

# 條件序控法應用在嫁接苗癒合養生 裝置的環境控制

周立強<sup>1</sup>

邱奕志<sup>1</sup>

陳世銘<sup>2</sup>

1. 國立宜蘭技術學院農

業機械工程系

2. 國立臺灣大學農業機

械工程學系

## 摘 要

本文之目的主要是研發環境控制技術應用於嫁接苗癒合養生裝置(以下簡稱「裝置」)。該裝置係以條件序控的動作方法作為主要控制架構，並配合溫濕度環境以演譯其控制邏輯。裝置內各控制迴路以低壓工業配線元件為主，使操作及維修上非常簡單及方便，加上省能源的外氣調節設計均解決了目前農家在使用上現實面的難題。本裝置之控制迴路係採用上下限區域及界限啟閉附加延時二種不同條件的邏輯動作方式，在線上運轉結果顯示：該裝置確能依照控制標的適切地調節癒合室內溫濕度環境，並可根據植物生長條件及使用者經驗法則彈性調整出不同的環境管理方式，如光環境與二氧化碳濃度。

**關鍵詞：**嫁接苗，癒合養生裝置，條件序控法。

# The Application of Condition-Sequence Control Method on Environmental Control of Acclimatization Chamber for Grafted Seedlings

Li-John Jou<sup>1</sup>      Yi-Chich Chiu<sup>1</sup>      Suming  
Chen<sup>2</sup>

1. Department of Agricultural Machinery

Engineering, National I Lan Institute of Technology

2. Department of Agricultural Machinery

Engineering, National Taiwan University

**Key Words** : grafted seedlings , acclimatization chamber , condition-sequence control.

## Abstract

The objective of this study was to develop an environmental control technology in acclimatization chamber for grafted seedlings. The nonlinear control methodology with the Condition-Sequence control implementation was adopted as the main control scheme for the system. Logic control circuits finished by industrial wiring elements were created to model the temperature , humidity and CO<sub>2</sub> control processes. The system was designed for both flexible adjustments to environmental conditions and easy operations for users. Regarding environmental control, if the weather conditions (temperature and relative humidity) are appropriate for grafted seedling curing, the ambient air is directed to regulate the chamber environment in order to save energy. Otherwise, vents in the chamber will be closed to form a close system , and the inner environmental control will be made. Tow control strategies, high-low limit and on-off & time delay control action, were adopted as the main control methodology for the system. Results indicate that the control system can satisfactorily achieve expected goals for providing suitable curing conditions and modulating the environmental factors such as temperature , relative humidity , illuminance and CO<sub>2</sub>

for grafted seedlings.

## 一、前言

以往對於農業設施自動化尤其是環控部份，研究出以質能平衡理論為基礎的環控模式，大多皆應用複雜的數值演算法(例如 Runge-Kutta 或 Newton-Aphson)以計算溫室氣候參數[1,2]。因此模式較不易應用在線上氣候控制，而配合此等環控模式之硬體設備如微電腦、感測器與界面裝置 個人電腦等[3,4,5] 也很多。因系統過於細密，複雜導致價格高昂，維修不易，加以國內農戶規模與經濟條件等問題的多重影響下，使產品引進或技術開發，大多是應用於學術研究單位而無法注入一般農村產業[6]。

以目前臺灣工業科技的水平，要作到設施內環境管理自動化是有能力達成的，但自動化所衍生之經濟成本卻也是不得不考慮的問題。是故本文參考設施園藝設計手冊內環境控制導入指針中自動控制目的及要件[7]，針對農業設施內環境管理的自動控制方式及動作，採用具經濟性且普及的迴授序控及時間不連續的控制動作。

在國內最早提出條件序控應用於農業上為梁與郭[8,9]所提林業溫室條件序控系統，其控制器主要以微電腦單晶片為主，輔以固態繼電器模組，感測器模組，類比/數位轉換器等。其控制流程、順序、策略均透過程式編寫軟體、以組合語言在一般個人電腦上編譯完成，藉由 RS232 卡輸入微電腦中，其控制方式採時間序控及條件序控。爾後陳與林[10]也有類似觀念的設計應用於塑膠布溫室環控系統。接著周與王[11]研製以個人電腦配合溫室內溫濕度控制模式的環控系統，其中經驗控制法內的灌溉及補光控制即是迴授序控的一種應用。

在工業上迴授序控及時間不連續的控制動作其控制元件的配合，有個人電腦、單晶片、可程式控制器、傳統低壓工業配線元件均屬之。而以經濟、操作方便、易維修更換為考慮、其排列順序則是低壓工業配線元件、可程式控制器、單晶片、個人電腦。目前臺灣農業飽受 WTO 入關壓力，降低成本，生產技術昇級，提高競爭力為農業生產當務之急。

近年來不管是設施內或田間栽培的瓜果，都朝向使用抗病性佳且親和力強之根砧來進行嫁接。然而目前的作業方式係將嫁接完成之種苗放置於隧道式露地棚架，控制溫度約在 20-30 [12]。當環境溫度過高易造成砧穗腐爛，在低溫時更要注意保溫。濕度過高會造成嫁接苗木傷口腐爛，濕度太低容易造成接穗萎凋。環境不可過度遮光，以免嫁接苗黃化徒長。癒合環境內亦需考慮通風問題，以避免二氧化碳濃度過高或風速過大造成接穗苗萎凋[12]。綜合以上所述,目前瓜果嫁接苗之癒合環境是特別需要人力來進行管理，而且要相當有經驗。特別是在台灣海島型氣候，一年四季氣溫變化大，癒合期的管理實在不易,已成本省嫁接育苗場相當大的困擾。

對於嫁接後的癒合環境條件，已有多位前人進行研究，但因為癒合環境較為粗放，難以進行控制，因此所得的環境條件也僅只一粗略的條件，梁氏所提西瓜嫁接苗的癒合環境溫度應控制在 25-30 左右 [13]。米莫爾等在其番茄嫁接試驗報告指出：剛嫁接後的番茄苗需迅速放入一適當的環境，以俾能加速傷口的癒合，溫度需保持於 20-30 ，濕度則需保持在 80% 以上。採用隧道式塑膠布棚架時，上面需置一層銀黑色遮蔭網，遮光率為 50-70% 間，一則可防止水氣外溢，二則可減少光照強度 40-60%，以避免棚內溫度上昇。在室內時需以 600-700nm 波長的植物生長燈來代替光照，可提高嫁接苗的存活率 [14]。林和洪在苦瓜苗嫁接試驗得到一結論：採用隧道式塑膠布棚架進行嫁接苗癒合管理時，應注意調節棚內的溫度、濕度和光線，使接穗保持不萎凋、不腐爛、不徒長為原則。高溫時應注意遮蔭換氣，在高溫時也不可過度遮蔭，以免引起幼苗黃化徒長，盡可能將溫度保持在 25-30 間，遮蔭應採用 50-60% 遮光率之黑色寒冷紗[15]。

經由上述的文獻探討得知，一般瓜果嫁接苗在癒合期間的環境溫度宜維持在 25-30 左右，相對濕度則保持在 80% 以上，至於光照強度不宜太強，約為日照的 40%。上述的環境條件即本文中做為在嫁接苗癒合養生裝置控制標的的設定點以進行瓜果苗嫁接後初期的環境管理，待嫁接苗存活後，再移至

田間進行馴化管理。

綜合上述理念本文中係以迴授序控法配合低壓工業配線元件及感測器，配合溫濕度環境演譯其控制邏輯加上瓜苗嫁接後癒合期的生長條件，以控制迴路邏輯取代以往研究上的軟體程式邏輯作為環境管理的主要課題。進一步驗證此一技術應用於農業設施中環境及作業管理的可行性。然而此具有低成本，易操作維修更換的特點技術是比較符合農業生產現實面而且更易於落實推廣。在另一方面於農業機械工程的技職教育中本文與可程式控制器或單晶片的軟體程式邏輯技術作一比對轉換，其仍然是一個很好的示範技術。

## 二、材料與方法

### (一)、癒合養生室之構造

本文之實驗目標物癒合養生室是以 5 公分厚之冷藏庫板組合而成，大小為兩坪，內部設有風路，空間內可放置 4 部具 5 層之台車，每層可放置 5 個苗盤。每一穴盤以 70 格來計算，每次可同時進行約 7000 株苗的癒合管理。每批嫁接苗擬在癒合養生室內調養 3 天，可使嫁接之傷口進行初步癒合。爾後放置於田間進行馴化作用。圖 1(a)所示為癒合養生室的立體圖及尺寸，圖 1(b)則為其內部之側視圖，其餘詳細硬體條件在文獻[12]中已有介紹，文中不另作詳述。

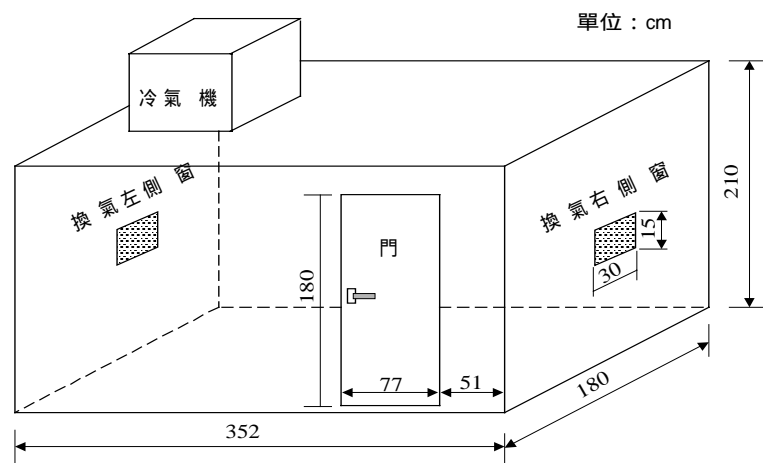


圖 1(a)、癒合養生室的立體圖

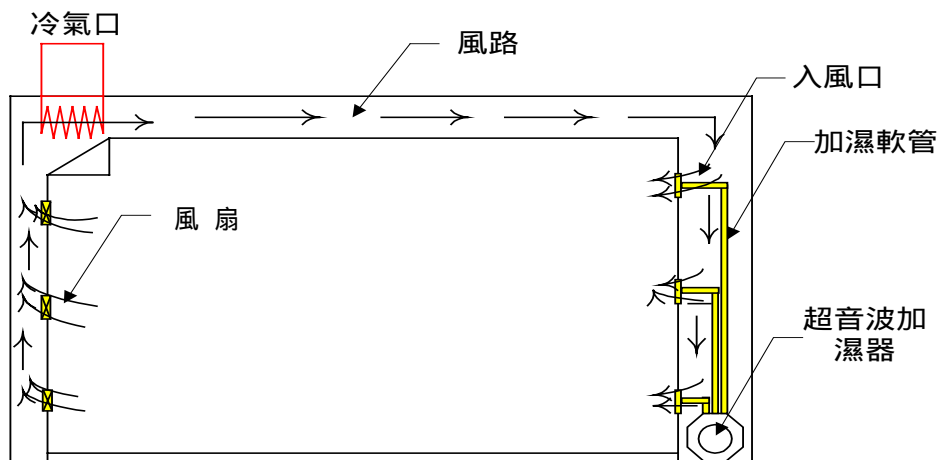
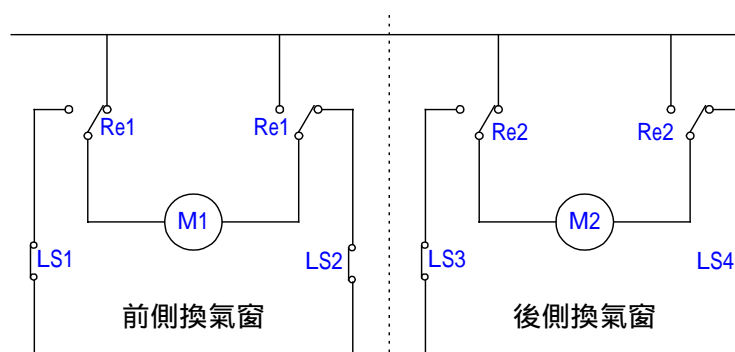


圖 1(b)、癒合養生室內部之側視圖

癒合養生室之內部環境包括：使用人工照明設備的光環境、使用內部空調與外氣調節的熱環境(溫濕度，風速)以及利用換氣來調節二氧化碳濃度的環境。人工照明係採用旭光牌之 40w 直管式太陽燈管。由於癒合養生室基本上可視為絕熱，與室外並不會有熱交換現象。熱源產生僅來自於人工照明、內部機械設備及植物呼吸熱。環控設備容量規格(壓縮機、超音波加濕裝置、內循環風扇)是有足夠的負荷能力達到所規劃的溫濕度條件。室內採用多個 4 吋小風扇作為內循環扇，且風速不會超過 0.2 公尺/秒，藉由調速、改變數量、位置，可調整出室內最佳通風方式且室內空氣為完全混合[12](即室內溫濕度是均勻分布的)。養生癒合室前後側之換氣扇門的控制電路如圖 2 所示係利用兩只 12v 直流馬達及 4 個極限開關，兩個繼電器完成，再加上汽車車窗機構以進行其前後側換氣扇門的開啟關閉動作。



LS1~4：極限開關。Re1~2：繼電器。M1~2：直流馬達

圖 2 養生癒合室前後側之換氣扇門的控制電路

## (二)、控制標的及需求

由於癒合養生室人工照明設備的光源，並不會像在一般溫室中，太陽光源會造成極大熱負荷。而且嫁接苗在癒合期間的光照條件相當重要，所以就實際佈設之人工照明位置，是可實測室內空間各點照度，即可確定室內光環境分布。因此本文對於光環境的控制採定時定量方式即可，但光源變化所形成熱源變化在溫濕度複合環控時須加以考慮。也由於嫁接苗在癒合期間對於二氧化碳濃度控制的要求及經濟面考慮監控裝置成本，定時定量是可以被考慮以換氣方式來調節二氧化碳濃度[7]。但換氣時所造成系統內熱負荷及水份負荷變化干擾，在溫濕度複合環控中也必須加以考慮。

因嫁接後的西瓜苗在癒合期間對光、溫、濕度、二氧化碳濃度有著很高要求的環控品質，幾乎四個環境物理量樣樣為主。而一般溫室複合環控最多只能達到系統狀態的平衡點，且策略上以溫度為主相對濕度次之。故本文對此裝置依前所述方式，於光與二氧化碳濃度環境採時間序控，而溫濕度環境採迴授的條件序控，配合在濕空氣歷線圖上路徑及延時與記憶電路的迴路技巧構成三種適合嫁接苗癒合室的控制線路。並利用外氣調節和人工氣候的搭配組合，以達到最節省能源且穩定的癒合環境。

選用價廉與使用普及的低壓工業配線元件[16]作成控制迴路，並設計成具可變更設定條件的功能作多用途使用，如種子發芽室，可節省農民固定成本合乎經濟原則。另外此方式在技術傳承上的問題獲得解決，落實既能自動管理又很實用的目標。

## (三)、方法與控制迴路

如表 1 所示，為養生癒合室所有環控設備的名稱與規格。根據前面所述之控制標的及需求，控制迴路的策略上以溫度為主相對濕度次之。於光與二氧化碳濃度環境採時間序控，而溫濕度環境採迴授的條件序控，再加上依管理者在實用上及經濟性的問題，控制迴路的邏輯條件上簡單分為二種，以溫度為主的方式採上下界限差動間隙及界限放閉附加延時的動作控制，相對濕度則採界限設定下限警報的動作方式。表 2 所示即為此控制迴路的二種邏輯條件詳細動作條件差異比較。配合這兩種邏輯條

表 1. 西瓜嫁接苗癒合養生室設備表

降溫設備	東元冷凍機，電源:1 220V/ 60HZ， 消耗電功率:1.2KW，冷凍能力:1500 Kcal / hr
加濕設備	京華超音波加濕器（KT400），本體/控制箱，4個振盪子 電源: AC110V 50/60 HZ，消耗電功率:200W，噴霧量: 2000 cc/hr
通風設備	交流110V之4吋可調速風扇( MISHINA-SB12038_A1 ) *15個
照明設備	旭光牌( FL-40SBR/38 ) 40W * 20 盞(單管)

表 2 控制迴路的二種邏輯條件詳細動作條件差異比較

控制動作 控制因子	控制邏輯 I	控制邏輯 II
溫度	超過上限即動作，低於下限即停止 (界限偏差為±0.1，設有差動間隙 屬於兩位置區域的控制)	超過界限設定即動作，低於界限即計時後 停止，並輔助下限警報。(有界限偏差±0.3 ，無差動間隙，屬線上控制附加延時)
相對濕度	超過界限設定即動作，低於界限即 停止(有界限偏差±3%，無差動間 隙，屬線上控制並輔助下限警報)	超過界限設定即動作，低於界限即停止(有 界限偏差±3%，無差動間隙，屬線上控制 並輔助下限警報)
光	以時間為主的順序動作	以時間為主的順序動作
二氧化碳濃度	以時間為主的順序動作	以時間為主的順序動作

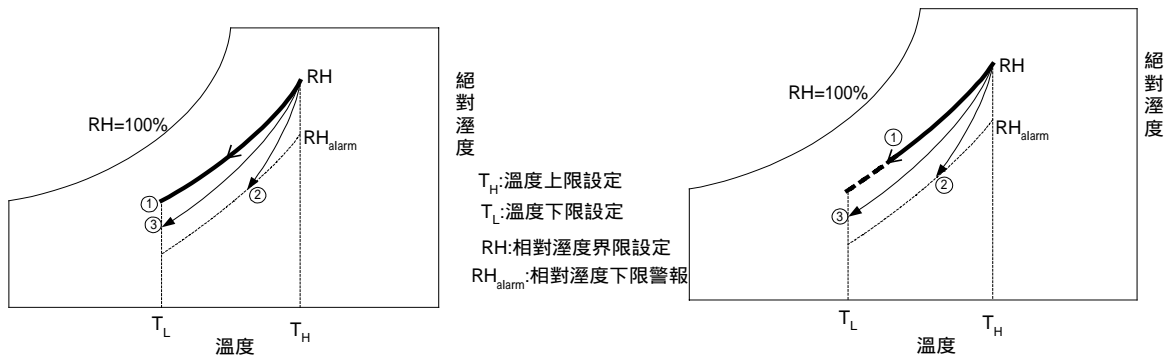


圖 3(a) 控制邏輯 I 在濕空氣歷線圖路徑示意

圖 3(b) 控制邏輯 II 在濕空氣歷線圖路徑示意

件及濕空氣歷線圖上的路徑本文即可預期得知癒合養生室溫濕度歷線圖之趨勢。以圖 3(a)濕空氣歷線圖之示意圖為例，圖上實線為癒合養生室溫濕度控制之目標範圍內，在濕空氣歷線圖上的解釋是室內有一定發生熱源，由於相對濕度的控制邏輯上係採界限控制，基本上升溫的過程是沿著等相對濕度線走(即路徑(1)之逆向)，當超過上限溫度設定時，壓縮機隨即啟動運轉，理想上降溫過程中希望沿著等相對濕度線的路徑(1)，由於設備能力(如壓縮機的冷凍、除濕能力及超音波加濕器或噴霧機的加濕能力)等硬體條件無法理想匹配，使得路徑仍有(1)、(2)、(3)，為避免相對濕度過低引起嫁接苗癒合不良甚至萎凋，因此在相對濕度的控制邏輯上採界限控制輔助下限警報，在控制迴路的邏輯條件上附加當溫度或相對濕度低於下限時，即關閉壓縮機。因此表現在濕空氣歷線圖上即為碰到虛線位置即停止壓縮機的設備動作，接著藉由加濕動作使路徑回到實線上。同理，依控制邏輯 II 的動作方式以圖 3(b)濕空氣歷線圖之示意圖為例，圖上實線仍為癒合養生室溫濕度控制之目標範圍內，實線粗細及長短分別顯示相對濕度設定的界限偏差與延時長短，控制邏輯 I 與 II 的差異表現在濕空氣歷線圖 3(a)與(b)，僅是後者將溫度下限停止改為延時停止，而下限僅作為輔助之用，其餘皆相同。

依照前述控制迴路的二種邏輯條件接著轉換成實際硬體設備的操作敘述即形成本文所制定的功能要求一及二，其內容分述如下：

#### 1、功能要求一

- (1)、當室內溫度超過設定上限值時，壓縮機啟動後降溫，直到降至所設定的下限值或達相對濕度的警戒下限值時才停止，或外界溫濕度達到設定條件範圍內亦停止壓縮機的操作。
- (2)、當壓縮機啟動後，在無外界與室內低溫的限制條件下，自可完成高低溫上下限範圍內的降溫循環，當壓縮機停機後，凝結器送風機亦停，但冷卻器送風機須能延時後停機，以防結露。
- (3)、當外界溫濕度達到設定條件範圍內且癒合室內溫度未低於下限設定時為外氣調節動作，啟動換氣扇門及內循環扇，即使壓縮機在運轉中，亦會按照程序關機。
- (4)、當室內部相對濕度小於設定界限時，啟動超音波加濕設備並作內循環風扇輸出。
- (5)、室內的加濕動作，換氣扇門，內循環風扇均可作成強制手動開啟(on)及關閉(off)。
- (6)、換氣扇門在外氣調節或定時定量換氣時均會開啟(on)。
- (7)、內循環風扇在外氣調節或定時定量換氣或室內低濕或室內低溫加熱或冷氣降溫時均會開啟(on)
- (8)、植物生長燈光源控制為定時開啟(on)及關閉(off)。

#### 2、功能要求二

- (1)、當室內溫度超過設定上限時，壓縮機啟動降溫，當溫度降至此上限值之下，壓縮機會延時一段設定時間後才會停機，但外界溫濕度達到設定條件範圍內或壓縮機延時過長以致溫度降至設定下限時或達相對濕度的警戒下限值亦會停止壓縮機的運轉操作。
- (2)、當壓縮機啟動後，在無外界與室內低溫的限制條件下，自可完成高溫上限與延時關機的降溫循環動作，當壓縮機停機後，凝結器送風機亦停，但冷卻器送風機須能延時後停機，以防結霜。
- (3)、以下的動作要求與功能要求一之 3 至 8 點相同。

由上述功能要求一、二之敘述，本文將其表示成流程圖型式以顯示邏輯與層次，如圖 4 及圖 5 所示。接著本文依流程圖指示繪出功能要求一之控制迴路(包含壓縮機控制)如圖 6 所示。而功能要求二則可繪出圖 7 及圖 9 所示兩個不同的控制迴路，分別為通電延時動作斷電立即復歸(On-Delay)與通電立即動作斷電延時復歸(Off-Delay)兩種邏輯，並定為功能要求二-1 及功能要求二-2 之控制迴路。

#### (四)、實驗過程

先期以手動操作並適當調整修正各設備能力(如風扇轉速、風口大小位置，壓縮機的控制電路，加濕器的加濕能力)，量測出橫縱共 6 個斷面等溫濕度分布圖(一斷面 9 個點)，並使此癒合養生室內視為一均一環境條件，其結果在文獻[12]已得實證，因此本文中室內溫濕度的量測即簡化為幾何平均位置一點，室外量測僅設後側換氣門入口處一點。

依照控制迴路圖 6、7 及 8 按圖配線編號製作控制箱，再連線接入癒合養生室各設備運轉。養生癒合室在運轉時人工氣候過程中對於換氣與外氣調節的干擾即依強制外氣(定時定量換氣)及條件外氣(調整控制器設定值以近似於外氣調節條件模擬之)在升溫及降溫過程中各施行一次，時間有 10 及 20 分鐘，詳細過程均有對照並示於表 3。上述的實驗過程均以 CR-10 資料擷取儀，配合溫濕度感測器 HTS-8001 作控制結果記錄，現場並安裝有仟瓦時計作耗電量記錄。



圖 4、5 符號說明：

$T_o$ ：室外溫度  
 $RH_o$ ：室外相對濕度  
 $T_L$ ：外氣調節時室外溫度設定下限  
 $T_{min}$ ：室內溫度設定下限  
 $RH_L$ ：外氣調節時室外相對濕度設定下限  
 $RH_s$ ：室內相對濕度設定值  
 $F_1$ ：凝結器送風機  
 $Hum$ ：加濕器  
 $T_i$ ：室內溫度  
 $RH_i$ ：室內相對濕度  
 $T_H$ ：外氣調節時室外溫度設定上限  
 $T_{max}$ ：室內溫度設定上限  
 $RH_H$ ：外氣調節時室外相對濕度設定上限  
 $F_2$ ：冷卻器送風機  
 $Plant\ Light$ ：植物燈  
 $F_3$ ：內循環風扇  
 $F_4$ ：換氣扇及門  
 $Air\ C.$ ：壓縮機

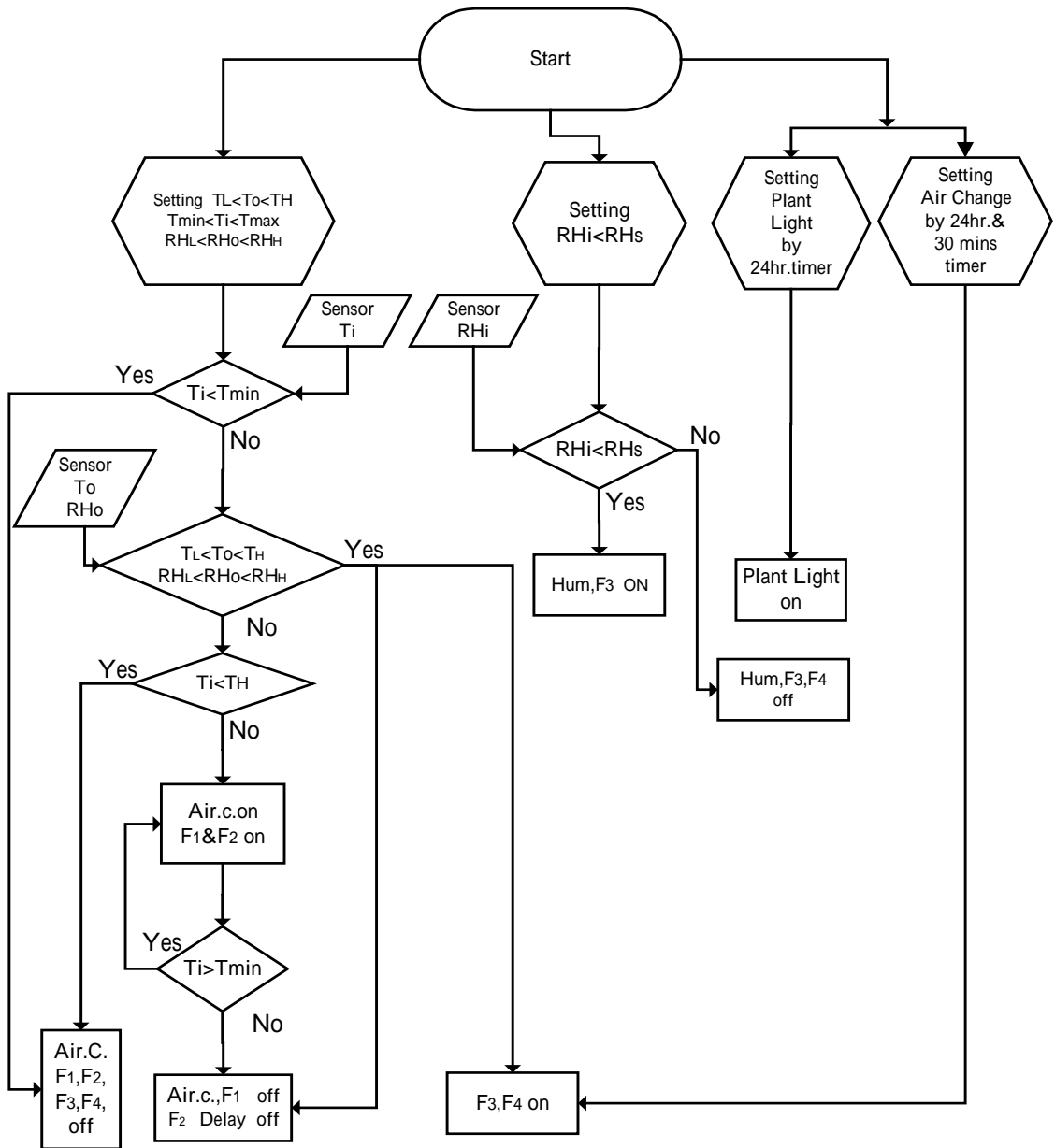


圖 4 功能要求一之流程圖(不含手動操作)

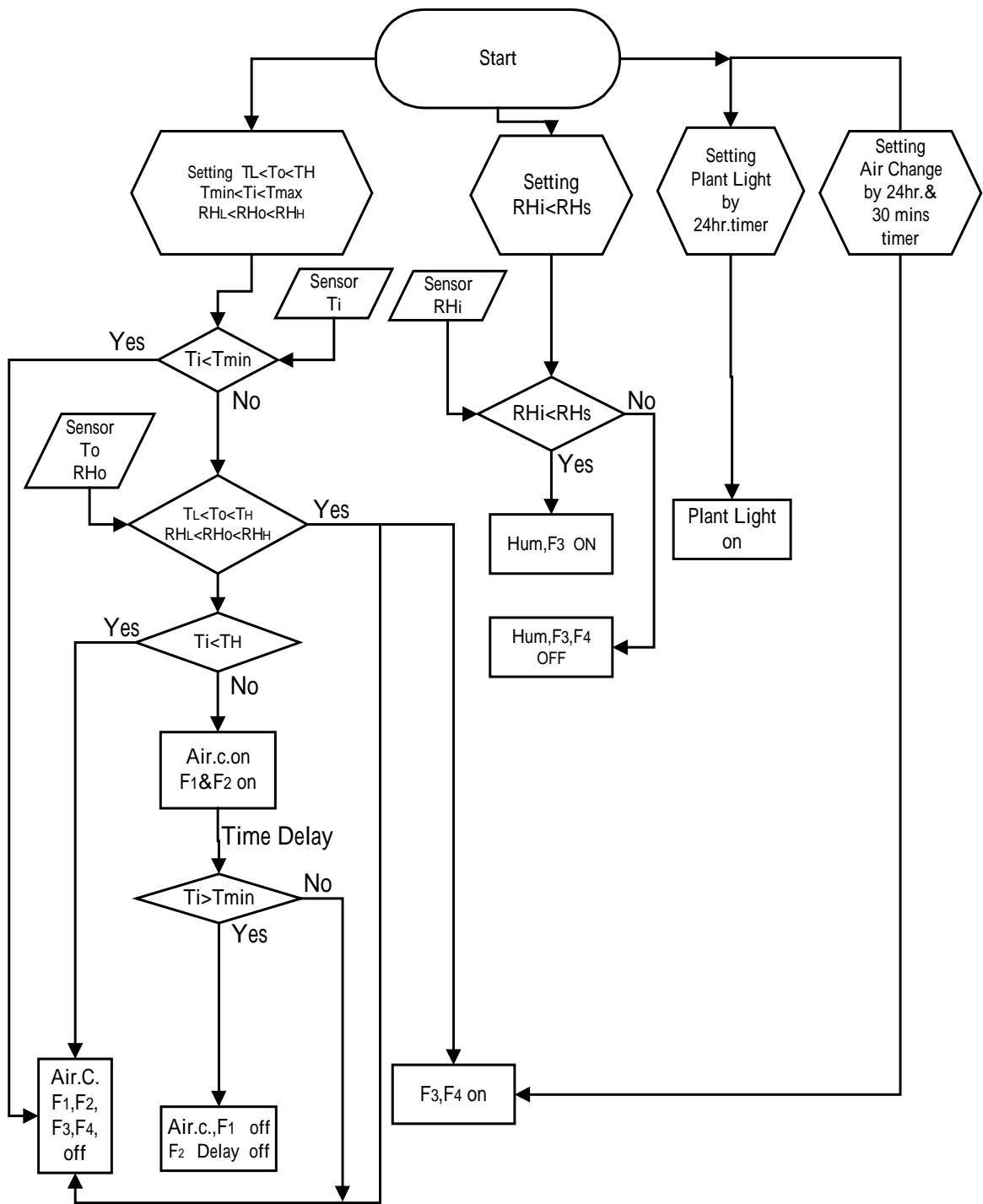


圖 5 功能要求二之流程圖(不含手動操作)

功能動作	運轉日期	外氣干擾時間	外氣干擾別	升溫過程 (27 起 )	降溫過程 (28 起 )	歷線對照 編號
功能二-2	5/13-5/14	12:59-13:09	強制10min		√	A
		13:27-13:47	強制20min	√		B
		14:26-14:46	條件20min		√	C
功能一	5/29-5/30	11:16-11:26	強制10min	√		A
		11:39-11:50	強制10min		√	B
		16:46-16:56	條件10min		√	C
		17:29-17:39	條件10min	√		D
功能二-1	6/16-6/17	8:42-8:52	強制10min		√	A
		9:20-9:30	強制10min	√		B
		9:42-9:52	條件10min		√	C
		10:10-10:20	條件10min	√		D
		11:06-11:26	強制20min	√		E
		12:08-12:28	條件20min	√		F
		15:05-15:25	強制20min		√	G
		15:55-16:15	條件20min		√	H

表 3.強制與條件外氣干擾的設定

### 三、結果與討論

根據前述兩種不同的控制功能要求所作出的三種控制迴路分別聯結至癒合養生室設備操作運轉，其結果就其內外溫濕度變化、強制與條件外氣干擾、延時長短改變，分成性能試驗與能源使用兩種情形，一一分述如下：

#### (一)、性能試驗

本實驗從 5 月 5 日起，分別以三種控制迴路聯結至癒合養生室設備操作運轉。圖 9 至圖 13 分別為其操作下所得之室內外溫濕度歷線圖(橫座標表示一日 24 小時中所代表的時間數字，例如 7 點 10 分與 14 時 30 分別為 700 與 1430)，結果分別如下：

#### 1、採用功能要求二-2 控制迴路操作

在 5 月 5 至 6 日，未採外氣干擾措施。降溫開始的溫度上限是 29℃，強制停止降溫設備及換氣動作的溫度下限是 26℃。設備啟動後若降溫低於上限時，設備不會停止，會延時 5 分鐘關閉(避免設備過於動作頻繁)。若延時設定時間內溫度一旦低於下限時，就會強制關閉降溫設備。當時室內相對濕度設定為 86%，採外氣調節動作的設定條件是 17-27℃ 及 60-90%，其操作運轉後記錄所得之癒合室內外溫濕度歷線圖，則示於圖 9。

由圖 9 結果可知；於 5 月 5 日下午 5:10 至翌日上午 9:40 採外氣調節，比對圖上室外溫濕度的歷線變化及設定條件確實如預定動作且在設定範圍內。當日下午 1:00 至 5:10 及翌日上午 9:40 分至下午 1:00 時均採冷氣強制降溫，由於延時設定 5 分鐘使運轉期間溫度在 29-27.8℃ 有 1.2℃ 變化幅度，而相對濕度則是 86%-78% 有 8% 變化幅度。

同樣的控制迴路與環境設定條件於 5 月 12 至 13 日操作，但延時設定改為 15 分鐘，其溫濕

度歷線圖示於圖 10。其操作結果是 5 月 12 日晚上 9:40 至翌日上午 7:40 採外氣調節，比對圖上室外溫濕度的歷線變化及設定條件可知亦確實如預定動作且在設定範圍內。當日晚上 6:40 分至 8:30 及翌日上午 8:20 至下午 6:20 時均採冷氣強制降溫，由於延時設定 15 分鐘使運轉期間溫度在 29-26.6 有 2.4 變化幅度，而相對濕度則是 86%-75% 有 11% 變化幅度。

圖 9 與 10 的差異意義僅在於延時設定時間長短造成溫濕度變化幅度不同，延時設定短時間使操作的溫濕度變化幅度小且較省電(如表 4 內容)但設備會動作頻繁。

接著同樣的控制迴路與環境設定條件於 5 月 13 至 14 日操作，延時設定仍為 15 分鐘但有外氣干擾措施，其溫濕度歷線圖，則示於圖 11。由圖 11 結果可知；於 5 月 13 日晚上 8:50 至隔日 7:50 採外氣調節 同日晚上 17:20 分至 20:50 及翌日上午 8:20 至下午 15:30 時均採冷氣強制降溫，由於延時設定 15 分鐘使運轉期間溫度在 29-26.6 有 2.4 變化幅度，而相對濕度則是 86%-76% 有 10% 變化幅度，其結論是相同於圖 10 的。

而圖 10 與 11 的差異意義僅在於有無外氣干擾(如表 2 所示)造成局部溫濕度變化幅度不同，定時定量換氣於系統升降溫過程中不會關閉壓縮機會造成溫度變化幅度變小(29-27.2 )溫度變化斜率減緩，條件外氣於升降溫過程中會關閉壓縮機，升溫時其溫度變化趨勢與一般外氣調節時相同，但降溫時其溫度變化即與定時定量換氣時相同(即變化幅度減小)。

## 2、採用功能要求一之控制迴路操作

採外氣干擾措施是在 5 月 29 至 30 日。降溫開始的溫度上限是 29 ，強制停止降溫設備及換氣動作的溫度下限是 27 。設備啟動後若降溫低於上限時，設備不會停止，直到低於下限時，才會關閉降溫設備，並等待下一次溫度高於上限設定才會再開設備。當時室內相對濕度設定為 88%，採外氣調節動作的設定條件是 16-26 及 60-90%，其操作運轉後記錄所得之癒合室內外溫濕度歷線圖(由於 24 小時均為冷氣操作，故僅以 12 小時白天時為例)則示於圖 12。

由圖 12 結果可知；於 5 月 30 日上午 8:00 至下午 18:30 採冷氣強制降溫，比對圖上室外溫濕度的歷線變化及設定條件確實如預定動作。由於控制迴路上是採高低上下限帶狀區域策略(即感測溫度一超過設定上限即成自保迴路直至感測溫度一低於設定下限即成復歸迴路)使運轉期間溫度確實在 29-27 而有 2 變化幅度，而相對濕度則是 88%-75% 有 13% 變化幅度。圖中標示 A.B.C.D 區域則為施行外氣干擾措施之時段(可對照表 3 所示即知)，A.B 區域分別是在升降溫時施行定時定量換氣，由其溫濕度歷線變化與其他時段相比較是看出其稍有斜率變化。C 區域是在降溫操作時施行條件外氣(僅改設定為 18-28 )並如預期動作其關閉壓縮機後溫度停止降低並維持一般外氣調節時的緩坡變化，當條件外氣因素消失時隨即成為封閉系統並升溫至 29C 再開設備降溫以形成循環。D 區域是在升溫操作時施行條件外氣(僅改設定同 C 情況)由於室內原為封閉，壓縮機是停止的，溫度會因室內熱負荷而逐漸增加，突然操作條件外氣致使升溫坡度減緩並維持一般外氣調節時的緩坡變化(此說明在室外溫度 28C 相對濕度 80% 左右的條件仍可設定成外氣調節，如此一來可節省電費)而當此條件外氣因素消失時隨即成為封閉系統並升溫至 29 再開設備降溫以形成循環。

## 3、採用功能要求二-1 控制迴路操作

採外氣干擾措施是在 6 月 16 至 17 日。室內溫度上下限的設定情形同動作 2b 控制迴路操作但延時設定是 12 分鐘。當時室內相對濕度設定為 88%，採外氣調節動作的條件設定在 18-28 及 60-90%。由於外氣干擾狀況共有 8 次，為清楚其變化趨勢，因此其操作運轉後記錄所得之癒

合室內外溫濕度歷線圖，僅以白天 12 小時示於圖 13。

由圖 13 結果可知；在 6 月 17 日上午 8:00 之前係採外氣調節(此一結果仍是如預期所設定的條件)。在 8:00 之後由於外氣溫逐漸上升(超過 28 )室內成為封閉及至 8:20 室內超過 29 ，隨即開啟當日第一次降溫動作。爾後至下午 17:10 止均採冷氣強制降溫，由於延時設定 12 分鐘使運轉期間溫度在 29-27.5 有 1.5 變化幅度，而相對濕度則是 88%-75%有 13%變化幅度。圖 13 中標示 A.B.C.D.E.F.G.H 區域則為施行外氣干擾措施之時段(可對照表 3 所示即知),A.B 區域分別是在降溫及升溫時施行定時定量換氣 10 分鐘(小於延時設定 12 分鐘)，由其溫濕度歷線變化與其他時段相比較是可看出其稍有斜率變化。C 區域是在降溫操作時施行條件外氣(僅改設定為 21-31 )並如預期動作其關閉壓縮機後溫度停止降低但很快地上升超過 29 ，10 分鐘過後仍會繼續原先未完成降溫延時動作，但降溫幅度明顯減少。D 區域是在升溫操作時施行條件外氣(僅改設定為 22-32 )由於室內原為封閉，壓縮機是停止的，溫度會因室內熱負荷而逐漸增加，突然操作條件外氣致使升溫坡度增加很快地上升超過 29 ，10 分鐘過後開始降溫至 27.8 (降幅減少 0.3 )。接著圖中 E.F 區域與 B.D 情況相似，僅是外氣干擾時間 20 分鐘大於延時設定的 12 分鐘，使溫度歷線的週期加大。圖中 G 區域亦與 A 區域情況相似，外氣干擾時間 20 分鐘亦大於延時設定的 12 分鐘，降溫幅度減少更明顯於 A。最後 H 區域亦類似 C 區域之情形，但條件外氣干擾時間長達 20 分鐘，以致於降溫延時 12 分鐘結束時外氣干擾仍繼續，乃致室溫上升至 29.6 仍未啟動設備降溫，直到外氣干擾結束才隨即動作設備，但降溫幅度明顯降低到下一循環才會恢復原有穩定的幅度。

## (二)、能源使用

### 1、110 伏特用電

由於癒合養生室之光照及換氣是採時間序控，在 3 組控制迴路操作下均採相同設定，植物燈 40 瓦特 20 盞，內循環小風扇 20 瓦特 15 盞及加濕器 200 瓦特 1 組，均為 110 伏特用電。為求得此裝置之極限能力，植物燈及循環小風扇係以 24 小時運轉藉以在室內形成最大的熱負荷。該設備若以 24 小時操作計算預估每日 26.4 千瓦小時(kwh)，此為經常消耗之最大量。其餘 110 伏特用電量需視外氣調節狀況以動作換氣扇與加濕器，另外壓縮機啟動時，加濕器亦會動作也會消耗電力。

由表 4 對照 110V 用電可知，各種控制迴路之耗電量相差不大，實乃因光照與內循環風扇的電力消耗在每天是固定基本量為 26.4(kwh)。以 24 小時操作在 5 至 6 月期間這三種控制迴路其 110 伏特用電量大致為每天 28~31(kwh)，而光照與內循環風扇的固定電力消耗佔全部的 85~95%。即將此用電量減去經常消耗量，即為換氣扇與加濕器因外氣調節及壓縮機運轉時所需配合動作之消耗電力。依據換氣扇及加濕器電氣規格以 24 小時操作計算，最大不會超過 5(kwh)用電量。倘若將光照調節為一天中 12 小時開啟，12 小時關閉，則此耗電量預估會低於每日 22(kwh)。

### 2、220 伏特用電

該裝置中壓縮機及控制迴路屬 220 伏特用電，而壓縮機的額定功率是 1.2 千瓦(kw)。由表 4 中實際記錄 220 伏特設備的動作時間與用電量對照圖 9 至 13，可以清楚知道外氣調節的控制方式可以達到室內要求的溫濕度目標並節省電力。當然 220 伏特設備的動作時間愈長，用電量增

加，表示一天當中外氣條件所佔的時間愈短。

在表 4 中以 220 伏特設備平均消耗電力是在 0.49~0.61 千瓦(kw)，此相當於壓縮機額定負載的 40%~50%。若以壓縮機運轉時之降溫週期與停機時的升溫週期視為相等，則壓縮機所推估之運轉時電力即為 0.98~1.22 千瓦(kw)，此相當於壓縮機額定負載的 82%~100%。而且由表 4 之記錄結果也得知在相同控制迴路下且設定條件相同，有強制外氣干擾下其平均電力大於無強制外氣之狀況。其原因即便在壓縮機運轉時，碰到因定時定量換氣之需要此時在控制策略上壓縮機是不會停機的。因此在降溫過程中自然增加了壓縮機運轉之負荷，尤其是 6 月 16 至 17 日的操作最為明顯。

功能要求一之控制迴路是採溫度上下限目標為主的控制，並輔以相對濕度採界限設定下限警報的動作方式。可預期的是溫度上下限的差動間隙設定愈大表示其環控要求品質較為粗放，故壓縮機設備動作的頻率次數減少愈省能源。反之上下限範圍設定愈小，結果會相反，因此由表 4 可知。

功能要求二-1 及-2 的控制迴路是屬界限目標為主的控制但輔以延時設定可長可短，而下限目標則為警戒防禦，以防止延時過長所造成的不當。若延時設定短表示其環控要求品質較為精確，故設備動作的頻率次數會頻繁。但設備常維修是無可避免。反之延時設定長其結果會相反。

#### 四、結論與建議

由於條件序控法是一種可預期動作結果的控制法則，因此經過先前的推演設計，配合標的需求其實驗結果是可預期的。故不論採何種功能要求的控制迴路操作設備，在可靠正確感測器輔助下，確能依照控制標的適切地調節癒合室內溫濕度環境，而定時定量的時間序控方式可以很方便的設定與調節室內光與二氧化碳濃度的環境。

本裝置中針對二個不同控制邏輯而有三種不同的控制迴路，尤其功能要求二-1 及功能要求二-2 的控制迴路其間的差異是；用了不同的低壓工業配線元件(如 ON 及 OFF Delay 的計時器)形成不同的邏輯線路但控制動作的結果是相同的，在此提供此一技術上的應用例。此外利用繼電器邏輯電路(如 AND、OR、NOT 等)使若干感測器原僅作上或下限(即大於或小於的邏輯)輸出控制亦能成為"窗口形"(即大於且小於的邏輯)的輸出控制。

功能要求一及功能要求二的控制迴路中均加入外氣調節最優先的邏輯但受到室內溫度上下限的箝制(此設計亦是為了符合現實面須節省能源又能確保環控品質)，兩者之間的平衡點可從對環境物理解及季節性氣候變化找出一較佳的設定值，以避免造成系統不穩定及動作過於頻繁。以本文為例在夏季作為外氣調節的溫度設定可為 18-28℃，相對溼度為 90%-60%間，冬季可為 15-25℃，相對溼度在 90%以下。

本裝置控制迴路內所使用元件係以低壓工業配線中各元件為主，並輔以溫度及濕度感測元件。在操作上許多設定條件均屬彈性調整，由於低壓工業配線元件使用普及且量產致價格便宜容易採購使得維修更換上很方便，省能源的外氣調節設計更能符合目前農家在使用上現實面的問題，有助於農業生產技術提昇。

#### 五、參考文獻

1. 王鼎盛、邱文山，「溫室內溫度與濕度控制模式」，第二屆設施園藝研討會專集論文，第 1-31

- 頁(1989)。
2. Takakura,T.," Climate Control to Reduce Energy Inputs", *Acta Horticulture* , No.245,pp.406-415(1989).
  3. O'Flaherty,T.," A First Step in Microcomputer Control of Greenhouse Environment",*Acta Horticulture* , No.106,pp.91-101(1980).
  4. Milanuk,M.J.,D.D. Schulte and G.E. Meyer,,"Microcomputer environmental control and data acquisition system for an alpine greenhouse", ASAE Paper, NO.87-4024.St,Joseph,MI:ASAE.(1987).
  5. Takakura,T.," Microcomputer Use for Energy and labor saving in Japanses Protected Cultivation", *Acta Horticulture* , No.257,pp.79-85(1989).
  6. 李勝伍、周立強、王鼎盛,「溫室溫濕度環境樣本控制系統的設計與裝置」,八十二年農業工程研討會論文,第 31-51 頁(1993)。
  - 7.王鼎盛主編,設施園藝設計手冊,第 297-305 頁,臺灣大學農業工程學系農業設施研究室編印、行政院農業委員會補助(1988)。
  8. 梁亞忠、郭幸發,「林業溫室條件序控系統之研究」,臺大實驗林研究報告 5(2),第 17-30 頁(1992)。
  9. 梁亞忠、郭幸發,「單元化精密溫室設計構想」,溫室環控自動感測技術研討會專集,第 75-84 業(1992)。
  10. 陳加忠、林瑞松,「塑膠布溫室環控系統之研究」,中國農業工程學報第 39 卷第 2 期,第 64-91 頁(1993)。
  11. 周立強、王鼎盛,「溫室溫濕度環控系統之設計與裝置」,技術學刊第 9 卷 3 期,第.271-280 頁(1994)。
  12. Chiu,Y. C., L. J. Jou and S. Chen, "Development on an acclimatization chamber for grafted seedlings", ASAE paper No. 995014., Canada: Toronto(1999).
  13. 梁呆,「西瓜嫁接經驗談」,園藝之友第 22 期,第 50-52 頁(1990)。
  14. 米莫爾、吳登琳、阮育奇,「番茄嫁接對淹水之影響」,科學農業 42(3,4),第 57-64 頁(1994)。
  15. 林天枝、洪澐堂,「苦瓜嫁接於絲瓜之栽培技術」,台中區農業專訊 10 月第一期,第 9-13 頁(1992)。
  16. 黃勝豐、楊慶祥,工業配線實習--低壓篇,第 1-80 頁