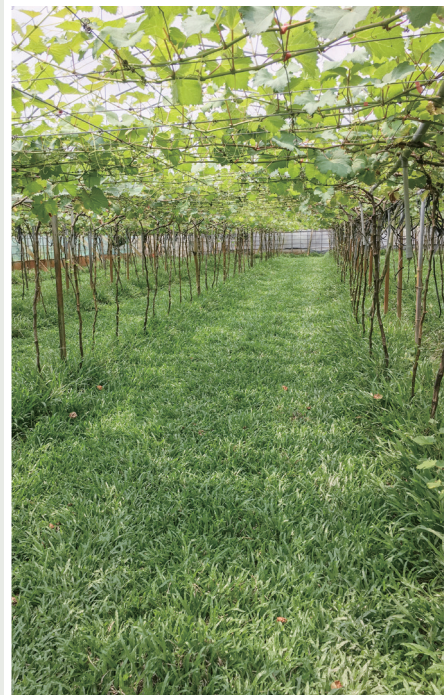
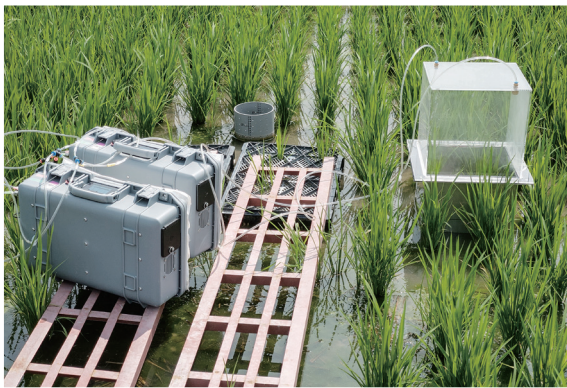


臺中區農業專訊

vol. 123

農業淨零碳排與

資源永續發展





封面說明

因應全球氣候變化急遽影響農業發展，本輯介紹目前農業淨零碳排策略與減碳、增匯及環境資源永續應用案例，期為農業轉型帶來新契機。

發行人 / 楊宏瑛

總編輯 / 吳建銘

編輯委員 / 蕭政弘、白桂芳、楊嘉凌
田雲生、陳裕星、吳建銘

執行編輯 / 陳蓓真

輔導機關 / 農業部

發行所 / 農業部臺中區農業改良場

地址 / 彰化縣大村鄉松槐路 370 號

電話 / 本場 04-8523101

農民服務專線 04-8532993

埔里分場 04-92880084

網址 / www.tcdares.gov.tw

設計印刷 / 社團法人中華民國領航弱勢族群創業
暨就業發展協會

電話 / 02-23093138

展售書店

五南文化廣場 / 臺中總店

地址 / 臺中市中區中山路 6 號

電話 / 04-22260330

國家書店 / 松江門市

地址 / 臺北市中山區松江路 209 號 1 樓

電話 / 02-25180207

國家網路書店 / www.govbooks.com.tw

中華民國 81 年 10 月創刊

中華民國 112 年 12 月出版

局版臺省誌字第 280 號登記證

中華郵政彰化雜字第 30 號執照登記為雜誌交寄

GPN / 2008100085

ISSN / 0257571X

定價 / 新臺幣 15 元

CONTENT vol. 123

農業淨零碳排與 資源永續發展

01 農業淨零策略的執行面向

廖崇億

06 農產品碳足跡與減碳策略

吳以健、廖崇億

13 碳匯，有「草」開始

郭雅紋

17 減少化學肥料用量之作物栽培技術

曾宥紘

23 環境資源永續應用－電動農機

張佳偉、張金元

▼ 水稻甲烷排放為農業主要溫室氣體排放源之一，
圖為水稻溫室氣體排放調查

農業淨零策略的執行面向

文圖/廖崇億

為呼應全球淨零趨勢，臺灣於111年3月正式公布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」，提出「十二項關鍵戰略」，制定行動計畫引導轉型。農業部綜整「自然碳匯」關鍵戰略行動計畫，規劃減量、增匯、循環、綠趨勢等4大議題主軸及具體策略措施，落實推動實行。

依據我國112年2月15日修正之「氣候變遷因應法」溫室氣體為二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、氫氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)、三氟化氮(NF₃)。以國家碳排總量角度，即依據IPCC國家清冊指南，與農業有關的直接排放為CO₂、CH₄、N₂O。其中CH₄主要排放源為持續湛水的水田、家禽畜腸胃道發酵與廢水處理，N₂O主要排放源為含氮肥料施用與廢水處理，家禽畜呼吸或植體燃燒產生的CO₂則視為短期CO₂循環會被植物吸收，不列入計算，只計算尿素和石灰資材施用後水解或礦化產生CO₂排放。若以合作社、加工廠或農會等營運組織的碳排查，以及農產品的碳足跡，溫室氣體盤查的項目則會更多元，如農機具使用化石燃料燃燒產生的CO₂排放、冷藏庫使用的HFCs洩漏、化糞池裡產生的CH₄與N₂O，或是生產用電產生的間接碳排放等。因此，為了達到農業淨零，不同檢視角度會有不同減量目標，但都有共同的重點：減少化石燃料使用、降低礦產自然資源開發、提高能源與資源利用效率、減少廢棄物產出、促

進資源循環利用等，並透過增加碳匯或碳封存來達到淨零。農業部(原行政院農業委員會)並宣示在2040年達到農業淨零排放，擬定了減量、增匯、循環、綠趨勢四大策略，分述如下。

【減量】

109年農業部門碳排放量為3,345千公噸二氧化碳當量，約佔臺灣總溫室氣體排放量的1.15%，與79年的5,049千公噸二氧化碳當量相比，農業碳排約已減少34%，一些活動數據，如耕作面積、肥料使用及家禽畜飼養頭數的減少，是減量的主要指標。目前與農糧有關的水稻種植、農業土壤、農作物殘體燃燒及尿素使用，各佔農業部門的18.0%、36.8%、0.05%及0.9%。稻米為臺灣主食之一，栽培面積雖較30年前減少30%，近年栽培面積仍有24-26萬公頃，是主要碳排放源。農耕土壤碳排，主要計算是氮肥投入下，因微生物脫氮作用的中間產物： N_2O 釋出。79年後，在作物轉作政策、生產技術改善及農業活動衰退等因素影響下，農業相關活動數據有明顯減少，但在近10年趨於平緩。因此農業的減排需要更進一步的技術與資源投入，才能促使農業碳排放減量。

碳排減量有2個關鍵，一是活動減少，例如：氮肥料投入量減少、水稻面積減少等，通常與技術推廣、政策推動、經濟活動或生產環境改變有關，目前農業主管單位，透過肥料補助與企業贊助，促進農友轉用低碳排資材，以肥料實名登記補助，管理肥料使用總用量；二是排放係數的改變，即透過更高效率的生產管理模式，產生較低的碳排放，如節水管理下之水稻甲烷排放僅約慣行持續淹灌的50%，間歇灌溉的推廣及統計執行面積是減量的重要措施。添加硝化抑制劑或進行裹覆處理的緩釋肥料，提高作物氮利用，可降低 N_2O 排放，以日本國家清冊為例，使用硝化抑制劑的氮肥投入 N_2O 排放係數僅有一般肥料的74%，目前農糧署已推動裹覆肥料補助，期提高緩釋肥料利用量，降低氧化亞氮排放量。在減量作為上，活動數據與碳排係數調整，仰賴統計資料的精進、農業長期科學研究及農業環境調查。

農業研究單位過去到現在進行了許多環境親和相關研究，皆具減碳效果，在農糧產業上，如合理化施肥、精準施肥、水稻節水栽培或密植高產生產技術；在畜牧業，透過調整飼料配方、通氣式堆肥、廢水處理改進或沼氣回收利用，以降低溫室氣體的溢散；農業機械上，推動電動農機具或使用高效能機具等。過去的研究較缺乏實際碳排放量化之評估，許多技術重新被提出

再研究討論，改善技術並盤查碳排碳匯，避免額外的碳洩漏。所謂碳洩漏，指技術或政策的投入，雖在目標產生減排，卻在其它過程、製程或國家產生額外的碳排。因此碳排減量，除了應用新開發技術之外，應以更宏觀的角度來檢視整體系統。

【增匯】

碳排減量效果有一定限度，甚至只要有人為活動存在與化石燃料的持續使用，碳排放就無法避免，因此為了抵銷這些碳排放，需要設法把這些溢散的碳固定下來，在工業上常以科技技術利用碳捕捉或碳封存來進行，相關技術豐富成熟。但執行時，需要額外能源投入，如無法確保碳固定大於技術投入所需能源碳排，以及對應的規模，就無法達到碳匯的效益。以自然為本的森林、土壤或海洋碳匯成為各界關注與發展重點。

在了解自然碳匯前，須先了解碳匯與碳庫差異，碳庫為穩定的碳量，持續耕作的農地、土壤中的有機質與碳酸鹽類或穩定存在的森林等，如果這些環境沒有受到破壞，場域將持續保存碳。在土壤深度0-30公分農地單位面積碳庫量約30-100公噸/公頃，森林約60-300公噸/公頃，當環境被開發，例如森林變成農田，這些碳庫將產生變化而釋出碳，產生碳排放，在碳盤查上稱之為「土地利用變化」；而碳匯管理下的土壤或森林等環境，除了維持每年的碳庫，另有額外增加的碳固定量。

森林碳匯，是最早被確認效益的碳匯，惟最近衍生「外加性」爭議多，若以國家尺度而言，森林碳匯計入較無異議，但在企業購買之碳中和碳權，森林碳匯常被認為缺乏人為外加性投入而備受爭議。過去國內森林強調保育，使森林碳匯趨於自然碳平衡而逐漸達碳匯飽和，若要進一步增加碳匯，應適度活化森林並進行利用。

對於短期作物，如水稻、雜糧及蔬菜等，這些作物也會吸收大氣中的二氧化碳並固定，收穫部位採收後被食用，而遺留在田間的殘體，會翻耕入土被微生物分解，因此無論作物被食用或在土壤中被分解，產生二氧化碳會回到環境中形成碳循環，對於短期作物，最終僅存少量不易分解的殘體形成腐植質，產生碳匯；不考慮殘體造成的土壤碳匯下，每年短期作物本身生長的生物量是不被視為具碳匯存在量。

因此，最主要農業的碳匯即土壤中累積的有機質。經相關研究，土壤碳存量不亞於森林，甚至可能更高，增加土壤碳匯管理包含加強地表覆蓋、減



相對一般農田，高山草原有機質豐富，碳儲量高(左為高山草原，右為大坪頂果園)

少耕犁、增加有機質投入與草生栽培等；但土壤有機質累積是相當緩慢的過程，以果園草生栽培為例，初期管理變化每年每公頃可能造成1-4公噸的碳匯，但1-5年穩定後，每年最多增加僅百公斤的土壤碳匯；其它農糧生產管理，初步估計每年要有6公噸以上的有機碳投入，才会有數公斤到數百公斤的碳匯產生，如為單純旱作或低生產管理，還有負碳匯可能。此外，管理、土壤類型及地區氣候的差異，使土壤碳匯的增長不如樹木生長容易評估計算，國外增加土壤碳匯管理的方式，在臺灣不見得適用，因此當前土壤碳匯研究將著重在定性與定量，即確認可促進土壤碳匯管理措施與增加量。

【循環】

農業生產過程中，會產生廢棄物與副產物，部分肥料生產業者會將資源收集，循環利用製成有機質肥料回歸田間生產；但部分則無特別處置利用，雖可能無碳排產生，但也無碳匯和附加利益產生。過去為降低畜牧廢水排放造成環境汙染，需經過三段式廢水處理，以降低有機質與營養鹽，但如果降低處理程度，將這些有機質與營養鹽改投入田間作物生產，除降低額外肥料資源投入外，亦降低廢水處理過程所需的能源消耗，雙方面降低農業生產經營碳排，甚至可利用廢水發酵產生的沼氣進行發電，降低化石燃料發電比例。

果樹是農業耕作較有可能具有森林碳匯量的潛力，但相對森林樹木的持續生長，果樹大多只有3-5年的生長期，此後隨修剪枝或翻新重植，如果沒

有將這些生物質，另外收集利用或封存，而僅堆積、粉碎或焚燒處理，就不具有碳匯存在。因此，若將這些副產物收集，製成生物炭，藉其穩定型態就可達到碳封存目的，經研究生物炭燒製過程中所耗能源，低於生物炭本身的碳存量，惟生物炭施用封存方式，尚有爭議，因有些植物具有重金屬富集性、燒製溫度會影響有害物質生成，一旦施用或投入土壤中，就無法取出，故目前對生物炭相關法規與規範仍在積極制定中。

【綠趨勢】

為了更進一步達到淨零減碳，除了產業主體在碳排放的減量外，也逐漸拓展到產業上下游與金融體系，甚至用電管理的間接碳排放。由於在組織盤查規則，金融企業所投資的企業碳排將被列入評估，所以為了降低金融等服務業企業碳排放，金融業可能提升減碳或低碳企業的投資，降低高碳排企業的融資。

臺灣目前雖以化石燃料發電為主，能源碳排在全球相對偏高，但隨綠能的拓展，臺灣電力碳排放係數由99年0.612公斤碳當量/度，下降到目前111年0.495公斤碳當量/度；而且電動機械平均效率高於燃油，因此電動機械的推廣使用，是淨零碳排推動的重要策略之一。

除減排增匯技術之外，淨零碳排可結合食農教育，建立正確的碳排知識與淨零涵義，才能有效推動。透過基礎知識推廣，由上而下，從農業研究人員、農業生產團體、生產的農友以及消費者等，透過市場或加工供應需求，逐步推廣淨零減碳。以工業製造業近年最熱門的手機為例，最常發生的碳足跡追溯，包括組裝、零件生產、零件原料及礦物原料，也就是說，要進入供應鏈，就必須進行碳盤查。農業產品目前尚不會受到碳關稅(CBAM)影響，但在加工食品的碳足跡追溯上，農產外銷加工品未來勢必受影響，為了及早因應，相關知識推廣不可忽略。

【結語】

我國農業部門雖然碳排量比例不高、也非碳盤查首要衝擊對象，但因應市場供應鏈、外部資源挹注機會及提升生產技術，調整過去以產量最大化為目標，轉向環境永續及利益兼顧為目標，淨零排放不是農業發展的阻礙，而是農業轉型的契機。

▼ 運輸過程是進口農產品的碳排熱點，在地生產與在地消費可降低碳足跡



農產品碳足跡與減碳策略

文/吳以健、廖崇億
圖/吳以健、鄧執庸

【氣候變遷與溫室效應】

氣候變遷與全球暖化是目前人類所面臨最重要的議題，過去數十年累積的研究已可以確定20世紀後的全球暖化是由於工業革命後的大量化石燃料使用，相較過去排放更多的溫室氣體，這些額外的溫室氣體，加劇了原本地球的溫室效應，地表氣溫進一步的升高，導致全球暖化與引發氣候變遷。這些溫室氣體，包括排放量最大的二氧化碳、從水田與畜牧業排放的甲烷、氮肥製造與分解相關的氧化亞氮，從1850年至今，大氣中此3種溫室氣體的濃度呈現顯著增加，二氧化碳由280ppm升高至超過400ppm，甲烷由800ppb增加到1800ppb，氧化亞氮則由270ppb上升至330ppb，而增加的溫室氣體，已顯著造成各地的升溫，臺灣的暖化尤其明顯，過去每10年增加0.29℃的

氣溫，也就是說，如果現行產業不進行任何針對溫室氣體減量的改變，未來的升溫趨勢將更劇烈，並導致更嚴重的產業衝擊。

有鑑於不斷增加的溫室氣體及帶來的暖化與氣候變遷風險，聯合國跨政府氣候變遷組織(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)在最新的第六次評估報告(Sixth Assessment Report, AR6)中指出，若要將全球升溫的幅度在本世紀末維持在1.5°C以內，環境的溫室氣體必須在2050年達到淨零排放，也就是說溫室氣體的排放量與固定/吸存量必須達到平衡，因此如何有效達到減少排放與增加吸存，正是現階段最重要的目標。而規劃減排與增匯方式之前，必須先就現行產業與產品所造成的溫室氣體排放進行盤點，建立其「碳足跡」資訊後，再依此擬定未來執行的調整策略。

【什麼是碳足跡】

由於目前溫室氣體總排放量的75%是二氧化碳，因此溫室氣體排放常簡稱為「碳排」，溫室氣體減排則稱為「減碳」，低溫室氣體排放稱為「低碳」，以此類推2050年淨零碳排、碳匯、碳足跡等。碳足跡分為「產品碳足跡」與「企業或組織碳足跡」，產品碳足跡是指某個產品在其整個「生命週期」之中，包括原料取得、製造生產、運輸配銷、使用、廢棄等階段，所造成的直接與間接的溫室氣體排放總和，附帶一提，產品碳足跡不限於實體商品，服務同樣可作為產品來進行碳足跡評估，舉例來說，高鐵公司提供載客服務，在高鐵列車與其他相關運作造成的碳排，可分配在該服務旅程之中；而企業或組織碳足跡，則是某個企業在運作過程中，直接與間接的溫室氣體排放，包括廠房建造所造成的排放、車輛使用的燃油、日常使用的電力等。無論是產品碳足跡或是企業碳足跡，均為現行的溫室氣體排放重要資訊，作為擬定未來減排策略的重要參考。本文著重產品碳足跡的調查方式、碳足跡代表的意義、農產品的碳足跡評估及農業減碳的可能策略進行說明。

【碳足跡怎麼調查】

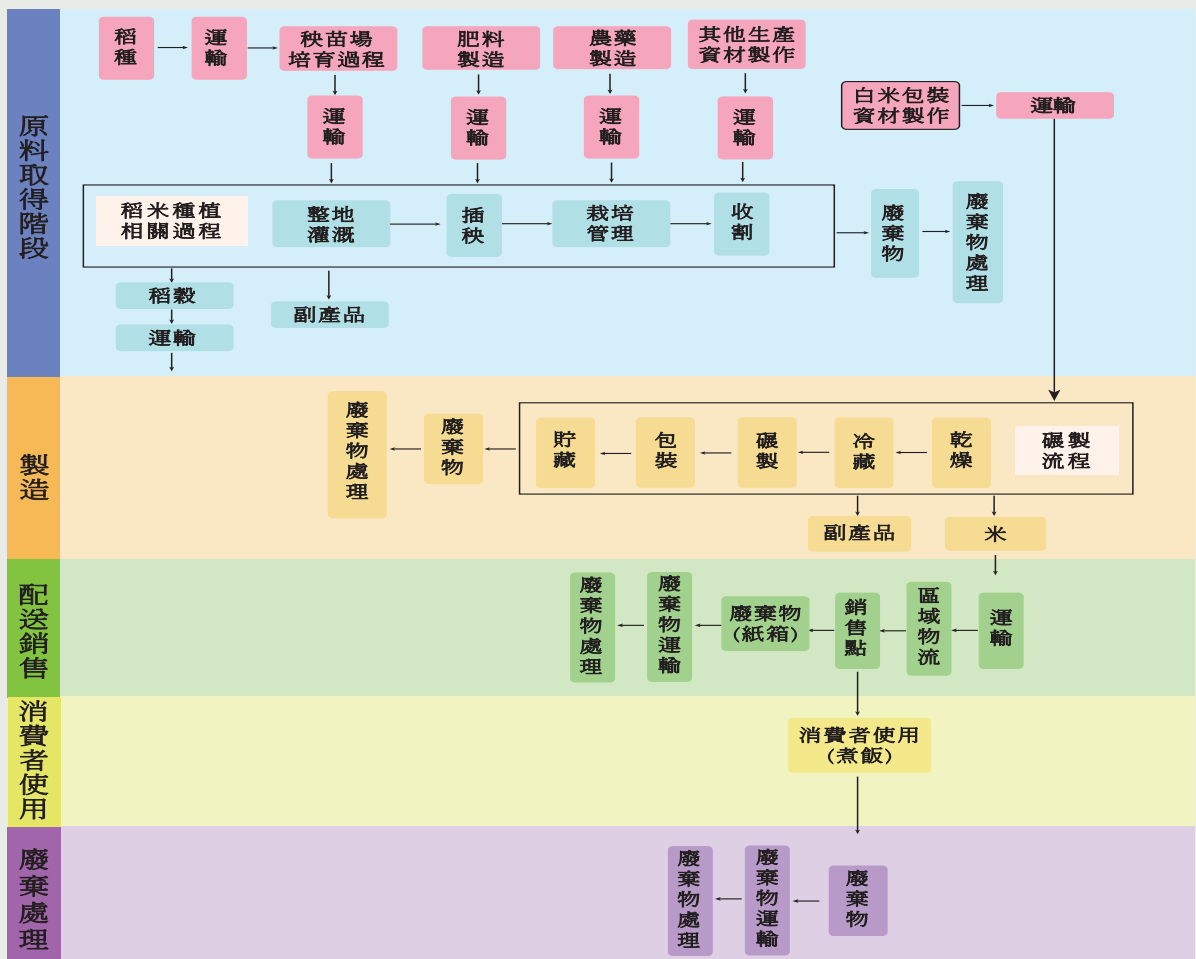
產品碳足跡的調查方式，乃依國際標準化組織(International Organization for Standardization, ISO)規範，該組織於2018年發布「ISO 14067: 2018」，為最新版的產品碳足跡評估方式，其中明定產品碳足跡評估應以環境工程學的「生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)」方式進行，生命週期評估分為四大步驟。

(一) 目標與範疇界定

產品碳足跡評估的第一步，要確定目標產品，包括產品的內容物、內容量及包裝，並依此確定該產品的生命周期，以及生命周期各階段將調查的項目，盤查的項目越詳細，其評估結果就越接近實際碳排，但盤查項目中包含過多碳排較少者，反而會花費過多的時間與人力成本，然而，若盤查的項目過少或過於簡單，則可能有評估結果失真的疑慮，因此，ISO 14067 則規定各產品的生命周期評估必須依循該產品的「產品類別規則(Product Category Rules, PCR)」，以規範該類別的產品必須盤查的項目，也就是該產品碳足跡盤查的範疇必須符合其所屬的產品類別規則。

(二) 生命周期盤查分析

依循產品類別規則完成碳足跡盤查項目後，接著應依之詳細進行投入與產出的調查，以下圖為例，稻米投入的調查包括所有資材的耗用量、電力消



產品類別規則中有規範各類產品必須盤查的項目，圖為稻米的規範項目(資料來源/環境部碳足跡產品類別規則-米 第4.0版 文件編號20-042)

耗量、燃油消耗量，其中使用的資材的製造端所造成的碳排也須計算在本產品之中；而產出的調查則包括目標產品生產量、副產物產生量、廢棄物排放，其中副產物若另有用途，則可依規定分攤部分碳排量在副產物的碳足跡上，至於廢棄物排放則包括固體、液體、氣體排放物，固體與液體廢棄物在廢棄處理時(例如廢水處理)所造成的碳排同樣應計算在本產品之中，而氣體排放則是溫室氣體直接排放的計算來源，是產品碳足跡的一大重點。

(三) 生命周期衝擊評估

完成投入與產出的調查後，下一步是要將所有收集的資料進行計算與轉換，最終整合為二氧化碳當量(CO₂ eq)的形式，作為碳足跡的量化單位。調查資料中，單位電力與燃油消耗的碳排係數，可在臺灣的「產品碳足跡資訊網」查詢，而投入資材方面，常用資材可在該資訊網查詢製造端碳排係數，同樣的，常用廢棄物處理之碳排也可在該資訊網查詢；最終是溫室氣體排放的整合，若有1公噸甲烷、氧化亞氮或其他溫室氣體的直接排放，分別相當28公噸CO₂ eq、298公噸CO₂ eq排放，則可依本文所附的係數換算為二氧化碳當量（詳如下表）。整合上述計算結果，可提出產品生命周期的總碳足跡，以及各階段的碳足跡量與所占比例。

各種溫室氣體的溫室效應潛勢(相對於二氧化碳)

溫室氣體種類	溫室效應潛勢
二氧化碳	1
甲烷	28
氧化亞氮	298
氫氟碳化物	124-14,800
全氟碳化物	7,390-12,200
六氟化硫	22,800

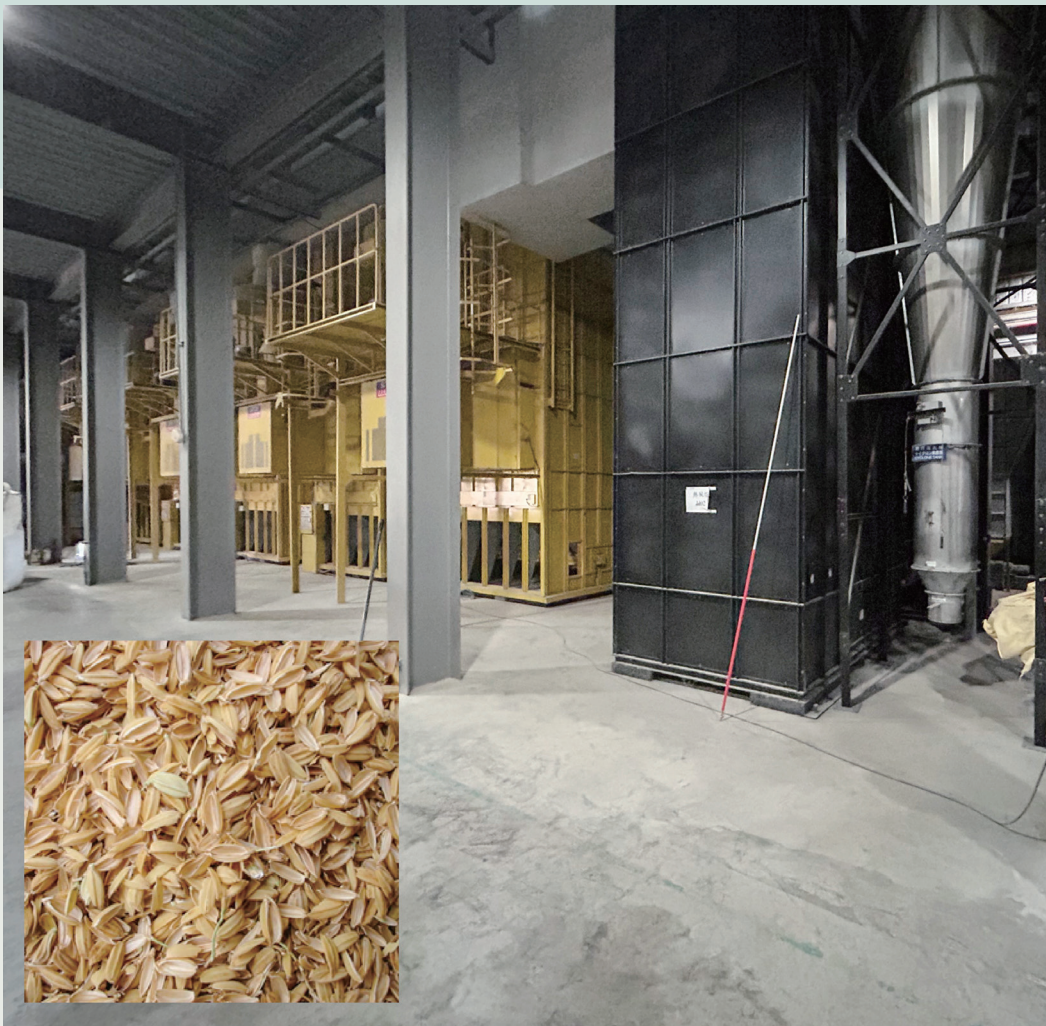
(四) 生命周期結果闡釋

依據上一步驟計算出來的產品總碳足跡，可作為同類型產品之間碳排資訊的比較，除了提供消費者作為選擇的誘因外，更可作為未來課徵碳稅碳費、碳權交易、企業碳抵換的重要依據。而產品生命周期各階段的碳足跡，更可供生產者瞭解排放最高的階段(稱為熱點Hot Spot)，並可優先針對熱點進行減碳策略的擬定，以因應未來淨零碳排的全球目標。

【農產品的碳足跡】

產品碳足跡的評估，早在20世紀中葉即開始，然而，農產品的碳足跡直至近年才較為常見，這是由於農產品的生命週期中，田間栽培階段不管是在碳足跡的占比與生命週期時間長度都相當高，然而田間栽培階段卻受到氣候、土壤、栽培品種、栽培管理等各種不確定因素的影響，導致不易進行準確且有效率的碳排調查。近年由於減碳意識抬頭，加上調查技術進步，如大數據庫概念導入、新測量儀器與估算軟體的發明，甚至AI人工智慧技術的結合，顯著提升農產品碳足跡評估的質與量。目前許多常見的農產品皆已完成碳足跡資訊的建立，包括農糧作物的稻米、小麥、玉米及大豆。

稻米是臺灣栽培面積最大，也是臺灣最重要的糧食作物，年栽培面積兩期作共計24萬公頃，經計算，每公斤白米生命週期的碳足跡約為1.4-2.5公



稻穀烘乾機應用粗糠作為燃料，減少燃油消耗，達到減碳效果

斤二氧化碳當量，其熱點在田間栽培階段，約占總碳足跡的60-70%，主要原因在水田的湛水環境下導致的土壤甲烷大量排放，以及所施用的化學氮肥，其製造時高溫高壓所需的能源消耗之碳排，除了田間栽培階段，烘乾碾米階段則是其次的熱點，稻米收穫後需要將鮮穀烘乾至水分含量13-14%，再進行碾米、選別與包裝，此階段消耗的能源將貢獻碳排。

相較稻米，以旱田方式生產的黃豆、小麥及玉米，由於沒有水田甲烷的排放，此3種作物的田間碳排顯著低於稻米，黃豆、小麥及玉米之產地國的碳足跡，每公斤穀物僅有0.3、0.7、0.6公斤二氧化碳當量，然而，臺灣所需的黃豆、小麥及玉米大多來自進口，以主要進口國美國與巴西計算，光是陸運加上海運的碳足跡，每公斤穀物就高達0.8公斤二氧化碳當量，加總後，「黃、小、玉」的每公斤碳排高達1.1-1.5公斤二氧化碳當量，相較國產雜糧徒有價格優勢卻不具低碳的優勢。

【農產品生產過程如何減碳】

農產品的碳足跡資訊建立後，最重要的意義在於依此進行減碳策略的擬定，以下就數項可能的減碳方式進行介紹：

(一) 在地生產與消費

由本文前述可知，除稻米外的大宗穀物主要碳足跡熱點在運輸階段，因此若採用臺灣在地生產的農產品，直接減少10,000公里以上海運的食物里程，除去在地陸運輸約0.1公斤二氧化碳當量，在地生產者每公斤穀物節約超過0.7公斤二氧化碳當量的碳足跡，不只可以貢獻減碳的效益，更維持食物本身的新鮮度，提升食品品質與安全性。

(二) 合理化施肥

肥料製造是農產品碳足跡的熱點之一，然而農民為求高產常有過量施肥的情形，因此若能依作物生長狀況，給予適量的肥料，除了減少肥料製造的碳足跡，也避免過多的肥料在田間轉變為氧化亞氮再加劇碳排，再者也可節約肥料購買成本與施用的人工成本，以及土壤劣化與環境污染等問題。研究指出，合理化施肥可節約20%以上的氮肥用量，並帶來直接與間接的碳足跡減降效益達30%以上。另一方面，適時適量的肥料可促進作物植株健康，提升產量與品質。

(三) 水田甲烷管理

水田是甲烷的主要排放源，據調查，甲烷佔稻米生命周期田間排放階段碳足跡的50%以上，而甲烷的排放主要在於湛水的土壤，水田土壤在浸水缺氧狀態下，促使土壤的甲烷生成菌將土壤有機質分解為甲烷排放。因此，若能改善土壤的含氧量，將可減少甲烷的生成，目前最直接的方式為「間歇灌溉」或「乾濕交替」灌溉，有別於傳統的長時間湛水，可調整為田水自然消退到土壤呈濕潤但有部分通氣的狀況，維持數日再重新灌溉，如此可維持稻株正常生長，也因通氣提高氧氣而減少甲烷排放，依研究顯示，彰化地區採乾濕交替灌溉或間歇灌溉，兩期作分別可減少24%與29%以上的田間甲烷排放。此外，為減少甲烷來源與增加田水溶氧，移除前期作的稻稈或飼養禾鴨游水也被證實有助減降甲烷。

(四) 收穫後加工之能源管理

農產品於田間收穫後，農糧穀物須進行烘乾與碾製，園藝產品需要冷鏈與保鮮處理，都將耗用可觀的能源並帶來碳排。若能設法降低此階段的能源消耗量或能源的碳排，應可貢獻減碳效益。例如目前已有稻穀烘乾機採用燃油與粗糠(稻殼)混合能源的機型，可減少燃油的消耗，也協助處理碾米副產物粗糠；此外，若在適當時機採收，亦可減少烘乾過程的耗能與碳排，例如在稻穀水分含量低於26%收穫，可較水分含量30%以上收穫者，節約至少10%以上的烘乾碳排；另外，若採用綠能或低碳能源如太陽能、風力，可降低電力的碳排，這些方式都可作為農企業在廠房設計時的參考。

【結語】

2050年淨零碳排，是全球各國目前都積極努力的目標，需要各行各業加入減碳的行列，農業為所有產業的基礎，支持各國的國家安全，再者，農業也是受氣候變遷影響首當其衝者，因此農業減碳的重要性無庸置疑，由於農產品碳足跡評估之起步較晚，目前仍有許多尚待進一步加強的空間，未來有待結合跨領域的技術，在維持產量與品質的前提下，進一步有效率且永續地減少碳排放，減緩氣候變遷的衝擊。



碳匯，有「草」開始

文圖/郭雅紋

- ▲ 特定草類宜逐年分區種植在果樹行間，避免過於分散被園內雜草覆蓋

「碳匯」(Carbon Sink)指可固定及吸存二氧化碳的場域，多數認為海洋、土壤及森林是地球上主要的自然碳匯潛力場域。土壤不是直接吸收二氧化碳，是透過植物光合作用，將二氧化碳固定下來成為植物體質，隨著植物死亡與代謝回歸土壤，再經由腐植化作用成為土壤有機質。目前已知透過適當土壤管理措施，如草生栽培、有機友善栽培、低耕犁等，讓土壤有機物增加或減少土壤擾動降低有機質分解速度，可維持較高的土壤碳量。

【強化水土保持與培養地力 初始的草生栽培策略】

早年，農人嫉「草」如仇，草曾經一度被視為不能存在物，有草代表疏於管理。為利於耕作，除草劑被視為偉大發明，它大大降低人

工成本，也提高作物單位面積產量。邇來，越來越多報告指出除草劑可能對人體健康與環境有負面影響，不用除草劑，改以人工除草，或行草生栽培，變成農產品銷售賣點。草生栽培(或稱覆蓋作物)起源應追溯至水土保持概念，臺灣坡地以果園為主，水土保持早在民國40年中國農村復興聯合委員會創辦就進行，其中覆蓋作物有其重要性，60年啟動示範計畫，以百喜草為最佳水土保持植物。87年本場執行「合理化施肥措施水庫集水區土壤肥培改進計畫」，於海拔2,000公尺的梨山、武陵及松崗溫帶果樹果園進行草生栽培觀察試驗，利用苕子作為果園綠肥栽培作物，可周年覆蓋果園，有保水、保肥、抑制其他草類生長功能，隨後陸續於山坡地和平地果園進行多年生花生、埃及三葉草及大豆等豆科作物覆蓋推廣。綜整土壤分析資料顯示，實行覆蓋作物的果園土壤有機質確實有增加現象，且可以降低土壤總體密度，提高土壤孔隙。



果園實行淨耕將造成土壤有機碳損失

【草生栽培草類選擇 單一朝向多元在地】

草生栽培早期以水土保持和培養地力觀點出發，又為了打破其會與主作物競爭養分及水分、成為病蟲寄主及蛇躲藏場所觀念，多推薦單一草種，保持整齊美觀，並運用根瘤菌共生豆科植物固定空氣中的氮素，降低養分競爭。當年，從休耕田推薦的綠肥著手，選擇覆蓋速度快、種子供應無虞的種類，如苕子。當時綠肥種子以進口為主，臺南區農業改良場將大豆育種方向轉向綠肥利用，於88、91年培育出適合臺灣的綠肥大豆品種，推出綠肥大豆台南4號及台南7號，應用於果園草生栽培。隨後發展原生草種的選留，優勢草相就地利用沒有環境適應問題，留下適合的原生草類做為地表長期覆蓋。近年，除蠅翼草、穗花木蘭等豆科植物外，非豆科植物應用為覆蓋作物亦常見，高雄區農業改良場曾進行金腰箭舅、紅葉滿天星、孔雀草、心葉水薄荷等作為果園草生栽培之潛力研究，臺東區農業改良場評估馬蹄金、怡心草、匍根大戟、越橘葉蔓榕等適應性，同時發展草毯技術，克服草類移植存活率和管理成本問題。

草生栽培推行成功，需具備栽培省工、成活率高、覆蓋速度快、覆蓋期長、病蟲害少、耐踐踏、越冬性佳及種原供應無虞。草生栽培建立應循序漸進，可採逐年分區種植在果樹行間，先將草種集中種植，一方面降低成本，一方面作為適應力觀察試驗；先讓特定草類大量生長，當達覆蓋率後，可抑制其他雜草，再擴散種植到其他園區，可避免過於分散種植，被果園內雜草覆蓋。

【科技助草生栽培增匯驗證】

目前被廣泛接受的是假定土壤有機質含有58%的含碳有機物，維持或增加土壤有機質可以顯示管理措施的土壤碳匯效應。101年本場於葡萄園進行草生栽培對土壤碳匯的影響，評估期間綠肥大豆、多年生花生試區土壤有機質含量的終止值明顯高於初始值，反映土壤有機碳含量呈增加趨勢，而現地優勢草種試區土壤有機質無顯著變化，農民慣行(淨耕)試區土壤有機質含量降低。經加入土壤總體密度量測資料計算，綠肥大豆、多年生花生、現地優勢草種、農民慣行(淨耕)試區每公頃固碳量分別為1.24、0.84、0、-0.79公噸。以植物對二氧化碳固定效果亦可做為評估方法，由內政部建築研究所「綠建築評估手冊-基本型」綠化量指標「植物固碳當量 G_i ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$)」中可得知各植栽二氧化碳固定量，其數值代表各植物在環境中每平方

公尺綠地的二氧化碳固定效果。另外110年起特有生物研究保育中心(現稱生物多樣性研究所)於南投縣中寮鄉針對慣行栽培(使用除草劑)及友善草生栽培的香蕉園進行生態系尺度碳通量研究，遮罩量測結果顯示，草生栽培的香蕉園年固碳量高於慣行香蕉園10-150倍。

農業部積極以可量測、可報告與可查證(Measurable, Reportable, Verifiable, MRV)原則建置與評估相關土壤管理制度之可信度，以目前研究結果顯示，應用草生栽培增加碳量非常可行，將會是農業淨零的開端。



草生栽培草類選擇多元，柑桔園採原生草種選留(左上)、星蘋果果園運用心葉水薄荷為覆蓋作物(左中)、紅龍果園選擇多年生花生覆蓋地表(左下)、葡萄園以地毯草為地被(右)

減少化學肥料用量 之作物栽培技術

文圖/曾宥紘

【前言】

肥料為作物生產所需之養分來源，其中化學肥料因反應快速，可適時提供作物養分吸收，為目前慣行農法必不可缺之生產資材及成本投入，若能開發相應技術，來降低進口資材及化學肥料使用，應能有助於降低農業生產之碳排放。

化學肥料製造過程，因化石燃料投入及製程皆會產生碳排放，其中以氨態肥料製作為例，須以蒸汽重整法轉化天然氣生產氫氣，於高溫高壓條件下，再以哈伯法製氨，天然氣轉化過程會產生二氧化碳，造成碳排放，經估算歐洲肥料廠生產每公斤氨產品將製造1.66公斤CO₂ eq，美國約1.2公斤二氧化碳當量。除氨態氮肥外，硝酸製造可生產硝酸銨、硝酸鈣及硝酸鉀等，而硝酸製造過程亦需於高溫高壓條件下，將氨氧化產生一氧化氮，再氧化為二氧化氮導入水中生產硝酸，硝酸製造過程會產生氧化亞氮、一氧化氮及二氧化氮氣體排出，氧化亞氮為溫室效應氣體之一，暖化潛力為二氧化碳298倍。硝酸生產廠若導入NSCR(Non-selective catalytic reduction)技術，降低製程尾氣所排放之氮氧化物，可大幅降低製程碳排，以加拿大工廠為例，未採用NSCR生產每公斤硝酸產品會產生約2.6公斤，若採用NSCR技術則產生0.6公斤以下之碳排放。此外將氨氣導入硝酸可生產硝酸銨，生產每公斤硝酸銨約產生1-2.5公斤，而硝酸銨製程混合白雲石粉，則可生產硝酸銨鈣，生產每公斤之硝酸銨鈣約製造0.8-2.6公斤二氧化碳當量。尿素製造常於高壓條件下，結合二氧化碳及氨氣生產碳酸氨，再經高溫脫水生產而成，生產每公斤尿素產品約產生0.4-1.9公斤二氧化碳當量(Wood and Cowie, 2004)。除氮肥製造外，磷鉀肥生產同樣會產生碳排放，各種肥料生產之碳排放如表所示。

泥炭為臺灣離地栽培常用介質，然而泥炭開採及使用皆會產生碳排放，如白泥炭與黑泥炭開採會分別產生26公斤 二氧化碳當量/每立方公尺及51公斤 二氧化碳當量/每立方公尺碳排放，使用則分別產生183公斤 二氧化碳當量/每立方公尺及257公斤 二氧化碳當量/每立方公尺碳排放，此外泥炭由開採國運輸至臺灣，將額外產生運輸碳排放，在全球減碳趨勢下，預估未來泥炭價格將持續上升，因此，開發本土介質以替代泥炭，為穩定農業生產之重要議題。此外若栽培介質本身具緩效供肥特性，則農友應用於作物離地生產過程，即可降低化學肥料用量。

化學肥料生產製造之碳排放量

肥料別	氣體排放量 (kg CO ₂ -eq/kg of fertilizer elements, N, P ₂ O ₅ or K ₂ O)	國家/地區
尿素	1.6	歐洲
尿素	3.1	美國東南部
尿素	3.5	英國
硝酸銨	6.2	歐洲
硝酸銨	6.5	英國
硝酸銨	7.1	荷蘭
過磷酸鈣	0.6	英國
過磷酸鈣	1	西歐
重過磷酸鈣	1.6	歐洲
重過磷酸鈣	1.2	英國
重過磷酸鈣	1.1	巴西
氯化鉀	0.14-0.25	中國

(資料參考/Walling and Vaneckhaute, 2020)

【作物合理化施肥】

合理施用化學肥料不僅可降低施肥成本、減少土壤品質劣化如酸化與鹽化及增加作物產量品質，亦可降低農業生產之碳排放，而作物合理化施肥需參考土壤肥力檢測資料，進行施肥調整，本場提供農友土壤肥力分析，因所

需分析時間約1個月，建議農友可於作物採收後，即採集土壤樣品送本場分析，農友依據土壤肥力檢測報告，可調整施肥種類及用量，避免一味使用土壤肥力過剩之養分，導致土壤養分不均及作物生產不良。以臺灣農田土壤為例，農友慣用複合肥料，其中磷肥極易於土壤累積，常發現農田土壤磷含量過高，可藉由降低化學肥料用量1/2-1/3搭配施用溶磷菌，以提高作物生產，此外，農田土壤有機質含量通常低於3%，降低土壤保肥力，導致肥料易流失，且土壤有機質含量低將影響作物根系生長，降低根系養分吸收率，為此，常建議農友使用腐熟堆肥，以提高土壤地力並改善土壤品質。整體而言，臺灣農田土壤確實存在減肥空間，然而該減那些肥，改用那些肥料，可先由掌握農田土壤肥力狀況著手，以利後續調整。

【施用有機質肥料】

新鮮有機質肥料如植物渣粕肥料、魚廢渣肥料及動物廢渣肥料等，因富含蛋白質，在土壤濕潤條件下，可因微生物分解而釋放養分，雖可據以降低化學肥料用量，然而，高蛋白質含量之有機質肥料，礦化速率快且價格通常較貴，常於有機友善農業大量應用，或是搭配功能微生物，製作特定有機液肥，以應用於促進作物生產。腐熟堆肥通常養分含量或養分釋放量低，除非特定肥料配方與製程調整，可使堆肥具緩效供肥特性，一般而言施用堆肥未必具降低化學肥料施用功效，除非於特定土壤特性如土壤電導度值過高，施用腐熟堆肥可緩解土壤鹽害，增進作物生長，避免不必要化學肥料施用。

【羽毛堆肥之作物介質生產應用】

本場利用羽毛結合菇包生產剩餘木屑及其他調整材，並導入羽毛分解菌，開發之羽毛堆肥具有緩效供肥特性，可應用為有機質肥料或栽培介質，如介質耕作系統中，於泥炭介質表面施用羽毛堆肥(0.3公克/平方公分)，或羽毛堆肥直接應用為栽培介質，皆可較泥炭介質降低化學肥料用量，如洋香瓜(綠誼夏系2號)幼苗種植於泥炭、泥炭表面施用羽毛堆肥及羽毛堆肥3種介質，肥料施用台肥即溶43號肥料，每株施用200倍稀釋液，每株施用500毫升，施肥頻率區分成每週施肥2次、每週施肥1次、兩週施肥1次、3週施肥1次及不額外施肥，試驗結果顯示，泥炭介質每週施肥兩次，單果重約為1.2公斤，糖度12.2°Brix，每週施肥1次單果重0.9公斤，糖度12.3°Brix。種植於泥炭介質表面施用羽毛堆肥，不額外施肥之單果重約1.9

公斤而糖度12.9°Brix，種植於羽毛堆肥不額外施肥之單果重約2.0公斤，糖度13.2°Brix，若以每週施肥一次計算，每株洋香瓜施用4.125公克肥料三要素，若以介質面積計算肥料用量，則每公頃施用肥料量約為420公斤肥料三要素，洋香瓜採收後，於各個介質表面皆施用羽毛堆肥(0.3公克/平方公分)，便可進行第2期作洋香瓜生產(綠誼夏系2號)，羽毛堆肥應用於介質生產，不論替代進口介質或施用於進口介質表面，皆可於不額外施肥條件下生產洋香瓜。除洋香瓜外，羽毛堆肥直接應用為草莓、甘藍或洋桔梗等作物之栽培介質，可不額外施肥，並具作物生產力。



第一期作洋香瓜種植於泥炭介質-每週施肥兩次(左)、羽毛堆肥-不施肥(中)及羽毛堆肥施用於泥炭介質表面-不施肥(右)之生育情形



第二期作洋香瓜種植於泥炭介質-每週施肥兩次(左)、羽毛堆肥-不施肥(中)及羽毛堆肥施用於泥炭介質表面-不施肥(右)之生育情形

【羽毛堆肥之雜糧作物土耕生產應用】

羽毛堆肥作為基肥使用，應用於田間作物生產，作物生育期間不額外施肥，其作物產量與施用化學肥料處理組並無顯著差異，其中大豆(台中1號)，基肥每分地施用600公斤羽毛堆肥，單株果莢數54.1、單株種子重17.9公克、百粒重14.7公克；施用化學肥料(三要素氮-磷鉀-氧化鉀60-60-60)，其單株果莢數56.4、單株種子重14.8公克、百粒重12.3公克。玉米(雪珍)基肥每分地施用羽毛堆肥1公噸，穗重(含苞葉)347.7公克、穗重232.0公克、粒重151.3公克，而糖度為12.8°Brix；施用化學肥料(三要素氮-磷鉀-氧化鉀120-50-35)處理組之穗重(含苞葉)232.8公克、穗重183.7公克、粒重123.7公克，而糖度為13.3°Brix；甘藷試驗基肥每分地施用羽毛堆肥1公噸，甘藷鮮重174.2公克、每平方公尺產量2.7公斤；施用化學肥料(三要素氮-磷鉀-氧化鉀30-30-120)處理組之甘藷鮮重180.0公克、每平方公尺產量2.8公斤。

施用羽毛堆肥雖可於不額外施用化學肥料條件下生產作物，然而羽毛堆肥於田間實際碳排放與化學肥料相比，未來仍需監測，考量目前臺灣農田土壤有機質含量偏低條件下，羽毛堆肥製肥原料因含菇包生產剩餘木屑，因此施用羽毛堆肥有增加土壤有機質之功效。



羽毛堆肥具緩效供肥能力，施用於畦面上可有效促進作物生長

【綠肥作物之應用】

綠肥作物會吸收殘留於田區土壤之養分，作為植體生長所需，綠肥於盛花後期耕犁入土，新鮮植體於土壤水分充足下，會因微生物分解而釋放養分，可供下一期作物之養分吸收，若田區未種植綠肥，土壤中之養分經雨水淋洗至底土層，無法為下一期作物幼苗應用，因此善用綠肥具降低化學肥料

用量之功效，其中，豆科綠肥可與根瘤菌共生，而水生滿江紅則與藍綠菌共生，皆具固氮效益。當田間主作物採收後種植綠肥，可調查田間單位面積之綠肥產量，參照不同綠肥之養分含量(可參考綠肥作物栽培利用手冊)，計算綠肥耕犁入土後所提供之養分含量，並以其一半量可應用為下一期作之作物養分吸收，計算下一期作可減免之化學肥料用量。不足的肥料量之一半須於基肥補充，剩下的部分依作物生育狀況於追肥補充，如以種植埃及三葉草為例，可於田區內自行量測單位面積鮮草量如以20公分×50公分方框置於田區中，割除框內綠肥並秤重，若每0.1平方公尺埃及三葉草之鮮草量為0.2公斤，則埃及三葉草耕犁入土，每公頃可提供 $20,000\text{公斤} \times 0.47\% = 94$ 公斤氮素，預估一半養分47公斤氮素可供下一期作之作物利用，若下一期作之作物為水稻，以水稻氮素施肥量為140公斤/公頃計算，所需肥料量為 $140 - 47 = 93$ 公斤氮素，一半量46.5公斤氮素於基肥施用，則水稻每公頃所需基肥用量約為221公斤硫酸銨或233公斤台肥1號複合肥料。滿江紅若以每公頃50,000公斤鮮草量，氮含量0.15%計算，則每公頃可提供 $50,000\text{公斤} \times 0.15\% = 75$ 公斤氮素，同樣具提高土壤養分含量之功效。



綠肥作物可應用於降低下一期作物之化學肥料用量，左為埃及三葉草、右為滿江紅

【結語】

降低化學肥料及泥炭用量，可降低製造及開採端之碳排產生，並有助於降低農業生產成本，助益於循環產業發展及優化耕作環境，為低碳栽培之重要環節。

環境資源永續應用

— 電動農機

文圖/張佳偉、張金元

【前言】

農業場域中因燃料燃燒造成之溫室氣體排放占比53%，因此在淨零方案的策略措施中，即有「建立低碳農糧生產模式」之積極推廣節能減碳農機及設施(備)，以及「強化減量科技研發能量，佈局中長程減量策略」之鼓勵研發新型節能農漁業機具等措施。

農糧署自111年起，將既有大小型農機補助調整為「省工及碳匯農機補助」，具體措施為補助購置一般燃油農機1/3額度，電動農機則提高至1/2額度，即因應農業淨零排放政策，鼓勵農民採用增匯及減碳等功效之耕作機械。112年持續推動電動農機優惠措施，更於8月間通過「農業機械設備汰舊換新溫室氣體減量獎勵辦法」，提出田間搬運車、農地搬運車、割草機、自走式噴霧車、鏈鋸等計12項已估算溫室氣體減排效益之農機，除原有補助金額外，另依申請機種可再增加補助額度1千元至3萬元，獎勵農友新購電動型農機並淘汰已達耐用年限之燃油型機種，以提高溫室氣體減量效益。

【農機電動化之優勢】

研發電動化農業機械，對環境保護盡一分心力，電動農機亦能改善工作環境、節約能源及成本、促進技術創新等，有助於實現可持續性、高效率的農業生產，其優勢簡述如下：

(一) 促進環保永續：相較於內燃機械



電動三輪自走式噴霧機，噴桿機構可向左右形成面狀噴霧，提高工作效率

，電動化可大幅降低溫室氣體排放量，如二氧化碳、氮氧化物等，有助於減少氣候變化與空氣污染，符合環保及永續農業的目標。

- (二) 改善工作環境：電動化農機具運行時噪音、振動較低，不僅改善工作環境，也減少對農業工作者及周邊社區的干擾。
- (三) 減少化石能源依賴：電力可以更廣泛利用再生能源來供應，降低對石油等有限能源的依賴。
- (四) 降低成本：使用電能作為動力，通常能源成本相對較低，尤其在可再生能源的效益隨科技進步提升時，可以幫助農場降低運營成本，提高經濟效益。
- (五) 創新智農技術：電動化的研究發展促進技術創新，如智能控制系統、自動化操作等，進而提升農業生產效率，降低勞動強度，以及應用於農業分析管理的大數據探勘等。
- (六) 提升產品形象與競爭力：積極減少碳排放的作為，可表現出對環保和永續發展的承諾，可量化交易的碳權，亦有助於提升農產品在市場上的形象和競爭力。



電動自走式升降作業機，適用於設施棚架式高莖作物之栽培管理工作

【本場電動化農業機具的研發成果】

因應「淨零排放與環境永續」議題，本場研發各式新型農機供產業應用，並探討電動化機具在農業領域中的優勢和潛在影響；近20年在節能減碳、省工、淨零及農產業一貫化循環利用等領域持續投入研發能量，尤其在設施栽培、露天蔬果及花卉產業等，開發有電動自走式升降作業機、電動三輪自走式噴霧機、電動施肥機與電動蘭花碎石介質分離處理機等，均已提前研發與技術創新，具體顯示對於環境保護和永續發展的承諾，並於成果完成後加速技術擴散應用與成果產業商轉，多次在農機展、示範推廣觀摩會及商機媒合會中展出，各項成果簡介如下：

(一) 電動自走式升降作業機、電動三輪自走式噴霧機

農友採用設施溫網室種植番茄、胡瓜、甜椒等棚架式高莖作物來穩定產量與提高品質，為解決設施內走道狹小、作物垂直生長及燃油機具氣味難聞

等困境，本場早於94-95年間即研發出電動自走式升降作業機與三輪自走式噴霧機，並獲得我國新型專利第M295135號及第M275693號，兩型農機皆採無段變速操控，轉彎半徑小、適合設施狹小走道，作業效率較人工快3倍。其中，自走式升降作業機之工作台最高可舉升80公分，載重能力200公斤(不含操作人員重量)，亦可附掛拖車，大量應用於設施作物栽培管理工作，如登高從事枝條固定、除側芽、疏果及採收等，倍受農友喜愛，累計推廣逾350台；創造產值3,150萬元，為本場迄今農機研發推廣數量最多者，陸續有三家廠商辦理技轉授權與擴散應用。

前述兩型電動農業機具皆列入農糧署省工農機補助機種，其在溫室氣體減量效益上，依據「農業機械設備汰舊換新溫室氣體減量獎勵辦法」比照功能相近之田間搬運機，評估每台可減少溫室氣體排放量7.4公噸二氧化碳當量，顯著達到碳排減量的效益。

(二) 電動施肥機

蔬果作物栽培期間施用追肥以人工撒佈或背負式施肥機最普遍，惟背負式肥料桶容量僅約30公升，需重複多次填料才能完成施肥工作，運轉之噪音、熱源、振動及負重等皆會造成人體不適，屬於高勞力作業。本場104-108年間陸續研發手推式、乘坐式及手扶自走式施肥機，持續優化並結合淨零減排政策，於110年研發完成電動施肥機，獲得我國新型專利第M629841號，已授權廠商且完成性能測定，並列入112年電動農機輔助機型販售推廣。其後支撐輪可更換雙或單輪以適用各類型場域，載肥容量約60公升，利用鼓風機將肥料往機體兩側撒佈，可依需求調整吹撒範圍，經果園施肥測試較傳統人工提升4倍工作效率，並提升施肥均勻度。

以每公頃每小時撒施400公斤肥料試驗，估算本機耗電量約0.44kWh，碳排放量0.26公斤二氧化碳當量，相較燃油背負式施肥機耗油1.5公升及4.53公斤二氧化碳當量，本機於碳排減量效益顯著。依據農業機械設備汰舊換新溫室氣體減量獎勵辦法，評估本機每台溫室氣體減量效益可達4.5公噸二氧化碳當量。



電動施肥機於果園進行追肥工作

(三) 電動蘭花碎石介質分離處理機

文心蘭為我國重要切花，主要產地為臺中市新社與后里區，外銷年產值逾4億元，本場依據花農反饋產業各流程痛點，積極研發節能省工機具，如智(節)能補光系統、電動輔助搬運裝置、外銷切花摺箱機具及碎石介質分離處理機等，皆屬新研發之電動輔助機械，並持續辦理擴散推廣。

本場110年研發完成滾筒式分離裝置，獲得我國新型專利第M624671號並已授權廠商。本機係可調轉速之傾斜式多篩孔滾筒，分車載與定置2型，藉由滾筒撥片將植株根系與碎石分離，效率較人工快6倍以上，減少人員腰、手不適感並大幅改善汰舊清園費時耗工。車載型結合電動農地搬運車，可供農民團體共同使用，藉此減少購置成本、攤提年限及提高稼動率。以電動搬運車評估本機減碳效益，依據農業機械設備汰舊換新溫室氣體減量獎勵辦法，每台溫室氣體減量效益可達11.5公噸二氧化碳當量，團體共享更能提升減碳效益。



- ▲ 電動車載式碎石介質分離處理機外觀
- ◀ 文心蘭循環省工一貫化作業，剩餘物(老株與碎石介質)分離與細碎

【結語】

電動農機的優勢與趨勢日益重要，為促進其擴散應用，本場持續積極努力技術創新與示範推廣。同時，尚有技術挑戰需加以克服，包括改進電池技術及建立更便利的充電基礎設施等。有鑒於此，持續進行電動農機的研究發展，並加速其在農業中的應用，有助提高農業操作的便利性，同時降低製造成本，共同努力實現環境資源的永續應用。

ISSN 0257-571-X



9 770257 1571004
GPN 2008100085
定價：新臺幣 15 元