

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列

期末報告

疏伐強度對平地造林林分蓄積及地上部生物量影響  
之研究



委託機關：行政院農業委員會林務局

執行機關：國立嘉義大學森林暨自然資源學系

計畫主持人：林金樹 教授

中華民國 九十七 年 十一 月 十五 日

## 摘 要

本研究以白河崁頂農場平地造林地的光臘樹、小葉欖仁以及苦楝林分為研究材料，利用 18 個大型樣區每木調查資料以及樣區標準木樹幹解析資料，探討：(1)平地造林木的直徑及樹高生長型態，(2)評估平地造林地林分的生物量生產力以及碳吸存效率。

研究結果顯示：白河崁頂農場平地造林木光臘樹林分的實際年齡約為 9 年、小葉欖仁林分年齡約為 8 年、苦楝林分年齡約為 12 年。三個樹種的平均胸高直徑 8.1cm、10.1cm 以及 11.7cm，平均樹高為 6.6m、及 8.3m 及 10.7m，立木度為 1155、1044 以及 1271 株/ha，單位面積蓄積量各為 13.88、35.57 以及 67.23 m<sup>3</sup>/ha，現實林分的單位面積地上部生物量為 24112.86、31424.24 以及 51973.23kg/ha，平均每年的生物量增加率各為 2679.21、3928.03 以及 4331.10 kg/ha，每年每公頃的固碳量約為 1.2568、1.8426 以及 2.0317 ton/ha/yr，三樹種年固碳量之比率為光臘樹：小葉欖仁：苦楝 = 1：1.47：1.62。光臘樹及小葉欖仁於 10 年生開始發生胸高直徑生長以及高生長遲緩現象，主要限制因子為林分生長空間。

關鍵詞：平地造林、生長型態與限制、生物量、碳吸存、林分結構

## ABSTRACT

This study aimed to explore (1) diameter and height growth patterns, and (2) evaluate biomass productivity and carbon sequestration ability of some of the selected tree species for farm afforestation. A Baihe Farm locates on Baihe Township, Tainan County was selected for this study. There were totally 18 sample plots with varying size of 0.08-0.25 ha taken from the species, *Fraxinus griffithii* (FG), *Terminalia mantalyi* (TM), and *Melia azedarach* (MA). From those sample plots, we have survey data such as diameter (DBH), total height (H), volume, location, and crown parameters of each tree and some standard individuals whose diameter equals mean diameter and plus/minus 1 standard deviation were logged for stem analysis to extract yearly diameter and height growth.

Results showed that real age of those sample tree species is 9, 8, and 12 for *Fraxinus griffithii*, *Terminalia mantalyi*, and *Melia azedarach* respectively. Accordingly, these three species has an average DBH of 8.1cm, 10.1cm, and 11.7cm and an average H of 6.6m, 8.3m, and 10.7m. Stand density was calculated as 1155, 1044, and 1271 stems/ha and volume stock is 13.88, 35.57, and 67.23 m<sup>3</sup>/ha for the species FG, TM, and MA respectively. In Baihe Farm, the afforestation stand of FG, TM and MA is determined with 24112.86, 31424.24, 51973.23 kg/ha of above ground biomass (AGB) that is the farm grows AGB annually accumulated by 2679.21, 3928.03, and 4331.10 kg/ha/yr. It is accounted that the amount of carbon sequestration for the tree species FG, TM, and MA is 1.2568, 1.8426, and 2.0317 ton/ha per year. Carbon sequestration productivity for the afforestation species is determined as the ratio of 1: 1.47: 1.62 for FG: TM: MA. Finally, it is demonstrated that FG and TM whose diameter and height growth will be constrained to very slow increment due to the canopy competition when the trees grow up to 10 years old.

**Key words:** farm afforestation, growth pattern and limitation, biomass, carbon sequestration, and stand structure.

# 目 錄

摘要

ABSTRACT

一、前言 .....	1
二、研究材料與方法 .....	1
(一)白河農場造林地現況分析 .....	1
(二)疏伐樣區設置 .....	2
(三)樣區每木調查 .....	3
(四)林分特性分析 .....	4
1. 樹冠投影面積及林分冠層競爭指數 .....	4
2. 林分直徑結構 .....	5
3. 疏伐木選伐規劃作業 .....	6
(五)立木材積及生物量模式分析 .....	7
1. 樹幹解析與立木區分材積法 .....	7
2. 迴歸分析 .....	7
三、結果與討論 .....	8
(一)疏伐前後的林分性態值之比較 .....	8
1. 立木材積模式 .....	8
2. 立木胸徑樹高模式 .....	8
3. 林分性態值之比較 .....	10
4. 立木材積推估法之比較 .....	13
(二)林分直徑結構 .....	13
(三)林分蓄積量 .....	15
(四)林分地上部生物量 .....	16
1. 立木地上部生物量估測模式 .....	16
2. 以林分結構模型為基礎的林分生物量預測模式 .....	17
3. 造林木基礎密度及地上部生物量擴展係數 .....	17
(五)林分生長特性 .....	18

1. 林分年齡估算 .....	18
2. 直徑生長及高生長 .....	19
四、結論與建議 .....	21
五、參考文獻 .....	22
六、附錄 .....	23
1. 白河農場平地造林基本資料 .....	23
2. 光臘樹樣木樹幹解析資料 .....	24
3. 小葉欖仁樣木樹幹解析資料 .....	33
4. 苦楝樣木樹幹解析資料 .....	45
5. 光臘樹樣區直徑分佈結構與疏伐木分配直徑級對照圖 .....	51
6. 小葉欖仁樣區直徑分佈結構與疏伐木分配直徑級對照圖 .....	52
7. 苦楝樣區直徑分佈結構與疏伐木分配直徑級對照圖 .....	53
8. 研究樣區林分冠層投影圖 .....	54

## 圖 次

圖 1. 白河農場平面圖及調查樣區位置圖 .....	3
圖 2. 每木調查單木介量測計示意圖 .....	4
圖 3. 光臘樹樹高模式 .....	9
圖 4. 小葉欖仁樹高模式 .....	9
圖 5. 苦楝樹高模式 .....	10
圖 6. 白河炭頂農場平地造林樣區的直徑結構分佈圖 .....	15
圖 7. 平地造林光臘樹、小葉欖仁、苦楝林分胸高直徑生長趨勢 .....	
圖 8. 平地造林光臘樹、小葉欖仁、苦楝林分高生長趨勢 .....	

## 表 次

表 1. 炭頂農場造林木種植面積統計表 .....	2
表 2. 研究樹種調查樣區疏伐前後林分性態之比較 .....	11
表 3. 形數材積模型估測誤差統計表 .....	13
表 4. 白河炭頂農場平地造林木樣區直徑結構模式 Weibull 機率密度函數係數表...	14
表 5. 白河炭頂農場平地造林木樣區直徑結構模式 Gaussian 機率密度函數係數表	14
表 6. 林分蓄積及模式估測誤差比較 .....	16
表 7. 林分生物量及模式估測誤差比較 .....	17
表 8. 光臘樹、小葉欖仁、苦楝木材基本特徵與地上部生物量擴展係數 .....	18
表 9. 林分年齡估算表 .....	18

## 一、前言

國內平地景觀造林政策自 2001 年 8 月 31 日經行政院核定，2002 年 1 月 1 日開始執行，預定至 2007 年 12 月 31 日總共造林 25,100 公頃。至 2005 年底止，平地造林面積為 8,010 公頃，平地造林除了有國土保安、資源保育、景觀維護、維護生物多樣性之存續效應外，造林木可從空氣中吸收二氧化碳、改善大氣組成，降低溫室，正是減低二氧化碳最環保、最低成本與最有效的方法，平地景觀造林政策是臺灣配合京都議定書，善盡地球村一份子的責任，監測評估平地造林地二氧化碳通量之變化，提昇我國友善環境的形象。

平地景觀造林以 1500 株/ha 為標準的栽植密度，造林成活率要求為 70%，亦即每公頃存活立木株數不得低於 1050 株/ha，方能滿足造林補助標準。台糖公司台南區處白河崁頂農場於 2002 年加入平地景觀造林行列，迄今雖仍屬林分經營初期，但是，由於農場經營良善，平地造林木生長快速，光臘樹、小葉欖仁以及苦楝等林分冠層已經出現相鄰立木冠層相接觸的情況，林冠鬱閉代表林分將近入冠層競爭期；因此，本研究針對白河崁頂農場造林地，調查分析林分內的立木特徵以及林分生長資訊，並在保持林分最低立木度標準的前提下，選伐部分林木，藉以觀察早期實施疏伐撫育平地造林地的效應。本計畫之目的為：

1. 瞭解平地造林木的直徑、樹高以及材積生長趨勢
2. 評估農場執行平地造林計畫對生物量累積的效應
3. 建立疏伐對留存木生長效應觀察區

## 二、研究材料與方法

### (一)白河農場造林地現況分析

本計畫疏伐試驗地位於台南縣白河鎮，屬台糖公司台南區段白河崁頂農場，自 2002 年開始平地景觀造林實施面積計有 188.59ha，主要造林樹種為景觀綠美化樹種，包括光臘樹、桃花心木、水黃皮、印度紫檀、台灣欖等共計 17 種，各樹種造林面積詳如表 1。觀察農場各造林樹種林分，林分冠層達到鬱閉狀態者只有光臘樹(*Fraxinus griffithii*)、小葉欖仁(*Terminalia mantalyi*)以及苦楝(*Melia azedarach*)

等，均於 2002 年造林完成，故選為本計畫研究對象。

表 1. 炭頂農場造林木種植面積統計表

樹種	造林面積(ha)	樹種	造林面積(ha)	樹種	造林面積(ha)
光臘樹	48.23	苦楝	8.20	白千層	4.50
桃花心木	32.29	樟樹	8.00	欖仁樹	4.00
水黃皮	15.72	無患子	5.39	肉桂	4.00
印度紫檀	15.66	楓香	5.06	茄冬樹	3.50
台灣檫	11.59	台灣欒樹	5.00	羅漢松	3.37
小葉欖仁	9.20	阿勃勒	4.88	合計	188.59

資料來源：台糖台南區管理處

## (二)疏伐樣區設置

白河炭頂農場 188.59 ha 農地面積中計有 32 個區號，各區號因為造林樹種不同，造林區塊面積介於 0.23-8.76 ha，區塊的造林樹種不盡相同，調查研究對象光臘樹、小葉欖仁及苦楝三個樹種主要造林區塊位於農場第 4、10、14、24、23、25、32 區號，(如圖 1)，本研究以擴大調查樣區面積的方式以提升樣區對全林分狀態的代表性，樣區面積原則為 50m×50m 大小的 0.25 ha 方形樣區，配合造林地區塊形狀以及現場林分的樹種配置，方形樣區可以彈性調整為長方形，每一樣區均利用羅盤儀控制為正南北向或東西向的正方形或長方形，三個樹種均設置 6 個樣區，共 18 個樣區，面積 3.53 ha。

圖 1 所記第 01 號至第 06 號樣區為光臘樹林分，第 05 樣區面積為 20m×40m 以外其他皆為 30m×30m；第 07 至 12 樣區為小葉欖仁林分，第 11 樣區面積為 25m×100m 以外其他面積皆為 50m×50m；第 13 至 18 樣區為苦楝林分，面積皆為 50m×50m，樣區內有少數幾株補植的大葉桃花心木與台灣檫立木。

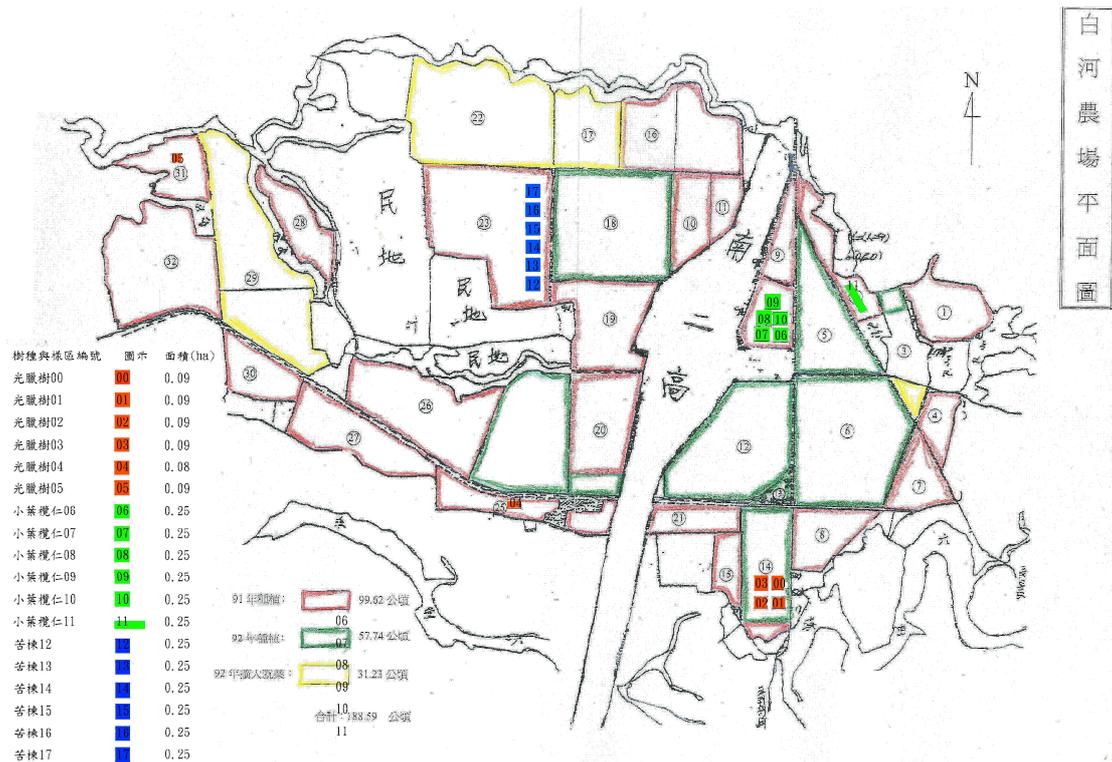


圖 1：白河農場平面圖及調查樣區位置圖

### (三)樣區每木調查

林分立木調查的項目包含胸高直徑 DBH(cm)、樹高 H(m)、枝下高 LH(m)、樹冠幅度(南北冠幅 SN 及東西冠幅 EW) (m)等樹木介量，樣區標定依據林務局永久樣區調查作業基準，利用決定樣木中心點後，利用樣線距離(m)以及樣木至樣線距離(m)測量並標定樣區內每木位置，胸高位置以下分歧的立木分別編定不同的立木編號。立木介量測量位置示意圖詳如圖 2。

利用樣區調查數據資料，分析每株立木材積以及林分冠層結構及林分競爭指數等資訊，藉以以供樣區疏伐木選伐規劃之參考。

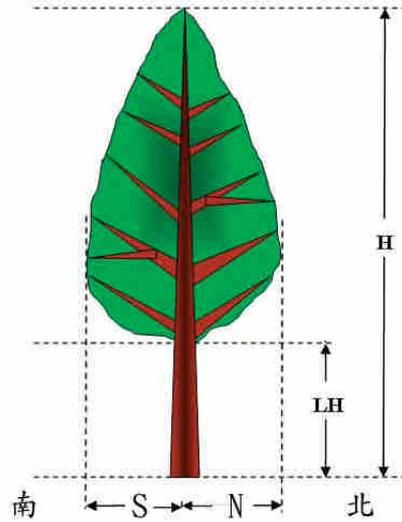


圖 2 每木調查單木介量測計示意圖

#### (四)林分特性分析

##### 1. 樹冠投影面積及林分冠層競爭指數

實施疏伐的林分撫育措施主要目的在於釋放林分冠層的生長空間，亦即在於釋放林分冠層的競爭壓力；因此，林分冠層的競爭指數乃成為決定疏伐程度的重要指標。

Krajieck et al (1961)以樹冠直徑所決定的圓形投影面積相對於無競爭狀態下或開闊位置的樹木(open-grown trees)樹冠的平面投影面積之比率，來測度林分立木度(stand density)，這個方法可以同時適用於同齡林及異齡林(Clutter et al, 1983)。當樹冠競爭指數 CCF 小於 100%時，代表林分立木度偏低，CCF 大於 100%時，則代表林分處於擁擠狀態。開闊地樹木冠層的樹冠幅(crown width, CW)是其直徑(diameter, D)的直線函數 Krajieck et al.(1961)，同時，該立木的樹冠投影面積可定義為林分最大樹冠面積(the maximum crown area, MCA)；我們可於林分內收集並計算開闊地樹木或可視為孤立木的樹冠幅、樹冠投影面積以及胸高直徑，決定林分 MCA 方程式。公式(1)為 Clutter et al.(1983)建立以英畝(acre)為單位的 MCA 線性方程式。

$$MCA = 0.001803(\alpha + \beta D)^2 \quad (1)$$

楊榮啟、林文亮(2004)指出：應用樹冠競爭指數時，要從現實林分中收集開闊地樹木冠幅及直徑資料有困難，同時要測度單株林木所利用之生長發育空間也很

困難，故建議實際應用時可改為由多數林木所構成之群體為基準，並定義樹冠競爭指數為代表一群林木最大樹冠投影面積總和及其可能利用之林地面積比率。

本研究乃利用楊榮啟及林文亮(2004)修正的 MCA 定義，建立調查樣區林分的競爭指數，將樣區中每一立木冠層所涵蓋的投影面積合計相對於樣區面積的百分比(公式 2)。

$$CCF(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n MCA_i}{Area} \times 100 \quad (2)$$

## 2. 林分直徑結構

立木材積計算主要影響因子為胸高直徑及樹高兩個因子，直接利用小面積的調查樣區介量及其面積的關係(式 3)，特別是非常小面積的樣區很容易發生不適當推估，主要原因為小面積樣區的代表性問題，如果小面積樣區的林分資料無法充分反映出全林分概況，高估或低估林分資訊的結果就會發生。本研究雖然採用大面積樣區為研究基礎，但是，為求慎重仍以林分結構為導向，依據林分的直徑分佈函數推估全林各直徑級的立木數量，並據以結合相同直徑級的樣區立木平均材積為乘數(multiplier)，推估林分內特定直徑級的林分材積，再求得全林分的材積估計值。

$$\text{林分單位材積}(m^3 / ha) = \frac{\text{樣區材積}(m^3)}{\text{樣區面積}(ha)} \quad (3)$$

許多的研究證明韋伯機率密度函數(Weibull probability distribution function, Weibull pdf)可以非常有效的反應林分直徑級結構以及年齡結構(Lin et al. 2007)，利用樣區所有立木的胸高直徑級或林齡級頻度圖，可以模擬配合韋伯機率密度函數，建構樣區林木的直徑分佈函數或林齡分佈函數。公式 4.1 所示為本研究所採用的韋伯機率密度函數模型，式中  $x$  代表胸高直徑級， $f$  代表直徑級的林木株數。在利用樹高-胸高直徑模式，推估全林分各直徑級的樹高；利用立木材積模式以及生物量模式，可以求得林分單位面積的材積蓄積量以及生物量。

森林經營的實證研究顯示，人工林直徑分佈為常態分佈型態，因此，本研究也利用高斯常態分佈模型(公式 4.2)來配合光臘樹、小葉欖仁以及苦楝三樹種的林

分結構，以 2cm 組距為直徑分級標準，建構人工林分的直徑結構。

$$f = y_0 + a \times \left(\frac{c-1}{c}\right)^{\frac{1-c}{c}} \times \left| \frac{x-x_0}{b} + \left(\frac{c-1}{c}\right)^{\frac{1}{c}} \right|^{(c-1)} \times \exp\left(-\left| \frac{x-x_0}{b} + \left(\frac{c-1}{c}\right)^{\frac{1}{c}} \right|^c\right) + \frac{c-1}{c} \quad (4.1)$$

$$f = a \cdot \exp\left(-0.5\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2\right) \quad (4.2)$$

### 3. 疏伐木選伐規劃作業

於實施疏伐作業前，依據樹冠級或直徑級預先決定疏伐對象的方法稱為定性疏伐，可分為下層疏伐、上層疏伐、選擇疏伐以及機械疏伐；配合定性疏伐時，有時仍須決定疏伐之疏伐木的數量，通常可以依據樹木的胸高直徑、樹高、胸高斷面積決定留存木的數量(李久先，2005)。

本研究計畫區為平地造林地，必須維持林分立木度於造林地的原始立木度 70% 以上，依據現有林分立木度及規則的造林間距，各樣區可疏伐立木數量極為有限，疏伐度約介於 10-20%。

競爭指標(competition index, CI)是一種數學指標，森林經營學者最常用來衡量林木在生長過程中遭遇競爭壓力之程度，並進行競爭指標在時間與空間上變化之預測。汪大雄等(2004)利用距離相依(distance dependent)的競爭指標，成功地評析台灣赤楊及台灣杉林分的競爭資訊，認為以 1/4 倍數為搜尋半徑(CI-search radius)形成之 Hegyi 競爭指數，其對生長預測的成效非常好，且基於指數計算方法較為簡易，故而推薦為常用的競爭指數。Hegyi 競爭指數理論顯示，當競爭木的胸高直徑越大，而主體木胸高直徑較小或者兩者之間的距離越短，則對主體木所造成的競爭壓力越大。所以，我們利用 Hegyi 競爭指數理論(公式 5)，決定樣區內所有立木的競爭指數；凡是周圍林木與主體木間的距離小於該周圍木胸高直徑與主體木胸高直徑二者和計之一定倍數(1/4)時，即為該主體木的競爭木。公式(5)， $D_i$  為主體木(i)的胸高直徑， $D_j$  為競爭木(j)的胸高直徑， $L_{ij}$  為主體木與競爭木間的距離(m)， $L_{ij+1}$  之目的在避免競爭木與主體木不會因為距離很小或趨近於 0 時，發生無法計算競爭

指標的情況。在可疏伐強度的前提下，將競爭指數最大的部分主體木選為疏伐木。

$$CI = \sum_{i=1}^n \left( \frac{D_j}{D_i} \right) \left( \frac{1}{L_{ij} + 1} \right) \quad (5)$$

## (五)立木材積及生物量模式分析

### 1. 樹幹解析與立木區分材積法

依據林分立木直徑分佈資訊，本研究以樣區平均直徑為標準木並取其 1 個標準偏差的上木及下木為樹幹解析對象，分別於三個樹種林分的疏伐樣區，上木、平均木、下木各伐取 2 株，對照組樣區則只伐採上木、平均木、下木各伐取 1 株，作為單木的立木材積及生物量分析基礎。

單木的立木材積係以 Smalian 區分求積法求取，伐倒木生物量係由不同高度圓盤生物量以及上中下層樹冠枝葉生物量累計得到。

### 2. 迴歸分析

利用伐倒木的區分材積及生物量為依變數(y)，以胸高直徑及年齡為自變數(x)，利用迴歸分析技術，建立光臘樹、小葉欖仁以及苦楝等造林樹種的材積模式以及生物量模式，據以推估全樣區所有立木的材積及生物量。本研究依據 Schumacher 模型(公式 6)、直線模型(公式 7)或冪次模型(公式 8)為基礎，建立的模型在依據迴歸模式評估準則，決定適當的材積模式或生物模式，應用於全林分性態值的推估。設樣區的立木數量為 n，立木材積為  $V_i$ ，樣區材積  $V_{plot}$  可用公式(9)求得。

利用樹幹解析資料，可建立平地造林木的直徑連年生長以及樹高連年生長資料，利用迴歸分析技術亦可以建立造林樹種的直徑生長模式以及樹高生長模式。

$$y = a \cdot D^b \cdot H^c \quad (6)$$

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (7)$$

$$y = a \cdot x^b \quad (8)$$

$$V_{plot} = \sum_{i=1}^n V_i \quad (9)$$

### 三、結果與討論

#### (一)疏伐前後的林分性態值之比較

##### 1.立木材積模式

以 Schumacher 模型結合立木的胸高直徑及樹高所建立材積迴歸模式，對於森林樹種單木材積具有極佳的推估能力。以本研究對象評估，光臘樹、小葉欖仁以及苦楝三個樹種材積模式(公式 10-12)的決定係數最小為 0.886，最大為 0.990；光臘樹材積模型適合度稍低於小葉欖仁及苦楝。

$$V = 0.0000280927 \cdot D^{1.231} \cdot H^{1.693}, (R^2 = 0.886, n=35) \quad (10)$$

$$V = 0.0000199357 \cdot D^{1.902} \cdot H^{1.250}, (R^2 = 0.990, n=42) \quad (11)$$

$$V = 0.0000438384 \cdot D^{1.897} \cdot H^{0.965}, (R^2 = 0.975, n=42) \quad (12)$$

##### 2.立木胸徑樹高模式

光臘樹及小葉欖仁兩種樹種初期高生長與胸高直徑具有極顯著的線性關係，利用胸高直徑推估立木樹高的線性迴歸模式(圖 3-4)各具有 0.5312 及 0.8036 的決定係數，苦楝的胸高直徑推估樹高的迴歸模式是指數型態模型(圖 5)，模式的決定係數為 0.6792，隨著胸高直徑增大，樹高成指數上升型態的生長，胸高直徑達到 12cm 以上時，樹高約達 10-14m 之間，高生長曲線上升幅度趨緩且有達限制高點情形，這個模式顯示現有苦楝林分的高生長在目前的林分立木度及林冠鬱閉程度等條件下，林木高度生長似乎已發生限制現象。相較於苦楝立木的高生長，光臘樹及小葉欖仁兩種樹種的林分高度則處於直線上升階段，在現有林分立木度及林冠鬱閉度條件下，光臘樹及小葉欖仁仍具有發展其高度生長的相當空間。

$$H = 2.7020 + 0.5210D, (R^2 = 0.531, n=35) \quad (13)$$

$$H = 3.3762 + 0.5136D, (R^2 = 0.803, n=42) \quad (14)$$

$$H = 14.2539 \times (1 - \exp(-0.1286D)), (R^2 = 0.679, n=42) \quad (15)$$

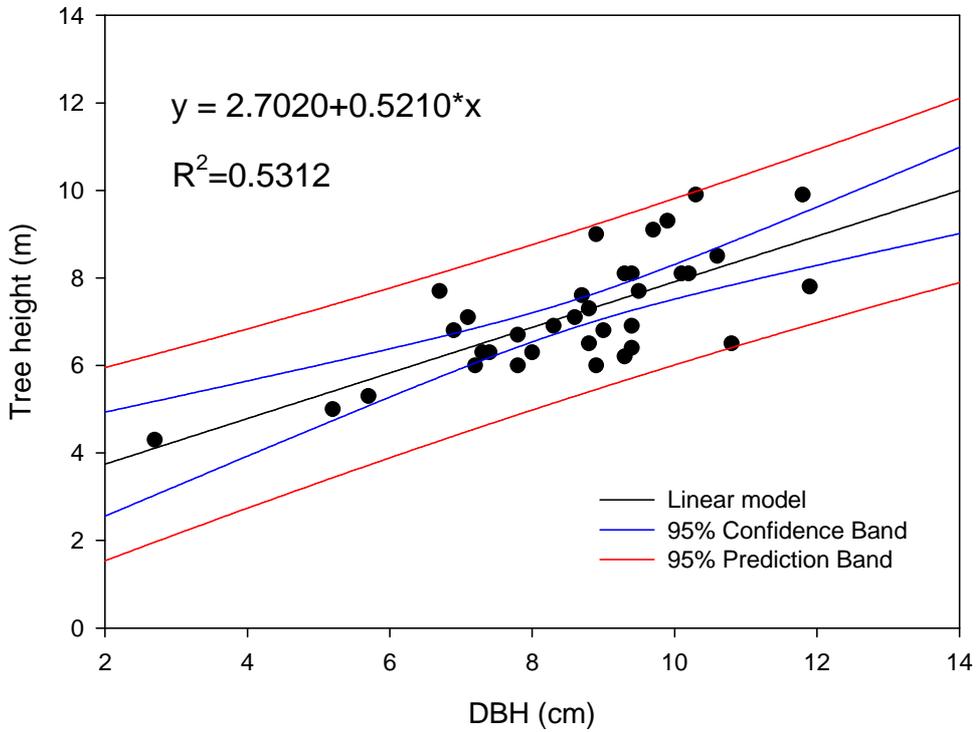


圖 3. 光臘樹樹高模式

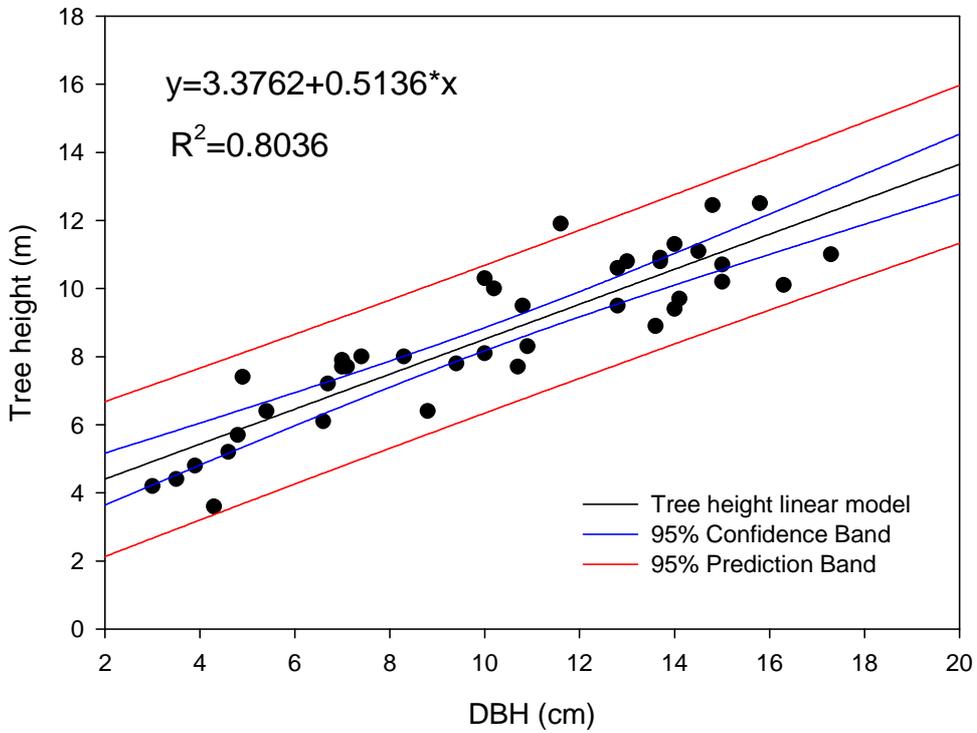


圖 4. 小葉欖仁樹樹高模式

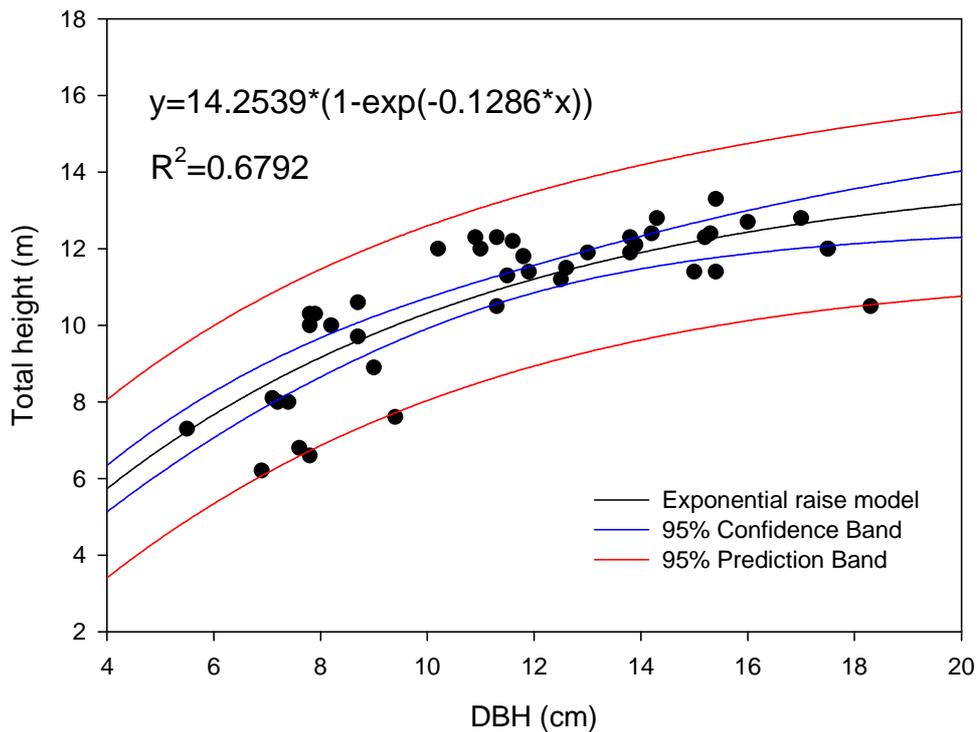


圖 5. 苦楝樹高模式

### 3. 林分性態值之比較

光臘樹林分造林地區塊面積較小，所設置的樣區面積為 0.08-0.09ha，六個樣區立木數量共計 612 株，平均立木度為 1155 株/ha，胸高直徑及樹高各為  $8.1 \pm 2.5\text{cm}$  及  $6.6 \pm 1.5\text{m}$ ，現有材積介於  $0.82-1.79\text{m}^3$ ，平均材積  $1.21\text{m}^3$ ，林分蓄積量約  $13.74\text{m}^3/\text{ha}$ ，各樣區的樹冠投影面積介於  $1334.44-2033.89\text{m}^2$ ，全部樣區平均值為  $1661.54\text{m}^2$ ，林分樹冠競爭指數介於 148.27-254.24%，平均值為 190.25%；顯然地，樹冠競爭指數指出光臘樹林分已出現林分冠層擁擠的現象。依據樣區立木數量與平地造林計畫規定之最低立木條件，4 號及 6 號樣區只能為對照組，1、2、3 及 5 號樣區可為疏伐區，疏伐率介於 6-13%，疏伐後樣區內留存立木數量為 95 株(約 1078 株/ha)，疏伐林分的胸高直徑及樹高各為  $6.6 \pm 1.5\text{cm}$  及  $6.6 \pm 1.5\text{m}$ ，平均每一樣區的立木材積為  $1.15\text{m}^3$ ，樹冠投影面積的全部樣區平均值為  $1571.83\text{m}^2$ ，林分樹冠競爭指數平均值為 180.04%。光臘樹林分疏伐前後的林分性態值變化請詳表 2。

表 2. 研究樹種調查樣區疏伐前後林分性態之比較

樹種	樣區編號	面積 (ha)	林木株數			林分性態值				林分材積(m <sup>3</sup> )			樹冠投影面積(m <sup>2</sup> )			林分 CCF%		
			疏伐前	疏伐後	疏伐率 (%)	疏伐前		疏伐後		疏伐前	疏伐後	疏伐率 (%)	疏伐前	疏伐後	疏伐率 (%)	疏伐前	疏伐後	疏伐率 (%)
						胸徑(cm)	樹高(m)	胸徑(cm)	樹高(m)									
光臘樹	1	0.09	108	95	12	8.0	5.7	7.9	5.6	0.84	0.73	13	1334.44	1169.85	12	148.27	129.98	12
	2	0.09	101	95	6	8.6	6.5	8.6	6.5	1.07	1.01	6	1548.50	1464.50	5	172.06	162.72	5
	3	0.09	110	95	13	7.5	6.3	7.5	6.3	1.08	0.95	12	1619.98	1434.91	11	180.00	159.43	11
	4	0.09	95	95	對照組	7.3	5.9	7.3	5.9	0.82	0.82	對照組	1652.41	1652.41	對照組	183.60	183.60	對照組
	5	0.08	102	95	6	8.2	7.4	8.2	7.4	1.68	1.57	6	2033.89	1929.33	5	254.24	241.17	5
	6	0.09	96	96	對照組	9.3	8.1	9.3	8.1	1.79	1.79	對照組	1779.99	1779.99	對照組	203.32	203.32	對照組
<b>合計/平均 0.53</b>			<b>612</b>	<b>571</b>		8.1±2.5	6.6±1.5	8.2±2.6	6.6±1.5	1.21	1.15		1661.54	1571.83		190.25	180.04	
小葉欖仁	7	0.25	275	275	對照組	10.1	8.1	10.1	8.1	7.53	7.53	對照組	5316.26	5316.26	對照組	212.65	212.65	對照組
	8	0.25	231	231	對照組	10.0	7.6	10.0	7.6	5.70	5.70	對照組	2871.82	2871.82	對照組	132.86	132.86	對照組
	9	0.25	336	263	20	10.2	8.6	10.1	8.5	10.72	8.41	22	5258.88	4248.99	19	210.36	170.83	19
	10	0.25	311	263	15	11.3	9.9	11.4	9.9	14.27	12.43	13	5771.10	4942.24	14	230.84	197.69	14
	11	0.25	280	263	6	10.2	8.2	10.2	8.2	8.52	7.99	6	4389.32	4156.94	5	175.57	166.27	5
	12	0.25	322	271	20	9.3	7.1	9.3	7.1	6.62	5.33	20	4844.92	3824.63	21	193.80	155.41	20
<b>合計/平均 1.50</b>			<b>1755</b>	<b>1566</b>		10.1±3.3	8.3±2.1	10.4±3.3	8.5±2.1	8.89	7.90		4742.05	4226.81		192.68	172.62	
苦楝	13	0.25	287	287	對照組	12.0	10.6	12.0	10.6	15.15	15.15	對照組	5245.24	5245.24	對照組	209.81	209.81	對照組
	14	0.25	173	173	對照組	12.1	10.8	12.1	10.8	15.86	15.86	對照組	3798.81	3798.81	對照組	151.95	151.95	對照組
	15	0.25	323	269	15	12.1	11.1	12.1	11.0	17.80	15.03	16	3482.38	3020.48	13	139.30	120.82	13
	16	0.25	381	327	20	11.2	10.8	11.3	10.7	17.66	14.13	20	4030.98	3357.33	17	161.24	134.29	17
	17	0.25	387	333	20	11.3	10.7	11.3	10.7	17.78	14.22	20	5124.30	4090.24	20	204.97	163.61	20
	18	0.25	356	302	15	11.6	10.3	11.6	10.2	16.60	14.03	15	3889.01	3338.32	14	155.56	133.53	14
<b>合計/平均 1.50</b>			<b>1907</b>	<b>1691</b>		11.7±3.0	10.7±1.8	11.5±2.6	10.5±1.6	16.81	14.74		4261.79	3808.40		170.47	152.34	

註：小計/平均數列，粗斜體數字代表合計，正楷體數字代表平均值±標準偏差或平均值。

小葉欖仁林分造林地區塊面積較大，所設置的樣區面積均為 0.25 ha，六個樣區最低立木數量為 231 株，最高為 336 株，全部樣區立木數量為 1755 株，平均立木度為 1044 株/ha，胸高直徑及樹高各為  $10.1 \pm 3.3\text{cm}$  及  $8.3 \pm 2.1\text{m}$ ，各樣區現有材積介於  $5.70\text{-}14.27\text{m}^3$ ，平均每一樣區的立木材積為  $8.89\text{m}^3$ ，換算其單位面積的林分蓄積量約為  $35.36 \text{ m}^3/\text{ha}$ ，樣區的樹冠投影面積介於  $2871.82\text{-}5771.10\text{m}^2$ ，全部樣區平均值為  $4742.05\text{m}^2$ ，林分樹冠競爭指數介於  $132.86\text{-}230.84\%$ ，平均值為  $192.68\%$ ，也代表存在著林分冠層擁擠的現象。以較低立木度的 7 號及 8 號樣區為對照組，9-12 號樣區為疏伐處理組，疏伐率介於 6-20%，疏伐後林分立木數量留存有 1566 株，約為每公頃 1044 株，林分胸高直徑及樹高稍提升為  $10.4 \pm 3.3\text{cm}$  及  $8.5 \pm 2.1\text{m}$ ，單位面積林分蓄積量降為  $31.59\text{m}^3$ ，樹冠投影面積的全部樣區平均值為  $4226.81\text{m}^2$ ，林分樹冠競爭指數平均值為  $172.62\%$ (表 2)。

在白河炭頂農場內，苦楝的造林面積均小於光臘樹及小葉欖仁，但是單一區塊面積仍足夠設置 0.25ha 的樣區，六個樣區全部的立木數量合計為 1907 株，單位面積立木度為 1272 株，疏伐前林分的胸高直徑及樹高各為  $11.7 \pm 3.0\text{cm}$  及  $10.5 \pm 1.7\text{m}$ ，各樣區現有材積介於  $15.15\text{-}17.80\text{m}^3$ ，平均每一樣區的立木材積為  $16.81\text{m}^3$ ，換算其單位面積的林分蓄積量約為  $67.24\text{m}^3/\text{ha}$ ，遠大於光臘樹及小葉欖仁的單位面積蓄積量；樣區的樹冠投影面積介於  $3482.38\text{-}5245.24\text{m}^2$ ，全部樣區平均值為  $4261.79\text{m}^2$ ，林分樹冠競爭指數介於  $139.30\text{-}209.81\%$ ，平均值為  $170.47\%$ ，林分樹冠競爭指數是三個樹種最小的，但也達林分冠層擁擠的程度。以立木度最低的 13 號及 14 號樣區為對照組，15-18 號樣區為疏伐處理組，疏伐率介於 15-20%，疏伐後林分立木數量留存有 1691 株，約為每公頃 1128 株，林分胸高直徑及樹高稍提升為  $11.5 \pm 2.6\text{cm}$  及  $10.5 \pm 1.6\text{m}$ ，單位面積林分蓄積量降為  $58.96\text{m}^3$ ，疏伐材積量約為原有材積的 12.31%；全部樣區平均樹冠投影面積降為  $3808.40\text{m}^2$ ，平均的林分樹冠競爭指數降為  $152.34\%$ (表 2)。

在三個研究對象的平地造林之中，光臘樹、小葉欖仁、苦楝三種林分的單位面積立木度(株/ha)各為 1155 : 1044 : 1272，林分蓄積量分別為 13.74、35.56、 $67.24\text{m}^3/\text{ha}$ ，林分蓄積量比率約為 0.12 : 0.31 : 0.58，如果林木年齡相近，則可以反映出苦楝的初期材積生長速度遠大於小葉欖仁及光臘樹三者，材積生長速度的差異，將留待於後續章節中討論之。

#### 4.立木材積推估法之比較

當沒有材積式可資應用時，最普遍的方法就是採用形數法(公式 16)推估立木材積，形數法推估材積與利用調查樣木建構的材積模式二者在立木材積及林分材積估測上當有差異。形數法材積式係以立木胸高直徑  $D$  及樹高  $H$  所決定圓柱體體積乘以形數( $f$ )的方法，決定立木材積；依據林務局之建議，一般的闊葉樹均採用 0.45 為其形數。

本研究以光臘樹、小葉欖仁以及苦楝三種樹種分析所得模式綜合評估，結果顯示形數法材積模式會嚴重的高估立木材積及林分材積，以個別樹種的材積模式估值為基準(A)評估形數法模式估值(B)的誤差時，其誤差率(ER)大約介於 15-70%；林分蓄積量愈低時，形數法的估測誤差率愈高，誤差率隨林分蓄積之升高而降低(表 3)。

$$V = f \cdot \frac{\pi}{4} D^2 H \quad (16)$$

$$ER = (B - A) / A \quad (17)$$

表 3. 形數材積模型估測誤差統計表

光臘樹及樣區別	1	2	3	4	5	6	平均
Schumacher 模型	0.84	1.07	1.08	0.82	1.68	1.79	1.21
形數法	1.46	2.02	1.87	1.45	2.82	3.09	2.12
誤差(m <sup>3</sup> )	0.62	0.95	0.79	0.63	1.14	1.30	0.91
誤差率	0.74	0.89	0.73	0.76	0.68	0.73	0.75
小葉欖仁及樣區別	7	8	9	10	11	12	平均
Schumacher 模型	7.53	5.70	10.72	14.27	8.52	6.62	8.89
形數法	9.84	7.98	13.79	17.92	11.08	8.81	11.57
誤差(m <sup>3</sup> )	2.31	2.28	3.07	3.65	2.56	2.19	2.68
誤差率	0.31	0.40	0.29	0.26	0.30	0.33	0.30
苦楝及樣區別	13	14	15	16	17	18	平均
Schumacher 模型	15.15	15.86	17.80	17.66	17.78	16.60	16.81
形數法	17.36	18.30	20.41	20.06	20.17	18.85	19.19
誤差(m <sup>3</sup> )	2.21	2.44	2.61	2.40	2.39	2.25	2.38
誤差率	0.15	0.15	0.15	0.14	0.13	0.14	0.14

#### (二)林分直徑結構

表 4 所示為光臘樹、小葉欖仁、苦楝三個樹種胸高直徑林分結構 Weibull 模式及 Gaussian 模式，各樹種的模式均係以全部樣區所有立木的調查資料為基礎，依據單一様

區平均立木數量配合函數的機率密度模型所建立的。Lin et al. (2006)指出：Weibull 機率密度模型的形狀參數  $c$  代表所配適的模式類型，當  $c$  值介於 2.6-3.7 時，代表該配適的模式等於常態模型，沒有左偏斜或右偏斜的對稱分佈情形，而當  $c$  值大於 3.7 時，代表資料分佈型態具有向左拉長的尾巴存在，屬於左偏斜分佈。從表 4 所示光臘樹及小葉欖仁 Weibull 模式形狀參數大於 3.7，顯示該兩樹種人工林分的直徑分佈型態具有左偏斜分佈的特徵，亦即最多立木數量的直徑級大於平均直徑級；苦楝 Weibull 模式形狀參數介於 2.6-3.7，顯示苦楝人工林分直徑分佈為常態分佈的對稱分佈特徵，最多立木數量的直徑級等於平均直徑級。

圖 6(a)、6(c)、6(e)可以分別地具體反映光臘樹、小葉欖仁以及苦楝人工林分的直徑結構，圖 6(b)、6(d)、6(f)所示則為 Gaussian 機率密度函數所配適的光臘樹、小葉欖仁以及苦楝人工林分的直徑結構，直徑分佈 Gaussian 模式的所有係數均經 t-test 檢驗確認達到顯著程度，模式的決定係數均約高達 0.99(表 5)。研究結果顯示，Weibull 及 Gaussian 兩種模型對於三種造林地林分直徑結構的配適程度均很理想。

表 4. 白河崁頂農場平地造林木樣區直徑結構模式 Weibull 機率密度函數係數表

模式係數	$a$	$b$	$c$	$x_0$	$y_0$	$R^2$	分佈特徵
光臘樹	35.4338	9.0924	4.6320	8.7633	1.3521	0.9950	稍左偏
小葉欖仁	70.9269	17.8574	5.7637	11.0549	-0.0317	0.9987	稍左偏
苦楝	98.4934	7.1895	3.0577	11.6690	2.8892	0.9925	對稱

註：Weibull 模式結構 
$$f = y_0 + a \cdot \left(\frac{c-1}{c}\right)^{\frac{1-c}{c}} \cdot \left| \frac{x-x_0}{b} + \left(\frac{c-1}{c}\right)^{\frac{1}{c}} \right|^{(c-1)} \cdot \exp\left(-\left| \frac{x-x_0}{b} + \left(\frac{c-1}{c}\right)^{\frac{1}{c}} \right|^c\right) + \frac{c-1}{c}$$

表 5. 白河崁頂農場平地造林木樣區直徑結構模式 Gaussian 機率密度函數係數表

模式係數	$a$	$b$	$x_0$	$R^2$
光臘樹	36.4591	2.1991	8.5802	0.9918
小葉欖仁	70.7124	3.3115	10.6425	0.9879
苦楝	101.7551	2.5044	11.6965	0.9917

註：Gaussian 模式結構 
$$f = a \cdot \exp\left(-0.5\left(\frac{x-x_0}{b}\right)^2\right)$$

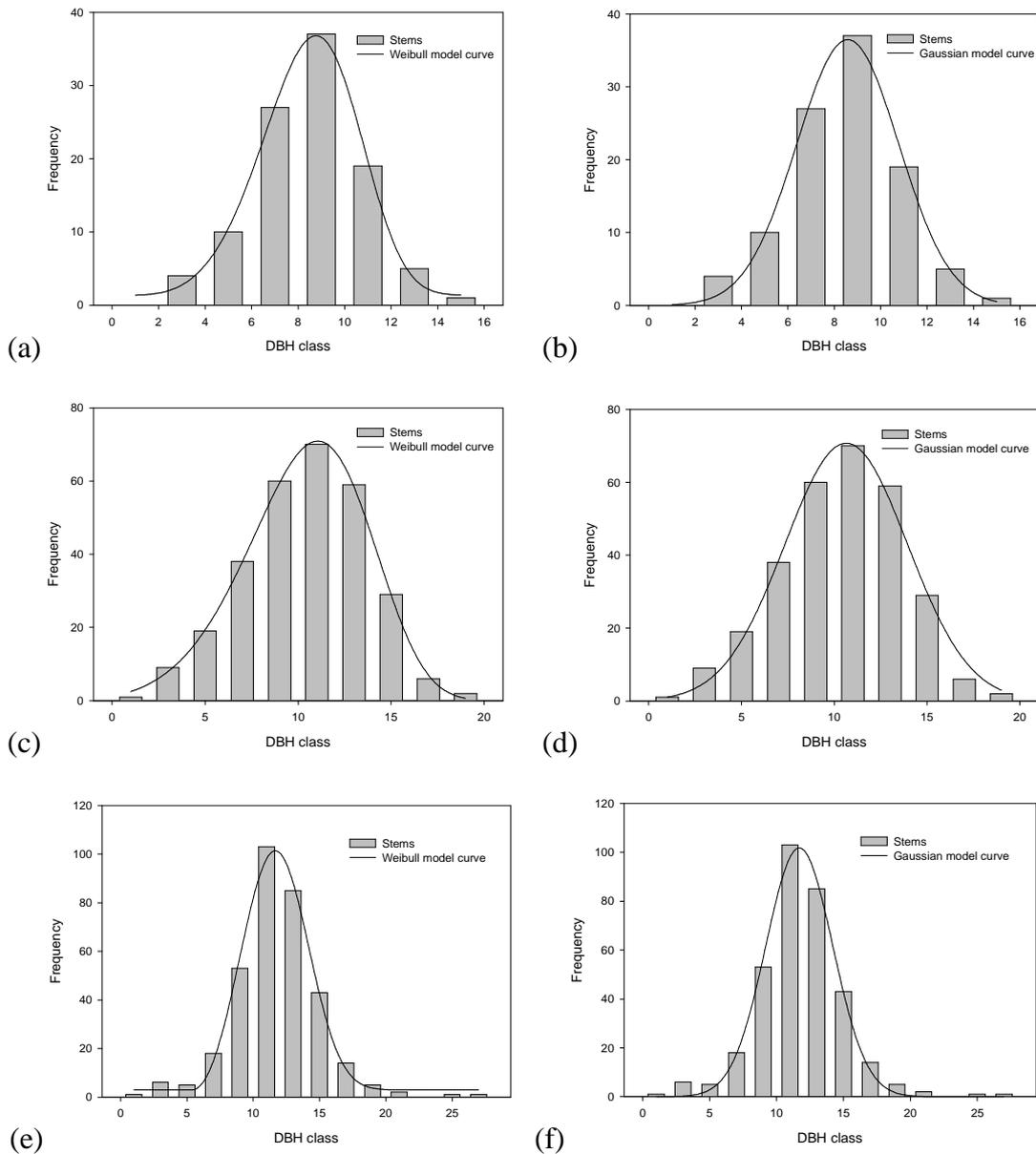


圖 6.白河崁頂農場平地造林樣區的直徑結構分佈圖

(a,b 為光臘樹 Weibull model 及 Gaussian model, c,d 為小葉欖仁 Weibull model 及 Gaussian model, e,f 為苦楝 Weibull model 及 Gaussian model)

### (三)林分蓄積量

由大型樣區每木調查結合立木材積迴歸模式推估造林樹種樣區材積蓄積量的研究結果顯示:依據 2008 年調查數據分析結果顯示:白河崁頂農場光臘樹林分蓄積量為 13.88  $m^3/ha$ , 小葉欖仁林分蓄積量為 35.57  $m^3/ha$ , 苦楝林分蓄積量為 67.23  $m^3/ha$ , 顯然地,

苦楝造林地的單位面積蓄積量遠高於小葉欖仁及光臘樹；如果這些林分的造林年度相同，而且苗木年齡相同，則當可推論三者的生長速率以苦楝最快，小葉欖仁次之，光臘樹最慢，三者材積生長量的差異，特別值得未來平地造林選擇造林木的參考。

利用林分直徑分佈 Weibull 或 Gaussian 模型結合直徑樹高模型推估的林分蓄積量與迴歸法推估的林分蓄積量相比較，Gaussian 模式的估測誤差率介於 0.64-9.74%，對小葉欖仁的誤差率最高，對光臘樹的誤差率最小；Weibull 模式的估測誤差率則介於 0.41-13.17%，對苦楝的估測誤差最大，對光臘樹的估測誤差最小。二種模式對光臘樹、小葉欖仁以及苦楝平地造林的林分蓄積量估測誤差平均約為 5%。

表 6. 林分蓄積及模式估測誤差比較

樹種	迴歸法	Gaussian	Weibull	迴歸法	Gaussian	Weibull	Gaussian	Weibull
	樣區材積 m <sup>3</sup> /plot	樣區材積 m <sup>3</sup> /plot	樣區材積 m <sup>3</sup> /plot	林分蓄積 m <sup>3</sup> /ha (A)	林分蓄積 m <sup>3</sup> /ha (B)	林分蓄積 m <sup>3</sup> /ha (B)	林分蓄積 誤差率	林分蓄積 誤差率
光臘樹	1.2146	1.2162	1.2190	13.88	13.80	13.83	-0.0064	-0.0041
小葉欖仁	8.8928	9.7587	9.1111	35.57	39.03	36.44	0.0974	0.0246
苦楝	16.8063	16.0687	19.0189	67.23	64.27	76.08	-0.0439	0.1317

註：誤差率係以迴歸法林分蓄積為基準(A)，林分結構模式估值為(B)，依公式(17)計算。

#### (四)林分地上部生物量

##### 1. 立木地上部生物量估測模式

地上部生物量與材積二者有很高的相關，利用立木胸高直徑及樹高建立的單木材積模式，具有很好的估測能力；雖然地上部生物量 AGB 包含樹幹、枝條及樹葉三部分，但是，利用立木胸高直徑及樹高仍可以建立有效的地上部生物量推估模式。公式(18-20)為本研究依據各樣區伐採樣木的 AGB 生物量為依變數，所配適的 Schumacher 模型地上部生物量迴歸模式。光臘樹、小葉欖仁以及苦楝三個樹種的地上部生物量變異資訊，利用胸高直徑及樹高約可有 80-96%的解釋能力。

$$AGB = 0.0577865 \cdot D^{1.645} \cdot H^{1.146}, (R^2 = 0.805, n=33) \quad (18)$$

$$AGB = 0.0808629 \cdot D^{2.146} \cdot H^{0.296}, (R^2 = 0.957, n=40) \quad (19)$$

$$AGB = 0.0286386 \cdot D^{2.163} \cdot H^{0.753}, (R^2 = 0.951, n=40) \quad (20)$$

如果直接利用單木材積為自變數對單木的地上部生物量建立估測模式，二者的關係可利用冪次模型(Power model)表現之，所建立光臘樹、小葉欖仁以及苦楝三個樹種的材積-生物量預測模式，約具有 70-96%的解釋能力(公式 21-23)。

$$AGB = 1081.387264 \cdot V^{0.902}, (R^2 = 0.707, n=33) \quad (21)$$

$$AGB = 551.697561 \cdot V^{0.868}, (R^2 = 0.957, n=40) \quad (22)$$

$$AGB = 861.779985 \cdot V^{1.043}, (R^2 = 0.945, n=40) \quad (23)$$

## 2. 以林分結構模型為基礎的林分生物量預測模式

利用光臘樹林分胸高直徑分佈模式結合單木生物量模式，可以估測樣區生物量及推估得到林分單位面積的地上部生物量，以迴歸法所推估的光臘樹林分單位面積地上部生物量為 24112.86kg/ha，小葉欖仁 31424.24kg/ha，苦楝 51973.23kg/ha，Gaussian 林分結構分佈模式所推估得到的林分地上部生物量誤差率介於 2-6%，Weibull 模式的估測誤差率則介於 1-15%；Gaussian 及 Weibull 二個模式法對三個樹種的平均誤差率各約為 4%及 5%。

表 7. 林分生物量及模式估測誤差比較

樹種	迴歸法	Gaussian	Weibull	迴歸法	Gaussian	Weibull	Gaussian	Weibull
	樣區 AGB kg/plot	樣區 AGB kg/plot	樣區 AGB kg/plot	林分 AGB kg/ha (A)	林分 AGB kg/ha (B)	林分 AGB kg/ha (B)	林分 AGB 誤差率	林分 AGB 誤差率
光臘樹	2112.65	2093.63	2097.53	24112.86	23747.25	23305.89	-0.0152	-0.0335
小葉欖仁	7856.06	8263.80	7796.91	31424.24	33055.18	31187.65	0.0519	-0.0075
苦楝	12993.31	12318.73	14895.42	51973.23	49274.93	59581.70	-0.0519	0.1464

## 3. 造林木基礎密度及地上部生物量擴展係數

利用木材材積(V)、木材基礎密度(BD)以及地上部生物量擴展係數(Efa)三者之乘積，可以求得地上部生物量(24 式)。本研究依據生物量分析資料，求得光臘樹基礎密度為 0.6644kg/m<sup>3</sup>，地上部生物量擴展係數為 1.74，小葉欖仁基礎密度為 0.4210kg/m<sup>3</sup>，地上部生物量擴展係數為 1.69，苦楝基礎密度為 0.4894kg/m<sup>3</sup>，地上部生物量擴展係數為 1.31(詳表 8)。

$$AGB = V \cdot BD \cdot Efa \quad (24)$$

表 8. 光臘樹、小葉欖仁、苦楝木材基本特徵與地上部生物量擴展係數

樹種	屬性	F	木材乾鮮比	含水率	基礎密度	Efa
光臘樹	上木	0.44	0.61	0.66	0.6857	1.75
	中木	0.49	0.59	0.70	0.6418	1.67
	下木	0.49	0.64	0.57	0.6656	1.79
	平均	<b>0.47</b>	<b>0.62</b>	<b>0.64</b>	<b>0.6644</b>	<b>1.74</b>
小葉欖仁	上木	0.39	0.43	1.42	0.3920	1.78
	中木	0.39	0.43	1.27	0.4349	1.61
	下木	0.33	0.35	1.14	0.4359	1.66
	平均	<b>0.37</b>	<b>0.40</b>	<b>1.28</b>	<b>0.4210</b>	<b>1.69</b>
苦楝	上木	0.47	0.63	0.59	0.4686	1.36
	中木	0.48	0.61	0.65	0.5015	1.33
	下木	0.57	0.67	0.50	0.4981	1.25
	平均	<b>0.51</b>	<b>0.64</b>	<b>0.58</b>	<b>0.4894</b>	<b>1.31</b>

### (五)林分生長特性

#### 1. 林分年齡估算

依據樹幹解析樣木分析的結果，每一樣區的立木年齡不盡相同。表 9 所示為三個樹種 27 株樣木的平均年齡( $\bar{A}$ )，以樣木年齡( $A_i$ )及株數( $f_i$ )加權計算，可得各樹種造林木平均年齡為光臘樹 9 年、小葉欖仁 8 年、苦楝 12 年。

$$\bar{A} = \frac{\sum A_i f_i}{n} \quad (25)$$

表 9. 林分年齡估算表

樹種	樣區-樹幹解析木之編號及林齡										林分樹齡
光臘樹	編號	2-66	2-71	4-47	4-85	5-27	5-80	5-82	6-8	6-82	9
	林齡	6	5	9	10	11	9	10	8	7	
小葉欖仁	編號	7-90	7-98	7-196	8-57	8-93	8-131	9-214	9-304	9-330	8
	林齡	11	8	8	7	7	6	6	6	6	
苦楝	編號	13-73	13-68	14-229	15-219	15-127	18-257	17-292	16-333	16-317	12
	林齡	13	12	10	11	13	10	10	13	10	

## 2. 直徑生長及高生長

平地農場的光臘樹、小葉欖仁以及苦楝三樹種造林木胸高直徑(DBH)及樹高(H)隨年齡(A)的生長型態不同。依據三個人工林分不同直徑級的樹幹解析樣木資料的平均生長資料顯示：光臘樹與小葉欖仁具有相同的生長趨勢，二者的胸高直徑生長呈現 S 模型(sigmoid model)，約於 10 年生時達到高點，之後可能呈現平緩現象；二者的高生長則均呈現指數模型(exponential model)，快速生長時期約在 6 年生之前，10 年之後仍繼續呈現較為緩慢生長的現象(圖 7-8)。苦楝的生長情況比光臘樹及小葉欖仁好，胸高直徑的生長到 13 年生仍處於直線上升狀態，高生長則呈現邏輯模式(logistic model)的型態，到 13 年生仍處於上升階段(圖 7-8)。光臘樹、小葉欖仁及苦楝三樹種林分胸高直徑生長模式詳如公式(26)-公式(28)，樹高生長模式詳如公式(29)-公式(31)。

$$DBH = \frac{7.7327}{1 + \exp\left(\frac{-(A - 4.7195)}{1.4300}\right)}, \quad R^2=0.9927 \quad (26)$$

$$DBH = \frac{9.2585}{1 + \exp\left(\frac{-(A - 4.3610)}{1.2413}\right)}, \quad R^2=0.9897 \quad (27)$$

$$DBH = -0.2973 + 0.9852A, \quad R^2=0.9918 \quad (28)$$

$$H = 10.5601(1 - \exp(-0.1863A)), \quad R^2=0.9920 \quad (29)$$

$$H = 9.2007(1 - \exp(-0.1832A)), \quad R^2=0.9885 \quad (30)$$

$$H = 15.4212 \times \frac{\text{abs}\left(\left(\frac{A}{6.1621}\right)^{\text{abs}(-1.7158)}\right)}{1 + \left(\text{abs}\left(\frac{A}{6.1621}\right)^{\text{abs}(-1.7158)}\right)}, \quad R^2=0.9975 \quad (31)$$

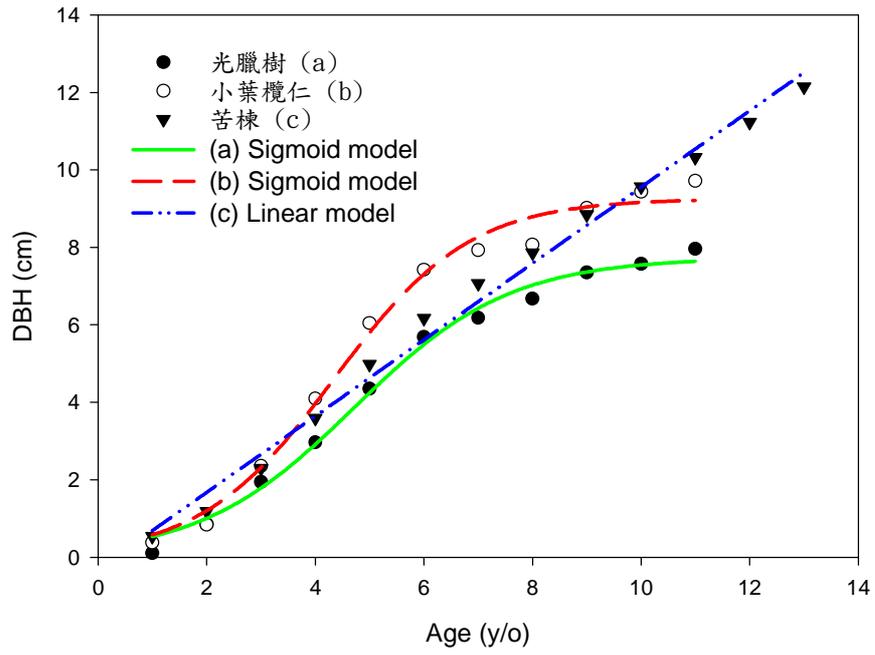


圖 7. 平地造林光臘樹、小葉欖仁、苦楝林分胸高直徑生長趨勢

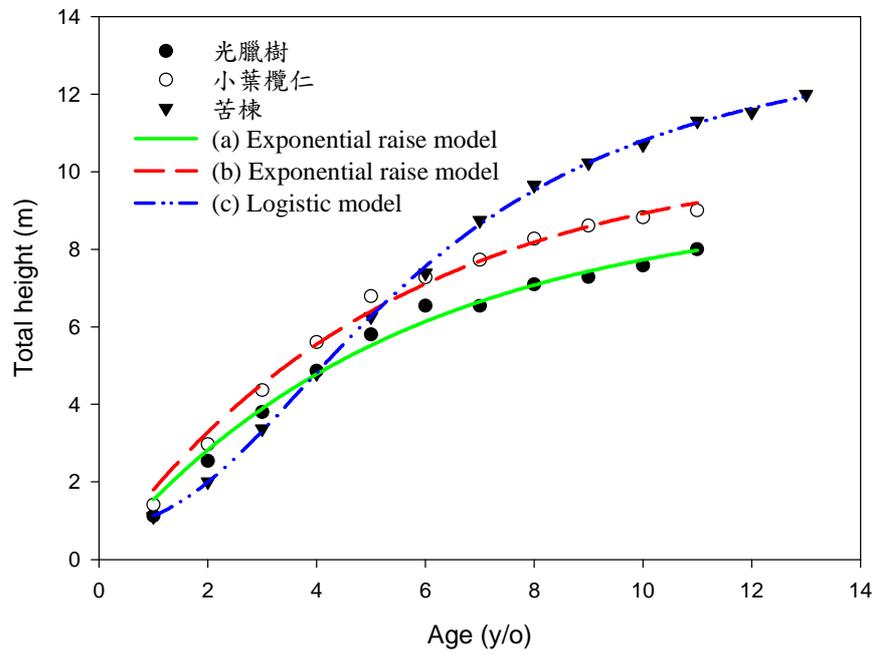


圖 8. 平地造林光臘樹、小葉欖仁、苦楝林分高生長趨勢

#### 四、結論與建議

##### (一)結論

雖然白河炭頂農場於 2002 年加入平地造林計畫，但由大面積的造林木取樣調查以及樹幹解析的結果顯示，白河炭頂農場平地造林木光臘樹林分的實際年齡約為 9 年、小葉欖仁林分年齡約為 8 年、苦楝林分年齡約為 12 年，該實際年齡應視為苗木年齡以及造林年齡的合計。三個樹種的平均胸高直徑及樹高各為 8.1cm 及 6.6m、10.1cm 及 8.3m 以及 11.7cm 及 10.7m，立木度各為 1155、1044 以及 1271 株/ha，單位面積蓄積量各為 13.88、35.57 以及 67.23 m<sup>3</sup>/ha；三個樹種平地現實林分的單位面積地上部生物量為 24112.86、31424.24 以及 51973.23kg/ha，平均每年的生物量增加率各為 2679.21、3928.03 以及 4331.10 kg/ha/yr，以闊葉樹木材碳重量百分比平均值 46.91%(林裕仁等，2002)估計，三種樹種每年每公頃的固碳量約為 1.2568、1.8426 以及 2.0317ton/ha。

三種造林樹種平地森林的材積生長率以及生物量生長速率為光臘樹<小葉欖仁<苦楝，年固碳量之比率 1:1.47:1.62。種植苦楝的固碳效益最大，其次為小葉欖仁，最小為光臘樹。若平地森林經營的主要目標在固碳效益上，而且在不考慮木材實際應用效益的前提下，苦楝的經營效益最大，小葉欖仁的表現也很好，所以平地造林應可多推廣栽植苦楝及小葉欖仁。

三個樹種的直徑生長以及高生長表現，均以光臘樹最差；光臘樹及小葉欖仁的直徑生長以及高生長限制大約發生於 10 年生，而苦楝林分的直徑生長以及高生長在 13 年生以前不會發生。所以，本文建議平地造林的小葉欖仁及光臘樹林分，最慢應於 10 生時利用疏伐手段，釋放林分空間，提高林分生長速率。光臘樹及小葉欖仁於 10 年生開始發生的生長遲緩現象主要肇因於林分生長空間的限制，因為在調查樣區內的林分冠層競爭指數均已達到冠層擁擠的程度；光臘樹及小葉欖仁對於林分冠層生長的空間有效性，反應比苦楝較為敏感，故容易受到冠層擁擠現象的影響。

##### (二)建議

本研究林分為年輕的造林地，建構的材積式較適用於幼齡級林分之應用，不適合於其他較老齡級的林分之應用。林務局早期所建立之闊葉樹材積式： $V=0.0000464*DBH^{1.53573}*H^{0.8671}$ ，對本幼齡林分材積的估測有很大差異，估測值比實測值高估許多。本研究對象為平地造林之幼齡樹木，造林地林木早期生長的光環境品質較

為均質，在林分鬱閉之初，林分內立木受到光環境變異對生長所造成的影響很低。研究樹種光臘樹及小葉欖仁的高生長與胸高直徑的關係為非線性的，只有苦楝的高生長與其胸高直徑具有直線關係，這種現象應可歸因於苦楝對光環境的適應能力很強或是苦楝即使在林分鬱閉情況下，仍能有效地應用上層直射光進行高生長，側面光度對苦楝的高生長影響很小。

以平地造林獎勵標準，對於林分立木度訂有補助門檻，亦即原有造林密度的 70%，本研究樹種的造林密度為美工請 1500 株/公頃，最低應保留 1050 株/公頃。本研究建議疏伐強度可以依據林分鬱閉度決定，一般以鬱閉度 80%~120%為最佳。以本研究之小葉欖仁第 9, 12 樣區為例，其鬱閉度高達 200%，故定其疏伐率為 20%。平地造林地的林分疏伐強度之決定，以及疏伐作業對留存木生長之影響，仍需較長時間的觀察。

## 五、參考文獻

- 林裕仁、劉瓊霖、林俊成 (2002) 台灣地區主要用材比重與碳含量的測定。台灣林業科學17(3): 291-9。
- 汪大雄、王兆桓、高毓斌、吳楊浚 (2004) 多納地區台灣杉與台灣赤陽人工混淆林生長競爭之研究。台灣林業科學19(4):337-51。
- 楊榮啟、林文亮 (2004) 森林測計學。國立編譯館出版。
- Clutter J.L., Fortson J.C., Pienaar L.V., Brister G.H. and Bailey R.L., 1983. Timber Management: A Quantitative Approach. John Wiley & Sons, Inc. New York. 333p.
- Hegy, F. 1993 A simulation model for management Jack-pine stand. Growth models for tree and stand simulation. Royal Coll. Res.no.30:74-87.
- Krajieck, J. K., K. A. Brinkman , and S. F. Gingrich. 1961 Crown competition factor, a measure of density. Forest Science, 7:35-42.
- Lin C., M.H. Chan, F.S. Chen, Y.N. Wang. 2007. Age structure and growth pattern of an endangered species, *Amentotaxus formosana* Li. *Journal of Integrative Plant Biology* 49(2): 157-167.

六、附錄

1. 白河農場平地造林基本資料

台糖公司台南區處白河農場平地造林撫育執行成果季報表

960502

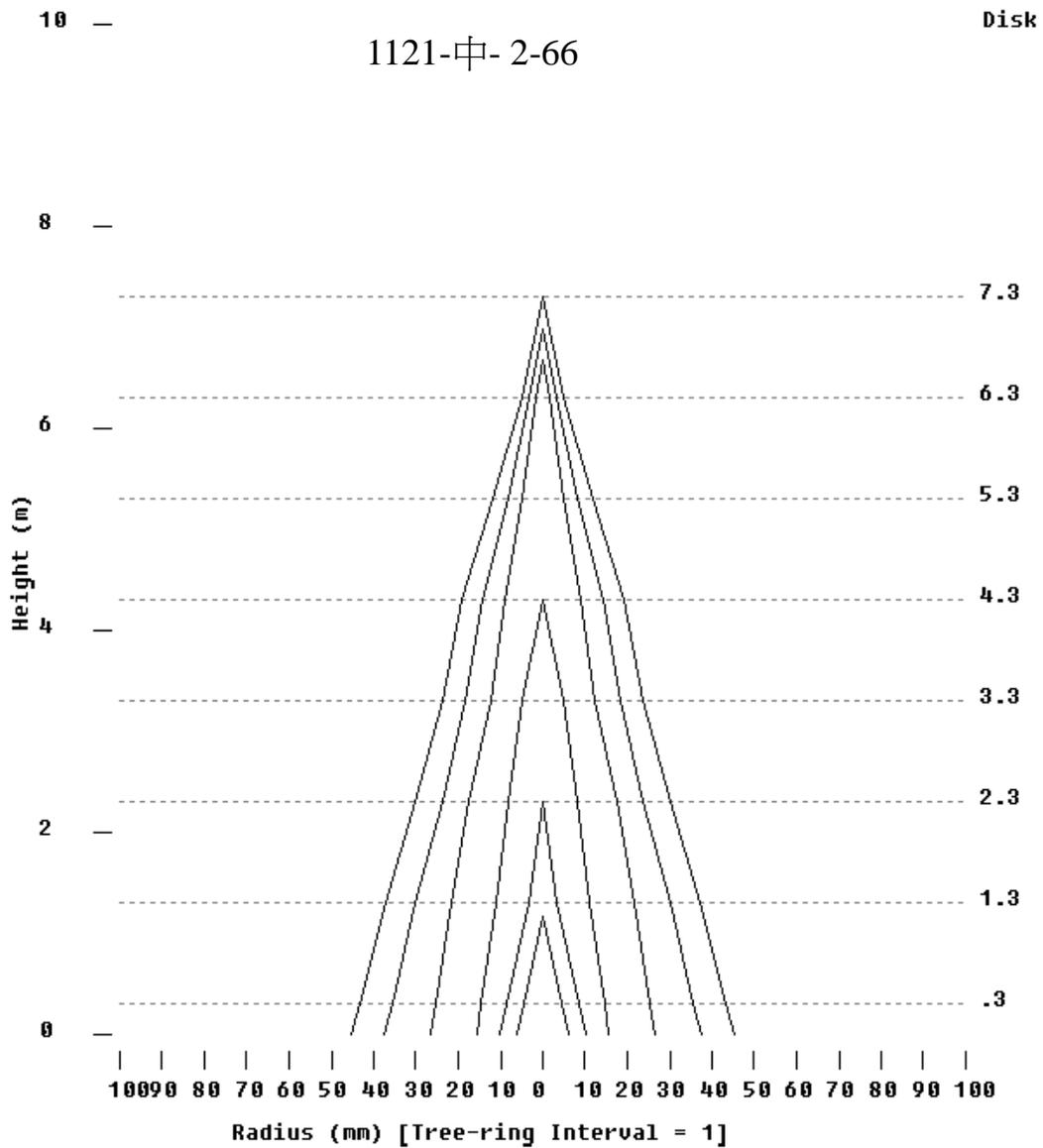
記碼	造林時期		造林地點		區號	面積(公頃)	樹種	栽植株數/公頃	工作項目	完工日期			最近檢驗日期與結果			檢驗人姓名		
	年	月	區處	農場別						年	月	日	年	月	日		成活株數/公頃	
	91	7	台南	白河	1	3.66	無患子	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,400	李宏銘
						0.80	桃花心木	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,400	李宏銘
					2	1.29	小葉欖仁	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,300	李宏銘
						0.50	無患子	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					4	1.00	白千層	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,300	李宏銘
						0.23	無患子	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,300	李宏銘
					7	2.50	桃花心木	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,200	李宏銘
					8	4.94	桃花心木	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					9	2.89	桃花心木	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,400	李宏銘
					10	1.99	台灣欖木	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					11	4.47	小葉欖仁	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,400	李宏銘
					14	0.31	桃花心木	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					15	1.96	桃花心木	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,200	李宏銘
					16	6.60	台灣欖木	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
						1.50	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					19	2.00	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
						4.22	桃花心木	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					20	5.91	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					21	3.59	桃花心木	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘
					23	8.20	苦楝	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,400	李宏銘
						3.00	台灣欖木	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
						0.50	小葉欖仁	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					25	2.61	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,300	李宏銘
					26	0.50	白千層	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,300	李宏銘
						0.51	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,300	李宏銘
						7.50	桃花心木	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘
						1.00	無患子	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,400	李宏銘
					27	5.29	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					28	3.08	桃花心木	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
						2.00	印度紫檀	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					30	3.37	羅漢松	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					31	2.82	光臘樹	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,350	李宏銘
					32	4.88	阿勃勒	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,300	李宏銘
						4.00	樟樹	1,500	撫育	96	3	16	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					計	99.62												
	92	6	台南	白河	3	0.71	小葉欖仁	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
		5			5	7.22	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
		6			6	7.50	印度紫檀	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘
						3.50	茄苳	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘
						1.23	小葉欖仁	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
		5			12	1.50	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
						8.76	水黃皮	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘
					13	0.70	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘
					14	1.50	印度紫檀	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘
						4.50	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘
		6			18	4.96	水黃皮	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
						4.00	樟樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
						3.00	台灣欖木	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘
					20	1.00	小葉欖仁	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘
		5			24	4.66	印度紫檀	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,250	李宏銘
						3.00	白千層	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,250	李宏銘
					計	57.74												

台糖公司台南區處白河農場平地造林撫育執行成果季報表

960502

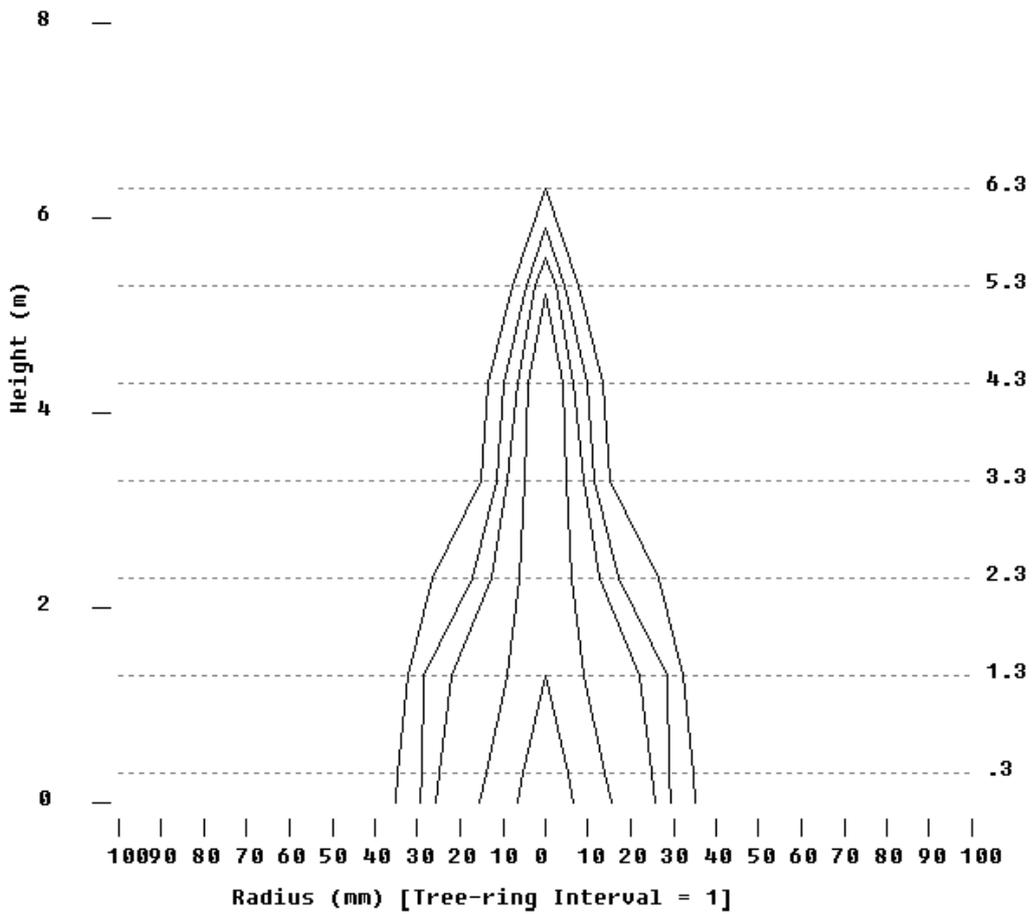
記碼	造林時期		造林地點		區號	面積(公頃)	樹種	栽植株數/公頃	工作項目	完工日期			最近檢驗日期與結果			檢驗人姓名			
	年	月	區處	農場別						年	月	日	年	月	日		成活株數/公頃		
擴大就業	92	8	台南	白河	3	1.70	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘	
					17	2.00	台灣欖木	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘	
						1.97	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘	
					22	6.00	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘	
						4.00	大葉欖仁	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘	
						2.00	水黃皮	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘	
						0.50	桃花心木	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘	
					29	5.06	楓香	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘	
						4.00	肉桂	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,100	李宏銘	
						4.00	光臘樹	1,500	撫育	96	3	11	1	96	3	23	1,200	李宏銘	
						計	31.23												
						白河農場合計	188.59												

2. 光臘樹樣木樹幹解析資料



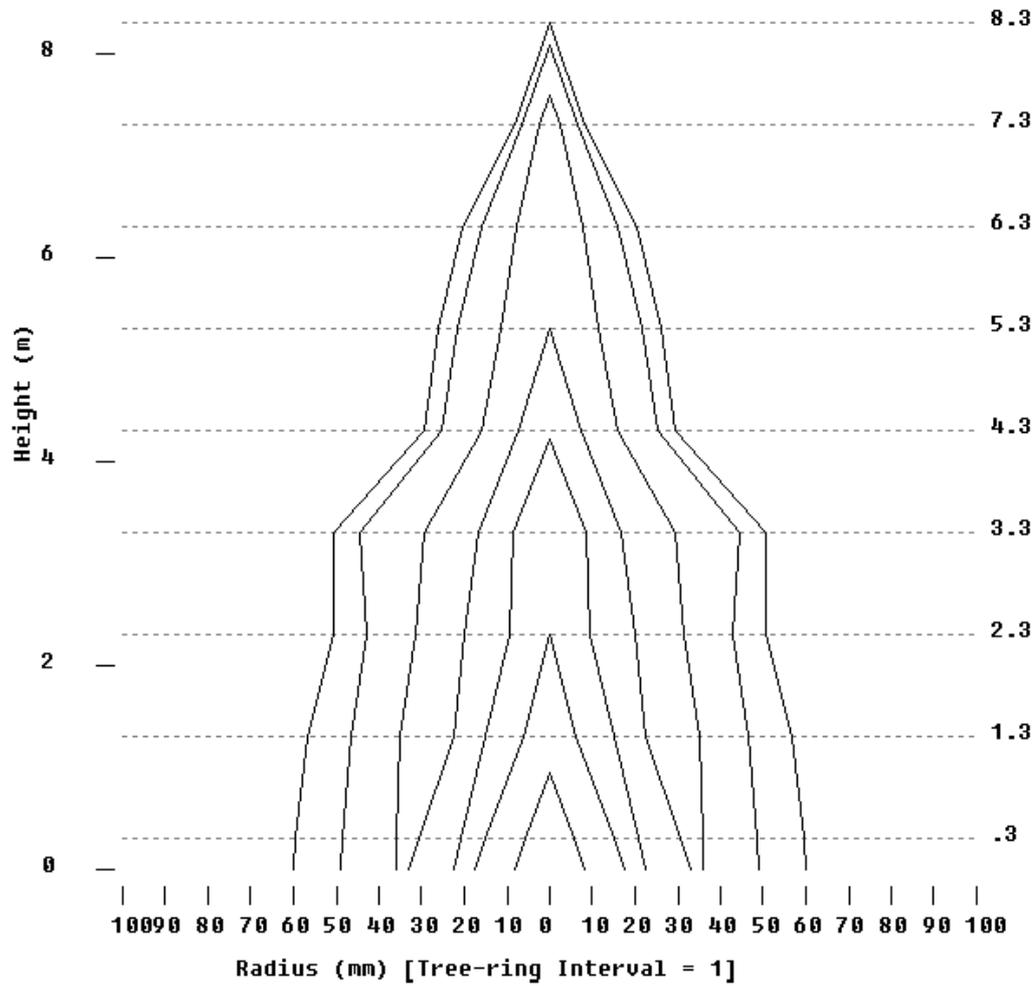
1121-中-2-66

2-66	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Total	Annual	Total	
2002			1.17512	1.17512	4.66197E-05	4.66197E-05	
2003	0.35	0.35	1.12	2.30	0.000174379	0.000220999	1.02
2004	0.75	1.10	2.00	4.30	0.000966698	0.0011877	0.29
2005	1.05	2.15	2.38	6.68	0.00363089	0.00481858	0.20
2006	0.86	3.01	0.30	6.98	0.00489119	0.00970978	0.20
2007	0.72	3.73	0.32	7.30	0.00562972	0.0153395	0.19



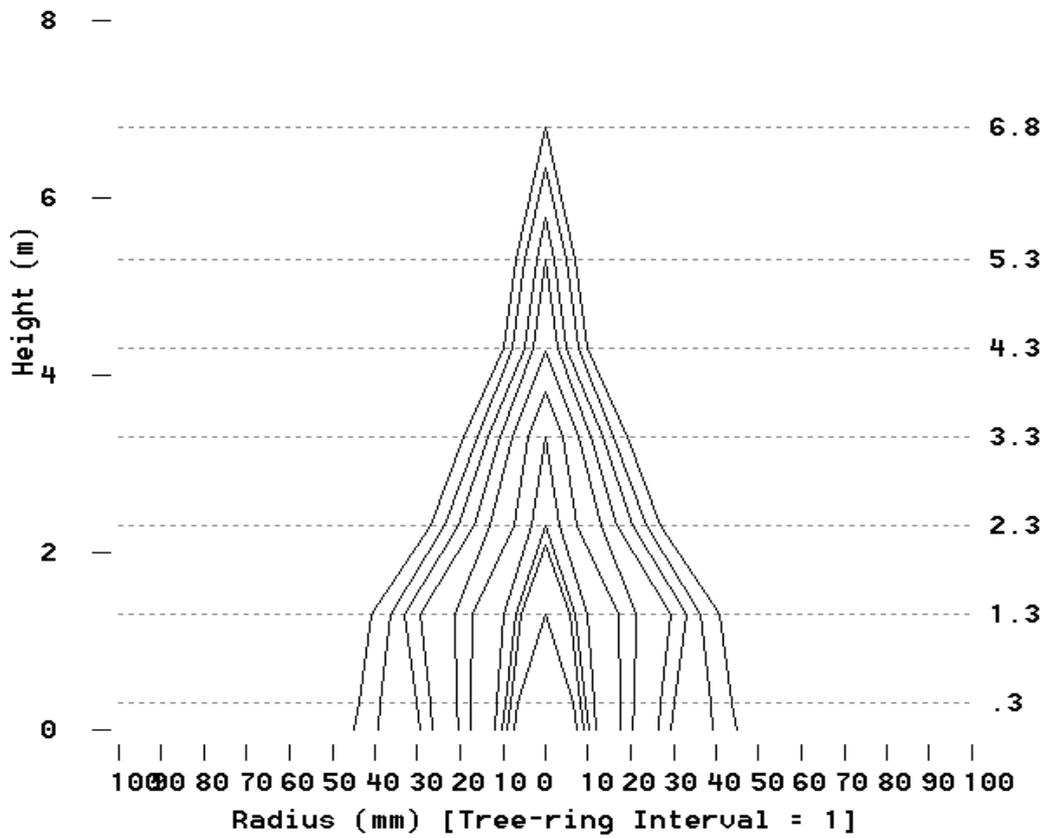
1121-下-2-71

2-71	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Total	Annual	Total	
2003			1.3	1.3	0.000061672	6.17E-05	
2004	0.904488	0.904488	3.92088	5.22088	0.000925215	0.000987	2.941905
2005	13.01914	13.92363	0.37277	5.59365	0.00292137	0.003908	0.045887
2006	6.372894	20.29653	0.30952	5.90317	0.00235649	0.006265	0.032801
2007	3.905742	24.20227	0.39683	6.3	0.00356572	0.00983	0.033918



1121-上-6-82

6-82 Year	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Total	Annual	Total	
2001			0.96	0.96	6.97E-05	6.97E-05	
2002	1.25	1.25	1.34	2.30	0.0005949	0.00066465	2.35
2003	1.75	3.00	1.92	4.22	0.0015898	0.00225444	0.75
2004	1.45	4.45	1.08	5.30	0.0038667	0.00612109	0.74
2005	2.61	7.06	2.30	7.60	0.0081198	0.0142408	0.48
2006	2.25	9.31	0.49	8.09	0.0146352	0.028876	0.52
2007	2.07	11.39	0.21	8.30	0.0123712	0.0412472	0.49



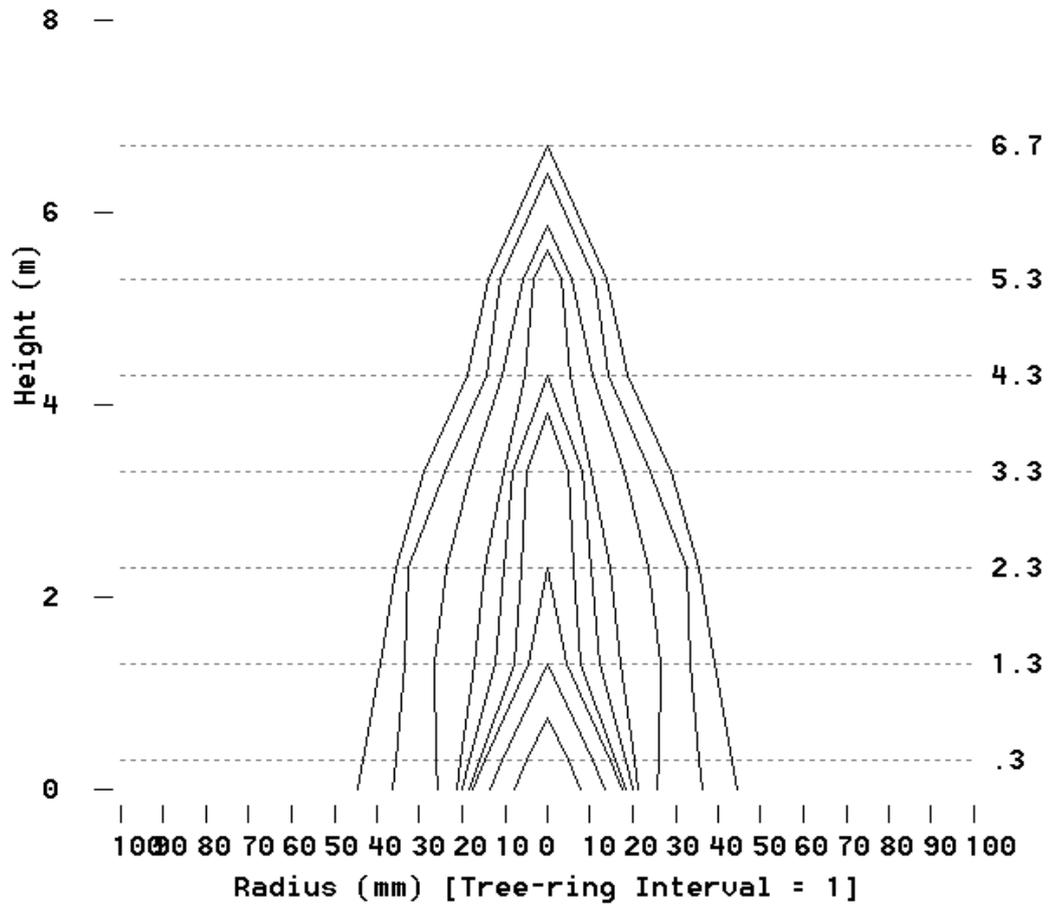
1054-上-4-85

4-85	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Height	Annual	Total	
1998			1.30	1.30	8.72646E-05	8.72646E-05	
1999	1.12	1.12	0.79	2.09	0.000157672	0.000244937	1.18
2000	0.30	1.42	0.21	2.30	0.000118678	0.000363615	1.00
2001	0.58	1.99	1.00	3.30	0.000284844	0.000648459	0.63
2002	1.42	3.41	0.52	3.82	0.00117655	0.00182501	0.52
2003	0.86	4.27	0.46	4.28	0.0013118	0.00313681	0.51
2004	1.58	5.85	1.02	5.30	0.00249183	0.00562864	0.40
2005	0.75	6.60	0.47	5.77	0.0018529	0.00748153	0.38
2006	0.69	7.30	0.56	6.33	0.00312033	0.0106019	0.40
2007	0.83	8.12	0.47	6.80	0.00314373	0.0137456	0.39

10 -

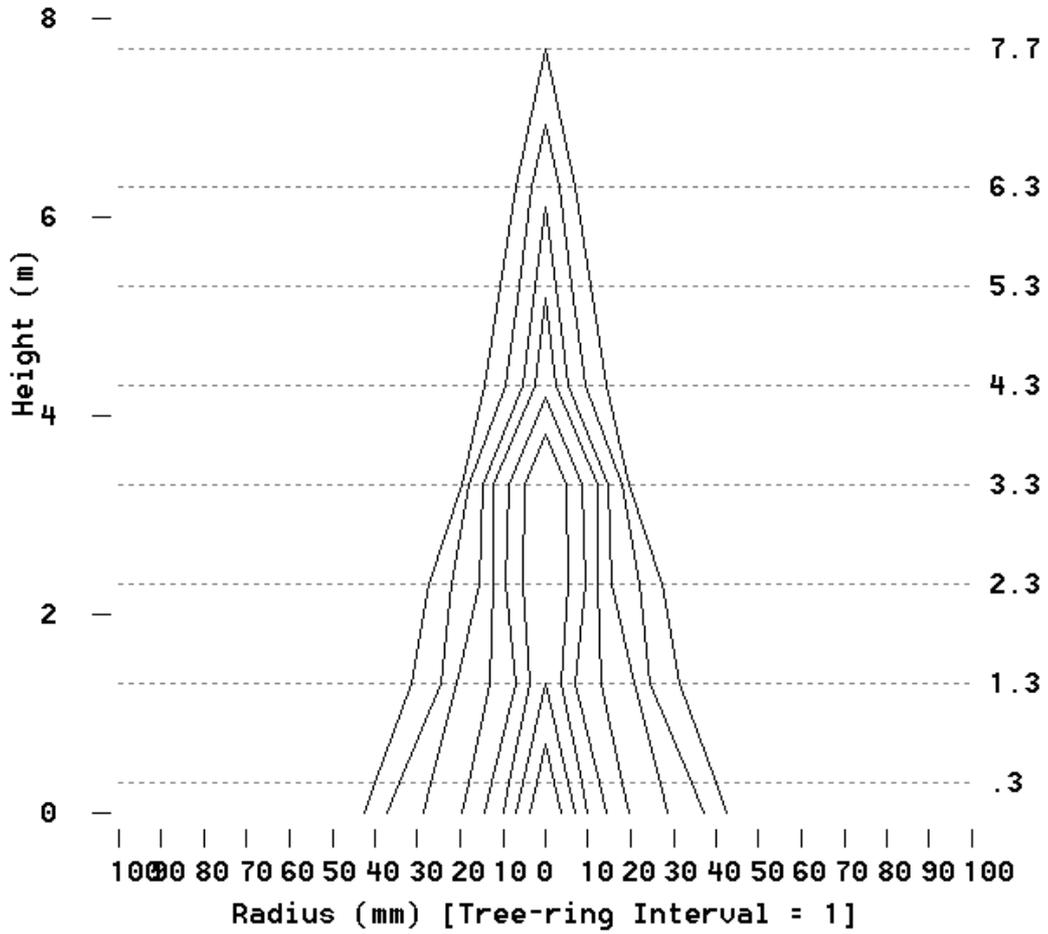
1054-中-4-47

Disk



1054-中-4-47

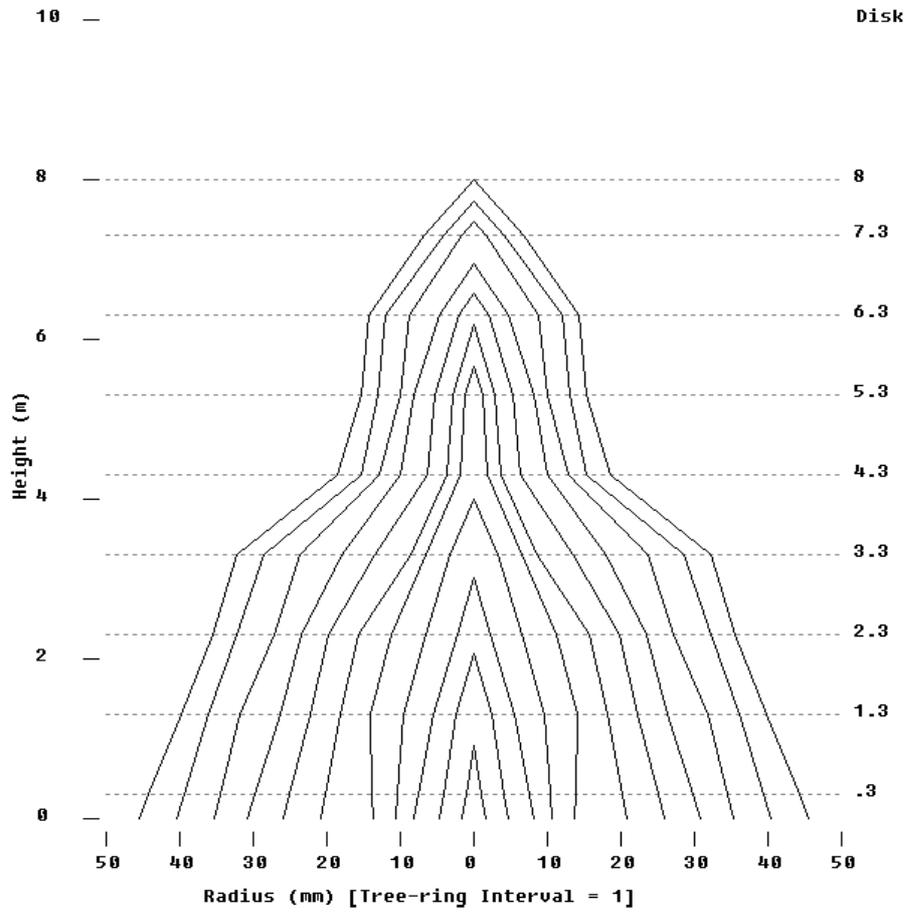
4-47	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Height	Annual	Total	
1999			0.75	0.75	4.82033E-05	4.82033E-05	
2000			0.55	1.30	0.000209539	0.000257743	
2001	0.90	0.90	1.00	2.30	0.000319793	0.000577535	3.92
2002	0.63	1.53	1.61	3.91	0.000428166	0.0010057	1.40
2003	0.95	2.48	0.39	4.30	0.000820959	0.00182666	0.88
2004	0.98	3.46	1.31	5.61	0.00123203	0.00305869	0.58
2005	1.81	5.27	0.25	5.87	0.00397375	0.00703244	0.55
2006	1.45	6.72	0.53	6.40	0.00578044	0.0128129	0.56
2007	1.13	7.85	0.30	6.70	0.00496521	0.0177781	0.55



1054-下-6-8

6-8	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Height	Annual	Total	
2000			0.69	0.69	9.6409E-06	9.64E-06	
2001			0.61	1.30	5.74385E-05	6.71E-05	
2002	0.74	0.74	2.52	3.82	0.000290635	0.000358	2.19
2003	0.62	1.36	0.37	4.19	0.000643001	0.001001	1.65
2004	1.30	2.65	1.00	5.19	0.00128647	0.002287	0.80
2005	1.52	4.18	0.91	6.10	0.00239519	0.004682	0.56
2006	0.73	4.90	0.84	6.94	0.00308728	0.00777	0.59
2007	1.36	6.26	0.76	7.70	0.00394176	0.011711	0.49

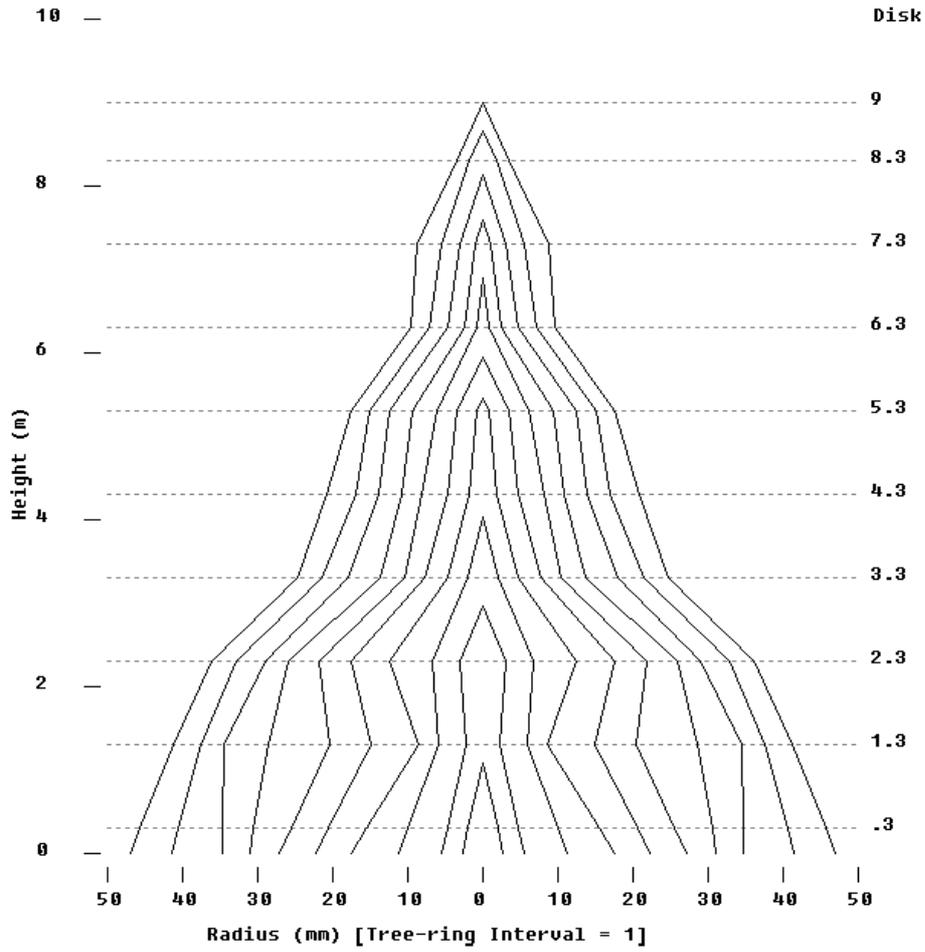
1275 上 5-27



1275 上 5-27

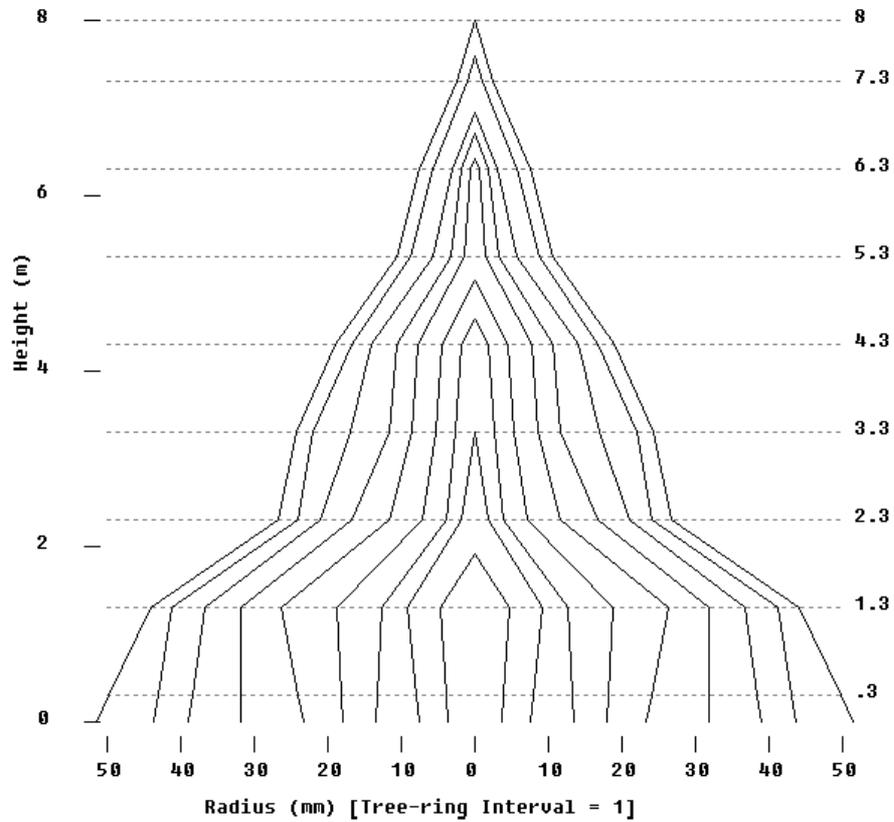
5-27	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1997			0.91	0.91	2.37E-06	2.37E-06	
1998	0.49	0.49	1.16	2.07	5.59E-05	5.82E-05	1.51
1999	0.62	1.10	0.95	3.02	0.000192	0.00025	0.87
2000	0.81	1.91	0.98	4.00	0.000456	0.000706	0.62
2001	0.92	2.83	1.66	5.65	0.000922	0.001628	0.46
2002	0.78	3.62	0.54	6.19	0.001462	0.00309	0.49
2003	0.83	4.45	0.39	6.58	0.002038	0.005127	0.50
2004	0.83	5.28	0.38	6.96	0.002565	0.007692	0.50
2005	1.09	6.37	0.52	7.47	0.003568	0.01126	0.47
2006	0.85	7.22	0.25	7.72	0.004219	0.015479	0.49
2007	0.74	7.96	0.28	8.00	0.004096	0.019576	0.49

1275 中 5-82



1275中5-82

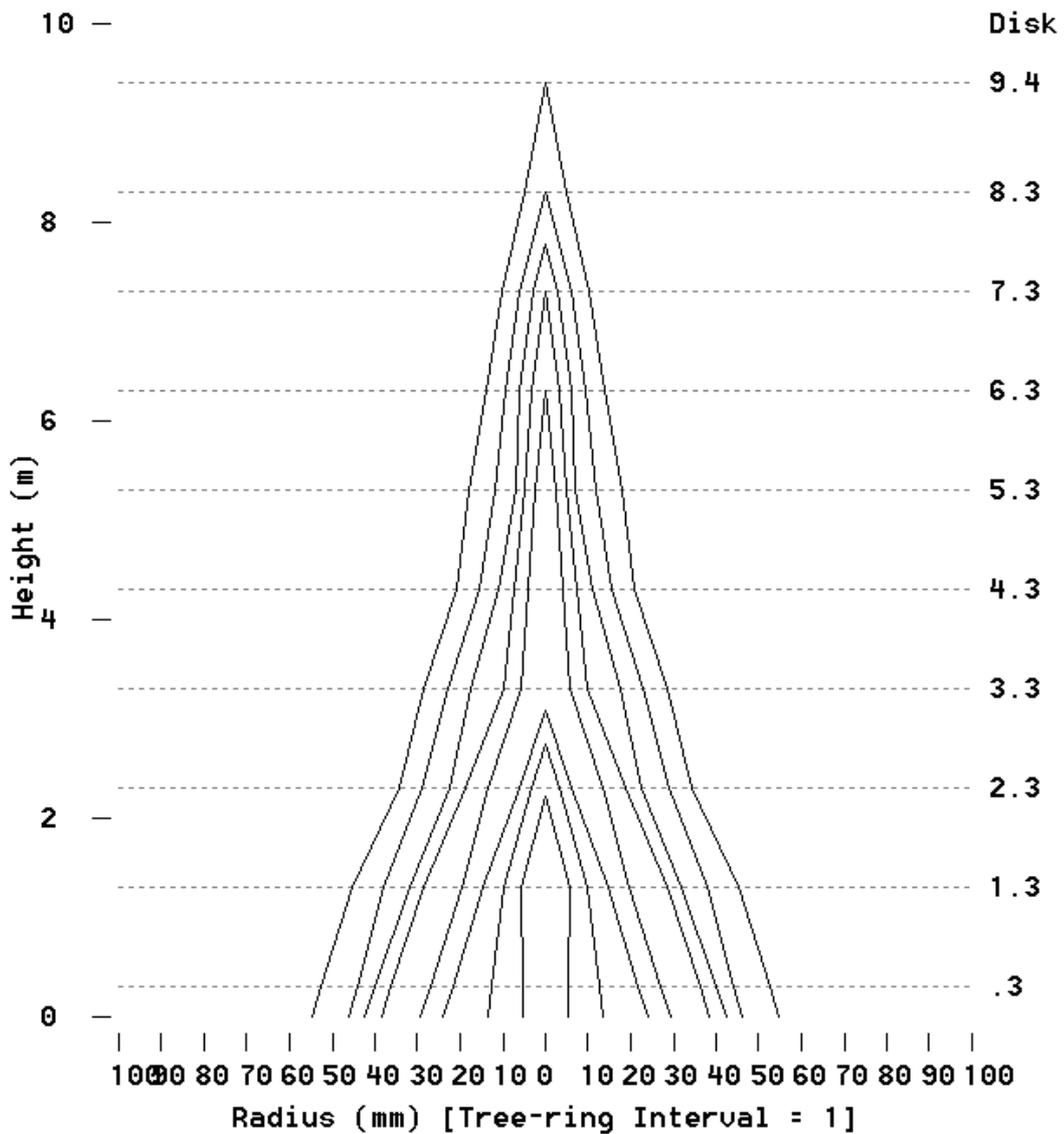
5-82	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1998			1.09	1.09	8.19E-06	8.19E-06	
1999	0.46	0.46	1.88	2.97	8.66E-05	9.48E-05	1.94
2000	0.71	1.17	1.06	4.03	0.000405	0.0005	1.16
2001	0.56	1.72	1.43	5.46	0.000865	0.001365	1.07
2002	1.24	2.96	0.49	5.95	0.00158	0.002945	0.72
2003	1.13	4.09	0.94	6.90	0.002127	0.005071	0.56
2004	1.62	5.72	0.70	7.60	0.003076	0.008147	0.42
2005	1.20	6.92	0.54	8.14	0.003365	0.011512	0.38
2006	0.60	7.51	0.52	8.66	0.003676	0.015188	0.40
2007	0.72	8.23	0.34	9.00	0.004147	0.019334	0.40



1275下5-80

5-80	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1999	0.92	0.92	1.91	1.91	8.43E-05	8.43E-05	0.66
2000	0.93	1.85	1.39	3.30	0.00032	0.000404	0.46
2001	0.68	2.53	1.30	4.60	0.000579	0.000983	0.42
2002	1.20	3.74	0.43	5.03	0.001173	0.002156	0.39
2003	1.53	5.26	1.40	6.43	0.002173	0.004329	0.31
2004	1.10	6.37	0.28	6.72	0.002907	0.007236	0.34
2005	0.99	7.36	0.24	6.95	0.003587	0.010823	0.37
2006	0.88	8.24	0.65	7.60	0.003547	0.01437	0.35
2007	0.57	8.81	0.40	8.00	0.003549	0.017919	0.37

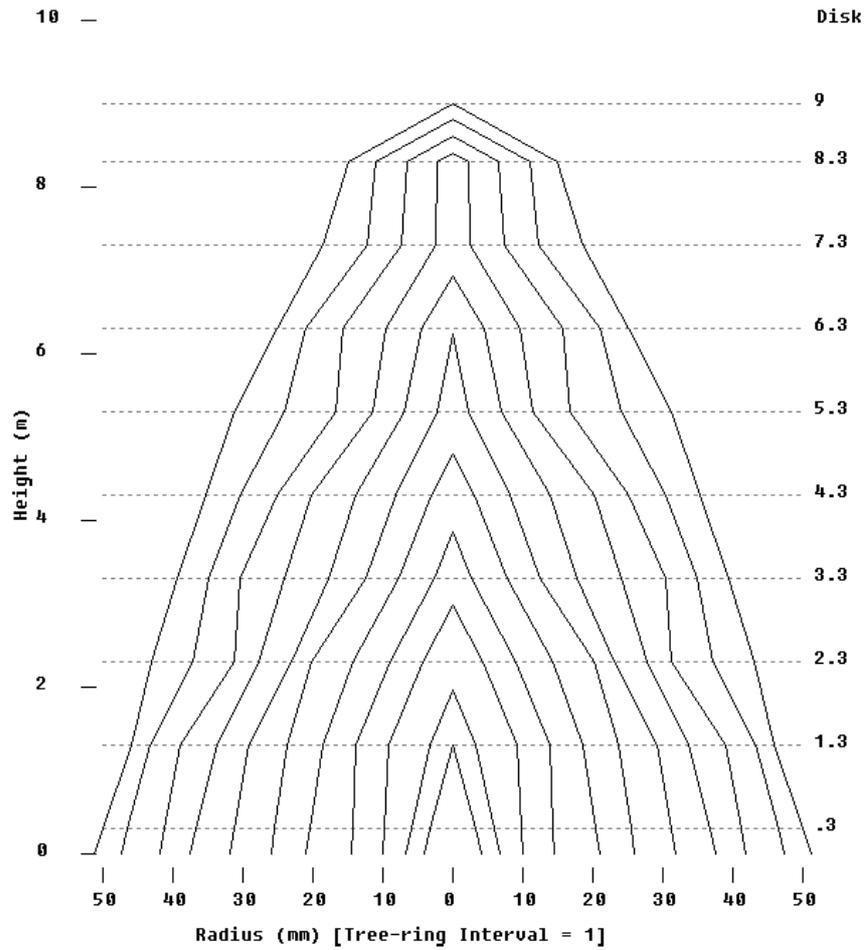
### 3. 小葉欖仁樣木樹幹解析資料



1100-上-7-196

7-196	RD(CM)		H(M)		V(M <sup>3</sup> )		形數
Year	Annual	Total	Annual	Total	Annual	Total	
2000	1.15	1.15	2.22	2.22	0.000158	0.000158	0.68
2001	0.78	1.94	0.51	2.74	0.000539	0.000697	0.87
2002	0.99	2.93	0.35	3.09	0.001245	0.001942	0.93
2003	0.97	3.90	3.21	6.30	0.001791	0.003732	0.50
2004	1.78	5.68	1.00	7.30	0.003701	0.007433	0.40
2005	0.71	6.38	0.48	7.78	0.002952	0.010385	0.42
2006	1.20	7.59	0.52	8.30	0.004807	0.015192	0.41
2007	1.51	9.09	1.10	9.40	0.007777	0.022969	0.38

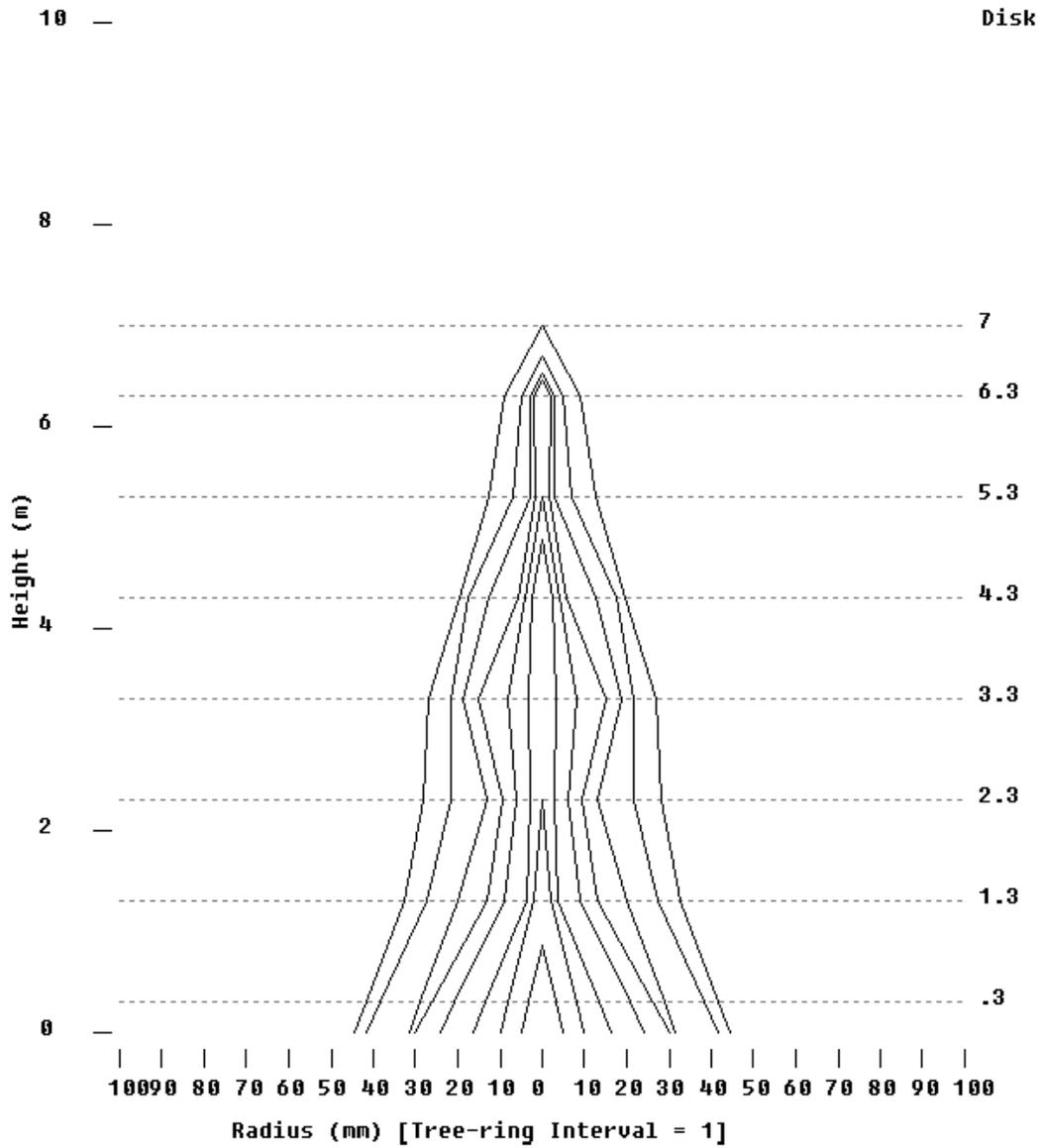
1100-中-7-90



7-98

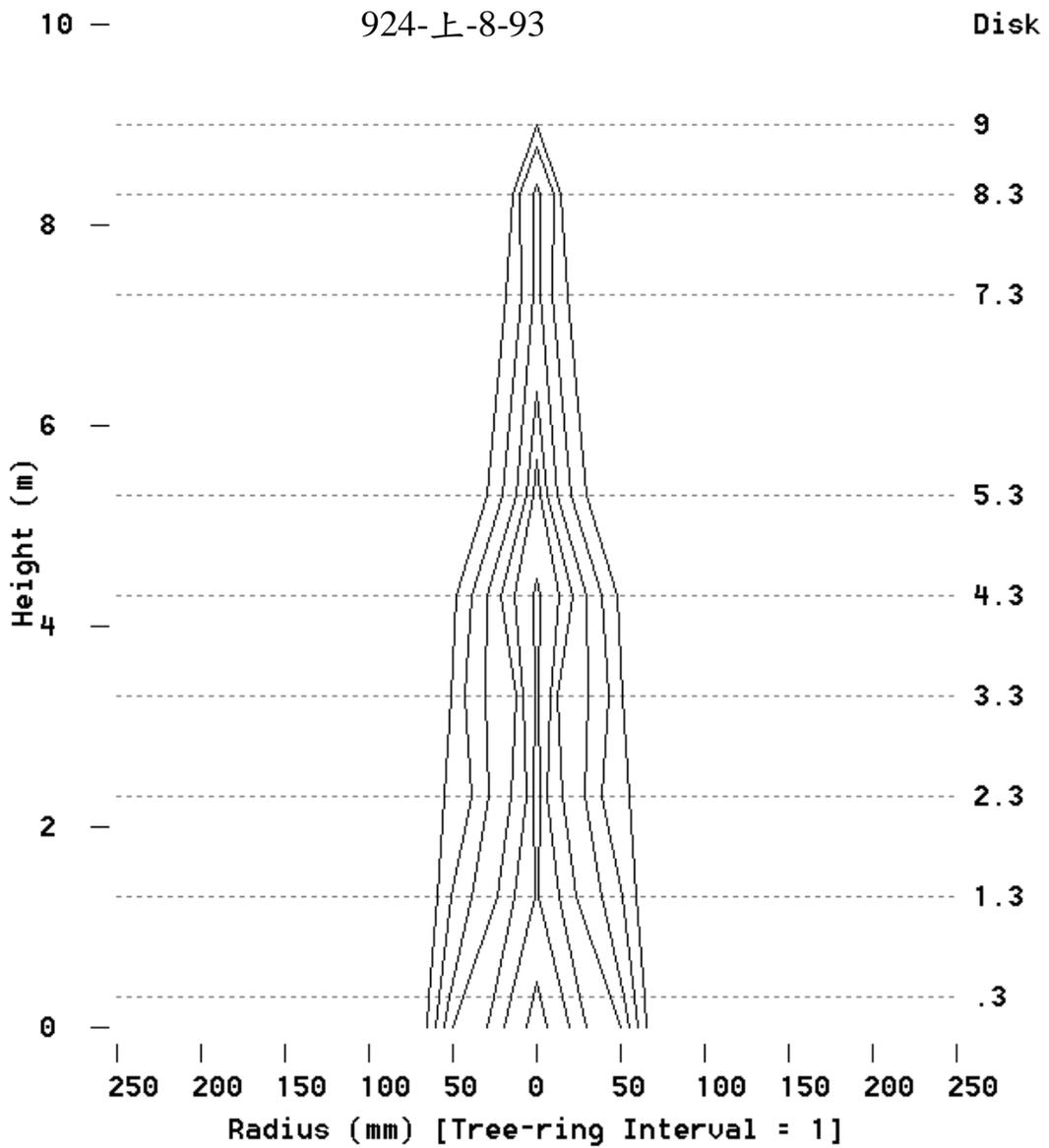
	胸高直徑	(cm)	樹高	(m)	材積	(m <sup>3</sup> )	形數
	Annual	Total	Annual	Total	Annual	Total	
			1.30	1.30	2.5E-05	2.5E-05	
1998	0.67	0.67	0.67	1.97	9.01E-05	0.000115	1.64
1999	1.18	1.85	1.01	2.98	0.000427	0.000542	0.68
2000	0.94	2.79	0.88	3.86	0.000814	0.001356	0.58
2001	0.94	3.72	0.94	4.80	0.0016	0.002956	0.56
2002	1.02	4.75	1.43	6.23	0.002381	0.005337	0.48
2003	1.09	5.84	0.69	6.93	0.0032	0.008538	0.46
2004	0.90	6.74	1.48	8.41	0.00459	0.013128	0.44
2005	1.06	7.80	0.20	8.61	0.005662	0.01879	0.46
2006	0.84	8.64	0.21	8.82	0.00747	0.02626	0.51
2007	0.56	9.20	0.18	9.00	0.007959	0.034219	0.57

1100-下-7-98



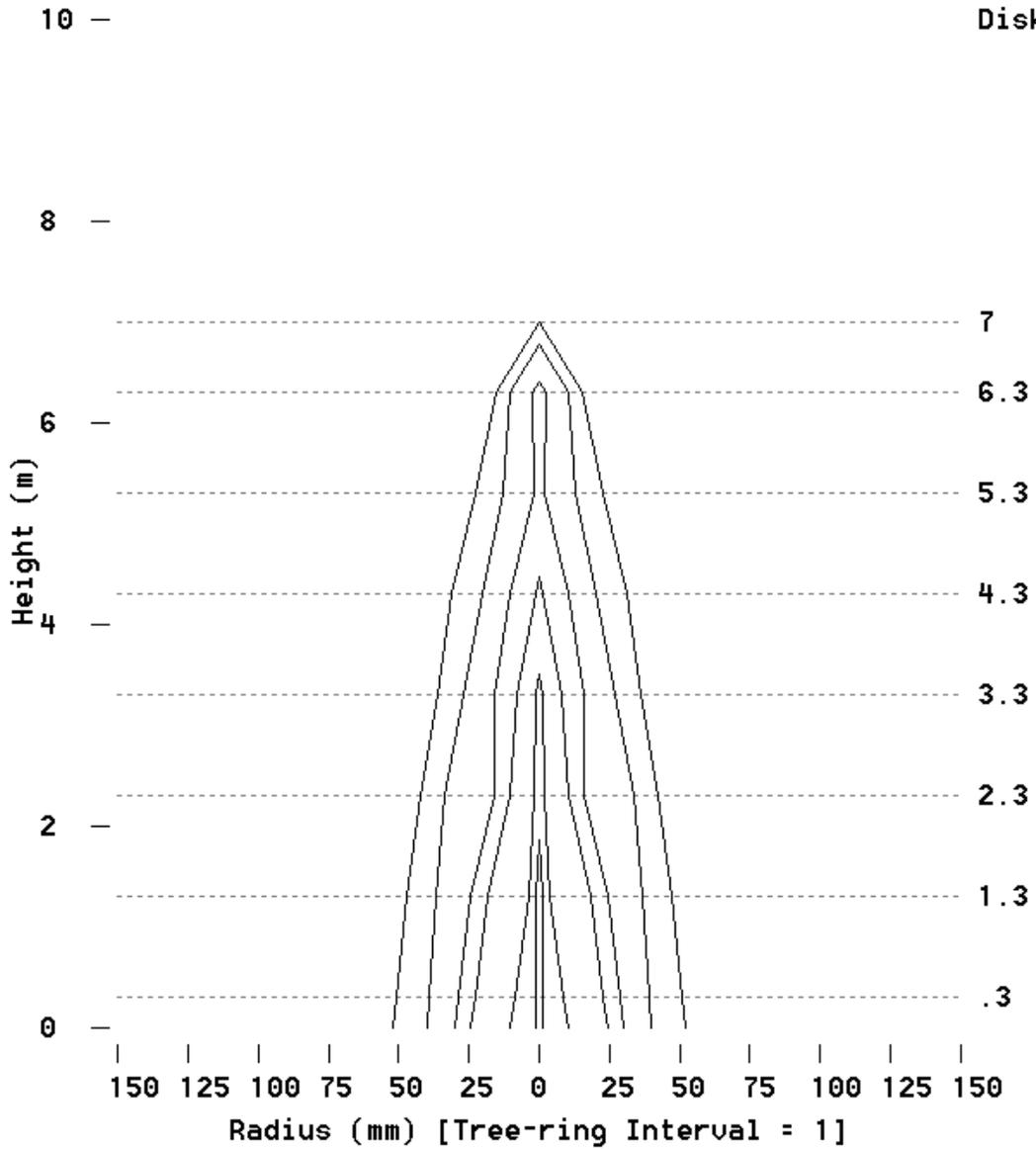
1100-下-7-98(RW-SDA)

7-98							
	胸高直徑	cm	樹高	m	材積		
Year	Annual	Total	Annual	Height	Annual	Total	形數
2000			0.86	0.86	2.29E-05	2.29E-05	
2001	0.43	0.43	1.44	2.30	0.00014666	0.000169549	5.09
2002	0.33	0.76	2.59	4.89	0.00039868	0.000568229	2.58
2003	1.04	1.79	0.41	5.30	0.00109792	0.00166615	1.25
2004	0.78	2.58	1.16	6.46	0.00161389	0.00328004	0.97
2005	1.41	3.99	0.06	6.53	0.00216952	0.00544956	0.67
2006	1.49	5.48	0.16	6.69	0.0046914	0.010141	0.64
2007	1.04	6.51	0.31	7.00	0.00426474	0.0144057	0.62



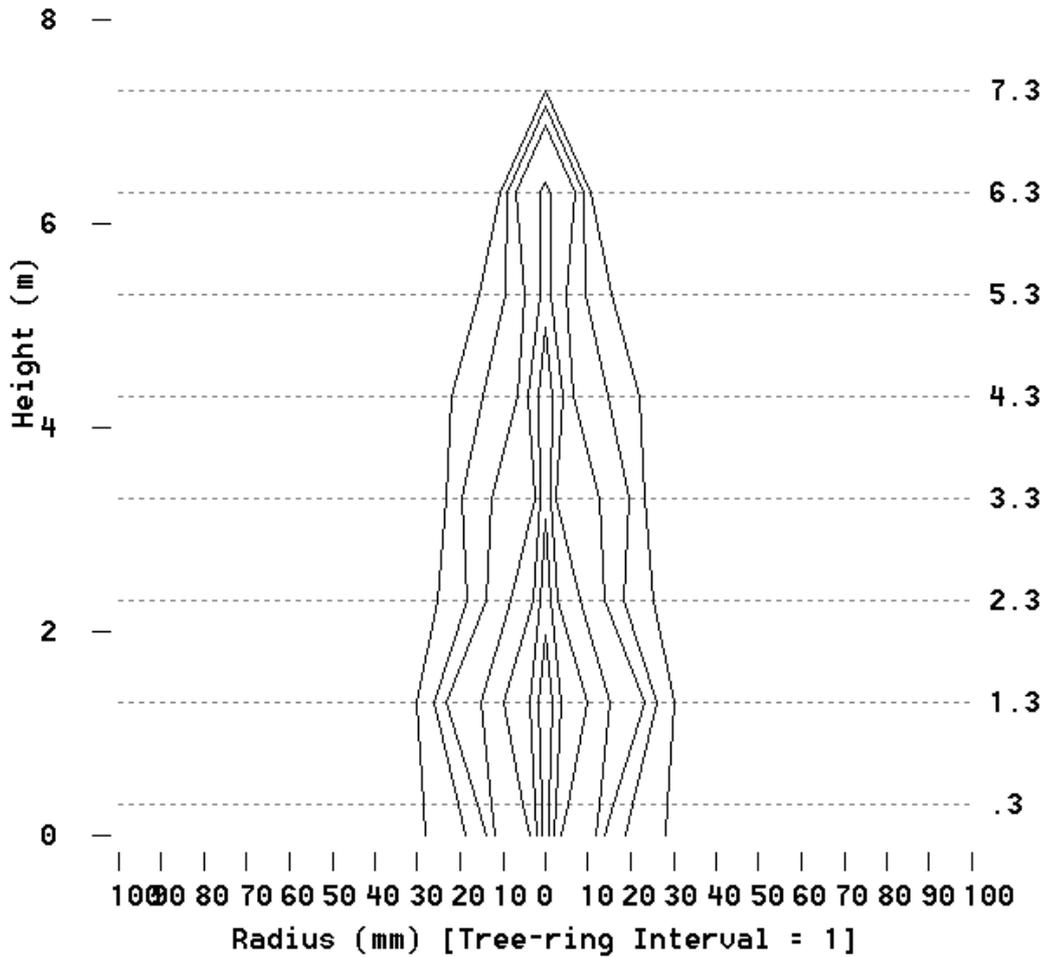
924-上-8-93(RW-SDA)

8-93	RD(CM)		H(M)		V(M3)		形數
	Annual	Total	Annual	Total	Annual	Total	
2001			0.45	0.45	1.81E-05	1.8E-05	
2002	0.27	0.27	4.02	4.48	0.000547	0.00057	21.36
2003	2.33	2.61	1.19	5.66	0.002347	0.00291	0.96
2004	2.06	4.66	0.67	6.34	0.006204	0.00912	0.84
2005	3.10	7.76	2.07	8.41	0.011082	0.0202	0.51
2006	2.41	10.18	0.38	8.79	0.013633	0.03383	0.47
2007	1.59	11.77	0.21	9.00	0.0181	0.05193	0.53



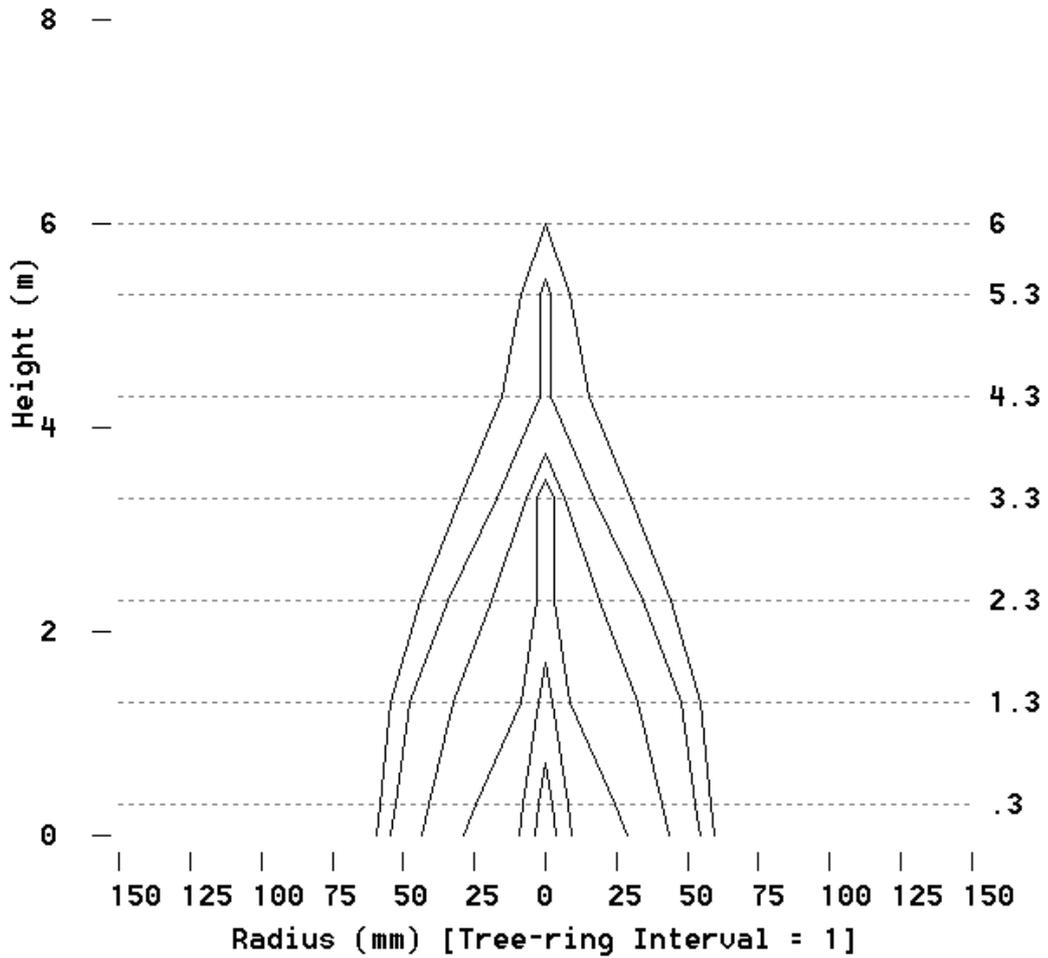
924-中-8-131(RW-SDA)

8-131	RD(CM)		H(M)		V(M3)		形數
	Annual	Total	Annual	Total	Annual	Total	
2002	0.21	0.21	1.87	1.87	5.1E-06	5.08351E-06	0.76
2003	0.49	0.70	1.65	3.51	0.00023	0.000237881	1.75
2004	2.98	3.68	0.95	4.47	0.00264	0.0028809	0.61
2005	1.21	4.89	1.93	6.40	0.00288	0.00575749	0.48
2006	2.47	7.35	0.38	6.78	0.01015	0.0159104	0.55
2007	2.10	9.46	0.22	7.00	0.01256	0.028475	0.58



924-下-8-57(RW-SDA)

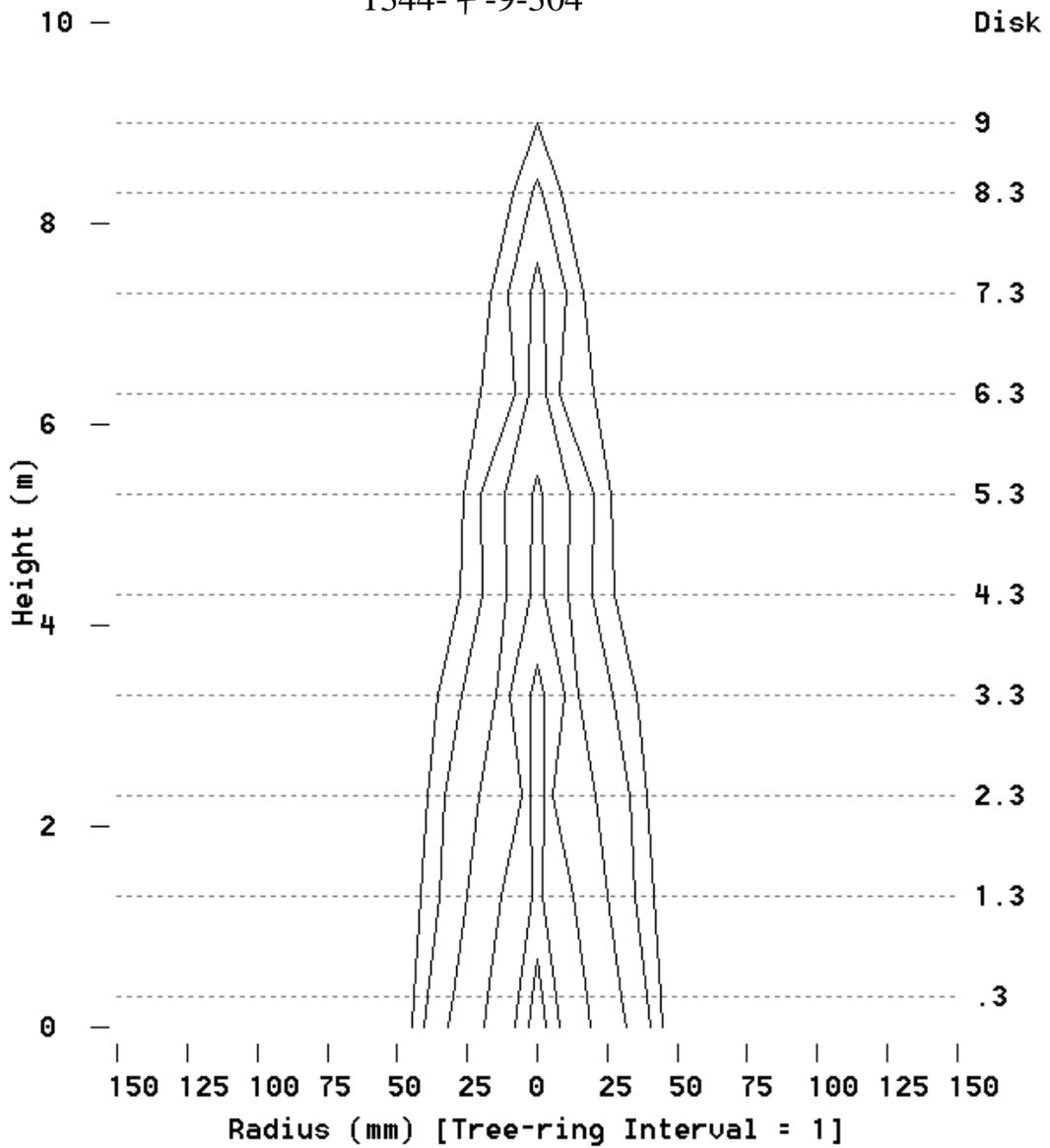
8-57	RD(CM)		H(M)		V(M3)		形數
	Annual	Total	Annual	Total	Annual	Total	
2001	0.29	0.29	1.96	1.96	6.444E-06	6.444E-06	0.49
2002	0.41	0.71	1.14	3.10	4.8574E-05	5.5018E-05	0.45
2003	1.22	1.93	1.87	4.98	0.00030363	0.00035865	0.25
2004	1.09	3.02	1.43	6.41	0.00098059	0.00133923	0.29
2005	1.60	4.62	0.55	6.96	0.00226458	0.00360381	0.31
2006	0.61	5.23	0.19	7.16	0.00297179	0.0065756	0.43
2007	0.78	6.01	0.14	7.30	0.00453904	0.0111146	0.54



1344-上-9-330(RW-SDA)

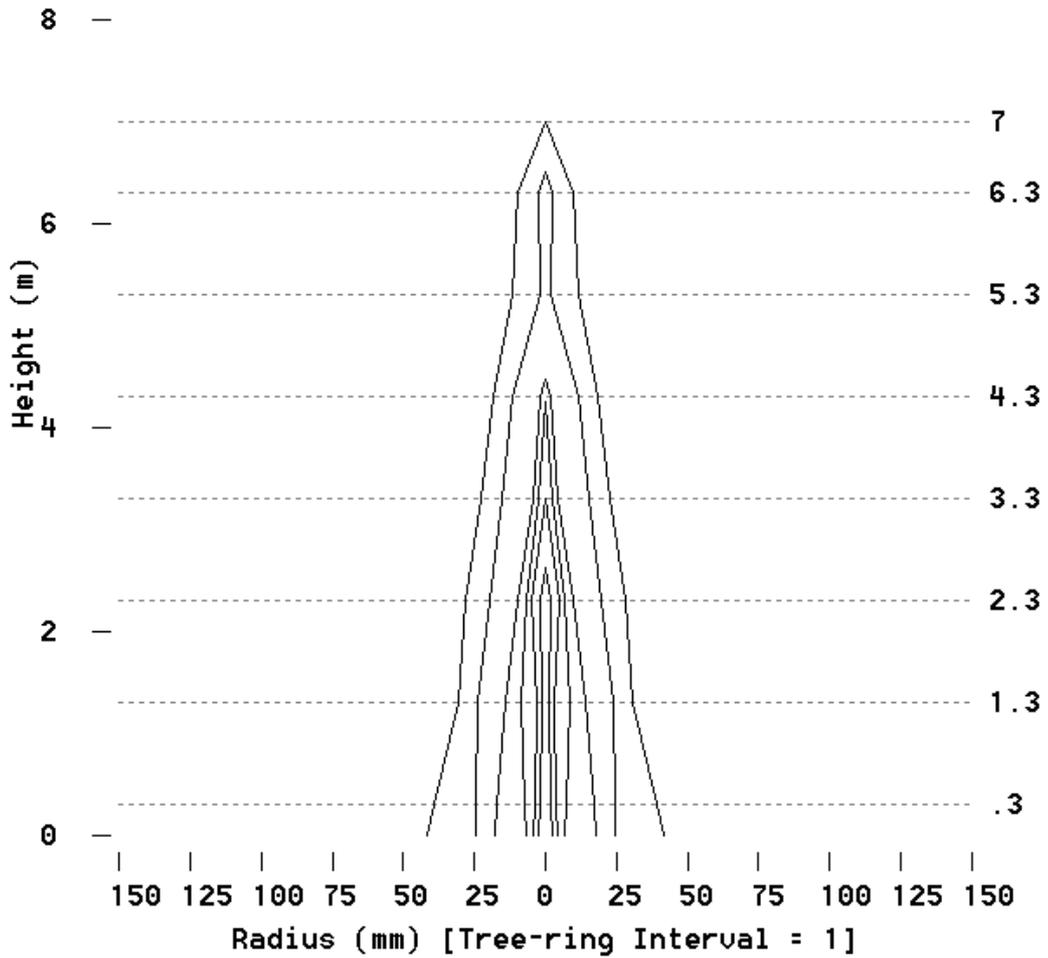
9-330	RD(CM)		H(M)		V(M3)		形數
	Annual	Total	Annual	Total	Annual	Total	
2002			0.71	0.71	1.15754E-05	1.15754E-05	
2003	0.44	0.44	0.99	1.70	0.000146585	0.000158161	6.15
2004	1.27	1.70	1.79	3.49	0.00156012	0.00171828	2.16
2005	4.80	6.51	0.26	3.74	0.00690426	0.00862254	0.69
2006	3.02	9.53	1.72	5.46	0.00987891	0.0185014	0.48
2007	1.34	10.87	0.54	6.00	0.00891108	0.0274125	0.49

1344-中-9-304



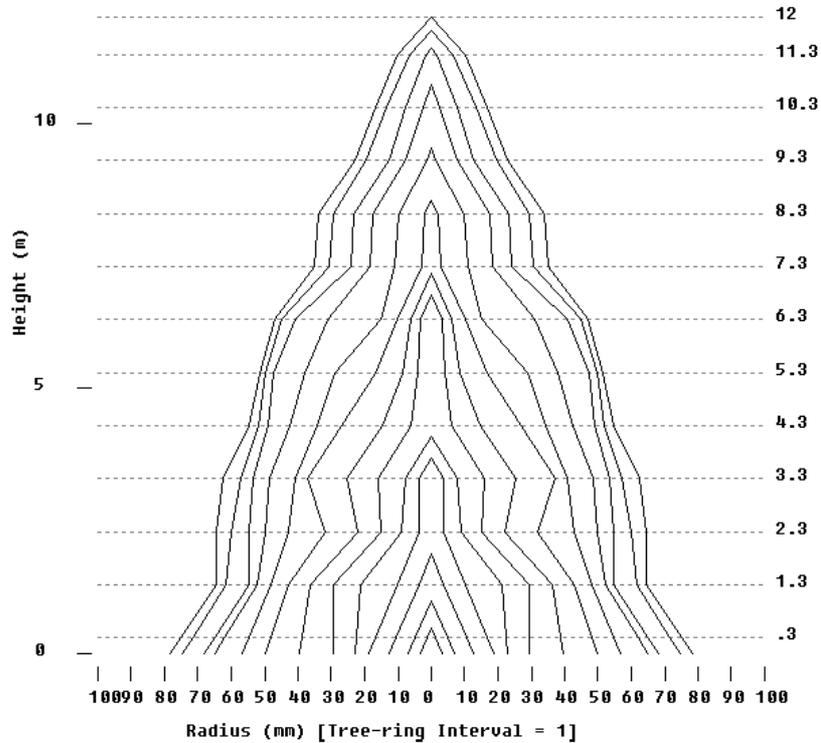
1344-中-9-304(RW-SDA)

9-304	RD(CM)		H(M)		V(M3)		型數
	Annual	Total	Annual	Total	Annual	Total	
2002			0.67	0.67	7.01E-06	0.00000701	
2003	0.39	0.39	2.94	3.61	0.0001407	0.00014772	3.35
2004	2.17	2.56	1.87	5.49	0.00152	0.00166775	0.59
2005	2.47	5.03	2.12	7.61	0.0054422	0.00710992	0.47
2006	1.94	6.97	0.83	8.45	0.0092031	0.016313	0.51
2007	1.37	8.34	0.55	9.00	0.0096777	0.0259906	0.53



1344-下-9-214(RW-SDA)

9-214	RD(CM)		H(M)		V(M3)		形數
	Annual	Total	Annual	Total	Annual	Total	
2002	0.27	0.27	2.63	2.63	1.99756E-05	1.9976E-05	1.34
2003	0.32	0.58	0.67	3.30	9.80119E-05	0.00011799	0.51
2004	1.17	1.75	0.95	4.25	0.000403768	0.00052176	0.62
2005	1.08	2.83	0.24	4.48	0.00121347	0.00173523	0.48
2006	1.95	4.78	2.02	6.50	0.00389691	0.00563214	0.69
2007	1.38	6.16	0.50	7.00	0.00693293	0.0125651	0.60



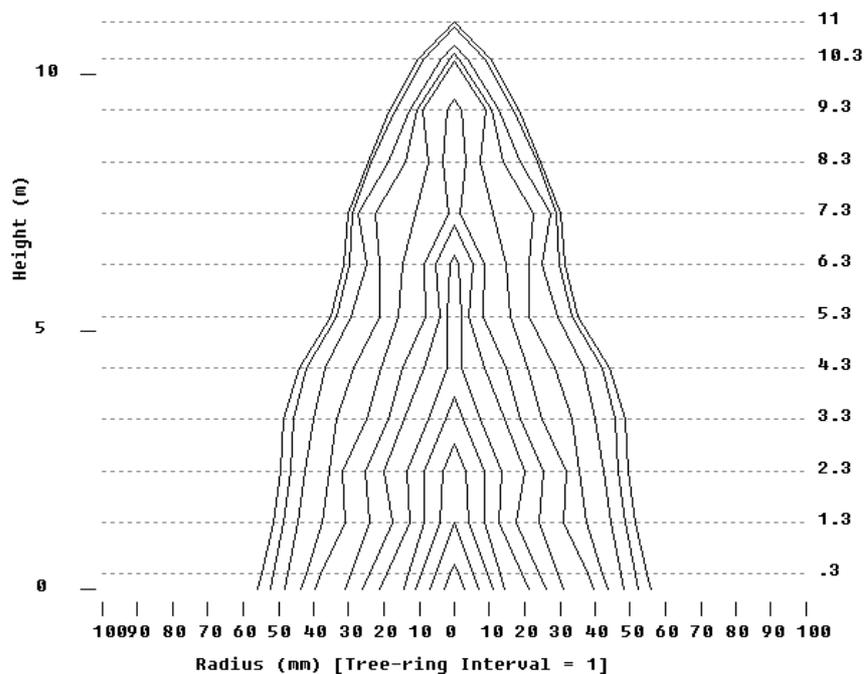
1000上13-73

13-73	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1995			0.49	0.49	5.99E-06	5.99E-06	
1996			0.50	0.98	4.32E-05	4.92E-05	
1997	0.73	0.73	0.89	1.87	0.000261	0.00031	3.99
1998	1.29	2.02	1.80	3.68	0.000781	0.001092	0.93
1999	2.24	4.26	0.41	4.08	0.001919	0.003011	0.52
2000	1.61	5.87	2.68	6.77	0.003424	0.006435	0.35
2001	1.37	7.25	0.39	7.16	0.005841	0.012277	0.42
2002	1.30	8.55	1.39	8.55	0.010079	0.022356	0.46
2003	1.12	9.67	0.97	9.52	0.011191	0.033547	0.48
2004	0.74	10.41	1.20	10.72	0.015131	0.048678	0.53
2005	0.53	10.94	0.69	11.42	0.013658	0.062336	0.58
2006	1.36	12.30	0.33	11.75	0.013868	0.076204	0.55
2007	0.63	12.93	0.25	12.00	0.011403	0.087607	0.56

# 1000 中 13-68

15 —

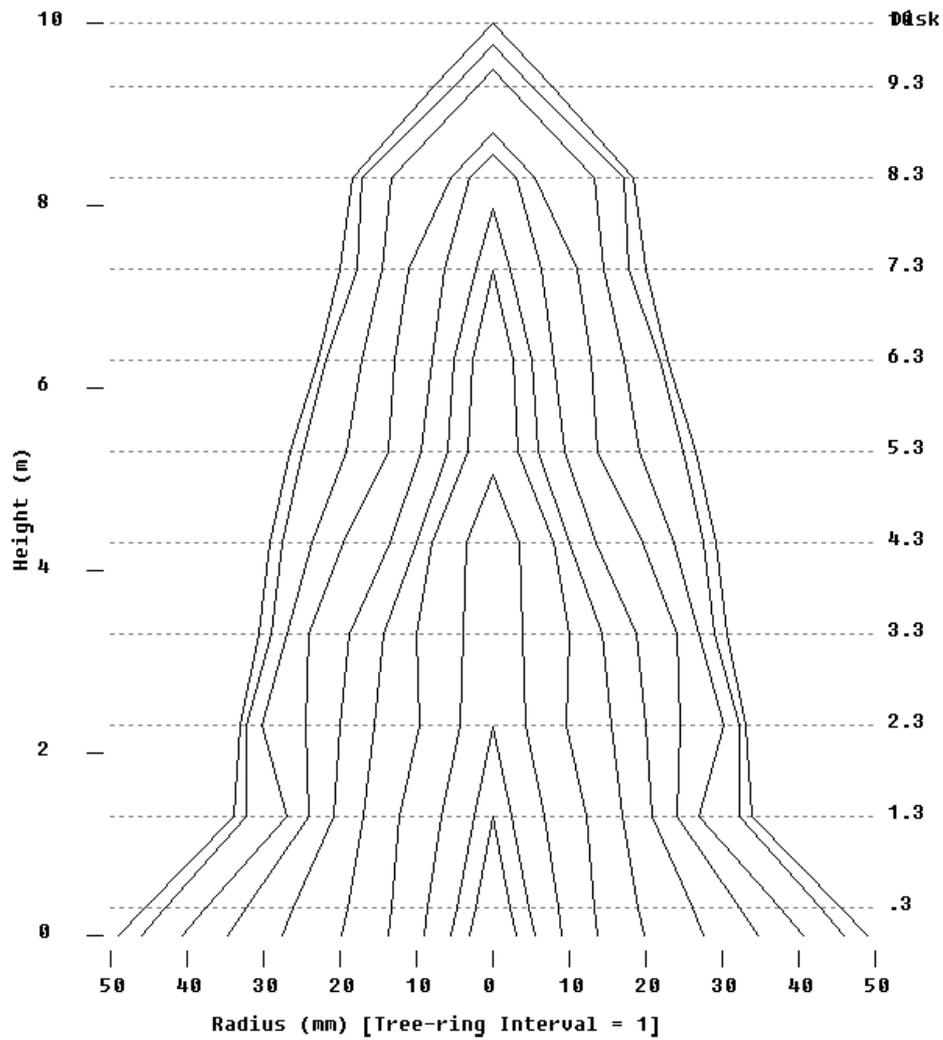
Disk



1000中13-68

13-68	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑 生長(1.3m)	胸高 直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1996			0.49	0.49	3.73E-06	3.73E-06	
1997			0.81	1.30	6.56E-05	6.94E-05	
1998	0.79	0.79	1.53	2.83	0.00022	0.000289	2.06
1999	0.91	1.70	0.91	3.74	0.00058	0.000869	1.02
2000	0.81	2.51	2.73	6.48	0.001311	0.00218	0.68
2001	0.97	3.47	0.59	7.07	0.00241	0.004589	0.69
2002	1.33	4.81	2.44	9.51	0.00366	0.008249	0.48
2003	1.40	6.21	0.74	10.25	0.006996	0.015245	0.49
2004	1.28	7.49	0.15	10.40	0.008917	0.024162	0.53
2005	1.39	8.88	0.15	10.55	0.011135	0.035297	0.54
2006	0.87	9.75	0.35	10.90	0.009392	0.044689	0.55
2007	0.50	10.26	0.10	11.00	0.005192	0.049881	0.55

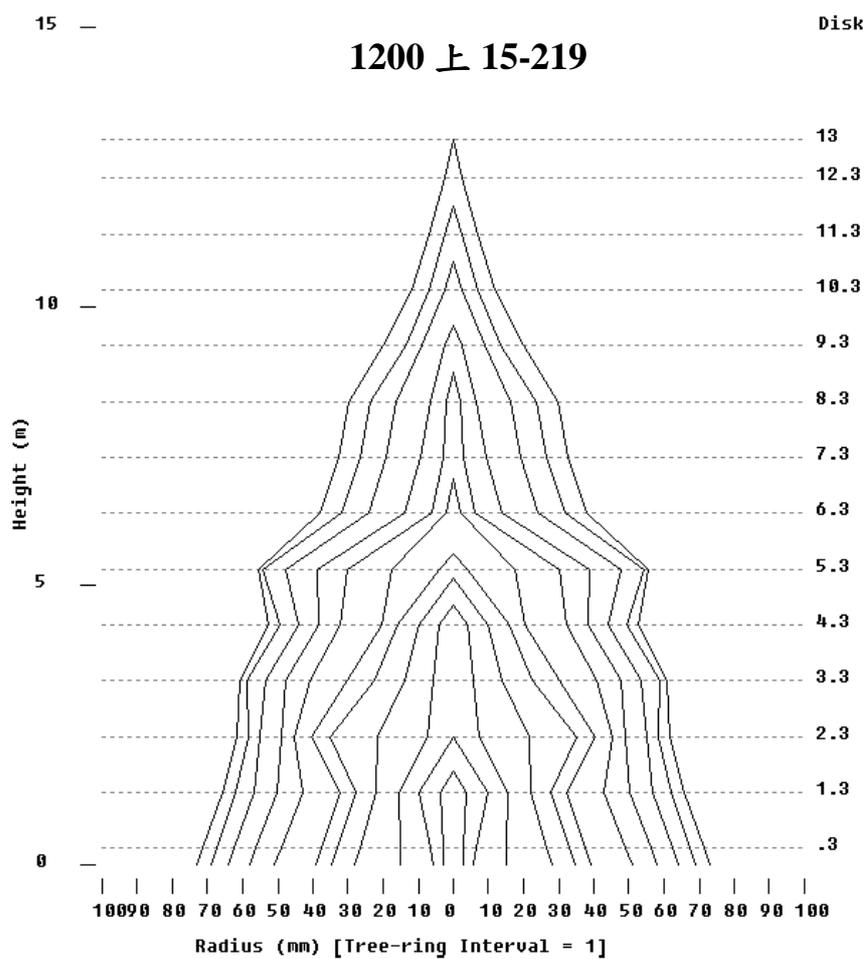
1000 下 14-229



1000下14-229

14-229	直徑生長(cm)		樹高	(m)	材積	(m <sup>3</sup> )	形數
Year	每年直徑生長(1.3m)	胸高直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1998			1.30	1.30	1.22E-05	1.22E-05	
1999	0.50	0.50	0.98	2.28	6.21E-05	7.43E-05	1.67
2000	0.87	1.37	2.77	5.05	0.000387	0.000462	0.62
2001	1.09	2.45	2.24	7.29	0.001297	0.001758	0.51
2002	0.92	3.37	0.68	7.97	0.001928	0.003686	0.52
2003	0.80	4.18	0.59	8.56	0.00295	0.006636	0.57
2004	0.63	4.80	0.22	8.79	0.004223	0.010859	0.68
2005	0.60	5.40	0.70	9.48	0.005137	0.015996	0.74
2006	1.03	6.44	0.28	9.76	0.00555	0.021546	0.68
2007	0.36	6.79	0.24	10.00	0.002664	0.02421	0.67

#### 4. 苦楝樹幹解析樣木資料



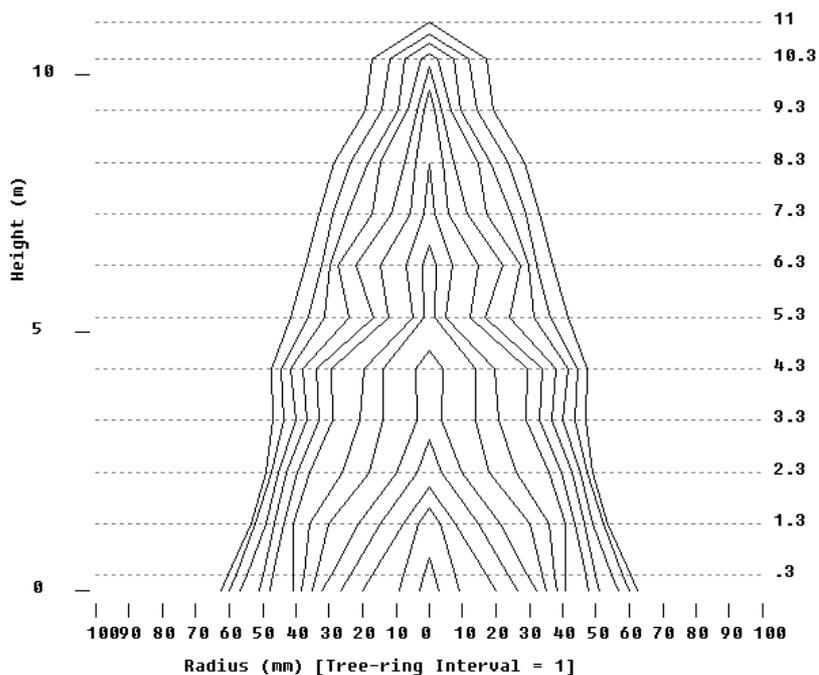
1200上15-219

15-219	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑生長 (1.3m)	胸高直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1997	0.74	0.74	1.68	1.68	4.88E-05	4.88E-05	0.68
1998	1.21	1.95	0.62	2.30	0.000298	0.000346	0.51
1999	1.15	3.09	2.36	4.66	0.001253	0.0016	0.46
2000	1.32	4.41	0.48	5.15	0.004025	0.005624	0.72
2001	1.18	5.59	0.41	5.56	0.005668	0.011292	0.83
2002	0.86	6.45	1.36	6.93	0.005573	0.016865	0.75
2003	2.09	8.54	1.89	8.82	0.012565	0.02943	0.58
2004	1.47	10.00	0.85	9.67	0.011244	0.040674	0.54
2005	1.30	11.31	1.14	10.81	0.014726	0.055401	0.51
2006	1.13	12.44	0.99	11.80	0.014193	0.069593	0.49
2007	0.68	13.12	1.20	13.00	0.010955	0.080548	0.46

# 1200 中 15-127

15 —

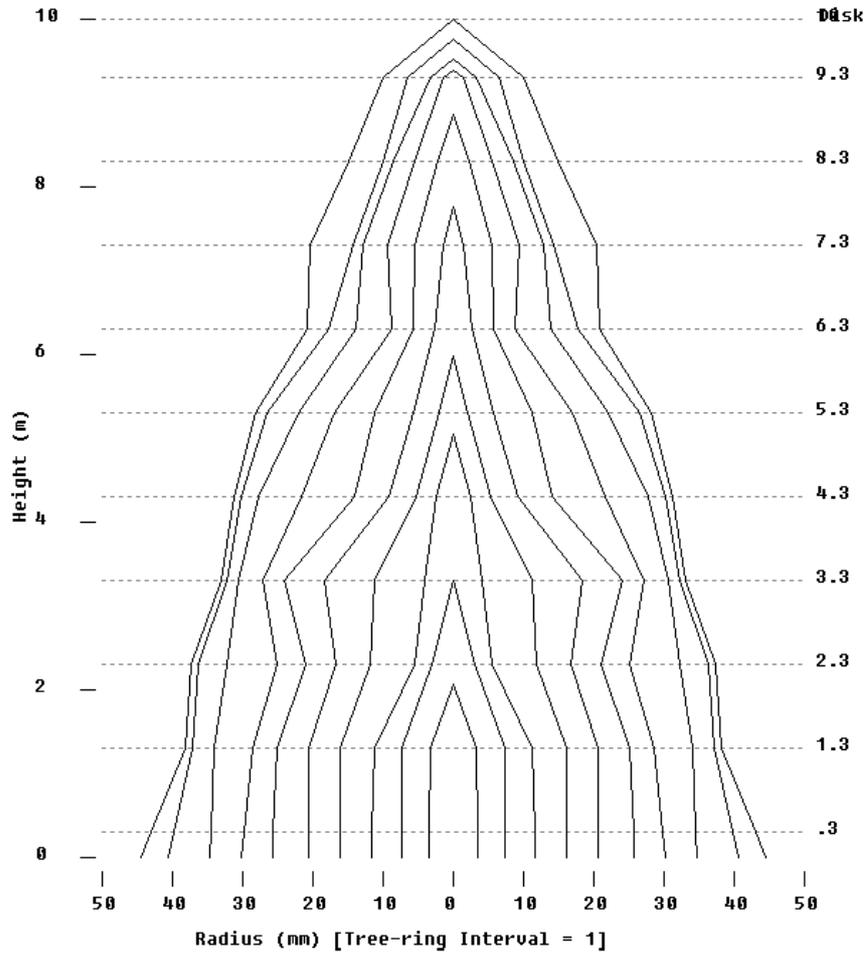
Disk



1200中15-127

15-127	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑生長 (1.3m)	胸高直 徑	Annual	Total	Annual	Total	
1995			0.63	0.63	5.32E-06	5.32E-06	
1996	0.68	0.68	0.97	1.61	0.000171	0.000176	3.04
1997	0.89	1.57	0.41	2.02	0.000718	0.000894	2.29
1998	1.38	2.95	0.92	2.93	0.001209	0.002102	1.05
1999	1.26	4.22	1.71	4.64	0.001823	0.003925	0.6
2000	1.82	6.04	2.05	6.69	0.003951	0.007876	0.41
2001	1.13	7.17	1.57	8.26	0.004466	0.012342	0.37
2002	1.02	8.19	1.42	9.68	0.007497	0.01984	0.39
2003	0.54	8.73	0.47	10.15	0.006451	0.026291	0.43
2004	0.59	9.31	0.26	10.4	0.007031	0.033322	0.47
2005	0.49	9.8	0.2	10.61	0.007925	0.041247	0.52
2006	0.63	10.43	0.17	10.78	0.007719	0.048965	0.53
2007	0.28	10.71	0.22	11	0.008278	0.057243	0.58

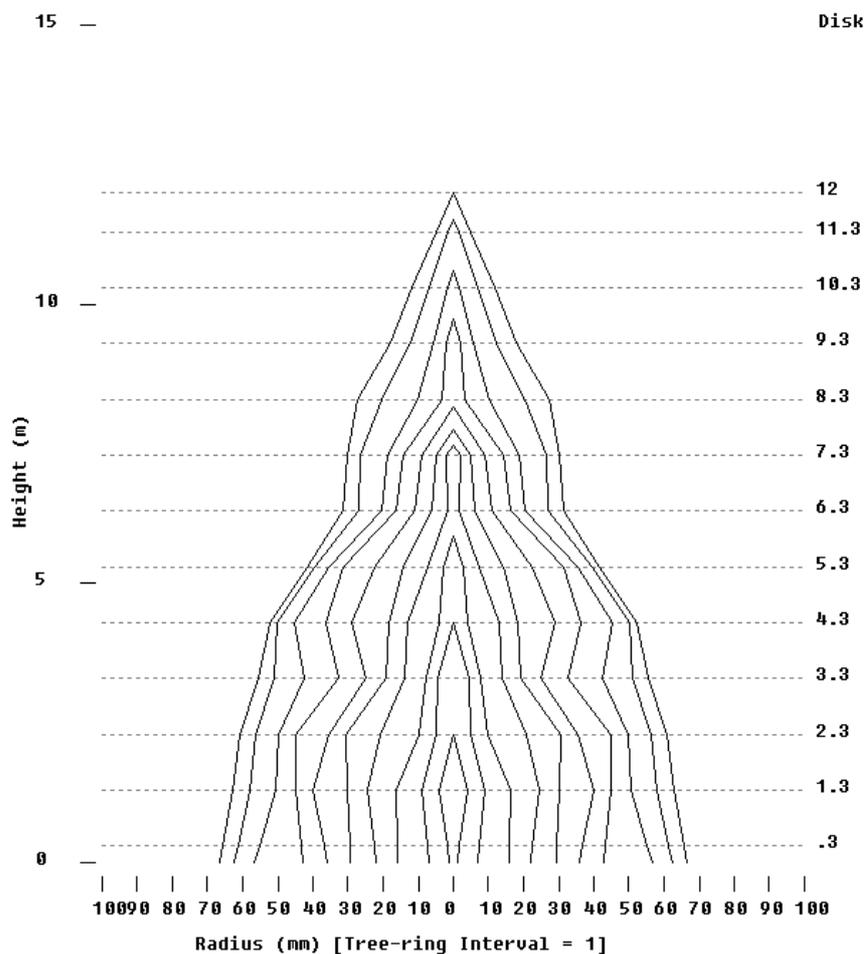
## 1200 下 18.257



1200下18.257

18-257	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑 生長(1.3m)	胸高 直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1998	0.66	0.66	2.06	2.06	5.72E-05	5.72E-05	0.80
1999	0.82	1.49	1.24	3.30	0.000266	0.000323	0.56
2000	0.77	2.26	1.75	5.05	0.000558	0.00088	0.44
2001	0.98	3.23	0.93	5.98	0.0015	0.00238	0.48
2002	0.89	4.12	1.79	7.77	0.002278	0.004658	0.45
2003	0.90	5.02	1.09	8.86	0.003331	0.00799	0.46
2004	0.68	5.70	0.54	9.40	0.003985	0.011975	0.50
2005	1.13	6.83	0.13	9.53	0.006162	0.018136	0.52
2006	0.59	7.42	0.24	9.77	0.004626	0.022763	0.54
2007	0.21	7.63	0.23	10.00	0.00342	0.026182	0.57

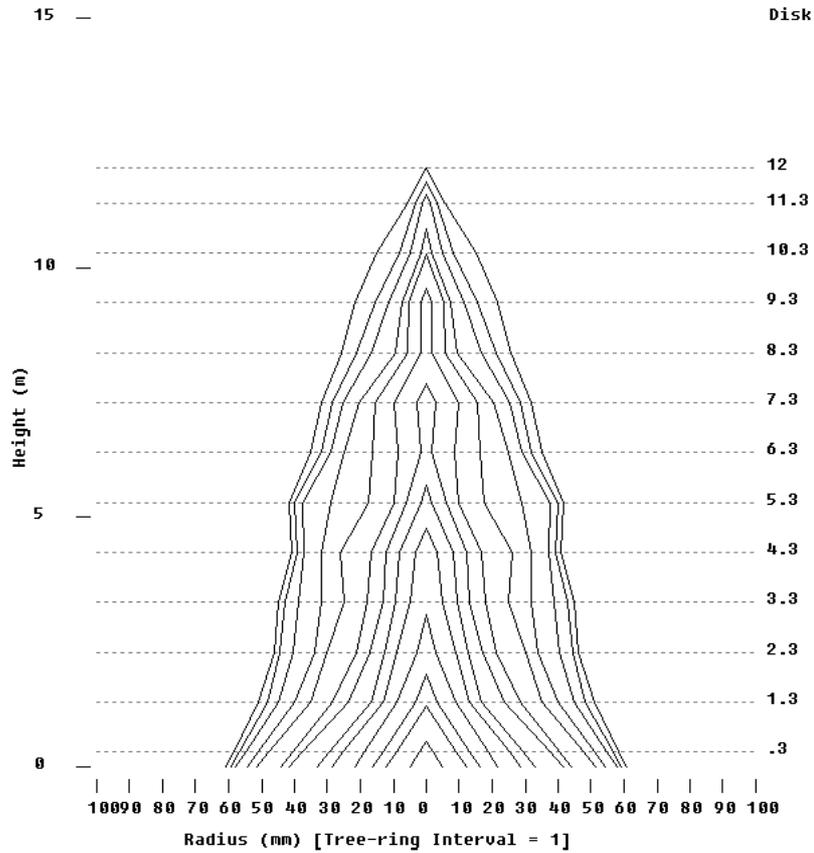
# 1500 上 17-292



1500上17-292

17-292	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積 (m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑 生長(1.3m)	胸高 直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1998	0.82	0.82	2.30	2.30	4.78E-05	4.78E-05	0.39
1999	0.98	1.80	2.00	4.30	0.000464	0.000511	0.47
2000	1.47	3.27	1.54	5.84	0.001509	0.00202	0.41
2001	1.62	4.89	1.65	7.48	0.003747	0.005768	0.41
2002	1.15	6.04	0.27	7.76	0.005142	0.01091	0.49
2003	1.92	7.96	0.40	8.16	0.007932	0.018842	0.46
2004	1.04	9.00	1.58	9.74	0.010385	0.029227	0.47
2005	1.14	10.14	0.86	10.60	0.013078	0.042305	0.49
2006	1.42	11.56	0.92	11.52	0.014794	0.057099	0.47
2007	0.99	12.56	0.48	12.00	0.011148	0.068247	0.46

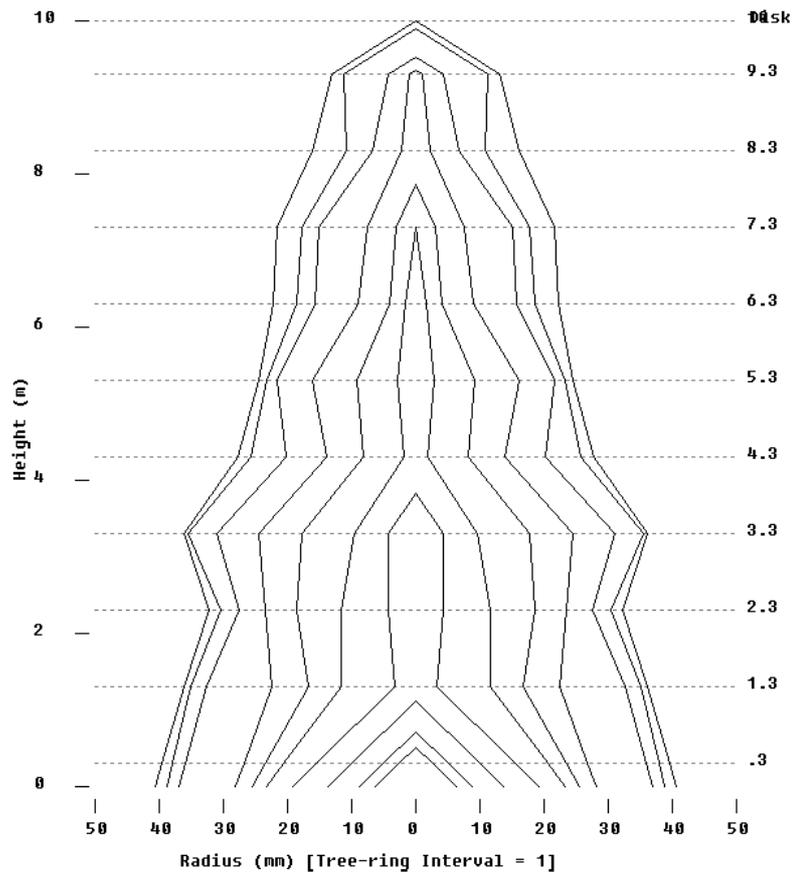
# 1500 中 16-333



1500中16-333

16-333	直徑生長(cm)		樹高(m)		材積(m <sup>3</sup> )		形數
Year	每年直徑 生長(1.3m)	胸高 直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1995			0.50	0.50	1.24E-05	1.24E-05	
1996			0.73	1.23	0.000175	0.000187	
1997	0.68	0.68	0.63	1.86	0.000264	0.000451	6.70
1998	1.13	1.81	1.20	3.06	0.000708	0.001159	1.47
1999	0.82	2.63	1.73	4.79	0.001311	0.00247	0.95
2000	0.74	3.38	0.85	5.63	0.001594	0.004064	0.81
2001	1.38	4.75	2.05	7.68	0.003289	0.007353	0.54
2002	0.99	5.75	1.92	9.60	0.00346	0.010813	0.43
2003	1.29	7.04	0.67	10.26	0.008531	0.019344	0.48
2004	0.93	7.97	0.53	10.79	0.008413	0.027757	0.52
2005	0.99	8.96	0.67	11.46	0.0107	0.038457	0.53
2006	0.70	9.67	0.24	11.71	0.006927	0.045384	0.53
2007	0.57	10.23	0.29	12.00	0.006435	0.051819	0.53

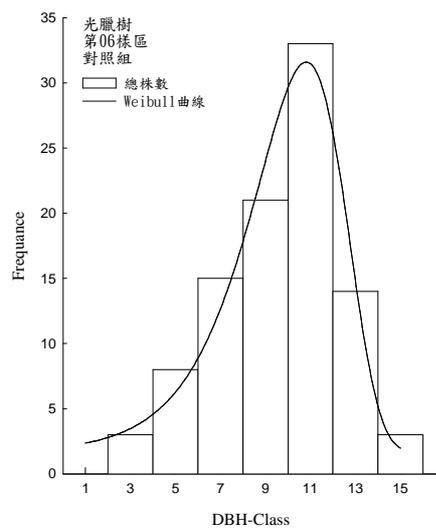
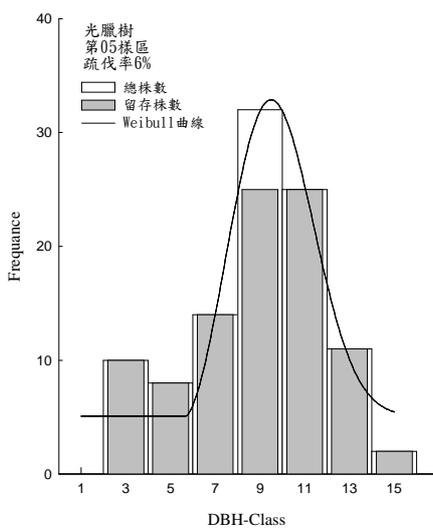
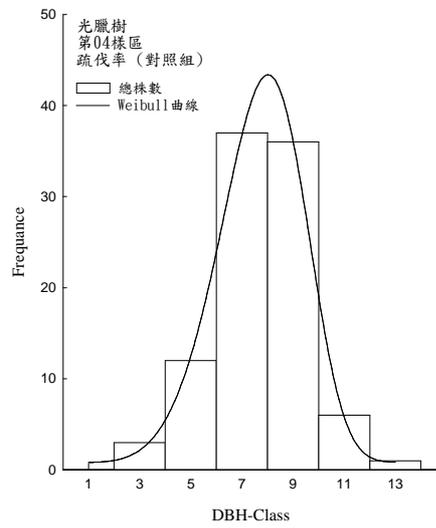
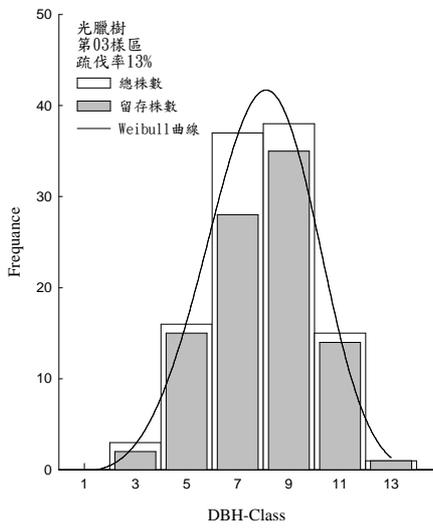
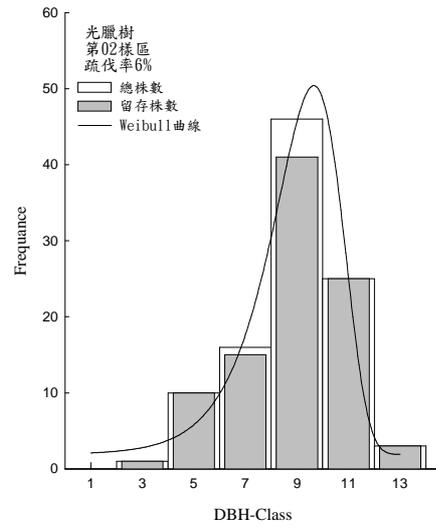
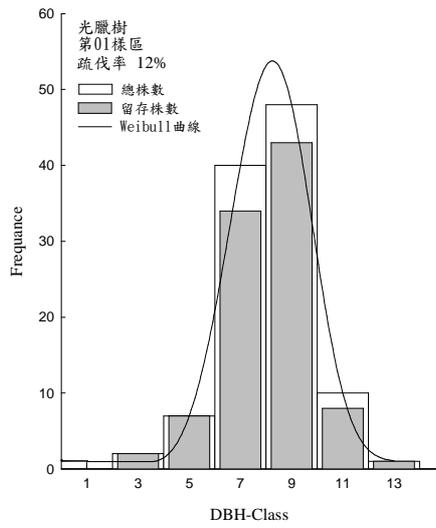
# 1500 下 16-317



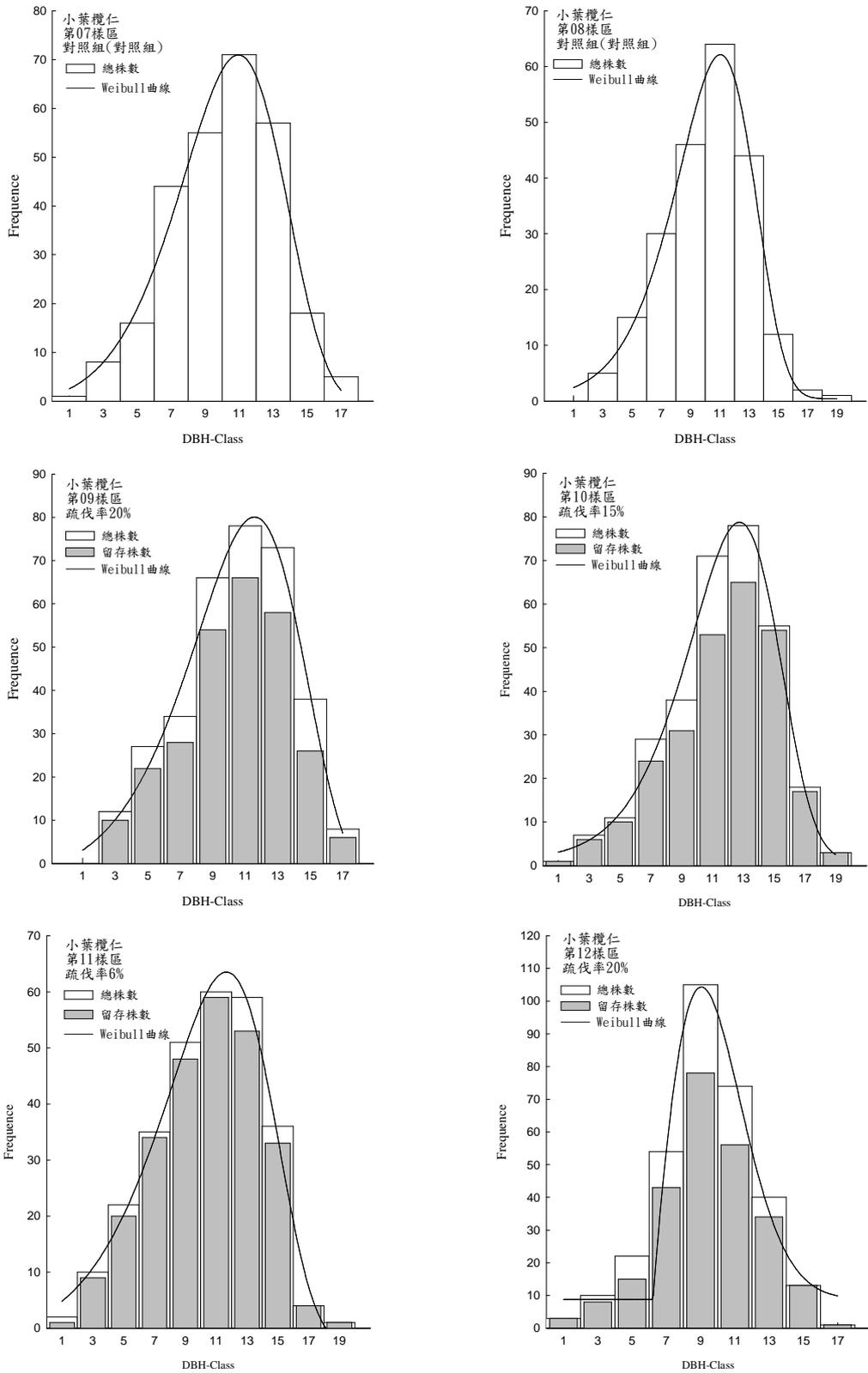
1500下16-317

16-317	直徑生長(cm)		樹高	(m)	材積	(m <sup>3</sup> )	形數
Year	每年直徑 生長(1.3m)	胸高 直徑	Annual	Total	Annual	Total	
1998			0.52	0.52	2.16E-05	2.16E-05	
1999			0.20	0.72	3.72E-05	5.88E-05	
2000			0.40	1.12	0.000164	0.000223	
2001	0.64	0.64	2.71	3.83	0.000483	0.000706	5.73
2002	1.71	2.34	3.47	7.30	0.001536	0.002242	0.71
2003	1.01	3.35	0.57	7.87	0.002622	0.004865	0.70
2004	1.15	4.50	1.49	9.36	0.003941	0.008806	0.59
2005	2.01	6.51	0.17	9.53	0.00747	0.016276	0.51
2006	0.52	7.04	0.37	9.90	0.004512	0.020789	0.54
2007	0.18	7.21	0.10	10.00	0.003058	0.023846	0.58

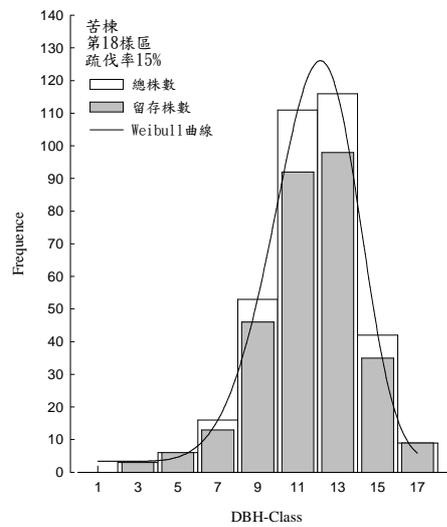
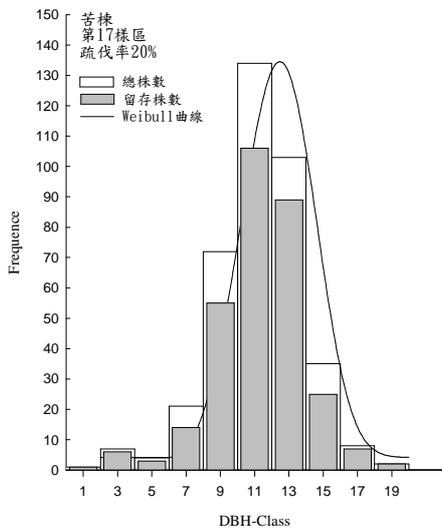
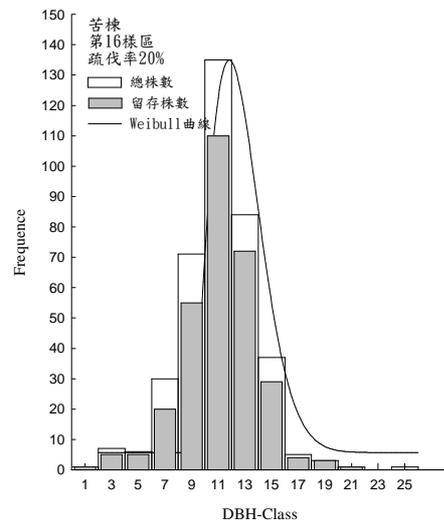
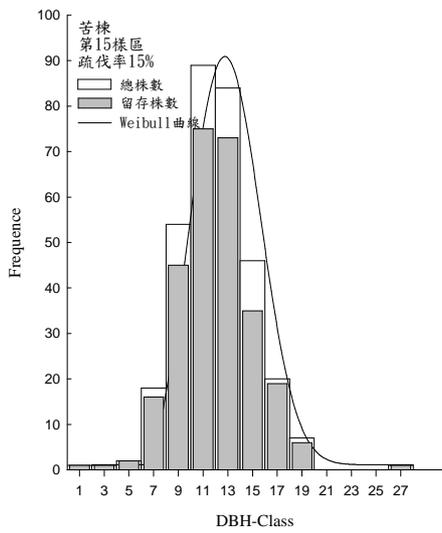
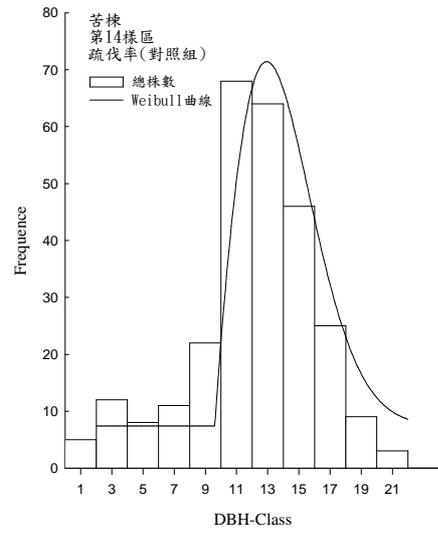
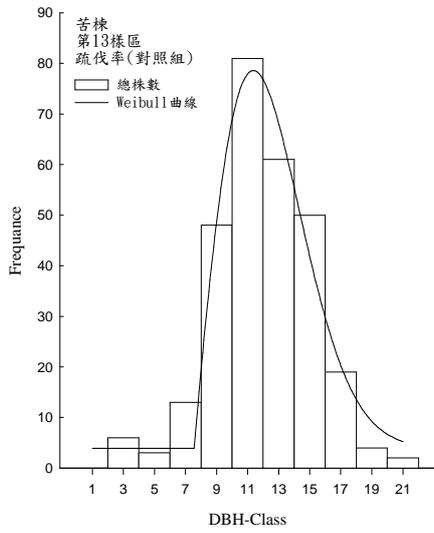
## 5. 光臘樹樣區直徑分佈結構與疏伐木分配直徑級對照圖



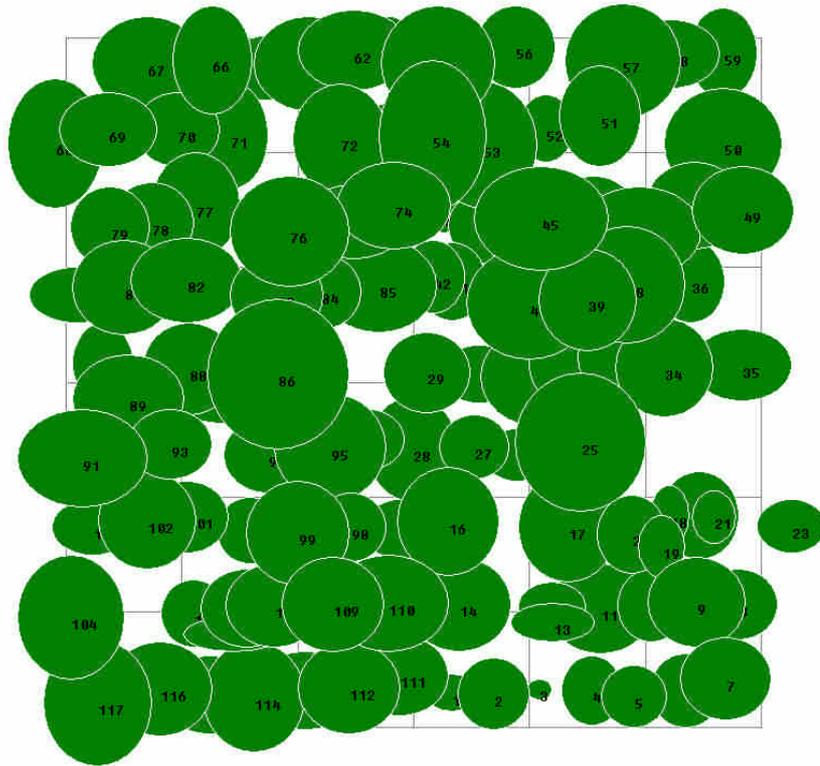
## 6. 小葉欖仁樣區直徑分佈結構與疏伐木分配直徑級對照圖



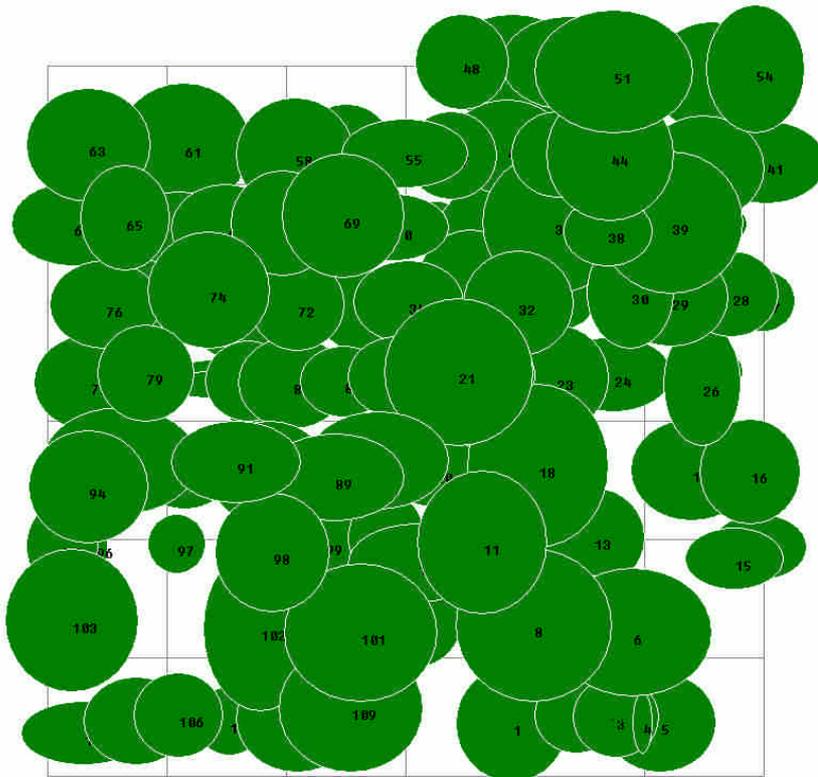
## 7. 苦楝樣區直徑分佈結構與疏伐木分配直徑級對照圖



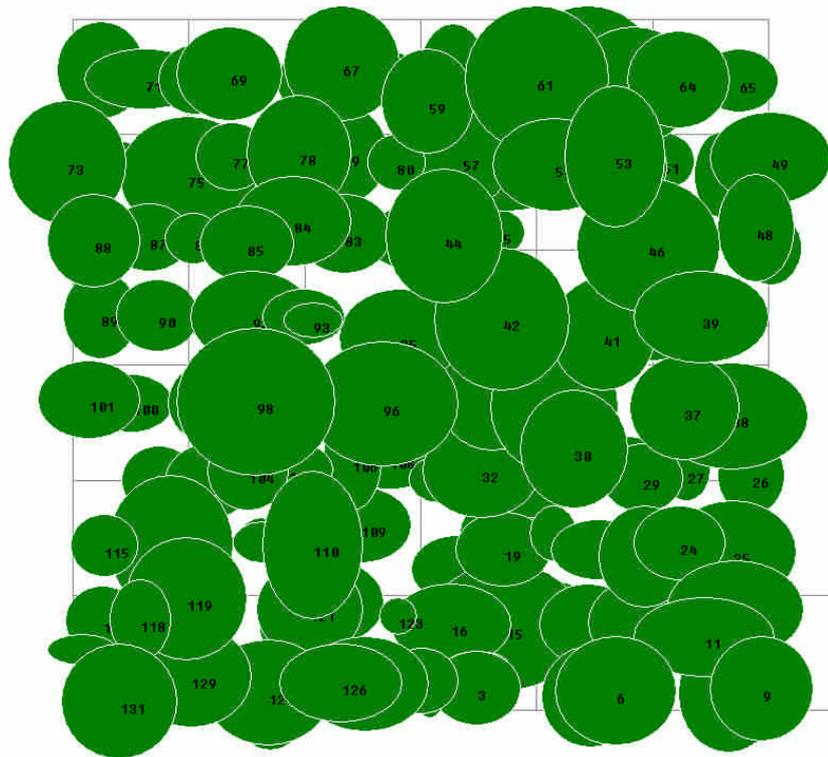
8. 研究樣區林分冠層投影圖



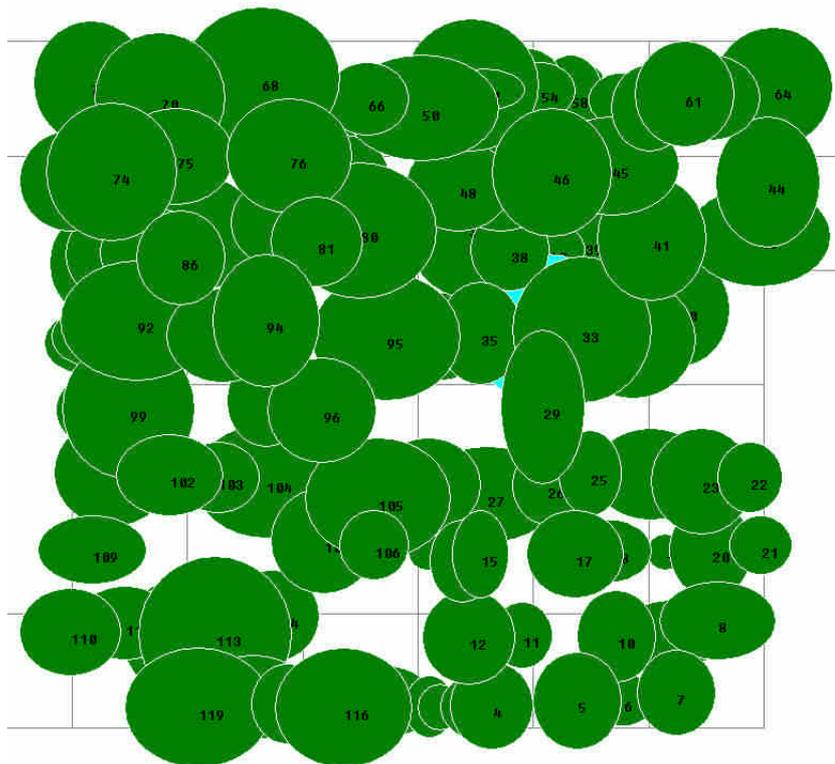
光臘樹第 01 樣區樹冠投影圖



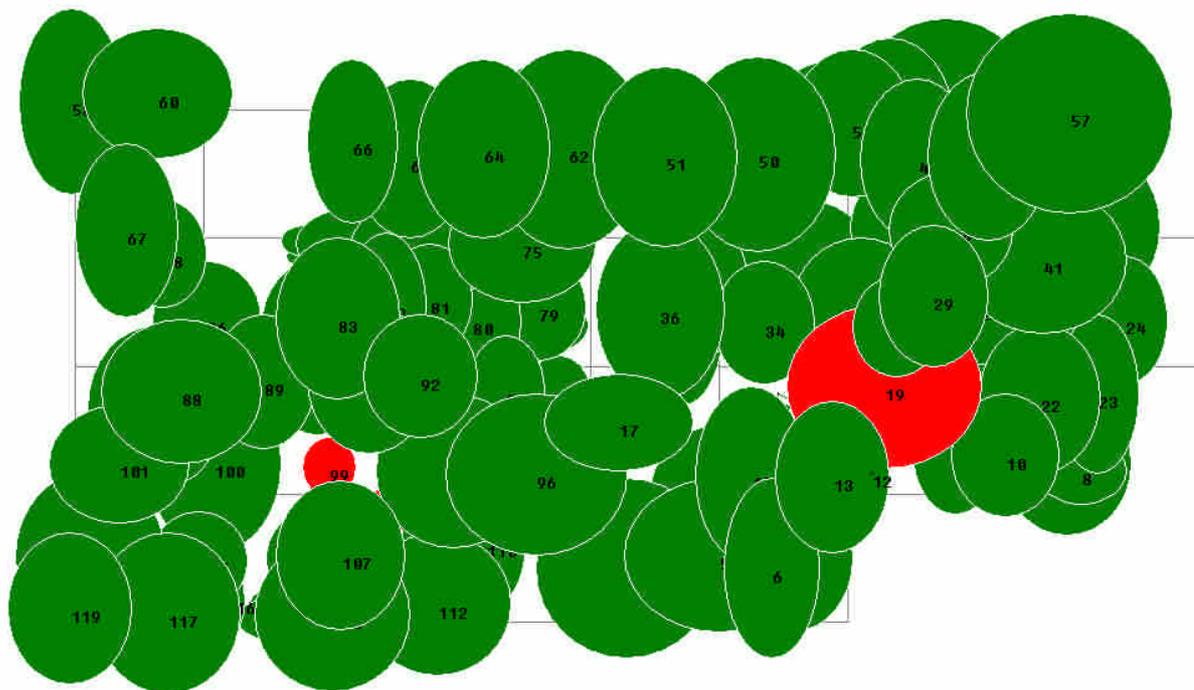
光臘樹第 02 樣區樹冠投影圖



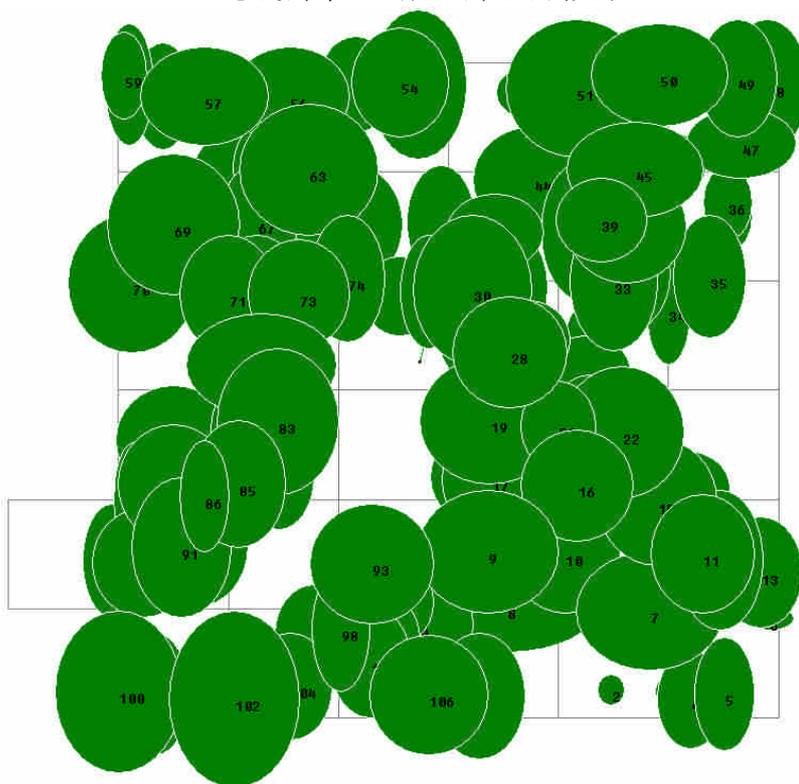
光臘樹第 03 樣區樹冠投影圖



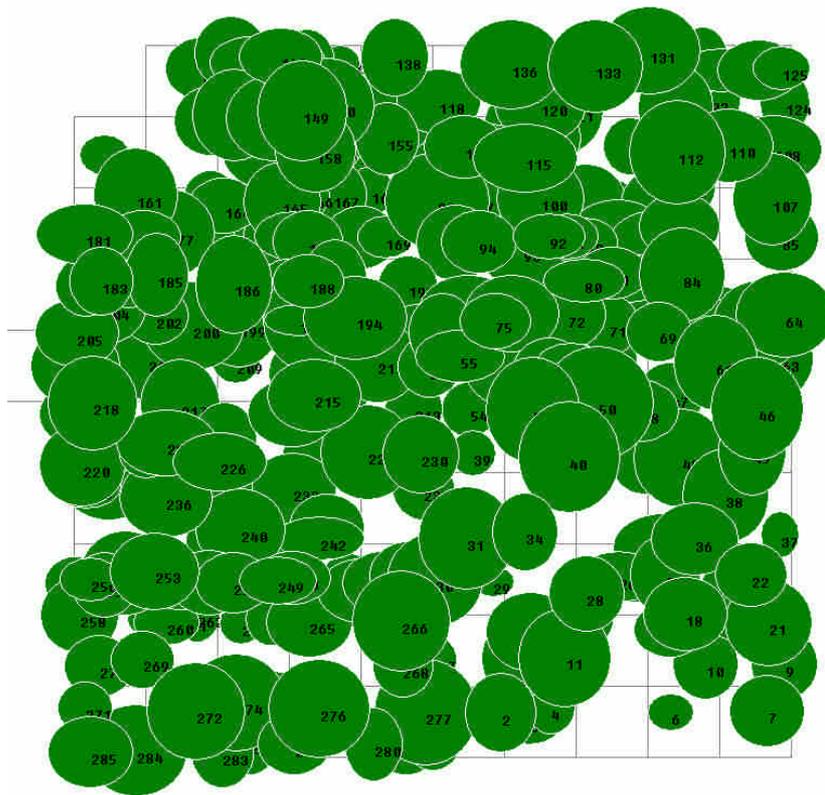
光臘樹第 04 樣區樹冠投影圖



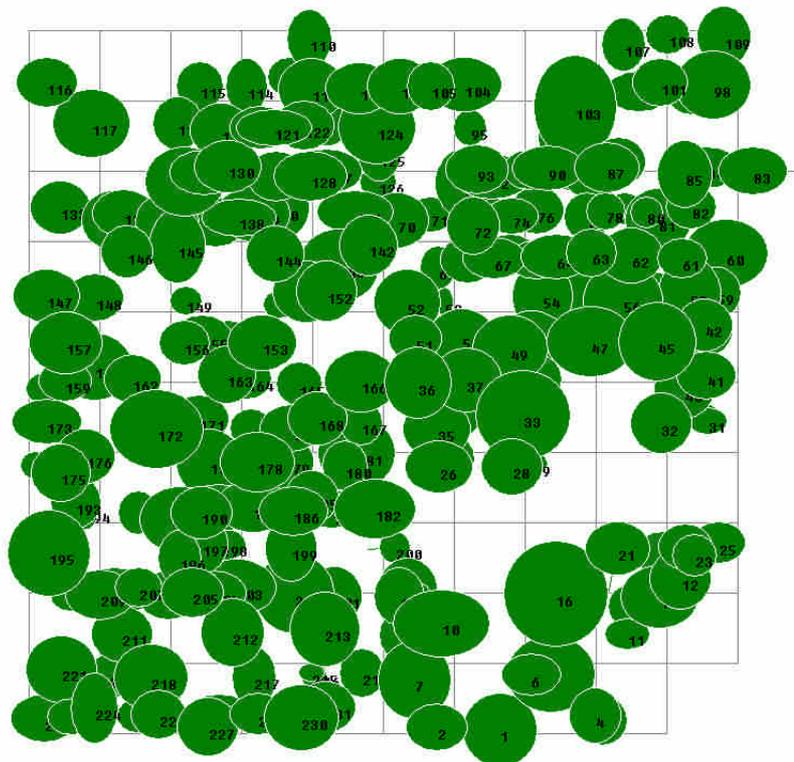
光臘樹第 05 樣區樹冠投影圖



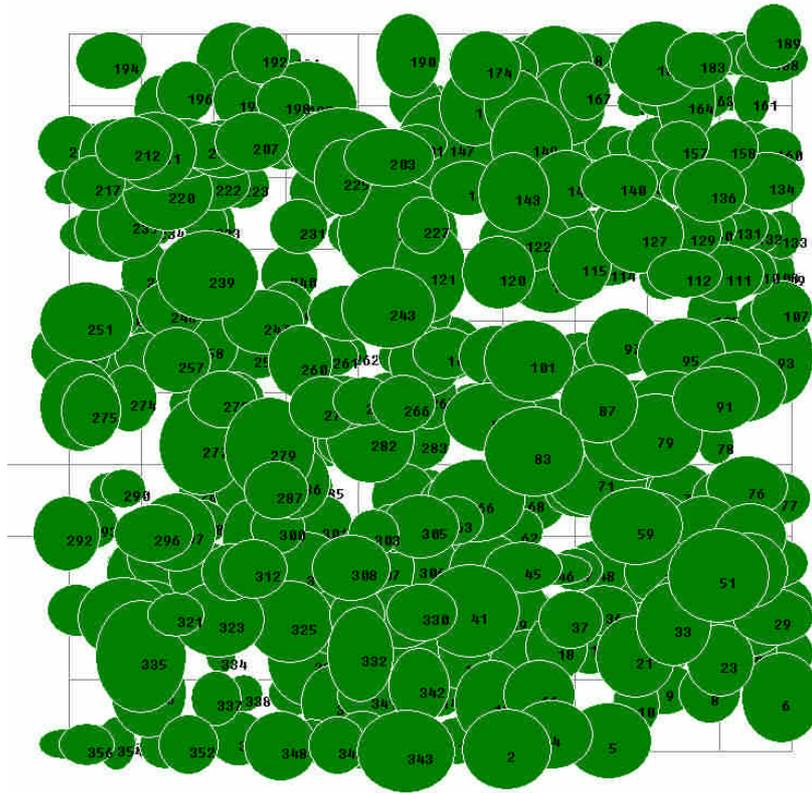
光臘樹第 06 樣區樹冠投影圖



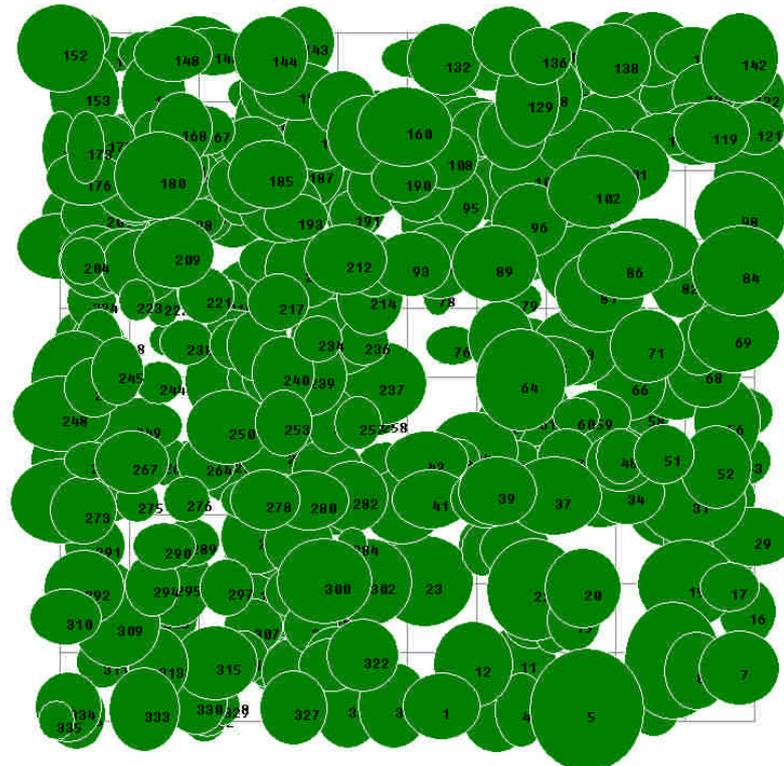
小葉欖仁第 07 樣區樹冠投影圖



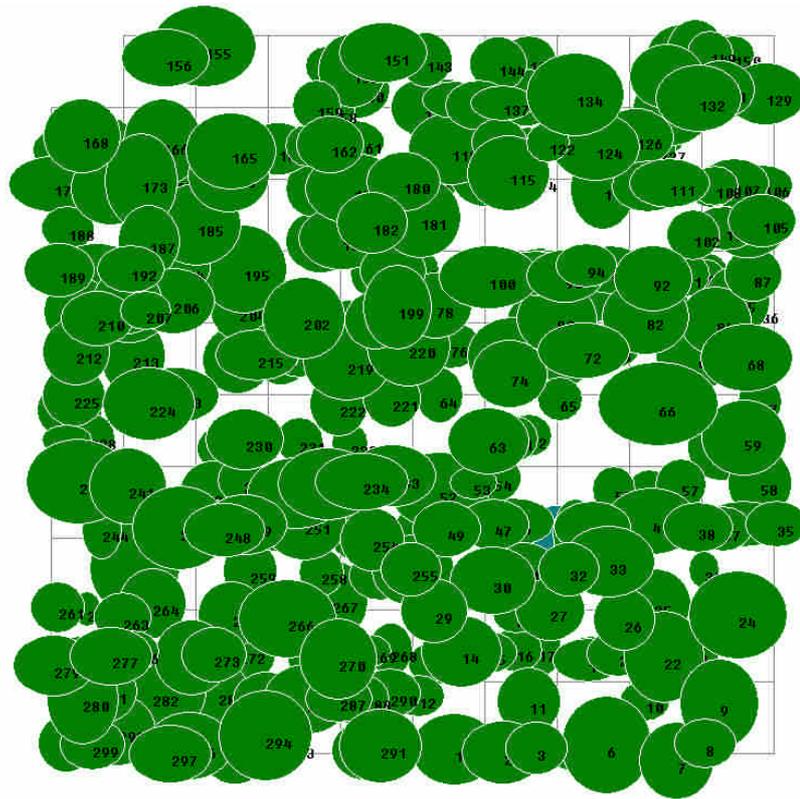
小葉欖仁第 08 樣區樹冠投影圖



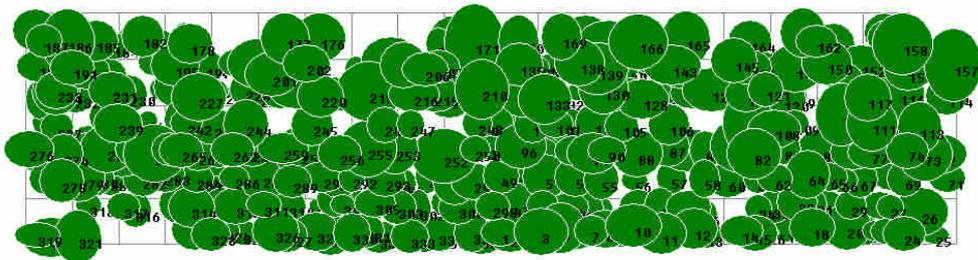
小葉欖仁第 09 樣區樹冠投影圖



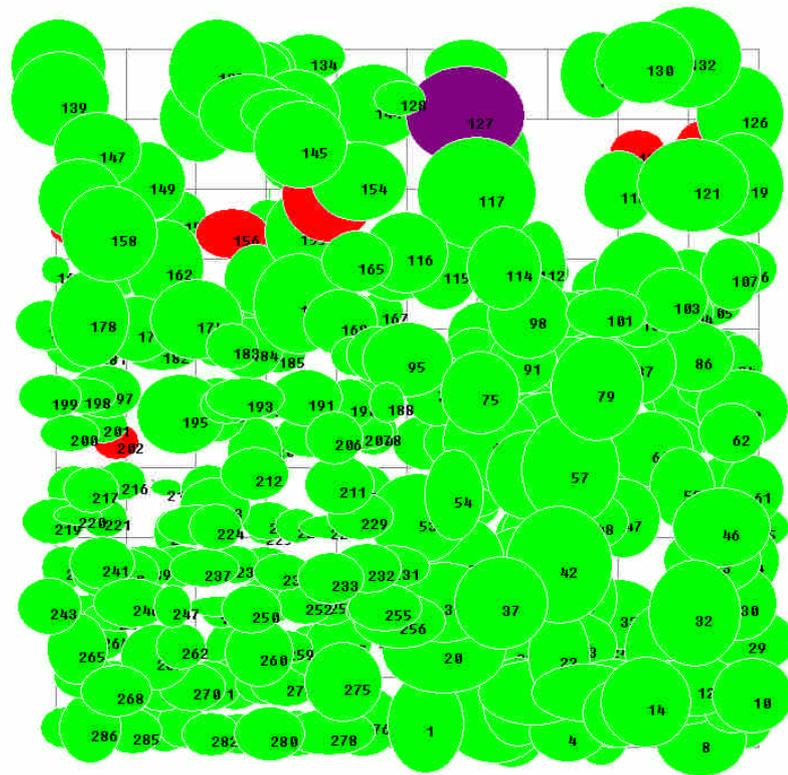
小葉欖仁第 10 樣區樹冠投影圖



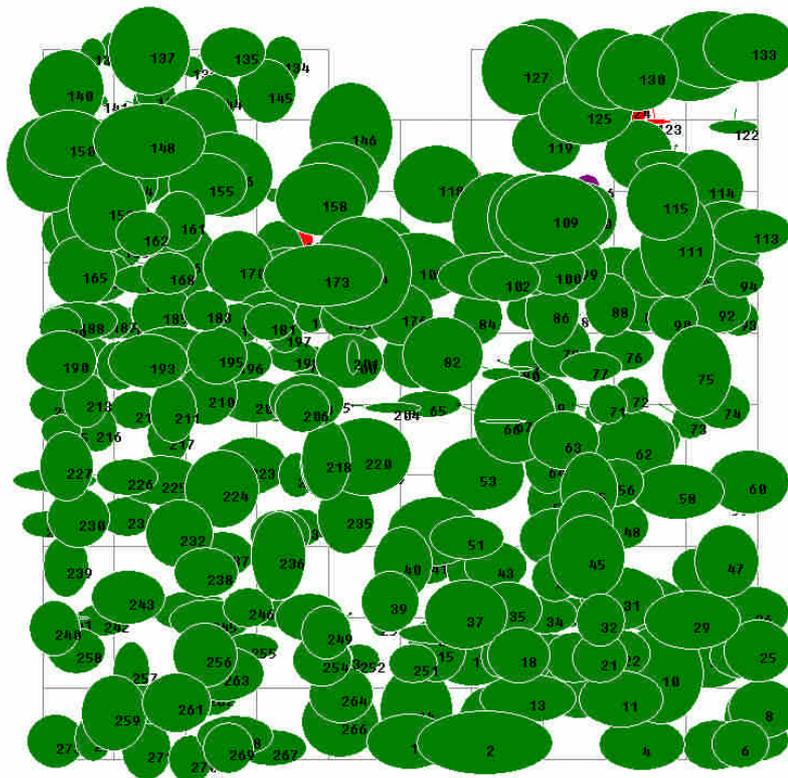
小葉欖仁第 11 樣區樹冠投影圖



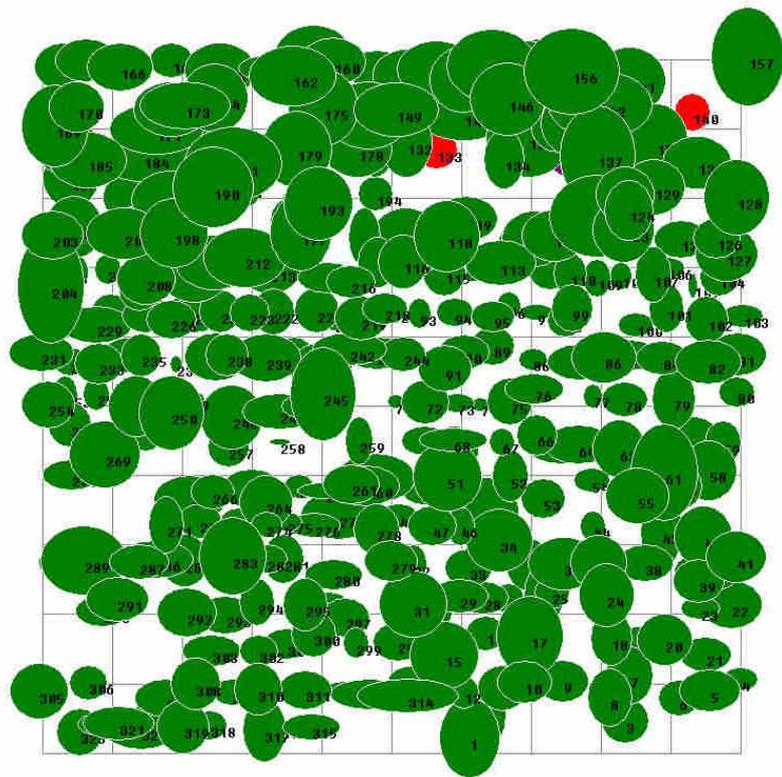
小葉欖仁第 12 樣區樹冠投影圖



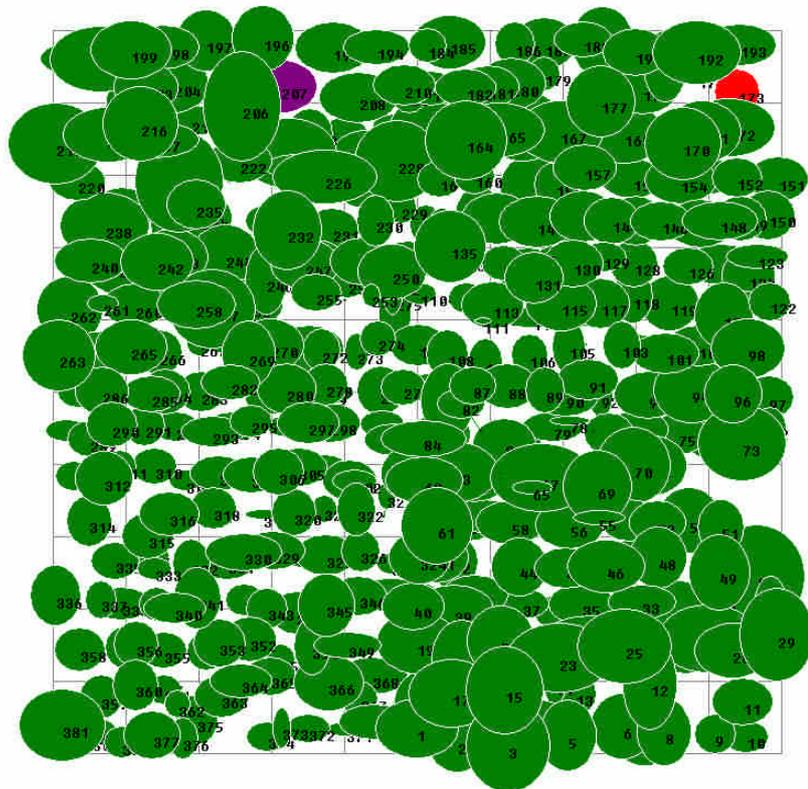
苦楝第 13 樣區樹冠投影圖



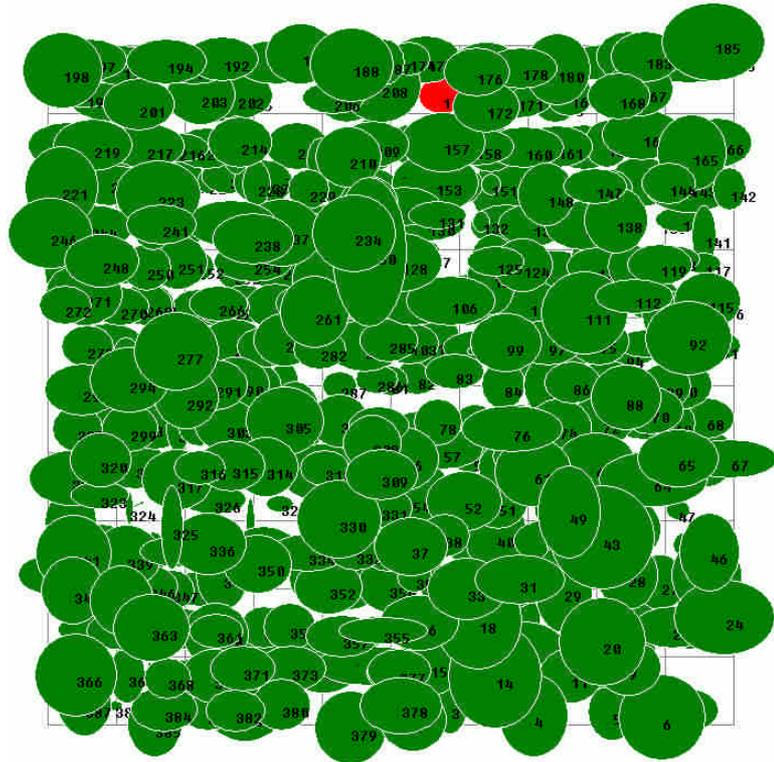
苦楝第 14 樣區樹冠投影圖



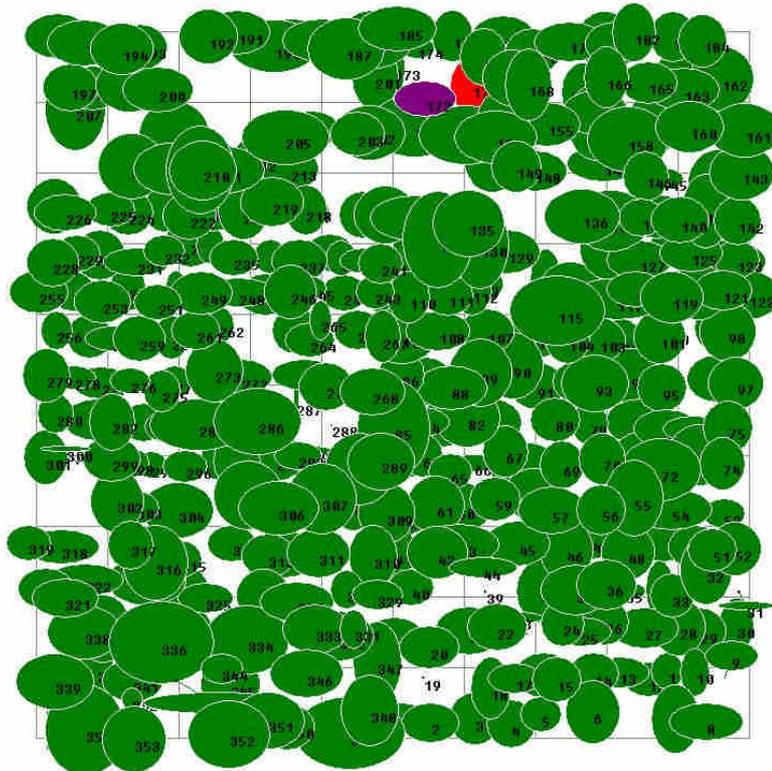
苦楝第 15 樣區樹冠投影圖



苦楝第 16 樣區樹冠投影圖



苦楝第 17 樣區樹冠投影圖



苦楝第 18 樣區樹冠投影圖