

果樹生產智慧化與應用實例

王仁晃^{1*}、朱堉君²、賴信忠³、郭晉良⁴

摘要

傳統果樹栽培環控設施的投入程度較低，受到劇烈天氣影響機會也較高，因此有必要開發果樹生產智慧化管理技術。為建構果樹栽培智慧化管理系統，本研究運用桃園區農業改良場所開發的「農業生產管理即時監控資訊系統」，應用物聯網的技術，分別建置木瓜客製化智慧防減災預警、木瓜智慧肥灌及灑水降溫，和紅龍果智慧型灑水降溫等三個示範系統。系統首先在果園架設環境感測器，以監測及記錄果園環境條件，透過程式積木的運作與結合 Line 即時通訊軟體的功能，讓生產者可自動接收各項氣象通報及種植決策建議等智慧化通知，再透過控制系統連動機電系統以自動驅動各項果園設備，並將執行結果透過 Google 試算表功能隨時記錄，以達到果園管理自動化的目的。本研究可以提供木瓜及紅龍果智慧化管理的技術，未來並可提供其他果樹智慧栽培管理應用。

關鍵詞：物聯網、程式積木、木瓜、紅龍果、智慧管理

¹ 行政院農業委員會高雄區農業改良場副研究員

² 行政院農業委員會高雄區農業改良場助理研究員

³ 行政院農業委員會桃園區農業改良場副研究員

⁴ 慶奇科技股份有限公司智農發展部經理

* 通訊作者：rhwang@mail.kdais.gov.tw

前言

近年來全球農業面臨劇烈氣候問題，臺灣果樹產業亦無可倖免，強烈颱風、豪雨、乾旱、寒流及連續高溫等劇烈天氣持續發生，經常造成生產者鉅額的損失。為減輕天然災害對作物的影響，政府亦投入大量科研經費於作物天然災害的預警、防範措施與復耕等技術開發，並製作農作物災害預警平台因應（行政院農業委員會農業試驗所，2021）。然而目前的災害防減災系統多透過網頁、臉書及新聞資訊等被動通知方式，而且果園的環境與作物生長時期各有不同，無法針對特定區域甚至是果園發布災害預警，容易造成重要災害資訊的遺漏，因此必須要有一套主動預警且客製化的災害防減災系統因應。

此外，隨著市場消費行為快速變化，消費者對安心溯源驗證農產品的需求持續增加，因應大型連鎖超市截切及果汁等新型態的產銷模式，市場通路更希望能確實掌握產銷資訊，但是新型態的果園作業規範與產銷履歷登錄等工作增加果樹經營者的負擔，另隨著農家勞力的缺乏與老化日趨嚴重，田間栽培作業效率亟待提昇，必須要讓新進的果農能確實傳承經驗，快速接軌生產與經營農場（呂，2020）。因此若能導人物聯網 (Internet-of-Thing, IoT) 及數位化工具，將各項果樹栽培與田間資訊量化，並加以整合應用，未來將是維持果樹產業競爭力的重要關鍵。

「智慧農業」的定義為：以現行產業生產模式為基礎，因應消費市場需求進行產銷規劃，生產管理上輔以省工省力機械設備、輔具及感測元件的研發應用，並結合跨領域之資通訊技術 (Information and Communication Technology, ICT)、IoT、大數據 (Big Data) 分析、區塊鏈 (Block Chain) 等前瞻技術導入，減輕農場作業負擔降低勞動力需求，提供農民更有效率的農場經營管理模式，生產符合消費者需求，安全、安心及可追溯的農產品（行政院農業委員會農業試驗所，2021a）。近年來在政府大力推動智慧農業政策下，果樹領域在病蟲害辨識、無人機影像即時監控、智慧光源控制、智慧跟隨搬運車、採收輔助穿著及早期預警系統等方面均有豐碩的研發成果（行政院農業委員會農業試驗所，

2021ab)，尤其是在病蟲害防疫服務中，導入應用廣泛的即時通訊平台 Line 聊天機器人的功能，進而提供正確的用藥資訊，互動式服務讓整個病蟲害防治服務體系變的更為即時，也促進農產品用藥的安全（姚等，2021）。

國外在智慧農業果樹的應用上亦有進展 (Ayaz *et al.*, 2019)，尤其以精準灌溉技術在果園的應用較為廣泛，透過運用植物生理（例如：莖水勢、葉片水勢等感測器）、土壤肥力及氣象預測等不同的感測技術，集合各種資訊數據，開發智慧灌溉模型，透過機器學習建模，作為灌溉與否決策依據，以達到精準灌溉調控產能的目的（行政院農業委員會，2021）。在西班牙東南部運用智慧物聯網的監控系統，透過運算機制精準預測地區性低溫，適時通知啟動灑水機制，以減少核果類發生霜害所造成的減產，並有效節省水資源 (Guillén-Navarro *et al.*, 2019)；而中國大陸則是開發草莓簡易溫網室智慧管理系統，將田間感應器所蒐集的各項資料與上傳照片，透過 IoT 的技術，以微信 (WeChat) 人機介面平台，讓生產者可以隨時接受到各項栽培的指導，達到在簡易設施內智慧化生產、節省用水管理與增產的目的，有別一般精密型溫室的智慧環控與灌溉系統，該技術更強調如何在缺乏自動控制的環境下，如何提供生產者智慧栽培管理的建議 (Li *et al.*, 2021)。

本研究運用行政院農業委員會桃園區農業改良場（簡稱桃園場）所開發的「農業生產管理即時監控資訊系統」（賴，2019），運用 IoT 的技術，將田間所蒐集的各項資訊，透過程式積木的運作，結合即時通訊軟體 Line 的通知，達到傳送即時性的防減災資訊與栽培管理建議的目的，或自動驅動田間灌溉設備，達到降溫及肥灌管理的目的。本文將以木瓜低光照警訊 - 客製化智慧防災預警系統、木瓜智慧肥灌及灑水降溫系統和紅龍果智慧型灑水降溫系統等 3 個應用實例，提供在不同的田間設備環境下，如何提升智慧化管理層面的建議。

果樹智慧化生產案例

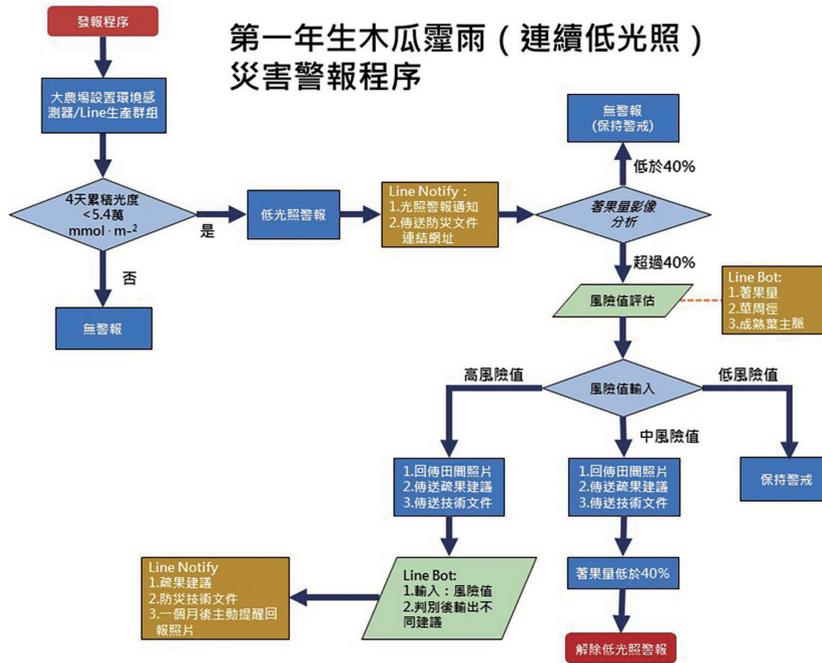
1. 木瓜低光照警訊 - 客製化智慧防災預警系統：

霪雨為長時間的連續降雨，在臺灣的梅雨季 (5-6 月)、冬天東北季風的鋒面，都是霪雨好發的時間，霪雨（包含陰天）造成連續性低光照（光合光量

密度，photosynthetic photon flux density, PPF) 與降雨的環境，常導致木瓜光合作用碳源供應不足，樹體迅速衰弱，果實品質降低，引發病害嚴重，甚至造成植株死亡的危機(王，2018)。木瓜靈雨災害主要樣態表現在葉片及果實，葉片受災情形為全園下位葉迅速黃化，另有葉片從葉柄基部迅速垂折的現象，若掛果過多植株容易造成死亡(俗稱敗穢)；果實災害通常會發生早熟的現象，包含自果溝處先迅速黃熟，呈現轉色分明狀態，或是輕微轉色時果溝處便冒出乳汁，轉色及冒乳汁處發生嚴重的炭疽病徵，果肉顏色淡而無味，無法順利後熟軟化(農民所稱的死黃)。

颱風和豪雨均可由氣象預報資料實施防範措施，但靈雨造成累積日照量不足的問題卻不易讓人察覺。由於木瓜在陰雨期間是否會衰敗，與日照強度和時數、掛果數目、樹體強弱有關，每個果園的狀態並不相同，因此為解決過去只能針對全臺所有果園發布相同災害預警的缺失，本研究設計一套客製化智慧防減災通報系統，主要是以環境感測器監控栽培環境中低日照量變化，按照木瓜不同著果量階段，設定智慧化訊息推播通知，讓農友隨時掌握氣象資訊並即時調整田間操作策略。

以程式流程圖(圖一)說明第一年生木瓜低光照(靈雨)災害警報程序，首先在大農場最具代表性的網室內裝設環境感測器，可自動記錄田間環境變化，並將鄰近果農組成生產 Line 群組，同時將 Line Bot(Line 聊天機器人)和 Line Notify 加入群組中，以提供日後由系統自動發送群組提醒訊息及果農回報問題。當環境感測器累積 4 日日照光度值低於風險值(設定為 $54,000 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2}$) 時，便先以 Line Notify 的功能，發布木瓜低光照防災警報，並同時自動傳送防減災參考資料的網路連結，提供農民防範技術資訊。利用始花日推估始收期及推算著果量，以 40% 以上著果量的果園為災害預警通知的推播對象，40% 以下因著果較少，不設定風險值及推播。受推播果園接收到 Line Notify 推播「低光照風險值評估」訊息，依序填入著果量、莖周徑及成熟葉主脈等數據，將獲得風險值評估數值，若判定為高風險值的果園，將收到 Line Notify 所發出的「提供果園現況照片」請求指令，並同時提供疏果建



圖一、木瓜客製化智慧靈雨防減災預警系統程式流程圖。

Fig 1. Program flowchart of the papaya customized intelligent excessive rain disaster reduction and early warning system.

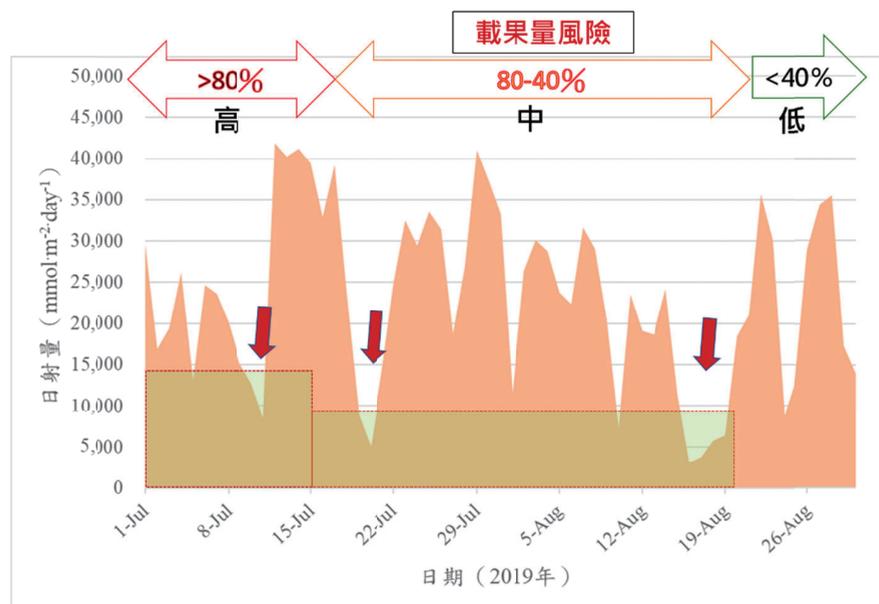
議及防災技術等文件網路參考連結，系統於一個月後主動提醒農友回報照片；低風險值果園則提醒持續注意保持警戒，待果園採收果實著果量減少至 40% 以下時，即解除低光照的警報。

本研究以木瓜碳平衡理論為基礎，以累積日照量、著果量、莖徑和成熟葉主脈（葉面積）訂定風險值，除了日射量與光截取（葉面積）直接影響碳水化合物的供給外 (Wang *et al.*, 2014)，雨季期間果實負載量較大的木瓜植株死亡率較高 (洪等, 2013)，且相同果實負載量植株，莖徑較粗對逆境承受力較強。因此，根據田間調查，先以始收期著果量的 80% 以上、40-80%，訂定承受 4 日的累積日照風險值，著果量越大、莖徑越細且成熟葉面積越小，對累積光照不足的承受力就越低，例如著果量達 80% 以上植株，莖周徑低於 50 公分，成熟葉主脈長少於 40 公分，當 4 日累積日照值低於 54,000 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}$ 風險值，便開始發布防災警報，當隨著果實逐漸採收，著果量已減少至 80-

40%，便可以承受更低累積日照值（例如 $42,000 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}$ ）（圖二）。利用上述的程式積木設定警訊，可針對果園的實際著果狀況，自動設定累積光照值警訊並發報警訊通知，但由於木瓜日照不足的致災成因較為複雜，本技術未來仍需持續累積相關試驗資訊，以建置更為精準且智慧化的木瓜防災預警系統。

2. 木瓜智慧肥灌系統及灑水降溫系統

木瓜生長勢強健，具周年生產、高產值的特性，為提升產能，生育期間需設法維持水分及肥料供給無虞，而灌溉與肥培管理則是整個栽培技術的核心。利用滴灌系統進行木瓜肥灌管理，可獲得高產及高品質之效果外，更可達到提高肥效、管理均勻、省工及維持土壤結構等優點，此外夏季高溫經常造成木瓜著果不良（王，2017），春季乾燥氣候蟎類防治不易，可利用現有的網室棚架作為灑水降溫管路的支架，架設自動灑水設備。



圖二、木瓜智慧靈雨災害預警示意圖。實心橘色為2019年7、8月屏東試區傳感器累計光度值的變化，在不同的掛果量下，果實掛果量越大，載果量風險越高，利用預先編排的積木程式可於連續4日累積日照不足時自動發布警訊。(虛線表示預設的累積光照閾值，實心箭頭為發布警訊)。

Fig 2. Diagram of the papaya intelligent excessive rain disaster and early warning system.

本系統應用 IoT 的技術，設置可量測並自動記錄光度、氣溫、相對濕度和土壤濕度等氣候條件的環境感測器，並將灌溉控制器結合機電系統及電磁閥等，透過程式積木的運作，以設定的環境條件啟動幫浦，達到智慧肥灌及灑水的控制功能（圖三）。啟動灌溉的機制係參考行政院農業委員會臺中區農業改良場所開發的光積值智慧灌溉技術（陳和陳，2014），可搭配土壤濕度計監測土壤濕度及灌溉水在土壤中滲透的情形，作為監控及驅動精準灌溉的方法。其他作物栽培如果樹、花卉、瓜果菜類等亦可套用一般灌溉管路設計的原則，參考木瓜的案例設置。

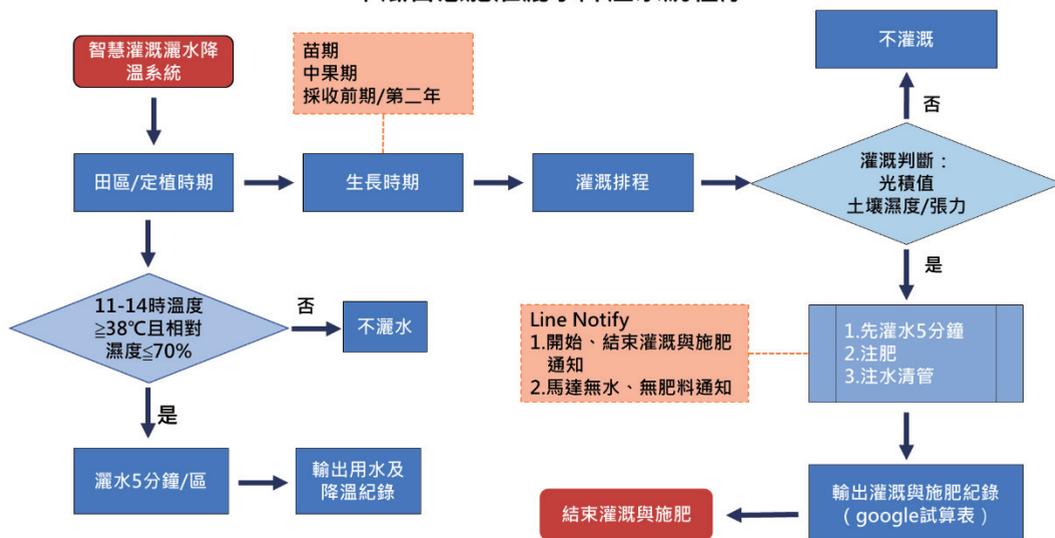
利用木瓜智慧肥灌系統程式流程圖（圖四）說明肥灌與灑水控制流程，以文氏管配置一套注肥設備以達到肥灌的目的，再按照田區數量多寡、面積大小配置田間滴灌及噴霧設備，依據計算出需水量選擇適當幫浦規格，再利用灌溉電磁閥的配置達到分區灌溉目的（王，2020）。依照果園土壤特性及木瓜生長時期排定灌溉及施肥的流程，利用積木程式排定肥灌的排程，當光累積值達到一定的閥值後（例如 $60,000 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}$ ）開始啟動肥灌流程，設定先



圖三、智慧肥灌系統在木瓜果園設置情形。

Fig 3. The intelligent fertigation system in the application orchard.

木瓜智慧肥灌溉水降溫系統程序



圖四、木瓜智慧肥灌系統及灑水降溫系統程式流程圖。

Fig 4. Program flowchart of the papaya intelligent fertigation and sprinkle cooling system.

用清水灌溉 5 分鐘，待滴灌管路充飽水後，再開啟注肥電磁閥開始注肥，注肥時間的設定係以光積灌溉間隔天數為頻率，每區每個月總注肥量均固定供給，注肥結束後再以清水滴灌 5-10 分鐘，達到清潔滴灌管的功能，每次執行灌溉後光積值歸零再重新累積。在每次執行灌溉及注肥的過程中，均可透過 Line Notify 推播肥灌訊息(圖五)，並將所有的肥灌資料回傳至 Google 試算表中完成各項記錄(圖六)。

灑水噴霧的主要目的為降溫與降低蒸氣壓差，但要避免雨天時執行噴霧，因此可設在每天的 11 點到下午 2 點，當網室溫度高於 38°C，相對濕度低於 70% 時，每次啟動 5 分鐘灑水，過 5 分鐘後再執行下一次噴霧



圖五、透過 Line Notify 推播果園灌溉和施肥的訊息。

Fig 5. The irrigation and fertigation messages send automatically through Line Notify.

灑水，若環境條件沒有達到設定值則當次噴霧會跳過，因此每小時最多會噴 6 次，共 30 分鐘，每次的噴霧後均可記錄執行時間、用水量及溫度變化等數據。

以上述木瓜智慧型管路灌溉為案例，與一般穿孔管灌溉相較，成株時期可節省約灌溉水 60%(12.5 減為 5.0 $\text{m}^3 \cdot 0.1\text{ha}^{-1} \cdot \text{week}^{-1}$)，肥料可減少使用 30%，產量因使用滴灌約可提升 10-20%。此外，使用智慧灌溉系統最主要目的在於輔助人腦的決策行為與動作，達到省工與精準管理的目的，對於任何農場管理而言，所有的灌溉與施肥若都能夠留下紀錄，再搭配氣象因子進行數據分析，可不斷精進灌溉的判斷與決策，並將整套栽培管理的技術標準化以擴大事業規模。

3. 紅龍果智慧型灑水降溫系統 - 人機共同決策模式

紅龍果為原生於熱帶雨林的仙人掌果樹 (Mizrahi *et al.*, 1997)，紅肉品種‘大紅’是臺灣主要的栽培品種，然而‘大紅’在夏季容易受強光、高溫影響，導致枝條黃化 (圖七)、小果率增加 (Chu and Chang, 2020)，長期的枝條黃化不利於植株樹勢的維持。進行果園環境改善可減少高溫對紅龍果生育的影響，利用遮陰可有效遮光並降溫 (Chang *et al.*, 2016)，但遮陰搭設成本高且可能受到颱風損毀。因此利用原有的噴灌設施，在夏天上午 10 點至下午 2 點之間，以間歇噴灌可代替遮陰達到降溫效果 (圖八)，並減少枝條黃化。

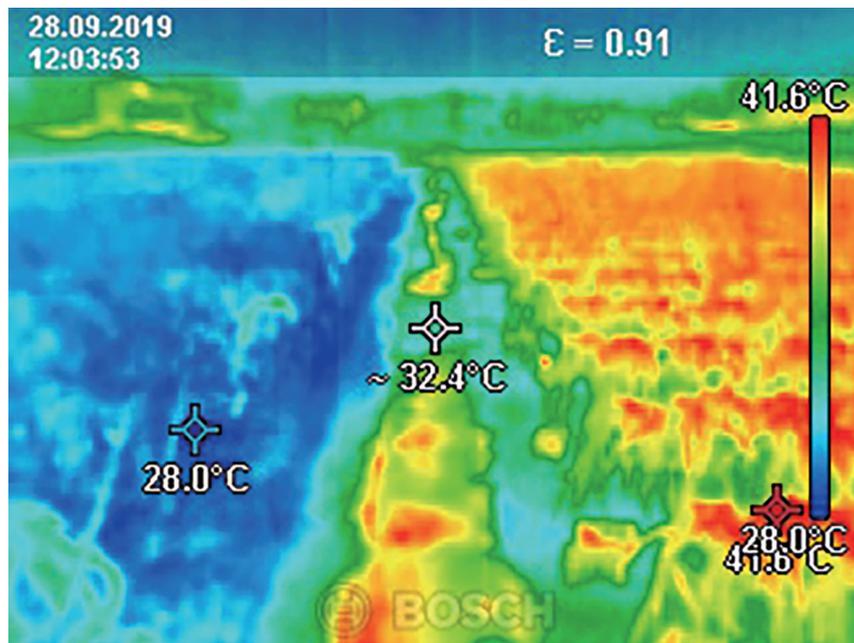
日期時間	灌溉區	滴灌水量(L)	吸肥量(L)	總施用肥料量(Kg)	肥料稀釋倍數	肥料種類	N	P2O5	K2O	灌溉水警訊	肥料警訊
2021/3/10 上午 8:05:00	B區肥灌	9669.52	6.64	0.66	14569.12	青森快速肥20:20:20	0.13	0.13	0.13		
2021/3/13 上午 8:05:00	B區肥灌	8042.59	6.33	0.63	12699.49	青森快速肥20:20:20	0.13	0.13	0.13		
2021/3/16 上午 8:05:00	B區肥灌	9817.44	55.14	5.51	1780.36	青森快速肥20:20:20	1.10	1.10	1.10		
2021/3/18 上午 8:05:00	B區肥灌	9978.61	0.32	0.03	311831.66	青森快速肥20:20:20	0.01	0.01	0.01		
2021/3/20 上午 8:05:00	B區肥灌	9600.77	19.31	1.93	4971.14	青森快速肥20:20:20	0.39	0.39	0.39		
2021/3/24 上午 8:05:00	B區肥灌	10422.00	43.05	4.31	2420.68	青森快速肥20:20:20	0.86	0.86	0.86		
2021/3/27 上午 8:05:00	B區肥灌	10513.17	27.32	2.73	3848.58	青森快速肥20:20:20	0.55	0.55	0.55		
2021/3/29 上午 8:05:00	B區肥灌	9959.66	29.45	2.94	3382.23	青森快速肥20:20:20	0.59	0.59	0.59		
2021/4/1 上午 8:05:00	B區肥灌	3731.50	55.08	5.51	677.43	青森快速肥20:20:20	1.10	1.10	1.10		
2021/4/3 上午 8:05:00	B區肥灌	9035.91	9.30	0.93	9711.86	青森快速肥20:20:20	0.19	0.19	0.19		
2021/4/6 上午 8:05:00	B區肥灌	9069.01	44.22	4.42	2051.02	青森快速肥20:20:20	0.88	0.88	0.88		
2021/4/10 上午 8:05:00	B區肥灌	9057.07	44.20	4.42	2048.93	青森快速肥20:20:20	0.88	0.88	0.88		
2021/4/12 上午 8:05:00	B區肥灌	10394.24	9.46	0.95	10987.57	青森快速肥20:20:20	0.19	0.19	0.19		
2021/4/14 上午 8:05:00	B區肥灌	9940.74	21.68	2.17	4584.79	青森快速肥20:20:20	0.43	0.43	0.43		
2021/4/17 上午 8:05:00	B區肥灌	8151.24	28.30	2.83	2880.60	青森快速肥20:20:20	0.57	0.57	0.57		

圖六、系統可將灌溉資訊自動載入 Google 試算表中。

Fig 6. The system can automatically upload irrigation data into the Google sheet.



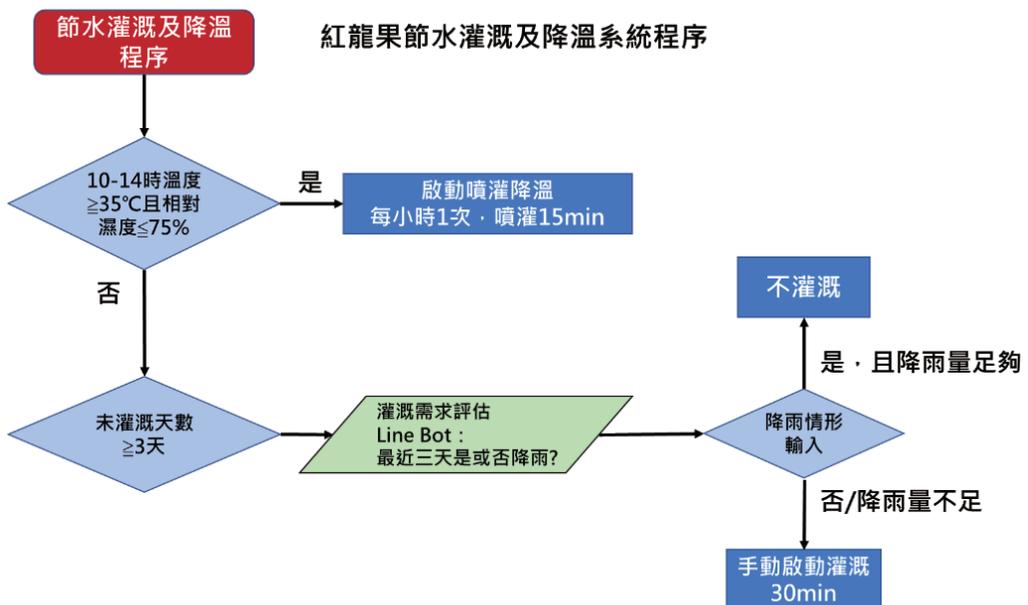
圖七、夏季高溫、強光導致紅龍果枝條黃化。
 Fig 7. High temperature and high light intensity during summer caused shoot yellowed in pitaya.



圖八、利用智慧系統於紅龍果園夏季午間灑水可顯著降低氣溫及枝條溫度。
 Fig 8. Applying the intelligent sprinkle irrigation system to decrease the air and shoots temperature significantly in the pitaya orchard at noon in summer.

過去灑水降溫的操作是由農民隨時監控田間溫度的變化以決定灑水的時機，或是設置定時器進行午間的定時噴灌降溫。為達到結合環境條件自動噴灌的目的，可利用環境感測器監控環境條件，搭配自動灌溉控制器，配置啟動幫浦的機電系統，以程式積木達到自動灑水的目的。

以程序圖說明紅龍果智慧型灑水降溫系統之案例(圖九)，該案例紅龍果果園為利用原有5馬力深井幫浦，配置1組環境感測器及1組自動灌溉控制器。當中午10點至下午2點間的溫度高於 35°C ，相對濕度低於75%時，即啟動幫浦灑水15分鐘，每隔小時執行1次。若環境條件未達噴灌啟動標準，則不啟動噴灌，避免低溫期間或雨天灑水，可有效節省水資源與人力。為了使智慧化灑水降溫系統可全年應用，本案例以程式積木統計累積未灌溉天數，將Line Bot和Line Notify加入群組中，當環境條件持續未達降溫灌溉條件(如秋冬季溫度較低或連續降雨)，導致未灌溉天數達3天時，系統會回傳「未灌溉天數已達3天」之訊息至Line群組，提醒農友評估是否需以手動開啟控制器進行灌溉。如有降雨，且降雨量足夠不需灌溉，可回傳「不需灌溉」



圖九、紅龍果智慧降溫灌溉系統程式流程圖。

Fig 9. Program flowchart of the intelligent sprinkle irrigation system.

訊息，即重新計算未灌溉天數；或降雨量不足需灌溉，則回傳「請灌溉」訊息，即可以 Line 啟動灌溉，並重新計算未灌溉天數，利用上述的程式設計，可達到「人機共同決策模式」，當 3 天以上未灑水或管理人員不要灑水時，系統徵詢灑水需求，可以用 Line Bot 做人為決定。

除了以程式積木進行灌溉條件的設定及啟動，本案例亦結合 Google 試算表功能，在降溫啟動及結束的同時寫入資料，記錄降溫情形，可供農民參考灌溉降溫效果，以調整不同季節的噴灌時間，兼顧降溫及節水的目的。

夏季高溫逐年攀升，紅龍果的自然產期主要為夏季，生產期間受逆境的影響逐漸顯現，除了進行疏花、調節產期、人工授粉等提升果實品質之措施，進行果園環境改善的策略已刻不容緩。由於紅龍果為景天酸代謝植物，農民大多於夜間灌溉，目前初步了解夏季午間進行噴灌可降低枝條溫度，並減緩黃化，如果園已設有噴灌設施，且病害控制妥當，即可配置「農業生產管理即時監控資訊系統」，建構智慧型灑水降溫系統，以降低高溫逆境對植株之影響。

結語

智慧農業是強調整合跨領域的技術，而 IoT 技術可作為發展的核心技術 (王和江, 2019)，作物專家則是扮演重要的導演角色，但對作物專家而言，如何撰寫適當的程式與應用數位工具，並導入到整個作物栽培管理系統，絕對是有相當的困難度。本研究運用桃園場與慶奇科技公司共同開發的「農業生產管理即時監控資訊系統」，運用 Webduino 開發模式系統，其特色是 Arduino 結合網頁控制技術，因此具備無線傳輸感測器及控制器與雲端系統，運用程式積木讓初學者在沒有程式語言背景都能輕鬆操作，也因此作物專家可自主編輯控制程式。由上述的應用實例可知，要達到果樹智慧生產的目標，並不一定要投入大量資金於感測設備和自動控制機械，相反地，只要能夠巧妙應用智慧生產與數位服務兩大領域，也能夠將傳統農業生產的耕作思維，演進到智慧生產的範疇。

相較於其他農作物生產，果樹栽培面積較大，設施化程度低，但是由於產

值高且栽培期程長，受到劇烈天氣影響果實品質與產量的機會相對也較高，因此積極開發果樹生產智慧化技術有其絕對必要性。未來應優先在各大重要果樹建置一套智慧生產或 IoT 系統，讓智慧生產系統成為一套田間栽培管理的「教練」，生產者在栽培過程便能夠「適時」與「適地」接收到「教練」的提醒，生產者也能夠隨時回饋處理後的結果給專家庫了解，專家再藉由收到的回饋，持續累積並修正專業知識系統，並依此設定未來投入研究的方向，讓果樹栽培技術與研究進入量化與標準化的時代，也讓果樹生產進一步邁入人工智慧管理的階段做好準備。

參考文獻

- 王人正、江昭皚．2019. 智慧農業技術介紹與應用實例．國立臺灣大學生物資源暨農學院農業推廣委員會．農業推廣手冊 74 期。
- 王仁晃．2017. 木瓜夏季高溫著果障礙與克服對策．高雄區農業專訊 100: 12-13。
- 王仁晃．2018. 木瓜雨季防災策略．高雄區農業專訊 103: 10-11。
- 王仁晃．2020. 木瓜智慧肥灌系統介紹．高雄區農業專訊 113: 5-7。
- 行政院農業委員會農業試驗所．2021. 農作物災害預警平台．<https://disaster.tari.gov.tw/ARI/>。
- 行政院農業委員會農業試驗所．2021. 智慧農業．<https://www.intelligentagri.com.tw/>。
- 行政院農業委員會 2021. 農業科技決策資訊平台．<https://agritech-foresight.atri.org.tw/article/list/1357>。
- 呂明雄．2020. 臺灣熱帶亞熱帶果樹現況與未來展望．臺灣熱帶與亞熱帶水果產業發研討會專刊 p.1-9. 國立嘉義大學園藝系。
- 洪苡萱、張龍生、王仁晃、林宗賢．2013. 疏花對臺農二號番木瓜營養與生殖生長之影響．臺灣園藝 59: 205-218。
- 陳令錫、陳加忠．2014. 利用光積值改善番茄灌溉排程之研究．行政院農業委員會臺中區農業改良場研究彙報 125: 39-51。
- 姚美吉、蔡志濃、林筑蘋、王家于．2021. 農業病蟲本一家農業病蟲害搜尋神器。

農業世界 452 : 81-83 。

賴信忠 . 2019. 智慧科技在設施農業應用 . 桃園區農業專訊 110: 8-9 。

Ayaz, M., M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, M. Ali and E. M. Aggoune. 2019. Internet-of-things (IoTs)- based smart agriculture: toward making the fields talk. IEEE Access 7: 129551-129583.

Chang, P. T., C. C. Hsieh and Y. L. Jiang. 2016. Responses of ‘Shih Huo Chuan’ pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. & Rose) to different degrees of shading nets. Sci. Hort. 198: 154-162.

Chu, Y. C. and J. C. Chang. 2020. High temperature suppresses fruit/seed and weight, and cladode regreening in red-fleshed ‘Da Hong’ Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) under controlled conditions. HortScience 55(8): 1259-1264

Guillén-Navarro, M. A., R. Martínez-España, B. López and J. M. Cecilia, 2019. A high-performance IoT solution to reduce frost damages in stone fruits. Concurrency Comp-Pract E. 33: 1-14.

Li, Q., B. Cao, X. Wang, J. J. Wu and Y. K. Wang. 2021. Systematic water-saving management for strawberry in basic greenhouses based on the internet of things. Appl. Eng. in Agri. 37: 205-217.

Mizrahi, Y., A. Nerd and P. S. Nobel. 1997. Cacti as crops. Hort. Rev. 8: 291-391.

Wang, R. H., J. C. Chang, K. T. Li, T. S. Lin and L. S. Chang. 2014. Leaf age and light intensity affect gas exchange parameters and photosynthesis within the developing canopy of field net-house-grown papaya trees. Sci. Hort. 165: 365-373.

The Application of Intelligent Production Base on The Internet of Things in Fruit Tree

Ren-Huang Wang^{1*}, Yu-Chun Chu², Shin-Jong Lay³ and Chin-Liang Kuo⁴

Abstract

The common characteristics of orchards in Taiwan are a proportion of low degree environmental control investment. Therefore, it is necessary to develop an intelligent management system for fruit tree production to reduce the impact of extreme climate change. To construct an intelligent cultivation management system for fruit tree cultivation, we apply the ‘Real-Time Monitoring System for Agricultural Production Management’ developed by the Taoyuan district agricultural research and extension station. Three demonstration systems based on the technology of internet of things (IoT) were developed, including papaya customized intelligent excessive rain disaster reduction and early warning system, papaya intelligent fertigation and sprinkle cooling system, and pitaya intelligent sprinkle cooling and irrigation system. We set up environment sensors to monitor and record the climate data of an orchard. Through the operation of programming blocks and combine the function of Line app, growers can automatically receive planting decision-making suggestions, intelligent notifications and alerting the grower to make the appropriate decisions if this would be necessary. To achieve the purpose of automatic orchard management, the system can connect to the electric system to automatically drive various orchard equipment, and then upload the data automatically at any time through the Google sheet. This study can provide various technical support for the intelligent management of papaya and pitaya, and can also be applied as a model of intelligent cultivation and management for other fruit trees.

Key words:Internet-of-Thing, Programming blocks,Papaya, Pitaya, Intelligent management

¹ Associate Researcher of Kaohsiung DARES, COA

² Assistant Researcher of Kaohsiung DARES, COA

³ Associate Researcher of Taoyuan DARES, COA

⁴ Manerger of King Kit Technology CO., LTD.

* Corresponding author’s email: rhwang@mail.kdais.gov.tw