

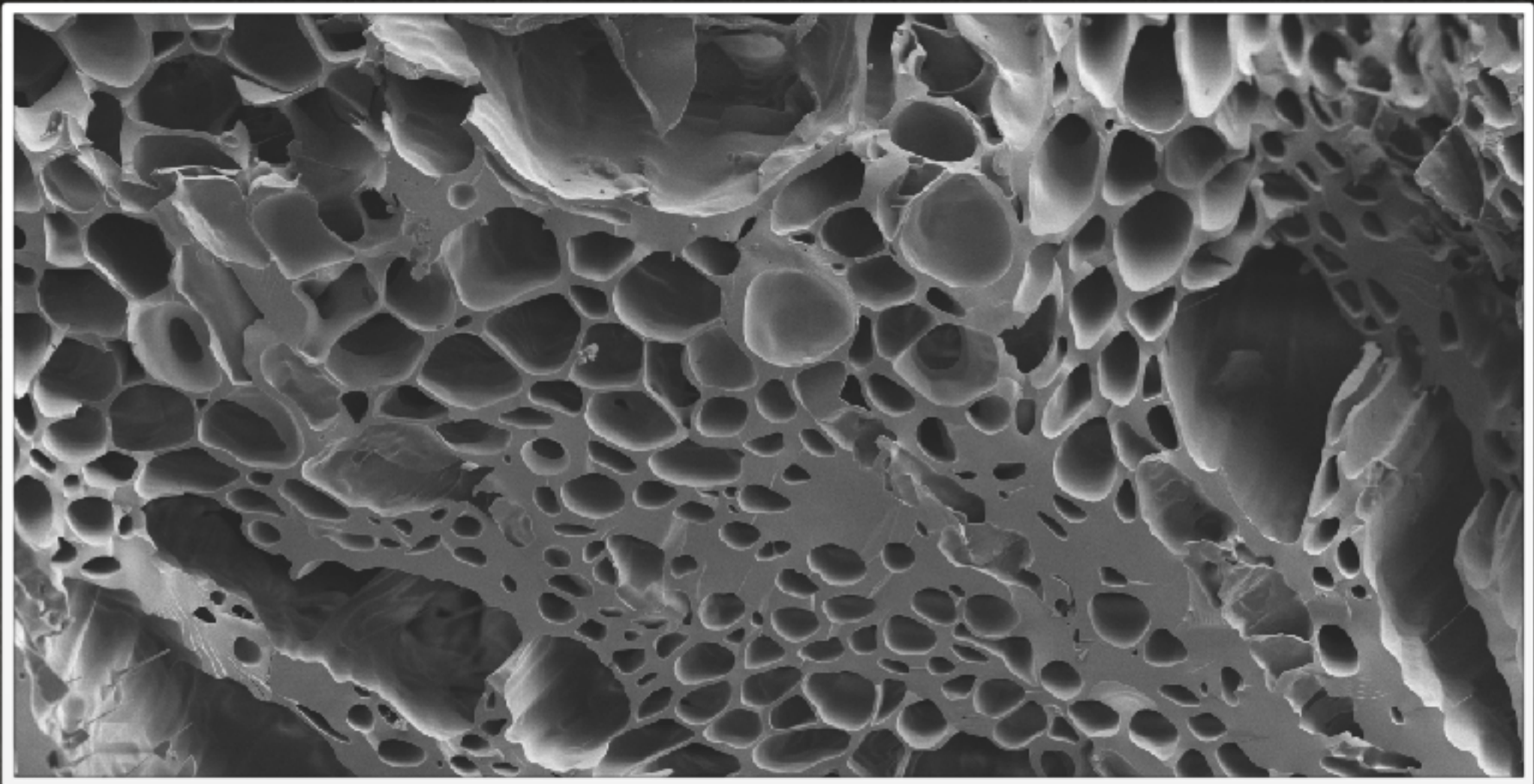


photo from: <http://www.stellarviolets.org/wp-content/uploads/2014/04/Jocelyn-biochar-electron-microscope-images-1.jpg>

生物炭 (BIOCHAR)

Keywords: biochar, bamboo, appropriate technology

什麼是生物炭？

生物炭是一種木炭形式，是生物體低氧或缺氧下不完全燃燒的過程（熱裂解，pyrolysis），產生的一種富含碳（carbon-rich）的固體物質。

主要為纖維素、羰基、酸及酸的衍生物、苯酚、烷屬烴及烯屬烴類的衍生物等成分複雜有機碳的混合物。



生物炭能提高土壤的生產量

- 生物炭的概念始於亞馬遜河流域的黑土區（當地人稱這種黑土為 Terra Preta），德國拜羅伊特大學（University of Bayreuth）的研究員拉澤（Bruno Glaser）發現，面積 1 公頃深 1 公尺的黑土內通常含 250 公噸碳，但相較之下尚未靠木炭改良的土壤裏，卻僅有 100 公噸碳。
- 其他研究人員也注意到，木炭能提高世界各地許多種不同土壤的農業生產力，使收穫量增為 2-3 倍。（蘇雅薇與楊幼蘭，2012）
- 愈來愈多的證據顯示，生物炭使土壤肥沃的過程是因為生物炭的超多孔性結構，有助於留住養分，並提供微生物及益菌生長的環境。

TERRA PRETA

1 hectare
1 meter deep
250 tons of carbon

BIOCHAR SOILS OF
THE AMAZON

1 hectare
1 meter deep
>100 tons of carbon

NORMAL

- 黑土（Terra preta soils）是在哥倫布之前（約公元前 450 年～公元 950 年）由人所創造出來的。這種土壤深達 2 公尺。
- 在其形成數千年來，有報告指出，她每年會自己增生 1 公分。

參考：TERRA PRETA : AMAZONIAN SUPER-SOIL : ANCIENT WAYS OF BIO-DESIGNING RAINFORESTS & Biochar revolution, 2009

生物炭如何形成？

- 生物炭是在無氧或低氧的狀況下，燃燒源自生物的組織時，就會產生（Mohen et al., 2006; Preston and Schmidt, 2006）
- 生物質炭化屬於熱裂解過程，各種有機廢棄物在無氧條件下熱裂解下產生合成氣（synthetic gas），生物油和有機液體及較多的炭質固體。
- 熱裂解之後，大約會有 50% 的生物質（biomass）可以被保留在生物炭當中（FAO, 1985; Baldock and Smernik, 2002）

Biomass

- manure
- organic wastes
- bioenergy crops (grasses, willows)
- crop residues

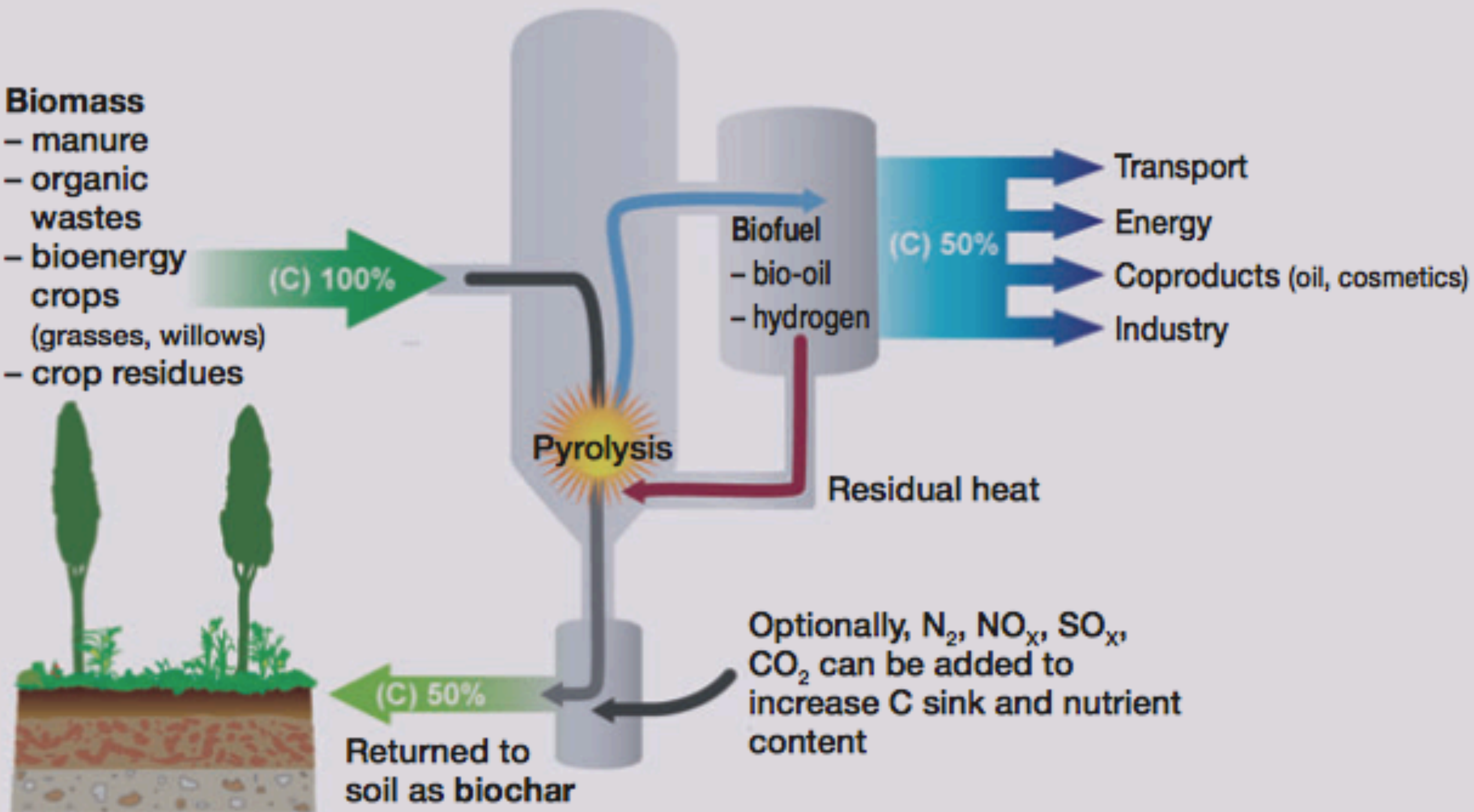


Figure 1. Concept of low-temperature pyrolysis bio-energy with biochar sequestration. Typically, about 50% of the pyrolyzed biomass is converted into biochar and can be returned to soil.

怎麼製作生物炭？

創造高溫 & 缺氧的環境



APPROPRIATE
TECHNOLOGY

USE MANY COUNTRIES WATER ENERGY DEVELOPING SYSTEMS LOW
MAY ELECTRICAL PUMPS AVAILABLE NUMBER TREATMENT CERTAIN SOURCE INCLUDE MATERIALS TECHNOLOGIES DEVELOPED
EARTH COMMUNICATION YEARS URBAN SOLAR SERVICES INFORMATION
ELECTRICITY BASED KNOWN CONSIDERED FILTRATION PEOPLE
POTENTIAL RURAL EXAMPLE
SUSTAINABLE WAY EXAMPLES CITIES LESS POVERTY WASTE FOUND
ABLE
LOW-COST
PLANTS TERM WELL
LAMPS SOCIAL STILL FIRST
AIR
MOVEMENT INTERMEDIATE SYSTEM ANOTHER NATURAL REQUIRED ORDER
HOWEVER INCREASING
COSTS ENVIRONMENT USING WORLD
SCHU



photo from: terrapreta.bioenergylists.org





“接下來我用手繪解釋幾種炭化窯”

–*Top-lit Updraft, TLUD*

BIOCHAR FOR WHAT?

Accelerating succession and
evolution

加速土壤演替是生物炭最
有價值的地方



“Accelerate succession. Mature ecosystems are more diverse and productive than young ones, so use design to jump-start succession.”

(加速演替。一個成熟的生態系統會比年輕的生態系統更具多樣性與生產力，所以，用設計來啟動演替吧。)

—*Toby Hemenway*

土壤：活的有機體

- 我們應當把土壤當做活的有機體，就像森林、植物、水和氣候等，這些高度整合的生命系統，以人們難以想像的精確度，發展出錯綜複雜並能斜做的功能。
- 土壤是一種我們幾乎度了解的未知地景。



健康的土壤

- 正常狀況下，土壤同時含有固體、氣體及液體物質。
- 土壤的基本結構是固態物質，而液態及氣態則互相競爭固體物間的孔隙部分，三者間的比率影響作物的生長，一般認為理想土壤所含此三部分之比率分別為 50%、25%、25%。

- 在正常狀況下土壤空氣和地表空氣最大的不同有
 - 土壤空氣的溼度都近100%
 - 土壤空氣中的氧濃度低於大氣中
 - 土壤空氣中二氧化碳濃度遠高於大氣中
- 一般土壤空氣中的二氧化碳濃度約0.5% (5,000 ppm) ，而一般大氣濃度為0.03% (300 ppm) 。

- 腐植質之一更重要之特性是具高的陽離子交換容量（Cation Exchange Capacity），土壤有機質之 CEC 質受 pH 影響。
- 腐植質之吸水量可近本身重量之一倍，而體積更可達 2-6 倍之特性可增加土壤之保水力。
- 土壤有機和無機膠體的結合對土壤中微生物相及土壤酵素的保護亦有舉足輕重的作用。
- 理想土壤有機質的碳氮平均比值（C/N）約 10 左右。
- 土壤有機質含量以 5% 為理想，國內一般大約 2%~3%。
- 台灣地區位於熱帶及亞熱帶，全年土壤溫度皆不至太低，土壤有機質分解較快，一般耕地土壤有機質含量偏低。

微生物與土壤/Micorbes & Soil

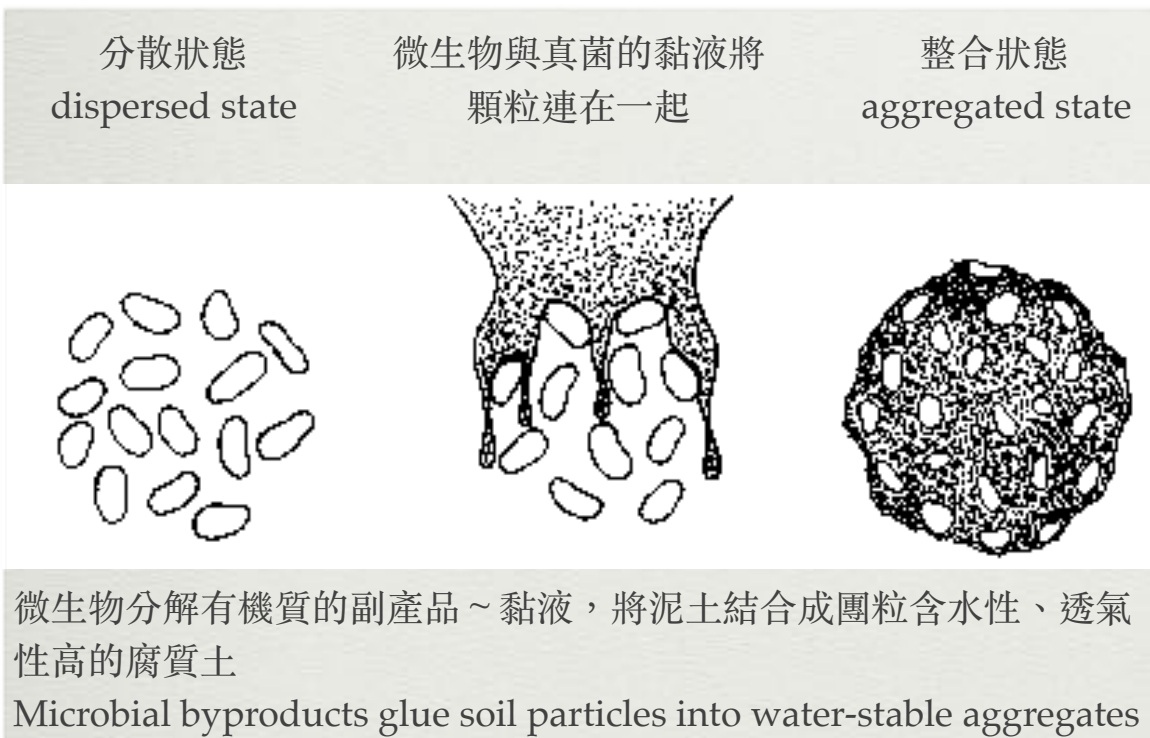
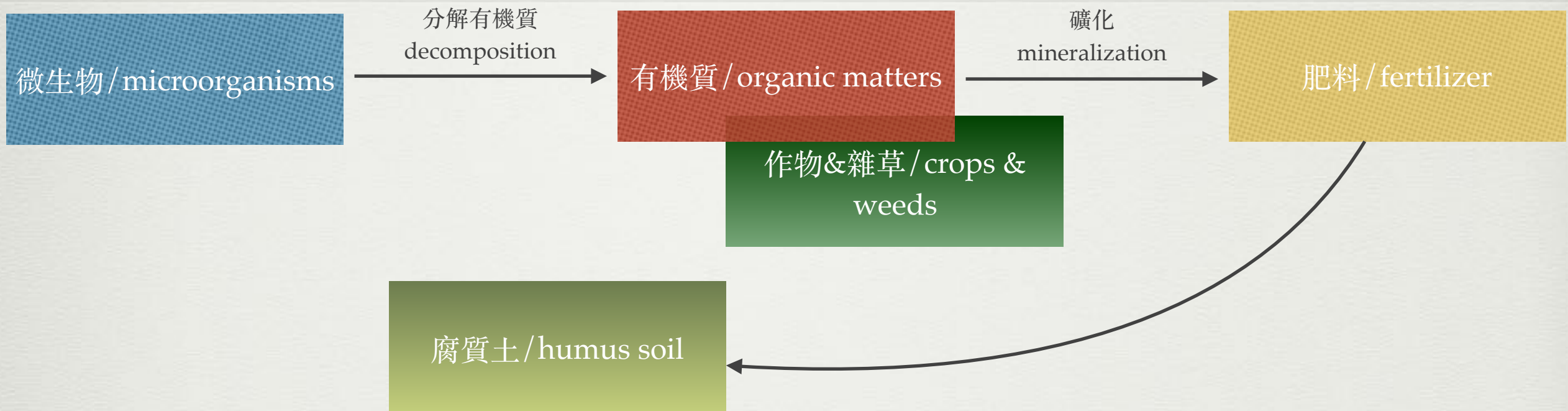


photo courtesy of soilandhealth.org

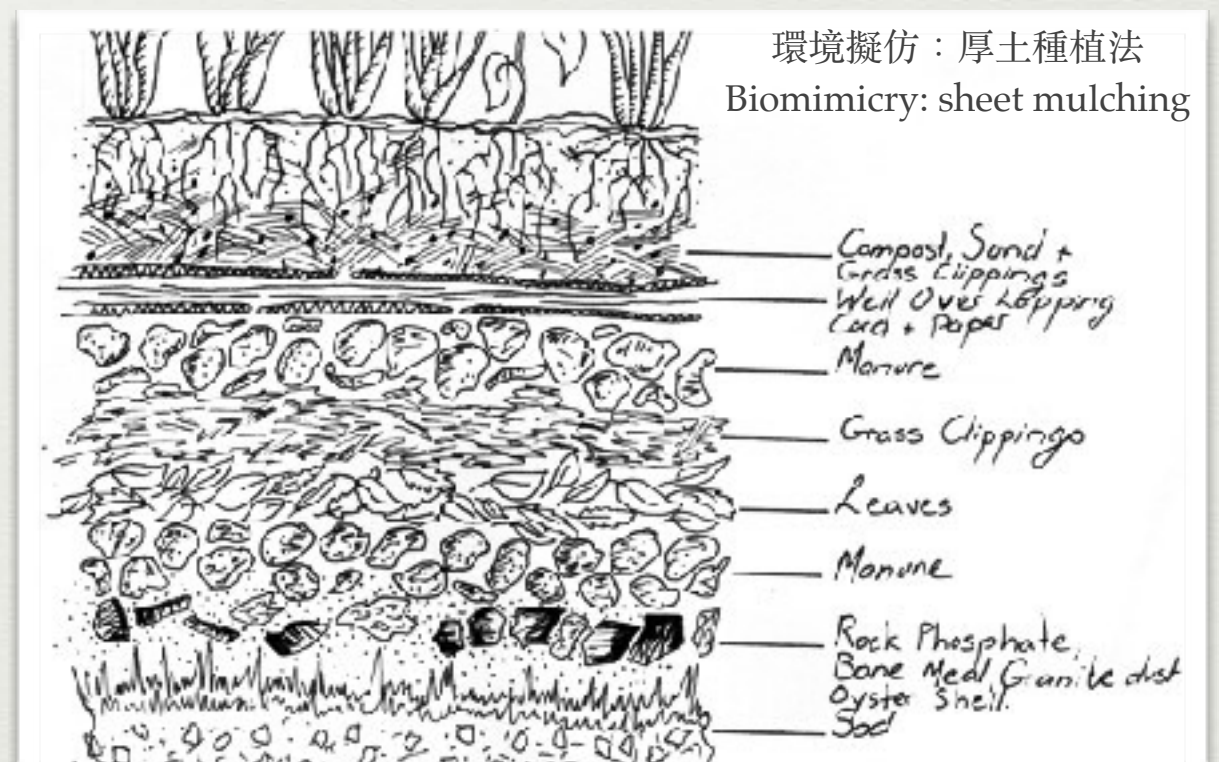


photo courtesy of wildwesleyan



生物炭與土壤物理性質

- 生物炭合併入土壤中會影響土壤的構造、質地、孔隙度、粒徑大小的分布與密度。
- 添加生物炭會改善土壤之田間含水量 (Chan et al., 2007)。
- 大部分生物炭的主要物理性特徵為高度多孔結構和大表面積，這種結構可以提供有益土壤微生物的避難所(refugia)，例如如菌根(mycorrhizae)及細菌(bacteria)，並影響重要的養份陽離子和陰離子的結合，這種結合可以提高巨量營養素的可利用性，例如 N 和 P。

生物炭與土壤化學性質

- 生物炭添加到土壤中會導致土壤 pH 值、電導度 (EC)、陽離子交換容量 (CEC) 和養分濃度的變化 (Liang et al., 2006; Gundale and DeLuca, 2007; Warnock et al., 2007; Amonette and Joseph, 2009)。
- 生物炭的添加會使土壤 pH 值的提高，利用像是木材灰分 (wood ash) 的物質可以改變土壤 pH 與養分的有效性，特別是 P 和 K (Clarholm, 1994; Mahmood et al., 2003)。
- 生物炭可以作為吸附劑 (absorber) 降低 N 的淋洗作用及增加氮素的利用效率 (Steiner et al., 2008b)。

生物炭與土壤生物性質

- 生物炭應用於土壤中可以提高農業生產力(Lehmann et al., 2003b; Blackwell et al., 2009)。
- 90%以上的研究指出，作物產量因生物炭誘導而提高是顯而易見的，依據生物炭添加量的不同，植物生產力的顯著增加量在20 %至220 %之間。
- 大部分生物炭的主要物理性特徵為高度多孔結構和大表面積，這種結構可以提供有益土壤微生物的避難所 (refugia)，例如如菌根 (mycorrhizae) 及細菌 (bacteria)，並影響重要的養份陽離子和陰離子的結合，這種結合可以提高營養素的可利用性，例如N和P。

生物炭活化

- 生物炭不是肥料，而是一個養分的載體以及微生物的棲地。
- 首先，生物炭必須「充電（charged）」，啟動生態狀態，好讓它更有效的發揮土壤改善的能力。
- 要活化生物炭的不二法門就是混和生物炭和堆肥。



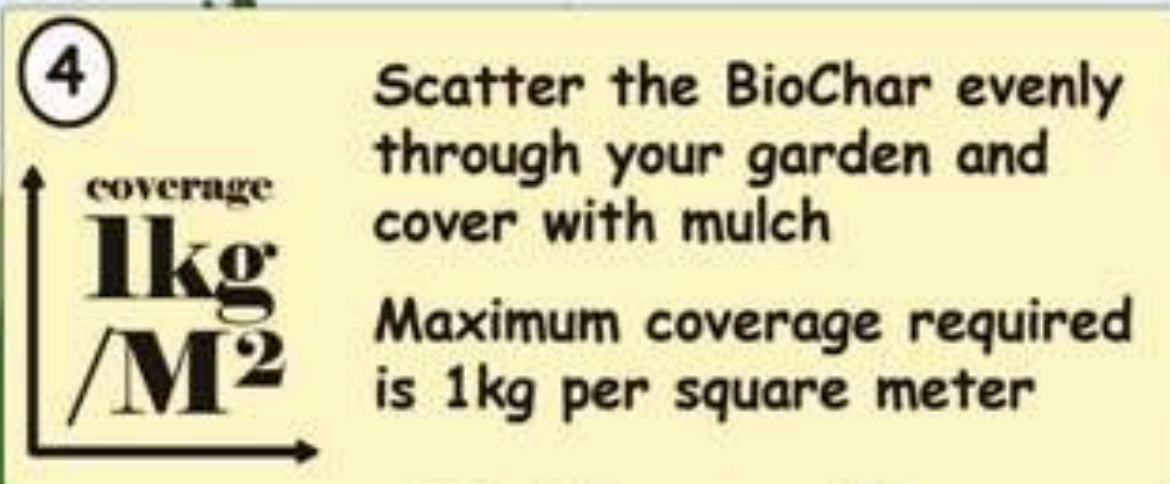
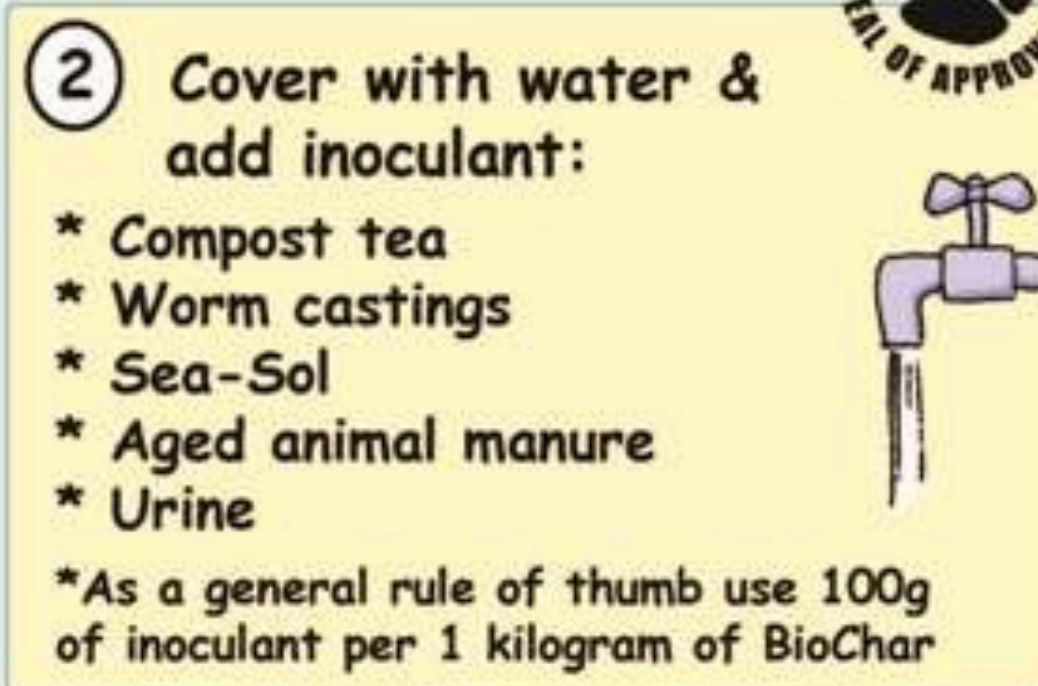
photo from: permaculturenews.org

To achieve the best results from your BioChar, it should be inoculated with an organic agent before application:

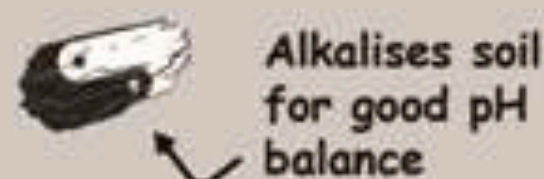
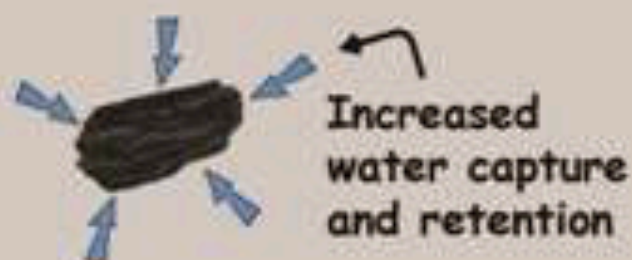


How to **ACTIVATE YOUR BIOCHAR**

In 4 easy steps



Some benefits of BioChar in your garden - to find out more visit biocharproject.org



生物炭生產的環境衝擊

「空氣污染（atmospheric pollution）」
與「森林的退化（forest
degradation）」是生產生物炭的時候，
兩個主要的環境考量。

from “Methods for Producing Biochar and Advanced Bio-
fuels in Washington State - Literature Review (chapter 10
Environmental impact of biochar production)”, Washington
State Department of Ecology, April 2011.



photo from: <http://thegreentimes.co.za>

空氣污染

- 熱裂解窯的設計大部分都會燃燒部分的木頭，對環境有害的氣體如：甲烷、一氧化碳、烷類、氧化物以及一些粒狀物質，同時也會有一些有機的化合物如：乙烷、乙醇，以及多環有機物（polycyclic organic matter, POM）直接被釋放到大氣當中。
- 此外，如果焦油（tars）還沒有被燃燒掉，它們會結晶，形成粒狀物質、焦酸（pyroacid）與懸浮粒子的排放。排放這些氣體對氣候變遷的影響比二氧化碳還大。
- from “Methods for Producing Biochar and Advanced Bio-fuels in Washington State - Literature Review (chapter 10 Environmental impact of biochar production)”, Washington State Department of Ecology, April 2011.

Table 1. Emission factors for pollutants^a associated with biochar production (Shreve, 1967; Hartwing, 1971; Maxwell, 1976).

Source	lb / ton of char produced				
	Total PM ^b	NO _x	CO	VOC	CO ₂
Biochar kiln ^c	310	24	290	270	1,100
Briquetting ^d	56	ND	ND	ND	ND

^a Factors represent uncontrolled emissions (emission factors units are lb/ton of product, one lb/ton = 0.5 kg/Mg). ND = no data.

^b Includes condensable and consists primarily of tars and oils.

^c Applicable to both batch and continuous kilns without pollution controlling devices or product recovery.

^d For entire briquetting process.

Table 2. Emission factors for organic pollutants^a associated with biochar production (Shreve, 1967; Hartwing, 1971; Maxwell, 1976; Moscowitz, 1978).

Source	Pollutant	Emission factor, lb/ton of char produced
Biochar kiln ^b	Methane	110
	Ethane	52
	Methanol	150
	POM	0.0095

^a Factors represent uncontrolled emissions.

^b Applicable to both batch and continuous kilns.

日本對於生物炭燒製的氣體排放處理

- 日本燒製竹炭、木炭、備長炭等工作屬於天然物產製之「傳統技藝」，因都在林野郊區產製，因此不受都市或工業區氣體排放基準之規定。
- 詢問日本燒炭協會人員，他們表示，只要當地沒有民眾提出異議或公共安全的話，日本政府無須管制或制止。
- 因為不是化學原料所排放之氣體，反而是將有機物做固炭處理（一氧化碳轉換成炭化物）。
- 台灣農委會制定竹炭 CAS 標準[1]時，曾討論過此項問題，最後僅規範在燒製過程時盡量降低煙霧排放，唯一的方法就是將熱氣（煙）流透過煙囪以急速冷卻方式來降低排放，並且可衍生（回收）更高價值的天然有機醋液。
- 此醋液在日本政府農林水產省（林野廳）定義為「農業特定資材」，也就是說可以取代農藥，但不稱為「藥」的資材。

註 1：CAS 竹炭醋林產品有些驗證基準如附件

註 2：此為台灣竹炭發展之父陳文祈回覆的資料

我們擔心的空氣污染問題

- Q: 生物炭裂解過程中所產生之粒狀污染物對空氣所造成之污染的嚴重程度有多大，有無防治的機制？或者不用擔心？
- A: 基本上空污是沒有的，只要有做醋液收集，並無有毒物質排放，且產品炭足跡是很低的
- Q: 目前竹炭製作的成炭率僅 30%，另外 70% 重量主要是那些物質，去了那裡？
- A: 製炭不像實驗室能夠完全絕對無氧，有部分會被燒掉，當熱源，有些無法冷凝，包含 3 部分，固、液、氣，固：炭 30%，液：竹醋液 10-20%，氣：可燃氣 5%
- Q: 一般來說，小規模製作生物炭最大的成本支出是什麼？經濟效益是什麼？
- A: 最大成本是人工，除非規模夠大，或改變製炭程序，不然成本很高，所謂經濟效益，就要看是用途，目前若能用於農用，才能大量推廣使用

~ 黃盈賓博士（工業技術研究院生醫所生態資源與產程技術部負責人）

水洗設備的設計原則

- 以在地的脈絡來設計（現成的噴霧機、常見的農用零組件）
- 在地可以負擔得起
- 在地有能力維護
- 對環境衝擊最小

A black 200L gasoline drum is repurposed as a stove. A bamboo chimney is attached to the top, and a red generator is connected to the side. The setup is outdoors, surrounded by tall grass and bamboo. The drum has a small metal pot on top. A red hose and a yellow hose are connected to the drum. A red generator is at the bottom left, and a bamboo chimney is on the right.

200 L 汽油桶：
直徑 52 cm
高度 94 cm

竹管煙囪：
直徑約 10 cm
長度約 250 cm



Sewage Sludge/Biosolids 下水道污泥



Invasive Species 外來物種



家畜糞便



Livestock Waste

庭院廢棄物



Yard Waste

**Debunking
the**

Biochar = Deforestation

Myth

DEBUNKED!

農業廢棄物



Crop Waste

食物產業廢棄物

Food Industry Waste



Storm Debris

暴風雨造成的損害

森林疏伐



Forestry Thinnings

Seaweed invasion

入侵的海草



蟲害造成的殘局



Beetle Kill, etc.

參考資料

- 各位有興趣可以先從我的網站 biochar 這個分類開始，先讀讀我蒐集的資料

<http://www.chientai.org/category/biochar/>

“謝謝大家，祝大家豐收”

— *G. T. Dan*