

中臺灣農業科技 前瞻論壇

Prospects on Agricultural
Science and Technology
In Central Taiwan



**中農改
綠研創**

GREEN

120 — ANNIVERSARY
AGRICULTURAL R & D
FOR BETTER FUTURE

60 + 60 2甲子



(1902 —————> 2022)

FORUM



2022

Wisdom x Sustainability x
Innovation, Technology, Design

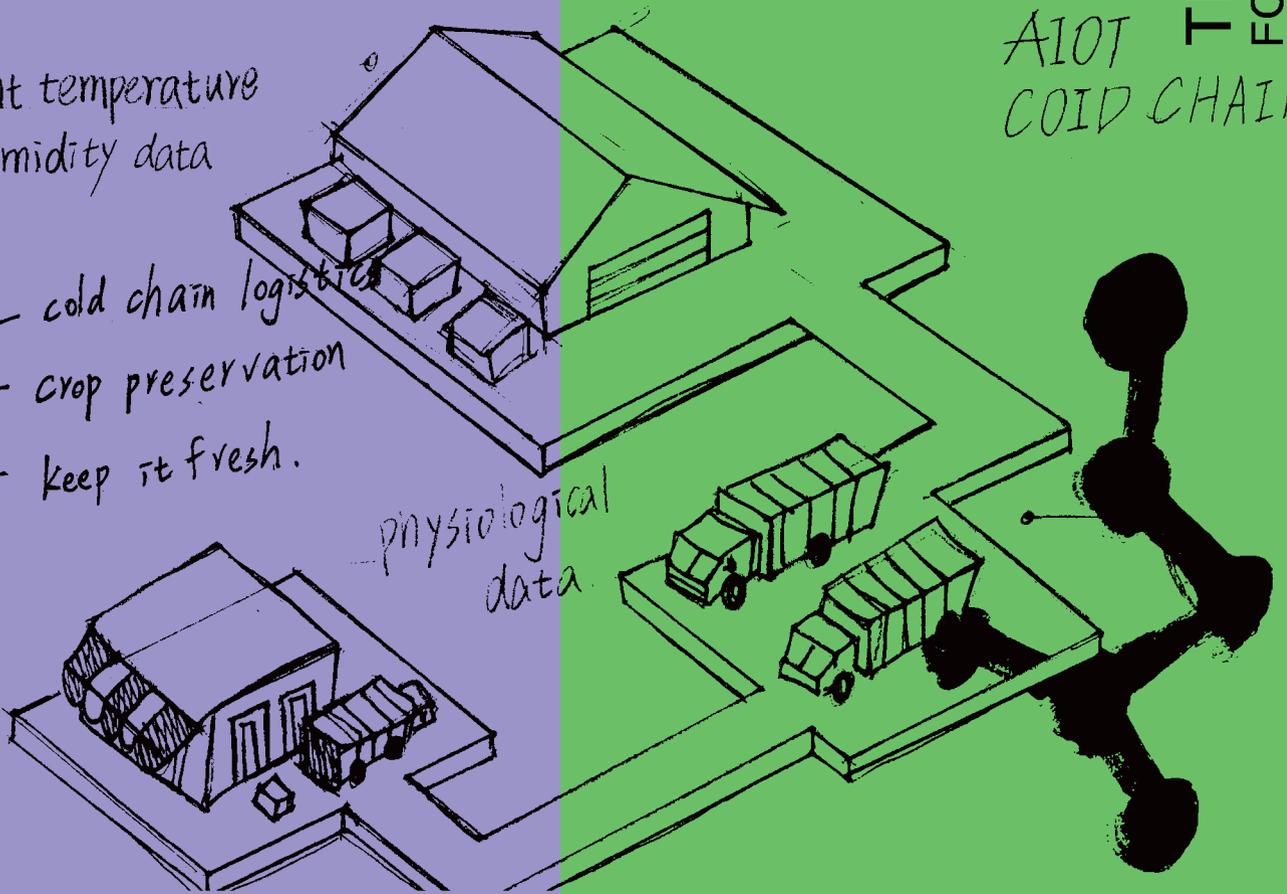
TECHNOLOGY
FORESIGHT

ambient temperature
and humidity data

- cold chain logistics
- crop preservation
- keep it fresh.

physiological
data

AIOT
COLD CHAIN



序

臺中農改場是農委會轄下第一線試驗研究與推廣應用的為民服務機構，主要任務為農作物改良、栽培技術改進，並配合當前政策進行施政協力及產業輔導。為慶祝本場百二周年，規劃以「承先啟後的創新研發」、「落地普及的示範推廣」及「前瞻布局的研討論壇」3個主軸共12項活動，自6月1日至11月1日陸續登場，本「2022中臺灣農業科技前瞻論壇」，屬主軸三「前瞻布局的研討論壇」之系列活動之一。

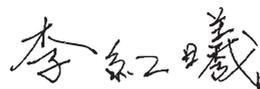
近年來由於全球氣候變遷、國際地緣政治風險、農業人口老化及少子化之影響，對我國農業在各面向逐漸產生衝擊及威脅。為因應上述威脅與挑戰，使我國農業更具韌性，農委會積極進行產業結構強化調整及科技研發創新，宣示於2050年邁向農業生產淨零碳排，並藉建立完善冷鏈系統進行產銷調節，強化省工農機具及智慧農業產銷技術開發以提升農業生產力，並為兼顧農業生產與生態環境維護而推動循環永續之農業體系。本場為配合國家政策發展，亦將淨零碳排、冷鏈物流、智慧省工及循環永續四大重要農業議題，作為近年重要研究及推廣方向，故催生本次論壇之討論主軸。

本論壇針對四大主題，邀集產官學研專家研討並提出建言，每節次由1個引言人及5-6個與談人進行發表與子議題討論，最後每節次開放10-15分鐘給現場參與者進行提問與意見回饋；最終形成策略規劃結論。

本場為因應未來農業環境及國際趨勢變化，積極發展對應之前瞻農業科技。期藉由論壇中發表與討論，針對各項重要之農業議題提供政策發展，並供作科研與產業前瞻布局之參考，以共同面對未來環境、社經及產業挑戰。特藉論壇相關資料集結成冊發行專刊，期盼作為未來相關領域進展之參考。值此出版之際，謹為之序。

行政院農業委員會臺中區農業改良場

場長



謹識

中華民國111年10月

「2022中臺灣農業科技前瞻論壇」議程

時間：111.10.14(五) 9:00-17:00

地點：彰化溪州公園解說中心(彰化縣溪州鄉中央路三段138號)

主辦單位：行政院農業委員會臺中區農業改良場

協辦單位：中興大學農業暨自然資源學院、行政院農業委員會農業試驗所、彰化縣政府農業處

09:00	報到				
09:20	開幕來賓致詞				
	主題	引言人	與談人	議題	主持人
09:40	淨零碳排	農委會林業試驗所 林俊成主任秘書	農委會農業試驗所 陳琦玲研究員 中興大學森林系 柳婉郁特聘教授 BSI英國標準協會 鄭仲凱副協理 瓜瓜園企業股份有限公司 邱裕翔總經理 永智顧問有限公司 石信智總經理	<ul style="list-style-type: none"> ➢減量增匯技術 ➢碳交易碳定價 ➢碳足跡盤查 	農委會農業淨零辦公室 莊老達執行長
10:50	中場休息				
11:10	冷鏈物流	農委會農糧署運銷加工組 徐惠瑩專門委員	中興大學園藝學系 林慧玲教授 雲林縣麥寮果菜生產合作社 郭進展理事主席 臺灣花卉輸出業同業公會 莊炳煌總幹事 福和生鮮農產有限公司 邱唯誠總經理 臺中市東勢區農會 張仁懋廠長 臺灣冷鏈協會 林希夢教育認證委員會主任委員	<ul style="list-style-type: none"> ➢產品品質控管 ➢低溫物流鏈結 ➢跨域人才整合 	農委會農糧署 姚志旺副署長
12:20	午餐				
13:40	智慧省工	農委會農業試驗所 蔡致榮副所長	彰化縣政府農業處 邱奕志處長 國立中興大學生物產業機電工程學系 謝廣文主任 鎧麟機械有限公司 洪福良總經理 中華電信股份有限公司 張大笙科長 臺灣微軟設備夥伴應用事業群 蕭名沂經理 農委會臺中區農業改良場 田雲生課長	<ul style="list-style-type: none"> ➢智農躍升普及 ➢省工高效農機 ➢農業數位建設 	農委會科技處 王仕賢處長
14:50	中場休息				
15:10	循環永續	中興大學循環經濟研究學院 王升陽院長	福壽實業股份有限公司 洪堯昆董事長 百泰生物科技股份有限公司 陳柏儒董事長 神農山莊 黃得榮先生 漢寶農畜產企業股份有限公司 陳彥名董事長特助 兆映豐企業有限公司 卓家旺董事長 農委會臺中區農業改良場 陳俊位研究員	<ul style="list-style-type: none"> ➢副產資源利用 ➢功能性微生物 ➢循環場域建置 	中興大學 詹富智副校長
16:20	綜合討論				
李紅曦場長、詹富智副校長、林學詩所長、邱奕志處長					
17:00	活動結束				

目 錄

1 序

2 議程表

淨零碳排

- 7 農業淨零碳排議題發展趨勢／農委會林業試驗所 林俊成主任秘書
- 48 農業部門減排與增匯技術／農委會農業試驗所 陳琦玲研究員
- 52 碳交易與碳定價／中興大學森林系 柳婉郁特聘教授
- 53 淨零碳排_產品碳足跡實務分享／BSI 英國標準協會 鄭仲凱副協理
- 55 碳足跡標籤經驗分享／瓜瓜園企業股份有限公司 邱裕翔總經理
- 59 農業淨零與碳定價／永智顧問有限公司 石信智總經理

冷鏈物流

- 63 農產品冷鏈物流政策推動與發展／農委會農糧署運銷加工組 徐惠瑩專門委員
- 69 討論園產品採後生理特性及全程冷鏈低溫控管重要性／中興大學園藝學系 林慧玲教授
- 73 結球萵苣低溫冷鏈流程介紹／雲林縣麥寮果菜生產合作社 郭進展理事主席
- 76 外銷花卉冷鏈斷鏈情況／臺灣花卉輸出業同業公會 莊炳煌總幹事
- 81 生鮮蔬果冷鏈物流及品管策略／福和生鮮農產股份有限公司 邱唯誠總經理
- 83 截切鮮果之冷鏈物流與品牌化策略／臺中市東勢區農會 張仁懋廠長
- 86 前瞻智慧農業與冷鏈物流技術發展趨勢／臺灣冷鏈協會 林希夢教育認證委員會主任委員

智慧省工

- 91 農業智慧省工／農委會農業試驗所 蔡致榮副所長
- 123 智慧省工／彰化縣政府農業處 邱奕志處長
- 127 設施蔬果類作物智慧省工採收系統之研發／中興大學生物產業機電工程學系 謝廣文主任
- 129 智農躍升普及／鎧麟機械有限公司 洪福良總經理
- 130 農業數位建設 - 讓通訊穩定串接，做智慧省工的後盾／中華電信企業股份有限公司 張大筌科長
- 131 農業數位建設／臺灣微軟設備夥伴應用事業群 蕭名沂經理
- 132 省工高效技術／農委會臺中區農業改良場 田雲生課長

循環永續

- 135 循環臺灣 - 永續新農業／中興大學循環經濟研究學院 王升陽院長
- 137 副產品資源再利用及功能微生物應用／福壽實業股份有限公司 洪堯昆董事長
- 139 永續農業經營模式 - 以百泰生物科技為例／百泰生物科技股份有限公司 陳柏儒董事長
- 141 循環農業技術與示範場域／神農山莊 黃得榮先生
- 143 農業循環經濟低碳商機／漢寶農畜產企業股份有限公司 陳彥名董事長特助
- 147 農業廢棄物之循環利用／兆映豐企業有限公司 卓家旺董事長
- 148 微生物製劑在農業剩餘物質再利用產品之開發與循環場域建置之應用／
農委會臺中區農業改良場 陳俊位研究員

淨零碳排

引言人：

農委會林業試驗所

林俊成主任秘書

與談人：

農委會農業試驗所 陳琦玲研究員

中興大學森林系 柳婉郁特聘教授

BSI英國標準協會 鄭仲凱副協理

瓜瓜園企業股份有限公司 邱裕翔總經理

永智顧問股份有限公司 石信智總經理

農業淨零碳排議題發展趨勢

林俊成

農委會林業試驗所主任秘書

ljc@tfri.gov.tw

摘要

淨零排放為各國努力達成的共同目標，在臺灣，於 2022 年 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略」，以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」等四大轉型，及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎，輔以「十二項關鍵戰略」，以落實淨零轉型目標。農業部門在 2040 年將完成淨零排放目標，並在「減量」、「增匯」、「循環」及「綠趨勢」等四大主軸下具體提出 19 項策略與對應的 59 項措施來推動跨單位合作具體落實。本文以如何達成農業淨零排放目標為思考，針對自然碳匯、碳定價與碳足跡等議題加以剖析，俾供後續政策措施研議參考。

關鍵詞：淨零排放、碳匯、碳定價、碳足跡

壹、前言

根據全球碳計畫（Global Carbon Project, GCP）公布年度報告顯示，2020年因全球 COVID-19（冠狀病毒）疫情爆發導致經濟趨緩，造成碳排放量減少，減少了 19 億公噸 CO₂，從 2019 年的 367 億公噸 CO₂ 降至 2020 年的 348 億公噸 CO₂，減少 5.4%。但 2021 年全球化石燃料的 CO₂ 排放量將反彈至接近疫情前的水平。預計 2021 年排放量將平均增加 4.9%，達到 364 億公噸 CO₂。2021 年的全球排放量仍比 2019 年水平低約 0.8%。2021 年增加 16 億公噸 CO₂ 與 2008-2009 年全球金融危機後 2010 年觀察到的增加趨勢相似（17 億公噸 CO₂；比 2009 年水平高 5.5%）。尤其中國、美國、歐盟、印度等 4 大排碳國，排放量更是在回升到疫情爆發之前的水平，佔全球碳排放量近 6 成（Friedlingstein et al., 2022）。因此巴黎協定（Paris Agreement）要求將全球氣溫升幅控制在工業化前水平的攝氏 1.5 度的目標，似乎對世人是個很大的挑戰。

依據 2018 年 IPCC 所發表《全球變暖 1.5°C 特別報告》將「淨零排放」定義為：當一個國家（組織）所有溫室氣體排放量與移除量達到平衡時，就是淨零溫室氣體排放。至 2021 年 8 月，全球已有歐盟等 134 個國家宣示或規劃淨零排放（Net Zero Emissions）目標，此外，15 個地方、398 個城市、786 家企業和 16 位投資者也表示他們正努力實現淨零排放目標。從以上各國、團體與個人行動顯示，現有氣候行動計畫不足以減少人類社會、人類自身以及自然系統面臨的氣候風險（World Bank, 2020）。

在臺灣，蔡英文總統在 2021 年 4 月 22 日「世界地球日」時，明確宣示「2050 年淨零轉型」是全世界也是臺灣的目標。我國於 2022 年 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略」，以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」等四大轉型，及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎，輔以自然碳匯等「十二項關鍵戰略」，就能源、產業、生活轉型政策預期增長的重要領域制定行動計畫，落實淨零轉型目標（國家發展委員會等，2022）。

行政院農業委員會於 2021 年 9 月成立農業淨零專責辦公室，加強政策落實與對外溝通，也將氣候變遷調適與淨零排放策略列入重點施政項目，另於 2022 年 2 月 9 日舉辦的「邁向農業淨零排放策略大會」宣示，農業部門在 2040 年將完成淨零排放目標，並在「減量」、「增匯」、「循環」及「綠趨勢」等四大主軸下具

體提出 19 項策略與對應的 59 項措施來推動跨單位合作具體落實。藉此，農業部門具體訂定 2040 年淨零目標，包含要達成減少溫室氣體排放 50%、推動國公私有地造林面積、提昇國產材自給率、建立農林漁畜低碳永續循環場域、農業綠能發電滿足農業用電比例達百分百等多項執行目標，藉由全面加速推動我國農業淨零排放措施。重要措施包括：1. 全面建立農業生產碳排資訊，建立低碳農漁畜的生產模式，達到減量目標，有效減少溫室氣體的排放。2. 增加森林碳匯面積、加強森林經營管理、提高國產材利用、強化海洋及溼地碳匯管理，以建構負碳農法，強化具碳匯效益。3. 農業剩餘能源化、資源化、材料化與加值再利用，並推動農業跨域循環示範場域，加強農業循環技術科技研發，創造農業加值再利用。4. 建構能源自主農漁村，推動農業部門有效碳定價及碳權交易制度以及農業綠色金融及綠色消費，達到農村自主發電，用電自給自足。並在各項措施下設定具體的做法與路徑，明確 2040 農業淨零排放的目標願景（行政院農業委員會，2022）。

本文即以如何落實農業淨零排放目標為思考主軸，針對自然碳匯技術、碳定價發展與產品碳足跡等議題加以剖析，俾供後續政策措施研議及研究方向之參考。

貳、研究分析

一、以自然為本解決方案納入國家自定貢獻中成為各國氣候行動，而自然碳匯成為主角

（一）NDC 的 NbS 氣候行動

巴黎協定（Paris Agreement）呼籲將全球溫度的上升幅度限制在低於工業化前的 2°C 以下，並希望將上升幅度限制在 1.5°C 以下。為了實現此一目標，呼籲各國提出「國家自定貢獻」（Nationally Determined Contribution, NDC）並列出 2020 年後的減緩（mitigation）與調適（adaptation）氣候行動與目標。各國依自身能力與經濟發展狀況下訂定合理的減碳目標，體現了各國為減少國家排放和調適氣候變化的影響而做出的努力（林俊成等人，2021）。

以自然為本的解決方案（Nature-based Solutions, NbS）理念最早出現於 2008 年世界銀行（World Bank）《生物多樣性、氣候變遷和調適：來自世界銀行的 NbS 投資》報告中，強調生物多樣性保育對氣候變遷減緩與調適的重要性（大自然保護協會，2019）。透過與自然合作解決氣候變遷的驅動因素和影響，而不是僅

僅依靠傳統的工程或「灰色」解決方案（例如防波堤、堤防和灌溉基礎設施）來應對社會挑戰。根據國際自然保育聯盟（International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN）對NbS的定義為「保護、永續管理和恢復自然或經修改的生態系的行動，這些行動可以有效和具調適性來因應社會挑戰（如氣候變遷、糧食和水安全或自然災害），同時提供人類福祉和生物多樣性好處」，在解決氣候變遷衝擊可發揮相當重要的作用。許多國家在其NDC中闡明了廣泛的「以自然為本（Nature-based）」或「以生態系為導向（ecosystem-oriented）」的減緩和調適願景，並提出了一系列「綠色」行動和目標以實現這些願景。這些行動主要涉及生態系或以自然為本的農業實踐的管理、恢復和保護。一些研究顯示，NbS可以提供在2030年將暖化穩定在2°C以下所需約30%的成本來促成有效的減緩措施，在168個NDC中，有130個國家將NbS優先行動或目標以某種形式作為減緩或調適措施的一部分（IUCN, 2020a），且至少有66%的《巴黎協定》簽署方以某種形式包含NbS，以幫助實現其減緩氣候變遷和調適目標（Seddon et al., 2019）。三分之二的NDCs指出，生態系對氣候變遷很重要，但也易受到氣候變遷的影響，在易受氣候變遷影響的5個領域中，生態系僅低於糧食和水安全，但高於漁業、能源和運輸（Seddon et al., 2019）。《巴黎協定》在公約中的序言表明「溫室氣體碳匯和貯存庫的保存及增加之重要性」，其中包括「生物量、森林和海洋以及其他陸地、沿海和海洋生態系」。

Reise et al. (2022) 依據NbS所應用的生態系統、溫室氣體減排類型以及管理變化加以分析（表1）。

表 1 NbS 之溫室氣體減排類型與管理變化

生態系統	NbS	溫室氣體減排類型			管理變化	
		減少	移除	避免	活動轉移	土地利用變化
森林	造林和再造林		○		○	○
	天然林管理	○	○		○	
	避免森林轉用			○		○
	森林保護			○	○	
	改良性種植	○	○		○	
農地	養分管理	○			○	
	混農林業 / 農地造林 / 間作		○		○	○

生態系統	NbS	溫室氣體減排類型			管理變化	
		減少	移除	避免	活動轉移	土地利用變化
農地	改善糞便管理	○			○	
	保護性農業	○			○	
	覆蓋作物	○	○		○	
	改良水稻栽培	○			○	
草地	放牧優化	○	○		○	
	豆科牧草	○	○		○	
	草地恢復		○		○	○
	避免草地轉用			○		○
陸域濕地	泥炭地恢復	○	(○) +	○	○	○
	泥炭地保護		(○) +	○	○	
	避免泥炭地退化 / 轉用			○		○
沿海濕地	沿海濕地恢復	○	○		○	○
	沿海濕地保護		○	○	○	
	避免沿海濕地退化 / 轉用			○		○
集居地	都市綠化		○		○	○

資料來源：Reise et al.(2022)

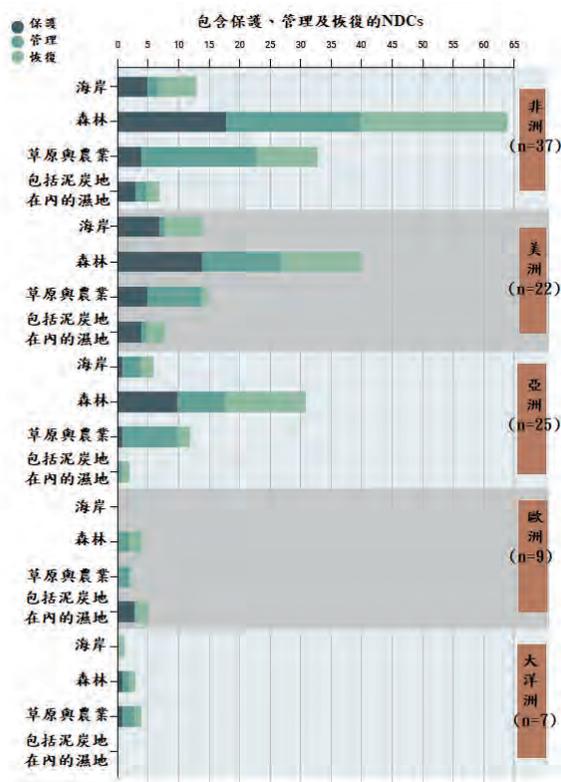
註：NbS 根據生態系統及其對溫室氣體排放的減緩作用類型以及它們所暗示的管理變化進行分類。”+” 與森林等其他生態系統相比，泥炭地的清除非常緩慢且長期，因此不是該措施的主要好處。

在提交給 UNFCCC 的 NDC 中，66% 包括承諾實施某種形式的 NbS (Seddon et al., 2019；Reise et al., 2022)。Reise 等人 (2022) 做了以下統整：

1. 86% 的開發中國家、88% 的轉型國家和 98% 的已開發國家根據《巴黎協定》將農業和 / 或土地利用、土地利用變化和林業 (land use, land use change and forestry, LULUCF) 納入其 NDC。
2. 97% 的國家將 LULUCF 納入其減緩計畫，62% 的 NDC 將 NbS 作為調適行動。
3. 74% 的 NDC 包括與森林相關的目標，其中 20% 是可量化的，55% 的 NDC 包括森林作為經濟範圍目標的一部分。52 個開發中國家著手制訂減少森林砍伐的政策和措施。
4. 19% 擁有沿海生態系統的締約方將這些棲息地納入其 NDC 的減緩部分，39% 將其納入其調適部分。

- 28% 的 NDC 將 NbS 定位在顯著位置，在非洲和中南美洲比在亞洲（不包括中國和歐洲）更為常見，而 63% 的 NDC 欲透過其減緩行動來保護生態系統和 / 或生物多樣性。
- 截至 2021 年 11 月 1 日，61% 的 NDC 包括與土壤有機碳（soil organic carbon, SOC）相關的承諾，特別是在濕地管理（43%）、混農林業（34%）和草地管理（22%）方面。然而，只有 50-60% 具有最高減緩潛力的國家優先考慮 SOC。

UNEP&IUCN（2021）評估每個 NDC 是否包括海岸、森林、草地和農地及濕地等四種廣泛生態系統類型中是否採取保護、管理或恢復的行動，發現 NDC 對管理和恢復的承諾比對保護生態系統的承諾要多一些。以森林為基礎的選擇是較常見的，其次是草地和農業、沿海生態系統，最後是濕地（圖 1）。



每個生態系統計算一次的保護、管理和恢復操作；
n = 每個區域審查的 NDC 數量。

圖 1 NDC 的 NbS 行動

資料來源：UNEP&IUCN（2021）。

（二）NDC 的農業氣候行動

國際之非政府組織之氣候變遷、農業及糧食安全組織 CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) 分析各國最新 NDC (至 2020 年 5 月 22 日) 中針對減緩和調適行動計劃中農業部門的實施情形，認為畜牧業作為農業排放的最大貢獻者，土壤碳管理是作為碳移除的最大貢獻者，水稻種植作為具有高減排潛力為是優先事項。本文依土壤有機碳、牲畜及水稻三個部分來說明 (Rose et al, 2021)：

1. 土壤有機碳：在 158 個國家中有 101 個 (64%) 在最新 NDC 中明確提到了土壤碳 (35 個國家) 或與土壤碳相關的做法 (66 個國家)。僅在減緩貢獻中提及土壤碳或相關做法的國家有 14 個國家，僅在調適貢獻中提及土壤碳或相關做法的國家有 26 個國家。在減緩和調適貢獻中皆有提到土壤碳或相關做法的國家有 60 個國家。減緩重點包括濕地管理 (wetland management) (24%)、混農林業 (agroforestry) (22%) 和草地管理 (grassland management) (13%)。調適優先事項同樣包括濕地管理 (34%)、農林業 (20%) 和草地管理 (14%)。
2. 牲畜：僅在減緩貢獻中提到牲畜的國家有 23 個國家，僅在調適貢獻中提及牲畜的國家有 27 個國家，在減緩和調適貢獻中提到牲畜的國家有 33 個國家。減緩重點包括糞便管理 (manure management) (19%)、飼料管理 (feed management) (16%) 和林牧混合 (silvopastoralism) (11%)。調適重點包括品種管理 (15%)、林牧業 (10%) 和飼料管理 (9%)。
3. 稻米：僅在減緩貢獻中提到稻米的國家有 13 個國家，僅在調適貢獻中提到稻米的國家有 8 個，在減緩和調適貢獻中提到稻米的國家為 13 個。減緩優先事項包括水管理 (water management) (14 個國家)、水稻管理包 (rice management packages) (8 個)、土地使用管理 (land use management) (8 個) 以及副產品和殘留物管理 (by-product and residue management) (9 個)。調適重點包括水資源管理 (10 個)、品種開發 (variety development) (8 個) 和水稻集約化系統 (System of Rice Intensification, SRI) (6 個) (圖 2)。

聯合國糧農組織 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 與歐洲復興開發銀行 (European Bank for Reconstruction and Development, EBRD) 共同發布「投資碳中和：烏托邦還是新綠色浪潮？農業糧食體系的機遇和挑戰」 (Investing in carbon neutrality: utopia or the new green wave? Challenges

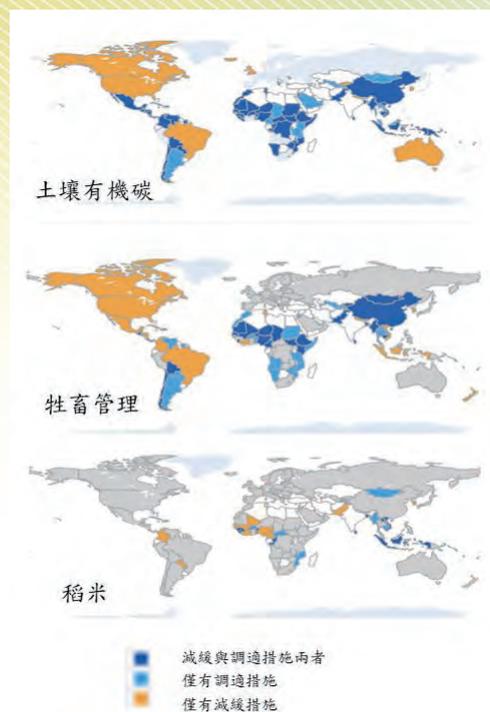


圖 2 土壤有機碳、牲畜管理、稻米耕作列為國家的減緩和調適貢獻

資料來源：(Rose et al, 2021)

and opportunities for agrifood systems) 報告，研究農業糧食體系去碳化的途徑。據估算，農業糧食體系排放占人為溫室氣體排放總量的 21~37%。與此同時，氣候變化也對農業糧食體系產生不利影響。氣溫上升、降雨模式改變和供應鏈中斷已經影響到糧食生產，削弱了全球消除饑餓 (zero hunger) 的努力。因此，到 2050 年，面臨饑餓的人數可能達到 10 億。由於農業部門深受氣候變化的影響甚大，因此農業必須成為氣候解決方案的一部分，通過糧食生產和土地利用體系來減少排放和增加碳匯。根據政府間氣候變化專門委員會第五次評估報告的量測計算，到 2030 年，農業減排潛力可能達到約每年 40 億噸二氧化碳排放當量，相當於目前人為排放總量的 7% 左右，這可以轉化為數千億美元的潛在經濟效益。而農業低碳的路徑欲實現，則需要強有力的政治和企業承諾，協調一致的行動，包括健全的政策和良好治理，以及專門的投資和人力資源，才能產生預期效果。

政府可以通過政策、戰略和路線圖來定調，包括在國家自主貢獻中做出堅定承諾。政府可以監管碳排放，為採用低碳技術提供激勵，支援建設透明和高效的碳市場。對私營企業來說，衡量碳中和可能是一個重大挑戰，政府可以通過定義、

依據土地管理的選擇應對		減緩	調適	沙漠化	土地退化	糧食安全	成本
農業	提高糧食生產力	低	中	低	中	高	
	混農林業	中	中	中	中	低	●
	改善農田管理	中	低	低	低	低	●●
	改善牲畜管理	中	低	低	低	低	●●●
	農業多樣性	低	低	低	中	低	●
	改善牧場管理	中	低	低	低	低	
	綜合水資源管理	低	低	低	低	低	●●
	減少草地向農田轉化	低		低	中	低	●
森林	森林經營	中	低	低	低	低	●●
	減少毀林和森林退化	高	低	低	低	低	●●
土壤	增加土壤有機碳含量	高	低	中	中	低	●●
	減少土壤侵蝕		低	中	中	低	●●
	減少土壤鹽化		低	低	低	低	●●
	減少土壤壓實		低		低	低	●
其他生態系統	火災管理	中	中	中	中	低	●
	減少土石流和中和自然災害	低	低	低	低	低	
	減少污染(含酸化)	低	中	低	低	低	
	沿海濕地恢復和減少轉化	中	低	中	中	低	
	泥炭地恢復和減少轉化	中		N/A	中	低	●
依據價值鏈管理的選擇應對							
要求	減少收穫後損失	高	中	低	低	高	
	飲食改變	高		低	高	高	
	減少食物浪費(消費者或零售商)	高		低	中	中	
提供	永續性來源		低		低	低	
	改善食品加工和零售	低	低			低	
	改善糧食系統能源使用	低	低			低	
依據風險管理的選擇應對							
風險	牲畜多樣性		低		低	低	
	都市擴張管理		低	低	中	低	
	風險分散工具	低↔	低		低↔	低	●●
		減緩 (GtCO ₂ eq yr ⁻¹)	調適 (百萬人)	沙漠化 (百萬平方公里)	土地退化 (百萬平方公里)	糧食安全 (百萬人)	
正向	高	>3	正向超過25	正向超過3	正向超過3	正向超過100	
	中	0.3~3	1~25	0.5~3	0.5~3	1~100	
	低	<0.3	<1	<0.5	<0.5	<1	
負向	忽略	無影響	無影響	無影響	無影響	無影響	
	低	<-0.3	<1	<0.5	<0.5	<1	
	中	-0.3~-3	1~25	0.5~3	0.5~3	1~100	
	高	>-3	負向超過25	負向超過3	負向超過3	負向超過100	

註 1: 高、中、低表示對該類別的置信度。

註 2: 成本範圍單位為 USD tCO₂e⁻¹ 或是 USD ha⁻¹ ●●●高成本 ●●中成本 ●低成本 (USD 100 tCO₂e⁻¹ or USD 200 ha⁻¹)。

註 3: ↔表示可為正向或是負向。

圖 3 潛在對全球減緩、調適、防範沙漠化和土地退化以及加強糧食安全貢獻的應對方案

資料來源：(Santos et al. 2022)。

簡化和協調國際公認的碳核算標準來協助企業。報告中也指出，迫切需要更完善和更標準化的工具和方法來收集資料，並測量、報告和核實排放量，還需要健全的治理機制來引導低碳投資和私營部門合規，尤其需要完善監管和制度化的解決方案，這可以刺激碳市場進一步壯大，為綠色金融創造更多機會。因此，通過提供優惠貸款和激勵措施，推動碳市場和綠色金融工具的發展，能夠支援企業並最終支援農民實現經營過程去碳化。從農民到企業、從服務提供者到消費者，各個層面的能力建設和知識共用也很重要。就產品的環境足跡進行淺顯易懂、更加透明和可靠的宣傳，可以影響消費者的購買習慣（Santos et al. 2022）。

上圖 3 顯示各種土地管理對全球減緩、調適、防範沙漠化和土地退化及加強糧食安全貢獻的實施的應對方案及成本。貢獻大小使用正面或負面影響的閾值進行分類。單元格內的字母表示相對於所用閾值的影響程度的置信度（參見圖例）。對變化方向的信心普遍較高。以森林而言，皆為正向。

（三）碳農業

碳農業 (Carbon Farming) 是一種整體農場方法，通過實施已知可提高二氧化碳從大氣中移除並儲存在植物材料和 / 或土壤有機質中的速率的實踐來優化工

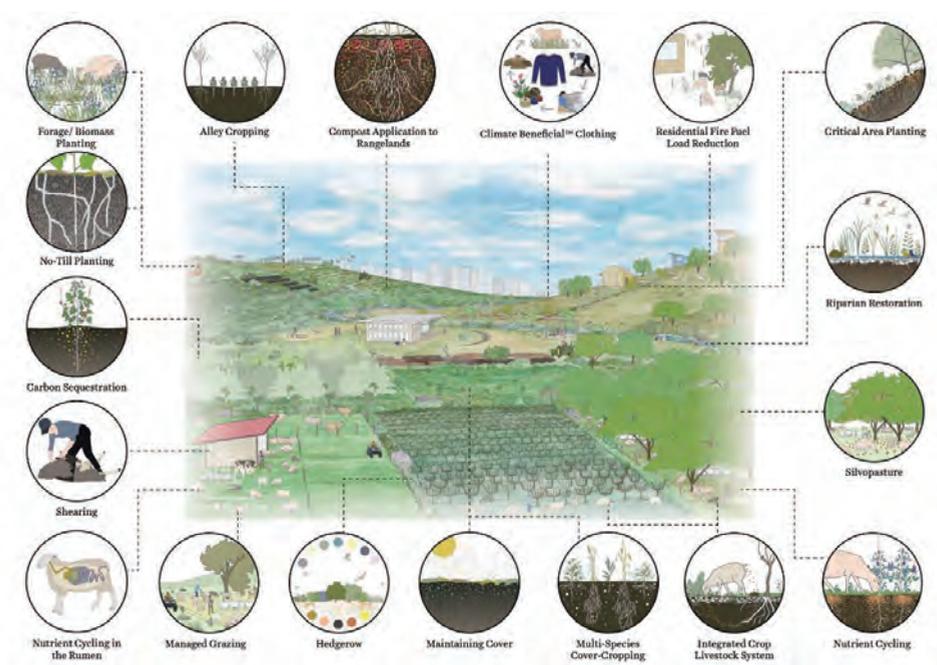


圖 4 碳農業實踐

資料來源：(CCI, 2022)。

作環境中的碳捕捉。碳農業實踐是已知的吸存碳和 / 或減少溫室氣體排放的管理實踐。其中至少有 35 種做法被自然資源保護局 (Natural Resource Conservation Service, NRCS) 確定為改善土壤健康和碳吸存的保護做法，同時產生重要的共同效益，包括：提高土壤持水能力、水文功能、生物多樣性和韌性 (Carbon Cycle Institute (CCI)(2022))。

二、國際碳定價機制發展熱絡，自然碳匯深具市場潛力

(一) 國際碳定價機制發展

碳市場 (Carbon markets) 的目的在於透過成立排放限制和使用排放單位元交易，以有效降低溫室氣體排放成本。透過碳市場機制及碳稅等碳定價機制，有助於將碳污染的環境和社會成本內部化，鼓勵投資者和消費者選擇低碳路徑。碳市場主要分為兩大類型：排放交易體系 (Emissions Trading Systems, ETSs) 和在巴黎協定 (Paris Agreement) 第 6.2 條中定義的自願性體系。在自願性體系中，可實施國家自主貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDC) 方面的自願合作，允許採取更有企圖心的減緩行動。各國將能夠在自願基礎上將國際轉移的減緩成果 (Internationally Transferred Mitigation Outcomes, ITMOs) 用於其 NDC (UNDP, 2016)。排放權交易體系 (ETS) 是一個基於市場 (market-based) 的政策工具，用於減少溫室氣體排放，在總量管制與排放交易 (cap and trade) 原則下，政府對一個或多個行業的碳排放實施總量管制。納入碳交易體系的企業，每排放一公噸溫室氣體 (通常是二氧化碳)，就需要有一個單位元的碳排放額度。企業可以獲取或購買這些額度，也可以和其他企業進行額度交易。

全球首個主要碳排放權交易體系 (ETS) 之歐盟排放交易體系 (European Emissions Trading System, EU ETS) 於 2005 年成立。之後至 2021 年，已經有遍佈全球五大洲的碳交易體系相繼出現，所覆蓋的地區 GDP 總量已占全球 GDP 的 54%、覆蓋全球約 16% 的溫室氣體排放量，如今，隨著越來越多的政府考慮採納碳市場作為減少排放的政策工具，碳交易已逐漸成為全球應對氣候變化的關鍵工具。與此同時，亞洲最近成為新 ETS 發展的熱點。2015 年，韓國成為繼哈薩克之後，第二個在亞洲推出國家層級的碳排放交易體系的國家，且目前是僅次於 EU ETS 的世界第二大碳排放交易體系。與此同時，中國也依七個試點碳交易體系的經驗，全國碳市場的建置做準備，全面投入運營後，中國將成為世界上最大的碳排放交易體系地點。每個碳排放交易體系都是獨一無二，政府可透過調整碳

交易體系的設計以調適當地實際情況，因此，每個體系都呈現出其獨特的特性。目前，碳排放交易在全球不同行政層級的地區運轉，從特大城市（如東京），到美國各州及加拿大各省份，再到國家層面（如紐西蘭、瑞士），還包括多國家組織如歐盟。各地區的碳排放交易設計特徵各異，所覆蓋的溫室氣體及行業部門也不盡相同。儘管大部分體系均涵蓋工業和能源行業，一些碳交易體系也被用於減少其他行業部門的碳排放，如建築、航空等（ICAP, 2021a,b,d）。

根據世界銀行（World Bank）發布的碳定價現況和趨勢（State and Trend of Carbon Pricing）2022 年度報告中，至 2022 年 4 月為止，全球有 68 個國家或地區已實施或正在規劃碳定價機制，另外有三個計畫實施，其中 37 個是碳稅，34 個是碳排放交易體系。烏拉圭於 2022 年 1 月開始徵收新的碳稅，去年在北美的地方轄區（俄勒岡州、新布倫瑞克省和安大略省）也開始三個新的碳排放交易體系。美國的華盛頓州、印尼和奧地利都計畫實施碳定價機制。為國家層級者，屬碳排放交易體系有澳大利亞、奧地利、比利時、保加利亞、中國、克羅埃西亞、賽普勒斯、捷克共和國、德國、希臘、匈牙利、義大利、哈薩克、立陶宛、盧森堡、馬爾他、荷蘭、紐西蘭、韓國、羅馬尼亞和斯洛伐克；屬碳稅有阿根廷、智利、哥倫比亞、日本、新加坡、南非和烏克蘭。碳排放交易體系和碳稅兼有為加拿大、丹麥、愛沙尼亞、芬蘭、法國、冰島、愛爾蘭、拉脫維亞、列支敦士登、墨西哥、挪威、波蘭、葡萄牙、斯洛維尼亞、西班牙、瑞典、瑞士和英國。其他尚有地方層級的碳排放權交易體系和碳稅。這些國家排放量約有 120 億公噸二氧化碳當量（tCO₂e），涵蓋全球溫室氣體排放總量的 22%，而台灣則列為規劃中。與前一年的結果相較數字有所增加，2019 年，已實施或計畫實施的碳排放交易制度和碳稅僅覆蓋了全球溫室氣體排放量的 20%，也增加 10 億公噸的管制排放量。根據各國碳定價機制所覆蓋之碳排放量占全球總量的比率，可以看出在 2005 年，由於歐盟碳排放交易制度設立，因此覆蓋比率向上增加，2021 年因中國國家碳排放交易制度的納入，覆蓋比率又邁入新的里程（圖 5）。

根據碳減量額度產生的方式和管理方式，可將碳減量額度機制（Carbon crediting mechanism）分為三類：

1. 國際性碳減量額度機制：是由國際相關氣候公約所規範的機制，通常由國際機構管理，如：清潔發展機制（Clean Development Mechanism, CDM）和共同履行（履約）（Joint Implementation, JI）。

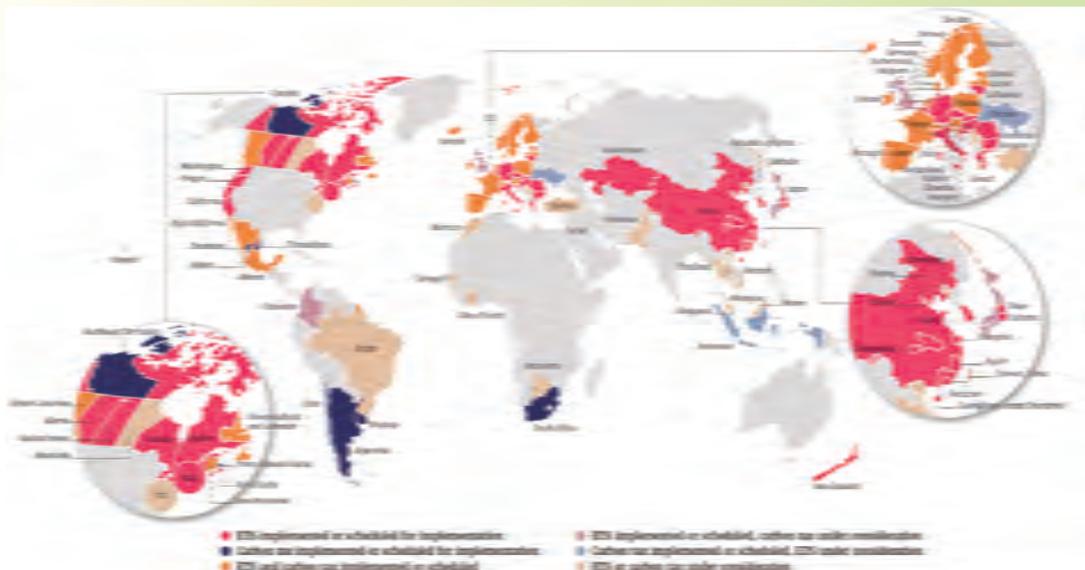


圖 5 已實施、計畫實施和考慮實施的碳定價機制的地點

資料來源：(World Bank, 2022)

2. 獨立性碳減量額度機制：是不受任何國家法規或國際相關氣候公約所約束的機制，由私人和獨立的第三方組織（通常是非政府組織）管理，如黃金標準（Gold Standard）和經查證碳標準（Verified Carbon Standard）。
3. 區域、國家和地方性碳減量額度機制：由各自行政轄區內的立法機構所管理，通常由區域、國家或地方各級政府管理。例如澳洲排放減量基金（Australia Emissions Reduction Fund）和美國加州規範性抵換計畫（Compliance Offset Program）。

全球碳價水準上具有相當大的差異，其差異主要源自各國政策、規範、低碳技術、產業等因素，每公噸排放不足 1 至 119 美元。過去一年亞洲地區碳價漲幅最大，這主要是由韓國碳市場可交易量減少及中國試點碳市場配額短缺所造成。國際貨幣基金組織（International Monetary Fund, IMF）也指出：全球平均碳價低於每公噸二氧化碳當量 2 美元，且仍有超過 50% 的交易制度的碳價每公噸低於 10 美元。因此，若要符合巴黎協定的目標，則碳價水準需要於 2020、2030 年前，分別達到每公噸二氧化碳當量為 40~80 美元，以及 50~100 美元。在碳價水準的變化表現上，南韓排放交易制度其每公噸二氧化碳當量價格從 2019 年 22 美元上漲至 33 美元；歐洲碳價成績較好的國家則分別為瑞士排放交易制度，因其正式

與歐盟排放交易市場連結，2019年由每公噸二氧化碳當量價格5美元，調漲至19美元，漲幅高達280%；葡萄牙碳稅則亦從14美元新增至26美元。

2019年，因歐盟排放交易價格平穩，交易值較前一年僅增加10億美元為450億美元，其中，超過半數的收入用於環境保障與區域發展專案（Border Development projects），約40%則用於國庫統籌支用，其餘則直接回饋於人民或抵稅。2019年交易值的增加主要來自於加拿大聯邦政府之碳價制度（特別是魁北克碳權拍賣），以及紐西蘭排放交易提高價格的影響（圖6）。

(二) 不同碳交易機制之核發額度與平均價格

根據世界銀行（World Bank）於2022年發布最新的碳定價現況和趨勢（State and Trend of Carbon Pricing）年度報告，2021年核發額度則以查證碳標準（Verified Carbon Standard, VCS）最多為295.1百萬公噸二氧化碳當量（MtCO₂e），甚至為清潔發展機制（Clean Development Mechanism, CDM）（59.5 MtCO₂e）近五倍之多，而黃金標準（Gold Standard）及加州規範性抵換計畫（California Compliance Offset Program）核發額度也不少，分別有43.8及17.4 MtCO₂e。

由2021登錄專案數以日本埼玉森林吸收驗證體系（Saitama Forest Absorption Certification System）的592件為最多，之後為澳大利亞排放減量基金（Australia



圖 6 碳定價國家的碳價、占當地排放總量的比率及碳定價收益

資料來源：(World Bank, 2022)

Emissions Reduction Fund)、及查證碳標準 (Verified Carbon Standard, VCS) 有 142、及 110 件。

以平均價格而言，就提供數值的機制來看，2021 年平均價格以瑞士二氧化碳證明減量額度機制 (Switzerland CO₂ Attestations Crediting Mechanism) 為最高，價格為 128.2 美元，其次為東京總量管制與排放交易計畫 (Tokyo Cap-and-Trade Program) 的 39-52.4 美元、亞伯達排放抵換體系 (Alberta Emission Offset System) 的 32 美元、韓國抵換減量額度 (Republic of Korea Offset Credit Mechanism)，平均價格落在 10.7-29 美元、日本減量額度制度 (J-Credit Scheme) 的 13-20.8 美元，而純林業專案的機制的中國福建林業碳匯抵換減量額度機制 (Fujian Forestry Offset Crediting Mechanism) 及北京林業碳匯抵換機制 (Beijing Forestry Offset Mechanism)，2021 年平均價格分別為 1.6-3.1、8.9 美元，其價格較低 (表 2)。

表 2 2021 年不同碳交易機制之核發額度與平均價格

機制名稱	核發額度 (MtCO ₂ e)	登錄專案數	平均價格 (\$USD)
查證碳標準 (Verified Carbon Standard, VCS)	295.1	110	4.2
加州規範性抵換計畫 (California Compliance Offset Program)	17.4	38	14.9
澳大利亞排放減量基金 (Australia Emissions Reduction Fund)	17.1	142	11.9-12.7
氣候行動儲備 (Climate Action Reserve, CAR)	4.8	44	2.1
清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM)	59.5	0	1.1
美國碳登錄 (American Carbon Registry, ACR)	8.8	18	11.4
加拿大不列顛哥倫比亞抵換計畫 (British Columbia Offset Program)	0	0	N/A
中國福建林業碳匯抵換減量額度機制 (Fujian Forestry Offset Crediting Mechanism)	0.3	3	1.6 - 3.1
黃金標準 (Gold Standard)	43.8	51	3.9
瑞士二氧化碳證明減量額度機制 (Switzerland CO ₂ Attestations Crediting Mechanism)	1.4	13	128.2
亞伯達排放抵換體系 (Alberta Emission Offset System)	0.4	33	32

機制名稱	核發額度 (MtCO ₂ e)	登錄 專案數	平均價格 (\$USD)
北京林業碳匯抵換機制 (Beijing Forestry Offset Mechanism)	0	0	8.9
日本減量額度制度 (J-Credit Scheme)	0.9	44	13 - 20.8
廣東普惠抵換減量額度機制 (Guangdong Pu Hui Offset Crediting Mechanism)	0.3	20	3.5 - 6.6
日本埼玉森林吸收驗證體系 (Saitama Forest Absorption Certification System)	0	15	N/A
中國溫室氣體自願排放減量計畫 (China GHG Voluntary Emission Reduction Program)	0	0	0.6 - 8.2
魁北克抵換減量額度機制 (Québec Offset Crediting Mechanism)	0.2	3	15.5
韓國抵換減量額度 (Republic of Korea Offset Credit Mechanism)	5.2	28	10.7 - 29
區域溫室氣體倡議二氧化碳抵換機制 (Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI CO ₂ Offset Mechanism)	0	0	N/A
日本埼玉目標設定排放交易體系 (Saitama Target Setting Emissions Trading System)	6.4	592	3.8
泰國自願排放減量計畫 (Thailand Voluntary Emission Reduction Program)	3	32	N/A
東京總量管制與排放交易計畫 (Tokyo Cap-and-Trade Program)	0.01	5	39 - 52.4
共同減量額度機制 (Joint Crediting Mechanism, JCM)	0.001	6	N/A

資料來源：World Bank (2022)。

過去，全球碳減量額度的四分之三都來自京都議定書下的碳減量額度機制，如清潔發展機制 (CDM) 與共同履行 (履約) (JI)，其中 70% 來自工業氣體、可再生能源和逸散性排放專案。CDM 是碳減量額度最大的簽發管道，簽發量佔全球 50% 以上，JI 則是碳減量額度第二大簽發管道，約佔全球總量的 22%。近年來，獨立碳減量額度機制簽發的減排減量額度顯著增加，來自獨立碳權機制的自願減量市場等，開始取代成為新的碳權市場趨勢，2019 年佔已簽發總量的 65%。值得注意的是，2019 年核證碳標準 (Verified Carbon Standard, VCS) 的碳減量額度簽發總量超過 CDM (圖 7)。碳減量額度活動開始逐漸轉移到京都機制之外的

專案中。過去清潔發展機制（CDM）經常在碳減量額度活動中佔據支配地位，但在 2012 年 CDM 市場價格暴跌之後，CDM 專案交易趨於穩定。

碳減量額度市場正處於決斷的十字路口，強勁的自願需求和不斷擴大的市場多樣性，過去一年的市場動態通過新買家、市場利基、交易基礎設施以及獨特的定價和偏好表現出來。與此同時，隨著市場的增長，碳信用在實現排放目標方面的作用，正受到更嚴格的審查。為維持當前的增長，市場參與者將需要合作以支持高標準、保護環境完整性和可信度並加深流動性。專門的治理機構、金融服務和新技术基礎設施正在湧現，以支持擴大市場和確保誠信的解決方案。在自願市場活動的帶動下，碳信用市場正在快速增長。過去一年，碳信用市場增長進一步加快，發行量、交易量和價格均大幅上漲。於格拉斯哥召開的 COP26 制定的新碳市場規則，創造了額外的確定性，可能有助於國際合乎規範的市場在未來幾年更進一步發展。目前，大多數市場活動仍以自願碳市場為中心。

碳信用市場在 2021 年增長了 48%。來自國際、國內和獨立信用機制的信用總量從 3.27 億增加到 4.78 億。這是自 2012 年碳信用發行高峰以來的最大同比增幅（圖 7）。自 2007 年以來發放的信用總量約為 47 億噸 tCO₂e。

過去幾年，市場對碳減量額度興趣激增。其中，碳匯專案首當其衝。過去五年，碳減量額度市場的 42% 資金來自林業。原因可能在於，碳匯專案具有降低排

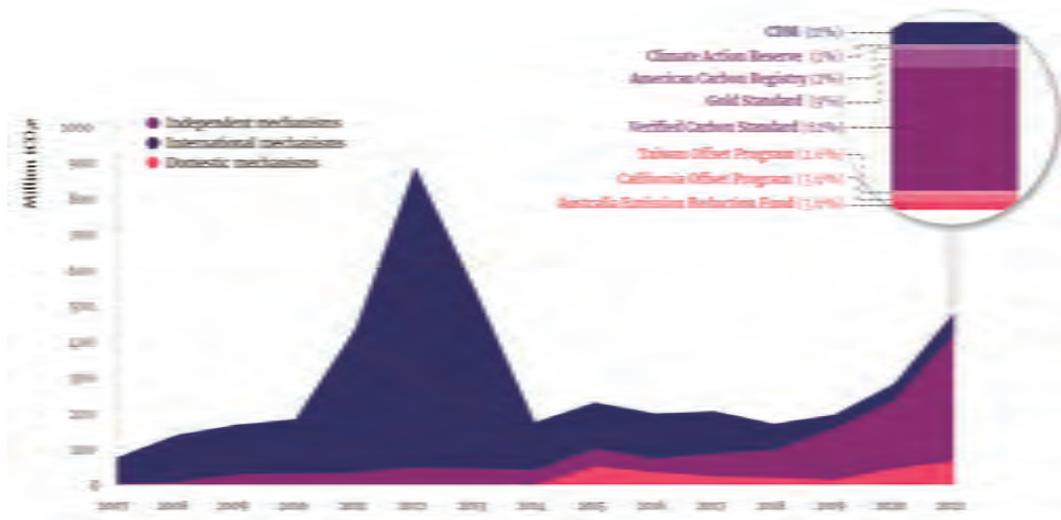


圖 7 2007-2021 年間不同碳減量額度機制年核發量

資料來源：(World Bank, 2022)

放成本的巨大潛力，同時還能產生額外共同收益。因此，與人們對以自然為本的解決方案（NbS）的興趣相類似，林業產業的碳減量額度也受到關注。截至 2019 年 12 月 31 日，全球共計註冊約 14,550 個碳減量額度專案，累計減排近 40 億噸二氧化碳當量。林業領域簽發之碳減量額度為各產業之首，過去五年累計簽發碳減量額度佔全球總量 42%。在近期林業的碳減量額度量激增之前，大多數碳減量額度都來自工業氣體領域。可再生能源目前是第二大碳減量額度專案來源，約佔全球簽發碳減量額度的 33%（圖 8）。與碳減量額度活動相關的行業與領域及其對應的減排活動則呈現於下圖。過去的五年，林業領域產生的碳減量額度在絕對數量和金額上都顯著增加。此一趨勢主要在於 NbS 廣泛引起注意的原因。由於 NbS 專案具有有效降低排放成本的巨大潛力且在減少碳排放量外還能夠產生其他協同效益，因此林業領域專案受到歡迎。

(三) 自願性碳市場現況

根據 Forest Trends (2020a) 的生態系市場 (Ecosystem Marketplace) 統計，

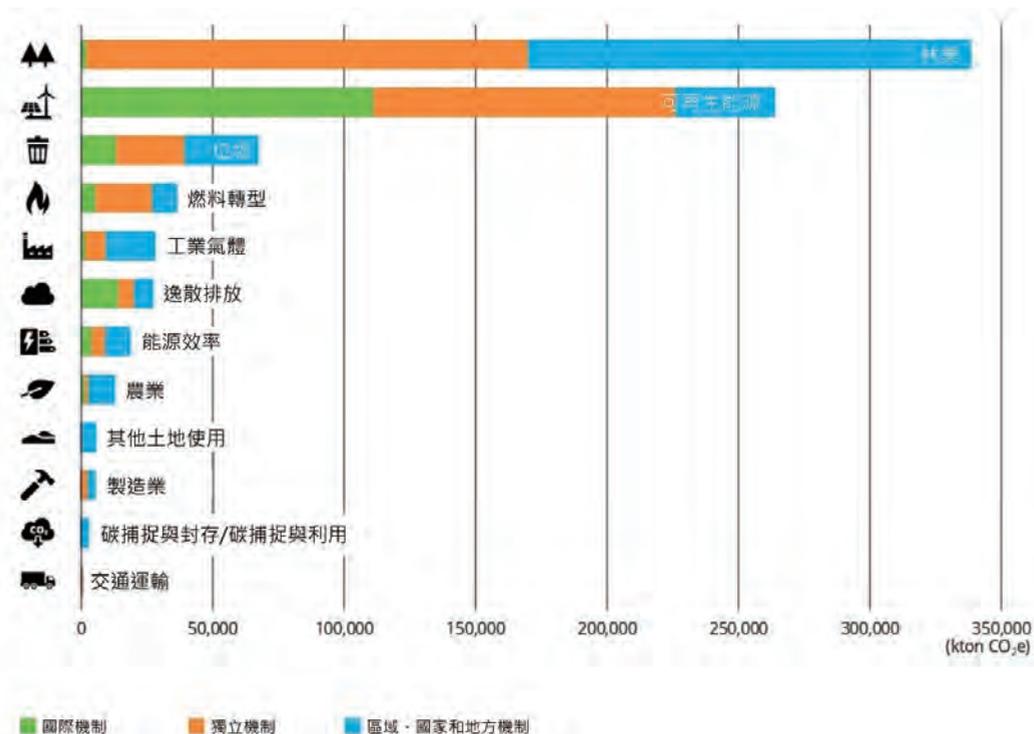


圖 8 2015-2019 年不同行業和機制類型的碳減量額度簽發量 (千公噸二氧化碳當量)

資料來源：(World Bank, 2020)

自願性碳市場，截至 2019 年為止，累計市場交易量突破 13 億公噸，價值超過 55 億美元（圖 9、10）。

生態系市場將交易歸為七個主要專案類別，以 2017-2019 年來看，2019 年的再生能源市場交易量激增了 78%，從 2018 年的 23.8 百萬公噸二氧化碳當量 (MtCO₂e) 增至 2019 年的 42.3 MtCO₂e，但是平均價格卻比 2018 下降了 16%。



圖 9 歷年自願性碳市場交易量

資料來源：(Forest Trends, 2020a)

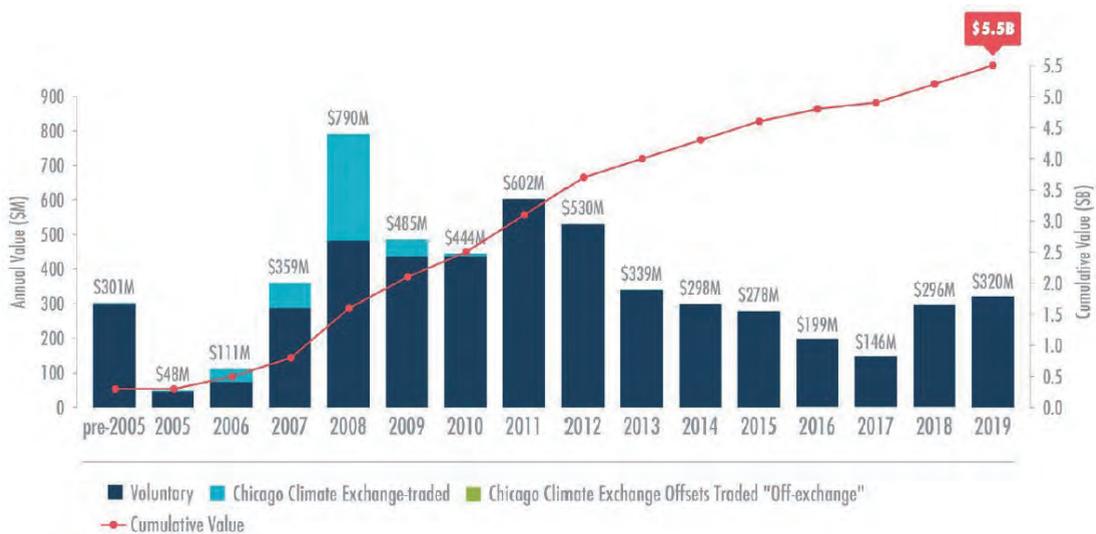


圖 10 歷年自願性碳市場交易值

資料來源：(Forest Trends, 2020a)

透過基於自然的林業和土地利用解決方案產生的抵換量下降了30%，從2018年的50.7 MtCO_{2e} 降至2019年的36.7 MtCO_{2e}，2019年被再生能源交易量超過，但基於自然的林業和土地利用解決方案所獲得的平均價格超過再生能源的三倍。可能原因為是一些碳標準，如驗證碳標準（Verified Carbon Standard, VCS）和黃金標準（Gold Standard）在2019年底停止接受再生能源專案，導致這些較便宜的信用額度急於發行和交易，因此交易數量大增。在過去幾年中，自願性交易市場中按交易量計算的信用額度的主要類別已在再生能源與林業和土地利用之間轉換。在2015年至2017年期間，再生能源是自願性交易市場中交易最多的專案類別，儘管2018年再生能源交易數量繼續增加，但當年基於自然的林業和土地利用解決方案的交易量中幅增加264%，使其成為交易量最大的類別，為50.7 MtCO_{2e}，佔2018年市場總量的一半以上（表3）。儘管再生能源的信用額度平均價格始終比基於自然的林業和土地利用解決方案便宜（Forest Trends, 2020b）。

表3 2017-2019年自願性碳市場不同類別的交易數量與價格

單位：數量（MtCO_{2e}）、價格（美元）與價值（百萬美元）

年	2017			2018			2019		
類別	數量	平均價格	價值	數量	平均價格	價值	數量	平均價格	價值
林業和土地利用	16.6	\$3.4	\$63.4	50.7	\$3.2	\$171.9	36.7	\$4.3	\$159.1
再生能源	16.8	\$1.9	\$31.35	23.8	\$1.7	\$40.9	42.4	\$1.4	\$60.1
廢物處理	3.7	\$2.0	\$7.4	4.5	\$2.2	\$10.0	7.3	\$2.5	\$18.0
家用設備	2.3	\$5.0	\$11.8	6.1	\$4.8	\$29.5	6.4	\$3.8	\$24.8
化學過程/ 工業製造	2.6	\$1.9	\$4.9	2.5	\$3.1	\$7.9	4.1	\$1.9	\$7.7
能源效率/ 燃油轉換	1.1	\$2.1	\$3.3	2.8	\$2.8	\$7.8	3.1	\$3.9	\$11.9
運輸	0.1	\$2.9	\$0.2	0.3	\$1.7	\$0.5	0.4	\$1.7	\$0.7

資料來源：Forest Trends（2020b）

關的直接排放；範圍 2 為與熱能和電力等外購能源的排放產生相關的間接排放；範圍 3 為與上游和下游業務活動排放相關的其他間接排放。通常範疇 3 的排放量多於其他兩個範疇。另組織碳足跡可參照 ISO 14064 的規範來進行。

產品碳足跡 (Carbon Footprint of Product, CFP) 是計算在整個生命週期內針對特定產品所關聯產生的溫室氣體排放量，其中溫室氣體包含二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氟氫碳化物 (HFCs)、全氟碳化物 (PFCs)、六氟化硫 (SF₆) 等六大氣體。評估方式主要是藉由生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA)，針對特定產品、服務、計畫或方案等範疇，從原物料取得、生產、配送、使用及廢棄回收 (亦即搖籃至墳墓) 的投入和產出造成的溫室氣體排放，完整評估生命週期對環境考量面與潛在衝擊。由於產品碳足跡的分析能清楚揭露產品供應鏈的排碳資訊，作為未來降低產品碳足跡之依據，並能夠協助企業在產品設計、生產和供應等製程的改善，減少溫室氣體排放的機會，或開發出低碳的新產品。產品生命週期示意圖如圖 12 所示。



圖 12 產品生命週期示意圖

(二) 以油茶產品碳足跡評估為例

產品碳足跡評估之方法主要有產品與服務碳足跡計算指引 (我國環保署)、PAS2050 (英國 Carbon Trust)、TSQ0010 (日本經產省) 與 WRI/WBCSD 的產品生命週期計算及報告標準 (Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard)。我國產品與服務碳足跡計算指引：該指引提供業界和一般人一致性之評估方法，計算產品生命週期溫室氣體排放，並基於 ISO 14067 的應用，詳細規範產品生命週期溫室氣體排放評估。行政院環境保護署「產品類別規則 (PCR) 訂定、引用及修訂指引」為基準，進行審議產品類別規則文件作業，並公告通過審議或認可者，其碳足跡產品類別規則文件 (CF-PCR) 供業界參考。本文以行政院環保署公布之非調和粗製食用油碳足跡產品別規則為基準，採個案方式調查及計算油茶碳足跡。圖 13 為應用非調合粗製食用植物油生命週期流程圖，以油行為受訪對象，調查原料取得階段的碳足跡。共訪問 7 家油行，4 家利用傳統餅式油壓榨油，3

家使用螺旋式機器榨油。使用傳統餅式油壓者，多混和壓榨其它種類的食用油，如花生油、芝麻油等，多數業者的機具並未分別安裝電表，僅1家油行有記錄苦茶油生命週期消耗的能源。使用螺旋式機器榨油，目前也僅1家油行提供相關數據。因此本文就以上2家油行的訪談結果，計算傳統餅式油壓、螺旋式榨油於製程中所排放的碳足跡。此外，並與去年調查的國內產銷班使用自行生產茶籽、在地製造販賣的碳足跡，以及進口茶籽壓榨的碳足跡進行比較。

油行榨油方式為傳統餅式油壓，以進口大陸茶籽為原料，1瓶600ml油茶碳排放為4.259 kg CO₂eq。表4為油行製油過程中排放的碳足跡，1瓶600ml油茶碳排放為5.52 kgCO₂eq。兩者主要差異在於能源使用量，油行的茶籽需置於冰箱儲藏，而油行無冷藏茶籽的動作，其茶籽直接購買於大盤商，不需負擔冷藏的費用。整體而言，原料取得階段（肥料施用）所造成的碳足跡排放最多，此結果與國外橄欖油及國內芝麻油等碳足跡等碳足跡盤查結果相似。同樣600ml規格的油茶碳足跡，最大為深坑鄉螺旋榨油者，最小為國內產銷班使用自行生產茶籽、在地製造販賣的碳足跡；前者製程中相較於後者多了運輸與冷藏的過程。茶籽冷藏影響碳足跡排放甚巨，由表4與表5可知茶籽冷凍儲藏所排放的碳足跡占總碳足跡的23%-30%。因此，從減少碳排而言，在地生產消費應是減少碳排放的最佳策略。

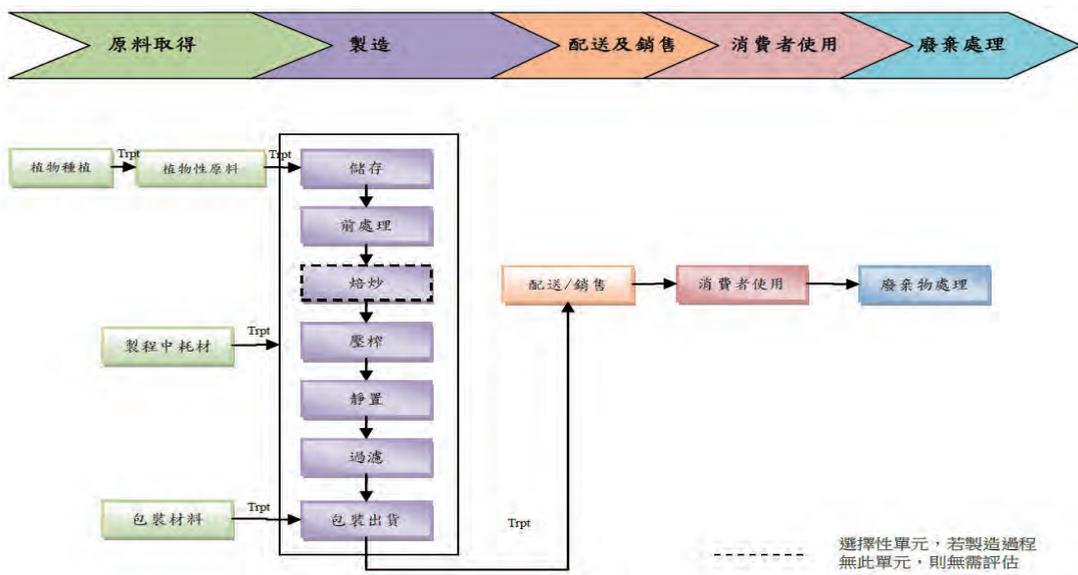


圖 13 應用非調合粗製食用植物油生命週期流程圖

資料來源：行政院環境保護署 2020。

表 4 國內產銷班使用自行生產茶籽、在地製造販賣的碳足跡

項目	碳排放	
	kgCO ₂ eq	%
1. 原料取得 (缺育苗)	3.5561	85.41%
整地 (油)	0.1583	0.05%
肥料	2.9333	0.91%
農機具使用耗材 (油)	0.4644	0.14%
2. 包裝材	0.3739	8.98%
紙箱	0.0360	0.09%
玻璃瓶	0.3366	1.08%
運輸	0.0013	0.02%
3. 能源使用量	0.1760	4.23%
電	0.0342	4.41%
柴油	0.1418	0.06%
4. 廢棄物回收	0.0576	1.38%
總計	4.1635	100.00%

1 瓶 600ml 油茶碳排放為 4.1635kgCO₂eq

(資料來源：作者自行調查研究)

表 5 使用大陸進口茶籽於製造及配送銷售過程中的碳足跡

項目	碳排放	
	kgCO ₂ eq	%
1. 原料取得 (缺育苗)	2.965	49.98%
整地 (油)	0.132	2.22%
肥料	2.446	41.23%
農機具使用耗材 (油)	0.387	6.53%
2. 茶籽運輸	0.055	0.92%
皇崗-台中港	0.037	0.63%
台中港-公司	0.018	0.30%
3. 包裝材	0.485	8.18%
紙箱	0.036	0.61%
玻璃瓶	0.439	7.39%
紙箱運輸	0.008	0.13%
玻璃瓶運輸	0.003	0.05%
4. 能源使用量	2.297	38.73%
電 (冰箱)	1.787	30.13%
電 (乾燥機)	0.024	0.41%
電 (壓榨)	0.302	5.10%
電 (堆高機)	0.183	3.09%
5. 配送銷售	0.060	1.00%
6. 廢棄物回收	0.070	1.17%
總計	5.932	100.00%

1 瓶 500ml 油茶碳排放為 5.932 kgCO₂eq

(資料來源：作者自行調查研究)

（三）農產品生產和加工的溫室氣體排放

溫室氣體排放是由糧食系統生產和加工各個階段的活動產生。生產前排放 (Pre-production emissions) 來自農業投入的製造和分配，例如種子、化肥、殺蟲劑、動物飼料和動物種畜的維護。農業生產排放 (agricultural production)，有時被稱為“農場 (on-farm)” 排放，可以分為機械和非機械來源 (WRI & WBCSD, 2014)。機械來源 (Mechanical sources) 是農場設備或機械的操作，例如收割機和製冷設備。這些來源排放出二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氫氟碳化合物 (HFCs) 和全氟化碳 (PFCs)，這些來源的排放取決於設備的特性和燃料成分。相比之下，非機械來源 (non-mechanical sources) 的排放是生物和生物地球化學過程的結果，例如腸道發酵 (牛等反芻動物消化碳水化合物)、有機物分解以及土壤中的硝化和反硝化作用 (WRI & WBCSD, 2014)。這些排放 (CH₄、N₂O 以及在較小程度上的 CO₂) 受氣候和土壤條件以及農業管理決策的影響。生產後排放包括來自食品加工、儲存、包裝、運輸和零售過程等活動的排放。其他排放源發生在消費者購買產品之後，例如來自烹飪和消費廢棄物。除了作為溫室氣體排放源之外，農場還有可能成為 CO₂ 的匯 (sinks)，換句話說，其作用是從大氣中去除碳並將其儲存在土壤或木本植被 (樹木和灌木) 中。當這種儲存永久發生時，代表額外的碳從空氣到土壤或生物質的真正、長期的轉移，它被稱為碳吸存。

此外，農業也是土地利用變化 (LAND USE CHANGE, LUC) 的驅動力，直接導致全球大部分毀林。LUC 造成的排放包括碳儲量損失，以 CO₂ 排放的形式在地上生物量、地下生物量、土壤有機碳、枯枝落葉和死木等 5 個主要碳庫中，後兩者可以合併為一類“死有機物”。如果植被被燒毀，可能會產生額外的 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放。由於毀林 (即將森林轉化為農田或草地) 通常是全球影響最大的土地利用變化。

在將 LUC 歸因於特定農產品時，通常區分直接 LUC 和間接 LUC。顧名思義，直接 LUC 直接歸因於相關產品：影響發生在產品種植 (或放牧) 的領域。間接 LUC 發生在市場層面，全球對更多產品的需求導致土地轉為農業 (CCAFS, 2018)。



圖 14 農產品生產和加工的溫室氣體排放源

資料來源：CCAFS, 2018。

參、結論與建議

實踐巴黎協定 (Paris Agreement) 將全球氣溫控制在升溫攝氏 1.5 度，雖是個艱困的挑戰，但致力於「淨零排放」成為世界各國所共同致力的目標。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略中，以自然碳匯等十二項關鍵戰略為未來的重點方向，農業部門更積極要在 2040 年將完成淨零排放目標，並在「減量」、「增匯」、「循環」及「綠趨勢」等四大主軸下推動跨單位合作具體落實。如何發揮農業在海洋、森林、土壤之藍碳、綠碳及黃碳自然碳匯功能，應以盤點現有資源為起點，藉由各項減量、增匯技術的精進，發揮以自然為本的碳農業，並導入碳定價策略，增加各項技術推動時的成本有效性。

肆、參考文獻

- 大自然保護協會 TNC。2019。「以自然為本的解決方案」---- 氣候變化。<https://itw01.com/YXJHUEG.html>
- 行政院農業委員會。2022。邁向農業淨零排放策略。<https://ccpo.coa.gov.tw/>。
- 行政院環境保護署。2020。非調合粗製食用植物油碳足跡產品類別規則。
- 行政院環境保護署。2022。產品碳足跡資訊網，碳足跡介紹。<https://cfp-calculate.tw/cfpc/Carbon/WebPage/FLFootIntroduction.aspx>
- 林俊成、王培蓉、徐韻茹。2021。朝向淨零排放之森林負碳排技術。林業研究專訊 28(5):39-45。
- 林靖為。1999。桿式噴藥車用液壓系統之電腦模擬與分析。碩士論文。臺北：國立臺灣大學農業機械工程學研究所。
- 國家發展委員會、行政院環境保護署、經濟部、科技部、交通部、內政部、行政院農業委員會、金融監督管理委員會。2022。臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，80 頁。
- 郭俊華、葉仲基。1998。農用搬運車載貨台減震機構之設計與分析。農業機械學刊 7(2):61-76。
- 陳貽倫。1988。農業動力。初版。臺北：南山堂。pp. 385-410。
- 萬一怒、尤崧名、黃靖雯、楊佳祥、王林懋、簡佳慧。2007。農業無線多媒體感測網路的發展與禽畜場之應用。http://www.taita.org.tw/event/20071129/download/4/4_2.pdf. Accessed September 10, 2008.
- 詹聚法、葉仲基。1998。把手振動量測系統之建立及其在農用動力式手工具之應用。出自“八十七年農業機械論文發表會論文摘要集”，pp. 15-16。臺北：中華農業機械學會。
- Carbon Cycle Institute (CCI). 2022. What is Carbon Farming? <https://www.carboncycle.org/what-is-carbon-farming/>
- Chandra, S., S. Singh, and D. Kumari. 2015. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. J. Food Sci. Technol. 52(6):3681-3688. doi: 10.1007/s13197-014-1427-2
- CLIMATE CHANGE Nature-based solutions and global climate protection - Assessment



- of their global mitigation potential and recommendations for international climate policy. On-line available at <https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2022/50061-Nature-Based-Solutions-and-Global-Climate-Protection.pdf>
- Compare your footprint. 2018. What is the Difference Between Scope 1, 2 and 3 Emissions? <https://compareyourfootprint.com/difference-scope-1-2-3-emissions/>
- Forest Trends. 2020a. Voluntary Carbon and the Post- Pandemic Recovery. State of Voluntary Carbon Markets Report, Special Climate Week NYC 2020 Installment. Washington DC: Forest Trends Association.
- Forest Trends. 2020b. The Only Constant is Change. State of the Voluntary Carbon Markets 2020, Second Installment Featuring Core Carbon & Additional Attributes Offset Prices, Volumes and Insights. Washington DC: Forest Trends Association, December 2020.
- Friedlingstein, P., Jones, M. W., O’Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J. and all. 2022. Global Carbon Budget 2021, *Earth Syst. Sci. Data*, 14, 1917–2005, <https://doi.org/10.5194/essd-14-1917-2022>.
- Friedman, M. 2015. Acrylamide: inhibition of formation in processed food and mitigation of toxicity in cells, animals, and humans. *Food Funct.* 6(6):1752-1772. doi: 10.1039/C5FO00320B
- Gelsinger, P. 1999. Expanding Moore’s law with convergence. On-line available at <http://www.intel.com/technology/silicon/mooreslaw/em101031.htm>. Accessed June 7, 1999.
- Holman, J. P. 1978. *Experimental Methods for Engineers*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill. pp. 405-427.
- ICAP. 2021a. Emissions Trading Worldwide: Status Report 2021. Berlin: International Carbon Action Partnership.
- ICAP. 2021b. What is Emissions Trading. ICAP Brief #1. Berlin: International Carbon Action Partnership.
- ICAP. 2021d. Emissions Trading at a Glance. ICAP Brief #3. Berlin: International Carbon Action Partnership.
- International Union for Conservation of Nature. 2020a. Outlook for boosting ambition in 2020 Nationally Determined Contributions through forest landscape restoration

- targets. Washington DC, USA.
- Judith Reise, Anne Siemons, Hannes Böttcher, Anke Herold, Cristina Urrutia, Lambert Schneider, Ewa Iwaszuk and all. 2022. Nature-Based Solutions and Global Climate Protection. Assessment of their global mitigation potential and recommendations for international climate policy. Climate Change 01/2022. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Miller, F. R. and R. A. Creelman. 1980. Sorghum — A new fuel. In “Proc. 35th Annual Corn and Sorghum Industry Research Conference” , eds. H. D. Londen and W. Wilkinson, pp. 219-232. Washington, DC: Am. Seed Trade Assoc.
- Overstreet, H. A. 1925. The psychology of effective writing. In “Effective Report Writing: Principles and Practices” , ed. W. H. Pierce, pp. 87-109. Chicago: Graphic Publishing Co.
- Reise, J., Siemons, A., Böttcher, H., Herold, A., Urrutia, C., Schneider, L., ... & Davis, M. 2022. Nature-based solutions and global climate protection.
- Rose S, Khatri-Chhetri A, Stier M, Vu T, Nelson K. 2021. Agricultural sub-sectors in new and updated NDCs: 2020-2021 dataset. CCAFS dataset version 1.0. Wageningen, Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).<https://ccafs.cgiar.org/resources/tools/agriculture-in-the-ndcs-data-maps-2021>
- Rumsey, T. R. 1985. An anisotropic model for air flow in beds of rice. ASAE Paper No. 85-3554. St. Joseph, MI: ASAE.
- Santos, N., Monzini Taccone di Sitizano, J., Pedersen, E. and Borgomeo, E. 2022. Investing in carbon neutrality – Utopia or the new green wave? Challenges and opportunities for agrifood systems. Rome, FAO. On-line available at <https://doi.org/10.4060/cc0011en>
- Seddon, N., Sengupta, S., Garcia-Espinosa, M., Hauler, I., Herr, D. and Rizvi, A.R. 2019. Nature-based Solutions in Nationally Determined Contributions: Synthesis and recommendations for enhancing climate ambition and action by 2020. Gland, Switzerland and Oxford, UK: IUCN and University of Oxford.
- Seddon, N., Sengupta, S., Garcia-Espinosa, M., Hauler, I., Herr, D. and Rizvi, A.R. 2019. Nature-based Solutions in Nationally Determined Contributions: Synthesis



- and recommendations for enhancing climate ambition and action by 2020. Gland, Switzerland and Oxford, UK: IUCN and University of Oxford.
- Seddon, N., Sengupta, S., García-Espinosa, M., Hauler, I., Herr, D. and Rizvi, A.R. 2019. Nature-based Solutions in Nationally Determined Contributions: Synthesis and recommendations for enhancing climate ambition and action by 2020. Gland, Switzerland and Oxford, UK: IUCN and University of Oxford.
- Seddon, N., Sengupta, S., Garcia-Espinosa, M., Hauler, I., Herr, D., Rizvi A. 2019. Nature-based solutions in nationally determined contributions. <https://portals.iucn.org/library/node/48525>
- The CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). 2018. MEASURE THE CHAIN: TOOLS FOR MANAGING GHG EMISSIONS IN AGRICULTURAL SUPPLY CHAINS. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/98361/Ceres_MeasureTheChain_GHG.pdf
- The World Bank. 2022. “State and Trends of Carbon Pricing 2022” (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1895-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
- UNDP. 2016. Carbon markets. <https://www.sdfinance.undp.org/content/sdfinance/en/home/solutions/carbon-markets.html>
- United Nations Environment Programme and International Union for Conservation of Nature 2021. Nature-based solutions for climate change mitigation. Nairobi and Gland.
- World Bank (2020). State and Trends of Carbon Pricing 2020 (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1586-7. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
- World Bank. 2020. State and Trends of Carbon Pricing 2020 (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1586-7. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.
- WWF. 2021a. NDCs: A Force for Nature? 4TH EDITION | NATURE IN ENHANCED NDCS. Retrieved from: https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2021-11/20211105_Report_NDCs-A-force-for-nature_WWF.pdf

Towards net-zero carbon emissions in Taiwan's agriculture

Jiunn-Cheng Lin

Abstract

Net zero emissions are a shared goal for all countries to achieve. In Taiwan, the “Taiwan’s Pathway to Net-Zero Emissions in 2050” was officially announced in March 2022, with four major transitions, “Energy Transition,” “Industrial Transition,” “Lifestyle Transition” and “Social Transition,” governed by two principles of “Technological R&D” and “Climate Legislation” reinforced with “12 Key Strategies” to implement the goal of net zero transformation. The agricultural sector will have reached the target for net zero emissions by 2040, and its 19 strategies with the corresponding 59 measures of four key themes in “reduction,” “increase of carbon sink,” “carbon cycle” and “green trend” will help promote the implementation of cross-sector cooperation. This paper focuses on how to achieve the goal of net zero emissions in agriculture, and analyzes issues such as natural carbon sinks, carbon pricing, and carbon footprint to inform subsequent policy making.

Key words : Net Zero 、 Carbon Sink 、 Carbon Pricing 、 Carbon footprint

2022中臺灣農業科技前瞻論壇

農業淨零碳排放議題發展趨勢

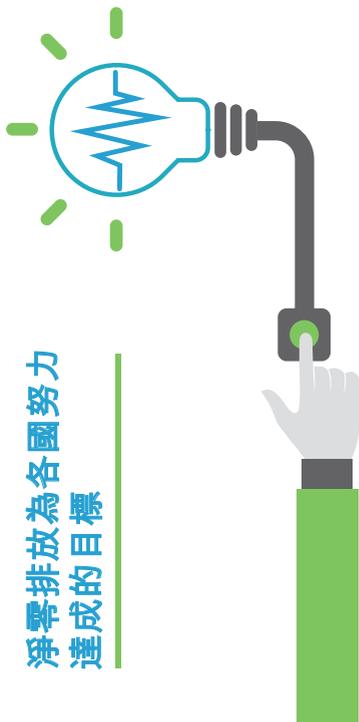
農委會林業試驗所
林俊成 研究員兼主任秘書

11.1.10-14(五)9:40-10:00



- 01 減量增匯技術
- 02 碳交易碳定價
- 03 破足跡盤查
- 04 結語

淨零排放為各國努力達成的目標



國際溫室氣體重要減量協議演進



目標: 將大氣GHG穩定在一定且安全水平，防止氣候系統因人為干擾而造成不可回穩的後果

目標: 附件一國家GHG排放量在2012年減少5%

目標 (取代京都議定書): 控制世紀末全球平均溫升低於2°C (相較於工業革命前)，且努力追求低於1.5°C



國際淨零排放發展趨勢

歐盟在2019年提出2050年達到碳中和目標後，在全球帶動淨零討論的雪球效應，目前已有137個國家宣示或規劃2050年淨零排放目標。

臺灣2050淨零排放路徑及策略 十二項關鍵戰略~自然碳匯

藉執行造林及相關經營工作能降低大氣二氧化碳濃度；建構負碳農法及海洋碳池、動植物保育技術，保護生物多樣性、避免土壤流失、保有森林及復育碳匯生態系統，以提升碳吸收功能。

農業部門在2040年完成淨零目標

- 主軸一、減量 (5項策略、17項措施)
- 主軸二、增(碳)匯 (7項策略、16項措施)
- 主軸三、循環 (3項策略、12項措施)
- 主軸四、綠趨勢 (4項策略、14項措施)

4主軸、19項策略、59項措施

減量增匯技術

國家自定貢獻以納入以自然為本解決方案為各國氣候行動趨勢，自然碳匯成為主角

國家自定貢獻

(Nationally Determined Contribution, NDC)

減緩 (mitigation) 與調適 (adaptation) 氣候行動與目標。

- 以自然為本的解決方案 (Nature-based Solutions, NBS)
 - 保護、永續管理和恢復自然或經修改的生態系的行動，這些行動可以有效和具調適性來因應社會挑戰（如氣候變遷、糧食和水安全或自然災害），同時提供人類福祉和生物多樣性好處。
- NBS 可以提供在 2030 年將溫度穩定在 2°C 以下所需約 30% 的成本從有效減緩措施，在 168 個 NDC 中，有 130 個國家將 NBS 優先行動或目標以某種形式作為減緩或調適措施的一部分 (IUCN, 2020a)，且至少有 66% 的《巴黎協定》簽署方以某種形式包含 NBS，以幫助實現其減緩氣候變遷和調適目標 (Seddon et al., 2019)。
- 三分之二的 NDC 指出，生態系對氣候變遷的影響，在易受氣候變遷影響的 5 個領域中，生態系僅低於糧食和水安全，但高於漁業、能源和運輸 (Seddon et al., 2019)。
- 《巴黎協定》在公約中的序言表明「溫室氣體破壞和貯存庫的保存及增加之重要性」，其中包括「生物圈、森林和海洋以及其他陸地、沿海和海洋生態系」。

NBS之溫室氣體減排類型與管理變化

生態系統	NBS	溫室氣體減排類型			管理變化	
		減少	移除	避免	活動轉移	土地利用變化
森林	造林和再造林	X			X	X
	天然林管理	X			X	
	避免森林轉用			X		X
	森林保護	X		X	X	
農地	糞分管理	X			X	
	混農林業農地造林/間作	X			X	X
	改善糞便管理	X			X	X
	保護性農業	X			X	X
	覆蓋作物	X		X	X	X
	改良水稻栽培	X			X	X

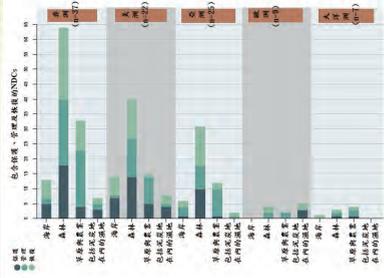
Nbs之溫室氣體減排類型與管理變化

生態系統	Nbs	溫室氣體減排類型			管理變化	
		減少	移除	避免	活動轉移	土地利用變化
草地	放牧優化	X	X		X	
	豆科牧草	X	X		X	
	草地恢復	X	X		X	X
陸域濕地	避免草地轉用		X		X	X
	泥炭地恢復	X	(X)+	X	X	X
	泥炭地保護		(X)+	X	X	X
沿海濕地	避免泥炭地退化轉用	X	X	X	X	X
	沿海濕地保護	X	X	X	X	X
集居地	避免沿海濕地退化轉用		X	X	X	X
	都市綠化		X	X	X	X

“+”與森林等其他生態系統相比，泥炭地的消除非常緩慢且長期，因此不是該措施的主要好處。

NDC的Nbs行動

- 評估每個NDC是否包括保護、管理或恢復四種廣泛生態系統類型中的每一種行動，發現NDC對管理和恢復的承諾比較常見，其次是草地和農業、沿海生態系統，最後是濕地。



資料來源: UNDESA/UNEP/ICCN (2021)。

已實施、計畫實施和考慮實施的碳定價機制的地點

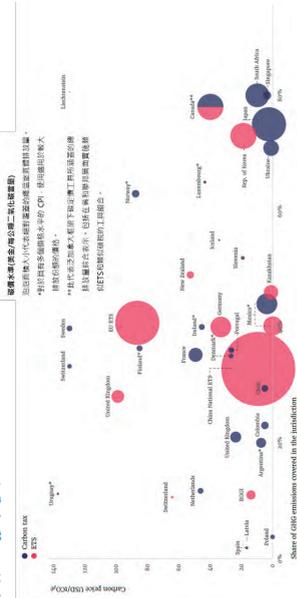


資料來源：(World Bank, 2022)

依碳減量額度產生的方式和管理方式 碳減量額度機制 (Carbon crediting mechanism) 分為三類：

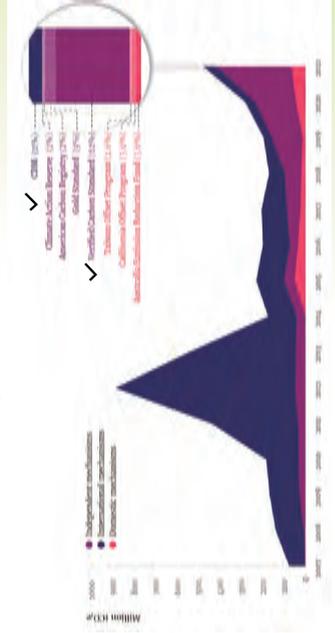
- **國際性碳減量額度機制**：是由國際相關氣候公約所規範的機制，通常由國際機構管理，如：清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM) 和共同履行 (履約) (Joint Implementation, JI)。
- **獨立性碳減量額度機制**：是不受任何國家法規或國際相關氣候公約所約束的機制，由私人或獨立的第三方組織 (通常是非政府組織) 管理，如黃金標準 (Gold Standard) 和經查證碳標準 (Verified Carbon Standard)。
- **國家和地方政府性碳減量額度機制**：由各自行政轄區內的立法機構所管理，通常由區域、國家或地方各級政府管理。例如澳洲排放減量基金 (Australia Emissions Reduction Fund) 和美國加州規範性抵換計畫 (Compliance Offset Program)。

碳定價國家的碳價、占當地排放總量的比率及 碳定價收益

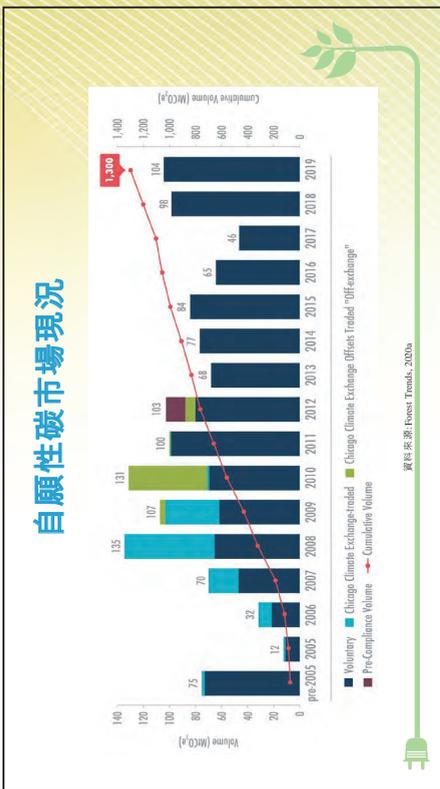
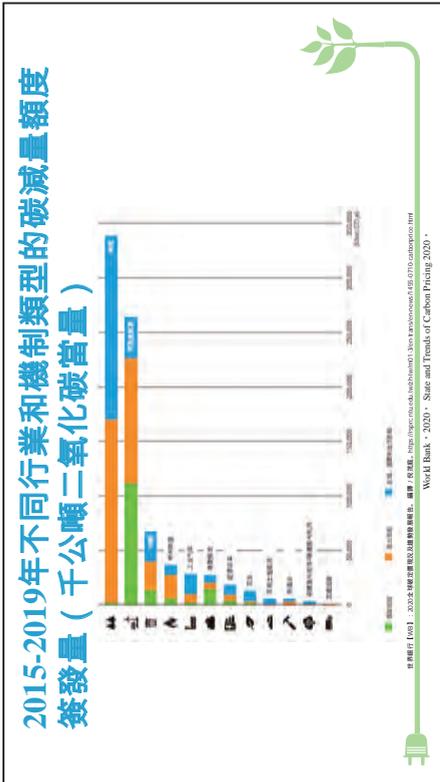


資料來源：(World Bank, 2022)

2007-2021年間不同碳減量額度機制年核發量



資料來源：(World Bank, 2022)



2017-2019年自願性碳市場不同類別的交易數量與價格

單位：數量 (MtCO₂e)、價格 (美元) 與價值 (百萬美元)

年	2017		2018		2019				
	數量	平均價格	數量	平均價格	數量	平均價格			
林業和土地利用	16.6	\$3.4	\$63.4	\$0.7	\$3.2	\$171.9	36.7	\$4.3	\$159.1
再生能源	16.8	\$1.9	\$31.35	23.8	\$1.7	\$40.9	42.4	\$1.4	\$60.1
廢物處理	3.7	\$2.0	\$7.4	4.5	\$2.2	\$10.0	7.3	\$2.5	\$18.0
家用設備	2.3	\$5.0	\$11.8	6.1	\$4.8	\$29.5	6.4	\$3.8	\$24.8
化學過程/工業製造	2.6	\$1.9	\$4.9	2.5	\$3.1	\$7.9	4.1	\$1.9	\$7.7
能源效率/燃油轉換	1.1	\$2.1	\$3.3	2.8	\$2.8	\$7.8	3.1	\$3.9	\$11.9
運輸	0.1	\$2.9	\$0.2	0.3	\$1.7	\$0.5	0.4	\$1.7	\$0.7

資料來源: Forest Trends (2020b)

碳足跡盤查

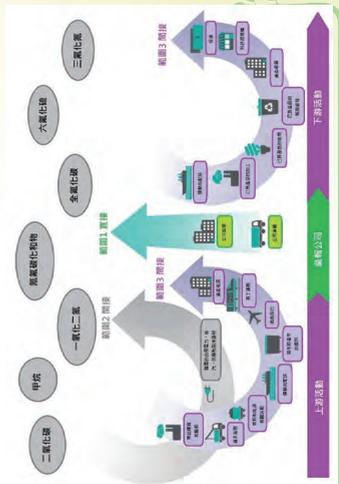
欲達成淨零，先了解產品碳足跡與組織碳盤查，從中找出減碳具有成本效率的可行方案

碳足跡定義

- 碳足跡(Carbon Footprint)是指個人或組織日常運作所產生的溫室氣體數量(以二氧化碳當量即CO₂e的影響為單位)，用以衡量人類活動對環境的影響。
- 碳足跡可被定義為與一項活動(Activity)或產品的整個生命週期過程所直接與間接產生的溫室氣體排放量。
- 國家或地區的能源燃燒排放統計。
- 針對企業或組織自身與相關的溫室氣體排放。
- 針對個別產品生命週期的溫室氣體排放；即所謂的「產品碳足跡」。

「溫室氣體議定書(Greenhouse Gas Protocol) - 排放範疇」

- 範疇 1**
為與現場燃料燃燒或車隊車輛相關
的直接排放。
- 範疇 2**
為與熱能和電力等外購能源的排放
產生相關的間接排放。
- 範疇 3**
為與上游和下游業務活動的排放相
關的其他間接排放。通常範疇3的
排放量多於其他兩個範疇。另組織
碳足跡可參照ISO14064的規範來
進行。



產品碳足跡

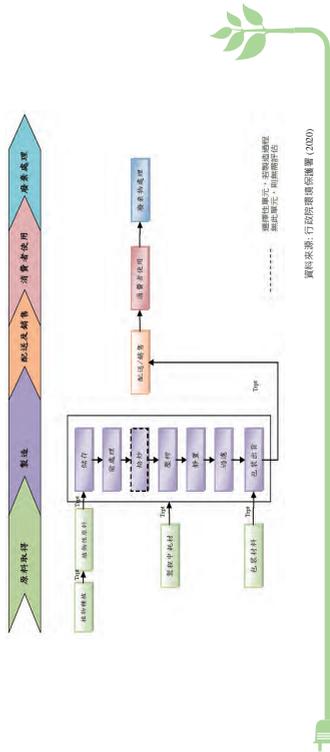


產品生命週期示意圖





應用非調合粗製食用植物油生命週期流程圖



國內產銷班使用自行生產茶籽、在地製造販賣碳足跡

項目	kgCO ₂ eq	%
1.原料取得 (款項由)	3.5561	85.41%
- 整地 (油)	0.1583	0.05%
- 肥料	2.9333	0.91%
- 農機具使用耗材 (油)	0.4644	0.14%
2.包裝材	0.3739	8.98%
- 紙箱	0.0360	0.09%
- 玻璃瓶	0.3366	1.08%
- 運輸	0.0013	0.02%
- 電	0.0342	0.06%
- 柴油	0.1418	0.06%
4.廢棄物回收	0.0576	1.38%
- 總計	4.1635	100.00%

1瓶600ml油茶瓶碳排放為4.1635kgCO₂eq

使用大陸進口茶籽於製造及配送銷售過程中的碳足跡

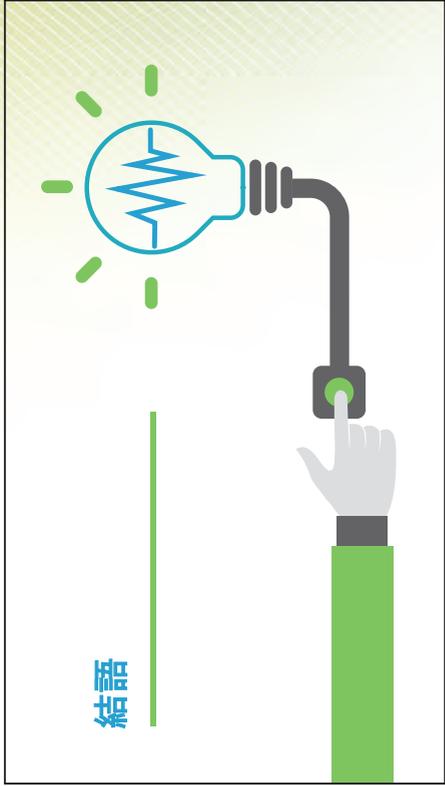
項目	kgCO ₂ eq	%
1.原料取得 (款項由)	2.965	49.98%
- 整地 (油)	0.132	2.22%
- 肥料	2.446	41.23%
2.茶籽運輸	0.387	6.53%
- 農機具使用耗材 (油)	0.055	0.92%
- 運輸	0.037	0.63%
- 自造：台中港	0.018	0.30%
- 台中港：公司	0.485	8.18%
3.包裝材	0.036	0.61%
- 玻璃瓶	0.439	7.39%
- 運輸	0.008	0.13%
- 玻璃瓶運輸	0.003	0.05%
4.能源使用量	2.297	38.73%
- 電 (水電)	1.787	30.13%
- 電 (乾燒機)	0.024	0.41%
- 電 (原料)	0.302	5.10%
- 電 (堆高機)	0.183	3.09%
5.配送銷售	0.060	1.00%
6.廢棄物回收	0.070	1.17%

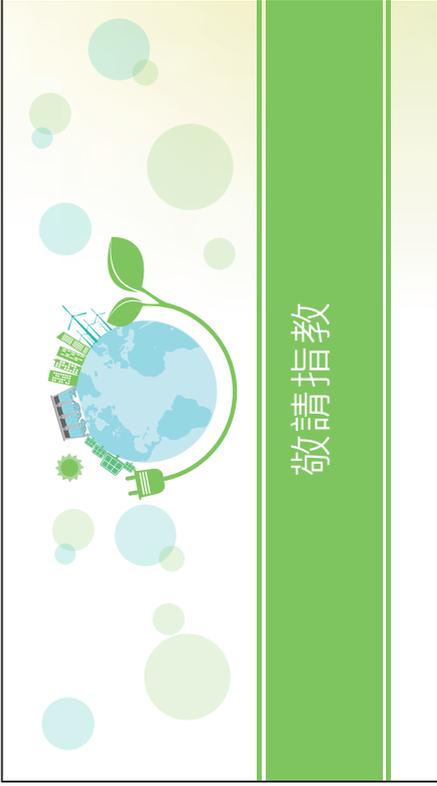
資料來源：產自行調查研究。

產品生產和加工的溫室氣體排放源



結語





敬請指教

- 實踐巴黎協定（Paris Agreement）將全球氣溫控制在升溫攝氏1.5度，雖是個艱困的挑戰。因此「淨零排放」成為世界各國所共同致力的目標
- 臺灣2050淨零排放路徑及策略中，以自然碳匯等十二項關鍵戰略為未來的重點方向
- 農業部門更積極要在2040年將完成淨零排放目標，並在「減量」、「循環」、「趨勢」等四大主軸下推動跨單位合作具體落實。
- 如何發揮農業在海洋、森林、土壤之藍碳、綠碳及黃碳自然碳匯功能，應以**盤點現有資源為起點**，藉由各項減量、增匯技術的精進，發揮以自然為本的碳農業，並**導入碳定價策略**，增加各項技術推動時的成本有效性。

農業部門減排與增匯技術

陳琦玲

農委會農業試驗所研究員

摘要

2019年農業部門(含燃料燃燒、非燃料燃燒)排放量為637.3萬公噸CO₂當量,約占全國總排放量2.2%。主要排放源依序為用電(24.3%)、用油(23.9%)、農業土壤(18.6%)、禽畜糞尿處理(14.1%)、水稻種植(9.6%)、禽畜腸胃發酵(9.0%)等。彙整國內外採行之減排與增匯作為,在燃料燃燒部分,可藉由可藉由節能設施的裝設、提高能源利用效率、發展綠能取代化石燃料等措施,減少燃料燃燒的碳排。在畜牧部門可透過調整飼料成分等方式改善畜禽動物腸內發酵排放,或是禽畜糞便再利用、發展生質能源,減少畜牧產業的碳排;在農糧部門可藉由推動合理化施肥,提升氮肥利用效率,應用水田間歇性灌溉,減少農地溫室氣體排放;在農地增匯技術上,可依永續土壤管理原則進行農地管理,如盡量減少土壤侵蝕(栽種覆蓋作物、保育耕犁等)、提高土壤有機質含量(作物殘渣管理、正確施用有機資材等);完善土壤養分與水分管理,以增加土壤碳匯;另應用碳捕獲與封存技術,可大幅增加土壤碳封存量。依據全球統計,循環經濟在減碳的技術上扮演重要角色,政府與企業若能逐漸將線性經濟轉為循環經濟,預期可大幅降低碳排放。此外,溫室氣體相關法規制定及實施,以提供相關政策獎勵,鼓勵投資新技術,促進生產效率,亦是達成2040年農業淨零排放目標的重要策略。

關鍵詞:減排、增匯、綠能、循環農業、農業淨零碳排

農業部門碳排放與增匯技術

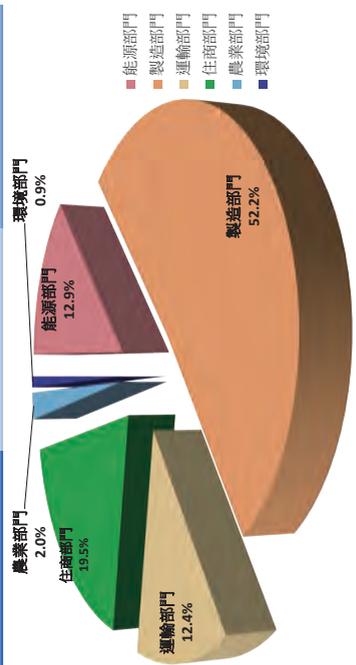
陳琦玲
行政院農委會農業試驗所

11/10/14 2022 中臺灣農業科技前瞻論壇議程-台中場

淨零排放農業政策會議 (3/23)

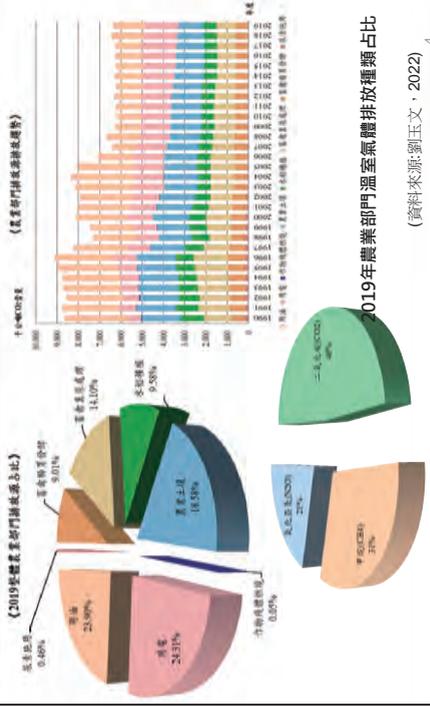


能源分攤至各部門後之排放佔比(2019年)



Source: <https://www.climatealks.tw/blank-20>

農業部門溫室氣體排放現況



行政院農業委員會農業出版社

農業部門淨零排放策略

減排

- 燃料燃燒 (53.3%)**
 - 漁業用油減量
 - 補助汰換節能漁具及養殖設備
 - 推廣副資材或廢棄物轉製生質能
- 非燃料燃燒 (16.7%)**
 - 加強畜牧場裝設節能設施
 - 推廣有機質基環培耕作
 - 調整農廢作物堆積面積
 - 推動合理化施肥
 - 推廣糞肥沼氣再利用
 - 畜牧糞尿本地堆糞農作
- 增匯**
 - 新植造林
 - 加強森林經營管理
 - 推動生物炭農地施用

淨零排放

共同農業部門淨零排放

行政院農業委員會農業出版社

行政院農業委員會農業出版社

提高肥料利用效率

Putting the NEXT GENERATION of FERTILIZER TECHNOLOGY into the hands of SMALLHOLDER FARMERS

把下一代肥料科技交至小農戶手上

開發不同品質肥料的分釋型肥料

行政院農業委員會農業出版社

行政院農業委員會農業出版社

可增加碳匯的農業操作

每年增加4%的C儲藏量(氣候, 土壤...)
限制: 生物量可利用性、養分、水分、土壤...

行政院農業委員會農業出版社

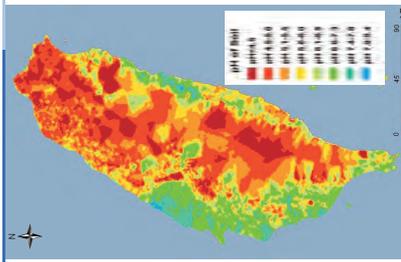
行政院農業委員會農業出版社

碳捕獲與封存 Carbon Capture and Storage (CCS)

行政院農業委員會農業出版社

行政院農業委員會農業試驗所

施用生物炭的碳封存量

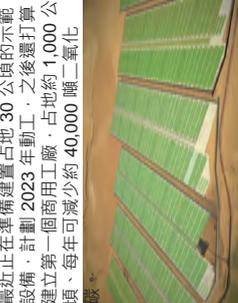


- 大部分的生物炭屬於極酸性
- 極酸性土壤 (pH<5.5): ~30萬 ha (Tan et al., 2005)
- 2% 生物炭施用: 生物炭含碳量50% 施用2%生物炭於酸性土壤上, 可幫助農作生產; 約30%生物炭會分解
- 表土的碳封存潛量: ~390萬噸 CO₂ 等量於1430萬噸CO₂

9

行政院農業委員會農業試驗所

英國新創 Brilliant Planet 超大型工業用微藻繁殖場

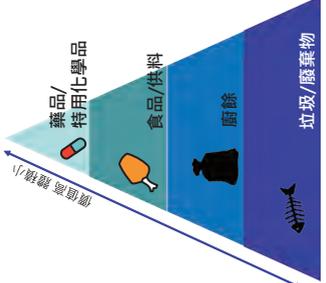


- 預估成本約為當前直接空氣捕獲的十分之一。(預計價格落在每噸50-100美元)
- 建置在沙漠海岸邊, 引入離岸 2-3 公里處冰涼且營養豐富的「上升流」海水至藻類繁殖池。最終以細網過濾器捕獲藻類, 乾燥後將這些含鹽含碳的生物質埋入沙漠地底 1-4 公尺。
- 該公司篩選大約 50 萬平方公里的合適沙漠的候選名單。這相當於每年大約 2 億畝正在準備建置占地 30 公頃的示範設備, 計劃 2023 年動工, 之後還打算建立第一個商用工廠, 占地約 1,000 公頃、每年可減少約 40,000 噸二氧化碳

資料來源: 科技新報; Brilliant Planet

行政院農業委員會農業試驗所

淨零2050: 加速發展再生、在地型的新農業 (生物經濟/循環經濟)



善用大自然的水、氣、光、土壤，發展高價值的「5F+3BM」

- 食品/特用化學品
- 食品/飼料
- 肥料 Fertilizer
- 能源 Fuel
- 時尚 Fashion
- 廢藥/廢棄物
- 廚餘
- 生質材料 BioMaterials
- 醫療保健 BioMedical
- 仿生 BioMimicry

圖片來源: 循環台灣基金會 2022/02/09

行政院農業委員會農業試驗所

謝謝聆聽 敬請指教



調整作物新作模式-混林農業(國土地景改造)

(source: 郭, 2021)

碳交易與碳定價

柳婉郁

中興大學森林系特聘教授

摘要

國際過去強調減碳(各種策略減少碳排放),現在強調碳中和(人為碳排=人為碳吸收),包括減少排放與增加吸收(碳捕捉/農林),而淨零排放指透過草地碳匯、農地土壤碳匯、植樹造林、碳捕捉與封存等方式減少溫室氣體排放。企業或組織即使有排放碳量仍可透過相關技術使溫室氣體淨排放為零,國際推動農業淨零減排方式甚多,美國俄亥俄州每年秋天農民 Rick Clifton 7,500 英畝土地完成大豆收割後開始種植黑麥和油菜籽。過去只是為了淡季覆蓋餵養土壤。現在這些覆蓋作物具真正的價值-碳交易市場,可以在未來五年內為他帶來約 175,000 美元的淨收入。2016 年開始美國農業部自然資源保護局(NRCS)買 12,225 英畝奧勒岡牧場地役權。允許主人繼續養牛,但也要確保牧場富含碳的土壤不受干擾,將碳(土壤有機物)鎖定土壤中。2021 年開始美國 NRCS 執行計畫協助牧場出售碳額度,增加牧場收入。2021 年澳洲開啟史上最大的土壤碳權專案!再生農業實踐(regenerative agriculture practices),沒有放犁(no-tilling)僅改變管理動物/土壤碳和植被加起來將足以抵消所有碳排(牛甲烷排放),還可賣多餘 ACCU(澳洲碳權單位)碳市場上。



淨零碳排_產品碳足跡實務分享

bsi.

Ivan Cheng 鄭仲凱
Chief Technology Officer, CTO BSI Taiwan
October 14, 2022
Copyright © 2022 BSI. All Rights Reserved.

碳足跡管理



Step 1 碳足跡 碳足跡管理目標

Step 2 碳減量 碳減量

Step 3 碳中和 透過削減、交換等制度，使產品淨零碳排

130g CO₂ Equivalent

bsi.

產品碳足跡盤查範圍

- 產品銷售至消費端 **B to C-搖籃到墳墓 (Cradle to Grave)**
 - 例如電視機、筆電、洗髮精、保養服務、房屋中介、農產品(雞蛋/茶葉)
 - 功能單位(Functional Unit) 對於產品系統量化的性能用以作為參考單位
- 原料取得 → 生產製造 → 產品運輸 → 產品使用 → 產品廢棄

碳標籤案件只允許到消費者的商品或服務申請

- 產品銷售客戶進行後段加工或組裝 **B to B-搖籃到大門 (Cradle to Gate)**
 - 例如鋼胚、化學品、晶圓製造、電子零組件
 - 宣告單位(Declared Unit) 對於產品數量描述，用作部分階段碳足跡量量化參考單位
- 原料取得 → 生產製造

bsi.

產品碳足跡數據收集方式

原物料投入	原物料運輸	能源源使用	產品運輸
PVC顆粒	材料運輸里程	電力使用度數	用戶收件區域
IC晶片	材料運輸運具形式	燃料使用(發電機車輛)	運輸方式(郵寄/貨車)
磁帶			
色母			
包材			
耗材			

產品使用(假設情境)

(1)電力消耗評估: 每年平均用卡23次×5年×每次用卡耗電量。
 (2)信用卡運送評估方式: (2張紙單紙重/次) × 每年運送開卡次數×5年。
 (3)紙單評估方式: (每年12張A4紙單+12個信封) × 5年×實體紙單比例。
 (4)紙單運輸評估方式: 評估運輸至主要消費者所在縣市之物流業止。

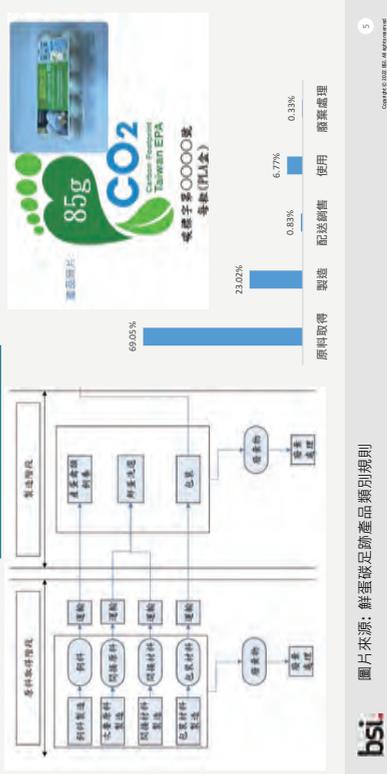
產品廢棄(假設情境)

回收率/處理方式

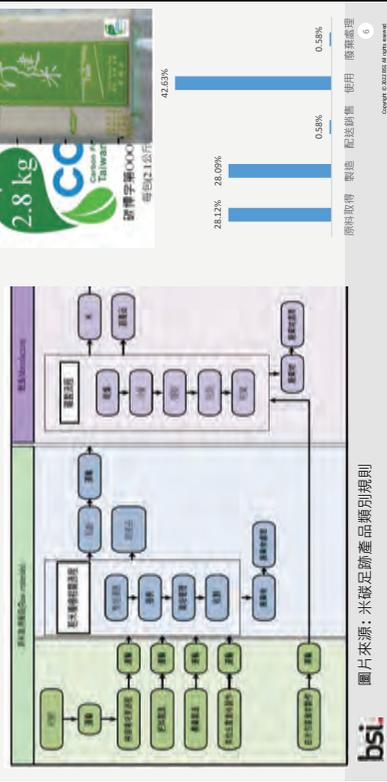
bsi.



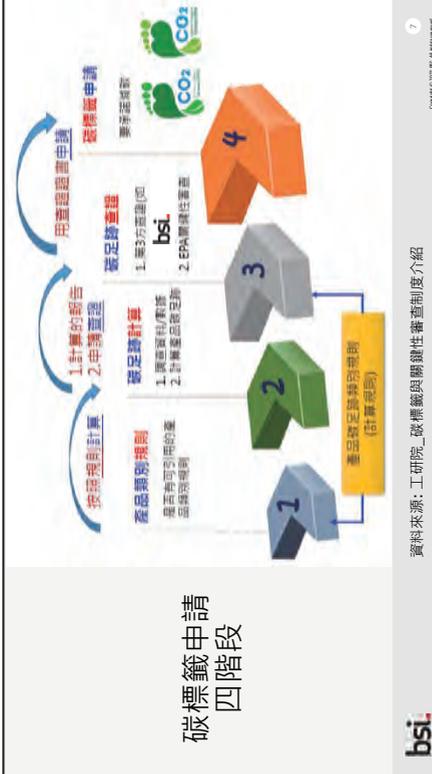
雞蛋主要排放：原料與製造階段



白米主要排放：使用階段 (1/2期稻作差異)



碳標籤申請
四階段



bsi. ...making excellence a habit.™



~低碳農業一步一腳印~ 碳足跡標籤經驗分享

執行單位：瓜瓜園企業股份有限公司
報告人：邱裕翔 總經理

111年10月14日

簡報大綱

- 台灣農業減碳現行佈局
- 瓜瓜園企業使命與因應策略
- 瓜瓜園碳足跡標籤歷程
- 目標及願景

<02>

台灣農業減碳現行佈局

台灣農業減碳政策現況

- 為因應全球氣候變遷行動，臺灣於2015年頒布「溫室氣體減量及管理法」，明訂長期減量目標為2050年碳排放量較2005年減少50%。
- 依據2018年統計，全球排放48,900百萬公噸二氧化碳當量，其中臺灣溫室氣體排放量總排放量為275百萬公噸CO₂e，佔全球總排放量0.56%，總排放量為23。
- 臺灣在六大部門中，農業部門約佔全國排放2%，2025年前自2018年381萬公噸CO₂e，減量至501萬公噸CO₂e，其中農業部門需削減排放34萬公噸CO₂e減量。

台灣農業部門碳排放量趨勢

- 1990年至2018年台灣農業溫室氣體排放量逐年下降，主要為開墾農業生產結構，推動休耕政策造成耕地面積及畜欄數減少等因素，另有機化肥料推廣亦有助溫室氣體之減量。

資料來源：臺灣農業減碳作為與國際形勢制之探討（熊朝暉、林聖訓，傳佈於2021）

<03>

台灣農業減碳現行佈局

臺灣農業部門溫室氣體減量路徑及措施

- 台灣農業部門提出之溫室氣體減量措施如右圖。
- 農糧部門進一步提出減碳作為策略

資料來源：臺灣農業減碳作為與國際形勢制之探討（熊朝暉、林聖訓，傳佈於2021）

<04>

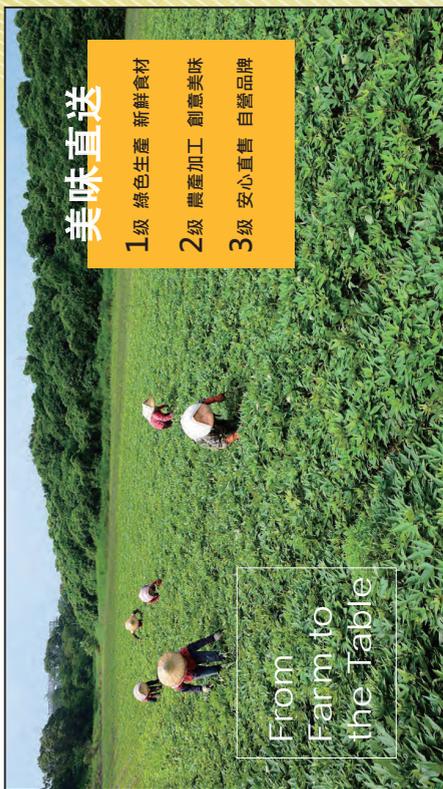
美味直送

1級 綠色生產 新鮮食材

2級 農產加工 創意美味

3級 安心直售 自營品牌

From Farm to the Table



瓜瓜園企業使命與因應策略

公司沿革

- 1985 成立 瓜瓜園養生
- 1989 成立 瓜瓜園養生
- 1991 成立 瓜瓜園養生
- 1992 成立 瓜瓜園養生
- 1993 成立 瓜瓜園養生
- 2001 成立 瓜瓜園養生
- 2003 成立 瓜瓜園養生
- 2006 成立 瓜瓜園養生
- 2009 成立 瓜瓜園養生
- 2013 成立 瓜瓜園養生
- 2015 成立 瓜瓜園養生
- 2017 成立 瓜瓜園養生
- 2018 成立 瓜瓜園養生



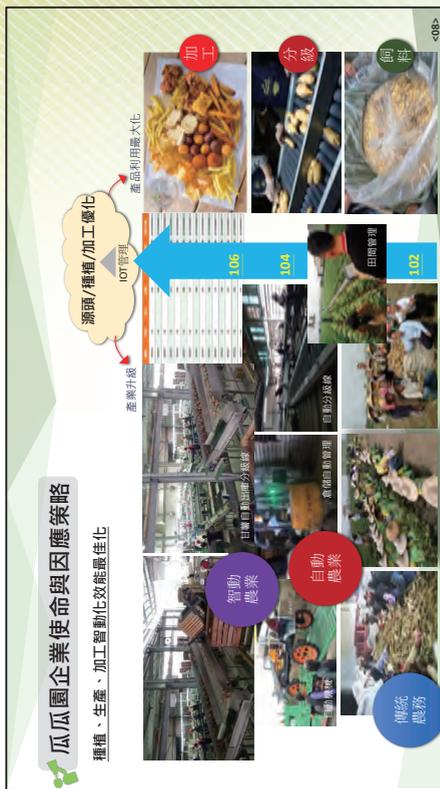
瓜瓜園企業使命與因應策略

種植、生產、加工 自動化效能最佳化

傳統 農務

自動 農業

智慧 農業



從農場到餐桌 316個程序 具體生產過程

1. 播種育苗
2. 田間作業
3. 包裝出貨
4. 田間管理
5. 灌溉
6. 收穫
7. 分級洗選
8. 田間作業
9. 整地
10. 播種
11. 翻土
12. 去草
13. 收穫
14. 分級洗選
15. 包裝出貨
16. 出貨





自強零碳減碳

瓜瓜園碳足跡標籤歷程

此次產量需求取前次申請量增加4.34倍，能將機台設備利用效率提升，廠內能源消耗量到每1公斤鮮薯的用電大幅減少。

*本次產量 3,133,437.42公斤/前次產量 721,929.84公斤

類別	1kg 碳排放量(%)
包材	12.07%
直接原料	7.40%
原料運輸	0.16%
能源二	36.34%
外購電力	12.87%
能源一	1.97%
廠內廢棄物	

碳管理

階段	碳排放量	類別	1kg鮮薯與前次差異
原料階段	-69.17%	薯薯種植過程用藥	-112(gCO ₂ e)
製造階段	-37.52%	用電量	+ 8 (gCO ₂ e)
		冷箱	-214(gCO ₂ e)
		柴油	-22(gCO ₂ e)

總體減碳生產策略

1. 加裝自動化設備，取代傳統機械，提高機台設備利用率，預計可降低整體碳排放量2%。
2. 計畫性產銷，將現有13台/周24小時運作之冷凍庫減少1~2台使用，可降低冷凍能源消耗，預計降低整體碳排放量1%。

預計三年內減少整體碳排放量3%
破舊重身 We are ready!

瓜瓜園目標及願景

地瓜淨零循環經濟策略：產品利用率最大化/單位生產效能最佳化

降低品質與通關限制
生產計畫：國內外SIS 技術提升：數位化冷庫管理

上游管理：三年全產銷履歷化
效率精進：自動化標竿作業

循環肥料與肥料
格外品原料開發
分發策略：鮮薯出口達到100%利用目標
效率精進：自動化大數據作業

多型態次級品加工

感謝聆聽 Thank You

邁向2050年淨零排放目標，瓜瓜園不缺席

農業淨零與碳定價

石信智

永智顧問有限公司 總經理

2021 年底《聯合國氣候變化綱要公約》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)第 26 屆締約國會議(26th Conference of the Parties, COP26)順利落幕，完成談判多年的《巴黎協定》規則書，帶動全球邁向 2050 年淨零排放之目標，但根據最新研究，若要達到《巴黎協定》要求的抑制升溫 1.5°C 目標，至 2030 年仍有 190~230 億噸之差距，即使各國達成國家自定貢獻(Nationally Determined Contribution, NDCs)目標，全球於本世紀末仍將升溫 2.1°C，超過《巴黎協定》1.5°C 目標，此差距須各國採取更迫切及更具野心之行動。

碳定價為國際間減少溫室氣體排放的重要政策工具之一，至 2022 年，全球共 68 個地區實施碳定價，約占全球 23% 的溫室氣體排放量，目前實施碳排放交易機制的主要地區包括歐盟、美國加州、韓國、紐西蘭、中國等，近期東南亞國家亦將陸續規劃碳定價制度，而我國正在修法新增碳費條文，後續可能轉向排放交易制度。國際間除各政府建立的碳市場外，減緩氣候變遷已成為企業社會責任與永續經營不可或缺的一環，積極採取減緩自願行動，並加速自願性碳市場之發展，因此在《巴黎協定》架構下，政府機制及自願市場間的制度逐漸整合，碳市場開始蓬勃發展。

為達成淨零排放目標，除減少及避免溫室氣體排放外，亦須從大氣移除二氧化碳，因此以自然為本的解決方案(Nature-based Solutions, NbS)，則利用自然方法解決氣候相關挑戰，將成為碳市場發展的重點。NbS 範圍包括林業、農業及海岸與海洋生態系統。而農業 NbS 減碳方法包括養分管理(施肥)、改進耕作方法、灌溉(水管理)、有機投入(堆肥、綠肥/覆蓋物、生物碳)及減少畜牧排放之甲烷等。

截至 2022 年 6 月，國內共有四件農業部門計畫註冊審查通過，包括漢寶畜牧場透過避免經堆肥造成甲烷排放申請之堆肥場減碳專案，以及弘智畜牧場透過廢水處理甲烷氣回收以轉化成綠電後售電予台電公司。因國內農業部門減碳個案規模較小，申請碳權及交易成本相對較高，因此可考慮透過各區農會或協會整合，利用方案型專案申請，並善用市場機制促使我國達成淨零排放目標。



冷鏈物流

引言人：

農委會農糧署運銷加工組

徐惠瑩專門委員

與談人：

中興大學園藝學系 林慧玲教授

雲林縣麥寮果菜生產合作社 郭進展理事主席

臺灣花卉輸出業同業公會 莊炳煌總幹事

福和生鮮農產有限公司 邱唯誠總經理

臺中市東勢區農會 張仁懋廠長

冷鏈物流協會 林希夢教育認證委員會主任委員

農產品冷鏈物流政策推動與發展

徐惠瑩¹、李雅蓁²

農委會農糧署運銷加工組

hhy@mail.afa.gov.tw, jennyli@mail.afa.gov.tw

摘要

為建立國內農、漁、畜產冷鏈物流基礎設施與營運能力，升級品質與減少耗損，並可於產銷失衡時發揮調節功能，進而提升農產價值與安全，拓展內外銷市場，本署統籌規劃中長程(110年至113年)公共建設「建構農產品冷鏈物流及品質確保示範體系」計畫，總經費84億元。在農糧產品部分，工作重點包含輔導農民團體及農企業購置冷鏈物流設施(備)；依據產業需求建置區域冷鏈物流中心；協助果菜及花卉批發市場建置冷鏈交易、分級包裝、低溫倉儲及冷鏈相關貯運設施(備)。本計畫亦導入數位學習課程資源及專家輔導團隊提供諮詢服務，結合地方政府共同推動，並與民間資源相互串接，期能全面翻轉產業結構，有效提高農民收益。

關鍵詞：冷鏈物流、區域冷鏈物流中心、批發市場

壹、前言

臺灣農產品種類多元，產量豐富且品質優良，深受國內外消費者的喜愛。但大多數農產品都具有不耐儲運、容易受損、易腐敗等特性，貯運過程損耗常高達15~25%，不僅造成產銷各階段直接損失，也導致整體運輸效率降低及購買者或終端消費者對產品信任度下降。

「溫度」是影響蔬果品質的重要因子，呼吸作用以及環境因素皆會造成農產品品質劣化，盤點從生產端至銷售端的溫度控制，常見的問題包含於田間採收時曝曬於高溫環境下；採收後以一般無遮陰貨車運送至集貨場；集貨或分級包裝於

¹ 行政院農業委員會農糧署運銷加工組專門委員

² 行政院農業委員會農糧署運銷加工組行銷輔導科視察

開放式空間進行，無空調設施；冷藏庫空間不足，於盛產期包裝後之成品疊放在常溫空間等，皆會造成溫度大幅度變化。農產品銷售不論為直銷、外銷、批發市場或加工等任何型態，均需確保各階段產品的品質、新鮮及安全，再加上隨著生活水平逐漸提高，依據行政院主計總處統計，預估 2022 年人均 GDP 達 33,649 美元，消費者對飲食的要求已經從「吃得起」、「吃得飽」逐漸轉變為「吃得健康」、「吃得安心」，對產品的品質、安全及營養價值等要求日益提升，因此，導入冷鏈物流 (Cold Chain Logistics) 已為全球產業發展趨勢，需要政府及民間業者公私協力加速布建完整冷鏈物流體系。

「冷鏈」是冷凍(藏)供應鏈的簡稱，泛指冷凍(藏)類食品從原材料供應物流、食品工廠內生產物流、貯藏運輸物流至販賣銷售物流等，各個環節中始終處於規定的低溫環境下，以保證食品質量，減少食品損耗的一項系統工程。因此，在實際運作過程中減少溫度變化、縮短搬運貨時間及先進先出等管理原則，也成為維持產品品質的關鍵因素。

過去臺灣農業發展著重於國內市場，農產品行銷通路以傳統市場為主，相對較忽略冷鏈的重要性，近年量販店、超市及便利商店等通路比重逐漸增加，受到新冠肺炎疫情影響，電子商務平台蓬勃發展，再加上政府對國際外銷市場的積極拓展，為因應多元化通路需求，在運輸過程中保持新鮮、維持品質、減少耗損並獲得消費者青睞，即成為參與供應鏈之生產者、運輸業者及通路商等各成員獲利的關鍵。因此，農糧署統籌向行政院爭取中長程(110年至113年)公共建設「建構農產品冷鏈物流及品質確保示範體系」計畫，總經費84億元，其中農糧產品50億元、漁產品18億元、畜產品16億元，期能建構農業安全體系與農產品現代化冷鏈物流營運模式，穩定到貨品質，全面翻轉臺灣農業發展。

貳、農糧產品冷鏈物流建設重點

盤點目前農糧產品產銷供應鏈的冷鏈應用程度，可以發現從田間採收後運送至產地端集貨場及批發市場之冷鏈程度較低，運送至量販店、連鎖超市及外銷之冷鏈程度較高，而其他通路包含學校營養午餐、國軍副食及團膳業者等則有部分冷鏈應用斷鏈之情形。因此，本署針對冷鏈物流之建設，規劃工作重點如下：

一、輔導農民團體及農企業提升冷鏈相關設施

擇定具外銷潛力或易產銷失衡之關鍵品項，例如番石榴、鳳梨、芒果、蜜棗、

釋迦、蓮霧、青花菜、美生菜、甘藍、紅豆、落花生、大蒜、洋蔥、柳橙、紅龍果及文心蘭等，以大型生產專區、集團產區或外銷供果園為核心，結合農委會各試驗改良場(所)技術研發，導入移動式預冷設備，並輔導理集貨包裝場升級採後處理、集貨包裝、加工、貯運等冷鏈設施(備)，輔導生產者朝向集團化、規模化經營，提升設施(備)利用效率，降低經營成本。另外，為提升外銷檢疫處理量能，亦針對國內蒸熱及低溫檢疫處理場(小港蒸熱處理場、玉井蒸熱處理場、楠西蒸熱處理場、豐原低溫及蒸熱處理場及傑農合作農場低溫處理場等)更新檢疫處理及監控設備，並增設電力備援系統，減少果品耗損。

二、建置區域冷鏈物流中心

依據各縣市及產業需求，於雲林以南蔬果重要產地建置區域冷鏈物流中心，為符合經濟效益及有效發揮產銷調節功能，土地以2公頃以上為原則，並須符合公共建設精神，帶動當地及周邊經濟發展。因此，本署訂定設置審查重點如下：

- (一) 展定位之清晰度與合理性：須明確定位功能與必要性。
- (二) 目標市場規模與潛在競爭者分析：就周邊產業、目標市場(內銷或外銷等)產業發展及潛力進行完整盤點及分析，並就周邊農民團體或民間既有冷鏈量能進行盤點，瞭解與其之競合關係。
- (三) 短中長期目標設定及可行性：目標設定及預定期程是否明確，依短中長期分別評估，瞭解經營團隊之能力與企圖心。
- (四) 經營策略之訂定及前瞻性：訂定完整營運模式及機制，掌握穩定供貨來源，分析引進民間投資以撙節政府財政支出之可行性，並詳實評估物流中心利用率以避免產生閒置情形。
- (五) 物流中心立地條件與建築規劃之整合性：完整評估基地的交通便利性及與產地的距離，確保內部動線設計可達成冷進冷出不斷鏈、不同品項訂有標準化作業流程，並合理估算建造期程及經費。
- (六) 財務規劃與效益分析：應著重營運後之農民收益、就業率、產品運輸效率、耗損率及處理量能等具體效益，並估算投資回收年限及確保後續營運無虞。
- (七) 投資風險控管能力：應考量各種風險事件、預防及因應策略，例如斷電之處置模式。

三、協助果菜及花卉批發市場升級

目前國內花卉批發市場計4處，蔬果批發市場計49處，建立公平、公開交易制度及效率化營運，對穩定國內蔬果產銷極為重要。考量目前部分批發市場冷藏庫過於老舊、缺乏冷鏈交易場域及理集貨包裝配送場域，無法穩定發揮產銷調節功能，因此，本計畫優先擇定國內年交易量60,000公噸以上之特等及一等果菜或花卉批發市場，並將已建立或將建立電子交易、產品追溯實名制、共同運銷、代收代付等交易制度列為優先輔導對象，協助其更新或建置冷藏庫、低溫卸貨區、分裝場或出貨碼頭等，提升設施(備)運轉效能節能省碳，發揮調節供需、穩定價格之功能，延續產地端冷鏈完整性。

參、目前推動成果

本計畫已輔導農民團體或農企業約150件設置冷鏈設施(備)，於屏東縣保證責任龍潭果菜生產合作社建立鳳梨內外銷全程冷鏈示範場域，導入清洗、殺菌、分級包裝、壓差預冷等設備，運銷量可由每年2,000公噸提升至4,000公噸，並已協助雲林縣(保證責任雲林縣漢光果菜生產合作社)、嘉義縣(全日物流大林生鮮物流園區)、臺南市(玉井農產加工及冷鏈物流中心)、高雄市(保證責任高雄市加洲果菜運銷合作社)及屏東縣(屏東縣農業國際化標準包裝加工廠)各建立1處區域冷鏈物流中心，刻積極新建或擴建中，另已核定北農、板橋、桃園、臺中、西螺、嘉義、新化與大社等果菜批發市場，及臺北、彰化與高雄等花卉批發市場計11處冷鏈升級計畫，刻辦理冷鏈相關設備採購作業。

肆、結論與建議

建構農產品全國冷鏈物流體系已納為農業重大政策，中央及地方政府與產業團體公私協力密切合作，導入冷鏈技術及設施(備)，並提供數位線上學習課程培育冷鏈專業知識及組成專家輔導團隊提供諮詢服務，期能建立農產品全程冷鏈示範模式，提升外銷品質，開拓新興外銷國家使我國農產品在變動快速的全球市場下維持競爭力，並充實農產品冷鏈物流基礎設施與營運，有效減少目標品項整體產銷供應鏈損耗，降低生產成本，另可於盛產期調節市場供應量及銷售期，穩定蔬果交易價格及品質，延長儲架壽命，提升食品安全管理。本署亦積極掌握推動期程，希望計畫執行完成後得以打造從「生產」延伸至「到貨」的品質保證，翻轉臺灣農業結構，讓臺灣農業在國內外舞台持續發光發熱，為農民帶來更大收益。

伍、參考文獻

- 行政院 (2021)。「蘇揆：健全完善全國農產品冷鏈物流系統為農民帶來更大收益」。取自行政院網站首頁 / 新聞與公告 / 本院新聞。<https://www.ey.gov.tw/Page/9277F759E41CCD91/6e6e26c5-f96c-47f5-8ed8-b48fd41c571c>。
- 行政院 (2022)。「推動農產品全國冷鏈物流」。取自行政院網站首頁 / 政策與計畫 / 重要政策。<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/6f9674d7-8f60-48bd-a791-f6dc3c75d18d>。
- 農傳媒 (2022)。「行政院 126 億元建置全國冷鏈物流重大建設提早 2 年內完成」。取自農傳媒網站首頁 / 新聞 / 行政院 126 億元建置全國冷鏈物流重大建設提早 2 年內完成。<https://www.agriharvest.tw/archives/74009>。
- 農糧署 (2021)。「中長程公共建設計畫「110-113 建構農產品冷鏈物流及品質確保示範體系」」。取自農委會網站首頁 / 政府資訊公開 > 公共建設計畫。<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2508891&page=1>。
- 國立高雄科技大學管理學院冷鏈認證中心。「Cold Chain(冷鏈)」。取自首頁 / 關於我們 / 冷鏈介紹。<http://www.cclc.nkfust.edu.tw/files/11-1145-8727.php>。

Promoting and Developing Cold Chain Logistics System for Agricultural Products

Hsu Hwey-Ying, Lee Ya-Chen

Abstract

The AFA has formulated an overall pilot scheme for “building an agricultural product cold-chain logistics and quality assurance demonstration system” (2021-2024), the total investment is NT\$8.4 billion, aiming to build cold chain logistics for agricultural, aquatic, and livestock products that can ensure quality and reduce waste in transit, ensure stable supply and prices of domestic products, and further upgrade the value and safety of agricultural products for export.

For agricultural products, this scheme emphasizes:

- Assisting farmers’ groups and agricultural enterprises to purchase cold chain logistics facilities (equipment);
- Building regional cold chain logistics centers according to industrial needs;
- Assisting fruit and vegetable and flower wholesale markets to utilize cold chain trading, graded packaging, low-temperature storage and cold chain related storage facilities (equipment).

The AFA also set up online training courses and a cold chain technical expert guidance group to provide consulting services, cooperate closely with local governments as well as private enterprises. We hope that establishment of such system will bring transformative change to Taiwan’s agricultural industry, and significantly increase farmers’ incomes.

Key words : Cold chain logistics, Regional cold chain logistics center, Wholesale market

討論園產品採後生理特性及全程冷鏈低溫控管重要性

林慧玲

中興大學園藝學系教授

摘要

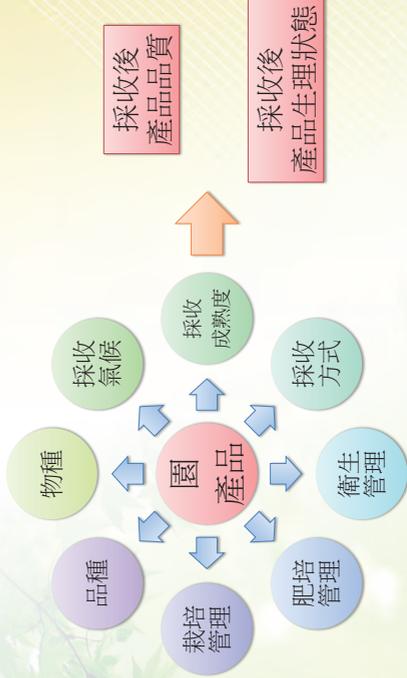
新鮮園產品採收後仍然持續進行新陳代謝活動，包含呼吸作用、後熟作用、老化等，直到園產品停止生理作用而死亡，這些生理變化會影響採收後園產品品質改變，如果皮褐化、果肉質地軟化、果實腐爛以及貯藏保鮮期縮短等。園產品品質及貯藏壽命受多項因子影響，採前因子包括為園產品物種及品種特性、田間栽培技術、肥培、水分及田間環境管理。採後因子包括採收方式、成熟度、預冷、集貨、包裝、運輸及櫥架管理等，皆會影響採收後產品品質與生理狀態。其中以溫度為影響園產品貯藏壽命與品質為最主要因子，低溫為簡單、快速、方便可以有效保持園產品品質且延長保存期方法之一，原理為透過低溫來降低園產品呼吸速及新陳代謝速率，進而延緩後熟與老化，並可抑制乙烯產生、產品失重及腐損等，因此從採收至銷售端之低溫冷鏈管控極為重要，配合包裝技術運用，是為優質園產品貯運保鮮之關鍵技術。



討論園產品採後生理特性及 全程冷链低溫控管重要性

1

採前因子



2

採收時機

- 何謂生理成熟度？
小苗 → 營養生長 → 生殖生長 → 種子
- 何謂園藝成熟度？
以利用為目的而判定的成熟度，一種園藝產品可能在生長發育初期、中期或後期採收。如豆芽在初期，葉菜類在中期，堅果類在後期。



影響採收時機之因子

一、運銷因素

1. 短距，如芒果在樹上**紅熟**採收。
2. 長距，如芒果**八分熟**採收。
3. 貯藏

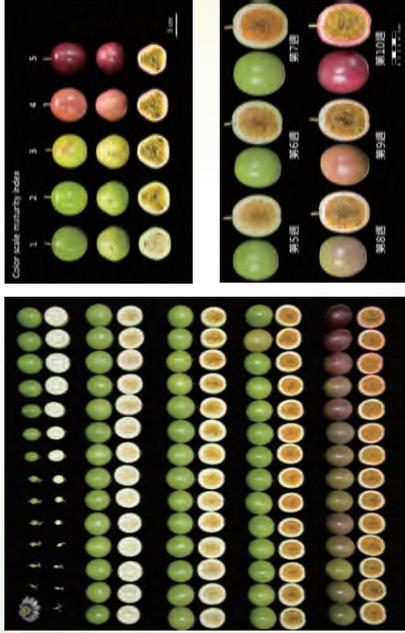
芒果綠熟果10°C以下寒害，紅熟果可耐1°C低溫。

↑
因成熟果實可溶性糖含量高，耐寒性佳。未成熟果實甜度低、糖分低。

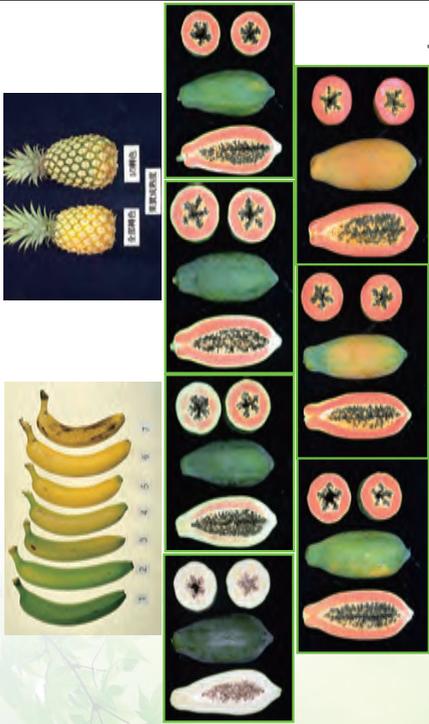
二、市場因素

1. 市場價格
2. 市場需求：季節、風俗節慶、農曆初三、17休市。

採收成熟度？



採收成熟度？



採收後流程

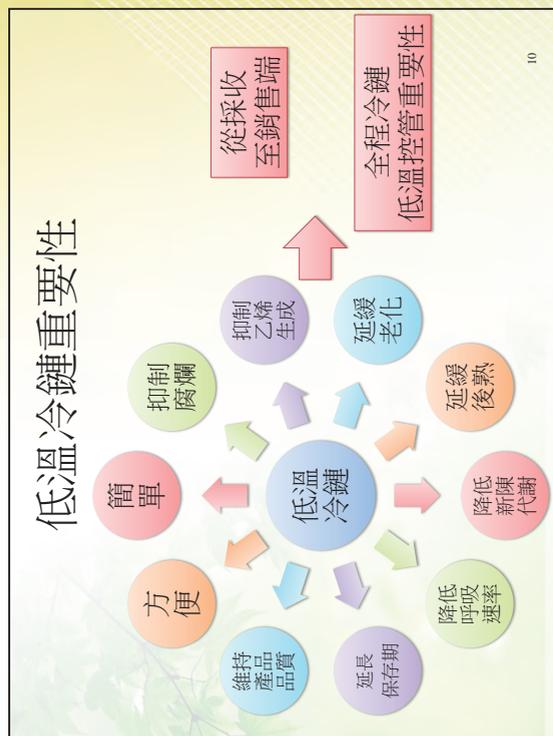
採收 清洗 修整 選別 分級 包裝 運輸



採收成熟度？

— 番石榴果實成熟度指標 —

成熟度	< 60 %	60 %	60-70 %	≥ 80 %
總可溶性固形物 (Brix)	9-10	8-10	9-10	9.5-11
硬度 (N cm ²)	170-190	130-160	120-130	90-110
果肉厚度 (cm)	1.4-1.8	1.9-2.1	2-2.2	2-2.3
呼吸率 (25°C) (ml CO ₂ kg ⁻¹ hr ⁻¹)	30-36	30-40	20-24	40-50
棚架壽命 (25°C)	15-20 天	15-20 天	10-15 天	5-10 天



感謝聆聽

11

結球萵苣低溫冷鏈流程介紹

郭進展、郭淑芬

雲林縣麥寮果菜生產合作社

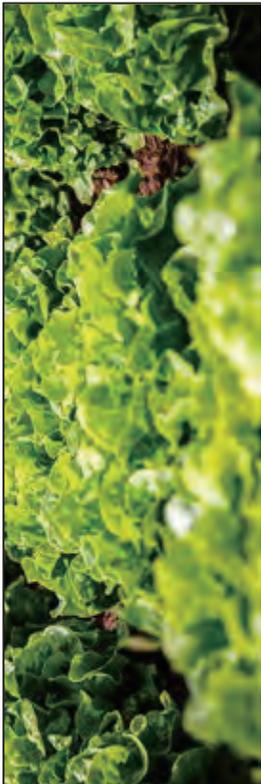
摘要

臺灣生菜村投入結球萵苣出口已近 20 年，近年來因應出口需求逐步調整軟體設備及流程改善，進而達到產品保鮮時間的延長，政府單位及研究機關的幫助讓結球萵苣可以持續在國際市場有一席之地。

臺灣生菜村已申請並通過全球良好農業生產規範 (Global good agricultural practices)，自計畫生產、安全管理、追蹤溯源、風險管理以及品質管理等，全程提升農產品品質與安全，環境生態方面為安全用藥與合理化施肥，社會與經濟永續性方面則是確保工作人員健康與安全與員工福祉。

另外生菜村成立管理中心，透過資訊系統的建立，將農業生產納入排程管理，整合小農按訂單穩定契作，提供生產者 - 小農有固定收益，也提供消費者 - 工廠有穩定品質及價格，進而達成供需平衡，三方共贏。在植保資材及肥料使用上加入天候預測等因素，有效控制能源使用，達到農業的永續管理。

為維持生菜採收後的最佳品質，產品採收後在最快的速度下送回包裝場進行前端預冷，並以事前規劃好的出貨計畫按船期、到貨時間出貨，縮短採收後送至客戶端時間，以期讓客戶收到的產品維持在品質最佳的狀態。臺灣生菜村的彩虹車隊，全程冷鏈管理。透過車輛監控系統 APP，可以隨時取得即時溫度變化。採收後冷鏈系統的建立及採後處理技術，兩者之間的巧妙結合，與時間賽跑下將產品維持在最佳狀態。



2022 中臺灣農業科技前瞻論壇
結球高莖低溫冷鏈流程分享

保證責任雲林縣莖果菜生產合作社
報告人：郭進展
報告日期：111年10月14日



保證責任雲林縣莖果菜生產合作社(台灣生葉村)
理事主席

郭進展

請查簡介：
從事農業生產近20年，以商業管理的角度引進新的管理手法，進而打造美生菜全年供應鏈。

請題：
結球高莖低溫冷鏈流程分享

摘要：
透過良好農業規範的執行，將傳統農業帶入新的管理思維，推動永續農業的目標...



前言

- ▲小農因緣：
- ▲出口標準：
- ▲機農重產：
- ▲冷鏈設備：

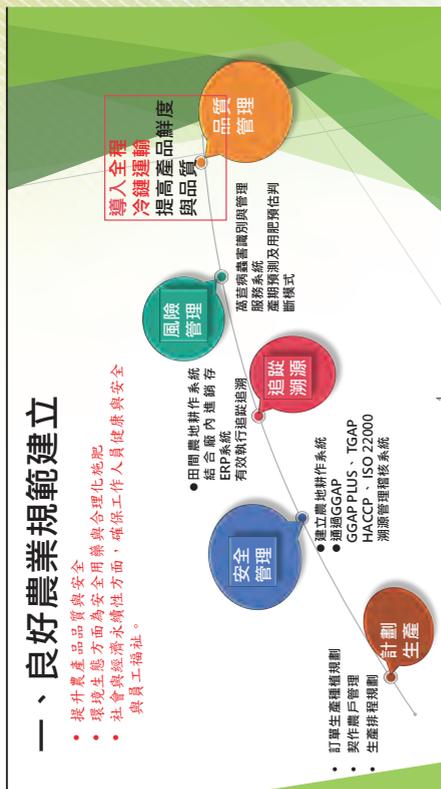
良好農業規範建立基本運作模式，每年檢視自身應注意狀況，將過去不可控制的風險因素一一降低。

透過資訊系統的建立，將農業生產納入非管理，在植保資材及肥料使用上加入天候預測等因素，有效控制能源使用，達到農業的永續管理。

冷鏈系統的建立及採後處理的技術，兩者之間的巧妙結合，與時間賽跑下將產品維持在最佳狀態。

一、良好農業規範建立

- 提升農產品品質與安全
- 展現生態方面為安全用藥與合理施肥
- 社會與經濟永續性方面，確保工作人員健康與安全與員工福祉。



安全管理

- 田間產地耕作系統
- 結合廠內進銷存ERP系統
- 有效執行追蹤追溯

風險管理

- 高莖莖果審議別與管理
- 服務系統
- 產期預測及用肥預估
- 圖樣式

品質管理

- 導入全程冷鏈運輸與品質提高
- 產品鮮度

追蹤溯源

- 建立產地耕作系統
- 通過GAP, GLOBAL GAP PLUS, TQAP, HACCP, ISO 22000
- 溯源管理稽核系統

計劃生產

- 訂製生產稽核規則
- 製作農戶管理
- 生產排程規劃

三、台灣生菜村 彩虹車隊 (冷鏈流程)

▶冷鏈系統的建立及採後處理的技術，兩者之間的巧妙結合，讓時間賽跑下將產品維持在最佳狀態。



三、台灣生菜村 資訊系統管理

透過資訊系統的建立，將農業生產納入排程管理，在種植資材及肥料使用上加入天候預測等因素，有效控制能源使用，達到農業的永續管理。



謝謝聆聽



全程冷鏈監控

彩虹車隊 全程冷鏈管理 透過車輛監控系統 APP，可以隨時取得即時溫度變化。

採前階段 採收 運送 採後階段 預冷

市場 田間管理 包裝分級



車號	異常時間	異常溫度
101	10:00	15.0
102	10:05	15.5
103	10:10	16.0
104	10:15	16.5
105	10:20	17.0
106	10:25	17.5
107	10:30	18.0
108	10:35	18.5
109	10:40	19.0
110	10:45	19.5

車號	到點時間	到點溫度
101	11:00	12.0
102	11:05	12.5
103	11:10	13.0
104	11:15	13.5
105	11:20	14.0
106	11:25	14.5
107	11:30	15.0
108	11:35	15.5
109	11:40	16.0
110	11:45	16.5

日期	車號	異常次數	異常溫度
10/10	101	1	15.0
10/10	102	1	15.5
10/10	103	1	16.0
10/10	104	1	16.5
10/10	105	1	17.0
10/10	106	1	17.5
10/10	107	1	18.0
10/10	108	1	18.5
10/10	109	1	19.0
10/10	110	1	19.5

花卉冷鏈轉運斷鏈

莊炳煌

臺灣花卉輸出業同業公會總幹事

摘要

2022年初，在產、官單位的見證下，台灣花卉冷鏈系統的最後一哩路，在台北花市舉辦發表記者會。

台北花市2020年花費近億元建立全台唯一全場空調、冷鏈環境的花卉拍賣批發市場，因此推動農糧署、台中及南投地方政府的合作，農糧署補助南投與台中兩地分別購置26公噸花卉冷鏈車，讓花卉冷鏈供應系統得以完整建立，從採後處理、低溫包裝、冷藏運輸再介接台北花市的冷鏈系統，從產地到花市都能夠維持品質。形成全台第一條花卉冷鏈供應體系。



然而外銷花卉冷鏈斷鏈情況，依舊經常發生斷鏈。

傳說中的中部冷鏈中心，也未見後續的規劃！

台灣蝴蝶蘭切花及文心蘭切花外銷，需要穩質穩量，冷鏈不解決，奢言全球行銷！

台灣的蔬菜水果是季節性出口，有設冷鏈物流倉儲！花卉產品全年每週出貨！

冷鏈卻被忽略！

全年度外銷的花卉需要冷鏈計畫！

外銷花卉冷鏈斷鏈情況


台灣花卉輸出業者公會
 TAIWAN FLORICULTURE EXPORTERS ASSOCIATION

報告人：

台灣蝴蝶蘭切花及文心蘭切花外銷分布圖

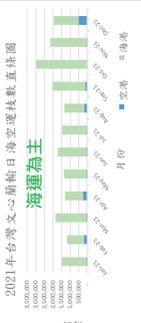


產區世界第一
日本佔有量第一

台灣花卉輸出業者公會
TAIWAN FLORICULTURE EXPORTERS ASSOCIATION

2021年台灣文心蘭輸出日海空運樣數直條圖

海運為主



2021年	文心蘭輸出日樣數	海運	空運
Jan-21	135,629	135,629	0
Feb-21	138,468	138,468	0
Mar-21	144,408	144,408	0
Apr-21	151,254	151,254	0
May-21	161,635	161,635	0
Jun-21	172,020	172,020	0
Jul-21	182,405	182,405	0
Aug-21	192,790	192,790	0
Sep-21	203,175	203,175	0
Oct-21	213,560	213,560	0
Nov-21	223,945	223,945	0
Dec-21	234,330	234,330	0
全年	2,033,255	2,033,255	0

2021年台灣蝴蝶蘭輸出日海空運樣數直條圖

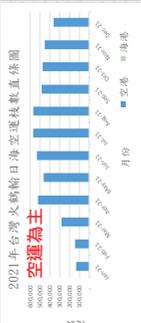
海運為主



2021年	蝴蝶蘭輸出日樣數	海運	空運
Jan-21	151,024	151,024	0
Feb-21	158,831	158,831	0
Mar-21	166,638	166,638	0
Apr-21	174,445	174,445	0
May-21	182,252	182,252	0
Jun-21	190,059	190,059	0
Jul-21	197,866	197,866	0
Aug-21	205,673	205,673	0
Sep-21	213,480	213,480	0
Oct-21	221,287	221,287	0
Nov-21	229,094	229,094	0
Dec-21	236,901	236,901	0
全年	2,033,255	2,033,255	0

2021年台灣文心蘭輸出日海空運樣數直條圖

空運為主



2021年	文心蘭輸出日樣數	空運	海運
Jan-21	135,629	135,629	0
Feb-21	138,468	138,468	0
Mar-21	144,408	144,408	0
Apr-21	151,254	151,254	0
May-21	161,635	161,635	0
Jun-21	172,020	172,020	0
Jul-21	182,405	182,405	0
Aug-21	192,790	192,790	0
Sep-21	203,175	203,175	0
Oct-21	213,560	213,560	0
Nov-21	223,945	223,945	0
Dec-21	234,330	234,330	0
全年	2,033,255	2,033,255	0

台灣花卉輸出業者公會 彙整 www.tfea.org.tw 切花輸出統計每月17日更新

台灣切花出口：澳洲、中東、荷蘭 只靠空運

航班選擇：直飛 vs 轉機航班



台灣花卉輸出業者公會
TAIWAN FLORICULTURE EXPORTERS ASSOCIATION

台灣的蔬菜水果是季節性出口，有設冷鏈物流倉儲！

花卉產品全年每週出貨！卻被忽略！

花卉冷鏈也很重要！花卉冷鏈也很重要！！花卉冷鏈也很重要!!!

花卉冷鏈訴求：

1. 外銷花卉冷鏈物流轉運中心(中部地區靠近國道交流道)
 - 1.1 可讓花卉出口業者進駐，依使用面積承租冷庫！
 - 1.2 花東包裝場打樣中心(創業者成中心)
2. 桃園機場端：

全年度外銷的花卉需要冷鏈計畫！



感謝您的聆聽

台灣農業科技前瞻論壇
生鮮蔬果冷鏈物流

報告人: 福和生鮮農產股份有限公司
總經理 邱唯誠

福和生鮮農產股份有限公司
中央研究院農業生物學研究所
11001 台北市信義區松壽路9號
TEL: 886-2-27529852
FAX: 886-2-27529853



簡報大綱

CONTENTS

- 01 前言
- 02 生鮮蔬果園產品集貨之冷鏈物流
- 03 生鮮蔬果園產品品質控管策略
- 04 生鮮蔬果專業處理與加工人員需求缺口及因應對策
- 05 結語

一、前言

生鮮蔬果屬易質變與腐敗之農產品，從蔬果園之採收→集貨→運輸→加工→成品→通路配送→DC驗收→上架銷售，為確保產品的鮮度與品質，在整個供應鏈的各個鏈結的作業流程中，全程都需在冷鏈不斷鏈的作業中進行，才能達到確保產品鮮度與品質，以提供消費者食用安全與新鮮的蔬果品質為最終目標。



二、生鮮蔬果園產品集貨之冷鏈物流

- 01 採收
- 02 採收場作業
- 03 採收場及處理場作業
- 04 暫存倉
- 05 運輸
- 06 出貨



三、生鮮蔬果產品品質控管策略

- 01 建立產品篩選及規格分級作業標準
- 02 建立不同生鮮蔬果產品的溫度、濕度作業規範
- 03 建立不同生鮮蔬果產品品質檢驗作業規範
- 04 建立品管人員執行檢驗作業之教育訓練與考核作業規範
- 05 建立品質異常矯正改善方案之追蹤及統計作業規範



四、生鮮蔬果專業處理與加工人員需求缺口及因應對策

1. 人員缺口造成因素
 - 1.1 人口結構(高齡化,少子化)造成的人力需求斷層。
 - 1.2 生鮮農產屬傳統產業相較科技產業與服務產業之就業市場吸引力呈現弱勢,人才招募與培育不易。
 - 1.3 生鮮蔬果產業鏈人員學習曲線較長。
 - 1.4 生鮮蔬果加工產業過度依賴人力,自動化程度低。



四、生鮮蔬果專業處理與加工人員需求缺口及因應對策

2. 人員缺口之因應策略
 - 2.1 在政府教育政策面:
 - 2.1.1. 規劃擴大生鮮蔬果種植、加工、冷鏈物流相關技職科系。
 - 2.1.2. 與產業結合擴大生鮮蔬果加工之「輪調式建教合作班」規模。
 - 2.1.3. 配合學校引進面向外籍學生比率投入建教合作之勞力市場。
 - 2.1.4. 補助業者產學合作的預算。
 - 2.1.5. 政府補助機具產業加速研發自動化生產設備輔導產業升級。
 - 2.2 在產業人力培訓政策面:
 - 2.2.1. 擴大提供輪調式建教合作班的員額。
 - 2.2.2. 規劃編列人員培訓預算。
 - 2.2.3. 透過績效考核留任績優人員作為種子教官人選。
 - 2.2.4. 建立人員升遷制度培訓基層及中間幹部。
 - 2.2.5. 配合政府輔導與補助,加速生產自動化系統之建置。



五、結語

- 01 生鮮蔬果園產品供應鏈業務模式之創新(內銷與出口並進)
- 02 政府輔導及輔助生鮮蔬果園產品產業鏈之冷鏈物流系統之建構
- 03 生鮮蔬果園產品之產業鏈成員專業培訓以提升自我競爭力
- 04 生鮮蔬果加工業建構完整「價值鏈」(Value Chain)提升競爭優勢
- 05 擴大產學合作穩定人力需求並培訓專業人力
- 06 加速推動產業自動化取代人力及產品升級



截切鮮果之冷鏈物流與品牌化策略

張仁懋

臺中市東勢區農會廠長

摘要

臺中市農業發展蓬勃發展，合宜的栽培土質、環境、氣候與水質加上良好栽植技術，使得大臺中區鮮果產出類型多元豐富，品質優良遠近馳名，其中以柑橘、水梨、火龍果等，都是帶動臺中農業發展重要產業之一。

東勢區主要產業以農業生產為主，高接梨面積約 1,300 公頃、甜柿面積約 650 公頃，柑桔面積約 300 公頃，因近年來氣候異常現象之影響，價格及生產環境日漸困苦並因先天地理位置之限制，生產方式及農作物種類受季節、氣候及環境影響甚大，農業面臨全面性的勞力不足與高齡化的問題，並面臨國際貿易自由化的衝擊，國內農產品需與國外農產品競爭，整個農業極需調整經營架構，才能維持農產提升競爭力，確保未來的農業發展空間。

也因應現代社會以小家庭為主消費市場，民眾消費習慣改變，東勢區農會與農委會及市府輔導之下，於 2020 年 9 月，成立全台唯一由農會經營的「蔬果截切場」，並取得 ISO22000 國際食品認證，成立期間輔導供果契約農戶通過產銷履歷認證，透過農會既有行銷包裝鮮果以外，來拓展冷鏈加工技術推廣截切水果盒，將在地農產品精緻化提升農業附加價值使得即食鮮果普及化，提升產地農產品價值增加農名收益為目標。

推廣臺中優質農業形象，東勢區農會推動以截切鮮果品牌化為推動主軸，先期以建立自有品牌「呷追果」，以優良品牌形象帶動大臺中農業整體經濟發展。

目前環境通貨膨脹人物料價格上揚的因素，為加速農業發展及加工環境應導入機械半自動化減少人力成本，提升生產效能改善人力包裝作業，來因應未來產能極大化並優化場內生產包裝安全衛生規範以更有效率增加生產效能，加強農業機械與科技結合的新思維銷售模式，拓展農產品科技運用來普及即食鮮果生產行銷。

農會目標任務

1. 本會成立水果截切場，整合鄰近地區(豐原、石岡、新社、和平)之農產品資源，解決農產品常見之格外果品及果皮瑕疵的共通性問題。
2. 透過現代化機械化包裝設備及產能機械化製程之穩定快速特性，可與通路商提供地區內更多產量及多樣化，進而提升場內生產效能。

農會價值：穩定市場價格，塑造地區果品新契機
 核心價值：增加果品利用率，以冷鏈加工方式導入新興消費市場



台灣冷鏈論壇

2022.10.14



緣起

消費模式改變

傳統通路：批發市場、販運商等→量販店、超市等大型實體通路與電子商務通路→無人商店、智販機。

冷鏈全稱為「**冷凍冷藏保鮮**」，屬於溫度控制的供應鏈系統，重點在於從產地、供貨商就開始實行整個冷鏈物流的溫度落實，其中包括常溫、低溫、生鮮，目的都在**保鮮以及延長和確保產品的保存期限**。

氣候因素

果實缺水無法長大多偏向小果，造成農產品更困難穩定供貨，截切場的功用除了是讓消費者吃的安全安心，另外的功用也是希望直接在產地處理B、C級果品統稱格外品，減少果品的廢料。

我們在進入蔬果截切場後更加明白，「**冷鏈保鮮**」在這的產業是重點

而**個體急速冷凍IQF** (Individual Quick Freezing的簡稱)在運用零下負20度C至負40度C的冷凍技術使蔬果保持原本的新鮮，保存期限更能延長，讓消費者並非是吃「正丟時」而是隨時能夠品嚐「在櫃紅」，所以冷鏈是未來農業加工或蔬果截切場未來必行的一條路。





市場調查

根據財政部營利事業稅統計，108年3月底飲料店家數達2萬2482家，七成飲料店集中於六都，以高雄市、台南市、台中市佔比較多。

台灣每年可賣出10.2億杯手搖茶，平均每人每年喝掉43.3杯。街道上也是琳瑯滿目的茶飲店我國冷熱飲料店營業額在10年間快速成長了三倍，從2010年的從197.8億，到2020年成長到580.9億。

表 1 兩岸貿易進出口量值本期以上年同期比較 - 全部國家

項目	出口量		出口值		成長率
	本期	上年同期	比率	本期	
香蕉冷凍	0	-	0	-	0%
鳳梨冷凍	3	35	8	31	-288%
芒果冷凍	48	73	34.9	367	-56%
荔枝冷凍	0	-	0	-	0%
榴槤冷凍	2	-	8	-	-
其他冷凍水果	7	14	48.2	51	-59%
香蕉冷凍	0	-	0	-	0%
鳳梨冷凍	2	14	81.8	28	-70.4
芒果冷凍	28	60	53.3	122	-143%
榴槤冷凍	2	-	8	-	-
其他冷凍水果	7	2	210.7	32	171.4
芒果冷凍	1	4	84.3	5	-81.5
荔枝冷凍	0	-	0	-	0%
鳳梨冷凍	15	2	823.7	80	11
芒果冷凍	2	0	650	17	2
鳳梨冷凍	2	0	653.6	89%	

備註：本期指108年4月至110年4月，上年同期指108年4月至109年4月
資料來源：行政院農委會農產統計資料



國內市場

急速冷凍商品預計在111年6月前達成手搖店或烘焙業共計5間的冷凍水果供貨。預計營業額五百萬元整。

開發截切新品2樣，預計111年2月上市，在111年達成營業額二百萬元整。

新品可結合超商(7-11、全家、萊爾富)冷凍低溫取貨。

國外市場

利用柑橘類切片急速冷凍進入出口貿易。預計出貨量10000公斤，營業額八百萬元整。

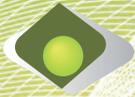
前瞻智慧農業與冷鏈物流技術發展趨勢

林希夢

臺灣冷鏈協會教育認證委員會主任委員

報告內容摘要：

1. 近年來 C2F(Customer to Factory)模式，也就是：「客戶直接向品牌/工廠訂購」的社會來臨，農產品也開始使用生鮮電商 C2F 的方式直銷給消費者。農業的新零售 C2F 模式，也可以視為 Customer to Farm（客戶直接向農場訂購），有望為農業生產班隊帶來更好的收入。觀察近兩年以來全聯小時達、熊貓超市、台北農產運銷等單位的生鮮電商銷量，農產品 C2F 模式持續加速成長。此一結構性轉變值得關注！
2. 由於近三年以來外賣熟食與宅配生鮮產品到家的銷量快速上升，生鮮電商銷售模式成為台灣日常生活中的一部分。而機車宅配冷鏈物流，缺少足夠的製冷設計，將影響生鮮產品品質，在夏季更要加強改善。小型冷鏈溫度 AIoT 設備已經發展成熟，可以監控到每一箱的冷鏈物流配送連續溫度記錄。建議未來應該建立「生鮮農產品冷鏈全程履歷」制度，以提供高品質農產品的冷鏈物流明確的保障制度。
3. 農產品冷鏈物流全流程在田間預冷作業已經較為普及。生鮮農產品物流中心也在快速增加之中（全聯、全日等），但是就農產冷鏈物流全供應鏈的效率與總成本而言，未來應將生鮮蔬果截切與包裝機能盡量安排在靠近產地完成，可節省運輸到城市的冷鏈物流總重量/運費成本，並減少城市內損耗蔬果廢棄物的垃圾量。
4. 各城市對生鮮電商產品消費記錄的大數據逐漸形成，對於農產品冷鏈物流中心的作業量與運輸量，可以作為更加精準的參考，適當運用可提升配送效率。建議進一步利用人工智慧與大數據分析，建立市場需求與農產生產班組互動機制，精準調節產銷以降低各地生鮮電商物流中心庫存與過期報廢數量。



智慧省工

引言人：

農委會農業試驗所

蔡致榮副所長

與談人：

彰化縣政府農業處 邱奕志處長

中興大學生物產業機電工程學系 謝廣文主任

鎧麟機械有限公司 洪福良總經理

中華電信股份有限公司 張大笙科長

臺灣微軟設備夥伴應用事業群 蕭名沂經理

農委會臺中區農業改良場 田雲生課長

農業智慧省工

蔡致榮¹、陳柏中²、葉有順³

農委會農業試驗所

jrtsay@tari.gov.tw、pcchen@tari.gov.tw、usoonsoon@tari.gov.tw

摘要

農業中的節省勞動力技術必須克服風險和投資回報較低的挑戰，而採用節省勞動力的技術是因為它們可以潛力地增加收入並降低勞動力投入成本和相關風險。但節省勞動力技術的發展在農業產業中並不一致，對於大多數一年生作物（例如穀物）而言，採用和推廣節省勞動力的機械是成功的，但特種作物（例如新鮮果蔬）的省工技術尚未得到充分開發或廣泛採用。尤其為了確保採用，節省勞動力的技術必須在經濟上可行，而節省勞動力技術朝智慧化發展，更有很大空間待努力。本文就農業智慧省工議題進行國外相關文獻的回顧，並彙整分析國內近 10 年智慧省工研發概況，旨在汲取多方經驗以為未來援引持續精進參考，並綜整結論提供建議，供作 2022 中臺灣農業科技前瞻論壇智慧省工場次引言資料，以就教各方賢達，然而撰稿倉促多所繆誤，尚請不吝賜教指正。

關鍵詞：節省勞動力技術或省工技術、智慧省工、省工創新

壹、前言

就提高農業生產力並最終促進國家經濟繁榮而言，技術創新非常重要。比起以往，任何現代全球農業都更有效率，這主要歸功於勞動力節省的技術（Edan 等人，2009）。與其他行業不同，農業環境複雜、多變、結構鬆散，更需精進農業省工技術。此外，農業實施的特定系統方法，涉及不同學科的融合，在大多數情況下，包括生物學/農業相關領域以及工程學。而且，農業產出通常價格較低

¹ 行政院農業委員會農業委員會農業試驗所研究員兼副所長

² 行政院農業委員會農業委員會農業試驗所農業工程組助理研究員

³ 行政院農業委員會農業委員會農業試驗所智慧農業專案推動小組經理

且具有季節性，農業中的省工技術必須克服風險和投資回報較低的挑戰。儘管如此，農業技術革命的結果導致生產力提高，包括降低生產成本、減少對勞動力的依賴、提高農業產出品質和改善環境控制（Edan 等人，2009）。

節省勞動力的技術對勞動力的供需產生相當大的影響，因此通常具有重大的政策意義。從政策角度來看，機械化技術可能會導致勞動力需求減少和企業集中度增加。考慮到對經濟主體的影響，採用節省勞動力的技術是因為它們可以潛力地增加收入並降低勞動力投入成本和相關風險（Sunding & Zilberman, 2001）。然而，為了確保採用，節省勞動力的技術必須在經濟上可行。一旦技術被證明是可行，影響擴散模式的因素，包括與農業活動相關的內在風險、投資成本、圍繞創新績效和可靠性的不確定性、特定農業經營的適宜性以及環境條件等。宏觀經濟方面也會影響節省勞動力的技術的採用和傳播。而且省工技術的發展在農業產業中並不一致。對於大多數一年生作物（例如穀物）而言，採用和推廣節省勞動力的機械是成功的，但對於特種作物（例如新鮮果蔬）則不然。系統性技術創新（即改進種子、肥料、害蟲管理等）帶來的生產力提高導致對勞動力的需求增加，但特種作物的省工技術尚未得到充分開發或廣泛採用（Gallardo & Sauer, 2018）。

同樣地，近年來臺灣農業面臨挑戰，農業人力斷層及極端氣候問題，已影響農業經營與供給需求穩定。因此農委會擬訂「智慧農業」綱要計畫，以「智慧生產」與「數位服務」兩大面向為主軸，希望透過智能生產與智慧化管理，突破我國農業之困境，提升農業整體生產效率與量能；並藉由物聯網與大數據收集與分析應用技術，建構主動式全方位農業消費/服務平臺，滿足農業利害關係人需求，提高消費者對農產品安全之信賴感（王與楊，2018），其推動施行無疑地也加速節省勞動力技術朝智慧化發展。智慧農業計畫利用感測技術、智慧機器裝置、物聯網和大數據分析等關鍵技術，建構智慧農業產銷與數位服務體系，提升農業整體生產效率與量能。智慧農業計畫先以十大領航產業：稻作、農業設施、菇類、種苗、養殖漁、海洋漁、家禽、家畜、蘭花及外銷主力作物等產業進行研發並研擬策略。其主要為：(1) 以智農聯盟推動智慧農業生產關鍵技術開發與應用、(2) 整合資通訊技術打造多元化數位農業便捷服務與價值鏈整合應用模式及(3) 以人性化互動科技開創生產者與消費者溝通新模式。

本文就農業智慧省工議題進行國外相關文獻的回顧，包括美國農業勞動力萎縮問題之創新解決策略、機器人崛起採用與監管、省工技術對女性的影響、小型

農場精準農耕方法的可能實踐及 2040 年日本農業系統和營運規劃情境；國內部分則彙整分析近 10 年智慧省工研發概況。旨在汲取多方經驗以為未來援引持續精進參考，並綜整結論提供建議，充當 2022 中臺灣農業科技前瞻論壇智慧省工場次引言資料，以就教各方賢達，撰稿倉促多所繆誤，尚請不吝賜教指正。

貳、智慧省工文獻與案例回顧

一、國外智慧省工

(一) 智慧省工相關的若干定義

1. 節省勞動力技術 (labor-saving technologies, LST)

技術的通用定義為 "用於提高生產力、降低生產和加工成本並節省稀缺資源或投入 (例如勞動力或能源) 的實踐或技術、工具或設備、專有技術和技能，或上述要素的組合" (Ragasa, 2012)。針對節省勞動力的技術 / 做法，聯合國糧農組織 (Food and Agriculture Organization, FAO) 定義為，可以透過解決任務所需特定勞動力限制以減少特定任務所需時間和精力的技術 / 做法 (Grassi 等人, 2019)。而 Bishop-Sambrook (2003) 將其定義為 "減少苦差事和 / 或提高執行各種農耕或家庭活動效率的工具和設備"。

2. 智慧農耕 (Smart Farming, SF) 或智慧農業 (Smart Agriculture, SA)

智慧農耕主題網絡 (Smart Farming Thematic Network) 定義智慧農耕或智慧農業為 "現代資通訊解決辦法的應用，例如精準設備、物聯網、感測器與致動器、地理定位系統、大數據、無人機及機器人等，導入農業以提升一種根據消費者、社會與市場意識且備受敬重的透明農耕"。然而從農民觀點，智慧農耕應該以更好決策或更有效率利用經營管理的形式而為農民提供增加收入的價值。通常運用的方法主要包括管理資訊系統、精準農業與農業自動化與機器人等。除了大型傳統的農耕利用，智慧農耕也可能是提升農業利用其他共通或成長趨勢的新手段，例如家庭農耕 (小或複雜空間、特定栽培與 / 或牛隻畜養、保護的高品質或特別品種)、有機農耕。(Smart Farming Thematic Network, 2022)

3. 智慧網聯產品 (Smart, Connected Products)

智慧網聯產品有 3 種核心要素：實體組件、智慧組件與連結性組件。智慧組件放大實體組件的能力與價值，而連結性組件放大智慧組件的能力與價值，並讓它們中的某些在該實體產品本身外邊存在。結果是整個作物生長價值改進的良性

循環。(Porter & Heppelmann, 2014)

(二) 省工創新

針對農業勞動力萎縮的創新，Charlton 等人(2019)指出隨著美國農場的勞動力供應持續減少，如果農民希望在全球經濟保持競爭力，他們將必須投資於節省勞動力的技術。成功的創新將需要對結合園藝和工程專業知識的跨學科研究進行大量前期投資。同時，他們將需要投資於人力資本，學習使用新技術並管理"技術化(teched-up)"的農場勞動力。大多數成功的創新只有在栽培品種、機械工程和資訊技術方面取得進步才能實現，這凸顯跨學科協調的必要性。採用節省勞動力的技術可能需要改變植物品種、果園佈局、耕作方式和機械，從而產生巨大的啟動成本。新的農場投資在財務支出和學習方面都可能很高，但在工資上漲和勞動力短缺的情況下，它們越來越可獲利。隨著農業技術變得更加資訊技術密集，對基礎設施(例如，將網絡導入田間)、教育(為未來的農業勞動力做好準備)和研發的投資將需要政府發揮更大的作用和公私合作。

Gallardo & Sauer (2018) 回顧構成節省勞動力技術經濟學基礎的幾種經濟理論(誘導創新理論和由此發展而來的後續理論)、實證應用研究(將現有文獻分類為對技術採用的事前(ex ante)和事後(ex post)分析)及有關農業(包括農作物和牲畜)中最成功省工技術採用的經濟研究，並討論農業中節省勞動力技術的未來及其對新社會和經濟結構的影響。技術採用的事前分析表明，投資應該在平均獲利時進行，強調風險成本和延遲投資的價值。了解新技術的不確定性對於做出正確的決定至關重要。採用節省勞動力技術的決定涉及多種類型的不確定性，包括技術性能、未來勞動力價格、未來產出價格、能源成本以及未來更便宜技術的可用性。決策者必須權衡風險規避、改進資訊和預期未來，以證明延遲投資決策的合理性；而技術採用的事後分析表明，新技術的採用者關心與新技術特性和性能相關的不確定性，以及這些不確定性如何影響農業績效的各個方面。為了降低與性能和故障相關的風險，保險和系統備份可能是一種替代方案。該回顧整理尖端的省工技術，包括農作物的勞動力節省(自動導引系統、灌溉系統、苗木生產、自動噴霧器、雜草控制自動化、作物收穫)及畜牧業的勞動力節省(乳製品、豬肉、家禽)。Gallardo & Sauer 並指出繼農業兩次重大革命(綠色革命-採用雜交種子、機械化設備、改進的灌溉系統以及肥料和殺蟲劑等低成本化學品及數位農業革命-以自動化系統、機器人、感測器技術、大數據分析平台和人工智慧的開發和採用)

之後，未來的農業系統將依賴機器人、感測器和大數據分析，使主要經營者能夠在空間和時間尺度上以更高的精度管理他們的田地。

針對數位轉型的核心，Cambridge Consultants (2021) 提供有關如何成功導引自動化（使用機器和流程複製一系列手動任務）至自主（autonomy，使用機器智慧自動化一系列複雜的活動以完成手頭的任務，亦可稱自我管理 self-governance）之路的實用指南，旨在幫助提升自動化，進行超越競爭對手的突破性創新。該白皮書指出從自動化至自主的三個級別分別從原始數據收集到洞察決策，再到自主響應。在數據收集級別，通常是半智能系統，系統收集並記錄有關其使用、環境條件與性能的數據，但沒有能力做出基於所蒐集數據的任何決定。洞察決策級別包括數據與過程，可能是智能 / 半智慧系統，系統收集數據並將其處理為實時可操作信息，然後系統或人類操作員使用它做出最佳決策。而自主響應級別包括數據、過程與行動，通常是智慧系統，系統收集處理數據，並以完全自主、動態和適應不斷變化操作條件的方式採取適當的行動。最有參考價值處是也揭示成功數位轉型的最有效組件包括，(1) 感測器融合：將來自不同感測器來源的數據組合起來，以提供比單來源更能確定洞察力。相關校準的複雜性、現實世界的干擾、噪聲和其他影響可在最早階段得到處理。(2) 用於洞察的數據聚合：從感測器獲取的數據可於設備本身以邊緣人工智慧計算、快速處理解釋並當地採取行動。(3) 通信技術：無線網絡 (5G)、衛星通信網絡、蜂窩網絡等，已準備好幫助改變行業。(4) 加速發展的模擬環境：創新者轉向合成數據和模擬，以大幅降低開發成本和時間尺度。模擬環境提供那些可能過度導致重大故障的塵土飛揚、陽光不足、寒冷等條件，並確定感測器套組組合以應對此類可能性。(5) 數位安全：成功自動化策略的重要組成部分，以應對日益增加的風險。任何基於自動化或自主的開發從開始就建立安全要求。

機械化和自動化可以在提高作物產量和減少勞動力需求方面發揮關鍵作用。然而，水果和蔬菜等特種作物尚未完全受益於許多行列作物中取得成功的技術。針對行列作物，主要應用發展包括作物監測、精準和變率的化學施用及 GPS 的引導。Karkee & Zhang (2012) 介紹美國特色作物生產的機械化和自動化技術，指出一些大規模機械化技術也可用於特種作物生產，例如用於果樹的非選擇性疏花機 (blossom thinning machines) 已可商購獲得，而搖動和捕獲機構 (Shake and catch mechanisms) 被廣泛應用於收穫漿果作物。但成功應用機械化和自動化技術於特

種作物面臨特殊的挑戰，包括複雜的植物結構、產品形狀和尺寸的不一致、產品的精緻性以及較小的規模經濟等。除了勞工問題之外，更嚴格的品質和安全法規加強對更自動化生產的需求。未來如果不開發節省勞動力的技術，可能會有更多的種植者不得不放棄特色作物種植。他們也指出新的機械化友善果園架構為自動化開闢可能性。此外，低成本計算能力的可用性、機器人技術的最新進展以及新的感測器技術在自動化特種作物生產操作方面顯示出良好的前景。

Fennimore 等人 (2016) 探討特種作物雜草控制自動化技術指出，由於特種作物，如花卉、草本植物和蔬菜，通常沒有足夠的除草劑化學成分以控制雜草，並且一直依賴手工除草以實現商業上可接受的雜草控制。然而，勞動力短缺導致人工除草成本增加。如果要控制生產成本，則需要開發用於特種作物雜草控制的省工技術。機器視覺技術與數據處理器一起被開發用於使商業機器能夠識別作物行列樣式，並控制執行諸如去除行內雜草等任務的自動化設備，以將作物疏減。商業機器視覺系統依賴於作物和雜草間的大小差異和 / 或常規作物行列樣式，以使系統能夠識別作物植物並控制周圍的雜草。然而，在雜草很大或雜草種群非常密集的地方，當前的機器視覺系統無法有效地區分雜草和農作物。當今市售的自動除草機和疏株機 (thinners) 依靠中耕機或定向噴霧器以控制雜草。未來型式的雜草控制執行機器可能會使用氣流中的沙子進行物理性磨損或使用燃燒裝置加熱以殺死雜草。未來的雜草控制策略可能需要使作物適應自動除草設備。一個例子是改變作物行列樣式和間距，以促進兩個方向的種植。化工公司持續整併使得研發新除草劑的公司數量減少；開發新除草劑的成本增加和現有產品的價格競爭表明新除草劑開發的下降趨勢將繼續。相比之下，自動除草設備不斷改進並變得更加有效。與傳統農藥公司相比，開發智能除草技術的公司規模相對較小，並且不像農藥公司擁有和必須捍衛傳統除草劑的限制。因此，小型新創公司有可能成為未來新雜草管理技術的主要來源。

(三) 機器人崛起、採用與監管

Schlog 等人 (2018) 針對機器人後備軍的崛起調查有關自動化的文獻，並在此過程中討論經濟發展理論背景下自動化的定義和決定因素，評估自動化與就業相關影響的經驗估計，並概述公共政策對自動化的反應。結果認為技術和自動化進步的主要影響不一定是發展中國家的大規模裁員和技術性失業（儘管在某些情況下兩者都是合理的），而是朝向去工業化 (deindustrialization) 和農業化

(agriculturalization) 的壓力越來越大。隨著農業和製造業工作的自動化，工人將繼續湧入服務業，壓低工資。這本身將阻礙減貧，並可能對國家不平等造成上行壓力，因而削弱減貧能力的增長，並可能使現有的社會契約承受壓力，甚至可能限制更具包容性社會契約的出現。許多就業研究的重點可能過於狹窄，數位革命對勞動力結構變化和經濟發展策略的影響還有更廣泛的問題需要解決。與已發展國家相比，發展中世界很可能會受到自動化帶來的更多負面影響，因為 (i) 與富有世界相比，因勞動力替代技術進步而失去的工作崗位要多得多，並且 (ii) 新產業可能會停止將生產外包給發展中國家。發展中國家因此面臨自動化帶來的若干政策挑戰。鑑於技術變革的步伐，技能提升策略可能不是靈丹妙藥。安全網和工資補貼可能是可取的，但問題仍然是如何為它們提供資金（不使勞動力成本更高，從而加劇替代趨勢）。投資於基礎設施建設、社會、教育或醫療保健等勞動力密集行業可能是發展中國家應對自動化破壞性影響的一種方式，儘管這些將意謂重大的公共投資，並且本身並不能替代經濟發展的長期策略。最後他們總結，自動化正在挑戰後期開發人員低成本勞動力的競爭優勢。其次，許多發展中國家的勞動力很脆弱，工資停滯不前，過早去工業化可能迫在眉睫。然而，失業（還）不是問題。第三，需要提出不同的政策和研究問題，關注技術對就業的影響和自動化的政治經濟學，而不僅僅是原則上的可自動化性 (automatability)。

針對小型農場機器人興起的議題，Halweil (2016) 指出農場機器的小型化 (miniaturization) 可能是農業科技的反趨勢，其實際上鼓勵較小且更多元的農場。藉由小型農場機器人，讓農民更容易照顧多元的作物栽培地景。其最大好處在於處理錯綜複雜多元農場的勞力短缺；而不是巨大的單一栽培 (monocultures)。技術（包括感測器、機器人、基於雲的 AI）的進步正擠壓農耕上人力需求的現實，小型農場機器人因此在全球農業的關鍵十字路口上出現。無獨有偶，英國施羅普希爾 (Shropshire) 哈珀·亞當斯大學 (Harper Adams University) 工程主任賽門·布萊克莫爾 (Simon Blackmore) 預言在不久的將來，農場主與種植者將拋棄他們怪物尺寸的曳引機而偏好更小、更智慧的精準機械。目前農場主與種植者被困在惡性循環裡，亦即他們使用巨大機器投入栽培作物高達 90% 的工作，竟諷刺地導至需彌補因巨大機器所引起的損害中。因此他們說，「沒有錯誤的土壤或天氣這樣的事 - 只有錯誤的曳引機」。小型農場機器人的另一優點是我們能像在超市挑選最佳產品一樣於田間進行選擇性收穫 (Selective harvesting)，我們能夠發展機器，評估它

們前面的產品並只挑選 100% 可銷售品質的部分作物，因此不僅能收穫也於收穫當下進行分級，因此在離開農地之前，顯著增加作物的價值。(Anderson, 2015)

根據 PitchBook 的研究，2020 年，風險投資家向美國的農業科技新創公司投資 61 億美元，比 2019 年增長 60%。將機器人技術、計算機視覺和自動化解方案應用於農業公司是去年創紀錄水平風險投資資金的最大受益者，尤其是垂直農耕公司。此外未來五年增長潛力最大的一些農業技術子行業包括 (1) 耕犁、除草和種植機器人；(2) 用於評估作物和計劃施肥時程且裝有感測器的無人機；(3) 溫室和苗圃自動化技術；(4) 計算機視覺系統，用於識別植物和土壤中的作物健康、雜草、氮和水分準；(5) 作物運輸、選別和包裝機器人；和 (6) 用於預測產量規劃的 AI 軟體。總之，任何農業科技公司要想贏得農民的青睞，就必須解決一個大問題，並以一種不干擾農場當前工作流程的可重複方式進行能為他們節省大量時間和 / 或金錢的方式來做。預期中小型農場在採用自動化方面處於領先地位。儘管工業化農場擁有大量資本儲備，但它們也建立難以替代的系統。較小的農場需要更換的此類系統較少，並且願意嘗試鮮為人知新創公司提供的機器人即服務 (robots-as-a-service, RaaS) 解決方案。(Dunlap, 2021)

回顧作物機器人和自主機器的採用與監管現狀，Lowenberg-DeBoer 等人 (2022) 指出，用於作物生產的自主設備處於技術和經濟可行性的邊緣，但政府監管可能會減緩其採用速度。關鍵的監管問題包括對現場人工監督的要求、對自主機器錯誤的責任以及機器人學習中的知識產權。尤其，作為監管對自主作物設備經濟效益影響的一個例子，來自英國的分析表明，要求 100% 的現場人工監督幾乎抹殺自主作物設備對中小型農場的經濟效益，並擴大大型農場的規模經濟優勢（一個人可以監督許多機器人）。

(四) 省工技術對女性的影響

Vemireddy & Choudhary (2021) 系統地回顧有關發展中國家小農和女性農民對節省勞動力技術採用因素和影響的文獻，發現獲取資訊、推廣服務和技術可用性在採用中扮演至關重要的角色。適當技術的存在和對技術屬性的理解對於實現採用過程至關重要。婦女在農業中的貢獻和她們的工作負擔是公認的，未來的重點應該是減輕他們的工作負擔，同時提高他們自己和家庭的福利。這需要針對具體情況的更細緻研究和農業干預措施，從設計到實施階段都考慮到性別需求。

(五) 小型農場精準農耕方法的可能實踐

Shibusawa (2001) 探討小型農場精準農耕方法，指出精準農耕意謂一種管理策略，以基於資訊技術螺旋發展應用於田間變異性描述、機械化、演算決策系統和變率操作 (圖 1)，從而提高生產力和經濟回報並減少對環境的影響。精準農耕發展分為三個技術層步驟和三個情境 (圖 2)。精準農耕實踐適用於小農場農業和大農場農業，它在具有產業融合策略的農村發展計劃中發揮核心作用。此處 Shibusawa 所呈現的內容雖已陳舊，但在國內農業 RTK 精密定位網絡基站建立完成，可提供平地精度誤差約 2 公分、垂直精度誤差約 3 公分情形下，仍值得再次開發進一步應用。

(六) 2040 年日本農業系統和營運的規劃情境

日本面臨快速老齡化和人口下降問題，農業部門需跨越的重大障礙是可以提供的勞動力，如何改善養育和工作與生活平衡支持系統的政策至關重要。Sekine (2021) 針對到 2040 年，什麼樣的農業系統和經營方式及其多維性將有助於在日本構建永續的社會及什麼樣的政策能夠促成社會的這種轉變兩問題，探討按勞動力和資源 (能源) 分類農場發展的四種情景 (如圖 3 所示)，並得出結論認為，為尋求減緩氣候變遷並提高農業食品系統的資源能源效率，由小規模家庭農場經營的生態農業系統 (情境 IV) 與分散和本地化的粗放型農業 / 牧場 (情境 III) 將是過渡方向，以及支持這種轉變的政策將是滿足此新社會願望和構建永續社會的關鍵。

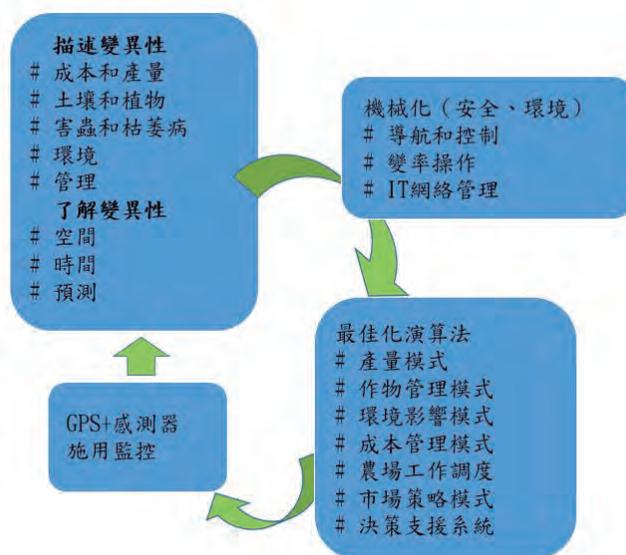


圖 1、精準農耕技術的螺旋發展 (重繪自 Shibusawa, 2001)

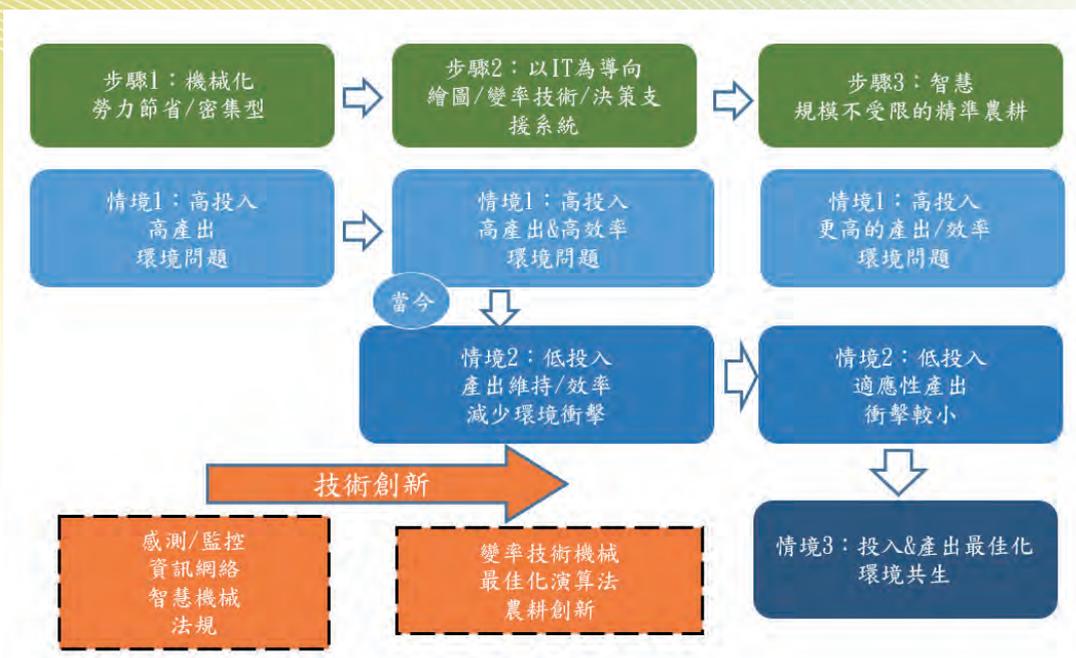


圖 2、技術水平 (3 步驟) 和農耕策略 (3 情境) 的發展 (重繪自 Shibusawa, 2001)

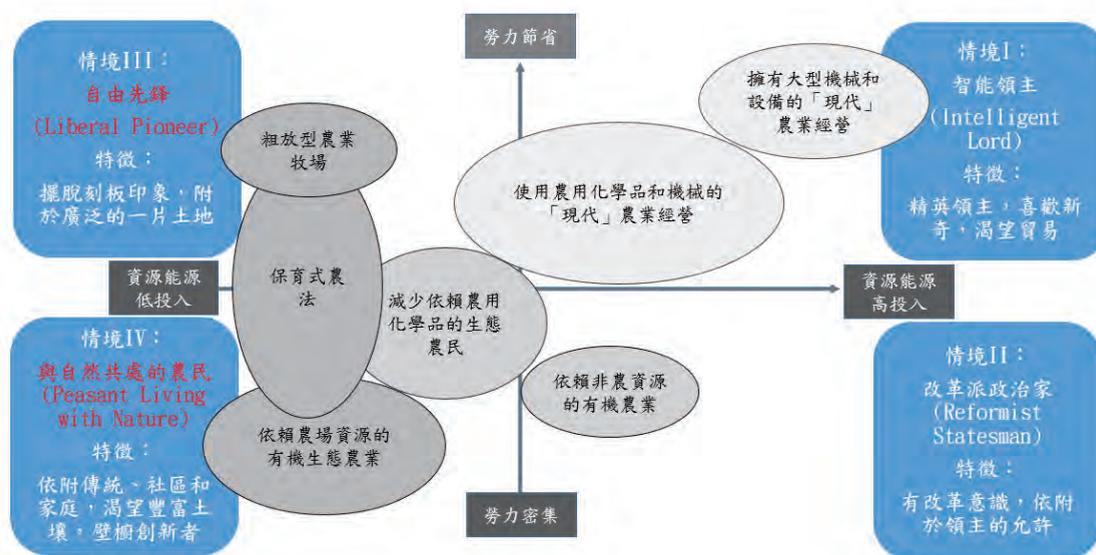


圖 3、按勞動力和資源能源分類的農業模式與未來農業經營發展情境

(改繪自 Sekine, 2021)

而下述三項相互關聯的政策對於逐步過渡到情境 III 和 IV 至關重要，即有必要徹底改革現有的農業食品政策，以促進生態農業和減緩氣候變遷。其次，必須加強支持被視為農業食品系統守護者的小型家庭農場措施。第三，制定新措施以建立更加分散、本地化、民主和規模較小的農業食品系統。

二、台灣近 10 年智慧省工研發概況

田間栽培管理省工機械方面，過去各農業改良場已進行整地、種子篩選與播種、移植、灌溉、施肥、除草、噴藥與除蟲、作物採收等省工機械研發。近年來，在智慧農業的推動下，臺東區農改場已進行「雜糧智能太陽能無人自動化播種機」之研製(黃, 2021)、農試所團隊已進行「水稻智慧間歇灌溉系統」研發(吳與王, 2021)、臺南區農改場已開發「合理施肥推薦系統」(臺南區農業改良場, 2020)、臺灣大學已技轉「智慧型株間除草系統」(趙等人, 2020)、中興大學已利用無人機進行「無人機大面積農作物 AI 分析技術」(楊等人, 2019)及「基於人工智慧之野鳥自動追蹤與雷射驅逐系統」(陳, 2019)研究。病蟲害管理系統方面，臺灣大學已研發「智慧型東方果實蠅監測器」(江, 2014)。採收搬運方面，高雄區農改場已研發「履帶式電動智能跟隨搬運機」(潘, 2021)。

農產加工與處理省工機械方面，各改良場網頁資訊顯示已進行農產品清洗、尺寸分級、品質檢測、乾燥、分切與萃取、削皮與去核、低溫處理、包裝儲存運輸、殘枝果殼粉碎及分解處理等研發。

設施生產智慧省工機械與系統方面，嘉義大學已進行「甜椒栽培植保機器人」之研究(余等人, 2019)、桃園區農改場已進行「無線傳輸自動遮陽及自動感測灌溉控制程式」(賴, 2020)、「長距白鶴蘭遠端智慧灌溉與施肥管理技術」(賴等人, 2018)之開發、臺中區農業改良場已研發「文心蘭智能補光技術」(詹等人, 2021)、臺灣大學已技轉「智慧型作物害蟲影像監測系統」(林, 2020)、屏東科技大學已研發「植物工場節能環控聯網裝置」(屏東科技大學, 2020)。

菇類智慧系統與省工機械方面，農試所已進行「菇類產業自動化生產製程」(石等人, 2021)及「國產菇類智慧化全自動製包機」研發(智慧農業網站, 2021)、國立虎尾科技大學「杏鮑菇自動化分級系統」(黃, 2019)等研究。

家禽、家畜智慧系統方面，宜蘭大學已進行「禽舍巡航機器人」(陳與蔡, 2022)、「仔豬壓迫警示系統」、「保育豬活動力監測」、「母豬發情監視系統」

(智慧農業網站，2021)、「仔豬尖叫警示系統」、「保育豬舍環境監控系統」、「洗選蛋廠產品自動搬運系統及其產品自動搬運方法」、「智能化禽舍網路監控管理系統」(邱與林，2021)等研究。臺灣大學已進行「家禽與仔豬活動力自動監測系統」、「乳牛健康監測智慧化管理系統」(蔡，2018)等研發。中興大學發展「利用紅外線熱影像進行家禽活動力評估」、「禽畜舍環境數據監測系統」等技術(江，2020)。屏東科技大學(2022)研究「一種畜舍特用機器及其AI視覺驅動方法」。畜產試驗所已進行「智慧環控鵝舍系統」、「智慧型種蛋磅秤管理系統」(楊等人，2022)、「智慧型水禽產蛋辨識監控系統」(張，2015)等研發。

養殖漁智慧系統方面，水試所已進行「水產養殖智能專家系統核心技術」(林等人，2020)、「養殖魚類攝食水面動態影像辨識技術」(張等人，2020)、「水中養殖生物體長AI辨識控制系統」(王與林，2019)、「海面養殖水下殘餌監控系統組裝及使用技術」(王與林，2020)等研發。

蘭花智慧系統與省工機械方面，已進行「可攜式溫室微氣候分析模組」、蘭花組培瓶苗智慧化生產管理系統」(智慧農業網站，2019)及「蝴蝶蘭澆水機之改良」(智慧農業網站，2020)等研究。

鳳梨生產及採後處理智能化之研究，農試所已進行「鳳梨果園智慧化栽培管理技術」及「果實水選清潔系統智能化應用」研究(智慧農業網站，2019)，高雄區農改場已進行「自走式鳳梨智能噴注催花劑機械」(潘等人，2021)之研發。

毛豆及萵苣智能生產方面，高雄區農改場已進行「毛豆採收機GPS車載影像監測系統」建置(周，2018)。臺南區農業改良場已進行「結球萵苣智慧生產技術與設備研究」(謝等人，2018)。

茶園智能化管理技術研發與應用方面，茶改場已進行「無人飛行載具於茶園生產管理之應用」(寧等人，2017)及「茶葉萎凋環境感測系統佈建技術」(黃，2021)等研究。

縱觀上述台灣近10年智慧省工相關技術研發概況(如表1)，已由省工高效技術，邁向農業數位化，但仍需積極推廣才能使其進一步普及於國內，躍升農業競爭力。另一方面，就技術智能化程度面向來看，目前已由「原始數據收集」，逐步走向「洞察決策」應用，然而「自主響應」方面則仍有待發展，為確保農業技術的競爭力，未來仍應持續投資智慧省工。

表 1、台灣近 10 年智慧省工研發概況 (共 46 項技術)

智慧省工研發技術		發展進程 O			智能化程度 V		
		省工	數位	普及	原始數據收集	數據洞察決策	自主適應
田間栽培管理	雜糧智能太陽能無人自動化播種機	O	O		V		
	水稻智慧間歇灌溉系統	O	O		V		
	合理施肥推薦系統	O			V	V	
	智慧型株間除草系統	O	O		V	V	
	無人機大面積農作物 AI 分析技術	O	O		V	V	
	基於人工智慧之野鳥自動追蹤與雷射驅逐系統	O	O		V	V	
	智慧型東方果實蠅監測器	O	O		V		
	履帶式電動智能跟隨搬運機	O			V	V	
設施生產	甜椒栽培植保機器人	O	O		V	V	
	無線傳輸自動遮陽及自動感測灌溉控制程式	O	O	O	V	V	
	長距白鶴蘭遠端智慧灌溉與施肥管理技術	O	O		V	V	
	文心蘭智能補光技術	O	O		V		
	智慧型作物害蟲影像監測系統	O	O	O	V	V	
菇類	菇類產業自動化生產製程	O			V		
	國產菇類智慧化全自動製包機	O	O	O	V	V	
	杏鮑菇自動化分級系統	O	O		V	V	
家禽、家畜	禽舍巡航機器人	O	O		V	V	
	仔豬壓迫警示系統	O	O		V	V	
	保育豬活動力監測	O	O		V	V	
	母豬發情監視系統	O	O		V	V	
	仔豬尖叫警示系統	O	O		V	V	
	保育豬舍環境監控系統	O	O		V		
	洗選蛋廠產品自動搬運系統及其產品自動搬運方法	O			V		
	智能化禽舍網路監控管理系統	O	O		V	V	
	家禽與仔豬活動力自動監測系統	O	O		V	V	
	乳牛健康監測智慧化管理系統	O	O		V	V	
	利用紅外線熱影像進行家禽活動力評估	O	O		V	V	
	禽畜舍環境數據監測系統	O	O		V	V	
	一種畜舍特用機器及其 AI 視覺驅動方法	O	O		V	V	
智慧環控鵝舍系統	O	O		V	V		
智慧型種蛋磅秤管理系統	O	O		V			
智慧型水禽產蛋辨識監控系統	O	O		V	V		

智慧省工研發技術		發展進程 O			智能化程度 V		
		省工	數位	普及	原始數據收集	數據洞察決策	自主適應
養殖漁業	水產養殖智能專家系統核心技術	O	O		V	V	
	養殖魚類攝食水面動態影像辨識技術	O	O		V	V	
	水中養殖生物體長 AI 辨識控制系統	O	O		V	V	
	海面養殖水下殘餌監控系統組裝及使用技術	O			V		
花卉	可攜式溫室微氣候分析模組		O		V		
	蘭花組培瓶苗智慧化生產管理系統	O	O		V	V	
	蝴蝶蘭澆水機之改良	O			V		
外銷主力	鳳梨果園智慧化栽培管理技術	O	O		V	V	
	果實水選清潔系統智能化應用	O	O		V	V	
	自走式鳳梨智能噴注催花劑機械	O	O		V	V	
	毛豆採收機 GPS 車載影像監測系統	O	O		V	V	
	結球萵苣智慧生產技術與設備研究	O	O		V	V	
茶園	無人飛行載具於茶園生產管理之應用	O	O		V		
	茶葉萎凋環境感測系統佈建技術		O		V		

參、結論與建議

一、結論

人口預期的變化、人口老齡化和不斷增長的人口正進一步推動農業產業進行革命，以確保糧食安全。因此，旨在透過減少農業對勞動力的依賴以提高勞動生產力的節省勞動力技術變得越來越重要。下列前述回顧的主要結論如下：

- (一) 在工資上漲和勞動力短缺的情況下，採用節省勞動力的技術解決農業勞動力問題越來越可獲利。但隨著農業技術變得更加資訊技術密集，對基礎設施、農業勞動力教育和研發的投資將需要政府發揮更大的作用和公私合作。
- (二) 針對特種作物生產，未來如果不開發節省勞動力的技術，可能會有更多的種植者不得不放棄特色作物種植，以鳳梨為例，國內各方正完善鳳梨生產採前機械化(如圖 4)就是最好的努力實例。尤其自動除草設備不斷改進並變得更加有效。由於開發智能除草技術的公司規模相對較小，並且不像農藥公司因擁有和必須捍衛傳統除草劑的限制，小型新創公司有可能成為未來新雜草管理技術的主要來源。



圖 4、國內鳳梨產業生產作業流程及採前機械化概況

(農試所農工組徐武煥副研究員提供)

- (三) 未來的農業系統將依賴機器人、感測器和大數據分析，使主要經營者能夠在空間和時間尺度上以更高的精度管理他們的田地。透過讓低於最低工資的工作自動化，農業將在經濟上更具永續性並擴大影響。而收穫機器人、無人駕駛曳引機、噴霧無人機、管理化學品和肥料施用的人工智慧以及精準乳牛養殖等是尚未被廣泛採用的農業技術進步且是未來的努力方向 (Gallardo & Sauer, 2018)。針對機器人崛起，技術和自動化進步的主要影響不一定是發展中國家的大規模裁員和技術性失業，而是朝向去工業化和農業化的壓力越來越大。而小型農場機器人興起即將處理錯綜複雜多元農場 (而不是巨大的單一栽培) 的勞力短缺，並於田間同時進行選擇性收穫，可以是未來著力的利基所在。預期中小型農場在採用自動化方面處於領先地位。因為較小的農場需要更換的替代系統較少，並且願意嘗試鮮為人知新創公司提供的機器人即服務解決方案。
- (四) 由自動化至自主成功數位轉型的最有效組件包括，(1) 感測器融合 (2) 用於洞察的數據聚合 (3) 通信技術 (4) 加速發展的模擬環境及 (5) 數位安全。

- (五) 自 2020 年起未來五年增長潛力最大的一些農業技術子行業包括 (1) 耕犁、除草和種植機器人；(2) 用於評估作物和計劃施肥時程且裝有感測器的無人機；(3) 溫室和苗圃自動化技術；(4) 計算機視覺系統，用於識別植物和土壤中的作物健康、雜草、氮和水位準；(5) 作物運輸、選別和包裝機器人；和 (6) 用於預測產量規劃的 AI 軟體。
- (六) 與農業自動化將取代工人的信念相反，自動化將創造需要不同技能的更高報酬工作。工人將有機會透過新的工作任務提升價值鏈，例如管理機器人機群，而不是施噴化學品或清潔乳牛乳房；分析和解釋來自人工智慧的數據，允許基於更詳細和更高品質資訊做出更好的決策，並考慮更廣泛社會利益（例如環境影響和動物健康）(Gallardo & Sauer, 2018)。而用於作物生產的自主設備處於技術和經濟可行性的邊緣，但政府監管可能會減緩其採用速度。
- (七) 針對省工技術對女性的影響，婦女在農業中的貢獻和她們的工作負擔是公認的，未來的重點應該是減輕他們的工作負擔，同時提高他們自己和家庭的福利。這需要針對具體情況的更細緻研究和農業干預措施，從設計到實施階段都考慮到性別需求。
- (八) 針對小型農場精準農耕方法的可能實踐，在國內農業 RTK 精密定位網絡基站建立完成後，值得再次開發進一步應用。
- (九) 針對 2040 年日本農業系統和營運的規劃情境所揭示，為尋求減緩氣候變遷並提高農業食品系統的資源能源效率，由小規模家庭農場經營的生態農業系統與分散和本地化的粗放型農業 / 牧場將是過渡方向，值得深思，惟可能不是我們所能追求。
- (十) 他山之石可以攻錯，借鏡國外並以站在巨人肩膀上繼續成長是必然的途徑，但外國的模式未必適用國內情形，我們仍須回到國內產業（不只作物，應兼顧漁畜）實況精煉解決問題。縱觀台灣近 10 年智慧省工相關技術研發概況，已由省工高效技術，邁向農業數位化，但仍需積極推廣才能使其進一步普及於國內。另一方面，就技術智能化程度面向來看，目前已由「原始數據收集」，逐步走向「洞察決策」應用，然而「自主響應」方面則仍有待發展，為確保農業技術的競爭力，未來仍應持續投資智慧省工。

二、建議

(一) 系統性與目標導向式積極因應機械化、自動化與智慧化農耕的必然趨勢

勞工問題除缺人外，部分原因是老齡化（農業經營管理者平均年齡 64.4 歲，109 年度農林漁牧業普查）的勞動力。然而，當經濟好轉，田間勞工傾向於接受農業以外較輕鬆的就業機會。因此，未來農業如果不走上輕鬆的機械化、自動化與智慧化農耕，未來的農業發展是有限的。就目標導向式作為而言，建議以特定創新技術需要突破機械化、自動化與智慧化的規模限制，以在技術上更上一層且勞動力有效地於現場發揮（哪裡需要改進而不是規模大小問題）。研發策略上除自主研發外，引進加上適應改善（策略性 me too）亦可併進，以加速成果展現效率。

(二) 融合系統中的系統概念建構群體研發與生態系協作

1. 系統中的系統 (A system of systems) 概念

智慧網聯產品的功能不斷增強，不僅重塑行業內的競爭，而且擴大行業邊界。競爭的基礎從離散產品轉變為由密切相關產品所組成的產品系統（其緊接的問題是單一設備系統真實嗎？如何適應產業邊界的改變？），再到將一系列產品系統連結在一起的系統中系統（同樣的，其問題是也需思索使用者與開發者應該涉入多少平台？）（如圖 5）。例如，John Deere 和 AGCO 開始將農業機械、灌溉系統、土壤和養分來源與天氣、作物價格和商品期貨信息聯結起來，以優化整體農場績

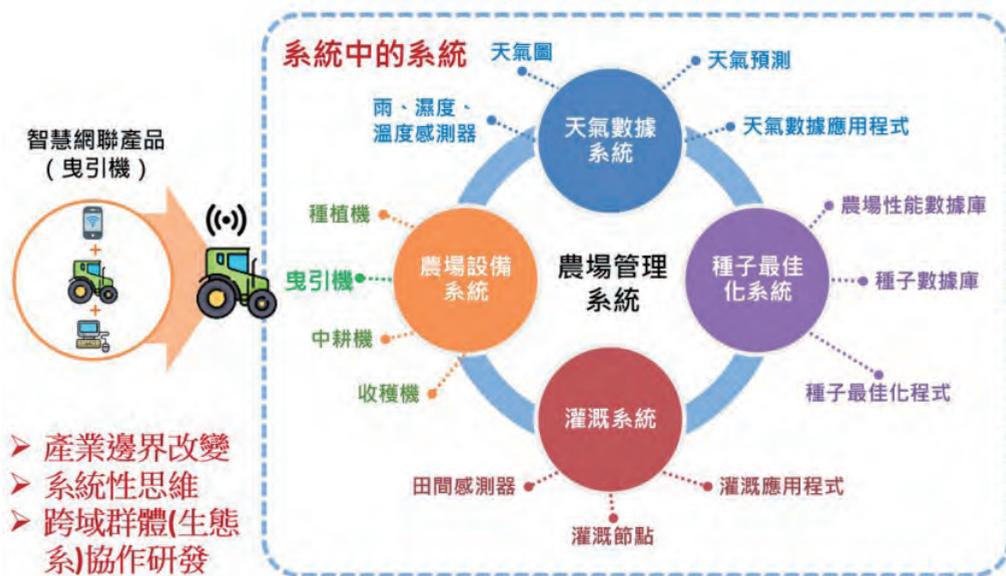


圖 5、系統中的系統 (改繪自 Porter & Heppelmann, 2014)

效 (Porter & Heppelmann, 2014)。明顯地，農場機具網聯功能後開啟機械對機械 (machine to machine, M2M) 的溝通優勢，產業邊界早已超越農業，而為達成類似所舉農場管理的常見例子，系統性思維與跨域群體 (或生態系) 協作 (含研發) 已成必要之徑。可喜的是國內農機系統性研發已見濫觴，近年來行政院農業委員會科技處業著手就具產業急迫性之 30 個作物盤點共 97 項農機，並彙整已商品化、已引進、待推廣、研發中、待研發之農業機械 (如表 2)，以為持續努力的目標，惟資源與人力仍有待匯聚與加碼，才能立竿見影，擴大效應。

表 2、系統性盤點機械作業缺口 (主要作物待推廣 (綠色) 與研發中 (紅色) 農機)

品項	整地/ 除草	育苗/插秧/播種/ 植栽/噴霧/施肥	收穫 機械	選別機/分級 /包裝設備	乾燥/存放 /保鮮冷藏	農產品加 工處理
鳳梨		種植機、催花	採收機	網袋包裝		削皮機
茶葉	植茶機		採茶機			
大蒜			收穫機			磨根機
小葉菜		種植機	採收機 排列式			
結球蔬菜			採收機			
玉米(筍)						剝葉機
蘆筍			採收機			
野蓮		種植機	收穫機			
青蔥		種植機				
香菇						去柄機

註：本表由科技處黃明雅技正提供。

2. 跨域群體 (或生態系) 協作

Westrope (2022) 闡述與荷蘭未來學家 Christian Kromme 對談指出，群體組織 (swarm organization) 是一種新型組織，將當事者置於自己生態系 (例如學習或發展旅程) 的中心。這樣當事者可以專注於喜歡或專長的事情，而具有其他技能的其他人則幫助讓當事者變得完整，幫助填補差距，因而追求並完善一個完全不同的社會 (生態系)，完全包容、可再生與永續。就像大自然的細胞可以在不濫用各種資源的情況下呈指數級快速增長一樣，在去中心化的局部範圍內解決問題，並

與於全局範圍內共享信息。這與我們在智慧農業計畫推動上期望以第一期成果建構產官學研智慧農業大生態系做法類似，希望透過生態系運作在分擔風險、強化韌性與一同進步的效益，以系統中系統概念整合各子生態系，供給各類產品/技術解決方案，並連結農民、農企業、智農聯盟、智農團隊在農業上智慧化的需求。未來在智慧省工的推動上也應有跨域群體(或生態系)協作思維，從技術、系統提升至生態系運作，並逆向籌備成功生態系的必要組成：由永續的商業模式、統一的標準(數據、交換協定)、成熟的設備至全面的技術解決方案。以美國智能AI農業合作社複合生態系(Chukkapalli 等人, 2020) 為例，在「農民價值核心」中串連各種「解決方案」，以合作社圍繞成員農民智慧化需求(行銷與分配、資源和設備、勞動力與服務與供應)，整合相關業者開發AI解決方案，透過合作社，擁抱小農成為智慧農業的一部分，並讓他們保留在市場上，實值得參考。

(三) 未來糧食系統情境追求應在智慧農業的基礎上進一步轉向開源式永續發展

因應未來勞動力提供，如前所述 2040 年日本農業系統和營運規劃情境的過渡方向，可能不是臺灣所能追求，然而根據對資源效率和市場連結性的評估，世界經濟論壇(world economic forum, WEF) 提供的全球糧食系統未來四種情境(如圖 6)分別是最富者存活(S1)、不受限消費(S2, 最有可能)、開源式永續(S3)和當地新全球(S4)

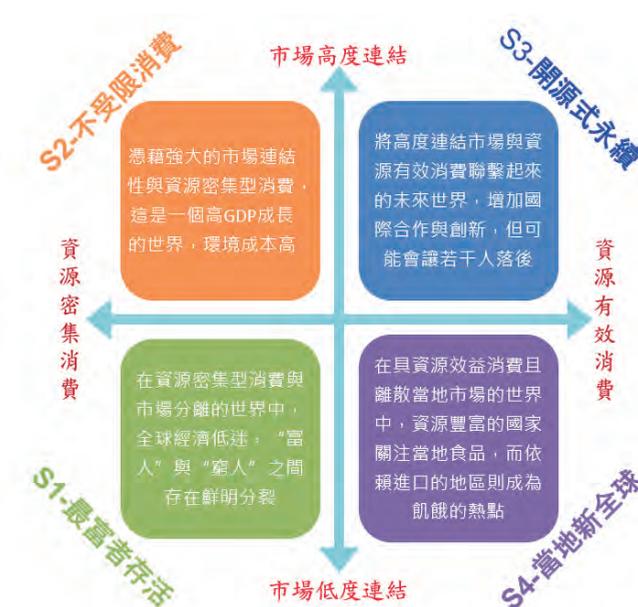


圖 6、四種潛在未來世界的情境 (Nabarro 等人, 2017)

和當地新全球（S4，最不可能）。以資源高效消耗和高市場連結為預設，開源式永續（S3）的情境值得追求以不讓人落後(Nabarro 等人，2017)。國內智慧農業的推動卓有成效，其創新將成為提高農業獲利能力和實現經濟、環境和社會永續性的必要典範與關鍵，未來糧食系統情境追求應在智慧農業的基礎上進一步轉向開源式永續發展，從而為農業未來的勞動力風險做好準備。

肆、參考文獻

- 王仕賢、楊舒涵。2018。智慧農業計畫技術研發與推動效益。國土與公共治理季刊，7(3)，72-81。
- 王郁峻、林志遠。2019。養殖魚類體長 2D 視覺動態影像融合辨識技術。水試專訊，(68)，8-11。
- 王郁峻、林志遠。2020。我國水下感測技術於水產養殖應用現況。漁業推廣，(402)，12-14。
- 行政院主計總處。2022。109 年農林漁牧業普查初步統計結果提要分析。From: https://www.stat.gov.tw/public/Data/dgbas04/bc1/2020census/2020census/%E5%88%9D%E6%AD%A5%E5%A0%B1%E5%91%8A/109%E5%B9%B4%E8%BE%B2%E6%99%AE%E5%88%9D%E5%A0%B1%E5%88%86%E6%9E%90_%E6%8F%90%E8%A6%81%E5%88%86%E6%9E%90.pdf。
- 石信德、呂昫陞、周榮源、劉一萍。2021。智慧菇類生產，拓展農糧產業。農政與農情，(351)，26-30。
- 江昭皚。2014。開發智慧型東方果實蠅監測器與應用建置。行政院農業委員會委託研究成果報告(103 農科 -6.2.2- 檢 -B5)。
- 江俊宇，2020。紅外線熱影像監測系統與家禽活動力演算法應用於實驗與產業禽舍。國立中興大學生物產業機電工程學系所碩士論文，台中市。<https://hdl.handle.net/11296/8rwg33>。
- 吳東鴻、王毓華。2021。水稻智慧間歇灌溉兼具智能省工與節水穩產。技術服務季刊，(126)，37。
- 余政勳、林信宏、艾群、劉俊儀、黃膺任。2019。深度學習應用於甜椒的病蟲害辨識。2019 生機與農機學術研討會發表之論文，348-350。
- 邱奕志、林怡凱。2021。宜陽牧場智能化環境監控之應用。2021 生機與農機學術

- 研討會發表之論文，505-512。
- 林志遠、蔡佳鏗、王好心、王郁峻。2020。水產養殖智慧專家系統之規劃及初步成果。水試專訊，(71)，5-9。
- 周國隆。2018。毛豆產業智慧科技研發與應用。行政院農業委員會高雄區農業改良場 107 年度年報，92-94。
- 林達德。2020。智慧型作物害蟲影像監測系統。病蟲害監測研討會發表。
- 屏東科技大學。2020。「植物工場節能環控聯網裝置」技術移轉遴選廠商公告。
<https://www.npust.edu.tw/news1/content.aspx?id=76286>。
- 屏東科技大學。2022。「一種畜舍特用機器及其 AI 視覺驅動方法」技術移轉遴選廠商公告。From: <https://www.npust.edu.tw/news1/content.aspx?id=85853>。
- 陳志維、蔡宛玲。2022。洋雞壓境機甲軍團拚逆轉勝—智慧環控趕禽入室，擾雞機器人幫雞健身。豐年雜誌，(2022/06)，68-75。
- 陳昱傑。2019。以深度學習偵測野鳥並整合雷射機構於自動化野鳥驅逐系統。國立中興大學生物產業機電工程學系所碩士論文。
- 張伸彰。2015。電腦也會撿生蛋鵝：智慧型水禽產蛋辨識監控系統。<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=9782>。
- 張致銜、鄭勝文、邱治凱、翁進興。2020。箱網養殖魚群攝食水面動態影像辨識技術。水試專訊，(70)，4-8。
- 黃文信。2019。基於深度學習之杏鮑菇自動化分級系統之研究。國立虎尾科技大學機械設計工程系碩士論文。
- 游昇俯。2021。茶菁「萎凋」不再全憑經驗，環境監測系統輔助智能製茶。農傳媒。From: <https://www.agriharvest.tw/archives/69924>。
- 黃政龍。2021。本場研發四行附掛式雜糧播種機介紹。臺東區農業專訊，(116)，18-20。
- 智慧農業網站。2019。智慧農業蝴蝶蘭產業研發與應用。From <https://www.intelligentagri.com.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0K359320256479168444&sid=0L071578462937710196>。
- 智慧農業網站。2019。鳳梨生產及採後處理智能化之研究。From: <https://www.intelligentagri.com.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0K359320256479168444&sid=0L062538798545177938>。

- 智慧農業網站。2020。蝴蝶蘭全自動澆水機之開發。From: <https://intelligentagri.com.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0K337587528254580513&sid=0K344408525607625283>。
- 智慧農業網站。2021。母豬發情預警之智慧監測系統及方法。From: <https://intelligentagri.com.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0L175619306043575207&sid=0L237497857029887238>。
- 智慧農業網站。2021。國產菇類智慧化全自動製包機。From: <https://intelligentagri.com.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0L175619306043575207&sid=0L218553016387960269>。
- 詹庭筑、廖晨皓、蔡宛育、易美秀。2021。文心蘭智能補光技術研發與整合應用。臺中區農業專訊，(112)，4-8。
- 楊明德、許鈺群、曾信鴻、曾偉誠。2019。無人機於精準農業之應用。科儀新知，(220)，20-39。
- 楊深玄、陳信宇、莊壁華、蘇安國。2022。智慧型種蛋磅秤管理系統應用。畜產專訊，(119)，8-9。
- 寧心俞、蘇彥碩、蔡憲宗。2017。無人飛行載具(UAV)應用於茶園農藥噴施作業之現況說明。茶業專訊，(102)，1-2。
- 趙劭元、陳世銘、蔡兆胤、蔡錦銘、何銘哲。2020。智慧除草之整合研究。2020農機與生機學術研討會發表之論文，1101-1104。
- 臺南區農業改良場。2020。外銷結球萵苣生產管理及省工作業輔具導入。行政院農業委員會臺南區農業改良場108年度年報，82-83。
- 潘光月。2021。履帶式電動智能跟隨農地搬運機。高雄區農技報導，(157)。
- 潘光月、顏克安、賴威激、朱清鳳。2021。自走式鳳梨智能噴注催花劑機械之研發。行政院農業委員會高雄區農業改良場109年度年報，56。
- 蔡雨錡。2018。乳牛熱緊迫影像監控系統之建置與資料分析。國立臺灣大學生物機電工程學研究所碩士論文。
- 賴信忠。2020。設施蔬菜智慧省工快樂種。桃園區農情月刊，(250)，2。
- 賴信忠、李淑真、林禎祥、楊雅淨、黃錦杰、李宗樺。2018。營農型太陽光電綠能設施農電共構共享整合生產管理技術開發之研究。107年科技計畫研究成果發表會論文輯，113-147。

- 謝明憲、林經偉、郭明池、沈葆雄、郭淑芬、黃裕峰。2018。智慧管理與省工機械在提昇結球萵苣生產效率之應用。臺南區農業專訊，(106)，11-14。
- Anderson, R. 2015. Smaller and smarter machines could help start an agricultural revolution. <http://www.producebusinessuk.com/services/stories/2015/12/08/smaller-and-smarter-machines-could-help-start-an-agricultural-revolution>.
- Bishop-Sambrook, C. 2003. Labor saving technologies and practices for farming and household activities in eastern and southern Africa: Labor constraints and the impact of HIV/AIDS on rural livelihoods in Bondo and Busia districts, western Kenya.
- Cambridge Consultants. 2021. Automation to autonomy: navigating the path to success. Lit-WHI-054_v0.6 '2021_A2A II_Whitepaper'.
- Charlton, D., J. E. Taylor, S. Vougioukas, and Z. Rutledge. 2019. Innovations for a shrinking agricultural workforce. *Choices*. 34(2), 1-8; <https://www.jstor.org/stable/26785766>.
- Chukkapalli, S. S. L., S. Mittal, M. Gupta, M. Abdelsalam, A. Joshi, R. Sandhu, and K. Joshi. 2020. Ontologies and Artificial Intelligence Systems for the Cooperative Smart Farming Ecosystem. *IEEE Access*. 8, 164045-164064.
- Dunlap, K. 2021. Farming is finally ready for robots. *VentureBeat*. <https://venturebeat.com/2021/07/17/farming-is-finally-ready-for-robots/>
- Edan, Y., S. Han, N. Kondo. 2009. Automation in agriculture. In *Springer Handbook of Automation*, ed. SYNof, pp. 1095-138. Berlin: Springer.
- Fennimore, S. A., D. C. Slaughter, M. C. Siemens, R. G. Leon, and M. N. Saber. 2016. Technology for automation of weed control in specialty crops. *Weed Technology*. 30, 823-837.
- Gallardo, R. K. and J. Sauer. 2018. Adoption of Labor-Saving Technologies in Agriculture. *The Annual Review of Resource Economics*. 10:185-206. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource.100517-023018>.
- Grassi, F., J. Landberg, S. Huyer. 2019. Fostering the uptake of labor-saving technologies. How to develop effective strategies to benefit rural women. Food and Agriculture organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/CA2731EN/ca2731en.pdf>.

- Halweil, B. 2016. The rise of small farm robots or why the miniaturization of farm machinery will help encourage small, diverse farms. <https://medium.com/food-is-the-new-internet/the-rise-of-small-farm-robots-365e76dbdac1>.
- Karkee, M. and Q. Zhang. 2012. Mechanization and automation technologies in specialty crop production. RESOURCE.
- Lowenberg-DeBoer, J., K. Behrendt, M.-H. Ehlers, C. Dillon, A. Gabriel, I. Y. Huang, I. Kumwenda, T. Mark, A. Meyer-Aurich, G. Milics, K. O. Olagunju, S. M. Pedersen, J. Shockley, and D. Rose. 2022. Lessons to be learned in adoption of autonomous equipment for field crops. *Appl Econ Perspect Policy*. 44, 848-864.
- Nabarro, D., J. Moffatt, P. Schwartz, and K. Schwab. 2017. Shaping the Future of Global Food Systems: A Scenarios Analysis. A report by the World Economic Forum's System Initiative on Shaping the Future of Food Security and Agriculture Prepared in collaboration with Deloitte Consulting LLP. https://www3.weforum.org/docs/IP/2016/NVA/WEF_FSA_FutureofGlobalFoodSystems.pdf.
- Porter M. E. and J. E. Heppelmann. 2014. How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*. Reprint R1411C. <https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>
- Ragasa, C. 2012. Gender and institutional dimensions of agricultural technology adoption: A review of literature and synthesis of 35 case studies.
- Schlog, L. and A. Sumner. 2018. The Rise of the Robot Reserve Army: Automation and the Future of Economic Development, Work, and Wages in Developing Countries. CGD Working Paper 487. Washington, DC: Center for Global Development. <https://www.cgdev.org/publication/rise-robot-reserve-army-automation-and-futureeconomic-development-work-and-wages>
- Sekine, K. 2021. Farming systems and operations contributing to a sustainable society and their multi-dimensionality: An essay at planning scenarios for Japan in 2040. The 2020 Annual Meeting Symposium of the AESJ. *Jpn. J. Agric. Econ.* Vol.23, pp.47-52.
- Shibusawa, S. 2001. Precision farming approaches for small scale farms. IFAC Smart Farming Thematic Network. 2022. What is Smart Farming? From The Smart AKIS website and platform. <https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is->

smart-farming/.

Sunding, D. and D. Zilberman. 2001. The agricultural innovation process: research and technology adoption in a changing agricultural sector. In *Handbook of Agricultural Economics*, Vol. 1A: *Agricultural Production*, ed. B. L. Gardner, G. C. Rausser, pp. 207-61. Amsterdam: North Holland.

Westrope, B. 2022. Christian Kromme: The world needs a reset. Nature shows us the way. <https://www.boombigideas.com/p/christian-kromme-the-world-needs#details>.

Vemireddy, V. and A. Choudhary. 2021. A systematic review of labor-saving technologies: Implications for women in agriculture. *Global Food Security*. 29, 100541.

Smart Labor-saving in Agriculture

Jyh Rong Tsay, Po Chung Chen and You Shun Yeh

Abstract

Labor-saving technologies in agriculture must overcome the challenges of risk and lower return on investment, and labor-saving technologies are adopted because of their potential to increase income and reduction in labor input costs and associated risks. However, the development of labor-saving technologies has not been uniform in the agricultural industry. The adoption and promotion of labor-saving machinery has been successful for most annual crops (such as grains), but labor-saving technologies for specialty crops (such as fresh fruits and vegetables) have not been fully developed or widely adopted. In particular, in order to ensure adoption, labor-saving technologies must be economically feasible, and there is still more room for elaborating labor-saving technologies becoming more intelligent. This paper reviews relevant foreign literature on the topic of smart labor saving research in agriculture, and analyzes and summarizes the domestic research and development of smart labor saving in the past 10 years. It aims to draw on various experiences for future reference to continuous improvement, summarize the conclusions and provide suggestions, which will be used as introduction materials to invite advices from all participators of the event for the Smart Labor-saving Session of 2022 Middle Taiwan Agricultural Science and Technology Foresight Forum. Perhaps, there are many mistakes in the hasty writing of this paper, please feel free to point out for correction and enlightening us.

Key words: Labor-saving technology, smart labor-saving, labor-saving innovation.

Taiwan Agricultural Research Institute

▶前言

2

<http://www.tari.gov.tw>

Taiwan Agricultural Research Institute

2022中臺灣農業科技前瞻論壇

智慧省工 - 引言



行政院農業委員會
農業試驗所
副所長 蔡致榮
jrtsay@tari.gov.tw
2022.10.14

3

<http://www.tari.gov.tw>

Taiwan Agricultural Research Institute

▶智慧省工

4

<http://www.tari.gov.tw>

Taiwan Agricultural Research Institute

農業中節省勞動力技術採用的 誘因及面臨的挑戰



增加收入
降低勞動力投入成本
降低生產風險

軟高風險
較低投資回報

農業環境複雜
氣候多變
生產結構鬆散

3

<http://www.tari.gov.tw>

智慧省工範疇

- ▶ **節省勞動力技術(labor-saving technologies, LST)**：可以透過解決任務所需特定勞動力限制以減少特定任務所需時間和精力的技術/做法(Grassi等人, 2019)；減少苦差事和/或是高執行各種農耕或家庭活動效率的工具和設備(Bishop-Sambrook, 2003)。
- ▶ **智慧農耕(Smart Farming, SF)或智慧農業(Smart Agriculture, SA)**：現代資訊理解法辦法的應用，導入農業以提升一種根據消費者、社會與市場意識且備受敬重的透明農耕(Smart Farming Thematic Network)；應該以更好決策或更有效率利用經營管理的形式而為農民提供增加收入的價值(農民觀點)。
- ▶ **智慧網聯產品(Smart, Connected Products)**：具3種核心要素：實體組件、智慧組件與連結性組件。智慧組件放大實體組件的能力與價值，而連結性組件放大智慧組件的能力與價值，並讓它們中的某些在該實體產品本身外邊存在。結果是整個作物生長價值改進的良性循環(Porter & Heppelmann, 2014)。

數位轉型核心

- ▶ Cambridge Consultants (2021)提供有關如何成功導入**自動化**(使用機器和流程複製一系列手動任務)至**自主**(autonomy, 使用機器智慧自動化一系列複雜的活動以完成手頭的任務, 亦可稱**自我管理self-governance**)之路的實用指南，旨在幫助提升**自動化**，進行超越競爭對手的突破性創新。該白皮書指出從**自動化**至**自主**的三個級別分別從**原始數據收集到洞察決策**，再到**自主響應**。



數位轉型要素 (Cambridge Consultants, 2021)

- 將來自不同感測器來源的數據組合起來，以提供比單來源更能確定洞察力
- 從感測器擷取的數據可於設備本身以邊緣人工智慧計算、快速處理解釋並當地採取行動
- 無線網絡(5G)、衛星通信網絡、霧雲網絡等
- 模擬環境提供那些可能過度導致重大故障的塵土飛揚、陽光不足、寒冷等條件，並確定感測器組合以應對此類可能性
- 成功自動化策略的重要組成部分，以應對日益增加的風險，任何基於自動化或自主的開發從開始就建立安全要求

智慧省工帶來農業價值提升與轉變

- ▶ 與農業自動化將取代工人的信念相反，**自動化將創造需要不同技能的更高報酬工作**，工人將有機會透過新的工作任務提升價值鏈，例如管理機器人機群，而不是施用化學品或清潔乳牛乳房；分析和解釋來自人工智慧的數據，允許基於更詳細和更高品質資訊做出更好的決策，並考慮更廣泛社會利益(例如環境影響和動物健康)(Gallardo & Sauer, 2018)。
- ▶ 在工資上漲和勞動力短缺的情況下，採用節省勞動力的技術解決農業勞動力問題越來越可獲利，但隨著農業技術變得更加資訊技術密集，對**基礎設施、農業勞動力教育和研發**的投資將需要政府發揮更大的作用和公私合作(Chantton 等人, 2019)。
- ▶ 針對省工技術對女性的影響，婦女在農業中的貢獻和她們的工作負擔是公認的，**未來的重點應該是減輕她們的工作負擔，同時提高他們自己和家庭的福利**。這需要針對具體情況的更細緻研究和農業干預措施，從設計到實施階段都**考慮到性別需求**(Vemireddy & Choudhary, 2021)。

國外經驗之洞見

特種作物生產需要節省勞動力的技術

- ▶ 針對特種作物生產，未來如果不開發節省勞動力的技術，可能會有更多的種植者不得不放棄特色作物種植(Karkee & Zhang, 2012)，以鳳梨為例，國內各方正完善鳳梨生產採前機械化就是最好的努力實例。
- ▶ 自動除草設備不斷改進並變得更加有效。由於開發智能除草技術的公司規模相對較小，並且不像農業公司因擁有和必須理傳統除草劑的限制，小型新創公司有可能成為未來新雜草管理技術的主要來源(Fennimore等人, 2016)。

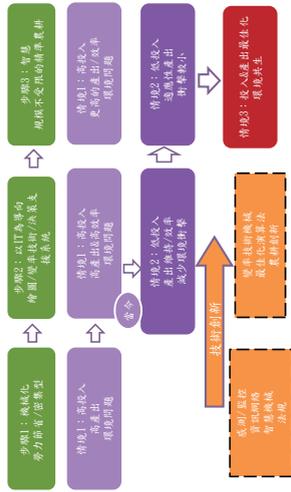


潛力發展技術 (Dunlap, 2021)

- ▶ 自2020年起未來五年增長潛力最大的一些農業技術子行業包括：
 1. 耕犁、除草和種植機器人
 2. 用於評估作物和計劃施肥時程且裝有感測器的無人機
 3. 溫室和苗圃自動化技術
 4. 計算機視覺系統，用於識別植物和土壤中的作物健康、雜草、氮和水位準
 5. 作物運輸、選別和包裝機器人
 6. 用於預測產量規劃的AI軟體

小型農場精準農耕方法的可能實踐

- ▶ 在國內農業RTK精密定位網絡基站建立完成後，值得再次開發進一步應用。



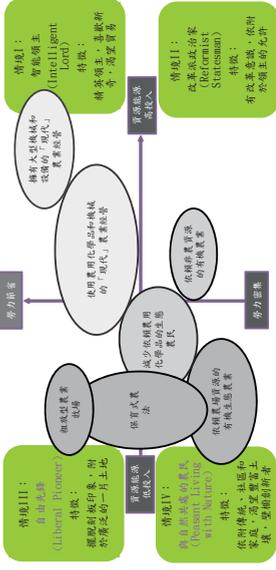
未來農業發展趨勢

- ▶ **未來農業系統將依賴機器人、感測器和大數據分析**，使主要經營者能夠在空間和時間尺度上以更高的精度管理他們的田地。透過讓低於最低工資的工作自動化，農業將在經濟上更具永續性並擴大影響。而收穫機器人、無人駕駛曳引機、噴霧無人機、管理化學品和肥料施用的人工智能以及精準乳牛養殖等是尚未被廣泛採用的農業技術進步且是未來努力方向(Gallardo & Sauer, 2018)。
- ▶ **針對機器人崛起**，技術和自動化進步的主要影響不一定是發展中國家的大規模裁員和技術性失業，而是朝**去工業化和農業化**的壓力越來越大(Schlegel等人, 2018)。
- ▶ **小型農場機器人興起**將處理複雜多元農場(而不是巨大的單一栽培)的勞力短缺，並於田間同時進行選擇性收穫，可以是未來著力的利基所在。預期中小型農場在採用自動化方面處於領先地位。因為較小的農場需要更換的替代系統較少，並且願意嘗試為無人知新創公司提供的機器人即服務解決方案(Anderson, 2015)。

資料來源：農業系統與智慧農業

2040年日本農業系統和營運的規劃情境

▶ 針對2040年日本農業系統和營運的規劃情境場所揭示，為尋求減緩氣候變遷並提高農業食品系統的資源能源效率，由小規模家庭農場經營的生態農業系統與分散和本地化的粗放型農業/牧場將是**過度方向**，值得深思，**惟可能不是我們所能追求**。



資料來源：農業系統與智慧農業

台灣近10年智慧省工研發概況

▶ 台灣近10年智慧省工相關技術已由**省工高效技術**，邁向**農業數位化**，但仍需積極推廣才能使其進一步普及於國內。另一方面，就技術智能化程度面向來看，目前已由「原始數據收集」，逐步走向「洞察決策」應用，然而「自主營運」方面則仍有待發展，為確保農業技術的競爭力，未來仍應持續投資智慧省工。

類別	智慧省工研發技術	數據蒐集	數據分析	決策、決策	執行	外場互力	類別
智慧省工研發技術							
數據蒐集							
數據分析							
決策、決策							
執行							
外場互力							

資料來源：農業系統與智慧農業

借鏡國外，考量國內產業需求

▶ 台灣近10年智慧省工相關技術已由**省工高效技術**，邁向**農業數位化**，但仍需積極推廣才能使其進一步普及於國內。另一方面，就技術智能化程度面向來看，目前已由「原始數據收集」，逐步走向「洞察決策」應用，然而「自主營運」方面則仍有待發展，為確保農業技術的競爭力，未來仍應持續投資智慧省工。

類別	智慧省工研發技術	數據蒐集	數據分析	決策、決策	執行	外場互力	類別
智慧省工研發技術							
數據蒐集							
數據分析							
決策、決策							
執行							
外場互力							

資料來源：農業系統與智慧農業

智慧省工

邱奕志

彰化縣政府農業處處長

摘要

彰化為農業大縣，農產豐富，惟近年面臨農村勞力老化，缺工問題嚴重。為解決缺工問題，加速農產業升級，導入智慧農業技術與數位服務，本府成立「智慧農業推廣中心」。目前已陸續設立「智慧農業-農、漁、牧的標準示範場域」，輔導農民參觀、諮詢、學習完整的智慧化農業設施，並示範如何運用智能設備節省人力、提升品質增加產能，提高整體工作效率使資源效益最大化。

為鼓勵青農回流及二代接班，縣府於 111 年成立青年發展處，建構一個與青年朋友對話平台。本縣目前每個鄉鎮皆有青農分會，青農會員從 106 年的 44 名成長至目前已有 2,350 名，是全國青農人數最多的縣市，這些都是本縣農業生力軍。本府為鼓勵農民及降低農民經濟上的負擔，特訂定「智慧農業設施補助」作業要點，目前每案場補助比率最高上限為 50%（實際補助金額最高上限為 30 萬元），若設施面積超過 0.5 公頃或具特殊性之農產業，得另以專案辦理補助，惟每案最高補助金額為新臺幣 100 萬元。自 110 年 10 月辦理補助至今共補助 27 件，農業 9 件，漁業 15 件，畜牧業 3 件。截至目前為止尚有近 30 件申請案件審查中。期待透過導入學研能量，讓彰化農業蛻變升級。

2022中臺灣農業 科技前瞻論壇 智慧省工

- 學 歷：
 > 國立臺灣大學農業機械學研究所博士
 經 歷：
 > 國立宜蘭大學生物資源學院院長
 > 國立宜蘭大學實業推廣委員會主任委員
 > 國立宜蘭大學農機學系主任
 > 中華農業機械學會理事
 > 台灣農業資訊科技發展協會理事
 > 財團法人農業機械研究中心主任
 > 第42屆全國十大傑出農業專家
 > 美國伊利諾大學香檳分校農業及生物工程學系訪問學者

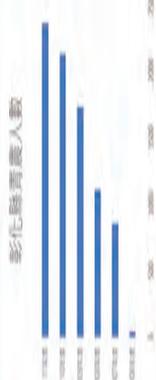


彰化縣政府農業處處長邱奕志

本府110年10月成立「智慧農業推廣中心」，陸續設立「智慧農業一農、漁、牧的標準示範場域」，輔導農民參觀、諮詢、學習完整的智慧化農業設施，如何運用智能設備節省人力、提升品質增加產能，提高整體工作效率使資源效益最大化。



本縣目前各鄉鎮市皆有青農分會，青農會員從106年的44位成長至目前已有2,350位，是全國青農人數最多的縣市，這些都是本縣農業生力軍。
 109年開辦「彰農學堂」課程，特選課程讓青農了解新科技、新技術與新行銷模式，讓每位農民在彰農學堂找到合適自己的學習資源。





酪農循環共生產業

透過地方創生的引導，讓企業投資彰化，帶動年輕人回鄉創業/就業，創造至少1000個就業機會，三年內預計增加至少經濟產值10億元，讓福興鄉維持酪農牧業永續發展的基礎實力。

- 強化酪農業廢水處理量能
- 建構福實村為生態村模式
- 形塑友善能源環境

透過向酪農收取處理費
 + 沼氣發電售電收入
 + 別業收入來維持營運

設施蔬果類作物智慧省工採收系統之研發

謝廣文

中興大學生物產業機電工程學系主任

摘要

臺灣為海島型氣候，常應用各類設施以改善作物之栽培環境，在設施產業精緻化的生產下，所需農業勞力更密集，依據「104年農林漁牧業普查總報告統計結果提要分析」顯示，2015年底台灣從事農牧業之經營管理者平均年齡為63.5歲，2016年農業就業人口僅占4.94%，台灣農業缺工已經不是新聞了，這問題卻持續存在而且對設施栽培者而言更是日益嚴重。為解決上述問題，本研究以設施栽培之牛番茄為標的，開發牛番茄的智慧省工採收系統。由於牛番茄的成熟不具一致性，往往需以人工判定挑選適於採收的牛番茄進行採收，相當耗費人工，本研究乃以機器視覺技術及卷積神經網路，開發蔬果影像成熟度辨識與定位系統，作物在產季時進行影像辨識，分辨果實成熟與否及成熟果實定位，並開發採收手臂與爪具採摘作業平台，整合為牛番茄的智慧省工採收系統。

關鍵詞：設施栽培蔬果、牛番茄、機器視覺、卷積神經網路、採收用機器手臂

Development of intelligent labor-saving harvesting system for facility vegetables and fruits

Hsieh Kuang-Wen

Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering,
National Chung-Hsing University.

Abstract

Taiwan has an island climate, The facilities are often used to improve the cultivation environment of crops, under the refined production of the facility industry, the required agricultural labor is more intensive. According to the "Summary Analysis of the Statistical Results of the General Census of Agriculture, Forestry, Fisheries and Animal Husbandry in 104", the average age of managers engaged in agriculture and animal husbandry in Taiwan was 63.5 years old in 2015, in 2016, the agricultural employment population accounted for only 4.94%. The lack of agricultural labor in Taiwan is no longer news, the problem persists and is getting worse for facility growers. To solve the above problems, In this study, the beef tomato cultivated in facilities was used as the target, to develop a smart labor-saving harvesting system for beef tomatoes. Due to the inconsistency in the ripening of beef tomatoes, it's quite labor-intensive. This research is based on machine vision technology and convolutional neural network, to develop a vegetable and fruit image maturity identification and positioning system., Image recognition of crops during the production season to distinguish whether the fruit is ripe or not and the location of the ripe fruit. And developed a harvesting arm and claw picking operation platform, which was integrated into a smart labor-saving harvesting system for beef tomato.

Key words : Facility cultivated fruits and vegetables, Beef tomato, machine vision, Convolutional Neural Network, Harvesting robotic arm

智農躍升普及

洪福良

鎧麟機械有限公司總經理

摘要

智農躍升普及須將物聯網技術與農業領域應用逐漸緊密結合，形成農業物聯網的具體應用。個人認為，農業物聯網是物聯網技術在農業生產、經營、管理和服務中的具體應用，就是運用各類感測器、RFID、視覺蒐集終端等感知設備，廣泛地採集田間慣行種植、設施園藝、畜禽養殖、水產養殖、農產品物流等領域的現場資訊；通過建立資料傳輸和格式轉換方法，充分利用無線感測器網路、電信網和互聯網等多種現代資訊傳輸通道，實現農業資訊的多元性的可靠傳輸；最後將獲取的農業大數據進行分析與資料預測處理，並通過智慧化操作終端實現農業的自動化生產、最優化控制、智慧化管理、系統化物流、電子化交易，進而實現農業集約、高產、優質、高效、生態和安全的目標。

未來台灣農業將透過環境感測技術、智慧化決策知識系統、大數據分析等技術成熟的技術，以巨量環境資料為基底發展雲端平台，結合短中長期氣象預測與作物生長預測模式，解決農耕人力不足與精準農業資料不全之問題，並應用 AI 技術於快速影像辨識、作物生長狀況監控與管理決策系統，即時與農業生產過程結合，進而讓系統做出決策建議，致力達到自動化精準生產，將有助於品質與產量提升、生產履歷溯源、資訊透明化以抑制供需失衡等問題。

農業數位建設-讓通訊穩定串接，做智慧省工的後盾

張大笙

中華電信股份有限公司科長

摘要

行政院科技會報對「數位建設」的詮釋是「不論你在台灣哪裡，都有權利享受一樣速度的頻寬」，美、韓、日、新等先進國家都已積極布局兆元級（Gbps）網路環境，建構寬頻網路服務的智慧生活場域。政府透過「前瞻基礎建設—數位建設」，期望讓台灣成為一個具有超寬頻網路社會生活情境的國家，有好的網路，人工智慧（AI）的前瞻應用才能納入整體政府施政規劃之中。

「前瞻基礎建設—數位建設」對農業領域最大的意義就是讓網路升級、縮短網路在城鄉間的差距，加速農業科技發展。中華電信從 103 年 4G 開台到 109 年 5G 開台，中華電信積極加速全台網路建設，特別是 110 年參與農委會的「農業物聯網資料格式標準化及資訊穩定串接計畫」，配合農業場域物聯網需要，提供最合適的通訊服務，達成資訊穩定串接的目的，以期讓各農政單位可以發展及驗證各式各樣符合農業所需的科數位服務。

農業數位建設

蕭名沂

臺灣微軟設備夥伴應用事業群經理

摘要

在智慧農業應用上，微軟提供一個從前段設備端到雲端的平台，像積木一樣，讓使用者可以依照需求組合出最佳的使用情境，達成讓科技幫忙節省農業現場所需人力，減少能源消耗，並建立資料分析甚至使用人工智慧進行優化，增加產量以及最佳值的經驗傳承。會議上我們將分享一些應用案例，看看目前哪些技術被應用於農業上，幫助農業的數位轉型，邁向省工高效的智慧農業。

省工高效技術

田雲生

農委會臺中區農業改良場課長

摘要

臺灣從農人口日益遞減與高齡化問題嚴重，再加上氣候變遷及社會進步等大環境影響所及，推動農業升級轉型、創造永續農業發展勢在必行，而研發應用機械化、自動化與智慧化輔助農耕作業，可達到省工高效與普及化的結果。

臺中區農業改良場針對中臺灣農作物栽培管理所需，積極投入各項農業科技研發，包括蔬果移植與嫁接、果園割草與施肥，以及花卉與設施省工栽培管理機械，皆有亮眼的成果績效。例如研發「番茄苗嫁接輔助機」及「附掛雙行式芋苗種植機」，可減輕慣行人工作業負荷、提高效率 20% 以上，不僅技術移轉予業者商品化上市，其創新結構「嫁接輔助機具」與「雙行式種植機結構改良」2 項新型專利，亦獲得國家發明創作獎之創作獎金牌及銀牌殊榮；「電動自走式升降作業機」技轉案成功商品化推廣應用達 300 台以上，創造產值逾 2,700 萬元，且仍持續銷售使用中，是本場農機研發成果推廣數量之最；「文心蘭智能省工循環一貫化作業」係集合智能補光系統、電動搬運機、摺箱機、碎石介質分離處理機及老株堆肥循環製作等 5 項技術成果，可建立外銷切花產業之智能、省工、循環等多重作業模式。近年來更配合政府推動節水灌溉、淨零碳排等政策，致力於管路肥灌系統示範推廣，以及電動施肥機等省工、節能農機設備之試驗研究，期望藉由研發團隊跨域整合將相關技術落實於產業應用，以嘉惠農友，提升我國農產業競爭力。

循環永續

引言人：

中興大學循環經濟研究學院

王升陽院長

與談人：

福壽實業股份有限公司 洪堯昆董事長

百泰生物科技股份有限公司 陳柏儒董事長

神農山莊 黃得榮先生

漢寶農畜產企業股份有限公司 陳彥名董事長特助

兆映豐企業有限公司 卓家旺董事長

農委會臺中區農業改良場 陳俊位研究員

循環臺灣-永續新農業

王升陽

中興大學循環經濟研究學院院長

摘要

農業為國家發展中最基本，也是最重要的產業。近年來，由於全球人口快速成長導致糧食需求增加、生態環境惡化、氣候變遷及資源耗盡等問題，迫使各產業不得不重視以往線性經濟模式的隱憂。因此循環經濟模式的概念誕生了，利用「生物循環」及「工業循環」使資源再生的概念，達成環境、產業與經濟皆永續發展的利多局面。循環經濟的概念早在 1966 年，由美國經濟學家 K. E. Boulding 探討生態經濟時所提出，但是世界各國直到 2010 年左右才開始發展，大多數國家仍在規劃階段，臺灣亦早已將循環經濟作為當前重點發展政策。循環農業是「生物循環」及「工業循環」的重要核心。第四次工業革命（4IR）指的是從 18 世紀工業革命開始的第四階段，特點是機器學習和人工智慧等各種技術，這個革命正顛覆了全球各行各業。4IR 與過去工業革命新技術的擴展的廣度、速度和規模，有可能與資源的使用脫鉤，也就是顛覆性技術的擴展，可使循環商業模式更加有效率。

進一步來看，人類目前所面對的氣候變遷、糧食和環境等挑戰，不單只是環境的問題。全球經濟將有賴於企業在上述挑戰前加快步伐，採用新形式的創新和價值創造。循環經濟提供了一條強有力的前進道路，也究是要從傳統的「線性經濟」模式，向新的循環原則進行大規模轉變。本質上來說，企業必須拒絕「獲取、製造、浪費」的方法，盡可能支持長時間的使用產品和資源，並在使用結束後將其組件和材料循環回零浪費價值鏈系統。換言之，循環經濟完全消除了浪費的概念，從根本上改變了我們的生產和消費方式，創造了一個更健康、繁榮的生態系統，在整個經濟和社會中循環價值。透過這樣，從根本上將經濟增長與資源使用脫鉤，並將經濟增長與社會進步重新掛鉤，並為應對我們的全球挑戰提供了一個



急需的解決方案框架。為了實現這個經濟模式，首先，企業必須同時做三件事，(1) 轉變現有價值鏈以消除浪費並提高效率以提高投資能力；(2) 透過投資永續循環能源來發展核心業務；以及 (3) 投資並擴展全新的顛覆性循環業務。

本次論壇針對「循環永續」的主題，我們將聚焦在「副產資源再利用」、「功能微生物應用」和「循環場域建置等三個重點」，福壽實業產品研發中心的張忠賀協理、百泰生物科技陳柏儒董事長、神農山莊黃得榮先生、漢寶畜牧場陳彥名董事長特助和兆映豐企業公司卓家旺董事長等產業界的先進來擔任與談人，來分享他們產業的經驗。

副產品資源再利用及功能微生物應用

洪堯昆

福壽實業股份有限公司董事長

<h2>副產品資源再利用 及 功能微生物應用</h2> <p>台灣植物油製煉工業同業公會 理事長 福壽實業股份有限公司 董事長 中聯油脂股份有限公司 董事長</p> <p>洪堯昆 2022.10.14</p>	<h2>目錄</h2> <ul style="list-style-type: none">01/ 副產品種類02/ 糧農循環經濟03/ 結語
<h2>一、副產品種類</h2> <p>(一) 製油副產品：豆粕、芝麻粕、花生粕、菜籽等植物油粕。 (二) 農業廢棄物：廢棄菇包、禽畜糞、廢白土、食品污泥、電宰下腳料等等。</p> 	<h2>二、糧農循環經濟</h2> <p>(一) 建構糧農循環經濟體系</p> <ul style="list-style-type: none">1. 寵物食品循環2. 食用油脂循環3. 禽畜肉品循環4. 有機堆肥循環 <p>串聯建構我們的糧農循環體系</p> <p>2018年取得BS 8001(循環經濟標準高階級最佳化等級(Optimizing))查證證明書</p>

循環經濟圖



5

二、糧農循環經濟

(二) 微生物應用發展

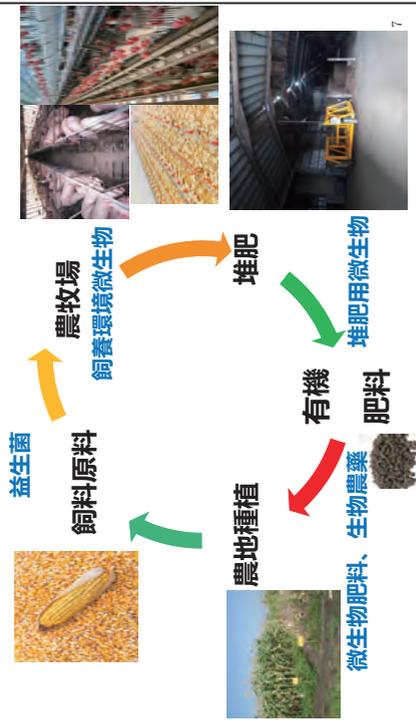
福壽微生物農業生技應用

- 1 | 微生物肥料
- 2 | 微生物農藥
- 3 | 環境控制用微生物
-飼養環境用微生物、堆肥用微生物



6

微生物在福壽糧農循環經濟之運用



7

三、結語

1. 應用微生物技術於製程副產品、農業廢棄物，製成有機肥料，改善土壤品質。
2. 面對全球糧食危機，經由科技運用提高耕種、養殖效率，確保足夠糧食庫存量。
3. 執行糧農循環經濟策略，有效運用資源，進行節能減碳，打造綠色企業，落實ESG。



8

永續農業經營模式-以百泰生物科技為例

陳柏儒

百泰生物科技股份有限公司董事長

摘要

(1) 副產物資源再利用、(2) 功能微生物應用及、(3) 循環場域建置部分公司執行現況及未來展望

●公司執行現況

百泰自 2002 年成立，為台灣第一家自行開發生產並取得第一支生物農藥許可證的生物農藥公司。

而百泰為這一片孕育我們的土地，持續一貫的堅持及努力，因為一致性穩定的品質，使得台灣第一支生物農藥『Y1336』在全球十多個國家陸續取得許可證，除了在台灣取得有機認證也通過通過德國 BCS 有機認證，百泰生物農藥持續在世界各地提供給農民一個防治資材的選擇！

●功能性微生物應用

枯草芽孢桿菌 Y1336 具有抑制多數植物病原菌的效果，經多年的研究與應用並和巴西客戶反覆試驗，確認對於根瘤線蟲與根腐線蟲具有不錯的防治效果，並取得合法的生物農藥許可證，近年銷量逐年增加，年銷出口百噸以上；另外 Y1336 的特性也能提高肥料利用，經開發及配方研究能與多數微量元素或是 NPK 組合成生物刺激素。

百泰與台中改良場合作開發的木黴菌 TCT-568，對作物根系生長有很大的幫助，也能達到抗病的效果，可用於切枝後的傷口保護，並且還可以作為水稻稻桿分解菌，減少農民燃燒稻草造成空氣污染的情況。

●副產物資源再利用及循環場域建置部分

百泰在發酵生產各項微生物菌過程中，所產生的任何副產物，都仍有其功能與價值性，百泰公司已有在進行研究將副產物進行二次利用，可以降低廢水的產生，轉換成為符合政府單位規範的微生物菌類農用資材，讓農民朋友們有更多功能性的微生物菌類農用資材可以使用。因此當微生物菌類產品生產後的物質可以充份被利用成為有效產品，這樣的過程，已成為一個對環境有善並大自然有照顧



的循環場域的形成。

●未來展望

百泰產品已走向國際並被國際認可，仍會秉持努力不懈的態度、用心且嚴謹的研究發展精神，讓台灣持續引以為傲的台灣品牌。

旗艦產品『Y1336』仍會繼續在其他國家進行田試、登記、銷售，並將使用心得回饋台灣農民朋友們。百泰的成就來自好要更好！

●補充：

德國 BCS 有機保證有限公司，是 1992 年 5 月 11 日經德國農林食品部批准成立的獨立有機認證機構（DE-001-Okko-Kontrollstelle）。

BCS 在歐洲、美國、日本等國享有極高的聲望，其認證標準也與歐盟 EU、美國 USDA、日本 JAS 有機認證同標準。

循環農業技術與示範場域

黃得榮

神農山莊

神農山莊場域介紹

神農山莊屬農、林、水、畜之綜合性農場，生產規模之家禽養殖肉雞 3,000-5,000 隻/期、蛋雞 2,000-2,500 隻/年不等，依市場及內部需求進行養殖量調整，經計算，雞糞量為 150-200 公噸/年。作物殘體、格外品、枯枝落葉等剩餘物質之年產出量則約 200-300 公噸，農場產生之農業剩餘物質經臺中區農業改良場之技術處理後，可 100% 循環利用於場域中。除此之外，以菇蕈生產剩餘物質進行雞舍墊料製作約需 200-250 公噸/年之量，總計本示範場域年循環之農業生產剩餘物質量可達 550-750 公噸。

Shennong Mountain Villa is a comprehensive farm. The production scale of poultry breeding broilers is 3,000-5,000/period and laying hens 2,000-2,500/year. The breeding volume is adjusted according to market and internal needs. Calculated, the amount of chicken manure is 150-200 tons per year. The annual output of crop residues, exceptional products, litter and other residual materials is about 200-300 tons. After the agricultural residual materials produced by the farm are processed by the technology of the Taichung District Agricultural Research and Extension Station, they can be recycled 100% in the field in. In addition, it takes about 200-250 tons/year for the production of chicken house litter with the surplus substances produced by mushrooms, and the total quality of the annual agricultural production residues in this demonstration field can reach 550-750 tons.



以菇草生產剩餘物質作為雞舍養殖用墊料之使用情形

Use of waste materials from mushroom production as bedding for chicken house breeding



循環物質利用場域處理情形

Recycling material utilization place



循環物質應用於葉菜種植之成效

The effect of using recycled materials in vegetable cultivation



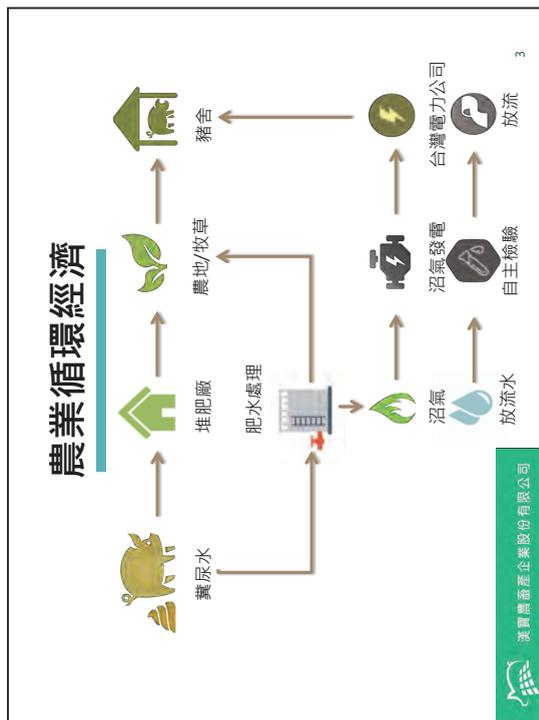
農業循環經濟 低碳商機

漢寶畜牧場 陳彥名

漢寶畜牧場

- 1 成立47年
- 2 42,000頭豬
- 3 肥水量/年: 400,000m³
- 4 農業經濟循環

漢寶畜產企業股份有限公司

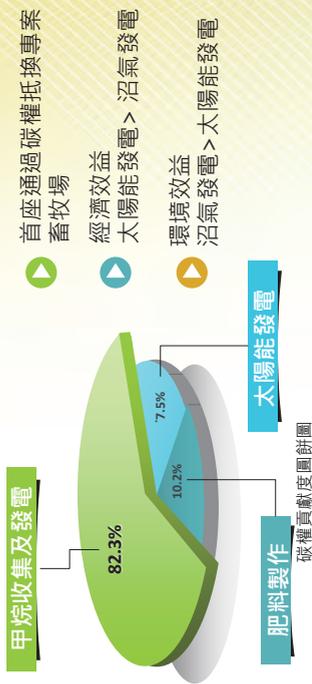


漢寶農畜產公司溫室氣體碳權開發專案列表

專案名稱	減碳專案範圍	每年減量額度 (tCO ₂ e/年)	核准日期
漢寶農畜產太陽能發電計畫	490kW 太陽能	317	2017.4.7
漢寶農業可再生能源專案	漢寶一期、二期廢水處理場	12,912	2020.3.20
漢寶農畜產第二期污水場沼氣發電計畫	漢寶三期廢水處理場及 2.87MW 太陽能	14,630	2020.3.20
漢寶堆肥場減碳專案	豬糞固形物與廢氣銜接種植包連行堆肥	4,226	2021.7.29

漢寶農畜產企業股份有限公司

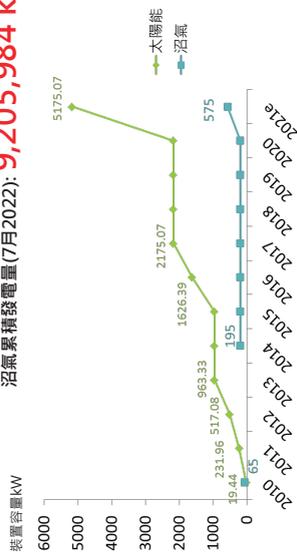
碳權抵換



漢寶農畜產企業股份有限公司

再生能源發電效益

太陽能累積發電量(7月2022): **20,164,704 kW**
 沼氣累積發電量(7月2022): **9,205,984 kW**



漢寶農畜產企業股份有限公司

轉型需要創新

- ▶ 減碳並非以取得認證為目的，而是持續進行的策略
- ▶ 從原料開始碳盤點
- ▶ 結合數位管理與減碳



漢寶農畜產企業股份有限公司



心得與期許



- ▶ CSR資源循環成為企業難以效仿的競爭力
- ▶ 更多同行加入減碳行列，以實踐全豬肉產業節能減碳
- ▶ 結合綠色循環，創造更多樣化的在地經濟鏈，讓有志者也能加入「綠色畜牧業」



國家畜產企業股份有限公司



Line ID: ivan8775701



國家畜產企業股份有限公司

農業廢棄物之循環利用

卓家旺

兆映豐企業有限公司董事長

摘要

兆映豐企業有限公司於民國 100 年引進木材氣化爐後，便致力推動環境資源再利用，希望能解決台灣能源短缺及農業廢棄物無法再利用及農業廢棄物造成環境危害之問題。

希望透過木材氣化原理，經由氣化爐高溫裂解技術，能將廢棄物轉換成能源再利用。

目前新竹關西於 108 年開始設置木材氣化發電，兆映豐企業為台灣第一座合法標準廠建置，並取得廢棄物再利用資格及台電併網為首座木材氣化發電，協助解決廢棄物問題。

<https://drive.google.com/file/d/1pUXqibRb7HrW-DEEYidf5pPIzZzcHKHK/view?usp=sharing> 關西發電廠影片連結

桃園大溪於 110 年設置 1 組木材氣化爐 供應豆干及豆渣乾燥（製成貓砂）並協助解決剩餘豆渣問題。

<https://drive.google.com/file/d/11sg2m0j6r3cQW7Xw4GEroqmkAxP6rebe/view?usp=sharing> 大溪豆干廠影片連結

區域發電運用氣化技術發電讓廢棄物處理（無煙囪、零廢水）廢物變金錢。可分散在各鄉鎮區域內發電，處理在地農業剩餘廢棄資材問題，並降低長途運送所增加的碳排放，農業廢棄資材問題轉化生物碳回歸土地循環再利用。

讓農民碳匯變碳權增加農民收入，在此同時 24 小時運作所產出的綠電併網，又可以成為台灣電力穩定備載支撐，達成電業自由化符合區域微電網深化運用的未來。

微生物製劑在農業剩餘物質再利用產品之開發與 循環場域建置之應用

陳俊位

農委會臺中區農業改良場研究員

在農業生產領域中，一般農作生產、畜牧業、養殖業、製油業、釀造製酒業與屠宰業所產生的事業剩餘物質極具資源再生的可用性。農業剩餘物質種類如稻桿、蔗渣、菇類廢棄物、稻穀(相關水稻、雜糧與小麥種子汙損或未飽滿之種子)、米糠、粕類、動物糞便、蝦蟹蚶殼、魚鱗、動物內臟、血水與殘體等。這些剩餘物質含有高量的植物性與動物性養份(表一)，目前以製成有機肥為主要處理方法。如能有效轉化這些資源廢棄物成為高價值的資源物質，將可減少農業資源的浪費，並創新廢棄物的新用途與價值。

表一、不同農業剩餘物質成份分析表

農業剩餘物質	C/N	全碳(%)	全氮(%)	磷(%)	鉀(%)
牛糞	13~17	35	1.8	0.5	1.7
豬糞	8~15	42	3.0	3.0	0.5
雞糞	6~9	18	3.3	1.7	2.4
米糠	18~22	55	2.4	0.4	1.8
大豆粉	4~6	38	7.0	0.6	2.4
大豆稈	30~36	42	1.3	0.3	0.5
樹皮	120~500	70	0.3	0.08	0.6
稻蒿	45~60	43	0.7	0.1	2.0
穀殼	70~90	35	0.4	0.1	0.6
太空包	25~40	44	1.1	0.4	0.5

資料來源：臺中區農業農改場，1995

在這些剩餘物質中，本場先針對穀類、豆類與麥類種子結合微生物開發成育苗接種劑與堆肥發酵菌種，利用材料取得方便性與低成本，開發出高價值與菌種濃度高的製劑。

1. 穀菌種接種劑之開發：利用稻穀及相關種子汙染或剩餘物質開發成木黴菌、芽孢桿菌及放線菌等菌種量產資材，作為作物種苗接種劑、堆肥發酵接種劑及生物農藥量產製劑。以木黴菌稻穀菌種為例，其為本場首先利用雜穀或汙損的種子當木黴菌培養的基質。運用稻穀培養木黴菌，在國內外尚未有人利用其來培養，目前生產木黴菌大多利用液體醱酵培養，以厚膜孢子進行量產。或以脫殼後之米粒培養木黴菌，但因米粒內營養成份影響，及水份太多米粒會軟化聚黏影響通氣性，使木黴菌生長不良，若水分太少則木黴菌因缺水而無法正常生長，固態醱酵培養因生產技術尚無法大量生產木黴菌厚膜孢子。本場所研發之穀粒培養基，由於消毒完全且穀粒外殼完整，供試木黴菌要利用穀粒內米粒養分時要能產生纖維分解酵素，分解部份外殼後利用米粒養分，菌絲纏繞後在稻穀外殼即可形成綠色木黴菌孢子。所製備之木黴菌稻穀菌種特性為好氣性、具纖維分解酵素、低單糖類需求微生物。本項產品除利用相關技術突破木黴菌固態培養瓶頸外，並具高再生性及儲存期長等優勢。所製備之稻穀菌種因穀粒完整具高再生性，在沖洗外殼所附之孢子後，即可覆蓋保濕再生成孢子重覆繁殖二~三次，孢子數皆可維持在 10^9 spore/g 左右。另並具高低溫儲藏性，製備好之菌種儲存在 -20°C 低溫保存箱中，活性可維持二年以上，且孢子活性無衰退情形，本稻穀菌種比市面上以厚膜孢子製品之儲存時間增加一倍以上，耐低溫性優於其他產品，當堆肥處理劑時其耐堆肥醱酵高溫能力強過其它產品，菌種再生性則為國內其他孢子產品無法競爭之獨特性。本菌種除可當育苗時之幼苗發根接種劑外，尚可當堆肥與液肥醱酵菌種，配合農業剩餘資材可生產有機堆肥與液菌肥，目前已開發多種產品。同樣技術可應用黃豆汙損種子培養液化澱粉芽孢桿菌，應用黃豆或麥類汙損種子培養放線菌。這些菌種的繁殖除可加值稻穀採收後剩餘物質的價值與再利用率外，也因為其田間施用效果顯著，可加速穀類剩餘物質的去化速度。
2. 生物性堆肥之開發技術：一般農業剩餘物質均兼具污染性及資源性，如妥為處理，將能轉化為農業生產系統中的養分源（氮、磷、鉀）及能源（碳），將農業剩餘物質回歸于農田，不僅合乎資源再利用的自然法則，而且也是現今消納去

化如此大量有機剩餘物質的重要方向之一。然而施用未腐熟的有機物，容易造成土壤過度還原性及釋出毒性物質等問題，因此有機剩餘物質需經過適當的堆肥化處理以除去不良有機成分及毒性物質等限制作物生長的因子。所謂堆肥化作用即利用廣泛分佈於自然界之微生物，在控制的條件下，將廢棄物中不穩定的有機組成分加以分解，轉換為安定的腐植質成份，即腐熟的堆肥。近年來本場持續由臺灣中部地區有機農場土壤、作物根系及各種自製堆肥中採取樣品，以洋菜平板法進行微生物分離，篩選具有明確分解有機質功能之有益微生物菌株，目前經純化及完成鑑定計 20 株以上分離菌株。本項技術主要針對臺灣農村地區大宗農業剩餘物質如落葉、果菜渣、禽畜糞、稻殼、蔗渣及木屑（菇類太空包廢木屑）等資材，選出具有快速分解能力之木黴菌 (*Trichoderma* sp.)、枯草桿菌 (*Bacillus* sp.) 及放線菌 (*Streptomyces* sp.) 等菌株。此些具纖維分解能力強之菌株，以上述稻穀微生物培養法量產堆肥發酵製劑後，添加入混合好之堆肥材料內，在堆肥堆積製作初期，這些微生物可分解堆肥成分中多醣類的纖維質，將多醣類成分的纖維質裂解成雙醣及單醣類的碳水化合物，可供堆肥製作過程之中、高溫分解菌如放射線菌群及桿菌屬細菌養份的利用來源，除可提高產品堆肥化過程中的核心溫度外，並可加快堆肥組成分的礦化速率，使整個堆肥製程時間縮短，使成分穩定且可增加堆肥養分含量。

此外，為了使具纖維分解能力強之微生物菌株能適應不同資材，而能快速分解堆肥粗資材，本場開發相關菌種如木黴菌大量繁殖技術，包括固態及液態簡易繁殖培養技術，不僅操作簡便且成本低廉，頗適用於規模化生產堆肥。近來更開發多項複合有益菌種配方，添加到不同材料之堆肥製作過程中，可以有效誘發中溫、高溫與後腐熟三個階段的微生物，達到促進堆肥分解發酵速率，減少堆肥味道惡臭，縮短堆肥製程所費時間，並可以有效率地製造成品質優良的有機質肥料。將農業剩餘物質開發成生物性堆肥，利用木黴菌與芽孢桿菌製劑分解能力，將蔗渣、稻殼、動物糞便及菇類栽培後的剩餘物質開發成具肥效與能改善土壤質地的固態有機堆肥。施用於土壤除可增加土壤肥力外，並可改善土壤孔隙及團粒結構，使作物藉由生物性堆肥的施用克服土壤逆境而能正常生長，進而增進田間農作物栽培之品質與產量。

3. 功能性微生物製劑之開發：目前農友間及部份有機農法會利用含氮量高的農業剩餘物質（如黃豆粕或米糠）配合紅糖與微生物發酵成液肥，不論微生物的種

類為何，與剩餘物質發酵後的產物其實僅是液態有機質肥料，以肥料組成份來看也僅是三要素氮、磷、鉀的組合，各種農業剩餘物質其養份含量分析如表二，微生物液肥發酵配方如能搭配多種農業剩餘物質的養份，則可以開發出適合有機及友善耕作養份需求的功能性微生物製劑配方，養份含量除氮、磷、鉀三要素外，尚有鈣、鎂及多種微量元素，配合可以促進作物根系發育的微生物菌種，可以彌補以往所推廣的單質液態肥配方養份不足或單一元素過量的問題。

功能性微生物製劑為新一代的生物製劑，其係將菌種結合繁殖資材及使用目的，開發出適合各種不同目的使用者的產品。不同的微生物菌種本身在繁殖過程中即會產生多種代謝產物及衍生物，這些產物包含有供應植物生長的養份、氨基酸、荷爾蒙、抗生素及二次代謝產物等，依使用的用途可應用在農業、畜牧業、養殖業、環保、醫療、衛生消毒及再生能源等產業上，利用功能性菌種結合農業剩餘物質的營養成分可產出上述多種用途的產品。本場利用所篩選的微生物製劑，結合豆奶粉、過期奶粉、海草粉、矽藻土、蝦蟹殼粉與製糖剩餘物質糖蜜等農業剩餘資材，開發多種液肥配方(表二)，利用濾袋懸浮式靜置發酵法產製出具促進植物生長、提升產量品質與增加作物抗環境逆境能力的液態功能性微生物製劑。田間實際應用發現除可促進植物生長提昇產量品質外，並能與作物根系共生協助養分吸收，減少病虫害危害及改善作物生長環境，並有促進作物抗病機制反應產生之能力等功效。

表二、功能性微生物製劑參考配方

成份	配方 A	配方 B	配方 C	配方 SI	配方 C+SI
豆奶粉	1 公斤	0	0	0	0
奶粉	0	1 公斤	1 公斤	1 公斤	1 公斤
海草粉	0.5 公斤				
蝦蟹殼粉	0	0	150 毫升	0	150 毫升
矽藻土	0	0	0	0.5 公斤	0.5 公斤
糖蜜	2 公斤				
微生物菌種*	20 公克				
水(自來水)	20 公升				

* 微生物菌種係以本場所開發的穀類剩餘物質菌種繁殖技術所生產的木黴菌稻穀菌種、液化澱粉芽孢桿菌的黃豆菌種及放線菌的麥粒菌種為主要添加菌種製劑

4. 天然素材植物保護製劑之開發：漁業剩餘物質蝦蟹殼含有大量的甲殼質，甲殼質在製造過程中首先係製成甲殼素(即 chitin)，甲殼中除含有甲殼素外，尚有碳酸鈣及脂肪、蛋白質、色素等物質，故在傳統製程中，一般以弱酸去除碳酸鈣、以弱鹼去除蛋白質及脂肪，之後再日曬或藥劑脫色，烘乾後即獲得接近白色之甲殼素(Chitin)，由於甲殼素並不溶於水，也不溶於弱酸或弱鹼，故在應用上限制較多。將甲殼素再以濃鹼在高溫下浸煮一段時間後，即產生脫乙酰作用，經過脫乙酰化以後的產品，即稱為甲聚醣或幾丁聚醣(chitosan)。甲聚醣不溶於水，但可溶於稀醋酸、鹽酸、乳酸等有機酸中。但前述相關處理皆需用大量化學強酸鹼藥劑處理，所造成廢水廢料問題除安全問題外亦造成環境污染，而製造過程中大量原料的損耗亦是一大問題。此外，用化學酸溶解幾丁聚醣的產品因非有機資材，在有機及友善耕作生產認證上仍有疑慮。為此，本技術利用微生物分解方式處理甲殼質，藉由微生物醱酵作用系統先分解碳酸鈣、蛋白質及脂肪，再利用該系統產生具作用活性效果的幾丁聚醣合劑，除可減少製程材料的損耗外並且可減少環境污染。幾丁聚醣合劑製備後經試驗證明，其抑菌作用和所添加菌種與發酵代謝產物無關，而與其形成之幾丁聚醣有關。本技術以漁業剩餘物質蝦蟹殼粉結合微生物發酵開發出天然有機之幾丁聚醣合劑，具防治作物白粉病與露菌病之效果。
5. 菇類剩餘物質開發新型栽培介質：菇農栽培過後的太空包，除少部分用來做為堆肥與改良土壤用途外，多將其作為廢棄物處理，或任意丟棄田野，除浪費寶貴之天然資源外，亦造成對環境之污染。以香菇栽培為例，國內一年有2億5千萬包廢棄太空包產生(每包約含1公斤生物質量)，棄之殊屬可惜。利用本創新技術將其回收再利用，除可改善環境污染問題外，並具節省寶貴之天然資源等多重效益。由於菇類剩餘物質含有大量的菌絲體，其組成成分主要為幾丁質，利用廢包清理時添加一定量木黴菌堆肥發酵接種劑，於菇菌類廢棄物發酵製作成有機堆肥過程中，可以快速分解有機材料，堆肥溫度上升時會誘發大量具分解幾丁質成分能力的放線菌生成，可調製成具抑病能力的生物性有機介質，且具有操作方便、成本低廉、縮短製程、降低臭味等綜合效益。由於利用本技術可發展新型抑病介質，田間應用可降低多種作物之萎凋病與根瘤線蟲障礙，此外，相關產品具肥效、分解功能與保暖等多種功能，運用在作物生長與復育上，能抵抗極端氣候，恢復作物正常生長。除增加農友收益外，也可以加速菇類剩

餘物質去化速度。相關產品更可開發成抑病介質，綠能飼料和抑菌墊料，並能開發成一次性包材，有效提高菇類剩餘資源使用率。

表三、農業剩餘物質再利用技術產品使用資源與功效

技術名稱	使用物料	產品效果與用途
木黴菌、芽孢桿菌、放線菌固態菌種接種劑	稻穀、豆類、麥類種子	提升育苗存活率、抗淹水、抗乾旱、抗鹽害、提高磷肥吸收及減輕病蟲害 堆肥分解劑、農業剩餘物質處理劑、飼料添加劑
生物性堆肥	稻桿、蔗渣、稻穀、米糠、粕類、動物糞便、蝦蟹蚶殼、魚鱗、動物內臟、血水與殘體	具肥效、土壤改良、抗淹水、抗乾旱、抗鹽害、抗倒伏及提升植物病蟲害抗性
功能性微生物製劑	乳清蛋白、海草粉、矽藻土、蝦蟹殼糖蜜、魚骨粉、肉骨粉、菸草粕、蓖麻粕……	抗淹水、抗乾旱、抗鹽害、抗高低溫障礙、提升開花能力及提升植物病蟲害抗性 具肥效、飼料添加劑、除臭劑、水產養殖
天然素材植物保護製劑	甲殼素、矽藻土、海草粉	具肥效、抗淹水、抗乾旱、抗高低溫障礙、提升開花能力及防治病蟲害
菇類剩餘物質多功能產品	菇包木屑 菇類下腳料	具肥效、枝條分解、除臭、飼料添加、抗淹水、抗乾旱、抗高低溫障礙、提升開花能力及減輕病蟲害

菇鮑浚堆肥低溫、暖冬與乾旱逆境田間改善效益與循環場域建置

107年初因持續低溫與乾旱導致荔枝生育受到影響，冬季低溫障礙對荔枝根系養分吸收影響上常使栽種的荔枝生長與產量受阻，影響農友收益甚鉅，尤其以低溫寒流來襲時所導致植株整株葉片紅化與黃化等現象最為嚴重，而荔枝在連續低溫情形下，因地溫太低（10~15C以下）導致荔枝根系上的根毛僅能藉由運輸作用的水份吸收氮素及鉀離子，而鈣、鎂及其他微量元素則因與鉀離子產生拮抗無法吸收，但因地上部葉片受陽光照射仍持續進行光合作用，此時因根系無法吸收二價與三價微量元素，植株遂竊取果實內的養份與鈣、鎂等微量元素，供應植株

新梢與花序生長所需，因而導致荔枝落花落果、糖度下降及發育不良。如此時農友為加強果實品質施用過多鉀肥（如粗糠雞糞肥等），則會使植株加速老化、抗病力下降、開花及著果率下降及加重落果情形發生。如遇到寒流來襲，過多的鉀鹽與氮素會在葉片的葉肉中形成冰霜結晶造成葉片壞疽狀的寒害徵狀。寒害情形會影響荔枝植株生長，且因此時植株須大量的鈣、鎂及磷等元素與養份進行組織修護，而在荔枝根系無法作用的情形下，會導致葉片黃化與落果情形發生，造成農友重大的損失。

運用木黴菌接種其荔枝冷鏈場栽培的木耳廢菇包剩餘物質開發出一新型有機堆肥，施放於荔枝廢棄枝條與落葉上，可加速枝條與落葉分解，並具有保濕減少根部水分蒸散之效果。而廢棄枝條樹葉分解後所產生的養份又可供應荔枝生長所需，可涵養樹勢。此外，整包新型有機堆肥因微生物發酵產生的堆肥生物熱，整包置放於荔枝根部有保溫作用，類似暖暖包的功能，可克服冬天低溫障礙。再輔佐以木黴菌矽藻土配方所發酵的液肥進行灌根與葉噴的動作，可使處理區荔枝新葉萌芽率 70~80% 高於未處理區的 10~20%，處理新型有機堆肥與液肥的試驗區有降低荔枝椿象之危害情形與樹勢恢復，結果率可達 70~80% 左右，對照區因蟲害與樹勢衰弱影響，結果率僅在 30~40% 左右。

因此為克服高低溫障礙，田間應於 11 月底先以菇菌肥撒施在植株基部土壤上，視植株大小調整用量，覆蓋住植株基部土壤後，隨以新型木黴菌-甲殼素-矽藻土液肥稀釋 100 倍澆灌基部土壤，其後則以稀釋倍數 100~200 倍之新型液肥一周噴灑葉面一次。地下部與地上部可同步進行調整，施用菇菌肥後之荔枝基部會誘發新根產生，可幫助養份與水份之吸收。於 12 月中旬配合有機肥補助可購買菇鮑浚肥（可要求購買剛接菌發酵不久之產品），整包不拆封，覆蓋在荔枝基部根系，每株處理二包，利用袋中堆肥發酵溫度可維持根部的溫度在 20~25 度以上，可幫助根系吸收養份並可減輕低溫障礙，此效果可持續到 3 月底，等 4 月氣溫回升後，堆肥亦以腐熟完全，此時可拆開將菇菌肥撒施在植株基部土壤上，供給新根的養份，寒流來襲前，以新型木黴菌-甲殼素-矽藻土液肥稀釋 100 倍澆灌基部土壤與噴葉面，寒流期間則於白天以稀釋倍數 100~200 倍之液肥噴灑葉面一次，持續到寒流過境。本產品並具有保濕減少根部水分蒸散之效果，107 年初因久旱未雨但處理區水量使用僅 1 噸左右，但對照區用水達 15 噸以上。108 年初暖冬與久旱未雨影響造成荔枝開花率銳減，處理區荔枝老樹復育有成，且介質保

濕效果良好，荔枝老樹開花率接近9成，結果率達50~80%，為太平開花結果率最高的荔枝園。



圖一、台中市興隆社區荔枝耐候循環示範場域

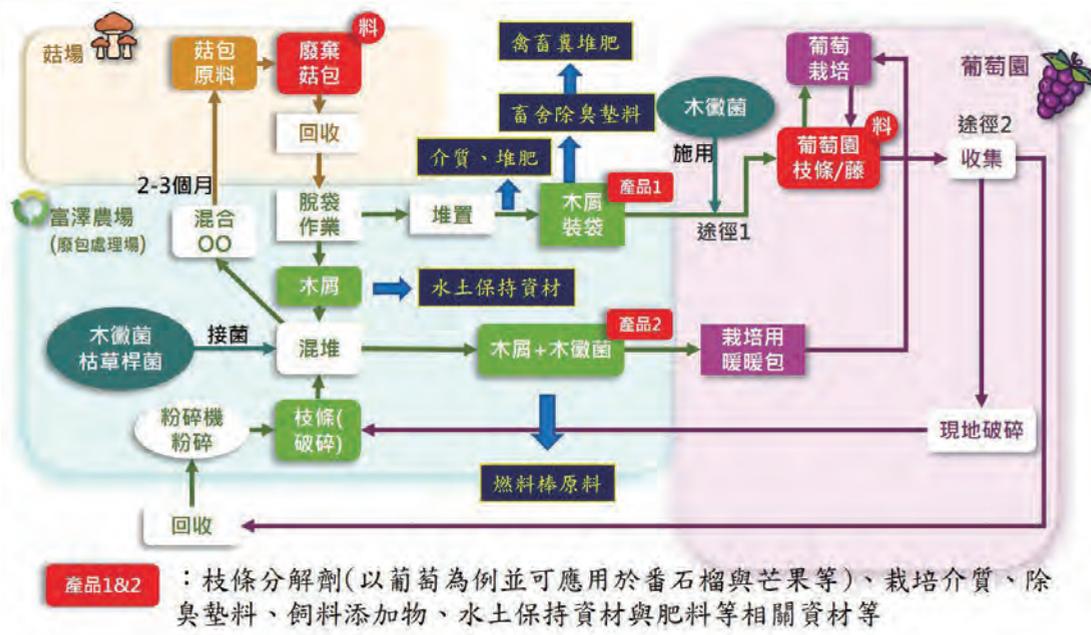
微生物製劑在資源型農業循環示範場域建置之應用

為擴大農業生產剩餘資材的應用與妥處，以大宗農業生產剩餘資材為目標，如菇包、木竹顆粒等，盤點其料源分布及產量等，媒合鄰近符合供給需求之相關產業，介接運用資材循環再利用之技術等科研成果，建構農業剩餘資材產業供應鏈。本場利用微生物製劑相關處理方式，以菇包廢料為處理料源，除建立料源中心並規劃產品後端出路與去處。

(一)「堆肥、介質、土壤改良資材及資材分解劑開發」：於菇類與畜牧業剩餘物質處理過程中添加木黴菌等發酵接種劑，可開發多種產品，提升資源再生循環與增加作物產量。(二)「動物飼養場域除臭墊料與處理劑開發」：本技術開發出畜牧飼養用的除臭墊料與處理劑，可減少肉雞隻養殖場80~95%之臭味，並可降低雞舍夏季熱障礙，雞隻存活率達95%以上。(三)「新型飼料添加劑開發

與應用」：運用菇類剩餘物質與耐酸性益生菌飼料添加物混合，開發出畜牧飼養用的飼料添加劑。可減少藥劑使用、提升換肉率與飼料利用效率，並有減少畜舍臭味之效果。

所開發的產品可增加土壤碳匯量與有機質含量（菇包木屑含45~47%有機碳，雞糞肥含40%有機碳，有機質則菇包木屑含90%，雞糞肥含80%。）除應用在農業外，也可應用在畜牧業、養殖業、生技產業、肥料業、飼料業與綠能產業上，可達減量、增匯、循環之淨零排放目標。



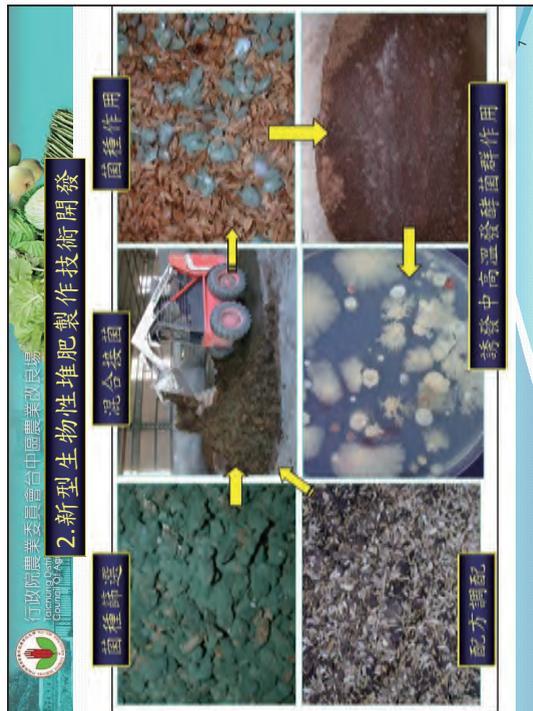
圖二、菇包木屑料源處理場循環示範場域



行政院農業委員會中區農業改良場
Central District Agricultural Research and Extension Station
Taichung District Agricultural Experiment Station

歷年來篩選應用於資源循環利用上之菌株

木黴菌 (<i>Trichoderma asperillum</i> , <i>T. asperelloides</i> , <i>Trichoderma</i> spp.)	枯草桿菌/ 液化澱粉芽孢桿菌 (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>B. velezensis</i> , <i>Bacillus</i> spp.)	放線菌 (<i>Streptomyces drozdowizii</i> , <i>Streptomyces</i> spp.)
TCT103	TCB428	TCST9706
TCT111	TCB9401	TCST9801
TCT301	TCB9407	*TCST100-88
TCF09409	TCB9722	TCST101~105-xx
*TCFO9768	*TCB100-07	
*TCT100-06	TCB102-B7	
*TCT168、568、768、 868、968	TCB103~105-Bxx	
*TCT668		



行政院農業委員會中區農業改良場
Central District Agricultural Research and Extension Station
Taichung District Agricultural Experiment Station

不同農業剩餘物質成份分析表

農業剩餘 物質	C/N	全碳(%)	全氮(%)	全磷(%)	鉀(%)
牛糞	13~17	35	1.8	0.5	1.7
豬糞	8~15	42	3.0	3.0	0.5
雞糞	6~9	18	3.3	1.7	2.4
米糠	18~22	55	2.4	0.4	1.8
大豆粉	4~6	38	7.0	0.6	2.4
大豆桿	30~36	42	1.3	0.3	0.5
樹皮	120~500	70	0.3	0.08	0.6
稻蒿	45~60	43	0.7	0.1	2.0
穀殼	70~90	35	0.4	0.1	0.6
太空包	25~40	44	1.1	0.4	0.5

資料來源：臺中區農業改良場，1995

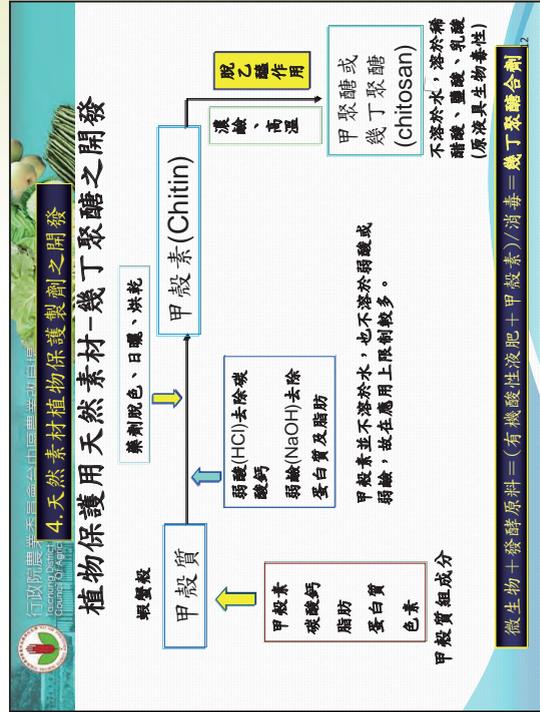


行政院農業委員會 農業改良場
Executive Yuan, Agricultural Research and Extension Station

功能性微生物製劑參考配方

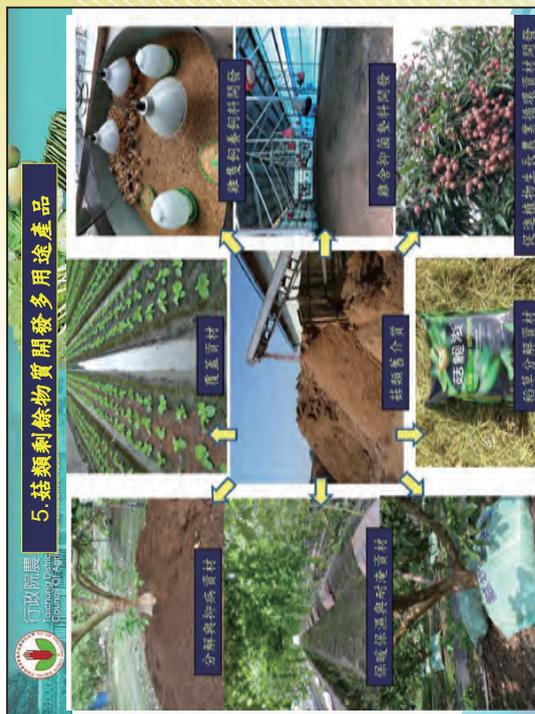
成份	配方A	配方B	配方C	配方SI	配方C+SI
豆奶粉	1公斤	0	0	0	0
奶粉	0	1公斤	1公斤	1公斤	1公斤
海草粉	0.5公斤	0.5公斤	0.5公斤	0.5公斤	0.5公斤
蝦蟹殼粉	0	0	150毫升	0	150毫升
砂藻土	0	0	0	0.5公斤	0.5公斤
糖蜜	2公斤	2公斤	2公斤	2公斤	2公斤
微生物菌種*	20公克	20公克	20公克	20公克	20公克
水(自來水)	20公升	20公升	20公升	20公升	20公升

*微生物菌種係以本場所開發的穀類剩餘物質菌種繁殖技術所生產的木黴菌和穀菌種、液化澱粉芽孢桿菌的黃豆菌種及放線菌的多粒菌種為主要添加菌種製劑





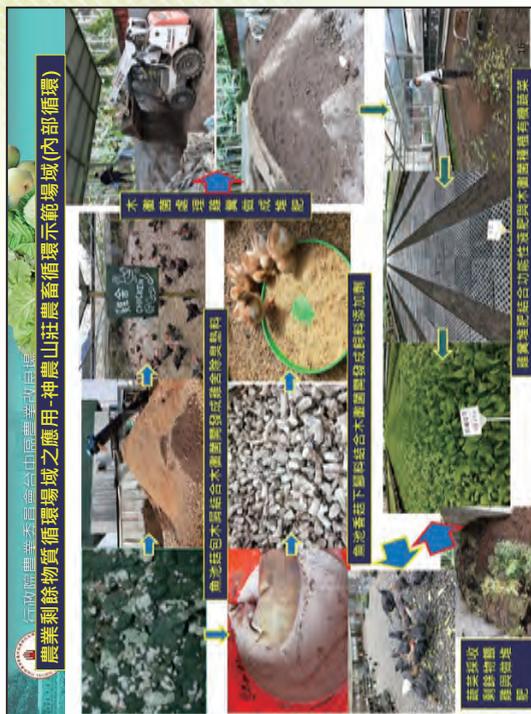
甲殼素合劑對洋香瓜白粉病防治效果評估



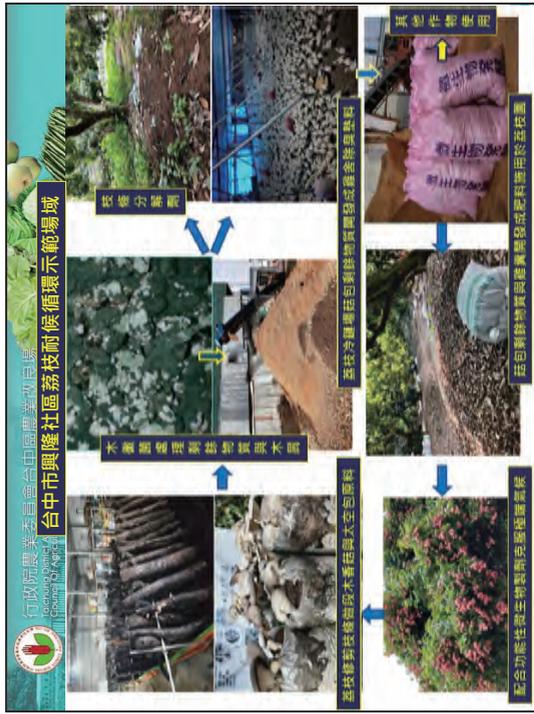
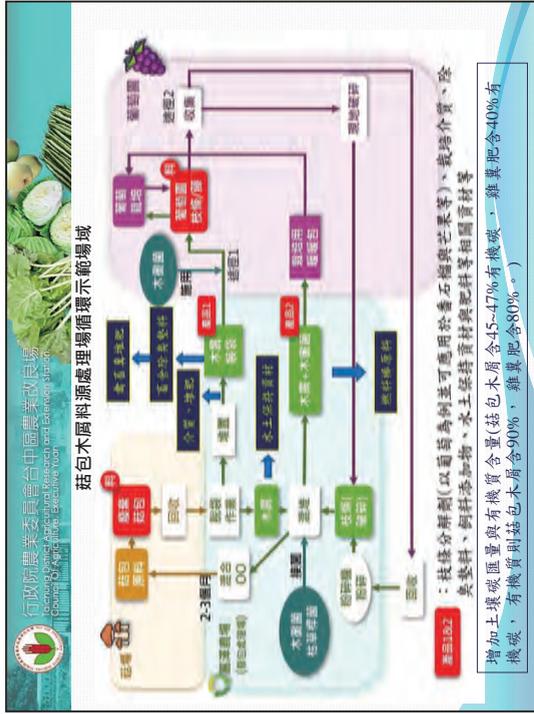
5. 菇類剩餘物質開發多用途產品

技術名稱	使用物料	產品效果與用途
木黴菌、芽孢真菌、放線菌固態菌種接種劑	稻穀、豆類、麥類種子	提升育苗存活率、抗淹水、抗乾旱、抗鹽害、提高磷肥吸收及減輕病蟲害
生物性堆肥	稻桿、蔗渣、稻穀、米糠、粗類、動物糞便、蝦蟹飼料、魚鱗、動物內臟、血水與殘體	具肥效、土壤改良、抗淹水、抗乾旱、抗鹽害、抗倒伏及提升植物病蟲害抗性
功能性微生物製劑	乳清蛋白、海草粉、碎藻土、蝦蟹殼糖蜜、魚骨粉、肉骨粉、菸草粕、蓖麻粕.....	抗淹水、抗乾旱、抗鹽害、抗高低溫障礙、提升開花能力及提升植物病蟲害抗性
天然素材植物保護製劑	甲殼素、碎藻土、海草粉	具肥效、抗淹水、抗乾旱、抗高低溫障礙、提升開花能力及防治病蟲害
菇類剩餘物質多功能產品	菇包木屑、菇類下腳料	具肥效、枝條分解、除臭、飼料添加、抗淹水、抗乾旱、抗高低溫障礙、提升開花能力及減輕病蟲害

上述五種製劑適合開發出各種作物栽培施用技術套組



農業剩餘物質循環示範場域(內部循環)



敬請指教 善用微生物與農業剩餘物質 存肥、藏碳、涵水於田



國家圖書館出版品預行編目資料

中臺灣農業科技前瞻論壇輯 .2022 / 林煜恒, 陳葦玲, 陳裕星, 李紅曦主編. -- 第一版. -- 彰化縣大村鄉 : 行政院農業委員會臺中區農業改良場, 民 111.10 面 ; 19X26 公分. -- (臺中區農業改良場特刊 ; 147 號) ISBN 978-626-7110-06-5(平裝)

1.CST: 農業經營 2.CST: 永續農業 3.CST: 文集

431.2107

111015065

書 名 : 2022 中臺灣農業科技前瞻論壇輯 (臺中區農業改良場特刊 147 號)

發行者 : 李紅曦

編 審 : 林煜恒、陳葦玲、陳裕星、李紅曦

出版機關 : 行政院農業委員會臺中區農業改良場

地 址 : 51544 彰化縣大村鄉田洋村松槐路 370 號

網 址 : <https://www.tdais.gov.tw>

電 話 : 04-8523101

傳 真 : 04-8525841

出版日期 : 中華民國 111 年 10 月

版 次 : 第一版 第一刷 200 本

定 價 : 新台幣 300 元整

展售書局 : 五南文化廣場臺中總店

400 臺中市中山路 6 號

04-22260330

<http://www.wunanbooks.com.tw>

國家書店松江門市

104 臺北市松江路 209 號 1 樓

02-25180207

<http://www.govbooks.com.tw>

ISBN : 978-626-7110-06-5 (平裝)

GPN : 1011101389

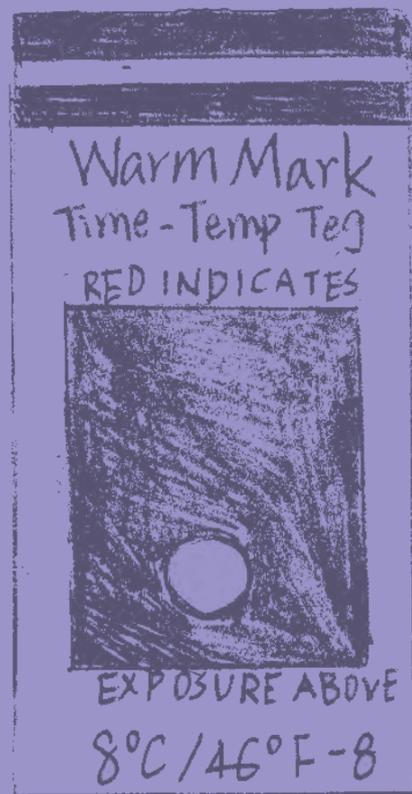
FORUM

2022

Wisdom + Sustainability x
(Innovation, Technology, Design)

TECHNOLOGY FORESIGHT

- Temperature Test
- Shelf Life
- Packaging Test



- cold chain logistics
- crop preservation
- keep it fresh.

GREEN

The Forum themed “Prospects on Agricultural Science and Technology in Central Taiwan” will focus on Net Zero Carbon Emission, Cold Chain Logistics, Smart Labor-Saving Machinery, and Circulation-Sustainability.

We invite together sector leaders to discuss the prospects on Net Zero, sustainable agricultural systems, productivity and market opportunities.

Aiming to generate both environmental and economic returns while still meeting the needs of consumers.

Freshness
Temperature
Adjustment

SPACE

ISBN 978-626-7110-06-5



GPN:1011101389
定價：新臺幣 300 元