

# 六種綠色造林樹種表土有機碳含量初探II

◎林業試驗所育林組·曾聰堯 (tytseng@tfri.gov.tw)、杜清澤、林國銓

◎國立臺灣大學森林資源暨環境學系·鄭智馨、邱祈榮、王亞男

在全球暖化議題上，造林有助於土壤碳的吸存，造林地土壤有機質含量越高，土壤有機碳的蓄存量也隨之增加。自民國91年臺糖在花蓮光復鄉廣植林木，植林減碳愛地球，為研究造林後土壤有機碳含量的變化，林試所選擇在光蠟樹、楓香、烏心石、欂木、苦楝及樟樹等六樹種造林地進行研究，發現造林後，短時間內(數年)表土有機碳含量在不同樹種造林地並沒有顯著差異，並且進一步研究其穩定性有機物土壤腐植質的差異。

## 影響土壤腐植質含量的因子

腐植質(humic substances, HS)是由新鮮植體的枯枝、落葉與死根經腐植化作用後，其殘體轉變而成，少部份由動植物殘體分解與再合成而來，腐植質普遍存在於自然界土壤、水體及沉積物中，屬於非均勻性複雜之有機化合物，而非單一的化學物質，腐植質具有增加土壤肥力、pH緩衝能力、提高CEC、緩慢釋放植物生長發育所需的元素等效應(表1)。土壤腐植質經腐植化作用後有機

表1 土壤有機質性質及其對土壤之效應(Stevenson 1994)

性質	說明	對土壤之效應
顏色(color)	有機質造成土壤呈現黑色	促使土壤溫度上升
保持水分(water retention)	有機質可吸持超過其自身重量20倍的水	有助於防止乾燥及收縮改善，沙質土之水分保持性質
與黏土礦物結合(combination with clay minerals)	粘結土壤粒子成為結構單位，稱為團粒	增加土壤通氣與結構性。
鉗合(chelation)	與Cu <sup>2+</sup> 、Mn <sup>2+</sup> 、Zn <sup>2+</sup> 及其他高價數陽離子形成穩定錯合物(complexes)	促進植物對微量元素的有效性
水中溶解度(solubility in water)	因為有機質與黏粒錯合所以不溶於水。同樣的，鹽類及高價數陽離子與有機質之錯合物亦不溶於水	極少有機質因淋溶作用(leaching)而流失
緩衝作用(buffer action)	有機質可緩衝土壤pH在微酸、中性及微鹼範圍內	有助維持土壤反應相同
陽離子交換(cation exchange)	萃取有機質部份總酸度在300~1,400 c mol(+)/kg <sup>-1</sup>	增加土壤中可交換陽離子容量(CEC)，許多土壤因SOM其CEC增加20~70%
礦化作用(mineralization)	有機質分解產生NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 、NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 及SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	提供植物生長所需養分
與有機分子結合(combines with xenobiotic)	影響農藥之生物活性、持久性及可分解性質	改變農藥施用效率

碳相對穩定，也較不易分解，在全球暖化議題裡有助於土壤中碳的蓄存，土壤腐植質含量越高，土壤有機碳的蓄存量也隨之增加。

土壤有機質(soil organic matter, SOM)是生態系中不可或缺的一環，也是土壤肥力主要來源，土壤有機質通常指「土壤有機碳(carbon)物質的總合」，且在土壤化育過程中(podogenesis process)扮演著相當重要的角色。土壤有機質大部分是由死亡的植物殘體累積而成，新鮮植體的枯枝、落葉與死根經腐植化作用後，其殘體轉變為腐植物質。

土壤有機質的含量在不同種類(土綱)的土壤中有很大的差異，熱帶地區氧化物土綱(Oxisols)土壤有機質含量低，溫帶地區的黑沃土綱(Mollisols)含量高。氣候因子在土壤有機質的質量上扮演著一個舉足輕重的角色，它能影響植群的分布、植物的生長與土壤中微生物的活性。地形(或海拔)的高低影響土壤溫度及水分的含量，進而影響土壤有機質含量，人為活動對土壤有機質有極明顯的影響，正常情形下，經過耕作後的土壤有機質的含量會下降。然而耕作的施行對土壤有機質之構造特性並不會有太大的變化。耕作增加土壤的通氣性，造成土壤微生物活性的上升，導致礦化作用的增強，有機質含量因而減少，上述種種因子均影響土壤有機質的質與量。

### 不同造林樹種造林地土壤腐植質總碳含量

本研究在光蠟樹、楓香、烏心石、欂櫨、苦楝及樟樹六樹種造林地內各劃設3個1公頃樣區，採集0~15公分表土樣本帶回實驗室，經室溫下風乾、過篩後，進行土壤腐植質抽出與純

化。本研究依據國際腐植質學會(International Humic Substances Society, IHSS)所建議之方法萃取、純化腐植質(Swift 1996)。

六種樹種造林地土壤腐植質碳蓄存量依序為樟樹(2.36) > 光蠟樹(1.44) > 烏心石(1.31) > 苦楝(1.29) > 欂櫨(1.09) > 楓香(1.07) C-g kg<sup>-1</sup> soils，腐植酸及腐植素碳蓄存量，以樟樹造林地最高，黃酸碳蓄存量則以欂櫨造林地最高。土壤有機碳含量與腐植酸及腐植素呈正相關。以固態碳十三核磁共振分析後發現，樟樹林下土壤腐植酸芳香化程度高，其穩定性相對較高。

### 結語

不同樹種造林地土壤有機質含量越高，土壤有機碳的蓄存量也隨之增加，在全球暖化議題上，造林有助於土壤碳的吸存。花蓮大富、大農農場6種闊葉樹造林地土壤腐植質總碳蓄存量主要以腐植酸的形式蓄存(圖1)，以固態碳十三核磁共振分析後發現，樟樹林下土壤腐植酸芳香化程度高，其穩定性相對較高。⊗

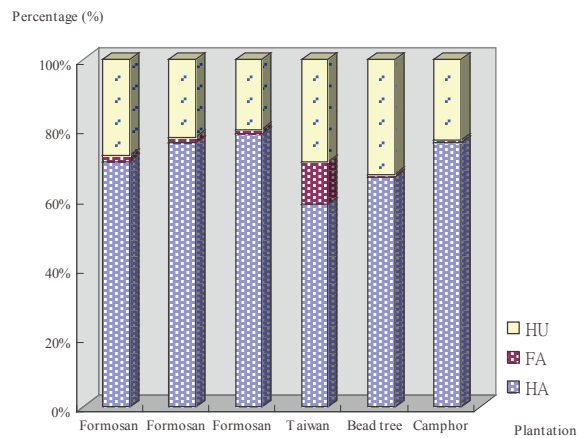


圖1 六種樹種造林地土壤腐植質碳含量百分比含量(曾聰堯 製圖)