

# 草花種苗移植機之研製

張金發、林達德<sup>1)</sup>

## 摘 要

本研究已研發完成實用型草花種苗移植機一部，使草花種苗由288格之穴盤移植至含12或15個軟盆之托盤內的人工作業得以機械化。此機械可配合前段之自動介質上盆機連線作業，使草花種苗移植作業得以一貫化。本項草花種苗移植機主要分為控制系統、觸控螢幕人機介面、種苗穴盤供盤機構、穴盤定位機構、種苗夾持機構、軟鉢與托盤定位輸送帶等部分組成。種苗夾持機構由十二組針狀夾持具構成，一次可以由穴盤內移出十二株種苗，並移入下方之草花軟鉢中。本機是以步進馬達驅動定位機構，夾持機構則是以氣壓驅動，所有動作是以可程式邏輯控制器PLC進行順序控制。如草花種苗生育日數達35天，根系生長良好，其移植成功率為91.2-94.7%，作業效率為每小時移植2,700盆(株)，比人工作業快約4倍以上，又由使用成本分析得知，每萬盆移植費用包括折舊費204元、維護費229元、利息53元、水電費34元及工資 925元，合計為 1,445元，與人工上盆作業每萬盆成本需2,250元比較，可節省 805元，即36%。如年產量為430萬盆，即可節省 346,150元。顯見草花種苗移植作業之機械化、自動化可節省工時及降低生產成本。

關鍵詞：種苗、移植、草花、自動化。

## 前 言

本省之花卉栽培產業隨著經濟的發展與生活水準的提昇，需求量逐年增加，已成為目前農村之重要產業。未來的發展勢必朝向專業區之產銷型態，其生產方式為求生產成本的降低以及遷就農村人力漸缺之事實，亦將逐步由目前偏重勞力的生產方式，引入新的生產技術，使整個生產模式能達到省工與提高產品數量及品質的要求。

草花生產育苗作業過程中極為重要的一個階段，其作業過程的複雜性相對地便易使此階段成為整個生產作業之瓶頸，尤其在目前朝向一貫化與自動化生產模式的趨勢下，此瓶頸之突破更顯現其重要性<sup>1)</sup>。我國一貫化育苗作業的建立目前大致已達到機械化與自動化的程度，尤其是在穴盤蔬菜種苗的育苗自動化方面，近年來已可以看出其成果<sup>2)</sup>。相對可應用於草花生產的育苗作業，例如相當耗費人

1) 國立台灣大學生物產業機電工程學系教授。

## A Transplanter for Ornamental Flower Seedlings

Chin-Fa Chang and Ta-Te Lin<sup>1)</sup>

### Summary

A prototype seedling transplanter for ornamental plants was developed. The specific function of the transplanter was to transplant seedlings from 12×24 nursery tray to 3×4 or 3×5 growth pot trays automatically. The development of this seedling transplanter facilitates the automation of the manual transplanting operation. The transplanting machine comprised several mechanisms such as the control system, control panel, the nursery tray feeder, nursery tray positioning system, seedling transplanting mechanism, the conveyer belt, and positioning mechanism for 3×5 growth pot trays. Transplanting operation was achieved with the parallel transplanting mechanism. Twelve seedlings were removed from the nursery tray and transplanted to the growth pot in one run. The sequential control of the transplanter was achieved with a programmable logic controller (PLC). The successful rate for transplanting was about 91.2-94.7 % for seedling with well-grown roots and the working capacity of this machine was 2,700 pots per hour which was 4 times over that of manual operation. The cost analysis of the machinery usage revealed that total cost was NT \$ 1,445 per ten thousand pots which included NT \$ 204 of depreciation, NT \$ 229 of maintenance, NT \$ 53 of interest, NT \$ 34 of electricity cost and NT \$ 925 of wages, the application of the automatic transplanting machine saves NT \$ 805 per ten thousand pots, that is equivalent to a saving of NT \$ 346,150 per year. The effect of reducing labor time and operation cost by using the developed automatic transplanting machine is significant.

Key words: Seedlings, Transplanting, Ornamental flowers, Automation.

---

1) Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.

本機最具體的突破為移植作業夾持機構的研發成功，克服了以往進行種苗移植時必須由穴盤下方頂出種苗的問題，使草花種苗移植機適用於國內的草花生產業者，而移植機構亦可以應用於其他需要進行種苗移植的相關機械上。另外，往復式平行移植機構的改良設計，大幅提昇移植速度，使得軟盆上盆、介質填充到自動移植得以一貫作業，此亦增加了移植機對於草花產業的適用性。為使安裝移植機的示範農場之草花生產作業得以更一貫化，軟盆上盆機與草花種苗移植機之一貫作業，以及完成移植作業後輸送至苗圃之輸送裝置與動線之設計，仍應繼續投入人力與物力進行研發。另外，研發成功的移植機亦應加強透過示範推廣或是展示的機會，擴大推廣應用於產業界。

## 誌 謝

本計畫承行政院農業委員會87科技-1.1-糧-21(3)、88科技-1.1-糧-01(3)、89科技-1.1-糧-73(5)計畫經費補助，合作廠商錦宏工業有限公司及試驗農戶李傳財先生之協助，使試驗改良工作順利進行，報告撰寫承本場李博士汪盛堃正，謹此一併致謝。

## 參考文獻

- 1.黃世欣、林達德。1996。種苗移植作業夾持具之設計與性能分析。農業機械學刊 5(3): 51-65。
- 2.張金發、林達德。2000。花卉軟盆自動上盆機之研製。桃園區農業改良場研究彙報 40: 41-47。
- 3.張武男、林深林、黃錦河、張簡秀容。1996。穴盤栽培介質與育苗之關係。蔬菜自動化育苗技術研討會專輯。台北。國立臺灣大學農業機械工程學系。p.145-148。
- 4.鄭經偉、黃裕益、陳衍君。1997。氣壓式假植機之研究(I)－設計與試驗。農業機械學刊 6(4): 49-60。
- 5.鄭經偉、黃裕益、陳衍君、樂家敏。1998。氣壓式假植機之研究(II)－移載之定位控制。農業機械學刊 7(3): 75-84。
- 6.樂家敏、鄭吉良、朱健松。1995。蔬菜種苗移植機供苗機構之設計與試驗。農業機械學刊 4(1): 35-48。
- 7.Suggs, C. W. 1979. Development of a transplanter with multiple loading stations. Trans. of the ASAE 22(2): 260-263.
- 8.Lin, T. T., T. M. Lai, S. Chen, and D. S. Fon. 1994. Gray-scale and color machine vision systems for seedling detection. pp.3-94. In: ASAE. Publication, Proceedings of the 5th International conference: Computers in Agriculture.

由草花種苗移植機之使用成本分析得知，每萬盆移植費用包括折舊費204元、維護費229元、利息53元、水電費34元及工資925元，合計為1,445元，與人工移植作業每萬盆成本需2,250元比較，可節省805元，即36%，如年產量為430萬盆，即可節省346,150元，詳如表3、4所示。

表3. 草花種苗自動移植機之使用成本

Table 3. Cost analysis of using a automatic transplanting machine.

項目 Item	單位 Unit	數量 Amount	金額 Sum	說明 Description
購入金額 Purchasing Cost	元	1	780,000.-	草花種苗自動移植機之購買價格。
殘值 Residual value	元	1	78,000.-	以購入金額之10%計算。
使用年限 Estimated life time	年	8		本機在作業室應用，結構耐用。
年使用量 Annual potting amount	萬盆	430		21,500 盆/天×20 天×10 月/年
折舊費 Depreciation	元/萬盆	1	204.-	$(780,000 \text{ 元} - 78,000 \text{ 元}) \div (430 \text{ 萬盆/年} \times 8 \text{ 年})$
利息 Interest	元/萬盆	1	53.-	$0.065[(780,000 \text{ 元} - 78,000 \text{ 元}) \div 2] \div 430 \text{ 萬盆}$
維護費 Maintenance cost	元/萬盆	1	229.-	$780,000 \text{ 元} \times 10\% \div 430 \text{ 萬盆}$ 及潤滑油 47.6 元
水電費 Electricity and water cost	元/萬盆	1	34.-	$2.8 \text{ 元/度} \times (0.746 \text{ kw/hr} \times 4 \text{ HP}) \times 1.73$ 及水費 20 元
工資 Wages	元/萬盆	1	925.-	$(2,000 \text{ 元/天} \div 8 \text{ hr/天}) \times 3.7 \text{ hr/萬盆}$
合計	元/萬盆	1	1,445.-	

表4. 草花種苗自動移植機與人工移植作業效益比較

Table 4. Comparison of profits between automatic and manual transplanting.

移植方法 Transplanting method	工資 Wages	折舊費 Depreciation	維護費 Maintenance	利息 Interest	水電費 Electricity cost	合計 Total	效益比較 Comparison of profits
自動移植 Automatic	925	204	229	53	34	1,445	-805
人工移植 Manual	2,250	0	0	0	0	2,250	

## 結果與討論

草花種苗移植機研製完成後進行田間試驗並逐步改良，機械性能穩定後，於蘆竹鄉宏竹花卉農場實地操作應用，並配合前段軟盆自動上盆機連線作業，使用288格穴盤育苗、12格托盤栽培，連續移植50個托盤，即600盆(株)之作業性能，如表1所示。種苗利用機械移植的一個重要條件為其根系必須發育健全，即育苗介質和根系結合成塊狀，而不致於在夾持機構夾持種苗根部時因介質鬆散而分離。然不同苗齡與種類的草花種苗其根系狀況可能不同，因此必須獲得基本實驗資料，以確定適用的草花種苗種類與移植時機。本研究中分別對多種不同苗齡與種類的草花進行測試種苗移植的成功率，如生長日數足夠，根系生長完整的種苗則夾取順利，移植效果良好。表 1所列為部分試驗的結果，顯示以苗齡較長(35天)的千日紅移植成功率為94.7%最好，其次為雞冠花93.7%，再者非洲鳳仙92.8%、一串紅91.2%；苗齡較短(30天)根系較不完整的種苗移植效率差，其移植率僅在80%左右。表 2顯示本機工作效率為每小時可移植2,700盆(株)，比人工作業672盆(株)快約 4倍。

表1. 草花移植機性能測試結果

Table 1. Results of performance test with automatic transplanter.

種類 Species of flowers	生育日數 Growth period (day)	測定盆數 No. of testing pots (pot)	缺株盆數 Pots with missing seedling (pot)	缺株率 Percentage of missing plant (%)	移植率 Percentage of transplanting (%)
千日紅	30	600	79	13.2	86.8
Gomphrena	35	600	32	5.3	94.7
雞冠花	30	600	75	12.5	87.5
Celosia	35	600	38	6.3	93.7
非洲鳳仙	30	600	68	11.4	88.7
Impatiens	35	600	43	7.2	92.8
一串紅	30	600	122	20.3	79.7
Salvia	35	600	53	8.8	91.2

表2. 草花種苗自動移植機與人工移植作業效能比較

Table 2. Comparison of operation capacity between automatic and manual transplanting.

移植方法 Transplanting method	工作效率 Operation capacity		指數 Index (%)
	托盤 (tray/hr)	軟盆 (pot/hr)	
自動移植 Automatic	225	2,700	400
人工移植 Manual	56	672	100

速度至原先設計之兩倍，使種苗移植機之速度得以搭配前段之軟盆上盆機供應速度。往復式平行移植機構之原理是利用移動與插植種苗的時間，另外以一組移植機構進行種苗的夾取，以減少等待時間，待一組移植機構完成插植後，另一組移植機構即已夾好種苗待命準備插植。圖1所示則為往復式平行移植機構進行種苗移植的情形。

有關移植機性能改善與效率提昇方面，是藉由雛型機在草花育苗場的運轉測試，發掘問題及諮詢使用者的意見，進行問題的解決與提高作業性能。主要解決的問題為：(1)夾持具的改良與夾針最佳插植角度的測試，(2)增加育苗穴盤的固定機構，減少育苗穴盤的變形，(3)與軟盆上盆機的連線動作控制程式的修改，(4)育苗穴盤進盤與出盤機構的重新設計，(5)托盤進盤與出盤轉換輸送帶機構的設計，(6)整體系統整合等項目。研製改良後的育苗穴盤進盤機構，經過機構的改良與測試，完成第一部實用機的設計、零件加工、組立、配線、安裝與基本測試。整套移植機主要分為控制系統、觸控螢幕人機介面、種苗穴盤供盤機構、穴盤定位機構、種苗夾持機構、軟盆與托盤定位輸送帶、托盤進出盤輸送機構等部分。圖2為安裝後種苗移植機的外觀，其控制面板採用觸控式螢幕之人機介面，自動移植機是以步進馬達驅動定位機構，夾持機構則是以氣壓驅動，所有動作是以可程式邏輯控制器PLC進行順序控制，並可以進行單動控制。

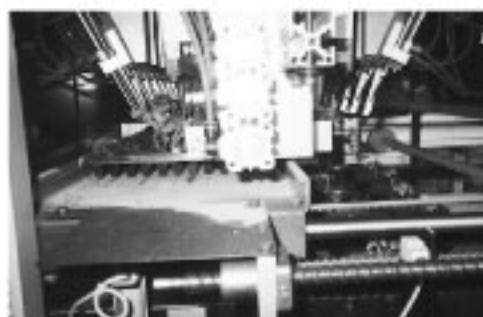


圖1. 往復式平行移植機構

Fig. 1. Reciprocating transplanting mechanism.



圖2. 安裝於花卉農場之種苗移植機外觀

Fig. 2. A seedling transplanter installed in a nursery farm.

### 三、試驗方法

本機除於實驗室進行移植模擬操作試驗，並在桃園蘆竹鄉宏竹花卉農場進行實地作業。機械啓動後，二個已完成上盆之托盤並排進入輸送帶供移植，移植機構可自動取苗並移植入軟盆內，試驗進行中調查移植作業性能、作業速率、機械使用成本與人工作業之經濟效益分析。



力之種苗移植與管理作業中的搬運系統等，在民間產業中均尚無法有適當之機械以取代人工，因此本研究擬針對此一問題，將已發展完成的花卉軟盆上盆機與目前此項草花種苗移植機進一步改良完成連線自動化作業，解決草花生產作業的人力瓶頸，進而做為整個草花生產體系一貫化與自動化之基礎。

有關草花穴盤種苗移植機械之研究發展，目前在荷蘭已有用商品機械，但是該機械僅適用於荷蘭當地之特殊穴盤<sup>64)</sup>，對於國內草花業者所慣用之128格或288格之育苗穴盤無法進行移植動作，同時由於造價昂貴而一直無法推廣至業者。另外，美國與大陸亦有不同移植方式之移植機械，但均仍在研究發展階段，同時由於種苗穴盤形式的差異，亦無法直接引進使用，僅能在其設計上與作業方式上參考其優點做為發展國內本土化移植機械之基礎。基本上進行穴盤種苗之移植，受到穴盤規格與形式的限制頗大，而主要有待克服的技術問題為：(1)種苗植株的夾持或移動方式，(2)種苗植株的傳送與定植於花鉢方法，(3)作業的流程規劃與處理速度之要求。針對以上三項技術問題，國內外已有相當之研究文獻可茲參考<sup>65)66)</sup>，但這些文獻都是以不同作物為對象，對個別問題進行研究分析。整合整個草花種苗移植自動化作業之研究則有待在目前既有的研究基礎上，繼續深入探討並嘗試建立實用化技術，以應用於當前急需一貫化之草花育苗、上盆及移植作業。

國內有關草花種苗移植機械的研發工作，於1998-2001年期間，由台大生物機電系與本場共同合作，在農委會的補助下，順利完成了草花穴盤種苗自動移植機的研發工作，所完成的第一、二代雛型機目前已經分別安裝於桃園地區的兩家草花育苗場。研發期間並配合前段之草花種苗自動上盆機進行試驗，並舉辦觀摩會，供花農選用。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

本機試造使用鐵材、五金零件、電子材料、光電偵測器、油壓機件與量測用之卷尺、碼錶、卡尺、轉速計、真空吸力錶及試驗用之托盤、軟盆、栽培介質等等。草花生產使用托盤裝入軟盆，便於栽培管理及輸送搬運。托盤外徑規格為L 58.5 × W 41.5 × H 5.8 cm，內有12格或15格供裝入軟盆，每格L 12.2 × W 12.2 cm之筋骨固定圓形軟盆托架，內徑上圓 $\phi$  9 × 下圓 $\phi$  7.8 × H 5.5 cm，軟盆為PE真空成型射出之產品，直徑3/4"，上圓 $\phi$  10 × 下圓 $\phi$  7.5 × H 10 cm，使用之草花種苗由288格穴盤育苗，移出植入軟盆中。

### 二、機械設計與研製

目前已完成實用型草花種苗移植機，其作業流程主要可分為：(1)草花軟盆托盤定位，(2)草花種苗育苗穴盤定位，(3)機械手臂由穴盤夾出種苗，(4)種苗定植於軟盆中，(5)托盤輸送與軟盆壓實，(6)澆水等六個作業，各作業均有對應之機構來完成。原雛型機之移植動作為平行移植六株種苗於花鉢中，但為配合草花種苗移植作業前段之軟盆上盆機速度，必須改良機構與流程設計並進行測試，使得速度得以相互搭配。因此，為提高移植速度，在實用機的設計上，採用往復式之平行移植機構，提高移植