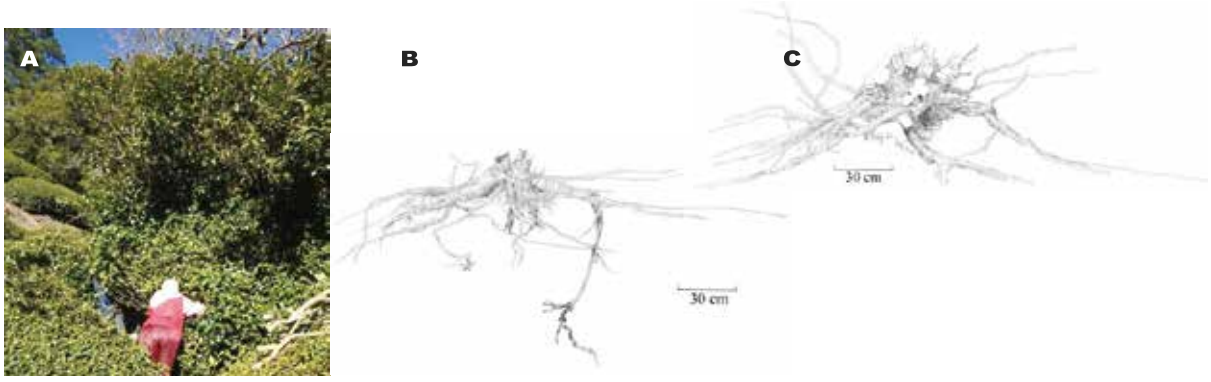


圖9 南投大禹嶺茶樹樣木。A. 砍伐前(陳芬蕙 攝)；B. 樹根垂直分布圖；C. 樹根水平分布圖 (根徑 ≥ 1 cm)

之經營管理方式，才能加強根系之水土保持功能，若能調整過去對果樹等經濟作物慣用的集約管理方法，改變成較為環境友善的方式，相信可以兼顧生產與生態。例如維持果樹一定之樹冠厚度，不要過度修枝，確保地被的草生覆蓋，保持土壤之健康，合理肥料及避免過度使用農藥等等，都可加強根系發展，達到強化固土保安的功能。而栽植過密的造林木也應該適度疏伐與修枝，才能確保林木地上部與地下部皆生長強健。