

1 電子顯微鏡下之生物炭的表面和孔隙結構圖，
Bar=100 μ m (摘自 Jaafar 等人 2014 之研究)

淺談生物炭於農業之應用

前言

近年來因氣候變遷、全球暖化與長期慣行農耕對農業環境的影響逐漸受到重視，無論是政府單位的研究或農友的農業操作行為，皆朝向環境保護、友善農耕、循環農業、永續利用的理念進行。在這些理念下為了生產高品質產量之農產品，農業操作行為已由投入大量化學肥料、農藥來增加作物品質、產量，轉變為注重改善土壤物理性質、土壤生物相，增加肥料有效性、農田土壤永續利用等面向，因而使得微生物肥料、生物炭等議題逐漸受到關注。

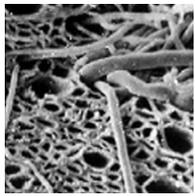
諸多研究已證實生物炭可以增加土壤通氣性、減少溫室氣體散逸、改善 pH 值、增加作物營養的吸收率、土壤物理及化學特性之改變、增加土壤中有益微生物生長等功能。此外，生物炭成為了串聯農林剩餘資材與作物栽種的重要橋樑，使得農業形成自立循環經濟之一環，本文即針對生物炭的特性及其於農業之應用作介紹。

作者：陳盈蓁 研究助理、
徐仲禹 助理研究員、
倪禮豐 助理研究員
作物環境課
土壤肥料研究室
電話：(03)852-1108 轉 3700

生物炭定義 / 特性

生物炭 (Biochar) 主要係農林資材於不完全燃燒後生產之炭產物，近年來因環境意識抬頭，生物炭原料從傳統木材轉變成農林剩餘資材，而製備原料不同會造成製成的生物炭性質有所差異，以國內而言炭化稻殼係為相關試驗研究較豐碩的生物炭原料。

生物炭有多孔隙之特性 (圖 1)，使其具有吸附大分子的能力。於土壤中添加生物炭能調整土壤中養分的可利用性及物理、化學性質，亦會影響到農作物與菌根菌之間的交互作用，生物炭還能作為可提供微生物棲息地，並作為防止食用菌絲的動物侵犯的避難所。



生物炭可增加肥料吸收及提升農作物品質

諸多研究結果皆顯示，施用生物炭可以增加土壤中植物可吸收之磷、鉀等營養元素，以及增加土壤酸鹼度或是改善農作物之生長狀態，而增加酸性土壤之酸鹼度亦有利於提高營養元素的有效性。台灣研究文獻中又以炭化稻殼應用於農作物研究較多元（表一），台大研究團隊發現，於盆栽土壤中施用炭化稻殼，大豆幼苗之生長情形較未施用者佳，炭化稻殼的施用會顯著增加土壤酸鹼度、有效性磷、鉀以及有機質含量。此外，也有研究指出施用炭化稻殼，可有效降低土壤溫室氣體排放通量。研究亦發現小果番茄及甜瓜栽培期間，施用炭化稻殼可使作物提早開花、可溶性固型物增加及降低裂果率。

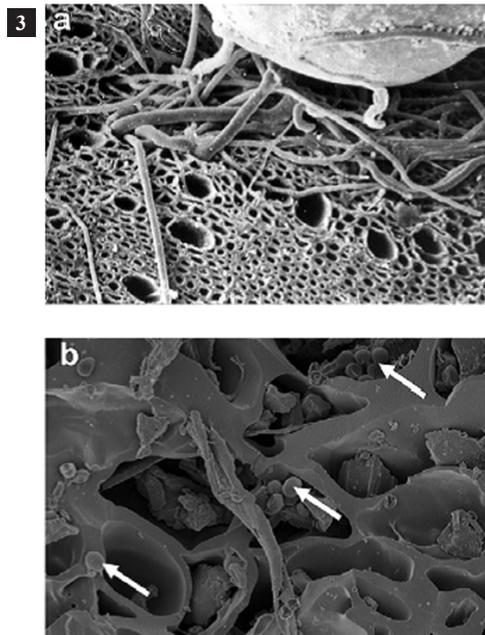
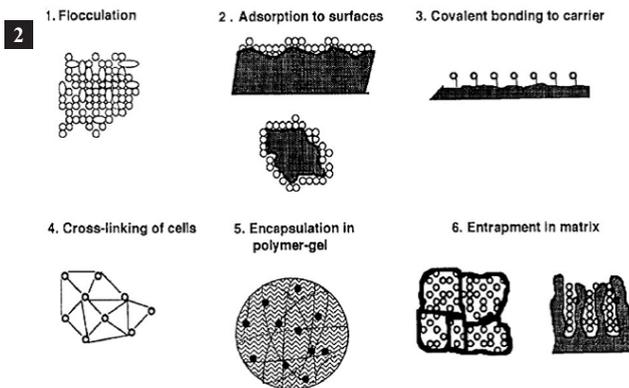
除以稻殼為生物炭原料外，亦有研究將相思樹製成生物炭，利用於小白菜栽培，可增加小白菜的重量，或以咖啡渣、蔗渣製成之生物炭，可使油菜苗對營養源素的吸收增加。顯見雖生物炭原料不同，但將生物炭添加於土壤中，對作物多有正面影響，可提升產量或品質。

增進土壤微生物生長

施用生物炭除能增加作物對於養分的吸收，亦可增進土壤微生物的穩定性及多樣性，義守大學及屏東科技大學研究團隊指出，生物炭並非施用越多越好，以 1% 堆肥搭配 2% 生物炭共同施用，相較於 1% 堆肥搭配 4% 生物炭，具有較為良好的微生物族群結構穩定性，其微生物族群豐富度最高。

表一、生物炭應用於農業之影響及效益

試驗	生物炭	用量	作物	影響及效益
盆栽	炭化稻殼	0, 5, 10%; 0, 10%	大豆	稻殼生物炭的施用會顯著增加土壤酸鹼度、有效磷、有效鉀和有機質含量，而施用稻殼生物炭的大豆幼苗比未施用者生長顯著較好。
果園	炭化稻殼	10kg/ 株	印度棗	單果重甜度約 13.83° Brix，平均單果重達 90 g 以上約佔 91%。
果園	炭化稻殼	1,200-2,400 公斤 / 公頃	甜瓜	可有效控制氮素及氧化鉀之比例且裂果率低。
果園	炭化稻殼	2,400-4,800 公斤 / 公頃	小果番茄	施用炭化稻殼可提高果實品質可溶性固型物 0.5-0.7° Brix，且可穩定其生產品質，單位公斤售價可提升 10-20 元。
籃耕	炭化稻殼	0-40%	小果番茄	品種 "愛女" 及 "小女"，結果顯示以炭化稻殼與泥炭土由於碳，介質酸鹼度隨炭化稻殼比例的增加而提高，添加炭化稻殼比例為 30% 及 40% 之小果番茄較早開花。
盆栽	炭化相思樹	10%	小白菜	隨著炭化製備溫度的升高，小白菜乾重亦有增加之趨勢，以 500 °C 製備溫度的生物炭為最佳。
果園	炭化柴魚粉	400 g/ 株	番荔枝	果實以炭化柴魚粉加上建議施肥量之 2/3 處理效果較佳。
盆栽	咖啡渣；蔗渣生質炭	0; 1; 2%	油菜苗	促進油菜幼苗吸收氮、磷、鉀、鈣和鎂之吸收，尤其以添加茶渣生質炭效果更佳。



微生物附著於生物炭的過程，會先(1)凝聚、(2)附著於表面、(3)與載體共價結合、(4)細胞相互連結、(5)包裹成聚合體，及(6)嵌入基質(圖2)，如將生物炭放置顯微鏡中觀察，能觀察到菌絲於生物炭孔隙中生長狀況(圖3)

菌根菌絲可直接進入生物炭表面，藉由生物炭作為介質，增加農作物對磷肥的攝取，菌根菌可透過生物炭提供碳穩定的營養和促進植物吸收營養物質。而不同的生物炭材料，其表面和孔隙皆不相同，影響菌絲生長的狀況也不盡相同。國外研究指出，於小麥田施用生物炭和礦物質性肥料，兩年後土壤中微生物仍持續生長，顯示生物炭可作為微生物良好棲所，並使微生物族群穩定。

結語

相較於將農林資材任意棄置，製備成生物炭除可解決農業副產物問題，對土壤、作物及環境有許多益處，本文綜整諸多之研究中皆顯示生物炭能部分程度取代肥料之使用、促進微生物生長，及增進農作物肥料吸收效益。

目前農友可取得的生物炭來源眾多，但品質差異甚大，且價格偏高，故部份農友嘗試於田間直接燃燒農業副產物，但此與環保法規互相衝突，且對環境汙染大，燃燒後之物質亦無法稱之為生物炭。坊間現已有多款炭化裝置，

其炭化條件與炭化率等較不穩定，部分裝置用於回收醋液，部分裝置則用於炭化農林材料。

然而，不同原料、溫度備製出的生物炭特性差異盛大，成效、速度亦截然不同。因此，本場正積極研製小型且可製備性質穩定生物炭之炭化裝置，期可便於農戶自行炭化各種農業副產物。不過，各地土壤性質及微生物種類差異甚大，使用生物炭前，仍應明確評估土壤添加大量鹼性資材後，對土壤化學性及生物相可能造成之影響。🌱

2 微生物附著於物體表面之過程(摘自 Lehmann 等人 2011 之研究)

3 微生物於生物炭之顯微鏡圖 (a) 有明顯的真菌菌絲在生物炭中；(b) 在玉米生物炭孔隙中明顯觀察到微生物(摘自 Lehmann 等人 2011 之研究)