

淨零排放時代的明日之星

科技協助農業 減碳救地球

相較多數產業僅能排放二氧化碳，廣義的農業涵蓋農林漁牧，不僅有很多方法可以減碳，更是唯一具備碳匯（Carbon Sink）效益的產業，若能有效藏碳於海洋、土壤與森林，可望在延緩氣候變遷上扮演要角。農業在淨零時代是珍貴寶藏，透過科技幫助，將可為人類找出更多減碳解方。



農機吹起電動化風潮，使用能源效率較高的設備，對減碳可達到立即成效，臺灣率先宣示2040要達到百分百農機電動化的目標。

撰文／陳怡如

1.5°C，是地球環境和人類存亡的「臨界點」。想要阻止地球暖化和氣候變遷對環境帶來的致命影響，必須在2050年之前，將地球升溫幅度控制在1.5°C之內。根據聯合國指出，若要達成這個目標，2030年全球人為二氧化碳淨排放量，需比2010年降低45%，如此在2050年便

能達到淨零排放。為了控制升溫，所有產業都要動起來，農業也不例外。

全球糧食和農業對地球環境產生的影響深遠，根據Hannah Ritchies & Max Roser在2020年的調查指出，食品生產占全球溫室氣體排放量26%，農業使用全球50%可居住土地、70%淡水

抽取量，造成全球78%海洋和淡水優氧化。

事實上，農業不僅是二氧化碳的排放來源，更是固碳增匯的主要貢獻者。廣義的農業包含森林、海洋和土壤，全是儲存二氧化碳的天然倉庫。目前產業界正為尋找可交易的碳權所苦，而農業正是一個好的提供者，如果能夠善用科技輔助、妥善規劃，將有很大機會成為淨零時代的商機。



科技協助農業減碳與增匯帶來的契機，不僅能擴大傳統農業的視野，在淨零碳排的目標下，有機會成為跨領域產業投資標的，以及企業轉型的布局目標。

不同切入角度 一窺全球減碳策略

農業對淨零排放的貢獻不容小覷，各國紛紛從不同面向切入。一向身為綠色永續模範生的歐盟，提出「農場至餐桌策略」（Farm to Fork Strategy），明列27項促進綠色食品生產、發展更健康永續的飲食以及減少食物浪費的措施，預

計到2030年，將有機農業面積增加至少25%，並減少50%的化學農藥用量和風險，以及減少20%的化肥使用。

美國則發起「農業創新議程」（Agriculture Innovation Agenda；AIA），整合美國農業部所需的資源、計畫與研究，為農民提供工具，並將美國農業定位為能持續供給未來糧食、纖維、燃料、飼料需求之領導者。目標在2030年達到食品廢棄物減少50%，2050年農業產量增加40%、環境碳足跡減半。

日本也發表「綠色糧食戰略」，從經濟、社會、環境三大面向切入，以長期視野規劃攸關人民健康飲食生活、永續生產和擴大ESG消費市場等目標策略，期望2030年達到食品產業朝向永續發展，2050年農業二氧化碳零排放、有機農業擴大至25%。

目光轉回臺灣，根據「我國國家溫室氣體排放清冊」指出，臺灣農業約占我國溫室氣體總排放量1.17%，明顯低於國際水準許多。農委會率先宣示，透過「減量」、「增匯」、「循環」及「綠趨勢」共四大主軸，臺灣農業將在2040年達成淨零排放，比全球共識2050提早了10年。

四大面向 打造食品產業循環經濟

農業想要減碳，就要打造新的循環經濟。工研院產業科技國際策略發展所產業分析師邱純慧認為，推動「食品產業循環經濟」，可以對抗氣候變遷和減少地球資源耗竭，達成食品產業零廢棄的終極目標。

這套系統主要包含4個面向，首先是增加有機種植的農作物。食品產業應減少化學肥料和農藥的使用，除了可以改善土壤狀態減輕環境傷害，無法食用的生質料源，也能生產其他高附加價值的產品。

第二是優化食品加工業的生產製程，可將水、能源、資源使用效率極大化，有效將資源全利用，以生產製程零廢棄、零排放為最終目標。

第三是生質料源循環再利用，藉由純化萃取技術，生產藥品、美妝品、保健食品、飲料、生質塑膠和高性能材料等，讓食物資源發揮最大的利用價值。

第四是增加生物可分解生質肥，食品廢棄物經堆肥處理增加腐植質，生產土壤增肥、保肥的有機質肥料，可以增進土壤生產力，並避免食品廢棄物棄置對環境所產生的衝擊。

農食剩餘材料再利用 垃圾變黃金

「避免食物浪費」已是全球趨勢，歐盟將基於各會員國於2022年提出的數據，在2030年前將零售端和消費者個人所造成的人均食物浪費減少50%，並調查生產端的食物浪費原因，透過跨國資訊整合平台—歐盟糧食損失和糧食浪費平台（EU Platform on Food Losses and Food Waste）提出改善建議。

在後端廢棄階段，農業廢剩物的再利用也備受關注。在食物生產過程有許多副產物，像是果皮渣、酒粕、稻稈、豆渣、咖啡渣與茶葉渣等，都有其利用價值，未來應用「全利用、零廢棄」的思維，重新規劃建立食品循環系統，提高這些剩餘資材的價值。

根據市調公司Polaris Market Research調查，全球農業與食品加工剩餘資材循環再利用創造360億美元產值；臺灣每年農產廢棄物高達490萬公噸以上，其中農產廢棄物與畜產廢棄物占比高達96.6%，都能化為龐大商機。

像是針對臺灣第一大農作物水稻，在加工成稻米的過程中，最主要的剩餘資材，就是稻稈和稻殼。稻殼焚燒後產生的稻殼灰，目前多免費提供給製作農戶，或以極低的價格銷售給農戶做為有機肥料，無法提高材料的附加價值。其實稻殼灰含有高達85%至89%的二氧化矽，而二氧化矽正是常見的工業原料，將稻殼灰作為永續循環材料，具有市場應用的發展潛力，2021年全球市場規模高達26.1億美元。



替代蛋白、智慧電動 農業減碳多管齊下

在農業生產上，很大一部分碳排來自畜牧，其中牛隻更是排放之王。當牛進行反芻時，會排出大量的甲烷氣體，甲烷不只僅次於二氧化碳，是第二大的溫室氣體，暖化潛能更比二氧化碳還要高21倍，對環境影響巨大。不少人因而開始提倡多吃蔬食、減少加工品，或是研發可替代性蛋白與未來食物，造就了「植物肉」蓬勃發展，用「吃」也能改變世界。

從能源使用的角度切入，也是農業減碳的好方法。像是建置綠能設備，打造能源自主的農漁村；吃柴油的農機具也是碳排一大來源，就像油車走向電動車的趨勢一樣，農機也吹起電動化風潮，使用能源效率較高的設備，對減碳將能達到立即成效，臺灣就率先宣示2040要達到百分百農機電動化的目標。

其他還有食用當季、在地食材，縮短食物運送路程，降低運輸過程產生的碳排放量；以及使用環保、可重複利用或回收的包材；還有增加森林、海洋及土壤的碳匯，強化負碳農法，都是農業減碳不可或缺的一環。



左、右：
在食物生產過程有許多副產物，未來應用「全利用、零廢棄」的思維，重新規劃建立食品循環系統，提高這些剩餘資材的價值。

技術打包輸出 瞄準全球商機

對於協助農業減碳，工研院也沒有缺席。工研院中分院副執行長李士畦表示，工研院具備能源、機械、資通、感測、晶片、量測，以及生技與材料等與科技農業直接相關的全方位技術發展能量，透過快速整合，目前在生態材料、生物質全循環、替代蛋白(植物肉)、智慧感測、智電載具方面，都已陸續投入研發或技轉，科技輔助農業科技化減碳已經是進行式，未來「協助農業朝智慧、生態與永續的方向邁進」是必須堅持的一條路。也因為「農業代表的是生命，我們要用生命的角度、週期的觀念來看待並協助這個領域的發展。」

科技協助農業減碳與增匯帶來的契機，不僅能擴大傳統農業的視野，在淨零碳排的大目標下，有機會成為跨領域產業投資標的，以及企業轉型的布局目標。在未來大鳴大放的碳交易時代，自然碳匯逐步完成各種認證準備後，也會成為國際競逐的碳權交易重點。「以前我們期待與推動的主軸是『以工輔農』，現在必須再加入『以農助工』的目標。」李士畦表示，當未來這

些農業的負碳材料或低碳工具，以及造就出來的碳匯量可以被清楚的認證與量化計算，就有機會形成可交易的碳權。這方面的需求會來的很快，我們得更加快一些，為農民和跨領域應用產業帶來實質的幫助。

這個商機不只在臺灣，更是放眼全球，未來工研院將以「包裹式」的技術輸出為目標，而「國內驗證、國外實施」則是重要的發展核心。李士畦解釋，所謂的包裹式技術，是指整合所有的科技農業減碳技術，提供一條龍的服務。

這包括由農試機關提供潛力低碳作物以及田間實務驗證的全面合作。再加上工研院與學業界在生產端的智電協作、加工設備、檢測儀器，與最終的減碳評估、碳權驗證與生物質全循環材料的相關供應鏈等，所有環節的打包輸出。「這對每個農民與任何國家來說，都非常具有吸引力，因為從來沒有一個人可以告訴你，這些東西全部組織起來該怎麼做，以及如何去選擇自己最需要的組合。」李士畦說，以農產業實務需求對應可提供的減碳技術、工具與負碳材料，以科技加速布局農工減碳技術與服務體系，才能在進入淨零排放的大時代中搶得先機。■