



☐ 公開
☒ 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：070404e201

農業部林業及自然保育署112年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 竹林收穫之模組化生產技術評估 (3/3) (第3年/全程3年)
(英文名稱) Evaluation of modular production technology for bamboo harvesting (3/3)

計畫編號： 112農科-7.4.4-務-e2(1)

全程計畫期間： 自 110年1月1日 至 112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： 羅凱安
研究人員： 葉政翰、賴云琳、蘇郁嵐
執行機關： 國立屏東科技大學



1123078



農業部林業及自然保育署主管一般科技計畫
112年度細部計畫
【112農科-7.4.4-務-e2(1)】

竹林收穫之模組化生產技術評估 (3/3)
Evaluation of Modular Production Technology for Bamboo
Harvesting (3/3)

研究報告

計畫主持人：羅凱安 副教授

國立屏東科技大學

中華民國 112 年 12 月 31 日





摘要

竹林經營若以過去之作業及經營方式，已不能滿足當前環保及經濟上之要求與社會之期待，竹林資源若要朝向永續經營，勢必需要以符合新的竹林經營規劃及標準，開發更有效率的作業機具以及作業技術，降低原料成本，方可解決目前經營上之困境。主要成果如下：

- 一、本研究今年主要分析臺灣散生狀竹中二種經濟竹種：桂竹及孟宗竹之收穫作業工項，主要有：申請採伐、水土保持計畫審查(若有新增作業道)、採伐造材、(堆置場)、造材長度、林地堆置、集材路旁、裝載上車以及運輸到場等7個項目。其中申請伐採時間太久，集材機械開發、作業道整備與法規鬆綁以及裝載技術改進是主要需要改良的重點。
- 二、目前改善散生竹收穫效率的技術建議：1.擴大收穫規模、2.事前合理規劃收穫作業運輸道路、3.改善集材方法與機械、4.調整擇伐強度與成熟擇伐竹選定、5.利用碎木機整理伐竹跡地。
- 三、桂竹收穫效能每日每工約可收穫180-200支，支付竹林所有人成本8元/支，採收成本約10-11元/支，索道集材10元/支(若有)，運費8元/支，到場價平均50-80元/支；孟宗竹收穫效能每日每工約可收穫40-60支，支付竹林所有人成本30元/支，採收成本約40-50元/支，索道集材50元/支(若有)，運費45元/支，到場價平均180-200元/支。
- 四、鑒於為增加竹使用需求，除消費者與公共建設瞭解竹材優點外，除了維繫開拓國外市場，開發竹產品利用，也可以增加竹製造商、農民使用國產竹材獎勵。
- 五、已在112年11月11日於桃園復興鄉進行散生狀竹林收穫教育訓練，參加人數14位，增加瞭解散生竹(桂竹)之經營管理、市場動向以及實地收穫技術，以及塔式集材之特性與操作。
- 六、在112年11月完成購置Först XR8D之碎木機並進行測試，目前碎木成本在3元/kg內，有進行商業生產之潛力。





Abstract

Bamboo forest management by the past operations and management methods no longer meet the current environmental and economic requirements and social expectations. If bamboo forest resources are to be managed sustainably, they will inevitably need to comply with new bamboo forest management criteria and standards, and develop more efficient harvesting tools and techniques, as well as lowering cost of raw materia, will solve the current operational difficulties. The main results of this study were as follows:

1. This study mainly analyzed the running bamboo species harvesting operations of two economic bamboo species(: *Phyllostachys makinoi* and *Phyllostachys pubescens*) in Taiwan this year. The main harvesting operation items included: application for logging, harvesting and bucking, (storage yard), length of bamboo, stacking, collection and transportation. Among them, it took too long to apply for felling, the development of skidding machinery, the preparation of vehicle roads, the loosening of regulations, and the improvement of vehicle roads and loading technology are the main points that need improved.
2. The current modular technology suggestions for improving harvesting efficiency of bamboo: 1) Expand the harvest area, 2) Reasonably plan the transportation roads for harvesting operations in advance, 3) Improve the methods and machinery of logging and skidding, 4) Adjust the intensity of selective cutting and the mature selection of cutting bamboo, 5) Use a wood chipper to tidy up the bamboo felling area.
3. The harvest efficiency of *Phyllostachys makinoi* is about 180-200 culms per worker per day. The cost pay for the owner of the bamboo was 8 NTD/culm, the harvesting cost was about 10-11 NTD/culm. The cable logging was 10 NTD/culm (If this item exists). The freight of truck was 8 NTD/culm. The average price for mill is 50-80 NTD/culm; the harvest efficiency of *Phyllostachys pubescens* was about 40-60 culms per worker per day, the harvesting cost was about 40-50 NTD/culm, the cable logging is 50 NTD/culm (If this item exists), and the freight of truck is 45 NTD/culm. For mill the average price was 180-200 NTD/culm.





4. In order to increase the demand for the use of bamboo, in addition to consumers and public construction understanding the advantages of bamboo, in addition to maintaining the development of foreign markets and developing the utilization of bamboo products, incentives for bamboo manufacturers and farmers to use domestic bamboo can also be increased.
5. Training on harvesting of running bamboo forests was held in Fuxing Township, Taoyuan on November 11, 2012. There were 14 participants. The management, market trends and field harvesting techniques of running bamboo (*Phyllostachys makinoi*) were performed in course, as well as tower-yarder logging which its characteristics and operations.
6. In November 2012, the purchase of the Först XR8D wood chipper was completed and tested, , the current cost of chipped bamboo was within 3 NTD/kg that shown the potential for commercial production.





目錄

摘要	I
Abstract.....	II
目錄	IV
圖目錄	V
表目錄	V
壹、擬解決問題	1
一、 問題分析	1
二、 擬解決問題重點	2
貳、前人研究概況（含近三年已完成之重要計畫成果摘要）	3
參、計畫目標	6
一、 全程計畫目標	6
二、 分年度/分項目目標（含本年度目標）	6
肆、重要工作項目及實施方法	7
伍、期末成果	8
一、 分析散生狀竹林收穫作業工項	8
二、 研發散生狀竹林收穫之模組化生產技術	15
三、 散生狀竹林收穫之模組化生產技術教育訓練	18
四、 購置一項竹林收穫作業機械	21
陸、結語與建議	25
柒、參考文獻	26
期中報告委員意見	29
期末報告委員意見	33





圖目錄

圖 1：受訪桂竹之收穫工項流程	11
圖 2：受訪桂竹平均售價與重要收穫工項平均成本	12
圖 3：受訪孟宗竹平均售價與重要收穫工項平均成本	14
圖 4：桃園復興鄉桂竹收穫.....	16
圖 5：嘉義縣梅山鄉孟宗竹收穫	17
圖 6：南投竹山孟宗竹收穫.....	18
圖 7：112年11月11日(六)於桃園復興鄉進行散生狀竹林收穫教育訓練課程	19
圖 8：112年11月11日(六)於桃園復興鄉進行散生狀竹林收穫教育訓練照片	20
圖 9：租用碎木機之碎竹情形.....	22
圖 10：本案於112年11月已購入之碎木機Först XR8D試運行照片	23
圖 11：本案112年11月購入之碎木機Först XR8D碎木測試.....	24

表目錄

表 1：重要工作項目預定進度.....	7
表 2：散生狀竹林收穫作業訪問業者名單	8
表 3：桂竹相關收穫業者的主要訪問結果	9
表 4：孟宗竹相關收穫業者的主要訪問結果	13
表 5：租用Vermeer碎木機(BC1000XL)之規格說明	21
表 6：租用Först(TR8D)碎木機之主要規格說明	22
表 7：本案購入之碎木機Först XR8D之主要規格說明.....	23





壹、擬解決問題

一、問題分析

由竹子的生長特性來看，國際上因為竹林生長快，竹材成熟期短，固碳能力比木材還強，被視是相當良好的綠色環保材料，根據聯合國商品貿易統計資料庫(United Nations Comtrade database)，2020年竹製品出口總額估計為30.3億美元，其中中國貢獻了約65%，依序如菲律賓、越南、加拿大、荷蘭、德國、印度、美國、泰國和印尼，而最主要需求地區為美國、日本、德國、荷蘭、印度及加拿大(UNCATAD, 2022)。可以發現竹子的生產以及現代性的利用，在越來越多地區開始受到關注。

根據第4次森林資源調查，臺灣竹林資源豐富約18萬3千餘公頃，占森林覆蓋面積8%，竹材蘊藏量約15.8億支(行政院農業委員會，2022)。依臺灣植物誌紀錄，臺灣地區竹類共有15屬、40種、3變種及10栽培種，其中6種較具經濟價值的竹類分屬單稈散生型(桂竹、孟宗竹)及合軸叢生型(綠竹、麻竹、荊竹、長枝竹)，竹材有彈性、輕量的特性，過去各有其用途及輝煌歷史，但近30年來因為人力老化、工資及作業成本高，法令法規的限制，目前竹材加工產業鏈已外移或消失。

臺灣的竹林資源堪稱豐富，其特用林產品的經濟價值潛力發展不亞於一般林木。未來，國際性林產品及森林認證若全面實施，林產品的原料材輸入成本勢必增加；為填補林產品的使用量，國內竹材原料利用之新技術開發應未雨綢繆、提早準備(黃裕星，2011)。若能實施以竹代木政策，合理利用竹材資源，可取代部份木材的需用量，間接提高我國木材的自給率。竹的利用相當廣泛與多元，也是絕對值得投資的綠色環保產業，臺灣竹產業振興雖經常被提及，但事實上整個產業鏈因沉寂20餘年，已逐漸消失當中，目前卻又沒有利基的利用方式出現，需政府、企業、學術及民間通力合作，才能渡過艱辛的產業鏈重建起步過程。





二、 擬解決問題重點

竹林經營若以過去之作業及經營方式，已不能滿足當前環保及經濟上之要求與社會之期待，竹林資源若要朝向永續經營，勢必需要以符合新的竹林經營規劃及標準，開發更有效率的作業機具以及作業技術，降低原料成本，方可解決目前經營上之困境。

- (一)採運設備研發：未來勢必以機械取代人力，而當前伐竹機械仍屬起步階段，伐竹機具可朝以下三大類研發：伐竹機具、集材(竹)設備、產地初步加工機械(如剖竹、切片、磨粉機)。
- (二)竹林產業後繼專業人材與人力培育：政策振興及鼓勵竹產業發展、投資與新產品開發，營造竹產業經營利潤，吸引更多人才投入，恢復台灣竹林經營模式。
- (三)研擬竹林收穫模式：整合新機械設備之應用，重新規劃生產流程，開發具潛力的竹林商業生產模式。





貳、前人研究概況（含近三年已完成之重要計畫成果摘要）

竹材更具備生長快速、繁殖力強、生生育期短、更新容易等許多優點，因此為提供此生物性資源之極佳來源(許玲瑛、李文昭，2011)，不同竹子的部位，可以提供不同利用。竹類的生長，主要分成「叢生型」及「散生型」兩大類，叢生型竹種多分佈在熱帶地區；散生型竹種則多分佈在溫帶地區，台灣得天獨厚，兼具叢生型及散生型兩大類。竹類在生長季節裡，平均只需要5~11週即長大成材，它的生長速度，比生長最快速的樹木(如銀合歡、桉樹、楊樹等樹種，最快一年約2~3 m)快約100~150倍，竹林之生長與更新，遠較林木所需的時間短(黃裕星，2011)。竹子生長，通常會經歷三個生長階段，首先是地下莖(rhizome)生長階段；然後是地上部生長階段，此階段成長最快，幾乎只約兩個月內可達最大高度的80%；最後是品質增值階段，竹稈迅速增加重量和抗壓能力，至8年左右開始減弱(Zhaohua and Wei, 2018)。

依林業保育署根據林務局 (2015) 第四次森林資源調查報告，臺灣地區共有15.8億支竹子，單稈散生型竹類面積約46,928 ha，北部地區包括桃園市、新竹縣及苗栗縣主要為桂竹林。

近三年(2020-2022)以南部之蔴竹為研究對象，已獲得以下之成果與建議：

- 一、在高屏地區國(公)有林之租地造林人或私有林竹農之調查顯示，竹林經營者已老化，竹林經營只是部分的事業，已無法依賴農林業為生，且竹林經營對家計影響甚少。保有竹林地之目的以保有承租地使用權最多 (88%)，或是當成家戶之財產。竹林大部分(67%)已半放棄到無經營狀態，經營意願並不高，意願高者僅佔3%。近5年內無竹材伐採計畫者佔94%，不願生產的原因有：無銷路(76%)、砍伐成本高(76%)、價格不好(70%)。由於竹林經營者自認為在經營竹林的知識、技術與能力上不足者佔67%，顯示本計畫中對林主竹林經營能力培力的迫切需要性。
- 二、在竹產業面調查：竹之利用上仍以傳統使用為主，目前少有更具創新或高附加價值之利用型式的廠商。
- 三、竹產業不願採用國產竹材的原因有：
 - (一) 臺灣竹林老化造成問題。
 - (二) 竹材易被其他材料取代。
 - (三) 國產竹材市場日益縮小。
 - (四) 供貨不穩、備貨太久。
 - (五) 國產竹材成本高 (作業不易、人力不足) 。





(六) 竹林生產及加工廢棄物處理困難。

(七) 政府未支持竹產業發展、法規限制。

四、將蔴竹林經營設定成三種模擬狀況，若以現況荒廢退化之竹林來看，無論經營何種產品、何種作業方式，都是虧損，即使經過5年短期的收穫及撫育改善，仍然未能獲利，其主要的原因在於伐採作業的成本太高(總成本的64~78%)，未來獲利要獲利需要：

(一) 擴大合作經營面積並以機械化的作業方式降低成本，在伐竹作業效率上，若未來 1 組人力 (2人) 伐竹作業效率要能提升至60支/日以上，

1個機械小組(3人) 伐竹作業效率至少要能至160支/日以上才能獲利。

(二) 開發高價值竹材利用，確保竹材到廠單價 5 元/kg 以上。

(三) 竹林有良好的撫育管理與經營改善。

五、與實際伐採作業專家、學者研討叢生狀竹林收穫之必要及可能作業工序，且實際在實驗樣區進行叢生狀竹林收穫作業工序之時間分析。作業工序因作業人數、地形及伐竹者習慣，可能彈性調整增加效率。不同作業人員有不同作業習慣，影響效率差異快1倍，可見以績效導向的薪資設計(以伐竹支數計算工資)，為承包商最佳且為當地作業人員可接受的計薪模式。

六、當前人力伐竹工作人力短缺，工作辛苦又要自負作業安全健康之風險，惟有改善工作環境並藉由機械化提升生產力及待遇，才吸引更多年輕人投入產業。竹林人工收穫作業分析，結果顯示人工伐竹耗時百分比如下：

(一) 清叢基：8~11%

(二) 砍伐、放倒：9~18%

(三) 去枝、分段：42~54% (所花費時間最多)

(四) 集材、分堆：18~24%

由竹林收穫成本來看，初期在收穫管理不善竹林的情形下，重機具所占的成本比率較大，故此時以考量可以引入協助道路整修及清雜的重機具種類為宜；而在管理較佳竹林的情形，則會需要協助引入伐竹機具替代人力短缺，最好能有去節分段，再加上捲揚集材之功能之種類，似應較能更具效率。

七、由竹林收穫人力結構、農林政策趨勢來看，竹林收穫引進機械化作業有其必要性，惟需注意環境保育與坡地水土保持的問題，盡可能採用小規模或低強度的環境友善方式來進行。除伐竹機具外，所搭配的挖掘機亦相當重要，大小以6-8 ton(輪距<2,500mm)比較合適臺灣地形，因日本或芬蘭林業機械發展較成熟，建議挖掘機與機具一起搭配好油壓機電系統，再由廠商代購回





為宜。

八、111年由日本新採購伐竹機具，初步經由3位不同級別之操作手測試伐採 42支之推估每日作業效能為273支，在95%信賴水準下，為211~388支/日（每支26kg算，5.5~10.1噸；每支25元計，為5,279~9,694元/日）。然需注意的是，目前在機具操作上仍未純熟，竹稈常有破損情形(幾乎全破26%、少部分破損57%、完整僅18%)，影響竹稈使用價值，有待機械熟練手法細膩或將機頭油壓力道加以調整，來加以改善。





參、計畫目標

一、全程計畫目標

- (一) 設備：竹林採運設備之研發或採購。
- (二) 人材：培育竹林產業專業人材。
- (三) 模式：擬定適合臺灣竹林收穫的生產技術。

二、分年度/分項目標（含本年度目標）

(一) 110年度目標

以南部叢生狀竹(蔴竹)為對象：

- 1. 以實際竹林收穫作業分析目前各項人工作業之時間、數量、效率及成本。
- 2. 分析評估竹林收穫作業中引進機械化之可行性。
- 3. 竹林收穫作業機械化之教育訓練。

(二) 111年度目標

以南部叢生狀竹(蔴竹)為對象：

- 1. 以實際竹林收穫作業分析機械化作業之時間、數量、效率及成本。
- 2. 研發叢生狀竹林收穫之模組化生產技術。
- 3. 叢生狀竹林收穫之模組化生產技術教育訓練。

(三) 112（本）年度目標

以中、北部散生狀竹(孟宗竹或桂竹)為對象：

- 1. 以實際竹林收穫作業分析各項人工作業之時間、數量、效率及成本。
- 2. 研發散生狀竹林收穫之模組化生產技術。
- 3. 散生狀竹林收穫之模組化生產技術教育訓練。





肆、重要工作項目及實施方法

112年度將以中、北部散生狀竹(孟宗竹或桂竹)為對象：

- 一、以實際竹林收穫作業分析各項人工作業之時間、數量、效率及成本。
- 二、與產業需求實際伐採之業者、專家、學者共同研討散生狀竹林收穫之模組化生產技術。
- 三、散生狀竹林收穫之模組化生產技術教育訓練。
- 四、購置一項竹林收穫作業機械。

重要工作項目預定進度如以下表1所示：

表 1：重要工作項目預定進度

重要工作項目	工作 比重 %	預定進度	112年				備註
			1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	
分析散生狀竹林收穫作業工項、作業之時間、數量、效率及成本	25	工作量或內容	伐竹業者資訊收集	資料收集分析	統計分析	比較討論	
		累計百分比	40	100	100	100	
研發散生狀竹林收穫之模組化生產技術	20	工作量或內容	伐竹業者資訊收集	訪談與討論	訪談與討論	提出收穫工序方案	
		累計百分比	40	50	100	100	
散生狀竹林收穫之模組化生產技術教育訓練	20	工作量或內容	業者資料收集	業者資料收集	講師名單收集及邀請	教材準備與訓練	
		累計百分比	10	25	30	100	
組裝或購置一項竹林收穫作業機械	25	工作量或內容	資料蒐集	資料蒐集	採購作業	機械測試與練習	
		累計百分比	10	20	70	100	
期中期末報告撰寫	10	工作量或內容	期中報告撰寫	期中報告撰寫	期末報告撰寫	期末報告撰寫	
		累計百分比	25	50	65	100	
累計總進度		百分比	25	50	75	100	





伍、期末成果

一、分析散生狀竹林收穫作業工項

臺灣散生狀竹林主要有2種：桂竹 (*Phyllostachys makinoi*) 及孟宗竹 (*Phyllostachys pubescens*)，另外有1種石竹(橋篙竹 *Phyllostachys lithophila*) 多分布在嘉義縣，常作為產筍用途。因此本次主要以桂竹與孟宗竹二者為主。

由於目前竹林收穫產值不高，有意願及能力承包者愈來愈少。訪問時間在112年4月~11月之間，桂竹收穫業者主要訪問二家：桃園縣伐竹商友順竹業有限公司-林志仁先生及嘉義縣竹農林清讚先生，而林清讚先生另外在經營石竹。孟宗竹收穫業者主要訪問三家：南投縣伐竹商台竹農產行-李火鍊先生、嘉義縣伐竹商及竹農許耀郎先生，以及嘉義縣竹農賴建任先生。上述受訪者若恰好有收穫作業時，則會取得同意前往觀測和記錄作業情形。

表 2：散生狀竹林收穫作業訪問業者名單

序	業者姓名	性質	訪問日期	竹種	竹林作業地區
1	友順竹業有限公司-林志仁	伐竹業者	112 年 04 月 19 日 112 年 11 月 11 日 112 年 11 月 30 日	桂竹	桃園市復興鄉
2	林清讚	竹農	112 年 07 月 11 日	桂竹、石篙竹	嘉義縣梅山鄉
3	許耀郎	伐竹業者+竹農	112 年 04 月 23 日 112 年 07 月 11 日	孟宗竹	嘉義縣梅山鄉
4	賴建任	竹農	112 年 04 月 23 日 112 年 07 月 11 日	孟宗竹	嘉義縣梅山鄉
5	台竹農產行-李火鍊	包商+伐竹業者	112 年 06 月 01 日 112 年 07 月 11 日	孟宗竹	南投縣竹山鎮

(一)桂竹

桂竹屬於臺灣原生竹種，其抗彎性佳、彈性好且不易斷裂，分為大、中、小枝大枝桂竹(直徑5.5公分以上)主要生產竹劍、建築工程用竹編、竹蓆、竹簾及竹串等(林俊成等，2017)。根據廖天賜 (2013)調查大溪事業區第 81 林班內久未撫育或砍伐之竹林，桂竹支數密度約在 $15,250 \pm 2,530$ culms ha⁻¹，高度約12-16m，胸徑約4-7.5cm，稈乾重約3-9kg(鮮重約13台斤)。桂竹發筍期通常始自 3 月中、下旬至 5 月上旬，其他非雨季時間，通常可安排竹材收穫。

理論上以擇伐4年生以上之成熟竹，惟實務上亦有採用小面積皆伐的方式進行。竹齡之判別主要可依稈色、竹皮及竹籜加以經驗等外觀判斷。紀怡嘉(2018)





於南投縣竹山地區桂竹之研究，其判釋桂竹年齡之方法：一年生之桂竹，竹籜完整宿存，稈色為粉綠色，有明顯白粉存在；二年生之桂竹，竹籜開始腐爛，竹稈尚未有黴菌入侵，稈色為淺綠色；三年生之桂竹，竹籜快消失不見，竹稈底部已有黴菌入侵，稈色為深綠色；四年生以上之桂竹，竹籜已完全消失不見，竹稈有黴菌及青苔，稈色為黃綠色。

根據桃園及嘉義二處業者之訪談，得知目前桂竹林之收穫工項如圖1，竹林收穫除了依森林法第45條(林產物伐採查驗規則)先向林業主管機關申請核發採運許可證外，若有新設作業道路，依水土保持法第12條尚需考量其規模分別申請水土保持計畫或簡易水土保持計畫之審查。「竹林收購」是竹材承包商才有之流程，因承包商規模較大且以此為業，其可能設置有竹材堆置場，以全長桂竹堆置在竹竿堆置場，可依客戶需求裁切長度，再裝載運出；而竹農在收穫上是先確定買主之規格需求，在現地即造材成適當長度後，再裝載運出，與竹材承包商的流程不同。竹材堆置場雖會增加裝載成本，但其可以依客戶需求規格來銷售，增加產品附加價值及末端市場利用率，若有一定規模是可以設置的。

在收穫效能方面，每工每日平均可收穫180支，成本約8.5-11元/支。由於桂竹量體不大，主要效能的改善上以集材為主要，目前受訪業者正進行塔式集材機的測試當中，另外運輸道路品質亦對行車風險相當重要。桂竹之銷售分為大竹及中小竹二類規格，常以重量斤(=0.6kg)計價，到廠價目前為3~5元/台斤，主要銷售至臺北及南投竹山。今年桂竹筴20元/斤，若筴價格高也會降低竹農留筴成竹的意願。

最後，與受訪者討論可改善收穫作業之建議尚有：

1. 作業道開設法規鬆綁，運輸基礎建設。
2. 禁伐補償之負面影響甚大，很多竹農都不願再經營。
3. 發展改良作業機具，補助機械化作業
4. 增加竹製造商、農民使用國產竹材獎勵。。
5. 石竹全省得病，須做防治。
6. 野生動物的危害，特別是猴子，對竹筴及竹材。

表 3：桂竹相關收穫業者的主要訪問結果

項目	友順竹業有限公司-林志仁	林清讚
受訪者性質	伐竹業者	竹農
受訪者作業地區	桃園縣	嘉義縣
竹種	桂竹	桂竹、石篙竹





項目	友順竹業有限公司-林志仁	林清讚
竹林收穫作業有哪些工項及執行順序？	1. 竹林收購 2. 申請採伐 3. 採伐 4. 集中至堆場 5. 裁成客戶所要長度 6. 裝車、運輸	1. 申請採伐 2. 採伐 3. 裁成客戶所要長度 4. 在竹林集中、 5. 裝車、運輸
收穫效能	1. 依距道路遠近而不同，3人作業下，每日作業約6000-8000台斤，以每支13台斤，約生產538支/日，平均每人每日為180支。 2. 工資2,000元/日，收穫成本為平均11.1元/支。	1公頃擇伐及造材、去枝2人工需要10天。15,000支/2人/10天/4擇伐=187.5，平均每人每日為188支。 工資2,000元/日，收穫成本為平均10.6元/支。 桂竹砍伐包商給10元/支
那個工項的效率比較不好？那個工項可以改善(含用機械化可行性)	1. 集材距道路遠需要多人工搬運，索道費用高。 2. 作業道品質不好，無法讓大車安全運輸，車輪品質也需改善。	搬運，要用索道集材，成本10元/支。
竹收穫後之產地規格有幾種？如何計價？下游買家之用途及買價？運價？(載運規格與數量)。	1. 分大竹和中小竹，有季節性需求(如6-9月蚵棚)，到廠價一般3-5元/台斤。特殊用途：農用竹秤7元/台斤，頂級用竹(如竹劍)11元/台斤。 2. 運輸2,000支/車，16,000元/車，平均8元/支。	1. 竹材：2元/台斤賣到台南做蚵架。 2. 0.7分桂竹林可產筍5,000台斤/年，筍20元/台斤。
對政府之建議	1. 作業道開設法規鬆綁，運輸基礎建設。 2. 禁伐補償之負面影響甚大，很多竹農都不願再經營。 3. 發展改良作業機具。 4. 增加竹製造商、農民使用國產竹材獎勵。	1. 石篙竹全省得病，須做防治。 2. 補助機械化作業。 3. 作業道要同意修復。 4. 野生動物的危害，特別是猴子。



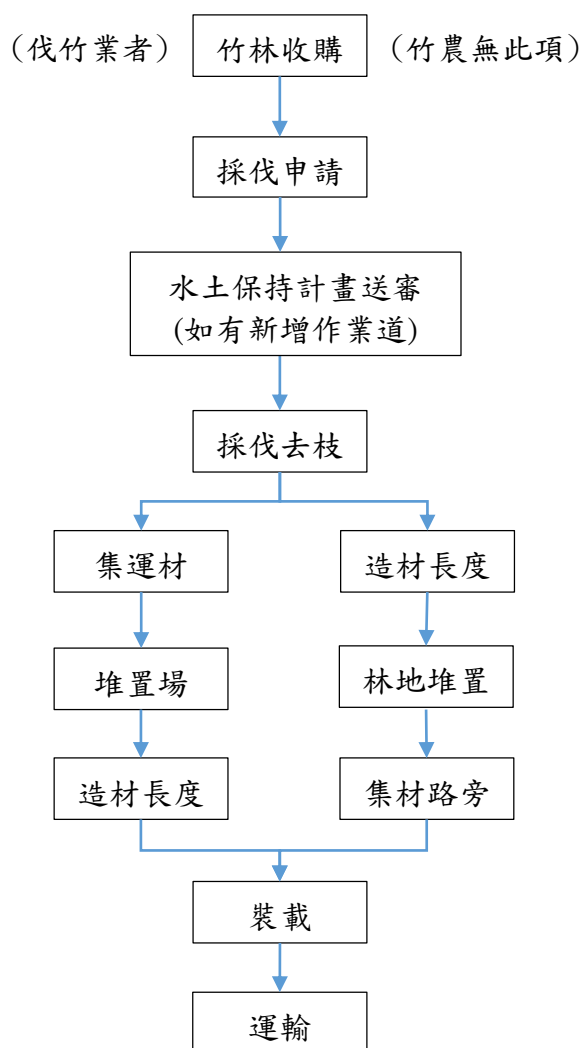


圖 1：受訪桂竹之收穫工項流程

為方便比較，茲彙整目前桂竹收穫各工項之平均成本與售價如圖2。



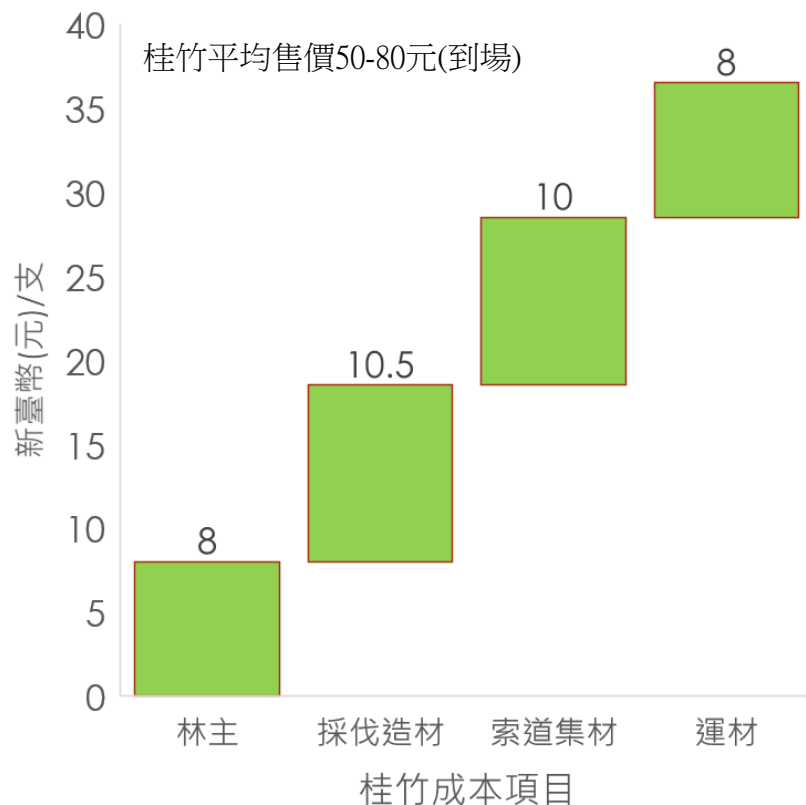


圖 2：受訪桂竹平均售價與重要收穫工項平均成本

(二)孟宗竹

孟宗竹或稱毛竹，為東亞重要的竹種，原產中國大陸，250年前自閩南地區引進，竹材品質良好，用途廣泛，可供各種用途(顏添明等，2003)。根據Chen *et al.* (2016)調查台灣中部地區放棄經營之竹林，桂竹支數密度約在5300~7000 culms ha⁻¹，高度約9-14m，胸徑約6-12cm。稈鮮重約20公斤(林俊成等，2017)，孟宗竹發筍期亦自 3 月~ 5 月，惟在11~2月時在地下形成高價的冬筍，其他非雨季時間，通常可安排竹材收穫。理論上以擇伐5年生以上之成熟竹，每年約可擇伐700-1,200支/ha。

孟宗竹收穫工項流程亦如圖1桂竹之流程，惟孟宗竹較重，大部分在現地即造材完成，現場去(彎)頭、去尾(枝葉)，配合裝載之長度最多33尺(約10m)。孟宗竹現場依末徑大小分堆並計價，小(≤ 1.5 吋=4.5cm)130元/支、中(≥ 1.5 吋、 ≤ 3 吋)180元/支，大(≥ 3 吋=9cm)280元/支。此外，孟宗竹其他尺寸規格到場售價尚有：鷹架用26尺(尾段)90元/支、香蕉支架用18尺(尾段)50元/支、甘蔗支架用11尺(頭段)80元/支、木瓜園支架用14尺(頭段)120元/支。成本部分，林農收益20~30元/支。





/支，採伐工資50元/支，索道集材工資50元/支，運輸成本(10.5t卡車)10~15元/支。

另外，受訪者對政府有關竹林收穫之建議都主要在：申請採伐許可時間太久，以及開放作業道同意整修的問題。

表 4：孟宗竹相關收穫業者的主要訪問結果

項目	台竹農產行 -李火鍊	許耀郎	賴建任
受訪者性質	伐竹商	伐竹商+竹農	伐竹商+竹農
受訪者作業地區	南投縣	嘉義縣	嘉義縣
竹種	孟宗竹	孟宗竹	孟宗竹
1.竹林收穫作業 有哪些工項及執行 順序？	1. 竹林收購 2. 申請採伐 3. 採伐 4. 去頭尾、去枝 5. 現場集材 6. 裁成客戶所要長度 7. 裝車、運輸	1. 竹林收購 2. 申請採伐 3. 採伐 4. 去頭尾、去枝。 5. 在竹林集中 6. 裁成客戶所要長度 7. 裝車、運輸	1. 申請採伐 2. 採伐 3. 去頭尾、去枝。 4. 在竹林集中 5. 裁成客戶所要長度 6. 裝車、運輸
收穫效能	1. 給付林主20元/支。 2. 砍伐加上造材(去頭尾、去枝)費用：50元/支。 3. 運費：15元/支。	1. 採伐：砍加上造材(去頭尾、去枝)：50支/工.日，工資2,000元/日，40元/支。 2. 在竹林集中：5人/組，600支/天(索道)，(工資10,000元+機械20,000元)/600支，50元/支。 3. 裁成客戶所要長度，一般都是33尺，東石、布袋等地蚵架用。 4. 裝車：用自帶吊桿的卡車，500支/車(大支)，700支/車(小支)。 5. 運輸：20,000-25,000元/車，平均50元/支	1. 採伐：砍加上造材(去頭尾、去枝)：50支/工.日，工資2,000元/日，40元/支。 2. 在竹林集中：5人/組，600支/天(索道)，(工資10,000元+機械17,000元)/600支，45元/支。 3. 裁成客戶所要長度，一般都是33尺(小：尾徑4.5公分、小：尾徑6公分)，東石、布袋、安平港等地蚵架用 4. 裝車：用自帶吊桿的卡車，500支/車(大支)，700支/車(小支)。 5. 運輸：26,000-28,000元/車，平均45元/支
那個工項的效率比較不好？那個工項可以改善(含	去頭尾、去枝與現場集材	去頭尾、去枝與現場集材	去頭尾、去枝與現場集材





項目	台竹農產行 -李火鍊	許耀郎	賴建任
用機械化可行性)			
竹收穫後之產地規格有幾種？如何計價？下游買家之用途及買價？運價？(載運規格與數量)。	1.鷹架用：26尺(尾段)，90元/支 2.香蕉用：18尺(尾段)，50元/支 3.甘蔗用：11尺(頭段)，80元/支 4.木瓜用：14尺(頭段)，120元/支	1.到場價：280元/大支、130元/小支(送達蚵農) 2.給林主30元/支 3.砍工40-60元/支 4.在竹林集中+運費50元/支	1.到場價：280元/大支、130元/小支(送達蚵農) 2.給林主20-50元/支，視大小支，及坡度 3.砍工40-60元/支 4.在竹林集中+運費45元/支
對政府之建議	無	1.補助機械化作業。 2.作業道要同意修復。	1.不易申請採伐許可，要3個月以上 2.作業道開放整修

相同地，為方便比較，茲彙整目前孟宗竹收穫各工項之平均成本與售價如圖

3。

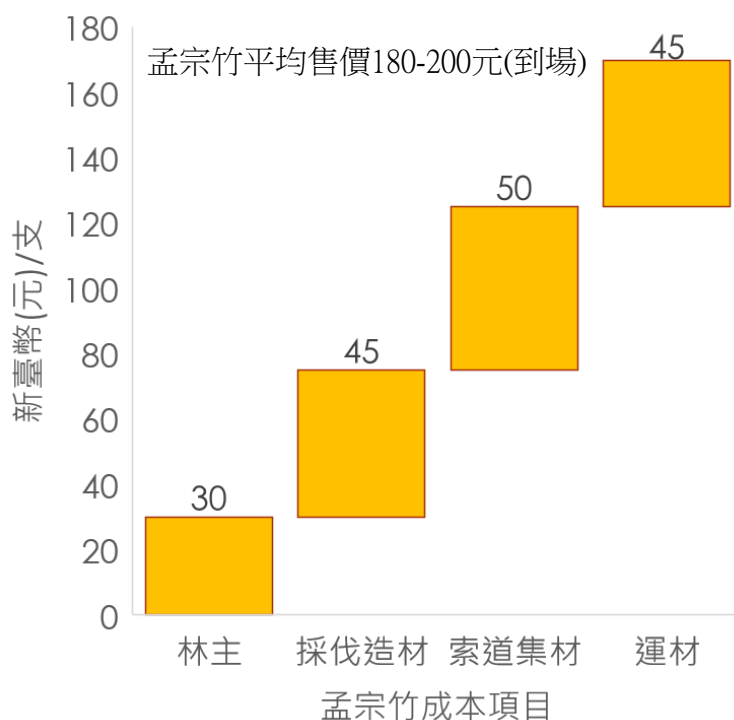


圖 3：受訪孟宗竹平均售價與重要收穫工項平均成本





二、研發散生狀竹林收穫之模組化生產技術

目前在二種散生竹的生產技術上，如何可以在確保環境保全及兼顧作業安全的前提下，增進收穫效率呢？經過與受訪者分析與討論如下：

(一)擴大經營規模

散生狀竹林收穫目前正面臨缺工問題，在生產規劃上可以提升效率，首先，由於二種竹子有一定的需求與價格，只要讓私人有足夠的規模，可以降低單位成本及穩定人力使用，而擴大經營規模的方式可以採用合作經營或是委託經營的方式來進行，因此可以在重點區域規劃專業生產區。

(二)事前合理規劃收穫作業運輸道路

作業道的施作等級和規格與林地狀況以及收穫成本有關，必須在林地狀況允許(確保林地保全)之下施作，作業道等級愈好，在竹林連年收穫時，收穫成本可以降低。在山坡地或森林區施作道路，目前需依水土保持技術規範第75條之農路設計規範為準，主運道可採用農路三級(設計速率15km/h，路基寬度4m，最小曲線半徑10m，最大縱坡度15%，可載重20 ton卡車)之標準，竹林內作業道可採用農路四級(設計速率15km/h，路基寬度2.4m，最大縱坡度20%，可載重12 ton卡車)之標準。在收穫空間作業上，由於散生狀幼竹每年都會晉級，故收穫作業上與叢生狀竹不同，儘量在林內少闢作業道。若是竹林採取連年經營，安全的聯外道路，是比一般造林木更能增加木材自給率，且因道路不需每年重新修建且節省成本，故竹林收穫前必先評估林地狀況進行收穫作業道路之規劃，以可商業收穫(利潤)之竹林優先進行。

(三)改善集材方法與機械

集材方式因竹林地形、交通而異，若適合人力集材伐倒以竹頭方向朝向搬出方向，桂竹不重伐採倒向容易，伐採時常以留一小段皮作hinge不鋸斷控制倒向；而孟宗竹較重則需靠瞬移技巧進行倒向控制。伐倒後進行去枝，竹稈尾端枝葉先不去除，方便集材之捆綁與吊掛，於裝載上車時再行去除。林間初步放置後，最好可利用重力往下，人力往上坡搬出則相當辛苦，端視地形利用重力、人力或索道(絞盤)集材至路旁，再裝載運輸。距道路100m以內，可採用裝有絞盤的吊卡車集材，由於竹稈有彈性，整捆竹竿可越過竹林集材並裝載上車。若地形陡或人力集材不易，可採索道(絞盤)集材，朝水平方向伐倒，左右集材可及20~30m，在集材時僅留有索道上下集材空間(寬2-4m)；若是裝載車輛可到達竹林情形，可先將造材好竹竿堆置路旁或10m內，由裝有絞盤的吊卡車或塔式集材機作整捆方式之集材。





(四)調整擇伐強度與成熟擇伐竹選定

目前在二種散生狀竹的收穫上，都是採用擇伐4~5年生以上成熟竹作收穫，其成熟度判斷依賴伐竹工經驗，若未成熟竹材強度不足；過熟則竹材易脆。而擇伐強度需適當，若太大會影響次年生竹子之直徑與厚度。在伐倒的工具有刀具或鏈鋸，由於竹節堅硬，是以厚實刀具去竹枝後再以鏈鋸造材，末徑因需留節而有餘長。



▲桃園復興鄉桂竹林擇伐更新



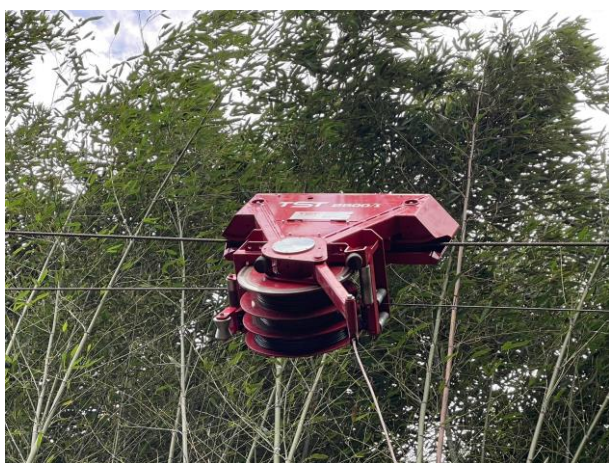
▲桃園復興鄉桂竹林現場集材堆置



▲桃園復興鄉桂竹堆置場分段裁切



▲桃園復興鄉桂竹裝載運材



▲TST junior 3T塔式集材機的遙控搬器



▲桃園復興鄉桂竹裝載集材

圖 4：桃園復興鄉桂竹收穫





▲嘉義縣梅山鄉孟宗竹收穫分堆



▲刈草(左)與去竹枝(右)之刀具



▲孟宗竹造材依末徑計價



▲嘉義縣梅山鄉孟宗竹伐倒造材



▲在竹林間集材



▲嘉義縣竹農訪談

圖 5：嘉義縣梅山鄉孟宗竹收穫

(五)整理伐竹跡地

最後，桂竹及孟宗竹收穫後之枝葉棄置於林地常造成次年竹筍收穫的困擾，最好能在現場利用粉碎機加以破碎後運出利用或撒於竹林地，以方便長筍及次年之收穫作業。

總結在散生狀竹的收穫機械化需求方面，桂竹砍伐較不費力，主要費工的部分是道路可接近性、集材這二方面，業者常用吊車整捆方式集材及上車，此點值得參考；孟宗竹則在林間集材方面有更大的需求，一般以架設架空索道為主，芒





道路塔式集材機可到達，應會有更好的效率。



▲南投竹山孟宗竹內擇伐收穫



▲南投竹山孟宗竹收穫路旁堆放



▲南投竹山孟宗竹運輸



▲南投竹山竹林伐採



▲南投竹山孟宗竹收穫林農訪談



▲孟宗竹作為甘蔗支架利用

圖 6：南投竹山孟宗竹收穫

三、散生狀竹林收穫之模組化生產技術教育訓練

經由與業者討論協商，在112年11月11日(六)於桃園復興鄉進行散生狀竹林收穫教育訓練，共有14位有興趣的朋友參加，課程內容如下圖：



1123078



散生狀竹林收穫技術 研 習 會



報名
連結
 

一. 地點：檣椅竹工作室 (Ruma')
(地址：桃園市復興區羅浮里合流6號)

二. 對象：
林業從業人員及有興趣人士 限**15**名 (超過以林業從業人員優先)

三. 辦理單位：
主辦單位：林業及自然保育署
承辦單位：國立屏東科技大學森林系
聯絡人：森林政策與經濟研究室 08-7703202 #7531 或 0937 383 864葉助理

四. 報名網址：<https://forms.gle/MSvk4oeHrHPLYo6H8>

五. 活動議程：

時間	112年11月11日(星期六)		備註
09:00-11:00	散生型竹林的 經營與管理	農業部林業試驗所(退休) 呂錦明 博士	
11:00-12:00	桂竹產品市場 與銷售現況	友順竹業有限公司 林志仁(阿山) 負責人	助教2名
12:00-12:50	午餐及休憩		
12:50-13:00	移動至伐竹現場		
13:00-16:00	桂竹收穫技術現場實作	友順竹業有限公司 林志仁(阿山) 負責人	助教2名
16:00-17:00	現場綜合討論	國立屏東科技大學森林系 羅凱安 副教授	



農業部
林業及自然保育署
Forestry and Nature Conservation Agency
Ministry of Agriculture



國立屏東科技大學
National Pingtung University of Science and Technology

圖 7：112年11月11日(六)於桃園復興鄉進行散生狀竹林收穫教育訓練課程





圖 8：112年11月11日(六)於桃園復興鄉進行散生狀竹林收穫教育訓練照片





四、購置一項竹林收穫作業機械

由於全竹利用是降低成本與循環利用的基本策略，本計畫預計購買一台竹粉碎機，能將竹林更新後的一些殘材作為能源、材料或介質之利用，或是整理竹林收穫跡地，並計算作業成本。首先於112年的5月及7月與合作廠商討論先行租用美國Vermeer(BC1000XL)以及英國進口之Först(TR8D)碎木機進行測試，以確定本案要購置的機械規格與性能要求，而最後的組裝或購置於112年11月辦理採購完成。

先行租用之切片機相關資料如表5、6，由於竹子重量輕，且第1次使用，使用租金及相關人員油料費用之合計成本約15元/kg，故仍有許多調降的空間。

表 5：租用 Vermeer 碎木機(BC1000XL)之規格說明

BC1000XL BRUSH CHIPPER

GENERAL

Length: 150" (381 cm)
Width: 66.5" (168.9 cm)
Height: 101" (256.5 cm)
Weight: 4995 lb (2265.7 kg)

ENGINE OPTION ONE

Make and model: Deutz D2.9L Tier 4 Final
Horsepower: 49 hp (36.5 kW)
Max torque: 108 ft-lb (146.2 Nm)
Fuel type: Diesel
Number of cylinders: 4
Cooling medium: Liquid

ENGINE OPTION TWO

Make and model: Deutz TD2.9L Tier 4 Final
Horsepower: 74 hp (55 kW)
Max torque: 181 ft-lb (245.4 Nm)
Fuel type: Diesel
Number of cylinders: 4
Cooling medium: Liquid

FEED SYSTEM

Chipping capacity (max): 12" (30.5 cm)
Infeed opening height: 12" (30.5 cm)
Infeed opening width: 17.5" (44.5 cm)
Feed roller orientation: Single horizontal
Feed table height: 26" (66 cm)
Feed speed (max): 122 fpm (37.2 m/min)
Feed roller dimensions: 20" x 17" (50.8 cm x 43.2 cm)

CUTTING SYSTEM

Drum dimensions: 22" diameter x 20" wide (55.9 cm x 50.8 cm)
Drum speed: 2126 rpm
Knives: Two A8 chipper steel reversible
Shear bar: Four usable edges
Engagement system: Clutchless belt drive PTO

CAPACITIES/ELECTRICAL

Fuel tank: 25 gal (94.6 L)
Hydraulic tank: 7 gal (26.5 L)
Hydraulic flow (max): 2.85 gpm (10.8 L/min)
Electrical: 12 Volt
Lights: LED stop, turn, tail, license

CHASIS/BRAKES

Frame: .25" x 7" (63.5 cm x 17.8 cm) Z channel
Tires: ST235/80/R16 load range E
Axle/Suspension: 5200 lb (2359 kg)/Torsion
Optional axle/suspension: 7000 lb (3175.1 kg)/Torsion
Electric brakes with breakaway switch

OPTIONS

Extended warranty
Special paint
Planned maintenance
Vermeer Confidence Plus® Asset Protection Program
Hydraulic surge brakes
Tree Commander™ remote control





表 6：租用Först(TR8D)碎木機之主要規格說明

總重量	2,135 kg
最大粉碎直徑	200mm
引擎規格	Doosan 55HP 柴油
油桶容量	35L
長x寬x高	3417mmx2020mmx2524mm
粉碎能力	5.5噸/小時
送料系統	自動滾輪送料
進退料系統	觸控式進退料開關
行走系統	履帶式行走系統



▲Vermeer BC1000XL碎木機



▲Vermeer BC1000XL碎木機之竹屑



▲Först TR8D碎木機



▲Först TR8D碎木機之竹屑

圖 9：租用碎木機之碎竹情形

而於112年11月已購入之碎木機Först XR8D，主要規格如表7，其主要特色有：

1. 可調整破碎尺寸自3mm~30mm。
2. 可使用搖控操作，減少人力使用。
3. 可在<25°的坡地作業，獨立變化兩邊履帶高度。
4. 噪音控制。





表 7：本案購入之碎木機Först XR8D之主要規格說明

送料輥孔徑	8" x 10" / 200mm x 255mm
送料輥系統	ForstGrip 送料輥系統
飛輪系統	開頂飛輪 (728 x 30mm) 雙 10" 葉片
引擎	Dooson 55HP 柴油機
無壓力系統	自動智慧無壓力裝置
進給系統	AutoIntelligence 完全防水防震觸控板
燃料容量	35 升
噪音水平	低功率 122dB
重量	2135 公斤
寬度（軌道輸入）	1480 毫米
寬度（軌道完全伸出）	2020 毫米
長度（料斗向下）	3417 毫米
長度（料斗向上）	2600 毫米
高度（附滑槽）	2524 毫米



圖 10：本案於112年11月已購入之碎木機Först XR8D試運行照片





Först XR8D於今年11月15日進行碎竹效能初試：14:40開始碎竹，至15:45共65分鐘，得竹屑1088.4kg(含水率77.7%)，平均16.8kg/分鐘，即1,005kg/小時，操作者僅為1人，可同時操作360°旋轉夾怪手並控制碎木機。故成本方面：1)操作員薪資4,000元/日，採購碎木機200萬元使用10年，每年折舊為20萬，在每年工作150天下，每使用日的折舊合計約：2)1,333元/日，3)燃料費10公升柴油約300元/日，4)估算維護費約300元/日，合計每日出工成本(上面項目1~4合計)約6,000元/日。每日(6小時)可破碎2,291kg(氣乾含水率16%之重量= $1,005 \times 6 \times (100\% - (78\% - 16\%))$)，故碎竹成本可在3元/kg以內，已較有商業競爭力。



圖 11：本案112年11月購入之碎木機Först XR8D碎木測試





陸、結語與建議

- 一、本研究今年主要分析臺灣散生狀竹中二種經濟竹種：桂竹及孟宗竹之收穫作業工項，主要有：申請採伐、水土保持計畫審查(若有新增作業道)、採伐造材、(堆置場)、造材長度、林地堆置、集材路旁、裝載上車以及運輸到場等7個項目。其中申請伐採時間太久，集材機械開發、作業道整備與法規鬆綁以及裝載技術改進是主要需要改良的重點。
- 二、目前改善散生竹收穫效率的技術建議：1.擴大收穫規模、2.事前合理規劃收穫作業運輸道路、3.改善集材方法與機械、4.調整擇伐強度與成熟擇伐竹選定、5.利用碎木機整理伐竹跡地。
- 三、桂竹收穫效能每日每工約可收穫180-200支，支付竹林所有人成本8元/支，採收成本約10-11元/支，索道集材10元/支(若有)，運費8元/支，到場價平均50-80元/支；孟宗竹收穫效能每日每工約可收穫40-60支，支付竹林所有人成本30元/支，採收成本約40-50元/支，索道集材50元/支(若有)，運費45元/支，到場價平均180-200元/支。
- 四、鑒於為增加竹使用需求，除消費者與公共建設瞭解竹材優點外，除了維繫開拓國外市場，開發竹產品利用，也可以增加竹製造商、農民使用國產竹材獎勵。
- 五、已在112年11月11日於桃園復興鄉進行散生狀竹林收穫教育訓練，參加人數14位，增加瞭解散生竹(桂竹)之經營管理、市場動向以及實地收穫技術，以及塔式集材之特性與操作。
- 六、在112年11月完成購置Först XR8D之碎木機並進行測試，目前碎木成本在3元/kg內，有進行商業生產之潛力。





柒、參考文獻

- 王瀛生、吳孟玲 (2010) 台灣竹材替代木質材料展現竹之美。林業研究專訊17(4):54-60。
- 行政院農業委員會林務局 (2018) 林務局107年報，7-8頁。
- 行政院農業委員會林務局 (2022) 新興竹產業發展計畫，136頁。
- 呂錦明 (2011) 材林之培育及經營管理。行政院農業委員會林業試驗所出版，204頁。
- 卓志隆 (2015) 對環境友善之森林收穫作業與技術開發(3/3)。農委會林務局科技計畫。
- 林俊成、陳溢宏、林裕仁 (2017) 竹材加工業之國內原竹需求與流向分析。林業研究專訊24(4):62-64。
- 林信輝、翁書敏 (2011) 桂/薊竹林生育特性與環境保育問題。林業研究專訊18(1):23-29。
- 林務局 (2015) 第四次森林資源調查報告。
- 林裕仁、潘薇如 (2016) 臺南地區竹加工業概況。林業研究專訊23(5):70- 73。
- 林維治 (1976) 台灣竹亞科植物之分類(續)。臺灣省林業試驗所試驗報告第271號。
- 林慧貞 (2018) 竹子做為國產材，除了固碳一級棒，還有哪些你不知道的應用？農傳媒，<https://www.agriharvest.tw/archives/23252>。
- 邱立文、黃群修、吳俊奇、謝小恬 (2015) 第4次全國森林資源調查成果概要。台灣林業41(4):3-13。
- 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) 台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。
- 許玲瑛、李文昭 (2011) 六種臺灣常見竹材之型態特徵及熱解產物。林業研究專訊18(1):37-42。
- 陳合進、葉政翰、朱雅梵. 2014. 森林管理委員會（FSC）驗證的天然林森林收穫流程：前置作業。林產工業33(1)
- 陳財輝 (2011) 泥岩地區老化薊竹林之更新調查。林業試驗所100年度自辦科技計畫。
- 陳嶸 (1987) 竹的種類及栽培利用。中國林業出版社。
- 湯適謙 (2014) 木、竹材採運技術提昇與小型機械應用之研發。林業試驗所





年度自辦科技計畫。

黃裕星 (2011) 臺灣竹類資源調查、利用及新技術開發。林業研究專訊18 (1):1-2。

溫太輝(主編)(1993) 中國竹類彩色圖鑑。淑馨出版社。

廖天賜 (2013) 桂竹林經營作業法對林分動態變化之研究。林務局新竹林區管理處委辦計畫，93頁。

顏添明、胡曉琅、李久先 (2003) 竹山地區孟宗竹竹筍經營之探討。林業研究季刊25(2):43-54。

羅凱安 (2018) 私有林經營與產業振興對策研究(2/2)。行政院農業委員會林務局106年科技計畫(106農科-11.6.3-務-e1)成果報告書，140頁。

日本森林技術協會，平成29年度特用林產振興総合対策事業のうち 特用林産物の供給力の向上のうち 効率的な竹林施業体系の構築報告書，平成30年3月

竹内叔雄 (1932) 竹の研究。養賢堂。

Axelsson, S.-A. (2013) The Mechanization of logging operations in Sweden and its effect on occupational safety and health. Journal of Forest Engineering 9(2):25-31.

Chen, T.-H., D.-H. Wang, and S. Wang (2016) The Trend of Growth Characteristics of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) Forests under an unmanaged Condition in Central Taiwan. Taiwan J. For. Sci. 31(2):75-87.

Guerra, S. P. S., G. Oguri, H. de J. Eufrade Junior, R. X. de Melo, and R. Spinelli (2016) Mechanized harvesting of bamboo plantations for energy production: Preliminary tests with a cut-and-shred harvester. Energy for Sustainable Development 34:62-66.

ITTO (2019) Reduced impact logging.

https://www.itto.int/sustainable_forest_management/logging/。Kenya Forestry Research Institute (2012) Training Manual on Bamboo Propagation and Management. Kenya's Water Towers Protection and Climate Change Mitigation and Adaptation (WaTER) Programme, 31p.

Kittredge, D. B. (2005) The cooperation of private forest owners on scales larger than one individual property: International examples and potential application in the United States. Forest Policy and Economics 7(4):671-688.



1123078



- Liese, W. (1998). The Anatomy of Bamboo Culms. Volume 18 of INBAR technical report, 208pp. BRILL. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=dIVAGsXNPSsC&pgis=1>
- Liese, W., and G. Weiner (1996) Ageing of bamboo culms. A review. Wood Science and Technology 30:77-89.
- Lo, K.-A. (2013) Private forest owners' willingness to participate in cooperative management in Taiwan. IUFRO 3.08 & 6.08 Joint Conference- Future Directions of Small-scale and Community-based forestry. Fukuoka, Japan
- Othman, A.R., N. Lokmal, M.G. Hassan, and M.Z. Abdullah (2012) Culms and above-ground biomass assessment of *Gigantochloa scortechinii* in response to harvesting techniques applied. J. Agrobiotech 3: 23-33.
- Rabik, A., and B. Brown (2003) Towards resilient bamboo forestry. A reference guide for improved management of clumping bamboo for timber bamboo. Environmental Bamboo Foundation, Ubud, Bali, 316p.
- Texas Forestry Association and Texas A&M Forest Service (2014) Texas forestry best management practices. 112p.
- UNCATAD (2022) Commodities at a Glance- Special issue on bamboo. United Nations Conference on Trade and Development, UN, Geneva, 88pp.
- Wästerlund, I., and A. E. Hassan (1995) Forest Harvesting Systems Friendly to the Environment. The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency. Paper No. 947512, Garpenberg, Sweden, 30p.
- Yale school of Forestry & environmental studies (2019) Logging Conservation Practices. <https://globalforestatlas.yale.edu/forest-use-logging/logging/logging-conservation-prac>.
- Zhu, Z., and W. Jin (2018) Sustainable Bamboo Development. CABI, 287pp.





期中報告委員意見

審查意見	回覆
卓委員志隆：	
1. 本年度目標之一要以實際竹林收穫作業分析各項人工作業時間、數量、效率及成本的工作項目，建議期中報告內容補充說明桂竹、孟宗竹竹林收穫作業區域、作業方式（如皆伐、擇伐、行列疏伐等）、作業單元流程及相關成本分析內容的規劃。	桂竹及孟宗竹收穫之作業效能與成本已分析在表 3、表 4(第 11~15 頁)。
2. 建議說明預購置的竹粉碎機之研究對象與實驗內容，即希望達成之目標（如尺寸大小等）。	碎木機 Först XR8D，主要規格如表 7，其主要特色有： 1. 可調整破碎尺寸自 3mm~30mm。 2. 可使用搖控操作，減少人力使用。 3. 可在<25°的坡地作業，獨立變化兩邊履帶高度。 4. 噪音控制。 對於本次散生竹林的收穫作業應有相當好的助益。
3. 相關散生狀竹林收穫之模組化生產技術，建議說明其範圍與內容。教育訓練研習時數共 6 小時，恐無法給參與學員有實務練習的機會，請斟酌修正。	內容規劃可參考圖 5，已在 112 年 11 月 11 日於桃園復興鄉進行散生狀竹林收穫教育訓練，參加人數 14 位。參與者對於瞭解散生竹(桂竹)之經營管理、市場動向以及實地收穫技術，甚至是塔式集材之特性與操作都有實際的認識。
4. 請說明 P.1 國際進出口貿易總額幣值單位及產品種類。另 P.3 依第四次森林資源調查報告內容，台灣地區推估之竹材支數為 15.8 億支，請查明修正。	根據邱立文(2015)第 4 次全國森林資源調查成果概要統計，臺灣竹林 132,607 公頃，占 6%，共有 124,470 萬支。而根據最新 2022 之





	新興竹產業發展計畫（111 至 114 年度）內之陳述(p.7) 依據第四次森林資源調查結果，臺灣地區林地之竹林面積約 18 萬 3 千餘公頃，占森林覆蓋面積 8%，推估竹材的蘊藏量約有 15.8 億支。本文採用最新的公布資料。
王委員松永：	
1. 以實際竹林收穫作業分析各項人工作業之時間、數量、效率及成本。	桂竹及孟宗竹收穫之作業效能與成本已分析在表 3、表 4(第 11~15 頁)。
2. 與產業需求、實際伐採之專家、學者共同研討散生狀竹林收穫之模組化生產技術。 (1) 依報告已訪問過 8 家業者，含竹農與包商，但在南投縣鹿谷鄉小半天有家生產竹炭業者武岫竹炭-林先生，他本身利用孟宗竹燒竹炭，也是竹材收穫業者，對象為孟宗竹，據他說一年約伐採 2,000 支。 (2) 散生單桿竹收穫時較方便，係以人工擇伐 4 年竹林，亦即每年每公頃均可砍伐 4 分之 1 竹桿，一年後原來之 3 年生竹桿已成長為 4 年生，如此每年均有 4 年生竹林可以砍伐，以擇伐進行不必皆伐。因每年砍伐後均有竹筍長出，不必像林木皆伐後，林地需再重新整地、再造林，有段林地空白期間。從此觀點考慮後，竹林經營確實符合資源循環標的，如此推估竹林地之碳匯，竹林碳貯藏量應會較林地、林木高出不少。擇伐時桂竹 4 年生之特徵為	(1) 感謝委員提示。 (2) 感謝委員指導。 (3) 感謝委員提醒。





桿色黃綠色，有黴菌及青苔，竹籜(筍殼)完全消失不見。 (3) 現階段竹材加工最大問題是原料成本過高，林業署已致力於改善其收穫技術，期能降低成本，並提高收穫效率。林業署新竹分署於桃園市復興區泰雅族部落，由泰雅族的竹鑲幫團隊執行桂竹林經營，尤其竹林收穫作業，藉由人力擇伐 4 年生桂竹，集材利用塔式集材機進行，將竹材捆成束後，吊掛上 20 噸卡車，搬運至下游堆置場所。砍伐後竹林地再進行撫育作業，待翌年再進行伐竹作業。其過程及內容、編輯成圖卡書本「竹構未來」。	
3. 桂竹若每公頃栽植 12,000 支，每年伐除 4 年生竹林，即有 3,000 支，若有 100 公頃，則該區域每年均有 1/4 桂竹可提供伐採，計 30,000 支，每年均有進行伐除與撫育作業，則其搬運道路只需維護即可。	感謝委員指導。惟現況上竹林荒廢多年致品質退化，加上道路品質多數需要改善，若要實際作業可能要現場調查輔助規劃。
4. 95 年至 105 年，桂竹生產量累計 2,000 萬支，1 年約 200 萬支，而每年需求量約 6 萬噸；孟宗竹累計 74 萬支，1 年有 7.4 萬支，每年需求量約 2.5 萬噸。此兩種竹材占全國竹材之 90% 以上。	感謝委員指導。
5. 今後為配合國家「淨零」政策，製作之生命週期碳盤查，標示碳足跡是必要的。因此本計畫對於桂竹及孟宗竹等單桿散生竹林，從收穫階段至加工廠為止的碳盤查實為必要。	感謝指導，減少碳排確實是使用竹產品的考量因素，未來可輔導終端竹製品加工廠申請碳足跡碳標籤或申請減碳標籤。
陳委員財輝：	
1. P.1 倒數第 6 行文字錯列，請修正。	感謝委員提醒，已修正。





2. 散生竹與叢生竹伐採用量差異極大，期中報告成果摘要以叢生竹研究成果是否恰當，請再思考如何描述。	本研究三年計畫前二年是在研究叢生竹，今年為散生竹，會加強說明。
3. 竹粉單價受伐竹面積、數量及是否保價收購等而異，本計畫屬小規模研究，其成本分析變異極大。	感謝委員指導。
4. 竹農與包商不易區分，是否以伐竹業者或其他名稱代替。另外，竹林收購與竹材收購有何差異？	竹農是栽培竹林的經營管理者，包商是指承包竹林收穫作業者，有時會同時具備二種身份。「竹林收購」指立竹(尚未伐採)之收購，「竹材收購」指已砍的竹材收購(如在分堆場或集材場)。





期末報告委員意見

審查意見	回覆
王委員松永：	
1. 本計畫已完成期末工作目標之要求。	謝謝委員肯定。
2. 今後對於散生竹種、桂竹及孟宗竹之生產應以擇伐4年生方式進行，如此在同一竹林地不會中斷(林地皆伐至下次皆伐之間有皆伐年度中斷，有碳負債的問題，但竹林每年持續伐採沒有此問題)，在同一造林地造林作業，伐採後跡地整理不必如林木需再植竹，運輸道路不必另修築，這些均可降低成本。	贊同委員意見，竹類以擇伐為原則，可以連年經營，只要讓私人有足夠的規模，安全的聯外道路，是比一般造林木更能增加木材自給率，而竹林經營連年經營所產生碳排數量，可能因道路不需重新修建會比較少且節省成本，是可以應往這個方向的政策去引導。
卓委員志隆：	
1. 竹材收穫效能及成本應就竹材收穫過程中相關伐竹、去枝、集材、裝材、運材過程進行整體作業效率與成本分析，以了解整體收穫過程主要需克服的瓶頸及問題。	桂竹及孟宗竹收穫之作業效能與成本已分析在表3、表4(第9~14頁)。 由於竹林一般收穫時間選在乾季約10月至翌年3月，團隊所認識的承包商其進行之收穫案件進程(伐竹、去枝、集材、裝材、運材等)，不一定可以配合研究需求來進行，且每個收穫案的竹林地況及交通均有很大差異，因此本研究是藉由深度訪談有豐富經驗之伐竹業者，來瞭解收穫過程中相關作業的一般平均工作數量，這些結果反而在政策上更有參考價值。
2. 建議就計畫執行成果提出桂竹及孟宗竹竹材有效率收穫(含竹筍)之模組化生產技術，協助竹材產業的發展。	謝謝委員建議，本研究已在期末成果第二節中分別說明目前改善散生竹收穫效率的技術建議：1.擴大收穫規模、2.事前合理規劃收穫





	作業運輸道路、3.改善集材方法與機械、4.調整擇伐強度與成熟擇伐竹選定、5. 整理伐竹跡地等，來提升散生竹收穫效率。 由於竹筍經營與竹材生長有密切關連，但需要多年的觀察，且受竹筍價格影響甚巨，並無法在本次竹材收穫研究中輕易獲得結論與建議。
3. 購置 Först(XR8D)碎木機之碎木成本除作業人員薪資外，尚需考慮機具設備折舊、維修保養、燃料等費用才合理，建議重新評估後再說明。	本次採購碎木機 200 萬元使用 10 年，每年折舊為 20 萬，在每年工作 150 天下，每使用日的折舊合計約 1)1,333 元/日，2)燃料費 10 公升柴油約 300 元，3)估算維護費約 300 元，再加上 4)操作員薪資 4,000 元/日，碎木機每日出工成本(上面項目 1~4 合計)約 6,000 元/日。本研究測試每日以 6 小時計算可破碎 2,291kg(氣乾重)，故所計算之竹屑成本為 2.6 元/kg。
陳委員財輝：	
1. 請確認 p.10 表 2 之 2、4 之竹農作業地區。	謝謝委員提醒，已修正。
2. p.12 作業道品質較差不宜將 20 噸大卡車直接進入伐竹現場，運輸車輛若以小車搬至土場，再以大卡車載運到外地，成本會增加，但對林地保全效果較好。	森林內作業道的施作等級和規格與林地狀況以及收穫成本有關，必須在林地狀況允許(確保林地保全)之下施作，作業道等級愈好，在竹林連年收穫時，收穫成本可以降低，故必先評估林地狀況進行主運道(寬 4m、最大坡度 15%、可載重 20ton 卡車)之規劃，以可





	商業收穫(利潤)之竹林優先進行作業。
3. p.24 碎木機需用怪手配合，是否會降低效能？其刀片可使用次數及期限？	此碎木樹並不一定需要與怪手配合使用，不過由於台灣目前工資相對較高，現場工人不好找，此機械具有搖控功能且軋碎開口大，可以協同怪手作業降低成本。
森林產業組：	
1. 建議列表呈現售價數據。	謝謝委員建議，已補充圖 2(P.12)、圖 3(P.14)二種竹種之平均售價與成本。

