

菊花穴盤苗自動插苗機之研究¹

龍國維²

摘 要

本研究創新研製完成一台適用於臺灣地區以扦插方式生產菊花穴盤苗之自動插苗機雛型，目的為替代人工將菊花繁殖苗穗插入220格穴盤，以期達到全機械化生產，並提升其效率與插植準確度。全機機構設計之驅動動力為高壓空氣，使用超薄型氣壓缸驅動夾爪夾取苗穗，及使用桿式與無桿式氣壓缸移動夾爪與執行入苗、供苗及插植等動作。夾爪每次夾取10株苗穗，完成每次夾苗、插植的動作週期可自11至27秒無段調整，試驗時設定為13秒。在良好挺直的供苗情形下，插植成功率約91.3%。換算作業能量約可達46株/分。

關鍵詞：菊花、穴盤苗、自動插苗機。

前 言

菊花為臺灣地區三大切花之首，每年種植面積超過1,600 ha，每年需苗量逾2億株，主要栽培地區在中部田尾鄉附近。其為台灣外銷最多、歷史最久的花卉，最輝煌時期曾一年外銷超過5,000萬株，為農民賺取不少的外匯收入⁽⁷⁾。而日本琉球之菊花生產雖比我國起步慢且自然條件不佳，但自80年代開始至90年代中期，卻藉組織與技術改進，克服惡劣自然條件，於10年間創造了年銷日本本土2億支的佳績，是造成我國菊花外銷逐漸萎縮的主因⁽⁵⁾，也致使目前臺灣菊花產業之景況可說亟需改革與創新，方能免於沒落。臺灣地區的菊花育苗乃自60年代開始，因砂床育苗成功而成就了專業的菊花育苗，不過現行砂床苗實有必要改進為穴盤育苗系統⁽⁵⁾。主要的原因是，菊花穴盤苗比傳統之砂床苗有減少育苗期病害而提高成活率，生長勢強而可縮短田間栽培期，以及抵抗環境逆境如乾旱、湛水、高溫等，即使貯藏二週後定植，仍能良好生育等等優點；惟生產成本較高、單位面積產量較低與運輸不便等是其缺點，但若藉助機械化、自動化及專業穴盤育苗方式生產整齊度高、品質良好的菊花種苗，使其達到週年穩定生產與進一步提升品質，則前景仍有可為⁽²⁾。臺中區農業改良場在所編撰整理菊花穴盤育苗之技術方法中，以其試驗所得推薦每格容積 58.8 cm^3 ，深度4.9 cm之128格穴盤較為適於種植菊花穴盤苗⁽³⁾。該場並為配合前述試驗與需求，將台大桃改型蔬菜育苗一貫作業機改良而完成菊花穴盤苗用介質裝填打孔一貫作業機械，可以達成部份的機械化，取代人工

¹ 臺中區農業改良場研究報告第 0542 號。

² 臺中區農業改良場副研究員。

裝填介質，每小時可裝填作業達100盤以上⁽¹⁰⁾。彰化縣田尾鄉於焉利用此機械與前述育苗技術而設立二處菊花穴盤育苗場，種植之花農反應良好。惟其扦插苗的插植工作仍完全倚賴人工，大量生產時因有疲勞問題，無法持續快速工作，必須增加大批人力進行，極為耗費工時，亦難保持均一的插植深度與整齊性，多少會影響其發根生長之品質，因此極需要發展可插植苗穗之自動機械⁽⁶⁾。

荷蘭植物生產系統公司(Plant Production System Corporation, PPS)為使菊花苗穗能機械化插植，研發多年而商品化生產有菊花苗插植機(Universal cutting planter)，該機使用二個迴轉之扦插苗供苗盤，並以高壓空氣將苗吹入插植機構中，其理論插植速度為24,000株/hr，但是所設計是為塊狀介質栽培系統使用，而不適用於台灣的穴盤栽培模式；不過該機械有許多設計概念可供本研究參考。其他相關參考文獻中，尚有移植機、假植機及組織培養苗移植機器人等之機構動作類如本研究的機械概念。例如Van曾嘗試一種20個指盤(finger-tray)構成之長600 mm、寬30 mm的指盤條做為儲放移植苗的穴盤，以方便移植機之機構動作⁽²⁵⁾。Brewer所開發的移植機自動供苗方法，則是以特殊之輸送模組(Shipping module)之中放入種苗，當除去其下方的底板之後，種苗即自然落至下方移植機構中，達成移植⁽¹⁸⁾。Rumsey等人所開發的電氣油壓間蔬菜種苗塊移植機，其穴盤為近似於中空的圓筒狀結合物⁽²²⁾，蔬菜苗塊在移植時由位於下方的機構將苗盤中之苗塊頂出，即可進行移植。這幾種特別設計儲放移植苗之構造，可做為本研究中供苗部放置或儲存設計之參考。

組織培養苗移植機器人方面，Hwang and Sistler曾使用8位元電腦控制具五個自由度的機器臂，架設於瓶式商業移植機上，所設計組成之夾苗機構，可撿起苗盤中的青椒苗，放至移植機的導孔中⁽¹⁹⁾。岡本等人則針對較小的組織培養苗等之移植，使用機器手臂操控小夾爪，並加上影像處理技術，以求更好之夾取精度^(15,16)。日本東芝公司1988年發表之組織培養處理與插植機器人自動化系統，於文獻中記錄當時仍在準商品化與改良階段，可以自動辨識形狀與萌芽點並判斷如何切莖並自動夾取移植於盤上，但每株處理時間為15秒⁽²⁰⁾。日本Miya則於1991年發表鱗莖組織培養全自動機器人系統，已為三菱重工做為準商品化機型，可全自動切除球根根部、剝離鱗片、輸送並判斷形狀後以機器手之夾爪夾持植入培養皿中，功能良好，效率為18秒/片⁽¹⁴⁾。國內則有中興大學農機系於1995~1999年分別完成組織培養上應用小型機器手臂試驗移植組織苗於培養皿中之研究。樂等人所用為自行組製之直角座標機器手臂與夾取片，取得組培苗後種於窄口圓形培養瓶或方型廣口培養瓶中，可達每株9~14秒速度，成功率則為80~90%⁽¹²⁾；另樂等人又嚐試使用CRS公司商品之小型實驗室用關節型機器手臂與夾筷配上其自行組製之搬運機器人後，達成成功移植培養苗株於特殊之臥式培養瓶中，但速度較慢，需26秒處理每株組織，成功率為91.6%⁽¹³⁾；張接續樂等試驗，使用直角座標機器手臂，改良取苗夾爪為滑動針式構造以用於花卉假植⁽⁴⁾；簡則使用同一直角座標機器手臂結合影像處理設備，自動判斷及作業，可將扦插平均偏移量降至2.06 mm，作業速度提高至16.0~16.3

秒⁽¹¹⁾。這些不同的機器人夾爪或夾片、夾筷等取苗機構均各有不同設計與優點，為本研究之扦插苗取苗夾爪之設計提供了很多的參考。

假植機方面，Kutz等人曾使用關節連接型機器人Puma 560將392格穴盤中的植物苗假植至36格的穴盤中，並經電腦輔助設計系統(CAD)模擬，結果發現兩邊穴盤的排放相對位置對作業效率有極大的關係。經分析四種不同的排列方式，以兩邊穴盤並排時，所須的假植時間最短⁽²¹⁾。美國羅格斯大學丁及Ting等人，於設計假植機前對移植作業先以電腦模擬程式WORKCELL做隨機亂數模型模擬，以求取較佳工作效率之各項參數，並用於設計假植機器臂系統，經對穴盤放置位置、夾持機構之設計、動作軌跡等均加以討論後，以小型機器手改良為內八字型針狀取苗夾具，成功用於假植苗塊實驗^(1,23,24)。Beam等人則對於機器人運用於種苗生產上，曾經整合機器人、氣壓元件、步進馬達、感測器等部分，並利用自動控制、機器視覺、影像處理的技術，以C程式語言做控制，對種苗的假植換盤作業設計發表準商品之Rotran 2000型移植用機器人系統，可達每株2.5秒⁽¹⁷⁾。鄭等人則發表本土研製成功準商品化之氣壓式假植機，使用無桿式氣壓缸配合2口2位閥調整移動速度，定位誤差低於2 mm以下，作業能量並可達約40株/分。另外為解決定位誤差與操作速度成正相關之問題，而設計一定位輔助插梢以改善無桿氣壓缸定位準確度至低於1 mm以下，並因此提高了10%作業速度^(8,9)；該機為所查文獻相關機械中，平均單株作業速度最快者，並不輸給國外其他類似機械，對本研究鼓舞了更大的信心及提供了相當多的參考。

基於前述國內菊花生產現況與改革需要，及目前國內並無此類機械可供應用，為期達成機械化生產菊花穴盤苗，以提升菊花生產品質與生產效率，進而提高菊花產業競爭力，本研究以發展能連結現有介質裝填機械之本土化菊花扦插苗自動插苗機為目的，以相關研究文獻為參考，設計研發試製一套造價較低，能取代大量人力插植工作，提高插植精確度之插苗機。最後並對所完成試製之插苗機進行測試分析，以作為後續改良及研發之依據。

材料與方法

除前述PPS公司之菊花插苗機與其他相似功能之機械可供參考外，目前並無適用於國內菊花穴盤育苗方式之機械可供應用參考。因此本研究之機械為一全新構造之機械，勢須從頭考慮與規劃設計。進行的方法首先對相關之作用標的如農民習用之菊花扦插苗形狀大小、定植苗盤的尺寸、插植的方式等做先期的調查統計，甚至機構上所牽涉的靜置安息角，機械夾爪開度與及插植時垂直與否之影響等均應先期試驗，於獲致數據後，再進行各部機構設計、動作流程安排等，然後完成機構控制，即達成全機之初步研製，最後進行測試試驗。為方便控制，本研究參考其他多數機械，使用氣壓元件為主作動動力來源，再配以部份馬達動力元件；控制方式則以可程式邏輯控制器(PLC)為主要核心，以各動作順序安排之程式執行之，即達成自動插苗之功能。

先期調查與試驗

一、扦插苗之調查

經調查，臺灣地區農民習用之菊花繁殖扦插苗穗是摘取自母株頂側附近之菊花莖葉，摘取長度約為6~8 cm，再去除底部若干葉片後即可用為扦插苗。此扦插苗下半部之莖的直徑視不同品種與摘取時節而有不同；調查所得其莖部直徑自2.5至6.0 mm不等，但多數之直徑為3.5~4.5 mm。由此調查可知，本研究之機械所使用之扦插苗約為長6~8 cm，上半部具若干葉片，下半部無葉片之莖直徑3.5~4.5 mm。

二、定植穴盤之調查

本研究原參考張等人(1996)試驗所得之最佳穴盤，為128格，大小為300 mm ×600 mm。但後來改用日本米樂牌的精密穴盤，規格為220格(10格 ×22排)，620 mm ×315 mm，每一穴格上部直徑22 mm、下部直徑19 mm、深3.6 cm。主要選擇並換用的原因為，米樂牌全自動菊花移植機已引進國內使用，農民反應良好，亦為日本琉球菊花農主要使用之移植機，為使機械化育苗作業能銜接上未來之機械化移植，故改用此穴盤。另外，則是此穴盤較原128格穴盤精密，有助於插苗機之精確作業，較不易發生因苗盤格孔大小不一而插苗失敗的情形。此苗盤與所用苗穗如圖一所示。



圖一、菊花扦插苗苗穗與 220 格定植穴盤。

Fig.1. Chrysanthemum cuttings and the 220-cell plug tray used in this research.

三、夾苗爪規劃尺寸調查

夾苗爪之設計係模擬人力插植時以拇指與食指夾持苗並插植之情形，同時則必須考慮機構之工作空間限制。調查人力夾持苗時，兩手指接觸並夾緊苗穗莖部之接觸長度約為12~16 mm。工作空間之限制，則因採用一次夾十枝苗穗之設計以提高工作效率，故換算每枝夾爪張開之外緣最大為28 mm，而夾爪開口之開度則最少需要張開8~10 mm，甚至更大。這些均為夾苗爪設計時之參考數據。

四、插植垂直度試驗與觀察

由於扦插苗插植時，其下半部莖部為高含水率嫩組織，具有撓性，因此試驗以非垂直角度模擬插植時，往往因為莖部柔軟與撓性而無法順利插入介質中，甚至有莖部受強力壓插時會彎曲折斷情形。即使斜角壓入介質中，亦會因為斜插時產生之槽狀插孔致苗穗易傾倒；或者因為受彎折後雖插入介質，但手鬆開後即彈直變成苗株斜倒。經多次試驗觀察，確定最佳之插植模式，必須維持莖部對地面之垂直度，愈直愈好。亦即夾爪夾苗後最好下半插植莖部能保持垂直度，對插植作業較易成功。此意謂者夾爪取苗前，應設法採取能維持垂直度之暫存格以待夾爪夾取苗。

五、安息角試驗

菊花扦插苗苗穗對不同材料之表面，在靜置時之安息角關乎苗穗會否受摩擦力牽制而停留，致使無法順利通過，造成阻礙。故有必要先期試之。研究中菊花所需通過之導管通道中有金屬鐵管及鐵氟龍塑膠材料兩種，其中鐵管多為垂直狀，無關安息角，故僅需探討鐵氟龍平面對菊花穗之安息角。經多次試驗後平均值為 29.25° ，故取 30° 為菊花苗穗對鐵氟龍表面之安息角為參考值。

六、先期試驗結論與流程規劃

由上述調查與試驗獲致之結論為：操作標的之扦插苗苗穗長約 $6\sim 8\text{ mm}$ ，莖粗 $3.5\sim 4.5\text{ mm}$ ，最大莖粗 6 mm ，每次夾取10株苗穗，所夾苗穗須儘量保持垂直於地面，定植於穴盤時定植深度最少 2.5 cm ，最大 3.5 cm ；苗穗導引通道使用鐵氟龍材質，其導引角度最低不得低於 30° 。在流程規劃上因此以入苗機構為最前，將苗穗導入一組供苗機構，此供苗機構並能將苗穗補正儘量垂直於地面，再以夾爪夾取後定植於苗盤。確立此流程，即可進行各機構之設計製作。

機構規劃與設計

由先期調查與試驗所得，進行機械各部位之規劃，最核心之機構為模擬人手指夾苗動作，同時為提高其速度，採每次夾取10株直立之苗穗的夾爪，夾爪之夾持面寬度為 14 mm ，且以並排10株總寬與苗盤同寬(30 mm)做為規劃設計之依據；動作上經分析後以12個步驟來達成，如此完成夾苗爪組的機構總成之規劃。另外配合夾苗之供苗塊，以多組循環方式規劃成輸送機型式，以便貯存直立之苗穗並便於中途進行補正之動作。插植之苗盤亦以輸送機型式設計並平行置於供苗輸送機旁，同時具有定位與格進之裝置。為達到入苗較為方便輕鬆，又再規劃了入苗機構採高壓空氣吹送苗穗到達供苗塊之設計。最後則為電控之系統。如此即規劃設計出整機共有四大機構總成及電控系統共五大部份。完成規劃後進行設計各機構之構造圖交廠商試製；各機構並分別於試製完成後測試之，有缺失即再修改。最終將各機構總成與電控系統組裝連接，完成全機試製。規劃設計並試製完成之各機構總成於後續之機械試製結果中有完整之描述與圖說。

動作流程規劃

各機構規劃設計過程中，同時並規劃各機構與全機之動作流程；核心部位之夾爪流程為週期性重覆動作，自供苗部取苗移至苗盤後插植，再回到原位，包括了前後移、夾取、上下、左右換位等共規劃了12個步驟的動作流程。另外全機之動作流程還包括了入苗、供苗的配合機構動作，均詳予規劃，使各部位流程能相互配合，達成持續由外部入苗後，進入供苗部，再由核心夾爪達到取苗種植。另外一邊之苗盤亦同時做配合定位或移動動作等。所完成之核心夾爪動作流程與全機動作流程均於後續之機械試製結果中詳述之。

試驗設備與材料

- 一、供試設備：研發試製完成之「菊花穴盤苗自動插苗機」及連線之一貫化介質裝填機、空壓機等。
- 二、供試材料：220格(10×2)日製軟質穴盤、泥炭苔混合蛭石之栽培介質、菊花繁殖苗穗(黃秀芳品種)。
- 三、量測器材：計時器(電子式，精度0.01 sec)、轉速計(接觸式與非接觸式兩用型)、游標卡尺(精度0.01 cm)、捲尺、角度規、電子式磅秤(精度0.01 g)。

測試項目與試驗方法

本研究之插植機使用了一些新的設計，例如吹氣式入苗機構、可振動補正苗穗直立度的供苗塊及獨立氣壓操作的夾苗爪等，均需經實驗驗證其功能，當然機械之插苗週期時間與效率、整體插苗性能等亦需加以驗證。另外，在插植實驗時發現介質之鬆緊對插植苗穗之成功與否及挺立性等均有甚大影響，因此裝填之介質在前段機械裝填時另設計加裝了振動式的介質緊實機構，使裝填介質能達到較為緊密程度，此部份亦實驗證實其緊密度之改善等。以下即分別就各試驗項目敘述其試驗目的與方法。

一、吹氣入苗效果試驗：

吹氣式入苗機構是為了使操作者以較簡易方式將苗穗投入機械中，操作者每投入10株苗穗後，以腳踏開關啟動入苗機械，盛接了苗穗的入苗盤轉入供苗輸送機上方，另一空的入苗盤即轉出至操作者前方等待投入苗穗，如此則兩個入苗盤輪流操作。整個入苗機構的動作時間為10秒，加上等待時間，小於夾苗爪之工作週期，可以不致使插植部份等待供苗。此部份試驗的目的即為量測吹氣式入苗機構之入苗操作時間、入苗成功率等，以驗證與評估本機構之效能，並做為檢討之參考或改良之依據。試驗方法是以人力投擲菊花扦插苗穗10株進入入苗盤盛台，啟動機構後繼續做下一次10支之投入，連續進行5次，但將供苗機構之振動式直立補正氣壓缸關掉。執行5次後，記錄操作時間，並調查此5次共50株入苗的苗穗暫存於直立供苗塊中情形。以完全進入或部份進入(苗穗莖底部有插入供苗塊中)即為成功入苗。另重覆5次相同之50株入苗操作，同樣做時與成功率之記錄。

二、振動補正供苗塊中苗穗的直立性之試驗：

直立供苗塊中之苗穗，若有歪斜時將會如先期試驗中所述，在移往苗盤定植時易發生問題。因此本研究中特別增設了振動補正動作，尤其在入苗機構使用吹氣式強制將苗穗送進供苗塊，然而空氣吹送之苗穗，大小、重量等皆有差異，很難使每一插穗完全插入供苗塊中；若未完全插入時，即依靠本振動補正裝置來加以調整。這個補正是以5 mm振幅、每秒3次、共計5次的開閉供苗塊中之滑塊來達到。選擇這些振頻、振動次數是手動測試後依經驗判斷的數值，必須以試驗來證實效果。此試驗目的即為了解新設計之振動式補正苗穗直立度機構與振動方式的效果，記錄分析其功效，以做為改進之依據。試驗方法則以手植方法模擬入苗機構所吹入苗穗之未完全到位情況，將直立供苗塊之頭尾插入兩支直立苗穗，中間8支分別以稍斜倒入苗、半插入之苗穗及未完全插入苗穗三種情形放置。啟動振動氣壓缸動作後調查8株之入苗到位情形，以達到上下兩夾持點夾持成近似直立狀即為補正成功，餘為未成功。試驗10次記錄並統計成功率。未補正成功者則記錄是否有部份補正等情況。重覆10次計共試驗100株苗穗之補正。

三、介質之振動裝填緊密效果試驗：

插植試驗初期，曾遇到明明以直立角度插植，但結果卻是苗穗東倒西歪的問題。經請教業者，原來人工裝填介質時均需以手再壓實，或將裝介質之穴盤舉起重摔若干次，使介質能緊密，苗穗插植時便不易歪倒。本研究因為已將插苗機與一貫化介質裝填機械連結，因此為使以後順利機械化，便設計在前端裝填機之輸送帶下方加裝了振動裝置，確實能達到使介質較為緊密的效果，因而插植苗穗能直立。為試驗證實振動裝填之緊密效果，本試驗進行調查介質裝填在有振動與無振動時之緊密情形比較，以了解其差別，確定配合插植機作業時，是否需要振動裝填介質，供為往後作業之參考。試驗方法則以一貫化介質裝填機械在關閉振動機構後，如一般裝填情形裝填12盤介質；再以振動裝置啟動之裝填模式，裝滿12盤介質後，記錄之並計算其介質重量。各12盤重量值去除最輕與最重之數值後，取計10個數值做比較，並計算其密度比差異。

四、插植精度試驗：

本研究插苗機為機械動作插植，理論上其插植之深度必然較為均一，而人工插植則難以控制深淺。此為兩者間之最大差異。由於菊花苗根系生長並不會如蔬菜般之盤根，而是直根發根，因此插植深淺關係甚大：插太淺易倒伏而插太深則根系發展空間會受限。本研究為調查比較人工與機械插植深度精確性之差異而設定本試驗，目的為研究比較機械插植苗穗與人工插植之差異性，以了解機械插植之優缺點，做為未來推廣之參考依據。試驗方法則分別由人工與機械插植苗穗各4盤，為減少非專業人員之誤差，特委請專業菊花苗育苗場之插苗熟手以人工插植4盤。機械插植之4盤則由本研究之插苗機製作。於4盤之220株苗中隨機選取各50株共計200株量測記錄其插植深度。機械插植之4盤亦相同選取記錄200株之植深。機械插植之設定植深則為23 mm。以統計分析各200株之記錄並做一比較。

五、插植完成整盤穴盤苗之試驗：

由於入苗機構如前述試驗結果，其入苗成功率並不十分理想，尤其遇到停滯於苗管中阻塞時將導致後續該通道停止入苗，會影響整體測試之進行。因此本試驗排除入苗機構之運動，採人力直接裝填苗穗至供苗輸送機中，以測試主要核心之夾苗爪取苗與插植之總時間量測記錄。未來希望入苗機若改良排除現有缺點後，再行連線測試。此試驗目的為量測完成220格(10格 $\times$ 22排)之穴盤插植苗穗所需時間，及其插植成功比率等，以估算機械之作業性能，及做為本機械未來需要改良等之參考。試驗方法則以前述之最佳供苗狀況，調整夾爪週期約在13秒，自啟動至插植完整盤穴盤，夾苗爪回到原點為止，計算量測其耗費時間，然後調查每一株之插植狀況，缸株或未插入介質、苗莖折斷、或歪倒近乎平躺於穴盤上者均計為失敗。稍為歪倒但確已植入介質者則計為成功。計算每一盤之成功插植株數以計算成功率。共計重覆試驗做10盤並調查之。

結果與討論

機械研製結果

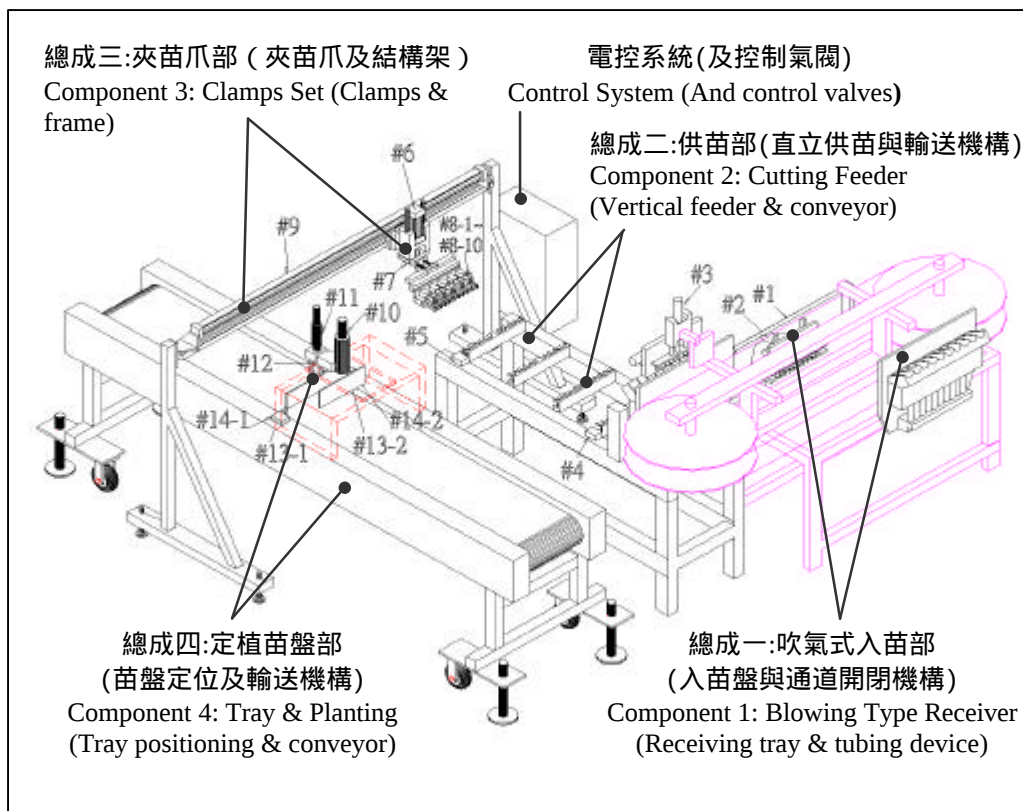
本研究所完成設計研製之插苗機是以方型鋼管構成骨架，其整體外形如圖二所示中靠前方(右下角)之機械組，餘後半部之斗狀桶等為裝填介質機械。目前此插苗機已與一貫化介質裝填機械連結成一體進行測試，圖二即顯示全部連結完成之整體機械。本研究所報告者為圖中右下方部份之自動插苗機，其總尺寸諸元為2,800 $\times$ 2,450 $\times$ 1,560 mm。



圖二、已連結一貫化介質裝填機械之菊花穴盤苗自動插苗機。
(插苗機為圖中右下之前半部，後半部則為一貫化介質裝填機)

Fig. 2. The automatic cutting planter (the front part at the right-bottom corner in the figure) connecting with the integrated mediums filling machine (the rest part).

本菊花自動插苗機主要構成有五大部份，除電控系統外，機械部份共有四大總成，包括吹氣式入苗部、供苗部、夾苗爪部、定植苗盤部。各總成及主要組件與動作氣壓缸排列位置、編號如圖三所示。各機構總成則分述如下：

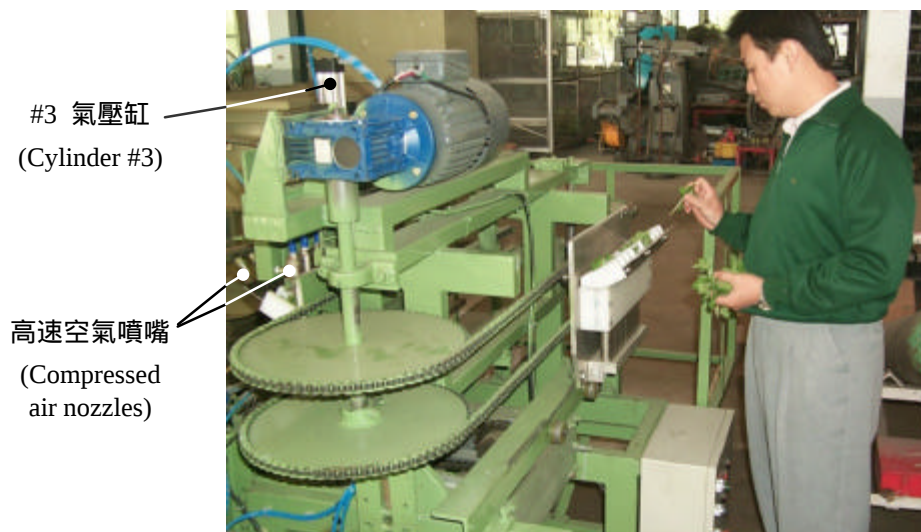


圖三、菊花穴盤苗自動插苗機之外觀與各主要總成部份及各動作氣壓缸位置與編號圖(#1~#14 為氣壓缸位置及編號)

Fig. 3. The scheme and components (including pneumatic cylinders #1~#14) of the automatic cutting planter.

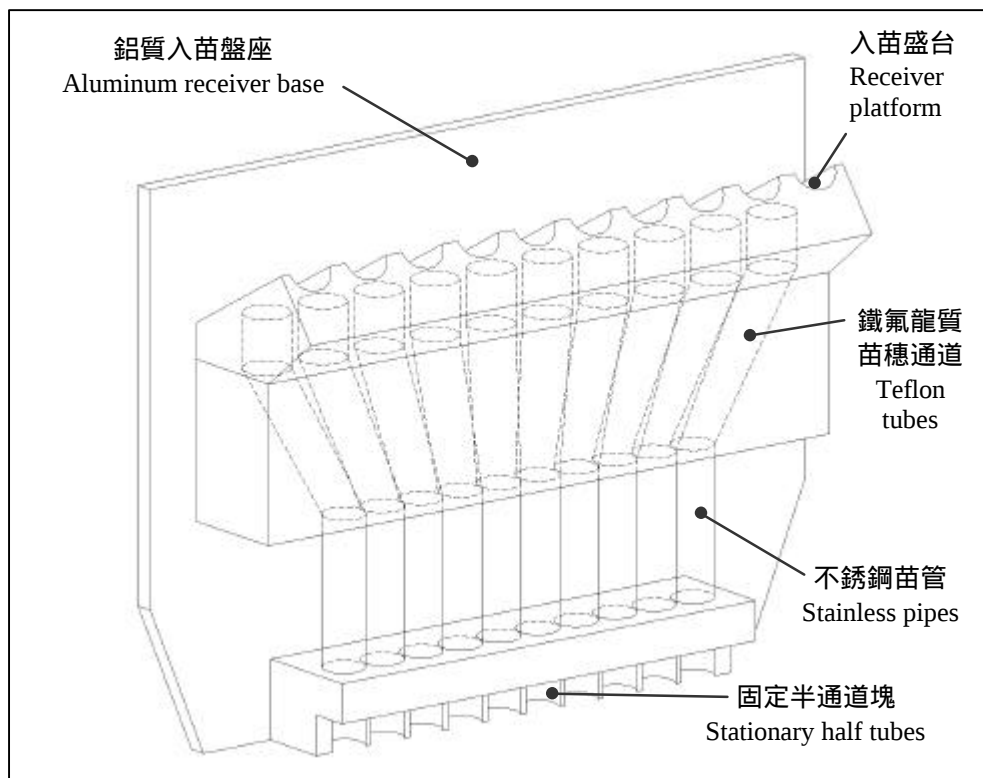
一、吹氣式入苗部(總成一)：

為本機械所插植之菊花扦插苗苗穗之入口，外觀及操作情形如圖四所示。其外形有兩個大圓盤由鏈條串接，此迴轉鏈條組上連接有前後兩個承接將插植苗穗之直立式入苗盤，迴轉盤由一具1/2馬力、最高轉速1,670 rpm、具離合剎車之變頻馬達驅動，可將前後兩入苗盤做迴轉調換。承接完10株苗穗之入苗盤即轉入後方(內側)定位停駐在供苗輸送機構上方並對正。此時即由吹氣導引通道機構閉合於入苗盤與直立供苗塊之間，再經由入苗盤上方之20支吹氣機構降下，並瞬間以高速空氣將苗穗吹入供苗輸送機之直立供苗塊中。吹氣機構為蓄壓式氣閥與噴嘴，10支垂直向下對正苗盤之通道，另10支為45°斜向吹向通道入口，吹氣動作為同步。此組部份之外部諸元尺寸為1,910×1,100×560 mm，分為下列主要之機構：



圖四、吹氣式入苗機構之外觀與操作者將苗穗擲入之情形

Fig. 4. The appearance and operating condition of the blowing type receiver.



圖五、入苗盤之構造。

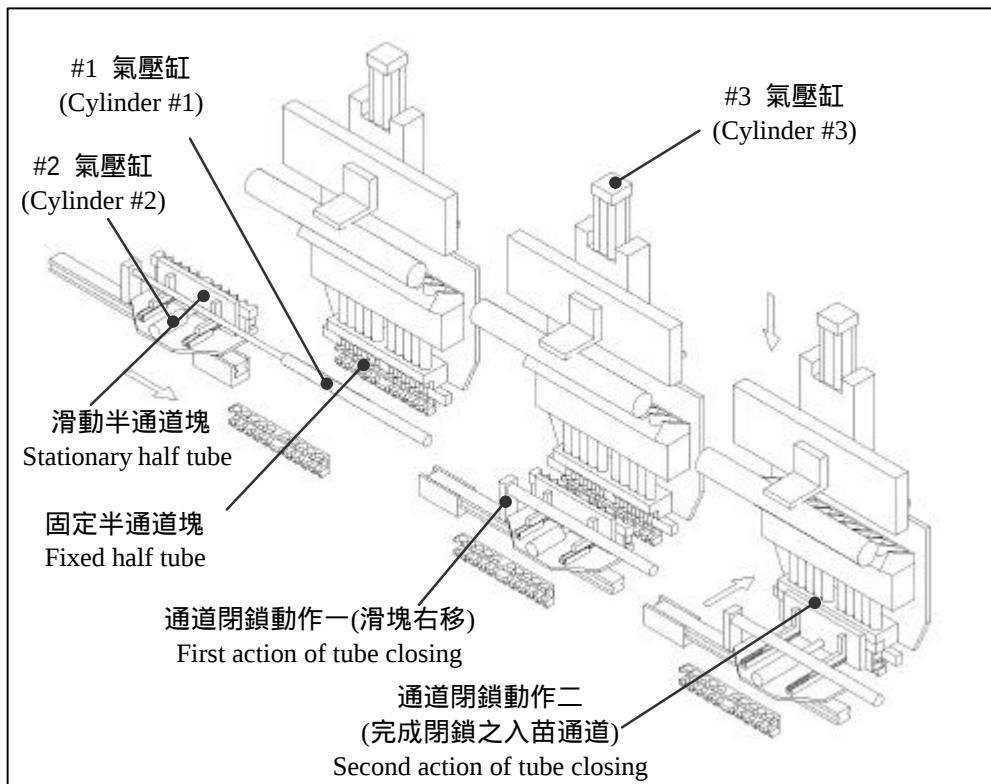
Fig. 5. Structure of the cuttings receiver board.

(1)入苗盤機構

構造如圖五所示，其目的為將入苗盛台之每一入口加寬至穴盤每一苗格寬度的1.5倍，使擲苗較為方便且操作者不易疲勞。擲苗入口之距地高度約為150 cm，入口盛苗台採超過先期試驗所得安息角之 -32° 斜度，盛苗台底部由一軟質橡膠條做局部阻擋以免苗穗直接進入導引通道。導引通道為鐵氟龍材質以減低摩擦力。通道由入口盛台彎曲縮窄至不銹鋼苗管，10支苗管與穴盤之10個穴格同寬。高壓空氣以高速吹入盛台與導管，迫使苗穗通過不銹鋼苗管及接合成一體之導引通道，進入供苗輸送機之直立供苗塊中，即達入苗之目的。此機構為苗穗進入機器的第一站。

(2)吹氣入苗導引通道機構

構造如圖六所示，為一切割成兩半之通道塊，其中一半固定於不銹鋼苗管下方，另一半為活動式，可分離滑開，當盛接完10株苗穗之入苗盤到達內側供苗輸送機上方之定位後，#1氣壓缸拉動在外側之活動式通道塊返回供苗輸送機上方，再由#2氣壓缸將之推前，即與固定式之半邊通道塊連結，形成了完整的通道。此通道塊與上方之不銹鋼苗管與鐵氟龍通



圖六、吹氣入苗導引通道機構與連結情形。

Fig.6. Action steps for the tubing device.

道以及其下方之直立式供苗塊便成了完整的苗穗通路。此通路使入苗之扦插苗穗可順利到達第二點之供苗輸送機構。當完成入苗後，#1及#2反向將活動式通道塊拉開至側方，此時即打開了苗穗上半部的空間，直立式供塊往前移動時才能順利將10株入苗完成的苗穗完整的脫離入苗機構。此即為入苗導引通道必須做開閉設計的最重要目的。

二、供苗部(總成二)：

供苗部份之機構主要是依據先期試驗所獲結論，所設計提供苗穗暫時貯放及有機會補正其對地直立性之機構。基本上為一台皮帶傳動構造的輸送機，尺寸諸元為1,800×560×800 mm，由一具90W功率可電子調速且具離合剎車之馬達驅動。貯放與供苗情形如圖七，其主要之機構與動作如下所述：



圖七、供苗部份之苗穗貯放與直立供苗情形。

Fig.7. The cuttings are vertically standing in the holder for storing and feeding.

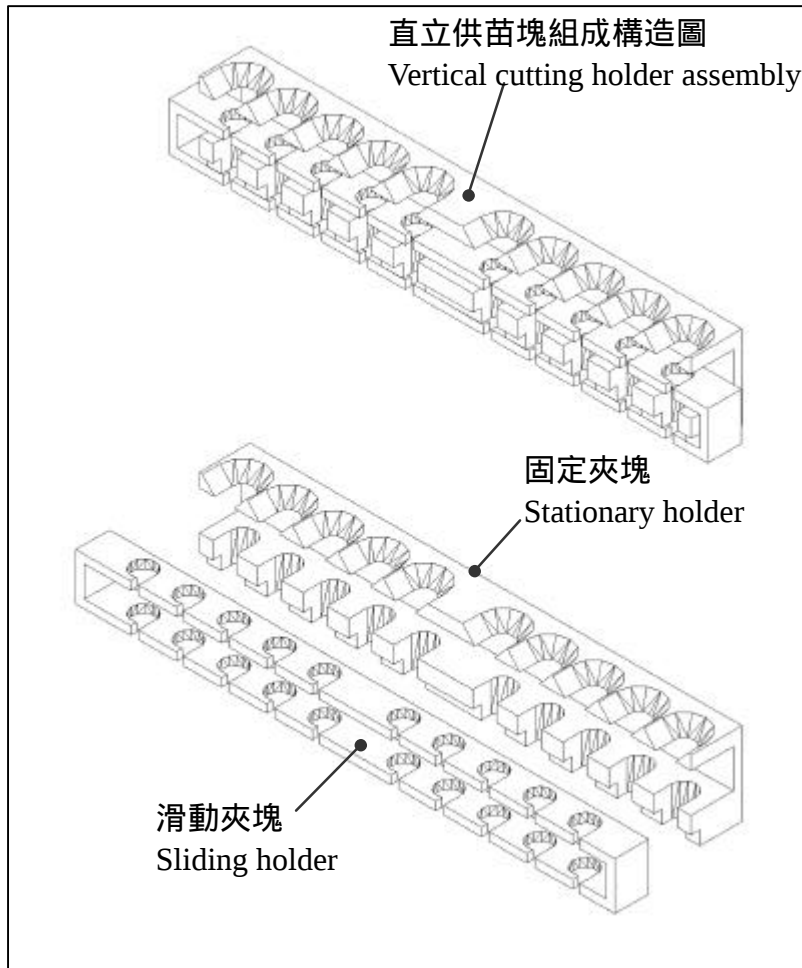
(1)暫存貯放與供苗機構

在輸送機之鏈條組上共連結有16組之直立供苗塊，每組直立供苗塊可貯放10株與夾苗爪間距相同之扦插苗穗，此直立供苗塊由兩個長型特殊構造之鋁塊所組成，構造如圖八所示，一塊凹形基座固定於兩端之鏈條上，另一凹形滑動塊則嵌入固定基座中以彈簧頂住，但可於固定基座上滑動，兩凹塊各有10個3/4圓孔，彈簧之彈力頂住時上下各有兩個3/4圓孔相對形成夾住苗穗之間隙，當推動滑塊時，即變成4個3/4圓孔相對正之孔道，苗穗可於其中自由幌動而不被夾住固定。而苗穗若完全的插入此直立供苗塊時，因上下兩夾持點為對地直立，故苗穗即可形成對地直立狀態。上下兩夾持點之中間有一容納夾苗爪伸入夾苗之空間，如此可保證夾住之苗穗成直立狀。

(2)補正扦插苗穗直立性之動作

此補正動作為利用前述供苗塊之相對滑動，使苗穗能逐漸進入完全插入供苗塊之位置。如圖九所示，當#4之超薄型氣壓缸做5次5 mm振幅，振頻0.3秒/次時，即打開或關閉滑動塊與固定塊間之圓孔成為夾持一放開動作。在此時未直立或未完全進入供苗塊之苗穗即

可順勢滑入至直立的定位。圖九所示為”夾—放”二次，所模擬顯示出部份未直立苗穗之補正情形。

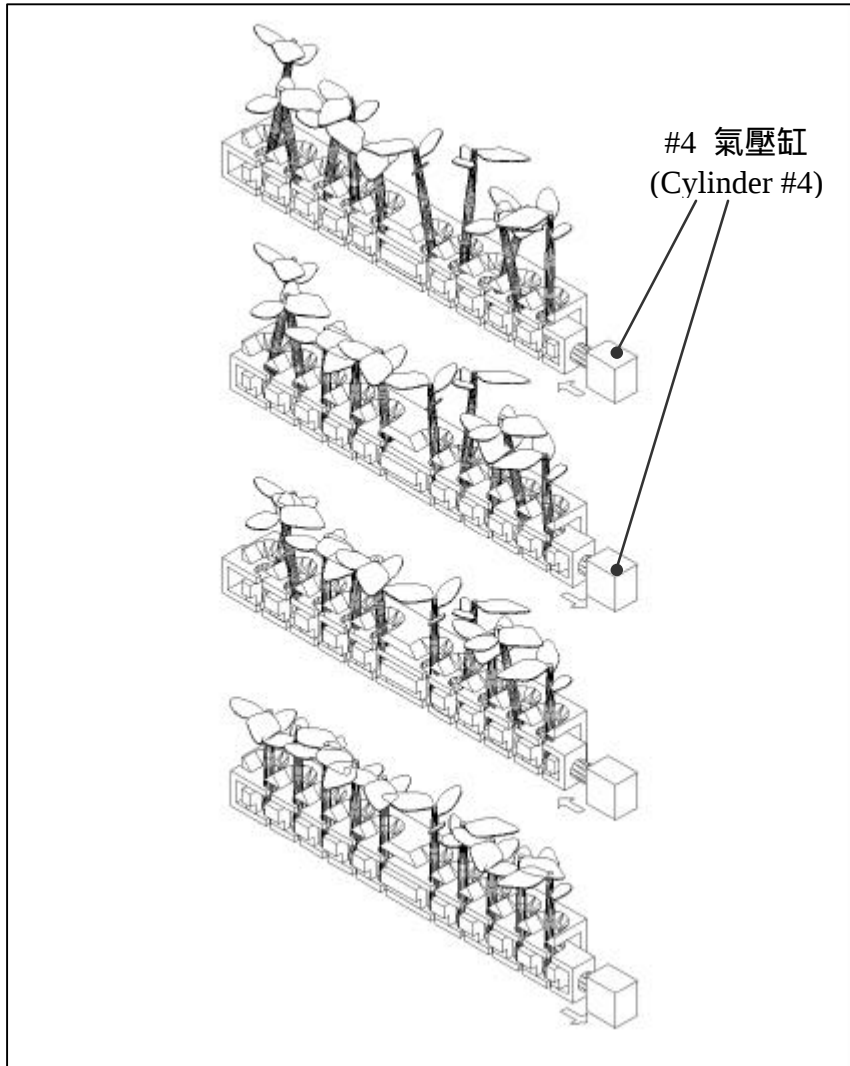


圖八、供苗輸送機之直立供苗塊構造與組成圖。

Fig. 8. The parts and assembly of the vertical cutting holder on the feeder conveyor

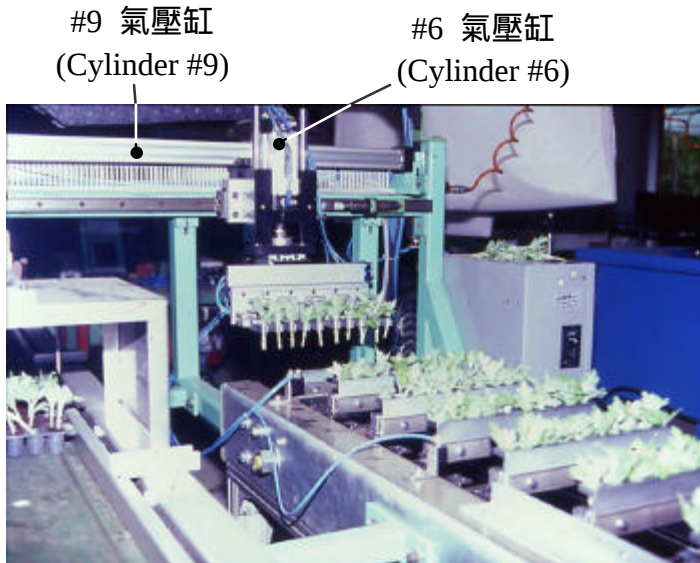
三、夾苗爪部(總成三)：

夾苗爪擔負著取苗及插植雙重工作，可說是本機械之最主要機構，其夾苗每次夾取直立供苗塊上之10株苗穗，並移動將之種植入定植苗盤之穴格中，往復此”取苗—種植”週期22次後即完成一盤之插植作業。整組夾苗爪動作由4組(如圖三中之#6~#9)共13支氣壓缸控制，#6氣壓缸操控上下動作，#7負責前進後退，#8共有10支，每支獨立操作一支夾爪之夾放動作，#9為特殊之無桿式氣壓缸，負責移動整個夾爪組左或右移，左及右端點之定位則以緩衝器做固定位置之定位。每次取苗之夾持情形如圖十中所示，能穩固的夾取10支直立之苗穗。其長寬高尺寸為1,750 × 880 × 1,350 mm。



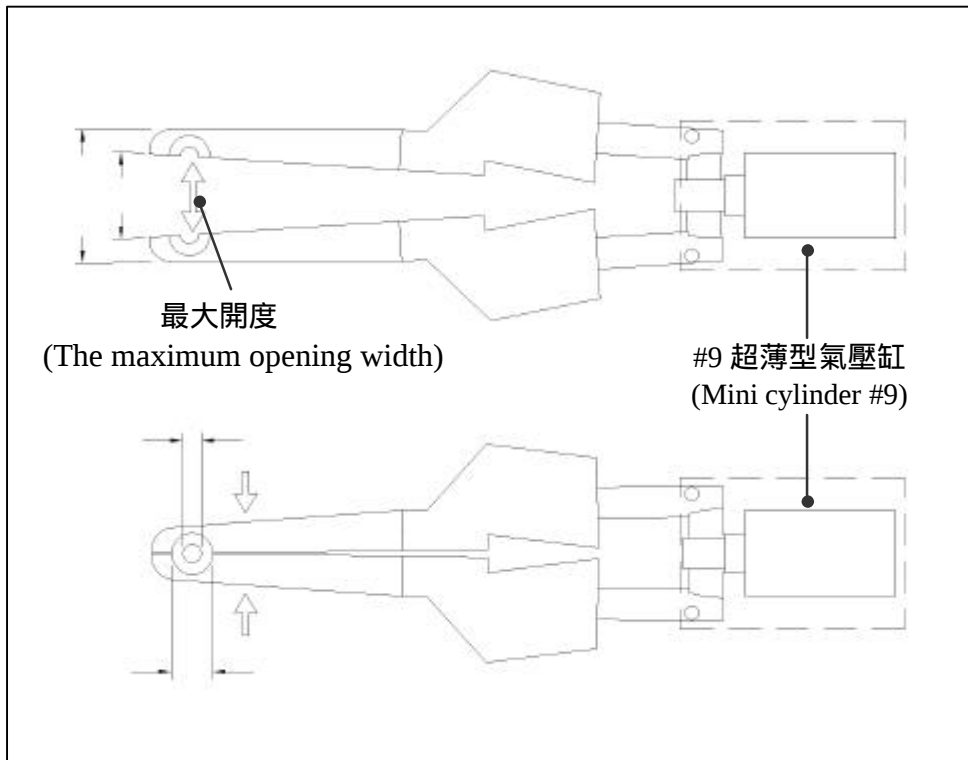
圖九、振動開閉補正分解顯示圖(左箭頭表示推開滑動夾塊使夾持鬆開，苗穗受振動自然落下滑入垂直孔道，右箭頭表示滑動夾塊彈回閉合夾持；模擬圖示二次開閉補正，使歪斜或未定位之苗穗成直立狀之情形)。

Fig. 9. Action steps of verticality compensating using vibrator (Left arrows show that the sliding holder is pushed to open and the tilt cuttings fall into the vertical hole by vibrated moving. Right arrows show that the sliding holder is sprung back to hold cuttings. There are two times of open/close action to simulate the compensation of the tilt cuttings



圖十、夾苗爪取苗並夾持固定 10 株苗穗情形。

Fig.10. Cuttings are firmly held by clamps



圖十一、單一夾爪上視斷面與開閉(夾與放)、最大開度等之構造。

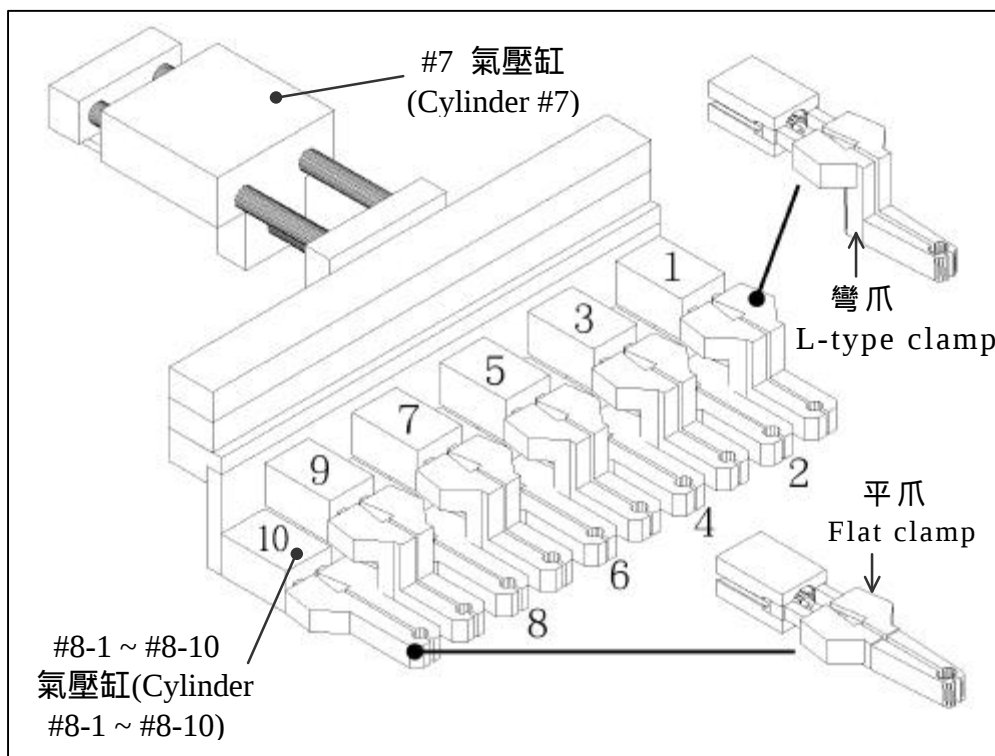
Fig. 11. Top view of the clamp as well as its maximum opening width.

(1)夾苗爪機構

單一夾爪之斷面與開閉情形如圖十一所示，夾爪之開閉(夾放)是由#8之超薄型氣壓缸操作，10支夾爪分別由編號#8-1至#8-10的氣壓缸獨立但同步動作，目的是避免10支苗穗粗細差異較大時，若為單一氣壓缸操作之同步夾爪會造成僅夾住大(粗)的穗而漏失細小的苗穗，此新設計的獨立氣缸同步夾爪則可大小苗穗均能穩定夾到。單一夾爪的前端開度最大可到30 mm，但實際上則因緊鄰排列的夾爪會限制開度最大為12 mm。

(2)夾苗爪之排列組裝

由於夾苗爪之間距必須與苗盤穴孔間距相同，為28 mm，但超薄型氣壓缸與夾爪之構造無法在28 mm內排列。因此設計兩種不同形狀夾爪，一為平伸夾爪；另一則為彎形夾爪，但末端形狀相同。如此以5支平爪與5支彎爪組合時，即可將10支氣壓缸成二層排列，即可達到並排10支夾爪頭之構造，其排列與構造情形如圖十二所示。

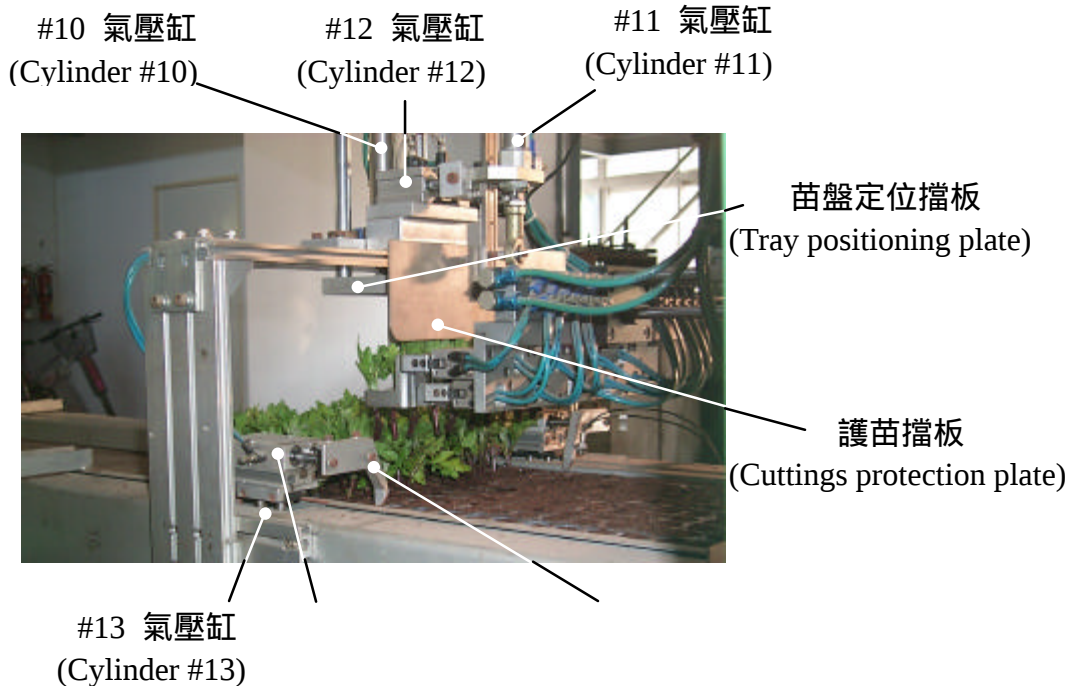


圖十二、交錯排列組裝成十支夾爪頭並排之情形與使用平爪(上排之奇數爪)、彎爪(下排之偶數爪)兩種夾爪之示意圖

Fig. 12. The overlapped arrangement of 10 clamps in different kinds : flat-type by odd numbers and L-type by even numbers.

四、定植苗盤部(總成四)：

如圖十三中所示，定植苗盤部份為一帶式輸送機，整體尺寸諸元為2,400 × 6,750 × 1,470 mm，由一具1/2 hp搭配1/50減速機之交流馬達驅動，裝填好介質之苗盤於其上向前輸送。在輸送機之中段有一突起之金屬架構，於此架構上加裝3組桿式氣壓缸，編號為#10~#12，另於金屬架構前端輸送帶邊之骨架上兩側各加裝兩組重疊之超薄型氣壓缸，分別編號為#13-1與#14-1及另一組重疊之#13-2及#14-2。當苗盤被偵測到進入金屬架構前時，#10氣壓缸即推送向下垂直之苗盤定位擋板降下擋住苗盤到達第一排插植之定位停住。當夾苗爪將10株苗穗插入穴盤孔格中後，#11氣壓缸則推動一組向下垂直之護苗擋板降下至夾爪上緣，再由#12氣壓缸將此擋板向後拉至頂住插植完成之苗穗葉片，此為保護已插苗穗不致被夾爪移動時勾倒而致插植失敗。這片護苗擋板停留於該保護位置直到夾爪鬆開、後退並上移後，才再由#12及#11氣壓缸循反向操作，退出該護苗擋板、並舉升至原始位置。#13及#14氣壓缸則以連結在#14氣壓缸之側邊苗盤定位鉤爪，伸入苗盤之兩側定位格孔中，由#14拉動鉤爪帶動苗盤向前進位一排，後由#13升降使鉤爪換位至下一定位格孔，達到苗盤移換位置之作用。此組定植苗盤之苗穗阻擋、進位機構與插植苗穗情形等請參閱圖十三。



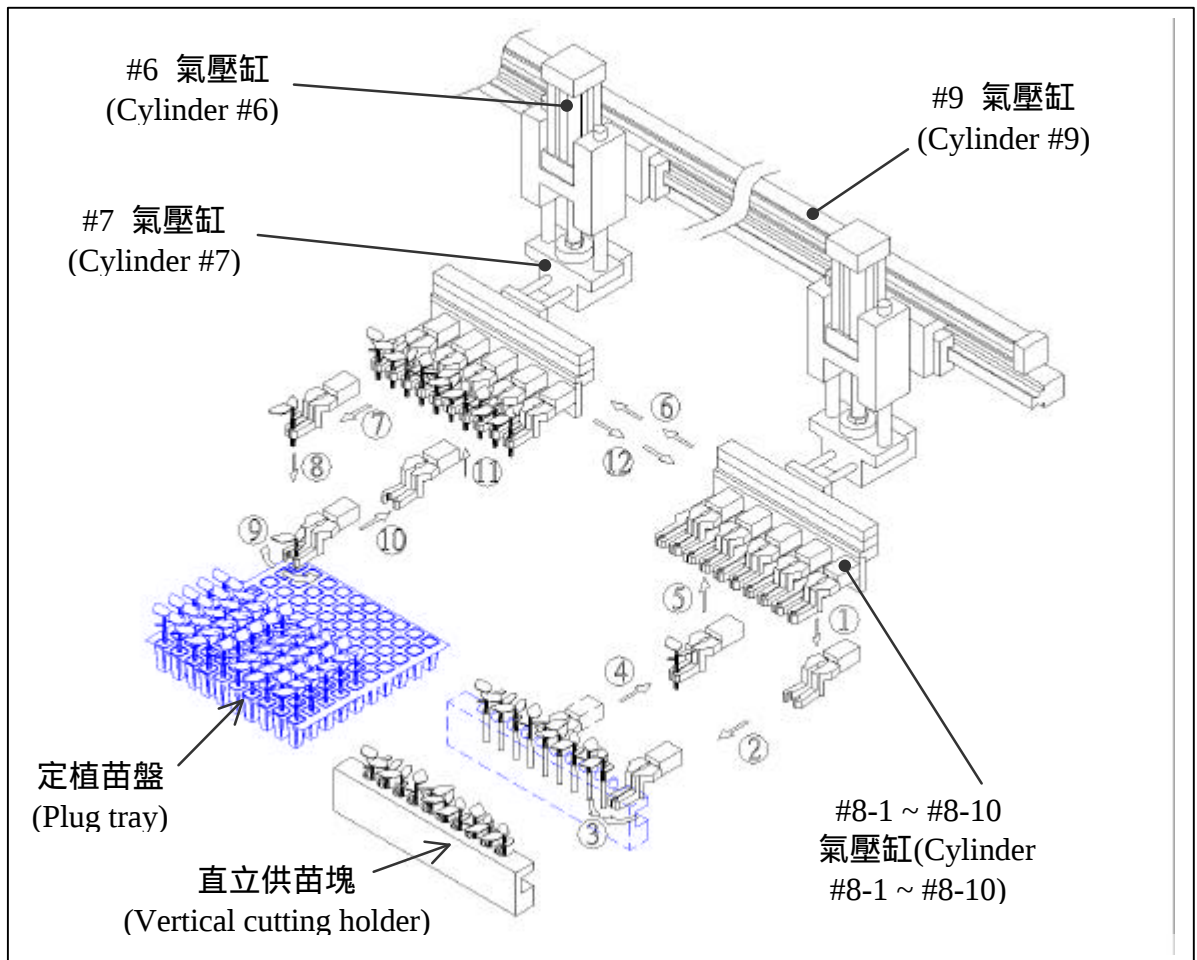
圖十三、定植苗盤輸送機與苗盤進位、苗穗保護擋板、苗穗插植之情形。

Fig. 13. Cuttings in planting condition and the relative positions of plug tray conveyor, tray moving mechanism, and cuttings protection plate.

五、動作流程：

1. 夾苗與定植流程

核心之夾苗爪取苗至定植之流程週期，共有12個步驟，其與直立供苗塊及定植苗盤間之相對關係，與此12步驟之操作情形，如圖十四中之夾爪動作所顯示。此週期可設定自12至27秒，於本試驗中則以13秒設定為所有測試的統一操作週期。

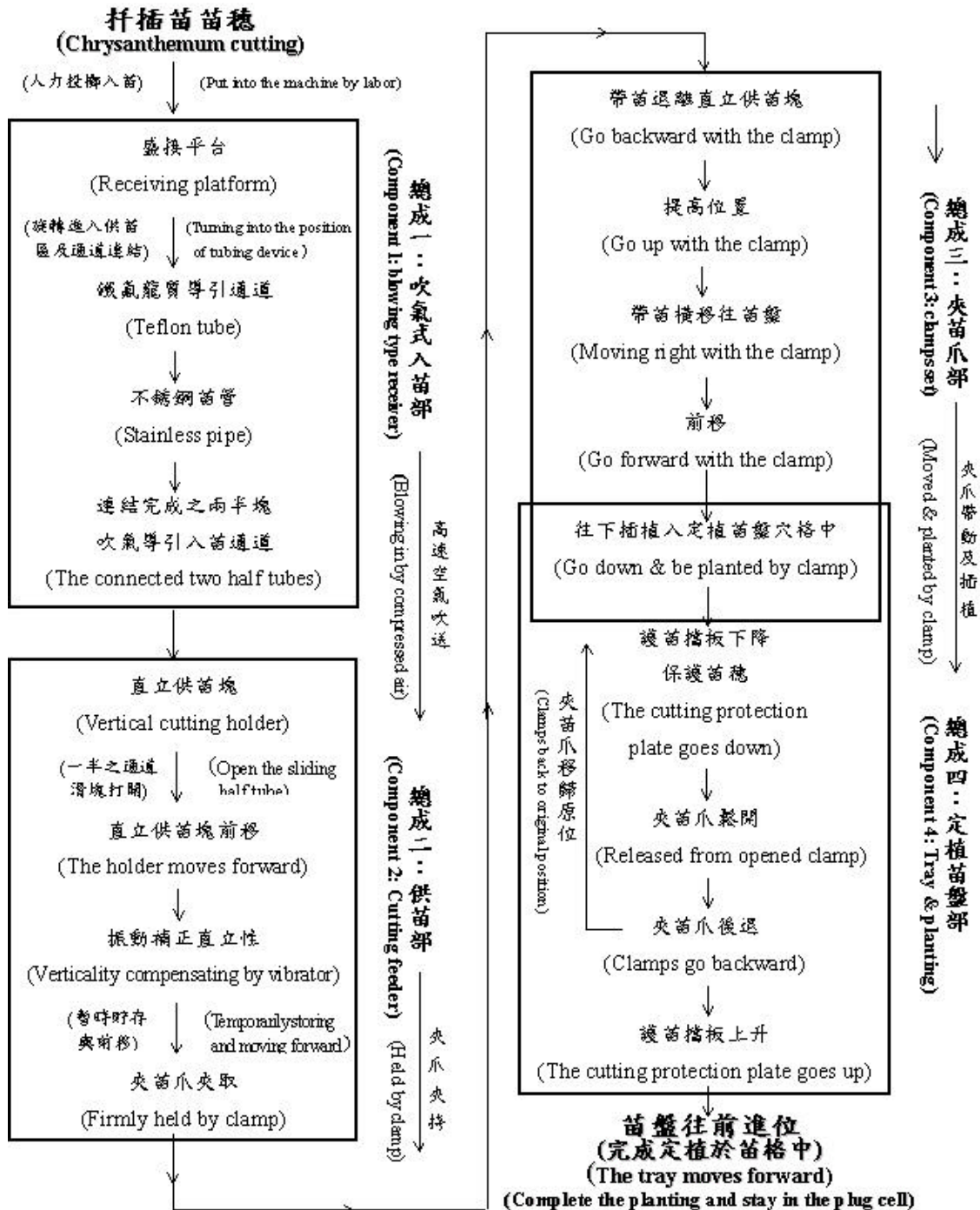


動作名稱(Named steps)

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 夾爪下降(Clamps go downward) | 7 帶苗移前(Go forward with cuttings) |
| 2 夾爪前伸(Clamps go forward) | 8 下降插植(Go downward and plant cuttings) |
| 3 夾取苗穗(Clamps get the cuttings) | 9 打開夾爪(Clamps open & release cuttings) |
| 4 帶苗退後(Go backward with cuttings) | 10 空爪退後(Go backward without cuttings) |
| 5 帶苗上升(Go up with cuttings) | 11 空爪上升(Go up without cuttings) |
| 6 帶苗右移(Move right with cuttings) | 12 左移歸位(Move left to the original position) |

圖十四、夾苗爪取苗與定植之週期動作圖及動作名稱

Fig. 14. The action cycle of the 12 named planting steps



圖十五、以單一扦插苗穗為觀察基準，所通過各部位與機構之總流程。

Fig. 15. The flowchart of planting a chrysanthemum cutting mechanically.

2.總動作流程圖

除核心之夾苗定植流程外，其餘入苗機構，供苗補正動作以及供苗塊進位、插植時護苗擋板之保護等動作流程均與全機之動作相關，缺一不可，因此列出如圖十五中以進入機械之苗穗為觀察基準，所經不同總成部位與各機構等，及以方塊顯示各總成部位間之關係，期能更一目瞭然表示出機械全部動作之總流程。

六、機構控制：

前述完成之四大部份機構、組成及動作流程，最終由電氣與氣壓電磁閥整合控制所有的動作，多數的動作包括氣壓缸均有感測件感應其動作位置以由控制系統與程式判斷下一步應做之動作。基本上本插植機的作動元件有馬達及氣壓缸；控制系統的中心是PLC；感應元件則有磁簧開關與光電感應開關等。整體之機構控制即由這些作動元件、感應元件、控制器所構成。

1.氣壓動作元件

此部份共使用了25個氣壓缸，其中1支為無桿式氣壓缸做為夾苗爪座左右移之用，10支相同的超薄型氣缸是10支夾苗爪各使用1支。苗盤進位用的亦是超薄型氣壓缸，採右右對稱各二支相同的氣缸。因此共計使用了25個、分別具14種不同功能的氣壓缸，請參考圖三中所顯示之總編號：#8有10支重覆、#13有2支相同，以及#14亦有相同的2支。這些氣壓動作元件之編號及其功能如表一中所示。表中之14類的25個氣壓缸及偵測之磁簧開關負責了多數的機構動作，大致上其動作順序是依照其編號之順序進行，由電控系統驅動氣壓缸之氣壓閥進行動作。

表一、插植機使用之所有氣壓動作元件、編號、功能與偵測開關一覽表

Table 1. The list of types and functions of the pneumatic cylinders used in the planter

No.	Quantities	Type	Quantities of reed switch	Function
#1	1	Rod type	2	Drive sliding half tube left or right
#2	1	Rod type	2	Drive sliding half tube forth or back
#3	1	Rod type	2	Drive air nozzles up or down
#4	1	Mini type	0	Quickly open or close sliding holder
#5	1	Mini type	1	Open sliding holder to release cuttings
#6	1	Rod type	2	Drive the clamps set up or down
#7	1	Mini type	2	Drive the clamps set forth or back
#8	10	Mini type	0	Open or close each one clamp
#9	1	Rodless type	2	Drive the clamps set left or right
#10	1	Rod type	2	Drive the tray positioning plate up or down
#11	1	Rod type	2	Drive the cuttings protection plate up or down
#12	1	Mini type	1	Drive the cuttings protection plate forth or back
#13	2	Mini type	1	Drive the tray moving claw up or down
#14	2	Mini type	2	Drive the tray moving claw forth or back

2.其他動作元件

除了表一的氣壓缸動作元件外，部份動作使用了其他動作元件，主要是供苗輸送機或苗盤輸送機等迴轉運動使用氣壓缸無法達成。另外，還有吹氣式入苗機構之高速空氣吹苗動作雖使用高壓空氣，但並非氣壓缸動作元件，故列於此處之其他動作元件中。這些動作元件亦是整體機構控制中之部份，如表二中所示。這些其他元件之驅動亦由電控系統負責驅動，其光電偵測訊號由PLC偵測及判斷驅動下一動作元件。高速噴嘴有10支向下對正苗管通道，10支則斜向吹往苗口，啟動後持續噴出約2.5~3秒，以使足夠氣量吹氣驅動苗穗循管道入苗至直立供苗塊中。

表二、插植機使用之其他動作元件與功能及偵測元件

Table 2. The list of types and functions of other actuators used in the planter

Name	Quantities	Type	Sensors	Function
Motor	1	Transverter type 1/2hp	2 photoelectric switches	Drive two receiving boards to turn and change positions
Motor	1	Electrical adjustable type 90Watts	1 photoelectric switches	Drive the feeder conveyor
Motor	1	Constant speed type 1/2 hp	2 photoelectric switches	Drive the tray conveyor to transport the trays
Compressed air nozzle	20	Cone type with pressurized container	None	Blowing the cuttings to go through the tubing device

3.電控與氣壓控制系統

電氣控制箱及氣壓控制閥裝於主結構支架上，為一方型電氣控制箱，另外則於入苗機構之構架上則有另一較小的方型控制箱，此兩控制箱內各有一個PLC互相連結，分離的原因主要是入苗機構乃最後製作、單獨測試，以及原PLC之控制點已不敷使用之故。主PLC使用NAIS牌，共加裝了FPI-C24、FP1-E24及FP1-E16三個I/O (輸出入)模組，使用了共64個I/O點，次要之PLC則使用士林電機之SEPLCA-20MR的20個I/O點，這個次要PLC同時控制了AELTA牌的變頻器做為入苗盤轉動換位控制時之馬達速度控制。全部控制是直接以電氣迴路階梯圖轉換成所須之PLC專用邏輯程式，控制箱上則有自動、手動選擇鈕及開始按鈕等與各動作按鈕，以方便檢查或測試時單一動作操控用。當選擇自動模式，按下開始鈕，即進入邏輯程式執行，接管所有之動作元件及偵測元件，按既定流程逐步執行便完成了自動週期動作之機構控制，完成整組機械之運作。

吹氣入苗效果試驗之結果

全部量測5次計共250株苗穗所得之結果如表三所示。入苗之成功率介於86%至94%之間，平均為90.8%，差強人意。備註欄中所註明的失敗情形並不完全是該欄次試驗之失敗情形，而是所發現之失敗狀況總記錄並條列之，換言之，有該5種失敗之可能。其中最嚴重者為留滯

於通道中，會導致後續入苗時該管路均無法順利入苗。因此未來若欲提高入苗成功率，應可針對這些失敗情形經討論與進行試驗與改良。

表三、完成入苗 5 次(各 50 株)之試驗結果

Table 3. The testing results of cuttings receiving (50 cuttings × 5 replications)

Batch	Time (sec.)	Successful ratio (%)	Remark (reasons of failure)
1	88.0	94.0	Not be blown into the receiving tube
2	82.0	86.0	Be grasped & moved by sliding tube
3	90.0	92.0	Go out & lost from tubes when receiving board turning
4	85.0	90.0	Not fully going in the holder & pulled by sliding tube
5	87.0	92.0	Staying in the receiving tubes
Average	86.4	90.8	

振動補正供苗塊中苗穗直立性試驗之結果

補正試驗之結果如表四所示。由結果可知，振動補正成功率為90%，可見補正效果甚佳，若假設入苗已到達供苗塊中，則經過此補正動作後可大幅增加供苗苗穗之直立性。此補正效果已可接受，進一步之補正效果則需進行多種頻率與振幅之試驗，以求得最佳振幅與頻率。

表四、苗穗直立性振動補正試驗結果

Table 4. The testing results of verticality compensating using vibrator

Batch	Successful cuttings	Batch	Successful cuttings
1	8	6	7
2	8	7	8
3	6	8	8
4	7	9	7
5	7	10	8

The average successful cuttings are 7.2, and the average successful ratio is 90%

介質振動裝填緊密效果試驗之結果

試驗所得之20個介質重量數值比較結果如表五。由此結果可知，振動裝填之總介質重量較未振動裝填之重量平均值高出了121 g，亦即其密度較未振動者提高了23.5%，在插植效果觀察，振動裝填之介質，苗穗插植後的確較為挺立而不會歪倒，證實振動裝填後緊密效果與插植之挺立效果均較為佳。

表五、振動與無振動裝填之穴盤容納介質重量比較表

Table 5. The comparison of mediums weight in plug trays with and without vibrating filling

Process	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average (g)
With vibrating filling	644.24	648.44	624.74	640.64	621.24	639.54	643.84	628.64	649.74	622.24	636.33
Without vibrating filling	525.74	520.24	498.84	515.24	519.44	509.64	521.54	511.14	518.64	512.54	515.30

插植精度試驗之結果

共計400株之植深數值經統計計算後比較如表六所示。其統計的結果，非常巧合的人工與機械種植的平均深度值都是22.3 mm，不過機械插植的最大值小於人工的最大值，而機械插植之最小值則大於人工插植之最小值，偏差值則差異最為明顯，可知人工插植的隨機分佈較機械插植之分佈遠為廣泛，意即其精確度遠小於機械插植之精確度。由此結果可知機械插苗的確較人工插植準確的多。

表六、機械與人工插植苗穗之植深比較表

Table 6. The comparison of planting depth using labor and machine.

Process	Total planted cuttings	Minimum depth (mm)	Maximum depth (mm)	Average (mm)	Variation (mm)
Planted by machine	200	20	24	22.3	0.91
Planted by labor	200	15	28	22.3	2.58

插植完成整盤穴盤苗之試驗結果

完成調查量測之插植試驗結果如表七所示。量測計算的結果，換算本研究插植機的作業效率大約為每分鐘將近46株；插植成功率之調查中，每盤的失敗株數約在17~22株，差異十分接近，其插植失敗之苗穗有集中於某二列之情形，但並未非常確定，未來試驗應設法檢討是否有特定之夾爪或苗盤對正之差異而衍生此結果，找出問題後當可據為改良，以提升成功率。

表七、整盤穴盤之插植試驗結果表

Table 7. The testing results of successful ratio in planting the whole tray

Batch	Time (sec.)	Successful ratio (%)	Batch	Time (sec.)	Successful ratio (%)
(1)	285	91.8	(6)	288	90.0
(2)	301	90.9	(7)	287	91.8
(3)	283	92.2	(8)	292	92.2
(4)	279	90.0	(9)	289	90.0
(5)	290	92.2	(10)	300	92.2

The average planting time is 289.4 seconds, and the average successful ratio is 91.3%.

結論與建議

一、本插植機研究所開發研製之成果為一創新設計與構造的機械，初步測試結果顯示，介質裝填之緊密度以振動方式補正的效果不錯，供苗之苗穗直立性以振動方式補正亦有90%成功率。整體插植能量約可達每分鐘46株，而平均成功率為91.3%。最重要的是，其插植深度之精確度比人工插植要準確的多，可知本插植機已達一定的實用性。但目前的成果仍有相當多可改進的空間。

- 二、吹氣式入苗機構是本機械目前最需要改進的部份，雖然其測試結果得到平均90.8%成功率，但有堵塞入苗通道造成後續問題的隱憂，必須再設法徹底改良，以能銜接全機，達成完整自動入苗並插植之全套機械系統。
- 三、本插苗機設計是為了銜接一貫化介質裝填機使用並已串連測試中；而另一設計是選擇日製穴盤，則是為銜接自動式雙行菊花移植機之使用。未來希望能自介質裝填至插植苗穗、生產育苗之全套機械完整操作，達到減少生產人力，提高生產效率之目標，並且在育苗完成後，直接以整盤苗置入移植機，使定植入田時亦能減少人力、提高效率。這些均是整體菊花生產提升競爭力計劃中之一環，期使菊花產業能免於沒落而再創新局。
- 四、任何機械均無法做到像人手般靈巧且具判斷與彈性，本插植機亦相同，由於設計之初是採調查標準苗穗的尺寸後設計，以及因為夾苗爪本身的剛性使然，無法如手指般可夾取太大、太小或含多片葉片之苗穗，因而本機械的使用，有其一定的限制，故供苗苗穗必須配合機械之限制作部份篩選。因此建議使用本機時，其原料苗穗必須儘量摘除下半部葉片及勿使用過大或過細的苗穗，以免本機運作不良。
- 五、除機械化生產育苗、移植外，菊花產業振興尚有極多待努力之處，但目前菊花方面之研究人力極缺乏，建議農政單位能增加研究經費，多吸引研究人力投入。以農機領域而言，除菊花移植機械外，如菊花管理機械、保鮮運輸處理、甚至加工處理技術與設備等均有極多研究空間。有興趣者，建請不吝貢獻您的智慧與經驗。

誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會補助經費(89科技-1.1-糧-13(7))，試驗期間承永峰機械股份有限公司傾力協助製作組裝與配合機械試驗改良，農委會、中興大學農機系等諸多專家學者不吝賜教指導，與彰化縣田尾鄉七星自動化花卉育苗場多位專業菊花農友幫忙且提供意見，及本場農機研究室田雲生先生協助研發改良、李安心先生協助電腦繪圖與分析、謝佐易先生協助測試記錄、賴碧琴小姐協助電腦記錄打字等，更有本場花卉研究室之義助，方得以順利完成，謹此敬致由衷謝忱。

參考文獻

1. 丁冠中 1991 機器人彈性處理植株幼苗之運作區間 環控農業機械工程研討會專輯 p.335-355 台北 農業機械化研究發展中心發行。
2. 張致盛、易美秀 1996 穴格大小對菊花穴盤苗生長之影響 台中區農業改良場研究彙報 51: 9-20。
3. 張致盛、陳彥睿、黃勝忠 1995 菊花穴盤育苗技術介紹 臺灣農業 31(4): 133-136。

4. 張智富 1997 穴盤種苗假植機構控制系統之研究 碩士論文 台中 中興大學農業機械工程研究所。
5. 許謙信 1996 台灣菊花生產技術改進的幾點建議 農業世界第160期 13-15。
6. 黃葆貴、鍾維榮、許謙信 1997 自動化扦插苗提升菊花品質與產量 豐年 47(13): 48-51。
7. 黃麗娟 1996 菊花外銷現況 農業世界第160期 p.25-26。
8. 鄭經偉、黃裕益、陳衍君 1997 氣壓式假植機之研究()—設計與試驗 農業機械學刊 6(4): 49-60。
9. 鄭經偉、黃裕益、陳衍君、樂家敏 1998 氣壓式假植機之研究()—移載之定位控制 農業機械學刊 7(3): 75-84。
10. 龍國維、田雲生、張致盛 1996 菊花穴盤苗用介質裝填打孔一貫作業機械簡介 農業世界 160: 29-33。
11. 簡大為 1999 蝴蝶蘭組織培養苗移植機構之開發研究 碩士論文 台中 中興大學農業機械工程研究所。
12. 樂家敏、洪錫鵬、彭文泓 1996 以直角座標機器人移植組織培養苗的試驗研究 農業機械學刊 5(1): 29-40。
13. 樂家敏、彭文泓、洪錫鵬 1996 機器人應用在組織培養作業上的試驗研究 農業機械學刊 5(1): 41-54。
14. 三輪敬之 編 1992 生命機械工學 6: 76-82 日文 裳華房。
15. 岡本嗣男、木谷おさむ 1990 バイオテクノユザー作業の自動化に関する研究(第2報) 農業機械學會誌 52(5): 79-85。
16. 岡本嗣男、木谷おさむ、鳥居徹 1993 ヲソ科植物プロトユーム移植ユポツトに関する研究 農業機械學會誌 55(5): 103-110。
17. Beam, S. M., G. E. Miles, G. J. Treece, P. A. Hammer, L. J. Kutz and C. B. Richey. 1991. Robotic transplanting: Simulation, design and performance tests. ASAE paper No.917029.
18. Brewer, H. L. 1988. Experimental automatic feeder for seedling transplanter. Applied Engineering in Agriculture. 4(1): 24-29.
19. Hwang, H. and F. E. Sistler. 1986. A robotic pepper transplanter. Applied Engineering in Agriculture. 2(1): 2-5.
20. Kozai, T., K.C.Ting, J.Aitken-Christie. 1991. Considerations for automation of micropropagation systems. Automated agriculture for the 21st century: proceedings of the 1991 symposium, 16-17 December 1991, Chicago, Illinois. ASAE publication. p. 503-517.
21. Kutz, L. J., G. E. Miles, P. A. Hammer and G. W. Krutz. 1987. Robotic transplanting of bedding plants. Transactions of the ASAE. 30(3): 586-590.

22. Rumsey, M. D., Y. N. Ting and J. K. Wang. 1989. An improved electro-hydraulic vegetable seedling block transplanting. *Applied engineering in Agriculture*. 5(4): 485-488.
23. Ting, K. C., G. A. Giacomelli and S. J. Shen. 1990a. Robot workcell for transplanting of seedlings-Part I-Layout and materials flow. *Transactions of the ASAE*. 33(3): 1005-1010.
24. Ting, K. C., G. A. Giacomelli and s. J. shen. 1990b. Robot workcell for transplanting of seedlings-Part II-End effector development. *Transactions of the ASAE*. 33(3): 1013-1017.
25. Van de Werken, J. 1991. The development of the finger-tray automatic transplanting system. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 50: 51-60.

The Study of an Automatic Cutting Planter for Chrysanthemum Plug Seedling¹

Gwo-Wei Long²

ABSTRACT

This research developed a prototype automatic cutting planter for chrysanthemum plug seedling for local cultivation method in Taiwan. The purpose of this machine is to reduce labor needed and to advance planting accuracy while planting chrysanthemum cutting into a 220-cell plug tray. The mechanism design of the machine use compressed air as driving power to activate mini type pneumatic cylinders for clamping flower cuttings and to activate rod and rodless type cylinders for moving the clamps set and doing plantation. Programmable logic controller (PLC) was used as controller for all actions of the machine. The planting cycle is designed adjustable from 11 to 27 seconds but set in 13 seconds for all experiments, and 10 cuttings are clamped and planted in each cycle. The testing results show that the successful planting ratio is about 91.3%, and the planting capacity is about 46 plugs per minute under the situation of providing good and straight flower cuttings.

Key words: chrysanthemum, plug seedling, automatic cutting planter.

¹. Contribution No. 0542 from Taichung DAIS.

². Associate Agricultural Engineer, Taichung DAIS, Council of Agriculture.