

移動式自動噴灌裝置之研製¹

楊清富、鄭榮瑞、鍾瑞永、林子傑²

摘 要

楊清富、鄭榮瑞、鍾瑞永、林子傑。2011。移動式自動噴灌裝置之研製。臺南區農業改良場研究彙報 57：48-60。

近年來本場致力於短期葉菜生產自動化的開發研究，為了解決灌溉作業的問題，本研究透過簡單的機構設計，配合圖控程式進行控制，完成了一套實用的噴灌裝置。本裝置目前併入本場短期葉菜生產自動化作業系統中，負責執行水分及養液噴灌作業。對於提升葉菜品質及降低栽培管理所需的人力具有實質的效益，同時使短期葉菜生產自動化的技術更邁前一步。

關鍵詞：噴灌、自動化、G 程式語言

接受日期：2011 年 5 月 23 日

前 言

近年來設施栽培已廣泛應用在蔬果花卉的生產上，其最大的特色，就是利用設施建立與外界分隔的空間，並透過環境管理技術，使環境條件更適於作物的生長，進而控制產量、品質與調節產期。設施栽培透過水分、養液管理，可控制植株生長速率和品質，並可達到節水的訴求。灌溉作業對於栽培的重要性自不待言，其主要作用是維持栽培介質中水分含量在適當的範圍，使其適於作物的生長。較佳的灌溉作業管理須確保供給的水量，使能滿足栽培作物的需要。然而灌溉作業為頻繁、單調且不能中斷的作業，即使指派專人管理亦難精確地進行，尤其在人工缺乏的環境下問題更為嚴重，因此灌溉作業朝自動化發展有其必要性。近年來本場致力發展生產自動化作業系統，已開發了短期葉菜生產自動化作業系統。在栽培管理上為獲致均一的葉菜品質，及便於進行各種噴灌試驗，遂開發移動式自動噴灌裝置，利用電腦進行噴灌作業的控制，透過人機介面調整設定各種噴灌操作，消除人為不利的因素，使短期葉菜的生產進一步導向自動化的模式。

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 383 號。

2. 臺南區農業改良場助理研究員、研究員兼副場長、副研究員、助理研究員。

材料及方法

一、試驗設備

- (一) 噴灌裝置一套：包括驅動主機、管式噴架、加壓單元等之設計及研製。
- (二) 噴灌控制系統一套：包括 Pentium4 3.0GHz CPU 桌上型電腦、控制機箱 NI PXI-1036 6-Slot 3U Chassis、機箱遠端電腦控制組件 NI PXI-PCI8331 MXI-4 kit、數位輸入／輸出模組 NI PXI-6514、訊號接線盒 SCB-100 等。本研究控制程式以 NI LabVIEW 8.5 軟體撰寫。

二、試驗設計

(一) 噴灌裝置的設計及研製

主要機構包括帶動噴架移動的驅動主機及將養液或水加壓輸送到噴嘴的加壓單元。驅動主機以 AC 馬達及馬達控制器配合控制程式，使噴架能以三種速度移動及改變移動方向。加壓單元以兩組高壓力噴霧機及儲液桶，分別壓送養液或水到噴架，再控制電磁閥由指定噴頭噴出。

(二) 控制程式及介面之開發

爲了建立更方便控制的操作面板，在 LabVIEW 環境中透過人機介面（Front panel）、程式方塊圖（Block diagram）、及圖示與連接器（Icon/Connector）撰寫程式，建立操作者與受控系統之互動關係。使所有受控元件輸出和輸入的狀態均能清楚的顯示於人機介面上，而在進行噴灌試驗時能輕易改變或設定相關的參數。

(三) 噴灌裝置運轉測試及噴灌量試驗

組裝完成之噴灌裝置及控制藉由測試以瞭解其性能，測試項目包括運轉的穩定性及噴灌分佈的情形。運轉穩定性之測試以計測驅動主機在去程及回程所耗時間進行比較。噴灌分佈的測試方法，是先調整每噴頭使其流量相近，再將栽培箱（4 列 × 21 個）均勻排列在植床上，分別以不同的速度進行噴灌後秤取每個栽培箱所承接的水量，經由承接水量的分佈，即可瞭解實際噴灌之均勻性。

結果與討論

一、噴灌裝置的設計及研製

本研究主要是爲建構一套噴灌系統，以因應本場短期葉菜生產自動化作業系統，進行自動化水分及養液管理。在功能需求上必須要能均勻噴佈、易於操作維護、便於設定調整控制。經規劃設計，整體結構如圖 1 所示。主要構造是在溫室橫樑下，架設兩條平行的齒條，驅動主機橫跨在齒條上，用以帶動噴架以定速在植床上方移動。噴架上的噴頭透過電磁閥進行開/關控制，以對下方的作物進行噴灌。其中驅動主機的及噴頭電磁閥均透過人機介面進行控制。以下針對各個主要項目進行說明：

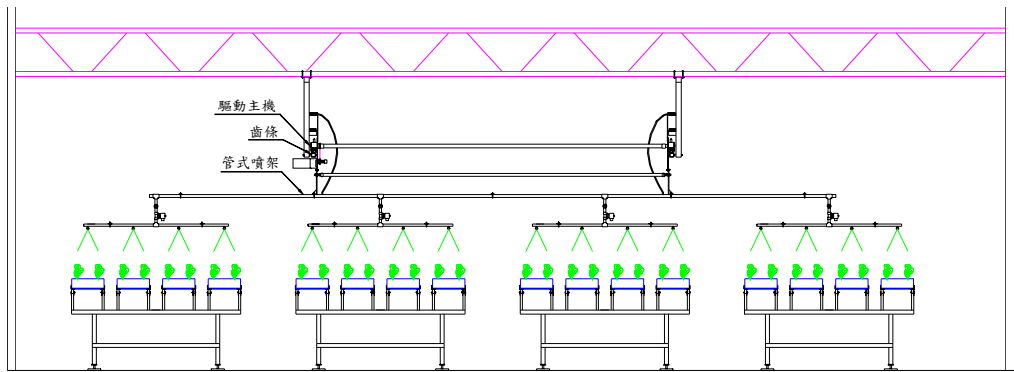


圖 1. 移動式自動噴灌裝置

Fig. 1. Self-propelled automatic spray irrigation device

(一) 驅動主機

驅動主機（圖 2）用以帶動噴架定速移動，使噴灌更為均勻。主機由固定座、AC 馬達、減速齒輪箱、驅動齒輪組、支撐輪等所組成。主機以前、後兩個支撐輪支撐在齒軌上方，支撐輪輪面嵌入 U 型齒條的凹槽內。馬達驅動時經由傳動鏈條帶動驅動齒輪組內與齒條嚙合的副齒輪，而使主機沿著齒條移動。AC 馬達經減速齒輪箱後減速為 0~30 rpm，驅動齒輪組主軸旋轉一周會在齒條上移動 79.2 mm，因此主機移動速度為 0~2.376 m/min。在本研究中，噴灌量是以調整噴架移動的速度進行控制，噴架移動速度越慢噴灌的水量越多。考量作物各個生長階段對水分的需求量有所不同，經試驗後設定三種噴架移動速度，分別為低速（1.36 m/min）、中速（1.66 m/min）、高速（1.94 m/min）三種，以配合葉菜早期、中期及後期生長水份管理所需。

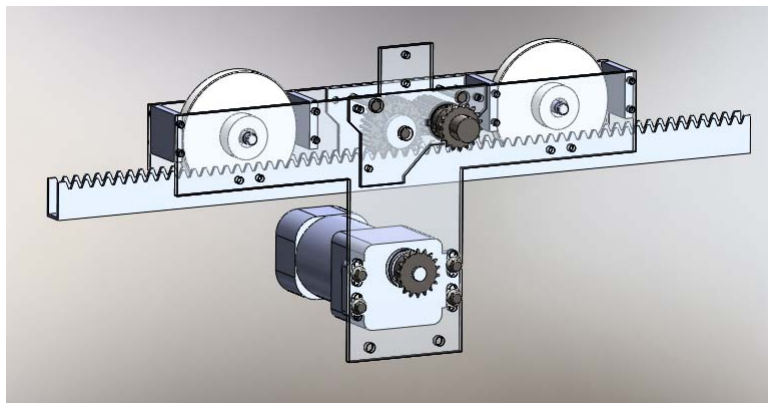


圖 2. 驅動主機

Fig. 2. main driver

(二) 管式噴架及加壓單元

管式噴架以不銹鋼管為主體結構，附掛於驅動主機下方。管體內側作為流體通道，同時以自身的剛性支撐並向兩側伸展。噴架下半部為控制噴灌開、關的電磁閥及噴頭。配合水份、養液兩種噴灌所需，本裝置分別設置兩列四組噴頭對應四列栽

培植床。加壓單元（圖 3）由高壓動力噴霧機及儲液桶所組成，水、養液經加壓後由管路傳輸至管式噴架，再經電磁閥由噴頭噴出。為避免噴頭阻塞影響噴灌，管路中亦設置過濾器以過濾雜物。圖 4 為本裝置實際作業之情形。



圖 3. 加壓單元

Fig. 3. Pressurization unit



圖 4. 噴灑作業

Fig. 4. Spray irrigation

二、控制程式及介面

本研究以 LabVIEW 8.5 圖控語言作為電腦介面整合，並透過 PXI 控制機箱及數位輸入/輸出模組(PXI 6514)進行介面控制，其中 6514 為一具有 32 數位輸入與 32 數位輸出的資料擷取模組。為使噴灌裝置能依設計作動，控制的部分包括：驅動主機、噴頭電磁閥、動力噴霧機。在驅動主機的 control，以馬達控制器配合由數位輸入/輸出模組驅動的接點開關進行開/關、速度、運轉方向等 control。馬達 control 的接線圖如圖 5 所示，其中五個 control 開關 RUN/STOP、CW/CCW、SPDH、SPDM、SPDL，分別由 6514 的數位輸出接腳 P4.3、P4.4、P4.5、P4.6、P4.7 所 control，6514 輸出接線如圖 6 所示。驅動主機 control 程式方塊圖如圖 7 所示。

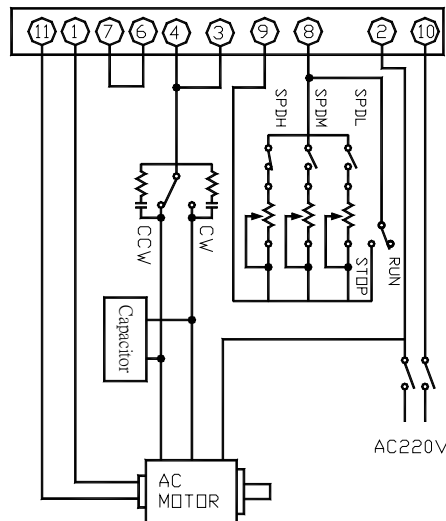


圖 5. AC 馬達 controller 接線圖

Fig. 5. AC motor controller wiring

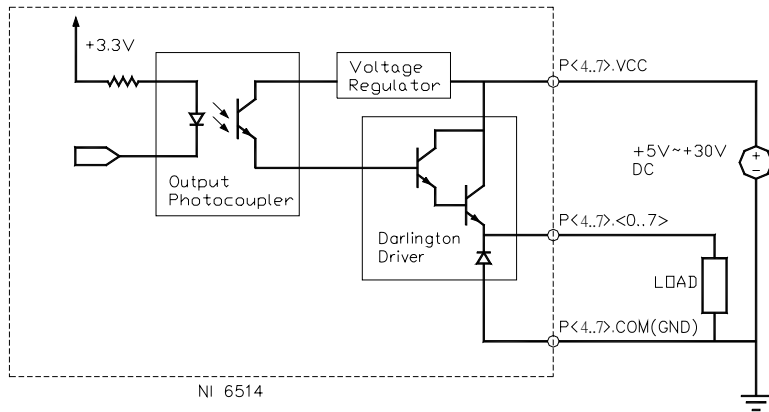


圖 6. 6514 輸出接線圖
Fig. 6. 6514 output wiring

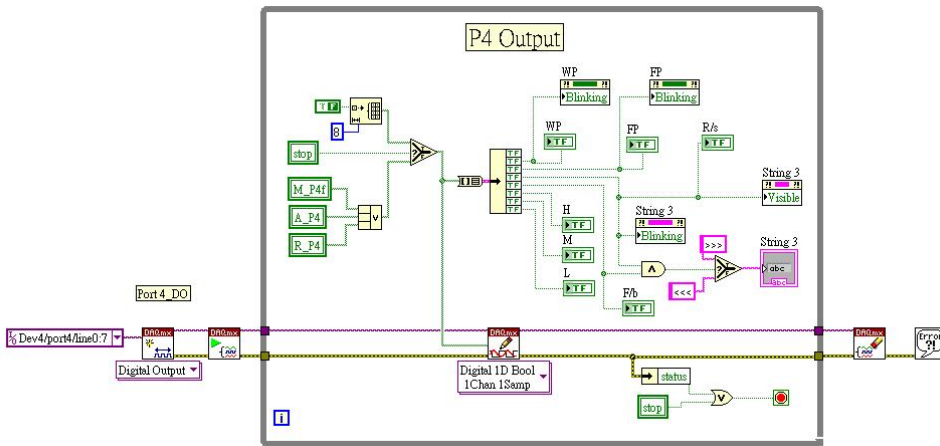


圖 7. 驅動主機控制程式方塊圖
Fig. 7. main driver control block diagram

為了取得噴架在齒條上移動的位置資訊，在馬達輸出軸連接一個旋轉編碼器（60 P/rev），當馬達旋轉時產生脈波訊號。透過 6514 的數位輸入接腳計數脈波數，即可換算成位置資訊，並顯示在人機介面上。其中旋轉編碼器及 6514 輸入接線圖如圖 8、圖 9 所示，此部份的程式方塊圖如圖 10 所示。

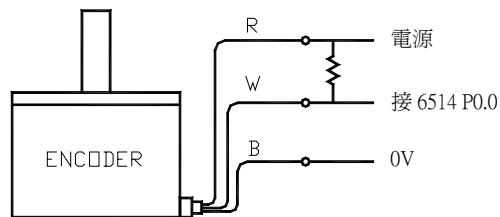


圖 8. 旋轉編碼器接線圖
Fig. 8. Encoder wiring

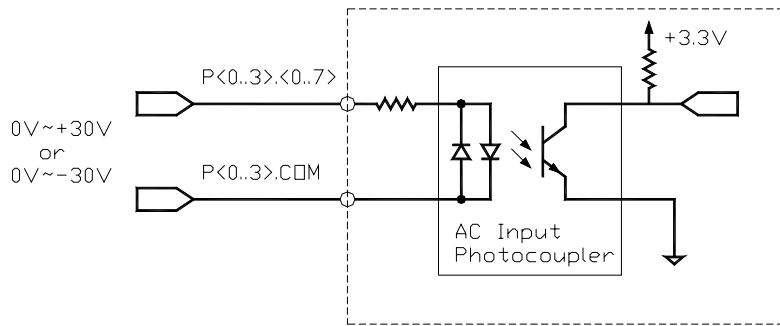


圖 9. 6514 輸入接線圖
Fig. 9. 6514 input wiring

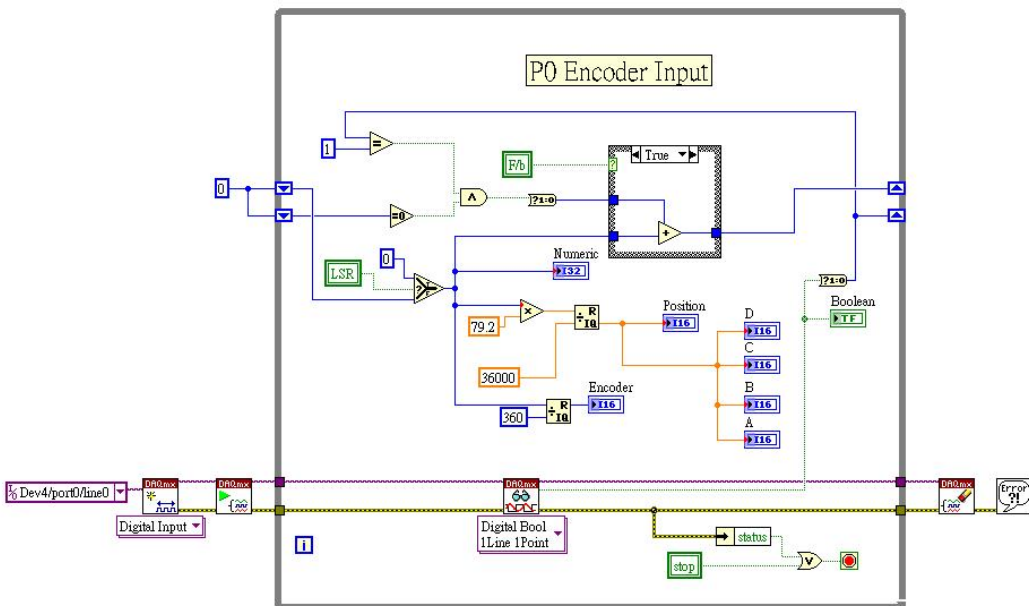


圖 10. 旋轉編碼器輸入訊號程式方塊圖
Fig. 10. Encoder input block diagram

噴頭電磁閥的控制如同上述輸出控制，均由數位輸入/輸出模組產生輸出訊號控制小型繼電器，再以繼電器驅動噴頭電磁閥進行控制。而動力噴霧機亦由數位輸入/輸出模組產生輸出訊號控制小型繼電器，再以繼電器驅動電磁開關進行開/關控制。至於驅動主機在軌道兩端觸發的端點信號，是將極限開關的訊號透過數位輸入/輸出模組傳入控制程式中。本裝置控制訊號規劃及接腳配置如表 1 所示，人機控制介面如圖 11 所示。

表 1. 控制訊號及接腳配置

Table 1. Control signal and pin assignments

控制項目	控制/檢知項目	訊號方向	通訊埠
驅動主機	RUN/STOP	OUTPUT	P4.3
	方向	OUTPUT	P4.4
	速度	OUTPUT	P4.5~7
	位置信號	INPUT	P0.0
	端點信號	INPUT	P1.0~1
動力噴霧機（水）	ON/OFF	OUTPUT	P4.1
動力噴霧機（養液）	ON/OFF	OUTPUT	P4.2
噴頭電磁閥	ON/OFF	OUTPUT	P5.0~7

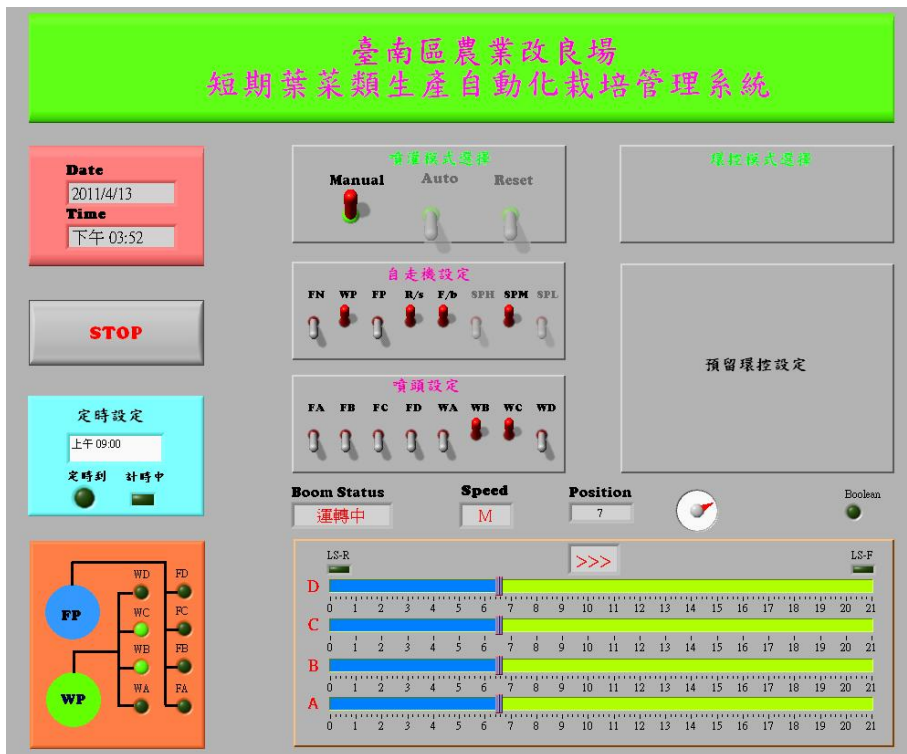


圖 11. 人機控制介面

Fig. 11. Front panel

三、噴灌裝置運轉測試及噴灌量試驗

本裝置主要設計構想是要藉由一組移動速度穩定的噴架，以達到均勻噴灌的目的。影響驅動之阻力除了機械的摩擦阻力，還包括不同方向拖動管線及電纜的阻力。測試驅動阻力之影響，採測試去程及回程所耗時間（表 2）進行比較，結果顯示去程及回程所耗時間幾乎相同。噴灌量的試驗中，分別於低速、中速及高速行進速度進行噴

灌，再量測植床上每個栽培箱所承接的水量（表 3、4、5）。量測結果，在低速時栽培箱承水量平均值為 299g，標準差 25.7。在中速時栽培箱承水量平均值為 215g，標準差 12.4。在高速時栽培箱承水量平均值為 157g，標準差 10.5。結果顯示，在不同行進速度下，噴灌量呈均勻之分佈如圖 12~14。

表 2. 噴灌裝置行程運轉測試（單位：sec）

Table 2. Spray irrigation device moving test (unit:sec)

速度 行程	低速	中速	高速
去程	553	452	386
回程	553	453	386

表 3. 低速噴灌水量量測（單位：g）

Table 3. Measurement of spray irrigation quantity with low speed moving (unit:g)

第 1 列	第 2 列	第 3 列	第 4 列
261	254	279	326
314	258	277	276
282	260	273	314
262	264	287	337
325	262	294	277
287	270	304	307
329	305	268	292
279	268	311	343
334	305	263	271
325	276	289	303
307	274	301	320
277	280	297	341
270	282	311	337
304	273	312	335
313	343	268	308
299	277	313	303
341	270	331	306
335	329	283	303
286	294	337	342
297	305	320	339
298	313	328	337

表 4. 中速噴灌水量量測 (單位 : g)

Table 4. Measurement of spray irrigation quantity with median speed moving (unit:g)

第 1 列	第 2 列	第 3 列	第 4 列
196	194	195	205
223	221	228	237
215	208	217	230
206	222	228	230
234	214	232	209
236	212	228	230
227	224	210	233
206	206	229	229
214	226	224	226
219	208	210	220
214	208	219	226
192	210	210	224
196	210	219	224
208	202	220	214
201	212	199	216
205	194	235	229
210	197	222	220
217	223	201	227
198	191	230	217
206	226	225	225
187	196	206	225

表 5. 高速噴灌水量量測 (單位 : g)

Table 5. Measurement of spray irrigation quantity with high speed moving (unit:g)

第 1 列	第 2 列	第 3 列	第 4 列
156	143	135	141
145	150	146	145
160	154	159	152
141	154	144	165
156	147	166	157
154	143	157	168
162	148	162	166
152	135	155	164
161	154	165	156
168	157	159	168
165	156	164	157
138	163	165	172
143	168	168	156
173	163	177	180
173	174	177	167
151	153	169	176
158	153	152	145
156	150	157	154
144	145	171	168
166	155	148	144
152	158	148	138

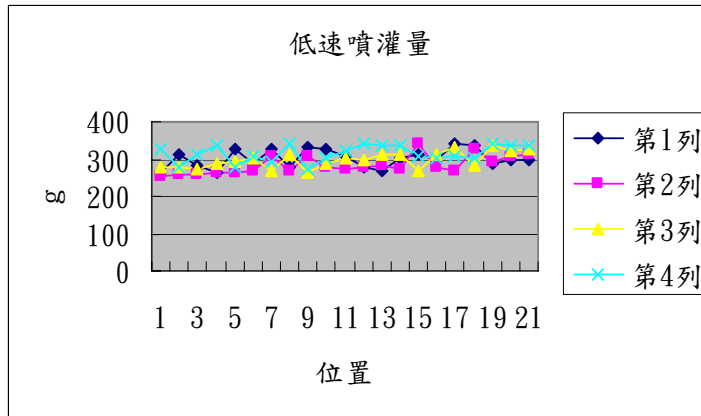


圖 12. 低速噴灌水量分佈 (平均值：299g，標準差：25.7)

Fig. 12. Distribution of spray irrigation with low speed moving (mean:299g, std:25.7)

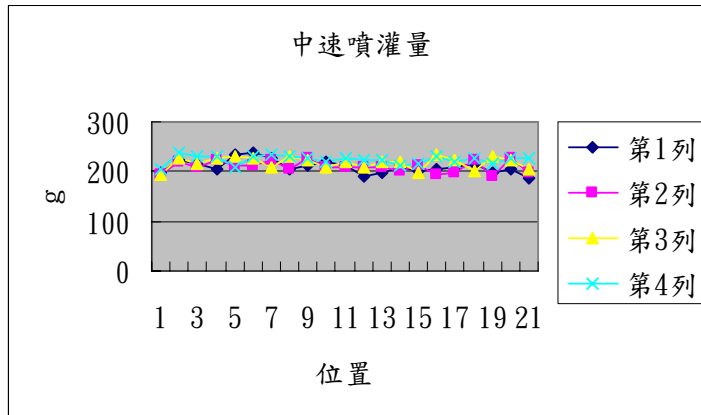


圖 13. 中速噴灌水量分佈 (平均值：215g，標準差：12.4)

Fig. 13. Distribution of spray irrigation with median speed moving (mean:215g, std:12.4)

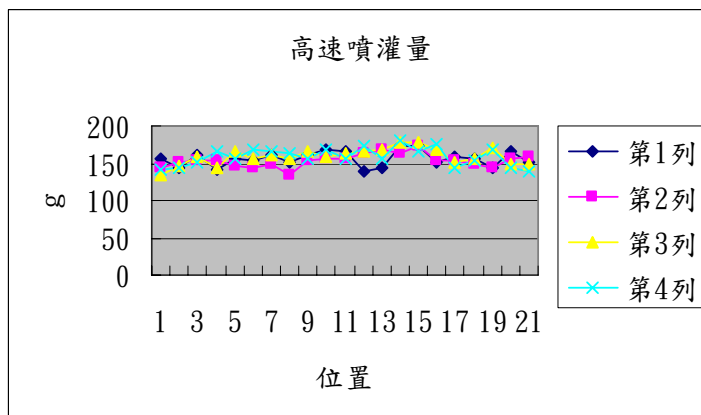


圖 14. 高速噴灌水量分佈 (平均值：157g，標準差：10.5)

Fig. 14. Distribution of spray irrigation with high speed moving (mean:157g, std:10.5)

本裝置經運轉試驗，具有噴佈均勻、操作簡單、作業穩定的特性。現階段的噴灌模式分為手動操作及定時操作控制，雖然尚未參考作物狀態及環境條件所回饋的信號。但由於整個控制已經數位化，因此能夠輕易整合到自動控制系統中。至於如何正確估算作物的需水量，適時做出最佳的水分供應仍是值得研究的課題。因為影響噴灌的條件包括：介質條件—介質之體積、含水率、表面蒸發率等；氣象條件—栽培季節之溫、濕度，光照強度等；栽培條件—植株生長速度、蒸散量、植物種類、大小、栽培密度等。因此最佳的自動化噴灌必須要能偵測介質水份含量，同時檢測氣象環境條件及作物生長狀況。再依上述條件自動演算最佳的噴灌水量及噴灌期距。這樣一來才能做最完善的水分、養液管理，以滿足作物最佳的生理需求及降低用水的消耗量。未來的研究中將再導入上述的條件進行演算分析，俾發展最佳化的噴灌作業系統。

結 論

作物在不同的氣候、生育條件下會有不同的水份需求，灌溉作業主要是適時提供作物適量的水份。當前大部分的灌溉作業仍然仰賴人工依經驗控制給水時間及給水量，這種給水方式不但不夠精準，也容易造成用水浪費，因此在人力不足、老化及水資源日益缺乏的情行下，自動化灌溉的發展更顯得重要。近年來圖控式程式語言在資料擷取、數據量測及系統模擬應用上蓬勃發展，主要是因為圖控式程式語言，提供了多樣的圖形使用者介面，及為數眾多的內建函數與功能元件可資利用。利用圖控式程式語言開發控制系統能夠縮短開發時間，以人機介面配合適當的控制模組，可取代傳統控制面盤並簡化繁複的配線。本研究透過簡單的機構設計，配合圖控式程式語言整合介面，完成了一套實用的噴灌裝置。本裝置目前已併入本場短期葉菜生產自動化作業系統，負責執行水分及養液噴灌作業，對於提升葉菜品質及降低栽培管理所需的人力具有實質的效益，使短期葉菜生產自動化的技術更邁前一步。

誌 謝

本研究承蒙本場農業機械研究室同仁鄭明賢、梁紹發、王志榮及康瓊月在組裝測試期間鼎力協助，並提供寶貴意見，謹此致謝。

引用文獻

1. National Instruments。2007。DAQ NI 651x User Manual。National Instruments Corporation。
2. 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。
3. 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。
4. 張晉倫。2006。應用溫室內多功能監測系統於甘藍種苗生長性狀判別之研究。碩士論文。

臺北：臺灣大學生物產業機電工程學研究所。

5. 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。
6. 孫建平、戴玉平。1999。機械傳動元件。機械月刊社。
7. 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。
8. 闕金木。2001。馬達與控制元件。機械月刊社。

Development of Self-propelled Automatic Spray Irrigation Device¹

Yang, C. F., J. J. Cheng, J. Y. Chung and T. C. Lin²

Abstract

Tainan District Agricultural Research & Extension Station has devoted to developing the short-term leafy vegetable automatic production system in recent year. In order to solve the irrigation problem, this research adopted simple machinery design and matched up with G-language program to accomplish a pragmatic irrigation device. This device has added the short-term leafy vegetable automatic production system and performed the irrigation of water and nutrient. The results show real benefits to promote the quality of the leafy vegetable and reduce the cultivation management manpower. Expectably, the technology of short-term leafy vegetable production automation has already made a great stride.

Keywords : Spray irrigation, Automation, G-language

Accepted for Publication : May 23, 2011

1. Contribution No.383 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture.

2. Assistant Researcher, Deputy Director, Associate Researcher, and Assistant Researcher, respectively, Tainan District Agricultural Research and Extension Station.