



公開  
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：080302M200

# 行政院農業委員會苗栗區農業改良場111年度科技計畫研究報告

計畫名稱：**養蜂病蟲敵害智能防治系統開發** (第2年/全程2年)

(英文名稱) **Development of smart apicultural pest control system**

計畫編號：111農科-8.3.2-苗-M2

全程計畫期間：自 110年1月1日 至 111年12月31日

本年計畫期間：自 111年1月1日 至 111年12月31日

計畫主持人：**徐培修**

研究人員：**吳姿嫻、陳本翰**

執行機關：**行政院農業委員會苗栗區農業改良場**



1111589



## 一、執行成果中文摘要：

蜂群遭遇特殊狀況時會發出不同的音頻，本計畫將收集失王、農藥中毒、感染微粒子病及遭受胡蜂威脅等狀況發生時蜂群所發出的音頻，分析並篩選出其中可作為指標之特殊頻段，規劃模型產製決策系統。針對蜂蟹蟎危害，本計畫將訓練深度學習演算法架構建置蜂蟹蟎影像辨識核心，協作防治決策系統；並開發自動殺蟎系統，以有機酸防治害蟎。最後，本計畫將以物聯網整合監控技術、專家系統、防治方法及環境參數感測模組，達成智慧監控之目標，同時將建置雲端資料庫彙整蜂箱監測數據，並開發使用者介面，進行蜂場田間功效驗證。

## 二、執行成果英文摘要：

When the bee colony encounters special conditions, different audio frequency will be detected. This project will collect the audio frequency generated by the bee colony when conditions such as queenless, pesticide poisoning, infection of *Nosema* disease, and wasp threats, analyze and filter out which can be used as indicators. Spectrum characteristics will be use in modeling alarm system. In response to the hazards of *Varroa* mites, this project will train deep learning algorithms to build a core of image recognition of mites, a collaborative prevention and control decision-making system; and develop an automatic acarid system to control mites with organic acids. Finally, this project will use the Internet of Things to integrate monitoring technology, expert systems, pest control methods, and environmental parameter sensing modules to achieve the goal of smart monitoring. At the same time, a cloud database will be built to integrate hive monitoring data and develop a user interface. Carry out field efficacy verification of apiaries.

## 三、計畫目的：

1. C組：蜂箱自動感測監測系統整合開發
2. OP-S組：蜂群病敵害威脅模型建構及整合音頻預警系統開發
3. OP-M組：蜂蟹蟎行動預警系統開發
4. PM組：智財布局規劃

## 四、重要工作項目及實施方法：

1. C組：蜂箱自動感測監測系統整合開發
  - (1) 感測器模組軟硬體開發與功能實測  
進行新型感測器模組的研製，配合準確度及性能需求進行感測元件的測試與挑選，提升微處理器的性能及系統韌體更新，以達線上即時更改感測器資料傳送間隔的設定功能，分析感測器模組的穩定性。重新設計電路及製作電路板，以配合蜂箱的安裝位置，調整感測模組的大小與形狀。
  - (2) 感測器硬體整合設計與安裝測試
    - A. 感測器模組電源系統：系統主機使用110VAC/60Hz市電輸入，考量預防突發性電壓驟降導致跳電甚至竊盜斷電等狀況發生，主機內部裝置鋰電池，可在脫離市電狀況下可持續運作20小時，當市電恢復後正常後，電源管理系統可對鋰電池充電。





- B. 感測器模組外部設計：因考量蜂場為戶外環境狀況多變，沙塵與潮溼將直接導致感測元件損毀，因此定位模組與ZigBee模組放置於防塵/防水盒中，溫濕度感測器則是嵌入蜂箱本體內部，重量感測器使用防塵防水接頭達到防護效果。
- C. 感測元件整合與安裝需求：溫溼度感測器需放置蜂箱本體內部進行量測，長時間運作探頭需做清潔與維護，因此感測器安裝，將由蜂箱本體外部直接伸入蜂箱內部進行量測，提高量測準確度，並將感測器模組固定點設計在蜂箱外部，便於後續的清潔與維護。
- (3) 蜂群生態資訊數據分析與示範場域建置  
依據雲端資訊管理系統之蜂群生態資料，進行蜂群管理數據收集和交叉分析，以了解各季節之蜂群生長速度、食物對蜂群生長影響，建構最佳生產管理參數與建構最佳的蜂箱感測模組，亦將分析比較蜂群族群數量與蜂產品生產量之關係。此外，每個禮拜記錄實際蜂群巢片狀況，並與監測所得之溫溼度和重量比對。也將評測計畫所開發之感測模組系統，評估該感測模組對蜂群的影響以及數據的準確性，以優化感測模組系統的性能。計畫中後期將於示範場域建置4組蜂箱自動感測監測裝置，並於示範場域進行系統網路整合測試。
2. **OP-S組**：蜂群病敵害威脅模型建構及整合音頻預警系統開發
- (1) 感染病害蜂群之音頻模型建構  
延續110年建置之北部、中部及東部共3處測試場域，藉由環境及氣候等不同條件，證實此判別系統不受地域性影響。針對感染畸翅病毒(DWV)之蜂群音頻試驗流程如下：於各場域內選擇飼養2週以上之蜂群作為測試目標，放入音頻感測器模組，連續記錄2週。記錄完畢後餵食蜂群摻有病毒的糖水，用以造成蜂群感染病害，再持續記錄2週，以判別得病前後蜂群音頻之差異。3處場域將分別進行1次試驗以上，每次試驗將同時選定3箱蜂群以上作為重複，分別以餵飼汙染糖水前之蜂群為對照組，餵飼汙染糖水後之蜂群為處理組進行後續分析及建構模型。
- (2) 胡蜂危害蜂群之音頻模型建構  
由於胡蜂發生侷限於特定地區，且發生頻率需長期監測才能掌握，故僅擇1處測試場域持續調查分析，於測試場域內架設攝影機及音頻感測器模組，同時監測5箱蜂群。利用攝影機所拍攝到的影像判斷是否有胡蜂對蜂群進行攻擊，擷取當日遭受第一次攻擊前時段之音頻作為對照組，以正在遭受攻擊時段之音頻作為處理組，用以建立胡蜂攻擊的模型。由於無法控制胡蜂攻擊的對象，故無法建立環境的對照組。本試驗預計進行非連續之60日以上，總計收集200筆攻擊前後的音頻資料進行後續分析及建構模型。
- (3) 蜂群音頻多情境判別系統開發  
整合110年完成的失王及農藥中毒模型與本年度完成的感染病害及胡蜂危害模型，建構一個綜合判別系統，達成可同時進行多種情境判別之功能。
3. **OP-M組**：蜂蟹蟻行動預警系統開發
- (1) 蜂蟹蟻影像資料標示及資料收集  
在進行深度學習影像辨識技術開發前，須先收集各式蜂蟹蟻影像並經由專家人工標示，始可供深度學習架構進一步訓練。本年度規劃利用行動裝置拍攝一般影像，以去除影像擷取裝置之依賴性進而降低使用者端之硬體成本，預計採用2種監測取像方式，以隔落蟻蜂箱及黃色黏蟲紙收集蜂蟹蟻再進行拍攝，以及直接拍攝巢脾上蜜蜂體表之蜂蟹蟻，後者較方便於使用者但準確率及辨識難度較高，以此類模式擷取之影像經由標示後即可供AI學習應用。
- (2) 蜂蟹蟻影像辨識軟體核心(行動裝置版)  
依照目前市場上大部分Android手機之相機規格(約4800萬畫素)和大部分iOS手機之相機規格(約1200萬畫素)客製化深度學習架構，透過tensorflow環境架構訓練目前最新





版本YOLOv4深度學習架構或套用proposed SSD架構，並輔以negative sampling技術增強機器學習效率，提高蜂蟹蟻特徵辨識能力，開發符合行動裝置規格之蜂蟹蟻影像辨識軟體。

#### 4. PM組：智財布局規劃

期初召開組間會議討論整合軟體分工、專利申請策略及智財權歸屬草案，做成會議記錄以利後續規劃。

### 五、結果與討論：

本年度計畫研究成果符合規畫的工作項目與研究目標，是以，本年度的執行進度已獲致相當具體的研究成果與關鍵技術。本計畫在研究團隊的任務分工及合作無間的全力以赴之下，本團隊展現出具體與實用的研究成果，有助於提昇國內智慧農業與智慧養蜂之技術水準，進而有效促進及提升國內蜂農與蜂產品的生產技術與競爭力。而在學術領域方面，則可提昇國內研究水準，與國際相關研究接軌，以促進國際學術交流。

### 六、結論：

1. 本年度新型智慧蜂箱感測系統已完成系統整合測試及穩定度分析，未來可以人為製造健康和 unhealthy 蜂群，比較兩者之間之溫溼度、聲音和重量變化，來定出蜂群健康指標 (indicator)。協助蜂農建立即時網路監控系統及雲端履歷溯源蜂產品管理系統，以提升蜂農的管理效率與風險控管，進而有效提升勞力的運用效率；透過完整的生產履歷資訊，可以增加消費者對產品的信任感，提升蜂蜜相關產業的整體經濟效益。
2. 本年度音頻病害模型開發，在北部、中部以及東部場域在蜂群感染到畸翅病毒後，都可以有效地分辨出感染前後的差異，準確度分別為97.89%、99.64%以及98.25%。其中，在各場域以及各蜂箱之間，都有一定的差異存在，所以族群感染病毒的速率、時間點都不大一樣。然而，音頻系統在感染到一定程度後，即可有效的分辨感染前後的差異，而以qPCR的結果，最低能測得的病毒量時因音頻系統即可有效的分辨差異，表示音頻系統的分辨能力不亞於qPCR。
3. 本年度整合3種音頻分類模型採用LSTM進行深度學習分析，將資料及分為農藥中毒、失王、病毒感染與正常蜂群四項。透過深度學習的方式，可以找到這四種情境下產生不同的特徵，因此可證明此系統得以應用於多種情境的異常情況偵測，有助於未來應用於產業之中，幫助蜂農判別異常狀態，達到智慧養蜂之成效。
4. 蜂蟹蟻與蜜蜂監測服務數位系統目前提供之雲端數位服務包含蜂蟹蟻與蜜蜂數量之監測。使用者可透過購買智慧蜂箱之硬體設備，免費使用蜂蟹蟻與蜜蜂監測數位服務系統。使用者也可自行透過自有蜂箱購買蜂蟹蟻與蜜蜂監測數位服務。蜂蟹蟻與蜜蜂監測數位服務系統可自動偵測不同解析度影像之辨識模式，讓持有iphone手機使用者或是Android手機使用者做同樣上傳照片辨識。而iphone版本和Android兩種不同版本不同之處在於照片影像畫面解析度與影像飽和度等等。故任意使用者可連結<http://35.229.195.208:8000/>作雲端數位平台服務使用。隨著雲端服務平台的開啟，蜂蟹蟻與蜜蜂之影像蒐集可更有效率。使用者上傳之影像會自動儲存在雲端伺服器上，透過新蒐集之影像可當作深度學習辨識模型重訓練之資料集。對於未來蜂蟹蟻與蜜蜂之影像辨識率可更加提升。此外，雲端服務平台會自動辨識上傳之影像檔案規格挑選不同之蜂蟹蟻與蜜蜂辨識核心，以利辨識效率與準確度更提升。而蜂蟹蟻與蜜蜂數位化服務平台在未來除了擴大資料集的蒐集外，re-train的方式是提升整體辨識模型準確度和穩定度不可或缺之步驟。



1111589



當數位服務系統試營運一段時間後，所需要注意的地方是使用者的流量管控和使用者的操作規範。以過往的經驗來說，雖然數位服務系統對於使用者舉辦多次說明會，但使用者會上傳的檔案資料千變萬化，很容易造成數位服務系統時常當機。另外，使用者的流量管控也是非常重要。使用者同時上傳照片檔案也很容易造成蜂蟹蟎與蜜蜂辨識數位服務系統的當機。故在流量控管與使用者規範等等都是數位服務系統於於端營運所需要注意之事項。蜂蟹蟎與蜜蜂辨識(數量計數)數位服務系統還可新增其他功能，如：智慧蜂箱蜂密度產量預估、目前蜂箱內蜂蟹蟎危害程度預估等，讓整體監測服務延伸至預測服務，更完善整體解決方案。

## 七、參考文獻：

1. Adjlane N, Haddad N, Tarek O. (2013) Evaluation of the efficacy of different acaricides against *Varroa destructor* on *Apis mellifera* intermissa in Algeria. *Acarina* 21: 141-146.
2. Adjlane N, Tarek O, Haddad N. (2016) Evaluation of oxalic acid treatments against the mite *Varroa destructor* and secondary effects on honey bees *Apis mellifera*. *Journal of Arthropod-Borne Diseases* 10: 501-509.
3. Amlathe P. (2018). Standard machine learning techniques in audio beehive monitoring: Classification of audio samples with logistic regression, K-nearest neighbor, random forest and support vector machine. Utah State University, M.S. thesis.
4. Bk B, Wilde J, Siuda M, Kobyliska M. (2009) Comparison of two methods of monitoring honeybee infestation with *Varroa destructor* mite. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, Animal Science* 46: 33-38.
5. Calderone NW, Lin S. (2003) Rapid determination of the numbers of *Varroa destructor*, a parasitic mite of the honey bee, *Apis mellifera*, on sticky-board collection devices. *Apidologie* 34: 11-17.
6. Cejrowski T, Szymaski, J, Mora, H, Gil D. (2018). Detection of the bee queen presence using sound analysis. In: *Intelligent Information and Database Systems. ACIIDS 2018. Lecture Notes in Computer Science*, 10752: 297-306. Springer, Cham.
7. Delaplane KS, Berry JA, Skinner JA, Parkman JP, Hood WM. (2005) Integrated pest management against *Varroa destructor* reduces colony mite levels and delays treatment threshold. *Journal of Apicultural Research* 44: 157-162.
8. Ferrari S, Silva M, Guarino M, Berckmans D. (2008). Monitoring of swarming sounds in bee hives for early detection of the swarming period. *Computers and Electronics in Agriculture* 64: 72-77.
9. Henry E, Adamchuk V, Stanhope T, Buddle C, Rindlaub N. (2019). Precision apiculture: Development of a wireless sensor network for honeybee hives. *Computers and Electronics in Agriculture* 156: 138-144.
10. Meikle WG, Holst N. (2015). Application of continuous monitoring of honeybee colonies. *Apidologie* 46: 10-22.
11. Ostiguy N, Sammataro D. (2000) A simplified technique for counting *Varroa jacobsoni* Oud. on sticky boards. *Apidologie* 31: 707-716.
12. Pérez N, Jesús F, Pérez C, Niell S, Draper A, Obrusnik N, Zinemanas P, Spina YM, Letelier LC, Monzón P. (2016) Continuous monitoring of beehives'





- sound for environmental pollution control. *Ecological Engineering* 90: 326-330.
13. Qandour A, Ahmad I, Habibi D, Leppard M. (2014). Remote beehive monitoring using acoustic signals. *Acoustics Australia* 42: 204-209.
  14. Robles-Guerrero A, Saucedo-Anaya T, González-Ramírez E, De la Rosa-Vargas JI. (2019). Analysis of a multiclass classification problem by lasso logistic regression and singular value decomposition to identify sound patterns in queenless bee colonies. *Computers and Electronics in Agriculture* 159: 69-74.
  15. Sharif MZ, Jiang X, Puswal SM. (2020) Pests, parasitoids, and predators: Can they degrade the sociality of a honeybee colony, and be assessed via acoustically monitored systems. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 8: 1248-1260.
  16. Thielens A, Greco MK, Verloock L, Martens L, Joseph W. (2020). Radio-frequency electromagnetic field exposure of Western Honey Bees. *Scientific Reports* 10: 461.

