



盆花設施環境監控及 智慧栽培管理技術

桃園區農業改良場 副研究員

楊雅淨、賴信忠

■ 摘要

氣候變遷對盆花生產影響逐年加劇，為穩定品質，加強產業韌性，本研究試圖運用人工智慧物聯網（The Artificial Intelligence of Things, AIoT）於重要設施盆花作物，依據作物生育條件與環境監測數據進行設施智慧環控，即時因應氣候變化；建立作物生育階段及生理參數之影像辨識雛形模式，作為未來科技輔助栽培管理決策之基礎。透過環境數據與盆花生育性狀數據收集，分別建立依據光積值及積溫等環境參數之株高、株寬、葉面積及葉片數之生長預測模型，結果以預測葉面積及葉片數效果較佳。預測模型結合程式積木及 R 語言工具更可進行線上生長預測。設施內可以 IPCam 拍攝盆花生育影像，即時上傳雲端硬碟進行株高、株寬及植冠投影面積影像辨識，自動記錄盆花外表型變化，可取代人工量測記錄。

關鍵詞：人工智慧物聯網；影像辨識模型；生長預測模型

■ 前言

臺灣農業環境面臨人口老化，勞力短缺，農業技術傳承不易，盆花產業藉由智慧科技導入農業生產，監測環境，將農耕經驗數據化、程式化，輔助人力判斷，藉由環境感測精準預測，減少作業及資材過度投入，可提升農業生產效能，並減少對環境衝擊。且精緻盆花作物之栽培生產容易受到複雜的外在環境因子影響，包括氣象因子：日射量、溫度、空氣溼度、風速；管理因子：土壤水分含量、土壤營養元素含量等；生物因子：病原、蟲源等，可能單一或交互作用影響盆花作物各個生育階段之生長分化及發育。而每種作物之關鍵環境因子均不同，需要專家以學理及經驗為基礎決定變數，透過即時監測系統及產量構成要素之調查分析，藉以微調環控及栽培管理技術，使農產品能達提升產量，調節產期及增進品質之效。

農業設施主要目的在於保護農作物，避免受到天候及病蟲危害，營造良好栽培環境，提高作物產量及品質。設施配有栽培管理設備，藉由無線傳輸監控設施導入，可將田間作物栽培管理自動化，降低人力成本及穩定品質，而不同作物所需管理條件不同，且作物生育從苗期、營養生長期開花，不同時期生育條件不同，需要不同管理模式。農民的管理技術來自於長期經驗累積，雖然可以透過監測裝置，了解耕作習慣及管理經驗，但數據收集後仍需透過分析，分析的方法是透過演算法去預測人的耕作習慣。因此人工智慧的應用，成為智慧農業最重要課題。本文介紹運用作物智慧栽培監控系統及作物生長預測計算，分別建立盆花作物設施智慧環控模式、影像辨識模型輔助決策及生長預測模型，以應用於盆花智慧栽培。

■ 材料與方法

一、盆花智慧環境監控栽培管理技術建立

以本場開發之環境傳感器監測本場樹林分場聖誕紅盆花栽培設施內氣溫、空氣相對溼度、光度、栽培介質含水量等環境參數，人工紀錄植物生長調節劑施用頻度及濃度，歸納分析品種、環境及管理參數對植株生育之影響。並依據聖誕紅適宜生長條件，利用灌溉控制器等 IoT 設備，調控設施環境參數。

二、盆花生育影像辨識技術開發

- (一) 生育階段影像辨識：108 年 11 月至 109 年 11 月擷取桃園市龜山區、八德區及蘆竹區農場栽培之長壽花小品盆花俯視影像，依據拍攝視野分為單盆影像、6 盆影像及 12 盆影像，包括 'African June' 等 35 個栽培品種，共 17 個生產批次，累計 13,874 張田間生育影像。運用 MobileNet 演算法建立影像辨識模型，以判讀植株 6 個生育階段：苗期、展葉前期、展葉後期、花芽可見期、花莖伸長期及花苞呈色期。



(二) 生理參數 - 株高、株寬、植冠投影面積之影像辨識模型：以 110 年 8 月 26 日至 11 月 4 日種植共 8 批試驗材料之俯視及側面影像進行植株輪廓標註，試驗材料包括‘齊兒’、‘Foster’、‘Fox’、‘Lena’及‘Penelope’等 15 個商業品種之田間栽培 91 張影像，涵蓋長壽花 6 個生育階段：苗期、展葉前期、展葉後期、花芽可見期、花莖伸長期及花苞呈色期。

三、盆花生長預測模型初探

於桃園市龜山區農場設施內架設環境傳感器，監測環境光度、空氣溫度及空氣相對濕度，每 5 分鐘記錄一筆數據，儲存於雲端伺服器（表 1）。分別於 9 月 10 日至 11 月 10 日進行五批次扦插定植，參試品種為‘Audrey’、‘Fox’、‘Juliette’、‘Lena’、‘Nolan’及‘Penelope’，每隔兩週調查株高、株寬、葉片數、最大葉長 / 葉寬、實際葉面積、葉綠素讀值（SPAD）及栽培介質電導度值（EC）。株高約於第 6-8 週生長趨緩，生育後期以株寬、葉片數、葉面積及花序 / 花朵分化生長為主。

運用每秒光度測值，以梯形積分計算栽培期間之光積值，長壽花光飽和點約為 $1,300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，瞬間光度測值超過 $1,300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以 $1,300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 計算累算光積值（表 1）。光積值分別與生育性狀調查數據進行回歸分析，以釐清生育期日數與光積值對長壽花 6 個栽培品種生長之影響，初步建立生長預測模式。長壽花種植至出貨約需 90-120 日，後期生育性狀將持續調查建模。

環境參數採取光積值及積溫進行分析，模型趨勢線種類使用線性回歸、二次多項式回歸、對數及次方曲線估計，數據範圍選取個別品種之全生育時期、所有品種之全生育時期、個別品種之營養生長期以及所有品種之營養生長期。以 R 語言編輯光積值或積溫預測生長預測及出貨期演算法，以物件偵測及影像分類演算法建立辨識葉冠面積及生育期辨識模型。應用智慧農業開發系統程式積木整合 R 演算法及影像辨識系統、感測器偵測值，透過雲端系統進行邏輯判斷，遠端自動操控溫室環控設備運作（遮光、補光、灌溉、降溫等），達智慧化自動栽培管理目的。



表 1. 各批次長壽花之積溫與光積值監測結果

	種植日期	調查日期	積溫 (°C)	光積值 ($\mu\text{mol m}^{-2}$)
第一批	2021-09-10	2021-10-07	117637.96	372494.30
	2021-09-10	2021-10-21	169596.55	564144.61
	2021-09-10	2021-11-04	213535.00	755338.30
	2021-09-10	2021-11-17	252381.91	997215.32
	2021-09-10	2021-12-02	293593.28	1159528.91
	2021-09-10	2021-12-16	333650.23	1453069.49
第二批	2021-09-16	2021-10-07	91780.44	270753.42
	2021-09-16	2021-10-21	143739.03	462403.73
	2021-09-16	2021-11-04	187677.48	653597.42
	2021-09-16	2021-11-17	226524.39	895474.44
	2021-09-16	2021-12-02	267735.76	1057788.03
	2021-09-16	2021-12-16	307792.71	1351328.61
	2021-09-16	2021-12-22	322899.76	1408428.49
第三批	2021-09-22	2021-10-07	66492.72	207084.60
	2021-09-22	2021-10-21	118451.31	398734.91
	2021-09-22	2021-11-04	162389.76	589928.60
	2021-09-22	2021-11-17	201236.67	831805.62
	2021-09-22	2021-12-02	242448.04	994119.21
	2021-09-22	2021-12-16	282504.99	1287659.79
	2021-09-22	2021-12-22	297612.04	1344759.67
第四批	2021-10-26	2021-12-16	152773.78	870792.70
	2021-10-26	2021-12-30	167880.83	990792.71
	2021-10-26	2022-01-13	200220.91	1153584.99
	2021-10-26	2022-01-27	236355.41	1366935.69
	2021-10-26	2022-02-10	267525.06	1495997.50
	2021-10-26	2022-02-21	292575.69	1602761.17
第五批	2021-11-10	2021-12-16	104190.49	604817.52
	2021-11-10	2021-12-30	119297.54	724817.53
	2021-11-10	2022-01-13	136530.57	887609.81
	2021-11-10	2022-01-27	172665.07	1100960.51
	2021-11-10	2022-02-10	203834.72	1230022.32
	2021-11-10	2022-02-21	228885.35	1336785.99



結果與討論

一、盆花智慧環境監控栽培管理技術建立：

依據本場樹林分場聖誕紅栽培設施、管理模式編輯值整合多設備自動環境控制程式。溫室環控設備為內遮光網、光週期調節補光燈、降溫型噴霧系統、負壓風扇、滴灌系統等，監控設備為遮陰網控制器控制內遮陰網，其餘設備由灌溉控制器控制，溫室內設置環境傳感器，偵測環境數據及用於自動控制。每日早上 7 點至下午 5 點開啟智慧灌溉、空氣溫溼度及補光，灌溉採用累積光度灌溉，累積光度大於 $400,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 啟動灌溉，空氣溫溼度控制參考聖誕紅蒸氣壓差控制條件，風扇啟動條件為大於 32°C 啟動，低於 29°C 關閉，噴霧啟動條件為溫度 $21\text{--}25^{\circ}\text{C}$ 相對濕度低於 55%，溫度 $26\text{--}30^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度低於 62.5%，溫度大於 31°C ，相對濕度低於 70%。補光燈開啟條件為早上 7 點至下午 5 點，溫室內光度低於 $350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 且外部光度低於 $2,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，啟動補光燈。當溫度大於 37°C ，發布 Line Bot 警訊通知。

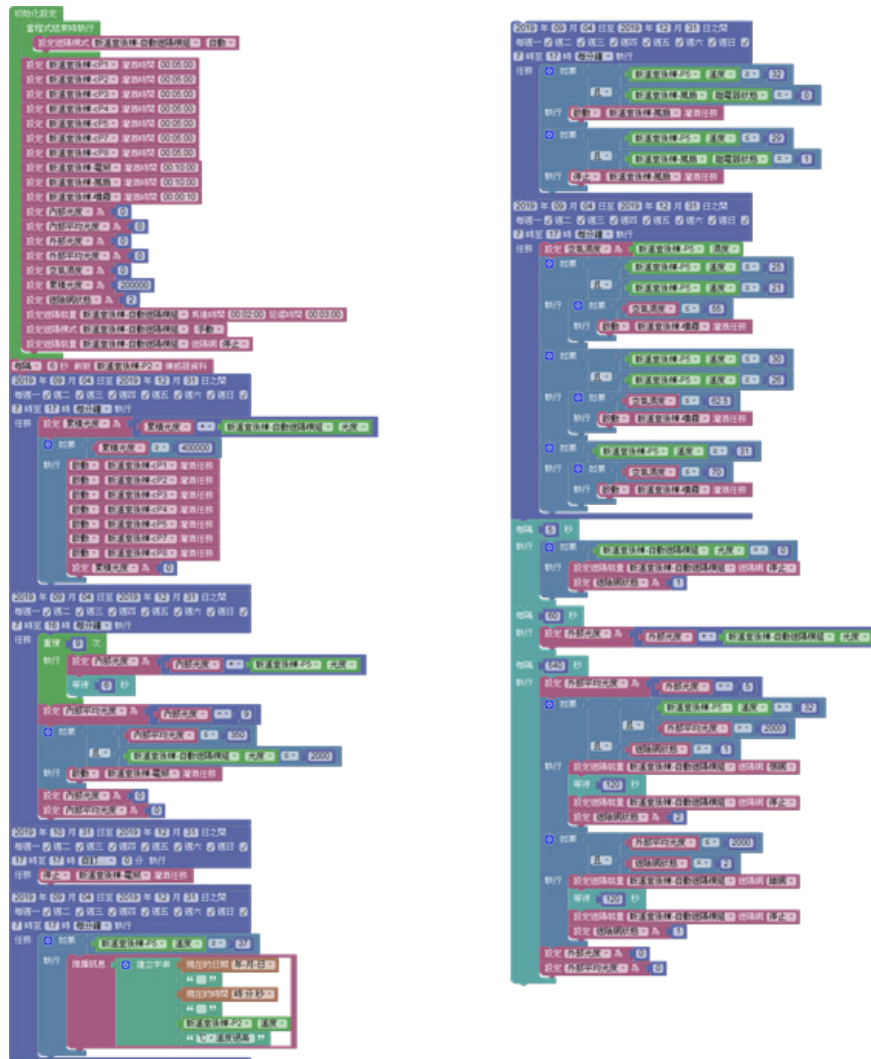


圖 1. 以程式積木編輯監控聖誕紅栽培設施之環境控制

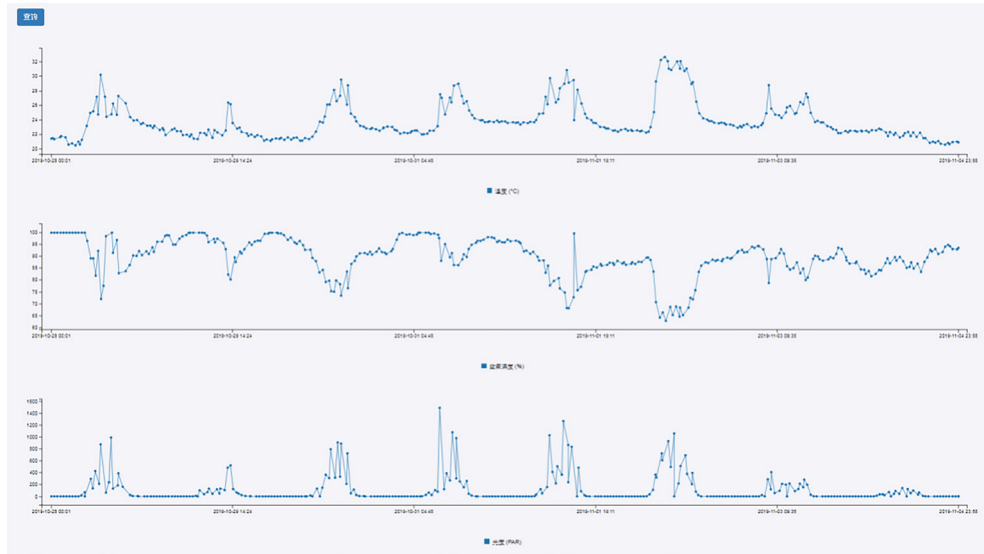


圖 2. 108 年 10 月 26 日至 11 月 4 日本場樹林分場聖誕紅栽培設施之環境監測

二、盆花生育影像辨識技術開發：

(一) 生育階段影像辨識模型建立：利用 17 個長壽花品種生育影像 4,500 張，考慮未來應用情境可能之影像視野範圍，建立「長壽花生育階段 - 單盆視野模型」、「長壽花生育階段辨識 -6 盆視野模型」以及「長壽花生育階段辨識 -12 盆視野模型」，分別以外部影像 65、61 及 62 張進行辨識率測試，辨識正確率分別為 87.69 %、90.16 % 及 90.32 % (圖 3)。顯示可以 6 盆或 12 盆視野影像達成長壽花生育階段辨識效果，其中部分品種之花苞呈色期以單盆影像辨識效果不佳，如改以 6 盆或 12 盆視野則可有效辨識。又 12 盆視野對花莖伸長期之辨識效果較單盆或 6 盆差，整體而言，以 6 盆視野之辨識效果最佳。

然而，影像辨識率高低受到照片數、分類差異性影響，如辨識率低於 90%，可增加建模影像數量，再重新訓練影像辨識模型，改善辨識效果。利用影像辨識技術可建立作物專家系統之基礎，機械自動判別長壽花 6 個生育階段，可供輔助栽培管理決策。以 3 寸盆為例，第 0-2 週為苗期，需做遮光處理；第 2-3 週為展葉前期需控制主莖節間，進行肥培管理；第 5-6 週為展葉後期需做短日處理及株高控制；第 7-8 週為花芽可見期，促進花芽發育；第 9-10 週為花莖伸長期，需矮化處理調節花莖長度；第 11-13 週為花苞呈色期，減少灌溉。

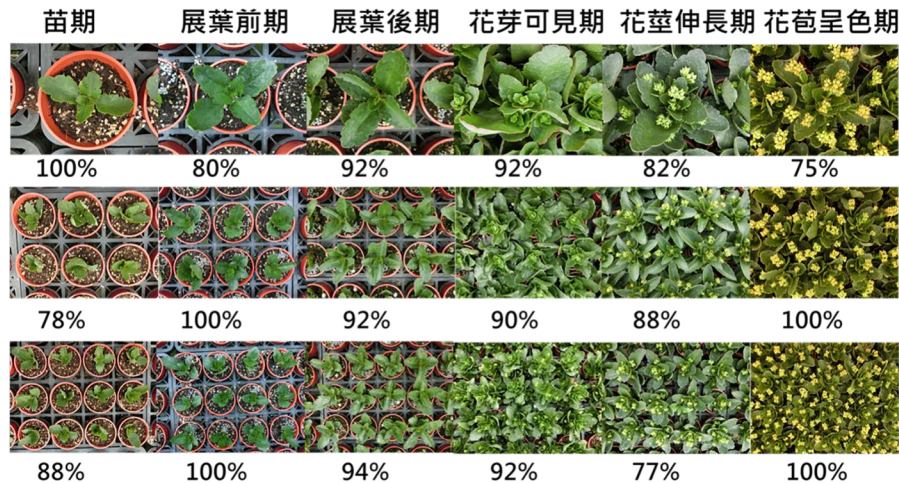


圖 3. 長壽花 9 cm 盆生育階段影像辨識模式之影像辨識準確率

(二) 生理參數 - 株高、株寬、植冠投影面積之影像辨識模型建立：以側面影像標註植株輪廓進行株高與株寬辨識，俯視影像標註植冠輪廓進行植冠投影面積辨識，標註紅、黃、綠、藍四色方塊比例尺（6 cm³），據此建立 Detectron2 物件分割影像辨識模型，包括長壽花株高 / 株寬辨識模型及長壽花植冠投影面積模型各 1 式，建模速度依據訓練次數（100-3000 次）約為 5-20 分鐘，線上辨識速度約為 3-5 秒 / 張影像。編寫積木程式依據比例尺及影像畫素計算植株株高、株寬及植冠投影面積（圖 4），並將辨識結果以文字數字格式記錄至 google 試算表（圖 5），作為田間長壽花生育監測自動記錄外表型株高、株寬及植冠投影面積等生理參數。

- 植冠面積 (cm²) = 植冠面積畫素 / 方塊面積畫素 * 36 cm²
- 株高 (cm) = 株高畫素 / 方塊高畫素 * 6 cm
- 株寬 (cm) = 株寬畫素 / 方塊寬畫素 * 6 cm

以葉面積掃描長壽花單株葉片，計算其葉片總面積。拍攝單株俯視照，以 ImageJ 計算其投影面積。二次回歸分析葉片總面積與植冠投影面積，判斷係數 $R^2=0.7118$ （圖 6），未來透過影像辨識，以俯視面積估算實際總葉面積，並進一步推估葉面積指數（Leaf area index, LAI），作為肥培管理條件。

於桃園市龜山區農場架設 200 萬畫素 IPCam，每小時拍攝 1 次俯視及側視照片，照片上傳 google 雲端硬碟，自動計算植冠投影面積變化（圖 7）。



圖 4. 利用 Detectron2 物件偵測及分割辨識長壽花俯視影像，自動計算植冠投影面積

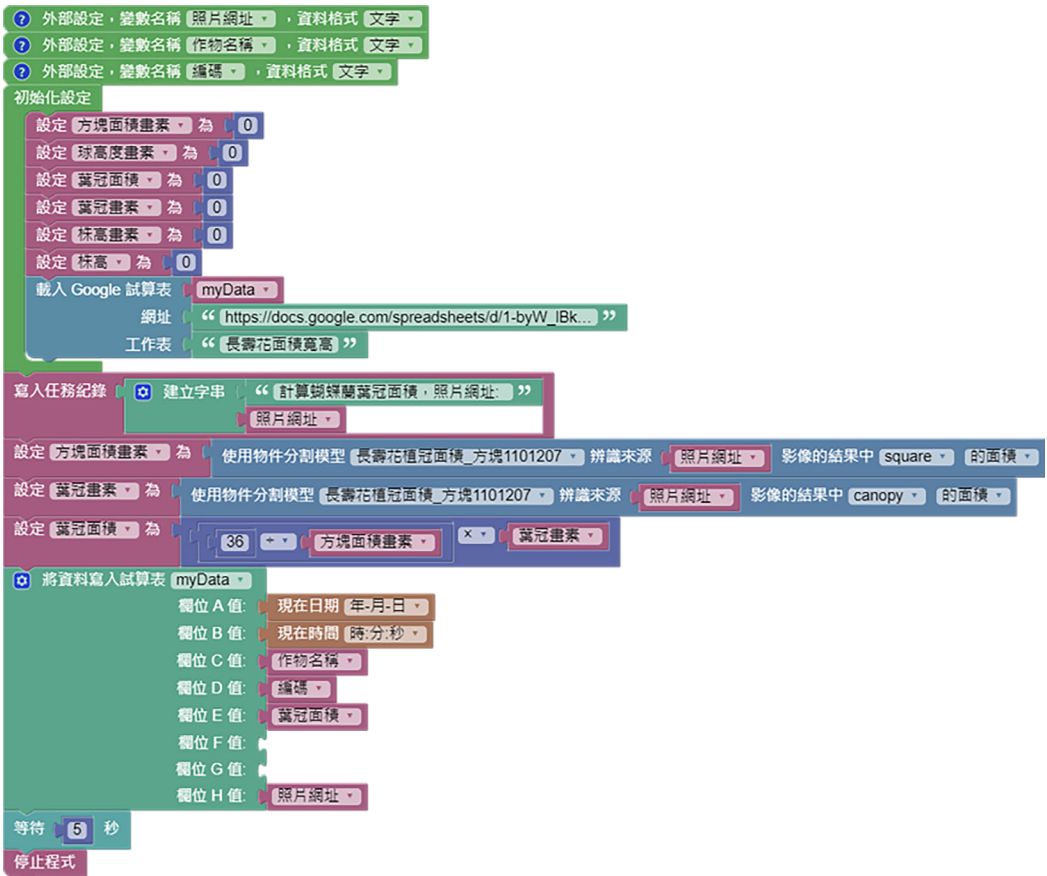


圖 5. 以程式積木自動讀取長壽花生育影像畫素資訊，透過影像辨識後於 google 試算表記錄植冠投影面積

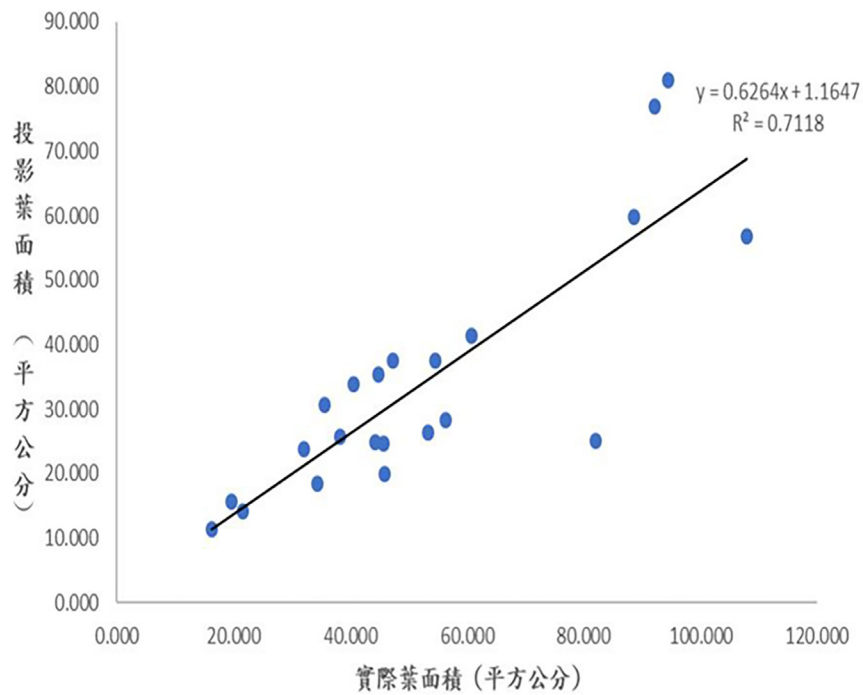


圖 6.11 個長壽花栽培品種實際葉面積與植冠投影面積之回歸分析



圖 7. 長壽花生育期間 (10 月 6 日至 12 月 1 日) 影像辨識自動記錄植冠投影面積變化

三、盆花生長預測模型初探

各批次之長壽花分別依序積溫、光積值與各項生育性狀數據進行回歸分析 (表 2) ,

顯示無論性狀間、氣象參數、模式、生育階段或品種效應均具顯著差異。性狀方面，葉面積 R^2 最大，株高 R^2 最小，顯示葉面積、葉片數量數據較為規律（表 3），推測環境或施用矮化劑等管理因素對於株高、株寬影響較大，易造成數據波動。積溫與各性狀數據的相關性較光積值高（表 4），推測長壽花的生長勢受溫度影響較照光量大，但不排除數據量增加後推翻假設。趨勢線的解釋能力為二次方最佳（表 5），指數、對數兩者只分別適用於特定情況，線性則過於簡單，後三者都缺乏彈性，因此具彈性的二次方式解釋能力最高。全生育期趨勢較營養期顯著（表 6），原先推測只使用前期數據規律會較明顯，但實際檢測後發現區分生育時期並不能更佳配適趨勢。以全生育時期及 6 個參試品種進行分析，結果分別以光積值及積溫進行 4 項生育性狀之二次所獲得之最佳預測模型（表 7）。6 個長壽花品種分別以次方曲線估計建立積溫及光積值預測株高、株寬、葉片數及葉面積預測公式，積溫及光積值預測效果接近，以葉片數及葉面積預測效果較佳，其 R^2 約為 0.7-0.9（表 8）。

長壽花光積值預測葉面積生長量：以程式積木整合環境傳感器、R 程式及 google 試算表，即時感測及運算，除可預測生育狀態。以 R 語言編寫光積值預測葉面積生長量（圖 8），採用次方曲線估計公式。程式積木每日執行一次生長量預測，透過程式積木將系統帳密、環境傳感器 Device 載入 R 程式，啟動 R 程式讀取系統資料庫感測值進行每日光積值計算，光積值採用 $1,300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下光度進行梯形積分，再將累積光度進葉面積生長量預測。預測結果寫入 google 試算表。

長壽花株型（株高及株寬）影響觀賞價值，以光積值或積溫預測長壽花生育狀況或影像辨識生育狀態都可以獲得良好預測（辨識）效果，以環境傳感器監測光度及溫度成本較低，IPCam 架設成本較高。建立植株性狀生長模型可於栽培期間，透過 IoT 設備收集設施環境數據，運用影像辨識計算生育情形，隨時掌握植株株高與展幅等各項品質性狀是否符合期望，並即時主動提供栽培管理決策。如株高過高，可警訊提醒減灌減肥或噴施植物生長調節劑（矮化劑），株高不足，則可適度增加灌溉量、追肥、遮陰等，依據天候條件與植株生長狀況進行人機協同管理，達到智慧、精準投入的栽培管理目標，同時增進商品品質與價值。

表 2. 回歸分析之變方分析表

AONVA	自由度	平方和	均方	F-value	Pr(>F)
生育性狀	3	0.54608	0.182028	48.3533	<2.2e-16
環境參數	1	0.05856	0.058559	15.5554	0.0001618
模型選擇	2	0.03168	0.015839	4.2075	0.0180196
生育時期	1	0.05728	0.057282	15.2161	0.0001884
品種	1	0.04955	0.049550	13.1622	0.0004811
殘差	87	0.32752	0.003765		



表 3. 生育性狀之 R^2 均值比較

生育性狀	R^2 均值
葉面積	0.7876250a
葉片數	0.6996667b
株寬	0.6492917c
株高	0.5807917d

表 4. 環境參數之 R^2 均值比較

環境參數	R^2 均值
積溫	0.7040417a
光積值	0.6546458b

表 5. 模型之回歸分析決定係數均值比較

配適模型	R^2 均值
二次方	0.7046250a
線性	0.6706562b
對數	0.6627500b

表 6. 生育時期之回歸分析決定係數均值比較

生育時期	R^2 均值
全期	0.7037708a
僅營養生長期	0.6549167b

表 7. 以光積值及積溫進行生育性狀之二次多項式回歸所獲得之最佳預測模型

性狀	生長預測模型	R^2
	光積值	
株高	$y = 8E-13x^2 + 3E-06x + 4.4453$	0.670
株寬	$y = -5E-12x^2 + 2E-05x + 5.3945$	0.652
葉片數	$y = -2E-11x^2 + 0.0001x - 25.911$	0.670
葉面積	$y = -1E-10x^2 + 0.0006x - 111.27$	0.768
	積溫	
株高	$y = -6E-11x^2 + 5E-05x + 1.2112$	0.646
株寬	$y = -2E-10x^2 + 0.0001x + 1.1935$	0.672
葉片數	$y = -2E-10x^2 + 0.0005x - 29.704$	0.720
葉面積	$y = -4E-09x^2 + 0.0037x - 234.72$	0.840



表 8. 環境參數對長壽花 6 個參試品種生育性狀之生長預測模型

品種	樣本數	生長預測模型	R ²
‘Audrey’	78	株高 = 0.057*(積溫 ^0.408)	0.558
		株寬 = 0.018*(積溫 ^0.547)	0.729
		葉片數 = 3.702E-9*(積溫 ^1.876)	0.807
		葉面積 = 1.223E-6*(積溫 ^1.575)	0.896
		株高 = 0.129*(光積值 ^0.304)	0.478
		株寬 = 0.029*(光積值 ^0.455)	0.772
		葉片數 = 2.397E-8*(光積值 ^1.539)	0.830
		葉面積 = 1.025E-5*(光積值 ^1.252)	0.864
‘Fox’	96	株高 = 0.001*(積溫 ^0.764)	0.805
		株寬 = 0.103*(積溫 ^0.403)	0.531
		葉片數 = 3.775E-8*(積溫 ^1.733)	0.839
		葉面積 = 1.893E-007*(積溫 ^1.743)	0.853
		株高 = 0.004*(光積值 ^0.566)	0.725
		株寬 = 0.135*(光積值 ^0.338)	0.616
		葉片數 = 9.902E-7*(光積值 ^1.304)	0.780
		葉面積 = 4.353E-6*(光積值 ^1.323)	0.807
‘Juliette’	96	株高 = 0.033*(積溫 ^0.456)	0.580
		株寬 = 0.033*(積溫 ^0.501)	0.576
		葉片數 = 1.270E-8*(積溫 ^1.798)	0.830
		葉面積 = 4.775E-6*(積溫 ^1.481)	0.709
		株高 = 0.081*(光積值 ^0.34)	0.531
		株寬 = 0.048*(光積值 ^0.419)	0.663
		葉片數 = 2.125E-7*(光積值 ^1.395)	0.82
		葉面積 = 6.650E-5*(光積值 ^1.126)	0.673
‘Lena’	75	株高 = 0.001*(積溫 ^0.719)	0.683
		株寬 = 0.176*(積溫 ^0.361)	0.48
		葉片數 = 1.260E-7*(積溫 ^1.634)	0.756
		葉面積 = 1.116E-6*(積溫 ^1.595)	0.809
		株高 = 0.002*(光積值 ^0.599)	0.738
		株寬 = 0.351*(光積值 ^0.27)	0.418
		葉片數 = 5.868E-7*(光積值 ^1.339)	0.791
		葉面積 = 7.080E-6*(光積值 ^1.282)	0.814
‘Nolan’	78	株高 = 0.009*(積溫 ^0.554)	0.612
		株寬 = 0.094*(積溫 ^0.407)	0.635
		葉片數 = 1.589E-7*(積溫 ^1.584)	0.795
		葉面積 = 4.21E-6*(積溫 ^1.474)	0.834



(續) 表 8. 環境參數對長壽花 6 個參試品種生育性狀之生長預測模型

品種	樣本數	生長預測模型	R ²
‘Nolan’	78	株高 = $0.023 * (\text{光積值} ^{0.423})$	0.546
		株寬 = $0.149 * (\text{光積值} ^{0.33})$	0.637
		葉片數 = $4.979E-7 * (\text{光積值} ^{1.332})$	0.858
		葉面積 = $2.252E-5 * (\text{光積值} ^{1.195})$	0.836
‘Penelope’	75	株高 = $0.004 * (\text{積溫} ^{0.623})$	0.593
		株寬 = $0.055 * (\text{積溫} ^{0.456})$	0.609
		葉片數 = $1.187E-8 * (\text{積溫} ^{1.825})$	0.704
		葉面積 = $1.280E-6 * (\text{積溫} ^{1.584})$	0.788
		株高 = $0.007 * (\text{光積值} ^{0.514})$	0.641
		株寬 = $0.127 * (\text{光積值} ^{0.344})$	0.549
		葉片數 = $1.084E-7 * (\text{光積值} ^{1.457})$	0.711
		葉面積 = $7.067E-6 * (\text{光積值} ^{1.281})$	0.815

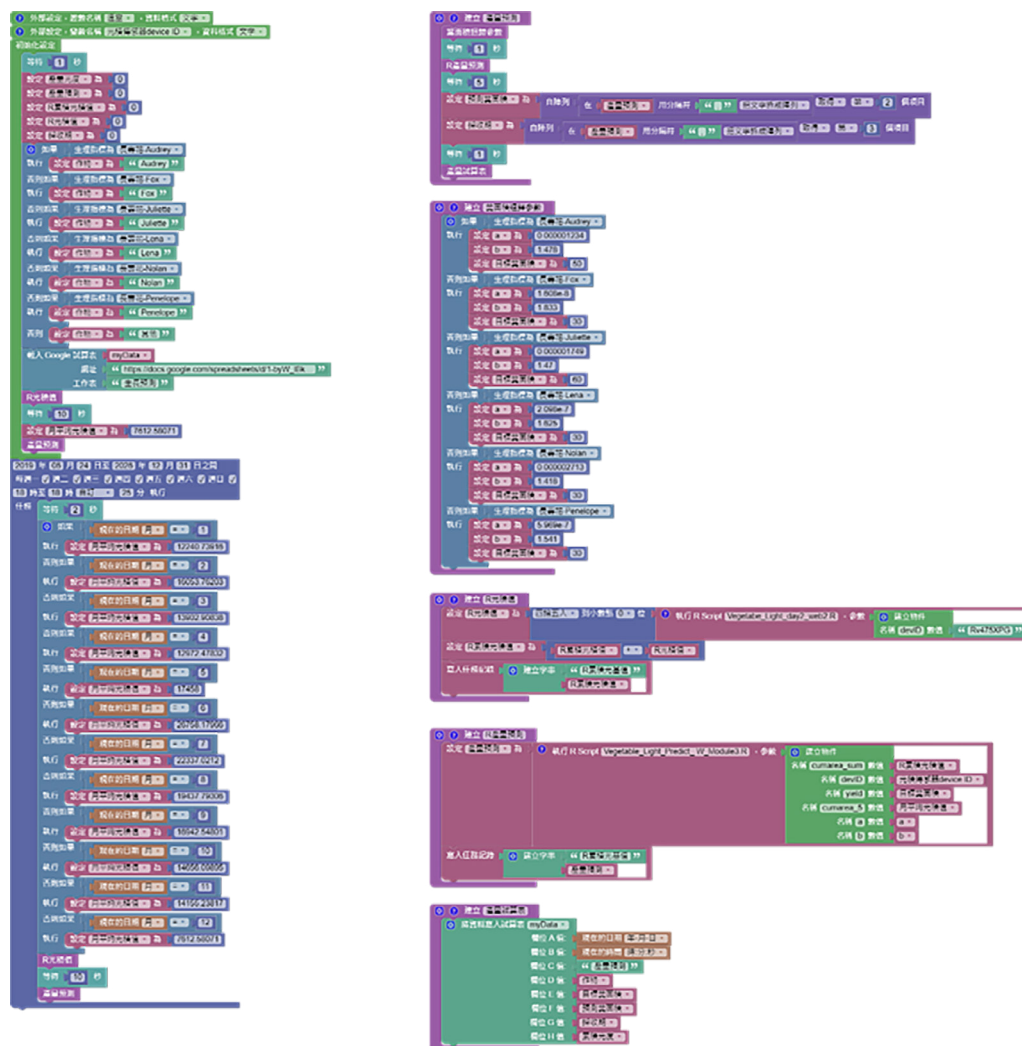
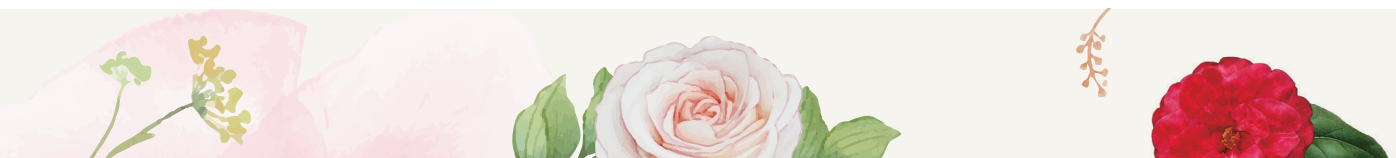


圖 8. 以程式積木啟動 R 語言進行長壽花實際葉面積預測

■ 參考文獻

- 江昭皚、盧福明、楊恩誠、曾傳蘆。2008。無線感測器網路技術在農業害蟲監測之應用。農政與農情 194：73-76。
- 何榮祥。2007。溫室遠距無線傳輸監控系統。九十四年度農業機械與生物機電論文發表會。
- 何榮祥。2008。無線通訊感測技術與農業之應用。臺中區農業改良場研究彙報 98：69-80。
- 何榮祥。2011。溫室環境無線監測系統研發。臺中區農業改良場特刊 107：79-84。
- 吳俊德、游適彰。2011。無線感測網路在農業之應用。藥毒所專題報導 1-7。
- 吳麗春、傅仰人、王瑞卿。1994。聖誕紅栽培灌溉技術之比較分析。桃園區農業改良場研究彙報 17：51-54。
- 陳加忠。2015。植物葉片溫度模式 - 數學、物理與農業之二。網址：http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_286.htm。
- 傅仰人。1996。盆花設施栽培要領一觀念篇（3）：盆花灌溉管理。桃園區農業改良場專訊 16：21-23。
- 張延璋。2011。應用無線感測器網路於植物工廠立體式栽植環境之監測分析。碩士論文。台灣大學生物產業機電工程學研究所。
- 翁竣鴻。2012。無線傾度感測網路（WSN）用於邊坡環境變異的適用性研究。碩士論文。中原大學土木工程研究所。
- 蔡致榮。2014。未來可能的氣候智慧型溫室農耕技術。農業生技產業季刊 37：26-41。
- 詹岳魁、陳琦玲、吳泓書、林晉卿、侯平君、姚銘輝、許禎坤、陳建文、林朝欽。2012。農業生態系長期研究場址無線感測器網路建置。臺灣農業研究 61（4）：269-284。
- 萬一怒、尤崧名、黃靖雯、楊佳祥、王林懋、簡佳慧。2007。農業無線多媒體網路的發展與禽畜場之應用。2007 農業資訊科技應用研討會。
- 楊松翰。2009。WSN 技術應用於數位式家庭監控系統。碩士論文。嶺東科技大學資訊科技研究所。
- 蔡依真。2011。無線感知網路（WSN）技術在農業領域上的應用成果。農政與農情第 232 期。
- 戴廷恩、張耿衡。2016。節水（肥）灌溉系統於設施文心蘭栽培之利用。農業試驗所技術服務季刊 105：1-4。
- Argo W. R. and J. A. Biernbaum. 1995. The effect of irrigation method, water-soluble



- fertilization, replant nutrient charge, and surface evaporation on early vegetative and root growth of poinsettia. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(2): 163-169.
- Baille, A. 1994. Irrigation management strategy of greenhouse crops in Mediterranean countries. *ISHS Acta Hort.* 361: 105-122.
- Carmassi, G., L. Bacci, M. Bronzini, L. Incrocci, R. Maggini, G. Bellocchi, D. Massa, and A. Pardossi. 2013. Modelling transpiration of greenhouse gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus) grown in substrate with saline water in a Mediterranean climate. *Sci. Hort.* 156, 9-18.
- Faust, J. E., V. Holcombe, N. C. Rajapakse, and D. R. Layne. 2005. The effect of daily light integral on bedding plant growth and flowering. *HortScience.* 40: 645-649.
- Morvant, J. K., J. M. Dole, and J. C. Cole 1998. Irrigation frequency and system affect poinsettia growth, water use, and runoff. *HortScience.* 33(1): 42-46.
- Ku, C. S. M. and D. R. Hershey. 1991. Leachate electrical conductivity and growth of potted poinsettia with leaching fractions of 0 to 0.4. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(5): 802-806.
- Tsay J. 2015. Current status, research and development of agricultural facilities in Taiwan. 199-232. In “Workshop on the multi-country observation of current status, research and development of agricultural facilities, 2015” . TARI, Taichung.
- Redak, R. A. and J. Bethke. 1996. Whole-plant response of six poinsettia cultivars to three fertilizer and two irrigation regimes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(1): 69-76.



Facility Environmental Monitoring and Smart Agricultural Technology for Pot Flower

Ya-Ching Yang, Shin-Jong Lay

Taoyuan DARES, COA

■ Abstract

The impact of climate change on potted flower production is increasing year by year. In order to stabilize quality and strengthen industry resilience, this study attempts to use the Artificial Intelligence of Things (AIoT) on important potted plant crops in facilities. This includes intelligent environmental control of facilities based on crop growth conditions and environmental monitoring data to respond to climate change in real time. Establish a prototype image recognition model of pot flower growth stages and physiological parameters as the basis for future technology-assisted cultivation management decisions. Through the collection of environmental data and potted flower growth trait data, the growth prediction models for plant height, plant width, leaf area and leaf number were established based on environmental parameters such as light integral and accumulated temperature. The results showed that the prediction of leaf area and leaf number was better. The prediction model combines webduino blockly and R language tools to conduct online growth predictions. In the facility, IPCam can be used to capture potted flower growth images, and instantly upload them to the cloud hard drive for image recognition of plant height, plant width, and top projection canopy area, and automatically record changes in the appearance of pot flower, which can replace manual measurement records.

Keywords: Artificial Intelligence of Things ; image recognition model ; growth prediction model