

67

國立宜蘭大學

農業推廣季刊

國立宜蘭大學農業推廣委員會 農業推廣(季刊)

通訊總號第 067 號 中華民國 103 年 3 月 出刊

發行人/邱奕志 主編/林世斌、蔡呈奇

地址：260 宜蘭市神農路 1 段 1 號 電話：03-9357400#7613

E-Mail：aec@niu.edu.tw

中華民國 86 年 3 月 創刊

行政院農業委員會補助編印

編輯/林怡慧 排版/楊文豪

傳真：03-9354152

合理暨永續性的耕地土壤管理

蔡呈奇

國立宜蘭大學 森林暨自然資源學系

一、前言

每個國家都具有保護地球與人類永續發展的責任。然而，現階段仍然存在著許多不確定性，政府應就農業管理發展新的策略與適當的方針。一直以來，綠色植物進行光合作用吸收大量二氧化碳，是人們長期以來的共識，根據許多致力於全球碳平衡的報告指出，利用農作物系統和耕作經營等措施，將可使土壤成為大氣中碳的匯存處，進而提升土壤養分容納量與農業生產力。

臺灣地區農田土壤中的有機碳含量一般平均在 1.94-2.78% 之間，土壤樣體中碳貯存量大多在 $3.5 \text{ kg/m}^2/30\text{cm}$ 以內，此

含量是偏低的，並無法滿足土壤供給作物所需的氮、磷、鉀及其它養分含量之需；因此農民習慣超量或不當施用化學肥料，相對的亦容易造成土壤品質惡化及地下水質及環境的污染，此項影響已日益受重視。由於施用有機物於農田是目前“有機農業政策”下一個很重要的措施，它不僅有助提高土壤供給作物養分的能力，更可大大的改善土壤中之物理、化學、與生物的特性，因此可使土壤呈現長期穩定平衡的狀態，相對的亦可限制病原菌之活動，且使農產品的品質更加提昇。

有機物施入農田後，其使用方法及施用量應隨施用目標而不同，以充分發揮其肥效。但在利用有機物時，通常並非單獨僅限於提供作物養分，更重要的是對土壤物理性質之改善及防止對環境品質及產品品質之影響。由於有機物施用後，會被土壤中的微生物分解與利用，土壤中的有機物含量會慢慢減少，不同的管理方法可產生不同的碳存量，而要維持永續性生產 (sustainability production)，則必需有一套完整的「永續性土地管理系統 (Sustainability Land Management System)」，由補充有機物來改善土壤、作物及環境的品質，多方面加以兼顧。

二、減少耕地碳的損失

為確保農業可持續發展，維持土質是當前首要工作。土質就是土壤與生俱來促使植物生長的能力，土壤和作物的經營管理除能改善碳固定在土壤中的時間外，也能增加土壤中碳的庫存量。調查指出，除了氣候因素(主要溫度)之外，土壤中碳損失的發生的原因是有機物質的礦質化作用和土壤沖蝕。倘若進一步追根溯源，則可發現經由水或風造成的土壤侵蝕作用才是土壤退化的最主要因素。

數據顯示，土壤每年損失約在 1-10 噸/公頃，有時甚至高達 50 噸，其中土壤上部層次中的有機物質是土壤損失中重要的一部分，但因其在空間和時間上的

異質性，對於這個碳匯池確切的評估是困難的，粗略估計由侵蝕引起的全球損失每年約 15 億-150 億公噸。為解決土壤侵蝕問題，除了採行階段或等高作溝等特殊侵蝕控制方法外，大多數是增加土壤穩定(有機物質是最主要的因素之一)或是使用植物殘體、植群覆蓋來保護土壤表面等，不只可以減緩土壤被侵蝕，也有益於土壤碳吸存。

三、不同耕作管理制度下，土壤中 有機碳含量之變化

耕作歷史悠久可以追溯到幾千年以前，主要是針對土壤通氣和控制雜草，透過耕作可促使氮素從土壤有機質中釋放。土壤微生物刺激有機物的礦質化作用是土壤通氣增加的主要因素，要提高旱作生產力必需更加注意土壤有機質的保護，因為土壤有機質的功效甚多。

耕犁和土壤有機質含量有著息息相關密不可分的關係，當高度密集耕作，將會導致土壤有機質之分解加速，造成土壤有機質含量低落，影響土壤生產力。過去已有許多的文獻致力於研究不同耕作類型的影響，研究結果多指出，包括加拿大、美國及不同栽植的地區，從傳統的耕作到不耕犁，土壤中的碳增加 10-30%；在保育農業中，作物殘體應覆蓋超過土壤表面的 30%；在溫暖潮濕地區每年可以吸存 0.5-1.0 公噸/公頃的碳，在潮濕炎熱氣候為 0.2-0.5 公噸/公頃，半乾旱地區則為 0.1-0.2 公噸/公頃；

在較複雜的輪作模式中，不耕犁配合覆蓋作物與(或)綠肥會導致大量的碳被土壤吸存，這樣的耕作模式目前占了超過5,000萬公頃，其中大多分布在北美、南美及澳洲。

傳統的耕作方法是“種地必須先耕地”，而“不耕犁”這種思維，或許能給當今的農業帶來一些新的啟迪。所謂“不耕犁”意指栽種過程均不翻動土壤。根據國外經驗，大部分實施免耕直播法的農田，最初1、2年產量可能會略有下降，但隨著地表有機覆蓋層越積越厚，土壤質量會越來越好，農作物產量也會逐年提高。探究原因在於，有機覆蓋層既提供了肥力，又有助於保護土壤，其次，免耕法能有效的保護土壤環境，使得土壤微生物達到平衡。

此外，不耕犁系統也有一額外的好處，就是降低機器對石化燃料的需要。英國與德國在傳統耕作系統中燃料的使用每年產生0.046-0.053公噸/公頃的碳，而不耕犁系統只有0.007-0.029公噸/公頃的碳。保育農業與不耕犁系統的功能在保護土壤，使其能在陽光、雨水、風及養育土壤生物等作用下維持自然的規律，減少土壤侵蝕與改善土壤有機質及碳容積。

許多的研究報告指出，長期施用有機物(如堆肥、禽畜糞肥、放牧、污泥)或化學肥料後均可使土壤中有機物之含量增加，但不施任何堆肥或化學肥料多年後，土壤中之有機物則會慢慢的被分

解而減少。數據顯示，假如每年能施用固定量的有機物(約20ton/ha/yr)於農田中，則不僅可充分供應作物所需之氮、磷、鉀肥，亦可改善土壤的構造，促進土壤中微生物的活動，造成土壤中旺盛的生化學反應，使得土壤中本來無效的養分變成有效；且由於每年多量有機物的固定加入，亦減少了表土之沖蝕損失及有效養分的流失。因此，照理可以比一般慣常使用之化學肥料產生更大的土壤肥力水準，不僅提高作物的品質，至少亦可維持一定的產量。



台灣不同的耕地土壤

四、土壤有機碳貯存量在永續性管理系統中之角色

土壤有機碳含量或貯存量可依現有之調查資料，利用土壤轉換函數(PTF)及相關模式(Models)，來建立土壤品質評估(Assessing soil quality)中很多有意義的重要指標資料。主要的重要指標資料可包括以下幾種：

1. 可說明土壤的肥力 (kg C 或 kg N/ha/30cm)、團粒穩定性及耐沖蝕的程度。
2. 可礦化氮含量，可據以了解土壤之生產力及氮供應能力，並可提供作物生長之長期模擬與評估。
3. 可說明微生物生質量(biomass)之碳與氮量，表示土壤中微生物催化反應之潛在能力。
4. 可了解土壤中的呼吸作用(soil respiration)，並可進一步估算土壤中生質量的活性。
5. 可經由土壤轉換函數(PTF)估算土壤中之陽離子交換容量(CEC)。
6. 利用土壤之基本資料(砂粒、粉粒、粘粒含量%，有機碳含量%，容積比重)，可經由土壤轉換函數(PTF)估算土壤之不同之含水量，包括田間含水量($W_{33\text{kPa}}$)，凋萎點含水量($W_{1500\text{kPa}}$)，有效含水量 ($W_{33\text{kPa}-1500\text{kPa}}$, AWHC)等。
7. 可運用相關的模式模擬有機堆肥或有機碳多年後對土壤中碳、氮之動態變化。
8. 可運用作物殘體(crop residues)之管理，來提高永續農業經營中之土壤資源。



不同有機質含量的土壤

研究數據指出，台灣一般農田土壤中有機質碳存量僅4公斤/平方公尺/30公分(或5公斤/平方公尺/50公分，或8公斤/平方公尺/100公分)。根據長期試驗研界結果，土壤中要能保持至少在8公斤/

平方公尺/公尺(約 80 tons/ha/m)之有機碳存量才有足夠提供養分的能力。根據國內學者之研究結果指出，每年如能施用 17 tons/ha 之鮮重廐肥，平衡時即可每年釋出約 180 kg N/ha，在連續施用 10 年後，每年可提供 150 kg N/ha。因此，在現有之生產條件下，應該有下列推廣措施，包括：

1. 增加作物殘株犁入土壤中以提高有機物含量。
2. 推廣於休耕時種植綠肥作物。
3. 推廣有機農業，以消耗產生之禽畜糞有機堆肥等，並建立完整的監測與管理系統，以便充分利用農業廢棄物資源而且可避免造成土壤與環境之污染。

要想維持正常且永續之生產，研究指出臺灣地區之水田土壤中之有機物含量至少在 1% 以上且最好在 2% 以上。

五、建立一套永續土地管理系統以維持土壤永續使用

為確保農業可持續發展，維持土質是當前首要工作。土質就是土壤與生俱來促使植物生長的能力，土壤和作物的經營管理除能改善碳固定在土壤中的時間外，也能增加土壤中碳的庫存量。而為使土壤的利用能永續，不僅要考慮土壤的品質與健康 (Soil Quality and Health)，亦要同時考慮作物與環境的品質，因此，有必要整體考慮及評估，尋求不同的土壤管理策略，以符合上述之要求。考慮的範圍包括以下幾項：

1. 如何補充維持土壤碳貯存量以供作物所需，並減少化肥使用及污染作物與環境品質？
2. 如何有效預測土壤中碳貯存量之變化？
3. 應施用多少量之有機堆肥，才能確保補充土壤中之有機碳又能避免土壤被重金屬污染？

要建立完整的永續性土地管理系統 (Sustainable Land Management System)，必需要有一套完整的步驟來加以評估。依國內學者提出的架構，要完成永續性的土地管理系統至少應包括以下資料或制度：

1. 要重視土壤調查資料，至少要對代表性土系有充分了解，並建立完整之臺灣地區土壤資料庫系統供大家使用。
2. 建立土壤最少資料組(土壤物理、化學及生物性質之指標因子)。
3. 儘速建立臺灣地區可供使用之土壤轉換函數(pedotransfer function, PTF)，以求得重要的相關資料。
4. 結合目前已建立之模式，用來進行模擬分析。
5. 建立土壤品質之長期性監測與評估制度，以評估土壤是否可以永續被利用，或已惡化應如何加以改善及復育等。

六、結 論

不同耕作管理系統下，確實可對土壤有機碳之變化造成影響。為積極增加

土壤中碳的供應能力，應建立一套永續性土地管理系統，以增加土壤供給養份的能力，改善土壤物理性、化學性及生物性質；如此既可利用農業經營中產生之有機廢棄物，又能提供部分養分給作物、減輕化學肥料的用量。為維持土地的永續利用性，應可積極推廣此類系統。