

# 美國現行農業特用作物(Specialty Crops)自動化與機械化政 策發展策略

許聖章

國立高雄大學應用經濟學系 副教授 編譯

## 摘要

美國正面臨廉價農業勞動供給逐漸減少的趨勢，在勞動力短缺的情況下，其中需要勞力密集的特用作物生產將受嚴重的衝擊。因此美國國會在 2018 年通過的農業改進法第 7610 節第 7 項中，要求美國農業部彙整現有與特用作物生產及加工有關的計畫，並利用現有研究成果，加速推動特用作物在生產及加工上的自動化或機械，以解決未來可能的人力短缺現象。因此，本文主要目的是介紹美國與特用作物生產及加工過程中自動化及機械化技術研究相關的執行單位及其過去執行的重點內容。為加速自動化及機械化技術的發展及應用，需要整合美國農業部內農業行銷局、農業研究局及全國糧食與農業研究所的相關研究，除了自動化及機械化的創新技術發明外，尚需要對農民進行推廣與教育。此外，自動化與機械化的推動需要建立在可用的寬頻網路服務，因此美國農業部鄉村水電局同樣扮演重要的角色，其提供鄉村地區數位基礎建設的資金補助，使特用作物自動與機械化的技術得以推動。

關鍵詞：勞動力短缺、特用作物、自動化、機械化、數位基礎建設

Key words : Labor Shortage、Specialty Crops、Automation、Mechanization、Digital Infrastructure

# 美國現行農業特用作物(Specialty Crops)自動化與機械化政策 發展策略

## 壹、前言

美國農業勞動市場正面臨勞動供給緊縮的跡象，例如越來越多農場抱怨勞動力短缺、農工薪資提高、以打工簽證(H-2A 臨時農業計畫)雇用人數增加及墨西哥農業勞動力的減少，尤其是後者因為墨西哥的經濟發展，非農部門工作機會增加，出生率下降及勞工教育程度提升，使得進入美國從事農業工作的人數逐年降低(Charlton 和 Taylor, 2016 ; Zahniser, et al, 2018)。而 Charlton et al.(2019)利用墨西哥的家計單位資料的實證估計結果顯示，若要繼續維持農業的勞動供給固定，在未來 10 年美國農業薪資水準將需要提高超過 10%。農業人力短缺受影響最大的將是特用作物，特用作物產值占美國農業生產很大的比例，美國 2017 年特用作物產值為 647 億美元，佔整體作物產值的三分之一，佔所有農產品產值的六分之一。特用作物的生產、採收及加工過程都需要大量的人力，尤其是近幾年美國及全世界對於新鮮水果的需求持續上升，使廉價人力的需求持續增加。

在面臨長期廉價勞動供給減少的趨勢下，農民可以透過轉換較為省工的作物或採用自動化或機械化的技術，提高勞動生產力，降低人力需求(Charlton et al., 2019)。美國國會因此在 2018 年通過的農業改進法，在第 7610 節第 7 項中，特別要求美國農業部彙整現有與特用作物生產及加工有關的計畫，利用現有研究成果，加速推動特用作物在生產及加工上的自動化或機械，以解決未來可能的人力短缺現象。因此，本文主要目的是介紹美國與特用作物生產及加工過程中，與自動化及機械化技術研究相關的執行單位及其過去執行的重點內容。

## 貳、特用作物自動化與機械化相關研究

Astill、Perez 和 Thornsby(2020)透過盤點美國農業部各部門所管轄的研究計畫中，與特用作物自動化及機械化技術有關的研究單位及計畫內容，相關研究分散在美國農業部農業行銷局(Agricultural Marketing Service, AMS)、農業研究局 Agricultural Research Service, ARS)及國家食物及農業研究所(National Institute of Food and Agriculture, NIFA)，這三個單位共有 6 大項計畫，在 2008 年至 2018 年間共有 213 個子計畫，花費 287.7 百萬美元。這 213 個子計畫依照技術類型可以區分為 6 類，工作協助與機械自動化(job aid/machinery automation)、機器學習與資料分析(machine learning/data

analysis)、機械採收與加工(mechanical harvesting/processing)、精準農業(precision agriculture)、遠預感應與無人機(remote sensing/drones)及感應器(sensors)。另外，在農業部的鄉村發展署(Rural Development, RD)也有 3 個計劃著重在鄉村數位基礎建設，其中包括 218 個子計畫，主要目的在使自動化及機械化的科技得以在鄉村地區運作，在 2010 年至 2018 年間共計花費 34 億美元。

美國特用作物(水果、蔬菜、核果、園藝及溫室作物等)占整體農作物產值很大的比重。美國 2017 年特用作物產值為 647 億美元，佔整體作物產值的三分之一，佔所有農產品產值的六分之一。在整體特用作物產值中，有 285 億美元來自水果與核果；198 億美元來自蔬菜及瓜類(包含甘藷與馬鈴薯)；165 億美元來自園藝產品(如苗圃、溫室、花卉、草皮及聖誕樹)。特用作物產值相對其他作物高，且生產過程中使用土地面積相對較小，例如水果、核果、蔬菜及瓜果類產品產值約佔了總產值的四分之一，但只用了 3%的土地。大部分特用作物生產過程都需要勞力密集，特用作物在生產、收成及後續包裝處理過程，相對於其他作物更仰賴勞力。在採收前特別需要人力精確地分辨水果或蔬菜是否已經成熟，採收、分類、包裝的過程中為了避免傷到蔬果，大多需要人工用手小心處理。美國長期的農業勞動力供給下降，使農場開始選擇栽種勞力使用較不密集的農產品、投資在省工的技術及發展策略以提高勞動生產力。

美國目前有 6 個大項計畫分散在 AMS、ARS 及 NIFA，這些計畫可以加速特用作物生產與阿公自動化與機械化的發展。另外有三個計畫在鄉村發展署可以有助於自動化及機械化的推動，如表一。有些計畫涵蓋的研究項目較廣，包含特用作物、其他作物及家畜，本文所有涵蓋的計畫都有包含與特用作物自動化與機械化有關。

在 2008 年至 2018 年間 AMS、ARS 及 NIFA 資助 213 個細項計畫，以發展與提升特用作物自動化與機械化的生產與加工，總計花費 287.7 百萬美元，如表二。這 213 個細項計畫依照技術類型可以區分為 6 大類，工作協助與機械自動化(job aid/machinery automation)、機器學習與資料分析(machine learning/data analysis)、機械採收與加工(mechanical harvesting/processing)、精準農業(precision agriculture)、遠預感應與無人機(remote sensing/drones)及感應器(sensors)，如表三。

表一：美國農業部推動特用作物生產與加工自動化與機械化相關計畫

所屬單位	計畫名稱
農業行銷局(Agricultural Marketing Service, AMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 特用作物區塊補助計畫 (Specialty Crop Block Grant Program, SCBGP)</li> </ul>
農業研究局(Agricultural Research Service, ARS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全國性計畫(305)：作物生產(National Program (305) Crop Production)</li> <li>• 全國性計畫(306)：產品品質與新利用 (National Program (306) Product Quality and New Uses)</li> </ul>
全國糧食與農業研究所 (National Institute of Food and Agriculture, NIFA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 特用作物研究倡議(Specialty Crops Research Initiative, SCRI)</li> <li>• 小企業創新研究 (Small Business Innovation Research, SBIR)</li> <li>• 農業與食物研究倡議(Agriculture and Food Research Initiative, AFRI)</li> </ul>
鄉村發展署(Rural Development, RD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 社區連結/重新連結補助(Community Connected/Reconnect Grants, CCG)</li> <li>• 農業法案寬頻計畫 (Farm Bill Broadband Program, FBBP)</li> <li>• 電信基礎建設計畫 (Telecommunications Infrastructure Program, TLIP)</li> </ul>

表二：美國農業部推動特用作物生產與加工自動化與機械化相關計畫之經費，2008-2018

單位：美元

技術類型	農業行銷局	農業研究局	全國糧食與農業研究所
工作輔助/機械自動化	1,728,425	19,752,000	12,088,409
機器學習/資料分析	536,120	31,836,000	7,280,422
機械採收/加工	1,968,176	9,826,000	19,640,170
精準農業	1,689,152	65,201,000	44,423,450
遠端感應/無人機	2,717,851	25,543,000	7,606,653
感測器	3,904,240	26,120,000	7,721,427
<b>合計</b>	<b>12,543,966</b>	<b>176,378,000</b>	<b>98,760,541</b>
佔總經費比例	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>

表三：美國農業部推動特用作物生產與加工自動化與機械化細部計畫數量：2008-2018

技術類型	農業行銷局	農業研究局	全國糧食與農業研究所
工作輔助/機械自動化	20	1	10
機器學習/資料分析	5	1	5
機械採收/加工	32	2	11
精準農業	13	6	32
遠端感應/無人機	22	1	12
感測器	30	2	8
<b>合計</b>	<b>122</b>	<b>13</b>	<b>78</b>

## 參、自動化及機械化研究執行情形

### 一、美國農業部農業行銷局

#### (一) 計畫概述及目的

美國農業部農業行銷局主要功能在確保美國能獲得高品質的農產品，拓展美國農產品的國內及國外市場，其中與特用作物有關的計畫為特用作物區塊補助計畫(Specialty Crop Block Grant Program, SCBGP)，SCBGP 是非競爭型的計畫，將計畫經費分配給各州農業部，以提升特用作物的競爭力。農業行銷局雖然沒有權利要求，但可以鼓勵各州執行特定的計畫，計畫的選擇與優先順序是由各州農業部決定，但他們通常會參考與這些特用作物相關單位意見，2018 年的農業法案進一步要求 SCBGP 需要特別著重在特用作物相關的研究及發展計畫。

#### (二) 計畫準則

透過區塊補助計畫各州農業部將可以獲得經費，以提升特用作物的競爭力。鼓勵申請者發展以下面向之相關計畫

- 提升食品安全
- 改善特用作物供應鏈相關設施的 capacity
- 投資特用作物研究
- 發展新種子及改善種子多樣性
- 控制病蟲害
- 增加特用作物的營養知識及消費
- 改善效率及降低成本
- 永續性

受補助的細項計畫最終需要證明能

- 提升特用作物競爭力
- 對超過一種作物或組織有利
- 有可證明的績效指標

### (三) 涵蓋範圍

在 2008-2018 年間，農業行銷局針對特用作物區塊補助計畫(SCBGP)總共補助 597 百萬美元，其中 12.5 百萬美元經費用在發展特用作物自動化與機械化的計畫上。農業行銷局會收到各州農業部門接受申請的案件數量及經費，但並不受限於自動化與機械化的資訊。

### (四) 作物種類

計畫中所涵蓋的特用作物包含種植在美國 50 個州、哥倫比亞特區及 5 領地的水果、蔬菜、核果、切花、苗圃作物、觀賞性植物、及其他園藝作物。

### (五) 機會

特用作物區塊補助計畫所涵蓋的研究議題優先順序，主要依據各州農業部需求決定。面對各州為因應當地的需求，聯邦層級需要針對計畫的優先順序做取捨。例如，2018 年農業法案中建立了農業先進研究與發展局(Agriculture Advanced Research and Development Authority, AGARDA)的 5 年試驗計畫，AGARDA 的目標是支持創新技術的發展，以解決未來糧食及農業所面臨的挑戰，經費及合作計畫可以同時接受公家或私人個體的申請，包括個人、公司、大學及地方、州及聯邦機構。其研究項目包含特用作生產技術的研究與發展，但在沒有與 SCBGP 協調的情況下，將可能無形中影響各州計畫優先順序的決定。

AMS 最近正在執行以八項指標為評估的計畫，各州所執行每一個細部計畫需要選擇至少一項指標，以做為全國性的比較。藉由這些計劃的績效表現資料收集與彙整，AMS 計畫將這訊息分享給相關單位，如管理與預算辦公室(Office of Management and Budget, OMB)、國會、農業相關團體及社會大眾。

AMS 目前正在修正評估指標，以符合 2018 年農業法案的要求。因為 SCBGP 所給予的計畫通常為 3 年期，因此 2016 年補助的計畫將於 2019 年 12 月提交籌果報告。

## 二、 美國農業部農業研究局(Agricultural Research Service, ARS)

### (一) 計畫概述及目的

農業研究局主要檢視影響農業生產的相關因子的研究問題，其中包括生物、生化、生理及流行病的因子，農業研究局亦會研究科技對這些因子的影

響。農業研究局的全國性計畫(National Programs)分為四大主題，其中與自動化與機械化有關的全國性計畫有 305 與 306 計畫，這兩個計畫分別屬於「作物生產與保護」及「營養及食品安全/品質」兩個主題。

## (二) 計畫準則

ARS 補助支持的研究計畫目標，需要符合聯邦農業改善及改革法案第 801 節中的法定目的，也就是以”農業研究、推廣及教育為目的”。一般而言，受補助的計畫需要能提高美國農作物的全球競爭力及長期生產力、增加經濟方面的機會、風險管控與安全協助。305 全國性計畫評估細項計畫是基於其提高單年、多年、溫室及苗圃作物之生產效率、生產力、品質、行銷、保護的潛在可行性，但需在維持或堤身勞工安全環境品質的前提下。306 全國性計畫的目標則是發展相關知識，使下列 3 項技術可以商業化，1. 衡量及維持或提升採收後農產品的品質；2. 採收及加工農產品；3. 創造新的價值產品。透過區塊補助計畫各州農業部將可以獲得經費，以提升特用作物的競爭力。鼓勵申請者發展以下面向之相關計畫

## (三) 涵蓋範圍

在 2008-2018 年間，農業研究局透過 305 及 306 全國性計畫總共補助 176.4 百萬美元(或所有研究經費的 1%)，以用於提升特用作物自動化與機械化的 13 個計畫，2018 年度所支持的計畫中有 60%與自動化與機械化有關。因為 ARS 計畫經費需要國會的審核，而非以競爭方式進行，因此沒有辦法衡量計畫經費的需求是否超過供給。

## (四) 作物種類

305 及 306 全國性計畫的研究計畫涵蓋的範圍相當廣，幾乎涵蓋所有的作物種類，其中亦包括特用作物，有關水果、蔬菜、核果及園藝作物及蜜蜂的研究都在受補助的範圍內。

## (五) 機會

305 及 306 全國性計畫所補助的細項計畫包含很多 ARS 及科學委員會認為優先的領，這兩個計畫涵蓋的範圍很廣，也包括「作物生產、產品品質、新使用(Crop Production and Product Quality and New Uses)」項下的多重目標。計畫目標優先順序的取捨很難避免，但可以透過 5 年期的計畫循環及每年檢視調整。ARS 認為需要更多的資源，並建議農民與研究人員的合作，可以用研討會及現場示範的方式。

### 三、 美國農業部全國食品與農業研究所

#### (一) 計畫概述及目的

全國食品與農業研究所是在 2008 年，依據食品保護與能源法案所建立的，其主要目的是尋找與農業、食品、環境及社區有關議題的創新解決方法。NIFA 的任務是投資及提升農業研究、教育及推廣，以科學及技術的工具解決社會挑戰。NIFA 透過補助農業方面的研究，以彌補私部門投資的不足，NIFA 與美國 Land-Grant Universities 合作，所以可以很快透過教育與推廣傳遞新的發現，此外 NIFA 的很多補助計畫都包含特用作物自動化與機械化，其中包括

- 特用作物研究倡議(Specialty Crop Research Initiative, SCRI)：投資新技術，如機器人及無線感應器，以解決勞動力短缺的挑戰及降低特用作業的資源使用。
- 小型企業創新研究(Small Business Innovation Research, SBIR)：補助小型公司商業化其農業工具上的創新想法，其中包含特用作物。
- 農業與食品倡議(Agriculture and Food Research Initiative, AFRI)：透過自身及與其他單位間的合作，以投資在研究、教育及推廣，其中包含特用作物有關的項目。

#### (二) 計畫準則

NIFA 為了極大化其功能，與美國農業部研究、教育和經濟次長室合作，將重要的研究、推廣、教育計畫優先給予補助，並參考全國農業研究、推廣、教育和經濟諮詢委員會(National Agricultural Research, Extension, Education, and Economics Advisory Board, NAREEEAB)的決定與建議。

#### (三) 涵蓋範圍

在 2008 至 2018 年間，NIFA 總共補助 SCRI 總計 573 百萬美元；SBIR 總計 239 百萬美元；AFRI 總計 26.77 億美元，其中 98.8 百萬美元用於發展特用作物的自動化及機械化上。

#### (四) 機會

SCRI、SBIR 及 AFRI 皆包含多個 NIFA、REE 及 SBA 認為優先的研究領域，SBIR 及 AFRI 包含較廣的農業領域，而 SCRI 則優先針對特用作物的

多項目標。因為計畫目的通常涵蓋多重的目標，因此取捨是不可避免的。

NIFA 的官員認為在它們計畫未來的機會包含

- 資料分析：自動化與計畫計畫發展的瓶頸在於要整合大量的資料，並有用於農業生產。面對農業的數位資訊時代，NIFA 在 2017 年提出食品與農業網路資訊與工具倡議(Food and Agriculture Cyberinformatics and Tool, FACT)，NIFA 透過 FACT 在 2018 年投資 21 百萬美元於 AFRI 相關計畫中。
- 特用作物與家畜：NIFA 投資在特用作物及家畜(如水果、蔬菜、羊及蜜蜂等)，因為這些產品的私人投資較少。部分家畜可以透過精準的畜養(如自動化、動物健康及福利、生產與育種)，與特用作物一樣都可以因此而提高能，相較於大宗穀物這部分的研究相對較少。
- 社會與經濟因子--經濟與教育：NIFA 可以將研究擴展到自動化對人力需求的社會經濟面議題，如衝擊、沒有想到的影響、觀感及市場層面。NIFA 利用多重管道進行訓練，包括非正式的 4-H、正式教育的 K-20、新進農民及牧場主的培養計畫(Beginning Farmer & Rancher Development Program, BFRDP)，NIFA 認為訓練及人力培育發展，可以加速農民對使用自動化與機械化創新技術的推展，因此在 2020 年，NIFA 將在社區大學提供資訊及技術的訓練課程。

#### 四、 美國農業部鄉村發展署鄉村水電局

##### (一) 計畫概述及目的

美國農業部鄉村發展署下轄的鄉村水電局(Rural Utilities Service, RUS)是聯邦主要負責美國鄉村寬頻建設的單位，很多機械化及自動化的技術都需要與網路連結磁能使用，因此缺乏高速的網路連結是目前很多特用作物機械化及自動化技術使用的障礙。

美國農業部的鄉村水電局管理多項計畫，負責對寬頻電信基礎建設融資，其中包括社區連結/重新連結補助(Community Connected/Reconnected Grants, CCG)、農業法案寬頻計畫(Farm Bill Broadband Program, FBBP)、電信基礎建設計畫(Telecommunication Infrastructure Loans and Guarantees Program, TILP)。CCG 主要是提供美國鄉村最不可能獲得商業化寬頻服務的地區資金援助，援助建設及取得寬頻網路服務相關設備。在計畫涵蓋的區域，社區可以獲得補助，讓居民 2 年的免費寬頻服務。農民將可能因為這些計畫

而獲得較多機會能有寬頻的網路服務。FBBP 及 TILP 則提供廠商固定費率的低利貸款，以協助鄉村地區建設、維持、改善及擴展電信及寬頻服務。

## （二） 計畫準則

營利與非營利單位、原民部落、市政府或公司都可以申請這些計畫補助，美國農業部特別鼓勵在原民部落及經濟上弱勢區域的投資。CCG 的申請者需要居住在鄉村地區，且缺乏下載速度高於 10Mbps 及上傳速度高於 1Mbps 的寬頻網路服務。FBBA 的申請區域需要是完全在鄉村地區內、涵蓋多個鄉村地區或區域內至少有 15% 家計單位沒有足夠的寬頻網路服務。TILP 申請者的資格，則是需要符合其服務的鄉村地區或城鎮，所居住之居民人數低於 5000 人以下。美國農業部與寬頻連結發展相關的研究計畫資料，可由美國寬頻研究所所發布的資料中得到。

## （三） 涵蓋範圍

鄉村發展署在 2010-2018 年間共資助 280 個數位基礎建設計畫，總計花費 34 億美元，而 2018 年的農業法案則結合 FBBP 計畫，提供新的補助項目，每年補助金額由 25 百萬美元增加至 350 百萬美元，但受補助地區限制由原有限制至少 15% 的家計單位提高到至少 50% 的家計單為沒有寬頻網路服務或其現有網路服務品質較低者。

## （四） 機會

目前要利用這些計畫來加速特用作物自動化及機械化的發展與使用有些困難，因為目前大量的資本投入主要在低人口密度的區域，所以 2018 年美國國會認知到需要提供更多的資金來克服這些挑戰，因此新增 600 百萬美元的重新連結計畫，以提供數位基礎建設補助及貸款利息補助。

## 肆、結論

由於美國農業部門正面臨農勞動力供給逐漸萎縮的徵兆，因此在 2018 年通過農業法案中，特別要求美國農業部特別彙整現有與特用作物生產及加工過程自動化及機械化，在既有基礎上加速推動特用作物的自動化及機械化。目前美國與特用作物自動化及機械化技術有關的研究單位及計畫內容，分散在美國農業部農業行銷局、農業研究局及國家食物及農業研究所，這三個單位共有 6 大項計畫，在 2008 年至 2018 年間共有 213 個子計畫，總計花費 287.7 百萬美元。而這 213 個子計畫依照技術類型可以區分為 6 類，工作協助與機械自動化、機器學習與資料分析、機械採收與加工、精準農業、遠

預感應與無人機及感應器。另外，在農業部的鄉村發展署也有 3 個大型計劃著重在鄉村數位基礎建設，在 2010 年至 2018 年間共計花費 34 億美元。主要目的在使自動化及機械化的科技得以在鄉村地區運作。

為加速自動化及機械化技術的發展及應用，美國農業部整合農業行銷局、農業研究局及全國糧食與農業研究所的相關研究，除了自動化及機械化的創新技術發明外，尚需要對農民進行推廣與教育。此外，自動化與機械化的推動需要建立在可用的寬頻網路服務，因此美國農業部鄉村發展署同樣扮演重要的角色，其提供鄉村地區數位基礎建設的資金補助，使特用作物自動與機械化的技術得以推動。

### 伍、建議

我國同樣面臨農村臨勞動力短缺而衍生的缺工問題，加速農業生產機械化及自動化亦是當前推動的政策。目前我國在稻米及雜糧作物的機械化程度較高，受農村缺工影響較小。但其他如果樹、蔬菜、花卉、苗圃、畜牧及養殖等產業仍面臨嚴重的缺工問題，但由於我國農場規模較小及農產品雜異程度高，因此將不利於機械化及自動化技術的研發與應用。農政單位應盤整現有大專院校與農試所自動化與機械化之研究資源，加速推動農業新技術的創新。此外，生產及加工的自動化與機械化需要搭配農民栽種習慣的調整，因此若欲透過機械化與自動化以達到人力使用的降低，需要同時透過推廣教育影響農民栽種習慣與方法，才能最終達到機械化與自動化的目標。

### 陸、參考文獻

- Astill, Gregory, Agnes Perez, and Suzanne Thornsby (2020), “Developing Automation and Mechanization for Specialty Crops: A Review of U.S. Department of Agriculture Programs”, Economic Research Service, Administrative Publication Number 082.
- Charlton, Diane and J. Edward Taylor(2016), “A Declining Farm Workforce: Analysis of Panel Data from Rural Mexico”, American Journal of Agricultural Economics, Volume 98, Issue 4, Pages 1158–1180.
- Charlton, Diane, J. Edward Taylor, Stavros G. Vougioukas (2019). Can Wages Rise Quickly Enough to Keep Workers in the Fields? Choices, 2<sup>nd</sup> Quarter 34(2).
- Zahniser, Steven, J. Edward Taylor, Thomas Hertz, and Diane Charlton (2018),

“Farm Labor Markets in the United States and Mexico Pose Challenges for U.S. Agriculture”, EIB-201, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.