

菇類智慧化生產之現況與展望

The current situation and aspect on the mushroom smart production

石信德^{1*}、呂昫陞¹、邱相文²、周榮源⁴、呂椿棠³
徐武煥²、陳美杏¹、李瑋崧¹、黃榮揚¹

Hsin-Der Shih, Yun-Sheng Lu, Hsiang-Wen Chiu, Rong-Yuan Jou,
Chun-Tang Lu, Wu-Huan Hsu, Mei-Hsing Chen,
Wei-Sung Li, Chi-Yang Huang

1. 行政院農業委員會農業試驗所植物病理組
2. 行政院農業委員會農業試驗所農業工程組
3. 行政院農業委員會農業試驗所作物組
4. 國立虎尾科技大學機械設計工程系

*電子郵件：tedshih@tari.gov.tw；傳真：04-23302308

摘要

菇類產業過去奠定良好的產業基礎，其整體產值目前已逾 130 億新台幣，為台灣農業相當重要之一環。國內菇類產業市場多屬於內銷，菇類產業常有明顯淡旺季之別，屬於淺碟型市場。近年來由於部分菇類菌種因老化或退化導致活力不足，全球氣候變遷之因素導致產能下降，加上缺乏基層勞力及生產成本高漲，使得產業面臨轉型壓力。菇類的智慧化生產扣合自動化與智能化二大面向，其所涵蓋的關鍵技術包括：生產環境的感測技術、智能機器裝置(IR)、物聯網(IoT)及巨量資料(Big Data)探勘分析等。串接自動化生產設備之智慧化工廠，可實現菇類智慧化生產，以滿足供應鏈與消費端等面向之需求，強化與調整菇類產業結構進而提升菇類整體產業競爭力。

關鍵詞：菇類、智慧化生產、現況、展望

緒言

菇類營養美味也含有豐富之蛋白質、纖維素及維生素，且具有低脂肪及低卡路里之優點，是國人平日餐桌上少不了的好食材。現今菇類不再是傳統產業，而是具有綠金價值的農業生技產業(陳等, 2010)。我國菇類產業之總體產值目前已逾 130 億新台幣，為台灣農業相當重要之一環。國內菇類產業市場多屬於內銷，菇類產業常有明顯淡旺季之別，屬於淺碟型市場(呂等, 2016)。近年來由於部分

菇類菌種因老化或退化導致活力不足，全球氣候變遷之因素導致產能下降，加上缺乏基層勞力及生產成本高漲，使得產業面臨轉型壓力。其中科技部分主要呈現之問題可分為三大部分，其一為菌種相關之問題，包括對品種鑑別技術、安定化菌種相關技術之需求；其次為栽培生產相關之技術，包括生產設備研發與汰換、栽培技術開發與引進、菇類栽培節能技術、降低生產成本或提高單位產量之栽培技術、菇類生產管理相關資料庫等；其他則與行銷和應用面相關，包括採收後處理與長途運輸保存技術、加工應用產品/技術開發和電子商務系統建構等(劉等, 2016)。

菇類產業待解決問題

生鮮菇類的生產至運銷分為四個階段，第一個階段是將菇類菌種接種至滅菌過的栽培瓶或太空包進行走菌，第二個階段是將長滿菌絲的栽培瓶或太空包移至環境控制的出菇室進行出菇管理工作，第三個階段是進行菇體(子實體)的採收及包裝，第四個階段則是利用物流方式進行菇類產品的運銷與販售。目前國內菇類業者從栽培瓶或太空包的基質組成、滅菌及植菌之流程、走菌及出菇之環控條件、乃至採收等，是根據自有的經驗去做調整控制，雖然現有機器及設備可以進行相關生產操作，但目前仍欠缺整合或還有缺口，這些問題分析如下：1.生產面仍無法全面自動化，如專業製包場或一貫式環控生產場的太空包製作的流程仍屬半自動化，每條生產線需要 5-6 人方能操作。2.出菇室囿於空間限制，栽培瓶或太空包的上架及下架仍仰賴人員爬上爬下，除需人力搬運外，且有安工的風險。3.雖然部分菇場已開始應用液態菌種，然僅限於栽培瓶方能進行自動接種，大部分菇場仍使用固態菌種。此外，以太空包方式生產場尚無液態菌種的全自動化接菌機械。4.菇類環控操作環境與設備水準雖多已建置，但智慧化程度普遍缺乏仍停留紙筆作業或雖有電腦紀錄數據卻無相關分析以致無法有效運用大數據。5.菇類生產過程中的栽培環境深受外界氣候影響，縱使全環控的栽培室其空氣仍須與外氣進行不同程度的交換，目前多數菇類栽培場的環控設備老舊仍有整合的空間，如引進節能設備如變頻裝置。6.出菇後的菇體(子實體)採收、理貨及分級包裝，耗費大量人力，無法提升工作效率(石等, 2016)。

菇類智慧化生產現況

目前國內菇類產業已經運用機械自動化裝置或作業系統，以提供操作現場省工或提升工作效率，著重於解決缺工問題。雖然環控菇類栽培庫房具備溫度、濕度及二氧化碳之感測元件及記錄功能，但大部分菇場仍仰賴人工進行調整，僅有少數場域開始利用可程式控制器(PLC 系統)進行環境參數的調整。有關產業進行菇類智慧化生產的現況，茲舉數例介紹說明。

一、菇類介質填充自動化作業模組

木腐菌類的菇類主要栽培原料為木屑，其他輔原料包括米糠、粉頭及玉米芯等，菇類介質填充自動化作業模組利用可串接電子式地磅系統精確量秤批次菇類栽培瓶製作所需之木屑，隨後進行基質之木屑主原料與輔料的混拌，利用輸送帶將基質送入自動化裝瓶/包機進行填料與打洞步驟，此階段完成之栽培瓶經自動封蓋機進行栽培瓶蓋自動封蓋作業，利用龍門式推苔系統以推苔機、輸送機及車台定位機構提供栽培瓶或太空包精準輸送及省工作業。

二、液態菌種之應用

相較於固態菌種，液態菌種係指生長在液態培養基中的菌種或菌絲體。液態菌種製作工序簡單，由於減少了培養基的更換和培養環境的改變，所以只要同一種培養基，培養出來的菌種，除當作母種也可當作原種使用。其生產週期也相對較短(石, 2010)。以金針菇為例，培養固態原種或栽培種的時間需 25 至 50 天，而培養一批液態菌種只需 6 至 12 天。整體而言，固態菌種從母種到栽培種的時間需時 100 天，而液態菌種只需 20-42 天，菌種接種後至金針菇子實體(菇體)約 45 天。目前已有業者應用液態菌種技術生產金針菇可達 400 公克/栽培瓶，其產能與日本相當水平，也有業者使用液態菌種植鴻喜菇，年產量約增加 15%。

三、省工自動堆疊輸送機

業者菇場場域導入自動堆疊輸送機，以取代人力搬運菇類栽培瓶，讓機械手臂可進行每一批次堆疊 500 多個栽培瓶之省工搬運作業(總重超過 400 公斤)，節省人力操作 1 小時/批次，除節省勞力及工時外，也助於降低人工搬運風險。

四、菇類栽培庫間自動化搬運系統

農試所已建置庫間自動化場域，主要係利用「立體層架式自動化生物栽培進料與收穫作業系統」專利進行菇類栽培衍生技術之應用，研製開發承載菇類栽培用之太空包或瓶栽之植床承架，設計開發多元化利用的栽培承架方式進行菇類的自動化作業栽培，可節省 90% 的人力操作，作業效能為傳統人力操作的 5 倍，配合全環控設備可於同場域進行養菌及出菇的工作。

五、電能感測系統及節能控制系統

透過農試所研發的電能感測系統，能實際測量各菇類栽培庫所需電力，菇農可以針對用電量較高的栽培室解決問題，如變頻空調比傳統空調可實際節能至少 20%，也發現部分栽培室冷氣洩漏或絕緣性不佳等情況，並針對如跳電等情形提供警示、減少菇農損失。而在業者場域導入智能型節能控制系統後，電費較未導入的前一年節省 80 萬元，相當減少 140 公噸二氧化碳排放量。

六、高效能堆肥優質製造技術生產洋菇

開發多階段均溫製程智慧化軟體系統，對供氣系統、循環系統結合環境感測及監控元件，利用比例微積分(PID)模組技術，進行智慧化精準控制優質洋菇堆肥發酵製程，將所製造的優質堆肥於業者場域進行全年穩定化的洋菇生產。本技術投入前需 20 人次，投入後減少約 70% 人力操作，於 80 坪庫房場域比較所生產的洋菇效益，顯示實施前後年平均產能由 5 公噸提高至 15 公噸。

七、智慧化袋栽太空包製包系統

為提升全自動化太空包壓包機功能，目前積極研發介接智慧化套袋翻袋系統、太空包製包即時品質檢測系統、物聯網(含 RFID, QR code 或 Barcode)平台系統之機台及產線模組。太空包製包生產品質檢測工作包含：太空包製包品質檢測、重量/含水率檢測(IR+FTIR)、塞蓋穩定度檢測(緊度、高度、塌孔)、生產履歷紀錄(Barcode/QR code/RFID)。此外，以機械手臂系統與自動化輸送帶等系統進行整合，並經測試自動化生產線系統之實際運作條件，找出系統參數可作為未來設計實際產線時之重要參考依據。

菇類智慧化生產未來展望

菇類產業協作是繼續推動智慧生產的核心，主要的工作是提升各個環節的自動化與智動化，透過生產流程及管理技術各個單元資訊面的蒐集、整合與增值，發展成產業可利用之專家系統或決策支援系統等。溯源管理亦是菇類生產業者所必須強化的工作，未來結合菇類產業上下游端形成智農聯盟，是創造產業面的新利基。以生產面為例，透過虛實整合實整合系統(Cyber-Physical System, CPS)，串接產線端與消費端。

一、菇類智慧化模式生產

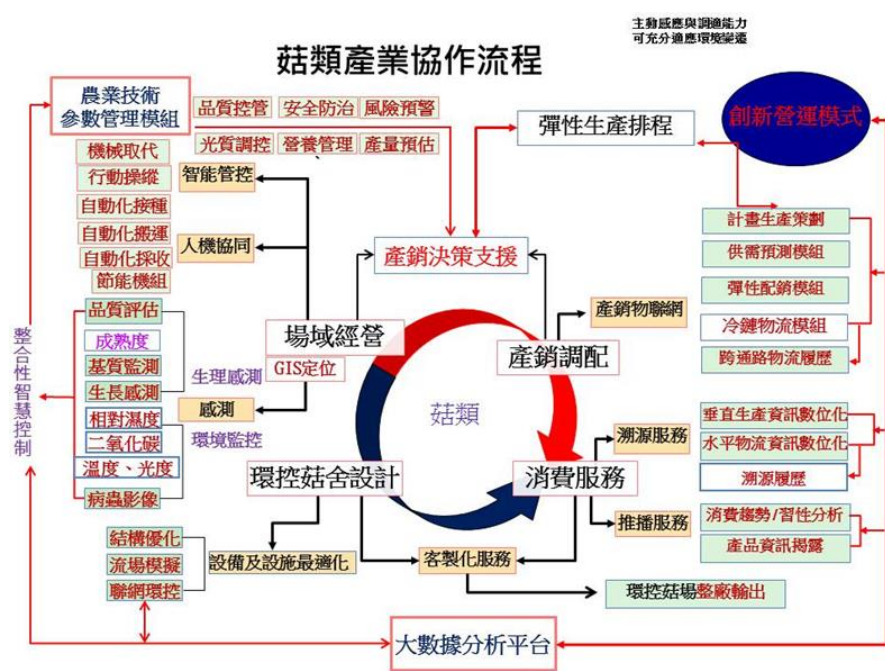
智慧化模式生產作業係以產線概念串接全自動製包(或栽培瓶)作業系統、自動化固態或液態接菌系統、庫間菇類栽培作業應用自動化菇包(栽培瓶)入庫栽培作業系統、多層次立體化生長栽培系統、自動化輸送與檢驗作業系統及菇包(栽培瓶)自動化出庫移出採收作業系統，進行一貫化全自動省工栽培生產作業與產程、產質與產量之即時監控。環控智慧化生產整合系統將栽培庫之環境參數感測數據資料(溫度、濕度、二氧化碳、光線)及電能使用狀況，經由無線網路或光纖通訊，將各個人機系統控制系統介面透過伺服器整合匯入雲端資料智能管理系統及智慧化菇類栽培網共通資訊平台。整體而言，係將菇類自動化栽培生產作業整合各種系統架構，並銜接後端自動化收穫作業系統，並結合物聯網提供產能及品質等資訊進行巨量資料探勘及分析，成功開發菇類栽培專家資料庫，以滿足菇類的智慧化生產(圖一)。

二、菇類即時彈性配銷

利用 IOT 平台以擷取顧客的菇類歷史訂單資料，經彙整以建置分析模組。於中央場域提供給合作平台，將市場即時資訊提供給如農民團體、農企業等聯盟成員，協調菇農協助集運可交貨的品質及數量、讓聯盟可進行計畫性採購，維持菇類產品之安全存量以避免供不應求的狀況發生，解決生產端通路與銷售端的缺口問題。此外，利用企業資源規劃(ERP)系統與 IOT 協作平台，中心廠之資材庫存或集貨場系統之產品庫存不足情況下，能經比對前期進貨品項、數量及等需求資訊後，進行決策通知物流系統進貨或出貨，有效管控各種資源及菇類貨品。

三、菇類智農聯盟

推動菇類智農聯盟的目的是經由智慧化生產管理，突破菇農單打獨鬥之困境，提升產業整體生產效率與量能，並藉由物聯網與大數據分析技術，建構主動式全方位消費與服務平臺，提高消費者對產品安全之信賴感。其進程是催生形成菇類生產專區聯盟、產品小聯盟及產業大聯盟終至實現「擴大市場內需，創造外銷契機」之長遠目標。



圖一、菇類產業協作流程圖

結 語

菇類為我國農業領航產業的重要區塊，近年來透過智慧農業計畫的執行，結合菇類產業所需的產官學研力量，導入智慧化生產與數位服務，以協助菇類生產業者及行銷業者打造智慧供應鏈。期望經由降低菇類生產成本，提高其生產技術及產品的品質以滿足食農二端需求。未來進一步透過「整合分工」、「產權連結」及「品牌建立」提升菇類整體產業競爭力，得以整廠輸出智慧生產技術，拓展全球菇類產業商機。

引用文獻

1. 劉育姍、康瑋帆、呂昫陞、石信德。2016。我國菇類產業現況與技術發展策略分析。農政與農情 285: 64-69。
2. 石信德、呂昫陞、李瑋崧、陳錦桐、陳美杏、吳寬澤。2016。菇類智慧生產4.0。菇類生技產業研討會專刊 35-44。
3. 呂昫陞、石信德、林宗俊、陳宗明。2016。台湾のきのこ産業の歴史と最新動向。2016年度版きのこ年鑑。P.47-56。株式會社特産情報。
4. 石信德。食藥用菇類液體菌種栽培技術之潛力。2010。農業生技產業季刊 23:26-31。
5. 陳美杏、呂昫陞、石信德。2010。新興菇類的栽培與發展。科學發展 446: 8-15。