

減碳與生產並行： 農業低碳生產技術之實證成效

撰文 | 畜產試驗所 黃寂槐、范耕榛、郭卿雲
農業試驗所 林毓雯
桃園區農業改良場 吳有恒

前言

淨零排放已成為全球與我國施政的核心策略。依Net Zero Tracker統計，截至2026年3月，全球已有139個國家參與「淨零排放」行動；臺灣亦於2023年將淨零排放納入法規引領未來中長期因應衝擊之氣候行動。依2025年國家排放清冊，總溫室氣體排放總量為年278,625千公噸二氧化碳當量，農業部門占2.33%，其中農業土壤、畜禽糞尿處理、畜禽腸胃發酵為前三大占比。為落實 2050 淨零目標，農業部門在確保糧食安全的同時，正積極建構低碳生產體系，減量策略依排放屬性區分為「非燃料燃燒」之生產路徑優化，以及「燃料燃燒」之能源效率提升兩大範疇。從農耕減碳、畜禽精準飼育及農機能效等三大面向切入，整合生產面與環境治理，達成農業永續轉型。

低碳農耕

農業溫室氣體排放可區分為農業活動之「燃料燃燒」與「非燃料燃燒」所產生之溫室氣體排放，非燃料燃燒的排放源主要來自畜牧及農糧產業的生產操作過程的直接排放，因此針對「非燃料燃燒」的溫室氣體減量技術進行處理，農糧部分主要係透過調整水田水資源管理模式、稻稈移除、不整地栽培、緩釋型、肥料深施及優化作物栽培模式等方式減少溫室氣體排放。

一、精進作物低碳栽培管理

112至113年間優化低排放作物栽培管理模式和技術，包括：水田間歇灌溉、稻草移除、以銨氮取代硝銨混合氮、緩效性氮肥深施、以滿江紅取代田菁為宜蘭二期作休耕期綠肥、水稻-玉米輪作、茶園氮肥穴施、牧草禾豆混植等。綜整歷次田間試驗結果，溫室氣體



低碳栽培示範場域。

減排量依序為：以滿江紅取代田菁為宜蘭地區二期作休耕綠肥（ $-18.8 \text{ tCO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ） $>$ 稻草移除（ $-6.76 \pm 7.52 \text{ tCO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ season}^{-1}$ ） $>$ 間歇灌溉（ $-4.05 \pm 6.21 \text{ tCO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ season}^{-1}$ ） $>$ 玉米低耕犁（ $-1.21 \pm 1.29 \text{ tCO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ season}^{-1}$ ） $>$ 水田以銨氮取代硝銨混合氮（ $-2.21 \text{ tCO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ）。其中，水田以銨氮取代硝銨混合氮各期作平均增產6.6%，氮肥農藝效益提升32.3%。

二、低碳排作物栽培技術驗證

運用連續3年試驗數據，於114年建立水稻間歇灌溉、以銨態氮肥取代硝銨混合氮肥、以滿江紅取代田菁做為二期作休耕期綠肥等技術驗證示範場域5處，並於臺東池上、關山、鹿野等地區

推廣水稻深層施肥技術達600公頃，減排約840 tCO_2e 。

低碳畜禽生產模式

針對「非燃料燃燒」的溫室氣體減量技術，在畜牧業部分則以精準營養、減碳飼料添加物及廢棄物減碳處理技術等各面向投入研發能量，建立低碳排畜禽養殖生產模式並建立示範場域推廣至業界。

一、低蛋白飼糧及創新料添加物助力畜牧業低碳排放

在維持畜禽生長性能與生產力不受影響的前提下，針對不同畜種與生長階段調整飼料組成，降低飼料中過量的蛋白質，至114年止，已建立4處低蛋白

飼糧牧場示範場域，實證減碳效益：乳牛低蛋白低牧草纖維飼養使每公斤生乳碳排放約降低 12%；土雞與蛋雞飼糧蛋白降低 2 - 4% 可使堆肥 N_2O 排放下降 12%；肉豬肥育期糞氮下降，碳排放量減少 11 - 27%。同時，篩選本土具有降低甲烷潛力的畜禽飼料添加物。目前已篩選12項具有降低甲烷生成之潛力的原料，其中以澎湖海域的海門冬藻類效果最佳。此外，經由動物驗證，益生菌添

加物亦可降低豬隻22.53%甲烷量，降低泌乳牛19.11%甲烷量。

二、畜禽廢棄物減碳處理與再利用

為優化畜禽糞便減碳處理，透過比較不同糞堆肥設備之單位碳排放量，於中南部3處堆肥場導入6項低碳管理策略，實證顯示堆肥前期減幅達17.4 - 26.5%；整體而言，密閉直立式圓桶發酵與多層式乾燥設備兼具低排放、占地



低蛋白飼糧牧場示範場域。



畜禽糞便減碳處理示範場域。

小及臭味易控制等優點，較傳統翻堆方式更能兼具污染防治與減碳目標。在沼氣能源化方面，開發並驗證可移動式沼氣純化設備，利用單乙醇胺去除沼氣中二氧化碳與硫化氫，提升甲烷濃度與利用價值，此外，使用小型空壓機對沼氣進行壓縮充填進鋼瓶試驗，成功驗證沼氣壓縮儲存與異地運輸的可行性，為未來沼氣於非固定場域的多元利用奠定技術基礎，期提高畜牧場投入沼氣回收與利用。

農機

針對「燃料燃燒」的溫室氣體減量技術進行處理，即農業生產使用能源所產生之溫室氣體，透過設施（備）能源效率提升及推動農機具電動化等方向辦理，包含開發並優化農業生產所需之農機具電動化技術及產品、油電混合動力漁船開發與優化等，農漁生產設施設備之技術開發與應用推廣，並縮短供應鏈等，以減少農業經營過程使用能源所產生的溫室氣體直接或間接排放。

一、電動農機具與農業設施（備） 開發與效能優化

113年研發多項高能效之電動機具，並具有實質減碳成果：電動施肥機減少10%的肥料用量，每年減少6噸CO₂e排放；電動輸送搬運系統提升搬運效率150%以上，每公頃減少8.08公斤CO₂e；火焰除草裝置有效替代化學

藥劑，防治率達85%以上，對環境友好；電動中耕機每年減少0.74噸CO₂e排放，並節省372公升柴油。114年持續優化與開發，包括高扭力低轉速動力模組、精準能源管理系統、農用作業機構的電動化整合等，提升農機在施肥、噴霧、搬運、整地等作業中續航力與操作穩定度，有效降低噪音、油耗與減碳目標。

二、開發並強化漁船節能技術

推動油電混合動力漁船之核心技術開發，114年完成電動推進模組、水冷散熱系統、能量管理邏輯與油電轉換效率測試，以降低漁船在港內操船、拖網、收網及短程航行時之油耗與碳排放。研究成果顯示，混合動力系統在中低速運行時可有效提升能源使用效率，並降低操作噪音與震動，對漁民作業環境改善具顯著助益。

結語

農業減碳不再只是因應氣候行動，更是生產效率的革新。透過建立低碳栽培、低碳飼養及電動農機等示範標竿，成功驗證減碳能與產量、效益並行不悖。無論是沼氣異地運輸的技術突破，或是本土海藻抑甲烷的研發進展，均展現農業因地制宜的創新能量。未來將接續擴大技術推廣範圍，將科研成果落實於田間與牧場，攜手農民與產業共同建構永續農業。