

臺灣木質藤本的初「碳」

陳柏豪^{1*}、鍾安晴¹、林文智²、李隆恩³、楊勝任⁴

緣起

臺灣在2021年宣示將推動2050年淨零排放，透過推動能源轉型、產業轉型、生活轉型和社會轉型等四大轉型策略，並延伸出12項的關鍵戰略，來逐步實現2050年的淨零排放。關鍵戰略裡的其中一項就是「自然碳匯」，碳匯(carbon sink)是固定及儲存二氧化碳的場域，常見的自然碳匯包括森林、土壤、海洋等自然的生態系統。森林生物量約占陸域生態系中生物量(biomass)的90%，所以森林生態系是一個大型的碳儲存庫。

臺灣森林約占全島總面積的60%，森林碳匯約是2,140萬噸。然而，這數據可能低估，因為位於亞熱帶季風地區的臺灣，具有多達500多種的藤本植物，其中木質藤本佔60%，草質藤本佔40%。在中低海拔的森林中具有相當豐富的木質藤本，但是一般在執行森林資源調查時，通常僅針對木本植物，很少將木質藤本納入調查。少了木質藤本的生物量，當然就低估了臺灣森林的碳匯。本文藉由實際測量及文獻資料，初探木質藤本的碳匯，提供未來估算之用，讓臺灣森林的碳匯計算更加精準。

難得的取樣契機

林業試驗所六龜研究中心在高雄鳳崗山區海拔1,600~1,650 m處，有一1978年時造林的臺灣杉人工林，栽植密度為每公頃1,100株，平均胸徑約25 cm，樹高約17 m。六龜研究中心於2020年12月至2021年4月間進行該林分之疏伐作業，藉由這次把樹伐倒的機會，得以將攀附於臺灣杉上的木質藤本完整取下，來量測其地上部的生物量。

藤本植物攀爬到樹冠後，植株常不只攀附在單一樹木，而是穿梭於樹與樹之間，將樹形成連結(圖1)，所以要想在選中砍伐的臺灣杉植株上取得完整的木質藤本植株，是可



圖1 數株臺灣杉被臺灣血藤攀爬細綁，造成砍伐後的臺灣杉植株無法倒下，且無法取得該臺灣血藤的完整植株(陳柏豪 攝)

¹ 林業試驗所六龜研究中心

² 林業試驗所恆春研究中心

³ 林業試驗所森林經營組

⁴ 國立屏東科技大學森林系 名譽教授

* 通訊作者 (phchen@tfri.gov.tw)

表1 臺灣杉人工林實際取樣之木質藤本的量測數據

物種	學名	胸徑 (cm)	總長度 (m)	地上部生物量 (kg)
鈍藥野木瓜	<i>Stauntonia obovata</i>	1.3	14.3	3.2
賽山椒	<i>Embelia lenticellata</i>	2.5	5.9	3.0
臺灣血藤	<i>Mucuna taiwaniana</i>	2.0	16.5	1.8
		3.3	11.8	3.5
		4.0	19.3	9.9
珍珠蓮	<i>Ficus sarmentosa</i> var. <i>nipponica</i>	1.1	7.8	0.6
		1.2	12.4	2.2
		1.4	13.3	2.5
		1.7	9.3	4.5
		2.7	9.5	4.5
		4.4	10.1	11.3

遇不可求，因此採集到的數量不多，一共僅收集11個樣本(表1)。我們將每一完整的木質藤本植株分為兩部分，一為主莖，將主莖每1 m分為一段，每段基部取下10 cm並量測乾濕重(圖2及圖3)，來估算該段1 m的數據，最後估得整體主莖的乾濕重。另外，將小於1 cm的枝條和葉子統一裝袋，也量測其乾濕重。最後將主莖、枝條與葉子的乾重加總，即為該株木質藤本的地上部生物量。

臺灣首筆木質藤本的地上部生物量

生物量的測定通常可以分為兩種方法，一為直接測量法，是將全株收穫測得乾重，即得該植株生物量。另一個方法為使用異速生長公式(allometric equation)，即可預測植物的生物量，但是這必須先以大量的樣本作為基礎，才可建立此公式。

然而，估算生物量的公式大多針對樹



圖2 臺灣血藤主莖分段情形。本圖每小段為該株主莖每1 m分段基部所取下之10 cm部分(陳柏豪 攝)



圖3 珍珠蓮主莖分段情形。本圖每小段為該株主莖每1 m分段基部所取下之10 cm部分(陳柏豪 攝)

木，鮮少有專屬於木質藤本的公式，主要是因為藤本的取樣不易，以及鮮少人關注藤本植物，所以資料寥寥無幾。目前有針對木質藤本地上部生物量來開發估算公式的地區，主要在南美洲北部的熱帶雨林-亞馬遜 (Putz 1983 ; Gerwing and Farias 2000 ; Gehring et al. 2004) 和圭亞那 (Schnitzer et al. 2006) 。最鄰近臺灣的為馬來西亞的檳城 (Addo-Fordjour and Rahmad 2013) 。

本研究將實際量測的11個木質藤本胸徑值，帶入現有的5個藤本生物量公式 (表2) ，結果以圭亞那 (Schnitzer et al. 2006) 和亞馬遜的瑪瑙斯 (Gehring et al. 2004) 的公式所預測的生物量值，與本研究實際量測 (表1) 的生物量最為相近 (圖4) 。

然而，過去的研究指出，需使用該地區的生物量公式，才能較為準確地推估當地的植物生物量；如果沒有該地區的公式，則應使用鄰近區域的公式。本研究實際測得的木質藤本生物量，低於最鄰近的檳城公式所推算之值 (圖4) 。這可能是因為該研究的取樣時間為雨季，雨季時植株具有較大的生物量；而本研究為配合臺灣杉疏伐的時間，所以取樣時間為正值乾季的12月，所以測得的生物量較低。

一般樹木的胸徑、樹高和生物量皆會呈現正相關，但木質藤本長度變化大，所以在木質藤本的地上部生物量公式中，僅使用胸徑值作為參數。我們實際量測的11個樣本中，胸徑與地上部生物量呈正相關 ($r=0.8379$) (圖5A) ，但植株長度與地上部生物量間無明顯趨勢 (圖5B) 。最高19.3 m的臺灣血藤生物量為9.9 kg，低於長度僅有10.1 m的珍珠蓮，而最低的賽山椒卻有3.0 kg的生物量。

木質藤本的碳儲存量

藤本植物因為無法自體支持，所以需要依靠宿主生長，也藉著宿主讓它能夠迅速達到樹冠層獲取陽光，所以與木本植物相比，藤本植物的莖都非常細長。因此在相同胸徑之下，藤本植物的長度應該遠大於樹木的長度，因此有較大的地上部生物量，碳儲存量也就較高。

然而，木質藤本的胸徑通常不會長得太粗，通常15 cm已算非常粗，而樹木的胸徑就粗得多，因此森林中樹木的總生物量還是會大於木質藤本。例如在馬來西亞的吉蘭丹地區，樣區內木質藤本的總地上部生物量為 37.9 t ha^{-1} ，碳儲存量為 19.8 t C ha^{-1} 。木質藤本所依靠的宿

表2 目前針對木質藤本所開發的異速生長公式

發表文獻	異速生長公式
Putz 1983	$\text{TAGB} = \exp [0.036 + 1.806 \ln (D)]$
Gerwing and Farias 2000	$\text{TAGB} = \exp [0.147 + 2.184 \ln (D)]$
Gehring et al. 2004	$\text{TAGB} = \exp [-1.547 + 2.640 \ln (D)]$
Schnitzer et al. 2006	$\text{TAGB} = \exp [-1.484 + 2.657 \ln (D)]$
Addo-Fordjour and Rahmad 2013	$\text{Log}_{10} (\text{TAGB}) = 0.490 + 1.090 (\log_{10} D)$

註: TAGB : 地上部總生物量 (total above-ground biomass) ; D : 胸高直徑 (cm) 。

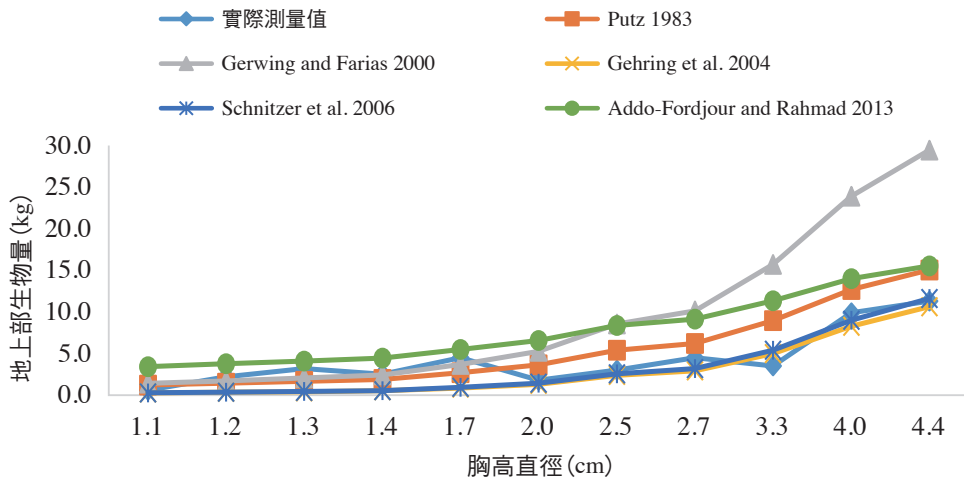


圖4 本研究實際量測的地上部生物量值與已知公式的估算值之比較 (陳柏豪 繪)

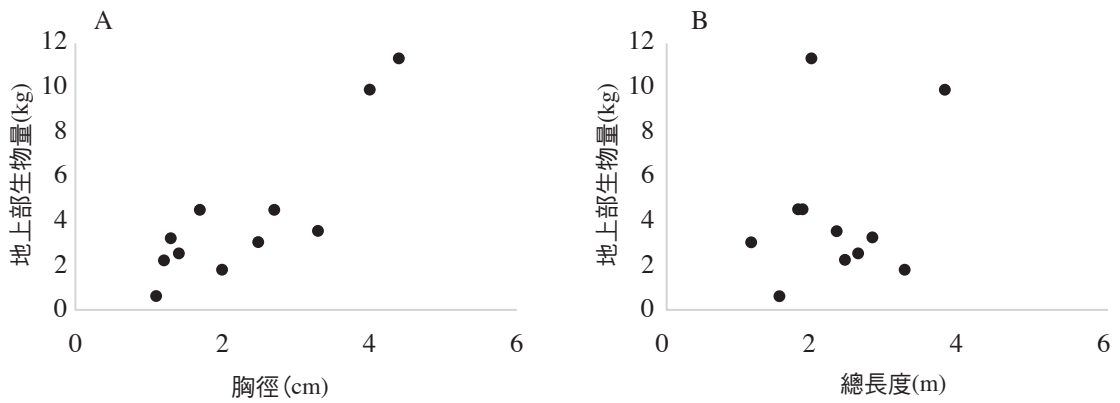


圖5 本研究11個木質藤本植株的胸徑 (A) 及總長度 (B) 與其地上部生物量間的關係 (鍾安晴 繪)

主總地上部生物量為 545.3 t ha^{-1} ，碳儲存量為 $272.6 \text{ t C ha}^{-1}$ ，約為木質藤本的14倍。

欲算出碳儲存量 (carbon storage)，通常由生物量乘上碳含量比例即可獲得。碳含量是木材中所含碳量的百分比，每一物種的碳含量皆有差異，不過大多都是使用0.5為其碳含量數值。林木實際量測碳含量的樹種並不多，更別說是木質藤本，本研究沒有蒐尋到相關文獻，所以目前還是暫以0.5作為估算數值。

以臺灣常見的原生樹木來看，假定胸徑為6 cm，樹高為4.5 m，其生物量平均為5.3 kg，碳儲存量約為3.0 kg (趙國容等，2022)。如果是胸徑6 cm的木質藤本，帶入上述5個公式得到的平均生物量為31.3 kg，碳儲存量約為15.7 kg。所以在相同胸徑的情況下，木質藤本的生物量約為樹木的6倍，碳儲存量約5.2倍。而我們實際量測的木質藤本，光是胸徑1.7 cm和2.7

cm的珍珠蓮，即可有接近胸徑6 cm樹木的地上部生物量 (表1)。而本研究測得胸徑最大的4.4 cm珍珠蓮，地上部生物量竟可高達11.3 kg。

人工林中不定根吸附藤本植物的附加價值

藤本植物為了依靠宿主生長，而具備了各式各樣的攀爬策略。我們取的4個物種中，臺灣血藤 (圖6)、鈍藥野木瓜和賽山椒屬於主莖纏繞，珍珠蓮屬於不定根吸附 (圖7)。其中賽山椒較為特別，因為它的攀爬策略雖然為主莖纏繞，但是它很少會展現出來，一般都是以灌木的型態生長，除非長到一定大小，且位在較為陰暗的環境，才會展現出主莖纏繞的型態，此類植物也被稱為攀緣灌木。而與賽山椒胸徑相近的臺灣血藤和珍珠蓮，其長度都可達9 m以上。



圖6 臺灣血藤的葉片 (陳柏豪 攝)



圖7 大型的珍珠蓮以不定根吸附攀附於臺灣杉上 (陳柏豪 攝)

在人工林經營中，主莖纏繞的藤本植物會纏繞造林木，對其造成物理傷害，且造成砍伐時的不便，因此在撫育上常需要將其清除，導致人工林內較少有主莖纏繞的藤本植物。而當造林木長到了一定大小，樹冠開始鬱閉，不定根吸附的藤本植物就會開始沿著粗大的樹幹向上攀爬，這類的藤本植物較不會對造林木造成物理傷害，因此在撫育管理上，不需要特別去清除此類藤本，且還能讓它們成為附加的固碳來源。

如果以臺灣杉的人工林來看，每公頃1,100株造林木，每株上面若有一株4.4 cm的珍珠蓮，其碳儲存量約5.7 kg，每公頃的木質藤本碳儲存量就多了6,270 kg。平均胸徑約25 cm的臺灣杉應該可以承載不只一株的木質藤本，在現場也還有觀察到青棉花、臺灣崖爬

藤、臺灣絡石等不定根吸附的藤本植物。所以保留不定根吸附的藤本植物，可以提升人工林的固碳量，又不影響人工林的木材性質。

結語

木質藤本主要分布熱帶地區，在全球暖化的趨勢下，位於亞熱帶地區的臺灣也越來越適合木質藤本的生長。臺灣許多中低海拔地區，木質藤本佔有一定的比例，所以保留而不砍伐森林中的藤本植物，將可以提高臺灣森林的碳匯。此外，開發臺灣常見木質藤本(表3)的異速生長公式也是勢在必行，如此將能更加精確地算出臺灣森林資源所貯存的碳量，更完整呈現關鍵戰略裡的自然碳匯，並與國際的資料接軌與分享。🌱

表3 臺灣常見的木質藤本

科別	物種	科別	物種
八仙花科	大枝掛繡球、青棉花	芸香科	飛龍掌血、雙面刺、藤花椒
大戟科	扛香藤	桑科	珍珠蓮、柘樹、盤龍木
五加科	三葉五加、臺灣常春藤	茜草科	寶島玉葉金花、臺北玉葉金花、紅珠藤、羊角藤
五味子科	松田氏南五味子	旋花科	亨利氏伊立基藤
木通科	石月、鈍藥野木瓜	報春花科	藤毛木櫛
毛茛科	串鼻龍	黃蘗花科	猿尾藤
夾竹桃科	武靴藤、酸藤	葉下珠科	多花油柑
忍冬科	阿里山忍冬	葡萄科	漢氏山葡萄
豆科	疏花魚藤、臺灣魚藤、越南鴨腱藤、厚殼鴨腱藤、血藤、菊花木、老荊藤	衛矛科	刺果衛矛
		獼猴桃科	異色獼猴桃、腺齒獼猴桃、臺灣羊桃