



公開  
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：180201G100

## 農業部林業試驗所112年度科技計畫研究報告

計畫名稱：**高碳匯造林樹種之營林體系** (第1年/全程3年)

(英文名稱) **Silviculture system of high carbon-sequestration tree species**

計畫編號：112前瞻-18.2.1-森-G1

全程計畫期間：自 112年1月1日 至 114年12月31日

本年計畫期間：自 112年1月1日 至 112年12月31日

計畫主持人：**鍾振德**

研究人員：**湯適謙、何雅齡、塗三賢、林振榮、李金梅、陳盈全**

執行機關：**行政院農業委員會林業試驗所**



1122564



## 一、執行成果中文摘要：

本計畫專注在香杉、台灣尚楠、台灣杉、檫木、相思樹及桉樹的研究，首先，將由過去單親後裔試驗林選得精英母樹，供應優質種子對於整體人工林的發展非常的重要。

### 1. 本年度目標：

- (1) 高碳匯造林樹種篩選與營林體系之建立：篩選香杉、台灣杉、台灣尚楠、相思樹、檫木與桉樹等高碳匯造林樹種，每個樹種挑選2~3個品系，進行不同栽植密度之營林體系。
- (2) 高碳匯造林樹種木材性質分析與碳匯量估算：應用非破壞性評估技術進行立木健全狀態評估；進行木材性質之調查及檢測，包括幹形、枝節性、各項木材物理及機械性質；及碳吸存效益評估。
- (3) 高碳匯造林樹種組織培養苗木培育：研究對象為相思樹及台灣檫，建立優良品系之無菌培養，誘導多芽體與發根。

### 2. 預期效益：

- (1) 高碳匯造林樹種篩選與營林體系之建立  
減少新植造林刈草次數，降低新植造林1~6年間碳排放量估算約有5,400公噸以上。完成新植造林因伐木增加之碳源轉為碳匯之速率估算。建立新植造林技術，於不同時期提供木材產出，最終育成優良形質之林木。森林減少裸露、覆蓋面積增加，以不干擾林地，藉由萌芽更新成林，減少碳排放，同時生生不息的碳吸存之作業模式。
- (2) 高碳匯造林樹種木材性質分析與碳匯量估算  
本所各後裔試驗樹種各品系之材質評估及碳匯效益評估。  
高碳匯造林樹種組織培養苗木培育
- (3) 建立高碳匯造林樹種組織培養體系，以此作為後續營養系林業建立之基礎，作為高碳匯樹種營林體系建立前之育苗所需的技術。

### 3. 執行成果：

- (1) 高碳匯造林樹種篩選與營林體系之建立  
樹種品系篩選：進行高碳匯樹種包括香杉、台灣杉、相思樹、檫木與桉樹等樹種品系篩選，選擇材質比重高、生長快速與生物量大之品系。低海拔：桉樹選擇3901, 3902, K41, 3229, 3222, 3101, 廣9等7個品系。相思樹篩選大埔15與19, 尖石12, 六龜14等4個品系。中低海拔：香杉 丹大33-9與35-10, 中橫74-10等3個。檫木選和社4。台灣尚楠選 no.2, 10, 25, 31, 34等5個品系。
- (2) 高碳匯造林樹種木材性質分析與碳匯量估算：  
本年度以應力波斷面影像儀進行立木健全狀態評估，並探討立木之形率(樹幹完滿度)及平均每公尺枝條數。採取後裔試驗之品系樹種，進行各項木材物理性質測試，以評估其加工利用性。在固碳效益方面，本研究之香杉、桉樹之兩個品系之木材比重分別相對於針葉樹、闊葉樹其他樹種較大，且生長又相較快速，所以具有較佳之固碳效益。

## 二、執行成果英文摘要：

The project is dedicated to doing a research of breeding program of *Cunninghamia konishii*, *Calocedrus formosana*, *Taiwania cryptomerioides*, *Zelkova serrata*, *Acacia confusa* and *Eucalyptus* spp.. At first, we will select plus trees from the results of half-sib progeny tests in forestry as well as propagate them using grafting and air-layering. The silviculture system of high carbon-sequestration tree species involves the planting and management of trees with the goal of maximizing carbon sequestration while maintaining the ecological health



1122564



of the forest. The selection of appropriate tree species is crucial in this system. Fast-growing species that are well-adapted to local environmental conditions are typically selected in high carbon-sequestration projects. Some examples of tree species that are commonly used in high carbon-sequestration silviculture systems include *Cunninghamia konishii*, *Calocedrus formosana*, *Taiwania cryptomerioides* and *Zelkova serrata*, *Acacia confusa* and *Eucalyptus* spp. . Overall, the silviculture system of high carbon-sequestration tree species involves species selection, and management practices aimed at maximizing carbon sequestration while maintaining the ecological health of the forest.

#### 1. Selection of high carbon sequestration tree species and establishment of silviculture system

To select the most effective trees for carbon sequestration, a screening process was conducted on various tree species and strains. This involved evaluating *Cunninghamia konishii*, *Taiwania cryptomeria*, *Acacia confusa*, *Zelkova serrata*, and *Eucalyptus* spp., with a focus on identifying strains with high material density, rapid growth, and substantial biomass. Specifically, for low-altitude areas, 7 *Eucalyptus* strains (3901, 3902, K41, 3229, 3222, 3101, and K9) were chosen, along with 4 *A. confusa* strains (Dapu 15 and 19, Jianshi 12, and **Liouguei** 14). In middle and low-altitude regions, selections included *C. konishii* (Danda 33-9 and 35-10, Wuling 74-10), and *Z. serrata* (Heshe 2). Additionally, for *Calocedrus formosana*, 5 strains (no. 2, 10, 25, 31, and 34) were carefully chosen.

#### 2. Analysis of wood properties and carbon sink estimation of high carbon sequestration efficiency plantation species

This year, the stress wave technique was used to assess the health status of standing trees, and the shape ratio (tree taper) and average number of branches per meter of standing trees were also investigated. The samples of tree species for the descendant experiments were collected to test various wood physical properties to evaluate their processing and utilization. In terms of carbon sequestration efficiency, the species of *Luan-tai-fir* (*Cunninghamia konishii*) and the two strains of *Eucalyptus* in this study have larger wood specific gravity than other coniferous and broadleaf tree species respectively, and they grow relatively quickly. So they have better carbon sequestration efficiency.

### 三、計畫目的：

1. 高碳匯造林樹種篩選與營林體系之建立：篩選香杉、相思樹與桉樹等高碳匯造林樹種，每個樹種挑選2~3個品系，進行不同栽植密度之營林體系。
2. 高碳匯造林樹種木材性質分析與碳匯量估算：研究對象為香杉、相思樹及桉樹；應用非破壞性評估技術進行立木健全性檢測、木材性質之調查及檢測，包括幹形、枝節性、各項木材物理及機械性質及碳吸存效益評估。
3. 高碳匯造林樹種組織培養苗木培育：研究對象為相思樹及桉樹，建立優良品系之無菌培養，誘導多芽體與發根。

### 四、重要工作項目及實施方法：



1122564



## 1. 高碳匯造林樹種篩選與營林體系之建立

### (1) 樹種品系篩選

進行高碳匯樹種包括香杉、台灣杉、相思樹、櫟木與桉樹等樹種品系篩選，選擇材質比重高、生長快速與生物量大之品系。

### (2) 不同栽植密度造林

以挑選的樹種品系，建立1x1m, 2x2m, 3x3m等3種栽植密度。

### (3) 生長調查

調查樹種、不同栽植密度之樹高、胸徑與樹形等資料。

### (4) 營林標準模式建立

建立不同樹種與栽植密度之營林模式。

## 2. 高碳匯造林樹種木材性質分析與碳匯量估算

### (1) 試驗木申請

進行擬伐採試驗木之調查及申請作業。

### (2) 立木非破壞性材質評估

以橫向打擊共振法進行立木健全性檢測。

### (3) 材質評估

A. 外部材質評估：包括幹形及枝節性調查。

B. 物理及機械性質評估：包括含水率、比重、收縮率、靜力彎曲、壓縮強度試驗等。其各項性質之試驗方法依照CNS(國家標準)，如表1所示。

### (4) 林木生長、碳吸存效益評估

計算單株立木之平均年生長(MAI volume)及依照聯合國氣候變化政府間專家委員會(IPCC)之森林碳匯計算方式估算各樹種之碳吸存效益。

## 3. 高碳匯造林樹種組織培養苗木培育

### (1) 表面殺菌

試驗材料為成熟相思樹主幹萌櫟之枝條，去除葉片後裁剪成1-3cm長度，以商用清潔劑震盪清洗3 min，再依序使用0.2%(v/v)安琪-A消毒液(Anti-A solution)清洗3 min、20% (v/v) 商用漂白水(Clorox®, Oakland, CA, USA)清洗3 min、70% (v/v)乙醇(ethanol)清洗60 s及0.2% (w/v)氯化汞(mercuric chloride, HgCl<sub>2</sub>)清洗3 min，最後使用滅菌之二次蒸餾水(sterilized double-distilled water, ddH<sub>2</sub>O)清洗3 min並重複3次。

### (2) 芽體誘導培養

新芽誘導是以MS培養基(Murashige and Skoog 1962)，添加3% (w/v)蔗糖，0.8% (w/v) Difco Bacto agar (pH 5.8)，並添加6.6 μM 6-benzylaminopurine (BAP)及17.6 μM硝酸銀(AgNO<sub>3</sub>)為基本培養基。

將完成殺菌程序的枝條截成含1-2個節的莖段，隨機植入含有不同抑菌劑的4種誘導培養基中，分別為對照組(無添加抑菌劑, CK)、抗細菌劑(cefotaxime, C)、抗細菌及真菌劑(cefotaxime+ terbinafine, CT)及廣效型抑菌劑(PPM, P)。

### (3) 芽體增殖培養

將誘導出的芽體由原莖段增殖體切離後，以MS培養基添加不同濃度BAP、indole-3-butyric acid (IBA)、α-naphthaleneacetic acid (NAA)及thidiazuron(TDZ)為增殖培養基。

### (4) 芽體發根

將芽體直接植入以1/2MS培養基內含低濃度的IBA來誘導發根，或是以高濃度IBA水溶液分二階段來誘導發根，以求最佳的發根條件，芽體生根後經馴化栽培，培育成可出栽的健康小苗。





## 五、結果與討論：

### 1. 高碳匯造林樹種篩選與營林體系之建立

- (1) 樹種品系篩選：進行高碳匯樹種包括香杉、台灣杉、相思樹、檫木與桉樹等樹種品系篩選，選擇材質比重高、生長快速與生物量大之品系。低海拔：桉樹選擇3901, 3902, K41, 3229, 3222, 3101, 廣9等7個品系。相思樹篩選大埔 15與19，尖石 12, 六龜 14等4個品系。中低海拔：香杉 丹大 33-9 與 35-10, 中橫74-10等3個。檫木選和社 4。台灣尚楠選 no. 2, 10, 25, 31, 34等5個品系。
- (2) 桉樹造林地評估以苗栗造橋10年生伐採，1.3公頃共獲得300公噸，每年每公頃的生長量為25立方公尺。本造林地伐採收穫後一年已經成林，平均樹高4-5公尺，萌芽更新的植株，各留下2支萌芽。
- (3) 台東長濱栽植的桉樹試驗地共有3處合計3公頃完成設置，栽植的桉樹試驗地旁之前期栽植的桉樹生長優，栽植的桉樹品系為3901, 3902與K41等三個品系，每個品系各2000株苗木。

### 2. 高碳匯造林樹種木材性質分析與碳匯量估算

#### (1) 試驗木申請

進行擬伐採試驗木之調查，若位於林業用地，則進行伐採申請作業。本年度之試驗木包括桉樹之尾細細桉及廣九巨尾桉二個品系、相思樹及香杉。其林地及林木資訊如表2所示

#### (2) 立木非破壞性健全性檢測

本研究在試驗木未伐採前，先以應力波斷面影像儀進行立木胸高位置之斷面評估，於實際伐採後採取圓盤斷面進行比較，並計算橫向應力波速及影像分析。在應力波速方面，其中桉樹二個品系之尾細細桉為1,781m/s，廣九巨尾桉為1,774m/s，相思樹為1,877m/s，如表3所示。另外圖1~3為不同樹種之立木斷面健全度影像，如圖所示，影像若有出現紅色之情形，可能材質內部呈現腐朽之情形。

#### (3) 材質評估

##### A. 形率(樹幹完滿度)及枝節性

形率之計算方式為1/2樹高位置之直徑與胸徑之比值，可反應林木之通直飽滿程度，數值越高，表示樹幹完滿度越高，如表4所示，尾細細桉之形率為0.7，廣九巨尾桉為0.74。另外在枝節性方面，尾細細桉平均每公尺枝條數為0.99，廣九巨尾桉為0.37，均遠較目前有文獻記載之紅檜為低，其在林木撫育作業中，可節省修枝成本。

##### B. 物理及機械性質評估

本年度香杉後裔試驗的各項木材物理性質如表5所示，並與已發表之文獻或其他樹種進行比較，其比重略小於尚楠，但大於紅檜；徑向收縮率較其他樹種為大，弦向收縮率則較小；靜力彎曲大於其他樹種；縱向壓縮強度則小於尚楠。

在闊葉樹部分，本研究之二個桉樹品系在比重方面，比台灣檫小，但大於烏心石及牛樟；徑/弦向收縮率較其他樹種為大；靜力彎曲較其他樹種小，縱向壓縮強度則大於牛樟，但較其他樹種為小。

#### (4) 林木生長及碳吸存效益評估

表7為本研究之香杉與其他針葉樹種之單株林木生長及固碳資訊(表格內之碳重非指CO<sub>2</sub>重)。香杉之單株平均年生長量(MAI)為0.041 m<sup>3</sup>/year，較其他樹種為大；年平均固碳重量為0.0169 ton/year，亦較其他樹種為大。

表8為本研究之桉樹二個品系與其他闊葉樹種之單株林木生長及固碳資訊。二個桉樹品系之MAI分別為0.072及0.112 m<sup>3</sup>/year，較其他闊葉樹種高出甚多；平均年固碳量



1122564



亦有相同之情形。

由於本研究之香杉、桉樹之木材比重分別相對於針葉樹、闊葉樹較大，且生長又較快速，所以具有較佳之固碳效益。

## 六、結論：

### 1. 高碳匯造林樹種篩選與營林體系之建立

#### (1) 樹種品系篩選：

進行高碳匯樹種包括香杉、台灣杉、相思樹、檫木與桉樹等樹種品系篩選，選擇材質比重高、生長快速與生物量大之品系。低海拔：桉樹選擇3901，3902，K41，3229，3222，3101，廣9等7個品系。相思樹篩選大埔15與19，尖石12，六龜14等4個品系。中低海拔：香杉 丹大33-9與35-10，中橫74-10等3個。檫木選和社4。台灣尚楠選 no. 2, 10, 25, 31, 34等5個品系。

#### (2) 桉樹造林地評估以苗栗造橋10年生伐採，1.3公頃共獲得300公噸，每年每公頃的生長量為25立方公尺。本造林地伐採收穫後一年已經成林，平均樹高4-5公尺，萌芽更新的植株，各留下2支萌芽。

#### (3) 台東長濱栽植的桉樹試驗地共有3處合計3公頃完成設置，栽植的桉樹試驗地旁之前期栽植的桉樹生長優，栽植的桉樹品系為3901，3902與K41等三個品系，每個品系各2000株苗木。

### 2. 高碳匯造林樹種木材性質分析與碳匯量估算

以應力波斷面影像儀進行立木斷面評估，由其影像分析，可評估立木之健全狀態。尾細桉及廣九巨尾桉之形率分別為0.7及0.74，顯示其有較佳之樹幹完滿度，另其平均每公尺枝條數較低，可節省修枝成本。在木材性質方面，本年度所研究之香杉及二個品系之桉樹，在各項物理性質與其他樹種比較互有大小，在進行加工利用時，可視其特性來調整運用。本年度以應力波斷面影像儀進行立木健全狀態評估，並探討立木之形率(樹幹完滿度)及平均每公尺枝條數。採取後亦試驗之品系樹種，進行各項木材物理性質測試，以評估其加工利用性。

## 七、參考文獻：

1. 王松永(1982) 造林木之材質與利用。林產工業1(1):69-78。
2. 汪大雄、邱志明、謝漢欽、唐盛林、湯適謙、劉景國(2003) 六龜試驗林臺灣杉人工林二次疏伐前林分狀況和立地微環境之調查分析。中華林學季刊36(1):1-16。
3. 汪大雄、湯適謙、邱志明(2006) Impact Four Years after Thinning on the Growth and Stand Structure of Taiwania Plantation in the Liukuei Experimental Forest。臺灣林業科學21(3):339-351。
4. 卓志隆(2000) 栽植距離對柳杉強度變異之影響(2)--動彈性係數與靜彈性係數。林產工業19(1):9-22。
5. 周群(1998) 不同齡級對臺灣杉造林木材質之影響。臺灣林業科學13(2):119-125。
6. 林振榮、曾家琳、李佳如、王亞男、蔡明哲(2008) 柳杉紅色及黑色心材造林木物理性材質之評估。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告22(4):211-227。
7. 林振榮、王松永、王亞男、蔡明哲、邱志明(2011) 柳杉造林木物理性材質的變異性。林業研究專訊18(5):67-70。
8. 林裕仁(2008) 森林減碳能力之推算方法。農政與農情193(77)。



1122564



9. 林國銓、王巧萍、黃菊美、洪富文、邱志明(2003) Estimates of Biomass and Carbon Storage in Two Taiwan Plantations of the Liukuei Experimental Forest。臺灣林業科學18(2): 85-94。
10. 邱志明、林振榮、唐盛林、王松永(2008) 應用鑽孔抵抗法推估六龜地區臺灣杉不同疏伐處理之碳貯存量。中華林學季刊41(4):503-519。
11. 邱志明、林振榮(2010) Wood Carbon Content and Basic Density of Taiwan Red Cypress (*Chamaecyparis formosensis*) Trees Grown under Different Thinning Treatments in the Liouguei Area。臺灣林業科學25(3):201-209。
12. 邱志明、孫銘源、湯適謙、余啟瑞(2010) 香杉受害人工林複層林之建造--林下六種闊葉樹之生長。中華林學季刊43(1):39-54。
13. 邱志明、唐盛林、鍾智昕、林振榮(2011) 紅檜人工林生物量和不同疏伐策略對二氧化碳吸存之效應。中華林學季刊44(3):385-400。
14. 邱志明、唐盛林、孫銘源、彭炳勳(2018)臺灣杉人工林不同疏伐策略碳吸存效應。中華林學季刊51(1):21-36。
15. 張義雄、陳柏璋、陳周宏(1997) 造林木材質之組織特性與力學性質的評價(1)--柳杉、杉木之組織特性與力學性質。國立中興大學實驗林研究彙刊19(1):35-51。
16. 郭寶章、劉炯錫、江燕飛(1990) 松鼠為害杉木與柳杉造林木材質之影響。國立臺灣大學農學院實驗林研究報告4(2): 117-136。
17. 陳欣欣、黃彥三(2002) 栽植距離與季節對針葉樹造林木材質超音波非破壞評估之影響。中華林學季刊35(1):85-90。
18. 陳朝圳、陳建璋、魏浚紘(2011) 建立台灣主要造林樹種之碳儲存推估系統。台灣林業37(2):10-15。
19. 國立中興大學森林系(2010) 林木生長模式應用於常見平地造林樹種之碳吸存量推估。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列。
20. 湯適謙、陳瑋旋、盧學甫(2019)。探討尖石地區桂竹林不同經營模式之林分生長。2019森林資源保存與利用研討會。
21. 湯適謙、吳俊霖、陳奕安、陳瑋旋(2021)。應用深度學習進行紅檜人工林生長模擬及效能評估。110年森林資源永續發展研討會。
22. 須藤章司、呂錦明(1969) 人工造林木之材質。臺灣木材工業4:25-29。
23. 劉宣誠、吳萬益(1986) 蓮華池地區尚楠造林木之生長與材質之研究。臺灣省林業試驗所試驗報告463:1-14。
24. 羅立偉、趙偉成、鄭雅文、林振榮、楊德新(2017) 應力波法與橫向打擊共振法於杉木立木材質評估之應用。林產工業36(1):13-23。
25. ukman, M., Jelenkovi, J., Karaula, L., & Krnjus, K. (2014). Comparison of Moduly of Elasticity Obtained by Nondestructive and Destructive Tests of Timber Samples. *Advances in Civil and Architectural Engineering* 5(9):1-10.
26. Mvolo, C. S., Stewart, J. D., & Koubaa, A. (2022). Comparison between static modulus of elasticity, non-destructive testing moduli of elasticity and stress-wave speed in white spruce and lodgepole pine wood. *Wood Material Science & Engineering* 17(5):345-355.
27. Ruiz-Peinado, R.; Bravo-Oviedo, A.; López-Senespleda, E.; Bravo, F.; Río, M. (2017). Forest Management and Carbon Sequestration in the Mediterranean Region: A Review. *Forest Systems*, 26(2), eR04S.
28. Tang, S. C., Wu, J. L., & Hsieh, H. C. (2021). Applying the Artificial Intelligence Deep Learning to Predict the Stand Growth of Plantations after Thinning. 2021 ICEO&SI Conference, August 23-24, Miaoli, Taiwan.







苗栗造橋桉樹栽植 10 年後之生長量與碳匯量



苗栗造橋 10 年生桉樹品系 3229 與 3222 伐採前



苗栗造橋 10 年生桉樹品系 3229 與 3222 伐採後 3 個月萌芽



苗栗造橋桉樹品系 3229 與 3222 伐採後 10 個月之萌芽林





## 2-1.1 高碳匯造林樹種篩選

樹種品系篩選：進行高碳匯樹種包括香杉、台灣杉、相思樹、欐木與桉樹等樹種品系篩選，選擇材質比重高、生長快速與生物量大之品系。

低海拔：**桉樹** 3901, 3902, K41, 3229, 3222, 3101, 廣9

**相思樹** 大埔 15與19, 尖石12, 六龜 14

中低海拔：**香杉** 丹大 33-9 與 35-10, 中橫74-10

**欐木** 和社 4

**台灣肖楠** no. 2, 10, 25, 31, 34





# 桉樹

- 最優的品系3901與3902進行扞插繁殖。
- 品系3901, 3902, K41, 3229, 3101等為標的。
- 推廣之 60公頃造林地的碳匯量評估





# 10年生桉樹林生長量評估

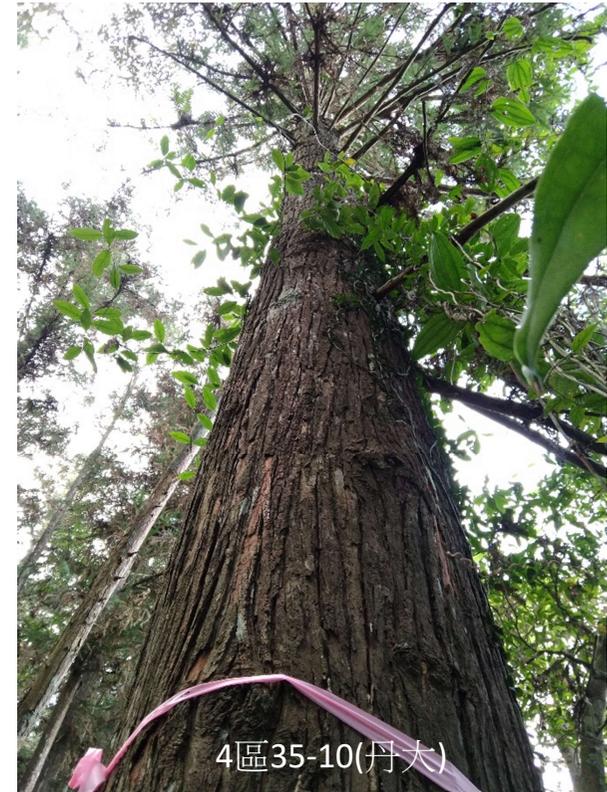
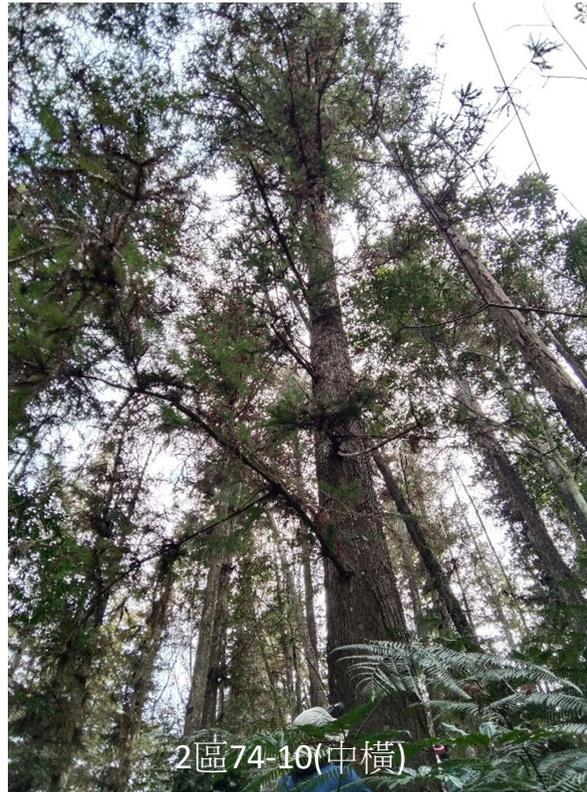
**1.3公頃收穫300公噸**  
**MAI 約 25立方公尺**





## 香杉

- 1. 品系複製完成，後續進行材質分析與碳匯估算。
- 2. 品系33-9, 74-10, 35-10等為標的。





# 材積

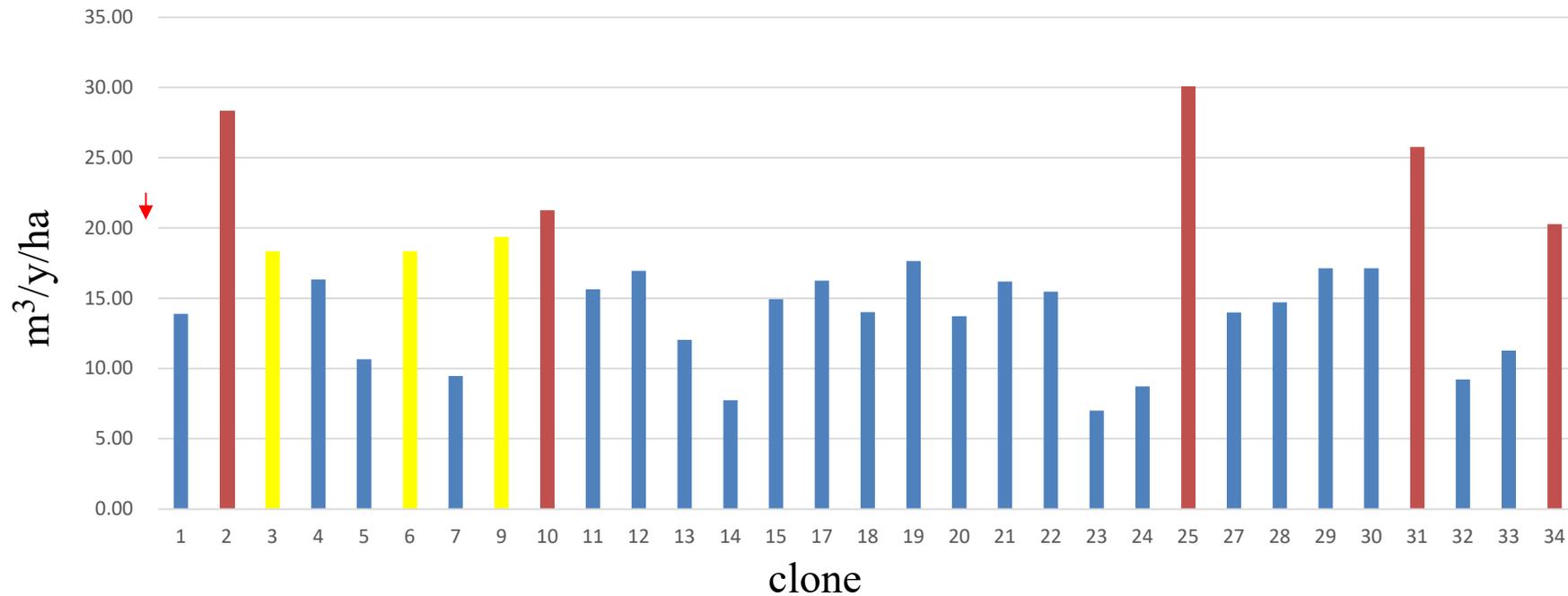
標號	樹種	現場		原木檢尺			單株材積 (M <sup>3</sup> )
		末徑(m)	長度(m)	末徑(m)	長度(m)	材積(M <sup>3</sup> )	
A-1	香杉_種源丹大 (5區33-9)	0.70	1.00	0.56	1.0	0.31	
A-2		0.52	3.88	0.52	3.8	1.03	
A-3		0.42	3.90	0.42	3.8	0.67	
A-4		0.40	1.00	0.40	1.0	0.16	
A-5		0.38	3.82	0.38	3.8	0.55	
A-6		0.36	3.82	0.36	3.8	0.49	
A-7		0.20	1.00	0.20	1.0	0.04	
A-8		0.18	3.40	0.18	3.4	0.11	3.36
B-1	香杉_種源武陵 (2區74-10)	0.60	1.00	0.56	1.0	0.31	
B-2		0.52	4.32	0.52	4.2	1.14	
B-3		0.40	4.26	0.40	4.2	0.67	
B-4		0.38	1.00	0.38	1.0	0.14	
B-5		0.34	4.50	0.34	4.4	0.51	
B-6		0.30	4.58	0.30	4.4	0.40	
B-7		0.18	1.00	0.18	1.0	0.03	
B-8		0.16	2.36	0.16	2.2	0.06	3.26
C-1	香杉_種源丹大 (4區35-10)	0.58	1.00	0.58	1.0	0.34	
C-2		0.50	3.80	0.50	3.8	0.95	
C-3		0.48	3.80	0.48	3.8	0.88	
C-4		0.44	1.00	0.44	1.0	0.19	
C-5		0.40	3.90	0.40	3.8	0.61	
C-6		0.40	3.90	0.40	3.8	0.61	
C-7		0.32	1.00	0.18	1.0	0.03	
C-8		0.20	2.80	0.20	2.8	0.11	3.72





# 品系篩選

MAI:每年每公頃的材積生長量  $m^3/year/ha$



16年生以每公頃1200株計算，材積為255.2  $m^3$ ，MAI為15.95  $m^3$

MAI > 20 $m^3$  clone no. : 2, 10, 25, 31, 34





台灣肖楠

10號





台灣肖楠

31號





# 試驗造林

- 桉樹:台東長濱預定栽植約3公頃試驗地
- 香杉品系栽植到東勢林管處造林地



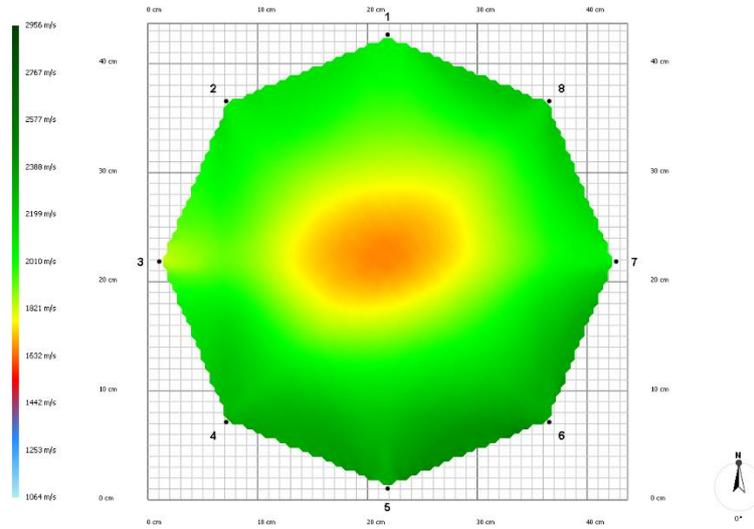


圖 1.尾細細梭應力波斷面影像

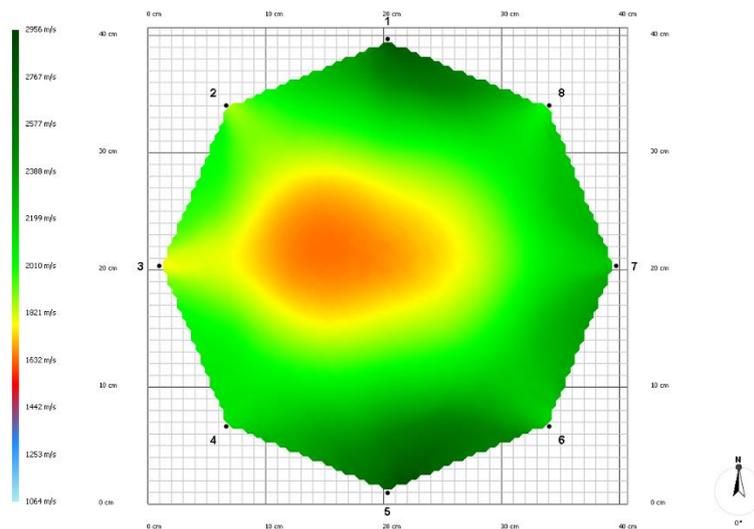


圖 2.廣九巨尾梭應力波斷面影像

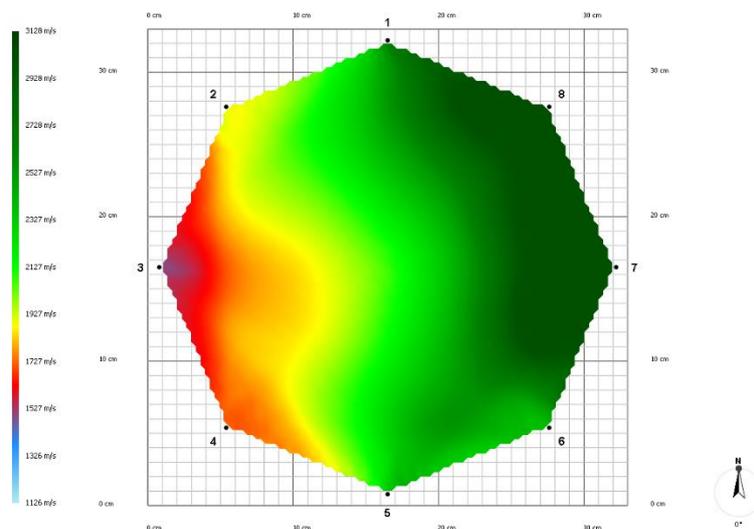


圖 3.相思樹應力波斷面影像





圖 4. 桉樹立木應力波檢測



圖 5. 桉樹品系試驗木伐採



圖 6. 桉樹試材靜力彎曲試驗



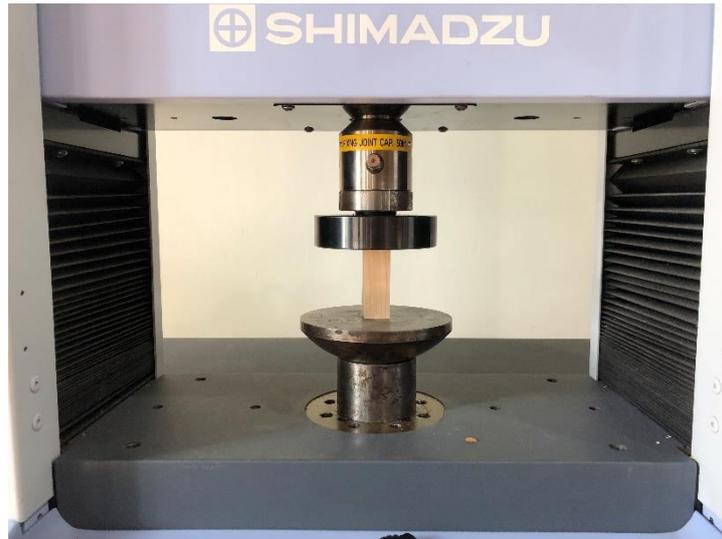


圖 7.香杉試材壓縮強度試驗

表 1.不同木材性質之試驗方法

木材物理性質	含水率	比重	徑向收縮率	弦向收縮率	壓縮強度	靜力彎曲
CNS 標準	CNS 452	CNS 451	CNS 459	CNS 459	CNS 453	CNS 454

表 2.本年度各樹種品系試驗木林地及林木資訊

樹種品系	尾細細桫	廣九巨尾桫	相思樹	香杉
地區	苗栗造橋地區	苗栗造橋地區	信賢苗圃	蓮華池研究中心
海拔(m)	45~46	45~46	250	666
林齡	14	14	天然生	50
DBH(cm)	40.5	40.5	33	50
H(m)	17.2	27	14	23

表 3. 各樹種品系橫向打擊共振法之應力波速

樹種	尾細細桫	廣九巨尾桫	相思樹
平均應力波速(m/s)	1,781	1,774	1,877





表 4.各樹種品系之形率及枝節性

樹種品系	尾細細桫 (本研究)	廣九巨尾桫 (本研究)	紅檜 <sup>*1</sup>	紅檜 <sup>*2</sup> (修枝前)	紅檜 <sup>*2</sup> (疏伐前)
DBH(cm)	40.5	40.5	7.2	15.5	14.2
H(m)	14	27	4.3	8.05	7.75
林齡(yr)	14	14	14	14	14
形率(樹幹完滿度)	0.70	0.74	—	—	—
總枝條數	17	10	73	89	85
每公尺枝條數	0.99	0.37	17	11	11

註：資料來源：<sup>\*1</sup>羅卓振南等(1995)。

<sup>\*2</sup>羅卓振南等(1997)。

表 5.主要針葉樹樹種之木材物理性質

針葉樹樹種	香杉 (本研究)	香杉 <sup>*1</sup>	紅檜 <sup>*1</sup>	台灣肖楠 <sup>*1</sup>
含水率	17.49 (1.55)	—	—	—
比重	0.52 (0.03)	0.396	0.354	0.54
徑向收縮率(%)	4.91 (0.42)	1.53	2.26	3.9
弦向收縮率(%)	2.87 (0.15)	2.76	4.06	4.99
靜力彎曲 (kgf/cm <sup>2</sup> )	151,791 (13985)	141,000	113,200	119,700
縱向壓縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	378.00 (82.61)	539	365	551

註：資料來源：<sup>\*1</sup>馬子斌等(1974)。





表 6.主要闊葉樹樹種之木材物理性質

闊葉樹樹種	尾細細桉 (本研究)	廣九巨尾桉 (本研究)	大葉桉 <sup>*1</sup>	烏心石 <sup>*1</sup>	台灣樺 <sup>*1</sup>	牛樟 <sup>*1</sup>
含水率	13.63 (1.26))	12.38 (1.29)	—	—	—	—
比重	0.65 (0.05)	0.70 (0.05)	0.665	0.532	0.767	0.41
徑向收縮率(%)	11.35 (1.27)	9.35 (1.03)	4.38	2.86	4.35	2.98
弦向收縮率(%)	6.76 (1.11)	5.69 (0.83)	5.59	4.53	5.97	4.59
靜力彎曲 (kgf/cm <sup>2</sup> )	99,434 (11,594)	109,756 (16,100)	146,300	140,000	144,200	104,600
縱向壓縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	504.56 (37.91)	537.80 (65.07)	544	545	595	455

註：資料來源：<sup>\*1</sup>馬子斌等(1974)。

表 7.主要針葉樹樹種之單株林木生長及固碳資訊

針葉樹樹種品系	香杉 (本研究)	紅檜 <sup>*1</sup>	台灣杉 <sup>*2</sup>	柳杉 <sup>*3</sup>
地區	蓮華池	六龜	屏東	南投
林齡	50	50	40	74
平均胸徑(cm)	50.0	26.5	33.3	40.4
平均樹高(m)	23.0	17.7	23.9	21.1
平均單株材積(m <sup>3</sup> )	2.04	0.53	0.96	1.27
單株平均年生長量 (MAI) (m <sup>3</sup> /year)	0.041	0.011	0.024	0.017
單株固碳重量(ton)	0.2370	0.0649	0.0844	0.1016
單株平均年固碳重量 (ton/year)	0.0169	0.0013	0.0021	0.0014

註：資料來源：<sup>\*1</sup>邱志明等(2011)。

<sup>\*2</sup>邱志明等(2018)。

<sup>\*3</sup>王亞男等(2010)。





表 8. 主要闊葉樹樹種之單株林木生長及固碳資訊

闊葉樹樹種品系	尾細細桉 (本研究)	廣九巨尾桉 (本研究)	烏心石* <sup>1</sup>	光臘樹* <sup>1</sup>	樟樹* <sup>1</sup>
地區	苗栗	苗栗	太麻里	太麻里	太麻里
林齡	14	14	20	20	20
平均胸徑(cm)	40.5	40.5	13.5	12.0	17.0
平均樹高(m)	17.2	27.0	8.7	9.1	10.3
平均單株材積(m <sup>3</sup> )	1.00	1.57	0.15	0.07	0.11
單株平均年生長量 (MAI) (m <sup>3</sup> /year)	0.072	0.112	0.007	0.004	0.005
單株固碳重量(ton)	0.1468	0.2472	0.0165	0.0127	0.0098
單株平均年固碳重量 (ton/year)	0.0105	0.0177	0.0008	0.0006	0.0005

註：資料來源：\*<sup>1</sup>林俊成等(2014)。

