

研究報告

## 蓮華池巨竹林之林分結構與地上部生物量

陳財輝<sup>1</sup> 汪大雄<sup>2,\*</sup> 謝忠穎<sup>1</sup>

【摘要】本研究選擇林業試驗所蓮華池研究中心之巨竹林進行調查及統計分析。調查結果顯示，2012及2013年巨竹林之齡級分布皆以4年生以上之老齡竹稈最多。直徑分布方面，2012及2013年均以直徑階 $14\text{ cm} < \text{DBH} \leq 16\text{ cm}$ 之株數最多。林分調查方面，竹叢面積平均為 $4.5\text{ m}^2\text{ clump}^{-1}$ ，竹叢數平均為 $400\text{ clumps ha}^{-1}$ ，竹叢與林地面積之比例為17.8%，2012及2013年之竹稈密度分別為4,433、4,867 culms  $\text{ha}^{-1}$ ，2013年之枯死率平均為8.6%。竹林生長性狀方面，2012年巨竹林之胸高直徑為14.3 cm、稈高為17.5 m、枝下高為7.2 m；而2013年胸高直徑為14.4 cm、稈高為17.7 m、枝下高為8.2 m，兩年度之差距不大。地上部生物量方面，2012年巨竹林之竹稈乾重為 $129.0\text{ ton ha}^{-1}$ 、竹枝乾重為 $17.6\text{ ton ha}^{-1}$ 、竹葉乾重為 $8.5\text{ ton ha}^{-1}$ ，地上部總乾重為 $155.1\text{ ton ha}^{-1}$ ；2013年巨竹林之竹稈乾重為 $129.8\text{ ton ha}^{-1}$ 、竹枝乾重為 $16.7\text{ ton ha}^{-1}$ 、竹葉乾重為 $7.7\text{ ton ha}^{-1}$ ，地上部總乾重為 $155.8\text{ ton ha}^{-1}$ 。新生竹方面，竹林分平均密度為 $433.3\text{ culms ha}^{-1}$ ，胸徑平均15.4 cm、稈高平均19.6 m、枝下高平均19 m，而新生竹比例平均9.8%。新生竹地上部生物量方面，竹稈乾重平均 $12.9\text{ ton ha}^{-1}$ 、竹枝乾重平均 $1.6\text{ ton ha}^{-1}$ 、竹葉乾重平均 $0.7\text{ ton ha}^{-1}$ 、地上部總乾重平均 $15.4\text{ ton ha}^{-1}$  ( $10.9\sim 20.9\text{ ton ha}^{-1}$ )。本研究蓮華池巨竹林之林分結構不良，呈現老齡竹過多與新生竹過少之失衡現象，亟待積極進行伐除老竹等之經營管理對策，藉著現存林分生物量之年增長量的提高，以達成巨竹林生長對大氣中 $\text{CO}_2$ 的減量效果。

【關鍵詞】巨竹、林分結構、生物量

Research paperGrowth and Aboveground Biomass of Giant Bamboo  
(*Dendrocalamus giganteus*) in Lien-Hua-Chih AreaTsai-Huei Chen<sup>1</sup> Dar-Hsiung Wang<sup>2,\*</sup> Chung-Yin Hsieh<sup>1</sup>

- 
1. 行政院農委會林業試驗所育林組  
Division of Silviculture, Taiwan Forestry Research Institute.
  2. 行政院農委會林業試驗所森林經營組  
Division of Forest Management, Taiwan Forestry Research Institute.

\* 通訊作者，10066台北市南海路53號。

Corresponding author, No. 53 Nanhai RD., Taipei 100, Taiwan.

Tel: 02-23039978 ext.1319, Fax: 02-23754216. Email: dhwang@tfri.gov.tw

**【Abstract】** This paper reports the stand structure and biomass on giant bamboo forest in Lien-Hua-Chih Area at the period of 2012 and 2013. The results resulted showed that the bamboo forest was dominated by culms with age over 4 years at both 2012 and 2013, and the culms at DBH between 14 and 16 cm were most abundant in diameter distribution. The average of clump size was  $4.5 \text{ m}^2 \text{ clump}^{-1}$ , and 400 clumps  $\text{ha}^{-1}$  was in average which covers 17.8 % of total bamboo land. The culms density was 4,433, 4,867 culms  $\text{ha}^{-1}$  at 2012 and 2013, respectively. At 2012, the average of DBH, total height and the height to crown base was 14.3 cm, 17.5 m and 7.2 m, respectively, and 14.3 cm, 17.5 m and 7.2 m at 2013. In the biomass above ground, at 2012, the total biomass was  $155.1 \text{ ton ha}^{-1}$  with the components that culms biomass was  $129.0 \text{ ton ha}^{-1}$ , branch biomass  $17.6 \text{ ton ha}^{-1}$ , and leaf biomass  $8.5 \text{ ton ha}^{-1}$ . The same figures at 2013 was  $155.8 \text{ ton ha}^{-1}$  in total biomass,  $129.8 \text{ ton ha}^{-1}$  in culms biomass,  $16.7 \text{ ton ha}^{-1}$  in branch biomass and  $7.7 \text{ ton ha}^{-1}$  in leaf biomass. In regard to new culms, the average of new culms was  $433.3 \text{ culms ha}^{-1}$  with the average of DBH 15.4 cm, average of total height 19.6 m, the average of height to crown base 19.0 m. The average ratio of new culms was about 9.8 %. Finally, the total biomass above ground for new culms was  $10.9 \sim 20.9 \text{ ton ha}^{-1}$ , with the components that culms biomass was  $12.9 \text{ ton ha}^{-1}$ , branch biomass  $1.6 \text{ ton ha}^{-1}$ , and leaf biomass  $0.7 \text{ ton ha}^{-1}$ . Moreover, the unbalanced age distribution of culms indicated that the activity of cutting old culms should be carried out to increase the productivity of giant bamboo forest.

**【Key words】** giant bamboo, stand structure, biomass

## 一、前言

巨竹 (*Dendrocalamus giganteus*) 屬地下莖合軸叢生之熱帶型竹類，原產於印度、緬甸、孟加拉及中國雲南省之西南部，臺灣曾引進巨竹苗，進行其適應性、竹材加工及產筍量之研究，證實巨竹在台灣低海拔生長之優越性，材質亦相當優良，可供為造紙、家具及生產竹筍之用 (吳征鎰, 1980; 高毓斌等, 1989)。Ramanayake and Yakandawala (1997) 亦指出巨竹具有很高的生物量，可取代林木、供做各種用途，相當具有經濟生產價值。

臺灣之巨竹來源，最早由林業試驗所林維治先生從馬拉加西共和國 (Malagasy Republic, 現改稱為馬達加斯加共和國) 引進，第一次於1966年引進8株巨竹苗，試植於林業試驗所六龜分所，生長情形極為良好，認為巨竹適宜台灣低海拔生長。故再於1970年，藉由國家科學委員會及當時之農復會補助辦理「巨竹引種計畫」，於同年度1月引進250株、8月引進170株，共計420株巨竹幼苗，栽植於林業試驗所嘉義分所，並進行引種試驗及加工研究

等 (高毓斌, 1991; 林維治, 1981; 林維治等, 1977)。

近年因為大量使用化石燃料及林地用途變更等原因，造成大氣中二氧化碳濃度迅速上升，導致全球暖化效應帶來諸多異常氣候，進而產生許多難以預期之危害。而巨竹為世界上最大型的竹種之一，其具有生長週期短、生長速度快以及資源豐富等特性。竹類若能在有效之經營管理下，將可促進竹林之生產力，不僅可供作生質燃料之料源外，且可提供環境保護作用及碳吸存等功能 (Embaye *et al.*, 2005; Elliott *et al.*, 1985; Xiao *et al.*, 2013; 王義仲, 2011; 邱祈榮, 2011)。

本研究選擇蓮華池巨竹林進行調查及分析，藉由瞭解巨竹林之林分結構、地上部生物量及新生竹生長情形等，評估巨竹林之生長特性等，提供巨竹林未來經營及生質燃料料源發展研究之依據。並期待將來能配合適當的林業政策及經營管理之應用，發揮竹林對環境保護之功能，減少對化石燃料的依賴，改善溫室效應日漸嚴重的現況。

## 二、材料與方法

### (一) 試驗地描述

本次試驗地選擇林業試驗所蓮華池研究中心之巨竹林 (E120°53'12.66", N23°55'18.44")。林業試驗所蓮華池研究中心轄有試驗林地461 ha，位於海拔576-925 m之間，年平均氣溫21°C，年平均雨量2,200 mm，為台灣中部中低海拔地區僅存之天然闊葉樹林，本研究巨竹林位於該研究中心試驗苗圃旁，海拔僅約600 m (林業試驗所蓮華池長期生態研究站，2012)。根據蓮華池研究中心傅昭憲副研究員的記載，該巨竹林設置於1974年3月，面積0.4 ha，目前仍留存88叢巨竹。栽植迄今已屆39年，在此期間該研究中心曾不定期、零星進行施肥、除草、覆草、培土、中耕及疏伐等經營管理作業，無具體進行生產規劃或更新方案。據個人觀察，巨竹林約於每年4~5月時，竹葉開始轉黃並逐漸掉落，而於7~8月時開始生長新葉及產筍，而於10~11月時完成新生竹之生長。

### (二) 樣區調查

本研究調查巨竹林之林分結構、地上部生物量及新生竹生長情形，於蓮華池研究中心之巨竹林設置3個10×10 m的正方形樣區，且2012及2013年連續調查巨竹林之生長情形。其

中林分結構方面，主要進行齡級分布、直徑分布、林分調查及竹林生長性狀等。樣區調查方式說明如下。

齡級分布方面，本調查以巨竹齡為1~4年生為主、並記錄株數，其中竹齡為1之巨竹是指2012年7~8月至調查日(2013年03月)之巨竹，實際年齡未滿1年之新生竹，而竹齡為2之巨竹是指2011年7~8月至調查日(2013年03月)者，實際年齡未滿2年而超過1年之巨竹，以後依此類推；而4年生以上之巨竹，因竹稈顏色判斷不易，故皆以4年生及以上統一計算株數。竹齡之判別，主要依稈色、竹稈表面及枝葉生長等外觀特徵等綜合判別(林維治等，1962)。本研究野外調查時，竹齡之判別工作承蒙該研究中心王德華先生等豐富野外經驗指導，得以增加年齡判斷之準確性。巨竹各齡級之竹稈外觀特徵，如圖1所示。

直徑分布方面，主要是將胸高直徑分成8個直徑階，分別為6 cm < DBH ≤ 8 cm、8 cm < DBH ≤ 10 cm、10 cm < DBH ≤ 12 cm、12 cm < DBH ≤ 14 cm、14 cm < DBH ≤ 16 cm、16 cm < DBH ≤ 18 cm、18 cm < DBH ≤ 20 cm以及DBH > 20 cm等，並統計各直徑階之株數。

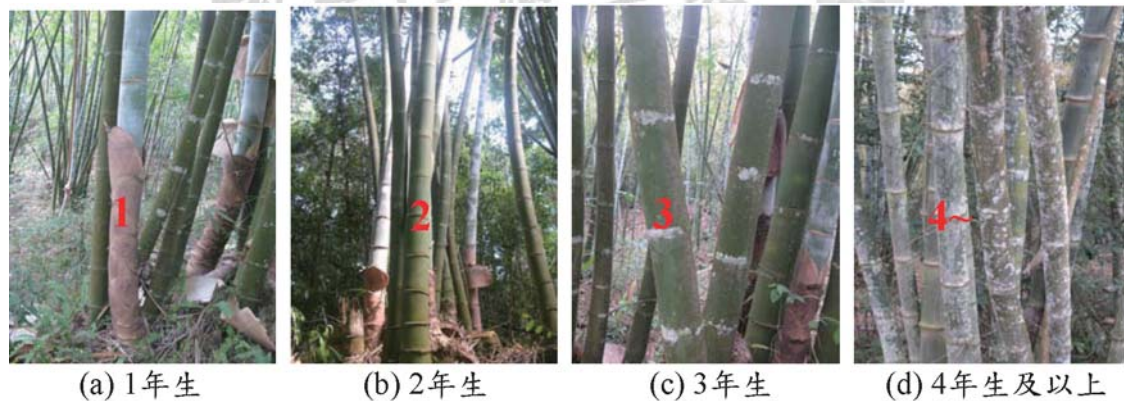


圖1. 不同齡級之竹稈外觀特徵 (2013.4.22攝於蓮華池巨竹園)

Fig. 1. The appearance of culms at different ages (Photographed on April 22, 2012 at Giant Bamboo Garden in in Lien-Hua-Chih Area)

林分結構調查方面，主要包括竹叢面積、竹叢數、竹叢面積與林地面積比例、竹稈密度及枯死率等，其中竹叢面積是假設竹叢為一圓形，並量測竹叢之圓周長，再將其換算為竹叢面積，並計算樣區內所有竹叢面積總和與樣區面積之比例，以推算林地內所有竹叢面積之總和與林地面積比例（此即竹叢面積與林地面積比例），藉以瞭解巨竹單株生長所需之空間。

竹林生長性狀方面，主要調查巨竹之胸高直徑、稈高及枝下高等，藉以瞭解巨竹生長情況及變化。

### (三) 地上部生物量乾重估算

本研究地上部生物量乾重計算，主要根據2012年4月林地之每竹調查結果，依胸高直徑階頻度分布比例進行分層選取樣竹，並於所設置之樣區外，依不同胸徑大小頻度分布比例，總共選擇15株樣竹，每樣竹從基部伐倒，量測樣竹總長度，再將樣竹之枝葉與竹稈分離，分別秤量竹稈、竹枝及竹葉之鮮重並記錄之後，每樣竹需取竹稈、竹枝及竹葉之小樣本約200~500 g帶回實驗室，放入烘箱烘至絕乾，再秤其絕乾重及計算各部位之含水率，並依上述各數據建立胸高直徑與生物量（絕乾重）之迴歸方程式，並利用此方程式進行生物量乾重之估算。

生物量乾重之估算會因所選之變數種類、變數多寡及迴歸方程式等不同而有所差異，本研究生物量乾重主要選用胸高直徑做為自變數、與生物量乾重(y)作為隨變數，經分析後所建立之迴歸曲線方程式，如下式(1)~(4)：

$$\text{竹稈乾重} : y = 0.1332 \times \text{DBH}^{1.9670} \quad R^2 = 0.8933 \quad (1)$$

$$\text{竹枝乾重} : y = 0.0692 \times \text{DBH}^{1.4552} \quad R^2 = 0.6262 \quad (2)$$

$$\text{竹葉乾重} : y = 0.1117 \times \text{DBH}^{0.9934} \quad R^2 = 0.6660 \quad (3)$$

$$\text{地上部總乾重} : y = 0.2225 \times \text{DBH}^{1.8465} \quad R^2 = 0.9033 \quad (4)$$

### (四) 數據分析方式

在樣區每竹調查部分，依調查項目計算3重覆樣區之平均值和標準差，其中竹叢數、竹叢面積與林地面積比例（竹叢面積 / 林地面積 %）、竹稈密度、枯死率及新生竹比例之計算

方式，如下式(5)~(9)：

$$\text{竹叢數 (clumps ha}^{-1}\text{)} = (\text{10} \times \text{10 m 樣區內之竹叢數}) \times 100 \quad (5)$$

$$\text{竹叢面積 / 林地面積 (\%)} = \text{區內竹叢面積總和 (m}^2\text{)} / \text{樣區面積 (m}^2\text{)} \times 100 \quad (6)$$

$$\text{竹稈密度 (clums ha}^{-1}\text{)} = (\text{10} \times \text{10 m 樣區內之竹稈數}) \times 100 \quad (7)$$

$$\text{枯死率 (\%)} = (\text{枯死株數} / \text{前次調查總株數}) \times 100 \% \quad (8)$$

$$\text{新生竹比例 (\%)} = (\text{新生竹株數} / \text{前次調查竹稈總數}) \times 100 \% \quad (9)$$

## 三、結果與討論

### (一) 巨竹林之林分結構

齡級分佈方面，本次調查以巨竹年齡為1~4年生(4年生尚包含以上齡級者)為主，並統計比較2012及2013年之株數及齡級分佈，結果如圖2所示。根據結果可知，2012及2013年齡級分佈均以4年生以上之巨竹為最多，其主要是因巨竹林為粗放之經營，老齡竹林立，該林分已長久其間未伐除成熟竹稈利用，以致造成老齡竹過多、而新生竹過少之失衡結構，不利於巨竹林之永續生長。

在直徑分布方面，是以2012及2013年於樣區內進行每竹調查樣區，結果如圖3所示。根據結果可知，2012年直徑階以14 cm < DBH ≤ 16 cm之株數最多，為每公頃933株，占總株數的21.1%，而以直徑階6 cm < DBH ≤ 8 cm及DBH > 20 cm之株數最少，皆為每公頃67株，均占總株數的1.5%；2013年直徑階亦以14 cm < DBH ≤ 16 cm之株數最多，為每公頃1,000株，占總株數的20.6%，以直徑階6 cm < DBH ≤ 8 cm之株數最少，為每公頃67株，占總株數的1.4%。

紀怡嘉(2008)調查中部地區桂竹林平均胸高直徑介於3.65~4.65 cm；陳財輝等(2011)於南投縣調查孟宗竹平均胸高直徑介於7.5~10.0 cm；陳財輝等(2012a)於台南白河調查麻竹平均胸高直徑介於6.6~7.3 cm等資料相較，可發

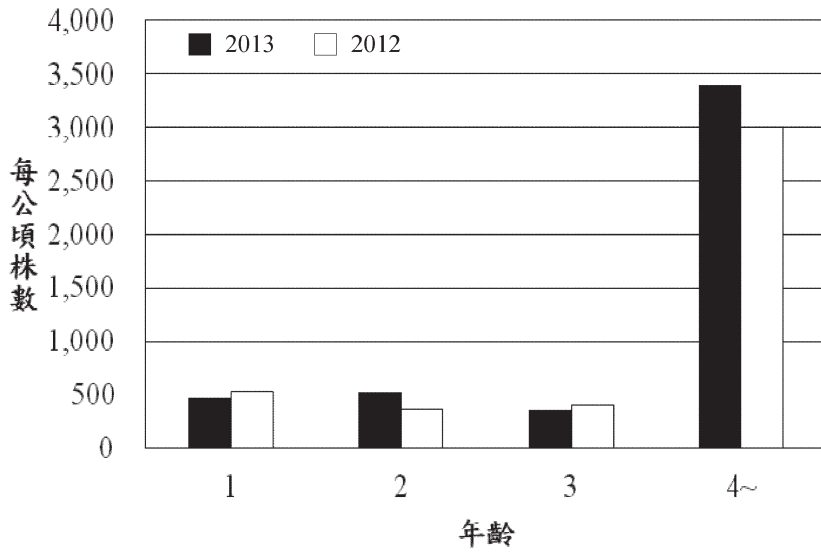


圖2. 蓮華池巨竹林之齡級分布

Fig. 2. Age distribution of giant bamboo forest in Lien-Hua-Chih Area

現蓮華池巨竹林之胸高直徑較其他竹種大上許多。

林維治等 (1977) 亦曾指出巨竹之竹桿最高可達30 m，直徑可達30 cm，為世界上最巨大之竹種；但呂勝由 (2012) 考證，世界最大的竹

類，應為巨龍竹 (*Dendrocalamus sinicus*)，其分布於中國西南部、雲南省之溪雙版納地區，海拔600 ~ 1,000 m之壩區河谷，該竹種最大可達45 m，胸徑最粗可達36 cm，單株最大重量達360 kg。

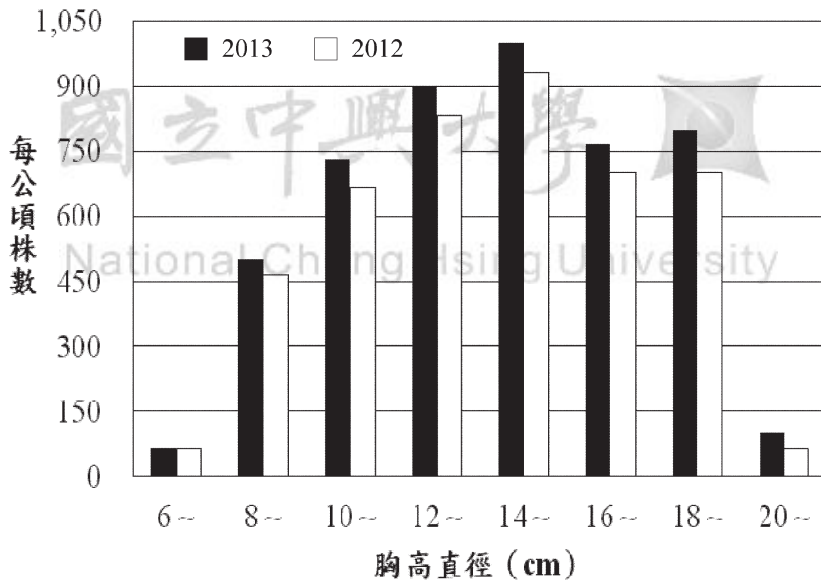


圖3. 蓮華池巨竹林之直徑分布

Fig. 3. Diameter distribution of giant bamboo forest in Lien-Hua-Chih Area

在林分調查方面，本研究連續調查2012及2013年之巨竹林分，本調查結果如表1所示，其中除竹稈密度之外，其餘數據為連續兩年相同，而枯死率僅計算2013年之數據。根據結果可知，竹叢面積為 $4.5 \text{ m}^2 \text{ clump}^{-1}$ ，竹叢數平均為 $400 \text{ clumps ha}^{-1}$ ，竹叢與林地面積之比例為17.8%，2012及2013年之竹稈密度分別為 $4,433$ 、 $4,867 \text{ culms ha}^{-1}$ ，2013年之枯死率平均為8.6%。

綜合比較調查結果，竹叢與林地面積之

比例略低於陳財輝等 (2012a) 於台南白河調查粗放經營之麻竹林的22.2%、差異不大。而竹稈密度方面則遠低於台南左鎮刺竹密度 $24,533 \text{ culms ha}^{-1}$  (陳財輝, 2012b)、南投蓮華池桂竹密度 $18,333 \text{ culms ha}^{-1}$  (鍾欣芸等, 2010)，以及惠蓀林場之孟宗竹林密度 $7,933 \text{ culms ha}^{-1}$  (王仁等, 2009) 等，由上述資料可發現，巨竹林單株竹稈胸徑較其他竹種為粗大，以致單位面積竹稈密度遠較其他竹種為低。

表1. 蓮華池巨竹林之林分資料

Table 1. Characteristics of giant bamboo forest in Lien-Hua-Chih Area

項目	竹叢面積 ( $\text{m}^2 \text{ clump}^{-1}$ )	竹叢數 ( $\text{clumps ha}^{-1}$ )	竹叢面積 / 林地面積 (%)	竹稈密度 ( $\text{culms ha}^{-1}$ )		枯死率 (%)
				2013	2012	
樣區/年度						
I	4.7	400	18.6	5,300	4,900	0
II	3.4	400	13.6	4,300	4,000	7.5
III	5.3	400	21.3	5,000	4,400	18.2
平均	4.5	400	17.8	4,867	4,433	8.6
(標準差)	(1.0)	(0)	(3.9)	(513)	(451)	(9.1)

在竹林生長性狀方面，本研究連續調查2012及2013年之巨竹林生長性狀，調查結果如表2所示。2012年巨竹林之胸高直徑為14.3 cm、稈高為17.5 m、枝下高為7.2 m；而2013年胸高直徑為14.4 cm、稈高為17.7 m、枝下高為

8.2 m。本調查數據高於林維治等 (1977) 發表之巨竹胸高直徑最大值为9.7 cm、稈高最大值为13.5 m，而與高毓斌 (1991) 調查之巨竹林胸高直徑介於12.5~14.4 cm較為接近。

表2. 蓮華池巨竹林之生長性狀

Table 2. Growth characteristics of giant bamboo forest in Lien-Hua-Chih Area

項目	胸高直徑 (cm)		稈高 (m)		枝下高 (m)	
	2013	2012	2013	2012	2013	2012
樣區/年度						
I	15.2	15.1	18.4	18.2	8.4	7.5
II	13.8	13.7	17.1	17.0	7.6	6.7
III	14.2	14.1	17.5	17.3	8.5	7.6
平均	14.4	14.3	17.7	17.5	8.2	7.2
(標準差)	(0.7)	(0.7)	(0.6)	(0.7)	(0.5)	(0.5)

(二) 地上部生物量乾重

地上部生物量乾重估算，係根據樣竹之胸高直徑與生物量乾重所建立之迴歸式，於調查樣區林分進行統計分析。本研究連續調查2012及2013年之巨竹林地上部生物量乾重，其結果如表3所示。2012年巨竹林之竹秆乾重為129.0 ton ha<sup>-1</sup>、竹枝乾重為17.6 ton ha<sup>-1</sup>、竹葉乾重為8.5 ton ha<sup>-1</sup>，地上部總乾重為155.1 ton ha<sup>-1</sup>；2013年巨竹林之竹秆乾重為129.8 ton ha<sup>-1</sup>、竹枝乾重為16.7 ton ha<sup>-1</sup>、竹葉乾重為7.7 ton ha<sup>-1</sup>，地上部總乾重為155.8 ton ha<sup>-1</sup>。

陳財輝等 (2011) 於南投縣鳳凰山之孟宗竹生物量調查結果，林分地上部乾重最高為92.0 ton ha<sup>-1</sup>，以及馮帥等 (2010) 於中國四川省洪雅縣之麻竹地上部生物量乾重為27.91 ton ha<sup>-1</sup>，其生物量乾重均低於本巨竹林；而王義仲 (2004) 在南投縣魚池鄉的麻竹林試驗，麻竹秆密度為9,085 culms ha<sup>-1</sup>，較本調查結果高(4,500 culms ha<sup>-1</sup>)，但其總生物量乾重為77.9 ton ha<sup>-1</sup>，則低於巨竹林之地上部生物量乾重。

另外，比較陳財輝等 (2012a) 於台南白河

區調查粗放經營之麻竹林，蓮華池巨竹林之竹叢與林地面積之比例 (17.82 %) 略低於麻竹林 (22.2 %)，而巨竹林竹秆密度 (4,500 culms ha<sup>-1</sup>) 則遠低於麻竹林 (9,800 culms ha<sup>-1</sup>)，但在地上部總生物量方面，巨竹林 (155.8 ton ha<sup>-1</sup>) 反而高於麻竹 (114.0 ton ha<sup>-1</sup>)，此可能是因巨竹竹秆之生物量 (129.8 ton ha<sup>-1</sup>) 遠高於麻竹竹秆生物量 (77.8 ton ha<sup>-1</sup>)，使得巨竹林之竹叢面積和竹秆密度雖較低，但在地上部生物量方面反而較高所致。

由上列比較可知，巨竹林之竹秆密度及竹叢生長所需面積低於其他竹種，但竹秆較粗，竹秆生物量之累積效果遠大於其他竹種，若巨竹林經營得當，巨竹減低CO<sub>2</sub>的效能極具發展潛能。高毓斌 (1991) 亦曾指出在台灣之氣候環境下，巨竹於全年呈常綠，故其光合作用進行期間，未因落葉中斷，然其生產效性高於常綠林，而與落葉林相類似。由於同時兼具常綠林及落葉林物質生產之優點，故能具有較一般森林為高之物質生產能力。

表3. 蓮華池巨竹林之地上部生物量

Table 3. Aboveground biomass of giant bamboo forest in Lien-Hua-Chih Area

項目	地上部生物量 (ton ha <sup>-1</sup> )							
	竹秆乾重		竹枝乾重		竹葉乾重		總乾重	
樣區/年度	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012
I	154.2	158.5	19.4	20.2	8.8	9.8	184.3	188.5
II	105.5	105.3	13.8	15.4	6.5	7.4	127.3	128.1
III	129.6	123.3	16.8	17.3	7.8	8.3	155.9	148.9
平均	129.8	129.0	16.7	17.6	7.7	8.5	155.8	155.1
(標準差)	(24.3)	(27.0)	(2.8)	(2.4)	(1.2)	(1.2)	(28.5)	(30.7)

(三) 新生竹生長情形

新生竹方面主要是於2013年03月進行調查，新生竹是指2012年7 ~ 8月間發筍至調查日 (2013年03月) 者，實際年齡為未滿一年之巨竹，調查結果如表4所示，新生竹之竹秆密

度為433.3 culms ha<sup>-1</sup>、胸高直徑為15.4 cm、秆高為19.6 m、枝下高為19.0 m，而新生竹比例為9.8 %。新生竹生物量方面，其計算方式與前述生物量計算方式相同，分析結果如表5所示，竹秆乾重為12.9 ton ha<sup>-1</sup>、竹枝乾重為1.6

ton ha<sup>-1</sup>、竹葉乾重為0.7 ton ha<sup>-1</sup>、地上部總乾重為15.4 ton ha<sup>-1</sup>。

綜合比較陳財輝等 (2012a) 於台南白河區調查粗放經營之麻竹林，麻竹新生竹之竹桿乾重 (15.6 ton ha<sup>-1</sup>)、竹枝 (4.4 ton ha<sup>-1</sup>)、竹葉 (2.9 ton ha<sup>-1</sup>) 及地上部總生物量 (22.9 ton ha<sup>-1</sup>) 均較巨竹新生竹生物量乾重高。此可能是因巨竹雖竹桿密度較低，但其單桿所需之生長空間較大，故於粗放經營下，且久無伐採成熟老齡竹，以致造成不僅新生竹比例較麻竹低，巨竹之新生竹生物量乾重也較低。

高毓斌 (1991) 曾指出，若增加巨竹之栽植密度，且及時伐採逾齡老竹，並控制或改良地下莖隆起之缺陷，巨竹之生物量生產之潛力，

可能並不亞於馬來麻竹；另外，在未擇伐巨竹老竹前，不僅發筍量低、且夭筍率高，經伐除逾齡竹桿後之第一個發筍期，其發筍量明顯受促進、且夭筍率亦急遽降低。由此可見巨竹林於適當之經營管理下，其新生竹之生長潛力，是相當可期的。

#### 四、結論

本研究為調查2012及2013年林業試驗所蓮華池研究中心之巨竹林生長情況，根據調查結果顯示，巨竹林之齡級分布均以4年生以上巨竹最多。直徑分布連續兩年均以直徑階 14 cm < DBH ≤ 16 cm 之株數最多，分別占 21.1 % 及 20.6 %。在林分調查方面，每竹叢面

表4. 蓮華池巨竹林之新生竹生長性狀 (2013年03月)

Table 4. Growth characteristics of new culms of giant bamboo forest in Lien-Hua-Chih Area in March 2013

樣區	胸徑 (cm)	桿高 (m)	枝下高 (m)	新生竹比例 (%)	竹桿密度 (culms ha <sup>-1</sup> )
I	15.5	20.0	18.9	8.2	400
II	15.5	19.8	19.4	7.5	300
III	15.0	19.2	18.6	13.6	600
平均 (標準差)	15.4 (0.3)	19.6 (0.4)	19.0 (0.4)	9.8 (3.4)	433.3 (152.8)

表5. 蓮華池巨竹林之新生竹生物量乾重 (2013年03月)

Table 5. Dry biomass of new culms of giant bamboo forest in Lien-Hua-Chih Area in March 2013

樣區	地上部生物量乾重 (ton ha <sup>-1</sup> )			
	竹桿乾重	竹枝乾重	竹葉乾重	總乾重
I	12.1	1.5	0.7	14.5
II	9.1	1.1	0.5	10.9
III	17.5	2.2	1.0	20.9
平均 (標準差)	12.9 (4.3)	1.6 (0.5)	0.7 (0.2)	15.4 (5.1)



積平均為 $4.5 \text{ m}^2 \text{ clump}^{-1}$ ，單位面積竹叢數平均為 $400 \text{ clumps ha}^{-1}$ ，竹叢與林地面積之比例平均為17.8%，而2012及2013年之單位面積平均竹稈密度分別為 $4,433$ 及 $4,867 \text{ culms ha}^{-1}$ ，2013年之枯死率平均為8.6%。在竹林生長性狀方面，2012及2013年巨竹林之平均胸高直徑分別為14.3和14.4 cm、平均稈高分別為17.5和17.7 m、平均枝下高分別為7.2 和8.2 m。在地上部生物量乾重方面，2012及2013年之竹稈乾重分別為 $129.0$ 和 $129.8 \text{ ton ha}^{-1}$ 、竹枝乾重分別為 $17.6$ 和 $16.7 \text{ ton ha}^{-1}$ 、竹葉乾重分別為 $8.5$ 和 $7.7 \text{ ton ha}^{-1}$ 、總乾重分別為 $155.1$ 和 $155.8 \text{ ton ha}^{-1}$ 。另外，新生竹林分平均單位面積密度為 $433.3 \text{ culms ha}^{-1}$ 、胸徑平均15.4 cm、稈高平均19.6 m、枝下高平均19.0 m，而新生竹比例平均9.8%。在新生竹生物量方面，竹稈乾重平均 $12.9 \text{ ton ha}^{-1}$ 、竹枝乾重平均 $1.6 \text{ ton ha}^{-1}$ 、竹葉乾重平均 $0.7 \text{ ton ha}^{-1}$ ，地上部總乾重平均 $15.4 \text{ ton ha}^{-1}$ 。

巨竹林之竹稈密度及竹叢生長所需面積較一般竹種稍低，但竹稈粗大、竹稈生物量之累積潛力則大於其它竹種，若巨竹林經營管理得當，巨竹林在 $\text{CO}_2$ 的減碳效果上極具發展潛能，且可適合做為生質燃料之料源，且減少對化石燃料的依賴。此外，本研究竹林新生竹林分平均密度低於其他竹種，故使得新生竹之總生物量偏低（地上部總乾重 $15.4 \text{ ton ha}^{-1}$ ），此係因巨竹單株個體粗大、單稈所需之生長空間較大，而蓮華池研究中心之巨竹林為粗放管理，久無及時伐採成熟竹稈利用，導致現存巨竹林老齡竹數量過多、新生竹偏低之不平衡現象，若能積極經營管理、及時伐採利用成熟竹稈，不僅能永續巨竹林之生產力，並可促進其碳吸收功能，改善地球暖化的不利情形發生。

## 致謝

感謝林業試驗所蓮華池研究中心黃正良主任、傅昭憲副研究員、王德華先生、黃照翔先生及多位研究中心員工協助，以及林業試驗所

育林組林世鴻、林元祥、陳國章、鍾欣芸及歐書瑋等人協助樣區設置及野外調查等工作，謹此致謝。

## 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。
- 王義仲 (2004) 麻竹稈之生長量與碳蓄積量。林產工業 23(1) : 11-20。
- 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
- 吳征鎰 (1980) 中國植披。科學出版社，北京。共1,375頁。
- 呂勝由 (2012) 台北植物園好花共賞85—巨竹。林業試驗所：<http://www.tfri.gov.tw/main/index.aspx>
- 呂錦明 (2001) 竹林之培育與經營管理。林業叢刊第135號。
- 呂錦明、高毓斌 (1993) 竹類栽培。中華民國台灣森林志。p. 374-387。
- 林維治 (1981) 老濃巨竹栽培法。林業叢刊第17號。
- 林維治、江濤、張添榮 (1977) 巨竹引種與加工利用研究。臺灣省林業試驗所試驗報告第300號。
- 林維治、康佐榮、黃松根、江濤 (1962) 臺灣主要竹林資源之調查。林業試驗所 / 農復會合作報告第4號。
- 林業試驗所蓮華池長期生態研究站 <http://ecoinformatics.tfri.gov.tw/lhc/>
- 邱祈榮 (2011) 竹林面積知多少。林業研究專訊 18(1) : 16-18
- 紀怡嘉 (2008) 臺灣中部地區桂竹林生物量與碳貯存量之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 高毓斌 (1991) 巨竹與馬來麻竹物質生產之研究比較。林業試驗所研究報告季刊6(3) :

- 249-282。
- 高毓斌、林維治、張添榮 (1989) 巨竹及馬來麻竹之平插繁殖。林業試驗所研究報告季刊 4(2) : 53-65。
- 陳財輝、汪大雄、鍾欣芸 (2012a) 麻竹林經營方式對生長與竹筍生產的影響。林業研究季刊 34(4) : 1-8
- 陳財輝、汪大雄、鍾欣芸 (2012b) 臺南左鎮地區蔴竹林之生長與生物量。中華林學季刊 45(3) : 339-348。
- 陳財輝、劉瓊霏、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。
- 馮帥、李賢偉、黃從德、賴元長、張辟芳、曹銀 (2010) 四川紅雅退耕還林地麻竹生物量和碳儲量。四川農業大學學報 28(3) : 296-301。
- 鍾欣芸、劉瓊霏、陳財輝 (2010) 不同伐採強度對蓮華池桂竹林生長與生物量的影響。中華林學季刊 43(2) : 223-231。
- Elliott, W. P., L. Macha and C. D. Keeling (1985) An estimate of the biotic contribution to the atmospheric CO<sub>2</sub> increase based on direct measurement at Mauna Loa Observatory. *Journal of Geophys. Reseach* 90: 3741-3746.
- 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.
- Ramanayake, S. M. S. D. and K. Yakandawala (1997) Micropropagation of the giant bamboo (*Dendrocalamus giganteus* Munro) from nodal explants of field grown culms. *Plant Science* 129: 213-223.
- Xiao, X., J. Bian, X. Peng, H. Xu, B. Xiao and R. Sun (2013) Autohydrolysis of bamboo (*Dendrocalamus giganteus* Munro) culm for the production of xylo-oligosaccharides. *Bioresource Technology* 138: 63-70.

國立中興大學 

National Chung Hsing University