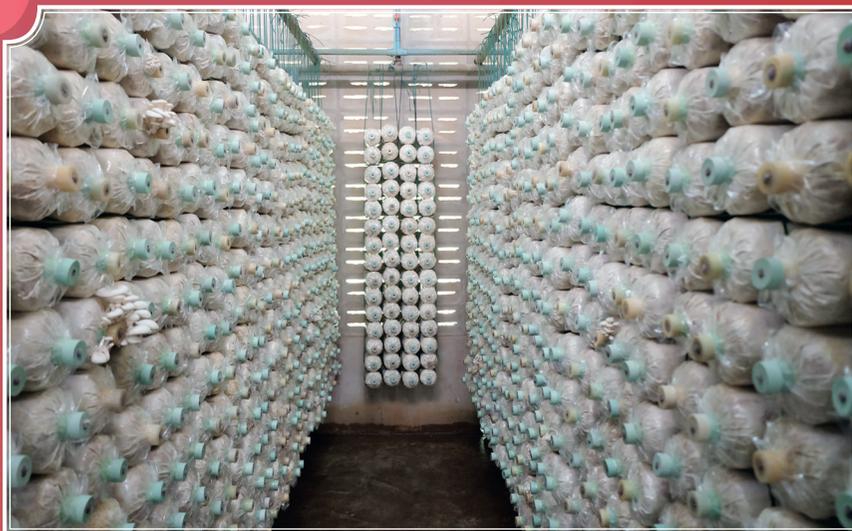


國際農業科技新知

Agricultural Science and Technology Newsletter International Quarterly

No. 89



循環農業：土壤有機物循環開展全球糧食生產新契機

2020 循環農業研討會紀實：以減少糧食浪費與廢棄物再利用探討循環農業的實踐與效益

菇類栽培後介質再利用之模式與菇類菌絲體成型技術開發之展望



ISSN 2521-490-X



9 772521 490004

封面圖片提供：李怡潔、李欣蓉、123rf.com

目 錄

農業科技視野

- 04 循環農業：土壤有機物循環開展全球糧食生產新契機
- 11 2020循環農業研討會紀實：以減少糧食浪費與廢棄物再利用探討循環農業的實踐與效益
- 20 菇類栽培後介質再利用之模式與菇類菌絲體成型技術開發之展望

農業科技活動

- 28 2月活動預告
- 29 3月活動預告
- 30 4月活動預告

農業科技新知

- 32 自行給水的土壤可能帶來農業革新
假機臺訓練計畫讓乳牛習慣自動榨乳站
- 33 狗尾草的種子播遷基因研究有利於農業收成
混合藻類製成的無魚飼料提升水產養殖品質
- 34 利用來自農業廢料的生物碳來處理廢水中的醫藥汙染物
結合無人機與人工智慧，精準偵測黃豆成熟的狀態
- 35 尿液處理系統開啟太空農業的大門
熊蜂廣泛採集花粉的行為，解開農民疑問
- 36 全球暖化相當於禽畜的新型瘟疫
野火過後的森林復育該從何下手？

- 38 歐洲與地中海植物保護組織 European and Mediterranean Plant Protection Organization
國際熱帶農業中心 International Center for Tropical Agriculture
- 39 美國農業部自然資源保育局土壤調查部 USDA Natural Resources Conservation Service Soils
國際食品資訊委員會 International Food Information Council
- 40 美國農業與生物工程師學會 American Society of Agricultural and Biological Engineers

國際農業科技新知 季刊 發行月份：1、4、7、10月

網址 | <http://www.ccasf.org.tw>

發行人 | 陳焜松

策劃 | 劉易昇

諮詢委員 | 張彬 · 王旭昌

出版 | 財團法人中正農業科技社會公益基金會
臺北市中正區忠孝東路一段10號
02-2321-8217

總編輯 | 梁鴻彬

主編 | 許吳仁

編輯排版 | 顏伶

編印 | 財團法人豐年社

臺北市大安區溫州街14號1樓
02-2362-8148

中華郵政臺北雜字第1459號 執照登記為雜誌交寄



農業科技視野

循環農業與農業廢棄物再利用



循環農業：土壤有機物循環開展全球糧食生產新契機

作者\ 楊秋忠（中央研究院院士、國立中興大學土壤環境科學系講座教授）

聯合國糧農組織（FAO）永續糧食與農業（sustainable food and agriculture）的5項關鍵原則是：一、提高糧食系統的生產力、就業率和附加價值；二、保護和增強自然資源；三、改善生計並促進包容性經濟增長；四、增強人民、社區和生態系統的復原力；五、使管理適應於新挑戰。值得注意的是，每一項都直接或間接與土壤肥力管理有關，因為土壤管理是永續糧食與農業經營的根本。但因為土壤的韌性高，土壤問題不易察覺，其實目前全球的土壤已有三分之一嚴重退化，許多土壤正在遭受大量化學肥料、農藥及汙染物的傷害，生物多樣性正迅速減少，化學物質正汙染水域，清潔的飲用水越來越稀缺，超過8.2億人的食物不足，因此我們需要發展永續的糧食生產模式。

土壤肥力管理中，作物生產收穫帶走許多營養分，需要補充回去，因此需要施肥。施肥的資材有3大類：化學肥料、有機質肥料及微生物肥料。全球過去50年的農業，越來越成為集約化資源的經營，主要依靠石化物及其衍生的農用化學品（化學肥料及農藥）投入。經歷50年，已發現現代農業的農用化學集約生產是一種「殺雞取卵」的經營方式，全球科學家公認土壤管理長期大量使用化學肥料及農藥，對土壤及環境有相當大的衝擊，傷害土壤功能及環境生態，引發地力退化及降低作物抵抗逆境（病蟲、高溫、低溫、澇、旱等）的能力，惡性循環下，永續農業的發展堪慮（圖1）。因此，許多先進國家都頒布了化學農用物質減量的政策，在歐洲尤其受重視。為了維護自然生態環

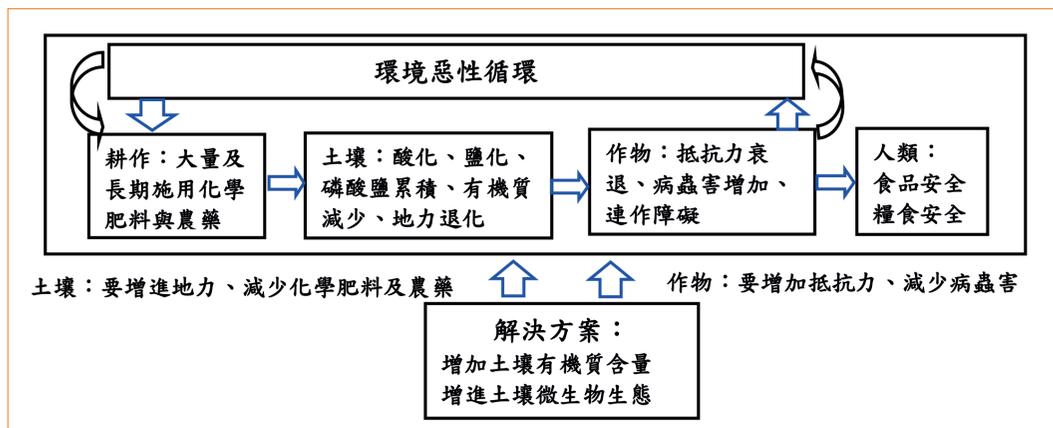


圖1. 現代農業的問題及解決方案。

境及農業之永續發展，需要致力發展一種永不褪色的優質、安全、生態、休閒的現代化農業，以提高國民生活品質及確保永續農業及環境發展。

值得問的是，有沒有可以取代化學肥料及農藥的方法呢？其實，有機質與微生物肥料及生物農藥就是一種有利的方法，但社會普遍不想改變，或是交由後代去處理。解決方案是，我們需要增加土壤有機質含量及增進土壤微生物生態，土壤有機質含量是地力的指標，因為土壤有機質（SOM）是土壤物理性、化學性及生物性的總管，土壤微生物生態之優劣取決於土壤有機質含量，是土壤肥料管理的關鍵，對人類社會賴以生存的土壤之正常功能具有很大貢獻。要增加土壤有機質含量的唯一方法就是施用有機質肥料，以達成可持續性的環境面、社會面和經濟面的韌性農業（resilient agriculture）（圖2）。但是，要增加土壤有機質含量的基本關鍵是有機物循環的應用及土壤有機物循環系統的內涵，因此，循環農業中，有機物循環的推動是全球糧食生產新契機，是永續農業的基石。

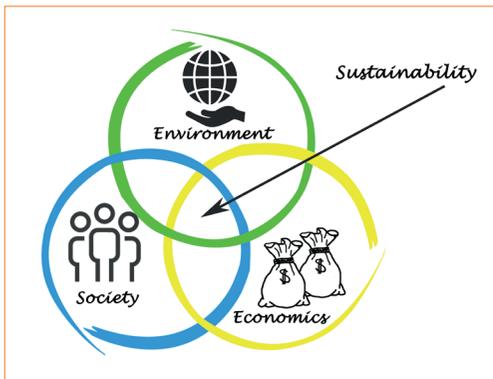


圖2. 可持續性是環境、社會和經濟發展的關鍵。

土壤有機物循環系統之內涵

參與土壤中有機物循環系統的生物以微生物及植物為主。土壤有機物循環系統的基本過程，主要是無機物及有機物間的轉化，包括：一、無機物的二氧化碳轉化為有機物；二、有機物轉化為無機物二氧化碳；以及三、有機物轉化成另一有機物。土壤有機物循環系統如圖3所示，主要作用分別是固定化作用（immobilization）、礦化作用（mineralization）及轉化作用（transformation）。固定化作用是指微生物將無機物的二氧化碳轉化為有機物，構成生物體質。除了碳元素外，同時伴隨其他元素（氮、磷、硫）的固定合成作用，保留在微生物的生物體質，而這些被微生物固定的養分無法被植物吸收。礦化作用（mineralization）是指有機物成通過各種分解作用轉化為無機物的二氧化碳及其他營養元素，可供植物吸收的養分。有機物轉化作用是指有機物間的轉化，包括由大分子轉化成小分子的分解作用（decomposition），如生物體分解成有機酸、胺基酸、酚類物質等，或由小分子轉化成大分子的聚合作用（polymerization）或腐植化作用（humification），如土壤中很重要的「腐植質」（humic substances）由含氮物質與酚類的聚合形成作用，其為土壤地力指標及碳儲存的關鍵物質。

土壤有機物循環的內涵是自然界循環中最關鍵也最重要的一環，是無機物及有機物的大循環，其中包含碳循環、氮循環、磷循環、硫循環等，而碳循環為主循

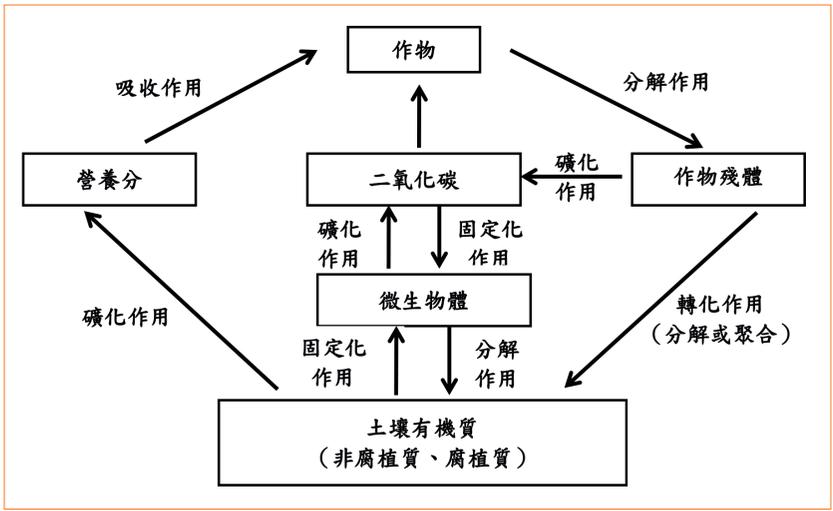


圖3. 土壤有機物循環之內涵。

環。土壤有機物循環系統需要施用有機物注入，才能帶動良性循環，建構健康的土壤的物理、化學及生物性質。因此，農場有機廢棄物的再利用扮演重要的角色。土壤有機物循環的過程十分重要，礦化作用不能過度進行，以免大量釋放二氧化碳及流失營養分，期望能增加聚合的腐植化作用，以增加土壤穩定的腐植質，以及增加土壤的碳儲存。

由於現代的密集農業栽培大量應用化學肥料及農藥，影響微生物相的多樣性及族群數量，勢必影響土壤有機物循環，導致土壤退化及微生物之制衡能力不足，生產力降低及抗藥性與病蟲害增加，惡性循環下，又大量施用化學肥料及農藥，形成現代農業栽培的困境。

全球對有機物循環的應用

早在1976年，對高投入和高能源的農業生產已經覺醒，筆者在1975~1980年留學期間即參加於夏威夷東西文化中心

(The East-West Center) 的一項肥料計畫：「在緊迫的供應下提高生產力」

(Increasing Productivity Under Tight Supplies, INPUTS)，共有56位科學家、官員、商業人士，包含16個國家參與。該計畫的目的是根據地區農業資源提高生產力，尋求替代現代農業的高投入和高能源需求在技術上和經濟上的可行方案，其中最重要的就是當地有機物循環及應用。

2017年歐盟、香港和中國大陸的25個合作夥伴組成農業循環大型計畫 (AgroCycle)，該農業循環經濟計畫旨在減少浪費，同時也充分利用經濟可行的過程和程序來增加農糧領域廢棄物的價值。由此計畫產生的《農作周期議定書》將達到永續農糧廢棄物增值，以實現歐洲政策目標，預期到2030年將減少50%糧食浪費，並且有助於永續發展的變革。AgroCycle計畫將對從農場到餐桌，包括了畜牧和作物生產、食品加工到零售業的整體農糧食品廢棄物價值鏈進行全面分

析。耕種農戶與奶農之間進行深入合作，以綠色肥料作為化學肥料的替代品。其中廢棄物和養分鏈以一個更永續及封閉的循環所代替，如此帶來的巨大環境效益，就是透過使用綠色肥料減少對環境的影響，減少對石化原料的依賴及減少二氧化碳排放（圖4）。

根據2018年報導，尼德蘭農業部長卡羅拉·舒登（Carola Schouten）特別宣布循環農業將成為政府的主要政策目標，舒登認為循環農業也稱為低外部投入農業栽培方式，是未來農業的重要模式，將在尼德蘭全國推廣這種模式。

FAO為永續及循環生物經濟提供政策指導和技術支援，以協助政策制定者制定和實施國家與區域戰略、行動計畫，根據《巴黎協定》和其他多邊環境協定發

展永續及循環生物經濟目標。2018年提出永續糧食與農業（SFA）的方法是基於5個關鍵原則：在糧食系統提高生產力與附加價值、保護與增強自然資源、改善生計並促進包容性經濟成長、增強人民、社區和生態系統的復原力和使管理適應於新挑戰，並提出20個行動方案整合不同面向，包括增進土壤健康並恢復地力、保護水資源和管理缺水、將生物多樣性保育主流化並保護生態系統功能、減少糧食損失、鼓勵再利用及回收、推廣永續消費、應對與適應氣候變遷、增強生態系統彈性等，協助永續循環生物經濟發展，透過減少溫室氣體排放，改善糧食生產、營養與生計，並改善環境。土壤構成最大的陸地有機碳，為緩解氣候變遷，農業需要尋求減少溫室氣體排放的方法，促進使用生物

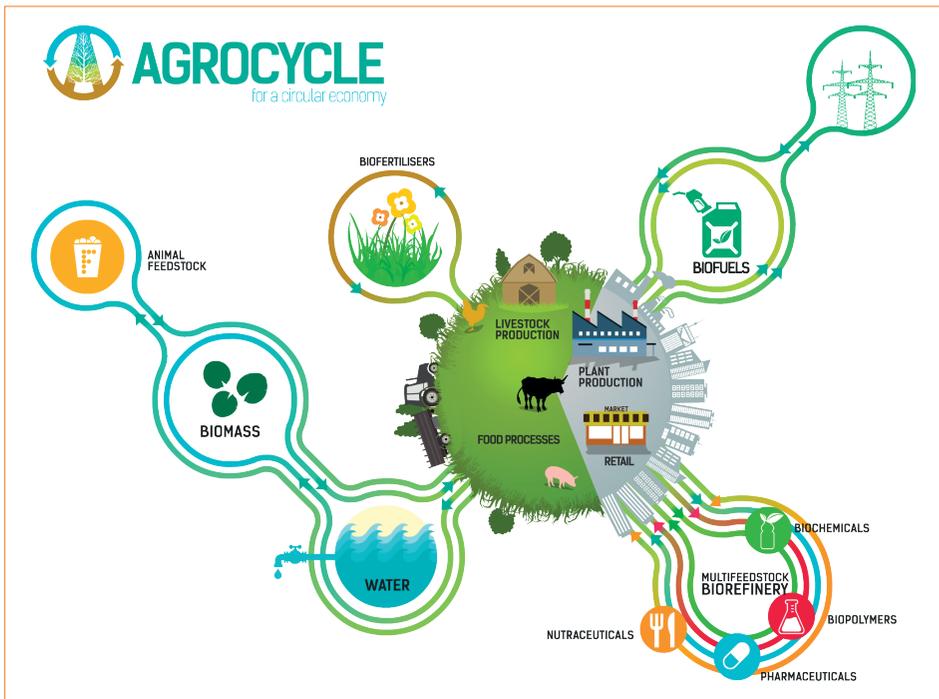


圖4. AgroCycle計畫示意圖。

農藥和有機肥料，勿過度使用合成肥料和農藥，並促進生物基產品（即生物及有機質）替代合成肥料和農藥。

在有機物循環的應用上，當然需要注意廢棄物處理的設施及過程。美國農業部自然資源保護局（NRCS）2006年對廢棄物的應用訂定實踐標準之「廢棄物處理（代碼629）」規定將機械、化學或生物處理設施及過程視為農業廢棄物管理系統的一部分，透過減少農業廢棄物中的營養成分、有機強度和／或病原體來提升地下水 and 地表水品質；透過減少異味改善空氣品質和氣體排放，生產增值化副產品，及促進理想的廢棄物處理、儲存或土地應用之替代方案。另訂定土壤和水質系統「廢物利用（633）」補助經費之對象，包括保護性作物輪作、植物殘體和耕作管理（覆蓋耕作或免耕）、營養管理系統、廢棄物利用系統及轉運等。

土壤有機物循環管理是碳循環關鍵

有機物由碳、氫、氧及其他元素構成，基本上土壤有機物是來自動物或植物在環境中產生的代謝廢物和殘體，經土壤微生物的分解、聚合、轉化作用，形成土壤中非腐植質及不易分解的腐植質。經光合作用固定大氣的二氧化碳，這種有機物稱之為「初級生產者」，主要是植物、藻類、光合微生物等，而動物及許多生物是有機質「消費者」，最後微生物是「分解者」，將有機質分解成無機物質回歸到大自然。大自然的碳循環達到平衡就不會增加大氣的二氧化碳。

數百年來，人類改變土地利用形態及



開採化石碳用途，影響地球上的碳循環，增加二氧化碳及其他溫室氣體迅速上升，導致人為引起的氣候變遷。《巴黎協定》及聯合國的可持續發展目標-13都是為恢復這種自然系統平衡的一項國際優先事項。有效達成大氣二氧化碳減緩上升，是其中的重要關鍵。除了減少砍伐森林及多造林的固定二氧化碳外，利用土壤的「碳儲存」以減少大氣二氧化碳上升是較有效益的方法，因為施用有機質肥料可增加土壤的穩定有機質含量，這就是一種土壤「碳儲存」的方法。

要增加土壤有機質含量的方法是施用有機質肥料及不易分解的生物碳，施用有機質肥料是農地耕種最重要的肥培方式，一部分的有機物會進行腐植化作用，形成不易被分解的腐植質，是重要的碳儲存物質。腐植化作用的要領，是生物殘體中的含氮物質（如蛋白質、胺基酸或鈹等）與環狀物（如木質素或芳香族化合物等）接觸形成聚合反應，筆者的研究室曾利用綠肥植物添加

富含木質素及胺基酸的物質，有利進行腐植化作用，增加穩定的土壤有機質含量，已經獲得《生物資源技術》期刊 (*Bioresource Technology*) 發表該研究論文，證明腐植化作用的可行性。

地球上二氧化碳被生物的光合作用固定下來的總量約120 GtC/年，約有一半 (60 GtC/年) 是從土壤中的微生物作用釋放回到大氣中。因此，在農業經營上，增加土壤有機質含量就是改善碳儲存，土壤碳儲存是至關重要的「生態系統服務」，人類活動影響這些過程，會導致碳損失或改善儲存。

全球農地面積廣大，用於生產糧食的土地總數約49億公頃，可持續蓄存碳的能力非常大，若每公頃的15公分土層增加1% SOM含量，即含有22公噸SOM，即等於蓄存12.79公噸C/ha = 46.9公噸CO₂/ha，以全球以生產糧食的土地總數約49億公頃計算，即可蓄存約62.7 GtC，約為全球每年生物光合作用吸收量的二分之一，有舉足輕重的影響力。若以臺灣的耕地面積約為80萬公頃來計算，即可蓄存約1,023 tC。筆者的研究室已找出有機質增加土壤的腐質化以穩定「碳儲存」的方法，對土壤的碳儲存能力有很大的助力。

循環農業的土壤有機物循環管理要領

循環農業中土壤有機物循環管理的基本要領，是需要減少資源消耗及排放移出，及增進土壤有機物含量，說明如下：

一、充分利用有機廢棄物：充分利用當

地所有可用之有機廢棄物，使用最少的外部投入生產農產品。農場是生產作物的地方，農產品會被取走充當人類或動物的食物，而剩餘的（葉子、桿莖、根）不必燒掉，需要充分利用，增值農業有機廢棄物或有機質肥料的原料，以改善保育土壤。

二、動物排泄物再利用：從養殖動物的糞便或糞便中分離糞便及尿液，需經有效處理（如TTT技術或堆肥），避免使用未處理之糞尿，及避免採用發生惡臭與釋放甲烷的堆置方法，避免對環境負面排放，需滅除病原菌、蟲卵及雜草種子，並確保環境健康，以生產出優質有機質肥料。

三、增加土壤腐植化作用：多施有機質肥料是增加土壤腐植化作用的基本條件，需避免採用大量新鮮植物體直接單獨翻入土壤中，會產生大量的分解作用，雖然可供應分解之養分，但對增加土壤腐植質的幫助不大。旱作及坡地多用有機質覆蓋表土或草生栽培，需避免耕犁，降低日照土壤之增溫，而增加土壤有機物之分解。

四、充分利用綠肥：綠肥植物在期作間或休閒期種植，優點很多，尤其綠肥可吸收土壤的養分，以便提供下一期旱作物的養分利用。但要避免在水稻前栽種大量豆科綠肥，以免水稻氮肥過量，引起分蘖過剩而減產之問題。

五、配合輪作制度及肥培管理：避免連作耕種，以輪作制度及合理友善肥培管理，達到兼顧生產高品質的農產品。輪作制度需安排豆科植物，以利共生固氮作用，增加土壤氮肥。肥培管理要減少施用化學肥料及農藥，而以有機或友善栽培為佳。

六、使用最少的外部投入生產農產品，循環距離越近越好：為減少有機廢棄物運送之能耗，有機循環處理及應用之距離不能太遠，需避免遠距離運送有機廢棄物或其產品。

參考文獻

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). Sustainable food and agriculture. Retrieved from <http://www.fao.org/sustainability/background/en/>
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Transforming food and agriculture to achieve the SDGs: 20 interconnected actions to guide decision-makers. Retrieved from <http://www.fao.org/3/I9900EN/i9900en.pdf>
3. Natural Resources Conservation Service. (2006). Conservation practice standard: waste treatment (no.) code 629. Retrieved from <https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/AR/629.pdf>
4. Natural Resources Conservation Service. (2011). Soil and water quality system waste utilization (633). Retrieved from https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs144p2_029290.pdf
5. van der Hoeven, Diederik. (2019). Circular agriculture, the model of the future. Retrieved from <https://www.biobasedpress.eu/2019/01/circular-agriculture-the-model-of-the-future/>



2020 循環農業研討會紀實：以減少糧食浪費與廢棄物再利用探討循環農業的實踐與效益

作者\ 李怡潔（亞洲太平洋地區糧食與肥料技術中心助理研究員）
李欣蓉（行政院農業委員會畜產試驗所副研究員）

緣起

根據尼德蘭（荷蘭）科學家的定義，循環農業為「一種再利用及再生的資源投入，進行高精準高效能利用，並且無負面外部影響的農業生產模式」。瓦赫寧恩大學的科學家進一步闡述其為「保留農業生物質以及食物加工系統的殘留物，當作可再生資源。透過稀有的資源減少投入和減少生物質的浪費，可減少化學肥料和偏遠地區畜牧飼料需要的進口量。」並指出循

環農業為「由農民、對循環農業感興趣的民眾、企業、科學家和研究人員進行的集體探索，將生態學原理、現代技術、新的合作夥伴關係、新的經濟模式和可靠的社會服務進行最佳組合。」

循環農業經營涉及的實踐和紀律不僅僅只是農業廢物管理的知識，而是包括實用技術、減少食物浪費的策略、資源管理及維護健康土壤等。有鑑於此，行政院農業委員會畜產試驗所（簡稱畜試所）



畜試所與FFTC舉辦「以減少糧食浪費與廢棄物再利用探討循環農業的實踐與效益」國際研討會，由行政院農業委員會陳駿季副主任委員擔任開幕嘉賓。

與亞洲太平洋地區糧食暨肥料技術中心（FFTC），共同召開為期2天的國際研討會，匯聚循環農業領域的專家，就該議題進行知識和經驗分享。

研討會過程及重點

研討會於去（109）年11月5~6日在臺北南港展覽館，以現場及線上方式同步舉行，吸引尼德蘭、紐西蘭、英國、越南、日本、泰國、韓國、丹麥、澳洲、美國、菲律賓等23個國家共319位專家學者與會，目的在協助分享現有減少糧食浪費及農業外部投入的知識與經驗，經由源頭減少資源浪費，以及農業廢棄物或副產物的回收或循環再利用，製成新產品並創造附加價值，為農民增加更多收入，並減低廢棄物及溫室氣體排放等對環境的負面影響。2天的研討會包含2場專題演講、3大主題單元演講和1場小型論壇，分別介紹重點如下。

一、尼德蘭的循環農業政策：最佳實例

荷蘭在台辦事處農業處Gelare Nader處長在專題演講中指出，都市與商業線性農業造成的環境壓力使全球溫室效應增強，每年的全球糧食損耗相當於製造440億噸的二氧化碳當量。利用循環農業可將浪費的糧食及資源循環再利用，減低溫室氣體排放量。尼德蘭政府所制定的減碳目標，期望在2050年能減少70%的總溫室氣體當量排放，並抑制全球暖化減少溫度上升2°C。

尼德蘭政府認為成功將循環農業的概念永續實施的關鍵，須達到以下3點，包括：

（一）合理的價格：實施循環農業時都需要花費較更高的成本，消費者相對也必須以合理的價格支付農民的生產服務，因此銷售市場中調整其價格在合理的



FFTC張淑賢主任感謝各協辦單位合作促成本次研討會舉辦。



畜試所黃振芳所長於研討會將臺灣循環農業技術導入產業的成果呈現給各國專家學者。

範圍內是極其必要的。

- (二) 消費者的珍惜與感謝：當消費者瞭解食物來源以及農民在其中所耗費的心力與資源，才會珍惜食物並更加感謝農民的付出。同時在選擇食物時更加謹慎自覺，能減低更多消費端的食物浪費。
- (三) 合作單位升級：消費者尊重農民的認同感，可以抬升農民的地位，並鼓勵他們更努力投入永續的農業實踐。

尼德蘭在實施循環農業上的行動策略包括「增加永續生產的生物質」、「土壤及營養成分的循環與再生」、「植物蛋白的轉化」、「巨型都市的糧食與綠化」、「減少食物浪費」以及「優化循環和生物基質產品的生物質及殘留物加值能力」，目前

已有許多實際的成功案例，包括糞肥管理技術創新、賣相不佳的農產品加值加工、使用昆蟲為原料的新蛋白質來源研發、尿液製成肥料、柑橘皮加工的精油清潔劑及優質果皮取代牛飼料、亞麻和大麻纖維及生物橡膠製成的建材、紙業產生的木質素添加至瀝青成為路面鋪面以減少生產能量及溫室氣體排放、植物基質製成的包裝材料、可重複使用7次的番茄植物纖維紙張並用於書籍印刷、可從廢氣中分離出二氧化碳之蒐集裝置並提供二氧化碳給園藝師作溫室栽培使用等。

Nader處長認為，循環農業能夠提供的益處目前已顯而易見，這種農業方式可以提供尼德蘭與臺灣許多合作機會，也是達到農業韌性、開拓未來市場及持續力的機會。

二、全球農業溫室氣體研究聯盟：更少的資源、更多的產出

全球農業溫室氣體研究聯盟（GRA）目前共有64個會員國與23個合作組織參與，超過3,000位科學家，透過72個合作計畫，提供172個研究獎金給來自45個國家的研究者，舉辦40場的技術訓練工作坊及出版23個技術指南、資源材料及資料庫。GRA更擁有17個合作的科學網絡，分別隸屬於包括水稻、畜產、耕地及綜合研究等4大不同的研究團隊。GRA的特別代表Hayden Montgomery博士表示，在農業中有許多微量但為數眾多的溫室氣體排放，聚沙成塔後影響力相當可觀。許多國家都先後制定了國家氣候計畫，

而GRA正是為了將各國的力量連結起來，共同尋找在減低溫室氣體排放的同時還能增產更多糧食的方法。

「要減緩全球溫室氣體的排放量，就必須先瞭解實際排放的數據。」Montgomery博士說，「不能量測的數據是無法被減緩的。」要量測實際數據，各國間的合作至關重要，輔以訓練研究進度落後的國家，強調多贏局面誘使公私部門、農民與國際組織合作，各司其職，達到全球一同提升協作的結果。

三、副產物再利用減少農業廢棄物及糧食浪費之機會與挑戰

亞太經濟合作會議於2014年設下至2020年要減少10%糧食損失的目



開幕典禮邀請國內專家學者與各國駐臺辦事處代表人員上臺合照，共同響應循環農業實踐。

標，期望能響應聯合國永續發展目標（SDG）12.3「在西元2030年以前，將零售與消費者階層上的全球糧食浪費減少一半，並減少生產與供應鏈上的糧食損失，包括採收後的損失」。今年糧食浪費整體總量受新冠肺炎疫情影響而增加，原因包括勞力短缺、運輸途徑受阻、機構關閉及各種隔離措施。要達成減少糧食損失與浪費，需要採取多種策略，以及公私部門之間的互助合作，例如整個供應鏈中的協作、物流跨境轉移、統計技術、衛生及技術問題處理、成本及收益計算，以及對應消費模式快速變化的各種措施。

質量流量模型（mass flow model, MFM）被應用在計算從收穫開始到最終用戶消費為止，整體糧食供應鏈中的可計量數量損失。被浪費的資源包括水、土壤、能源、勞力與資金。經過統計，糧食損失及浪費從2007～2013年增加13.84%，多數來自生產及消費，而非加工與包裝。損失最多的是蔬菜及穀物，其次為根莖類。亞太地區的解決方法主要為預防、恢復及回收，例如越南的農畜牧業廢棄物製成肥料與生物燃氣；馬來西亞著手處理該國命脈棕櫚油產業產生的大量廢棄物，並擴大處理其他的農業廢棄物，推廣環保3R「減量」、「回收」、「再利用」的概念（Reduce, Recycle, and Reuse），將固態廢棄物的處理標準化；臺灣也利用農業廢棄物生產飼料添加物，以減少畜牧

動物瘤胃中溫室氣體的排放，同時增進動物健康。

因循環農業的實施牽涉到各種跨領域的合作，公私部門的合作關係（public-private partnership, PPP）也因此獲得重視。目前以公眾金融輔助為最主要形式，範圍包括食物捐贈、回收及農業設施，而農業設施及冷鏈改良則被視為下一步關注的焦點。在循環農業系統完備後，整個層級可抬升至城市的糧食循環模式，亞太地區也可因此獲得3大利益，包括：

- （一）經濟層面：可減少糧食浪費產生的損失9,400億美元、創造糧食產業鏈中新的就業機會，在2050年產生價值2.7萬億美元的效益。
- （二）環境層面：8%溫室氣體減量排放、減少三分之一的農業用水、等同中國國土面積的土地利用及全球23%的肥料使用。
- （三）食物及營養安全方面：妥善利用10億噸未被使用的食物，可達成2010～2050年需增加的20%糧食可利用量的設定目標。

四、循環農業創新技術及「低外部投入農耕」

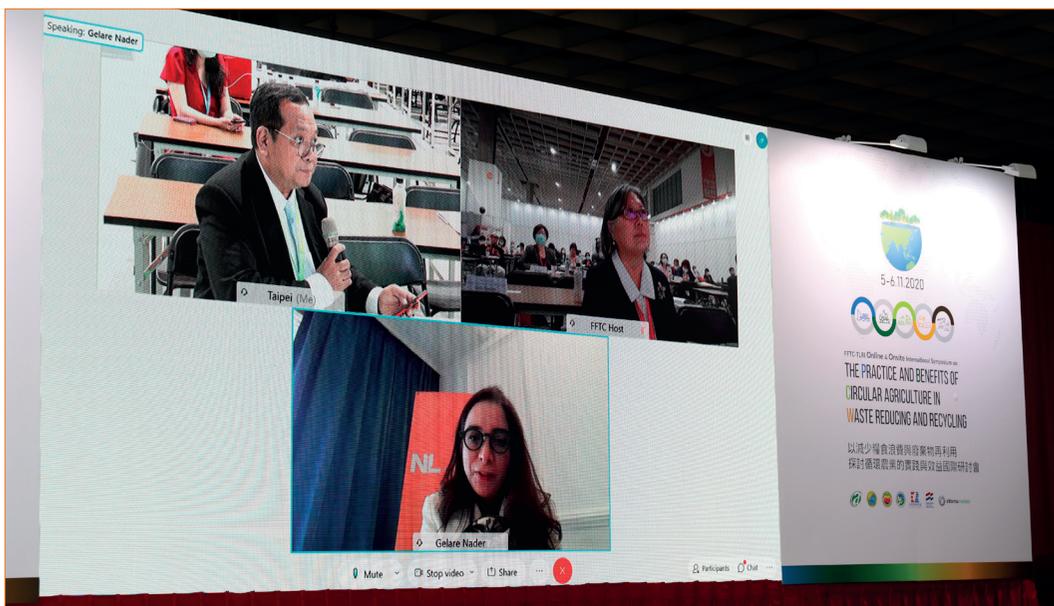
低外部投入農耕其實在早年農業社會裡早已有類似的概念存在，例如農家利用飼養的豬雞糞肥來替作物施肥、桑基魚塘、廚餘餵食豬與家禽等。然而近年來因規模化養殖為避免疫病傳播，擔憂國內農畜牧業受到影

響，許多國家開始針對這些廢棄物或殘渣制定安全法規，例如日本規定動物性原料按照該國食品回收法規，不可餵食反芻動物，其他餵食家禽及豬的廚餘須經過適當的熱處理，防止豬瘟傳播。因此在日本養豬的環保飼料（eco-feed）研究中，對於取得優質原料相當重視，製作過程中僅能改變原料中的水分，並將蔗糖轉換成乳糖，最後分離出液態飼料、脫水粉狀飼料及青貯飼料，分別餵食給豬、家禽及反芻家畜。食用液態環保飼料的豬隻肉質比一般豬隻軟嫩美味，讓牛隻食用青貯環保飼料則可降低飼料的成本，也減少了畜牧場需要另外調配營養補充的勞力投入。

尼德蘭研究出減少農業氮源投入與提高氮源利用效率方法，例如：將

牧草經由生物精煉，提高蛋白質消化率及飼料轉化率，製作成4種產品：適合反芻動物食用纖維及蛋白質比例的飼料、替代基改大豆的消化性蛋白質飼料（適合家禽、豬隻及魚隻飼養）、促進幼崽及寵物健康的益菌性纖維和有機植物製肥料；亦研發出利用固氮作物處理糧食作物採收後吸收剩餘的氮素，並提取葉子中的蛋白質作為動物飼料；以及回收糞便厭氧消化後的氨氣。這部分的研究成果可減少33%的土地利用、降低30%的氨氣排放量、50%的磷散失及40%的農藥使用量，尼德蘭也持續發展這項技術，以期在未來達到更高的效能。

木薯在泰國不僅作為糧食，也是重要的非糧食產業原料，可製成包括生物塑膠、紙張、牙膏、美妝產



本次研討會特別邀請荷蘭在台辦事處農業處 Gelare Nader 處長（下）進行專題演講分享循環農業成功經驗。



本次國際研討會吸引 23 個國家共 319 位專家學者以現場及線上方式參與會議。

品、醫療用品、生質能源、菇類栽培介質、飼料等。根據泰國官方數據指出，木薯在製作過程中的流失量為約 1,913 公噸，價值 15,518 萬美金。透過生產過程產生的廢水則經過淨水系統後，返回灌溉木薯植株，植物不可使用的殘渣部分可製成肥料來栽培木薯植株。透過減少製造木薯澱粉時的損失和副產物再利用產生許多的經濟價值，成為泰國循環農業的成功範例。

而在臺灣，政府推動的「新農業」及「循環經濟」政策，希望可透過資源的再利用，讓資源生命週期延長且循環，以有效緩解廢棄物與汙染問題，形成「從搖籃到搖籃」的新經濟模式。自 106 年起，透過行政院農業委員會計畫經費支持，各學研單位

技術與研發能量投入整合，共同執行「農業資源循環產業創新」計畫，並將所研發之循環農業技術導入產業，推動循環農業產業鏈結。農業要永續經營，需透過循環農業的實踐與技術導入，首先是從源頭端精準飼養管理跟合理化施肥等措施，避免過剩資源投入的浪費；其次將農業資材循環利用，減少廢棄物產出；最後要透過加值技術開發與投入產業，點廢成金，創造循環農業產業鏈結，以利產業永續經營。

五、全循環加值利用

臺灣全循環加值利用案例，包括將廢棄蚵殼經過鍛燒，用以製成土壤改良劑、家禽礦物質補充劑、鈣片、粉筆、調和水泥等原料等；而臺灣每

年約生產30萬噸的廢棄菇包，因含有各種營養素、纖維素、半纖維素、木質素及真菌代謝物，將其與新鮮木屑依比例混合後，可重複使用於菇類培養，另外也可替代部分泥炭土用於溫室蔬菜栽培。廢棄菇包加入耐酸益生菌後可作為雞舍的抗菌墊料，不僅可防止臭味產生、提升雞隻育成率，且墊料使用後還可與雞糞混合做成堆肥產品。

與馬來西亞同樣盛產棕櫚油的印尼，也將棕櫚油副產物棕櫚仁粕製成可替代尿素甲醛的蛋白質資源，而棕櫚空果可製成纖維資源。在棕櫚油脫色加工過程中使用的白土，可與纖維資源再製成輕量混凝土，不僅重量較輕且可提升吸水力。奈米纖維素則可用於手術縫合，與其他手術縫線品質一樣好。

六、小農物料媒合、教育扎根與政策推動

英國的物料媒合公司分享從2003年當地產業共生的方式透過數位化的科技技術，與利益驅使的多贏策略，將不同產業資源連結。推動教育工作坊，使企業與農民瞭解內部資源及共享契機，並建立機會地圖在工作坊中進行配對。數位化的軟體可協助中間資源的轉換，成為增加配對便利性的優良工具。

循環農業在臺灣已實施數年，成功的案例也相當多，例如生產食用油品的福壽實業公司，將其副產物加值再利用製成人類的食品、有機肥、寵

物飼料等；台糖公司的東海豐農業循環專區也將舊豬舍改建為負壓水簾現代化豬舍，不但減少用水、無臭味逸散，且可將沼氣用於發電系統，並收購專區四周的農業廢棄物與畜牧廢水進行共發酵增加沼氣產量，再將沼液跟沼渣作為液肥灌溉土地，並致力於節能減碳與民眾的環境教育等，都是循環農業的成功典範。

心得與建議

循環農業可整合動植物的農業廢棄物或殘留物並轉化為可再生資源，且不會對自然環境和氣候造成過大的壓力。透過結合現代農業技術及環境友善實作，有效率地循環農業廢棄物或殘留物。

在循環農業系統中應盡可能保持其封閉性，不僅因為封閉的循環系統更有效率，也可減少許多在過程中流失的營養造成空氣、水體和土壤的汙染，以及對生物多樣性的傷害。

循環農業的核心原則是不過度使用土地及資源。透過精準農業技術的使用，例如全球定位系統（GPS）、感測器、機器人科學、滴灌、物聯網（IoT）、行動裝置等，在源頭資源減量（例如水、養分、能量等）情況下將產量效能最大化。

尼德蘭政府在循環農業上已經算是居於世界的領導地位，但並不代表單靠一個國家就能夠持續下去，因此，國際合作也在循環農業是否能永續實施中扮演著關鍵的角色，需要其他國家各個層級的參與，一同改變以保障未來糧食系統的供應無虞以及地球環境的永續性。

然而循環農業的概念並未普及至一些發展中國家的農民，因各國的研究進度與資源不均，在全世界推廣並實施循環農業的目標仍面臨許多挑戰，加上執行這些新技術具有過渡期，在這過渡期間農民尚須依靠政府政策的補助來維持生計，否則以原先的收入根本不足以負擔新技術的成本。部分國家雖然已經開始重視農畜牧業廢棄物的後續處理，但許多政策都尚待補足，標準的處理規章也仍未修訂完全，部分廢棄物數量統計也需要進一步調查確認。因此，各國間持續的技術與經驗交流，不僅可幫助這些亞太地區發展中國家改善國內的循環農業發展，未來跨國的合作更能有效地擴大循環農業至全球實施。

臺灣身為亞熱帶地區中農畜產業發展最蓬勃的國家之一，未來在循環農業的政策、研究與技術成果，勢必可在東南亞地

區中扮演重要角色。目前臺灣農業科技逐漸轉向高產量、高價值的方向前進，循環農業未來的發展，應透過大數據、物聯網、人工智慧與農業生產各項核心知識，有效提高資源利用效率；透過料源盤點平臺建置、營運模式具體可行、政策與法令規範搭配，將循環農業技術導向產業發展；透過教育讓全民從小就充分瞭解氣候變遷的影響、糧食安全、生物多樣性、環境保育等重要性，進而支持循環農業及永續農業相關產業及產品等，使農業生產可永續、企業經營有收益、產業發展有鏈結。再搭配先進技術、快速產業模組複製、產業與大眾支持認同度高等優勢，未來將循環農業技術模組導入東南亞其他國家，可望帶動更多發展與影響。



與談人於現場與線上共同討論循環農業在小農、教育與政策上的推動與實踐。

菇類栽培後介質再利用之模式 與菇類菌絲體成型技術開發之展望

作者\ 呂昀陞 (行政院農業委員會農業試驗所助理研究員)

余祥萱 (行政院農業委員會農業試驗所助理研究員)

臺灣菇類栽培之歷史最早可溯源自1909年，至今已有超過百年之歷史，我國早年更因政府之投入與輔導，讓臺灣在1960年代一度站上世界洋菇出口第一位，曾享有洋菇王國之美名。時至今日，菇類產業年產值已超過百億，占整體蔬菜產值之18%（劉等人，2016），成為我國蔬菜產業不可或缺之一環。菇類由於可利用農業或環境廢棄物，如稻草、木屑、米糠與廢棉等當栽培介質，因此在早年農業社會中，是將農業廢棄物轉化成良好蛋白質來源或是外匯的最佳方式，近年來許多東亞國家也希望能借助臺灣菇類產業發展之經驗來建立其自身之產業。隨著菇類產業之快速發展，目前國內栽培之菇類太空包總數已達到5億包（劉等人，2016）。若以每包1公斤計算，每年可產生之菇類栽培後介質已超過50萬公噸以上，如何處理如此龐大之介質，已成為臺灣菇類產業不得不面對之課題，因此本文將

整合國際研究成果，針對菇類

栽培後介質再利

用之模式進行

介紹，並初步

簡介「菌絲體

成型」此新興

之再利用技術，盼能提供作為菇類產業發展栽培後介質再利用之參考。

菇類栽培後介質再利用之模式

菇類栽培後介質通稱為spent mushroom substrate (SMS)、菌糠或菌渣。其主要成分與其栽培之菇種有很大關聯，但大致皆含菇類菌絲體、菇類代謝產物、分解代謝後之栽培介質殘留物與水分等。由於菇類栽培介質大多是如稻草、木屑與玉米芯等富含纖維素、半纖維素與木質素等不易分解之有機質，而一般菇類僅能將其中30%~40%之培養基質轉化為菌絲體與菇體，仍會有接近60%~70%之資材處於未分解或部分分解之情況，而已分解或部分分解之基質除轉化成菌絲與菇體外，還會產生糖類、蛋白質等物質，因此較原始材料之營養更加豐富，質地也變得更加鬆軟，使得此些資材更具有被利用之潛力（劉等人，2000）。菇類於世界各國皆有栽培，對於SMS之利用也有進行相關研究，目前主要可作為菇類栽培、作物用堆肥、介質或生物製劑、禽畜飼料、燃料或生質能源、生態環境修復與酵素及多醣體萃取之材料，以下將對此些應用模式進行說明。



一、菇類栽培之材料

臺灣菇類栽培之介質主要為木屑，但近年來由於環保意識抬頭與木屑短缺等問題，導致木屑價格上漲，連帶影響菇類市場。而由於SMS中所含的木質素與纖維素含量仍高，特別是僅採收一次之菇類，如金針菇、鴻喜菇與杏鮑菇等，其培養基質內仍含有大量尚未被利用之養分，若以此些菇類之SMS替代木屑，作為太空包原料，不僅可有效利用此些菇類之SMS，還可降低菇類產業對新木屑之需求。目前國內外皆有利用SMS作為菇類栽培原料之案例，例如以秀珍菇之SMS栽培洋菇，可使其生物效率提升至63%（萬等人，2009）；在國內則有利用香菇之SMS取代三分之一新木屑用來栽培玉米菇（金頂側耳），發現可使其產量增加20%（梁等人，2005）。此外，行政院農業

委員會農業試驗所（簡稱農試所）過往也有相關之研究，其中以杏鮑菇之SMS栽培秀珍菇之試驗結果顯示，使用杏鮑菇之SMS可提升秀珍菇之生物效率，其中以替代三分之一之生物效率最高可達58.1%；而若以杏鮑菇之SMS栽培香菇品種921，可發現替代木屑之處理組，其菌絲生長速度較快，且在替代三分之一新鮮木屑之處理組可獲得最佳之產量，每包較木屑對照組多約100公克之鮮重，產量可達345.37公克（呂等人，2011）。以上前人研究結果顯示，利用菇類之SMS再次栽培菇類，除可降低農業廢棄物之產生，還可增加額外之經濟效益，然再利用此類介質時應注意其滅菌過程，避免殺菌不完全導致二次汙染問題。另外於再利用之前，應先將栽培後介質進行成分分析，藉以瞭解此些SMS之殘留營養組成，再進行最



菇類太空包。

適配方之設計與測試，藉以獲得最高之利用效率。

二、作物用堆肥、介質或生物製劑之材料

堆肥為在國內處理農業廢棄物中最常見之方式，透過堆肥化之過程，可將農業廢棄物分解，並轉化出養分提供作物生長之用，而菇類之SMS的再利用，在國內最主要也是作為堆肥之介質，例如在臺中市新社區設立於1973年之中興合作農場，即是收取香菇之SMS混合禽畜糞便進行堆肥製作。此類利用菇類SMS製作之堆肥具有良好保水性與蓬鬆之性質，除可增加土壤之通氣性與生物活性，添加入土壤也可強化土壤之肥力（簡等人，2007）。在國內除香菇SMS可製成堆肥外，亦有研究將金針菇之SMS製成堆肥混合稻殼用以作為洋香瓜之栽培介質，結果顯示金針菇SMS堆肥之保水力雖較尼德蘭進口培養土略低，但其通氣性良好且水溶性銨態氮、磷、鉀與鎂等物質含量高（張等人，1997）。此外，在使用菇類堆肥時，常有人擔心其導電度過高會對作物造成影響，但在試驗後發現，金針菇堆肥之導電度雖然高，但卻未對瓜苗出現鹽害，僅有其水溶性鈣含量較進口培養土低之情形，顯示以菇類堆肥栽培作物需注意個別作物對微量元素之需求，並適量適時添加（簡等人，2005）。不僅如此，由於菇類之SMS常含有較高之鹽類與大量未分解的添加物質，如米糠等養分，因此

在作為育苗介質時，應避免直接施用於田間或是直接作為育苗介質，否則會影響作物之發芽率或使葉片產生白化之現象（簡等人，2003）；但若使用已堆積一段時間之菇類SMS作為介質，則可有提升作物生長之功效，如農試所亦有研究以香菇之SMS經過度堆積發酵後，再混合於新介質中，對設施栽培之草莓與萵苣並未造成影響，並可減少約50%之進口新添加介質用量，顯示菇類SMS經過適當處理確實可有效取代進口之介質。作物栽培過程中，除需要介質與堆肥來供作物生長與提供養分外，更希望能同時具有防治病害之能力，而許多研究亦發現菇類之SMS經過適當的處理後，亦可作為抑病介質，例如以香菇SMS製成之堆肥混合魚粉、血粉、硝酸銨、生石灰及丙烯醇等製作成之混合物FBN-5A，經田間試驗之結果顯示，具有防治豌豆立枯病的效果（簡等人，2007）。

三、禽畜飼料

菇類SMS之成分經分析後發現較單純木屑具有極高之粗蛋白質與粗脂肪成分，且大部分木屑所含的纖維素、半纖維素與木質素皆已被菇類菌絲分解成小分子的醣類。此外，由於一般飼料中常缺乏必需胺基酸與礦物質等元素，但這些成分在菇類SMS中的含量皆相當高，因此極適合作為禽畜養殖飼料。在中國由於飼料取得不易，因此利用菇類SMS應用於禽畜

飼養更加廣泛，例如以平菇SMS取代玉米飼養羊隻，其結果顯示在替代玉米5%~15%之情況下，可有效增加羊隻之重量（李與李，2011）；此外，在吳郭魚飼養時，添加30%之菇類SMS作為飼料，其增重率、成活率等與對照組基本上無顯著差異，證明用菇類之SMS代替部分麩皮餵魚是可行之方式（劉等人，2000）。

四、燃料或生質能源之材料

菇類栽培時需要使用富含纖維素與木質素之栽培基質，因此多以木屑、玉米穗軸、稻草與棉籽殼等資材為主，此些介質若將其曬乾去除水分，即可作為燃料，因此在中國之香菇產地，常將香菇SMS風乾後，作為太空包滅菌或菇棚加熱之燃料，如此既可減少石化燃料之使用，更可節省燃料之成本（米等人，2005）。而若能以汽化爐燃燒還可更有效率地利用菇類SMS，例如：利用1,500個香菇廢菌棒所產生之能量，可供3,100個香菇菌棒滅菌之用（李，2009）。近年來由於石化燃料匱乏之隱憂，使得生質能源成為全球重視之課題，但目前製造生質酒精之主要原料為玉米、甘蔗、大豆或油菜等能源作物，因此在發展生質能源同時將導致糧食價格上漲，引起大眾對於此類發展之疑慮。生質酒精的製作原理係將澱粉或纖維素水解形成葡萄糖，再透過微生物發酵製成酒精，故此若能將農業廢棄物中之大量纖維素

作為生質能源之材料，則可避免影響到民生物資。此外，纖維素結構相當穩定，再加上植物細胞壁上還含有半纖維素及木質素等成分，因此要將纖維素大量水解有技術上之困難度，但Hideno等人（2007）曾以舞菇栽培後之木屑作為生質酒精的材料，透過舞菇分解木屑中之木質素與纖維素，使得纖維素分解成葡萄糖，進一步作為生質酒精製作之用。而在沼氣之利用上，程氏等人（2010）即利用平菇之菌糠進行發酵，並透過排水集氣法進行沼氣之蒐集，試驗結果顯示其沼氣產生量與牛糞相當，因此可作為產生沼氣原料之一。

五、生態環境修復之材料

由於菇類屬於白腐真菌，具有較高之漆酶活性，可分解如木質素等不易分解之物質，因此也有學者利用菇類之漆酶對環境中不易分解之化合物進行分解測試。以秀珍菇為例，其SMS之漆酶活性可達3602 Ug-1，具有極佳的生物修復潛能（衛等人，2010）。此外也有學者利用平菇之SMS來消除土壤中之DDT（1,1,1-trichloro-2,2-bis (4-chlorophenyl) ethane），經過4周之處理，土壤中之DDT含量可被降解48%，顯示利用菇類SMS具有潛力來清除環境中之化學藥劑汙染



(Purnomo *et al.*, 2010)。而平菇之SMS也曾被用來降解受石油污染的土壤，經施用1個月後，除污染物大幅減少，土壤中之微生物數量也大幅增加，顯示利用菇類栽培後介質不僅可降低石油對環境之污染，還可增加土壤中微生物之族群數 (Chiu *et al.*, 2009)。農業藥劑與工業廢物對土壤之污染，一直是生態永續發展的大問題。因此若能有效利用菇類栽培後介質中具降解有機污染物之獨特生物潛能，相信對農業永續發展具有相當之貢獻。

六、酵素與多醣體萃取之材料

菇類SMS中除部分營養可供再次利用外，由於其含有大量菇類菌絲，因此含有多醣體、有機酸與酵素等功效性成分，具有高值化利用之潛力。以杏鮑菇為例，其多醣體具有抗病毒、抗腫瘤、抗疲勞、抗損傷、抗氧化、防止動脈硬化、增強人體免疫力和抗癌的作用，可透過萃取獲得此些功效性成分，然利用子實體萃取成本太高，因此若利用其SMS進行萃取則可降低相關生產成本。目前有學者以

88°C之溫度萃取可獲得最適之多醣體萃取量為6.43%，顯示利用菇類SMS萃取菇類多醣具有

相當之可行性 (侯等人, 2010)。另，由於在萃取植物有效成分、飼料糖化及生物能源轉化過

程中，常使用纖維素酶和木聚糖酶，因纖維素酶和木質素酶製劑價格高昂取得不易，而菇類SMS中即含有大量之纖維素酶和木質素酶，因此可加以利用進行粗酵素液之萃取 (馬等人, 2010)。然目前自菇類栽培介質之萃取活性成分之研究尚在起步階段，多數研究僅針對特定之活性物質進行萃取，尚未有整體性萃取之流程，且所需之設備與技術較為複雜，因此現階段還無法大量工廠化生產。倘若未來相關技術與設備成熟，不僅可降低酵素之生產成本，還可同時解決農業廢棄物之問題。

菌絲體成型技術介紹

生物性材料 (biomaterials) 或生物塑料 (bioplastics) 為近年來新興的可替代材料之一，主要由細菌、真菌、藻類等微生物或植物所組成，有別於傳統塑膠，此類材料具有可自然分解及塑形容易等優點，而目前真菌為世界上已知生長最快速的生物，加上其由牢固且堅硬的幾丁質所構成之細胞壁，是相當良好的生物性材料來源。因此有學者認為由真菌細胞所構成之菌絲體極有潛力於未來取代橡膠、皮革甚至是塑膠。

2007年美國E. Bayer等人於紐約成立Ecovative Design公司即提出應用菇類菌絲結合農業廢棄物形成具有支撐的複合性材料以取代現階段使用聚苯乙烯或塑膠所製成的包材，如傢俱和3C產品的避震保麗龍等，並已於美國與中國申請相關專利 (Bayer & McIntyre, 2016a)，



而Dell和IKEA等國際品牌也已宣布將使用Ecovative的製品取代原本的發泡包材。此外，來自舊金山的Mycoworks新創團隊將類似的模式應用於製成和動物皮革具相似質感的「真菌皮革」；另一間Mycotecture公司則更進一步的使用真菌去「生長」出牆壁、拱門和圓柱以及其他建築結構的形狀（Vasquez & Vega, 2019）。此等運用真菌之菌絲體纏聚植物組織後轉換成之新材質，再加工製成複合型材料的技術於國外稱為「Growing Design」（Karana *et al.*, 2018），由於目前尚未出現相對應的中文名，筆者暫稱為「菌絲體成型技術」。此項技術於國外已被應用於生產有機絕緣體（Bayer & McIntyre, 2016b）、有機包裝（如雞蛋包裝外殼等）、導電電路板（Vasquez & Vega, 2019）、有機冷卻器、生物可

降解的花盆、降噪吸音面板（Doutres *et al.*, 2010, Pelletier *et al.*, 2013, Pelletier *et al.*, 2019）、剛性防火牆、客製化家具（Bayer *et al.*, 2019）或牆面（Bayer *et al.*, 2020）等。菇類屬於真菌的一種，也適合應用於研發菌絲體成型技術中。如能利用SMS中仍含有大量活性菌絲之特點，開發菇類栽培剩餘資材之菌絲體成型技術，則能為去化SMS另闢新徑。

此外，依綠色國民所得統計2018年我國所衍生出的農業廢棄物多達510萬公噸，其中有將近9成屬於生物性基質。此類廢棄物雖重複利用性高，但因其含水量高，占空間又不易移置等缺點，多半農民都以露天燃燒或任意丟棄的方式處置，未有標準化的集中處理流程，所造成的環境髒亂和空氣汙染問題日趨嚴重。因此若能將農業廢棄物融合於菌絲體成型技術中使



用，則可有效增加材料的結構穩定性，並使菌絲體成型技術於未來應用於更廣的範疇中。

結語

菇類栽培後介質具有相當再利用之潛力，但在國內被再利用之機會卻不高，主要受限於我國土地有限與相關法規問題，但菌絲體成型技術不僅有助於解決現階段菇類廢棄太空包過剩的難題，且可同時降低石化原料所造成的汙染問題並提升生態價值，因此實為未來值得大力推展之方向。

參考文獻

- 米青山、王尚堃、宋建華。2005。食用菌廢料的綜合利用研究。中國農學通報，21:287。
- 李大軍、李玉。2011。平菇菌糠替換綿羊日糧中玉米的飼餵效果試驗。飼料工業，32:33-35。
- 李嬌。2009。淺析迴圈利用食用菌廢菌棒項目的效益及技術操作。安徽農學通報，15:219。
- 呂昫陞、陳美杏、李瑋崧、吳寬澤、簡宣裕。2011。菇類栽培後介質之再利用。菇類產業發展研討會專刊，頁59-70。行政院農業委員會農業試驗所。
- 侯軍、林曉民、李瑋、白莉娟、張家進、耿翠敏、張虹、李冬琳。2010。回應面法優化杏鮑菇菌糠多糖提取工藝。食品科學，31:155-158。
- 馬懷良、龔振傑、陳鑫、朱子龍、郭文學。2010。3種食用菌菌糠纖維素酶和木聚糖酶部分酶學性質。安徽農業科學，38:15479-15480。
- 張明暉、向為民、簡宣裕、黃維廷。1997。廢棄菇類木屑堆肥應用於洋香瓜育苗介質之評估。中華農業研究，46(1):60-69。
- 梁志欽、吳秋擘、王進琦。2005。利用菇類木屑廢棄物栽培金頂側耳的評估。真菌會刊，20:27-34。
- 程輝彩、張麗萍、崔冠慧、張根偉、李欣、李書生。2010。平菇菌糠發酵生產沼氣技術研究。中國食用菌，29:46-49。
- 萬水霞、朱宏賦、李帆。2009。利用秀珍菇菇渣栽培雙孢蘑菇的試驗。中國食用菌，28:20-22。
- 劉曉牧、王中華、李福昌、高秀華。2000。菌糠的營養價值及應用。中國飼料，18:29-30。
- 劉育嫻、康瑋帆、呂昫陞、石信德。2016。我國菇類產業現況與技術發展策略分析。農政與農情，285:64-69。
- 衛智濤、周國英、胡清秀。2010。食用菌菌渣利用研究現狀。中國食用菌，29:3-6。
- 簡宣裕、莊作權、張明暉。2003。以廢棄香菇木屑與雞糞製造堆肥並評估對小白菜之肥效。第六屆畜牧資源回收再利用研討會論文集，頁59-70。國立中興大學獸醫學院編印。
- 簡宣裕、張明暉、向為民。2005。栽培菇類後廢棄木屑開發瓜類育苗介質。食用菇類栽培訓練班講義。頁274-288。行政院農業委員會農業試驗所編印。
- 簡宣裕、廖慶樑、張明暉、劉禎祺。2007。栽培菇類後廢棄木屑利用於作物病害防治。菇類栽培訓練班講義第，頁204-206。行政院農業委員會農業試驗所編印。
- Bayer, E., McIntyre, G. (2016a). Method for producing grown materials and products made thereby. U.S. Patent No. 9,485,917 B2.
- Bayer, E., McIntyre, G. (2016b). Method of growing electrically conductive tissue. U.S. Patent No. 9,253,889 B2.
- Bayer, E., McIntyre, G., Mueller, P., et al. (2020). Methods of Generating Mycelial Scaffolds and Applications Thereof. U.S. Patent No.2020/0157506 A1.
- Bayer, E., Mueller, P., Scully, C. (2019). Method of fermenting mycelium composite material. U.S. Patent No. 10,407,675 B2.
- Chiu, S. W., Ting, G., Cissy, S. S. (2009). Removal of spilled petroleum in industrial soils by spent compost of mushroom *Pleurotus pulmonarius*. *Chemosphere* 75:837-842.
- Doutres, O, Salissou, Y, Atalla, N, Panneton, R. (2010). Evaluation of the acoustic and non-acoustic properties of sound absorbing materials using a three-microphone impedance tube. *Applied Acoustics* 71:506-509.
- Hideno, A., Aoygai, H., Isohe, S., & Tanaka, H. (2007). Utilization of spent sawdust matrix after cultivation of *Grifola frondosa* as substrate for ethanol production by simultaneous saccharification and fermentation. *Food Science and Technology Research* 13:111-117.
- Karana, E., Blauwhoff, D., Hultink, E.-J., Camere, S. (2018). When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. *International Journal of Design* 12.
- Pelletier, M., Holt, G., Wanjura, J., Bayer, E., McIntyre, G. (2013). An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates. *Industrial Crops and Products* 51:480-485.
- Pelletier, M., Holt, G., Wanjura, J., et al. (2019). Acoustic evaluation of mycological biopolymer, an all-natural closed cell foam alternative. *Industrial Crops and Products* 139:111533.
- Purnomo, A. S., Mori, T., Kamei, I., Nishii, T., & Kondo, R. (2010). Application of mushroom waste medium from *Pleurotus ostreatus* for bioremediation of DDT-contaminated soil. *International Biodeterioration & Biodegradation* 64:397-402.
- Vasquez, E. S. L., Vega, K. (September, 2019). From plastic to biomaterials: prototyping DIY electronics with mycelium. *Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 308-311.

農業科技活動

放眼世界，掌握農業脈動



因應新冠肺炎疫情，近期活動排程可能有所變動，請以主辦單位提供的最新資訊為準。

2/1-3 葡萄牙 波多

第24屆農業、生物與環境科學國際研討會 24th International Conference on Agriculture, Biological and Environmental Sciences (PABES-21)

本研討會由葡萄牙里斯本大學教授擔任會議主席，廣邀各界學者專家、工程師與相關人士一同參與，會中探討主題囊括農業科學、生命科學與環境科學3大領域，議題內容包含農業生物技術、土壤與農業、園藝學、水產養殖、漁業科學、動物科學、獸醫科學、食品科技、飲品與發酵技術、食品工業工程、環境汙染防治、水資源管理、環境科學等。

2/1-5 線上會議

2021永續農業線上研討會 2021 Virtual Sustainable Agriculture Conference

本屆研討會將邀集永續農業與食品產業等相關領域人士，為創造優質的農業與食物供應系統進行交流，探討議題包含有機農業、農業經濟、農畜產作物加工、食品的地化供應鏈、授粉動物保育、疫情因應等項目。此外，在研討會前將舉辦為期2周的工作坊，討論內容聚焦在農產與畜牧工作的實務操作技術，招募對象主要針對實際務農工作者，亦歡迎大眾參與。

2/2-4 英國 蘭開夏郡

第8屆糧食安全與營養國際研討會 8th International Conference on Food Security and Nutrition (ICFSN 2021)

全球糧食結構將因人口急遽成長、自然資源短缺及氣候變遷而遭逢危機，因此本研討會將邀集專家學者共同研擬糧食安全與營養領域的當前首要發展目標，討論天然產物創新、食品化學、食品發酵、糧食安全與品質、清真食品生產、環境與糧食安全、糧食行銷、在地產物與營養改善、糧食與營養政策、食品規範等議題，同時邀請英國植物科學暨糧食安全政策專家與葡萄牙食品科學專家擔綱主講。

2/3-4 線上會議

第5屆農業與食品工程國際研討會 5th International Conference on Agricultural and Food Engineering (CAFEI2020)

本屆會議主題為「農業4.0：農業與食品工程的未來」，會中將檢視農業與食品工程產業的未來趨勢、機會與挑戰，相關研究發展與創新發明也將同步展現；會中探討子題包含農業機械化與自動化、生物資訊系統、乾燥技術、發酵技術、食品與農業廢棄物管理、食品加工、包裝工程、精緻農業與地理資訊系統、農業安全與健康、採收後處理工程與技術等。

2/8-11 線上會議

2021中大西洋蔬果大會 2021 Mid-Atlantic Fruit and Vegetable Convention

中大西洋蔬果大會為美國東北部農業重要會議，往年皆會結合研討會及博覽會形式，邀集區域內的蔬果種植者與市場營銷者共同參與，今年由於疫情考量，改以線上會議辦理，提供產業相關人士有關果樹、蔬菜及馬鈴薯等農作生產增能研習，以及零售與批發行銷等資訊，研討主題亦包含玉米、南瓜、莓果、藤蔓植物、溫室植物、授粉蜜蜂、農業旅遊、有機農業等內容。

2/22-27 線上會議

有機永續農業綜合研討會 Collaborative Conference on Organic & Sustainable Farming

本研討會致力於提升大眾對於有機永續農業的熱情與技能，涵蓋產銷認證、農耕系統、農田管理、銷售規劃、農業旅遊、市場經營、畜牧及土壤等議題，舉辦逾60個工作坊，提供最新思維、技術與實務經驗的交流平臺，現場並有展售活動及書攤，可於現場徵詢相關專家顧問建議，及參閱綠生活與耕種相關選書。

2/23-25 新加坡 新加坡

第7屆生物科技與農業工程國際研討會 7th International Conference on Biotechnology and Agriculture Engineering (ICBAE 2021)

本研討會旨在促進生物技術與農業工程領域中的國際研究交流，往年皆於日本舉辦，本次首度移師至新加坡，會中將邀請韓國全北大學分子生物學教授及日本埼玉縣國際環境科學中心學者擔綱主講，研討主題包含農畜業生物技術、農業產品與食品安全、農業系統、農業廢棄物管理、全球農畜產業、農畜產品、水產生物系統、食品科學等內容。

3/3-5 線上會議

第4屆溫帶地區木本觀賞植物國際研討會 IV International Symposium on Woody Ornamentals of the Temperate Zone

本屆會議委員會成員來自日本、義大利、法國、德國、荷蘭、美國、比利時等國，由於疫情考量，改以線上會議形式舉辦。首日議程為「種原保育與育種」與「培育技術與作物產量」，第2日議程為「氣候變遷及植物病蟲害」與「作物多功能性與生態系統服務」，第3日議程則為商務會議及閉幕典禮；會中將集結產、官、學、研能量，針對木本觀賞植物的研究與實務方法進行研討。

3/8-10 線上會議

有機食品的育種及種子創新研討會 Breeding and Seed Sector Innovations for Organic Food Systems

本屆研討會主講人分享主題包含作物育種、食品系統及育種轉型、種子與微生物、種子資訊交流系統等，並廣邀各界分享最新研究或實務技術，包含未開發的遺傳基因、促進營養品質的功能性育種、土壤生機、植物的交互作用、高品質種子的有機生產、市場與消費者探討、政策與規範、永續性的評估等議題。由於本屆會議改為線上舉辦，原訂香草與蔬果農場的參訪行程亦將改為線上影片分享。

3/9-11 線上會議

第4屆歐洲園藝國際座談會 4th International Symposium on Horticulture in Europe

本會議由德國聯邦食品及農業部、國際園藝科學協會共同主辦，本屆主題為「共存共榮：以園藝科學增進人類福祉」，宗旨為美化環境與確保食品安全及永續發展。主要議程包含植物育種繁殖、作物與環境的交互作用、植物發根與成長、精緻農業、作物品質、植物營養、植物生長機制、採收後處理品質等內容；在3天會議安排中，則以主要議程進行延伸討論，共規劃逾30場研討分項主題座談。

3/14-16 印度 奧里薩邦

後基因組學時代的植物科學國際研討會 International Conference on Plant Science in Post Genomics Era

本研討會將聚集產、官、學、研多方人士，包含植物培育、種原生產、農藝用具等生產製造端，植物營養、土壤科學、農業科學等研究端，肥料製造、農業技術、農產品販售等產業端，協同政府農業部門和農業相關非政府組織進行研討；研討內容包含作物產量提升、基因改造作物、植物病理管理、食品安全、新品種研發、新冠肺炎對於農業與食品安全的影響等議題。

3/19-22 賽普勒斯 利馬索

第3屆無土栽培及水耕栽培國際研討會 III International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics (Hydro 2020)

本研討會由國際園藝科學協會主辦，會議主題以園藝的永續發展為目標，探討無土栽培與水耕栽培的最新技術。探討技術項目包含：無土栽培系統、栽培介質與堆肥、永續水耕法及資源再利用、植物工廠、垂直農業、室內農業、養分控管、有機水耕、有機肥料、根系病害管理、無土栽培作物生產、溫室技術、自動化管理、無土栽培系統的生命周期評估等。

3/26-28 中國 山東

第7屆環境與再生能源國際研討會 7th International Conference on Environment and Renewable Energy (ICERE 2021)

本研討會由山東大學、廈門理工大學、國際環境資訊科學學會、香港化學生物環境工程協會及環境農業協會等多個學界組織共同發起，將於山東大學辦理第7屆會議，會中主題類別包含能源技術、環境科學、機械工程與自動化及資源開發等4大項目，探討內容包含森林養護與保育、植物保育、地理資訊與遙測系統、森林工程、農產品儲存與加工等。

3/28-4/1 葡萄牙 埃武拉

第14屆歐洲農業系統研討會 14th IFSA European Farming Systems Conference (IFSA - European Group)

第14屆歐洲農業系統研討會將在葡萄牙埃武拉大學舉辦，研討會主題定為「氣候變遷與資源危機下的農業系統」，將廣邀自然科學界與社會科學界的研究人員及實務工作者共同與會，並致力於落實聯合國所提倡的永續發展目標（SDGs）；會中探討議題包含創新農業、農業科學與實務工作、農業生態與氣候變遷、農業與食品供應鏈、智慧農業、農業與土地使用規劃等。

4/4-8 印度 齋浦爾

永續農業、環境與健康生物科技國際研討會 International Conference on Biotechnology for Sustainable Agriculture, Environment and Health (BSAEH-2021)

本研討會將探討當前的最新生物科技及其在永續農業領域的應用，邀集歐、美、亞、非各洲學者與相關工作者共襄盛舉，探討內容包含醫藥科學、食品及農業、環境與能源、生物資訊與生物技術產業等生物科技議題，同時涵蓋植物的環境耐受性、食品發酵、植物生物技術、營養食品及基因改良作物等農業相關主題。因應國際疫情情勢，本屆研討會將同步舉辦實體研討會及開放線上參與。

4/7-8 線上會議

2021全球生物防治研討會 Global BioControl Conference 2021

永續農業在全球皆已獲得政府部門與民間的高度重視，因應永續農產業的快速發展，生物防治產業相關的市場經營、規章制度、產品量產機制及產品檢驗驗證等措施仍是一大挑戰；有鑑於此，本研討會將邀集生物防治業者、專家學者、驗證機構、市場分析師及種植者等相關領域人士，共同針對永續農產業的未來發展面向進行交流。

4/11-16 葡萄牙 孔布拉

第8屆微體繁殖植物生產與建置國際研討會 VIII International Symposium on Production and Establishment of Micropropagated Plants

本研討會由國際園藝科學協會資助，並首度於葡萄牙舉辦，將邀集來自義大利、巴西、西班牙、阿根廷及葡萄牙等各國學者共同與會討論，針對微體繁殖技術的最新發展進行交流；本屆會議探討主題為「微體繁殖技術及作物改良實務應用」、「根系發展、馴化作用與表型分析」、「微生物與微體繁殖技術」、「分子技術應用與微體繁殖技術商業化」。

4/19-21 線上會議

美國永續葡萄栽培釀酒線上高峰會 U.S. Sustainable Winegrowing Virtual Summit

本研討會宗旨為促進葡萄酒產業的永續發展，將邀請葡萄園經營與紅酒產業相關領域人士參與，包含葡萄農、酒莊主人及葡萄莊園組織等；研討內容聚焦於農作技術與行銷推廣等層面，包含葡萄永續農作的貿易觀點、葡萄永續農作的行銷宣傳、因應氣候變遷的葡萄酒產業、以環境永續理念打動消費者、葡萄永續農作的最新發展等議題。

4/20-22 西班牙 巴塞隆納

第7屆糧食與農業工程國際研討會 7th International Conference on Food and Agricultural Engineering (ICFAE 2021)

本研討會聚焦於糧食與農業領域，並廣泛地討論農業、動物、蛋白質、乳品、肉品、海洋等食品類別，探討內容包含農業生物技術及其規範、種子與蔬果生物技術、發酵技術、食品營養及化學、食品工程、蛋白質科學與食品安全與衛生等項目，同時邀請西班牙巴塞隆納大學植物生理學者與美國肯塔基大學食品化學暨蛋白質與肉類科學學者擔綱主講。

4/23-25 中國 西安

第2屆智慧農業與資訊技術國際研討會 The 2nd International Conference on Agriculture and IT/IoT/ICT

當代資訊系統與通訊科技的發展，已促使農業生產管理與服務機制產生重大改變，物聯網科技與大數據的應用在農產業亦逐漸普及，本研討會將聚集相關領域的研究人員、工程師與科學家進行交流，會中探討議題包含農業資訊科技與智慧化系統、農業與物聯網、農業與雲端運算、農業與資訊技術及設備。

4/26-30 瑞士 達佛斯

第2屆生物防治國際會議 2nd International Congress of Biological Control (ICBC2)

生物防治會議為國際生物防治組織的重點活動，旨在推廣病蟲害防治方法以促進環境安全，本會議作為相關領域學者與專家的交流平臺，將針對害蟲、動植物病理、雜草與外來入侵種等生物防治主要目標進行研討，並就生物防治的基礎科學及延伸性生物防治等各類方法進行討論；議程包含分子生物技術、生態系交互作用、基因調控、風險評估與管理、氣候變遷、植物免疫等生物防治多元面向。

農業科技新知

產業發展動向與環境相關議題探討



自行給水的土壤可能帶來農業革新

編譯／黃仁藝

為了使閒置空地能用來農耕，必須於該地建立灌溉與電力供應的配套措施；在資源日漸稀缺的今天，供水系統牽涉不少複雜的環節。德州奧斯汀大學的工程師花了超過2年的時間開發了一種由聚合物凝膠混合材質製成、可自行給水的土壤。在夜間低溫、潮濕的時刻，給水土壤如同超級海綿一般捕捉大氣中的水氣，白天再透過太陽能快速過濾並釋放這些水分。當溫度升高至某個點，給水土壤所釋放的水能為植物所利用，而在此過程中，部分水分回到大氣，增加濕度，提供下一次的水循環。換言之，給水土壤將空氣本身列入農業灌溉的一環。每公克的給水土壤大約能吸收3~4公克水，根據作物種類，0.1~

1公斤土壤能夠支持1平方公尺的農業耕地。在為期4周的測試中，給水土壤仍保持最初含水量的40%，而一般砂質土壤僅過了1周，便只剩下20%含水量。在作物實驗中，種植於給水土壤的白蘿蔔僅灌溉1次以確保作物穩定，而砂質土壤中的白蘿蔔在最初4天內接受多次灌溉。最後，砂質土壤的蘿蔔在停止灌溉後只多存活2日，而給水土壤中的蘿蔔可生存長達14日。科學家表示，其實絕大多數地方的土壤都能支持作物生長，問題在於供水，而給水土壤為傳統農業帶來了新的可能。

資料來源：<https://www.sciencedaily.com/releases/2020/11/201102162653.htm>

假機臺訓練計畫讓乳牛習慣自動榨乳站

編譯／黃仁藝

自動榨乳站（AMS）在酪農間大受歡迎，因為在人力與時間均有限的前提下，AMS是增加每日產乳量、提升乳牛產乳頻率的最好方案。由乳牛自行決定前往站點榨乳，代表管理成本可降至最低，但前提是乳牛在無人看管的狀態下願意被榨乳，而事情不總是如此順利。萊比錫大學、哈雷一維滕貝格大學與德國的知名農業科技企業集團攜手合作進行實驗，發現與其人為牽引沒經驗的牛隻至AMS，強迫牠們接受榨乳程序，不如善加利用AMS假機臺，訓練出更高的榨乳意願。實驗隨機挑選77頭荷蘭牛母牛，分為控制組與實驗組，實驗組母牛在生產前4周即

接觸假的AMS，牠們被允許自由探索假機臺，並餵食濃縮飼料予以獎勵；而控制組乳牛則按照常規對待，時候到了逕由業主牽引榨乳。科學家記錄母牛糞便中的皮質醇與反芻時間，以分析牠們的壓力生理狀態。結果，習慣假機臺的乳牛不僅更喜歡榨乳，科學家還發現實驗組牛群中，必須被趕至機臺才願意榨乳的牛隻比例比起通常情況大幅降低。假機臺這種低成本、簡單的方法，不僅能帶來更高效的牛乳產能，還讓農場主得到一群更快樂的牛。

資料來源：https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-12/e-apt121720.php

狗尾草的種子播遷基因研究有利於農業收成

編譯／黃仁藝

唐納德·丹佛斯植物科學中心的研究人員經過多次田野調查，採集來自美國各地共600株狗尾草，經過詳盡基因定序後，首次在野生植物族群中發現有關種子播遷的基因。種子播遷對野外植物的繁衍至關重要，但十分不利於農業收成，因為未經馴化的穀類植物，其種子叢集往往從頂端開始瓦解，使成熟的種子散出；農人需要花費漫長的時間選拔育種，直到選育出穀粒會停留在末梢等待收成、不致散失的作物。從狗尾草的基因圖譜中，科學家發現了名為SvLes1的基因；只要找出農作物中具有SvLes1的物種群，可藉著基

因編輯關閉基因，避免種子叢集瓦解。此次科學家對狗尾草採取的是泛基因組分析，並建立了大型基因組架構，因此除了有關SvLes1的新發現外，還在狗尾草上發現了它從歐亞大陸被多次引入北美的時間點，以及有關葉面生長角度及陽光受光面的基因，可用於預測產量。這意謂只要針對小小的狗尾草進行詳盡的評估，找到相應的基因，確認它們的表型，便能有效地推進農業研究發展。

資料來源：<https://www.sciencedaily.com/releases/2020/10/201005122131.htm>

混合藻類製成的無魚飼料提升水產養殖品質

編譯／黃仁藝

加州大學聖克魯茲分校（UCSC）研究團隊花費6年開發具經濟效益的水產養殖飼料，不使用傳統飼料中含有的魚肉與魚油成分，同時令養殖魚有效增重，亦使其食用魚片含有更高營養價值，無魚飼料也被證實更加環保、永續。在UCSC農場的研究機構中，科學家將循環經濟概念運用在水產養殖食物系統中，打破養殖業從野外捕捉魚類製造飼料的依賴性。新飼料以一種名為裂壺藻（*Schizochytrium* sp.）的海洋細微藻類取代魚油，又以海洋細微藻中的擬球藻（*Nannochloropsis oculata*）取代魚粉；這種提煉市售omega-3營養補充品後的剩餘生質富含魚所需的蛋白質。在為期6個月的實驗中，

尼羅吳郭魚被餵以傳統飼料、其他混合物以及無魚飼料。最後，食用無魚飼料的吳郭魚較食用傳統飼料者多增重58%；這些吳郭魚的肉也比市售其他魚肉含有更多對人類心臟有益的DHA omega-3脂肪酸。科學家表示，黃豆與玉米等成分也能製造出無魚飼料，但不易被魚類消化，可能有害魚類健康；土壤種植的蔬菜製成的飼料，也會減損魚肉中有益脂肪酸與胺基酸的含量，而且，專門種植飼料用農作物，也往往阻礙永續發展。不過，混合藻類發展出的飼料，將培育出對人類與環境都十分有益的養殖魚，未來的普及令人期待。

https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-11/uoc--rba111020.php

利用來自農業廢料的生物炭來處理廢水中的醫藥汙染物

編譯／黃仁藝

賓州大學農業生物工程學系團隊評估了2種由農作物剩餘廢料提煉出的生物炭——軋棉碎屑（cotton gin waste）與銀膠菊膠渣（guayule bagasse）——有何清理汙水的效能。銀膠菊是生長在美國西南部乾燥環境中的灌木，用以提煉橡膠與乳膠材質，提煉後的乾燥、纖維化的殘渣物質被稱作膠渣。銀膠菊生物炭非常具代表性，它展示了各式各樣農作物廢料的可能價值，而軋棉碎屑生物炭的吸附能力甚至更佳。在本次實驗中，水性溶液中的汙染物有3種：獸醫常用的抗細菌感染藥物磺胺吡啶、瀉藥中的多庫酯鈉、治療表皮細菌感染的抗生素紅黴素。除汙過

程中，醫藥化合物物質黏著於生物炭分子上，並進一步如海綿般被吸納其中。軋棉碎屑生物炭可吸收70%磺胺吡啶、98%多庫酯鈉與74%紅黴素；銀膠菊膠渣則吸收5%磺胺吡啶，以及50%的多庫酯鈉與紅黴素。研究團隊還發現，在轉化廢料為生物炭的無氧熱裂解處理程序中，將溫度提升至華氏650~1300度，這個溫度區間可強化生物炭吸收汙染物的能力。今日，傳統汙水處理廠逐漸難以應付有毒醫藥化合物這類新型汙染，低成本生物炭淨化程序對乾燥地區的農業意義重大。

資料來源：<https://www.sciencedaily.com/releases/2020/11/201116161228.htm>

結合無人機與人工智慧，精準偵測黃豆成熟的狀態

編譯／黃仁藝

培育黃豆新品種時，研究人員往往不得不在豔陽底下觀察植物是否展現早熟等優良特徵。若無法快速辨識，科學家便無法在短時間內於盡可能多的農地中進行測試，因此培育新作物成了曠日費時的工作。來自伊利諾大學的團隊利用人工智慧分析無人機影像，得以在2天內預測黃豆田的整體成熟狀況。傳統的豆莢成熟判定是根據顏色為標準，並為其打分數，但即使無人機能夠為實驗室取回大量影像，傳統判定仍是主觀的、錯誤率高並且耗費人力。該團隊在2個國家搭配人工智慧電腦與無人機，經過3次黃豆生長周期與5次測試飛行後，被證實可以有

效判定大面積農田顏色轉變的狀況。用於判定的人工智慧系統為卷積神經網路，原理近似人類大腦認知顏色、形狀與材質的方式，它能剔除「異常」因子，亦即，若無人機飛行天候的好壞或地區因素導致帶回的影像產生數量差與色差，這些異常並不影響判斷的準確度。評估黃豆成熟度時，豆莢顏色變化是最重要的指標，但卷積神經網路除了顏色，還會加上形狀、輪廓與材質進行綜合評量，比方說將成熟作物的莖倒伏樣態納入判斷，這加深了該系統廣泛應用的潛能。

資料來源：https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-12/uoic-daa120720.php

尿液處理系統開啟太空農業的大門

編譯／黃仁藝

對未來世界而言，如何在極端封閉的環境中——例如一座火星太空站，達到長期性、可永續的農業自給自足與廢料管理極為重要。來自東京科技大學太空殖民研究中心的科學家參與太空農業研究，並發現廉價、有效的方式從簡化的人工尿液中提煉液態肥料，透過單一程序，同時達成種植作物與廢料處理的目的。為免除使用傳統動物排泄物施肥在極封閉環境中造成的問題，科學家從食物加工處理的物理化學原理中取得經驗，製作在大氣壓力中、一般室溫下操作的尿液處理器。儀器的設計概念是「電子化學」程序，設定如下：一側是「反應室」（reaction cell），內含摻硼鑽石（BDD）作為電極

與二氧化鈦光觸媒。另一側是「對應室」（counter cell），內含鉑金電極。當電流通過反應室，尿液將直接氧化產生單純氨離子，也就是常見液態肥料中的氨。現階段實驗中使用的人工尿液的成分只包含磷、氮與鉀等主成分，但在下一階段的實驗中，團隊將在電子化學程序的成功基礎上嘗試以本儀器處理真正的尿液樣本。科學家認為真正的尿液才是產生肥料的寶藏所在，因為它往往還包含硫、鈣、鎂等多種次要成分，這些成分即使在外太空中也有助於植物生長。

資料來源：https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-08/asoa-car082520.php

熊蜂廣泛採集花粉的行為，解開農民疑問

編譯／黃仁藝

許多作物依靠蜜蜂授粉，但蜜蜂並非唯一的授粉動物——熊蜂（bumble bee）也扮演了重要角色。令果農困擾的是，即使農田附近有蜂群，牠們卻不見得來訪，因為同一季節的其他開花植物比農作物更有吸引力，導致亟需授粉的作物乏蜂問津。哥廷根大學、米特韋達應用科技大學與德國聯邦植物培育研究中心的科學家，利用創新分子生物學技術搭配傳統顯微術，調查農業地帶的蜜蜂與熊蜂採集花粉的行為。科學家將蜜蜂與熊蜂蜂群移至德國草莓產地，接著捕捉離巢後回程的蜂，蒐集牠們身上的花粉，透過花粉DNA的詳細分子生物調查，找出不同蜂

類採花粉的確切目的，以及該目的如何影響蜂的覓食行為。花粉DNA進行定序後與草莓產地的植物DNA資料庫作比對，顯示相較於蜜蜂，熊蜂從更多元的植物中採花粉，以獲取大量蛋白質作為熊蜂幼蟲的營養。此外還發現，若附近有西洋油菜田正在開花，蜂類就較不願意去草莓園。科學家表示，瞭解熊蜂的行為不只使野生開花植物的保育邁進一大步，也可能促進農民租用或購買有益蜂群，成為農業管理策略的一環。

資料來源：<https://www.sciencedaily.com/releases/2020/12/201221134205.htm>

全球暖化相當於禽畜的新型瘟疫

編譯／黃仁藝

根據熱度失配假說（thermal mismatch hypothesis），聖母大學、南佛羅里達大學與威斯康辛大學研究團隊指出，氣候變遷提升了新興人畜共通傳染病出現的機會。當周圍環境升溫，居住在最冷地帶的動物罹患傳染疾病的風險迅速提升，而熱帶地區動物遭感染襲擊的最高風險則出現在溫度降低時。亦即，在氣候變遷與極端天氣逐漸危害糧食安全與地球生態環境前，先遭受疾病衝擊的是人與禽畜的健康。微小有機體如致病體，能在很廣泛的氣溫下活動，但禽畜等較大動物沒有高度氣溫適應力，大多數新興疾病從野外開始，感染家畜、家禽，藉此滲透到人類

群體。科學家驗證假說的過程如下：檢視來自7大洲、7千種動物寄生蟲系統，以呈現水生、陸生動物與牠們所帶致病體的各种狀態。溫暖地帶的致病體在寒冷時表現得比宿主好，而不耐熱的寒帶動物，其致病體能在溫暖時大量繁殖。比對上述系統與歷史紀錄中的氣溫及降雨量，也能發現疾病、動物與氣溫間的關聯，以及其間的不同模式。家畜間的瘟疫曾好發於赤道區，但科學家預測，在氣候變遷影響下，熱帶高地與溫帶地區恐將成為新興疫區。

資料來源：<https://www.sciencedaily.com/releases/2020/11/201123161032.htm>

野火過後的森林復育該從何下手？

編譯／黃仁藝

美國西部森林大火頻仍，然而遭野火吞噬的森林還能恢復舊觀嗎？森林管理者面對大片沒有任何活樹木、必須緊急介入的荒地時，需要功能強大的預測性製圖工具，解瞭哪些地區的森林有可能自行復原、哪些地方得加緊植樹。加州大學、美國地質調查局（USGS）、加州林業和消防部與美國林務局開發出「松柏火災後再生空間預測裝置」（POSCRPT），提供即時、精準的資訊，透視森林在災後幾周時間內最脆弱的地帶。加州大學團隊分析於2004~2012年間蒐集的，遭19場野火焚燒、共1200座研究林地的復育資料，與18年來森林種子生產的詳盡資訊，USGS環境學家則從數百個集種器中蒐集

並辨識17萬顆種子。北美洲西北部森林被松柏主宰，據研究，它們的種子在乾燥的氣候環境下，特別是傾向發生旱災的低海拔區，難以在火災後重生。研究團隊接著將以上訊息、其他氣候與環境數據，與多光譜衛星影像及森林結構地圖結合，創造不同族群松柏樹木可用種子量與再生可能性的空間模型，利用在重建規劃上。近年來森林管理者開始使用這類工具的原型，而升級版的工具更融入火災後氣候與種子產生量資訊與易上手的網路介面，令野火不再是地表難以抹滅的創傷。

資料來源：https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-12/uoc--iwt121820.php

農業網站導覽

知識經濟時代，一指蒐羅寰宇資訊



歐洲與地中海植物保護組織

European and Mediterranean Plant Protection Organization

<https://www.eppo.int>

歐洲與地中海植物保護組織（EPPO）是致力於促進合作與統籌規劃歐洲及地中海地區植物保護計畫的國際級機構，於1951年4月在巴黎簽署公約成立。EPPO的政府成員和歐洲食品安全局（EFSA）與歐亞經濟聯盟（EEC）等組織密切合作，1950年代至今已從15個成員國增長至52國，包括歐洲、地中海區域及亞洲國家。EPPO的目的為保持農業、林業與非耕地環境中植物的良好健康；擬定國際策略避免害蟲的引入與散播，以及防範外來種植物入侵，以使農業及野生植物維持不受外擾、具有活力的自然生態系統及物種多樣性；推廣植物檢疫法規，以及其他官方的植物保護行動；鼓勵現代化、高效的害蟲控制方法研發。

為制定通用的植物檢疫與植物保護產品



（圖片來源／www.eppo.int）

的標準，EPPO除了在歐洲各地舉辦技術性會議、參加國際植物保護公約（IPPC）與聯合國糧食及農業組織（FAO）有關植物檢疫的活動及國際研討會，也邀請各界研究者、植物保護機構管理者與檢疫人員進行多場專題討論會，並將重要的科技發展成果發表在官方期刊《歐洲與地中海植物保護組織公報》與電子資料庫中。

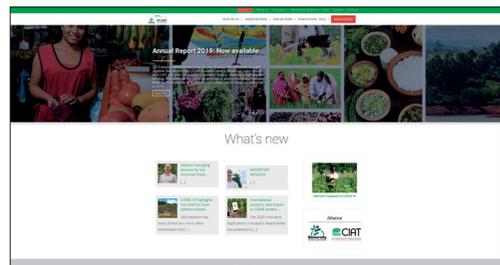
國際熱帶農業中心

International Center for Tropical Agriculture

<https://ciat.cgiar.org>

國際熱帶農業中心（CIAT）與數百名夥伴合作，包括法規制定者、科學家以及具遠見的農業人士，致力於發掘位於亞洲、非洲與拉丁美洲開發中國家農業的競爭潛力，助其農業獲得更高利潤，同時透過更永續、更聰明的資源管理，使開發中國家農業在氣候變遷下更能承受自然災害衝擊。CIAT的研究者們在大數據、氣候與農業、生態系統行動、永續食物系統等主題下，對聯合國永續發展目標提出貢獻，同時也回應這個世代最迫切的問題：糧食危機與人口營養不良、氣候變遷及環境汙染。

從2018～2020年，為了達成組織整體的目標，CIAT將資源投注於以下策略：提供消費者安全的食物來源，透過強化農



（圖片來源／ciat.cgiar.org）

業生產力，提高作物的營養品質；使小農業戶更有競爭力、具有市場思維；改善農業價值鏈，一方面使農業市場更加包容小農，二來促進永續農業常態化與普及。CIAT在與教育和研究機構合作時採用結果取向的管理模式，推動可應用在實際農業中的創新科學工作。

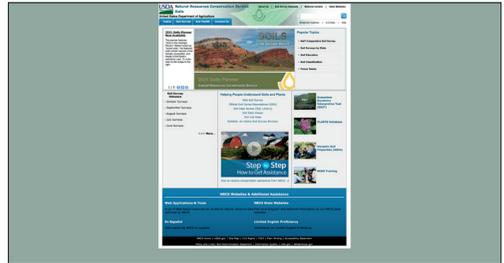
美國農業部自然資源保育局土壤調查部

USDA Natural Resources Conservation Service Soils

<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/soils/home/>

美國農業部自然資源保育局（NRCS）下的土壤調查部，與美國聯邦及州際機構、大學與專業社團法人合作，提供具科學基礎的資訊給公眾與研究者，目的為保護自然資源、達成具有高效收益的永續農業，以及維護糧食安全。土壤調查部在各州均設置辦公室，負責領導並調度土壤科學家與計畫執行者，促進與跨領域學者的研究合作，推廣土壤新知，並提供專業的科學工具。

土壤調查部與以下單位有密切合作關係：一、土壤與植物科學部門，負責擬定土壤相關政策與執行方法，發展土壤計畫，協調國內與國際單位聯合進行土壤調查活動；二、國家土壤調查中心，負責土壤研究的技術指導、開發程序、調查作業



(圖片來源 / www.nrcs.usda.gov)

指南，並管理研究實驗室，以協助各項土壤調查行動；三、國家地理空間卓越中心（NGCE），其擁有最先進的地圖製圖學技術，以及地理資訊系統、遠程偵測科技、高空拍攝與全球定位系統，其海拔數據、影像庫與自然資源數據，為土壤調查部提供了珍貴的學術支持。

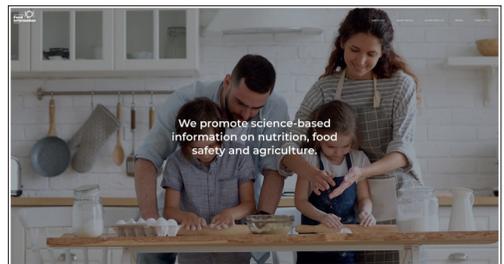
國際食品資訊委員會

International Food Information Council

<https://ific.org>

國際食品資訊委員會（IFIC）是受食品、飲料與農產業所支持的非營利機構，成立宗旨為創造一個中立的平臺，向大眾有效傳遞具有科學基礎的健康、營養、糧食安全與農業知識。IFIC由董事會領導，成員為公共學術研究者、專業營養師、食物科學家以及農業學者等相關領域專家。在成員的把關下，委員會提供的資訊來自經過同儕審查的科學研究與相關權威機構，如美國食品藥品監督管理局（FDA）、美國農業部、美國國家科學工程與醫學學院、歐盟食品安全局（EFSA）等。

IFIC本身的研究著重在社會對營養觀念、糧食安全概念與食品製造常識的態度以及民眾行為；委員會的年度食品與健康



(圖片來源 / ific.org)

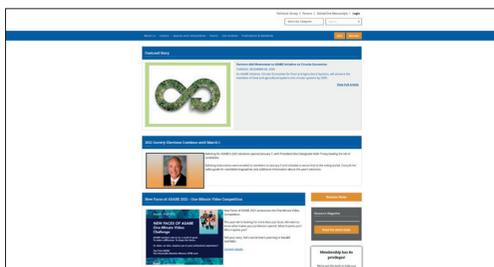
調查結果，說明美國人對食物的印象與食品採購時的決策趨勢，以及這種趨勢如何影響人們的身心健康。IFIC長年與政府及非政府組織、學術與專業機構合作，推動良好的飲食風氣，而詳盡的消費者價值觀調查，正是進行大眾傳播與教育推廣課程的基石。

美國農業與生物工程師學會

American Society of Agricultural and Biological Engineers

<https://www.asabe.org>

美國農業與生物工程師學會（ASABE）是一具教育與科學性質的組織，成立於1907年，致力於發展能實地運用在農業、糧食產業與生物系統的工程學。農業與生物工程是將工程原理與基礎生物學、農業與生物系統概念結合，範圍小至分子、大至生態系，以積極改善農業、糧食與自然資源系統的管理方式。這包括了農產品包裝與保存、農業智慧機械、生物材料、微生物與環境、廢棄物處理等議題。面對快速成長的世界人口，工程師在農業、食物與生物系統工程等方面開發食品製造、纖維、材料等方面的新技術時，必須採取兼顧效益與對環境敏感的思維，並盡可能地使用再生能源。



（圖片來源／www.asabe.org）

學會當前的目標是提升全球農業與生物工程師的專業程度、學術與業界地位，成立平臺鼓勵成員參與產學合作活動，尋找各種事業機會，並成立陣容堅強的技術委員會，以建立農業與生物工程領域中有用的技術標準，符合國際標準化組織如ANSI與ISO的認可。

徵稿簡則

1. 本刊以報導國際間之農業科技新知為宗旨，內容分為農業科技視野、農業科技活動、農業科技新知與農業科技網站等。本刊園地公開，凡與上述內容有關之稿件，均所歡迎。
2. 本刊篇幅有限，專題報導以不超過7,000字，新知文稿以不超過850字為原則，來稿文件請以word檔案 (*.doc) 儲存，並註明投稿《國際農業科技新知》。如有相關照片請註明其說明文字，譯稿請附原文檔案或影印本，並註明出處。來稿請詳示真實姓名、寄送地址、服務機關、職稱、聯絡電話，以利聯繫。
3. 一稿兩投恕不致酬。本刊對來稿有刪改權，如未採用，恕不退還，如需退稿或不願刪改，請於來稿時註明。

來稿請寄：haoren@agriharvest.tw

深耕臺灣 用心每一天

每期深入淺出報導農界熱門議題及動態
每期紮實採訪找出農民們的問題癥論點

幫助您掌握國內外農業的趨勢與新知
提供您完整農業疑難雜症的知識金庫

陪伴農民的逗陣好朋友，豐年！



豐年 一年 12 期

訂閱優惠價 **1,350 元**



2025年，開創新型態農產業！

農業PLUS， 華麗變身！



2025年，日本農業分水嶺
巧妙運用「社會5.0」概念，
撙起看似夕陽產業的農業，
轉「守」為「攻」的策略，
大刀闊斧開創農業新局面。

精闢剖析日本農業的現況與未來，
借鏡日本農業掌握臺灣農業先機。



購書去



豐年社

如需團購，請洽豐年社，或電 02-23628148*205