

# 火鶴花自動肥灌與遠端即時監控系統之研究<sup>1</sup>

陸龍虎<sup>2</sup> 蔡致榮<sup>2,5</sup> 向為民<sup>3</sup> 徐武煥<sup>2</sup> 莊耿彰<sup>4</sup>

## 摘 要

陸龍虎、蔡致榮、向為民、徐武煥、莊耿彰。2008。火鶴花自動肥灌與遠端即時監控系統之研究。台灣農業研究 57:15-32。

本研究旨在建立一套火鶴花自動肥灌與遠端即時監控系統，讓經營管理者從遙遠的異地遂行火鶴花栽培的遠端即時監控，以節省人工、降低生產管理成本、提高產品品質、促進產業升級及增進花卉外銷之競爭力。建構完成之系統以自動肥灌控制設備及球形攝影機為主幹，分別藉由串列設備伺服器與影像傳輸伺服器，將資訊與視訊傳至無線寬頻路由器，藉由無線電波傳輸至無線網路收發器/橋接器與網頁伺服器，最後透過區域網路與網際網路進行火鶴花自動肥灌與遠端即時監控管理。整套系統經由測試與實際運作效果良好，除可應用於火鶴花自動肥灌遠端監控管理外，亦可供其他花卉或高經濟作物栽培管理用。

**關鍵詞：**火鶴花、自動肥灌、遠端監控、即時。

## 前 言

隨著網際網路及無線資訊傳輸技術的蓬勃發展，以及相關產品之日趨便宜，使得遠端監控技術的應用更為實際與廣泛，舉凡保全、教學、醫療、電力、交通運輸、視訊會議、住宅社區、辦公室、物流與倉儲管理等均見其使用身影，在農業上的應用，除水產養殖遠端監控管理外，以農業設施栽培之應用最為可行並具發展潛力，如設施內蔬菜生產遠端監控管理，以及以光譜影像遙測技術為基礎，針對溫室開發多功能監測系統，對溫室內種苗植株進行遙測光譜影像及環境因子擷取，最後透過無線網路經 DataSocket 傳輸至溫室可變率噴灑系統，以作為噴水模式之依據...等溫室遠端監控之研究 (Chen *et al.* 2007)，而本文即為在溫/網室火鶴自動施肥與灌溉的應用實例。國外雖有成功展示以個別肥料元素供給方式電腦肥灌之例子 (Lee *et al.* 2000; Prenger *et al.* 2001)，惟目前國內溫/網室火鶴花的肥培管理並未見提升，雖有部分農友嘗試利用葉上噴灌設施進行葉面施肥，同時兼用

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2309 號。接受日期：97 年 1 月 10 日。
2. 本所農工組副研究員、研究員兼組長、助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所農化組研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
4. 本所花卉中心副研究員兼主任。台灣 雲林縣 古坑鄉。
5. 通訊作者，電子郵件：jrtsay@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23325144。

為噴水灌溉，然而灌溉水中的礦物質成分會殘留在花朵上形成白色斑點，因此有業者為求改善葉面施肥所使用之水源，以增加設備來降低水源中鹽分的含量，並將灌溉與施肥分開行之，即以噴灌設施進行葉面施肥而以葉下噴灌的方式進行灌溉給水，舉凡此類粗放式的肥培管理仍不夠細膩並欠缺精準控制，無法使切花的產量與品質提升。為此，本研究於火鶴設施栽培期間導入自動化肥灌管理，並整合自動化技術與遠端監控技術，建立一套火鶴花自動肥灌與遠端即時監控系統，讓經營管理者可從遙遠的異地觀看現場的即時畫面，並經由資訊與視訊的快速傳遞，精準且即時的遂行火鶴花栽培的遠端即時監控管理，以節省人工、降低生產管理成本、提高產品品質、促進產業升級及增進花卉外銷之競爭力。

## 材料與方法

### 試驗設備

試驗所需硬體設備主要包括作業平台、肥灌監控與即時影像監視三部份：

**作業平台部份：**以置放於溫網室控制室的 ACPI Multiprocessor PC 型網頁伺服器 (Web server) 為主體，透過 ASUS WL-320 g 型無線網路收發/橋接器 (Wireless access point/bridge) 連接上本所花卉中心的網際網路系統而提供相關伺服作業；而在火鶴栽培網室端則以 ASUS WL-520g 型無線寬頻路由器 (Wireless router) 連接上花卉中心的網際網路系統而提供現場相關設備 [含方便現場作業之 ASUS 筆記型電腦 (Note book)] 之網路連線作業。

**肥灌監控部分：**以 AutoGrow ND II b 型養液供給控制器 (Fertigation controller) [包含環境感測器 (Environment sensors) 與養液感測器 (Nutrient sensors)] 為主體，透過 MOXA NPort 5110 型串列設備伺服器 (Serial device server) 連結網際網路而進行肥灌監控。以 SHOWFOU GOA-N 型進水泵 (Water-filling pump) 與 IRRITROL 205MT 型進水電磁閥 (Water-filling solenoid valve) 配合 Amiad 1" T 型進水過濾器 (Water-filling filter) 控制進水、SHOWFOU SP212 型混合攪拌肥灌泵 (Mixing and fertigation pump) 與 RAIN BIRD 200 PGA-B 型混合攪拌電磁控制閥 (Mixing control valve) 控制攪拌，其需配合 SHOWFOU CVQ-0512 型 A 與 B 液泵 (Nutrient pump for A and B nutrients)、SIRAI D132V20 型注 A 與 B 液電磁閥 (Dosing solenoid valve for A and B nutrients)，以及 ROTARY TYPE PERISTALTIC 型酸/鹼泵 (Dosing pump for acid) 進行養液之調配，最後再以 RAIN BIRD 200 PGA-B 型肥灌電磁控制閥 (Fertigation control valve) 配合 Amiad 2" T 型肥灌過濾器 (Fertigation filter) 控制肥灌，而以 GAU YEU 1009-A 型微噴嘴 (Microspray nozzle) 進行微噴灌作業。其他尚包括 HCG 19.05 mm 與 25.4 mm 浮球式水位控制器 (High level switch)、電極式水位控制器 (Low level switch)、Shihlin Electric 2p30A 與 3p30A 無熔絲開關 (No fuse breaker)、Shihlin Electric SP16 與 SP11 交流接觸器 (Contactor) 及 OMRON MK2P-I 繼電器 (Relay) 等。

**即時影像監視部分：**以 DENTEC SDS627 型球形攝影機 (Speed dome) 為主體，透過 MOXA TCC-1201 型中繼器 (Repeater) 的訊號增強後再以 DENTEC SV-201SD 型影像傳輸伺服器 (Web cam server) 連結上網際網路而進行即時影像監視，為防避雷擊影響另裝有 DITEK DTK-PVP27B 型攝影機突波保護器 (Fixed camera surge protector) 與 DITEK DTK-8FF 型電源突波保護器 (Power surge protector)。

## 使用軟體

除網頁伺服主機所需系統軟體與 Internet Explorer 外，本研究使用之軟體包括肥灌軟體 Compu Grow (3.06 版，Autogrow System, Ltd.) 與遠端遙控軟體遙控王 for Browser (4.53C 版，一加一科技公司)。

## 供試材料與試驗地點

供試材料包括火鶴花、肥料、五金零件與鐵材，試驗地點在雲林縣古坑鄉農業試驗所花卉中心溫網室 (固定式遮光率 70%外遮光網 + 遮光率 50%內遮光網 + 遮光率 10%保溫塑膠布)。火鶴係以 W 型保麗龍栽培槽栽培，介質以椰殼碎片為主，栽種品種計有 President (總統)、TARI-298 (農試所自選品種) 與 Tropical (邱比特)，並分 3 區種植，每區設置 W 型栽培槽 5-6 排、每排有 13 個 W 型栽培槽、每槽種植 8 株 (株距約 24 cm)。

## 試驗設計及資料分析

**系統之建構與運作：**建構火鶴花肥灌管路、自動肥灌控制系統及遠端即時監控系統，並進行測試與實際運作。

**火鶴肥灌養液管控與結果分析：**進行肥灌養液的管控，以及試區灌溉水質、葉片養分含量與栽培介質變化的試驗結果分析。

葉片 (植體) 養分含量分析係採集火鶴花的新成熟葉片數片，使用蒸餾水清洗後，於烘箱以 70°C 乾燥 48 hrs 隨即進行研磨成粉，並取樣品執行分解萃取。分解採用酸 (硫酸 + 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 分解 (Acid digestion) 法，取樣品精秤 0.2000 g ( $\pm$  0.0003g) + 3 mL 36 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 靜置一晚，置於分解爐中加熱。加熱條件為：(1) 100°C 1 hr；(2) 慢慢升溫至 320-340°C 2 hrs (加熱至 170°C -250°C 時須靜觀分解管加熱變化，以防止內容物外洩)；(3) 取出放冷，加入 3 mL 的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，再置於分解爐中以 280°C 加熱至溶液呈無色狀 (約 40 mins 若顏色呈黃色則酌量再加 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 至溶液呈無色)；(4) 取出放冷 (約半小時)，加水至 75 mL，搖動使之均勻。測定方法係以 ALPKEM 320 型自動分析儀進行氮含量測定 (氮-植體氮經酸分解後以 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 的形態存在於酸分解液中，利用 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 在水楊酸鈉、硝普鈉及次氯酸鈉的鹼性緩衝溶液下顯色行為，用 660 nm 波長，以吸光法測定其濃度)，並以 Jobin Yvon Ultima-C 型感應耦合電漿發射光譜儀 (Inductively Coupled Plasma Spectrometer) 測定磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅與鋅之含量。至於硼之含量則採用稀鹽酸萃取 (Dilute acid extract) 法，取植體樣品 0.5000 g ( $\pm$  0.0003 g) + 25 mL 1 N HCl 靜置 48 hrs 後，使用 2 號濾紙過濾，以 Jobin Yvon Ultima-C 型感應耦合電漿發射光譜儀 (ICP) 測定之。

栽培介質變化 (介質溶液) 分析係採用水飽和萃取 (Saturated Medium Extract, SME) 法，自火鶴植床取樣約 500 mL 體積量之介質，添加去離子水混拌，添水量恰至水飽和程度 (介質表面呈現水光澤)，靜置 1.5 hrs 待平衡後，使用真空過濾器抽取水飽和介質溶液。測定方法係以鉑電極電導度計測定介質溶液之 EC 值，以玻璃電極酸鹼度計測定介質溶液之 pH 值。

試區水質分析係取約 600 mL 之灌溉水為樣品，於現地以鉑電極電導度計及玻璃電極酸鹼度計分別測定 EC 與 pH；樣品並於當日送回實驗室，立即以 ALPKEM 320 型自動分析儀及 Agilent 7500 ce 型感應耦合電漿發射光譜儀 (ICP) 分別進行氮含量與相關元素之含量測定。

## 結 果

### 火鶴自動肥灌控制系統之架構

目前常用之肥灌 (fertigation) 類型主要區分為大量桶系統 (bulk tank system) 與噴注系統 (injector system) 兩大類，而噴注系統又可分為 Venturi 定比噴注器 (Venturi bypass injector or proportional injector)、正向位移計量幫浦 (Metering pumps) 與液壓驅動定比噴注器 (Hydraulic proportional injector) 三種 (Tsay *et al.* 2003)。本研究以大量桶系統 (bulk tank system) 為藍本，順利建立完成火鶴自動肥灌控制系統，架構如圖 1 所示，主要係由養液供給控制器、環境感測器 (含溫度、濕度及光量感測器)、養液感測器 (含 EC、pH 及液溫感測器)、儲水桶 (1000 L，含 19.05 mm 水位控制器與 25.4 mm 出水球閥各 1 只)、A 液桶 (1000 L，含 25.4 mm 出水球閥及 19.05 mm 排放球閥，以及 25.4 mm 回水與調節用球閥各 1 只)、B 液桶 (1000 L，含 25.4 mm 出水球閥及 19.05 mm 排放球閥，以及 25.4 mm 回水與調節用球閥各 1 只)、酸液桶 (500 L，含 25.4 mm 排放球閥 1 只)、混合攪拌桶 (300 L，含 25.4 mm 水位控制器、50.8 mm 出水球閥與 25.4 mm 排放球閥，以及 50.8 mm 回水與調節用球閥各 1 只)、進水加壓泵 (SHOWFOU GOA-N 型)、A 與 B 液泵 (SHOWFOU CVQ-0512 型)、混合攪拌肥灌泵 (SHOWFOU SP212 型)、酸/鹼液泵 (KNIGHT PERISTALTIC 型)、混合攪拌電磁控制閥 (RAIN BIRD 200 PGA-B 型) 3 只、肥灌電磁控制閥 (型式與混合攪拌電磁控制閥相同)、進水電磁閥 (IRRITROL 205MT 型)、注 A 液電磁閥 (SIRAI D132V20 型)、注 B 液電磁閥 (型式與注 A 液電磁閥相同)、進水過濾器 (Amiad 1" T 型)、肥灌過濾器 (Amiad 2" T 型)、壓力錶 (0-600kPa) 與低水位繼電器 3 只 (防止混合攪拌桶、A 液與 B 液桶等馬達空轉乾抽) 等組成。

系統係以養液供給控制器為核心，依據光量感測器量測所得的累積日照量 (光量子數)，同步自動控制進水、注母液 (A 液與 B 液)、注酸液、混合攪拌、養液 EC 與 pH 值調配等動作，待達到所需設定值 (EC 與 pH 值或混合攪拌時間) 時始進行肥灌。其養液供給動作分析如下：

**進水動作：**控制器依設定，自動啟動進水加壓泵與進水電磁閥，清水由 1000 L 之儲水桶，依序經 25.4 mm 出水球閥 (常開)、過濾器、進水加壓泵、進水電磁閥與浮球式水位控制器而送入混合桶，直至混合桶滿水觸動浮球停止進水。

**注 A 或 B 液動作：**控制器依設定，自動啟動 A 或 B 液泵與 A 或 B 液電磁閥，A 或 B 液由 1000 L A 或 B 液桶，依序經 25.4 mm 出水球閥 (常開)、A 或 B 液泵、回水球閥 (常開，部份 A 或 B 液送回 A 或 B 液桶)、A 或 B 液電磁閥與過濾器，最後送入混合桶 (調節球閥常閉，視需要手動調整)。

**注酸液動作：**控制器依設定，自動啟動控制器內建繼電器與酸液泵 (酸液泵設定為每隔 1 min 作動 2 secs)，酸液由 500 L 之酸液桶，藉由酸液泵自動吸取酸液送入混合桶。

**混合攪拌動作：**控制器依設定，自動啟動混合攪拌肥灌泵與混合攪拌電磁控制閥，將送入容量 300 L 混合桶之水、A 液、B 液與酸液予以混合和攪拌，並將混合桶之混合液藉由混合攪拌肥灌泵送出，部份混合液經 50.8 mm 回水閥 (常開)，部份經取樣盒內之液溫、EC 與 pH 感測器進行量測，部份經混合攪拌電磁控制閥，最後全部混合液匯回混合桶而且不斷循環，以進行養液 EC 與 pH 值調配動作。

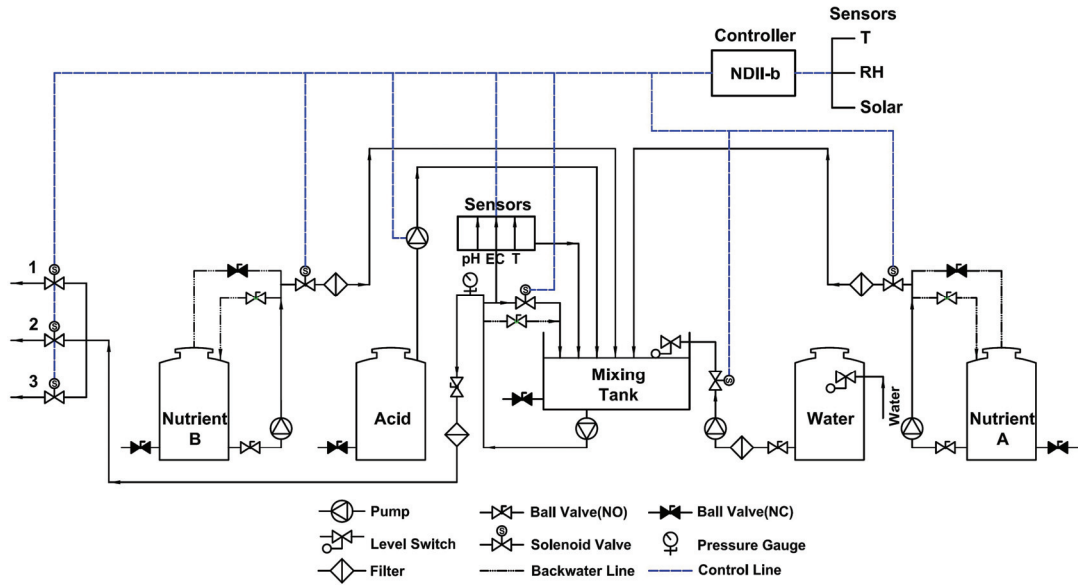


圖 1. 大量桶/批次攪拌式肥灌控制系統架構 (上) 與實況 (下)。

Fig. 1. Bulk tank type fertigation control system- schematic diagram (above) and on-site view (below).

**養液 EC 與 pH 值調配動作：**持續啟動打開混合攪拌肥灌泵與混合攪拌電磁控制閥（此時肥灌電磁控制閥呈關閉狀態），混合桶之混合液持續藉由混合攪拌肥灌泵送出，部份混合液經 50.8 mm 回水閥（常開）送回、部份經取樣盒內之液溫、EC 與 pH 感測器進行量測後送回、部份經混合攪拌電磁控制閥送回，倘混合桶之混合液 EC 與 pH 值未達設定值則混合攪拌肥灌泵、混合攪拌電磁控制閥、A 液泵、B 液泵與 A 液、B 液電磁閥持續打開並將 A 液、B 液繼續加入混合桶直至所需濃度（EC 設定值）；pH 值則利用取樣盒內之酸鹼度感測器量測，倘混合液之 pH 未達設定值則由酸液泵持續自動吸取酸液桶之酸液送入混合桶內調整，直待養液 EC 與 pH 值或混合攪拌時間達到所需設定值時始自動關閉混合攪拌電磁控制閥，以便進行後續的肥灌動作。

**肥灌動作：**啟動肥灌電磁控制閥（混合攪拌肥灌泵持續啟動，混合攪拌電磁控制閥關閉）將調配好之混合養液藉由混合攪拌肥灌泵送出，小部份混合液經 50.8 mm 回水球閥（常開）與取樣盒內之液溫、EC 與 pH 感測器送回、大部份混合液經壓力表、50.8 mm 調整球閥（常開，視需要手動調整）、過濾器至肥灌電磁控制閥送出以進行肥灌動作。

### 火鶴自動肥灌管路配置

目前常見用於火鶴施肥與灌溉的管理方式，計有葉上噴灌液肥兼灌溉、葉上噴灌液肥和葉下灌溉分行、葉上噴灌水和葉下施用長效型粒狀固體肥料分行及葉下滴灌液肥兼灌溉等，本研究係針對火鶴現有栽培系統（即以椰殼碎片為主要生產介質、W 型栽培槽為栽培容器），利用自動肥灌進行養液栽培管理，且採行施肥兼灌溉的管理方式（fertigation）進行葉下微噴灌液肥兼灌溉，取代一般固體肥料或是葉面施肥。目前已完成微噴灌式肥灌管路配置如圖 2 所示，主要由主管（管徑 50.8 mm PVC 管）、支管（管徑 25.4 mm PVC 管）與微噴嘴等組成，主管以管徑 50.8 mm PVC 管承接從混合攪拌肥灌泵經過濾器之肥灌養液，中途分別經 3 只肥灌區肥灌電磁控制閥，分 3 路直至各試區（3 個試區）之 W 型栽培槽前頭下方與置於各栽培槽中央上方的支管前端進水口銜接，每試區分別安置 5-6 排 W 型栽培槽，其上分別安裝 5-6 道支管，且於每一支管上每隔約 25-30 cm 鑿 3.3 mm 孔，用以固定散射式塑膠微噴嘴 [型號：GAU YEU 1009-A 型、安裝高度 0（貼近管路上表面）、噴灑角度  $90^\circ \times 90^\circ$ ]，每區之 5-6 道支管末端設有方便洗管排液方開啓使用之 1 只球閥（常閉、25.4 mm）形成封閉的肥灌管路，以進行肥灌作業。

用水量規劃係依據每區種植之 W 型槽數計算，本試驗共設置三區，第一區種植 66 槽（6 排  $\times$  11 槽/排），第二區種植 78 槽（6 排  $\times$  13 槽/排），第三區種植 65 槽（5 排  $\times$  13 槽/排），以第二區種植 78 槽（6 排  $\times$  13 槽/排）為例，每槽支管上設置微噴嘴 3 個，共安置微噴嘴 234 個（78 槽  $\times$  3 個/槽），每一微噴嘴實際出水量為 0.4 L/min（作業壓力 1 kg/cm<sup>2</sup>），因滴（肥）灌量之設定值為 1 min 20 secs，所以每次灌溉總出水量約為 128 L/80 secs（0.55 L/80 secs  $\times$  234 個），而該區種植火鶴花 624 株（6 排  $\times$  13 槽  $\times$  8 株/槽），故每株每次養液供給量約為 0.2L（128 L/624 株）。

### 火鶴自動肥灌遠端即時監控系統之建構

建構完成之自動肥灌遠端即時監控系統整體架構如圖 3 所示，系統包含資訊監控與視訊監視。資訊監制係以可接溫度、溼度、電導度、酸鹼度與光量等感測器的養液供給控制器為主幹，藉由 RS485 轉 RS232 之 PC 連線器將資料訊號傳至串列設備伺服器，再以 IEEE802.3 通訊標準的 10/100 BaseT 傳輸媒介將訊號傳至無線寬頻路由器，透過 IEEE802.11 b/g 通訊標準的無線電波（RF）傳輸

媒介將訊號傳至無線網路收發/橋接器與網頁伺服器，最後透過區域網路 (LAN) 或網際網路 (Internet) 進行火鶴花自動肥灌與監控。而視訊監視則由可 PTZ (Pan/Tilt/Zoom) 控制之球形攝影機將影像訊號經由中繼器 (Repeater) 將影像訊號增強與延伸傳送距離，並以 RS485 傳輸媒介將影像訊號傳至影像傳輸伺服器進行壓縮與運算處理，再以 IEEE802.3 通訊標準的 10/100 BaseT 傳輸媒介將訊號傳至無線寬頻路由器，同樣透過 IEEE802.11 b/g 通訊標準的無線電波傳輸媒介將訊號傳至無線網路收發/橋接器與網頁伺服器，最後透過區域網路及網際網路進行火鶴花自動肥灌栽培管理之監視。

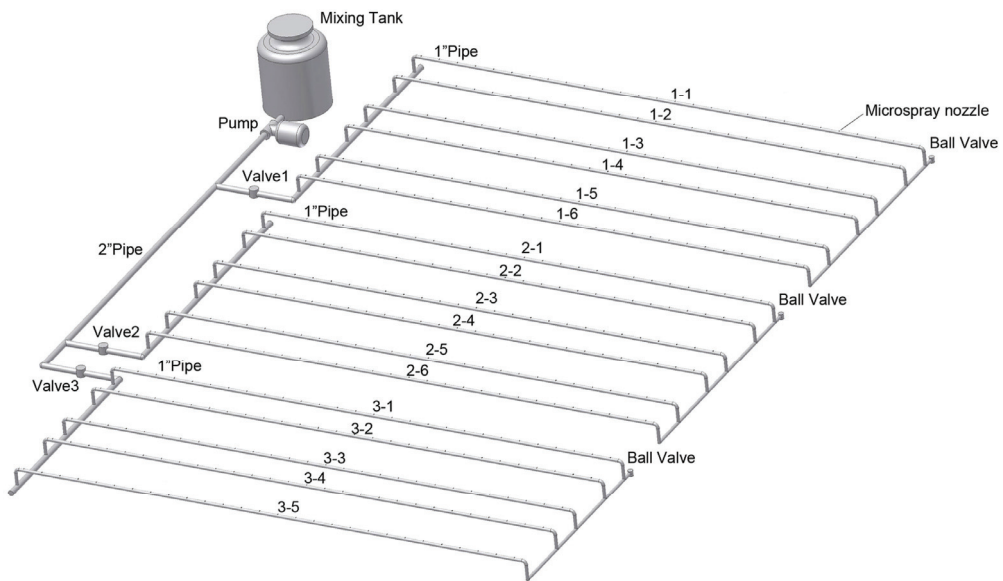


圖 2. 肥灌管路配置 (上) 與實況 (下)。

Fig. 2. Pipeline arrangement of fertigation system- layout (above) and on-site view (below).

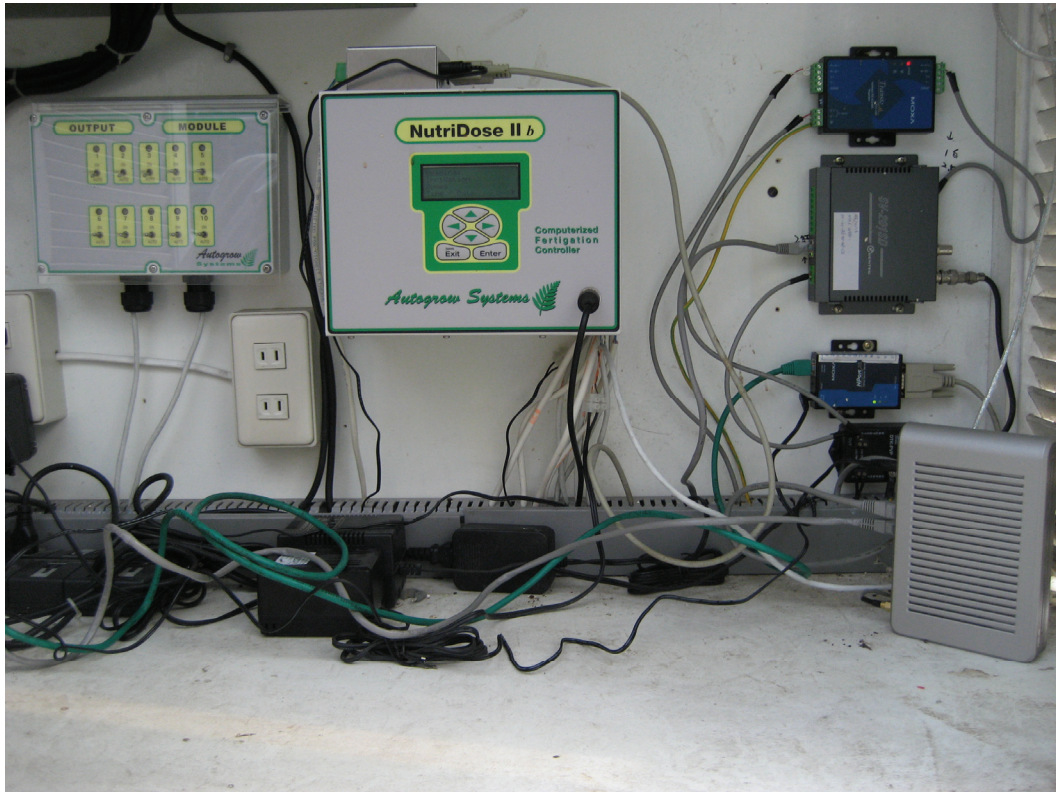
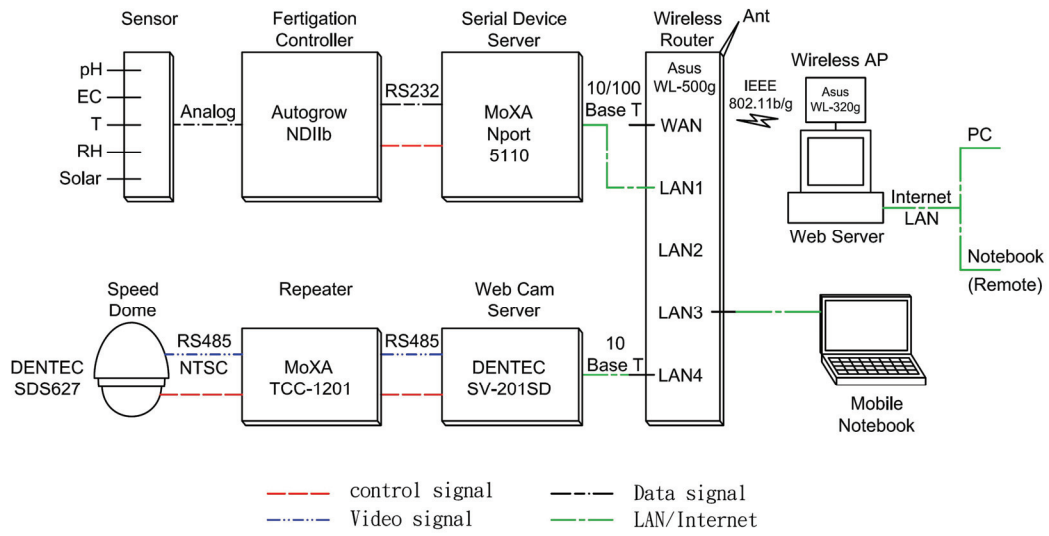


圖 3. 自動肥灌遠端即時監控系統架構 (上) 與控制平台實況 (下)。

Fig. 3. Automated fertigation and remote monitoring control system for anthurium flowers- schematic diagram (above) and on-site view of control platform (below).

簡而言之，建構完成之自動肥灌遠端即時監控系統係以自動肥灌控制器及球形攝影機為主幹，分別以串列設備伺服器與影像傳輸伺服器（接有中繼器），將資訊與視訊傳至無線寬頻路由器，再藉由無線電波傳輸至無線網路收發/橋接器與網頁伺服器（內含肥灌軟體、遙控軟體），並透過區域網路或網際網路遠端的個人電腦或筆記型電腦，藉著 Microsoft Internet Explorer 開啓指定給網頁伺服器或影像傳輸伺服器的 IP 位址，進行火鶴花自動肥灌遠端即時監視與監控管理。

### 火鶴自動肥灌控制與管路系統之運作

本系統係以養液供給控制器為核心，於進行控制器的安裝、接線與於網頁伺服器安裝肥灌軟體後，進行系統設備設定、一般設定與肥（滴）灌區（Irrigation Zone）設定。系統（設備）設定含控制器之名稱、位址、機型之設定與動作之勾選儲存；一般設定主要含母液（A、B 液）之噴注時間、酸/鹼液之噴注時間、噴注間隔、進水時間及攪拌時間等之設定如圖 4（上）所示，肥灌區設定含灌溉量（以時間計）、發動值（觸動肥灌之累積日照量設定值）、光積值（實際累積日照量）、各肥灌區之 EC、pH 設定值之設定，以及肥（滴）灌與噴注動作之勾選如圖 4（下）所示，當然亦可設定定時灌水，惟非目前討論之項目。完成設定後進行系統之測試運作，以圖 4（下）為例，觸發啟動肥灌係依據光量感測器量測所得的累積日照量（光量子數），待達到所需設定值（三區累積日照量分別為 2 mols、2 mols 與 1.6 mols）時始進行肥灌，程式可改變累積日照量之設定值自動控制肥灌時間點與施灌頻率。自動肥灌（養液供給）控制系統可進行每日肥灌次數之調節，圖 5（上）即呈現肥灌控制器於 96 年 11 月 6 日之肥灌控制情形。圖中每次肥灌等待時間線（3、6、7 線）歸零重新計數，代表系統於該時間開始肥灌動作（進水、注入母液與酸、攪拌，以及微噴灌），圖 5（上）顯示共有 2 次肥灌作業，2 次微噴灌則是因第一區與第二區之日照累積量分別達 2 mols 而驅動，EC/pH 控制精準度可由圖中 EC/pH 值與對應設定值（突起方波狀曲線）之比較而得知均在 1.1/6.0 附近，另外亦可將歷史資料匯出至 Microsoft Excel 作後續之處理分析，如圖 5（下）所示可清楚看出於 11 月 6 日 10:35:52 AM 啟動第一次肥灌（當日當時之室內光累積值為 0.07 mols）。

### 遙控軟體之安裝測試

目前可供應用之遠端遙控軟體有 VNC、Radmin 及遙控王等 40 幾種之多，可區分成安裝於主控制端電腦與受控制端電腦兩種，本研究的遠端監（遙）控作業之達成係在距溫網室 50 m 端網頁伺服器（受控端電腦）上裝設遙控王 for Browser 軟體，而在遠端（主控端）則無其他軟體之安裝，完全藉著 Microsoft Internet Explorer 或 Mozilla Firefox 分別開啓指定給受控端的網頁伺服器與影像伺服器使用之 IP 位址如圖 6（上），隨即鍵入使用者帳號與密碼即可進行相關遠端遙控作業，經測試可順利進行遙控溫網室網頁伺服器執行 Compu Grow 軟體進行溫網室自動肥灌作業之操作、遙控操作 Compu Grow 之同時以影像伺服軟體即時監視溫網室狀況 [如圖 6（下）所示]，以及遠端遙控操作檔案傳輸等作業，其除成功完成遠端遙控操作外，並可增進遠端操作者對溫室操作現況之充分掌握，更方便遠端操作者對相關歷史資料之即時擷取與在遠端進行相關設定的改變操作。

### 自動肥灌遠端即時監控系統之運作

完成串列設備伺服器與無線寬頻路由器之設定後，進行自動肥灌遠端即時監控系統測試與運作，系統係以光量感測器所取得之數據經由肥灌控制器進行處理，並藉由串列設備伺服器傳至無線寬頻路由器、無線網路收發/橋接器與網頁伺服器（內含肥灌軟體、遙控軟體），透過區域網路或

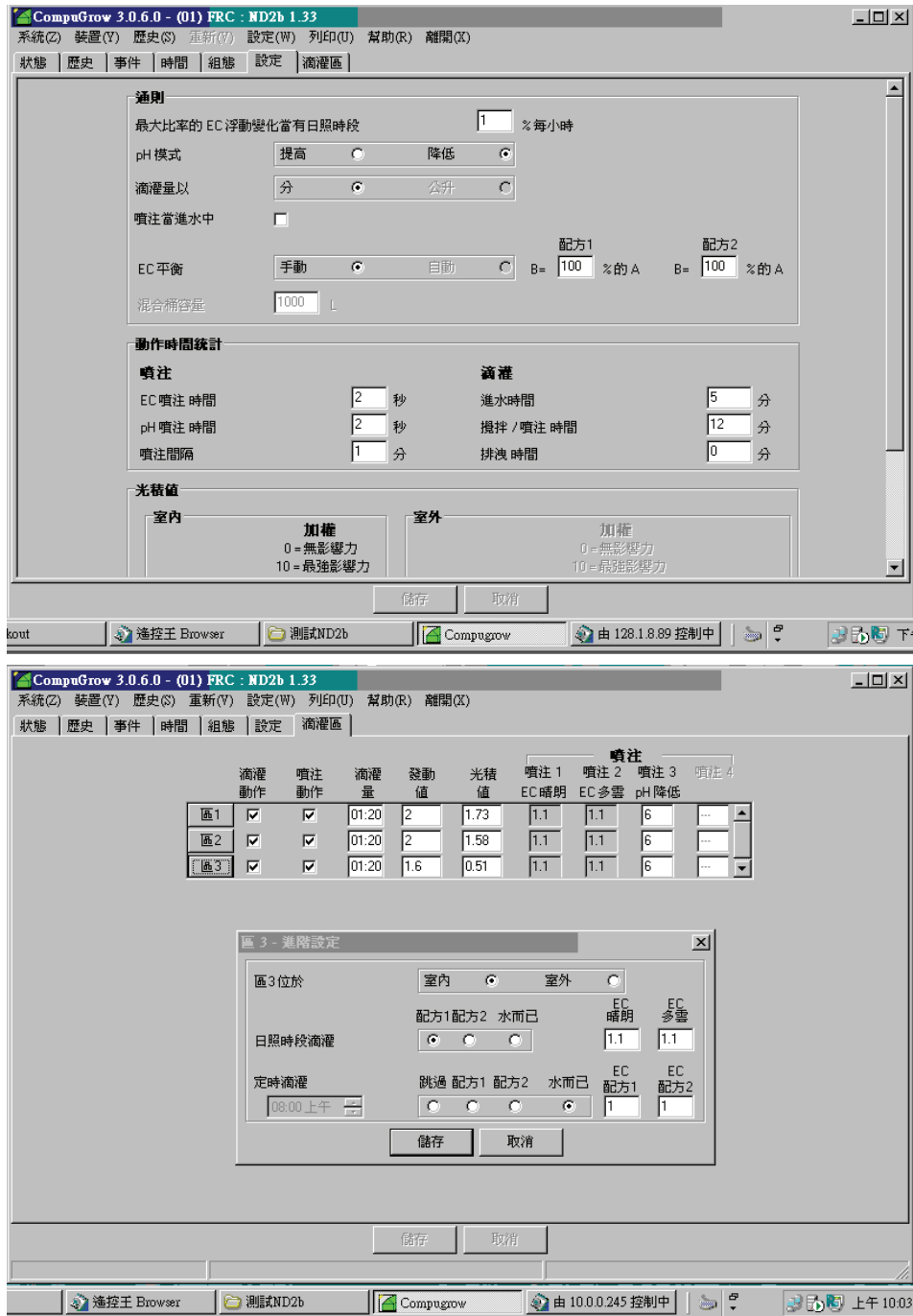


圖 4. 母液、酸液之噴注時間與進水和攪拌時間 (上) 及肥灌參數值 (下) 之設定實況。

Fig. 4. Settings of fertigation controller (above) and irrigation zones (below).

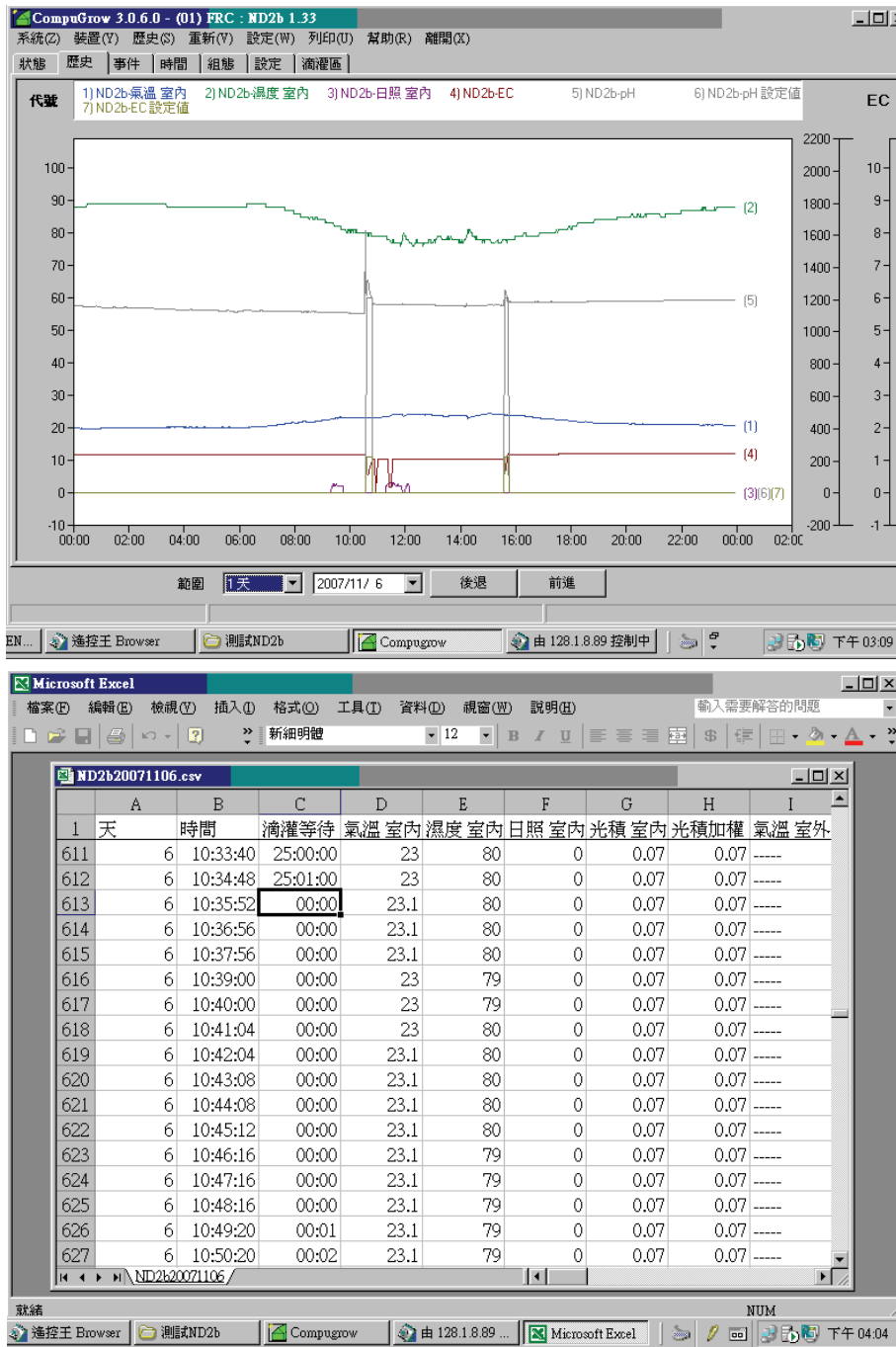


圖 5. NDIib 於 96.11.6 日之肥灌控制情形 (上) 與資料之匯出 (下)。

Fig. 5. History plot (above) and exported Excel datasheet (below) of NDIib fertigation control case on Nov. 6, 2007.

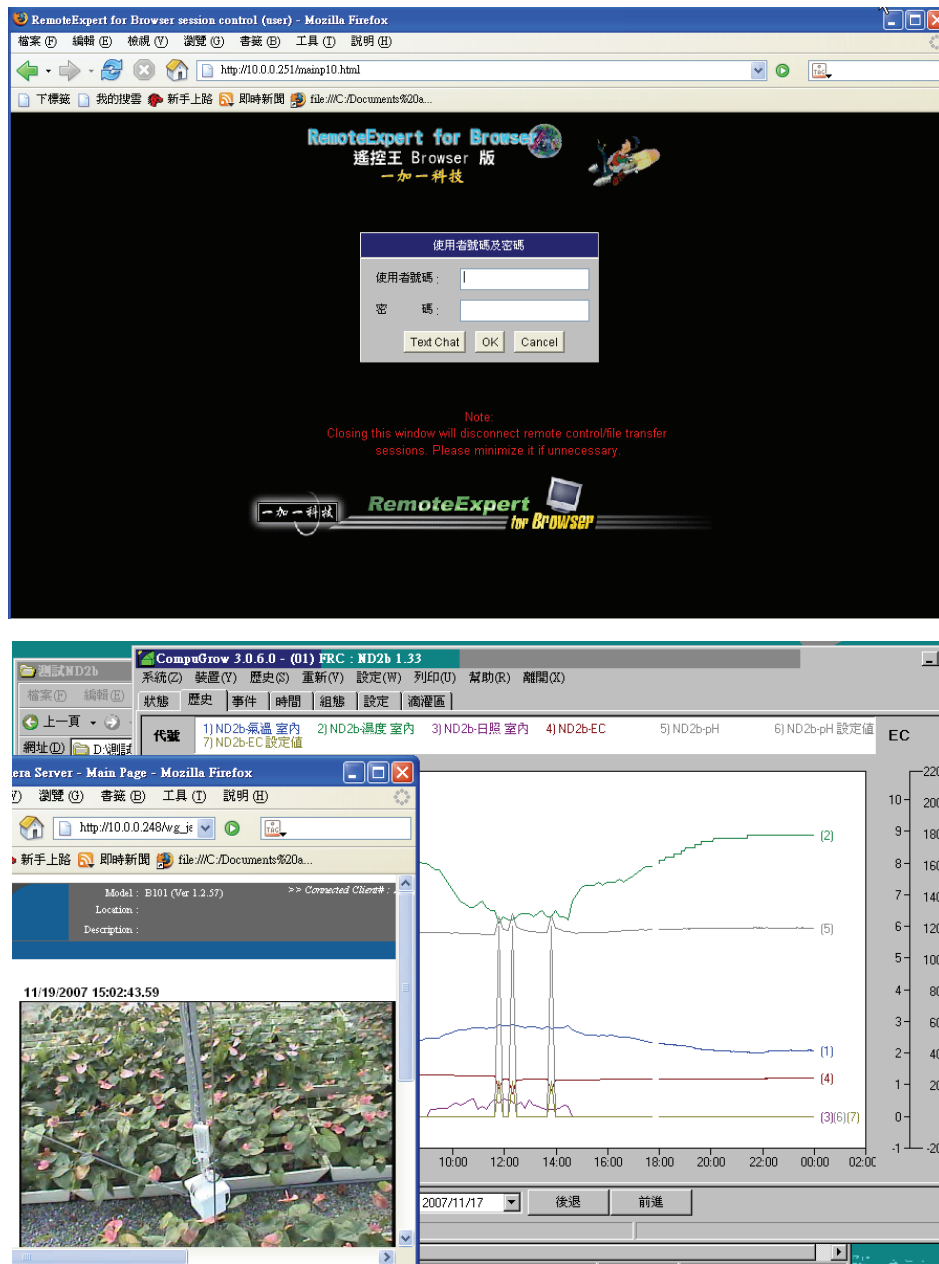


圖 6. 使用遙控王軟體作遠端遙控之連結畫面 (上) 與遠端遙控操作 CompuGrow 之同時即時監視溫室狀況 (下)。

Fig. 6. Connection window of the used remote control software (above) and the screenshot showing real-time monitoring of greenhouse conditions and remote operating of the used remote control software was conducted at the same time (below).

網際網路遠端的個人電腦或筆記型電腦，進行火鶴花自動肥灌遠端即時監控。系統經安裝、設定與測試可透過無線區域網路或網際網路正常傳送即時資訊，遠端觀看者透過遠端的個人電腦或筆記型電腦，在無需安裝其他軟體情形下，藉著 Microsoft Internet Explorer 開啓指定給網頁伺服器 (受控端電腦) 使用之 IP 位址，即可進行肥灌即時監控與設定之更改 (含動作時間和肥灌區相關參數等)。

### 影像視訊遠端即時監視系統之運作

完成影像傳輸伺服器與無線寬頻路由器之設定後，進行影像視訊遠端即時監控系統測試與運作，系統係以球形攝影機所攝取之影像經由影像傳輸伺服器進行處理，並傳至無線寬頻路由器、無線網路收發/橋接器，透過區域網路或網際網路遠端的個人電腦或筆記型電腦，進行火鶴花自動肥灌遠端即時監視。設備經安裝、設定與測試可透過無線區域網路與網際網路正常傳送即時影像，遠端觀看者透過遠端的個人電腦或筆記型電腦，在無需安裝其他軟體情形下，藉著 Microsoft Internet Explorer 開啓指定給影像傳輸伺服器使用之 IP 位址，透過影像傳輸伺服器預設觀視介面即可進行即時監視，如圖 7 所示其係本試驗栽種火鶴花之即時監視畫面，其右側之十字型控制面板 (PTZ 控制) 乃供觀看者控制球形攝影機鏡頭轉動、傾斜與焦距之操控介面。

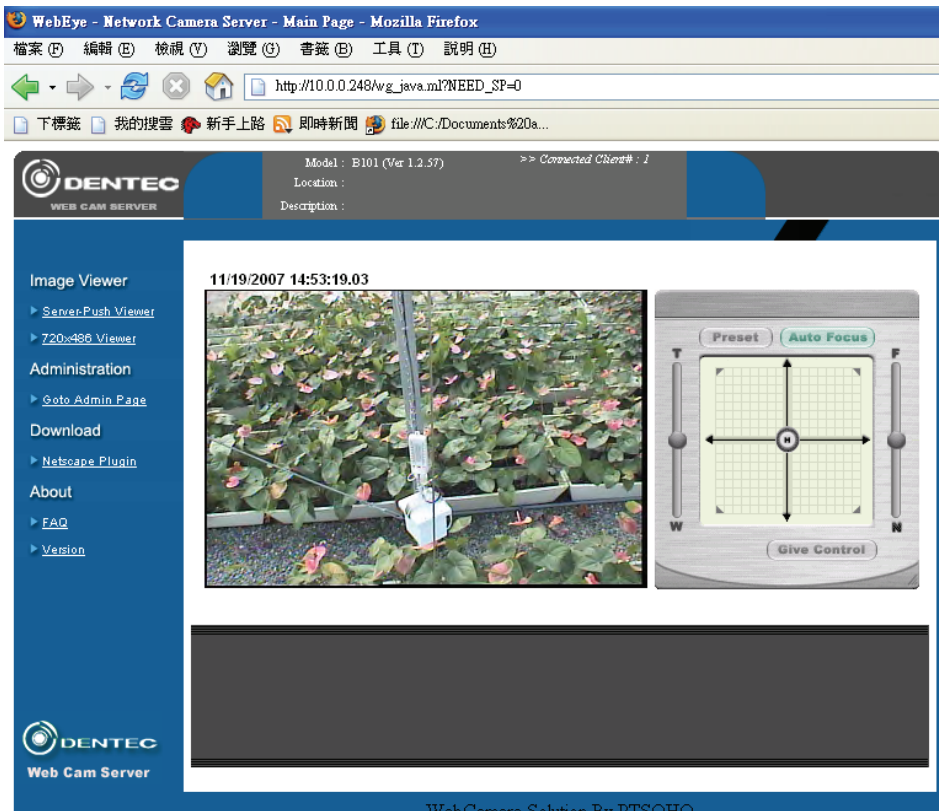


圖 7. 使用預設觀視介面即時監視試驗栽種之火鶴花。

Fig. 7. Real time video images of the cultured anthuriums via the default viewer.

### 火鶴肥灌養液管控與結果分析

試驗係以建立完成之自動肥灌系統進行火鶴自動養液栽培管理，並將自行研發之配方養液均勻混入灌溉水中，供給作物（火鶴）生長需用。試驗中除進行試區灌溉水質分析外，並針對養液配方、肥灌養液管控，以及葉片養分含量與栽培介質變化等進行試驗與分析，以期建立火鶴花養液栽培管理模式。茲將試驗結果列述於下：

**試區灌溉水質分析：**試區位於雲林古坑花卉中心，其灌溉水質為地下水，經檢測分析結果 pH 值為 7.8、EC 值為 0.4 ms/cm、鈣含量 52 ppm、鎂含量 14 ppm、鈉含量為 12 ppm、鋁含量 0.0128 ppm、鉻含量 0.0012 ppm、鎳含量 0.0023 ppm、銅含量 0.0223 ppm、鋅含量 0.2804 ppm、鉛含量 0.0016 ppm、砷、鎘與汞未偵測到，水質良好。

**營養液之儲存液：**營養液之調配係依據水質成分核算，儲存液每 100 L 含氮 725 g、磷 265 g、鉀 1715 g、鈣 1980 g、鎂 225 g 及其他必需之微量元素，為避免磷與鈣混合會產生沉澱，儲存液區分為 A 液 [氮 + 鈣 (硝酸鈣) + EDTA 鐵] 與 B 液 [磷 (磷酸一鉀) + 鉀 (氯化鉀) + 鎂 + 硫 + 微量元素]，儲存液之 pH 值以鹽酸調低至 2.0 以利長時間儲存使用；酸液為 5% 磷酸係供系統自動吸取，用以調整肥灌養液之 pH 值。

**肥灌養液管控：**試區內肥灌觸發啟動之日照累積值設定為 1.6-2 mols [溫網室遮光率約 85-87%，範圍 0-2000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  (光源範圍波長 400-700 nm 陽光下 1  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  = 55.6 Lux, 1W/m<sup>2</sup> = 250 Lux)]，每當日照量累計達設定值時就開始進行肥灌動作，而肥灌時間設定為 1 min 20 secs (每一噴頭置於株間其肥灌量約 0.4 L/min，作業壓力 1 kg/cm<sup>2</sup>)，養液供應之 EC 及 pH 設定值分別為 1.1 與 6.0。經試驗全生育期 pH 值維持在 6.0 至 6.5 之間，EC 介於 1.1 至 1.2 之間，其由肥灌控制系統自動控制，利用電導度計監測與回饋 EC 值，直接吸取儲存液稀釋至所需濃度；pH 值則利用酸鹼度計監測，由系統自動吸取磷酸調整。

**葉片養分含量分析：**植物生長所需之營養素含碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂與硫等 9 種巨量元素 (單位%)，以及鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬與氯等 7 種微量元素 (單位 ppm)，除二氧化碳由葉部的光合作用獲取外，其餘由根部介質獲取。因此葉片養分含量分析資料，除可作為養液配方調整比對之依據外，亦可成為診斷火鶴花產量之重要指標 (參考值)，據研究指出葉片氮素含量介於 1.5 至 2.0 之間、磷素含量介於 0.15 至 0.30 之間、鉀素含量介於 1.5 至 2.0 之間、鈣含量介於 1.29 至 1.62 之間，以及火鶴鎂素含量介於 0.72 至 0.99 之間，花產量最高；然而，受品種不同影響，也會有改變 (Higaki *et al.* 1992)。本研究經採樣 (新成熟葉片) 分析結果顯示植體養分含量分析資料為：葉養分含量氮 1.68%、磷 0.19%、鉀 3.45%、鈣 1.17%、鎂 0.45%、鐵 62 ppm、錳 119 ppm、銅 9.63 ppm、鋅 48 ppm 與硼 46 ppm；梗養分含量氮 0.54%、磷 0.14%、鉀 3.58%、鈣 1.37%、鎂 0.28%、鐵 46 ppm、錳 33 ppm、銅 8.99 ppm、鋅 120 ppm 與硼 103 ppm (濃度 1% = 10000 ppm)。

**栽培介質變化分析：**根據研究指出理想的火鶴介質 pH 值在 5.2-6.2 之間，最適合之 pH 值為 5.7，因火鶴對鹽類的反應較為敏感，對植株生育及切花產量而言理想的介質 EC 值約在 0.6-1.2 ds/m (ms/cm) 之間。本研究火鶴介質以椰殼碎片 (pH 約為 5.5，EC 約為 1.2 ms/cm) 為主，養液之 EC 值控制在 1.0 至 1.2 ms/cm 之間，pH 維持在 6.0 至 6.5 之間，介質栽培 2 年已經呈現酸化，3 個灌溉區之介質飽和抽出液之 pH 分別為 5.2、4.7 以及 4.3。介質鹽分累積現象發生在第二灌區，飽和

抽出液之 EC 達 2.60 ms/cm (或 ds/m)，另兩區 EC 分別為 1.45 與 1.2 ms/cm，經以低濃度養液施灌洗鹽，分別降低為 0.62、0.43 以及 0.54 ms/cm。

## 討 論

本研究係結合火鶴產業栽培管理技術、自動化肥灌管理技術、即時視訊與遠端遙控技術，整合肥灌控制設備、視訊設備、網路中介設備、電腦設備與相關軟體等，進行規畫並建構一套可供花卉產業使用之自動肥灌遠端即時監控系統。其對火鶴肥灌養液進行管控、檢驗與效果分析，以期建立標準作業模式供栽培業者參考。

目前整套系統已建構完成，肥灌控制系統之架構 (如圖 1 所示) 以光量感測器所測得的日照累積量 (光子數量) 決定肥灌的養液供給控制器 (ND II b) 為核心，有別於以定時器 (Timer)、張力計 (Tension meter) 或水份感測器 (Moisture sensor) 等決定施肥或灌溉，著重 EC 與 pH 的精準控制、及時肥灌與減低環境污染。管路系統之配置 (如圖 2 所示) 採用介於噴灌與滴灌之間的微噴灌方式，並以散射式微噴嘴進行肥灌作業，著眼於節水、省肥與花朵品質提升。自動肥灌控制與管路系統之運作，採三區輪流肥灌 (非同步)，於 1 kg/cm<sup>2</sup> 作業壓力下每次每區灌溉總出水量約為 128 L/80 sec (0.547 L/80sec × 234 個)，而肥灌泵最大出水量為 450 L/min，肥灌電磁控制閥流量 200-567 L/min (可調)，經測試運作正常符合原設計功能，可自動控制養液混合桶的 EC/pH，每區可設定不同 EC/pH 與滴 (肥) 灌量，並可依光量感測值自動調節每日肥灌次數，除可依滴 (肥) 灌時間長短之設定決定滴 (肥) 灌量外，亦可將灌肥與灌水動作分開設定之，經運作微噴嘴未見阻塞發生，並可連續記錄肥灌與栽培區微氣候資訊。

遠端即時監控與監視系統之建構與運作 (如圖 3 所示)，硬體以肥灌控制器、攝影機及網路中介設備為主軸，於網頁伺服器內安裝肥灌軟體與遙控王 for Browser 軟體，遠端 (主控端) 則無需安裝其他額外軟體，祇要透過區域網路或網際網路遠端的個人電腦或筆記型電腦，藉著 Microsoft Internet Explorer 開啓指定給網頁伺服器或影像傳輸伺服器的 IP 位址 (但 XP 作業系統建議使用 Mozilla FireFOX 瀏覽器)，就可進行火鶴花自動肥灌遠端即時監視與監控管理。由於使用 Java 遙控核心可跨越不同作業平台，隨時隨地可利用就近之電腦，達到真正之行動遙控，經測試與運作符合預期，監控效果良好，惟無線寬頻路由器與電源變壓器曾受落雷突波侵襲而停止運作，宜設法改善以求避免。

肥灌養液管控方面，首重試區水質的檢測分析，調配養液之水質其 EC 值介於 0.5-1.0 ms/cm、鈣 40-80 ppm 與鈉小於 23 ppm 均可接受，惟不能含有過量之汞 (Hg)、鉛 (Pb) 與砷 (As) 等重金屬或過多之鈣 (Ca)、鎂 (Mg) 與鐵 (Fe)，氯成分亦不宜超過 35 ppm；本研究試區水質經分析結果顯示其 pH 值為 7.8、EC 值為 0.4 ms/cm (自來水 EC 值為 0.55-0.8 ms/cm、pH 值為 5.8-8.5)、鈣含量 52 ppm、鎂含量 14 ppm、鈉含量為 12 ppm、重金屬含量極低，水質良好，惟對火鶴栽培而言，水質除 pH 值與 EC 值需調整外，鈣、鎂供應量於養液調配時應列入計算考慮項目。自動肥灌試驗時養液供應之設定 EC 為 1.1、pH 為 6.0，經試驗全生育期 pH 值維持在 6.0 至 6.5 之間，EC 介於 1.1 至 1.2 之間，而 N、P 與 K 濃度約為 34 ppm、13 ppm 與 82 ppm，試驗期間採集火鶴的新成熟葉片進行葉片養分含量分析，其結果與前人研究資料 (Higaki *et al.* 1992) 比對顯示，鉀素含量偏高，鈣、

鎂含量偏低，Ca/K、Mg/K 分別為 0.34 與 0.13 遠低於 0.5 至 1.0 範圍，其使用之配方還有調整空間，宜調整養液配方降低鉀素含量，提高鈣鎂含量及灌溉水中碳酸根之含量，以提升火鶴切花產量。而養液控制是否適當，可由栽培介質之變化分析窺究一二，本研究栽培 2 年介質已經呈現酸化，3 個灌溉區之介質飽和抽出液之 pH 分別為 5.2、4.7 以及 4.3，顯然低於原介質 pH 值 (5.5)；養液之 EC 維持在 1.0 至 1.2 ds/m 之間，而介質鹽分累積現象發生在第二灌區，飽和抽出液之 EC 值達 2.60 ms/cm，另兩區 EC 分別為 1.45 與 1.22 ms/cm，顯然高於原介質 EC 值 (1.2 ds/m)，經以低濃度養液施灌洗鹽，分別降低為 0.62、0.43 以及 0.54 ds/m。之所以會發生栽培介質化性劣變 (酸化與鹽積) 可能因為受到養液緩衝能量之不足與火鶴肥灌頻率 [依設定 (1.6-2 mols) 每天啟動肥灌養液 1-2 次，每次 1 min 20 secs，未啟動灌水洗鹽] 過高致介質分解產酸等多因子之影響，肥灌頻率過高除容易引起介質分解過快之現象發生外，也會導致滲漏損失，故為免除栽培介質劣化現象發生，宜調整肥灌頻率降低用肥量；建議 11 月至次年 4 月使用本自動肥灌系統進行作業時可設定每隔 1 天啟動灌肥 1 次 (每次 1 min 20 secs)，5-10 月則設定每天啟動灌肥 1 次 (每次 1 min 20 secs)，施肥操作之監測除定期進行水質、葉片與介質的檢測分析外，並輔以排放監測器於肥灌後從栽培槽底部收集排出液 (排放液 EC 超過 1.5 ms/cm 表示介質已鹽化) 檢測分析 pH、EC 值與介質的含水率，以便及時調整肥灌策略與求出理想的肥料配方，進而進行後續的切花產量 (每株火鶴之年切花產量) 與品質 (含苞片長度、寬度與切花長度) 比較試驗，以找出火鶴栽培之最佳化作業條件。

總之，本研究已成功的整合相關技術與設備，建立一套溫網室自動肥灌遠端即時監控系統，經試驗與運作評估證實肥灌性能、遠端即時監控與即時監視狀況良好，使設施 (溫/網室) 栽培管理達到「操作者坐臥家中，設施內狀況與控制盡在彈指之間」之境界，可謂先進更具方便性之溫室管理模式，除應用於火鶴花自動肥灌遠端監控管理外，亦可供花卉或其他高經濟作物栽培管理用。由於網路攝影機與影像伺服器的整合日趨精進，可預見本遠端即時監視系統之網路中介設備未來尚有大幅簡化的空間，本研究經驗得知系統最好備有不斷電系統 (UPS)，並應強化雷擊防護，除電源、變壓器、電子設備、網路中介設備與視訊設備等必須有落雷突波防護設計外，網路訊號突波防護亦應一併考慮設置，並注意預防網路病毒侵入，以確保系統可長期順利運作。

## 誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會 94 農科-6.1.2-農-C1 計畫補助經費，以及王焜瑜先生、農化組葉明智先生、花卉中心王啓源先生、本組柯平福先生、簡文章先生、魏阿娟小姐協助試驗始得以完成，謹此誌謝。

## 引用文獻 (Literature cited)

- Chen, S., K. Hsieh, Y. Huang, L. Yang, C. Chen, H. Lu, C. Chang, H. Lin, Y. Chen, and C. Chen. 2007. Automation on precision cultivation and remote control for greenhouse production. p.64-75. in the Proceeding of 2007 Symposium on Applications of Information Technology in Agriculture of Taiwan Agriculture Information Technology Association Pub. Taipei, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

- Higaki, T., J. S. Imarura, and R. E. Paull. 1992. N, P, K rate and leaf tissue standards for optimum *Anthurium andraeanum* flower production. *HortScience* 27(8):909-912.
- Lee, I. B., P. Fynn, and T. Short. 2000. Development and evaluation of a computer-controlled fertigation system. *Appl. Eng. Agric.* 16(3):279-284.
- Prenger, J. J., R. C. Hansen, C. Glynn, and D. A. Herms. 2001. Computer-controlled delivery of five levels of nutrients to container-grown willow. ASAE Paper No. 01-8013. St. Joseph, MI: ASAE.
- Tsay, J., W. Shyu, W. Hsiang, L. Liang, L. Lu, G. Chang, C. Sheng, K. Hsieh, and Y. Huang. 2003. A digital environment control and fertigation system integrated with wireless LAN and Real Time video images. p.210-215. *in the Proceeding of 2003 Symposium on Applications of Information Technology in Agriculture of Taiwan Agriculture Information Technology Association Pub.* Taipei, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

# Studies on Automated Fertigation and Remote Monitoring Control System for Anthurium Flowers<sup>1</sup>

Lung-Hu Lu<sup>2</sup>, Jyh-Rong Tsay<sup>2,5</sup>, Wei-Ming Hsiang<sup>3</sup>, Wu-Huann Shyu<sup>2</sup>,  
and Keng-Chang Chuang<sup>4</sup>

## Abstract

Lu, L. H., J. R. Tsay, W. M. Hsiang, W. H. Shyu, and K. C. Chuang. 2008. Studies on automated fertigation and remote monitoring control system for anthurium flowers. *J. Taiwan Agric. Res.* 57:15-32.

The objective of this study is to establish an automated fertigation and remote monitoring control system for anthurium flowers. With purposes to enhance quality of products, to reduce labor requirement and production management cost, and to upgrade competition ability of the industry, the developed system is expected to help the proprietors of anthurium cultivation fulfill automated fertigation and real-time monitoring control at a far away place. Based on an automated fertigation controller and an internet camera with a speed dome, the established system could transmit information and video images through a serial device server and a web cam server respectively to internet network, thus facilitating the automated fertigation, real-time video monitoring and control of anthurium cultivation remotely. Results from tests proved that the developed system behaves well and meets the proposed goal. It could be utilized in automated fertigation and remote monitoring management for not only anthurium, but also other flowers and high value crops.

**Key words:** Anthurium, Automated fertigation, Remote monitoring control system, Real time.

- 
1. Contribution No.2309 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: January 10, 2008.
  2. Respectively, Associate Researcher, Senior Engineer and Director, Assistant Researcher, Agricultural Engineering Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
  3. Senior Researcher, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
  4. Associate Researcher and Director, Floricultural Research Center, ARI, KuKeng, YunLin, Taiwan, ROC.
  5. Corresponding author, e-mail: jrtsay@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23325144.