

LabVIEW 圖控程式應用於溫室環控之研究¹

楊清富²、林聖泉³

摘 要

楊清富、林聖泉。2012。LabVIEW 圖控程式應用於溫室環控之研究。臺南區農業改良場研究彙報 59：54-70。

爲了改善溫室高溫的問題，瞭解環控設備運作情形，並尋求更合理的運轉設定，本研究以圖控程式建立一個圖形介面的溫室環控系統，配合溫室環控設備進行試驗。圖形介面包括環境狀態顯示面板、控制面板及溫室模型面板。透過資料擷取模組擷取感測訊號及傳輸控制訊號，能將量測之溫度、相對濕度、太陽輻射及設備運轉情形即時顯示在圖形介面上，同時將量測值及控制歷程記錄存檔。本研究主要的控制參考爲溫室內之氣溫、相對濕度及室外之太陽輻射，並利用截止區機能分別對通風扇、噴霧及遮光網進行控制。試驗結果顯示，溫室內之溫度能調控在略低於室外溫度 1~2℃，同時能改善環境狀態變動導致設備反覆開 / 閉的現象。利用 LabVIEW 圖控程式所開發的環控系統，具有更好的人機互動特性，同時能讓使用者有更人性化的操作介面。

關鍵詞：資料擷取、溫室環控、截止區

接受日期：2012 年 5 月 23 日

前 言

近年來利用溫室栽培作物已日益普及，主要原因爲溫室可提供作物適合生長的環境，並藉由被覆材料與外界隔絕，能減少病蟲害及農藥施用量，同時降低氣候因素之風險，大幅改善露天栽培的不足。然而溫室內作物的生長與溫室內的微氣候息息相關，調控得宜的溫室環境，才能生產高品質的作物，創造更高的經濟價值。台灣地處亞熱帶，高溫及潮濕使溫室環控面臨更不利的條件。因此溫室普遍存在夏季無法有效降溫的情形，導致高溫逆境影響作物生長，甚至造成生產停頓的窘境。傳統以程序控制爲主的環控系統，大都依照既定的步序控制溫室環境，調整控制參數需要透過專業人員才能爲之。而且控制歷程的記錄亦往往無從查閱，以致於無法得知環控系統是否將環境調控至最適作物生長的狀態。近年來圖控程式發展蓬勃，已廣泛應用在許多工程領域上。透過內建功能函數使程式設計更簡便，運算執行更有效率，而豐富多元的圖像使操作介面更具視覺效果。本研究以圖控程式的架構進行溫室環境控制，開發圖形化的控制介面，能隨時檢視溫室的環境狀態、調整控制設定，同時能記錄控

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 395 號。

2. 臺南區農業改良場助理研究員。

3. 國立中興大學教授。

制狀態及歷程。經實際測試，控制系統具有很好的雜訊抑制能力，能依照程式設定自動進行環境監控。而圖形化的操作介面讓使用者與系統間的人機互動更為簡單有效率。

材料與方法

一、試驗設備

(一) 試驗溫室

本場精密溫室 CB-4，長 16mx 寬 9.6mx 高 3.5m，被覆材質為玻璃。

(二) 溫室環控設備

1. 負壓風扇 2 台，通風量 550 CMM。
2. 外遮光網，50%黑網。
3. 內遮光網，鋁箔織布。
4. 內循環風扇 2 台，18"，1/2Hp。
5. 噴霧系統，壓力 250 psi，配置 45 個噴頭，單一噴頭流量 27 cc/min。

(三) 感測器

1. 溫濕度傳送器，Temperature sensor：RTD Pt100，Range 0 ~ 100°C，Accuracy：±0.3°C；Humidity sensor：Thin-Film capacitor，Range 0 ~ 100% RH，Accuracy：±2% RH；Supply Voltage DC12 ~ 40 V；Output Humidity：4 ~ 20 mA Two wire；Temperature：4 ~ 20 mA Two wire，TECEPEL TRH-300 Series。
2. Solar Radiation Sensor，Range 0 ~ 1500 W/m²，±5%，Excitation Voltage 3 ~ 5 VDC，Sensor Output 0 ~ 2.5 V Linear W/m² = V•500，Spectrum Technologies，Inc.。

(四) 環境控制系統一套

1. 通用交流電 4 插槽 3U PXI 機箱 -PXI-1031。
2. 嵌入式控制器，PXI-8110 Win Vista，ExtTemp。
3. 類比／數位輸入／輸出模組，NI PXI-6251，具 16 個 AI channels，2 個 AO channel，24 個 DIO port。
4. 訊號接線盒，TB-2706。

本研究之控制程式以 National Instruments LabVIEW 8.6 軟體撰寫。

二、試驗設計

(一) 溫室微氣候環境溫度模式

溫室的熱源主要來自太陽輻射，陽光照射在被覆材料時，僅有部份能夠穿透而直達溫室內的作物、地面或結構物，使其溫度升高，並藉由熱對流對空氣加溫。溫室的熱傳遞包括，熱空氣對周壁以對流—傳導—對流的型態進行傳熱、利用通風以外界較低溫的空氣置換內部高溫的空氣、作物的蒸散作用及蒸發冷卻等。2008 年陳加忠推導溫室熱量平衡如圖 1 所示，計算說明如下。

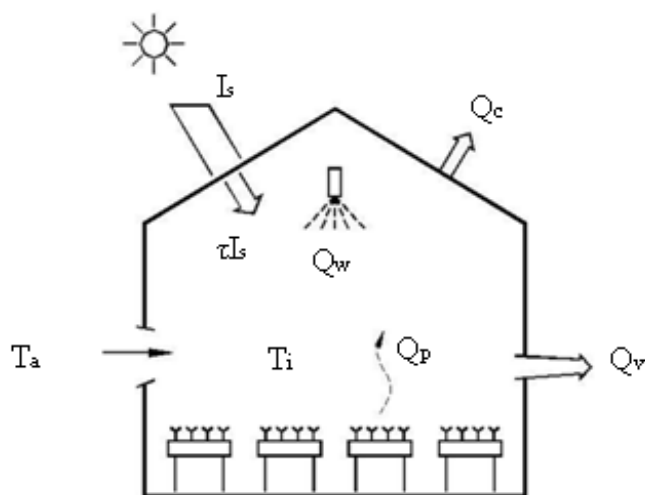


圖 1. 溫室內熱平衡示意圖

Fig. 1 Heat balance in greenhouse

符號說明

- I_s : 太陽輻射能量 (W/m^2)
 τI_s : 進入溫室的陽光能量 (W/m^2)
 τ : 溫室透光率 (%)
 Q_c : 溫室內外熱傳遞的熱量 (W)
 Q_v : 通風帶入 (出) 的能量 (W)
 Q_p : 作物蒸散的能量 (W)
 Q_w : 噴霧蒸散的能量 (W)
 T_a : 大氣溫度 ($^{\circ}\text{C}$)
 T_i : 溫室內溫度 ($^{\circ}\text{C}$)
 K : 溫室被覆材料熱傳係數 ($\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)
 A_w : 溫室牆壁與屋頂面積 (m^2)
 ρ : 空氣密度 (kg/m^3)
 C_p : 空氣比熱常數 ($\text{J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$)
 N : 通風量 (m^3/sec)
 λ : 水潛熱常數 ($\text{J/kg} \cdot \text{m}^2$)
 F : 作物於溫室內種植面積比例 (%)
 T_r : 作物蒸散常數 (kg/s)
 A_f : 溫室地面面積 (m^2)
 w : 噴霧量 ($\text{kg/s} \cdot \text{m}^2$)
 f : 完全蒸發的比率 (%)
 $C1 \sim C11$: 常數值

熱量分量計算公式：

$$Q_c = K \cdot A_w \cdot (T_i - T_a) \quad (1)$$

$$Q_v = \rho \cdot C_p \cdot N \cdot (T_i - T_a) \quad (2)$$

$$Q_p = \lambda \cdot F \cdot T_r \cdot A_f \quad (3)$$

$$Q_w = \lambda \cdot f \cdot w \cdot A_f \quad (4)$$

溫室內之穩態熱平衡模式為

$$\tau \cdot I_s \cdot A_f = Q_c + Q_v + Q_p + Q_w \quad (5)$$

由 (5) 式可推導溫室內之溫度為

$$T_i = T_a + \frac{\tau \cdot I_s \cdot A_f - \lambda \cdot A_f \cdot (F \cdot T_r + f \cdot w)}{K \cdot A_w + \rho \cdot C_p \cdot N} \quad (6)$$

(二) 溫度影響因子之探討

1. 大氣環境

$$T_i = T_a + \frac{I_s \cdot C_1 - C_2}{C_3} \quad (7)$$

由 (7) 式可知，大氣溫度越高，陽光能量越強，則溫室內溫度越高。

2. 溫室材料

$$T_i = T_a + \frac{C_5}{K \cdot A_w + C_4} \quad (8)$$

由 (8) 式可知，被覆材料熱傳係數 (K) 愈大，溫室內溫度越低。

3. 通風量

$$T_i = T_a + \frac{C_6}{C_7 + C_8 \cdot N} \quad (9)$$

由 (9) 式可知，通風量 (N) 趨近無限大，則溫室內降溫極限為 $T_i = T_a$ 。

4. 作物蒸散及噴霧影響

$$T_i = T_a + \frac{C_9 - C_{10} \cdot (F \cdot T_r + f \cdot w)}{C_{11}} \quad (10)$$

由 (10) 式可知，F、 T_r 、w 愈大，溫室內溫度越低。

由以上影響因子探討可知，人為控制降溫的手段為：遮光、通風及蒸發冷卻三種方式。但過度遮光有礙作物光合作用，大量機械通風增加營運成本，蒸發冷卻又受到空氣中水蒸汽含量的限制。由此可知環控系統不但受到諸多限制，還深受大氣環境影響。因此環控系統要有偵測溫室內外環境狀態變動的能力，並且能自行推算產生有效的控制策略，才能建立一個適合作物生長的環境。

(三) 溫室環控模型及感測訊號

本研究透過感測外界之溫度、相對濕度、太陽輻射量，及溫室內之溫度、相對濕度，建立基本環境資訊。經程式運算比較後驅動對應的降溫設備（通風扇、遮光網及噴霧），使溫室內溫度、相對濕度能漸近的控制於設定的範圍內，環控模型如圖 2 所示。

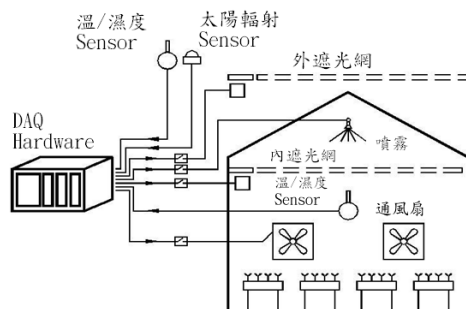


圖 2. 溫室環控模型

Fig. 2 Greenhouse environmental control model

(四) 訊號轉換及輸入／輸出

1. 類比訊號輸入

1.1 溫濕度傳送器

溫度傳送器輸出訊號為 $4 \sim 20 \text{ mA}$ ，對應感測溫度為 $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ ，濕度傳送器輸出訊號為 $4 \sim 20 \text{ mA}$ ，對應感測相對濕度為 $0\% \sim 100\%$ 。

利用圖 3 的轉換電路將電流轉換為電壓源，並將電壓訊號接至圖 4 類比輸入通道，再透過 (11) 式及圖 5 之程式轉換成溫度 ($^{\circ}\text{C}$) 或相對濕度 (%)。

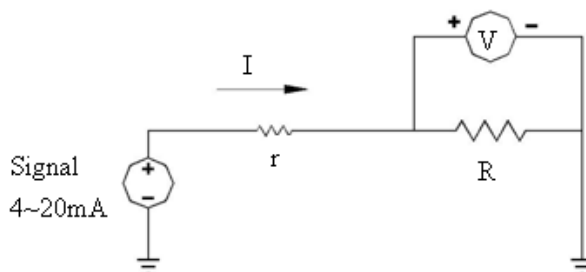


圖 3. 訊號轉換電路

Fig. 3 Signal Transform Circuit

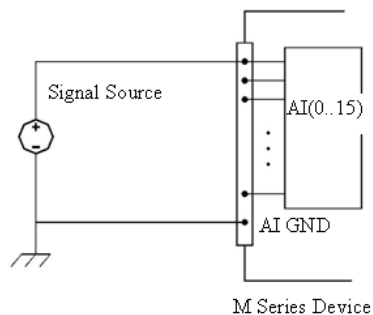


圖 4. 類比訊號輸入接線圖

Fig. 4. Analog Signal Input Connections

$$\text{溫度 (}^{\circ}\text{C)} \text{ 或 相對濕度 (\%)} = \frac{V - 0.004 \times R}{(0.02 - 0.004) \times R} \times 100 \quad (11)$$

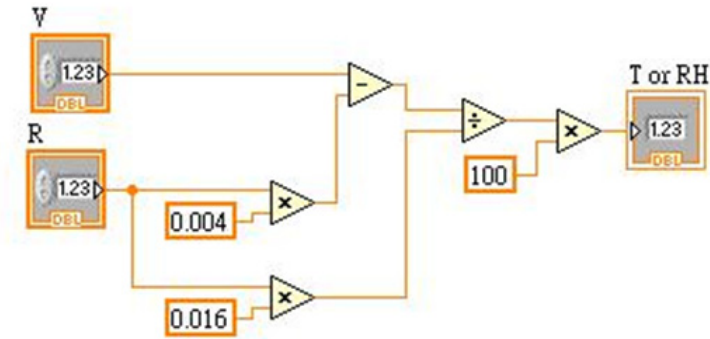


圖 5. 訊號轉換程式方塊圖

Fig. 5. Signal transform block diagram

1.2 太陽輻射感測器

太陽輻射感測器的輸出訊號為 0 ~ 2.5 V，對應感測輻射量為 0 ~ 1500 W/m²，將電壓訊號接至類比輸入通道，再透過 (12) 式轉換成太陽輻射量。

$$\text{太陽輻射量 (W/m}^2\text{)} = V \cdot 500 \quad (12)$$

2. 數位訊號輸入

內、外遮光網張網、收網是藉由觸發極限開關產生全開或全關的端點訊號，為一種數位型態的訊號。因此能透過數位輸入通道讀取該訊號，讓系統辨識遮光網的狀態。並讓系統在驅動遮光網後，能夠適時切斷驅動馬達電力，避免造成損壞。其訊號接線如圖 6 所示。

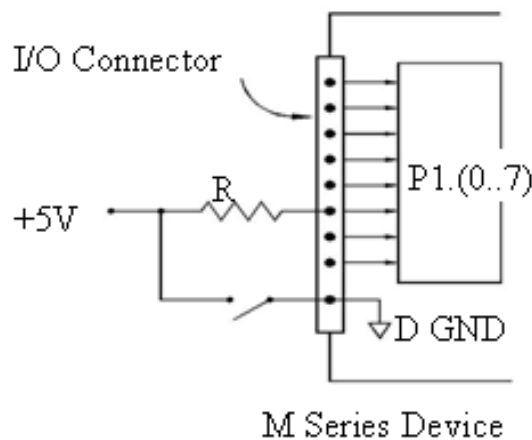


圖 6. 數位訊號輸入接線圖

Fig. 6. Digital Signal input connections

3. 數位訊號輸出

控制模組數位訊號輸出無法直接用以驅動大型設備，但透過固態繼電器（SSR）即可利用小訊號去驅動大負載設備。其訊號接線如圖 7 所示，為一種反相型的輸出控制。本研究進行控制的設備包括，負壓風扇、外遮光網（張網／收網）、內遮光網（張網／收網）、噴霧主機、內循環風扇等。

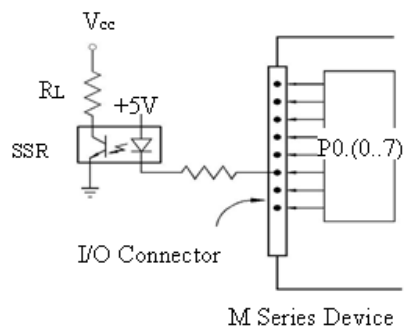


圖 7. 數位訊號輸出接線圖

Fig. 7. Digital Signal output connections

(五) 圖控程式設計

1. 類比輸入程式方塊圖，如圖 8 所示。

類比輸入的程式架構包括：

- 1.1 以 DAQmx Create Virtual Channel 函數產生一個虛擬通道，並指定通道型態為 AI Voltage，輸出單位選擇 Volts。
- 1.2 以 DAQmx Start Task 函數將工作轉換成執行狀態。
- 1.3 以 DAQmx Read 函數從指定通道讀取數值。
- 1.4 以 DAQmx Clear 函數將工作結束並將佔用的電腦資源釋回。

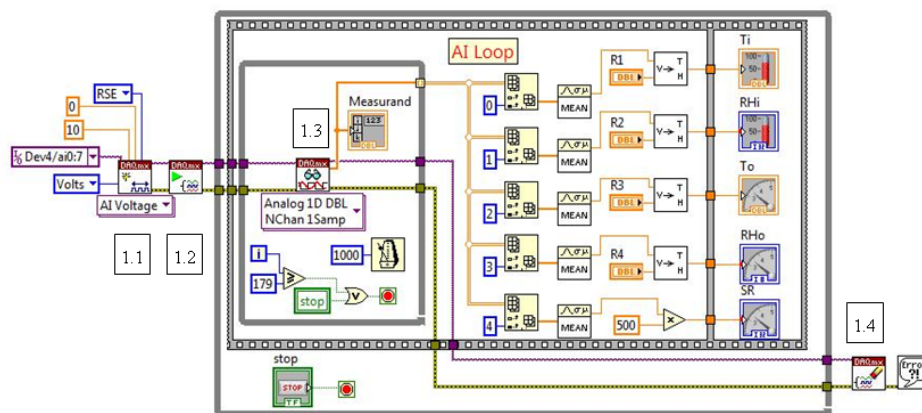


圖 8. 類比輸入程式方塊圖

Fig. 8. Analog input block Diagram

2. 數位輸入程式方塊圖，如圖 9 所示。

數位輸入的程式架構包括：

- 2.1 以 DAQmx Create Virtual Channel 函數產生一個虛擬通道，並指定通道型態為 Digital Input。
- 2.2 以 DAQmx Start Task 函數將工作轉換成執行狀態。
- 2.3 以 DAQmx Read 函數從指定通道讀取數值。
- 2.4 以 DAQmx Clear 函數將工作結束並將佔用的電腦資源釋回。

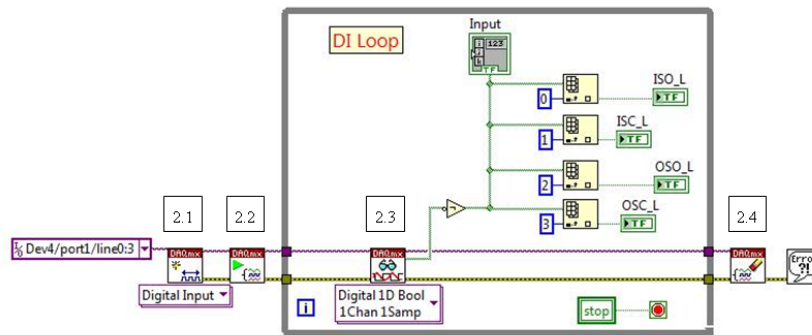


圖 9. 數位輸入程式方塊圖

Fig. 9. Digital input block diagram

3. 數位輸出程式方塊圖，如圖 10 所示。

數位輸出的程式架構包括：

- 3.1 以 DAQmx Create Virtual Channel 函數產生一個虛擬通道，並指定通道型態為 Digital Output。
- 3.2 以 DAQmx Start Task 函數將工作轉換成執行狀態。
- 3.3 以 DAQmx Write 函數將資料寫入指定通道。
- 3.4 以 DAQmx Clear 函數將工作結束並將佔用的電腦資源釋回。

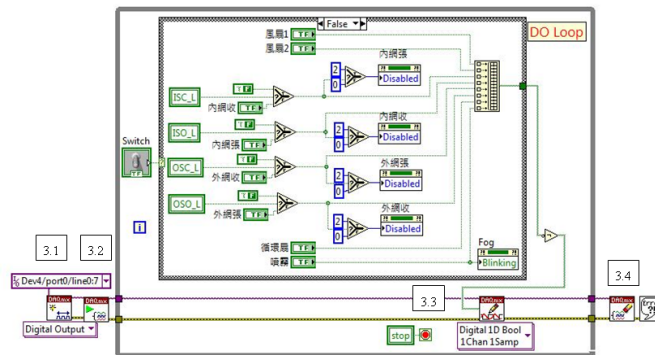


圖 10. 數位輸出程式方塊圖

Fig. 10. Digital output block diagram

4. 檔案儲存程式方塊圖，如圖 11 所示。

檔案儲存的程式架構包括：

- 4.1 以 File Dialog 函數開啓一個對話框，並指定檔案路徑及目錄。
- 4.2 以 Open/Create/Replace File 函數開啓一個新檔案。
- 4.3 以 Write to Text File 函數將資料寫入開啓的檔案中。
- 4.4 以 Close File 函數將檔案關閉。

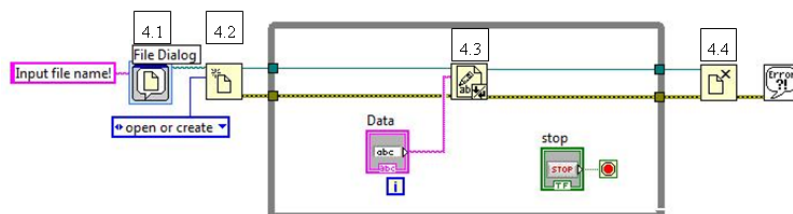


圖 11. 檔案儲存程式方塊圖

Fig. 11. File saving block diagram

5. 溫室環控前置面板（Front panel）

圖形介面包括三個主要區塊：環境狀態顯示面板、控制面板及溫室模型面板，如圖 12 所示。在環境狀態顯示面板將外界之溫度、相對濕度及太陽輻射量以量錶（Guage）顯示量測值，每 3 分鐘更新一次。另外也包含 Dead zone 上下限設定面板，方便使用者依需求進行調整。在控制面板則為控制模式（自動／手動）選擇、手動開關及日期時間顯示看板。在溫室模型面板，繪製一個簡化的溫室模型，溫室內以溫度計圖像（Thermometer Icon）顯示溫度及相對濕度。並利用指標滑控器（Pointer slide）代表內、外遮光網，顯示其收網／張網的狀態。負壓風扇及內循環風扇以動畫顯示其開／關狀態。另以一個閃動的指示燈顯示噴霧狀態。經由上述規畫的前置面板並配合程式執行，則無論是環境狀態或控制狀態均能清楚顯示在螢幕上，讓使用者對溫室環境或控制資訊能充份掌握。當切換成自動模式則由電腦依程式及設定自動進行監控。

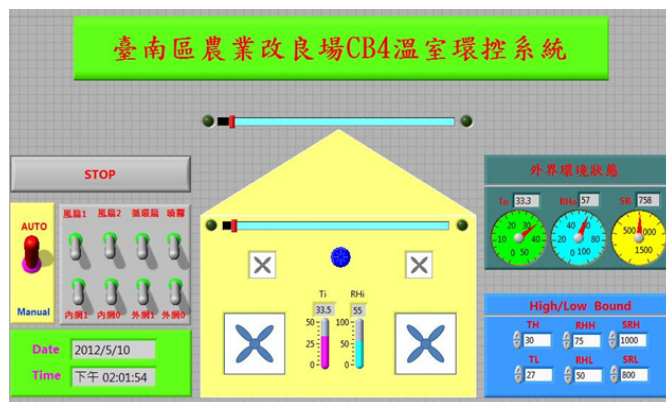


圖 12. 溫室環控系統前置面板

Fig. 12. Front panel of greenhouse environmental control system

(五) 控制方法

溫室環控有別於一般控制，因為其狀態反應通常不是即時的，而且各種因子交互影響，形成一個難以預測的系統。傳統 ON / OFF 控制的缺點為，當控制條件處於設定值附近時，控制輸出產生頻繁開／關的現象，極容易造成設備損壞。因此溫室環控經常採用的控制方法計有：時間延遲控制法（Time delay）、量測值平均化控制法（Average measurements）、截止區（Dead zone）機能控制。以下針對上述方法進行說明：

1. 時間延遲控制法：

設備切換至 ON 開始運轉，當狀態達到設定值時，延遲數分鐘後再切換為 OFF。利用延遲所造成的過量輸入，延長下一次觸發的時間，因此能夠改善頻繁開／關的現象。

2. 量測值平均化控制法

環境量測值可能急速變化。若直接使用這些量測值執行控制，將造成控制不穩定的狀態。改善的方法為多次量測溫室之環境條件，計算出平均值再用以控制，則可改善系統振盪的現象。

3. 截止區控制機能

典型的截止區控制機能就如水塔的水位控制，能讓水位保持在上下限之間，而且不會讓抽水馬達頻繁的開／關。這種控制方式既簡單又實用，且能減少設備反覆開／關的現象，是最常被採用的方法之一。截止區機能控制的原理如圖 13 所示，主要是利用上、下限進行控制。當狀態值未達上限之前，控制處於 OFF 狀態，一旦狀態值達到上限則控制立即躍升為 ON 的狀態。之後即使狀態值低於上限，控制仍然保持在 ON 的狀態，直到狀態值降至下限，控制才回復為 OFF 的狀態。

截止區程式撰寫技巧主要為上、下限狀態的判別，及記憶前一次的轉態信號，圖 14 為截止區程式方塊圖之一例。本研究採用截止區機能控制溫室之通風、噴霧及遮光網。

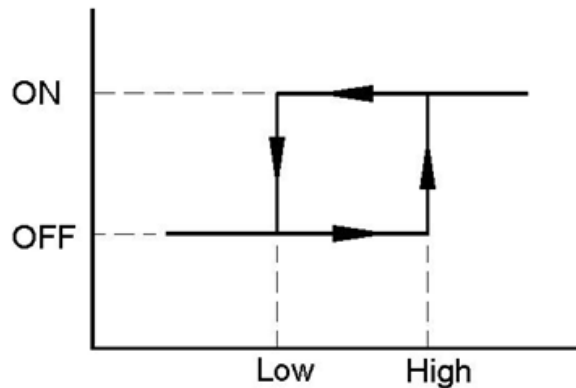


圖 13. 截止區

Fig. 13. Dead Zone

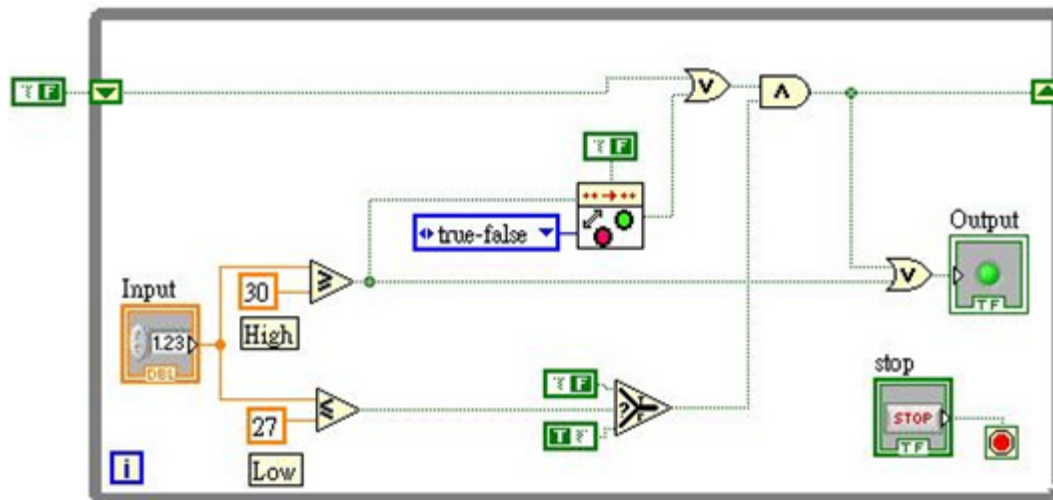


圖 14. 截止區程式方塊圖

Fig. 14. Dead Zone block diagram

(六) 量測及控制時序分析

溫室環境控制系統具有多重時間尺度 (Multi-time scale) 的監／控特性。以溫室環境狀態而言，雖然透過感測電路能做到即時量測，但過高的取樣頻率卻未必有助於提高量測的準確性。因此如何取樣得到有代表性的數值，就必須考量系統的特性慎選取樣頻率。對控制反應而言，溫室環境狀態對控制輸入的反應大都呈現滯後 (Lag) 的現象。因此在比較狀態之改善成效時也必須配合適度的時間延遲，才不至於誤判造成系統震盪。設備對控制輸入的反應時間亦不盡相同，如通風扇運轉對開關之切換為即時反應。而遮光網完成張網及收網的時間卻長達 9 分 30 秒，對於這種設備的控制時序必須大於其張網或收網所需的時間。本研究採用的量測／控制時序說明如下，時序如圖 15 所示。

1. 量測值讀取

為減少環境雜訊干擾量測值，環境狀態 (溫度、相對濕度、太陽輻射量) 量測值以 1 Hz 的頻率進行取樣，並在取樣 180 次 (3 分鐘) 後，計算平均值做為環境狀態參考值。

2. 資料記錄

為便於檢視控制歷程，控制程式在執行時即自動開啓一個檔案儲存記錄資料。儲存內容包括：日期、時間、室外溫度、室外相對濕度、太陽輻射、室內溫度、室內相對濕度、負壓風扇開／關、內遮光網開／關、外遮光網開／關、噴霧開／關、內循環風扇開／關。每筆資料記錄時間間隔與環境狀態參考值產生的速率同步，以免資料漏失。

3. 輸出控制時序

通風扇及噴霧以 3 分鐘的時序進行控制，但遮光網因全開或全關時間較長，故以 12 分鐘為基本時序進行控制。

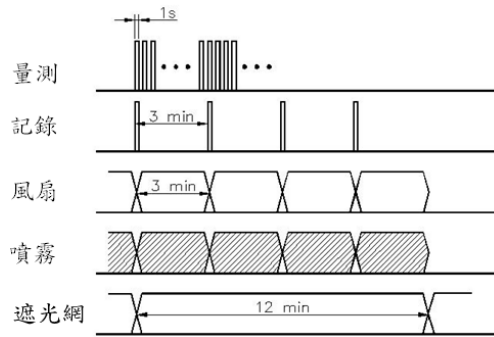


圖 15. 量測／控制時序圖

Fig. 15. Time sequence of measurements / control

結果與討論

一、環控系統運轉測試及試驗

本系統持續進行測試中，從環境狀態顯示面板可直接讀取太陽輻射量、大氣溫度及相對濕度。從溫室模型展示面板可讀取溫室內之溫度及相對濕度，透過圖形介面能即時顯示各項設備運作之情形。

二、環境狀態測量及顯示

本研究以太陽輻射感測器量測太陽輻射。圖 16 為 101 年 5 月 14 日傍晚至 5 月 15 日傍晚太陽輻射量測結果，可看出太陽輻射受雲層干擾會造成劇烈的變動，從變化的趨勢亦可得知太陽輻射量的最大值出現在中午時刻。另從太陽輻射量測記錄亦可獲得日出及日落時刻的資訊。

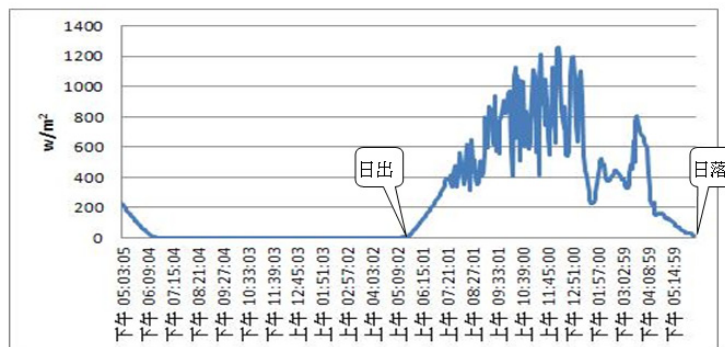


圖 16. 太陽輻射測量值

Fig. 16. Measurements of solar radiation

圖 17 為 101 年 5 月 14 日傍晚至 5 月 15 日傍晚大氣溫度及相對濕度之量測值。從圖中可看出日、夜間相對濕度及溫度變化的幅度。氣溫在日出前達到最低值，而相對濕度也在日出前達到最高值。現象與氣象觀測相符。

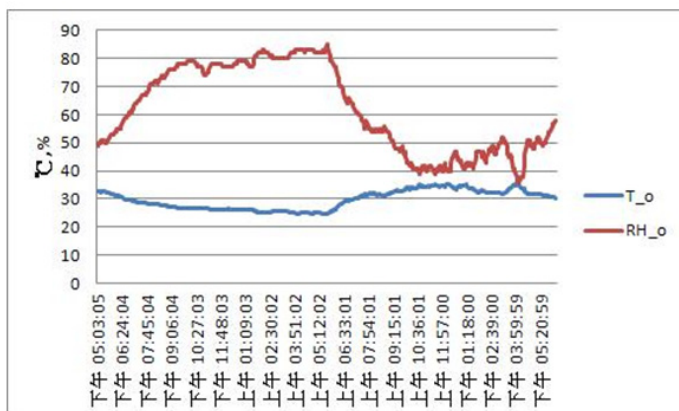


圖 17. 大氣溫度及相對濕度

Fig. 17. Measurements of outside temperature and relative humidity

三、環境控制結果及分析

(一) 遮光網控制

本研究以太陽輻射量做為控制遮光網的參考值，截止區分別設定外遮光網的上限為 900 W/m^2 ，下限為 750 W/m^2 。內遮光網的上限為 1100 W/m^2 ，下限為 950 W/m^2 。程式執行結果如圖 18 所示，太陽輻射量首次在上午 09:24 達到 944 W/m^2 ，因此程式自動驅動外遮光網。由圖中亦可計數外網總共張開 7 次。太陽輻射量在上午 11:24 達到 1218 W/m^2 ，因此程式自動驅動內遮光網，圖中可看出內網總共張開 3 次。

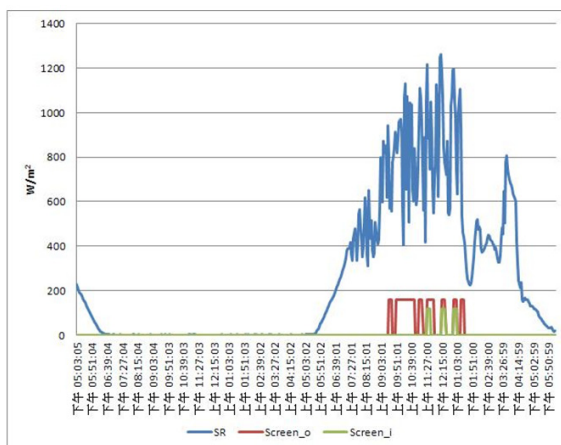


圖 18. 太陽輻射及遮光網控制

Fig. 18. Solar radiation and shade screen control

(二) 通風扇及噴霧控制

本研究以溫室內氣溫做為通風扇的控制參考，截止區設定上限為 30°C ，下限為 28°C 。溫室內相對濕度做為噴霧的控制參考，截止區設定上限為 50%，下限為

75%。程式執行結果如圖 19 所示，101 年 5 月 14 日傍晚直到下午 07：48 溫室內氣溫才降至 28℃，通風扇也在當時停止運轉，而在隔日（5 月 15 日）上午 07：20 溫度達到 30℃通風扇再度啟動。5 月 14 日傍晚直到下午 07：51 溫室內相對濕度才升至 76%，噴霧也在當時停止，而在隔日（5 月 15 日）上午 09：51 溫室內相對濕度降至 50%，噴霧再度啟動。

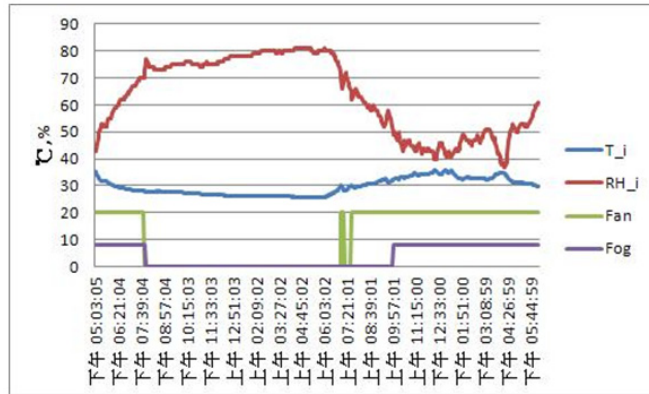


圖 19. 溫室內溫度 / 相對濕度及通風 / 噴霧控制

Fig. 19. Inside greenhouse temp./RH and ventilation/fogging control

(三) 降溫成效之分析

圖 20 為 101 年 5 月 14 日至 5 月 15 日溫室內、外之溫度、相對濕度量測數據及控制歷程。從圖中可看出。控制系統啟動通風扇及噴霧，會產生溫室內之溫度略低於室外溫度 1 ~ 2℃。足見溫室內噴霧有實質的降溫作用，但可能因為泵浦壓力及供水量不足，導致噴霧降溫成效受限。遮光具有降溫 0.5 ~ 1℃的效果，惟作物有光合作用的考量不能過度遮光。但在太陽輻射足以造成傷害時，適時張開遮光網，有助於降低作物之熱應力及避免頂燒（Tip burn）之發生。

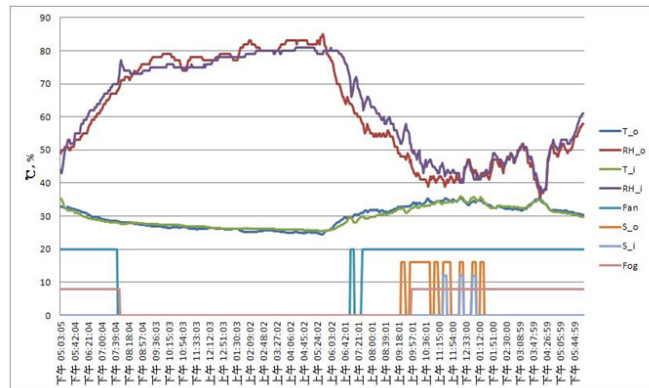


圖 20. 5/14 ~ 5/15 量測數據及控制歷程

Fig. 20. Measurements and control history of May 14 to May 15

結 論

1. 本試驗結果利用遮光、通風及噴霧能將溫室內溫度降至略低於大氣溫度 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 。因此對於有更低溫需求的作物，必須採用更有效率的降溫方式。
2. 溫室環控受到太陽輻射、大氣環境及人為控制等因素所影響。目前所採用的環控設備各有不同的特性，無法以一蓋全，必須交互搭配使用才能發揮最大的效益。
3. 遮光為降低太陽輻射最直接的方法，雖然過度遮光有礙作物光合作用。但在太陽輻射足以造成傷害之際適時張開遮光網，有助於降低作物之熱應力及避免頂燒之發生，同時具有降溫作用並降低其他降溫設備的負荷，對於能源的節約具有正面的效果。
4. 利用截止區機能進行溫室環控時，上、下限必須考慮控制目標及環境的條件做合理設定，才能在兼顧環境需求及節能考量上得到較好的成效。以溫度控制通風為例，上、下限設定偏高，則溫室內之通風率降低導致無法有效降溫。上、下限設定偏低，雖然溫室內之通風率提高而降溫效果仍有其限度，卻支付更多電力支出。
5. 本研究利用截止區機能進行溫室環控，其控制成效完全取決於截止區的設定，其中截止區的帶寬影響控制的靈敏度，同時也影響環境調控的反應速率。至於上限的設定必須考慮到作物對逆境耐受的程度，而下限的設定直接影響電力的支出。
6. 以截止區機能配合通風、噴霧及遮光進行溫室環控，室內之溫度及相對濕度的變化不會在上限立即停止，而會先行超越再逐漸回降進入截止區。因此上限值必需考慮超越量做合理的設定。
7. 利用圖控程式能設計出良好視覺效果的圖形控制介面，配合溫室環控應用，能讓使用者清楚瞭解環境狀態及各項設備運轉的情形。以圖控程式開發環控系統，具有更好的人機互動特性，同時能讓使用者有更人性化的操作介面。
8. 透過檢視環境狀態及控制歷程記錄，能瞭解控制策略的成效及控制性能的良窳，對於環境控制試驗及制定控制策略有極大的助益。

引用文獻

1. 林俊宏、莊智元、韓威如、蕭子健。2005。硬體介面專題製作 LabVIEW 7X。高立圖書有限公司。
2. 周靜娟、吳明瑞、顏培仁。2004。圖控程式與自動量測使用 LabVIEW 7.X。全華科技圖書股份有限公司。
3. 陳加忠。2008。溫室微氣候溫度模式 - 數學、物理與農業之一。中興大學生物系統工程研究室。
4. 楊清富、鄭榮瑞、鍾瑞永、林子傑。2010。短期葉菜類生產自動化作業系統之開發。2010 年農業機械工程研討會論文。
5. 蕭子健、王智昱、儲昭偉。2007。虛擬儀控程式設計 LabVIEW 8X。高立圖書有限公司。
6. Cecilia Stanghellini, Taeke de Jong, 1995, A Model of humidity and its applications in a greenhouse, Agricultural and Forest Meteorology 76(1995) 129-148.

7. Christian von Zabeltitz, 2010, Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates-Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control. Springer Heidelberg Dordrecht London, New York.
8. National Instruments, 2008, DAQ M Series User Manual, National Instruments Corporation °
9. P.G.H. Kamp, G.J. Timmerman, 2002, Computerised Environmental Control in Greenhouse a step by step approach. IPC Plant.Dier Edw, The Netherlands
10. T.Boulard, A. Baille, 1993, A simple greenhouse climate control model incorporating effects of ventilation and evaporative cooling, Agricultural and Meteorology, 65(1993)145-157.

The Application of LabVIEW Program on Greenhouse Environmental Control¹

Yang, C. F.², T. C. Lin³

Abstract

In order to improve the high temperature problem inside the greenhouse, and to search for a more reasonable method on operational settings of equipments, this research established a graphic interface of greenhouse environmental control system by using LabVIEW software. The graphic interface includes the display panel of the environmental condition, and control panel of the greenhouse. The system can display temperature, relative humidity, solar radiation and the operational states of equipments, and save the history of the measurements and control into a recording file. The system uses data acquisition hardware to grab measurement signals from transducers, and to send the control signals to drive external devices. The major control criteria of this research are the temperature inside the greenhouse, relative humidity and solar radiation of the outside. Also, we processed the control for ventilation, fogging and shading of greenhouse by adopting dead zone function. The result showed the temperature inside the greenhouse was lower than outside temperature in 1-2°C, and reduced the frequency in repeatedly ON-OFF operation of the equipment. The program for environmental control of the greenhouse was developed by using LabVIEW software. It has a better human-machine interaction characteristic, and much friendly to user.

Key words : Data acquisition, Greenhouse environmental control, Dead zone

Accepted of publication : May 23, 2012

-
1. Contribution No.395 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture.
 2. Assistant Researcher, Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
 3. Professor, National Chung Hsing University.