



農業部林業及自然保育署屏東分署

屏東分署蒴竹收穫技術課程設計與 人才培育推動計畫

成果報告

執行機關：國立屏東科技大學 森林系

計畫主持人：羅凱安 副教授

協同主持人：胡紹揚 教授、黃建誌 助理教授

研究助理：葉政翰

計畫編號：Po112BM

執行期間：112年5月10日至112年12月15日

中華民國112年11月20日

摘要

屏東分署轄區竹林資源豐富以叢生狀竹為主，集中在旗山事業區，雖然臺灣竹產品市場的需求雖然逐年增加，惟國內竹產品利用型態仍以傳統為主，且環保要求嚴格也抑制口過去原有的利用需求(如蚵架、民俗造紙廠)，加上近 20 年來人力短缺讓竹林收穫成本增加，以進口竹產品替代國產竹材情形愈來愈多，造成承包竹林收穫意願愈來愈低，導致竹林主放棄經營嚴重，20-30 年未更新竹林愈來愈多，影響竹林的生態、防災功能以及竹林品質，故又再影響市場購買意願的惡性循環。

如何確保環境保全及降低災害，亟需要有效薊竹經營與收穫的技術與規範，建立訓練基地，導入機械化實作訓練，進行印證與示範，並進行專業人才訓練，延續技術，並輔導協助林業合作社尋求更有利的竹林利用，方可解決目前經營上之困境。本計畫主要完成以下成果：

- 一、由輔導與訓練屏東分署轄區竹林經營人才、組織或企業經驗來看，目前本區內竹產業所面臨之主要問題為竹產品需求急需開發及推廣，以及如何進行機械化收穫提高作業效率二方面。
- 二、人工收穫薊竹林已無法獲利及難以找到工人，現實上由於企業沒有穩定的工班，必須利用機械方式來協助作業，本計畫完成現有機械配合下之薊竹收穫技術與作業規範。
- 三、考量當前竹林收穫上特別需要注重之技術，應最好涵蓋以下主題及內容：竹林經營與收穫流程與技術、竹林伐採與水土保持申請、伐竹安全與個人裝備、人工伐竹技術、高性能林業機械操作，以及綜合現地演練。
- 四、目前竹林收穫示範區設置於本校南方竹林，可進行學員各種教育訓練。也可進行幾項研究：伐採強度對生物量、新竹萌發之影響，面積 0.05ha、高性能機械作業及作業道規劃演練，面積約 0.5ha。
- 五、已在 2023 年 5 月 17 日~19 日、2023 年 10 月 12-13 日進行二場次薊竹收穫教育訓練，培育專業人才。由於伐採工作需達一定經濟規模，才能留下人才，希望透過使用多功能省工機械等，達到節省人力及工序，由領頭羊來帶動產業，使專業人才留下來，學以致用。

六、研發具市場潛力的蔴竹產品上，蔴竹全材利用構想上是以能提高附加價值以及善用蔴竹材料優勢為考量：如積層材、竹屑生物材料及竹葉。本案今年以應用在雞飼養敷料、花卉、藥材種植的介質、以及觀賞魚免疫調節製劑(添加於飼料中)，開拓新的應用商機。

七、由最近三年的經驗中得知，對臺灣蔴竹產業在發展的建議是：

- (一) 前人留下燙手的蔴竹資源等待活用為背景，以林地生態復育論述，應用地景式當地林主來參與進行。
- (二) 目前竹產業發展與經營的條件相當惡劣，如何提供適當規模規劃周全的條件，促進合作，降低環節的成本。
- (三) 當前農民、竹村居民或竹林合作社對竹林依賴程度相當低，需找出領頭羊來培養。
- (四) 加強竹林收穫之相關知能與職安規範，建議未來參加公私部門之竹林收穫作業之工作者，林業保育署各分署及各縣市政林林業部門，均要制定要求需定期參加此相關訓練才能進行相關工作之要求。
- (五) 竹林所有權以國有居多，缺乏動力，如何善用制度安排如 OT、ESG。
- (六) 採伐許可、開設作業道、混農林技術發展與法規衝突，急需解決。
- (七) 碳權、碳交易制度之模糊未定，有待明朗。
- (八) 國際合作(勞動力、外銷)牽涉不同部會之整合，但有更廣的可能性。

Abstract

Pingtung Forest District is rich in bamboo resources, mainly clumping bamboos, concentrated in the Cishan working area. Although the demand for bamboo products in Taiwan is increasing year by year, domestic bamboo product utilization patterns are still mainly traditional, and environmental protection requirements are strict. Suppressing the original demand for utilization (such as oyster racks, folk paper mills), and the manpower shortage in the past 20 years has increased the cost of bamboo harvesting. There are more cases of imported bamboo products replacing domestic bamboo, resulting in an decreasing willingness to contract bamboo harvesting. The price is getting lower, causing bamboo forest owners to give up their business. More and more bamboo forests have not been renewed for 20-30 years, which affects the ecology, disaster prevention function and quality of the bamboo forest. Therefore, it also affects the market's willingness to buy in a vicious cycle.

How to ensure environmental preservation and reduce disasters requires the urgent need for effective bamboo management and harvesting technologies and specifications. We need to establish a training base, introduce mechanized practical training, conduct verification and demonstration, and professional talent training technology, and provide guidance and assistance to forestry cooperatives. The current management difficulties can be solved by seeking more favorable utilization of bamboo forests. This project mainly accomplishes the following achievements:

1. From the experience of assisted and training bamboo forest management, organizations or enterprises in the Pingtung Branch, the main problems currently faced by the bamboo industry in this region are the urgent need for the development and promotion of bamboo products, and how to carry out mechanized harvesting to improve operational efficiency.
2. It is no longer profitable to harvest *Bambusa blumeana* manually and it is difficult to find workers. In fact, since the company does not have stable work shifts, it must use machinery to assist in the operation. This project completed the harvesting technology and operating specifications of bamboo with the cooperation of existing machinery technology.
3. Considering the technologies that require special attention in current bamboo forest harvesting, the following topics and contents should preferably be covered: bamboo forest management and harvesting processes and technologies, bamboo forest harvesting and soil and water conservation applications, bamboo cutting safety and personal equipment, manual bamboo cutting technology, Operation of high-performance forestry machinery, as

well as comprehensive field exercises.

4. Currently, the bamboo forest harvesting demonstration area have set up in the southern bamboo forest of our university campus, which can provide various education and training for students. Several studies can also be conducted: the impact of logging intensity on biomass and new bamboo germination, covering an area of 0.05ha, high-performance mechanical operations and work road planning exercises, covering an area of about 0.5ha.
5. Two rounds of clumping bamboo harvest education and training have been conducted on May 17-19, 2023, and October 12-13, 2023, to cultivate professional talents. Since logging work needs to reach a certain economic scale in order to retain works, it is hoped that through the use of multi-functional labor-saving machinery, manpower and processes can be saved, and leaders can drive the industry so that professional talents can stay and apply what they have learned.
6. When developing bamboo products with market potential, the concept of using all *Bambusa blumeana* materials is to increase added value and make good use of the advantages of it: such as laminated timber, bamboo chip biomaterials and bamboo leaves. This project began new application business opportunities by applying it to chicken feeding dressings, flowers and medicinal planting media, and ornamental fish immunomodulatory preparations (added to feed) in this year.
7. Based on the experience of the past three years, the suggestions for the development of Taiwan's *Bambusa blumeana* industry are as follows:
 - (1) In the context of the fact that the *Bambusa blumeana* resources left difficult by the predecessors are waiting for utilization, we suggest apply the discussion of forestland ecological restoration and the landscape approach to local forest owners to participate in the process.
 - (2) The current conditions for the development and operation of the bamboo industry are quite harsh. How to provide appropriate and well-planned conditions to promote cooperation and reduce costs.
 - (3) At present, farmers, bamboo village residents or bamboo forest cooperatives are very low in dependence on bamboo forests, and leaders need to be found and cultivated.
 - (4) Strengthen the knowledge and occupational safety regulations related to bamboo forest harvesting. It is recommended that workers who will participate in bamboo forest harvesting operations in the public and private sectors in the future, as well as all branches of the Forestry Conservation Agency and all County and municipal forestry departments, should establish requirements to regularly participate in this related training. It must have carry out relevant work requirements.

- (5) Bamboo forest ownership is mostly state-owned and lacks motivation. How to make good use of institutional arrangements such as OT and ESG.
- (6) There is an urgent need to resolve conflicts between logging permits, the establishment of working roads, and the development of agroforestry technology and regulations.
- (7) The carbon rights and carbon trading policies are unclear and need to be clarified.
- (8) International cooperation (labor force, export sales) involves the integration of different ministries, but has wider possibilities.

目錄

壹、	計畫緣起與目標	1
貳、	相關文獻回顧	4
一、	竹的生長特性與使用竹材的優點	4
二、	臺灣竹的分類及分布	7
三、	叢生型竹類的收穫	11
四、	竹林經營、收穫相關法規	19
五、	屏東分署前二年(110 年至 111 年)相關計畫執行成果	27
(一)	竹林合作組織輔導與培力部分：	27
(二)	竹林經營、收穫人才教育訓練部分：	27
(三)	分析現有竹林產業鏈部份：	27
(四)	研發具市場潛力的竹產品方面：	28
(五)	估算屏東分署轄區竹資源可使用(適合經營、收穫)限度部分：	28
(六)	對於臺灣竹產業當前問題，提出可能輔導策略有：	30
參、	研究方法	31
一、	工作項目及內容	31
(一)	輔導與訓練屏東分署轄區竹林經營人才、組織或企業	31
(二)	規劃蒨竹收穫技術與作業規範	31
(三)	設計蒨竹收穫實作技術訓練課程	32
(四)	規劃蒨竹收穫實作技術示範	32
(五)	辦理竹林經營相關教育訓練	32
(六)	培育蒨竹收穫專業人才	32
(七)	研發具市場潛力的蒨竹產品	33
(八)	其他有利本工作推動之建議	34
二、	執行進度及檢核項目	35
(一)	執行進度規劃	35
(二)	期中、期末檢核項目	35
(三)	本案驗收內容	36
肆、	計畫成果	37
一、	輔導與訓練屏東分署轄區竹林經營人才、組織或企業	37
二、	規劃蒨竹收穫技術與作業規範	39

三、 設計蔴竹收穫實作技術訓練課程	46
四、 規劃蔴竹收穫實作技術示範.....	47
五、 辦理教育訓練與培育蔴竹收穫專業人才	48
六、 研發具市場潛力的蔴竹產品.....	54
伍、 結論與建議	65
陸、 參考文獻	67
附件一：期中報告委員意見回覆.....	70
附件二：期末報告委員意見回覆.....	73

圖目錄

圖 1：第四次森林資源調查竹類分布圖(林務局，2015).....	8
圖 2：各縣市別竹林面積及竹材釋數.....	9
圖 3：叢生型竹之生長的型態(Kenya Forestry Research Institute, 2012)	12
圖 4：叢生型竹之齡最適比率(Rabik and Brown, 2003).....	13
圖 5：鑰匙孔收穫模式(Rabik and Brown, 2003).....	14
圖 6：通道收穫模式(Kenya Forestry Research Institute, 2012)	15
圖 7：臺灣 1970~2030 年三階段年齡人口結構比率(國家發展委員會推估)....	18
圖 8：瑞典 1950~1990 年林木收穫效能提升趨勢(Axelsson, 2013).....	18
圖 9：瑞典 1957~1995 年林木收穫作業的百萬人時意外率(Axelsson, 2013)....	19
圖 10：伐竹設備及安全裝備.....	22
圖 11：採伐申請文件	26
圖 12：本計畫工作項目之 Gannt 圖(時程規劃).....	35
圖 13：叢生狀竹林收穫之必要及可能作業工序流程圖.....	43
圖 14：竹林採伐強度規劃.....	48
圖 15：本校目前擁有之林業高性能機具.....	48
圖 16：2023 年 5 月 19 日(五)荊竹收穫實作技術訓練照片	50
圖 17：2023 年 10 月 12-13 日荊竹收穫實作技術訓練課程海報	51
圖 18：2023 年 10 月 12-13 日荊竹收穫技術與人才計畫訓練照片	52
圖 19：2023 年 11 月 10-23 日臺灣印尼雙邊叢生狀竹收穫技術交流照片	53
圖 20：香草雞使用竹屑作為敷料.....	54
圖 21：(A) 伐竹機；(B) 粉碎機；(C) 操作伐木機將荊竹送入粉碎機進行粉碎；(D) 粉碎好的竹屑；(E) ~ (F) 粉碎好的竹塊.....	55
圖 22：檸檬綠文心蘭種植於不同介質植物生長型態及根系.....	56
圖 23：(A)假球莖長；(B)假球莖寬；(C)假球莖厚；(D)花梗長；(E)分支數；(F)不良小花數；(G)開花時間(天)	57
圖 24：全球觀賞魚市場之成長趨勢.....	58
圖 25：荊竹葉多醣之萃取與分子量鑑定。.....	59

圖 26：斑馬魚餵食荊竹葉多醣八週後免疫基因之表現。.....	60
圖 27：斑馬魚餵食荊竹葉多醣八週後免疫基因 (A) IL-1 β ;(B) IL-6;(C) TNF- α ; (D) Lysozyme 之表現。圖表柱狀圖上方不同的英文字母表示各組間是否 具有顯著差異($p < 0.05$).....	62
圖 28：斑馬魚餵食荊竹葉多醣八週後，以腹腔注射感染魚形鏈球菌(<i>S. iniae</i>)之 存活率。斑馬魚餵食含有 0.3%(G2)與 0.5%(G3 組)之多醣，感染後 7 天之 存活率顯著高於正控制組($p < 0.05$)。	63
圖 29：本計畫所開發之荊竹多醣觀賞魚飼料產品.....	64

表目錄

表 1：臺灣六大經濟竹種之特色及常見利用	4
表 2：各縣市別竹林面積及竹材稈數.....	9
表 3：臺灣森林採伐與收穫相關法規.....	20
表 4：2023 年以來輔導與訓練對象主要討論內容.....	37
表 5：2023 年 5 月荊竹收穫實作技術訓練課程.....	49
表 6：荊竹之化學組成份	55

壹、計畫緣起與目標

世界竹類植物約 75 屬，1,200 餘種，主要分布於亞太地區、美洲和非洲等地區(Liese, 1998, Tewari, 1992)。世界竹林總面積約 2,200 萬 ha，85%分佈在亞洲(黃妙修, 2002)。臺灣竹林資源豐富(183,330ha(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、蔴竹、長枝竹)，竹材有彈性、輕量的特性。

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。

竹是臺灣的傳統利用資源，1980 年代以前竹產業有輝煌歷史，政府輔導民間業者設廠，協助業者採購機器設備、出口，鼓勵相關單位及學校進行竹材的物理加工、防腐防蛀、塗裝技術等研究工作，因膠合劑技術進步，使得層積竹材研製成功，產業環境優渥，竹加工出口值大幅成長。過去因為竹稈及竹筍具有很高的經濟價值，林農通常以集約方式經營管理各種竹林，藉以增加竹林或竹筍的生產量與經濟收益，而定期實施竹林伐採更新作業，保持竹林的高生產力及竹林之年輕齡級狀態(呂錦明, 2001)。但近 30 年來因為人力老化、工資及作業成本高，許多竹材加工產業鏈已外移或消失。

由於目前在屏東已有相關竹製品廠商投資設廠，正在籌劃新技術之竹材加工，然而卻苦於沒有可用之竹材原料來源，雖然去年本區已有竹林經營合作組織的成立，但初期仍未能步上合理經營軌道，若能以需求導向的規劃方式，連結或延伸竹林產銷生產鏈，除可引導竹林恢復永續經營，可增加國產木竹材自給率之政策目標外，對提升鄉村竹農收入及產值，留住林業經營人力，將具有相當重要之貢獻。

屏東分署轄區竹林資源豐富以叢生狀竹為主，集中在內門、杉林、旗山、美濃、甲仙區，雖然臺灣竹產品市場的需求雖然逐年增加，惟國內竹產品利用型態仍以傳統為主，且環保要求嚴格也抑制過去原有的利用需求(如蚵架、民

俗造紙廠)，加上近 20 年來人力短缺讓竹林收穫成本增加，以進口竹產品替代國產竹材情形愈來愈多，造成承包竹林收穫意願愈來愈低，導致竹林主放棄經營嚴重，20-30 年未更新竹林愈來愈多，影響竹林的生態、防災功能以及竹林品質，故又再影響市場購買意願的惡性循環。

因此可以瞭解上述問題最重要的癥結在於，如何讓竹林生產者有能力且有意願進行竹林生產，即是讓營林有利可圖。只要營林有利潤，自然會吸引竹林主或生產者投資竹產業，進行竹林更新逐漸恢復竹林的生態防災功能。要使營林有利潤就需要竹林能賣得好價格，且可以降低竹林收穫成本。目前作法上有三個面向，首先在政策方面：推動林業多元的補助方案，對於森林經營計畫、竹林撫育、伐採、機械設備補助及產銷驗證制度提供誘因。然而，由於政策制度設計以團體經營計畫為前提，且竹林因多年未經營而劣化，欲吸引林主重新投入啟動經營，需要更多政策輔導鼓勵。其次在降低成本方面：組成林業合作社擴大規模，未來勢必以機械取代人力，進行伐竹設備之研發與整合。但高雄市永茂林業合作社雖成立，但經營能量仍然不足；伐竹機械仍屬起步階段，如何開發更有效率的作業機具以及滿足當前環保及經濟上之要求與社會之期待之作業技術，亦需重新規劃。在竹產品價格提升方面：國內竹產品急需要有更多樣化及穩定的需求以及有價值利用的開發。

由於國際上對零碳排放的趨勢加上政府開始注意利用竹林資源的優勢，期待近期得以提出竹產業輔導啟動政策，惟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，降低原料成本。屏東分署轄內荊竹面積多且集中，惟竹產業鏈中斷 30 年，造成人材斷層，如何確保環境保全及降低災害，亟需要有效荊竹經營與收穫的技術與規範，建立訓練基地，導入機械化實作訓練，進行印證與示範，並進行專業人才訓練，延續技術，並輔導協助林業合作社尋求更有利的竹林利用，方可解決目前經營上之困境。由政府起頭，進行產官學業合作，培養竹林產業後繼專業人材與人力，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，提升經營效率與水準。

因此本計畫之目標及工作項目如下：

- 一、 輔導與訓練屏東分署轄區竹林經營人才、組織或企業。
- 二、 規劃蒴竹收穫技術與作業規範。
- 三、 設計蒴竹收穫實作技術訓練課程。
- 四、 規劃蒴竹收穫實作技術示範。
- 五、 辦理竹林經營相關教育訓練。
- 六、 培育蒴竹收穫專業人才。
- 七、 研發具市場潛力的蒴竹產品。

貳、相關文獻回顧

一、竹的生長特性與使用竹材的優點

連橫在臺灣通史卷二十六有記載：「嘉義產竹多，用以造紙，銷用甚廣。編為器具，亦用宏。而水沙連之竹，徑大至尺餘，縛以為筏，可渡大洋，凌濤不沒，故沿海捕漁皆用之。竹工之巧者，為床、為幾、為籃、為筐，日用之器，各地俱有。」可見臺灣很早就有充分利用竹林資源的傳統。

竹類(bamboo)屬於單子葉植物之禾木科，單子葉植物不具形成層，故無年輪，同時不論竹種為何？或是竹體大小，竹類均於發筍後3個月內完成生長(所謂完成生長是指展枝開葉)，其後不再長高，直徑也不再增大，所以竹林的年生長量係以每年萌發之新竹來估算，和一般林木之每年長高增大，並以直徑與樹高所計算出來的材積來評估者有很大的不同。由此，吾人也可推知萌發新竹之原點--地下莖(rhizome)的重要性(呂錦明，2001)。

竹類在生長季節裡，平均只需要5~11週即長大成材，爾後無論直徑和高度就不再增長，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2~3m)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)。基本上竹子之生長，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)。

竹類的生長，主要分成「叢生型(clumping)」及「散生型(running)」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，臺灣得天獨厚，兼具叢生型及散生型兩大類。而臺灣最常見之六大經濟竹種之特色及利用如下表1。

表1：臺灣六大經濟竹種之特色及常見利用

竹種	特色	常見利用
桂竹 <i>Phyllostachys makinoi</i>	1. 生長速度最快 2. 抗彎強度大富有彈性，是竹編的上等材料 3. 質地硬度最硬、堅韌耐用 4. 用途最廣、經濟價值最高 5. 纖維細	桂竹筍、竹編、竹劍、造紙、竹建築、竹柱、竹管傢俱、

竹種	特色	常見利用
	6. 表面色澤、光澤皆佳	竹工藝、農用支架
孟宗竹 <i>Phyllostachys pubescens</i>	1. 較通直，目前利用最多 2. 纖維粗、抗壓力強、結構堅韌，利於竹炭、竹雕、積層竹的製成 3. 會分泌植物鹼、類黃素抑制其他植物生長 4. 其「冬筍」為佳餚，孟宗竹亦是「竹筒飯」的竹筒材料綠竹	孟宗冬筍、竹筒飯、竹雕、竹炭、竹建材、積層竹板
綠竹 <i>Bambusa oldhamii</i>	1. 普遍栽種於全島，種植多以採筍為目的 2. 製成輕量的竹製品，如：竹紙 3. 另有一種名稱相似為烏腳(殼)綠竹(<i>Bambusa odashimae</i>)，亦稱四季竹、荊竹舅，筍較大，殼有黑色絨毛顏色深。	沙拉綠竹筍、竹童玩、編織
麻竹 <i>Dendrocaryum latiflorus</i>	1. 臺灣六大竹中最大者 2. 竹葉最大，是包粽子的主要材料 3. 節硬，不易劈裂 4. 甜份高，易遭蟲蛀，因此又稱「甜竹」。麻竹筍為重要的竹筍乾取材，至今仍大量外銷日本	麻竹筍、筍乾、包粽用竹葉、竹鷹架
長枝竹 <i>Bambusa dolichoclada</i>	1. 竹炭收率高(盧崑宗、周坤池，2009) 2. 縱向抗張強度強、質地柔軟、易劈、彈性與韌性佳 3. 軟而不易斷，以竹細工、竹編、鑿製為主要發展特色 4. 種植於防風用途	長枝竹筍、竹編、鑿製竹傢俱、農具、紙紮藝術等
荊竹 <i>Bambusa blumeana</i> (<i>B. stenostachya</i> 為臺灣常用之同物異名)	1. 抗張強度最大 2. 肉厚、表面粗糙、堅韌耐磨 3. 不易砍伐 4. 耐乾燥能力佳、保水能力差、於土地貧瘠的地方也很易種植 5. 小枝上長滿刺，早期作為村莊、農舍作為竹圍，防止外人入侵	竹建材、蚵架、竹管傢俱、造紙

說明：修改自鄭旭賢(2015)

竹子受到重視的另一個重要原因是生長快，吸存二氧化碳的效率也高。林試所曾研究國內主要竹子的碳吸存能力，一根五年生的桂竹，可固定 6.2kg CO₂，每年每公頃固定 22.32ton CO₂（以每公頃栽培 1 萬 8 千支計算），一根五年生的孟宗竹可固定 29.6kg CO₂，每年每公頃固定 47.36ton CO₂（以每公頃栽培 8 千支計算）。一般林木每年每公頃二氧化碳吸附能力是 7.45 到 14.9ton，相較之下，竹子固碳能力比木材還強，加工製成品也有固碳功能，所以在全球致力改善氣候暖化的問題，竹林經營管理是相當重要的議題(林慧貞，2018)。

對開發中國家而言，竹與藤(rattan)是令人驚奇的資源，具有消除貧困和自然資源挑戰的獨特潛力。國際竹藤聯盟(International Network for Bamboo and Rattan, INBAR)是一個多邊發展組織，利用竹、藤促進環境可持續發展。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)。

一般竹稈生命週期大致不超過 10 年，前述竹材成熟時若不使用，竹材過熟即會在林地自然腐敗。竹林若在 4~5 年內無擇伐利用，不僅竹林呈現老竹充斥之荒廢狀態，大幅降低竹林的生態防災機能，同時造成可再生性生物資源的浪費(黃裕星，2011)。以臺灣地狹人稠的土地環境，如欲在有限的土地上大量且迅速提升森林中二氧化碳吸收之淨值，則應利用更高效率之碳吸存樹種造林：竹類植物，進而達到在有限的空間裡，強化碳減量之效率(邱祈榮，2011)。

綜合前述，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。相較於其他木材資源，竹材收縮膨脹率小，靜力彎曲強度、彈性係數、順紋抗張強度及順紋抗壓強度較多數材種為高，應用於生活中之用途極廣，具有穩定的生長量，可廣為人們利用的重要綠色環保天然資源(王瀛生、吳孟玲，2010)。

二、臺灣竹的分類及分布

1. 竹的分類

竹林之分類主要是看竹子之地下莖是為直立型(upright rhizome)或匍匐型(creeping rhizome) (或兩種型都有)。直立型之地下莖較其上面連結的稈部肥厚而稍彎曲狀且為實心，下方為逐漸縮小有節無芽苞之莖脛(rhizome neck)；匍匐型地下莖會橫向蔓延於地下，又俗稱竹鞭 (呂錦明，2001)。

由於臺灣位處北迴歸線和中央山脈之故，使得臺灣同時具有溫帶產之單稈散生型(monopodial)竹類及熱帶產之叢生型(sympodial)竹類。臺灣之竹子就地下莖之類型有主張分成 3 大類者(陳嶸，1987)和分成 4 大類者(竹內叔雄，1932；林維治，1976；溫太輝，1993)。依據臺灣目前普遍採用之林維治(1976)之分法，臺灣竹子可分成四類，依序為地下莖合軸叢生(如麻竹)、橫走莖側出單稈散生(如孟宗竹 *Phyllostachys pubescens*)、橫走莖側出合稈叢生(如包籜矢竹 *Pseudosasa usawai*)和走出莖合稈叢生(如梨果竹屬 *Melocanna* spp.)。

2. 竹的分布與數量

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 132,607ha，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 ha，占森林覆蓋面積 8%，推估竹材的蘊藏量約有 15.8 億支。根據林務局(2015)第四次森林資源調查報告，單稈散生型竹類面積約 46,928ha，北部地區包括桃園市、新竹縣及苗栗縣主要為桂竹林。叢生狀竹類則有 85,644ha 主要在南部地區包括臺南及高雄市，主要為麻竹、荊竹及長枝竹。

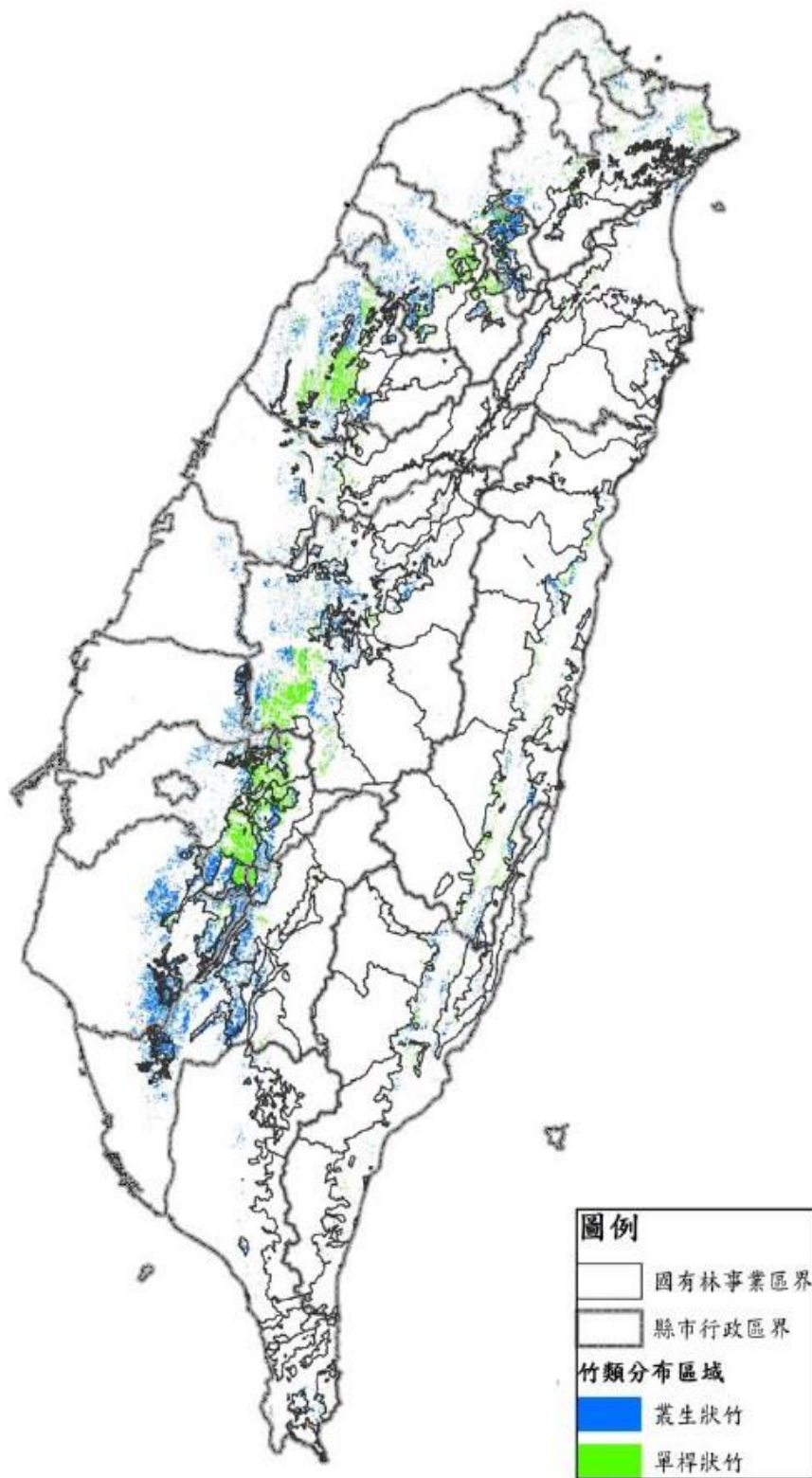


圖 1：第四次森林資源調查竹類分布圖(林務局，2015)

竹林在臺灣各縣市之分布，亦以南部居多。根據第四次森林資源調查報告(2015)，南部竹林面積：嘉義縣 25,971ha、臺南市 23,307ha、高雄市 23,584ha、屏東縣 1,518ha 合計 74,380ha(如表 2)。屏東分署轄區範圍不只有屏東縣尚包含高雄市及西部外島，而竹林分布以高雄市為主，主要在旗山、田寮、內門、杉林、美濃及甲仙等區分布相當多。

表 2：各縣市別竹林面積及竹材稈數

縣市別	竹林面積 (ha)	竹材稈數 (支)
宜蘭縣	2,203	19,001,260
新北市	11,562	99,726,916
臺北市	4,892	42,198,746
桃園縣	9,495	81,898,025
新竹縣	15,758	135,923,894
苗栗縣	18,123	156,324,919
雲林縣	4,778	41,213,554
彰化縣	1,125	9,707,394
臺中市	4,359	37,597,591
南投縣	23,952	206,596,225
嘉義縣	25,971	224,014,087
臺南市	23,307	201,037,969
高雄市	23,584	203,425,614
屏東縣	1,518	13,095,539
臺東縣	3,808	32,849,369
花蓮縣	7,813	67,391,016

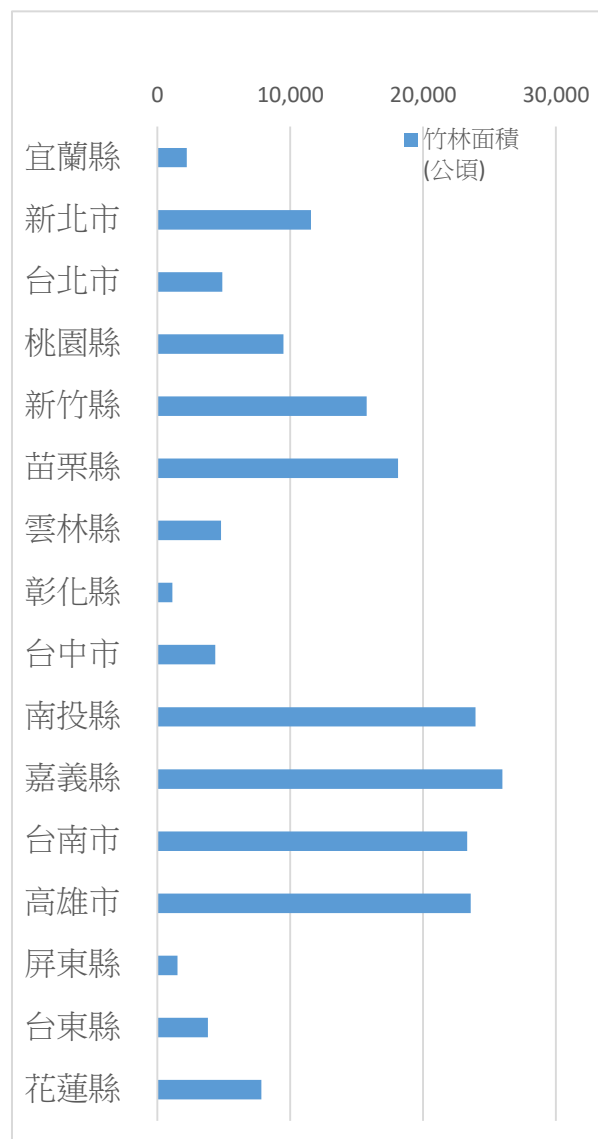


圖 2：各縣市別竹林面積及竹材稈數

資料來源：林務局第四次森林資源調查報告(2015)

3. 蔴竹的生長特性

蔴竹性耐旱、耐貧瘠，於惡劣之地形環境亦能生長，主要生長在臺灣海拔 0~500 m 之區與泥岩地區，以臺灣南部(臺南、高雄)分布較多。蔴竹竹稈可供建築材料，竹材攪碎後為紙漿製材，且可於泥岩地區立地生長，因此早期蔴竹為臺灣南部主要之經濟與造林樹種之一。而今竹製品多可為塑膠製品所取代，且蔴竹竹材採收不易，逐漸失去經濟價值；除部分仍供作木材與紙漿材料之用，目前多數蔴竹林已失去人為管理，成為荒廢竹林地(林信輝、翁書敏，2011)。

蔴竹為地下莖合軸叢生型，竹叢之間距約 10~15 m，其地下莖連接於稈之基部，屬於直立型地下莖。蔴竹根系之範圍隨地下莖的拓展向外分布，根量多且分布於覆蓋層與母岩之間，能提供邊坡穩定的能力。蔴竹根系於泥岩地區生長情形形態變化不大，根系生長範圍隨時間增大，深度可達 1~3 m，大多分布於 0~100 cm，表層(0~10 cm)為細密網狀根系，接近地表面之鬚根較細。

但因叢生的特性，蔴竹立地生長後就不會改變其生長，且具高鬱閉度及排他之特性，易造成純林化與單一化之現象。由於蔴竹母竹主要根系密度較高區域在 1~2 公尺左右，蔴竹為鬚根系植物，根群無法產生樁柱作用，而蔴竹林各叢間距離甚大，竹叢間無根群部分土體缺乏拱壁作用支撐，易受降雨逕流侵蝕產生沖蝕溝；降雨沖刷致蔴竹坡面裸露，持續的降雨將淘刷蔴竹底下之土壤，導致蔴竹林根系露出而整體滑落現象。而崩塌、滑落至坡面下方之蔴竹叢，因竹叢根域土壤不易流失，常見崩滑後，繼續於坡面下方生長與擴張。

新筍萌發時會由母竹根部向外擴張，接近母竹根部處為彎曲狀，當竹叢新筍不斷萌發生長，蔴竹根部會呈現嚴重彎曲變形，而老化母竹根系鬚根較少且分布深度淺，缺乏抗沖蝕固土之功能。蔴竹竹稈高莖根淺，又竹材採收不易較少人為利用，若遇強風吹襲易導致竹枝攔腰折斷，倒伏於道路周邊除影響交通外，若於道路排水系統將會影響其排水效益，造成二次災害問題。

蔴竹之枯枝落葉常覆滿林下，於乾旱季節時，理論上風搖之磨擦與人為之星火，易導致竹林中之火災。火災對於森林植被之組成及構造具有一定之影響力，係為生態系中的一巨大擾動(disturbance)，森林植被若受火災侵害，往往難以控制其影響範圍，且對水源涵養與水土保持有所影響。蔴竹之排他性高，林下少有其他物種入侵，蔴竹火災時火勢易於竹頭處迅速蔓延，造成大規模火災；一旦發生火災，火燒通常可持續延燒長達 4~5 天；且火燒後林相無法快速恢復，雨季時缺乏冠層減低雨滴衝擊力及截流降雨量，加快林下沖蝕溝之產生。

蔴竹林原為水土保持良好之樹種，因近來缺乏管理，多為荒廢之竹林，竹

林若未加以疏伐，老化的竹根與地下莖於土壤中形成空隙使水分無法停留，相較於一般森林土壤水源涵養能力低，荊竹因其具有對地表的覆蓋保護、土體的握裹固結及土壤化育等功能，荊竹林之林相單純且因竹葉不易腐化會大面積覆蓋於土壤表面，導致水分不易滲入至土壤。由於排他性而缺乏地被遮蔽保護，水分容易流失，於涵蓄水源、調節水量、延遲洪峰等作用上遠不及原生林。而地下莖老化將使竹林整體生產力下降，因此竹林進行疏伐時會一併挖掘出。

陳財輝(2011)亦曾於臺南市左鎮區泥岩地區調查老化荊竹林之更新情形，發現其竹叢面積越大其每叢密度越低，枯死比例越高，且胸徑及竹高亦隨竹叢面積之增加而增加。竹叢與林地面積之比例平均為 37.1%，較麻竹高，在竹稈密度可達 24,533 culm ha⁻¹。在生物量調查部分，平均竹稈生物量為 208.0 ton ha⁻¹，竹枝為 17.5 ton ha⁻¹，竹葉為 18.3 ton ha⁻¹，地上部總量為 243.8 ton ha⁻¹，其地上部生物量之累積較其他竹種高。荊竹林地下部之平均生物量為 318.7 ton ha⁻¹，總計荊竹之地上部及地下部總生物累積量為 562.5 ton ha⁻¹。

綜合前述，臺灣竹林分布以南部居多，而南部竹以叢生竹為大宗。根據葉銘哲等 (2016) 以台南市山坡地(不含國有林事業區)為範圍，整合林務局第四次全國森林資源調查及水土保持局山坡地利用調查成果，再經自行現地調查與航攝影像補充判釋，設置 94 處樣區進行林分密度與結構調查，結果顯示荊竹林平均密度為 5,700 culm ha⁻¹。而根據羅凱安(2019)在荒廢 20 年以上的國立屏東科技大學 3.7 ha 荊竹林普查，有 269 叢(竹叢基部面積 4,079m²)、5,680 支(含幼、成、老竹)，平均密度才為 1,535 culm ha⁻¹。可知目前南部荊竹林多數因荒廢多年致生產潛力減少，同時公益效能也會降低，又增加災害發生的風險，林分急需要整理更新改良。

三、叢生型竹類的收穫

(一) 叢生型竹子的生長與形態

臺灣同時具有溫帶產之單稈散生型(monopodial)竹類及熱帶產之叢生型(sympodial)二種竹類，叢生型竹子會生長成為叢狀(clumping)，如南部常見的荊竹、綠竹、麻竹及長枝竹。叢生型竹之生長的型態(如圖 3)，其是由肥短的地下莖(rhizome)上的芽(bud)，發育成為筍(shoot)，筍上交叉包裹著箨(sheath)，後長出根(root)快速發育成竹，伸長為稈(culm)，稈由許多節(node)間隔，竹節與竹節之間為節間(internode)，稈上部長出枝條(branch)及竹葉(leaf)進行光合作用。

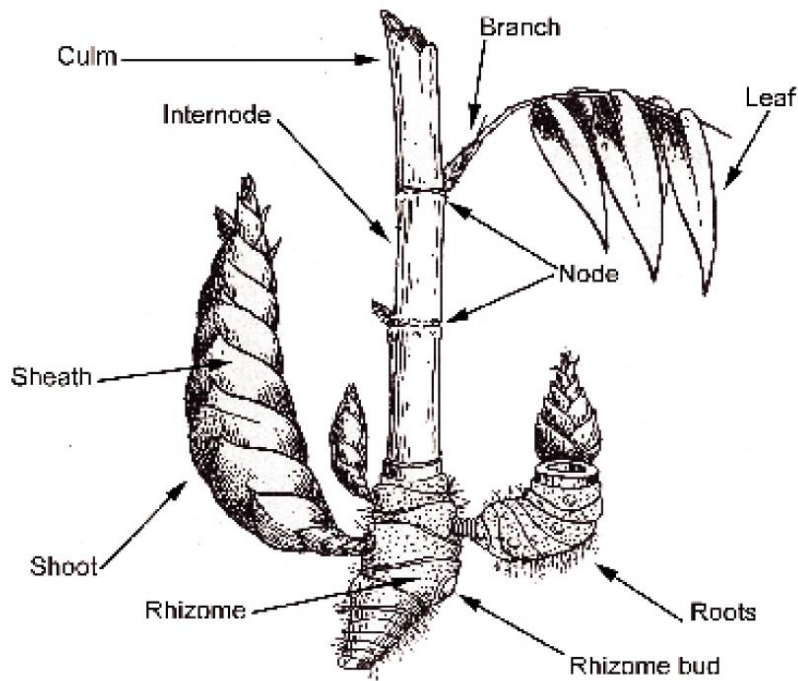


圖 3：叢生型竹之生長的型態(Kenya Forestry Research Institute, 2012)

(二) 竹秆年齡與成熟度

竹秆可用於多種用途，每個用途對強度和其他特性有其自身的要求，所以秆可以在不同的年齡收穫，用於不同的用途。例如：1年生以下的秆水分含量非常高，而且收穫後容易枯萎，2-3 年生的秆可用於工藝和墊子製作的應用或製漿，4-5年生竹秆強度最高，可應用在需要機械強度高的結構應用。而年輕的竹秆澱粉含量高，使它們暴露在收穫和使用時蛀蟲和白蟻，木質化的過程是在幼秆中也不完整，導致強度和機械性能較差特性，隨著秆的老化，澱粉含量降低，木質素含量增強，有助於提高秆的硬度。7-8年後竹秆逐漸變脆變弱，直至死亡。

竹秆的老化與薄壁組織和纖維組織的顯著化學和結構變化有關，包括水分含量降低、細胞壁增厚、全纖維素和 α -纖維素和糖的百分比降低、矽的積累以及增加或減少在某些營養離子中 (Othman, *et. al.*, 2012)。與樹木相反，竹子沒有次生分生組織，即形成層，因此它們缺乏特殊的組織來遮蔭或積累代謝殘留物。因此，竹子傳導電組織必須在不形成任何新組織的情況下運行多年(Liese, 1998)。它們在後木質部導管(metaxylem vessels)中積累代謝殘留物質，逐漸降低木質部對水和養分的傳導性以及韌皮部對同化物的傳導性，最終導致運輸系統崩潰和莖秆死亡(Liese and Weiner, 1996)。

竹齡之鑑別一般係用外觀憑經驗判別，種植或經營者可以區分幼竹和老竹。一些明顯的跡象是秆上地衣和苔蘚的數量、秆鞘竹籜的有無、節上氣生根的數量和顏色。中國浙江及有些竹林集約生產的地區會在竹秆上作竹齡之辨識記號，

另外開發中國家亦有使用回音測試法(Resonance Test)，取一段直徑6-8cm，長50-75cm的竹子，將竹子的一端放在耳朵上，將另一端放在要測試的竹秆上，再敲擊要測試的竹子，較老的竹子產生的聲音因為共振，在耳朵中持續時間更長，可以在已知年齡的竹子上進行測試，訓練耳朵聆聽共振。

由於多種原因，竹叢會變得擁擠(over-congested)，一個主要原因可能是該叢已經多年沒有工作或收穫了，竹叢擁擠將導致質量和數量的下降。一個健康的叢生竹1~4年生最好的比例，應是4:3:2:1(Rabik and Brown, 2003，如圖4)。在這種情況下，伐竹意味著是選擇性收穫(擇伐)，每年只砍伐 3-4 年生的竹子，這在工資便宜的國家或是少量數量的利用上較有可能。

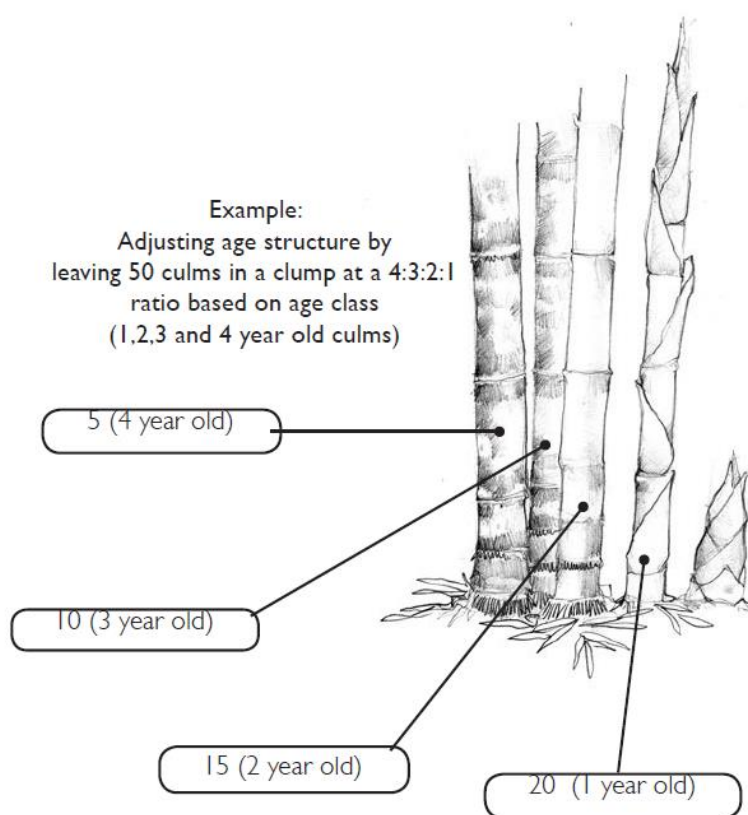


圖 4：叢生型竹之齡最適比率(Rabik and Brown, 2003)

(三) 叢生狀竹收穫模式

為進行收穫獲得竹秆利用，或是因為竹叢擁擠，為在竹叢內提供一個健康、通風的環境，在生長的第二年和第三年應進行輕度修剪，並且從第四年開始密集修剪。應該在之前完成乾季休眠期結束在竹筍出現之前，進行修剪的好月份是 12 月和1月。

而且竹子能長出很多枝條，如果不注意，會深深扎進去糾纏，因為它們使舊秆進入到叢中心中，也阻礙了新秆的自由垂直生長，如果它們被纏在一起，形成的新秆就會扭曲和轉動，超過一定階段，就會無法找回竹叢的自然結構（又

直又高的稈)。畸形的竹叢需要盡快伐採，除了這些類型的竹稈是沒有價值的，且畸形的稈使較好的稈的收穫變得困難，導致經濟損失。

因此，重要的是儘早整理竹叢並清除所有死的和畸形的稈。通風良好的竹叢才會出現健康生長的竹稈。枯死的稈不僅容易受到病原體的侵害，而且乾枯快，是一種潛在的火災危險。在低濕度和高溫條件下，在特定條件下，莖稈相互摩擦會引起「火花」會造成火災風險(臺灣因濕度高，未有相關導導)。擇伐是去除竹稈或竹筍以避免過度密集的竹叢。這可以通過去除年輕的新竹(竹筍)來完成，或者也可以選擇成熟的莖稈進行砍伐，以保持竹叢所需的密度。

在一個竹叢中，新的稈通常向外長出新稈在叢的外圍，而舊的稈留在中心，因此，竹子的收穫應該從中心而不是在叢的兩側，故有二種收穫模式：

1. 馬蹄形收穫模式(Horse-shoe System of Harvesting):該系統提供了進入竹子內部的入口叢。該系統的主要概要如下：
 - (1) 竹叢以馬蹄形或倒 V 形進入收穫，先在最密集的部分開一個開口，為馬蹄鐵的開口端，從叢中心切下，以方便未來的收穫。
 - (2) 在最初創建開口時，可能需要切割一些年輕的竹子（1-2 年生），將舊的、乾枯的、腐爛的莖稈全部摘除，僅剩1年生竹稈，使其茁壯成長稈。此外，適當數量的均勻間隔和健康的老莖也被保留。
 - (3) 馬蹄形收穫模式若有暴風雨地區，可以變型成鑰匙孔(Keyhole)式，以增加竹叢抗風能力，不易傾倒。

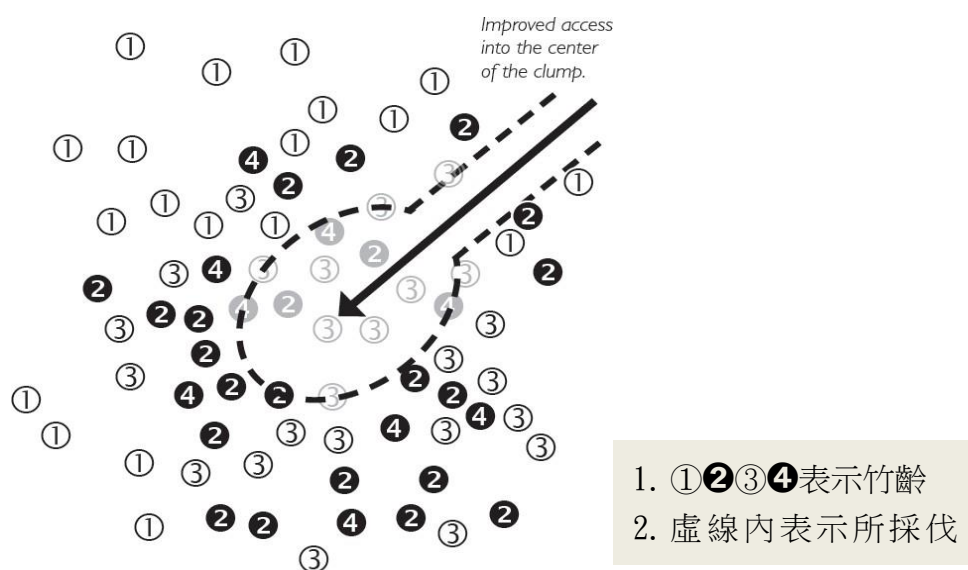


圖 5：鑰匙孔收穫模式(Rabik and Brown, 2003)

2. 通道收穫模式(Tunnel System of Harvesting)：對於過度擁擠的團塊，建議清理一條穿過團塊的收割通道，然後進行定期收割。

(1) 也可以用兩條通道穿過竹叢中心，有效地將其分為四個部分。

(2) 通道提供進入內部的通道結塊並允許輕鬆工作。

(3) 從每個部分選擇收穫足夠成熟的稈。

(4) 從叢的外圍去除虛弱和發育遲緩的，只有保留健康的。

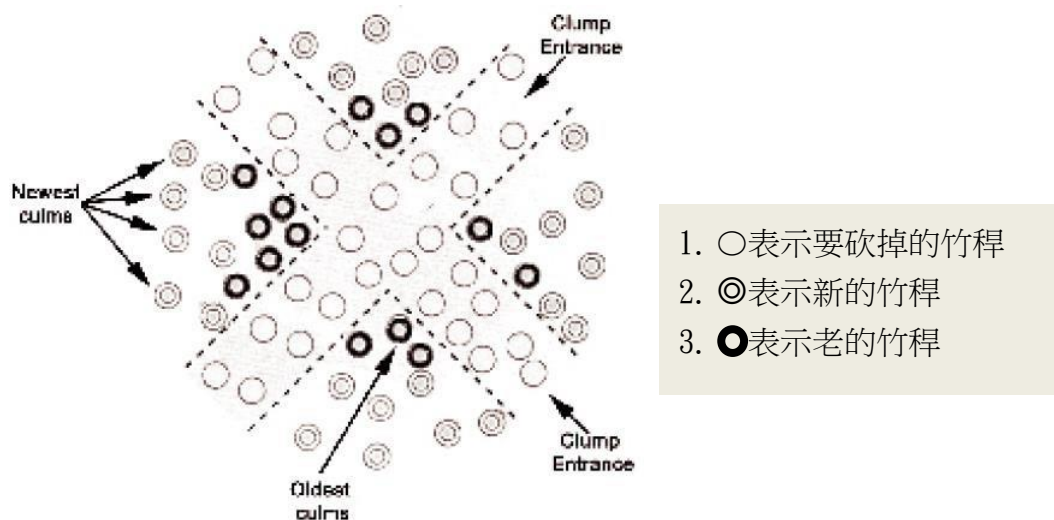


圖 6：通道收穫模式(Kenya Forestry Research Institute, 2012)

雖然這些收穫方法涉及高昂的初始成本，並可能導致去除一些成熟和未成熟的稈，它們可以防止擁擠並提供芽和稈的適當生長的空間，確保在隨後的幾年裡輕鬆工作。對於成熟的竹區，一個定期管理的叢可以保持100支以上的稈，竹叢在伐採時應遵循一些規則(Kenya Forestry Research Institute, 2012)：

(1) 不應伐採生長在叢外圍的稈。

(2) 伐採、修剪應僅限於叢中心最老的稈。

(3) 所有枯死和乾燥的稈都應該被切割和移除。

(4) 嚴重擁擠的竹叢可能無法恢復到生產狀態，應該清除。

(5) 千萬不要伐採當年和1年生的稈，除非它們彎曲並纏繞在其他稈上，或者受到疾病或昆蟲的侵擾。

(6) 保留的舊稈數不應少於當年新生的稈數。

(7) 不應挖出根狀地下莖(rhizome)。

(8) 稈應在距地面 15 至 45 cm的地方進行砍伐，但不得低於地面上方的第一個突出節。

(9) 應使用鋒利的鋸進行切割，以免竹稈基部裂開。

(10) 在生長季節(即下雨期間)，不應砍伐竹稈，伐採只能在旱季進行。

(11) 在零星或群生開花的情況下，所有已脫落種子的竹叢都應清除。

(四) 收穫後處理

竹子收穫後，會進行分段、分堆、搬運及儲放，並根據某些特性對它們進行分級。這種分級對於用正確的原料提供不同的竹產業需求非常重要。常用於評量的一些標準有(Rabik and Brown, 2003)：

1. 節間距離(Internodal distance)：通常定義在竹稈的中空區域的直徑和壁厚，兩者之間節點，即節間長度。
2. 機械性能(Mechanical property)：它是相關聯的竹子的可測量屬性兼具稈幾何和竹材特性，可代表竹稈在外加載荷或應力作用下的行為。
3. 含水量(Moisture content)：稈中的含水量非常重要特性，表示為烘箱乾重佔水組成的稈重量的百分比。
4. 物理特性(Physical properties)：描述竹子對外部影響做出反應的應力或應變等可測量特性，通常如密度、水分等。

竹稈伐採後，需要臨時竹儲存，是在竹子進入加工廠之前將其儲存起來，避免因儲存不當而失去價值的階段。儲存不當會帶來以下風險：

1. 竹子受到白蟻和粉蠹蟲的攻擊。
2. 直接放置在陽光下會導致翹曲和開裂。
3. 直接放置在雨中會導致翹曲、開裂和真菌損壞。
4. 放置在不通風的環境中會導致真菌感染。

可能改善的方法有：

1. 浸泡
 - (1) 將竹子浸泡在淡水中，有效地降低了竹子的澱粉含量。
 - (2) 將竹子切成所需的長度。六米稈通常是運輸問題的最大長度。
 - (3) 如果浸泡整根竹竿，可能需要在整個竹子的所有隔膜上打一個孔，但請先與您的購買者確認。
 - (4) 可分開浸泡，將竹子分成所需的長度。

- (5) 一定要完全淹沒竹子。用大石頭或乾淨的、裝滿水或沙子的回收油桶壓重竹子。
- (6) 您可以將竹子浸入流水或積水中，以便臨時存放。鹽水或微鹹水也可以，可能會引入幾種海洋鹽和離子，它們可以保護竹子，但海洋蛀蟲可能會開始蛀蝕竹子。

2. 煙熏

- (1) 用竹子搭建一個平台，很像一張桌子，離地面 75 cm到 1m。
- (2) 堆竹（劈開或整株竹子到平台上）。
- (3) 用防水油布或編織竹片蓋住竹子。
- (4) 開小火，竹下小火，繼續熏2天。使用濕木柴有助於煙熏/悶燒。
- (5) 煙熏兩天後，火最多5 天可以熄滅。竹子儲存的每個星期，火應該被點燃大約兩天，直到竹子被運輸出售。
- (6) 小心保持低火，尤其是在旱季。不要讓火無人看管。
- (7) 煙熏可能會改變竹子的外觀顏色，並會在一些竹子上塗上一層焦油，這可能需要在銷售前清潔。
- (8) 正在開發改進的煙熏方法，可以將竹子保存更長時間，但還沒有方法可以廣泛使用。

(五) 叢生狀竹引進機械化作業之優點

國家發展委員會推估臺灣生育率逐年降低(2021 年粗出生率 6.9‰，1970 年為 27.2‰)，人口結構上 2013 年之後青壯年(15-64 歲)人口即逐漸減少，2021 年老齡化(65 歲以上)人口已占 16.8%(如圖 7)。由當前竹林收穫之人力減少及老齡化可茲印證，未來鄉村、山村地區的年青人口外流更為嚴重，與農產品不同，林產品通常是具有相當重量的材料，年長者力氣有限，而年青人沒有相關營林經驗，無論是繼承林地或從事林業工作事業，沒有相關重機具的協助，只有閒置放棄收穫或轉行一途。

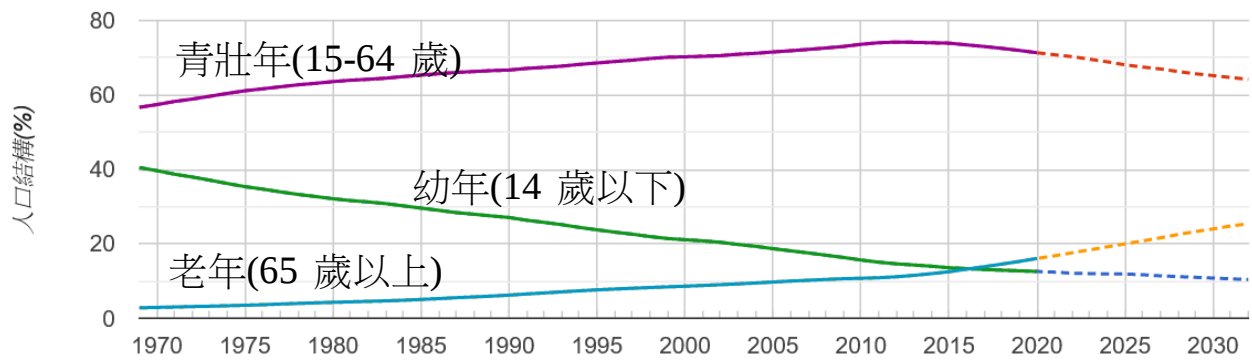


圖 7：臺灣 1970~2030 年三階段年齡人口結構比率(國家發展委員會推估)

另外由國外經驗可知，適當的機械化有利於作業人員安全及效率提升，Axelsson (2013) 分析瑞典在1960年代時的林木收穫效率僅有 $2.3 \text{ m}^3/\text{人日}$ ，但在機械化不斷地發展之後，1980年代小型間伐作業機械的推動，1990年提升到 $12.5 \text{ m}^3/\text{人日}$ (如圖8)。雖然就業人口只剩10%，但由於個人安全護具以及高性能作業機械的改良，林木收穫作業的百萬人時意外率也由90降至35(如圖9)。

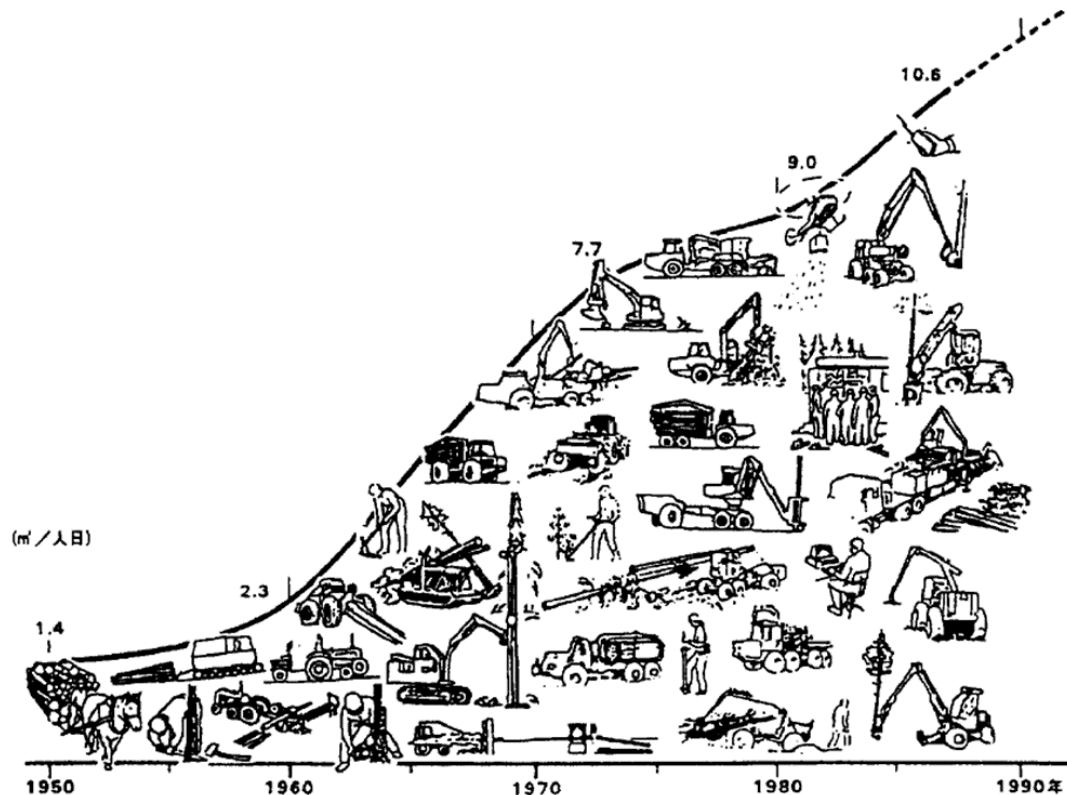


圖 8：瑞典 1950~1990 年林木收穫效能提升趨勢(Axelsson, 2013)



圖 9：瑞典 1957~1995 年林木收穫作業的百萬人時意外率(Axelsson, 2013)

四、 竹林經營、收穫相關法規

(一) 木、竹收穫法規

臺灣除了經濟因素以及輿論的壓力之外，主要是由於目前社會對木材收穫或林木砍伐的影響相當緊張且負面，林主在營林生產上，需面對許多森林領域以外重要的相關法規，其均對林木之伐採有嚴格的限制與規範(如表 3)，例如：原住民族保留地禁伐補償、環境影響評估法之皆伐面積上限、林業勞工安全、伐採限制、水保與作業道路申請、林業設施規範等。森林所有人或承包業者，在森林採伐與收穫作業前，需瞭解相關法令規定。

表 3：臺灣森林採伐與收穫相關法規

法規名稱	主要規範事項
森林法	森林主要法規
森林法施行細則	森林主要法規
林產物伐採查驗規則	森林主要法規
國有林林產物處分規則	森林主要法規
國有人工林疏伐作業規範	森林主要作業規定
行政院農業委員會辦理國有林林產物處分作業要點	森林主要作業規定
國有林事業區出租造林地管理要點	租地主間伐申請及分收規定
公私有林經營及輔導作業規範	公、私有林經營管理輔導及補助措施
臺灣木材標章使用管理規範	國產材相關驗證標章之申請及使用
臺灣林產品生產追溯管理作業規範	追溯條碼之申請、審查、發放及管理
森林登記規則	林地及竹木登記
原住民族依生活慣俗採取森林產物規則	國有林及公有林內原住民族依生活慣俗採取森林產物
原住民保留地禁伐補償及造林回饋條例	原住民保留地禁伐補償與造林獎勵
開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準	皆伐面積上限
職業安全衛生法	勞工安全
重體力勞動作業勞工保護措施標準	勞工安全
林場安全衛生設施規則	伐採作業之安全規定
保安林經營準則	伐採限制
森林遊樂區設置管理辦法	伐採限制
文化資產保存法	伐採限制
野生動物保育法	伐採限制
風景特定區管理規則	伐採許可
水土保持法	山坡地範圍、開挖申請、水土保持規範
水土保持法施行細則	山坡地範圍、開挖申請、水土保持規範
水土保持計畫審核監督辦法	作業道路、開挖申請、水土保持設施及計畫

(二) 竹林收穫規劃及申請流程

依據國立屏東科技大學森林政策與法規研究室(2020)依目前的申請程序所擬訂之流程如下：

1. 伐採申請

(1) 依送林業保育署各分署核准之森林經營計畫書，或由承租人或委託合作社、林業技師或學術單位，調查林地內達伐期及可進行收穫之區域、面積及支數，並將調查資料作為伐採申請之基礎資料，依規定向林地主管機關提出申請。

(2) 向竹林所在地工作站提出伐採申請

A. 填寫國有林租地造林主伐申請書，向工作站申請伐採許可，並檢附契約書、竹林伐採位置圖、復舊造林計畫書(若是疏(間)伐申請不需復舊造林計畫書)。

B. 會同工作站至林班地內標記欲伐採之竹林及計算竹林價金。

C. 需開闢作業道時，應填寫切結書並檢附簡易水土保持申請書。

D. 於開工前向主管機關提出國有林產物採取開工報告書申請開工。

(3) 於伐採作業前後，進行林地之環境評估調查及社會評估調查。

A. 承租人或委託合作社、林業技師或學術單位，應用自製環境影響評估調查表於伐採預定區域進行環境評估，瞭解該作業區域之環境狀態。

B. 承租人或委託合作社、林業技師或學術單位，以自製社會影響評估調查表對林地作業區域周邊社區代表或居民代表進行訪談，告知其作業時間及作業方式，並瞭解森林經營作業可能對該社區或居民所造成之衝擊。

C. 對外包之森林作業工人進行訪談，瞭解外包商是否依契約給於工人應有之福利及進行森林作業之安全教育。

D. 以評估結果作為森林作業方式之依據，確保伐採作業過程中降低對環境及社會所造成之負面衝擊。

2. 伐竹作業

(1) 伐竹設備及安全裝備

A. 伐竹作業所採用之設備包括「鏈鋸」、「手鋸」及「板斧」，必要時採用重機械「挖掘機」及「伐木夾具」協助伐木作業。

B. 伐竹作業進行時，現地工作人員須配戴「安全帽」、「手套」、「安全鞋」、「工作服」、「工作褲」。

C. 重機械操作人員可視情況戴「防蟲帽」，佩帶「手持無線電」或「耳罩」；

一般安全帽

專業安全帽
(含耳罩、面罩)

耳罩

護目鏡

鏈鋸

反光背心

防滑手套

砍刀

防割褲

安全鞋



(2) 採伐之目標竹叢

- A. 主伐作業為許可伐採區域內之林木(依環境影響評估法皆伐面積需小於 5 ha)。
- B. 間伐作業為會同主管單位進行每木調查時，於樹幹上打印(標記)之竹叢。
- C. 嚴禁採伐未作記號或伐採區域外之林木。

A. 可以舊有作業道為主，注意在作業道適合距離作橫向排水之設計。如須新開作業道，路寬 2.5m 內、挖填方 2,000 m³ 內，可申請簡易水保；如超過，須做水土保持計畫。

B. 重機具避開陡坡(<30°)、流水經過、有水土流失風險、保育動植物之棲息或生長區域。陡坡區若要伐採可以人工及小型機具方式進行。

A. 清雜：可配合作業道、防火線之開設進行整理，用機械清理竹林基部

枝條及雜物，以便於伐採。採人力伐採時竹叢基部枝條可用長柄(3.5 m)刈刀，與枝條呈 45 度角由下向下拉去枝；採機械伐採時，可用機械挖斗或夾具清雜。

- B. 伐竹：採人力伐採時，於距地面 30 cm 之竹基部鋸切引導角(竹倒的那一面)，先由上往下斜切(45 度角)至竹直徑約 2/3~3/4 深度，再由第一切口對面，由上往下斜切(45 度角)與第一切口接齊；採機械伐採則可直接截斷後拉出。
- C. 拉出及去枝造材：叢狀竹伐倒後常與其他立竹枝條交錯，採機械伐採可直接以夾具拉出，採人力伐採時可以人力、長柄刈刀或電動絞盤輔助拉出伐竹。一旦拉出伐竹即可將竹稈基部切齊，用刀或鏈鋸進行進行去枝，並於等距處(視運材車輛車斗尺寸與買方需求而定)截斷(可就地裁切所需長度之細竹竿作為粗估量尺)，完成造材作業。
- D. 堆放及竹破碎：將造材好的竹稈集合堆放成堆，而將無商業用途之未成熟、過彎或竹梢及枝條等統一整齊放置空曠地或是堆疊於造林整地之行距間(草間帶)作為天然有機質肥料；或是可搭配破碎機及太空包作為竹屑出售。

3. 集材、運輸作業

(1) 集材、運輸設備及安全裝備

- A. 集材時依現地狀況使用「挖掘機」或架設「索道」及「集材機」。
- B. 運輸時使用「貨車」將林木運送至儲存場所。
- C. 集材作業進行時，現地工作人員須穿著「安全鞋」、「工作服」、「工作褲」及配戴「安全帽」、「手套」。
- D. 使用鏈鋸者需額外配帶「面罩」、「耳罩」及「防割褲」。
- E. 竹材運輸人員須穿著「安全鞋」、「工作服」及「工作褲」，於作業現場時則需配戴「安全帽」。
- F. 重機械操作人員可視情況戴「防蟲帽」，佩帶「手持無線電」或「耳罩」。

(2) 集材作業

- A. 在集材作業進行前，先行檢視伐倒竹的長度，若有過長者，則就地以鏈鋸裁切成適宜長度，以利集材作業進行。
- B. 在確定集材區域後，工作人員依現地情況規劃最佳集材路線，將其他生立竹叢及地被破壞降至最低。
- C. 若需架設索道，需對作為集材柱進行保護，避免樹皮、樹幹受到鋼索損害，降低經濟價值。

- D. 必要時，需對集材道進行保護，避免造成林地的水土流失。
- E. 在不須架設索道或無法架設索道之地區，採用怪手等機械進行集材作業。
- F. 集材過程中，應避免搬運或拖行中的竹木與其他生立木發生碰撞而降低木竹品質。
- G. 將集中之竹材利用人力或重機具夾具分別整齊堆放於臨時集材場，完成集材作業，等待運輸。
- H. 承租人或委託合作社依 FSC 之林產物監管程序、林產物出入庫控管程序、竹木入庫紀錄中詳細記載資訊。

(3) 林產物放行及運輸作業。

- A. 承租人或委託合作社於集材至一定數量後，需告知承包商林產物放行運出時間，並提早三個工作日填寫國有林產物放行查驗申請單及用印申請單完成後，向所在地林業及自然保育署工作站申請國有林產物放行。
- B. 伐竹承包商須將林產物(竹材、木屑太空包等)裁切堆疊好並放置於預定土場內，讓所在地林業及自然保育署工作站人員進行放行打印查驗。
- C. 打印完畢後將採運許可證背面給工作站人員登載紀錄查驗日期、樹種、材種、支數、材積、放行印號碼、查驗人員簽章、放行完後即可進行出售、運材作業。
- D. 伐竹承包商將核可已打印放行之木材於 3 個工作天運出林地，並由承租人或委託合作社於竹木出庫紀錄中詳細填寫。

4. 伐木跡地檢查

申請伐採作業完成後，填寫伐木跡地檢查申請書及蓋用印申請單向所在地林業及自然保育署工作站申請伐木跡地檢查，分署將派人員前往造林地進行伐木跡地檢查，並確認有打印之界木是否存在。

(三) 收穫作業技術作業準則

依據國立屏東科技大學森林政策與法規研究室(2020)所擬訂之臺灣南部叢生竹採伐作業準則如下：

1. 目的

建立租地造林者(竹林所有人)竹林經營者於屏東分署生產竹材作業之完整機制，確保所生產之竹材皆符合國家法規及 FSC FM 標準之要求，並提供完善

作業規範以降低工安事件發生率及維持林產品之最高品質，降低對自然環境與社區之影響，達到永續森林經營管理之目的。

2. 範圍

屏東分署轄內租地造林之所有竹林生產作業，包括竹林地之伐採申請、伐採、集材及運輸作業。

3. 權責

(1) 竹林所有人

- A. 確定預定伐採之區域、面積及竹支數，並向當地林業及自然保育署工作站提出伐採申請。
- B. 協助林業及自然保育署工作站之林地調查與界木標定或打印等相關作業。
- C. 向林業及自然保育署繳納林產物政府分收價金。
- D. 辦理伐採外包作業，並與承包單位簽訂符合 FSC 標準要求及國家法規之契約書。
- E. 依林業主管機關核發之「國有林地出租造林採運許可證」，依法進行伐採作業。
- F. 若有涉及開挖整地水土保持事項需申請，需備妥林產物採運許可向主管機關(縣市政府)申請簡易水保計畫。
- G. 監管伐採後原木的運送及儲存。
- H. 於伐採作業前後，進行林地之環境評估調查及社會評估調查。

(2) 林業保育署各分署(為租地造林伐採申請主管機關)

- A. 分署當地工作站接受承租人提出伐採申請後，工作站承辦人員邀約申請人到現場勘查，設置界木、繪製採伐位置圖。
- B. 分署向林業及自然保育署申請將此林班增加納入年度全國採伐計畫。
- C. 工作站出圖「竹林採伐位置圖」予伐採申請人，若有簡易水保申請亦需要此圖。
- D. 計算林產物政府分收價金，請承租人繳納後，由分署核發國有林產物採運許可證。
- E. 若採運期限內未能完成，承租人提出展期申請，工作站層報分署准否。
- F. 承租人完成採運完工向工作站提出報驗，由分署派員進行採伐跡地檢查。完成後發文告知跡地檢查結果，並要求須按復育計畫造林，若完

成則採運完工。

(3) 縣市政府(為公私有林伐採申請主管機關。另伐採過程若有涉及開挖整地水土保持事項亦需向縣市政府水保單位申請，且簡易水保之申請面積宜小於 2 公頃)

- A. 需備妥林產物採運許可向縣市政府申請簡易水保計畫。
- B. 水土保持相關科室派員現場會勘，提出建議及結論。
- C. 承租人申報開工，水土保持相關科室派員施工檢查。
- D. 若水保工事項在期限未能完成，承租人提出展期申請，由縣市政府准否。
- E. 承租人完工後申報完工，縣市政府相關科室派員實施完工檢查。

租地造林主伐申請書

採伐申請人			
地 址			
承租地點	高雄縣內門區	申請主伐地點	高雄縣內門區
承租面積	11.5715 公頃	造林樹種	刺竹
採伐面積	2.9815 公頃	造林樹齡	8 年
採伐樹種	刺竹	採伐樹齡	8 年
採伐數量	32.97 立方公尺	採伐材種	
採伐時間	99 年 3 月 1 日	採伐方式	皆伐

此致
屏東縣區管理處 麟山工作站

申請人：[簽名]
住址：[地址]
電話：[電話]

中華民國 一〇 九 年 一 月 十 三 日

國有林產物採運許可證 (109) 屏林區內門區

茲許可：
依照下列各項規定採運

採伐地點	高雄縣內門區東勢埔段1113、1114地號		
採伐方法及面積	皆伐、1.76公頃		
採伐樹種	採伐株數	處分材種	應產制體材種
刺竹	2880	2880	2880
合計	2880	2880	2880
以下空白			
採運起訖日期	自民國109年4月27日至109年6月26日止 計2個月		
查驗執行指定地點	現場土場。		
林產物政府分發價金	新臺幣貳仟柒佰貳拾貳元整。		
備 註	請確依據國有林產物處分規則、林產物採運檢驗規則、水土保持法等相關規定辦理。		

此給採運申請人
發證機關：行政院農業委員會林務局屏東縣區管理處
中華民國 109 年 3 月 25 日

處長張偉顯



圖 11：採伐申請文件

五、屏東分署前二年(110 年至 111 年)相關計畫執行成果

整理屏東分署前二年(110 年至 111 年)相關計畫執行成果，主要為「屏東林管處轄區竹林生產合作組織輔導與產業鏈推動計畫」執行期間：110 年 06 月 26 日至 111 年 12 月 31 日(計畫編號：Po110BM)，重要執行成果如下：

(一) 竹林合作組織輔導與培力部分：

已完成 110 年 6 月至 111 年 10 月之竹林合作組織輔導與培力共計 18 場/次之輔導。劇本次輔導經驗可推論現今竹林經營能力培力可由幾大項著手，包含：資源調查、經營與管理規劃、竹材市場與通路、收穫規劃、伐採申請、水保申請、收穫機具與實務、員工安全管理。

(二) 竹林經營、收穫人才教育訓練部分：

已於 110 年度 12 月 2 日至 12 月 3 日以「竹產品開發利用」、「竹林伐採作業技術」二個主題完成二場次(二日型)之教育訓練。與會人數部分，第一日 33 人、第二日 66 人，兩日共完成 99 人次，第一日「竹產品開發利用」課程含屏東分署作業課、工作站技術士、護管員共 17 人(52%)，林業從業人員 9 人(27%)；第二日「竹林伐採作業技術」課程含屏東分署作業課、工作站技術士、護管員共 18 人(27%)、林業從業人員與竹相關產業經營人員 18 人(27%)，相關在學科系學生 15 人(23%)。111 年 3 月 25 日因應合作社社員經營訓練與相關竹林經營人員研習需求，辦理針對屏東分署轄區內林業生產合作社社員，與林業從業人員之研習一場次。與會人數共 51 人，其中包含林業生產合作社 9 人(18%)、竹林經營、林業從業人員 16 人(31%)、工研院、林業保育署與屏東縣政府、學校單位等相關機關團體 26 人(51%)。

(三) 分析現有竹林產業鏈部份：

1. 竹相關產品進口及出口統計：依近十年統計發現，除了竹食品(主要係生鮮竹筍及其加工品)出口大於進口外，在整體的進口金額與重量上，竹進口均大於出口，顯見臺灣在竹產品需求上為入超，且進口以原材料為主。
2. 國內竹產業的問卷調查分析：依經濟部統計處統計資料可知全台目前營業項目登記有包涵「竹」字者之商號，共有 378 家。並合併以滾雪球的調查方式擴大進行拜訪調查，逐一進行電話訪問最後共得到有效問卷 384 家。已訪談商號 38 家(10%)，拒訪對象 87 家(23%)，無販售竹製品 183 家(48%)，空號、難以連絡、停業家數共 74 家(19%)。於其他類別之 2 家(1%；臺灣菸酒股份有限公司嘉義酒廠，用竹葉未用竹材。公司名

稱不同，但電話號碼相同。)

3. 已受訪之 38 家，成立的年數平均約 40 年，最長壽之商家為民國前 4 年開始營業，傳承四代，至今已營業超過百年。20 年以上有 32 家(占 88%)，3 家營業時間 20 年以內 10 年以上(8%)，10 年內成立 3 家(8%)，依地點歸類可知無臺灣東部商號受訪，且大多集中在中南部鄉鎮區，以有傳統歷史的廠商居多。
4. 資本額以萬為單位，平均為 774.75 萬。資本超過 700 萬之商家 7 家，佔 18%、100 萬以上 700 萬以下有 15 家，佔比 39%、100 萬以下 1 萬以上 8 家，佔 21%、1 萬以下者 8 家，佔 21%。
5. 受訪商家使用國產竹之比例部份，22 家(58%)受訪商家為全數採用。9 家(24%)完全使用進口竹材或國產竹與進口竹佔各半。
6. 綜合分析後發現，目前國內竹產業有基本之需求，也有出口的優勢，然因國外進口便宜，國內採伐成本高，造成竹林未能好好撫育管理。
7. 竹產業加工技術發展上，本研究推測目前竹產業鏈三個重要斷鏈之處為 (1)竹的高價值新應用、(2)降低收穫技術的研發、(3)收穫法規的鬆綁。

(四) 研發具市場潛力的竹產品方面：

考量永茂合作社經營之竹林多年未整理，除高價的竹稈之外，建議將竹屑材料提供高價農業或花卉之種植介質，取代水草；亦可膠合成蘭花栽培介質板，取代蛇木。目前已完成栽培介質壓合成型，並為了與市售蛇木栽培介質標準品作性質上比較，將黃金石斛蘭等綠植上板作栽培試驗。

(五) 估算屏東分署轄區竹資源可使用(適合經營、收穫)限度部分：

1. 竹林造林總面積會因解除林班、道路拓寬等土木工程、天災等原因減少，故目前各事業區之現存造林總面積略有減少。而旗山事業區造林總面積最多，約有 11,183ha，次之為潮州事業區，約 10,279ha，荖濃溪、恆春及屏東事業區分別約 8,412、8,136 及 4,699ha。
2. 竹類造林的部分，旗山事業區於民國 50 至 82 年均有進行竹類造林，進行了 272 次。屏東與潮州事業區的竹類造林較少，且造林年度均集中於民國 53 至 54 年，分別有 6 及 11 次。恆春事業區僅在民國 53 年有進行過 1 次竹類造林。
3. 旗山事業區轄下以蔴竹的造林次數最多，有 190 次，造林面積平均 5.27ha，造林總面積迄今為 1,061.99ha。竹木混淆林的造林次數與面積次之，61 次造林紀錄，平均 12.59ha，現存造林面積 758.97ha。蔴竹與蔴竹共同造林次數 14 次，造林面積平均 2.8ha，造林總面積 39.14ha。蔴竹與長

枝竹共同造林的次數 1 次，造林面積現今 2.02ha。長枝竹 2 次造總面積 8.05ha；桂竹 2 次造林面積現今 0.64ha；蘆竹 2 次造林面積總計 39.9ha。

4. GIS 空間分析部分：

- (1) 屏東分署轄區竹林總覆蓋為：11,905.58ha，純竹林 6,448.48ha，竹針闊混淆林 4.79ha，竹闊混淆林 5,542.31ha。純竹林絕大部份分布於旗山事業區，該事業區之竹林面積達 6,111.41ha，佔該處純竹林總面積的 95%。故竹林經營應以旗山事業區為主，其他事業區為輔。
- (2) 將竹林覆蓋林型以「純竹林」與「竹針闊混淆林」「竹闊混淆林」分類後，純竹林佔 6,448.48ha，主要竹種為麻竹，其次為籐竹。竹針闊混淆林 4.79ha，竹闊混淆林 5,542.31ha。
- (3) 據統計屏東分署轄區之竹林之總蓄積量約為 25,232,900 支 ($3,913(\text{支/ha}) \times 6,448.48\text{ha}$)。竹林林分之平均胸徑為：9.7 公分。林分平均高度為：16.6 公尺。竹單位面積蓄積量在 95%，信賴水準下之信賴區間為： $3,913(\text{支/ha}) \pm 3,542(\text{支/ha})$ 。

5. 以路網為基礎之 GIS 環域分析部分：

- (1) 計畫採用交通部運輸研究所出版之路網圖電子資料，設定離路 0 公尺(即路網穿過林分)、100 公尺、300 公尺、500 公尺等四種條件之線圖徵環域。
- (2) 純竹林部分路網穿越之林分面積為 2,375ha，約佔 37%；離路 100 公尺範圍內之林分面積為 4,437ha，約佔 69%；離路 300 公尺範圍內之林分面積為 5,306ha，約佔 82%；離路 500 公尺範圍內之林分面積為 5,735ha，約佔 89%。
- (3) 竹木混淆林部分路網穿越之林分面積為 1,997ha，約佔 37%；離路 100 公尺範圍內之林分面積為 3,458ha，約佔 63%；離路 300 公尺範圍內之林分面積為 4,366ha，約佔 80%；離路 500 公尺範圍內之林分面積為 4,743ha，約佔 87%。考慮到竹木比例、更新作業法，伐集作業成本顯然高於純竹林甚多。
- (4) 以離路 0 公尺、100 公尺、300 公尺、及 500 公尺之不同方案來模擬林分之易達性。離路 500 公尺和 300 公尺與離路 100 公尺至 300 公尺部分面積擴增效益有限。故建議伐採列區之規劃應以離路 100 公尺內為主，其涵蓋之林分即可高達 69%。
- (5) 屏東分署 388 個林班中，僅 26 個林班符合離路 100 公尺範圍內且純竹林覆蓋 50ha 以上之條件，其中旗山事業區佔此 25 個林班，潮州

事業區 1 個林班，竹林之收穫更新經營計畫可考慮以這 26 個林班為作業起點，伐採列區由淺入深，漸近式完成更新計畫。

(六) 對於臺灣竹產業當前問題，提出可能輔導策略有：

1. 友善作業模式研發、收穫申核程序簡化。
2. 以合作化、機械化降低成本。
3. 辦理教育訓練、職業訓練增加產業人力與素質。
4. 進行資源盤點並擬訂經營計畫以解決備貨久與供貨不穩問題。
5. 用多元方式行銷並將竹產品創新化，以應對消費形象不好與產品易被其他材質商品取代問題。
6. 增加碳(權)足跡、竹林經營與產品驗證等補足缺乏利基產品之弱勢。

參、研究方法

一、工作項目及內容

依據本計畫之採購需求分別有以下幾項工作內容：

(一) 輔導與訓練屏東分署轄區竹林經營人才、組織或企業

本項目有二個部分的工作需要進行，一是竹林生產合作社輔導，另一是竹林經營、收穫及利用人才的訓練：

1. 竹林合作組織輔導與培力：由於區內永茂林業生產合作社是 2020 年成立以竹林經營為主的合作組織，因此，在竹林生產者輔導方面將以永茂林業生產合作社為主要輔導對象，每月至少進行 1 次與合作社核心經營人員針對合作社面臨困難(如竹林伐採技術、作業道申請、竹林生態體驗、竹生物炭市場等)與解決方案之討論。在加工製造商及運銷方面，將會由產業鏈調查中發掘出可以合作的對象，進行產業鏈的接續或延伸。
2. 竹林經營、收穫人才教育訓練：由於鄉村人口的減少與老化，未來竹林經營、收穫及利用的專業技術，將會依竹林作業技術規範，以及訪談或訪問過程中所獲知目前竹林產業所欠缺的知識與技術，再安排合適師資與課程，預計以「竹林伐採作業技術」以及「高性能作業機械研習」二個主題進行二場次之教育訓練。

(二) 規劃蔴竹收穫技術與作業規範

藉由收集相關文獻、專家學者訪談以及目前有收穫施業之竹林現場勘查訪問，瞭解蔴竹收穫技術及作業之初步方案，再藉由產官學之會議討論蔴竹皆伐及擇伐作業之具體建議。如前所述有幾個作業項目需要討論：

1. 伐採計畫作業
2. 伐竹設備與工具
3. 個人安全裝備
4. 作業道開設
5. 竹叢整理
6. 人工伐採/造材
7. 高性能機械協作
8. 集材分堆

9. 裝載搬運

10. 測計及查驗放行

(三) 設計蔴竹收穫實作技術訓練課程

經由上述之技術專家訪談以及不同工作別之職能基準，進行課程設計，並找尋適當的理論與實務師資，設計成訓練課程。主要課程預計會涵蓋以下主題：

1. 竹林經營與收穫流程與技術
2. 竹林伐採與水土保持申請
3. 伐竹安全與個人裝備
4. 人工伐竹技術
5. 高性能林業機械介紹與操作
6. 綜合現地演練

(四) 規劃蔴竹收穫實作技術示範

由於蔴竹收穫訓練需要實作場域作為練習，將選擇以合作社成員之合法申請竹林或在本校南方竹林進行，故會先進行選址項目評估，再搭配訓練課程，進行實作技術示範，而該場地也可以作為實驗場域，瞭解不同經營作業下之蔴竹生長，俾使蔴竹收穫各種技術與作業規範更具有可驗證性。

(五) 辦理竹林經營相關教育訓練

主要對象以竹林合作社、伐竹業商、以及加工業者，儘量在非下雨天氣時辦理二場次竹林經營相關教育訓練，充實竹林經營與收穫之基礎及實用課程。

(六) 培育蔴竹收穫專業人才

會鼓勵合作社、伐竹業商、以及加工業者培養自屬工班，或長期配合之作業工或專業技術員參加，目標以培育蔴竹收穫專業人才 4 位以上。

(七) 研發具市場潛力的蔴竹產品

雖然創新竹產品的種類很多，經過團隊討論，本研究希望開發以蔴竹屑為材料，製作成火鶴及文心蘭花栽培介質，取代傳統椰塊、水苔或蛇木，目前這些材料都有使用量及價格高漲問題，同時探詢各式樣之竹子產品加工廠，評估所產生之竹屑餘料進行資源再利用可能性，達到全竹利用的目標，促使竹材每一段應用的取得成本降低。

蘭花產業為政府卓越農業發展重要藍圖，臺灣蝴蝶蘭產業，年外銷產值約 20 億元，臺灣之蘭花產業，主要是以蘭苗育種出口為主，育種為臺灣卓越農業之核心能力，利用臺灣多元化之氣候條件，鎖定精緻農業產品的多樣化種苗培育，邁向產業鏈之上游。而原產於熱帶美洲雨林的火鶴花，已經成為僅次於蘭花的最重要熱帶花卉，在臺灣年產值高達兩億元，尤其高雄內門惡地種出火鶴花更被視為外銷奇蹟，並成為外銷主力的高經濟作物，出口以日本居多，還有澳門、香港、新加坡、美國等地的外銷訂單。

水苔為苔蘚類植物，其單層細胞狹小且成網狀，因此具有相當良好的保水及保肥特性，但隨栽培時間增加，會有分解酸化及腐化問題，細菌孳生影響生長(高鈺豐，2009)。而椰塊是由椰子殼的外層纖維切塊，因有豐富的纖維層，保水性通氣性極佳。但是因為在進口國若以海水洗滌，會有塩分過高需要泡水洗淨的麻煩，以免影響植栽生長的問題。而蛇木則因筆筒樹大量得病及保育原因，而減少使用。因此，將竹破碎後的資材，除了擁有通氣保水之特性外，也較抗腐化及酸化，有條件可以成為良好蘭花栽培介質。

臺灣氣候環境優渥，因此竹子的產量極大，四年可以作一次的收成，且竹材本身為多孔纖維，具備良好之通氣與保水特性，因此若能將竹材做適當處理，應用於大產量高經濟價值之蘭花栽培介質上，除可使臺灣蘭花栽培成本降低，更可增加竹材之多元應用價值，提升竹產業之經濟價值。

本年度將進行試驗比較竹屑取代椰塊及水苔等材料之可行性，主要瞭解植栽生長之外，也會進行竹屑介質的物理及化學性檢測：

1. 物理性質

- (1) 保水力：為介質是否能含有水分，提供栽培作物之生長，即澆水後介質所含有的水量佔容器容積之百分比。低保水力之介質，水分易不足，植物生長易受抑制，而保水力高之介質，其保肥力亦較高，植物生長較佳。
- (2) 充氣孔隙度：即通氣性，即澆水後介質所含有的空氣量佔容器容積之百分比。通氣性與保水力為彼此相關，通氣性高，通常保水力差。

- (3) 總體密度：栽培介質填滿栽培容器時之重量，除以栽培容器之體積。總體密度低時，代表介質輕，固相成分較少，孔隙較多，易保水通氣，易於運送，有利成本降低。

2. 化學性質

- (1) 酸鹼性：不同作物，對於生長環境之需求亦不同，其中栽培介質酸鹼性，為一重要環境因子，也就是介質之 pH 值，栽培介質之 pH 值，會影響介質之微量元素之可溶性(Kang and Van Iersel, 2004)，一般植物栽培介質理想 pH 值範圍為 5.6 至 6.2 之間。
- (2) 電導度：栽培介質中所含的鹽類濃度之高低，可由電導度之量測得知。介質之電導度值越高，表示所含有營養要素之濃度越高，因此藉由電導度量測，可以定義出最佳的介質鹽類濃度，太高太低都不利於植物生長。

(八) 其他有利本工作推動之建議

竹產品的開發利用上，將會增加以荊竹葉進行觀賞魚多醣功能性飼料研發、以及作為飼養雞隻之墊敷料的可行性。

二、執行進度及檢核項目

(一) 執行進度規劃

本計畫自 112 年 5 月 10 日起至 112 年 12 月 15 日止，主要工作事項如以下 Gannt 圖所示。

項次	工作項目	112 年							
		5	6	7	8	9	10	11	12
1	文獻收集與回顧	■							
2	竹林合作組織輔導與培力	■	■	■	■	■	■	■	■
3	竹林經營、收穫人才教育訓練	■	■			■	■	■	
4	規劃蒴竹收穫技術與作業規範	■	■	■	■	■			
5	設計蒴竹收穫實作技術訓練課程	■	■			■	■		
7	辦理竹林經營相關教育訓練		■				■	■	
6	規劃蒴竹收穫實作技術示範					■	■		
8	培育蒴竹收穫專業人才		■					■	
9	研發具市場潛力的蒴竹產品	■	■	■	■	■			
13	第一次期中報告		■						
14	第一次期中報告回應與修改			■					
17	期末報告							■	
18	期末報告回應與修改								■
19	成果報告								■

圖 12：本計畫工作項目之 Gannt 圖(時程規劃)

(二) 期中、期末檢核項目

根據本案契約要求，需在期中(112 年 6 月 30 日)前提出第一次期中報告，內容包括以下項目：

1. 輔導與訓練竹林經營人才、組織或企業，每月訪談紀錄至少 1 次。
2. 規劃蒴竹收穫技術與規範草案 1 式。
3. 設計蒴竹收穫技術訓練課程 1 式。
4. 辦理竹林經營相關教育訓練 1 場次。
5. 蒴竹收穫實作技術示範規劃 1 式。
6. 研發具市場潛力的蒴竹產品初步試驗說明 1 式。
7. 培育蒴竹收穫專業人才，3 人以上。

需在期末(112 年 11 月 10 日)前提送期末報告，工作內容包括：

1. 期中報告回應與修改 1 式。
2. 輔導與訓練竹林經營人才、組織或企業，每月訪談紀錄至少 1 次。
3. 規劃蔴竹收穫技術與規範 1 式
4. 累計設計蔴竹收穫技術訓練課程 2 場次。
5. 累計辦理竹林經營相關教育訓練 2 場次。
6. 累計培育蔴竹收穫專業人才，3 人以上。
7. 示範蔴竹收穫實作技術 1 式。
8. 研發具市場潛力的蔴竹產品試驗結果說明 1 式。

(三) 本案驗收內容：

1. 成果報告及相關光碟片電子檔。
2. 活動相關照片。

肆、計畫成果

一、輔導與訓練屏東分署轄區竹林經營人才、組織或企業

團隊主要以輔導 2020 年成立，擁有 250ha 竹林之高雄市永茂林業合作社，以及 2019 年由印尼洄游在屏東農科園區投資，主要以生產竹集成材之元宇生技股份有限公司。

表 4：2023 年以來輔導與訓練對象主要討論內容

日期	主要討論事項	參與者/方式
2023/1/16	永茂申請竹林收穫及水土保持 推薦公視記者至永茂採訪	永茂合作社林理事主席/電話
2023/1/27	討論合作社未來業務發展，提出蔴竹屑取代火鶴資材提案獲理監事同意參加	合作社成員 10 位/於 高雄市林皇宮
2023/2/14	成立蔴竹屑取代花卉資材研究 LINE 群組(欲進行火鶴介質測試)初步討論	合作社 4 位成員與黃建誌老師/LINE 群組
2023/3/7	蔴竹屑取代花卉資材研究 LINE 群組討論所需試驗材料規格為 2~3cm、200 公斤。	合作社 4 位成員與黃建誌老師/LINE 群組
2023/3/14	討論租借多功能伐採機事宜	永茂合作社林理事主席/電話
2023/3/25	黃建誌老師提出竹屑可以作為蝴蝶蘭人工介質構想	合作社 4 位成員與黃建誌老師/LINE 群組
2023/4/18	合作社成員討論生物炭作為鳳梨土壤改良介質之構想是否可行及要如何進行	合作社 4 位成員與黃建誌老師/LINE 群組
2023/4/26	討論合作社未來可經營項目：竹屑作為火鶴介質、生物炭作為鳳梨土壤改良介質、竹屑作為蘭花板原料。	永茂合作社林理事主席/電話
2023/4/29	討論高雄市新興竹產業發展計畫提案是否申請	永茂合作社林理事主席/電話
2023/5/17	5/17~5/19 高性能機械應用於竹林收穫教育訓練 媒介互若亞地板公司至永茂合作社林地為竹材下訂單	永茂合作社成員 4 位、互若亞周總經理/ 屏科大南方竹林及永茂田寮竹林
2023/6/4	租借多功能伐採機(6/1~6/3)使用討論	永茂合作社林理事主

日期	主要討論事項	參與者/方式
	與回饋	席/電話
2023/6/5	永茂合作社採購機械設備項目需求及優先順序	永茂合作社林理事主席/電話
2023/6/8	元宇生技討論目前發展問題 借用多功能伐木機發展收穫機具	元宇生技李經理/高雄市
2023/6/19	印尼竹產業專家來臺訪談永茂合作社交流合作事項	永茂合作社林理事主席/電話
2023/7/4	互若亞地板公司預訂竹材已交貨 竹材永茂合作社採購絞盤及小牛機械設備項目預備測試，並進行美濃黃蝶翠谷竹圍籬(60cm 高)設計	永茂合作社林理事主席/電話
2023/8/15	轉達林試所 8/21 下午 13:00 拜訪意願，某企業 ESG 合作事宜	永茂合作社林理事主席/電話
2023/9/13	10 月 12 日機械收穫技術訓練邀請 11 月印尼竹產業專家來臺討論	永茂合作社林理事主席/電話
2023/9/15	11 月印尼竹產業專家來臺參訪細節討論(預定 11 月 18 及 11 月 20 日下午)	元宇生技李經理/高雄市
2023/10/12	11/12-13 機械收穫技術訓練班，理事主席親自參加	永茂合作社林理事主席/電話
2023/10/13	台經院 11 月 20 日辦理論壇與談人邀請，電動伐竹工具開發討論(立豐科技 8cm->16cm)	永茂合作社林理事主席/電話
2023/10/14	台經院 11 月 20 日辦理論壇與談人邀請，電動伐竹工具開發討論(立豐科技 8cm->16cm)	永茂合作社林理事主席/電話
2023/11/8	邀請參加北部場 11 月 11 日散生竹收穫技術研習	永茂合作社林理事主席/電話
2023/11/11	至桃園復興鄉舉辦桂竹收穫技術、塔式集材機的研習	永茂林業合作社理事主席、APP Sinar Mas Group 柯總、印尼 Mr. Ketut
2023/11/18	邀請印尼 Mr. Ketut 至嘉義互若亞地板公交流	互若亞地板周總、印尼 Mr. Ketut
2023/11/20	與永茂及元宇生技共同參加 2023 永續發展-新興竹產業焦點論壇(屏東農	永茂林業合作社理事主席、元宇生技李董

日期	主要討論事項	參與者/方式
	科)，並邀請印尼 Arief Rabik 至元宇生技交流參觀	印尼 Arief Rabik 千足村計畫主持人
2023/11/22	於屏東分署舉辦臺灣及印尼叢生狀竹林收穫作業技術交流研習會，由印尼千竹村計畫創辦人 Arief Rabik 先生，分享推動竹產業之經驗與竹林經營之規劃。	屏東分署、各分署主辦、APP Sinar Mas Group 柯總、印尼 Arief Rabik、Mr. Ketut

由上可看出目前本區內竹產業所面臨之主要問題為竹產品需求急需開發及推廣，以及如何進行機械化收穫提高作業效率二方面，二個輔導對象都著重在伐竹工具的開發上。這也是本計畫之研究目的，由於團隊在二年前曾至嘉義拜訪周總經理，說明南部蔴竹資源使用之優點與困境，他也在今年獲得林業及自然保育署機具補助之後，特地南下為永茂下了第一筆竹材訂單。而下半年是藉由與印尼的國際合作機會，分別與幾位輔導對象交流討論，尋求更多整合的機會。

二、規劃蔴竹收穫技術與作業規範

由於對於南部蔴竹叢生狀竹過去未有系統地規範收穫技術，參考羅凱安(2022)結合產官學之討論提出「叢生狀竹林收穫之必要及可能作業工序流程圖」，可作為收穫技術與作業規範之基礎草案。

(一) 伐採計畫作業

由於叢生狀竹有便於機械化作業之優點，目前在叢生狀竹林收穫之必要及可能作業工序說明如下：

① -1 調查場勘

竹林現場勘查，包含界址、地形、現有林道狀況、竹林蓄積、周邊道路及村舍等。

① -2 收穫規劃

規劃採伐作業方式，包含林道修復、採伐區塊劃分、作業機具、採伐人工等。

① 作業道整修、清雜



(1) 舊作業道修整、防火線開闢等，當前民間多用怪手作業。

(2) 雜灌砍除、薊竹叢側枝枯竹清除等，當前民間多用怪手作業。

②-1 清叢基

將竹叢基部雜灌清除，以便採伐工人接近竹叢伐竹。怪手進行清雜時，會同時清理竹基大部分的雜灌及側枝，民間人工伐竹前，伐竹師傅也會再用長柄割刀，將側枝清理乾淨。



②-2 砍伐、放倒

砍伐：分人工與機械，伐竹人力日減，須以機械取代人工。

放倒：叢狀竹在竹基部砍斷後，竹梢會糾結，須靠外力拉扯，才能倒地，可用人工或機械。



②-3 去枝、分段

對伐倒的竹材，用鍊鋸或砍刀清除側枝、尾端、頭部，再裁成所需長度，或對過彎曲處切斷，以利取得較直之竹材。



②-4 集材、分堆

將分段好的竹材，移到路邊，按成熟度、尺寸規格、上下段予以歸堆，準備裝載。



③-1 盤點裝車放行

由採伐工班主管與放行檢驗人員進行盤點確認數量，再由貨車開到竹堆處進行裝車，人力裝車至少須 3 名人力，相當辛苦。

③-2 中轉

採伐林班內所採竹材不足一車時，需要中轉至指定地點，集中裝載。常用 2-5 噸小貨車中轉。



④運輸裝車後，再盤點裝車數量，被妥林木運輸證，即開往買家指定處。
常用 15-20 噸貨車承運



⑤-1 剖竹、去節

做竹層積材之竹稈，可於伐竹現場進行剖開、去內外節，變成竹片。以節省運輸空間。

⑤-2 捆綁

將剖好之竹片，按數量或重量進行捆綁，以便裝車及點數。



⑥ 破碎、裝袋

如有竹屑買家，可於伐竹現場使用粉碎機進行破碎，再按重量裝袋。或將無用竹材進行破碎，留置林地內。

⑦ 取葉、裝袋

如有竹葉買家，可於現場利用人工或採葉機進行採葉。如萃取竹葉黃酮做為香料或飲料。



將上述叢生狀竹林收穫之必要及可能作業工序流程整合如圖 13，可作為薊竹全竹利用之參考。

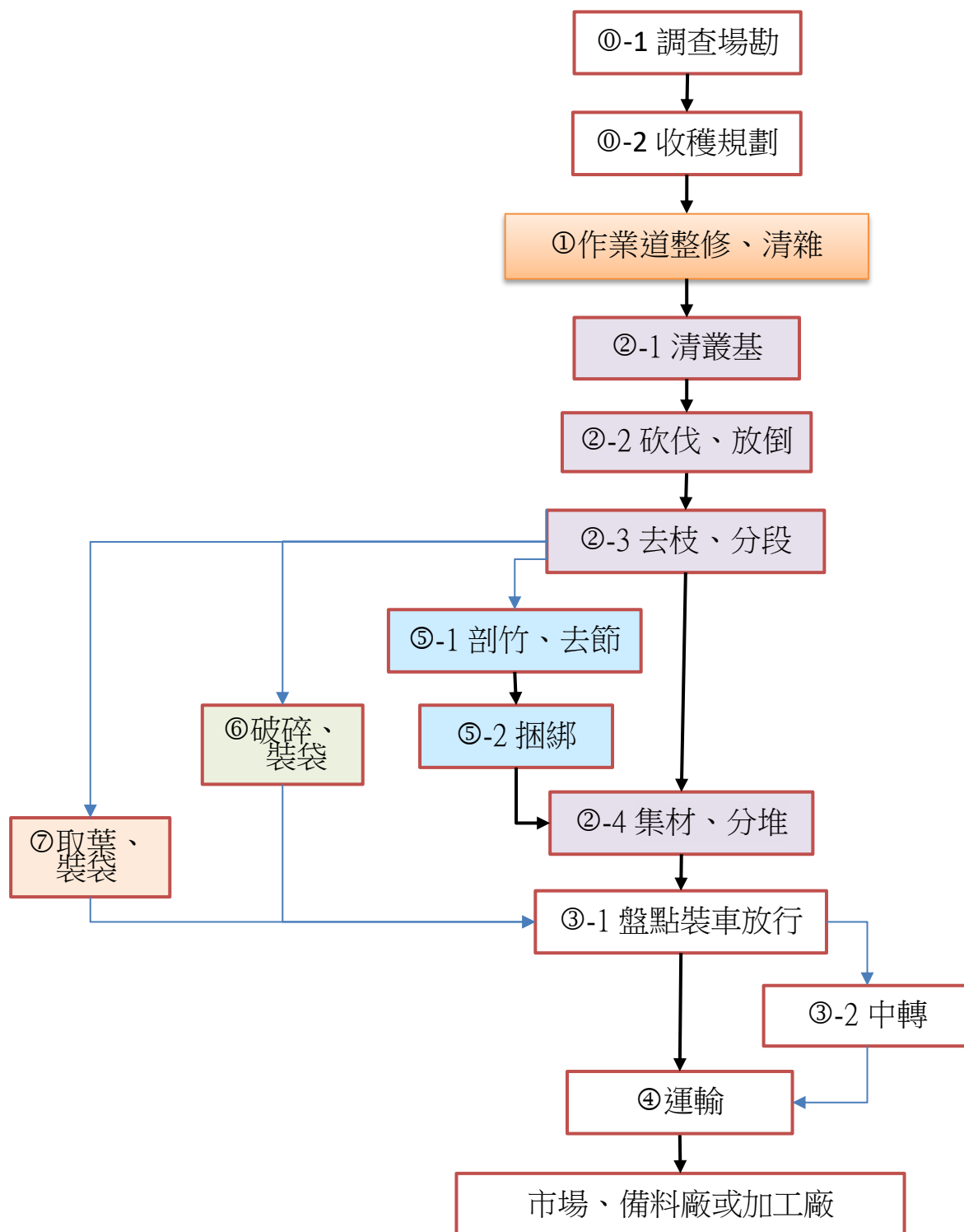


圖 13：叢生狀竹林收穫之必要及可能作業工序流程圖

(二) 伐竹設備與工具

在目前伐竹之設備有：

1. 挖掘機：協助清雜、伐倒與集材為主，其輪寬最好在 2.5m 以下且 9 噸以下之機具，除避免過大之挖填方，也可符合水土保持之規範。
2. 鏈鋸：目前最常見伐竹之機具，以油或電動，需具有安全之防護裝置及適合之鏈條。在加油或使用潤滑時，需作好防範(如鋪設塑膠布)，避免油料污染竹林
3. 刀具：視刈草或去枝目的而有不同，鏈鋸亦有作為修枝之用，
4. 斧具：目前少見。個人安全裝備

(三) 個人安全裝備

伐竹時使用鏈鋸，個人在防護上視工作性質需準備，個人需準備頭盔、護目鏡，防鋸褲；操作碎木機或長時間鏈鋸需要耳罩及防震手套；操作員工作之間需保持適當寬度($\geq$ 竹高)，避免伐倒危險，並配有通訊裝備，方便協作及聯繫。

1. 安全帽
2. 護目鏡
3. 耳罩
4. 反光背心
5. 防鋸褲
6. 防滑手套
7. 工作鞋：避免伐倒危險及鞋底穿刺，
8. 對講機：方便協作及聯繫。

(四) 作業道開設

為求便於裝載竹材降低成本，竹林內分成二種道路：

1. 主要運輸道路，路寬2.5~4m，需要有水土保持之觀念與規範，可參考農委會公告之「農路設計規範」加以設計，其規模依法應進行環境影響評估或應擬具水土保持計畫者，於環境影響說明書（或評估書）及水土保持計畫（或簡易水土保持申報書）未經主管機關核可前，不得先行施工。
2. 竹林間作業道路，路寬2.5以下，方便林內機具行走及集材，作業道路原則上依水平方向設置，兼作山邊溝之功能，水平作業道路間距約25-30m，鄰近二條水平作業道路可以斜坡道作連結。斜坡道以5~10%為原則，最大坡度在20%以下，坡長過長時，注意分段排水。

伐竹時可將以作業道接近竹叢作機具伐竹，太陡或不適機具接近者可以人工伐竹集材或棄置現場，或採用架空索道集材，將所有作業道收竹稈置於主要運輸道路旁堆置，方便上車。

(五) 竹叢整理

竹叢基部寬度不宜過大(<4m)，需定期收穫否則中間容易枯損，在擇伐或皆伐收穫之前需進行整理，將基部枝條及刺去除，可以人工鏈鋸或電鋸進行，亦可請熟練的高性能作業機具進行。

(六) 人工伐採／造材

在沒有或不適用高性能機械以人工方式進行，需注意穿戴安全裝備，作好安全規範：

1. 伐採時由基部根上第 1 節進行，
2. 由下坡處往下或側面伐倒；
3. 造材長度以末端需求為主(如 10 尺、12 尺、16 尺、30 尺、2.5m)，常見分為3 段，基段另成一堆。如為皆伐，未成熟(2 年生以下)需分開堆置。

(七) 高性能機械協作

愈來愈多高性能機械可以協助竹林收穫，如作業道開設，清雜、伐竹、造材、集材，需注意操作人員需要有安全個人裝備外，需有相關證照及訓練操作時數，配有通訊裝備，瞭解安全規範及機械作業周圍禁止人員進入。

現場為清理廢材及不合規格之竹稈，可採用碎木機進行破碎，減少廢材在竹林地之堆置，並可運出再利用；另有將竹稈在現場剖片，增加運輸效率。

(八) 集材分堆

竹稈需要如上造材分類分堆，相同規格竹稈集中在主要運輸道路旁，頭尾方向需一致，為避免直接接觸地面視竹稈長度，可於路旁地面垂直方向先置放橫向竹稈，再依道路方向順向堆置竹稈，為堆高竹稈可於路側或四個方向垂直釘入地面預先削好之竹稈，並於適當數量間隔以繩索區分，方便將來提高上車效率。

(九) 裝載搬運

以 20 噸吊卡車可行駛至竹林之主要運輸道路，以便裝載竹稈或竹屑等材料。可以在一定數量下捆綁或包裝，以機械代替人工裝載、搬運及卸載，來降低成本。

(十) 測計及查驗放行

1. 竹林之調查以枝數為準，計至整數。
2. 叢生竹類應全林調查叢數及每叢之平均枝數。
3. 竹徑圍以公分為單位，其級距為一公分，未滿一公分不計。
4. 若雙方以噸數計價，可至公正地磅量測。
5. 由於竹材置於現場太久易受病菌、害蟲及氣象影響材料品質，可於一定數量(如一卡車)申請分次放行查驗。

三、設計蔴竹收穫實作技術訓練課程

考量當前竹林收穫上特別需要注重之技術，主要課程預計會涵蓋以下主題及內容：

(一) 竹林經營與收穫流程與技術：

1. 竹類生長特性、
2. 竹齡判斷、
3. 竹林測計、
4. 空拍機、
5. 竹林收穫技術。

(二) 竹林伐採與水土保持申請：

1. 竹林收穫法規、
2. 竹林伐採與水土保持申請程序。

(三) 伐竹安全與個人裝備：

1. 職業安全衛生與伐竹安全、
2. 個人裝備。

(四) 人工伐竹技術：

1. 清雜、
2. 鏈鋸使用、
3. 伐倒、
4. 造材、分堆。

(五) 高性能林業機械介紹與操作：

1. 基本重機械檢查、操作、
2. 林業機械實務、
3. 作業道定線與施作。

(六) 綜合現地演練：

1. 測計、
2. 高性能林業機械操作、
3. 作業道施作、
4. 個人裝備與安全、
5. 伐竹、
6. 造材、分堆、
7. 裝載。

四、規劃薊竹收穫實作技術示範

考量現有機械設備之利用移動不便，以及竹林收穫相關法規申請的時效性，目前示範區設置於本校南方竹林，也都在此處進行學員各種教育訓練。由於薊竹的生長、經營、收穫過去並未有系統性的研究，故規劃有幾項薊竹收穫實作技術可以進行研究，同時也可作為推廣示範，所以目的在於產業推廣。因此，團隊認為目前有幾項研究可以進行：

- (一) 伐採強度對生物量、新竹萌發之影響：以樣叢為實驗單元，分成3個伐採強度處理(皆伐、50%、對照)、3種竹叢大小(大、中、小)，量測伐採後1~3年的生物量、新竹萌發性狀的改變。竹叢樣區每個約25m²，加上相同間隔，故樣區約有0.05ha。
- (二) 高性能機械作業及作業道規劃：於竹林內規劃20噸吊卡車可行駛之主要運輸道路、水平之作業道及連結之斜坡道，應用高性能機械進行伐竹示範，每年伐採上述6個樣叢，6年為一週期，故樣區約有0.3ha，加上道路總面積約0.5ha。
- (三) 示範區位置在本校南方竹林(圖14)進行，因機械設備就近在本校內；但若希望未來在屏東分署旗山43林班亦評估可行，俾使薊竹收穫各種技術與作業規範更具有可驗證性。

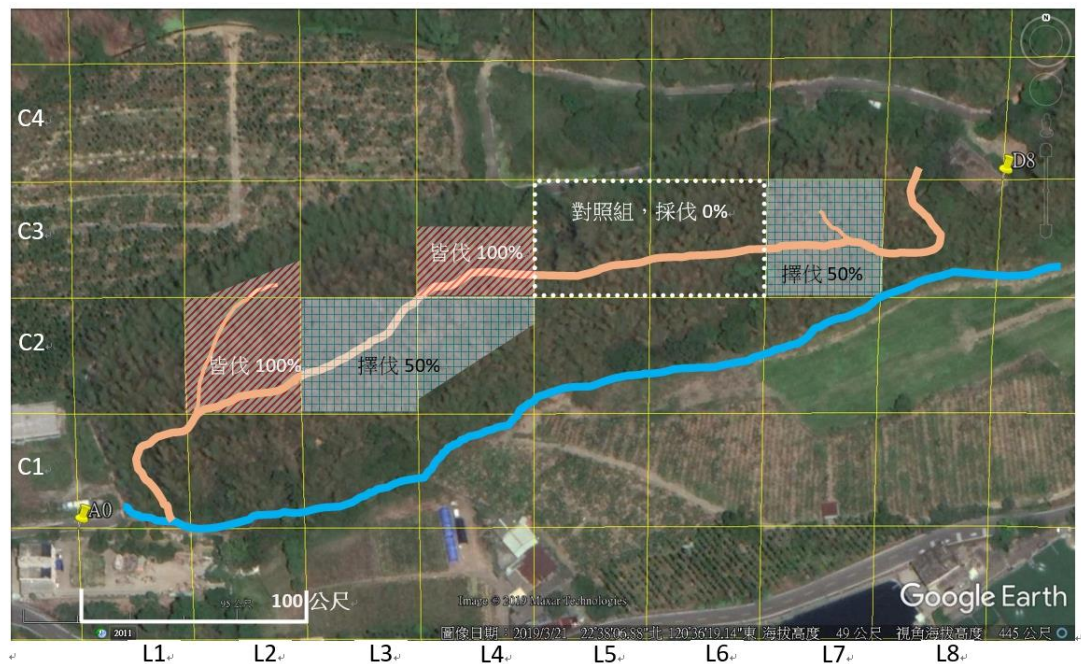


圖 14：竹林採伐強度規劃

目前本校擁有之林業高性能機具如下：



圖 15：本校目前擁有之林業高性能機具

五、辦理教育訓練與培育蒴竹收穫專業人才

本年度即在 5 月及 10 月各舉辦了二場蒴竹收穫技術訓練課程：

(一) 本計畫首次於 2023 年 5 月 17 日~19 日進行蒴竹收穫實作技術訓練課程，地點分別在本校竹林及高雄市永茂合作社竹林，由於永茂

合作社竹林伐採申請已許可，恰好將高性能機具租借給他們使用之前，進行教育訓練。本次課程內容及講師如下表：

表 5：2023 年 5 月蒞竹收穫實作技術訓練課程

日期	112 年 5 月 17 日(三)	112 年 5 月 18 日(四)	112 年 5 月 19 日(五)
時間 地點	國立屏東科技大學竹林	國立屏東科技大學竹林	高雄市永茂合作社竹林
09:10-10:00	報到、開幕(貴賓致詞及大合照) -國立屏東科技大學森林系副教授羅凱安	林業機械裝載 -國立屏東科技大學森林系副教授羅凱安	高性能林業機械伐竹作業實務操作 挖掘機操作員 洪茂哲、力紀哲先生 順鑫租賃有限公司經理王俊偉
10:10-11:00	山坡地作業道規劃與施作 -國立屏東科技大學水保系副教授唐琦		
11:10-12:00	挖掘機操作員 洪茂哲、力紀哲先生		
12:00-13:10	午餐休憩		午餐竹林休憩
13:10-14:00	高性能林業機械介紹、保養及實際操作 -國立內埔農工農業機械科李明錡主任	林業機械轉移至田寮 永茂林業合作社	高性能林業機械竹材集運作業實務操作 挖掘機操作員 洪茂哲、力紀哲先生 順鑫租賃有限公司經理王俊偉
14:10-15:00			
15:10-16:00			綜合討論 -國立屏東科技大學森林系副教授羅凱安
16:10-17:00			結訓 -國立屏東科技大學森林系副教授羅凱安

屏科大竹林：912 屏東縣內埔鄉學府路 1 號 <https://goo.gl/maps/ANMr15mMLfCr99cY8>

永茂林業合作社竹林：高雄市田寮區田寮里，<https://goo.gl/maps/1K2Ff9XEx4w3M1as5>



▲作業道測量角度儀器練習



▲作業道測量放樣



▲重機械檢查及基本操作練習



▲作業道施作及竹叢基部清理



▲多功能伐木機基本操作練習



▲竹材造材及分等

圖 16：2023 年 5 月 19 日(五)蔴竹收穫實作技術訓練照片

由於本次教育訓練係針對永茂合作社及元宇生技股份有限公司之成員，及其他組織，故參加人數不多有 6 位。

(二)2023 年 10 月 12-13 日在屏科大竹林舉辦荊竹收穫技術與人才計畫訓練課程，則著重於現地實務訓練，共有 15 位學員參加。



荊竹收穫技術 與人才培育推動計畫

地點：
國立屏東科技大學
校內竹林

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)

報名截止：
112年10月10日。

報名連結




林業及自然保育署
屏東分署



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

時間	112年10月12日(四)	112年10月13日(五)
09:00-09:30	報到	
09:30-10:00	開幕 (貴賓致詞及大合照) 國立屏東科技大學森林系 羅凱安 副教授	荊竹生長特性、竹齡判斷、 鍊鋸要領、伐倒、去枝、 造材 飛鷹竹行 陳憲明負責人 2名伐竹師傅
10:00-11:00	竹林蓄積測計 國立屏東科技大學森林系 魏浚紘 助理教授	
11:00-12:00	伐竹個人裝備與安全 永續林木號 葉政翰 負責人	
12:00-13:00	午餐休憩	
13:00-14:00	作業道施作、竹林伐採與 水土保持—講解 國立屏東科技大學 水土保持系 唐琦 副教授	高性能林業機械應用 臻禾興業有限公司 姚瑩鑫 經理 姚政佑 經理 力紀哲 重機操作員 (午餐休憩)
14:00-15:00	竹林作業道施作 國立屏東科技大學 水土保持系 唐琦 副教授	
15:00-16:00	力紀哲 重機操作員	現場綜合討論 國立屏東科技大學森林系 羅凱安 副教授
16:00-17:00		

圖 17：2023 年 10 月 12-13 日荊竹收穫實作技術訓練課程海報



▲開訓及介紹魏浚紘老師



▲個人安全裝備穿戴要領



▲林間作業道坡度修整



▲飛鷹竹行伐竹實務操作



▲小型多功能作業機基本操作練習



▲造材機與碎木機實際操作



▲訓練學員合影



▲13日綜合討論

圖 18：2023 年 10 月 12-13 日薊竹收穫技術與人才計畫訓練照片

由二場教育訓練的內容可以看出，主要目的都是因應目前竹林經營上所面對的問題所設計，如竹林測計、作業道申請與設計、伐竹安全以及高性能機械之操作，均可滿足其目前之需求。但現實上由於企業沒有穩定的工班，所以即

使來參加的業主訓練完成，仍無法對目前伐採作業提供立即性的效果。故為加強竹林收穫之相關知能與安全規範，建議未來參加公私部門之竹林收穫作業之工作者，林業保育署各分署及各縣市政林林業部門，均要制定要求需定期參加此相關訓練才能進行相關工作為宜。

(三)培育蔴竹收穫專業人才

如前述，第一次教育訓練係針對永茂合作社、元宇生技股份有限公司及屏東分署之成員，及其他相關組織，故參加人數只有 6 位；第二次教育訓練係公開招收時間較長，有參加人數只有 15 位。由於目前以此為業的工班需要生計並無法參加，未來需要有鼓勵伐竹業者及其工班有參加訓練的機會。

有關人才培育，將鼓勵合作社人力培育起來，能成立 1 個工班，之前永茂林業合作社有 3 個年輕人加入，因工作量不足致斷工，無法讓 3 人留下來持續工作，伐採工作需達一定經濟規模，才能留下人才，希望透過使用多功能省工機械等，達到節省人力及工序，如桃園地區桂竹經營至少要 200-300ha，才有經濟規模，希望有領頭羊來帶動產業，使專業人才留下來，學以致用。

另外，今年 11 月本校亦舉辦臺灣印尼雙邊叢生狀竹收穫技術交流，亦有相當不錯的蔴竹收穫人才培育效果。



圖 19：2023 年 11 月 10-23 日臺灣印尼雙邊叢生狀竹收穫技術交流照片

六、研發具市場潛力的蔴竹產品

如前所述，蔴竹之全材利用構想上以能提高附加價值以及善用蔴竹材料優勢為考量：如積層材、竹屑生物材料及竹葉。蔴竹產業的發展中，竹產品的多重開發利用是相當重要的課題，本計畫預定開發蔴竹之三大類農業新應用：

(一) 雞飼養敷料

計畫中期曾向廠商租借 Vermeer1000 型碎木機，只能碎出長纖狀竹屑，將竹屑與粗糠一同作為使用雞飼養敷料，即將竹屑撒在粗糠上層，如同下圖所示：



圖 20：香草雞使用竹屑作為敷料

Vermeer 打出之竹屑，成絲狀較難單獨使用，要配粒狀的粗糠使用，Vermeer 若是 1800 型雖較貴，但效率則比較好。

1. 使用竹屑作雞敷料優點：

- (1) 來源取的容易，廢棄物可以再利用。
- (2) 竹屑的水分吸附效果比同質量的粗糠佳。
- (3) 沙浴過程與雞隻的接觸面積較粗糠大。
- (4) 由於竹屑是絲狀因此雞隻糞便會固定在上層一整片清理較方便。
- (5) 竹屑與粗糠相比粉塵含量較低，比較不會讓雞隻咳嗽。

2. 使用竹屑作雞敷料缺點：

- (1) 取得時期含水量較高，需要在曝曬將其乾燥。

(2) 本次取得的竹屑較適用於成雞飼養，對於雛雞來說太刺了。

(3) 由於含水量高保存時需要通風，否則容易發霉。

(二) 花卉、藥材種植

如前所述，蔴竹產業的發展中，竹產品的開發利用是相當重要的課題，此處預定開發蔴竹花卉、藥材主要為內門栽植很多之火鶴，不過由於目前可以租借的碎木機不能打出栽培火鶴所需尺寸之介質，預定 7 月初向臻禾公司租用英國製 Först D8 碎木機，以便解決火鶴栽培所需竹屑規格之問題。故先以文心蘭進行試驗，。

將受火災後仍可用之蔴竹透過機械伐竹機砍伐後以粉碎機已經製備各竹屑及竹塊（圖 19），並且將竹屑及竹塊進行堆置發酵 2 個月後。進行蔴竹屑化學成分分析，蔴竹含量最多的為 Holo-cellulose 佔 67.5%，其次為 α -cellulose 佔 42.2%，這與孟宗竹及其他木材所佔成分相似（表 6）。

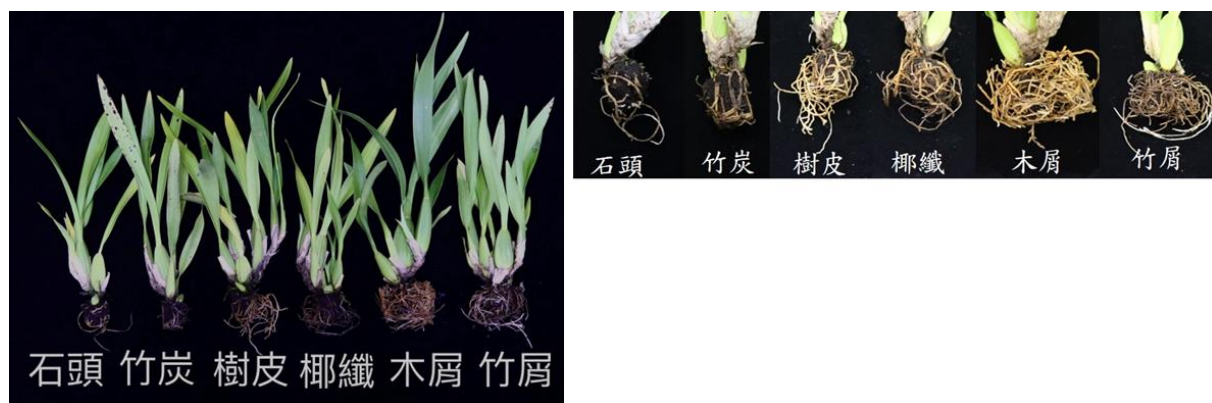
表 6：蔴竹之化學組成份

M.C (%)	Ash (%)	Extractives (%)			Holo-cellulose (%)	α -cellulose (%)	Lignin (%)
		Hot water	1% NaOH	Alcohol~ Benzene			
7.4±0.5	1.17±0.02	9.1±0.4	28.5±1.0	4.3±0.1	67.5±1.2	42.2±1.6	23.4±1.0



圖 21：(A) 伐竹機；(B) 粉碎機；(C) 操作伐木機將蔴竹送入粉碎機進行粉碎；
(D) 粉碎好的竹屑；(E) ~ (F) 粉碎好的竹塊

之後，利用該製備蔴竹屑進行文心蘭種植，之調查文心蘭開花後的根系，以蔴竹屑及木屑其生長的根系最多且最完整密，而不吸水介質石頭根系最少且短（圖 20）。而在文心蘭假球莖外觀，在蔴竹屑及木屑介質最為飽滿，其次為椰纖、樹皮及石頭，這其主要原因是蔴竹屑和木屑保水性佳，不易造成文心蘭假球莖



缺水。

圖 22：檸檬綠文心蘭種植於不同介質植物生長型態及根系

至於開花期和開花品質，在所有介質其開花時間介於 329~330 天（圖 21(G)），無很顯著的差異性，但在開花品質中，花梗長度在蔴竹屑中平均長度為 76.3 公分遠比椰纖來的短（平均長度為 87.1 公分），蔴竹屑介質分支數為 4.6 支比木屑平均支數 5.8 支差（圖 21(D)(E)），但與栽培者討論他認為這可以透過肥培管理可以讓蔴竹屑的花梗長度及分支數增多。

文心蘭開花品質中，最重要的指標為產生生長不良的小花數以蔴竹屑（35.6 朵）及樹皮（34.8 朵）數目最低，而其他介質產生小花數在 40.3~47.8 朵（圖 21(F)）。根據本次比較文心蘭種植不同介質試驗中整體性，蔴竹屑對於文心蘭在水分管理及開花品質中非常適合作為文心蘭替代性介質。

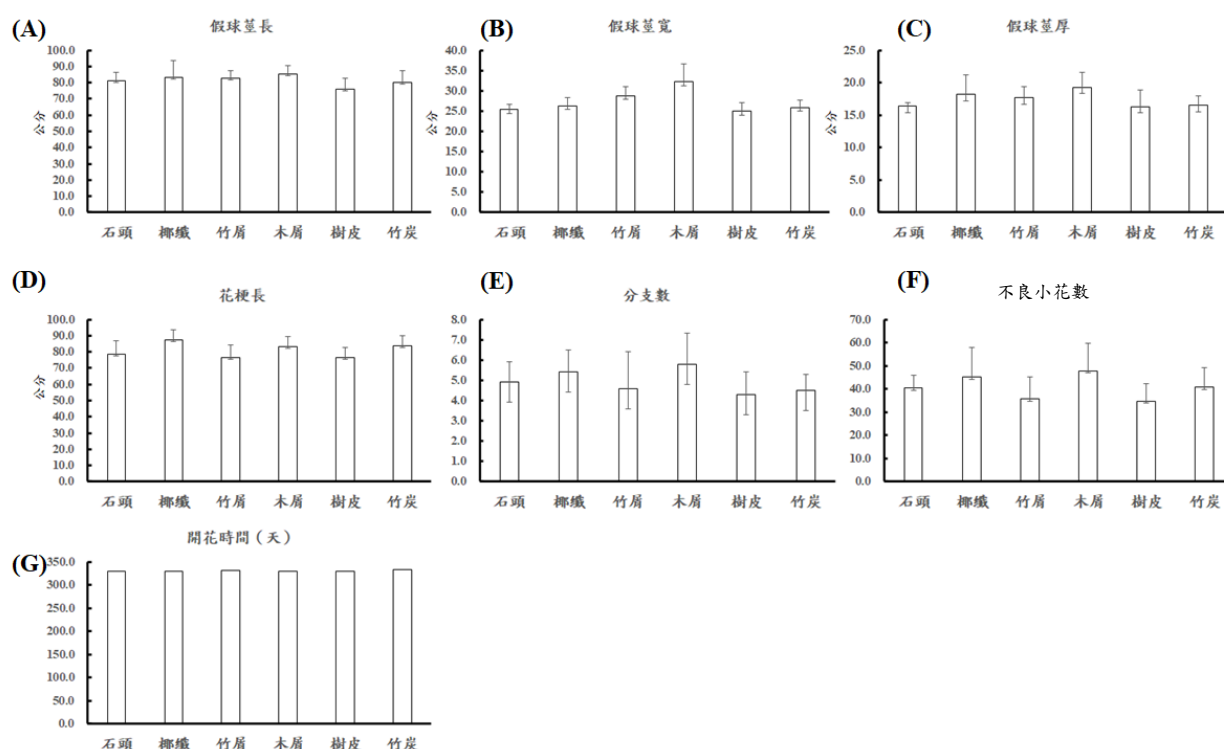


圖 23：(A)假球莖長； (B)假球莖寬； (C)假球莖厚； (D)花梗長； (E)分支數； (F)不良小花數； (G)開花時間（天）

荻竹製作成荻竹屑用為作為種植文心蘭的介質，根據該試驗結果荻竹介質非常適合文心蘭栽培業者使用，其最主要的優勢該介質保水性，比目前文心蘭常用椰纖及石頭更佳，可使業者在澆灌文心蘭的時候不需太頻繁，另外該荻竹介質種植出的文心蘭切花品質比現行文心蘭使用之介質來的好，不良的小花數來的低，雖然花梗長度和分支數較低，但這可以利用肥培管理調整作為改善。

(三) 觀賞魚免疫調節製劑

1. 觀賞魚市場

美國商業資訊(Business Wire)於 Ornamental Fish Market 報告指出全球觀賞魚市場於 2022 年達 101 億美金，亞洲佔 36%市場，預估 2032 年將達 161 億美金，年複合成長率(CAGR)約為 4.9%，全球觀賞魚產業發展前景蓬勃。台灣觀賞魚產值約 50 億(含周邊)，出口約 2.84 億，觀賞魚 70%外銷、市場以美國、日本、歐盟、東南亞各國為主，外銷魚種主要以非洲慈鯛、南美慈鯛為主。

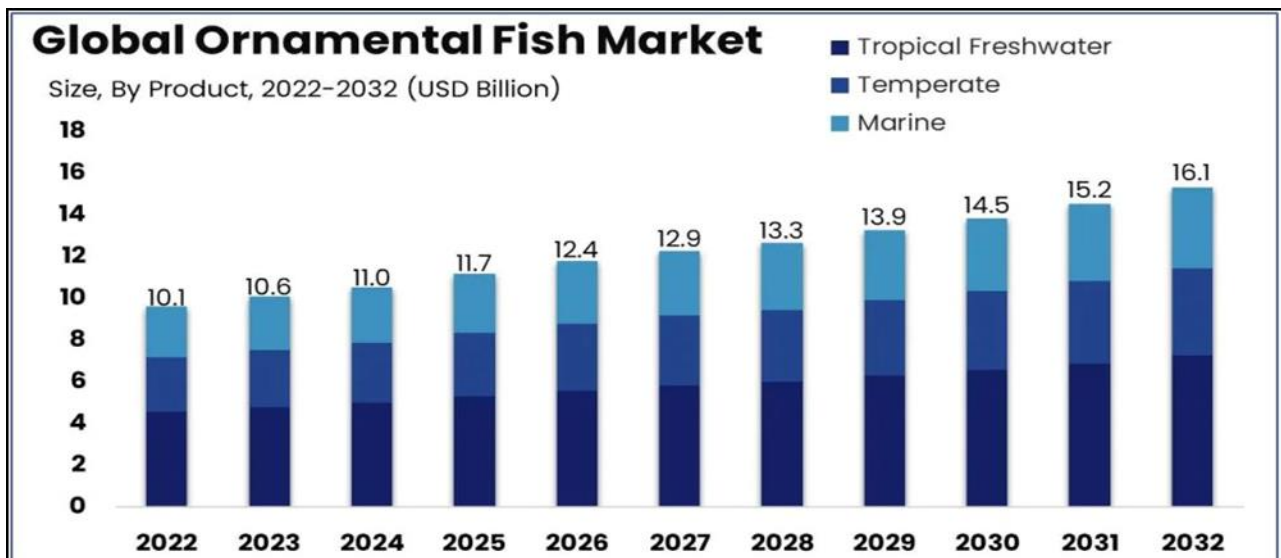


圖 24：全球觀賞魚市場之成長趨勢

觀賞魚面臨之疾病問題：環境水源污染嚴重、養殖密度過高、飼養管理與照護不周，歐盟、韓國、越南及印尼已全面禁止禁止抗生素作為動物飼料添加物的使用，其他國家則逐步減用限制中，抗生素的禁用或趨於嚴格的使用限制是未來國際的趨勢與共識。

多醣作為有效成分，具有抗氧化、抗菌、免疫調節、降血壓與血脂等生物活性，因此具有潛力應用於保健、美妝保養品、生醫製藥與飼料添加劑(Carbohydr Polym. 2018 Mar 1;183:91-101.)。研究分析 32 種竹葉中之多醣含量，結果顯示多醣含量介於 1.4%~5.4%之間，顯示竹葉富含多醣成分(Molecules 2015, 20(3), 4162-4179)。

擬萃取刺竹葉之多醣，評估該多醣對觀賞水族之免疫調節與疾病抵抗功效，並開發刺竹葉多醣作為強化觀賞水族免疫之功能性飼料產品，以提升竹子產業效益與永續發展。

2. 刺竹葉多醣的萃取

萃取方法主要是在本校生物科技系，利用多醣溶於水而不易溶於乙醇的特性，為一種較為傳統且低成本的提取方法。首先將刺竹葉子於 65°C 下烘乾 10 小時，隨後將乾燥之刺竹葉以均質機粉碎，取 225 克刺竹葉添加適量水於沸水中蒸煮 30 分鐘，並於 4°C 下以 4,000 xg 離心 40 分鐘移除葉渣且收集上清液。上清液以預冷等體積 95% 的乙醇混合，並於 4°C 下放置 12 小時以沉澱多醣，經再次離心後，將多醣沉澱以 95% ethanol 清洗兩次，並將沉澱之刺竹葉多醣以真空冷凍乾燥製成粉末。

3. 胞外多醣分子量測定

將冷凍乾燥之 EPS(胞外聚合物, Extracellular Polymeric Substance)溶於去離子水中，使其濃度為 100 mg/ml，胞外多醣分子量以凝膠透滲層析(Viscotek GPC system)測定多醣之分子量，利用 TSK GMPWxL 管柱，以 0.05M NaNO₃，0.6 ml/min 條件進行流洗，利用 RI 偵測。

本研究由 225 克荊竹葉乾重中，經粉碎、蒸煮、酒精沉澱與離心清洗等步驟，可獲得純度>95%的多醣 4.66 克，相當於每克荊竹葉乾重可純化獲得 0.02 克多醣。多醣之分子量大小對其生物活性具有顯著影響，因此有必要瞭解荊竹葉多醣之分子量大小，研究將萃取之荊竹葉多醣以凝膠透滲層析(Gel Permeation Chromatography, GPC)測定其分子量，結果如圖 25 所示，荊竹葉多醣之重量平均分子量(Mw)為 207,800 Da，數量平均分子量(Mn)為 138,700 Da，Mw/Mn 比值為 1.49。此結果與其他來源之多醣相較，荊竹葉多醣分子量偏高，因此其功效需進一步驗證，所以本研究於飼料中添加不同劑量餌食斑馬魚 8 週，評估其對抗氧化、免疫調節與疾病抵抗之功效。

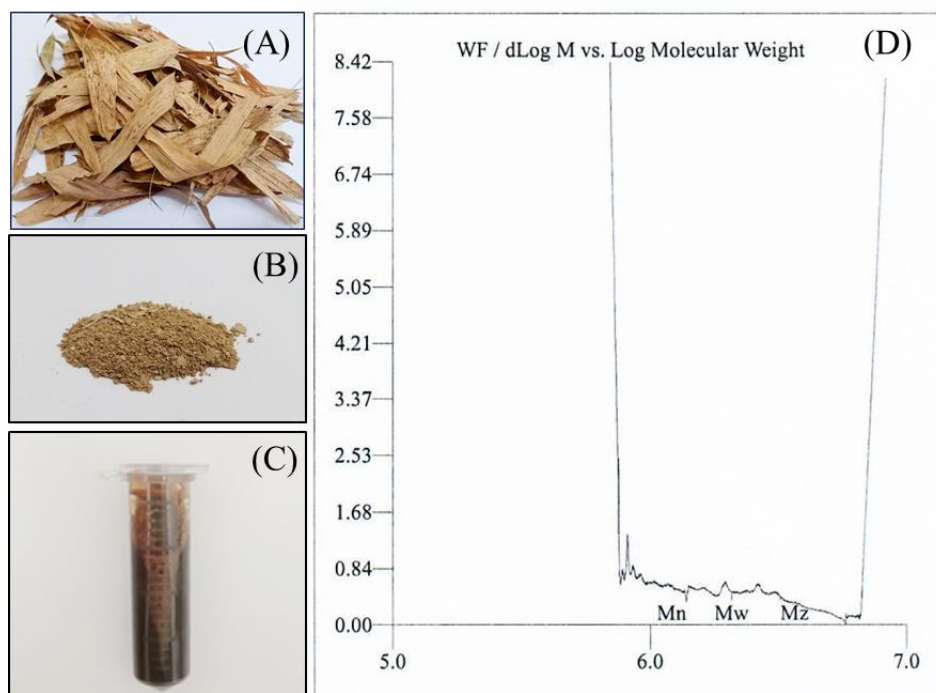


圖 25：荊竹葉多醣之萃取與分子量鑑定。

- (A) 乾燥荊竹葉；
- (B) 萃取荊竹葉多醣之冷凍乾燥粉末；
- (C) 溶解於水中之荊竹葉多醣溶液(100 mg/ml)；
- (D) 荊竹葉多醣凝膠透滲層析之分子量圖譜。

4. 斑馬魚飼養實驗

由實驗室自行繁殖 AB strain 斑馬魚(*Danio rerio*)，將一月齡共 360 隻之斑馬魚分為四組，每組三重複，飼養於 10 公升之循環系統缸，每缸飼養 30 隻(n=30)。斑馬魚每日餵食飼料量為體重之 2% (w/w)，以只餵食商業飼料之斑馬魚為控制組(control)；餵食每克飼料含有 0.1%、0.3%與 0.5%(w/w)荊竹葉多醣之斑馬魚分別為 G1、G2 與 G3 組，飼養 8 週後進行斑馬魚之肝臟抗氧化與免疫相關基因表現分析。

為瞭解荊竹葉多醣對斑馬魚肝臟抗氧化能力之功效，研究於飼料中分別添加 0% (Control)、0.1% (G1)、0.3% (G2) 與 0.5% (G3) 荊竹葉多醣餵食吳郭魚 8 週，隨後評估肝臟組織中抗氧化酵素如超氧化物歧化酶(superoxide dismutase; SOD)、麩胱甘肽過氧化酶(glutathione peroxidase; GPx1a)、過氧化氫酶(catalase; CAT)與熱休克蛋白(heat shock protein 70; Hsp70)之基因表現，作為評估荊竹葉多醣對肝臟抗氧化之指標。上述 G2 與 G3 組相較控制組斑馬魚肝臟具有較高 SOD、CAT、Hsp70 或 GPx1a 基因表現，說明飼料中添加 0.3%與 0.5%荊竹葉多醣具有提升肝臟抗氧化壓力的能力。

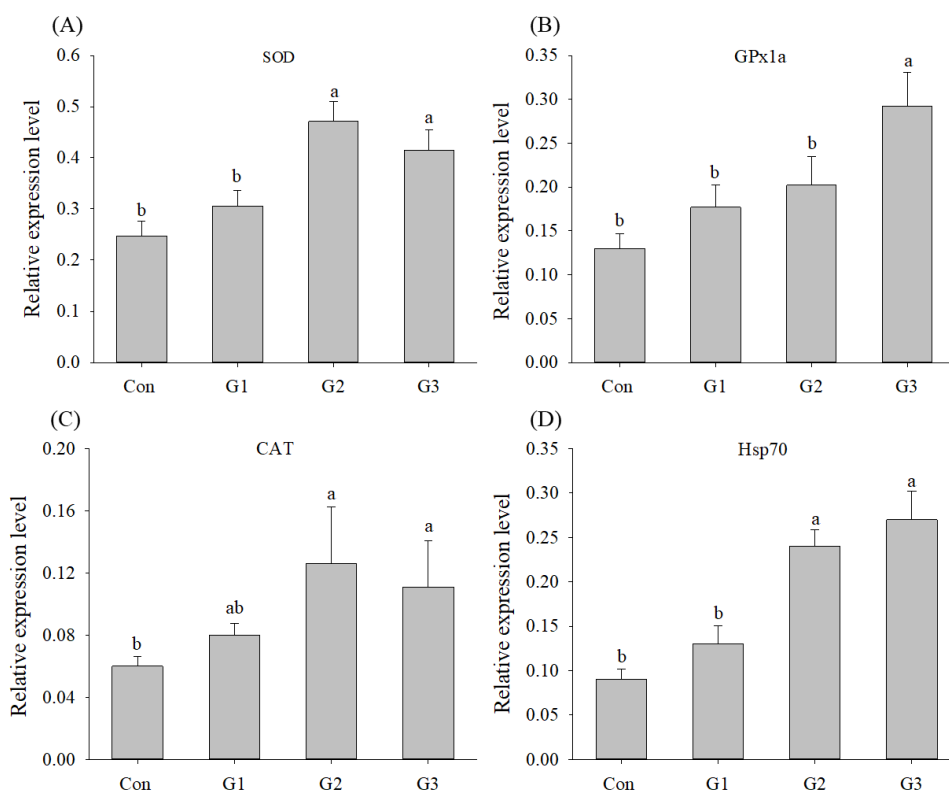


圖 26：斑馬魚餵食荊竹葉多醣八週後免疫基因之表現。

(A) SOD ; (B) GPx1a ; (C) CAT ; (D) Hsp70

圖表柱狀圖上方不同的英文字母表示各組間是否具有顯著差異($p < 0.05$)。

5. 肝臟抗氧化與免疫相關基因表現分析

抽取斑馬魚肝臟與全身之 RNA，依使用說明以 Script™ cDNA Synthesis kit (Bio-Rad) 套組進行 cDNA 合成並於 -20°C 保存。以 Real-time PCR (Applied Biosystems Step One Plus Real-time PCR) 對斑馬魚分別進行抗氧化與免疫相關基因表現量分析。反應條件為：95°C 下反應 3 分鐘；Step 1，95°C 下反應 3 秒鐘；Step 2，60°C 下反應 20 秒，Step 1 到 Step 2 共進行 40 組循環，以 elongation factor (ef)-1 作為內插基因，校正樣品之間的基因表現，利用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 的公式計算控制組和實驗組間的基因表現差別。

為了解荊竹葉多醣對免疫調節之影響，本研究於基礎飼料中分別添加 0% (Control)、0.1% (G1)、0.3% (G2) 與 0.5% (G3) 之荊竹葉多醣，經餵食 8 週後測定斑馬魚全身免疫相關基因 *IL-1*、*IL-6*、*TNF-* 與 *lysozyme* 之表現，以了解荊竹葉多醣對斑馬魚免疫調節之功效。結果如圖 27 所示，斑馬魚於餵食有添加荊竹葉多醣之飼料的組別(G1、G2 與 G3 組)，全身之 *IL-1* 與 *lysozyme* 基因表現顯著高於控制組之斑馬魚(圖 16 A 與 D)。G2 與 G3 組斑馬魚之 *IL-6* 與 *TNF-* 表現顯著高於控制組斑馬魚之基因表現，但 G2 與 G3 組間或 G1 與控制組間並無顯著效果(圖 16 B 與 C)。魚類的嗜中性白血球(neutrophils)與巨噬細胞(macrophage)對於免疫系統扮演重要功能，其分泌的促發炎細胞激素(*TNF-*、*IL-1*、*L-* 等)，可活其他免疫細胞以加速病菌之清除。溶菌酶 (*lysozyme*) 可分解細菌細胞壁肽聚糖結構，是宿主免疫系統的基石，除具有抗菌功能外，最近研究證實溶菌酶可以活化吞噬作用與補體反應，強化免疫系統抵抗感染，是魚類非特異性免疫重要一員，因此 *TNF-*、*IL-1*、*L-* 與 *lysozyme* 的表現可作為免疫調節評估的重要指標。

上述研究結果說明飼料中添加荊竹葉多醣具有提升斑馬魚免疫調節之功能，且於飼料中多醣高於 0.3% (w/w) 時足以展現免疫調節之功效。

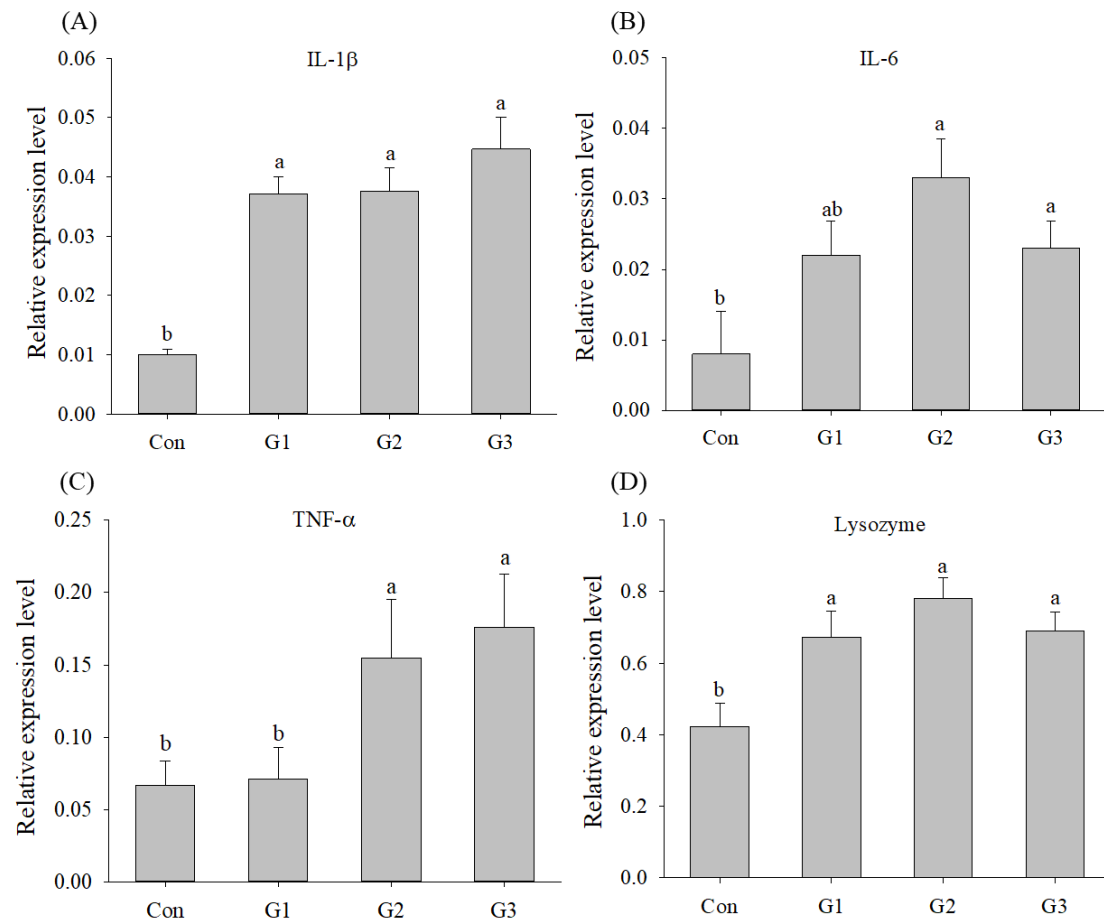


圖 27: 斑馬魚餵食荊竹葉多醣八週後免疫基因 (A) IL-1 β ; (B) IL-6; (C) TNF- α ; (D) Lysozyme 之表現。圖表柱狀圖上方不同的英文字母表示各組間是否具有顯著差異($p < 0.05$)

6. 疾病抵抗評估

斑馬魚每缸飼養 10 隻($n=10$)，將革蘭氏陽性的細菌性致病菌 *S. iniae* 分別以半數致死劑量(LD50) (10^4 CFU/fish)腹腔注射感染，感染後每天持續紀錄魚隻死亡並計算累積死亡率(Cumulative mortality)。以餵食控制組飼料之斑馬魚腹腔注射生理水作為負控制組，以餵食控制組飼料之斑馬魚腹腔注射致病菌作為正控制組。

飼料中添加荊竹葉多醣具有免疫調節之功效，為評估此免疫節功效是否可反應於疾病之抵抗，研究利用魚形鏈球菌(*Streptococcus iniae*)病原菌以腹腔注射感染斑馬魚，並評估感染後之存活率。結果如圖 28 所示，餵食基礎飼料之斑馬魚分別以注射生理食鹽水(saline)或魚形鏈球菌(*S. iniae*)作為負控制組與正控制組，結果顯示負控制組之存活率維持 100%，並無魚隻死亡，而正控制組於感染後第 2 天，累積死亡率(Cumulative mortality)達 90%，感染後第三天存活率為 93.3%，並維持穩定至感染後第七天。值得注意的是餵食荊竹葉多醣之 G1、G2

與 G3 組，感染後第 7 天累積死亡率分別為 83.3%、66.7%與 50%，其中 G2 與 G3 組感染後之累積死亡率顯著低於控制組，此結果說明飼料中添加荊竹葉多醣可提升斑馬魚疾病抵抗之功效，且飼料中含有 0.3% (w/w)之多醣足已展現疾病抵抗之功效。

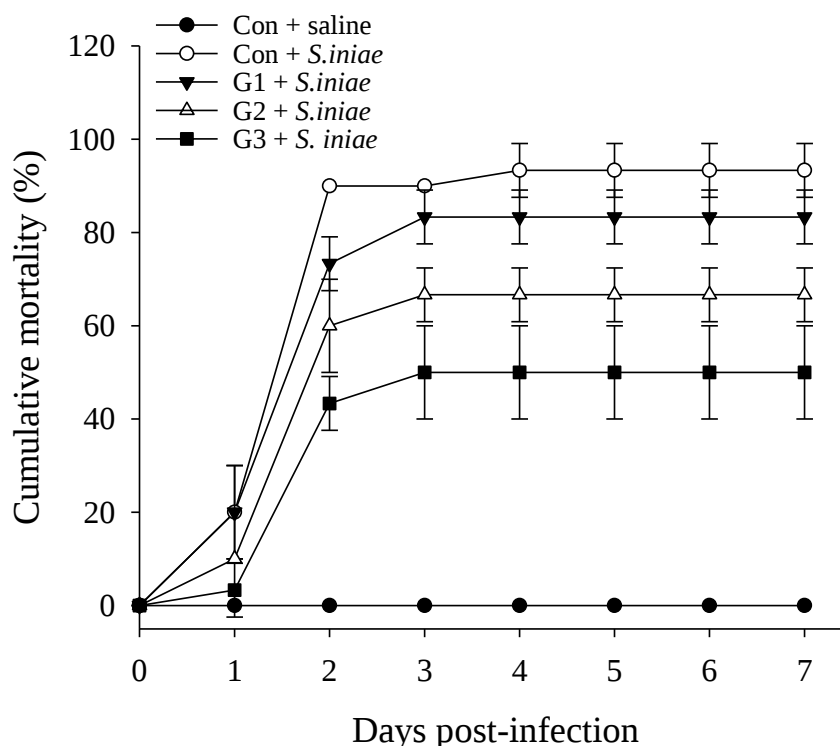


圖 28：斑馬魚餵食荊竹葉多醣八週後，以腹腔注射感染魚形鏈球菌(*S. iniae*)之存活率。斑馬魚餵食含有 0.3%(G2)與 0.5%(G3 組)之多醣，感染後 7 天之存活率顯著高於正控制組($p < 0.05$)。

本研究結果說明，利用簡單蒸煮與酒精沉澱之方法，可由每克乾重之荊竹葉副資材中萃取獲得純度>95%之多醣 0.2 克，該多醣經凝膠透滲層析分析顯示荊竹葉多醣之重量平均分子量(Mw)為 207,800 Da。以斑馬魚為觀賞魚模式動物，以含有 0%、0.1%、0.3% 0.5%(w/w)荊竹葉多醣之飼料餵食 8 週，結果顯示斑馬魚每日飼料中補充 0.3%(w/w)荊竹葉多醣，有助於提升斑馬魚肝臟抗氧化與免疫指標基因之表現，具有強化免疫調節與對疾病感染之抵抗功效。綜合結果說明荊竹葉之多醣具有潛力作為強化觀賞水族免疫之功能性飼料產品，預計將相關成果發表於國際期刊，研發技術完成荊竹葉多醣功能性觀賞魚飼料或免疫調節製劑之產品，以竹葉副產品再加值，協助竹子產業的循環利用與永續發展。



圖 29：本計畫所開發之荊竹多醣觀賞魚飼料產品

伍、結論與建議

本計畫執行之結論如下：

- 一、由輔導與訓練屏東分署轄區竹林經營人才、組織或企業經驗來看，目前本區內竹產業所面臨之主要問題為竹產品需求急需開發及推廣，以及如何進行機械化收穫提高作業效率二方面。
- 二、人工收穫莿竹林已無法獲利及難以找到工人，現實上由於企業沒有穩定的工班，必須利用機械方式來協助作業，本計畫亦完成現有莿竹收穫技術與作業規範。
- 三、考量當前竹林收穫上特別需要注重之技術，應最好涵蓋以下主題及內容：竹林經營與收穫流程與技術、竹林伐採與水土保持申請、伐竹安全與個人裝備、人工伐竹技術、高性能林業機械操作，以及綜合現地演練。
- 四、目前竹林收穫示範區設置於本校南方竹林，可進行學員各種教育訓練。也可進行幾項研究：伐採強度對生物量、新竹萌發之影響，面積 0.05ha、高性能機械作業及作業道規劃演練，面積約 0.5ha。
- 五、已在 2023 年 5 月 17 日~19 日、2023 年 10 月 12-13 日進行二場次莿竹收穫教育訓練，培育專業人才。由於伐採工作需達一定經濟規模，才能留下人才，希望透過使用多功能省工機械等，達到節省人力及工序，由領頭羊來帶動產業，使專業人才留下來，學以致用。
- 六、研發具市場潛力的莿竹產品上，莿竹全材利用構想上是以能提高附加價值以及善用莿竹材料優勢為考量：如積層材、竹屑生物材料及竹葉。本案以應用在雞飼養敷料、花卉、藥材種植的介質、以及觀賞魚免疫調節製劑(添加於飼料中)，開拓新的應用高機。
- 七、由最近三年的經驗中得知，對臺灣莿竹產業在發展的建議是：
 - (一)前人留下燙手的莿竹資源等待活用為背景，以林地生態復育論述，應用地景式當地林主來參與進行。
 - (二)目前竹產業發展與經營的條件相當惡劣，如何提供適當規模規劃周全的條件，促進合作，降低環節的成本。
 - (三)當前農民、竹村居民或竹林合作社對竹林依賴程度相當低，需找出領頭羊來培養。
 - (四)加強竹林收穫之相關知能與職安規範，建議未來參加公私部門之竹林收穫作業之工作者，林業保育署各分署及各縣市政林林業部門，均要

制定要求需定期參加此相關訓練才能進行相關工作之要求。

(五) 竹林所有權以國有居多，缺乏動力，如何善用制度安排如 OT、ESG。

(六) 採伐許可、開設作業道、混農林技術發展與法規衝突，急需解決。

(七) 碳權、碳交易制度之模糊未定，有待明朗。

(八) 國際合作(勞動力、外銷)牽涉不同部會之整合，但有更廣的可能性。

陸、參考文獻

- 王仁、陳財輝 (2017) 臺灣竹產業之發展。林業研究專訊 24(4):57-61。
- 王瀛生、吳孟玲 (2010) 臺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 (2022) 新興竹產業發展計畫，136 頁。
- 呂錦明 (2001) 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。
- 官順協 (2007) 介質種類及施肥濃度對蝴蝶蘭生長之影響。國立嘉義大學農學研究所碩士論文，頁 18-19。
- 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/蔴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)，台灣省林業試驗所印行林業試驗所報告 (1947-1986)，1976
- 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。臺灣林業 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。
- 高鈺豐 (2009) 栽培介質、肥料種類及濃度對蝴蝶蘭生長與開花之影響。國立嘉義大學農學院園藝學系碩士論文，頁 5-6。
- 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 卷 1 期 (2014/03/01)，P53-60。
- 陳財輝 (2011) 泥岩地區老化蔴竹林之更新調查。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。

- 游富鈴 (2004) 水苔、椰纖混合介質及添加緩效性肥料對蝴蝶蘭生育之影響。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文，頁 1-2。
- 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 103 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。
- 葉銘哲、鍾智昕、林謙佑、林奐宇 (2016) 台南市山坡地竹林資源調查與土地管理之研究。臺灣林業科學 31(3): 257-69。
- 鄭旭貿 (2015) 資訊圖表應用於臺灣竹產業介紹之創作研究。國立臺灣師範大學設計學系碩士論文，138 頁。
- 盧崑宗、周坤池(2009)國產主要竹種之竹碳與竹醋液之製造，林業研究季刊 31(4)：55-64，2009
- 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。
- 羅凱安 (2019) 屏東林管處轄區竹林資源永續經營與收穫作業技術改進之研究。屏東分署委託研究報告(Po108BM)，126 頁。
- 竹內叔雄 (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.
- ITTO (2019) Reduced impact logging.
https://www.itto.int/sustainable_forest_management/logging/。
- Kang, J-G. and M. W Van Iersel (2004), Nutrient Solution Concentration Affects Shoot: Root Ratio, Leaf Area Ratio, and Growth of Subirrigated *Salvia* (*Salvia splendens*), February 2004 *HortScience* 39(1):49-54
DOI:10.21273/HORTSCI.39.1.49
- Kenya Forestry Research Institute, (2012), Training Manual on Bamboo Propagation and Management, 19pp.
- 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.
- Liese and Weiner (1996), Ageing of bamboo culms. A review, *Wood Science and*

Technology 30(2): 77-89

- Liese, W. (1998). *The Anatomy of Bamboo Culm*. Beijing: International Network for Bamboo and Rattan.
- 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., 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.
- Tewari, D.N. (1992) *A Monograph on Bamboo*. International Book Distributors, Dehra Dun, 498.
- Texas Forestry Association and Texas A&M Forest Service (2014) *Texas forestry best management practices*. 112pp.
- UNCATAD (2022) *Commodities at a Glance- Special issue on bamboo*. United Nations Conference on Trade and Development, UN, Geneva, 88pp.
- Yale school of Forestry & environmental studies (2019) *Logging Conservation Practices*. <https://globalforestatlas.yale.edu/forest-use-logging/logging/logging-conservation-practices>.
- Zhaohua and Wei (2018) *Sustainable Bamboo Development*. CABI, 287pp.

附件一：期中報告委員意見回覆

委員	提出之問題	回覆
陳朝圳委員	1. 引用的內容，在參考文獻中找不到。	將改正。
	2. P15 的圖 4、圖 5 應加強說明圖標所代表的意義。	將補充說明。
	3. P22 竹林的收穫規畫，說明較少。	將修改文字敘述。
	4. P37 工項的說明，應更詳細。	將補充說明。
	5. 不同領域專家所做的研究，其試驗設計、過程等，要說明清楚，以便日後產業化。	將補充說明。
	6. 詳細了解產業界所要的竹材規格，就可以在竹林準備。	將補充目前收集到的規格。
林裕仁委員	1. P12 竹「桿」或竹「稈」？需統一。	將統一用「稈」
	2. P13 的圖 5 應為圖 4。	將改正。
	3. P15、P16 的圖 4、圖 5，如要複做，需考慮成本。	謝謝指導。
	4. P23....打印(標記)...	將修改。
	5. P37 盤點裝車，數量如何確定？枝數或重量？	補充說明：桂竹多用噸，其他多用枝。
	6. P42、P43 建議補充機械的規格、成本。	將補充。
	7. P45 培育蔴竹收穫人才，僅 6 人，偏少。綜合討論的內容需記錄受訓人所提出的問題。	由於不同參與者問題多樣，在現場回覆為主，但會綜合下報告當中。
	8. 蔴竹的其他利用，其試驗設計要說明。	將補充。
	9. P47 竹葉多糖或醣？	將統一用「醣」。

委員	提出之問題	回覆
	10. P48 註明 EPS 是什麼？寫出參與計畫者，可在參考文獻列出。	胞外聚合物, Extracellular Polymeric Substance。
陳財輝委員	1. 蔴竹的擇伐效率需多研究，民間全是皆伐。	謝謝指導。
	2. 高雄的某企業因碳匯佈局，需 100 多公頃的竹林。	在 2050 淨零碳排政策下，未來應有更確的作法。
	3. 作業道為臨時性，作業後要復舊，非固定性林道，應爭取不需簡易水保申請。	謝謝指導。
	4. Vermeer 等切片機的切削原理，應說明。	多數以內燃機帶動刀片高速旋轉切削破碎。
	5. 做其他利用，有發酵嗎？	有。所提供之木片，都已存放 6 個月以上。
	6. 建議做竹葉黃酮，要注意台灣的食品相關法規。	因此建議竹產業初步以較單純之產品工為主。
莊閔傑委員	1. 多糖應為多醣	將統一用「醣」。
	2. 做敷料用於畜產，用量是很大。	謝謝建議。
	3. 竹葉黃酮如為食品，要能符合相關規定。	謝謝指導。
	4. 確定採伐模式，對後續研究相當重要。	叢生竹(如蔴竹、長枝竹)皆伐。散生竹(如孟宗竹、桂竹)擇伐。
	5. 成本分析，雖然目前是虧錢，但還是要寫出，做為日後產業界的參考。	謝謝建議。
	6. 可去觀摩不同國家的伐竹方式。	謝謝建議。
	7. P47 其他利用，有很大的空間，可以深入。內容、基本條件要寫清楚。	將補充。
林弘基委員 (內部委員)	1. 建議介質加入竹碳。	目前沒有此部分構想，因為製碳的成本高，初步計上並不划算。
	2. 期待能產業化，如種火鶴的介質。	已朝向此部分進行，惟需要時間驗證。

委員	提出之問題	回覆
	3. 期末報告請更名農業部林業及自然保育署屏東分署。	將改正。
	4. P15、P16 圖 4 及圖 5 的採伐成本於本地是很高。	謝謝指導。
楊瑞芬分署長	1. 本分署已取得竹林的 FSC 認證，要 3 個面向多考慮，經濟面請多著墨，如租金。	謝謝指導。
	2. 六龜將建木料基地，可集中附近的廢竹料，再加工做成其他產品，達到循環利用。	竹林經營需要一定規模，例如 1000ha，每年可以提供多少原料給加工廠來規劃。
	3. 生物量：乾竹葉，羊會吃嗎？	本次並沒有進行此試驗。
	4. 請考慮後續研究，於期末報告中提出，如法規的調整、2 公頃的採伐限制、輔導機制等。最好是 3 年，有延續性的。	由於時間較趕，將於期末簡報時提出後續研究建議。

附件二：期末報告委員意見回覆

序號	委員問題	回覆
一	陳委員朝圳：	
(一)	建議增加中.英文摘要，及圖表目錄及結論與建議請再補充。	謝謝委員提醒，已補充。
(二)	內文中之參考文獻與 P61，參考文獻不符，建議檢視。	謝謝委員提醒，已補列。
(三)	計畫主要目的在於人才培育，訓練課程設計、教育訓練及薊竹產品，因此對於課程設計是否適當，可藉由教育訓練的實施取得回饋來修改課程設計。	謝謝委員提醒，已說明在計畫成果之中。
(四)	目前對於竹木的利用傾向於全材利用，因此對於薊竹之初級加工程序，可進一步整理敘述。	目前薊竹之全材利用構想上以能提高附加價值以及善用薊竹材料優勢為考量：如積層材、竹屑生物材料及竹葉。
(五)	造材與碎木之初級加工，對於竹木之加值及省工之現況為何？	人工收穫薊竹林已無法獲利及難以找到工人，目前利用機械方式伐竹及碎竹已有初步成果，竹稈加工上，需求有待業者需求拉動；竹屑及竹葉之加工由於投資不多，確實有商業化之潛力。
(六)	不同種類之竹，其利用是否有所不同？以薊竹其主要利用為何？	如表 1，最近開發利用者如積層材、竹屑生物材料及竹葉。
二	林委員裕仁：	
(一)	報告架構缺成果摘要，建議加入。	謝謝委員提醒，已補充。
(二)	參考文獻與報告內容要再詳細校正，如 P1 Liesel1985→1998，第一段缺參考文獻；第二段缺海關資料來源；最末段林試所(2017)缺參考文獻。	謝謝委員提醒，已修正。
(三)	P50 建議工作項目五「辦理竹林經營相關教育訓練」及項目六「培育薊竹收穫專業人才」合併論述及說明。	謝謝委員提醒，已更正。
(四)	P57 內容中許多圖示的編號要重新校正。	謝謝委員提醒，已修正。

(五)	簡報中 Slides17.19.24 照片宜加入期末報告。Slide19 是課程規劃內容，建議加入，以符合本計畫主要目的。	謝謝委員提醒，已補充。
(六)	簡報最末提及「荊竹產業發展建議」也建加入報告，以健全期末報告架構。	謝謝委員提醒，已補充於研究成果中。
三	陳委員財輝:	
(一)	完成期末報告要求。	謝謝委員肯定。
(二)	P6 引用文獻的說明，過分精簡而致語意不清，請再補充。(例如：以地下莖或基莖脛之延伸分成橫走莖或走出莖)	謝謝委員提醒，已修正。
(四)	P7 麻竹(<i>Dendrocaryum latifolius</i>)及孟宗竹之學名前已提過，不需再重複標明，煩請刪除。	謝謝委員提醒，已修正。
(五)	P9 全篇之單位請統一，ha→公頃或ton→公噸。	謝謝委員提醒，已修正。
(六)	P10 大都應為→大多及 P11 ha 之上標。	已修正。
(七)	P12 圖 4 應為圖 3，請修正。	已修正。
(八)	P12、P15，1 歲或 2-3 歲，應修正為 1 年生或 2-3 年生。	已修正。
(九)	P14 莖桿相互摩擦引起「火災」可能性不高？	已修正。
(十)	P52 畜牧用竹屑敷料的使用量效力如何？	目前尚未應用測試。
(十一)	P61 引用文獻之林維治(1976)似乎重複，請檢討修正。	已修正。
(十二)	屏東有木心板廠商，可尋求使用荊竹材料之運用。	謝謝委員建議。
四	莊委員閔傑:	
(一)	P51 竹屑敷料，如果雞不喜歡吃，效果如何	據使用者觀察反而有助於雞專心吃飼料。
(二)	未見結論與建議內容，未見中文摘要。	謝謝委員提醒，已補充。
(三)	文獻與內文應前後連結	謝謝委員提醒，已修正。
(四)	P55 文中未見「圖 23」，不是「圖一」。	謝謝委員提醒，已修正。
(五)	P54 未見圖 22 於文中說明，未見荊	於次段有說明，已修正。

	竹「多醣收率」？	
(六)	P56 文中”GPx”與圖中為”GPxla”不一致？	謝謝委員提醒，已修正。
(七)	P57 文中”圖 14”，應改為”圖 25”。	謝謝委員提醒，已修正。
(八)	P58 6.5 應改為 6。文中圖 17 應改為圖 26，未見圖 27 的說明。	謝謝委員提醒，已修正。
(九)	(九)P62 農傳媒(2018)，竹子做為國產材，...？請確認。	謝謝委員提醒，已修正。
(十)	表 2.....竹桿數。圖 2.....竹材稈數。全文”竹桿”或”竹稈”寫法請一致。	謝謝委員提醒，已修正。
(十一)	P13 全文的英文格式應一致，ex(over-congested)	謝謝委員提醒，已修正。
(十二)	2 種模式的英文，(the.....)，the 可刪除。	謝謝委員提醒，已修正。
(十三)	圖 6 文中所提與圖的內容不符合。	謝謝委員提醒，已修正。
五	林委員弘基	
(一)	建議補圖目錄及表目錄，中英摘要。	謝謝委員提醒，已補充。
(二)	P18.P19 文中圖編號再核對圖 7、8、9 等，另 P19 圖 9 是否為百萬人意外率，請再確認，另意外率 90 降至 35 是否加單位。	謝謝委員提醒，已修正。意外率為百萬人所發生之比率。
(三)	P55 每克荊竹葉乾重可純化 0.2g 多醣，請再確認量或加填充劑之重量。	謝謝委員提醒，已修正。
(四)	P52 圖 19 D、E、F 是否加入規格細、中、粗。	當時是用租賃的破碎機，無法調碎片大小，故無法在圖上標細、中、粗。
(五)	P53(F)應為不良小花數。	謝謝委員提醒，已修正。
六	朱副分署長木生	
(一)	請加摘要	已添加中英文摘要。
(二)	請以成果報告之寫法呈現。(P33、P35)‘	謝謝委員提醒，已修正。
(三)	各項成果之辦理過程之文件、照片、回饋，請整理檢附。	謝謝委員提醒。
(四)	P33(六)研發.....潛力的”荊”竹產品。	已修正。
(五)	P34(八)研發.....潛力的”荊”竹產	已修正。

	品。	
七	林委員湘玲	
(一)	P37 收穫技術與作業規範，建議可加上人次或工次，以利瞭解成本，或以此作業規範，應有幾人次、幾車次或幾台怪手，方能完成一定面積之竹林代採作業。	由於竹林收穫每個地點及工人、採取方法不同，效能和成本有很大的差異，要形成規範標準並不容易。
(二)	培育籐竹收穫專業人才，3 人以上，建議可從學員中擇優 3 人提出名單及聯絡方式。	現實上由於企業沒有穩定的工班，所以即使來參加的業主訓練完成，仍無法對目前伐採作業提供立即性的效果。故為加強竹林收穫之相關知能與安全規範，建議未來參加公私部門之竹林收穫作業之工作者，林業保育署各分署及各縣市政林林業部門，均要制定要求需定期參加此相關訓練才能進行相關工作為宜。
(三)	工作項目(七)示範籐竹收穫實作技術 1 式，有關示範 1 式於 P44 四，未描述說明，與 P30 說明會選址後搭配訓練課程進行實作技術示範，應予合併以利檢核。	謝謝委員提醒，考量現有機械設備之利用移動不便，以及竹林收穫相關法規申請的時效性，目前示範區設置於本校南方竹林，也都在此處進行學員各種教育訓練，相當方便。
(四)	結論與建議請補充。	謝謝委員提醒，已修正。
(五)	商家資訊，在不違反個資之情況下，請以附件方式補充。	本文提及之商家並無保密需求。
(六)	微型產業鏈的建構，在台灣是否可行？以 4 人工班可全年作業面積及產量及對應的產線端廠商。(印尼的經驗要轉化台灣適合之模式)	謝謝委員指導，竹產業有許展發展的型式，或許以創新的方式找出微型企業的模式。
(七)	對於培育專業人才所遇到之困境，可補充說明，在成果報告中呈現。	謝謝委員提醒，已補充。
八	楊分署長瑞芬	
(一)	有關摘要、檢討及建議，請補入成果報告中。	謝謝分署長提醒，已修正。
(二)	請將第 1 年、第 2 年，及第三年計畫執行之成果，補充至本計畫成果報告中。	謝謝分署長提醒，已添加於相關文獻回顧中。

(三)	下個階段之計畫，可配合計畫訓練專業技術人才，培養之專業人才帶領工班進行作業，並將開發之商品，透過企業技轉生產，增加竹材料源之使用，透過應用，才會有料源需求。	謝謝分署長指導。
-----	---	-----------------