

竹屑應用於菇類栽培

◎文、圖/農業試驗所植物病理組·陳錦桐(jtchen@tari.gov.tw)

◎林業試驗所木材纖維組·葉若璽

竹材的生產與利用

臺灣竹林面積有149,516公頃，佔林地面積約7.11%，其中以桂竹林、綠竹林、麻竹林、孟宗竹林、刺竹林與其他竹林等六種為主。由平地至中海拔山區，處處都可見到竹林，凡是民生食、衣、住、行、育、樂有關者，很多都以竹為材料，在早期，竹材從做為香蕉支柱、紙漿原料材、建築鷹架、竹屋、竹筷、竹筏、家庭各類箱籠等手工編織用具、樂器及農漁業用具等等，早年臺灣生產麻竹筍外銷美、日兩國，年出口達到5,000萬美元，然而自70年代以來，因大量的替代品取代竹材，經濟活動之轉型，生活水準與產業結構之提升，導致工資高漲，致使產業競爭力急遽降低，加上受到工資低廉之中國與東南亞國家產品的低價競爭影響，使竹材加工業紛紛外移。80年代後竹筍外銷市場已被大陸、越南產竹筍取代。根據行政院農業委員會對竹筍(不分竹種)的統計資料顯示，以竹筍生產為主的竹林種植面積，已從民國82年之32,552公頃最高後逐年下降，至民國98年降低為27,045公頃，共減少了5,507公頃。外銷市場的沒落，加上農林業人口的快速老化，致使臺灣竹類相關產業從過去的興盛到現在的漸行沒落與衰退，而竹林資源亦漸失管理與經營，甚至遭到荒廢而無法有效利用。

竹類主要以地下莖繁殖後代，竹稈不具形成層，新生竹自出筍後，脫籜成稈，生長極為迅速，單日最大生長量可達1公尺，數日

即可長成高數公尺至20餘公尺，之後不再繼續肥大生長，為植物界中生長最為迅速者。竹稈生命週期大致不超過10年，竹林一般4~5年生即達成熟，竹稈6年生以上即為過熟，若再不伐採利用，即會枯死、倒伏、腐爛，不僅竹林呈現老竹充斥之荒廢狀態，大幅降低竹林的生態機能。臺灣竹林依據其分佈之面積以麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)之面積最廣，約佔全竹林之52%，其次分別為桂竹(*Phyllostachys makinoi*)之25%、刺竹(*Bambusa stenostachya*)之18%、綠竹(*Bambusa oldhamii*)之2.5%和孟宗竹(*Phyllostachys pubescens*)之1.9%。竹林在地球上之垂直分佈橫跨4大氣候帶，其中以熱帶和亞熱帶之竹種與面積數量最多，其次為溫帶竹林和少許之寒帶竹林。和日本及東南亞國家相比，臺灣是唯一擁有竹林分佈於4大氣候帶之國家。由於氣候之不同，臺灣竹林之竹種分佈視地區之不同有所差異。北部地區以桂竹和綠竹為主要之竹種，中部地區以桂竹、麻竹和孟宗竹為主，南部地區則以刺竹、麻竹和長枝竹(*Bambusa dolichoclada*)為主。竹類之經營目標大致上可分成竹筍生產林、竹材生產林、庭園景觀栽植林和環境保護栽植林四大類。不同類別之竹林管理雖然作業上有所差異，但基本上砍伐老竹和整理竹林則是所有類別竹林經營上不可或缺之作業。老竹林之砍伐不但有利於新竹林之更新、生長與增加收入外，對桂竹、孟宗竹、石竹等還具有防治或減輕簇葉病之效果。為竹林更新及振興竹材產業，成熟竹林的砍伐經營

及提昇竹材多元利用成為現今重要的課題。

菇類太空包的木屑需求

臺灣菇類的栽培從1950年代政府推動洋菇栽培開始，正式進入產業化的新紀元，1994年後從洋菇的一枝獨秀進入多樣化的菇類栽培新紀元，如生產量較大量的香菇、金針菇、杏鮑菇、秀珍菇與木耳等菇類。由於不同菇種其栽培生產所需的材料及設備與過去洋菇栽種所用的稻稈堆肥床栽模式有極大差異，而香菇、木耳等這些菇類所用栽培為木屑太空包模式。近幾年來臺灣菇類栽培數量統計，其中以太空包栽培香菇，一年約有2億2,000萬包，杏鮑菇一年約有1億4,000萬包，秀珍菇一年約有1,500萬包，木耳一年約有5,000萬包，而以塑膠瓶栽培金針菇一年約有1億瓶，栽培的菇類種類超過30種以上，農糧署104年11月6日發布之統計資料新鮮菇類的年產值高達133億元新臺幣。臺灣現行菇類栽培除洋菇及草菇外，多以木屑為主要栽培介質，對於木屑的依賴度達90%以上，為支撐這樣的菇類產業發展，保守估計每年至少需要30~35萬噸的木屑。根據碎木業者的經驗，一公頃土地可產出約100至200公噸之木屑，平均約150公噸木屑，估算一年養菇所需砍伐的森林面積約2,367公頃。而以林務局104年統計年報的伐木面積為189.28公頃，其中種菇需要的闊葉樹林的材積約為6,135立方公尺，預估木屑量大約在4,601公噸，顯然不足以供應全年菇類生產所需。且菇農對於木屑的需求也不同，一般使用相思樹的木屑做為香菇太空包的主要原料；油桐、山麻黃等原生闊葉樹木，業界簡稱為雜木，這些木屑做為杏鮑

菇、金針菇、秀珍菇等其他菇類太空包的主要原料。雖然這些樹木多為中低海拔次生林木，但是仍引起環保團體的憂心，怕造成森林浩劫，而造成土石流、走山等危機，更不用說這些森林可以涵養的水份和碳吸存換成的經濟價值與生態價值。面對菇類產業的需求，而木屑取得有限的情況下，國內菇類栽培業者面臨木屑原料取得不易及成本上漲，最近幾年木屑已明顯漲幅超過50%，對於發展經濟與環保的衝突及如何克服這危機，正是國內菇類產業面臨刻不容緩的議題。

竹林的碳吸存價值

炎炎夏日氣溫不斷飆升，讓人不禁想到那翠綠竹林習習涼風吹拂的溪頭，在2016年臺北氣溫達到38.7°C高溫，是當地120年來6月份最高溫紀錄；世界氣象組織(WMO)的報告指出，2016年全球氣溫比工業化之前高出了1.2度。聯合國也表示，2016年將很可能是破紀錄最熱的一年，同時將是連續第3年的新高，聯合國糧食及農業組織的報告提到，極端天氣造成的農業和糧食安全損害影響了6,000萬人，大氣中的二氧化碳含量在2016年也打破了紀錄。在2007年ICPP(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)就已經提出警告，全球氣溫暖化的禍首-二氧化碳日益增加，二氧化碳排放之主因為大量燃燒石化燃料，林地用途變更為次，儲存林木中的碳素釋放於大氣層中，使二氧化碳濃度迅速上升，可能造成地球溫室效應增強及引發氣候變遷等問題，若持續目前二氧化碳排放之速率，預估至2100年，全球平均溫度將比工業化前增加1.9至4.6°C，

果然至2016年就已上升了1.2度，如何減緩大氣中二氧化碳濃度增加所產生的全球氣候變遷，被全世界所關注。在當今氣候變遷的環境下，竹類快速生長之特性，被認為可以有效率的捕捉並吸存大氣中的碳，進而達到減緩二氧化碳之目標，致使竹類的栽植與管理，已成為擴大森林碳吸存效益的重要方向。因此，以臺灣地狹人稠的土地環境，如想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，有達到在有限的空間裡，強化碳減量之效率。

2010年王仁等人整理過去調查研究資料顯示，臺灣孟宗竹林分於適當的生長條件下，一公頃每年可達碳吸存量為5.4兆克(megagram, Mg)，相較於熱帶森林和北半球溫帶森林來的有效率，故可應用於有限面積內有效提升碳吸存量的造林樹種。根據林裕仁等人推估臺灣主要林型之生物量與碳貯存量，人工林之針葉樹林型、闊葉樹林型及混交林型等之碳含量介於每公頃22,690~32,070公斤，而桂竹林之碳貯存量為每公頃47,180公斤，顯示桂竹林每公頃之碳貯存量尚高於其他人工林型。而洪千祐與顏添明分析臺灣地區人工針葉樹林、闊葉樹林和竹林之碳吸存量，也證實竹林具有較高吸存碳能力($5.47 \pm 3.84 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)明顯高於針葉林($2.69 \pm 1.04 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)和闊葉林($2.20 \pm 1.07 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)。竹子不同齡級之碳貯存量以3、4年生為最高。故在竹林經營中，必須適當伐除生理活動較弱之老齡竹，除了可提高竹林地之生產力，亦可提升竹林之碳貯存力。一般竹林大約3~5年即可成林，4~5年進行輪伐，若不適時伐

採，反而致使竹林衰退而降低林保護功能，砍伐的竹木，可做其他方面的應用。

開發竹屑作為菇類生產之新應用

菇類在分類學上屬於真菌界，是可以食用的大型真菌。菇類菌栽培所用碳源主要是鋸木屑、秸稈等富含纖維素、半纖維素、木質素等大分子物質，這些大分子物質被食用菌分泌的胞外酶將其分解成小分子物質而被利用。主要是因為菇類含有豐富的纖維素酶等。栽培菇類不一定得要砍伐林木，破壞水土保持，只要能提供纖維素、半纖維素與木質素的資材都有開發作為菇類栽培資材的潛力。因此利用農業廢棄物作為菇類栽培為常見的現象。臺灣竹林主要竹種有桂竹、孟宗竹、刺竹、長枝竹、綠竹和麻竹，資源相當豐富。竹材具有豐富的竹纖維素、半纖維素和木質素，其中竹屑乾物質中的纖維素含量高達49-50%，高於木屑，半纖維素的含量約為18~20%，而木質素含量為23%與雜木屑相近，竹材生長期很短，每兩到三年即可砍伐，砍伐後仍可繼續生長。菇類栽培即是利用木質素與纖維素等物質，竹屑(圖1)當然也可被菇菌利用，經生物轉化成可供人類食用的生鮮菇體。

竹屑質地堅硬，木質素含量高，對於需培育與出菇期較長的香菇較為合適，有利於香菇菌絲對竹屑基質培養料的緩慢分解、利用，而有利於多潮菇的採收。中國也有學者利用竹屑栽培香菇，發現出菇散生，菇質緻密脆嫩口感，除出菇略延遲外，菇的品質較厚，且產量與木屑相同。而陳養與陳秀炳等人先後將竹屑應用在黑木耳的栽培，將毛竹屑與一半的木屑混合一起成功栽培黑木耳分



圖1 竹材加工廠(左上)；桂竹屑(左下)；孟宗竹屑(右上)；麻竹屑(右下)。

別獲得生物效率達74.5%與79%的高產量，比單用木屑栽培的66.6%生物效率還高。筆者曾利用臺灣現有的幾種主要竹材，如桂竹、孟宗竹與麻竹的竹屑進行作為培育菇類之研究，結果發現這幾種材料都可以作為菇類栽培之主要材料，其中以孟宗竹與桂竹的竹屑供作菇類菌絲生長較佳，而麻竹屑則較差，在蠔菇出菇(圖2)產量表現上，也以孟宗竹與桂竹的竹屑表現較優，每框單周期產量達1.1~1.3公斤雖然目前仍與木屑培養所得的菇類產量每框1.5~1.6公斤略有所差異，只要進一步修正栽培配方與竹屑處理方式，相信一定可以獲得更佳的產能表現，對於利用此竹

屑栽培食藥用菇類將具有可行性與經濟性。

創造雙贏的竹產業與菇類栽培業

依據林務局104年統計資料臺灣一年有487.5公頃的竹林被採伐，預估有34,125~48,750公噸的竹材。目前用途並非作為菇栽培介質，但鑒於國內竹業產業逐漸沒落，如能引導部分竹材粉碎成竹屑，供應菇類使用，不僅有助於菇類產業的永續發展，對於竹業而言，也會有助益，如竹筍的產業必須要疏伐竹林，才有助於竹筍的產生，而採伐的竹材，除可供作竹製品外，也可將次級品粉碎作為菇類栽培之竹屑，而獲得應用價值。惟目前尚無專業竹材粉



圖2 不同栽培材料，桂竹屑(左上)、麻竹屑(左下)、孟宗竹屑(右上)與雜木屑(右下)栽培蠔菇出菇情形。

碎場可提供菇類栽培所需顆粒大小之材料，同時，此方面的應用栽培研究仍需相關部門支持深入研究，才會有助於太空包業者與養菇業者信任採用，對於整體產業鏈的架構完整才會整合串聯，相信未來可對臺灣菇類生產的原料供應提供助益，也可減輕對林木砍伐壓力。

食用菇類具獨特的風味和較高的營養價值已成為典型的健康食品，越來越受到廣大消費者的青睞，菇類產業已然為明星產業，創造極高的產值與農民收益，由於不同種菇類對於栽培材料的要求不同，加上臺灣資源有限，林木生長速度無法跟上伐木種菇的腳步；利用日益衰退的竹產業，將4~5年達成熟的竹木

進行輪伐開發作為菇類栽培資材，不僅有利於竹筍生產，活化竹林，也有助於二氧化碳碳吸存，同時，竹林具有優異的分佈極廣的根部系統及覆蓋面積，可以大幅的降低雨水流失涵養水源，也可避免泥土被侵蝕流失。結合竹業與菇業，不僅可解決二方面臨的問題，創造雙贏，又可有利於環境保育，具兼顧產業發展與環境永續的優點，值得投入開發。♻️