

研究報告

阿里山石棹地區石竹林分結構及生物量

李宗宜¹ 汪大雄¹ 蘇德忠¹ 陳財輝^{1,*}

【摘要】石竹係臺灣重要經濟竹種之一，主要以生產竹筍為主，石竹筍係嘉義阿里山地區之重要特產。本研究調查阿里山石棹地區石竹林分結構、林分生長性狀以及生物量乾重累積狀況。研究結果顯示，阿里山石棹地區石竹林分密度為 $10,567 \pm 1,553$ 株 ha^{-1} ，其中以4年生及以上所佔比率51.42%最高，2年生所佔比率14.51%最低；林分生長性狀，石竹竹稈平均胸徑為 7.3 ± 1.3 cm，平均竹高為 14.9 ± 1.9 m，平均枝下高為 7.7 ± 1.6 m；石竹生物量乾重累積狀況，地上部生物量乾重為 124.4 ± 27.8 ton ha^{-1} ，地下部生物量乾重為 54.0 ton ha^{-1} ，地下部與地上部比值為0.43。進一步分析各齡級地上部生物量乾重發現4年生及以上為 72.0 ± 16.0 ton ha^{-1} (57.9%)，3年生為 38.6 ± 17.8 ton ha^{-1} (31.1%)，2年生則僅有 13.8 ± 3.9 ton ha^{-1} (11.1%)，顯示石棹石竹林老齡竹過多，新生竹過少，應積極進行老竹伐採等經營管理，以提高新生竹生產力。

【關鍵詞】石竹、林分結構、生物量

Research paperThe stand structure and biomass accumulation of *Phyllostachys lithophila* in Shi-Zhuo, AlishanZong-Yi Li¹ Dar-Hsiung Wang¹ De-Zhong Su¹ Tsai-Huei Chen^{1,*}

【Abstract】Thill bamboo (*Phyllostachys lithophila*), primarily used for bamboo shoot, is one of the economic bamboo species in Taiwan. Thill bamboo shoot is one of the most important local products in Alishan Area. This study investigated the stand structure, stand growth and biomass of *P. lithophila* in Shi-Zhuo, Alishan. Results showed that, the average of stand density was $10,567 \pm 1,553$ culms ha^{-1} . Among frequency distribution in age structure, the highest one was found for those above 4-year-old at 51.42%, and the lowest one is those on 2-year-old at 14.51%. The average DBH was 7.3 ± 1.3 cm, average height of bamboo was 14.9 ± 1.9 m, and the average height under branches was 7.7 ± 1.6 m. The aboveground biomass was 124.4 ± 27.8 ton ha^{-1} , and the belowground biomass was 54.0 ton ha^{-1} . Furthermore, the aboveground biomass was 72.0 ± 16.0 ton ha^{-1} on above age 4, 38.6 ± 17.8 ton ha^{-1} on 3 year-old, and only 13.8 ± 3.9 ton ha^{-1} on 2 year-old. This result indicated that the age distribution of *P. lithophila* stand

1. 行政院農業委員會林業試驗
Taiwan Forestry Research Institute

* 通訊作者，台北市南海路53號

Tel: +886-2-2303-9978 ext.1506. e-mail: thchen@tfri.gov.tw

was unbalanced, therefore, the old culms should be cut down to increase the productivity of *P. lithophila* plantation.

【Key words】 *Phyllostachys lithophila*, stand structure, biomass

一、前言

臺灣現有竹類分屬於15屬40種3變種以及10個栽培品種，適合經濟栽培生產竹筍的竹種有綠竹 (*Bambusa oldhami*)、烏腳綠竹 (*Bambusa edulis*)、竹變 (*Bambusa beecheyana* Munro var. *pubescens*)、麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus*)、巨竹 (*Dendrocalamus giganteus*)、孟宗竹 (*Phyllostachys pubescens*)、桂竹 (*Phyllostachys makinoi*) 以及石竹 (*Phyllostachys lithophila*) 等8種 (陳文雄等, 2002)。其中石竹係臺灣特有種，主要分布於臺灣中部及北部地區，海拔高介於150-1500 m之間，以嘉義縣阿里山奮起湖、石棹一帶分布最多，另外南投縣魚池鄉蓮華池一帶亦有分布 (呂錦明, 2001)。

石竹又名石竹仔、輻槓竹，分類上屬於禾本科竹族孟宗竹屬，為地下莖橫走單稈散生型，稈高6-18 m，胸徑4-14 cm，幼稈粉綠，隨著年齡增加漸轉為深綠，老稈則呈黃綠色；稈壁厚0.4-0.8 cm，節隆起且下環處通常有白色粉末，節間長10-40 cm，基部較短，越往上節間越長 (林維治, 1996)。

石竹竹稈肉厚，材質強韌且具彈性，適合做建築、家具、農具等器皿，早期將其竹材應用於製做輻桿，故又稱輻篙竹，近年來則有養殖業者應用石竹竹材製作蚵棚。石竹筍發筍期約在4-5月，平均較桂竹晚1個月左右，其筍肉較厚且味道鮮美，除可直接食用外亦可製成筍乾罐頭，林喻東等人 (2003) 調查民有林主經營竹林狀況發現嘉義縣阿里山奮起湖地區受訪者中有98%竹農栽植石竹，且普遍認為石竹筍為奮起湖之重要特產，並將其製成桶筍，其方法係將煮熟之石竹筍利用高溫殺菌後，再以鐵桶真空包裝，如此便能延長其保存期限，近年來

隨著觀光休閒事業興盛，亦提供鋁箔包裝石竹筍供遊客採購 (圖1)。



圖1. 阿里山奮起湖特產輻篙筍 (石竹筍)

Fig. 1. Thill bamboo shoot is the special local product of Alishan

竹類透過適當的經營管理，將可提高竹林生產力，除了可供給生質燃料之原料外，並可提供環境保護作用及碳吸存等功能 (Embaye et al., 2005; 王仁等, 2009; 王義仲, 2011)。過去關於臺灣經濟竹類的研究報告有陳財輝等 (2015) 台北五股與台南龍崎綠竹林之林分結構與生物量；陳財輝等 (2014a) 高雄六龜與台南白河兩地麻竹林之林齡結構與生物量比較；陳財輝等 (2014b) 南投縣鳳凰山地區孟宗竹產筍林之調查等。然而對於石竹的研究報告非常少，而且多集中於形態特徵與生長分布之描述，有鑑於石竹筍係阿里山地區重要栽培作

物，並且有大面積的產筍林，因此本研究以嘉義縣阿里山石棹竹竹林為調查對象，藉由了解石竹之林分結構、竹稈生長及生物量累積狀況，期能做為石竹林生長的基礎資料，提供未來石竹林經營管理之參考依據。

二、材料與方法

(一) 試驗地描述

本試驗地位於嘉義縣阿里山石棹一私有經營之石竹產筍林，座標位置TWD97 (217209, 2597706)，海拔高約902 m，地形為南向坡，坡度介於0°-20°間 (圖2)。根據中央氣象局阿

里山測站2013-2015年統計資料，年平均溫度為11.6 °C，最低月均溫出現在1月5.9 °C，最高月均溫出現在6月15.2 °C；年平均雨量為3850.6 mm (中央氣象局，2016)。由於本林地竹農有持續經營採筍，因此林地內其他植物僅佔少數而且皆為地被植物，主要有姑婆芋 (*Alocasia odora*)、硃砂根 (*Ardisia crenata*)、山櫻花 (*Cerasus serrulata*)、朴樹 (*Celtis sinensis*)、江某 (*Schefflera octophylla*)、紅楠 (*Machilus thunbergii*)、莢蒾 (*Viburnum dilatatum*) 等 (圖3)。



圖2. 嘉義縣阿里山石棹地區石竹林樣區位置

Fig. 2. The location of *P. lithophila* plantation



圖3. 石竹林樣區現況

Fig. 3. The situation of *P. lithophila* plantation

(二) 樣區設立及每竹生長調查

本研究於2016年2月在嘉義縣阿里山石棹石竹林劃設3個10 × 10 m的正方形樣區進行每竹調查，調查項目包括胸徑、竹高、枝下高、竹齡等生長性狀，竹齡係以竹稈是否含籜片、竹稈顏色與色澤以及竹稈表面進行年齡區別，本次調查今年度出生之新生竹尚未長出，依據當地竹農之認知，當年度出生之新生竹為1年生，去年出生之竹子則歸類為2年生，因此本次調查皆為2年生以上之竹子。調查時亦標記

每竹之編號，以利後續複查。

(三) 土壤調查

土壤剖面觀察與型態描述，係採用美國農業部發展之調查方法 (Soil Survey Division Staff, 1993)。先記錄樣區之林相、地型種類、坡向、坡度、海拔高和坡型等，再以十字稿、圓鋤等工具挖掘一垂直地面高約50 cm之土壤剖面，而後判識土壤剖面中各化育層次，記錄其型態描述 (圖4)。



圖4. 土壤調查作業 (左)，樣區調查記錄 (右)

Fig. 4. Soil survey work in the sample plot

(四) 生物量乾重調查與推估

根據每竹調查結果，進行胸徑頻度分析，依據不同胸徑大小按頻度分析比例進行分層取樣，並於樣區外分別選擇15株不同胸徑大小之健康樣竹，從基部伐倒樣竹，量測其延幹長及枝下高位置。將竹稈從基部算起1.3 m處截斷，之後以每2 m為一單位往上依次鋸斷，秤量竹稈總鮮重。枝條及葉子於竹稈伐倒後，先一同收集秤量總鮮重，再將枝條與葉子分離，量秤枝條總鮮重，葉子總鮮重則以枝條與葉子之總鮮重扣除枝條總鮮重得之。除了記錄現場鮮重外，每伐倒樣竹皆取竹稈、枝條和葉子300-500 g之小樣本，攜回實驗室，置入烘箱以65 ± 5 °C乾燥2周烘至絕乾，再秤量其乾重，並求出各部位樣本的絕乾含水率，代入伐採樣

竹各部位鮮重數據後，即可求得單株生物量乾重，進一步建立胸高直徑與生物量乾重之回歸式，並推算石竹林分地上部生物量乾重。

地下部生物量乾重則將地上部伐除後，進行地下部挖掘，依據根係生長方向，將範圍1 × 2 m樣區內的所有根係挖出 (包括竹頭、竹鞭、鬚根及竹筍)，並測量總鮮重，將部份樣本帶回實驗室以65 ± 5 °C乾燥2周烘至絕乾，藉以計算各部位之含水率，並換算每公頃地下部生物量乾重。

三、結果與討論

(一) 石竹林土壤剖面描述

本試驗地位於線性凸坡的山腰位置，坡向為東南向130°，坡度17°，土壤係由砂頁岩軟

岩衍生風化形成的弱育土，沖蝕情形中等，排水良好的潤土；地表含石量約35%，土壤深度

超過50cm，土壤剖面及詳細型態描述如表1所示。

表1. 石竹林土壤剖面及型態描述

Table 1. The soil map unit description of *Phyllostachys lithophila* stand in Shi-Zhuo

土壤層	剖面深度	型態描述
O 層	約2cm	竹葉枯落物
A 層	0-10cm	暗灰棕色 (10YR3-4/2) 粘壤土 (CL)，弱度到中度化育之小型到極小型鈍角塊狀構造；結持力極易碎；含石量約30%，含有20%小型及10%中型的鈍角狀石塊；根系為多量的極細木質根及中量的細木質根，層界為清晰平滑狀
B 層	10-27cm	棕色 (10YR4/2-3) 粘壤土 (CL)，弱度到中度化育之小型到極小型鈍角塊狀構造；結持力極易碎；含石量約45%，含有30%小型和15%中型的鈍角狀石塊；根系為中量的極細木質根及中量的細木質根，層界為清晰平滑狀
BC層	27-50cm以下	黃棕色 (10YR4-5/4) 粘壤土 (CL)，弱度化育之小型到極小型鈍角塊狀構造；結持力易碎；含石量約65%，含有15%小型、25%中型和25%大型的鈍角狀石塊；根系為中量的極細和細木質根及少量的中等木質根

利用土壤剖面觀察竹林土壤組成形態，可做為土壤結構基本說明資料，不同地區竹林土壤結構亦不同，林信輝 (2011) 調查石門水庫集水區桂竹林之地表層多為鬚根交錯生長且有部分未腐化之枯落物，有機質層及淋洗層約30-50 cm，50 cm以下則為澱積層；湖山水庫集水區麻竹林因麻竹之枯枝落葉量豐富，且其竹葉較難腐化，使地表多為枯枝落葉層，有機質層及淋洗層約20-40 cm，而本研究調查結果與陳財輝等 (2014b) 於鳳凰山孟宗竹產筍林調查結果較類似，地表枯落物較少，有機質層及淋洗層約0-10 cm，10-50 cm左右則為澱積層。

(二) 石竹林之生長調查及林分結構

本研究調查阿里山石棹石竹的林分結構與生長狀況如表2所示，石竹林分密度為 $10,567 \pm 1,553$ 株 ha^{-1} ，依不同齡級林分密度比較，2年生為 $1,533 \pm 473$ 株 ha^{-1} (14.51%)，所佔比例最低，3年生為 $3,600 \pm 1,480$ 株 ha^{-1} (34.07%) 次之，4年生及以上為 $5,433 \pm 603$ 株 ha^{-1} (51.42%)，值得注意的係4年生及以上之老竹於本次調查中佔了一半以上，明顯高於2年生及3年生竹子。

與王仁等(2009)同於石棹地區調查的孟宗竹林比較，其林分密度為 $8,344 \pm 329$ 株 ha^{-1} ，較本研究調查石竹林密度低，進一步與其他地區單稈散生竹類比較，惠蓀林場孟宗竹林密度為 $7,933 \pm 332$ 株 ha^{-1} (王仁等，2009)；鳳凰山孟宗竹林密度為 $7,267 \pm 503$ 株 ha^{-1} (陳財輝等，2014b)；南投縣大鞍地區不同海拔高度孟宗竹林分密度介於 $5,333-6,900$ 株 ha^{-1} 之間 (陳財輝等，2014c)；竹山桶頭桂竹林密度 $10,271$ 株 ha^{-1} (呂錦明、陳財輝，1992)；石門水庫桂竹林密度介於 $15,700-18,767$ 株 ha^{-1} (陳財輝等，2009)；大溪事業區第81林班之桂竹純林平均密度 $15,250 \pm 2,530$ 株 ha^{-1} (廖天賜，2013)，由此可知石竹林分平均密度較孟宗竹林高，但較桂竹林低。

石竹生長性狀調查結果顯示，竹稈平均胸徑為 7.3 ± 1.3 cm，平均竹高為 14.9 ± 1.9 m，平均枝下高為 7.7 ± 1.6 m，各齡級比較結果發現，2年生的幼竹於平均胸徑、平均竹高與平均枝下高皆低於3年生、4年生及以上之老竹，並於統計上呈現顯著差異 (表2)，進一步分析竹稈徑級特性，其竹稈徑級以 $7.0-7.9$ cm者最

多，佔36.3%，其次為8.0-8.9 cm，佔24.3%，超過60%竹稈位於此二徑級中，由圖5胸徑頻度分布圖顯示，其分布主峰偏向右側，因此為左偏分布 (skew to left)。

李久先 (1977) 研究發現竹林經營如能維持各齡級株數比例均勻，將有助於竹林永續經營並能發揮其最大收穫，呂錦明 (2001) 指出當竹林密度越高時，新生立竹生長會有越長細小的情況發生，導致竹林生產力低落，對照本研究

調查結果顯示4年生及以上的石竹所佔比例最高，竹齡越小株數比例越低，而且2年生之幼竹平均胸徑又明顯較低，可見新生竹受到老竹的影響被壓縮其生長空間，推測與本試驗地竹農採取粗放經營模式有關，林分因長時間未伐除成熟竹稈利用，導致老齡竹過多，新生竹過少的結果，因此，適時伐採成熟老竹，不但可以提供足夠空間供幼竹生長，也可使新生竹生物量穩定增加 (王仁等，2010)。

表2. 石棹石竹林分結構及生長狀況

Table 2. The stand structure and growth situation of *Phyllostachys lithophila* in Shi-Zhuo

項目	齡級			總計	平均
	2	3	4及以上		
林分密度 (株 ha ⁻¹)	1,533 ± 473 ^{a1)} (14.51) ²⁾	3,600 ± 1,480 ^b (34.07)	5,433 ± 603 ^b (51.42)	10,567 ± 1,553 (100)	
平均胸徑 (cm)	6.5 ± 1.6 ^a	7.0 ± 1.2 ^b	7.7 ± 1.1 ^c		7.3 ± 1.3
平均竹高 (m)	14.2 ± 1.9 ^a	14.8 ± 1.7 ^b	15.1 ± 1.9 ^b		14.9 ± 1.9
平均枝下高 (m)	6.7 ± 1.6 ^a	7.5 ± 1.4 ^b	8.1 ± 1.6 ^c		7.7 ± 1.6

¹⁾ 平均值 ± 標準差。ANOVA分析，相同字母表示在 $\alpha=0.05$ 之顯著水準下，無顯著差異。

²⁾ 括弧裏為各齡級株數占總調查樣木之百分比。

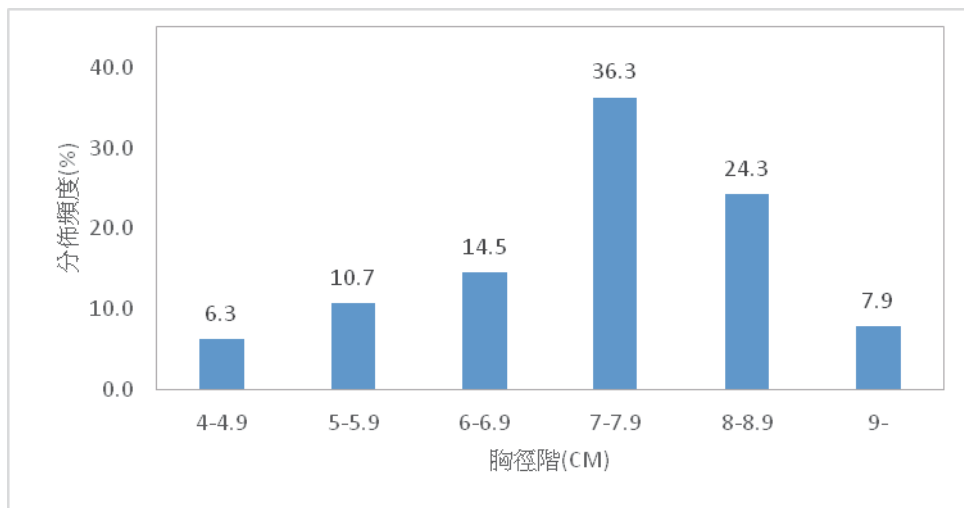


圖5. 石竹林不同胸徑級之頻度分布

Fig. 5. The frequency distribution of diameter in *Phyllostachys lithophila* stand

(三) 石竹林生物量乾重

1. 地上部生物量乾重

本研究伐採15株樣竹，計算小樣本之乾鮮比，換算各樣竹地上部生物量乾重，再將樣竹胸徑分別與竹稈、枝條、葉子及地上部總生物量乾重進行回歸分析，其得到回歸式如下：

稈生物量乾重： $y = 0.262x^2 - 0.3771x - 1.6593$ $R^2 = 0.9426$

枝生物量乾重： $y = -0.0192x^2 + 0.4972x - 1.3237$ $R^2 = 0.6799$

葉生物量乾重： $y = -0.0098x^2 + 0.2103x - 0.572$ $R^2 = 0.3526$

地上部生物量乾重： $y = 0.2436x^2 + 0.2221x - 3.2951$ $R^2 = 0.9394$

由於樣竹胸徑推估葉子生物量的回歸係數

較低，因此葉子生物量係以地上部總生物量乾重扣除竹稈及枝條的生物量乾重計算，其結果如表3所示。

本試驗地地上部總生物量乾重為 $124.4 \pm 27.8 \text{ ton ha}^{-1}$ ，其中竹稈生物量乾重為 $106.1 \pm 24.3 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔85.3%；枝條生物量乾重為 $13.2 \pm 2.5 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔10.6%；葉子生物量乾重為 $4.5 \pm 0.9 \text{ ton ha}^{-1}$ ，僅佔4.1%。如從不同齡級地上部生物量分布來看，2年生總生物量乾重為 $13.8 \pm 3.9 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔11.1%；3年生總生物量乾重為 $38.6 \pm 17.8 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔31.1%；4年生及以上總生物量乾重為 $72.0 \pm 16.0 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔57.9%，4年生及以上之老竹無論在稈、枝、葉及總生物量乾重上皆明顯高於2年生與3年生之竹子(表3)。

表3. 石棹石竹林各齡級竹稈、枝、葉級總生物量乾重

Table 3. The culms, branch, leaves and aboveground biomass of *Phyllostachys lithophila* in Shi-Zhuo

項目	齡級			總計	
	2	3	4及以上		
稈 (ton ha ⁻¹)	11.6 ± 3.3 ^{a1)}	32.7 ± 15.1 ^a	61.8 ± 14.3 ^b	106.1 ± 24.3	(85.3)
枝 (ton ha ⁻¹)	1.6 ± 0.4 ^a	4.3 ± 1.9 ^b	7.3 ± 1.2 ^c	13.2 ± 2.5	(10.6)
葉 (ton ha ⁻¹)	0.6 ± 0.2 ^a	1.6 ± 0.7 ^a	2.9 ± 0.5 ^b	4.5 ± 0.9	(4.1)
地上部合計 (ton ha ⁻¹)	13.8 ± 3.9 ^a (11.1) ²⁾	38.6 ± 17.8 ^a (31.1)	72.0 ± 16.0 ^b (57.9)	124.4 ± 27.8	(100.0)

¹⁾ 平均值±標準差。ANOVA分析，相同字母表示在 $\alpha=0.05$ 之顯著水準下，無顯著差異。

²⁾ 括弧裏為各齡級及部位生物量乾重與地上部生物量乾重之百分比。

王仁等 (2009) 於石棹地區調查孟宗竹地上部生物量乾重為 $171.3 \pm 8.1 \text{ ton ha}^{-1}$ ，較本研究石竹地上部生物量 $124.4 \pm 27.8 \text{ ton ha}^{-1}$ 高，其中孟宗竹枝條生物量乾重 $12.0 \pm 0.7 \text{ ton ha}^{-1}$ ，葉子生物量乾重 $4.4 \pm 0.3 \text{ ton ha}^{-1}$ 與石竹枝條及葉子生物量差異不大，然而孟宗竹竹稈生物量 $151.7 \pm 7.1 \text{ ton ha}^{-1}$ 明顯高於石竹竹稈生物量 $106.1 \pm 24.3 \text{ ton ha}^{-1}$ ，也是造成地上部生物量差異的主因。

與其他臺灣經濟竹類地上部生物量乾重比較，本研究結果石竹地上部生物量乾重高於鳳凰山孟宗竹地上部生物量 (介於 $73.2-91.6 \text{ ton ha}^{-1}$ 之間) (陳財輝等，2011)、大溪事業區桂竹純林地上部生物量 (約 113 ton ha^{-1}) (廖天賜，2013)、六龜與白河麻竹之地上部生物量 (分別為 $17.4 \pm 2.7 \text{ ton ha}^{-1}$ 、 $94.5 \pm 8.4 \text{ ton ha}^{-1}$) (陳財輝等，2014a)、五股與龍崎綠竹之地上部生物量 (分別為 $15.6 \pm 5.7 \text{ ton ha}^{-1}$ 、 54.5 ± 4.2

ton ha⁻¹) (陳財輝等, 2015); 但比蓮華池巨竹林地上部生物量 (約155.8 ton ha⁻¹) 低 (陳財輝等, 2014d)。

陳財輝等 (2014b) 調查南投縣鳳凰山孟宗竹產筍林發現其保留較多4年生以下之幼、壯年竹, 並擇伐成熟老竹, 因此孟宗竹產筍林成熟老竹之生物量乾重較幼、壯年竹低。從過去的研究中發現荒廢的竹林中新生的小徑竹會增加, 而老竹的株數以及地上部生物量也會大幅度增加, 本研究結果顯示4年生及以上之老竹地上部生物量乾重明顯比2年生、3年生之幼、壯年竹高, 顯示竹林有生長衰退的現象, 應該更加積極進行老竹伐採及林分密度管理等竹林經營作業, 如此才能避免生長衰退現象持續加劇。

2. 地下部生物量乾重

本研究地下部生物量乾重調查係將範圍1 × 2 m樣區內的所有根系挖出 (包括竹頭、竹鞭、鬚根及竹筍), 挖掘深度約50 cm, 取部份樣本回研究室計算其乾鮮比, 進一步換算成樣區地下部生物量乾重。結果推算地下部生物量乾重為54.0 ton ha⁻¹, 佔全林分總生物量 (地上部+地下部) 30%, 而其地下部與地上部比值為0.43, 此結果與廖天賜 (2013) 於大溪事業區桂竹林地下部生物量為54.79 ton ha⁻¹, 佔全林分總生物量的33 %相似, 孟宗竹地下部生物量則會隨著海拔高度增高而有增加的趨勢, 東亞地區不同孟宗竹林分之生物量乾重, 地下部與地上部比值則介於0.25-1.28之間 (陳財輝等, 2014c)。

四、結論

本研究調查嘉義縣阿里山石棹地區石竹林分結構與生物量乾重, 結果顯示石竹林分密度為10,567 ± 1,553株ha⁻¹, 不同齡級之株數頻度以4年生及以上之老竹所佔比率最高 (51.42%), 2年生之幼竹所佔比率最低 (14.51%); 石竹生長性狀部分, 竹稈平均胸徑為7.3 ± 1.3 cm, 平均竹高為14.9 ± 1.9 m, 平均

枝下高為7.7 ± 1.6 m, 2年生之幼竹於各項生長性狀上皆較低, 顯示有生長衰退之現象。石竹地上部總生物量乾重為124.4 ± 27.8 ton ha⁻¹, 於臺灣各類經濟竹種中生物量累積算高, 僅次於巨竹, 然其中4年生及以上地上部總生物量乾重為72.0 ± 16.0 ton ha⁻¹, 佔57.9%, 3年生地上部總生物量乾重為38.6 ± 17.8 ton ha⁻¹, 佔31.1%, 2年生地上部總生物量乾重僅有13.8 ± 3.9 ton ha⁻¹, 佔11.1%, 顯示應進行老竹伐採與林分密度管理等竹林經營作業, 藉以促進新生竹之生產力。

五、致謝

感謝嘉義縣竹崎鄉石棹石竹農劉權殷先生, 林業試驗所育林組林元祥, 以及國立中興大學森林系碩士生蕭聖儒等於研究試驗上之協助。

六、引用文獻

- 王仁、陳財輝、張華洲、鍾欣芸、李宗宜、劉瓊霏 (2009) 惠蓀林場與石棹孟宗竹林分結構及地上部生物量和碳儲存量。林業研究季刊 31(4): 17-26。
- 王仁、陳財輝、陳信佑、鍾欣芸、劉恩好、李宗宜、劉瓊霏 (2010) 孟宗竹伐採後二年間地上部生物量與碳吸存量動態。林業研究季刊 32(3): 35-54。
- 王義仲 (2011) 竹林經營對減緩溫室效應之助益。林業研究專訊 18(1): 8-11。
- 呂錦明 (2001) 竹林之培育及經營管理。行政院農委會林業試驗所 林業叢刊第135號。
- 呂錦明、陳財輝 (1992) 桂竹之林分構造及生物量—桶頭一桂竹林分之例。林業試驗所研究報告季刊 7(1): 1-13。
- 林信輝 (2011) 水庫集水區竹林棲地環境調查暨保育對策之研究 (2/2)。經濟部水利署委辦計畫。
- 林喻東、葉文和、陳民安 (2003) 民營林主從事竹林疏伐意願之研究—以鹿谷地區及奮

- 起湖地區爲例。林業研究季刊 25(3): 107-120。
- 林維治 (1996) 林維治先生竹類論文集。行政院農委會林業試驗所。
- 陳文雄、鄭安秀、黃和炎、張煥英、陳昇寬 (2002) 植物保護技術專刊—竹筍篇。行政院農委會動植物防疫檢疫局植物保護技術專刊系列3。
- 陳財輝、汪大雄、謝忠穎 (2014d) 蓮華池巨竹林之林分結構與地上部生物量。林業研究季刊 36(1): 67-76。
- 陳財輝、邱志郁、謝忠穎、王仁 (2014c) 不同海拔高度孟宗竹林分之生長—以南投縣大鞍地區爲例。中華林學季刊 47(2): 181-192。
- 陳財輝、廖天賜、鍾一榮、王仁 (2014a) 高雄六龜與台南白河兩地麻竹林之林齡結構與生物量比較。林業研究季刊 36(4): 263-272。
- 陳財輝、劉瓊靄、王仁 (2015) 台北五股與台南龍崎綠竹林之林分結構與生物量。林業研究季刊 37(3): 209-218。
- 陳財輝、劉瓊靄、鍾一榮、王仁 (2014b) 南投縣鳳凰山地區孟宗竹產筍林之調查。中華林學季刊 47(2): 169-180。
- 陳財輝、劉瓊靄、鍾欣芸 (2011) 南投縣鳳凰山孟宗竹產筍林分之生長與生物量。中華林學季刊 44(1): 19-28。
- 陳財輝、鍾欣芸、汪大雄、林信輝 (2009) 石門水庫集水區桂竹林之生長及生物量。中華林學季刊 42(4): 519-527。
- 廖天賜 (2013) 桂竹林經營作業法對林分動態變化之研究。行政院農業委員會林務局委託研究計畫。
- 中央氣象局 (2015) 2013-2015阿里山測站氣候統計資料。取自<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>。
- 李久先 (1977) 桂竹林施業に関する研究。東京大學博士論文，345頁。
- Embaye, K., M. Weih, S. Ledin and L. Christersson (2005) Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. *For. Ecol. Manage.* 204: 159-169.
- Soil Survey Division Staff (1993) *Soil Survey Manual*, Agricultural Handbook No. 18. Washington, DC: United States Government Printing Office.

