



淨零排放，綠色永續

友善環境 土壤碳匯

黃瑞華¹

壹、前言

隨著全球平均溫度上升，伴隨而來極端天氣，影響人類活動及農業生產至鉅，臺灣在2020~2021年嘉南地區、桃竹苗停灌，且在2021年6月及8月發生豪雨。依聯合國政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）2021年科學報告之模擬情境，接下來20年地球表面升溫將達到1.5或1.6℃，人類需要在10年內大幅減少二氧化碳（CO₂）及其他溫室氣體排放量，到2050年實現淨零排放（Net Zero Emission），才能控制升溫在1.5℃內。



註1：行政院農業委員會農糧署。

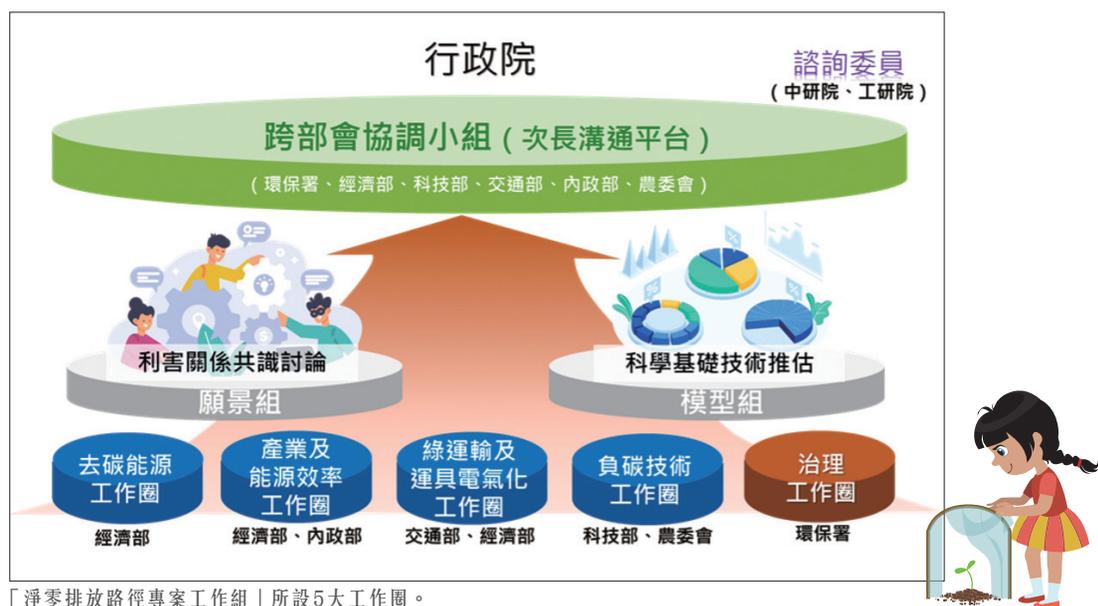
歐盟在2019年提出2050年達到碳中和目標後，全球已有超過135個國家宣示或規劃2050年淨零排放目標。為規劃我國淨零排放路徑，行政院已成立「淨零排放路徑專案工作組」，並分為去碳能源、產業及能源效率、運具電氣化及負碳技術、治理等5大工作圈進行研討評估，就技術、產業、政策、社會、經濟、環境等關鍵議題，並研提具體成果報告及落實方案。

貳、農業部門溫室氣體排放分析與面臨挑戰

依據2021年發布的國家溫室氣體排放清冊報告，農業部門的溫室氣體排放量占全國約2.22%，其排放

來源區分為「燃料燃燒使用」及「非燃料燃燒使用」2類，「燃料燃燒使用」係屬農業使用燃料燃燒及電力造成之溫室氣體排放，其排放源包含農機具、漁船、幫浦燃料使用、穀物乾燥、園藝溫室等相關之燃料與電力使用等；「非燃料燃燒使用」主要為農牧業從事生產過程中造成之溫室氣體排放，其排放源包含作物殘體燃燒、農耕土壤、水稻種植、尿素使用、畜禽糞尿管理及畜禽腸胃發酵等，其中非燃料燃燒則以農業土壤（35.9%）位居第一、畜禽糞尿處理（27.2%）次之，水稻種植（18.5%）及畜禽腸胃發酵（17.4%）相當。

統計農業部門溫室氣體排放量約500.6萬公噸CO₂當量，第二期（110~114年）溫室氣體農業部門應



減量30%，與第一期比較尚須再減排80萬公噸CO₂當量，其中農糧產業應減少34萬公噸CO₂當量。而溫管法明定農業部門兼具農業溫室氣體管理及糧食安全確保之責，農業生產活動係為提供國人糧食之必要需求，如何於確保糧食安全原則下減少溫室氣體排放為農業生產的挑戰。

參、農糧產業溫室氣體減量作為

為達成溫室氣體農業部門減量目標，農糧產業持續推動下列策略與措施：

- 一、推動友善環境農業耕作，穩定農業生產，維護生產環境，確保農業永續發展，包含從事有機及友善耕作之農民每年每公頃3~8萬元不等之生態獎勵給付及收益減損補貼；辦理有機驗證及檢驗費用、溫（網）室設施及農機具設備補助；輔導建置有機集團栽培區及促進區；擴大推廣友善環境耕作等。
- 二、推動低碳農業，包含綠色環境給付，輔導農地轉作進口替代雜糧作物或國內需求特產作物，提高國產雜糧自給及穩定國內糧食供應，並達到縮短食物里程及減少碳足跡與確保農業永續發展；稻殼（粗糠）取代燃油節能減碳措施；輔導農友種植落花生、大豆與紅豆等作物，以根瘤菌接

種取代氮肥施用；推廣合理化施肥等。

肆、農糧產業之淨零排放路徑及關鍵技術里程碑

為達成2050淨零排放目標，配合行政院規劃，行政院農業委員會農糧署於「負碳技術工作圈」項下「環境系統可吸儲之碳匯」(Carbon Sink)技術領域小組主責「土壤碳匯」，與「森林」及「海洋」碳匯分別開發減量與碳匯技術及研擬配套措施。

於2021年6月、8月及12月邀集各試驗改良場（所）及農糧產業學者專家，辦理專家諮詢會議及共識營，盤點並檢核土壤碳匯之國際技術狀況與未來發展趨勢、國內技術狀況、產業鏈國際競爭力、經濟成本、負碳貢獻度等面向進行細部探討，評估規劃初步淨零排放路徑與藍圖，設定2025、2030、2040及2050分年目標，並提出2023~2026年（2021~2025年）符合我國淨零路徑藍圖之中程計畫，以作為2030、2040~2050年短、中、長程產業政策規劃發展路徑的基石。

於專家諮詢會議中土壤學者專家指出，植物吸收空氣中的二氧化碳，經過光合作用排出氧氣及合成碳水化合物，碳就成為植株及根系的一部分，隨著植株凋落與生理代謝回歸地底，成為土壤有機質一部分。土壤



水稻種植因長時間灌水而排放甲烷及氧化亞氮，透過調整水田灌水之低碳排栽培模式可減少甲烷釋出。

有機質約含有5成以上的碳，當有機質進一步分解形成腐植質後，需要數百年才能再分解，碳被長時間留在土壤中，因此土壤正是陸地系統中最大的碳匯，失去固碳能力的土壤，將讓全球暖化及氣候變遷加劇，爰農業固碳的潛力備受矚目。

鑑於法國曾在2015年聯合國「氣候變遷綱要公約」(UNFCCC-COP) 締約國大會(COP21) 提出「千分之四倡議」(4 Per 1000 Initiative: Soils for Food Security and Climate)，認為利用土壤固碳，全球每年提高土壤有機碳含量4%，將可抵消人類活動所增加的二氧化碳排放，且有益土壤健康，有助提升農作物產量、維護糧食安全。但農業活動是碳源之一，施用肥料及翻耕等栽

培過程亦會排放溫室氣體，推助暖化升溫。因此，專家建議，農耕方式必須改變，用土壤固碳，可為氣候變遷找到解方。

綜合專家諮詢會議結論，歸納出下列3項發展土壤負碳貢獻策略，期望增進農業土壤碳匯效益，創造土壤碳匯價值：

一、加強土壤管理方式

- (一) 建立碳儲量之評估基準與分析技術，建置碳儲潛力分區圖：為精準估算廣大農地土壤碳匯量、增加碳匯量及履行碳權交易，應進行耕地土壤碳含量盤查、量測與監測。
- (二) 建立土壤碳匯MRV(可量測、報告、驗證)機制：完成土壤碳匯測量標準作業程序程序(SOP)，履行碳權交易，以達負碳貢獻。

二、建構負碳農法

- (一) 推廣具負碳功能作物品種：作物行光合作用獲取碳，選育光合作用能力強及固氮功能高的作物品種，有利溫室氣體減量及增強碳匯。
- (二) 推動作物負(低)碳之栽培技術：農耕操作造成土壤中的碳排放到空氣中，作物透過免耕、草生或覆蓋栽培；有機與友善耕作；水稻間歇性灌排耕

作；種植綠肥作物及減少化學肥料施用等技術，增加土壤有機質含量。另透過肥料實名制機制，精準施肥，鼓勵農友使用多功能緩釋型肥料、水稻深層施肥，以減少水田甲烷及氧化亞氮排放。

三、開發生物資源

- (一) 推廣農業剩餘資源再利用及適用微生物，增加土壤有機質：土壤中的含氮有機物靠微生物分解，開發增進農業剩餘資材再利用及具固碳功能微生物，增加土壤碳匯效益。
- (二) 開發低碳排製程的有機質資材生產系統，促進農業剩餘資材循環再利用：推廣節能減碳農機及設施（備），包含推動農機電動化、輔導農糧產業設施及農產加工與批發市場節省用電，以減少能源使用。



草生栽培、不耕犁減少土壤擾動，可減少氧化亞氮釋出；施用有機質肥料，更有助累積土壤碳匯量。

農業相較於工業之消耗能源增加碳排，不但可以開源（生質燃料）、節流（固碳、遮蔭），更有機會逆轉（炭化）。農業剩餘資材經適當的處理方法一方面加值再利用，另一方面也能對節能減碳有所貢獻，例如開發可循環的農業資材（農膜、育苗盤等）、推動農業低碳循環場域，儘可能減少農業生產過程中的高碳能源消耗和溫室氣體排放，在確保食品供給及糧食安全前提下，實現高效率、低能耗和低碳排放的農業發展模式。

伍、結語

為達成淨零排放目標，除了各項減量、增匯的技術研發與推廣外，農業部門仍有許多可著力處，可強化全國溫室氣體減量之成效。如透過發展農業清潔能源，可減少用電所產生之碳排；透過碳定價與碳權取得，創造新型經濟模式提高農民收入；鼓勵農民與農企業從源頭減碳增匯；運用教育、資訊揭露等方式強化消費者責任，改變需求端之消費行為，朝向符合淨零排放概念之模式發展；以及透過政策、法規的制定與調整，建構誘因機制，引導生產端淨零作為等。

綜合言之，農耕模式之調適、推廣合理化施肥、不過度翻耕、有效運用微生物延長農業剩餘資材循環利用歷程及生物炭應用等，將有助土壤碳匯與溫室氣體減量。