

# 智慧化系統於蛋雞飼養

撰文/林娟如·林佩儀·郭俐利·張力天·楊文欽·陳佳堃·歐柏榮·梁佑全

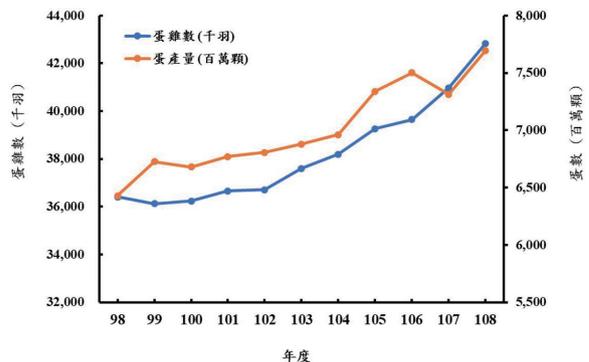
## 蛋雞飼養產業智慧化

### (一) 台灣蛋雞產業的發展現況

雞蛋是人類最重要的民生食物之一，其為優質的蛋白質來源，具有高性價比與容易取得等優點。台灣蛋雞飼養的區域主要集中在彰化、屏東、台南、嘉義、雲林等地，蛋雞產業的階段性發展演進，從早期講求勞力與經驗密集以確保基本產出的農業 1.0 版，邁入 80 年代之講求技術密集與機械密集以追求產量最大化的農業 2.0 版，並於 90 年代進入講求知識密集與自動化密集以要求精準、提升量質的農業 3.0 版。根據農委會 2019 年農業統計要覽顯示，蛋雞飼養隻數與雞蛋生產量有逐年上升的趨勢（圖一），已達年產 76 億顆蛋，蛋雞飼養場達 1,970 多戶，年產值達新台幣 220 億元。目前台灣蛋雞產業已擺脫傳統之小規模、副業性的生產方式，進入為專業化、企業化及大規模經營方式。且自加入世界貿易組織 WTO 成為第 144 個會員國後，蛋雞產業除了彼此競爭外，面對整體經濟全球化、資訊數位化的情形下，亦面對來自全球競爭者所帶來的衝擊。因此，除了強迫整個產業必須與世界同步外，更需將世界前端的思維導入產業提升競爭力，並將蛋雞產業發展為具有國際競爭力的輸出產業為目標。

台灣蛋雞的飼養模式主要分為傳統開放式、高床式及密閉水簾負壓式飼養場。但傳統開放式雞舍，無法針對環境進行控制，且飼養作業仰賴大

量人工；若現場管理人力不足下，疾病發生不但無法即時發現，更往往造成疾病控制不易，最後引起大規模疾病的爆發。此外，保存生產紀錄及完整蒐集相關數據困難度亦較高，無法根據過往已發生之紀錄協助飼養管理，有效及穩定的提升產能與雞蛋品質。2016 年農委會推動智慧農業計畫與家禽產業智慧化推動，結合跨域前瞻技術如：資通訊技術 (ICT) 與高感測元件 (sensor) 進行數據的收集，提供蛋雞生產業者有效率的經營管理模式。因此，已有許多蛋雞飼養業者改以密閉式、水簾式及水簾式負壓環控等新式場域，取代防疫效果及生產效率不佳的傳統蛋雞舍飼養方式。中華民國養雞協會統計數據顯示，2015-2016 年蛋雞飼養形式以傳統飼養場占



資料來源：行政院農業委員會108年農業統計要覽。

圖一 2009 - 2019年台灣地區蛋雞年飼養量與雞蛋年生產量

82.7-86%、高床式約 14-15.9%、密閉水簾負壓式約 1.2-1.4%；而 2017 年傳統飼養場占 84.9%、高床式約 11.2%，密閉水簾負壓式則增加近一倍達 3.9%。顯示飼養方式雖以人力需求高的傳統飼養場為主，但密閉水簾式環控蛋雞舍比例則有顯著提升。

## （二）台灣蛋雞產業邁向智慧化

雖然台灣近十年來農業就業人口並無顯著地變化（約 55 萬人），但 65 歲以上的農業就業人口卻逐年增加 1-2 個百分點。在整體農業就業人數無增加的情形下，就業人口逐年老化使主力農家（真正以農業為主要收入的農家）已呈現減少的趨勢。蛋雞飼養產業仰賴豐富的觀察經驗與熟練技術，然而在蛋品需求增加、蛋雞飼養數增加，主力人員卻逐漸減少且趨向老化的情況下，對蛋雞飼養管理的衝擊將是可預期的隱憂。自 2001 年起農委會透過「農漁牧產業自動化計畫」，重點輔導蛋雞產業飼養設備自動化。透過輔導設置自動化控制系統，改善飼養環境與集蛋作業，期待降低飼養成本與人事費用，提高生產效益及產業競爭力外，更希望解決從業人員趨向老化的隱憂。

由於蛋雞生產過程中成本與營運獲利受許多飼養管理因素影響，成本的飼養管理因素包含有：總飼養隻數、新母雞費用、飼料費、聘工薪資、防疫藥物支出、水電費、設備與建築折舊費及其他雜支費用等。營運獲利的飼養管理因素則有：進雞日齡、初產週齡、平均產蛋率、採食量、日產蛋重、死亡率、破蛋率、換羽週齡、復產週齡、淘汰週齡、日產蛋數、飼料換蛋率、總飼養天數、年產蛋重、淘汰雞與雞糞出售等。然如前述「蛋雞飼養產業仰賴豐富的觀察經驗與熟練的技術」，硬體設備自動化或許可節省部分人事成本，但台灣地處亞熱帶，氣候高溫多濕，家禽易產生疾病，蛋雞飼養業者若過分依賴自動化設備，卻因經驗不足或無熟練技術人員忽略了雞群的飼養管理，將導致許多飼養管理不當所造成動物疾病感染，可能反而增加生產成本。主要原因是這些管理相關因素需要依賴豐富的觀察經驗累

積，但其相關機械設備的開發進度較為緩慢。更重要的是觀察結果更需仰賴現場人員分析判斷後才能進行飼養管理的調整。

幸運的是目前人工智慧 (Artificial Intelligence, AI)、大數據分析 (Big Data) 與物聯網 (Internet of Things, IoT) 的開發與使用逐漸成熟，若能將現有自動化設備結合人工智能成為智慧機械，再將智慧機械所產生的數位資訊經大數據系統收集與分析後，透過物聯網將這些智能資訊回傳至智能機械或人員調整飼養管理；更甚者還能構築物聯網將產品流向與消費模式匯入大數據系統一併進行分析，相信這樣所獲得的資訊，將更有效率地協助蛋雞的飼養與管理。

## 智慧化蛋雞飼養管理

在台灣自動化設備與技術應用於農業生產日新月異，兼之台灣在既有的工業基礎與研發能量，許多客製的自動化設備都可依農民的需求製造出來。尤其農委會推動「農漁牧產業自動化計畫」，重點輔導蛋雞產業進行設備自動化，希望透過輔導設置自動化控制系統，改善飼養環境與集蛋作業，期待降低飼養成本與人事費用，提高生產效益及產業競爭力。因此，自動化設備便逐漸深入台灣蛋雞飼養產業，即使是傳統開放式蛋雞場，自動給料與飲水已是現今蛋雞飼養的制式配備；另外類似自動控時風扇、感溫水霧、自動集蛋等，除密閉水簾飼養場域外，亦是傳統蛋雞場域常見的自動化設備。近年不少新投入蛋雞飼養業的農業青年，更會透過公開資訊（如中央氣象局）或自行架設簡易的地區型氣象站，獲得即時氣象資訊做為調整蛋雞飼養環境設備（如：風扇、水霧、飼料餵飼）之參考。但一些例行日常工作，不論是傳統開放式或密閉環控水簾式蛋雞舍都仍須仰賴人工進行，如：雞隻健康確認、環境緊迫與蛋雞舍的日常管理，仍需要蛋農每日定時觀察；許多觀察結果仍需現場人員判斷後，再進行飼養管理的調整 (Norton et al., 2019)。這些重複性質的日常工作，並未因自動化設備的使用，讓蛋

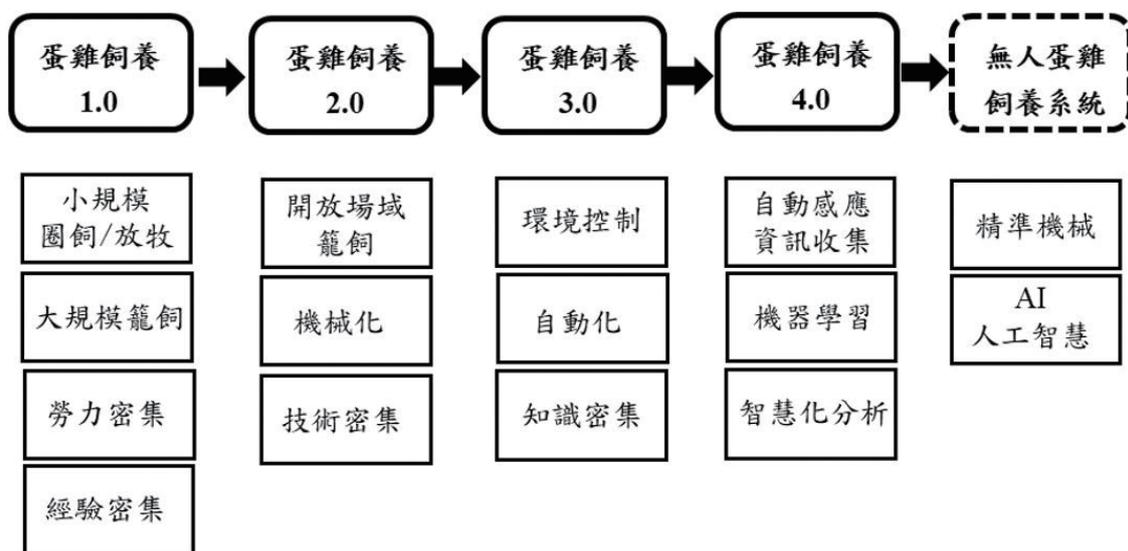
雞飼養者工作量減少。因此，直覺式資訊（如：雞隻影像與聲紋）的自動化設備就應運而生。但大量影像與聲紋資訊收集後，如何進行這些數據資訊的管理、分析與再回饋至飼養或環控設備；則仰賴物聯網進行設備整合、大數據分析系統與智慧機械學習的應用（圖二）。

## （一）蛋雞飼養設備整合

由科技部「智慧科技於農業生產之應用」專案計畫主導，中央研究院農業生物科技中心執行之「智慧科技於蛋雞飼養與產蛋之應用」計畫，將現有蛋雞飼養的自動化機械加以數據化並智慧化，並開發新的智慧機械，讓蛋雞產業由農業 3.0 版的自動化 (Automation) 時代進入農業 4.0 版的智慧化 (Intelligentization) 時代，以智慧化數據優化蛋雞飼養管理系統（蛋雞生產與管理的數位化與智慧化），使蛋雞產業轉型為人力年輕化、高競爭力的產業型態，生產無汙染的安全雞蛋產品，並發展成具有國際競爭力的輸出產業。

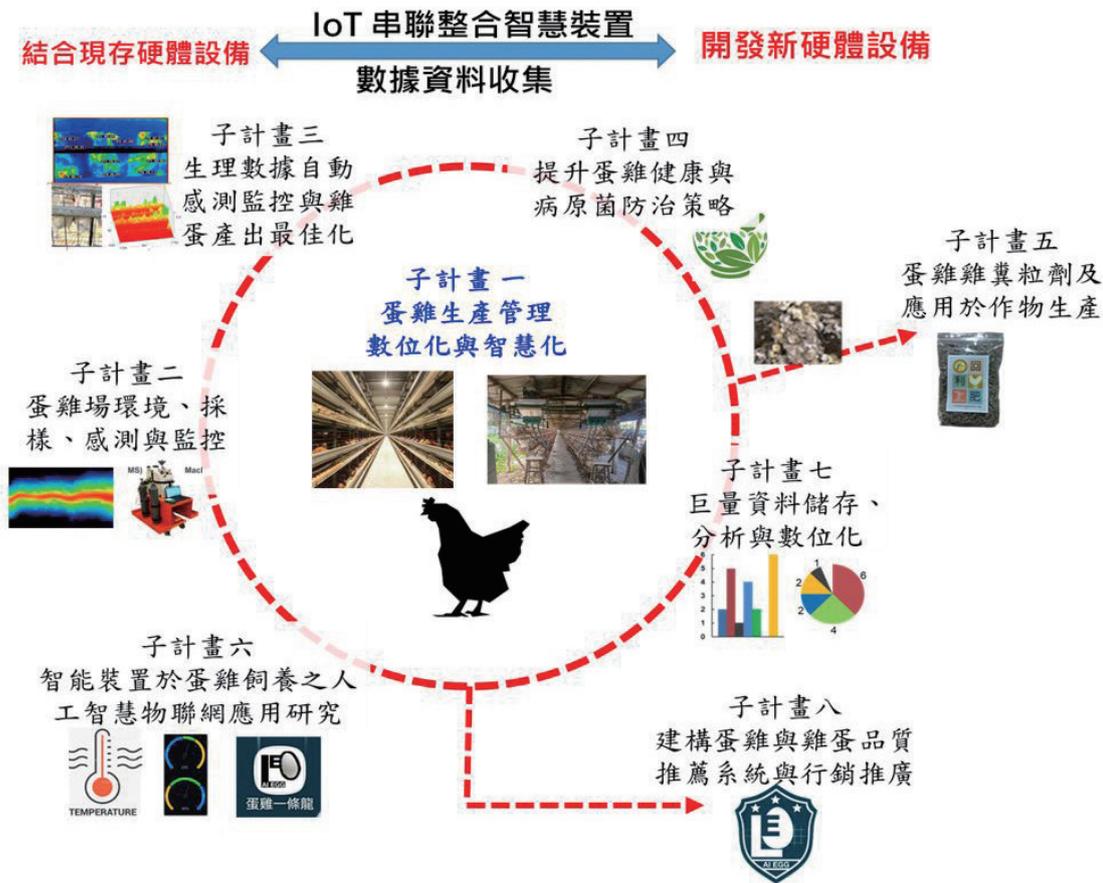
計畫下共包含八個子計畫（圖三），針對蛋雞飼養流程的管理進行數位化與智慧化，結合現有自動化機械或新開發的智慧機械用於監測蛋雞生長與產蛋流程；將監控數據智慧化儲存，並結合物聯網將銷售端或消費者模式數據，一併進行大數據分析後，再回饋至管理流程如：蛋雞產量、蛋雞淘汰、疾病防治、飼料配製、廢棄物處理等，以作為蛋雞養殖管理流程調整的依據，促使蛋雞養殖能在最少人力的狀況下，甚至是現場新進人員也能像有經驗的資深人員一樣，將蛋雞飼養與生產管理最佳化。

本計畫亦藉由從實驗室智慧化機械的開發與舊有自動化設備的整合，於傳統開放式或密閉環控水簾式蛋雞場進行實作場域田間測試，將現有已在實作現場之自動化設備（如：自動飼料餵飼系統、飲水系統、照明系統等）所收集到的觀測數值，整合處理為智能化數據並建立最佳化蛋雞飼養環境因子模型，透過資訊分析管理與機器學習，達到雞舍環境控制的自動化與智慧化。例如：智慧化光照控制



資料來源：林佩儀繪。

圖二 蛋雞飼養生產系統的技術與發展



資料來源：科技部智慧科技於農業生產之應用專案計畫。

圖三 「智慧科技於蛋雞飼養與產蛋之應用」計畫各子計畫關聯圖

透過在密閉環控場域透過定時裝置控制光照的時間及長短；而傳統開放蛋雞場域則配合微地區氣象站之環境光照度連動光照射備。將蛋雞產蛋期開始時光照時間漸增，由每天光照超過 11 至 12 小時刺激產蛋，再逐步增加到 14 小時光照，以達到雞蛋生產高峰之概念，建立之演算法控制光照強弱，以維持雞蛋生產頻率。溫度與溼度控制智慧控制化方面，以現有自動水簾式冷卻設備，參考蛋雞飼養最佳化環境因子的模型，並考慮雞隻數目、通風速率、設置位置、通氣狀況以控制雞舍內的溫度與相對溼度（控制在最適當的相對溼度約 50-65%，最高不要超過 75%）。雞舍中不良的氣體如：氨氣、二氧化碳與硫化氫，除影響蛋雞與工作人員健康外，氨氣等

不良氣體量增多時，會導致雞隻攝食量下降，間接導致生長及產蛋率下降。智慧化的通風抽氣設備將自動監測雞舍內不良氣體的濃度，自動將氨氣濃度維持在安全值以下（對工作人員而言應該維持在 7-9 ppm，對蛋雞應維持在 25ppm 以下）。

除了利用現有設備加以智慧化來控制雞舍內的環境因子外，連結雞隻無線晶片系統可以用來監控雞隻體溫變化，對蛋雞舍每一排雞隻進行體溫掃描，對不同溫度區塊進行統計分析建立演算法後，連動環境控制設備，達到雞隻最佳體感溫度。另外利用「聲紋識別系統」，建立感染消化道與生殖道疾病雞隻的聲紋大數據，用於雞隻疾病之診斷。即時影像擷取與評分裝置，則可對雞隻進行雞隻糞便依

評分確認雞隻健康狀況。同時，依場域建立其雞隻腸道菌相的大數據，並結合「病原體快速檢驗質譜儀」可進行特定病原菌快篩檢測。這些蛋雞健康的數據透過「卷積神經網絡(CNN)」的深度學習與分析，一旦發現健康參數異常的雞隻，在控制室便可立即得到定位警訊，蛋雞場飼養人員可立刻進行比對及移除異常的雞隻，同時知會獸醫師進行初步診斷或將動物送相關疾病診斷中心確診。在大型蛋雞場單靠人工巡視，不但工作量大，也有疾病散播之風險，此等遙測雞隻健康大數據分析系統不但可以減輕人力負擔，也能進行大數據分析，達到回溯性管理的功能(類似預警系統)，更重要的是可提早排除感染消化道與生殖道疾病雞隻，減少汙染蛋與帶原雞蛋的產出。

## (二) 物聯網與大數據系統與人工智慧於蛋雞飼養的應用

透過整合農業生產所需之系統性智慧機械及技術，可促使未來農業生產朝向省時、省力、省工、精緻化及資源再利用之栽培及飼養模式，而開發新技術吸引年輕人力投入，並建立安全且便利的農作環境，可使臺灣農業邁向年輕化、高競爭力的型態，進而發展為具有國際競爭力的輸出產業，解決農業人口老化的問題。雖然主管單位早在 90 年代已預知農就業人力老化問題將浮現，推動了自動化設備於蛋雞飼養產業上的使用(農業 3.0 版)，但礙於當時的科技發展，且物聯網時代尚未來臨，導致自動化設備雖能減少部分人力，但仍需要豐富的經驗與熟練技術協助蛋雞的飼養管理。現今，農業步入 4.0 的時代，人工智慧、大數據分析與物聯網的開發與使用逐漸成熟，相關智慧機械設備的開發越來越快。透過人工智能結合已有的自動化設備成為智慧機械，亦可將智慧機械所產生數位資訊經大數據系統雲端的數據管理系統 (cloud-based data management system, CDMS)，提供許多即時訊息例如：即時監控不同畜舍、蛋雞群健康、活動力和飼養環境等。而透過應用程式 (APP)，蛋雞現場工作人員，不論身處

任何處都可用手機、平板電腦或相關載具的 APP 進行相關資訊的分析，再透過物聯網確認決策資訊(智慧決策或人為確認決策)回傳至智慧機械或相關人員來調整飼養管理流程。終極目標還能進一步透過物聯網將產品流向與消費模式，匯入大數據系統一併進行分析。如此一來，受過培訓的人員也能如同經驗豐富與熟練管理技術的資深人員，投入實作場域執行飼養管理流程。由於國內生鮮雞蛋市場以提供餐飲、烘焙業及傳統散裝市場等為最大宗，佔整體市場 6 成以上，洗選蛋所佔約 3 成，加工用蛋則不到 1 成，因此以物聯網系統將銷售與消費模式數據化並串聯智能化資訊，整合至生產流程以平衡供需，將可維持雞蛋價格的平穩並確保食品安全。

## 結論與建議

越來越多的智慧設備(智慧機器人或無人化設備)伴隨著人工智慧化控制技術與軟體，已在蛋雞生產系統中漸漸成為蛋農分身的角色。科學家們也不斷研究及開發更優良的測量設備或數據擷取系統，建立更具專家思維的機器學習策略、演算法與智慧化控制。未來，相信比現今智慧化蛋雞飼養系統，更具有人類智慧能力、效能與穩定性高的機器設備或機器人、人機系統等將不斷地開發出來。綜觀臺灣蛋雞生產智慧化之發展現況，雖政府相關單位的長期支持，自動化硬體設備普及度高，但數據分析、機器學習、演算法開發與智慧指令編輯等相關軟體配套仍需努力。為了應對前述的挑戰，仍需要來自不同學門的科學家、工程師和技術專家的合作，繼續技術研究和創新，朝向無人蛋雞生產系統前進。

AgBIO

林娟如 中央研究院 農業生物科技研究中心 研究助理  
 林佩儀 東海大學 畜產與生物科技學系 助教  
 郭俐利 中央研究院 農業生物科技研究中心 研究助理  
 張力天 中興大學 獸醫學系 特聘教授  
 楊文欽 中央研究院 農業生物科技研究中心 研究員/執行長  
 陳佳堃 臺灣大學 公共衛生學院 副教授  
 歐柏榮 東海大學 畜產與生物科技學系 教授  
 梁佑全 中央研究院 農業生物科技研究中心 副研究技師/  
 計畫主持人

#### 參考文獻

1. Singh, M. and Brar, J. (2016) Egg safety in the realm of preharvest food safety. *Microbiol Spectr.* 4 (4).
2. 行政院農業委員會 (2020) , 108 年農業統計要覽。
3. 行政院農業委員會 (2020) , 畜禽統計調查結果 (109 年第 3 季) 。
4. 財團法人獸醫畜產發展基金會 (2017) , 2017 年臺灣家禽統計手冊。
5. 行政院農業委員會 (2020) , 108年農業統計年報。
6. Norton, T., Chen, C., Larsen, M. and Berckmans, D. (2019) *Precision livestock farming: Building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer.* *Animal.* 13 (12):3009-3017.
7. Xin, H. and Liu, K. (2017) *Precision livestock farming in egg production.* *Animal Frontiers.* 7 (1):24-31.

