



菇·類·發·展

◎農試所／陳錦桐·林試所／葉若璽

菇類的藍色經濟

咖啡渣

前言

一九九四年《藍色經濟》(The Blue Economy) 作者、比利時科學家、世界知名經濟學家剛特·鮑利 (Gunter Pauli) 先生，提出創新的「藍色經濟」模式的重要概念，有別於大量消耗能源的「褐色經濟」和單純追求生態卻可能要付出極大代價的綠色經濟 (Green Economy)，而以倡導向自然學習，仿效生態系統的方式解決現實問題，綜合利用各種資源 (包括所謂「廢物」)，獲取多重效益，推廣以無廢棄、零污染、低成本的方式來解決環境問題，以使社會經濟發展的同時也能使生態環境保持平衡。在國內循環經濟的概念逐漸受到重視，循環經濟是一個資源可恢復且可再生的

經濟和產業系統，隨著人口增長，都市化程度愈高，自然資源日益損耗，引發氣候變遷，自然生態逐漸惡化，產業大量廢棄物等各種問題的嚴重性急遽升高。在農業上如何能永續經營發展，翻轉過去的「線性經濟」，發展「循環經濟」，臺灣農業才能生生不息，永續發展，蔡英文總統在去年的就職演說中表示，不能再像過去，無止盡地揮霍自然資源及國民健康，「要讓臺灣走向循環經濟的時代，把廢棄物轉換為再生資源」。以往的線性經濟著重大量生產、大量消費，卻忽視製造大量廢棄物的生活模式，已經超出環境可負荷的範圍，因此，如何有效使用資源，成為國家當前發展的重要課題。

國內菇類產業的發展與栽培原料瓶頸

隨著國人的生活水平提升，近年來養生保健風氣逐日盛行，生鮮菇類年產值由民國九十九年 73 億元至一〇五年達 130 億元，成長近一倍。因此，食用菇類產業在最近幾年發展相當快速，菇類是一種食用真菌，其生長所需要的營養物質，主要是分解利用纖維素 (cellulose)，半纖維素 (hemicellulose) 與木質素 (lignin) 等物質，菇類栽培基質的成分可分為主料和輔料。主料是指栽培基質中占數量比重大的碳素營養物質如木屑、稻草、稻殼、牧草類、玉米桿等。在栽培基質中配量較少、含氮量較高、用來調節培養料的碳氮比的物質則為輔料。整

體而言臺灣菇類產業價值鏈可分為三大區塊，上游為農業試驗所與相關研究單位組成，進行菇類品種與相關栽種技術開發，中游生產部分為太空包／木屑瓶生產，下游部分則主要包括盤商、加工應用業者與銷售通路商。國內菇類栽培生產以太空包為主，臺灣太空包場約有 85 場，其中香菇製包業者約為 29 場，杏鮑菇 25 場，木耳 18 場，秀珍菇 14 場，再加上金針菇瓶栽場約 22 場，合計約 108 家，栽培材料主要都以木屑為主料，每年使用木屑量高達 30~35 萬公噸。消耗巨量的木屑來供應菇類生產，這樣的生產結構對整體環境的影響很大，加上近年來溫室氣候效應，愈來愈多極端氣候頻現，讓許多學者擔憂，如何減碳維護生態平衡，同時國內林地保護政策，使得養菇木屑不足的部分只能依賴進口，也因此，木屑在這幾年價格上漲近 1 倍，也對菇類生產造成壓力。菇類的生產只能用木屑嗎？答案是否定的，大

部分的菇類是屬於白腐真菌 (white rot fungi)，對具有木質纖維類的基質，基本上都可以替代木屑作為栽培菇類之用，根據 Fu 等人 (1997) 指出菇類的菌絲生長與產生子實體，主要是依其本身產生水解與氧化酵素分解轉化纖維素，半纖維素與木質素等成為可吸收的之低分子量營養成分能力有所差異，有鑑於此，必須調整菇類栽培材料，不同的菇類對於栽培的介質有不同的需求，如洋菇 (*Agaricus bisporus*) 喜好在發酵完成的堆肥上生長，而草菇 (*Volvariella volvacea*) 則能生長在新鮮或未發酵的植物殘體上，如日本森產業株式會社除了香菇用櫟木與北海道楠木作為栽培主料外，而其他菇種則採用以玉米芯原料，進行栽培，都是很好的案例。近年來政府也在推動循環農業，對於許多農業廢棄物希望循環再利用，菇類具有高效率的木質纖維酵素分解能力，在這方面扮演重要的角色可友善環境，並找到永續發展之契機。目前

常被開發的農業廢棄物如蔗渣、稻草、牧草類、玉米穗軸及果園之廢棄枝條等外，本文則是針對隨時代日增的生活嗜好品咖啡所產生的廢棄物～咖啡渣，探討農業資源廢棄物導入菇類生產以取代木屑作為栽培介質，降低對木屑依存度的可行性。

咖啡的產量與產值

咖啡原產於非洲衣索比亞，如大家耳熟能詳的故事，一個牧羊人發現他的羊吃了一種豆子之後，變得非常興奮活潑，繼而發現咖啡 (圖1、2、3)。全球主要的咖啡生產國家為巴西和越南，二〇一五／二〇一六年度，巴西的咖啡產量為 296 萬噸，占全球咖啡總產量的 32.3%，越南的咖啡產量為 174 萬噸，占全球咖啡總產量的 18.9%。二〇一六／二〇一七年度全球咖啡產量將近 940 萬噸。近年來，全球咖啡消費量逐年上升，二〇一二／二〇一三到二〇一五／二〇一六年度的年均複合增

長率為 2.27%，預計未來全球咖啡消費量將繼續保持上升的趨勢，二〇一二/二〇二二年度全球咖啡消費量將超過 1,000 萬噸。在世界三大無酒精飲料～咖啡、茶、可可之中，咖啡不論產值與產量都是最高的，是僅次於

石油為全球第二大的貿易產品，消耗量是可可的 3 倍、茶的 4 倍。在二〇一四年估計，全球消耗了約 900 萬噸的咖啡，產值更為驚人，高達 1,000 多億美元，相當於 3 兆新臺幣。

臺灣咖啡的消費與生產

清晨在濃濃的咖啡香裡醒來，喝上一杯香醇回甘的咖啡，開始一整天的工作。繁忙的生活步調，臺灣上班族幾乎人手一杯現煮咖啡，這似乎已是常見的景象。根據 ICO (international coffee organization 國際咖啡組織) 二〇一四年於倫敦發表的

《東亞和東南亞咖啡消費量：1990-2012》報告，臺灣自二〇〇〇年以來，每年平均進口的咖啡約為 2,172 萬公斤，是一九九〇年代時，咖啡年平均進口量的兩倍之多。每人平均消耗量也顯著增加，從一九九〇年代時，每人平均咖啡消費量 0.4 公斤，到二〇一二年，每人平均已超越 1 公斤。臺灣平價新鮮現磨咖啡，已成為臺灣普羅庶民文化的一環，精品咖啡、手沖咖啡更成為新興時尚。由於臺灣消費水準提高、喝咖啡的文化逐漸普及，加上飲用咖啡的年齡層下降，市場穩定的擴大，每年維持將近 7~8% 的成長



圖說：1. 阿拉比卡咖啡樹
2. 咖啡樹開白色的花
3. 咖啡豆由綠轉紅 (成熟)



↑圖4. 去皮拋光的生咖啡豆與熟咖啡豆
→圖5. 香醇回甘的咖啡



率。且臺灣擁有全世界密度最高的便利商店，隨處可見的便利商店 24 小時提供現磨咖啡，以 7-ELEVEN 為例自二〇〇四年推出 CITY CAFE 連續 12 年來，逐年成長，營收自二〇〇四年的 9,000 萬元增加到二〇一六年 118 億元，總銷售杯數高達 3 億杯，顯見國內咖啡市場成長力道相當驚人。單單在臺灣，咖啡每年產值竟可高達 600 億元以上。

隨著國內咖啡的銷售火紅，這 10 年來，國內咖啡栽培面積亦快速成長，在一〇二年約有 832 公頃，年產量約 824 公噸，主要分布在

南投縣、臺東縣、屏東縣、嘉義縣及雲林縣等縣為主。臺灣每公斤生豆之產地價格約 500~700 元，烘焙豆每公斤約 1,000~2,200 元。臺灣咖啡生產成本高，帶殼咖啡生豆每公斤生產成本為 383 元，加計去殼費用，每公斤之生產成本約為 400~450 元，相較進口咖啡生豆平均進口價格每公斤約 100~150 元，相差約 4~5 倍，較難與國際競爭。

驚人的咖啡消費與廢棄物
最初從咖啡樹摘下紅色果實，經過去皮、去膜後成為生豆 (圖 4)，經烘焙成油亮、褐色的咖啡豆 (熟豆，圖

5)，再研磨成咖啡粉到沖泡完成咖啡，這過程要會生兩部分廢棄物。大部分廢棄物在農場產生，主要是因取得咖啡豆而去除的咖啡果肉，其次自沖泡過後的咖啡渣。據調查二〇〇八年全球咖啡的年消費量是 134,000,000 袋 (一袋 60 公斤)，至二〇一五年達 147,990,000 袋，粗估棄置的原物料多達 2,595 萬噸，而每批咖啡原料都有 99.8% 變成廢棄物，只有 0.2% 變成要喝的咖啡，而產生的咖啡渣也高達 920 萬噸。如果當成廢棄物會是不值錢的垃圾，但是逆向思考把它當成是資源物則會開啟

了一個前所未有的商機，以二〇一六年臺灣咖啡豆進口量達 3 萬公噸加上本土生產 824 噸，一年初估咖啡渣量接近 3 萬公噸，如何妥善的應用農業廢棄物開發出循環再利用價值。

咖啡渣的利用價值

咖啡磨粉沖泡完成後剩下的就是咖啡渣(圖 6)，咖啡渣主要成分為固形物 35.6%、粗蛋白 3.6%、粗脂肪 5.6%、灰分 1.54%、碳水化合物 12.6% 與粗纖維約含 12.8%，擁有菌類喜愛的成分，非常適合菌類生長，目前許多國家都把咖啡渣製作

堆肥再利用，而多數是當作垃圾丟棄，甚為可惜。近年來咖啡渣的用途逐漸受到重視，國際上也有相關應用研究，如哥倫比亞的拉不甘薩理工大學農學院 (Polytechnic Institute of Bragança, School of Agriculture) 與波多大學 (Porto University) 的研究團隊將土壤混合 30% 的咖啡渣堆肥後，能顯著增加萵苣的乾重 (將萵苣烘乾除去水份後的重量，評估萵苣產量的指標)，同時也能加速萵苣的生長速率，測量移植後 39 天的萵苣乾重，使用咖啡渣堆肥進行栽培的萵苣，重

量是對照組的三倍多。林以萱 (2014) 利用經太陽能真空管前處理咖啡渣可將鉛去除達 99% 的效果，此結果與義大利材料科學家黛絲碧娜·費戈莉 (Despina Fragouli) 發現咖啡確實能有效地過濾水中的鉛與汞重金屬物質結果相似。而南韓國立蔚山科學技術大學 (Ulsan National Institute of Science and



→圖6. 沖泡咖啡後的咖啡渣



↑圖7. 咖啡渣栽培出白嫩優質的杏鮑菇

Technology, UNIST) 的研究團隊，將咖啡渣預處理，與氫氧化鉀 KOH 混合，並在反應爐加熱至 700~900°C，讓咖啡渣轉換成捕捉碳的材料，約一天不到的時間，便成為一個穩定的碳捕捉器，讓咖啡渣搖身一變成為「溫室氣體貯存器」。筆者利用咖啡渣作為栽培主要材料進行杏鮑菇的栽培出菇試驗，以 70% 咖啡渣添加 30% 的米糠等添加物，製作杏鮑菇的栽培瓶，經接種杏鮑菇菌種後在 23°C 培養 26 天，杏鮑菇菌絲就可長滿栽培瓶，

以低溫 16°C 刺激出菇，發現菇體結實 (圖 7)，每瓶產量達 185 公克，生物學效率高達 81%，不輸現行用木屑栽培杏鮑菇每瓶產量 160~190 公克，顯示咖啡渣確實可以應用到杏鮑菇的栽培，同時產量媲美木屑，栽培過程不但降低成本，更可減碳及資源再利用，達到零廢棄、資源循環再利用，環保與農業雙贏的目標。

結語

「喝一杯含有豆蔻的咖

啡，我能拯救世界」這是比利時創業家剛特·鮑利 (Gunter Pauli)，在他的新書《藍色經濟—我的零浪費小革命》當中鼓吹的精神。這二年政府不遺餘力的大力推動循環農業，妥善的應用農業廢棄物開發出循環再利用價值與友善環境，這種有別於綠色經濟，藍色經濟不仰賴政府補貼，也不要求消費者購買昂貴的節能產品。只要用點巧思，人類就能減少污染，化腐朽為神奇，達到節能減碳的目標。

參考文獻

- 剛特·鮑利 (Gunter Pauli)。2011。天下。藍色革命：愛地球的 100 個商業創新。102-103 頁。
- 羅麗聰。2009。關於咖啡的 10 件事：它是被山羊發現的。環球科學。環球科學編譯。
- Chavan, A. A., J. Pinto, I. Liakos, I. S. Bayer, S. Lauciello, A. Athanassiou, and D. Fragouli. 2016. Spent Coffee Bioelastomeric Composite Foams for the Removal of Pb²⁺ and Hg²⁺ from Water. ACS Sustainable Chemistry & Engineering.
- Gomes, T., J. A. Pereira, E. Ramalhosa, S. Casal, and P. Baptista. 2013. Effect of fresh and composted spent coffee grounds on lettuce growth, photosynthetic pigments and mineral composition. <http://hdl.handle.net/10198/8719>.
- Mussatto, Solange I.; Machado, Ercília M. S.; Martins, Silvia; Teixeira, José A. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. Food and Bioprocess Technology. 2011, 4 (5): 661-672.
- Tokimoto, T., N. Kawasaki, T. Nakamura, J. Akutagawa, and S. Tanada. 2005. Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass. Journal of Colloid and interface Science, 281(1), 56-61.

