

「蟲害」來了我知道！

一智慧型遠距農業害蟲動態監測與預報系統

文・圖／江昭皚 陳家榜 莊欽龍

我國加入世界貿易組織（WTO）後，大量的外國農產品以低廉的價格傾銷至臺灣，為確保我國農作產業的國際市場競爭力，臺灣農業的營運迅速升級為高度自動化的運作模式。這幾年政府積極發展的精緻農業與環保農業政策，提升了國家農產品的競爭力與促進了生態環境的和諧，成功的關鍵在於臺灣運用了許多臺灣產業本身所具備的高科技優勢與先進資通訊技術，研發各項農業自動化監測與管理技術。

「自動化監測技術」是農業管理上獲得農產品資訊最直接的方法^[1]。為了提升農產品的產量與品質、降低田間生態環境的負荷，並且達成耕地的永續發展，即時有效的耕地管理決策支援系統的開發，成為一重要課題。農作物因栽培區域不同，其產量、環境條件、氣候災害、病蟲害種類、栽培過程均有極大差異。作物的生長和產量常受環境變異而呈現非規則性的動態變化。針對不同耕地即時狀況，施行不同的栽培管理方式，將有助於大幅提升生產效率，也能顯著地降低耕種成本。一般而言，「蟲害」、「土壤」、「氣候」等耕地環境參數在耕地作物栽培管理決策上，實為不可或缺的重要因素。然而，過去傳統的監測技術，大多以人力進行「點狀測量」。為了獲得更多環境參數資訊，則必須攜帶各種儀器至現場進行量測。礙於有限的人力與設備，以及儀器使用與攜帶不便，導致長期環境量測資訊中出現大量數據缺損，所獲得的環境參數資料往往也不具適當的時空解析度，使得各種分析與決策支援系統的發展與推廣有窒礙難行之苦。為了取代過去人力單點量測、並提高其參數精準度，同時解決「耗時」、「耗工」、「耗財」的資源浪費，筆者帶領的團隊導入我國「資通訊技術」之優勢，成功地發展「自動化田間環境參數量測系統」，並戮力於產、官、學界積極推動當前農業科技所亟欲發展的「自動化監測技術」。

為防治蟲害，政府投下大量經費與人力，進行害蟲監測與蟲害綜合防治之教育宣導及施行。如東方果實蠅（*Bactrocera dorsalis* (Hendel)）每年造成數十億元的經濟損失，嚴重危害番石榴、龍眼、芒果、楊桃等80餘種水果；又如斜紋夜盜蛾（*Spodoptera litura* (Fabricius)）是雜食性害蟲，食性混雜且宿主廣泛，所危害的農作物包括蔬菜、花卉、雜糧及果樹。傳統的監測方法是定期在各監測點設置誘引捕蟲筒，回收統計捕獲之害蟲數量。由於監測點多半設置於道路兩旁等易於回收之地點，偵測點的分布未完整涵括農園作物的分布，監測效果有限。此外，在山區水果產區也會受天候及交通影響，數據品質較差。若能精準的收集耕地的蟲害數量與相關的田間環境資訊，並有效地判定蟲害分布與增生情況，將可以有效地減低前述蟲害所造成的損失。由此可知，結合「資通訊技術」的「自動化田間環境參數量測系統」的發展有其必要性與重要性。

自動化田間環境參數監測系統

筆者在臺大生機系盧福明教授（現已退休）的指導與協助之下，於2006年開始進行田間資訊無線監測系統的研發，與臺大昆蟲學系楊恩誠教授、北科大電機系曾傳蘆教授與王永鐘教授，以及來自各農研單位的許多學者專家，獲國科會、農委會等單位的經費支持，組成一支跨校系且跨領域的遠距無線監測技術研發團隊，針對常見的兩大農業害蟲「東方果實蠅」與「斜紋夜盜蛾」，成功地開發出自動化田間環境參數量測系統^[2]。此系統分為兩大部分：（1）前端田間監測網路與（2）後端監控中心。由於田間有線網路設置不易，因此本研究團隊採用GSM無線行動通訊技術（臺灣的GSM通訊覆蓋率已近100%），將系統步建於田間收集環境參數與偵測害蟲族群分布等感測資訊，以遠距無線傳輸方式將資料回傳至後端監控中心之資料庫。本系統的田間監測網路係針對東方果實蠅、斜紋夜盜蛾兩種主要害蟲進行專一設計的感測裝置（圖1），並與週邊環境參數感測器、通信模組，以及電源供應模組整合成前端田間監測網路內的一個「感測器節點」（圖2）。數個感

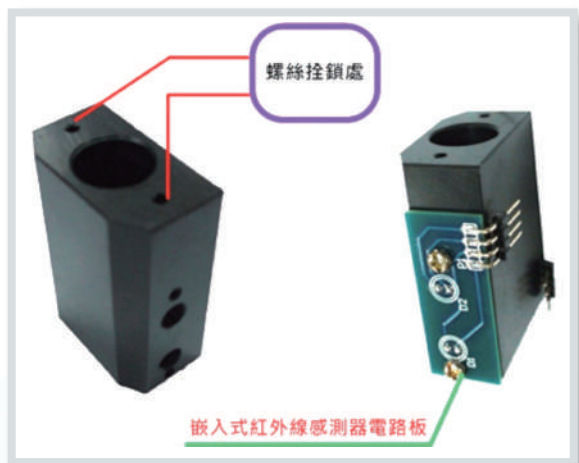


圖1：一體成型東方果實蠅誘捕紅外線感測器。

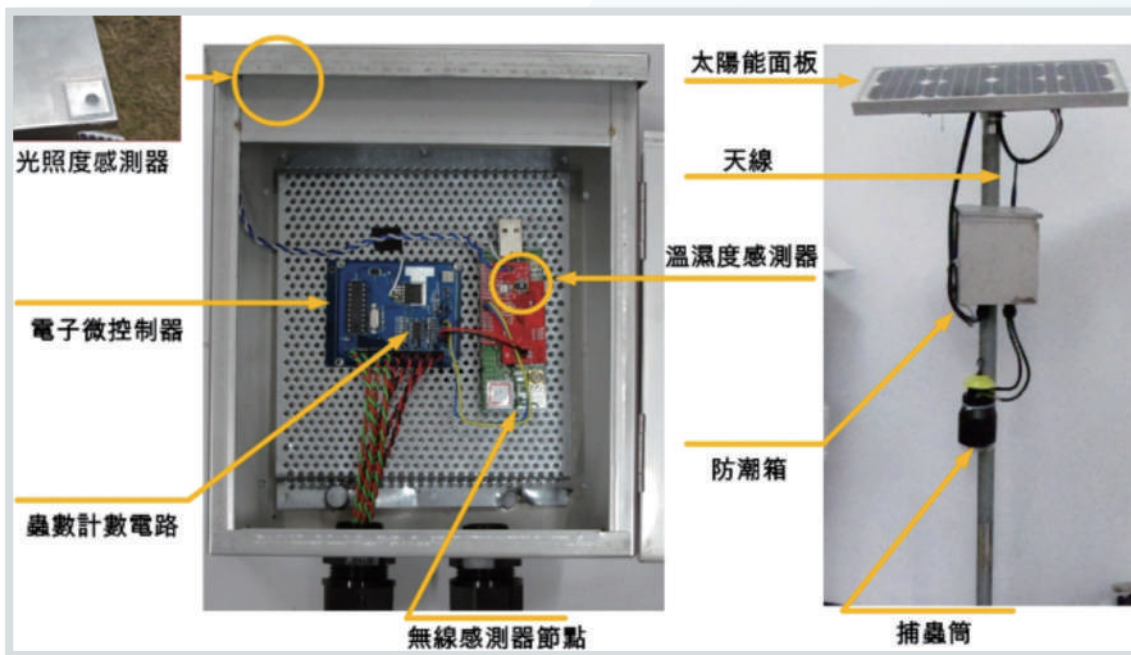


圖2：具備溫、溼度與照度感測、蟲數計數以及無線傳輸功能之無線感測器節點；左圖為內部電路配置情況；右圖為掛載誘捕蟲筒及太陽能充電模組後的感測器節點實體。



圖3：自動化田間環境參數遠距監測系統。

測器節點搭配田間閘道器進行感測資料的收集與後送，即形成一「自動化田間環境參數遠距監測系統」，其系統架構如圖3所示。

本研究團隊已分別與「行政院農業委員會茶業改良場文山分場」、「農業試驗所」、「農業試驗所嘉義分所」、「高雄區農業改良場」與「臺南區農業改良場」合作，共同建



圖4：自動化田間環境參數監測系統建置區域與狀況。

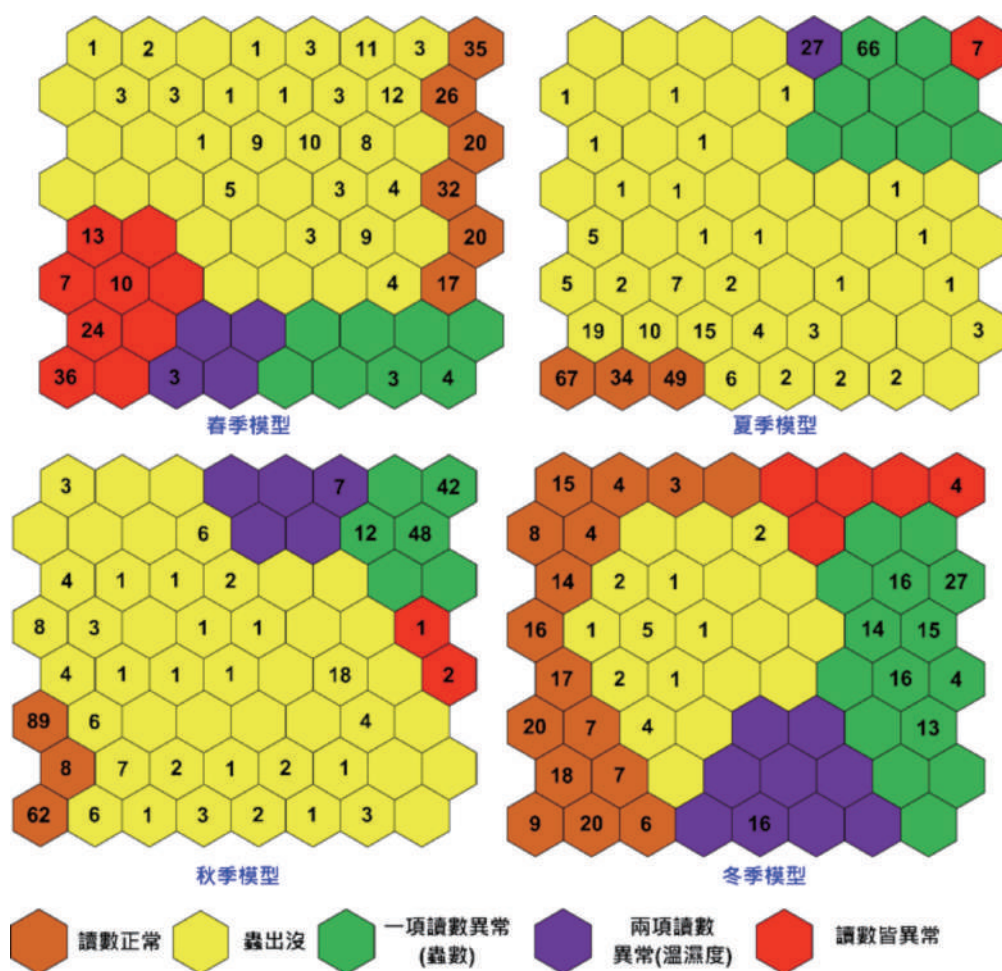


圖5：以SOM技術自動聚類檢測結果。

置27套監測網路以及逾250個感測器節點進行監測，詳細布署狀況參考圖4。本研究期盼藉由前瞻的資通訊技術整合運用於農業蟲害生態監測上，取代傳統的人力監測，提升我國農業蟲害監測之即時性與精確性；同時，利用長期監測數據，進行相關農業害蟲族群趨勢之統計分析，提早預測蟲害爆發的可能性，儘早提醒農民啟動蟲害綜合防治措施，降低農損並減少農藥使用量。

自我檢測、蟲害爆發警報與智慧型預報服務

結合智慧運算概念的自動化感測器網路系統是智慧農業的發展趨勢，透過自動化的資料分析、預測，可有效地找出隱藏在龐大數據背後的線索，供農業相關從業人員參考，進一步發展出特有的決策支援模式，進而協助農民減少農損並提高農作物產值。以本系統為例，布署在田間的硬體設備常因嚴苛的氣候變化或其他外在因素干擾，導致感測數據異常或無法回傳。為避免因此而導致錯誤決策，本系統採用自組織映射圖網路（self-organizing map, SOM）人工智慧技術^[3]，針對歷史數據進行「自動聚類分析」。根據分析結果顯示，所有感測數據可分為3大類：「感測讀數異常（感測器故障）」、「正常運作」與「蟲害發生」（圖5）。未來，透過這樣的自我檢測技術，可即時得知現地的感測器是否正常運作，亦可

判斷是否有蟲害發生。針對這些事件，後端監控中心的管理人員即可派員更換感測器、噴撒農藥，以免疫情擴大。

透過自動化田間環境參數監測系統於全臺的大量建置，本研究目前已累積了龐大的害蟲數量監測數據與監測現地的氣候資訊（包含溫度、雨量、風速、風向、濕度、光照度等環境參數）。利用這些歷史資料搭配「多變量時序統計分析方法」，也發展出一套害蟲族群數量變動的預測方法。此預測方法係根據過去的害蟲族群數量與溫度、濕度等環境參數資料，推估各項參數對害蟲族群數量發展趨勢的影響係數。這些係數所蘊含的資訊，亦可用於預估未來監測點所在地之農業害蟲族群數量的變化（圖6）。此等議題一直為我國防檢單位所看重的

研究主題，未來可做為啟動蟲害綜合防治與管理的早期參考指標之一。

利用蟲害發生趨勢預測協助蟲害綜合防治的做法，除了可提升產業價值外，甚至可結合作物保險，變身為臺灣的「農民曆」，降低損失的風險，改變以往農夫看天吃飯的窘境。藉此將許多由農民提供的被動式防疫機制，轉換成主動式防疫機制，提升農作物的整體經濟價值。



圖6：VARMAX蟲害發生趨勢預測圖。

致謝

本研究團隊進行此研究已進入第七年，期間獲得許多學研界前輩與先進們的幫忙，才能有今天的成果。特別感謝臺北科技大學電機工程學系曾傳蘆副教授、王永鐘教授；臺灣大學昆蟲學系楊恩誠教授；中興大學昆蟲學系莊益源助理教授；宜蘭大學園藝學系陳素瓊教授，以及農委會動植物防疫檢疫局洪裕堂博士，農業試驗所蔡致榮博士、徐武煥先生、陳健忠博士、黃毓斌先生，農業試驗所嘉義分所何坤耀博士與楊儒民先生，高雄區農業改良場曾敏南先生及陳明吟小姐，臺南區農業改良場林明瑩博士、王裕權先生，茶葉改良場文山分場邱明賜先生等，以及協助進行系統效能驗證實驗的所有農民朋友們。（本期專題策畫／農藝系盧虎生教授）

延伸閱讀：

[1] C.-P. Chen, C.-L. Chuang, and J.-A. Jiang, "Ecological Monitoring Using Wireless Sensor Networks—

Overview, Challenges, and Opportunities," *Advancement in Sensing Technology* (Editor: Subhas C. Mukhopadhyay), Springer, pp. 1-21, 2012.

- [2] Joe-Air Jiang, Tzu-Shiang Lin, En-Cheng Yang, Chwan-Lu Tseng, Chia-Pang. Chen, Chung-Wei Yen, Xiang-Yao Zheng, Chun-Yi Liu, Ren-Hau Liu, Yu-Fan Chen, Wan-Yi Chang, and Cheng-Long Chuang, "Application of a web-based remote agro-ecological monitoring system for observing spatial distribution and dynamics of *Bactrocera dorsalis* in fruit orchards," *Precision Agriculture*, Vol. 14 (3), pp. 323-342, 2013.
- [3] Min-Sheng Liao, Cheng-Long Chuang, Tzu-Shiang Lin, Chia-Pang Chen, Xiang-Yao Zheng, Po-Tang Chen, Kuo-Chi Liao, and Joe-Air Jiang, "Development of an autonomous early warning system for *Bactrocera dorsalis* (Hendel) outbreaks in remote fruit orchards," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 88, pp. 1-12, 2012.



江昭皚小檔案

現任臺大生物產業機電工程學系教授、臺大生物產業自動化教學及研究中心主任、Intel-臺大創新研究中心研究員。江教授為臺灣大學電機系博士，主要研究專長為電力輸電線保護技術研究、無線感測器網路技術前瞻研究、機電整合於農業自動化之應用研究、生物醫學工程與各類演算法發展。江教授之研究成果為我國資通訊平臺應用於農業自動化監測技術建立了重要里程碑，獲得國內20餘家新聞媒體、廣播電台、科技雜誌等廣泛報導，也成為國外媒體（包含New Scientists與BBC News）爭相報導的成功案例，對於提升我國農業競爭力與擴大國際學術聲望卓有貢獻。



陳家榜小檔案

現為臺大電機系博士後研究員。臺大生物產業機電工程學博士。主要研究領域包含智慧型演算法設計、資通訊技術、晶片設計、智慧型電網與無線感測器網路應用。



莊欽龍小檔案

現任Intel-臺大創新研究中心博士後研究員。臺大生物產業機電工程學與醫學工程學雙博士。主要研究領域包含物聯網、智慧計算、影像處理、生物計算、晶片設計與CUDA運算。