

農業推廣手冊59

農業

物聯網感測器及應用

張嘉熒 著

國立屏東科技大學科技農業學士學位學程 助理教授

國立屏東科技大學農業推廣委員會 印行
農業部經費補助

中華民國一十二年十二月

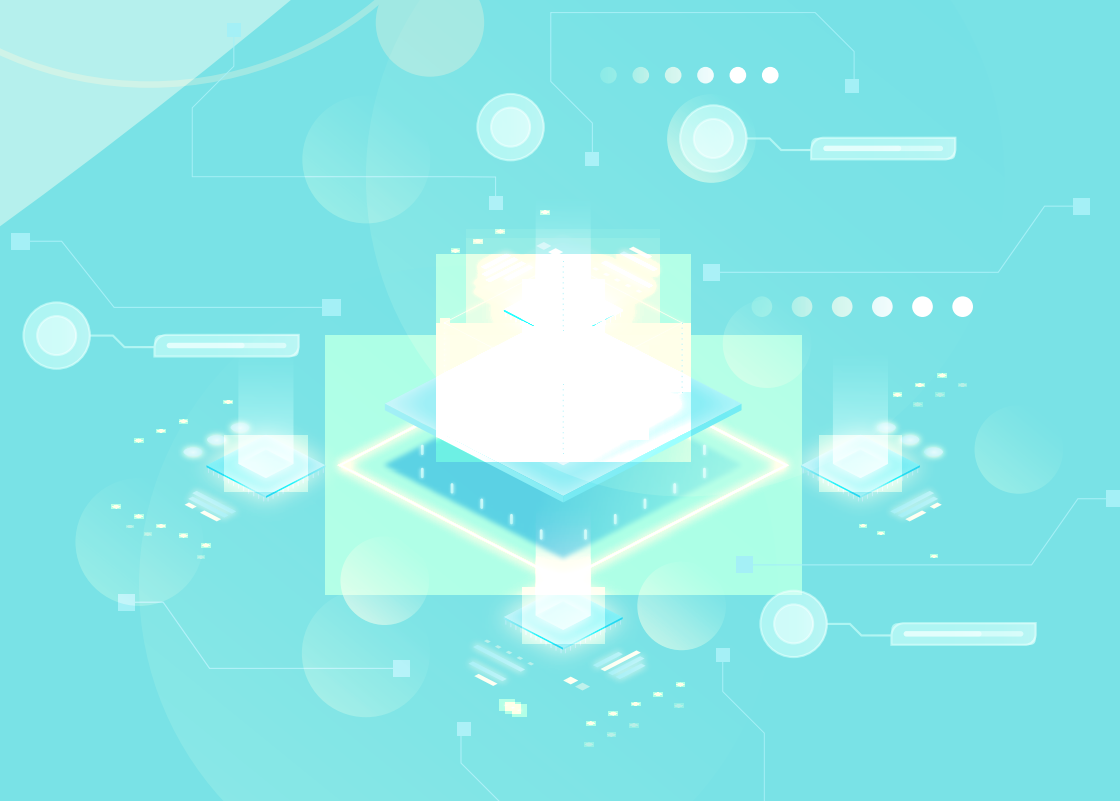
農業推廣手冊59

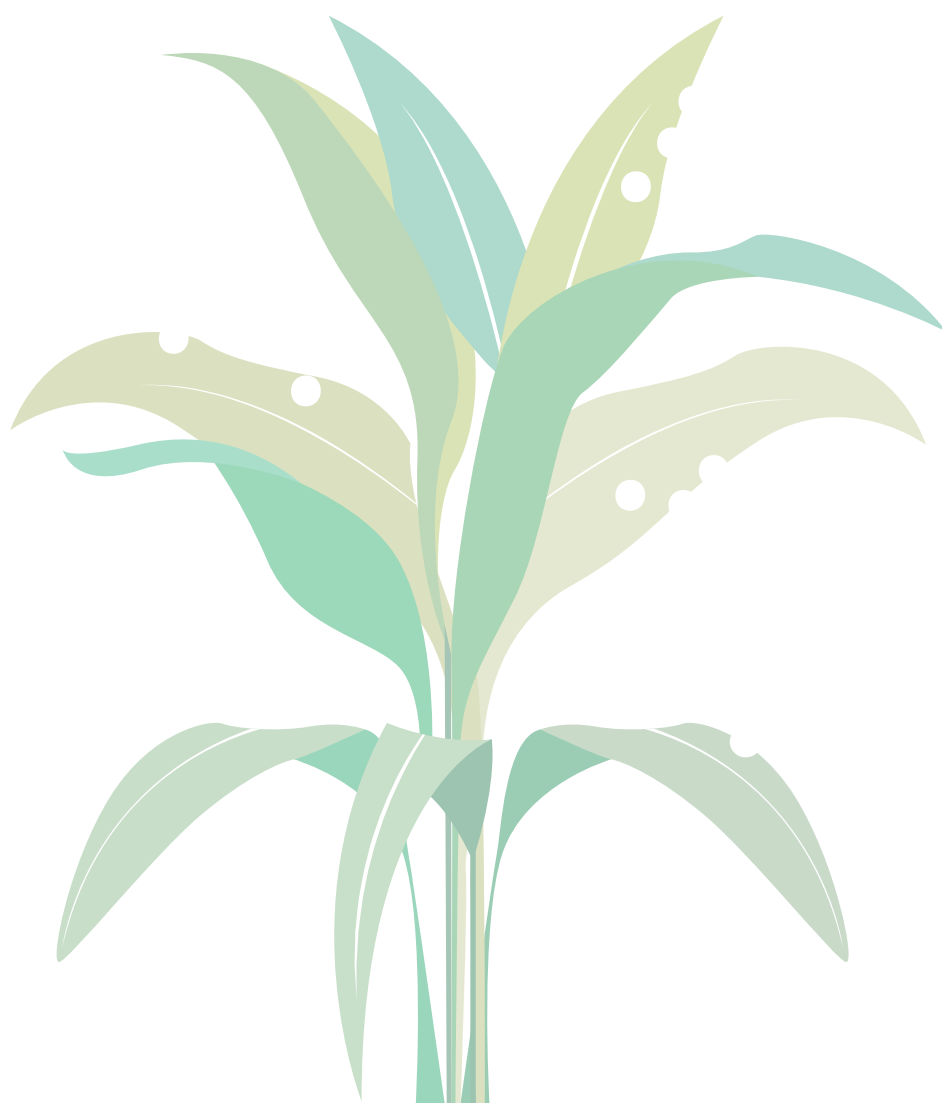
農業

物聯網感測器及應用

張嘉熒 著

國立屏東科技大學科技農業學士學位學程 助理教授

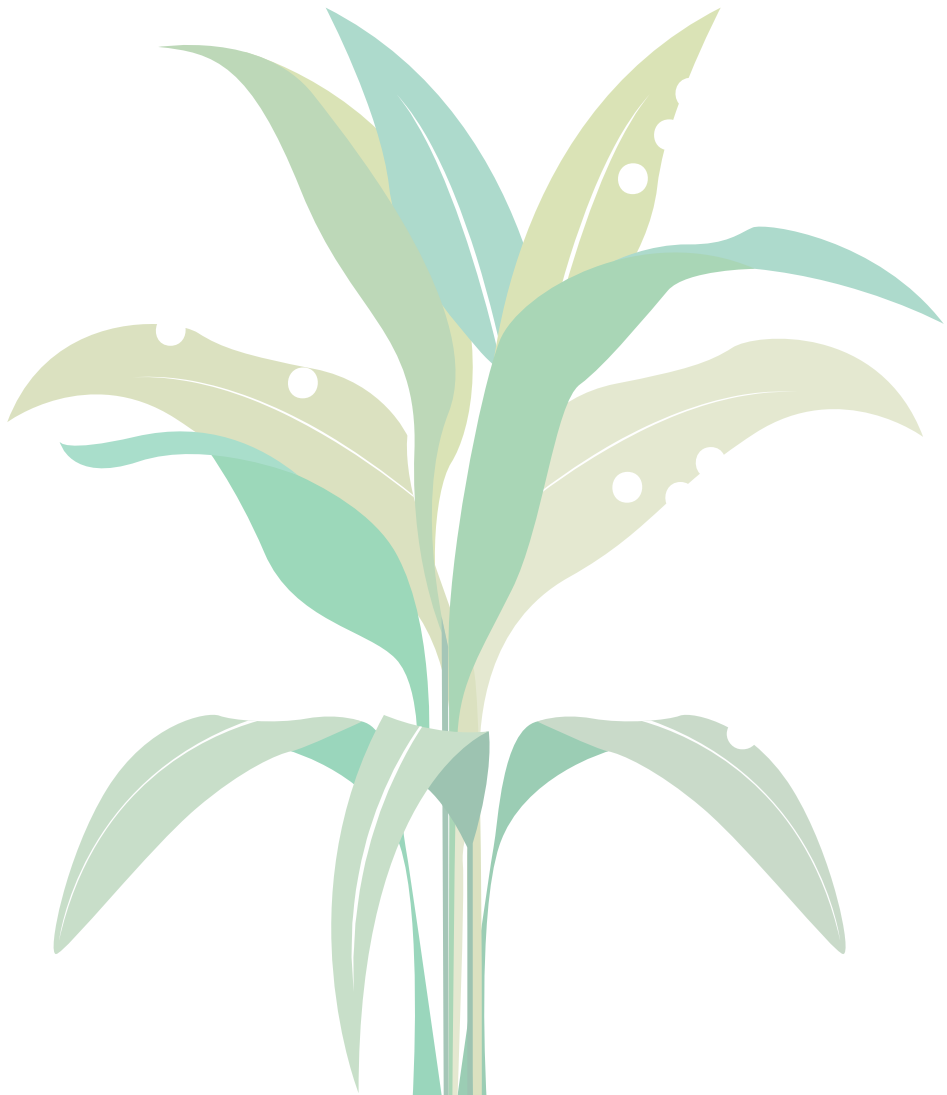




目錄

著者序.....	2
一、前言	4
二、農業物聯網感測器現況與未來.....	6
三、感測器介紹	10
(一) 溫、濕度感測器	10
(二) 空氣中二氧化碳	13
(三) 雨滴感測器	13
(四) 土壤電導度、酸鹼值	13
(五) 土壤氮、磷、鉀.....	14
(六) 土壤張力計	14
(七) 照度計 (Lux) 與光合有效輻射 (Par)	14
(八) 水中溶氧感測器	15
四、露天栽培之棗園為例	18
五、設施栽培之葉菜種植為例	24
六、智慧蜂箱.....	28
七、結語	32
八、參考文獻.....	34





著者序



著者序

職人精神是如何把一件事做好、做精、到做出獨特性。在農業中的職人，對於農業的熱情更是表露無遺，如何掌握每一個細節，每一個細節中要如何做調整，這博大精深的學問需要時間細細精雕。農業中的變化，無法以一概全的表述，身為一個理工人，進入到農業這門領域，慢慢邊學邊做的摸到農業的皮毛，了解農業的多樣性。

與傳統工業不同，農業上的變化與變因更多，無法短時間摸清此領域的專家知識，因此也就更加有挑戰。各領域諸多先進，不以單打獨鬥的思維改打團體戰，如何找到對的團隊，發揮各自的專長就是關鍵重點。果樹的相關農業知識，有蔡尚翰老師協助指導；植物生理相關的知識有周映孜老師的幫忙；再經由彭克仲處長這位推手，了解我的專長，讓我可以在農業上發揮小小的助力，共同完成本文。

農業發展的過程中，如何協助減少人力的負擔，營造更大的收益，也是我們努力的目標。本文中介紹內容，提供農友在規劃田區或設施時做為參考，若有疏漏敬請見諒。

國立屏東科技大學科技農業學士學位學程

張嘉熒 謹識

民國112年11月



一 前言



一、前言

農業是臺灣的重要產業，近年食安問題倍受重視，但在人口老化的社會架構下，農業卻是年輕人投入意願較低的行業，勞動力的付出以及看天吃飯的風險都是讓年輕人卻步的原因。在政府的推動下，臺灣的農業也由傳統農業轉為精緻農業，如何將臺灣的軟實力運用於農業上，是我們努力的方向。我們以降低生產風險及減少勞動力為目標前進，試圖找尋適合的工具及當中的關鍵數據，將數據化的參數變成有意義的數字，更希望能轉化為幫農民增加產能及產值的實質收入。

2022 年臺灣耕地面積為 78 萬公頃，平均每戶耕地規格未達 1 公頃，以小農經營為主，由於缺乏經濟規模且生產成本高，因此競爭力較差。因而政府與學界為極其重要的角色，官方輔導農民引用新技術以降低勞動力的需求，學界研發適合且適切的工具並具有商品價值，使產業界願意投入加速商品化，以利農業推進。以學界研發，產業界商品化及官方輔導，推動農業進步的巨石加速前進。

現今以工業自動化的成熟複製到農業中，逐步減輕人力吃緊的農業人口，期望在未來 AI 爆發的浪潮，導入農業商品，解決更多更難以克服的問題。



二

農業物聯網感測器 現況與未來



二、農業物聯網感測器現況與未來

感測器於工業中的運用已相當成熟，如何將臺灣資通訊技術 (ICT) 與物聯網 (IOT) 於工業成功的案例，完美的導入到農業運用。在農業的運用中，感測器第一個最大的挑戰即為戶外環境變因多，以露天果園為例，於田區安裝多個土壤水份、電導度及溫度三合一感測器，因感測器無法自行校正，使用約一到二年即需要取出重新校正，並且在校正的過程無法自行操作校正，並需送回廠商處理，其便利性與耐久性的不高是無法普及的主因。

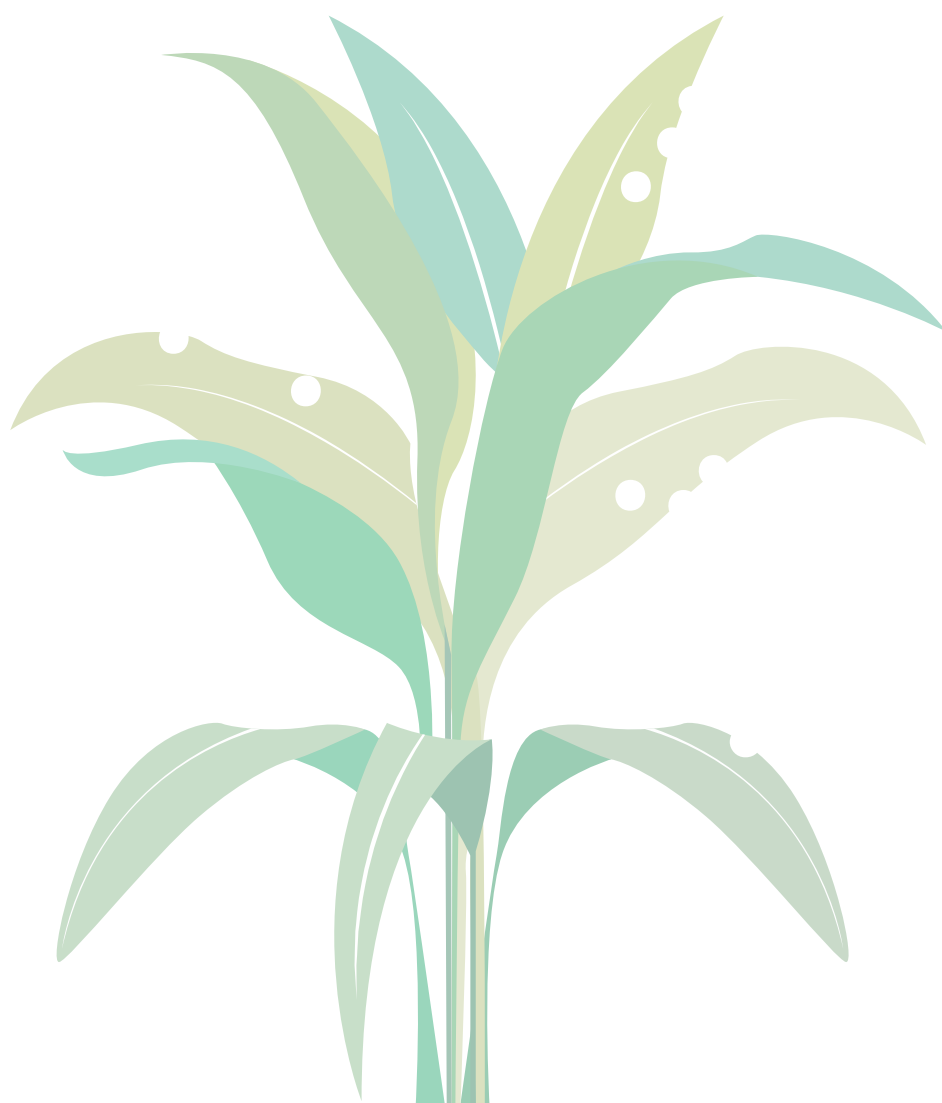
另一方面，在感測器大量收集數據後，由於農業不同於工業上的運用，工業上可建立可控制環境後，找出最佳數據。在農業中，每個環境都是獨特的，並且沒有可控制的環境，且環境變因多，如溫室中，皆依設定值的控制環境溫度及濕度於一定範圍內，但種出的作物卻不如預期，仍需分批採收，因此拉長了生產週期，無法如預計天數達到預估產量，因而延遲出貨。如何在大量數據中，找到關鍵的數值與適當的參數設定，都是重要的鑰匙，也是打開農業自動化的重要關鍵。

現今有不少設備商在產學合作下，加入了溫室環控的開發，在軟體的開發與訊號控制的強項下，漸漸打開自動化的大門。什麼條件下做什麼動作及其代表的意義，都是設備商無法知悉的，需要研究單位的協助。什麼時候需要澆水？這次澆水是為了降溫或是因為作物缺水？這些操作邏輯也需要產學的合作，才能做出適地適用的系統。此外，更需要各區的改良場及相關農業推廣人員的協助，使農民相信及使用系統，更進一步能回饋意見使系統更具實用性。



近年臺灣農業，因應地球氣候的變遷，由露天的栽培轉向設施栽培，更加速了自動化的進步，相較於設施投入的金額，農民也願意投入自動化設備，以便管理更多的設施，擴大耕作面積，提高經濟競爭力，但因投入資金的需求，農戶的數量也會因此減少。未來的臺灣農業在自動化穩定成熟的同時，人工智慧 (AI) 也將加入戰場，移動式的自動化將漸漸商品化。以往需要有經驗的人力才能做到的工作，將由 AI 輔助，人工只需要做確認即可。例如鳳梨採收季時，有經驗的師傅難請，透過自動化設備並經由機器巡邏協助初步確定後，將是否能採收的結果與照片傳送給師傅協助確定，一方面節省人力，另一方向也能解決找不到人員判斷的問題。





三 感測器介紹



三、感測器介紹

在農業的運用中，環境空氣中的溫、濕度是一個很重要的指標，不論場域是溫室或是露天，都是一個重要的參數。因應不同的運用，於空氣中各式相關的測試，如酒精濃度或是二氧化碳含量、雨量與風力，也有相對應的感測器可偵測。但是市面上的選擇眾多，而哪種適地適用？沒有標準答案，就像農業的多樣性。在此提供以下的參考資訊，以原理、精度及優、缺點加以解析。

接著介紹較常被用於田區中進行土壤監測的感測器，用以監測是否有導電度不佳的問題、土壤的酸鹼性是否適合目前的作物、土壤的張力是否有保水性及溫、濕度是否進行補水等相關參數。

(一) 溫、濕度感測器

於環境中的溫度監測是運用最廣泛的，也是最完整及成熟的技術。依不同的環境、需要的精度，及需要數位化與物聯網結合，皆有不同性價比適用的產品。

(1) 溫度感測器

1593 年義大利科學家伽利略發明溫度計後，技術與原理不斷的進步。固體、液體或氣體的熱脹冷縮原理所設計出的溫度計，以定容條件為基礎，固定容積後於不同溫度下產生的壓力變化轉換為溫度的變化；運用兩種金屬組成迴路，由於兩種金屬不同的性質係經由溫差產生熱電勢及電壓所設計，此為運用熱電效應的原理，電阻值與溫度變化有相關性的



特性而設計。此外還有紅外線成像儀，將收集到的紅外線能量聚集後，經由訊號處理轉換為溫度值。

而各式的溫度計依其不同的原理、產品精度、可測量範圍及使用方式也不同。以下列舉常運用於物聯網之溫度計及其測量範圍和精度，並且在後續章節中依案例說明所使用的感測器。

- (a) 熱電偶溫度計：感測速度快，量測溫度範圍廣。以賽貝克效應 (Seebeck effect) 所設計的感溫元件之熱電效應為原理設計，使用兩種不同的金屬，當兩種不同金屬加熱產生的電壓差稱為熱電勢（電勢差），將其熱電勢經對照表比對，以取得對應的溫度。
- (b) 電阻式溫度計：運用金屬導體於溫度變化時，其電阻值隨著溫度上升及下降變化的原理設計。一般使用鉑金屬有其特性製成且量測範圍為 $-200 \sim 650^{\circ}\text{C}$ ，小於熱電偶溫度計。精度高且穩定性強，成本適中，適合於農業應用。
- (c) 熱阻體（熱敏電阻）溫度計：使用對熱相當敏感的電阻為材料製成，因此電阻變化大且量測速度快，可偵測的溫度範圍為 $-50 \sim 300^{\circ}\text{C}$ ，大多使用錳、鎳、銅的材質。
- (d) IC 半導體溫度計：常運用於 DIY 農業 IOT 的元件，以溫度變化與輸出電壓線性變化為設計原理而製作的 IC。每當溫度變化 1°C ，其輸出電壓即變化 10 mV ，其可量測範圍依所選定的 IC 不同有些微變化，主要範圍為 $-40 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 。
- (e) 輻射型感測器：測量範圍為 $-38 \sim 365^{\circ}\text{C}$ ，運用紅外線非接觸式原理，以半導體材質接收感測物體放射之紅外線 (IR)，並將其轉換為溫度。由於其為非接觸式，並



且可較遠距離量測溫度，因此誤差比較大。

- (f) 紅外線成像儀：測量範圍為 $-273 \sim 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，利用分子間的作用所產生的輻射熱轉換成訊號，以空間的方式呈現，例如安裝於車站出入口以確保旅客是否有發燒情況，亦可運用於溫室中量測葉面溫度的變化。絕對誤差為 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、精度可達 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，但相較上述溫度計，紅外線成像儀缺點為價格昂貴。

表一 溫度感測器比較表

名稱	溫度範圍
熱電偶溫度計	廣
電阻式溫度計	$-200 \sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$
熱阻體溫度計	$-50 \sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$
IC 半導體溫度計	$-40 \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
輻射型感測器	$-38 \sim 365\text{ }^{\circ}\text{C}$
紅外線成像儀	$-273 \sim 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$

(2) 濕度感測器

濕度的定義為氣體中含水量的測量，量測方法有絕對濕度，絕對水汽壓及飽和水汽壓。

電子式的相對濕度感測器可分為電阻式及電容式，電阻式使用高分子聚合物薄膜，以薄膜吸收水分不同時，導電值同步變化的特性設計；電容式利用電容器與環境濕度的相關性換算出相對濕度。相對濕度於使用一段時間後皆需重新校正。單晶片感測器改良需校正的問題，於單一晶片中，同時可取得溫度與相對濕度的數據，並且無需校正即可使用，及週邊電路設計簡化等優點，為現行主流。



(二) 空氣中二氧化碳

二氧化碳可增加作物產量及生長速度，因此在環境中，精準的掌握二氧化碳的含量可推算出作物的生長。如何經由感測器控制達到理想的二氧化碳濃度，使作物茁壯成長、加快成熟並縮短採收時期。農用感測器必須為長期穩定、精確度適中且性價比高的產品，因此，此產品大多使用紅外雷射型二氧化碳感測器，有效範圍為 0-5000ppm，精確度為 5% ($\pm 50\text{ppm}$)。

(三) 雨滴感測器

於汽車雨刷使用壓電元件的感測器，但成本較高。相對於農業上的應用，透過簡單的金屬表面線路，運用水的導電性，水量愈多的時候，導電的部份就愈多，感測器輸出的數值愈大，反之愈小。可運用於設施天窗控制、水量控制等。

(四) 土壤電導度、酸鹼值

較為準確的做法為土壤取樣後加水混合，過濾穩定後使用酸鹼計及電導度檢測計紀錄穩定後的數值。簡易型直接插入土壤中測量電導度方便，且可量測的範圍為 0 ~ 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，可使用校正液自行校正。電導度越高表示土壤養分越多，但也表示滲透壓越高。當滲透壓高時，作物無法吸收水分及養分，稱為「鹽害」；電導度越低，表示土壤養分越低，需補充肥料提升電導度。直接插入土壤中量測酸鹼度計，可適用於土壤及水中量測，不須加入電解液，經由輸出電位值轉換為酸鹼度，當電位值為零時即為酸鹼度為 7 pH，最大誤差為 $\pm 0.2\text{ pH}$ ，可量測範圍為 0~14 pH。



(五) 土壤氮、磷、鉀

市售使用探針式的氮、磷、鉀感測器，主要是使用電導率經換算推估氮、磷、鉀值。在農業物聯網中較少採用探針式氮、磷、鉀感測器，土壤肥力多以化學檢測方式，送至專業機關或是使用試紙量測。採樣送土壤檢測時，須注意採樣點至少 5 點以上，且依作物不同，取樣深度也有所不同，若為果樹須採地下 15~30 公分深之截面土及地面下 0~15 公分截面土；若為葉菜取地面下 0~15 公分截面土，多個取樣點打散充分混合後取 600 克土送檢即可。

(六) 土壤張力計

又稱為土壤水勢計，由壓力錶、貯水管及陶瓷頭組成。陶瓷頭中的微孔可使水分子及離子等小分子進入。當貯水管無水，水被吸出到土壤中時，表示土壤很缺水，使貯水管中達到真空，而使其為負壓狀態，壓力錶值下降。當降雨或是灌溉時，水份經由陶瓷頭回流到貯水管中，管中負壓減小，因此壓力錶值上升。土壤張力計量測的是土壤水吸力，並非含水率或是土壤濕度。

(七) 照度計 (Lux) 與光合有效輻射 (Par)

光線的強弱與植物的生長息息相關，在光線充足的環境下，植物的生長效率較不充足的環境好，因此在光線的量測上，使用照度計為之量化。照度 (illuminance) 為每單位面積內收到的光量，1 Lux 為每平方公尺中收到 1 流明的光量。在烈日下的照度為 100,000 Lux、陰天為 80,000 Lux、室內環境為 300 Lux。量測範圍為 1 ~ 65,535 Lux，誤差為 0.5%，以光電效應原理的光二極體；或是熱電偶元件，依元件吸收能量差設計而成。光合有效輻



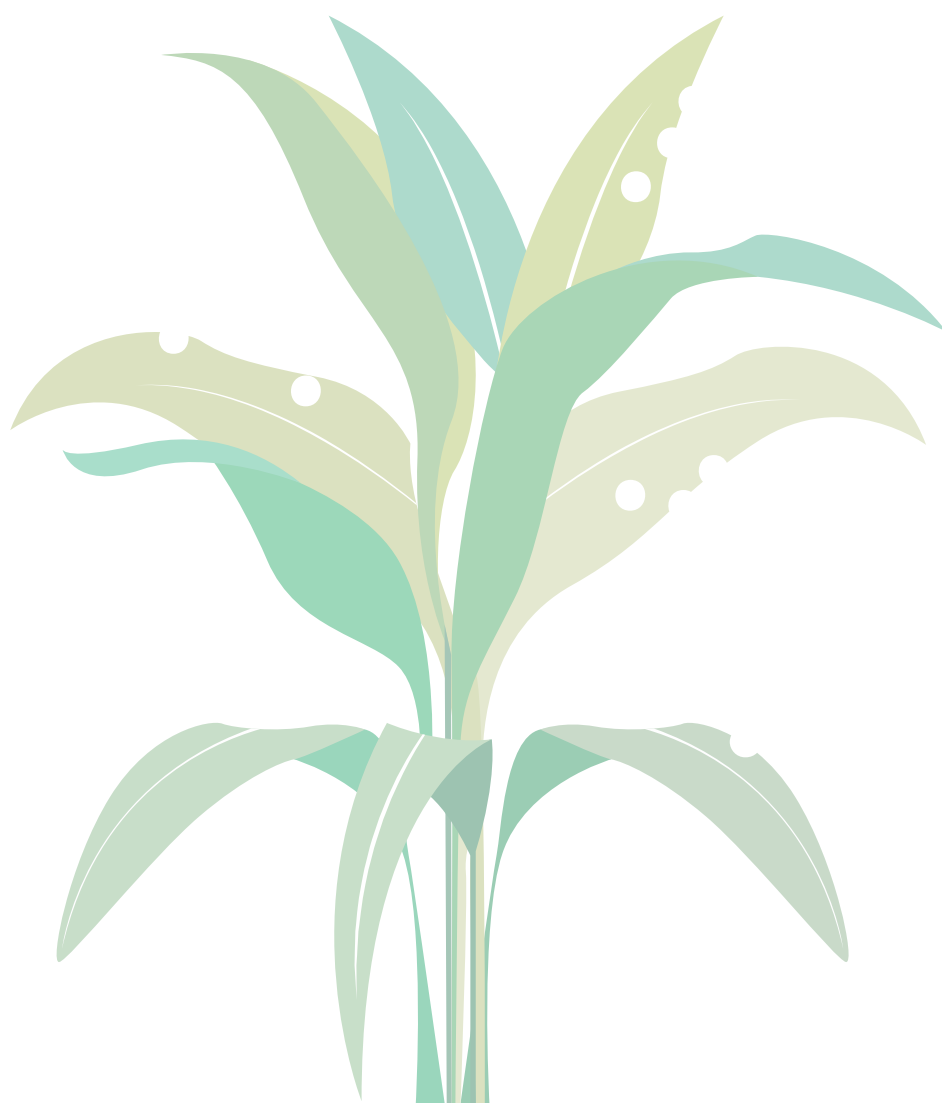
射 (Photosynthetically Active Radiation : Par) 是針對 400-700 nm 波長可行光合作用的光進行量測，而光照計是量測 380-780 nm 的光量。

(八) 水中溶氧感測器

用於監測水質的感測器之一，溶氧指溶解在水中且為氧分子狀態 (Dissolved Oxygen : DO)，易受溫度、氣壓及鹽分所影響，當溫度愈高，水中可溶解的鹽分愈多，相對可溶解的氧分子愈少；當氣壓愈高時，可溶解的氧分子愈多。水中溶解氧於天然環境中近於飽和值 (9ppm)，當每公升水含溶解氧小於 4 毫升 (4ml/L) 會造成魚群窒息死亡，因此為水產養殖業者重要的監控數據。

農業上的運用極廣，本文中僅介紹部份較常使用的感測器，若有不足，請見諒。





四

露天栽培之 棗園為例



四、露天栽培之棗園為例

露天栽培的環境中，由於變因多，雖然可經由感測器收集大數據，但其規律性及細節較難掌握，因此可協助的田間操作較設施內少。以棗園為例，棗樹因綁支條的需求，因此在棗園中會架設鐵架，以方便將支條綁在鐵架上，減少果實過重使支條斷裂的風險。鐵架上架設噴灌噴頭於適當的高度如圖 1 紅圈所示，噴頭的個數及間距與水壓及水管口徑會影響其噴灌的工作範圍。在水管的配線上，可於適當的位置配製電磁閥，控制其開關，並且於管線源頭連結兩個不同的水塔或是水箱，方便控制噴灌水份或是液體肥料。由於噴頭的噴嘴需定期巡查是否有堵塞，於水源的前端加設過濾器也可減少噴嘴堵塞的情形，且噴嘴需安裝於鐵架下方，不可太高且不可噴到葉面及果實。模擬架設圖如圖 2 所示，黃色為電磁閥，控制水的開關。



圖1 棗園噴灌噴嘴安裝實例

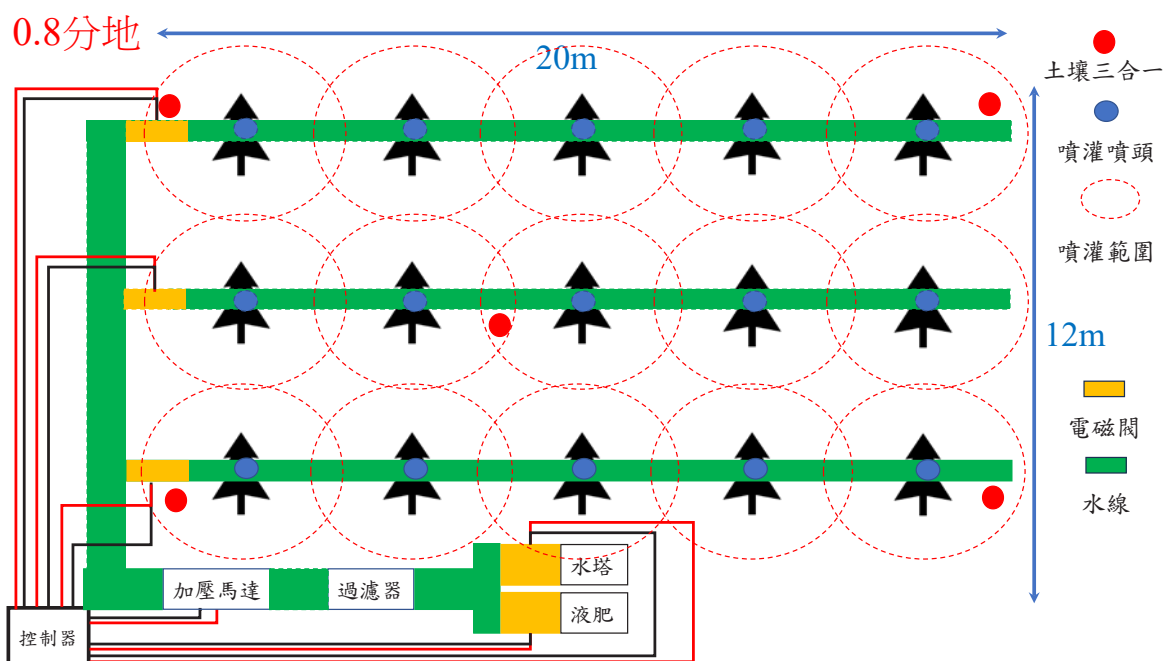


圖2 模擬棗園架設圖例

在模擬棗園田區中，如圖 2 所規劃，感測器的安裝方式及相關注意方式如下：

1. 三合一土壤水份、電導度及溫度感測器：於果園的四個角落及中間安裝，或是於果園中水量最多與最少的區域安裝，並於安裝時，探針垂直且全部沒入土中如圖 3 左圖；或將土層挖開水平插入表土後覆土，如下圖 3 右圖所示，紅線深度 15~20 公分。





圖3 感測器安裝方式：左圖為垂直插法；右圖為水平插法。

2. 光照度：若園區皆無遮蔽或是遮蔽度一致，可安裝一個；若園區中部份有遮蔽須於無遮蔽與有遮蔽區各安裝一到二個。
3. 雨滴感測器：於園區中安裝一個，由於為露天果園，須在無遮蔽且可接受到雨水的區域安裝。
4. 風速感測器：於園區中安裝一個，由於為露天果園，須在無遮蔽區域安裝。
5. 水量感測器：檢測噴嘴是否有堵塞狀況，可加裝水量感測器，監控水量的流速與流量，當噴嘴有堵塞狀況時可即時發現。

各感測器即時回傳大量的數據，因此需要一個雲端空間儲存感測器回傳的資料，即時顯示數據及歷史數據，需要以下二項功能：



1. APP 或網頁之數據即時顯示：將安裝的感測器經由 WIFI 或是 RS485 傳送到中繼站後，中繼站依感測器回傳速度上傳到後台雲端資料庫。雲端資料庫串聯網頁顯示即時數據，如土壤資訊或是光照值、風速值等。
2. 大數據收集：於雲端資料庫中，可依耕地與耕作作物進行數據分析，並且收集光累積值及積溫做更精確的判定。

而接收到的數據如果達到自動控制或是在田區中手動操作，須由下述項目組成：

1. 總電箱：於果園中架設總電箱，總電箱配置的位置大多靠近出入口或果園不易有外人進入的區域。於電箱外，配置多個開關，可切換手動控制或自動控制；電箱內為中繼站、WIFI 基地台及控制器。
2. 控制器：依園區需求安裝四路或八路的控制器，四路即為可控制四個裝置的開與關，可控制電磁閥、抽水馬達、燈等設備。須注意控制器中標示的安培及電壓，如下圖 4 所示。



圖4 繼電器規格，須注意紅框內的電壓與電流的範圍



3. 電磁閥：有多種不同電壓與口徑可依需求選擇，例如棗園中水管配置為一吋管線，因此使用一吋的電磁閥，於圖 2 中橘色標示處。此設備由兩條電線連接，不分正負極，通電時經由磁吸將管徑中的球上吸，讓水流通過；當斷電時，球降下阻斷水流通過以達到關水的效果。將電磁閥裝設於水塔與主管線間時，須更換更大口徑的電磁閥，以提升噴灌效率。

整體的控制邏輯如圖 5 所示，土壤水份值當低於設定值時，開啟電磁閥及馬達；設定定時澆灌時，當雨滴感測器回傳值小於設定值，即代表正在下雨不需開啟馬達及電磁閥。若於花期需做產季的調節時，經由控制夜間開燈的時間長短調整其開花時期達到產季調節的效果。當電導度、水量控制值或風速感測出現異常需警示時，可由網頁、APP 或 LINE 通知傳送警告訊息。

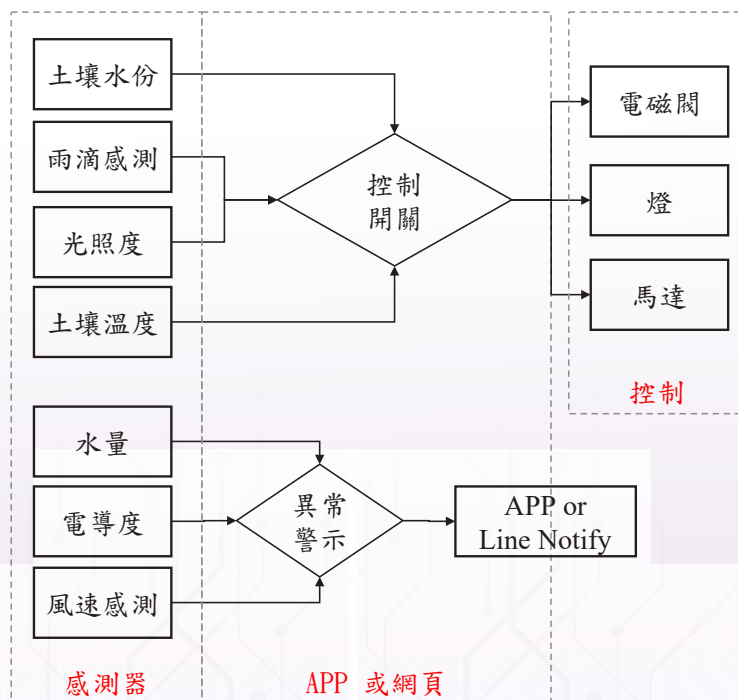


圖5 邏輯流程圖

五

設施栽培之 葉菜種植為例



五、設施栽培之葉菜種植為例

為減少氣候變遷下極端氣候對於農業的影響，近年政府推動設施栽培，補助農戶將露天栽培改為設施栽培，以減少瞬間大雨、連續大雨等極端氣候影響農友們的收成及生計，因而將發生天災後的補助，改為預防天災造成的危害。設施中除了可減少夏季豪雨侵襲及害蟲侵入造成的農業損失，並且設施內溫度高於室外溫度因此在種植的作物操作上，除了需考慮地理環境及季節外，耐溫也是重要考量之一。以屏東科技大學智慧農場設施為例，如圖 6，中午高溫強光時，濕度約為 60%，溫度達 36 度以上，當光照及溫度下降後，由於設施中無安裝風扇，無法將濕度帶離設施，因此設施內濕度超過 90% 達 14 小時以上。而濕度過高，利於菌類繁殖，需加強降低濕度。若使用負壓風扇將設施中的空氣抽出降低濕度，須注意避免蟲害由靜止的風扇進入設施當中。

總覽

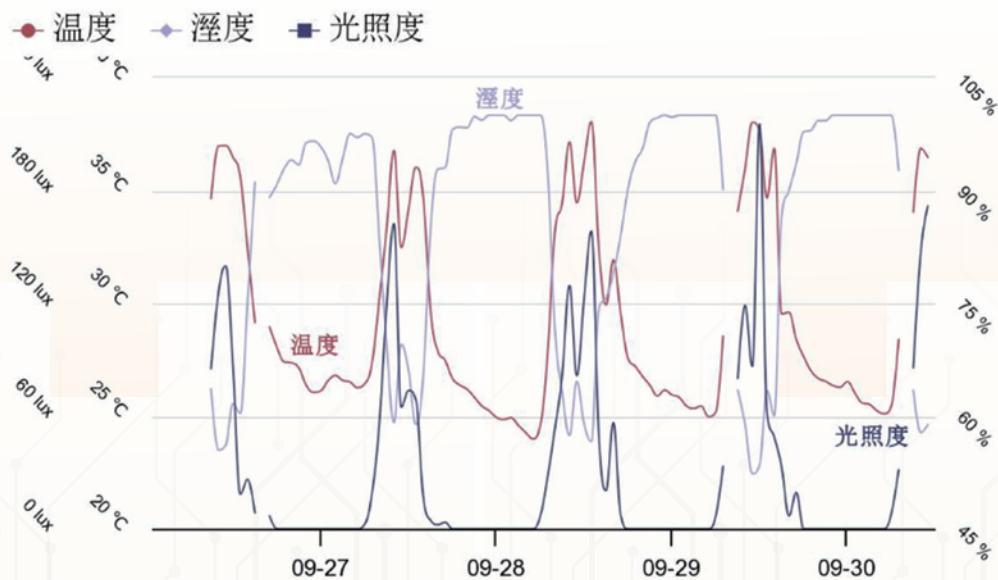


圖6 智慧農場設施中9/27~9/30溫度、濕度及光照度變化

設施中依作物需求不同，所加裝的感測器有所不同，以葉菜種植為例，所需要的感測器：空氣溫、濕度感測器，土壤電導度計，土壤濕度感測器，光照度計及土壤溫度感測器為必要；而後端的控制器所控制的設備：馬達、電磁閥、風扇、天窗及遮陽網。控制邏輯流程圖如圖 7 所示。

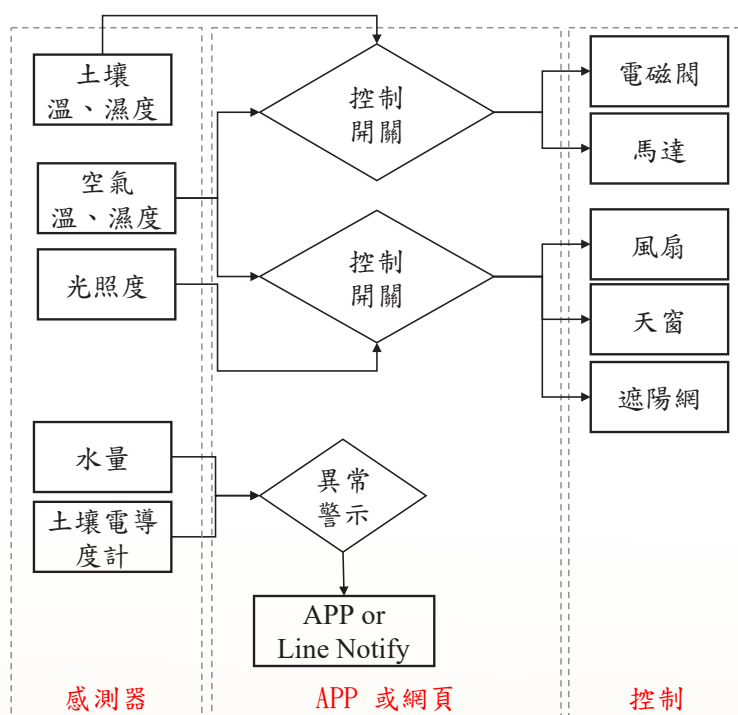


圖7 葉菜設施中邏輯流程



控制開關開啟電磁閥及馬達電力，進行灑水觸發時機為土壤濕度低於設定值，需要降溫或光累積值高於設定值時，以上三種情境皆需要進行灑水。當光照度值高於設定值時，需要開啟遮陽網，避免作物曬傷；當低於設定值時需收起遮陽網，以利光線進入進行光合作用。當空氣濕度過高時，須打開天窗及開啟風扇，增加空氣對流達到降低濕度的效果。水量感測器安裝於噴灌，用來監控是否有堵塞狀況，當水量低於設定值時，發送異常警示，提醒人員噴頭異常需要巡查。

由於設施中土壤缺乏長期且大量雨水沖洗，當肥培管理不當時，易造成土壤鹽份過高且養分不平衡。建議定期送檢且注意肥料使用，土壤電導度感測器雖然可協助電離值檢測，但為參考用。一旦發生警示時，需花大量時間及金錢進行土壤改良。





六 智慧蜂箱



六、智慧蜂箱

精準農業與友善農業中，蜜蜂是當中非常重要的角色，在未有人類介入大量農業生產前，自然的生態鏈中蜜蜂就是重要的農工。全球經由蜜蜂授粉的作物佔三分之一，且在臺灣的作物就達四十多種，是否能以更有效的方法降低養蜂的風險、準確分析蜜蜂糧食來源是否充足等外來因素則更顯重要。養蜂為遷移式的行為，需要因應花期及花量進行遷移，每年 2 月至 5 月的龍眼及荔枝花期因臺灣的南北溫差，由南往北慢慢開花，蜂農也因蜜源而緩慢移動。如何結合物聯網讓蜂農更好掌握自己的蜂箱，確保在遠處蜂箱的安全也是近年來國內外研究的方向。

蜂箱中，主要的物聯網數據包含蜂箱裡的溫度及濕度，當溫度過高或過低時皆會造成蜂群的流失；濕度過高且持續過久可能是因箱內積水造成。為遠端監控蜂箱的採蜜狀況，而加入壓力感測器於蜂箱下方與架子之間，與箱內的濕度值搭配以確定目前箱體的重量，推估箱中蜂蜜的多寡及預估可採收時間。此外，為防止蜂箱被盜，可於箱體上安裝 GPS 晶片，當箱子被移動時可於第一時間取得資訊，並且提供追蹤移動方向及地點（誤差約 3~5 米）。

此外，於蜂箱中另一個重要的指標為蜂蟹蟎，可經由建立蜂蟹蟎的影像資料庫，於蜂箱口安裝攝影機，如圖 8，監控蜜蜂進出的數量以及是否有蜂蟹蟎的情況發生。

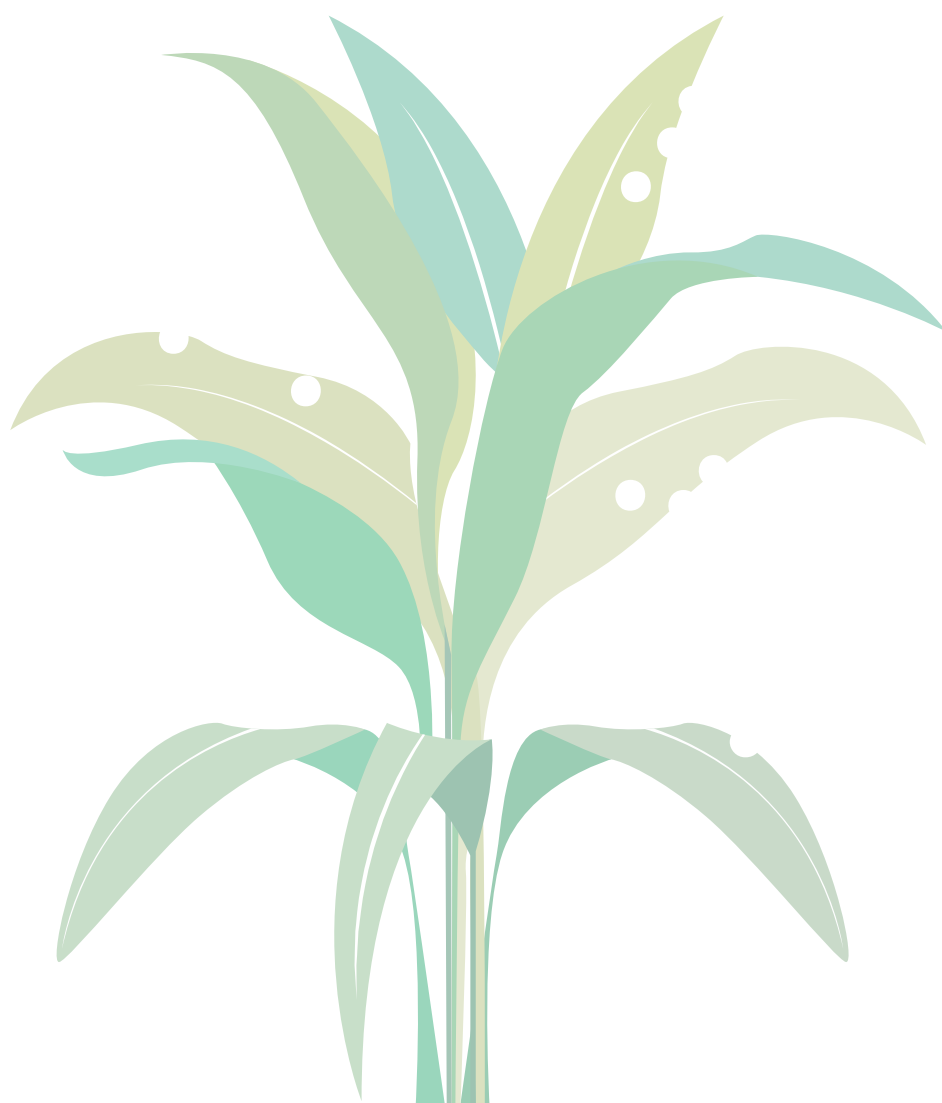




圖8 左圖：於蜂箱口架設攝影機；右圖：監控流量及蜂蟹蠕。

蜂箱若放置於熊出沒的山區，也可經由攝影機確認蜂箱的狀態。由於戶外環境電力較難取得，因此可搭配太陽能板提供感測器及攝影機電力使用。攝影機搭載麥克風及喇叭，可收集環境中的聲音，並且可由後台經由喇叭發送警告音，警告外來入侵者。





七 結語



七、結語

傳統農業的看天吃飯，在現今全球暖化及極端氣候的考驗下，已無法使用過去的經驗法則從事傳統農作。運用更多的感測器元件，加速精準農業轉型，是目前的趨勢也是正確的方向。但如何在農用的前提下找到適合的耐用材料及農友能負擔的價格，為政府的推動下，正在解決的問題；可靠度及方便性也在各相關單位的協助下，漸漸成熟。目前有不少大型的設施農場已導入了農業智慧物聯網的設備，相同的人力可以看管更多的設施，負責更大的田間，達到更高的產值，且勞力付出比導入前低，因此在訓練其使用後接受度高。

在產、官、學的共同努力下，以降低農業生產風險的目標努力，讓從事農業不再是看天吃飯的工作，是我們共同的目標。雖然我們現在以省工為短期目標，未來希望年輕人加入農業，並且讓年輕人以加入農業為榮。





八 參考文獻



八、參考文獻

1. https://statview.coa.gov.tw/aqsys_on/importantArgiGoal_lv3_1_2_1_1.html
2. 翁仁憲。「二氧化碳、氣溫及紫外線升高對作物生育及產量之影響」，農業試驗所特刊第 71 號，1998 年。
3. 陳令錫。「光線量測與植物生長」，臺中區農業改良場特刊，第 111 號，2012 年 05 月。
4. 徐培修。「設施栽培作物蜂授粉技術與效益」，農政與農情，第 303 期，2017 年 9 月。
5. 江昭皚，李慕華，羅珮怡。「物聯網於智慧農業環境管理之應用實例」，永續產業發展 83 卷，第 68-75 頁，2018 年 12 月。
6. 王人正，江昭皚。「智慧農業技術與應用實例」，農業推廣手冊第 74 期，2019 年 12 月。
7. 王仁晃，朱堉君，賴信忠，郭晉良。「果樹生產智慧化與應用實例」，臺中區農業改良場特刊：143 號，第 95-109 頁，2021 年 08 月。
8. Sangiovanni, M., Schouten, G., van den Heuvel, WJ. An IoT Beehive Network for Monitoring Urban Biodiversity: Vision, Method, and Architecture. Communications in Computer and Information Science, vol 1310, 2020.
9. H. M. Aumann, M. K. Aumann and N. W. Emanetoglu. Janus: A Combined Radar and Vibration Sensor for Beehive Monitoring. IEEE Sensors Letters, vol. 5, no. 3, pp. 1-4, 2021.

農業物聯網感測器及應用

發行人：張金龍

著者：張嘉熒

總編輯：彭克仲

執行編輯：王韋勝

編輯顧問：梁佑慎

出版者：國立屏東科技大學農業推廣委員會

地址：屏東縣內埔鄉學府路 1 號

推廣服務專線：(08)7703202 轉 7364 · 7782
(08)7740175(FAX)

出版日期：112 年 12 月

ISBN：978-626-97043-8-5 (平裝)

農業部 112 農再 -1.2.1-1.1- 輔 -005(6) 計畫補助



廣告

