

# 香蕉假莖殘體多元應用 開發

撰文/趙治平·李淑英·陳昭源·鍾志鴻·陳威仁·李柏旻

## 前言

香蕉源自於東南亞之熱帶雨林地區，為高大之草本單子葉植物。係芭蕉科芭蕉屬作物，當今為世界上第四大糧食作物及第八大經濟果樹，多樣化之香蕉品種在人體機能保健、庭園美化及紡織產業上亦具相當應用性。臺灣因地處亞熱帶，各地區均可栽植香蕉及週年生產，在 60 年代大量外銷日本為我國賺取約 20% 之年度外匯。近年來我國每年之香蕉栽培面積約為 13,000 公頃，總產量達 290,000 公噸，栽培品種以一般市面上常見之香甜「北蕉」水果類華蕉為主，甜中帶酸之芭蕉則零星栽培，但用途均為鮮果且多行銷於國內市場。

由於受到小農栽培體制下不易計劃生產及天熱季節市場接受度低之影響，每兩三年 5-8 月期間易發生短暫性供需失調情形。預防香蕉供過於求之處理模式除加強宣導農民主產區南部春蕉與中部秋冬蕉之區隔及強化產期調節技術外，供過於求時期亦藉媒體廣為週知香蕉保健功能、促銷、團繕、軍中副食及公益用途，減少產地壓力，讓產地良品價格回穩。猶記 99 年 5-8 月夏季香蕉生產因受前一年莫拉克颱風嚴重危害之影響，各產區大量復耕栽植，導致 99 年夏季香蕉大出，良品產地平均價格低於 6.6 元 / 公斤監控價位。為此，農政單位啟動 95 機制專案以蕉農直接生產成本之 95% 進行補貼收購進行加工利用，保障蕉農收益。同時以專案計畫拓展 2,000 公噸香蕉至海外市場，讓香蕉收購價格於 7 月

起回到 10 元 / 公斤以上。故如何開發加值技術增進香蕉產值及蕉農收益，確保社會安定實為重要改善課題。

據估算，國內每年香蕉採收後之殘莖（假莖）組織鮮重約為 1,524,000 公噸。每株殘莖約 60 公斤重，蓄留在田間雖可在短期間藉其母株營養促進繼代吸芽（宿根）蕉株之成長，也面臨衍生腐爛及象鼻蟲孳生等問題或因截切殘段處理頗為費工，影響田間工作進行及出入。因此，如何以較有效之方式，將蕉株採收後之殘莖未利用資源妥善應用，產生加值利用功能，有待積極探討。本文將說明初步利用香蕉殘莖於 1. 香蕉汁液發電生產綠能；2. 榨汁後香蕉再生纖維開發研製天然環保衣物科技；及 3. 殘渣乾燥粉末培養食用菇類及其可用於提升魚蝦存活免疫力之多醣體的多元研發現況，期能有效提高香蕉產值，強化我臺蕉產業競爭力。

## 香蕉假莖及汁液發電系統開發

我國以農立國，然農業發展長期面臨生產成本高及價格不易穩定等問題。加上全球氣候變遷衝擊下，不僅穩定之自給自足供銷體系不易達成，臺灣夏季增溫及極端氣候對供電穩定度的衝擊也不容輕視。能友善環境且可永續發展農業的新興能源亟待開發，故農業與新型能源開啟了合作契機。當前生質能是全球第四大能源，供應 14% 的初級能源需求，也提供了開發中國家 35% 的能源。「綠色能源

開發及利用」為全球目前極為重視之「生活、生計及生態」三生兼具之農業策略，臺灣有 98% 以上能源仰賴進口，由於屏東位於南臺灣且終年獨具高溫及充足陽光優勢，近年來在農漁業地區利用太陽能種電提升農民收益及保育生態上已有良好績效。2013 年，荷蘭瓦格寧根 (Wageningen) 大學指出許多植物具有極高的發電潛力，且具相當環保特性。這種低成本的發電技術在未來幾年將會普及化，因為它不像核電、火力發電或水力發電具有高成本，同時汙染或破壞環境生態之危險性，也比太陽能發電成本低。更是可以 24 小時不間斷供電，較太陽能電池優越。

近期由逢甲大學電資學院研究資料發現，香蕉假莖其組織汁液含量常達 80% 以上，且因其有機酸及電解質含量極高，是供作植物電池的好材料。為此，財團法人臺灣香蕉研究所與逢甲大學電機工程學系合作進行香蕉假莖汁液發電系統開發，將國內目前華蕉系主要經濟栽培種「北蕉」類蕉株採收果品生產後之剩餘殘莖等未利用資源(圖一)，依據逢甲大學蕉汁發電專利技術，將縱切成約 60 公分假莖片榨汁及過濾，可藉銅及鎂電極連結至含汁液之電解槽產生電壓(圖二)。成果顯示利用銅-鎂電池串並聯組合方式建置香蕉殘莖汁液開發發電系統，可穩定持續 24 小時發電電壓 10.5 伏特，最大電流量 7.5 安培，發電密度 45.83 - 55.55 W/m<sup>2</sup>。將抗菌劑 (3% NaCl) 添加至香蕉殘莖汁液，可穩定汁

液品質，維持穩定發電電壓約 3 天，並使每天之發電效率提高 14.5 倍。未來蓄集之電能除能以並聯設備及轉換器將直流電轉為交流電，供應財團法人臺灣香蕉研究所使用外，多餘綠能電力可送至臺灣電力公司市電系統，比照經濟部能源局太陽能收購方案以每度 6.7 元以上價位收購，並具供電穩定性(表一)。此外，目前已成功開發榨取香蕉假莖汁液及光電供應設備，可產生約 5 伏特 (V) 之電壓供手握式 LED 燈及手機充電(圖三)。發電後鎂棒電極產生之代謝產物如氧化鎂，可再純化成為三級產品原料，增加產值，同時發電後的廢液因無重金屬汙染之虞且富含有機質，研判在田間可具液肥功能，減少用肥成本。利用脫膠技術，可將殘莖葉鞘片上之黏稠膠質移除並萃取出白化之香蕉纖維(圖四)，作為紡織原料，提高附加產值。

### 香蕉纖維紡織產品開發與產業化利用

我國每年香蕉採收後，估算可收集之香蕉假莖與葉片之未利用資源若扣除香蕉植株含水量，纖維原料年產量乾重約 26.6 萬公噸。因香蕉纖維素纖維屬植物再生纖維中之「非木材系」產品，具有栽種採收期程短、成本低及廢棄物利用等環境親和特徵，在標榜環保減碳的國際大趨勢環境中，遠較一般石化物衍生性合成纖維，更具市場價值與環保意義。

在菲律賓利用純粹生產香蕉纖維用途之纖維



圖一 香蕉採收後殘莖之收集及榨汁



圖二 榨取香蕉假莖汁液製成原始電池後，可產生約 5V 之電壓供手機充電



圖三 香蕉汁液發電系統示意圖（左）及可供手機充電之原始手電筒(右)



圖片來源：逢甲大學。

圖四 香蕉汁液萃取脫膠後之白色纖維

蕉（亦稱馬尼拉麻）品種，在紡織工業長期以來亦具相當經濟重要性。日本日清紡織公司於 2005 年，以 30% 香蕉纖維混紡 70% 純棉成功製出具優良特性的香蕉纖維混紡衣。2013 年，印度更於香蕉纖維展銷會上首次推出 100% 香蕉纖維布料製品。然全球自水果用途之華蕉類品種增值利用香蕉纖維的則甚少研發，同時國內對香蕉纖維大量開發應用也很有限，目前只有花蓮噶瑪蘭族手工零星剝取有限之纖維用於生產裝飾或文創產品。

目前財團法人臺灣香蕉研究所亦與紡織產業綜合研究所跨領域合作研究以傳統上多未有效利用之採收後香蕉殘莖為素材，開發再生纖維素纖維成

表一 各種再生能源發電效益比較

再生能源種類	發電成本(元/度)	土地資源需求	穩定供電能力	設備利用率(%)
陸上風力	2.6	大	低	15
離岸風力	5.6	小	中	25
太陽光電	4.9-7.2	大	低	15
淺層地熱	4.9	中	高	90
香蕉汁液	5.4	小	高	95

資料來源：逢甲大學。



形技術，利用乾噴濕式紡絲方法製備一天然非木材系再生香蕉纖維。先期建立纖維素的脫膠技術，降低香蕉假莖纖維之中木質素與膠質等雜質含量，並擬針對香蕉假莖纖維尋找合適溶解條件；中期建立濕式紡絲方法相關製程參數，包含纖維素黏液黏度調控、紡絲溫度、拉伸速度等；後期評估再生纖維的相關纖維強度、生物安全性與功能等測試，進而利用獲取之香蕉纖維製成兼具臺灣本土特色、友善環境及優越吸濕性與懸垂感的紗線與紡織品（圖五），有效提升香蕉殘莖未利用資源之再生加值。未來將更進一步將提取的香蕉纖維用於紡紗、奈米、醫療和複合材料的生產運用，逐步降低國內紡織產業對石化原料的依賴，開發臺蕉產業之多元環保型產品，及降低溫室效應對全球氣候變遷所造成的影響。

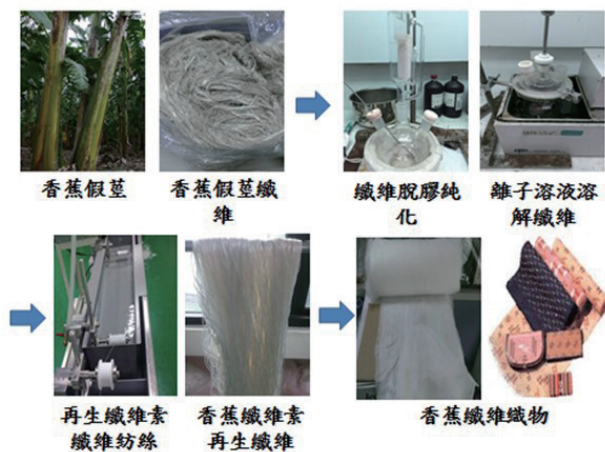
## 香蕉殘渣培養食用菇類及多醣體生產應用

依據國內白蝦及魚體養殖研究資料顯示，多醣體作為水產飼料添加物，可明顯加速其生長及存活率，增加水產產量及收益。林氏 2010 年研究發現，以「北蕉」殘莖乾燥粉末為菇類雲芝（白腐菌）或培養基蔗糖主碳源，可獲得多出 4-8 倍之胞外多醣體。

財團法人臺灣香蕉研究所也因此與屏東科技大學生物機電工程系合作評估香蕉殘莖在食用菇類培養及其多醣體生產應用之功能。利用國內主產之「北蕉」類蕉株殘莖，榨汁後將殘莖乾燥及磨成 1-20 不等大小粒徑粉末培養雲芝 1-20 天後，初步發現 1. 以 27.6% 碳氮比配置之 10 mm 大小顆粒之香蕉粉末為液態培養基全碳源，培養雲芝菌絲體 16 天後之胞外多醣體和  $\beta$ -葡聚糖（多醣體重要成分之一）生成量（0.16 mg/L 和 0.08 mg/L）最多（圖六）。2. 以香蕉乾燥殘渣取代 25% 木屑製成之太空包，鮑魚菇生長出菇情形也較良好。

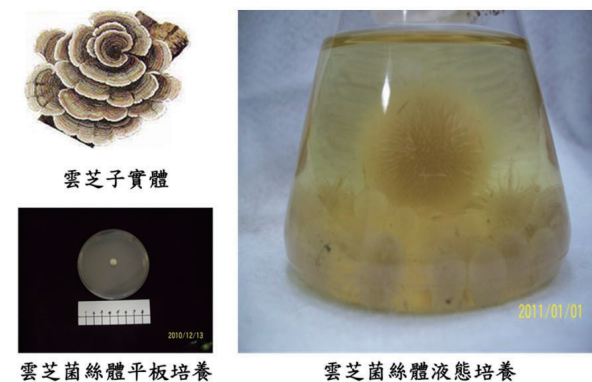
## 結論

由一年來「香蕉假莖殘體多元應用開發」之跨領域合作，初步已知以往在臺灣多未有效利用之採後蕉株殘莖，在綠能發電、天然纖維供應及水產養殖飼料均具加值潛能，然其經濟效益有待精確評估。依據逢甲大學之估算，每公頃種植密度約 1,800 株之蕉園，採後殘莖在正常管理情況下，產生之綠能可達 24 度（1 度 = 1,000 瓦特）／公頃／天。臺電公司若以 6 元／度價位收購，財團法人臺灣香蕉研究所目前 34 公頃之生產專區，在正常經營及採收



圖片來源：財團法人紡織產業綜合研究所。

圖五 香蕉纖維紡織品技術開發暨產業化規劃



圖片來源：屏東科技大學。

圖六 雲芝菌絲體利用香蕉假莖乾燥粉末為全碳源液態培養之情形

情況下，約 8 年可將綠能發電設製成本回收。若確實具經濟效益，未來香蕉綠能發展將先朝蕉園集中地區之農民合作社或大型專區蕉園進行推廣較為妥當。除此之外，當今許多開發中國家之香蕉產業極為重要，若能藉由香蕉殘莖簡易綠能電池技術輸出協助，對許多偏遠地區或缺乏電力之蕉農生活也能產生明顯改善成效。104 年底，利用香蕉殘莖萃取再生纖維首次生產之 100 件混紡運動衫亦將問世。至於另將假莖乾燥磨粉為雲芝等菇類培養介質成分，進而產生多醣體做為水產養殖之效益亦待繼續試驗評估。

## 誌謝

本研究所承蒙行政院國家科學暨發展基金管理會 103 年度補助計畫「臺蕉產業加值鏈之建置」經費補助特此誌謝。

AgBIO

趙治平	財團法人臺灣香蕉研究所	所長
李淑英	財團法人臺灣香蕉研究所	助理研究員
陳昭源	財團法人臺灣香蕉研究所	助理研究員
鍾志鴻	臺灣電力公司	逢甲大學 資訊電機學院 博士
陳威仁	財團法人紡織產業綜合研究所	研究員
李柏旻	屏東科技大學	生物機電系 副教授

## 參考文獻

1. 王伯徹 (1990) 藥用真菌系列報導(八)雲芝。食品工業，22(10)：59-62。
2. 公共電視 (2013) 荷蘭研發植物電池-綠能新突破。
3. 林占山 (2011) 以香蕉假莖成份培養基對誘導雲芝產生Laccase 及胞外多醣 體之探討。國立屏東科技大學生物機電工程系碩士論文：52。
4. 李淑英、陳昭源、趙治平 (2013) 臺灣香蕉種原多元化與栽培管理。臺灣博物季刊，32(2)：24-33。
5. 黃德季 (2010) 氣候變遷對臺灣能源供給的沖擊。臺灣財經評論，電子報 154期。
6. 劉秀美 (2007) 利用農業廢棄物接種白腐真菌生產多功能的木質素分解酵素。國科會成果報告：4。
7. (2005) 農委會「農業生物技術領域策略規劃」－水產養殖關鍵生物技術。臺灣經濟研究院：35-46。
8. Aziz N.A. A., L.H Ho, B. Azahari, R. Bhat, L.H Cheng, and M. N. M. Ibrahim (2011) *Chemical and functional properties of the native banana (Musa acuminata × balbisiana Colla cv. Awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours*, *Food Chemistry*, Volume 128, Issue 3 : 748-753. ISSN 0308-8146.
9. Benítez A.N., M.D. Monzón, I. Angulo, Z. Ortega, P.M. Hernández, and M.D. Marrero (2013) *Treatment of banana fiber for use in the reinforcement of polymeric matrices*, *Measurement*, Volume 46, Issue 3 : 1065-1073. ISSN 0263-2241.
10. Ensman, R., T.R. Hacker, and R.A.D. Wentworth (1988) *Vegetable voltage and fruit "juice": An electrochemical demonstration*. *Journal of Chemical Education*, 65 : 727.
11. Muske, K.R., C.W. Nigh, and R.D. Weinstein (2007) *A lemon cell battery for high-power applications*. *Journal of Chemical Education*, 84, 635-8.
12. Sy-Ruen Huang, Chih-Hung Chung, Hoang-Jyh Leu, Chow-Yen-Desmond Sim, Chiu-Yue Lin, (2015) *The Living Banana Plant as a Long-lasting Battery Cell*. *International Journal of Green Energy*, Accepted, Feb.