

新型自動化農機之研發

龍國維、田雲生¹

摘 要

本場多年來努力開發自動化農機設備與技術，以期提高農業生產效率，達成農業永續發展，並具產業競爭力的目標。最新之研發成果為果蔬種苗自動嫁接機及溫室內自動噴霧兼掃描管理系統兩大項，其中前者包括百香果種苗嫁接機，一個人即可操作，每小時嫁接208株，較人工快2.4倍；百香果接穗苗切削機效率為技術工之1.4倍，而番茄苗用嫁接輔助機正試驗改良中。後者則包括自動換棟型懸吊桿式噴霧系統，效率較人工快10倍，並節省60%農藥與噴藥工資80%；另於懸吊噴桿上加裝CCD影像擷取裝置，藉每次噴霧作業時，掃描溫室內的作物一遍，並將視覺信號導出至電腦處理，並可即時擷取溫室內溫濕度、日照和CO₂含量等資料，供後續作物生長期變化、比對之研究應用。

關鍵字：嫁接機、百香果、番茄、桿式噴霧、掃描管理系統、影像處理、溫室。

前 言

臺灣地區百香果栽培面積約400ha，其果實所製成的果汁廣受國內消費者喜愛。目前主要產地在南投、臺東、花蓮一帶，其他縣市亦有零星栽培，6~12月份為採收期，夏季則尤其盛產^(1,2)。近年來百香果遭毒素病、疫病(水傷)及頸腐病等為害嚴重，因而其種苗生產已全部由實生苗改為嫁接苗，方式為上半部接穗採臺農一號雜交種，下半部砧木則為黃色種實生苗，並用頂劈接法接合(如圖一右)，目的為保持植株優良特性，並增加其對土壤、氣候之適應性，以及延長生長壽命等⁽³⁾。這些百香果嫁接苗98%以上在臺中區內生產，而現階段的嫁接工作完全依賴人工，整體作業流程約5~7人同時進行，並最少需要二名技巧熟練、專門負責接穗切削與砧木劈開之技術人員(如圖一左)。由於農村勞動力老化，技術工聘僱不易，亟需發展嫁接作業之機械化、自動化，以提高效率、降低成本^(1,2)。遂針對果蔬種苗嫁接作業需要，與中興、嘉義大學等合作，試驗研製百香果種苗自動嫁接機與接穗苗切削機各一臺，並同時進行番茄苗用之嫁接輔助機械試製，期望藉由機械取代部份人力，解決現階段技術工短缺等問題。

另外，由於國內農業產品型態隨著社會環境變遷而不斷調整，愈趨講求高品質生產，使得溫網室設施的使用愈來愈普遍。但在半封閉的溫室環境中，空間使用率遠高於開放的露地，管理工作愈趨困難，如澆水、噴藥等便需要高效率的設備協助。近十年來，利

¹臺中區農業改良場副研究員、助理研究員。

用溫網室設施結構體架設可自動往復的噴桿，來達成施藥兼噴灌的設備，習稱「懸吊桿式自動噴灌系統」^(4,5,6,7)，已愈來愈為農友接受採用。根據最近的調查，目前大約已有3,000餘套裝設於全省各地溫室中使用，其中多數為蘭花溫室，其次則是穴盤育苗溫室⁽⁹⁾。不過這種系統通常是單棟式裝設，意即無論溫室是否為連棟？連棟多少間？每一溫室都需裝設完整的一套系統，累加後設置成本因此十分可觀。為了降低此成本，本場與中興大學農機系合作研製成功了一套可自動換棟式的懸吊桿式噴霧系統，利用子母車原理，只裝設一組噴桿，即可自動換棟進出於連棟的各個溫室中執行噴霧作業，可解決單棟型噴霧系統於多連棟裝設之成本昂貴問題，並提升生產管理層次，達成自動化溫室的目標^(8,10)，足供為農友參考應用。而為試驗增加其更進階的功能，本場又設計製作完成一組三連棟之溫室模型，同時加裝上攝影機裝置(取像CCD鏡頭)與微氣候環境偵測感應器，並將設施內作物影像與環境資料連至電腦處理，而初步完成一套自動換棟型懸吊桿式噴霧兼掃描管理系統。由於該系統目前仍在測試發展中，本文謹略予介紹之。

材料與方法

- 一、試驗材料：果蔬種苗嫁接機械研究和改良所需之不銹鋼機體與工作平臺、空壓機與氣壓作動元件、PLC與電控感測元件、夾持橡膠材料、剪切刀具、圓盤式振動送料盤與排列導槽、傳動機構及相關五金零組件等；百香果砧木為黃色種實生苗，接穗則為臺農一號雜交種。噴霧兼掃描管理系統試驗研製用懸吊自走頭與軌道、噴桿噴架與高壓管線、電控箱與元件、電腦設備、感測器及三連棟溫室模型等。各類機械試驗量測用物性分析儀、計時器、計數器、捲尺。
- 二、實施方法：針對三臺果蔬種苗嫁接機械與換棟型懸吊桿式噴霧兼掃描管理系統予以試驗研製或改良，並進行機械性能、作業效率等測試調查。

結果與討論

- 一、果蔬種苗自動嫁接機之研發：開發完成一臺百香果種苗自動嫁接機(如圖二)，一個人即可操作，工作效率較人工快2.4倍。另針對生產規模較小之農友需要，研製一臺百香果接穗苗切削機，由人工供苗後，即自動依序完成各處理動作，作業效率為技術工之1.4倍。又參酌百香果種苗嫁接機作業原理，試製一臺番茄苗用嫁接輔助機，此機械目前正改良測試中。茲針對此三臺機械分別介紹如下：

(一)百香果種苗自動嫁接機：

整體作業流程係(如圖三)參考人工作業方式而開發，採用氣壓缸、氣壓夾與可程式控制器(PLC)等電控元件來達成一貫化之順序動作。其設計輕巧簡潔，單人即可操作，主要組成架構除機體與空氣壓縮機外，作業部包括接穗處理、砧木處理、砧木劈開、嫁接夾供給、嫁接苗導正定位及電氣控制系統等六大部份：

- 1.機體：採不銹鋼鐵材為骨架，左右兩側各有一組置物桌，供機械操作時放置植株、器具等應用。不用時可摺疊收藏，不僅不佔空間，亦屬創新設計。

- 2.接穗處理機構(如圖四右)：包括接穗夾持、楔形切削、轉向傳送與插接等動作。
- 3.砧木處理機構(如圖四左)：包括砧木夾持、剪斷、轉向傳送等動作。
- 4.砧木劈開及接穗插接前縱向、橫向導正定位機構(如圖五)。
- 5.嫁接夾供給機構(如圖六左)：包含嫁接夾單一化振動排列、篩選與直線輸送，以及伸出、夾持固定等功能。
- 6.電氣控制系統(如圖六右)：以PLC控制前述所有作業項目之順序動作，並分為手動與自動二種選擇；控制面板上又有緊急停機、計數器等裝置供應用。

機械嫁接時，操作人員除了逐一(或同時)供給接穗與砧木苗，以及踩下腳踏開關決定機械何時開始作動外，其餘皆可一貫自動化完成切削接穗插接口、剪斷砧木苗、劈開砧木，再將接穗插入砧木之後，送出嫁接夾使之夾持固定等一連串工作，即做成完整的嫁接苗(如圖七)。該機性能經測試結果顯示，每株嫁接苗平均作業時間約為17.3 sec，即每小時可嫁接208株，較人工快達2.4倍；而其嫁接成功率約為91%，成活率則是96%。若於育苗管理時，能配合使砧木苗之嫁接節間伸長且挺直，則將可提高嫁接的成功比率。本嫁接機具有機械設計輕巧、操作容易，採氣壓、電控方式作動，作業確實、效率高，一個人即可操作，並可取代三名人工作業、不需聘僱專業技術工，以及節省工資成本等等優點。

(二)百香果接穗苗切削機：

依據百香果嫁接試驗與農友經驗得知，接穗苗切削優劣對於嫁接成活率影響不大，但對後續癒合時間之長短與種苗品質卻有極大的差異，所以人工切削須具熟練技巧者方能勝任，而機械作業則無操作人員之選擇限制。鑑於不同農友有不同機械化之需求，遂又另行研製一臺接穗苗切削機(如圖八)，其設計與自動嫁接機之接穗處理部相仿，但價格較為低廉，可供規模較小之育苗場作業應用。

該機操作方式是先將接穗植株裁剪至約10 cm長度，再放入接穗固定夾適當位置後，踩下腳踏開關，便可依序完成夾持、導入、切削、復歸等動作(如圖九)，平均每株耗時2.6 sec，效率約為技術工之1.4倍。該切削機作業效率雖然並非很高，但卻可由一般非專業性女工操作(如圖十)，節省工資成本達2/3，對於降低生產成本確有助益。而切削成功率為100%，惟接穗蔓生莖本身有老嫩之差別，造成楔形切削結果不盡相同；後續擬再予改良其切削刀組之進刀機構，以期獲得一致性較高的接穗苗。

(三)番茄苗用嫁接輔助機：

以人工嫁接步驟(如圖十一)並應用百香果種苗嫁接機之氣壓驅動作業方式，試製一臺番茄苗用嫁接輔助機(如圖十二)，先以機械切削番茄接穗苗與茄子等砧木苗後，再由人工予以套管接合(如圖十三)，此機械目前已初步完成，正進行改良測試中，預期可達節省人工需求、降低機械成本之效。

目前所研發成功之百香果種苗嫁接機與接穗苗切削機除可推廣予專業百香果育苗場使用，甚至再搭配其既有作業動線進行自動化生產外，亦可應用於同為頂劈

接法的木瓜、茶樹等作物之嫁接工作，以幫助農民降低種苗成本，提高產能與效率，進而提升高品質蔬果產業之競爭力。

- 二、溫室內自動噴霧兼掃描管理系統之研發：試驗改良完成自動換棟型懸吊桿式噴霧系統，利用子母車原理，只需一組噴桿，即可自動進出不同溫室內執行噴霧作業。另於三連棟溫室模型之懸吊噴桿上加裝CCD影像擷取裝置，藉每次噴霧作業時，掃描溫室內的作物一遍，並將視覺信號導出至電腦處理。此部份目前完成電腦圖控管理系統之設計改良和影像存檔等之連結功能，並可即時擷取溫室內溫濕度、日照和CO₂含量等資料，供後續作物生長期變化、比對等之研究應用。

(一)自動換棟型懸吊桿式噴霧系統：

一般市面上所看到的懸吊桿式噴霧系統皆應用於單棟溫室中(如圖十四)，惟其裝設於多連棟溫室成本仍嫌稍高(如圖十五、十六)，因此構想採用單一組噴桿，可換棟進出於不同溫室之作業方式，以期降低每棟溫室所用噴霧系統之平均造價。其方法是採用另一組於連棟溫室前端橫向裝設之軌道與自走頭，將主噴桿與自走頭“揹負”後，橫移至第二、第三或其他棟溫室中進行噴霧動作，如此除單一組噴桿外，其餘棟溫室中之行走馬達、噴桿、控制箱等均可省下，意即每區溫室連棟數愈多，則平均單棟裝設成本可愈低；經初步以六連棟溫室估算，可減少四組自走頭與五組噴桿，並降低裝設成本約45~50%。此種全新概念之換棟方式的作用原理(如圖十七)，經許多農友給予肯定，而後並分別裝設於彰化二林與臺中東勢蔬菜專業育苗場之力霸型及簡易塑膠布溫室內(如圖十八、十九)，其作業效率較人工快10倍，並節省60%農藥與噴藥工資80%。目前正進行該兩示範點之長期操作測試與推廣中。

(二)溫室內自動噴霧兼掃描管理系統：

首先設計製作完成之模型外觀尺寸為正面寬4 m、深2 m、高約2.4 m，形如三間縱深2 m，連接而成之總寬4 m的三連棟溫室。模型底部具6個活動輪，可推動移位亦可使用螺桿腳架做固定。前端橫移空間約45 cm，X與Y行程(X為橫移換棟方向，Y為進行噴霧方向)使用原尺寸自走機構，噴桿寬1.1 m，其上裝設兩個美製系統牌可旋轉三頭式扇形噴頭，距離為40 cm。軌道連結則採用直流24V式電動缸。再利用該試驗模型，加裝完成一組電子攝影機於噴桿後方，攝影角77°，可涵蓋單棟植床的寬度約1.3 m。攝影訊號經由信號線接入電腦中，由影像擷取卡轉換為數位影像，可於任何瞬間攝取數位影像圖存入電腦硬碟內(如圖二十)。另在位置訊號上，使用一組滾輪式脈衝讀取器裝置於自走頭，以彈簧壓力將讀取器滾輪壓於軌道上，其滾動脈衝信號接入PLC控制器讀取並轉換為位置參數，此為Y軸(噴桿於每一棟溫室縱向行走)位置參數；X軸參數則由換棟自走頭之光電感應器讀取為第一、第二或第三棟溫室之X軸位置參數。經X、Y軸位置可判斷攝影機在連棟溫室中的絕對位置，並可依此讀得作物影像圖任一點之位置座標。另外，安裝了取像CCD鏡頭與微氣候環境偵測感應器(如圖二十一)，並完成了整個系統之圖控與監控軟體，由電腦螢幕上即可直接讀取影像，與控制全組系統之動作(如圖二十二)。目前影像擷取已可自動化，採用四段位

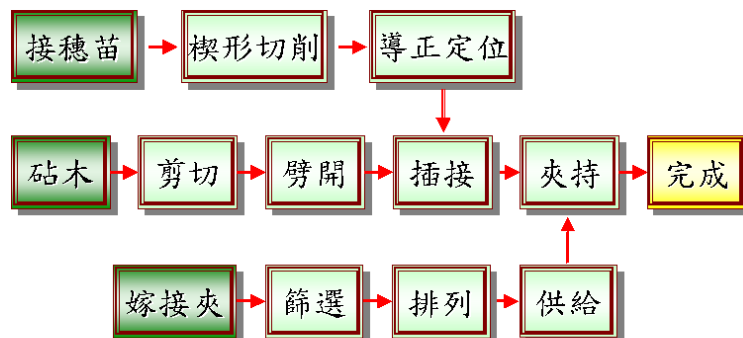
置自動取圖後，再另以軟體將四張圖像拼接為整個溫室內的影像圖。最新改良完成之控制系統採網路型PLC，因此經由網路連接後，可於遠端監看現場情形及進行遙控(如圖二十三)。此套噴霧兼掃描管理系統目前仍在發展測試階段，僅概略介紹如上。



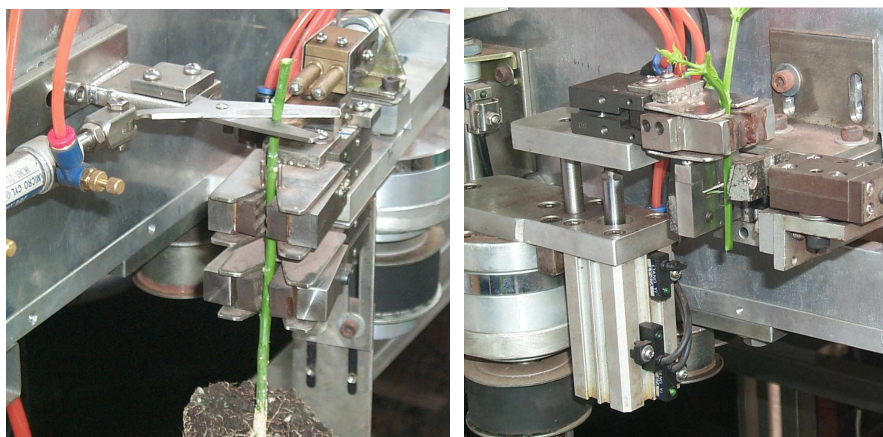
圖一、百香果嫁接苗的生產目前完全依賴人工，整體作業流程需 5~7 人，並最少需要 2 名技巧熟練、專門負責接穗的切削與砧木苗劈開之技術人員。



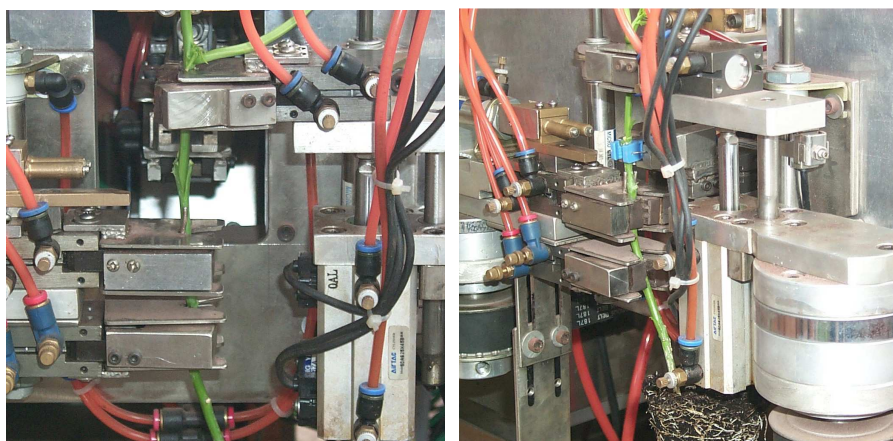
圖二、臺中區農業改良場與中興、嘉義大學等合作試驗研製完成之百香果種苗自動嫁接機外觀



圖三、百香果種苗自動嫁接機之整體作業流程



圖四、百香果種苗自動嫁接機砧木夾持、剪切與傳送(左圖)及接穗夾持、切削、傳送與插接(右圖)之機構與作業情形



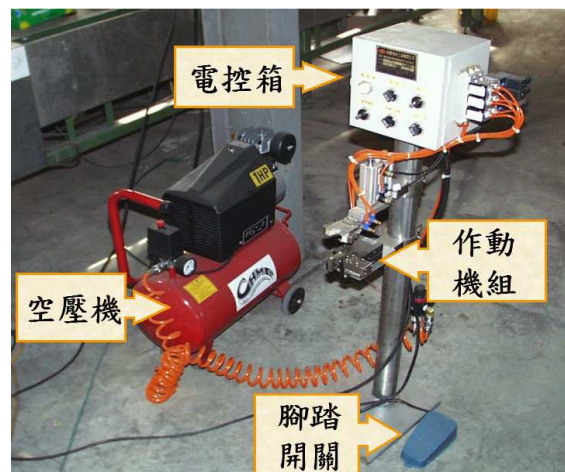
圖五、百香果種苗自動嫁接機砧木劈開、接穗導入定位(左圖)及插接嫁接夾於接合處夾持固定(右圖)之機構與作業情形



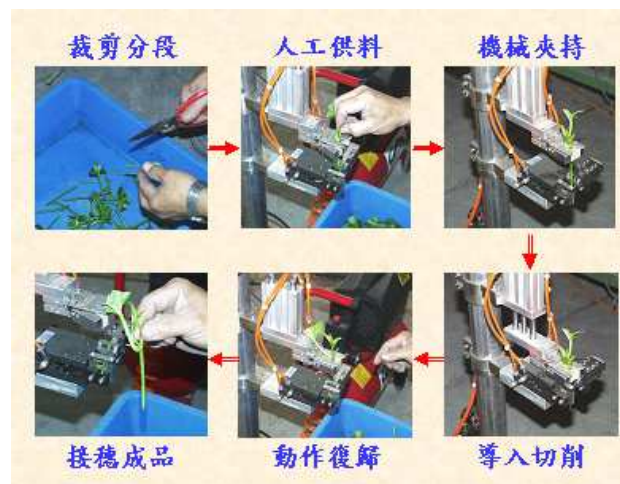
圖六、百香果種苗自動嫁接機嫁接夾振動篩選(左圖)及與直線排列供給可程式控制器與電控箱(右圖)之機構與作業情形



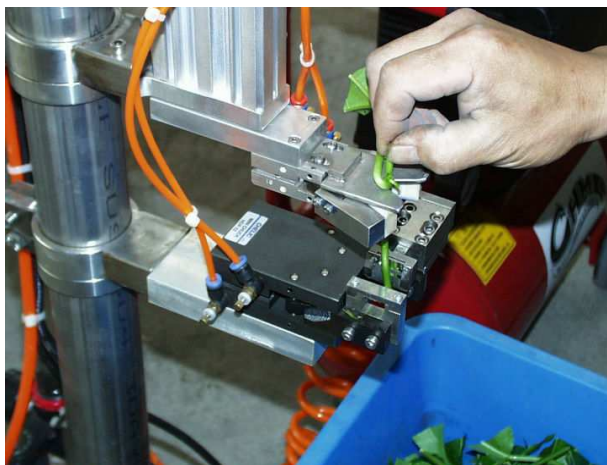
圖七、百香果種苗自動嫁接機單人即可操作全自動嫁接情形及所完成之嫁接苗(右下圖)



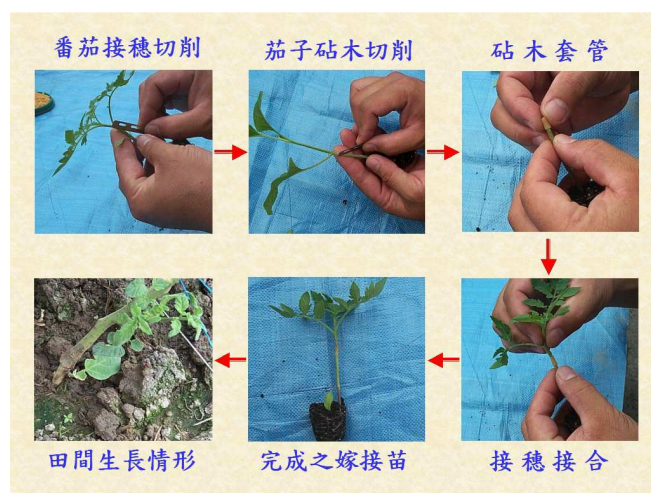
圖八、臺中區農業改良場試製完成之簡易式百香果接穗苗切削機外觀及各部機構



圖九、簡易式百香果接穗苗切削機製作楔形切削接穗情形與各步驟



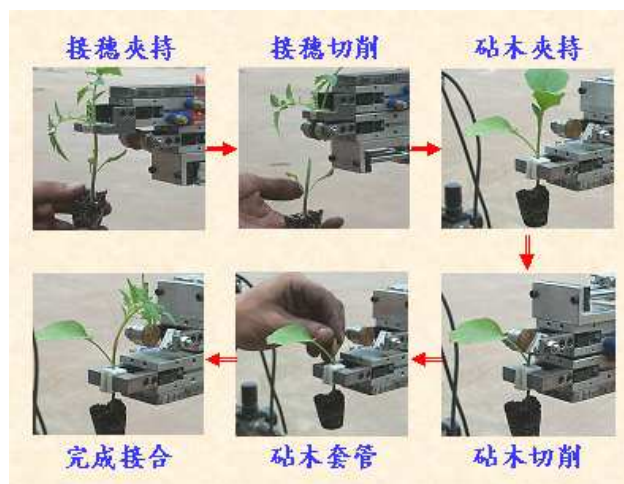
圖十、百香果接穗苗半自動切削機不須熟練技巧工，可單人作業情形



圖十一、番茄嫁接苗使用橡膠套管方式嫁接之情形與步驟



圖十二、初步試製之番茄苗用嫁接輔助機雛型



圖十三、初步試製番茄苗用嫁接輔助機以兩部分別處理砧木與接穗再以人工套接套管之情形與步驟



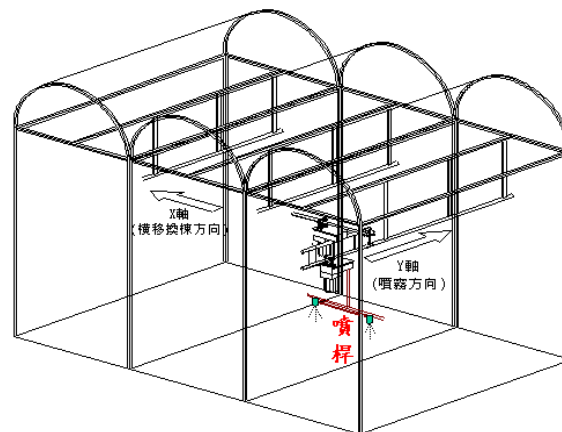
圖十四、目前國內溫室習用之單棟型懸吊桿式自動噴霧系統



圖十五、多連棟溫室已漸成為我國農業設施之新趨勢



圖十六、多連棟溫室中裝設單棟型噴霧系統時噴架與管路數量可觀，累加而成本昂貴



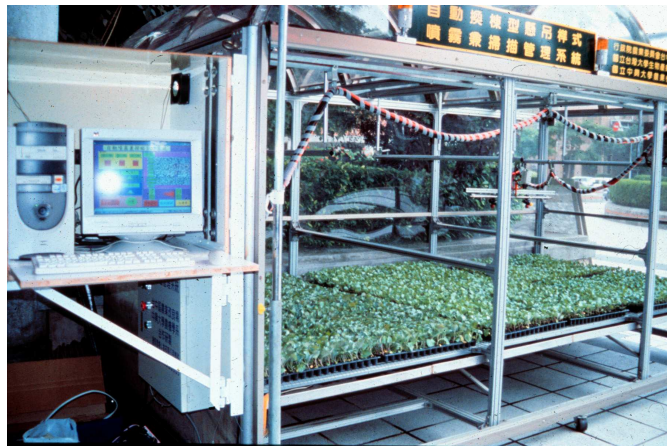
圖十七、臺中區農業改良場與中興大學合作研製完成之自動換棟型懸吊桿式噴霧系統裝設於連棟溫室之作用原理(子母車)示意圖



圖十八、裝設於二林連發育苗場之五連棟溫室用自動換棟型懸吊桿式噴霧系統



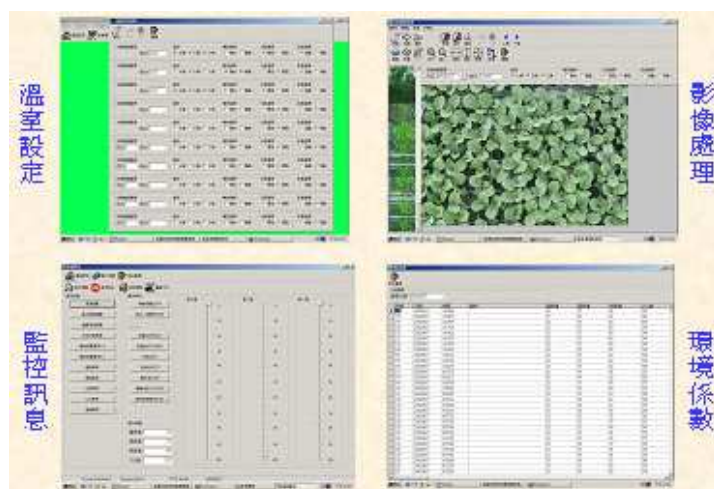
圖十九、裝設於東勢立農育苗場之六連棟溫室用自動換棟型懸吊桿式噴霧系統



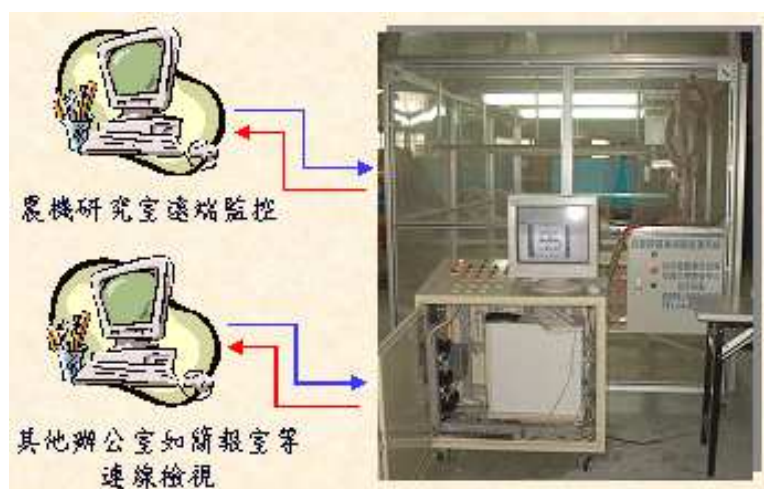
圖二十、裝設自動換棟型懸吊桿式噴霧系統及試驗自動噴霧兼掃描管理系統之溫室模型



圖二十一、溫室模型中所裝置之取像 CCD 鏡頭與微氣候環境偵測感應器



圖二十二、試驗中自動噴霧兼掃描管理系統之電腦圖控畫面，共有四個不同階層之監控頁面



圖二十三、目前自動噴霧兼掃描管理系統已完成網路節點架設，可連結上網路，進行遠端監看等之功能

參考文獻

1. 田雲生、龍國維 2002 百香果種苗自動嫁接機簡介 農政與農情 第125期 p.96-98。
2. 田雲生、龍國維 2002 百香果種苗嫁接機之改良與測試臺中區農情月刊 第38期第二版。
3. 林砂 1999 百香果種苗嫁接機之研製 中興大學農業機械工程學研究所碩士論文。
4. 陳世銘 1991 花卉省工自動化生產概況 花卉栽培技術與產業規劃研討會專集 p.109-112。
5. 陳令錫、龍國維、田雲生 1992 簡易設施低成本省工自動噴藥裝置之開發 臺中區農業改良場研究彙報 35:11-24。
6. 龍國維 1995 設施內自動噴灑灌溉設備介紹 施藥技術服務第二期 p.14-22。

7. 龍國維、田雲生 1999 單棟溫室型懸吊桿式噴霧設施 臺中區農業技術專刊 154:4-5。
8. 龍國維、田雲生 1999 自動換棟型懸吊桿式噴霧設施 臺中區農業技術專刊 154:6-7。
9. 龍國維、張金發、蔡致榮 2000 設施內施藥與灌溉自動化 農漁牧產業自動化十年成果專輯 p.24-30 國立臺灣大學生物產業機電工程學系。
10. 龍國維、田雲生、盛中德、樂家敏 2000 溫室內懸吊桿式自動噴霧系統之開發與介紹 臺中區農業專訊 第31期 p.12-16。

Development of the New Automatic Agricultural Machinery

Gwo-Wei Long and Yun-Sheng Tien¹

ABSTRACT

We have been concentrated on the development of new equipments & technique of agricultural machinery for many years to approach the purpose of increasing the production efficiency and competitiveness as well as reaching sustainable agriculture. The newest achievements are the automatic grafting machinery for vegetable & fruit seedling and automatic boom-spraying device with scanning management system for green house. The first one achievement include three machines, the automatic grafting machine for passion fruit seedlings can be operated by only one worker and 2.4 times quicker than labor work with speed of 208 seedlings/hr, the grafting scion cutter for passion fruits can get 1.4 times higher efficiency than labor cutting, the auxiliary machine for grafting tomato seedling is still in testing. The second one achievement includes the automatic spraying system and a new advanced spraying/scanning system. The automatic spraying system can save 60% pesticide and 80% labor cost and can get 10 times higher efficiency than labor. The new advanced system uses the same structure but adding a CCD lens with image processing software on the spraying boom. That computerized image processing system can scan all crops in the greenhouse simultaneously when each time the spraying system works. And all of the crops image can be sent into the computer. Also the system can obtain the information of room temperature and sunlight condition and even the concentration of CO₂ etc. All the image and information are very important for future research of computerized comparison and management.

Key words: Grafting machine, Passion fruits, Tomato, Boom-spraying, Scanning management system, Image processing, Green house.

¹ Associate and Assistant Engineer of Taichung DAIS, respectively.