

珍貴老樹非破壞性根系調查之研究 以后里澤民老樟樹為例

葉 芯 芳¹⁾ 劉 東 啟²⁾

關鍵字：根系調查、珍貴老樹、樹木生長

摘要：樹木與人類生活有密切的關係，特別是生長在我們周遭的老樹，十年種樹，百年才得一棵老樹，然而不論是樹木或老樹，唯有健康的根系才會有健康的樹木，根系有許多重要的功能，如吸收水分與礦物質鹽類吸收、固持樹體、儲存養分、合成植物生長調節物質與繁殖等。研究結果顯示，土壤表層根系調查有以下四個現況，一為根頭附近區域發現部分塊根、特大根或大根有因外力造成根系受傷現象，使得根系腐爛或長出許多的不定根等。二為細根於植草磚下方密布，呈現水平生長。三為部分區域的土壤表層挖掘中，發現探坑有排水不良的現象。四為根系的生長由土層下方往上方生長等現象。塊根與特大根，因所調查到的數量較少，無一定規律；大根與中根的根系分布呈現倒U字型，推測原因為碑文記載澤民樟樹原本的棲地為生長於土丘之上，該根系生長會受土丘地勢影響，故根系於根頭至距根根頭約10公尺處，呈現一個倒U生長，於距根根頭約10公尺處至22公尺處區於水平狀，分布曲線近似土丘的形狀，而目前的生長環境為一個平地，原低窪地可能有重新覆土的情況，除原本倒U型的根系外，亦造成根系有二次生長現象。細根的分布則集中於淺層地區5-25公分處，最深至100公分處亦有發現細根生長。運用克利金做根系分布的預測結果顯示，細根有偏向北方生長的現象，其次為生長較多的位置為西南方近根頭地方，最少的地區以西南方靠近研究地點外圍地區為多，粗根有生長及中於各方位的根頭區域，其中以北方與南方為最多，最少的地區以西北方與西南方靠近研究地點外圍地區為多，綜合來說，根系有偏向生長的現象，偏向於北方為最多，最少的地區以西南方靠近研究地點外圍地區為多。

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

前 言

樹木與人類生活有密切的關係，有淨化大氣、保持水土、維持環境穩定的功能，特別是生長在我們周遭的老樹。十年種樹，百年才得一棵老樹，在臺灣各地都市郊區各個角落，皆見到老樹的蹤影，它是大自然賦予我們重要的資產，在生態環境的維護上，除有不可磨滅的貢獻外，也伴隨著我們的成長，具有文化、環境、美學、生態、學術與教育解說的價值(李，2009)。

老樹的存活及保護，與其生理有重要之影響，樹木是由各部份組織組成的統一有機體，各部分間的生長具有相互制約與協調的現象，地上部(莖和葉)與地下部(根)間會交互影響。其中又唯有健康的根系，才可能會有健康的樹木，樹木的根系有許多重要的功能，如吸收水分與礦物質鹽類吸收、固持樹體、儲存養分、合成植物生長調節物質與繁殖等。且當樹木遭受到各種外力改變時，樹木本身亦會產生生態上的反應(朱，1993)，因此了解影響樹木的根系的生長狀況，可以對老樹的生存盡一份心力。

每一棵老樹，都有一段綿延百年的動人故事(台中市政府農業局，2011)，為保有每個動人故事，各地縣政府都在實踐保存老樹的計畫，最早至台灣省農林廳時期，也有著手對於全國老樹普查的調查，皆是希望能落實珍稀樹木保育的目標，對於老樹，如同人類有生老病死的階段，我們需透過非破壞性儀器進行對老樹的健康檢查，以不破壞與傷害老樹為前提，又能達到保存與保護的目的。

綜合言之，珍貴老樹與我們有密切的關係，不僅對我們有多方面價值，也是我們須共同保存與維護的對象，而又唯有健康的根系才會有健康的樹木，因此透過非破壞性的方式去檢測老樹，此議題值得深入探討。

研究對象與方法

一、研究對象

澤民樟樹，以樹幹的胸圍來論，這棵老樟樹是台灣平地最大的樟樹。老樟樹原名「月眉樟公樹」，於1982年時任台灣省主席的李登輝先生取「澤施於民」之義，又稱「澤民樟公樹」。澤民老樹的胸高直徑為213公分，海拔212公尺，樹高約17公尺，冠幅約800m²，北側主幹1230公分，南側主幹1160公分，地際為1820公分，於當地又有澤民神木的稱號。

而本研究以其為調查對象，其中主要原因為下列兩點：

(一)珍貴老樹為重要之自然景觀與綠色資源，可反映該地的歷史和地理環境，因此有被保護與研究之價值。

(二)澤民樟樹為台灣平地地區最大之樟樹，可藉由其多年的生長經驗，了解樹木的根系分布特性。

二、研究方法

一為以高壓水力挖掘法試挖掘土壤表層，深度為 20-80 公分不等之深度，了解樹木根系的分布與數量，做土壤表層根系試挖掘調查之探討。二為以高壓水力挖掘法挖掘，深入土壤中之洞孔，洞口寬度約為 5-10 公分，深度依各分區土層結構不同而有所異，再運用內視鏡進行根系數量調查，來了解土壤層級中的根系分布與數量，做鑽孔根系分布調查與土壤孔洞之各土壤深度根系調查兩方面探討。所得之數據資料以 EXCEL2007 統整，再 SPSS 軟體進行圖表的繪製與分析，並結合 ArcGIS 進行克利金圖面分析。

(一)

調查時間為 100 年 10 月與 101 年 4 月。採取樟樹周邊的土壤樣區做調查，所得之資料以 W. Böhm (1979)的紀錄根系方式，記錄根系的數量與根徑，而又以苜住昇(1987)提出的根系分類方法做記錄，詳見表 1。

(二) 鑽孔根系調查

調查時間為 101 年 4 月至 101 年 5 月。本調查以每 1.5 公尺為間距取樣，範圍北至管理委員會邊界，東至福德祠與道路邊界，南至公共廁所旁道路，西至稻田邊界，並以植草磚與鋪面做為各樣區之範圍劃分，總共取樣點共分為 7 區，共有 130 個取樣點，進行土壤的挖掘，以水力鑽孔法進行分區根系調查，來了解各土壤層中的根系分布與數量，共分為七個樣區，取樣點 130 個，詳見圖 1 土壤挖掘樣點圖。

記錄之方式，先量取洞口深度，在深入內視鏡觀察，以洞中深度每 5 公分為一討論之單位，深度從 5 公分至 100 公分，根系粗細參考苜住昇(1987)與岩崎藤助(1955)之方式記錄並修改成適合本次實驗，分為五個等級，運用工業用內視鏡觀察記錄根系時，以捲尺做為根系粗細時的判斷，或是運用內視鏡遠與近交錯觀察，並與捲尺的刻度做比對，以確定根系直徑的粗細，詳見表 2、表 3。

表 1. 根系分類表

Table 1. Root classification

根系分類	尺寸(CM)
細根	$\phi < 0.5 \text{ cm}$
中根	$0.5 \leq \phi < 2 \text{ cm}$
大根	$2 \leq \phi < 5 \text{ cm}$
特大根	$\phi \leq 5 \text{ cm}$ 以上
塊根	呈現盤狀或塊狀

ϕ ：表示為根系直徑

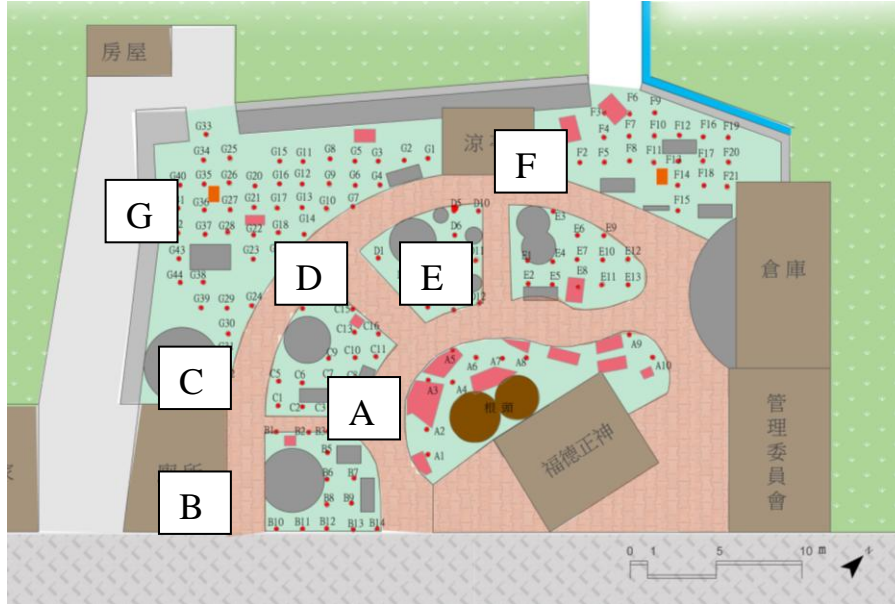


圖 1. 土壤挖掘樣點圖。

Fig. 1. Soil excavation samples.

表 2. 根徑分類表

Table 2. Root classification

分類	細根		粗根			塊根
	細根	小徑根	中根	大根	特大根	塊根
說明	$\phi < 0.2\text{cm}$ 以下	$0.2 \leq \phi < 0.5\text{ cm}$	$0.5 \leq \phi < 2.0\text{ cm}$	$2.0 \leq \phi < 5.0\text{ cm}$	$\phi \geq 5.0\text{ cm}$ 以上	呈盤狀或塊狀根系
標記	○		○	●	◎	◎◎

ϕ：表示為根系直徑

表 3. 根系有無分級表

Table 3. Root whether the grading

分類	無	些許	有	多	很多
說明	沒有根	0-≤3 根	3-≤6 根	6-≤9 根	9 以上根
分級	0	1	2	3	4
	-	●	●●	●●●	●●●●

(三) 土壤孔洞之各土層深度根系調查與分布推估

將鑽孔根系調查所得之資料，以 EXCEL2007 與 SPSS 軟體進行數據的統計，並結合 ArcGIS 進行克利金圖面分析，探討每一土壤分層的根系分布與數量狀況，以每 5 公分為討論之單位。

運用地理統計方法解析地底根系分佈模型，地理統計的核心概念是利用區域化變數理論(the theory of regionalized variables)所推衍之變異圖(variogram)來描述資料的空間相關性，並經由變異圖所展現的空間結構模式對未採樣位置進行最佳線性無偏的估計(best linear unbiased estimation, BLUE)其概念最早是由南非礦業工程師丹尼、克利格(Danie G. Krige)和赫伯特、希雪(Herbert Sichel)為探勘金礦所提出的。法國數學家喬吉司、馬斯龍(Georges Matheron)進而發展歸納地理統計的應用性與發展性，成為現今地理統計的理論基礎。

地理統計是認為區域內觀測之隨機變數 $Z(x)$ ，分析空間分佈上之具有特定結構，並由此結構推估區域內變數分佈特性(Delhomme, 1978)。一般克利金法是最為廣泛應用之地理統計方法，亦常常做為定率模式參數輸入之工具，其假設為區域內變數之平均值為未知數，變異數為定數，並且空間內任意兩點之共變異數只與相對距離有關，此性質為二階定常性(second order stationary)，但往往這假設條件過於嚴苛，所以只要平均值、變異數與共變異數具有只與相對距離有關之特性，即符合本質假設(intrinsic hypothesis)，此假設為區域化變數之理論基礎。一般實際應用上，通常先以各觀測點所測得之觀測值，建立試驗半變異元(experimental semivariogram) $\gamma(h)$ ，如(1)式

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \left\{ \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2 \right\} \quad (1)$$

其中 $N(h)$:配對數; h :間距再以理論之半變異元模式予以套配，求取最適合之模式，一般套配模式包括指數、高斯、球型模式，並決定模式中影響範圍(range)、臨界變異值(sill)、碎塊效應(nugget effect)等參數。一般克利金法推估具有最佳線性無偏估之估計方式(best linear unbiased estimator, BLUE)，其特性包括推估值為所有觀測資料之線性組合，如(2)式

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_j) \quad (2)$$

其中 λ_i :各觀測點之權重; 且 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ 推估點之期望值等於真值之期望值，如(3)式

$$E[\hat{z}(x_0)] = E[z(x_0)] \quad (3)$$

及導入拉格蘭吉乘數 μ (Lagrange multiplier)，使推估值與觀測值之變異數為最小等三項特性，如(4)及(5)式

$$L = Var[\hat{z}(x_0) - z(x_0)] - 2\mu(\sum_{i=1}^n \lambda_i - 1) \Rightarrow \min[L] \tag{4}$$

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial \lambda_i} = 0, & (i = 1, 2, \dots, n) \\ \frac{\partial L}{\partial \mu} = 0 \end{cases} \tag{5}$$

進而推導出克利金系統方程式(6)式及克利金變異數(7)式。

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(|x_i - x_j|) + \mu = \gamma(|x_0 - x_i|) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \end{cases} \quad (i=1, 2, \dots, n) \tag{6}$$

$$\sigma^2 = \mu + \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(|x_0 - x_i|) \tag{7}$$

本研究將地底根系調查資訊之分層採樣數據進行克利金法推估，並套繪空間相位圖，可以推估描繪地底根系之空間分佈情形，以利後續現象探討，根系之分類，分為三部分做探討，一為細根，細根包含直徑小於 0.2 公分與介於 0.2 至 0.5 公分的根系，二為粗根的探討，包含了大根中的中根、大根、特大根與塊根，三為綜合的探討，將細根、大根與塊根綜合一起討論，並給予不同根系權重，將小根的分數給予一分，粗根中的中根給予 2 分，大根 3 分，特大根 4 分，塊根 5 分做克利金的探討分析，詳見表 2、表 3。

三、研究限制

由於區域並非全然無地上物，因此無法在每個間距上都得到樣點，且在人力與時間上的限制，本研究在樣點的取樣上避開鋪面、花台、遊具與其他建物，且周邊有道路、私人之農田、店家、住宅等，為無法調查之區域，因此本次研究範圍北至管理委員會邊界，東至福德祠與道路邊界，南至公共廁所旁道路，西至稻田邊界，且在範圍中有鋪面之位置，屏除於研究範圍之內。

洞之挖掘時，因無法掌控土壤中內涵物，可能會遇到土層中有硬物、石塊等，使之無法深入挖掘，因此挖掘之洞有深淺上之不同。

本實驗主要於 99 年 10 月至 100 年 5 月，由於實驗無法一次完成，因此採用逐次調查的方式進行，可能造成實驗結果有些許之誤差，視之為時間限制。

結果與討論

本研究以珍貴老樹非破壞性根系調查之研究以後里澤民樟樹為例。首先以土壤表層根系調查，了解澤民樟樹的根系分佈概況，之後配合鑽孔根系分布調查與分層根系分布與現

況推估，了解棲地環境現況，釐清棲地環境對樹木健康、安全的影響。得到結果整理如下：

一、土壤表層根系調查結果分析

在土壤表層根系數量調查方面，綜合土壤表層根系調查之結果，整理調查所發現的根系狀況，有生長出不定根、細根的分布成水平狀生長、排水不良、根系生長由土層下方往上方生長等狀況，並在以下做探討：

(一)在根頭區域挖掘發現，部分塊根、特大根或大根因該區域先前有鋪設植草磚工程，故因為施工等外力造成根系受傷現象，使得根系腐爛或長出許多的不定根等。

(二)細根於植草磚下方密布，呈現水平生長，推測原因為植草磚本身構造使該間隙下方水分與空氣充足，而水分無法滲入深層土壤中，導致根系多於表層地區，並可於分層根系分布與數量狀況分析中相對照，於分層討論中可得知，細根的分布以淺層(0-20cm)為主。

(三)部分區域的土壤表層挖掘中，發現探坑有排水不良的現象，這些區域的根系也相對的較少，但由於本次實驗並未實際測量土壤排水，故無法以數值做分析。

(四)根系的生長由土層下方往上方生長，推測原因，根據澤民樟樹旁所立之碑文，其中說到『澤民千年大樟公，況革概略相傳此地昔日是大水窟，窟中土堆上一株樟樹』，目前的生長環境為平地，原低窪地可能有重新覆土的情況，所以造成部分地區的根系有向上生長的狀況。

二、鑽孔根系分布調查結論

於距根頭相同距離之立面結果發現，立面於距根頭 3 公尺至 24 公尺，總共分析 22 條立面，深度於 0-100 公分，總共 130 個樣點，根系分布有以下發現：

距根頭 3-6 公尺處，有不同的根系型態分布，塊根、特大根、大根、中根與細根，深度集中於 0-20 公分的淺層。

距根頭 6-11 公尺，根系分布有兩個層次，一為淺層(5-25 公分)，主要分布於此層的根系類型為細根與中根，二為深層(45-65 公分)，此深度分布的根系類型主要為中根與大根。

平面距離 11 公尺至 24 公尺處，南北兩側有稍不同，北側 11 公尺至 24 公尺細根數量明顯減少，中根於各深度皆有分布，大根與特大根主要分布於深度 45-65 公分處。南側 11 公尺至 24 公尺細根數量集中於淺層(5-25 公分)，中根皆有分布，大根與特大根主要分布於深度 40-80 公分處。

綜合以上，塊根與特大根，因所調查到的數量較少，無一定規律；大根與中根的根系分布呈現倒 U 字型，推測原因為碑文記載澤民樟樹原本的棲地為生長於土丘之上，該根系生長會受土丘地勢影響，故根系於根頭至距根頭約 10 公尺處，呈現一個倒 U 生長，於距根頭約 10 公尺處至 22 公尺處區於水平狀，近似土丘的形狀，而目前的生長環境為一個平地，原低窪地可能有重新覆土的情況，除原本倒 U 型的根系外，亦造成根系有二次生長現象。並於土壤表層根系數量調查時，發現根系的生長由土層下方往上方生長，表示澤民樟樹原本的根系於較深的位置，被覆土後，造成根系的二次生長與向上竄升生長的現象，兩次調查中的結果有相對應。細根的分布則集中於淺層地區 5-25 公分處，最深至

100 公分處亦有發現細根生長，詳見圖 2。

三、土壤孔洞之各土層深度根系的數量與分布調查結論

以高壓水力挖掘法挖掘深入土壤中之洞孔，並於各洞中深度每 5 公分為一討論之單位，深度從 5 公分至 100 公分，總共 20 層。

(一)細根探討

細根分析中發現，各分區分布於深度 5-20 公分為最多，但於深度 40-65 公分處數量有稍微增多。各區的探討，細根於 A 區北側、C 區、D 區、E 區為多，其中以 A 區北側為最多，可發現細根分布較多的區域，與地上部北側較粗之枝條有相互輝映的情況，以區位探討，細根有偏向生長的現象，偏向於北方為最多，其次為西南方近根頭位置，最少的地區以西南方靠近研究地點外圍地區為多，詳見圖 3。

(二)粗根探討

粗根分析中發現，各分區分布 5-30 公分與 50-65 公分處為最多，可明顯看見有兩個層次，分為淺層與深層。各區的探討，於 A 區發掘為最多，此區為根頭區域，發掘較多的粗根，其次為 B 區、C 區、E 區等區域，可發現粗根分布較多的區域，與地上部較粗之枝條有相互輝映的情況，以區位探討，粗根有生長及中於各方位的根頭區域，其中以北方與南方為最多，最少的地區以西北方與西南方靠近研究地點外圍地區為多，詳見圖 4。



圖 2. 綜合根系分布圖。

Fig. 2. All root distribution figure.

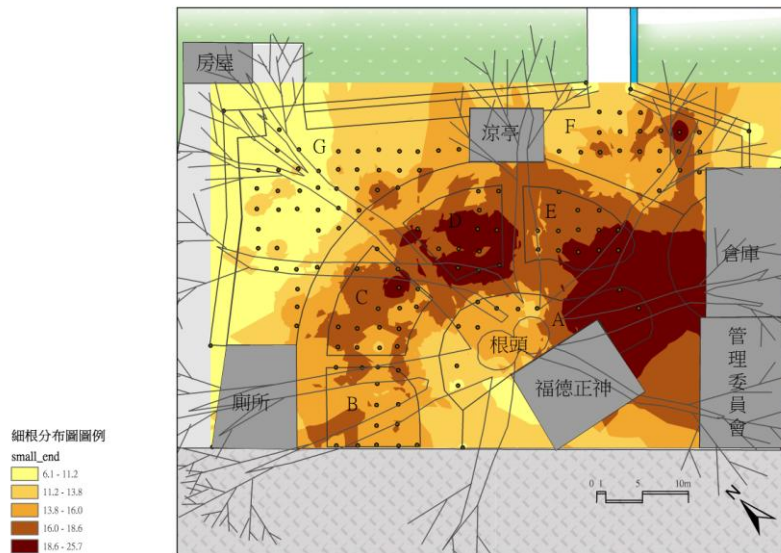


圖 3. 綜合細根克利金分析圖。

Fig. 3. Fine roots kriging analysis chart.

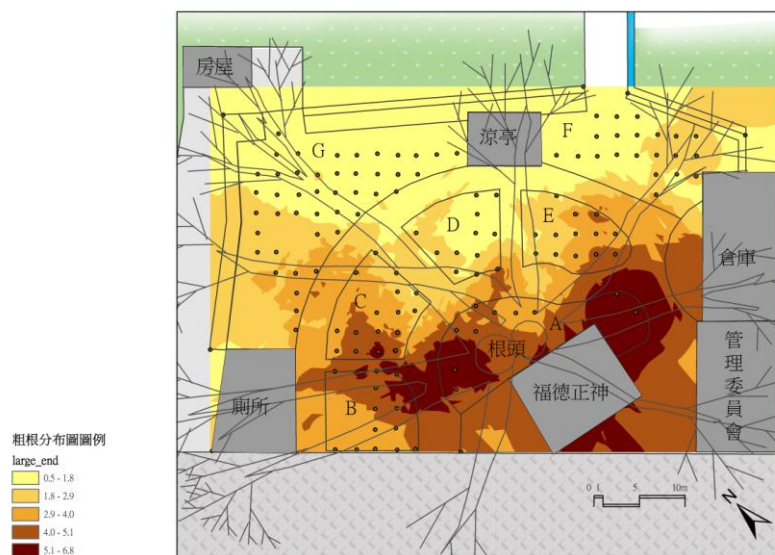


圖 4. 綜合粗根克利金分析圖。

Fig. 4. Large roots kriging analysis chart.

(三)綜合探討

綜合各區的探討，根系的分布有不同層次的，於深度 5-25 公分處，多數區域此深度根系分布較為旺盛，推測原因為，深度 5-25 公分層為植草磚下方之區域，植草磚厚度為 10 公分，環境因子水份與土壤通氣度較足夠，為根系旺盛之原因，其次為 45-65 公分處，對照與根頭相同距離位置斷面調查結果推測原因為，此層的大根與特大根數目偏多，造成此結果。

各區根系於 A 區北側為最多，其次為 C 區、D 區、E 區，發現根系分布較多的區域，與地上部較粗之枝條有相互輝映的情況，此現象可於 A 區與 E 區明顯見到，以區位探討，根系有偏向生長的現象，偏向於北方為最多，最少的地區以西南方靠近研究地點外圍地區為多，詳見圖 5。

四、后里澤民樟樹二段根

本研究在鑽孔根系調查中發現，澤民樟樹的根系分布有分層的現象，可大致分為 5-25 公分層與 45-65 公分層，有二段根的發現，推測原因為澤民樟樹的土層有被覆土的現象，覆土的深度達 80-100 公分，以至於本次調查的結果。

根系分布有層次性，因為再次被覆土，被迫長出二段根，可能導致樹勢衰弱而走向死亡，為值得注意的問題。

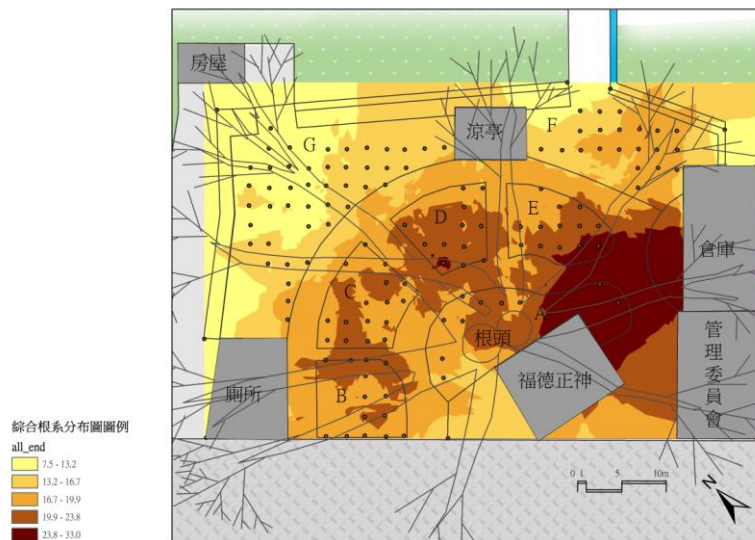


圖 5. 綜合根系克利金分析圖。

Fig. 5. All root kriging analysis chart.

後續研究方向與建議

一、研究時間

本研究進行實驗之時間方面，由於人力的限制，進行調查的時間天數較分散，日後可嘗試討論季節性的差異，探討根系生長於秋季、冬季或夏季間的不同，深入了解根系成長時間點，可做為後續研究的重點。

二、根系探討

本研究於根系探討中，以劉東啟教授專利，運用高壓水力挖掘法挖掘土壤，挖掘 130 個取樣點，總平均深度為 78.5 公分，其中的每個樣點的深度不一，其中的因素有很多，洞中的內涵物如碎石、石頭、粗根等，都會影響到挖掘的深度，可於後續研究中，挖掘更深的土層，探討 100 公分以上的根系分布，做更詳細的研究與探討。對於澤民樟樹二段根的發現，可針對其他同種珍貴老樹做探討。

三、研究對象

本次所研究對象只針對后里澤民樟樹做探討，未來可針對台中地區不同樹種的珍貴老樹做比較，探討類似環境因子，不同樹種之間的差異。台中市的珍貴老樹樹木，樹種分別有榕樹、茄苳、雀榕、龍眼、芒果、楓香、吉貝木棉等七種，例如台中市西區後龍里台中港路老茄苳樹，環境因子類似，皆有廟宇、鋪面圍繞等，進行探討。

參考文獻

- 朱德民。1993。植物與環境逆境。明文書局。
- 沈競辰。2004。發現台灣老樹。展讀星出版社。
- 高景輝。1987。植物生長與分化。國立編譯館。
- 新田伸三。1985。植栽理論與技術。詹氏書局。
- 李春子、沈競辰、陳明義、陳瑩娟、彭宏源、楊正澤、簡榮聰、羅華娟。2009。老樹人生。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- 柯勇。2004。植物生理學。藝軒圖書出版社。
- 葉怡成、陳伯愷、周文杰。2007。異空間分布點之因果迴歸分析—克利金法與 AASN 神經網路之比較。農業工程學報 53(1): 51-61。
- 詹明勳、王亞男、高毓謙、陳勁豪、林金樹、蕭文偉。2006。樹木目視評估危險度及健康度—以台中縣市老樹為例。臺大實驗林研究報告 20(2): 99-116。
- 詹明勳、王亞男、黃憶汝、林瑞進。2005。老樹巨木樹齡估測之研究。中華林學季刊 38(2): 139-150。
- 劉東啟。2010。台南縣樹木植栽技術手冊。台南縣政府。

- 劉儒淵。2001。巨木(老樹)之依附植物。巨木(老樹)保護研討會。國立台灣大學農學院實驗林管理處主辦、南投：溪頭森林遊樂區紅樓演講廳。
- 蔡尚捷。2009。台灣老樹的健康監測之文獻回顧。國立屏東科技大學森林系。碩士論文
- 苧住昇。1987。樹木根系圖說。誠文堂新光社。1121pp。
- 根の事典編集委員會。2001。根の事典。朝倉書店。438pp。
- 農山漁村文化協會。2008。茶大百科Ⅱ。農山漁村文化協會。972pp。
- Barton, C. V. M., and K. D. Montagu. 2006. Effect of spacing and water availability on root: shoot ratio in *Eucalyptus camaldulensis*. *For. Ecol. Manage.* 221: 52-62.
- Cressie, N. 1990. The origins of Kriging” *Math. Geology.* 22(3): 239-252.
- Crow, P. 2005. The influence of soils and species on tree root depth. *Information Note FCINO78 Forestry Commission Edinburgh.* 8pp.
- Delhomme, J. D. 1978. Kriging in hydrosciences, *Adv. Wat. Resour.* 1: 251-266.
- Kozłowski, T. T. 1971. *Growth and development of trees, Vol. 2.* New York: Academic Press, 520pp.
- Sokalska, D. I., D. Z. Haman, A. Szewczuk, J. Sobota, and D. Deren. 2009. Spatial Root Distribution of Mature Apple Trees under Drip. 188pp.
- Waisel, Y., A. Eshel, and U. Kafkafi. 1991. *Plant Root – The Hidden Half.* Marcel Dekker, Inc. 948pp.

Study the Roots of Old Giant Tree by Using Nondestructive Testing Method - Cinnamomon Trees in Hou Li as Example

Xin-Fang Yeh¹⁾ Tung-Chi Liu²⁾

Key words: Root survey, Old giant tree, Tree growth

Summary

There is a close relationship between trees and human life. Trees purify the air, act to conserve soil and water, maintaining our environment under a stable condition. It is an important asset of nature as it contributed as a part of ecology. Trees, despite their biological age, survive only on healthy root system as roots absorb water and mineral, enabling all the metabolism activities within a tree. Four observations of roots were recorded: 1) large root at abnormal size, decaying and adventitious roots grows near the trunk flares were caused by the secondary growth after they were injured by external forces 2) fine roots spread and grow under the aeration brick 3) research pits with poor drainage have lesser roots 4) when the pits went deeper, roots grow upward directing to the soil surface. Under this study, the root with excessive size are of random, medium to large roots with the inverted U-shape root distribution is caused by the soil mound up before these trees were planted. Distribution of fine roots is concentrated at the soil depth of 5-25 cm to the deepest 100 cm. Roots were categorized by a) less than 0.5cm diameter b) $0.5 \leq - \leq 5.0$ cm diameter c) combination of root a) and b). Kriging analysis forecast the root distribution. Type a) roots tend to grow to the north areas, followed by the southwest side near the trunk flare. Root b) growth in all positions, with majority at North and the South.

1) Graduate Student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

