

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。

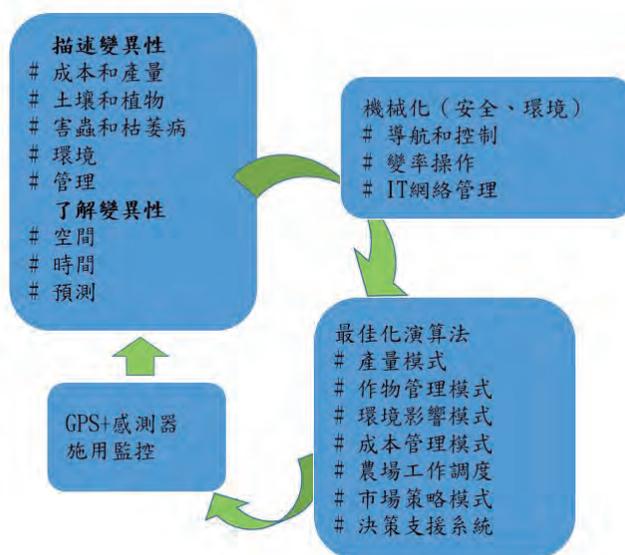


圖 1、精準農耕技術的螺旋發展 (重繪自 Shibusawa, 2001)

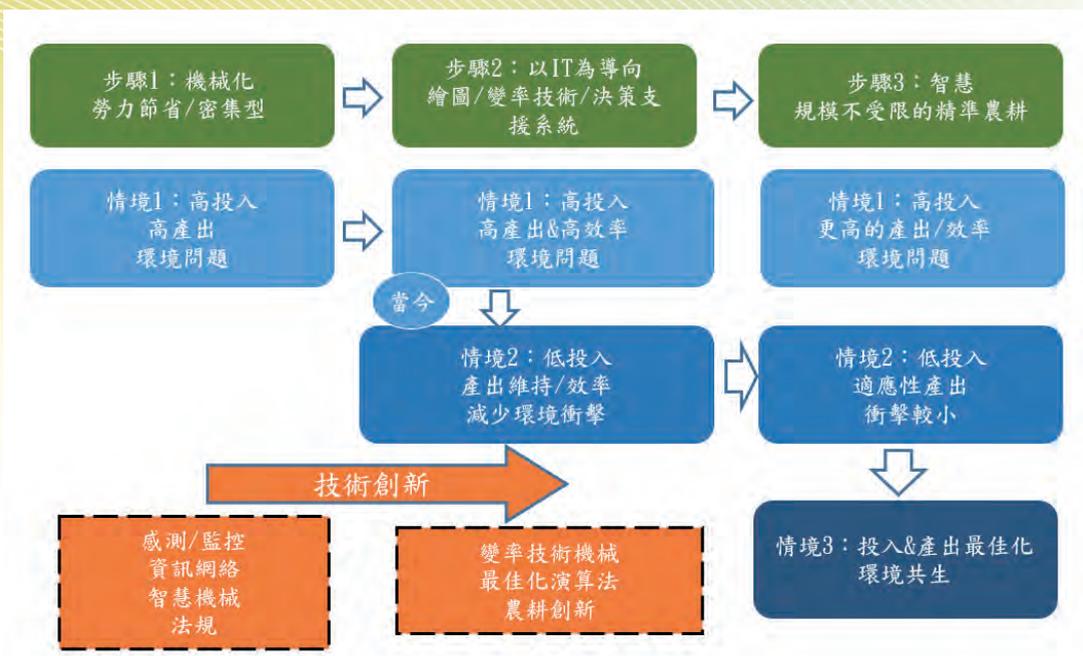


圖 2、技術水平 (3 步驟) 和農耕策略 (3 情境) 的發展 (重繪自 Shibusawa, 2001)

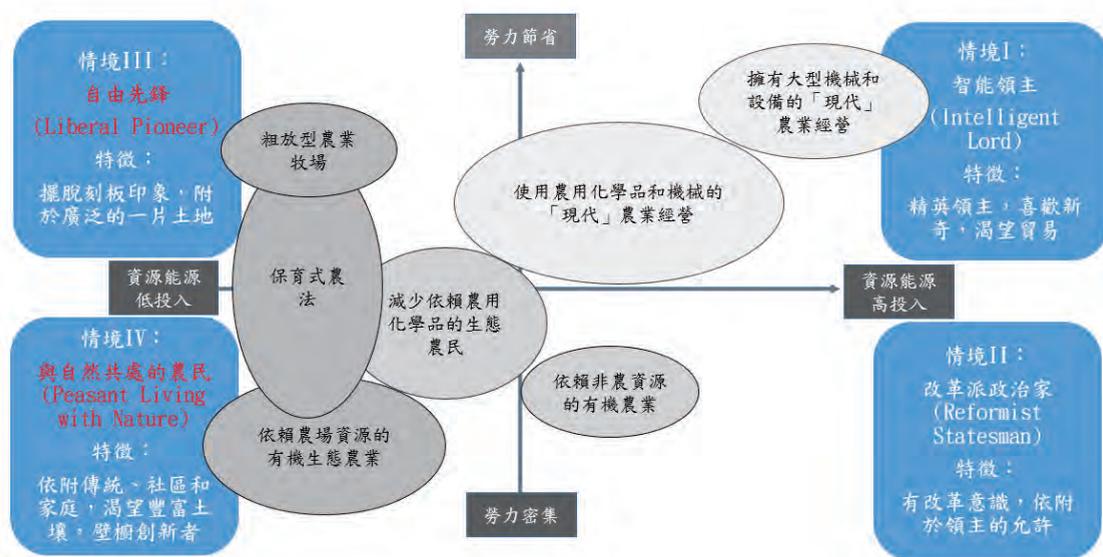


圖 3、按勞動力和資源能源分類的農業模式與未來農業經營發展情境

(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

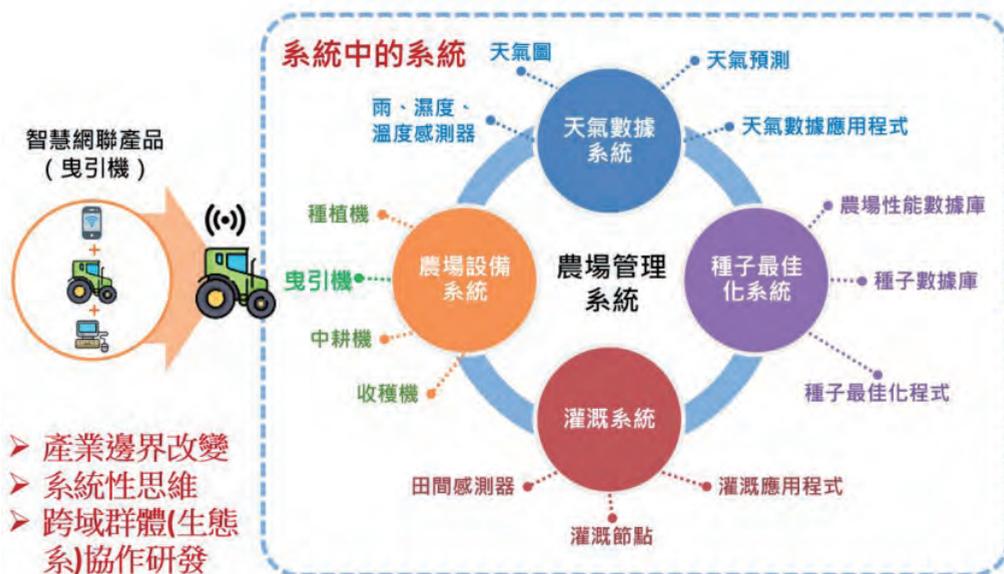


圖 5、系統中的系統 (改繪自 Porter & Heppelmann, 2014)

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)。

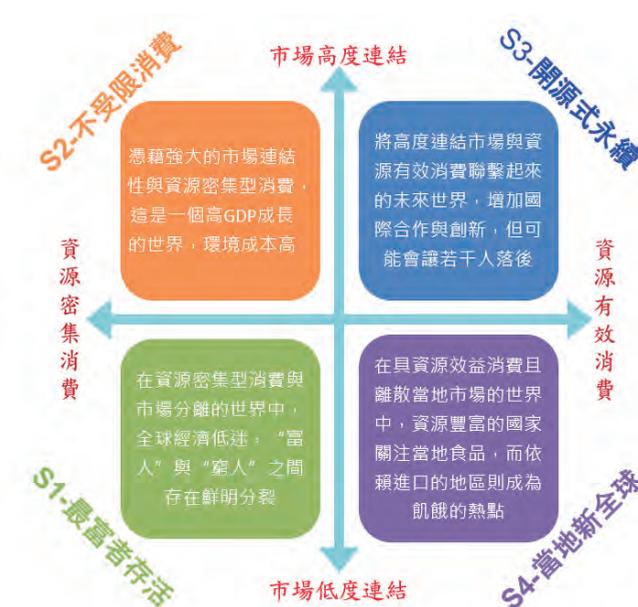


圖 6、四種潛在未來世界的情境 (Nabarro 等人, 2017)

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)

- 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
- 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
- 通信技術
 - 無線網絡(5G)、衛星通信網絡、霧雲網絡等
- 加速發展的模擬環境
 - 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
- 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

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(Channton 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)。

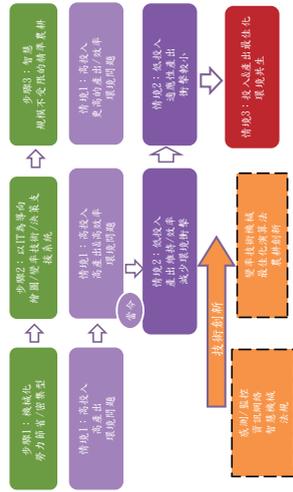


潛力發展技術 (Dunlap, 2021)

- ▶ 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。



1. 系統性與目標導向式因應趨勢

▶ 勞工問題除缺人外，部分原因是老齡化的勞動力。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。

18

建議

17

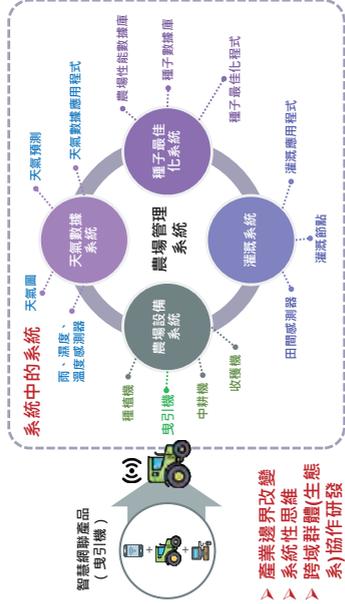
系統性盤點機械作業缺口 (主要作物待推廣(綠色)與研發中(紅色)農機)

品項	整地/除草	高苗/插秧/播種/電鍍/噴霧/施肥	種植機、催花	收穫/收穫機	選別機/分級/包裝設備	乾網/存放/脫鮮/冷藏	農產品加工處理
鳳梨			採收機	採收機	網袋包裝		削皮機
茶葉			採茶機	採茶機			磨粉機
大蒜			採收機	採收機			
小青菜			種植機	採收機			
結球蔬菜				採收機			
玉米(筍)				採收機			剝葉機
蘆筍				採收機			
野薑			種植機	收穫機			
青蔥			種植機				
香菇							去柄機

註：本表由科技處明雅技正提供。

19

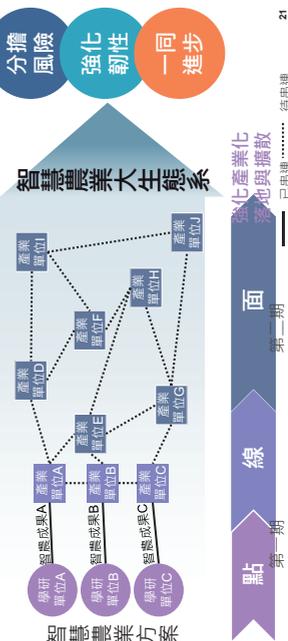
2. 融合系統中的系統概念建構群體協作



20

跨域群體(或生態系)研發

▶ 將當事者置於自己生態系的中心，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迅速繁殖一樣，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



未來在智慧省工的推動亦應有跨域群體(或生態系)協作思維

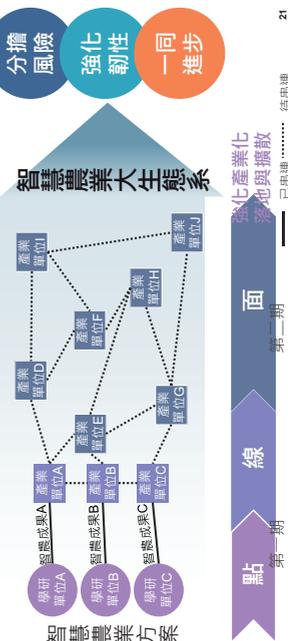
▶ 以美國智能AI農業合作社複合生態系(Chukkapali)等人(2020)為例，在「農民價值核心」中串連各種「解決方案」，以合



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。

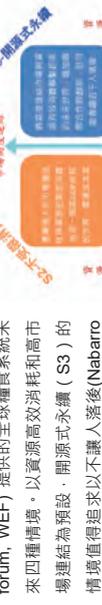
3. 未來糧食系統情境追求應在智慧農業的基礎上進一步轉向開源式永續發展

▶ 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，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。



謝謝聆聽

產品安全、農民安家、顧客安心、環境安穩



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

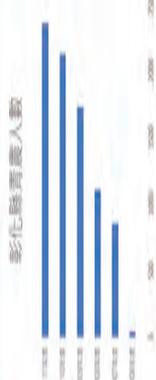


彰化縣政府農業處處長邱奕志

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 is often necessary to select mature beef tomatoes by manual judgment, 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。