

澎湖銀合歡固碳效益調查及其應用之研究-調查及試驗報告書

一、前言

銀合歡 (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) 在臺灣已經有三百多年的歷史，根據黃士元、沈秀雀 (2023) 指出，銀合歡 (夏威夷型) 在 1645 年即由荷蘭人引進臺灣，在 1916 年已記錄銀合歡為臺灣全島性之外來植物。銀合歡起初提供農業社會薪炭材和牛、羊、鹿等動物飼料。1970 年代，臺灣開始推廣經濟造林，砍除利用價值甚低的雜木林，改種銀合歡藉以製造紙漿出口。當時這股「銀合歡造林」風氣，讓企業投資栽種，可惜獲利打不過進口紙漿，因此多數銀合歡造林地就被棄置，任其在山坡地蔓生入侵。然而，在澎湖銀合歡幾乎已氾濫全島。一般而言，引入外來樹種可能對當地生態系統造成一些潛在的問題，如：生態競爭、生態系統改變、疾病和害蟲等危害。不禁讓我們思考在現今生活中是否有其存在價值的一席之地 (藍浩繁、黃耀富，1991；吳坤真、何芫薇、陳建璋、陳朝圳，2013；郭家和、陳建璋、魏浚紘、陳朝圳，2017)。因此，五年前樸植作工作室在澎湖縣望安島開始嘗試使用銀合歡材料進行研究，從初期使用銀合歡種子、樹枝創作，到應用樹材開發設計攤車傢俱，後期更是投入銀合歡木炭研究，開發出備長炭、除濕擴香包等產品。這幾年嘗試下來，希望可以重新規劃該樹材的應用價值，發展角材、片材、木炭等標準規格化材料，讓銀合歡材料在工藝創作、商品開發方面拓展出許多可能性，目前已成功應用銀合歡木炭、木材開發兩項商品，具有成熟的發展性與創新價值。

在銀合歡木材方面，樸植作工作室長期調查下來發現澎湖的銀合歡樹材粗度平均直徑約 6 到 8 公分左右，樸植作工作室將銀合歡樹材開發成角料型式，成材厚度約 3~5 公分、長度約 40 到 50 公分，整體樹材利用率約 33%。時至今日卻發現銀合歡材料並沒有想像中的不堪使用，經歷五年的攤車傢俱，木材結構仍相當穩固，因此認為銀合歡與一般木材在使用上無太大差異，材料應用上有著更多的可能性。根據 2022 年國立屏東科技大學木材科學與設計系與樸植作工作室的產

學計畫試驗結果得知，銀合歡木材尺寸安定性及機械性質均較市售白木為佳，具有取代市售木材之潛力，以及開發相關木製商品之能力。

氣候變遷是全球共同面臨的挑戰，淨零碳排議題受到國際的重視，其中，碳循環、碳匯及碳交易更是值得深入探討。碳循環(Carbon Cycle)是指碳在地球上不同部分之間進行交換和轉移的自然過程。此過程涉及到大氣、陸地、水域、生物體和地殼中的碳，並形成了一個循環系統。碳循環是地球上維持生態平衡和氣候穩定的重要過程之一(林俊成、王培蓉、徐韻茹，2021)，而碳匯(Carbon sink)是指一個地區、生態系統或植物群體能夠吸收並儲存大氣中的碳，從而有助於減緩全球暖化和氣候變化。碳匯通常指的是能夠將二氧化碳(CO₂)轉化為有機碳，之後儲存於植物、土壤或其他碳儲存區域的地方。因此，森林是地球上最大的碳匯之一。樹木透過光合作用吸收二氧化碳，將其轉化為有機碳，同時在樹幹、樹葉和根部中儲存碳。故植物則是碳循環及碳匯重要的角色之一(柳婉郁、歐岱恩，2022)。另一方面，碳交易是一種旨在減少溫室氣體排放的機制，通過建立市場來促進碳排放權的交易。此制度的目的是在實現減少溫室氣體排放，同時提供一個經濟激勵，鼓勵企業和國家實施更有效的減排措施(邱祈榮、許庭瑋，2022)。因此，可提供較多碳匯的森林植物，就能減少溫室氣體排放，進而有效的減少碳排放。銀合歡在澎湖入侵的面積相當可觀，政府單位想積極讓銀合歡有更多的利用價值，使入侵植物變成可造之材或減碳植物。而目前針對澎湖銀合歡的碳匯調查及研究闕如，若能透過澎湖地區銀合歡材積調查，就可知銀合歡的碳匯潛力。因此，本計畫依據近年 SDGs 永續發展為指標，擬澎湖地區進行澎湖銀合歡固碳效益調查，提出在地資源循環應用效益的永續運作模式，並建立有效的數據分析，協助企業發展建構 ESG 合作相關應用，幫助未來商品在國際市場端的行銷佈局。

二、計畫目標

本計畫係以澎湖樸植作工作室提供試驗樣區及材料，與本校木材科學與設計系進行合作，投入澎湖銀合歡固碳效益調查，提出在地資

源循環應用效益的永續運作模式，以利在地自然永續商品開發應用。

整體計畫目標執行如下：

1. 銀合歡固碳能力調查及紀錄。
2. 推算銀合歡木材製作產品之碳足跡。
3. 建立銀合歡固碳能力或碳足跡測定標準程序。
4. 建立銀合歡固碳能力或碳足跡計算模式。

三、調查地區與氣候

調查範圍主要位於樸植作工作室之南北向範圍，湖東村銀合歡衛星影像判釋潛力範圍面積大約 62.692 ha (如圖 1)。最南端為無花果農場旁，中間區塊是由咾咕石所堆砌而成的圍牆的路邊，北端則是在聖帝廟後的兩塊區域 (如圖 2)，總面積約為 3.3 公頃 (如表 1)。

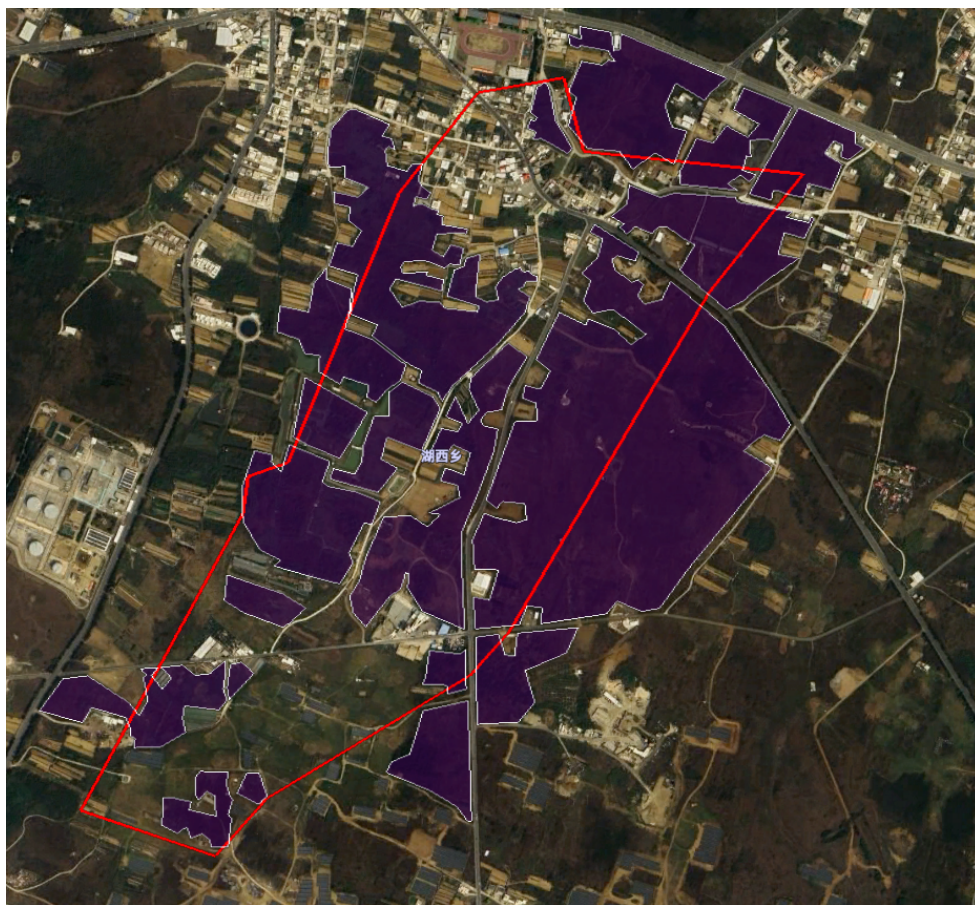


圖 1 湖東村銀合歡衛星影像判釋潛力範圍。

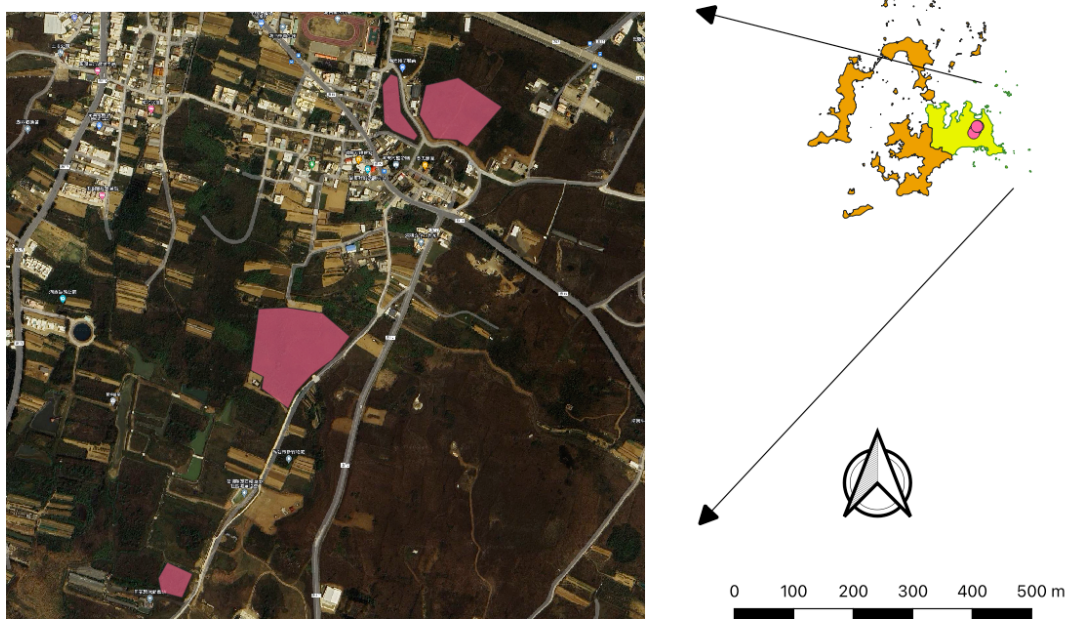


圖2 澎湖銀合歡調查位置

表1 澎湖銀合歡樣區之面積

地點	面積 (ha)
無花果農場	0.218
咾咕石	1.731
聖帝廟後小	0.309
聖帝廟後大	1.014
總面積	3.272

澎湖群島屬於亞熱帶海島型氣候，受太平洋季風和季風氣流的影響，具有明顯的乾濕季節，每年的氣溫變化也相對較小。夏季炎熱潮濕，氣溫通常在30°C左右，有時甚至超過35°C。由於澎湖缺乏良好植被，雖四面環海，夏季，陸地容易日照而加溫，雖有南風吹拂，仍感煩躁。冬季涼爽乾燥，但也相對乾燥。氣溫通常在15°C左右，有時甚至降至10°C以下。由於澎湖缺乏高山的屏障，冬天的風速較大，每年強風日數高達約100天。雨季集中在夏季，約佔全年降雨量的80%。雨量主要以短暫的陣雨或雷陣雨為主。近五年年均溫24.8°C，年降雨量813 mm（如圖3）。

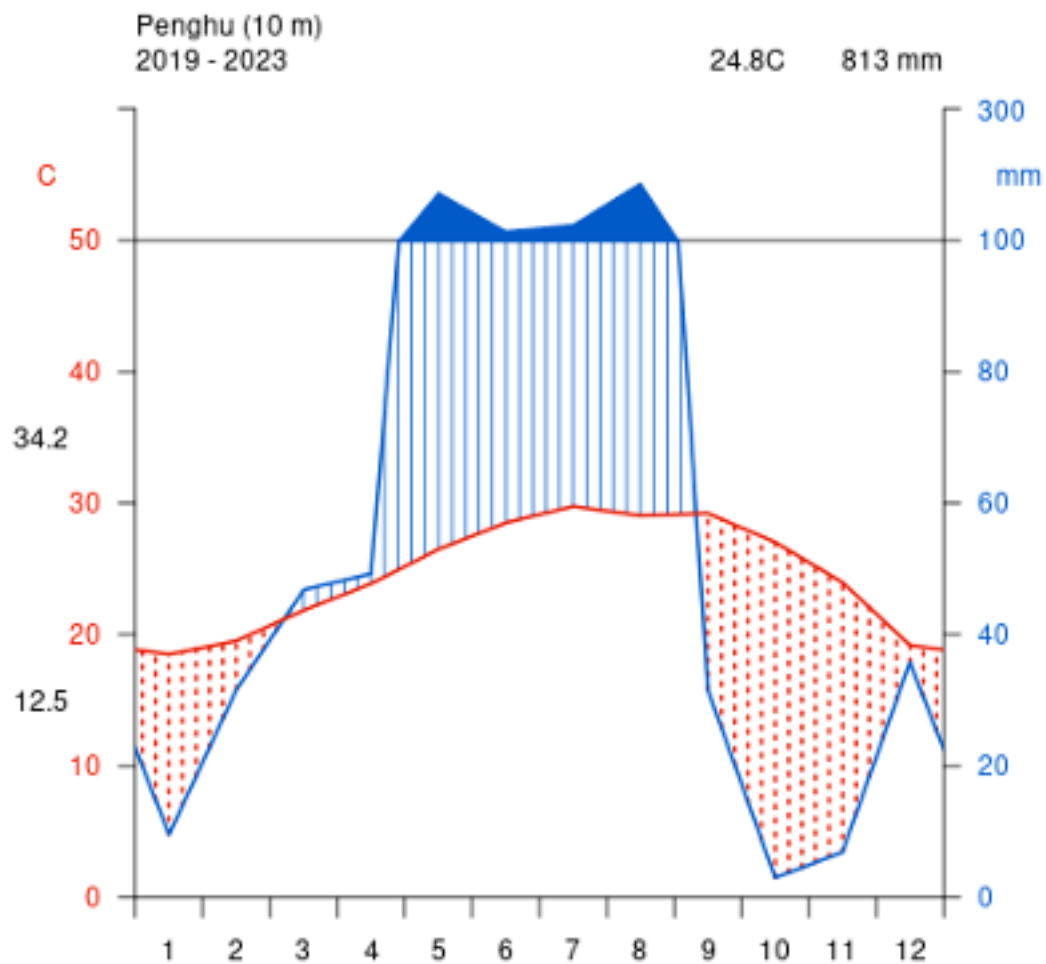


圖3 澎湖地區2019-2023年之溫度與降雨量變化

四、實驗材料及方法

(一) 木材

本試驗選用銀合歡為材料，試材取自於澎湖。將樸植作工作室所提供的材料測量進行裁切及磨成木粉，以利後續試驗的進行。

(二) 有機碳含量測定

有機質含量之測定方法多種，可分為乾灰化法 (LOI)、濕化法 (OXC)(重鉻酸鉀法) 和元素分析法 (TOC)。本計畫以元素分析法進行試驗。其分析步驟如下：先利用篩網篩選出顆粒小於 60 mesh (0.246 mm) 的木粉，取 5 mg 絕乾木粉包至錫盒內，再以 CHNS 元素分析儀 (CHNS-Elemental Analyzer, EA, elementar vario EL) 分析，測量試材的碳含量。

(三) 現地調查

本調查將依照 102 年行政院農業委員會辦理國有林林產物處分作業要點進行取樣。設置 20 m × 25 m (0.05 ha) 的樣區，設置的數目將依照規定進行辦理。樣區總面積並應占處分區域面積 10% 以上。處分區域總面積 0.5 ha 以下者取 1 樣區，超過 0.5-1 ha，取 2 樣區；餘以此類推。由於長方形樣區呈長帶狀，更適合用於推移帶 (Ecotone) 之取樣。此種取樣方法在植群變化呈梯度的區域，才有比較好的代表性 (劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)。

因為調查範圍幾乎是以銀合歡純林為主，Mueller-Dombois and Ellenberg (1974) 建議在調查木本森林時，可以使用 10 m × 10 m 進行定量的分析。同時參考林業及自然保育署「第四次全國森林資源調查-事業區外地面樣區設置與調查工作手冊」，對於密生銀合歡林樣區亦得以 0.01 公頃設置 (行政院農業委員會林務局，2009)。

故本調查是以 10 m × 10 m 的樣區大小設置，量測樣區內樹木的胸高直徑 1.3 m 處之樹幹連皮直徑，樹高以地面至林木主幹梢端之高度為測定基準。

立木材積 = (胸高直徑)² × 0.79 × 樹高 × 形數

後續藉由空拍影像判釋後，計算出面積，由上述樣區的材料推估整區域內的材料量。

(四) 林木碳貯存量測定

本試驗依照 IPCC 制定之估算原則推估單株林木貯存量，其公式如下：

$$C_{\text{plant}} = V_{\text{stem}} \times V_{\text{whole/stem}} \times W_0/V_g \times C_{\text{con}}$$

C_{plant} ：單株碳貯存量 (ton/株)

V_{stem} ：單株幹材材積 (m³)

$V_{\text{whole/stem}}$ ：全株材積與幹材材積轉換係數

W_0/V_g ：重量與材積轉換係數

C_{con} ：碳含量轉換係數

式中單株材積 (V_{stem}) 之估算式與轉換係數 ($V_{\text{whole/stem}}$ 、 W_0/V_g 、 C_{con}) 皆引用屏科大陳朝圳老師匯整之國內研究資料 (陳朝圳等，2011)。

碳貯存量是推估大面積區域，因此將單株碳貯存量 (C_{plant}) 乘上單位面積林相株數 (株/ha) 與單一林相面積 (ha)，便可算出單一林相碳貯存總量 (ton)，如下式：

$$C = C_{\text{plant}} \times N \times A$$

C ：單一林相碳貯存總量 (ton)

C_{plant} ：單株碳貯存量 (ton/株)

N ：單位面積林相株數 (株/ha)

A ：單一林相面積 (ha)

五、調查結果

(一) 林木徑級結構

將所有樣本資料，按期胸高直徑大小，以每 1 cm 為一級予以歸級，例如 1.0 cm-1.9 cm 為第一級，2.0 cm-2.9 cm 為第二級，以此類推逐級歸級（如圖 4）。本次共調查到 384 株銀合歡，其中胸徑 4 cm 以上之銀合歡約佔 73.32%（如表 2）。累積剩餘百分比代表從目標徑級以上所占百分比，因此，根據不同徑級就可得到累積剩餘百分比及材積。

表2 各徑級株數分布及累積剩餘百分比

胸徑(cm)	徑級	株數	百分比	累積剩餘百分比	材積 m ³ /ha
1-1.9	1	18	5%	100.00%	56.655
2-2.9	2	41	11%	95.34%	56.630
3-3.9	3	44	11%	84.72%	56.121
4-4.9	4	58	15%	73.32%	54.545
5-5.9	5	68	18%	58.29%	50.158
6-6.9	6	69	18%	40.67%	41.646
7-7.9	7	59	15%	22.80%	28.403
8-8.9	8	14	4%	7.51%	12.490
9-9.9	9	10	3%	3.89%	7.524
10-10.9	10	4	1%	1.30%	2.852
11-11.9	11	0	0%	0.26%	2.852
12-12.9	12	1	0%	0.26%	0.664
總計		386	100%		

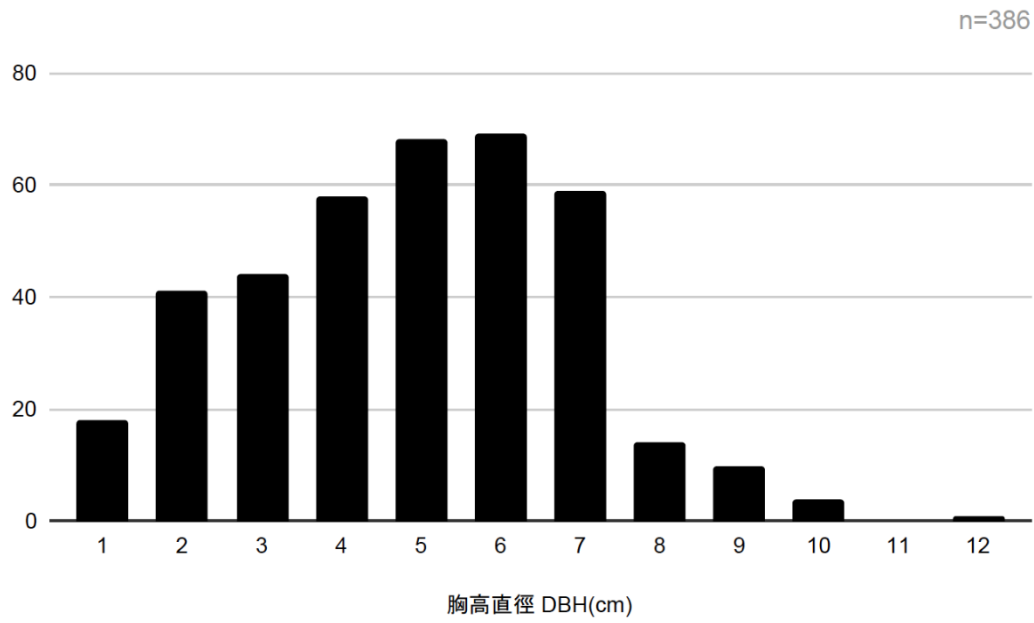


圖4 澎湖地區湖東新段銀合歡徑級結構分布

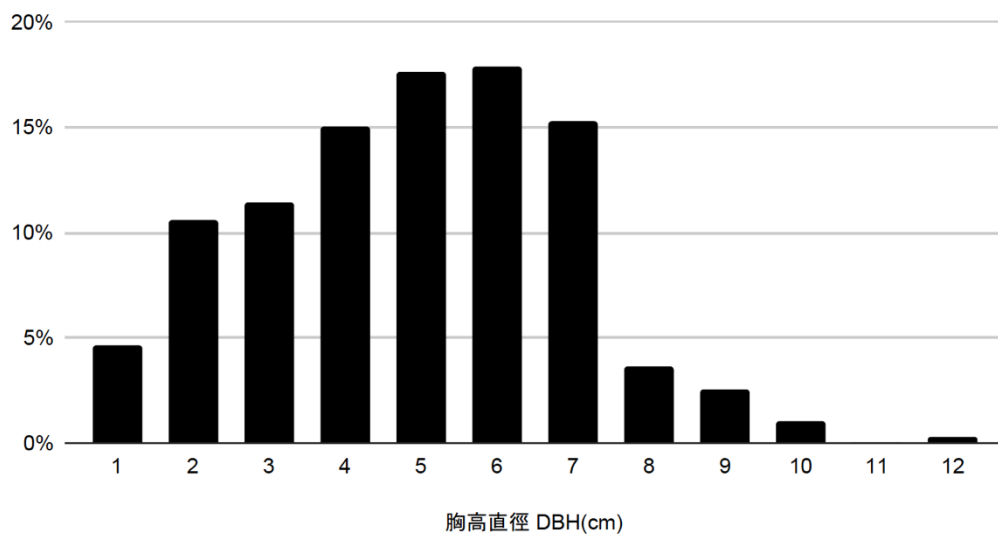


圖5 澎湖地區湖東新段銀合歡徑級結構分布之百分比

(二) 樹高曲線

樹高是最不容易精確量度的一項。因此樹高測定大都是依據統計抽樣原理，從全部林木中抽選出一定數量的樣木，仔細測量其胸高直徑與樹高後，再將這些量得的資料繪成曲線圖，據以推測其他未經實測的樹高，此一曲線即俗稱的樹高曲線 (Tree Height Curve)。本次調查共抽樣調查 11 株樣木。

為了減少計算偏差的情況，將所有樣木資料歸併入徑級後，計算各徑級中所有樣本的胸徑和樹高平均值 (陳念軍，1983)。透過樹高和胸徑的迴歸分析，建立迴歸方程式 (如式 1)。H 代表樹木的高度，D 代表樹木的胸徑。此方程式的 $R^2 = 0.72$ ，具有高度相關 (如圖 6)。

$$H = -0.332 + 1.686D - 0.096D^2$$

式 1

$$R^2 = 0.72$$

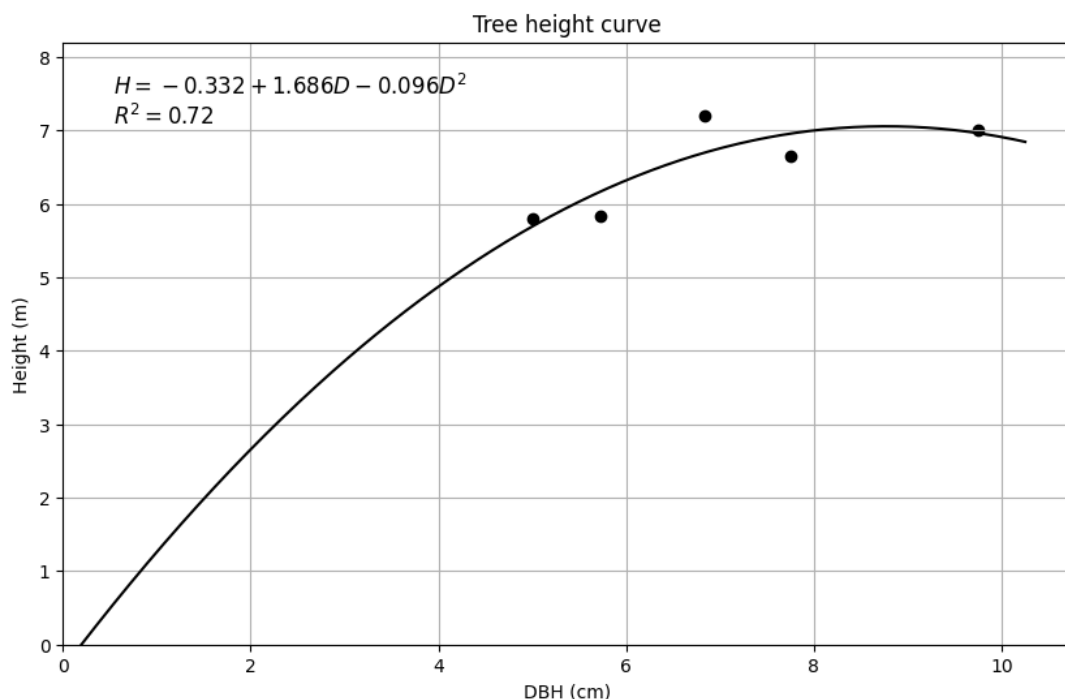


圖6 澎湖銀合歡樹高和胸徑之迴歸分析

(三) 立木材積

本次調查取樣範圍內的六個樣區，由於目前尚未有相關研究澎湖銀合歡材積式，因此參考兩個文獻中的銀合歡材積的迴歸式模型計算材積，平均所有樣區的材積為結果。模型以可取用之材積為目的，因此不考慮胸高直徑小於 3 cm 的樣本，利用胸高直徑(D)和樹高(H)作為自變量，透過迴歸分析建立估算式：

- 劉宣誠、高毓斌 (1987) 所試驗的樣區位於宜蘭三民與南澳地區：

$$V = D^2 \times H \times 0.5$$

- 陳朝圳、范貴珠 (1989) 所試驗的樣區位於屏東車城與恆春地區：

$$\ln (V) = -9.8 + 165041 \times \ln (D) + 1.26416 \times \ln (H) \\ - 0.00245828 \times D^2$$

- 本次調查的胸徑形數結果是基於陳朝圳和范貴珠 (1989) 的模型分析得出，選用的模型表達式為：

$$V = D^2 \times 0.79 \times H \times 0.58 \text{ (形數)}$$

劉宣誠、高毓斌 (1987)	陳朝圳、范貴珠 (1989)	本次調查
61.56 m ³ /ha	51.38 m ³ /ha	56.10 m ³ /ha

綜合考量計算的簡便性與精準度，本次調查認為若以獲得可利用之立木材積為目的，56.10 m³/ha 是一個適當的估計結果。

- 有效取樣面積範圍推估： $3.272 \times 56.10 = 183.56 \text{ m}^3$
- 湖東村潛力範圍推估： $62.692 \times 56.10 = 3517.02 \text{ m}^3$

(四) 有機碳含量

計算有機碳含量不是以取材為目的，因需要納入胸高直徑小於 3 cm 的樣本，所得材積為 56.62 m³/ha，所有樣區共計 386 株銀合歡，位在 600 m² 中，故每公頃株數為 6433 株，單株幹材材積 (V_{stem}) 為 0.0088 m³。

$$V_{\text{stem}} = 56.62 \div 6433 = 0.0088 \text{ m}^3$$

根據鄭欽龍 (2009) 與林業及自然保育署產學合作計畫的報告中可得知，全株材積與幹材材積轉換係數 (V_{whole/stem}) 平均值為 1.65；銀合歡的重量與材積轉換係數 (W₀/V_g) 為 0.258；經元素分析儀測得銀合歡之碳含量轉換係數 (C_{con}) 為 0.485。最後計算出單株碳貯存量 (C_{plant}) 為每株的碳貯存量為 0.00182 公噸，每公頃碳貯存量約為 11.708 公噸。

$$C_{\text{plant}} = 0.0088 \text{ (m}^3 \text{)} \times 1.65 \times 0.258 \times 0.485 = 0.00182 \text{ ton/株}$$

$$C_{\text{plant/ha}} = 0.00182 \times 6433 \text{ (株)} = 11.708 \text{ ton/ha}$$

根據廖宜緯等人(2011)、林國銓等人(2010)及王亞男等人(2010)之研究發現，在屏東地區之臺灣欒樹(2.3722 ton/ha)、無患子(2.4909 ton/ha) 及桃花心木 (6.5553 ton/ha) 等樹種的每公頃全株碳貯存量均小於澎湖銀合歡 (如表3)。因此，表示澎湖的銀合歡係具有碳貯存之潛力，將來可繼續深入研究。此外，於六龜之光蠟樹(57.0000 ton/ha)、太麻里之光蠟樹 (54.0000 ton/ha) 及溪頭之柳杉 (153.6800 ton/ha) 每公頃全株碳貯存量均大於澎湖銀合歡 (如表3)。此現象指出，樹種會因立地及樹齡影響其全株碳貯存量。

表3 不同樹種與澎湖銀合歡每公頃全株碳貯存量之比較

樹種	地點	樹齡	林分密度 (ha ⁻¹)	每公頃全株碳貯存量 (ton ha ⁻¹)	文獻來源
銀合歡	澎湖	X	6433	11.7080	本次調查
臺灣欒樹	屏東	8	1500	2.3722	廖宜緯、陳美光、 陳羽康、鍾玉龍、 吳守從 (2011)
無患子	屏東	8	1400	2.4909	
水黃皮	屏東	8	1150	2.6096	
印度紫檀	屏東	8	1500	4.5866	
桃花心木	屏東	8	1300	6.5553	
苦楝	屏東	8	1400	8.5460	
欖仁	屏東	8	1500	8.7579	
光蠟樹	屏東	8	1400	10.6280	
光蠟樹	六龜	30	550	57.0000	林國銓、杜清澤、 黃菊美 (2010)
光蠟樹	太麻里	31	630	54.0000	
柳杉	溪頭	74	413	153.6800	王亞男、周宏祈、 王介鼎、陳秋萍 (2010)

(五) 銀合歡碳貯存應用建議與分析

若將銀合歡應用於角料、木炭，是以全株銀合歡只取2-3段部分使用，平均每株取材直徑約4 cm、總長度約125 cm。根據表2胸徑4 cm以上的約佔有73.32%，胸徑4 cm以上材積約佔有54.545 m³/ha。實際應用材料大約使用17.292%(如下列計算結果)，每公頃約可固定2.025公噸的碳。

● 每公頃取材

每公頃4 cm以上株數：6433株/ha × 0.7332 ≈ 4716株/ha

4 cm × 4 cm × 125 cm = 2000 cm³ = 0.002 m³

4716株/ha × 0.002 m³ = 9.432 m³/ha

- 每公頃取材比例： $9.432/54.545 = 17.292\%$
- 每公頃約可固定碳比例： $17.292\% \times 11.708 \text{ ton/ha} = 2.025 \text{ ton/ha}$

接著，計算銀合歡製造成角材可以獲得多少固碳效益，依下列公式計算結果得知，角材的固碳效益為每公頃約可固定1.814公噸的碳

- 每公頃取材固碳量（根據2020年產學計畫實驗結果得知銀合歡木材密度 0.45 g/cm^3 約等於 0.45 ton/m^3 ，含水率結果為13.5%）

角材之絕乾重量： $9.432 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0.45 \text{ ton/m}^3 \div (1+13.5\%) = 3.740 \text{ ton/ha}$

角材之固碳效益： $3.740 \text{ ton/ha} \times 0.485 = 1.814 \text{ ton/ha}$

（其中，碳含量轉換係數為0.485）

倘若將銀合歡由縣政府、鄉公所全部清除，砍除後就地堆放，會造成每公頃約損失11.708公噸的碳資源。樸植作進行銀合歡再利用處理，將其應用於角料製作、木炭製作、生活用品創作，估計固碳效益約每公頃可固定1.814公噸的碳資源。因此，製材所獲得的固碳效益約佔全部清除固定碳的比例為 $1.814/11.708 = 15.5\%$ ，將來若能更有效的規劃製材程序，相信必能獲得更高的固碳效益。

另一方面，樸植作與社區結合將砍伐的銀合歡再利用，砍伐時只取直徑4 cm以上、長度約56 cm之木材，全株銀合歡可採2~3支銀合歡木材。社區出動清潔平均1小時，約可取得100支銀合歡木材。依據調查數據及下列計算結果得知，推估社區出動清潔1小時，約能整理0.0085公頃的銀合歡面積。

- 每株銀合歡可採木材數量：

每株銀合歡可採2~3支木材，取平均值2.5支

每公頃可採銀合歡總木材支數為： $4716 \text{ 株} \times 2.5 \text{ 支/株} \approx$

11790支

- 社區每小時取得的木材數量：約100支

每公頃的可採木材總支數：11790支

每小時整理銀合歡面積：100支/11790支/公頃 ≈ 0.0085 公頃

(六) 銀合歡林木總碳貯存量分析

林相碳貯存總量 (C) 即將單株碳貯存量 (ton/株) 乘上單位面積林相株數 (株/ha) 再乘上林相面積 (ha)。

- 有效取樣面積範圍推估碳貯量

$$C = 11.708 \text{ (ton/ha) } \times 3.272 \text{ (ha) } = 38.309 \text{ ton}$$

- 湖東村潛力範圍推估碳貯量

$$C = 11.708 \text{ (ton/ha) } \times 62.692 \text{ (ha) } = 734.002 \text{ ton}$$

(七) 羅漢松更新銀合歡效益分析

根據王義仲等人 (2013) 在彰濱工業區所調查的報告，單株羅漢松的碳固定量為0.02公噸。相比銀合歡每株0.00182公噸是相對高出10倍多，但報告中只有提及15株的總幹材材積約0.08立方公尺，無法得知其平均胸徑、樹高及樹齡，並無法準確進行比較。

衣索比亞的Chilimo-Gaji Forest海拔約在2170-3054 m，根據Siraj (2019) 在當地的調查結果，同為羅漢松科的*Afrocarpus falcatus* (Thunb.) C.N. Page在當地為最優勢種，其每公頃的碳貯量達86.77公噸。

目前以貯碳的角度使用蘭嶼羅漢松或羅漢松是不錯的選擇，前提是它們在野外環境也可以良好的適應。拿銀合歡文獻中羅漢松的結果對比，還有些不太客觀的條件，因為沒有參考樹齡因子，通常樹齡高的一定會比樹齡低得貯存更多的碳。因此還有待進一步研究來確認，像是光合作用速率的監測，可以計算出單位時間內的碳吸存量。

六、參考文獻

- 王亞男、周宏祈、王介鼎、陳秋萍 (2010) 溪頭三叉崙柳杉生長量及
碳貯存量效益之研究。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研
究報告 24(3): 157-167。
- 王義仲、林志欽、許立達 (2013)。臺灣工業區高滯塵及固碳樹種篩
選調查研究。華岡農科學報 (32)，31-46。
- 行政院農業委員會林務局(2009)第四次全國森林資源調查-事業區外
地面樣區設置與調查工作手冊。行政院農業委員會林務局。51 頁。
- 吳坤真、何芄薇、陳建璋、陳朝圳 (2013) 墾丁國家公園地景變遷與
銀合歡入侵之關係。國家公園學報 23(4): 32-41。
- 林俊成、王培蓉、徐韻茹 (2021) 朝向淨零排放之森林負碳排技術。
林業研究專訊 28(5): 39-45。
- 林國銓、杜清澤、黃菊美 (2010) 光蠟樹人工林碳貯存量和吸存量之
估算。中華林學季刊 43(2): 261-276。
- 邱祈榮、許庭瑋 (2022) 區塊鏈於碳交易制度之應用。中華林學季刊
55(1): 1-17。
- 柳婉郁、歐岱恩 (2022) 看懂森林碳匯與碳權認證-綠電太難買不如種
樹生碳權。豐年雜誌 72(4): 8-13。
- 郭家和、陳建璋、魏浚紘、陳朝圳 (2017) 恆春半島銀合歡移除後造
林對生物多樣性之影響。中華林學季刊 50(4): 341-364。
- 陳念軍(1983)最小二乘方法求樹高曲線式之探討及其電腦程式介紹。
臺灣林業 9(5): 21-30。
- 陳朝圳、范貴珠 (1989) 恆春地區巨型銀合歡生長與收穫之研究。農
專學報(30): 66-83。
- 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。
- 黃士元、沈秀雀 (2023) 銀合歡入侵臺灣，危害三百多年。清流雙月
刊 43: 57-61。
- 廖宜緯、陳美光、陳羽康、鍾玉龍、吳守從 (2011) 台糖公司屏東縣

- 平地造林碳貯存量調查。中華林學季刊 44(3): 373-383。
- 劉宣誠、高毓斌 (1987) 銀合歡人工林生物量估算方法之比較。林業試驗所研究報告季刊 2(1): 43-64。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學。台灣商務。481 頁。
- 鄭欽龍 (2009) 國有林林木經營區因應減碳政策之最適經營規劃期末報告。行政院農業委員會林務局。
- 藍浩繁、黃耀富 (1991) 中密度纖維板之研製(二) 江某、台灣赤楊、山黃麻、銀合歡為原料之纖維板製造。林產工業 10(1): 35-49。
- Mueller-Dombois, D., and H. Ellenberg (1974) Aims and Methods of Vegetation Ecology. Wiley and Sons. 547 pp.
- Siraj, M. (2019) Forest carbon stocks in woody plants of Chilimo-Gaji Forest, Ethiopia: Implications of managing forests for climate change mitigation. South African Journal of Botany. 127: 213-219.