

溫室番茄生產搬運與噴藥自動化系統 之測試與評估

張金發

摘 要

引進荷蘭 BERG PRODUKT 公司之溫室番茄生產應用搬運系統，進行田間性能測試。本系統係自動操作，可自動前進、後退及升降，最低高度離地面 40 cm，最高高度 167 cm，可供溫室栽培番茄之藤蔓管理、摘心作業及採收搬運等。經田間操作試驗，使用人工操作車需 4 hr 完成之作業，使用本系統只需 2 hr，可節省勞力。

自動噴藥系統採用 0.37 KW、24 V 之電瓶為動力源，噴桿乙組，裝配 12 個噴頭，噴管長度 80 m，管徑 3/4"，以手動控制前進及後退進入溫室番茄園內噴藥，工作效率為 12.5 hr/ha，與人工配合高壓噴霧機作業需 28 hr/ha 比較，其可節省 15.5 hr/ha。成本分析得知，自動搬運系統應用於摘心作業每公頃成本 29,450 元，較人工配合簡易操作車所需成本 45,000 元，可節省 15,550 元；藤蔓整理每公頃使用成本 53,300 元，較人工配合簡易操作車所需成本 71,550 元，可節省 18,250 元。自動噴藥系統之應用每公頃使用成本為 4,500 元，較人工配合高壓噴霧機操作需 6,580 元，可節省 2,080 元。

關鍵詞：搬運系統、自動化、溫室。

前 言

溫室番茄栽培屬高價值之農業生產，栽培管理作業包括藤蔓整理、摘心作業、病蟲害防治及成熟果實之採收等，相當費時費工^(1,9)，皆亟需使用自動化機械設備以提高作業效率，減少人工需求^(2,3,7,10)。

在蔬菜育苗場使用的簡易搬運機具，包括手推式台車、電動式推車、跨植床手推車、電動跨植床台車、植床上手推車及電動植床推車等^(8,11)，以解決育苗時進、出苗之搬運問題；大型育苗場為解決大量育苗盤搬運問題，期能適時適地的將苗盤移入溫室，常必須採用類似機器人的子母車搬運系統，這在荷蘭大規模企業使用較多^(12,13,15)，在國內由台灣大學農機系與桃園場共同開發了一套較為完整的溫室自動化搬運系統^(4,5)，可兼灑水與噴藥作業。子母車系統分為人員駕駛式、自動操作式兩種。人員駕駛式係先利用輸送帶將育苗箱送至溫室外側，操作者利用抓取器一次舉起 20 箱，依溫室支柱旁側之軌道行走至預定位置放下。自動操作式則完全由電腦操作，依設定位置自動抓取育苗箱至預定位置⁽¹⁴⁾。

為提供國內溫室栽培生產搬運機械，由荷蘭引進 BERG PRODUKT 公司之溫室番茄生產用搬運及噴藥系統，探討其適用性並改良缺點。

材料與方法

引進荷蘭 BERG PRODUKT 公司之溫室番茄生產應用搬運系統，可前進及後退作業，採 0.37 KW、24V 之電瓶，附充電器。搬運系統係自動化操作，最低高度離地面 40 cm，最高高度 167 cm，可供番茄溫室生產栽培之藤蔓管理、摘心作業、採收及搬運等應用如圖 1。自動噴藥系統採用 0.37 KW、24V 電瓶為動力源，噴桿乙組、裝配 12 個噴頭、噴管長度 80 m (附圈線器)、管徑 3/4"，可自動控制前進及後退進入溫室番茄園內作噴藥與消毒作業，如圖 2 及表 1。

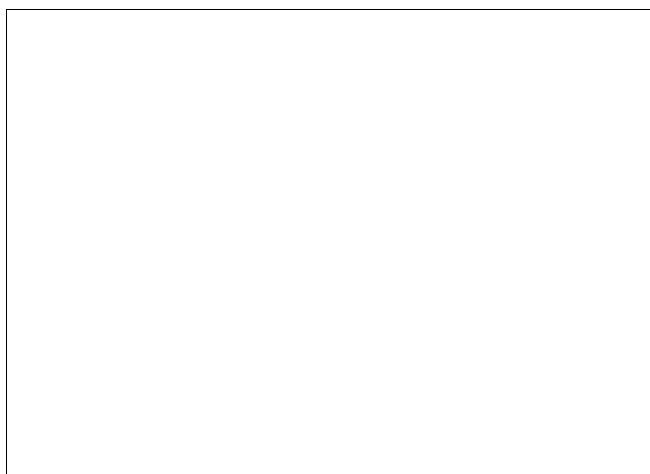


圖 1.自動搬運系統在溫室內作業

Fig 1. Operation of the automatic conveying system in greenhouse

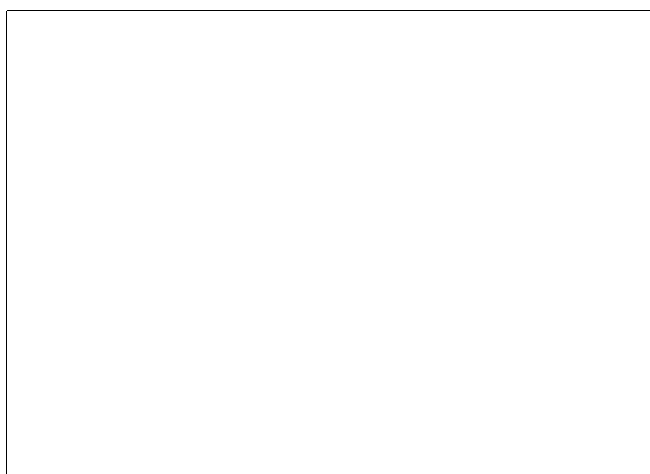


圖 2.自動噴藥系統

Fig 2. A view of the automatic spraying system.

表 1. 溫室番茄生產自動搬運及噴藥系統之規格

Table 1. Specifications of the automatic conveying and spraying system.

項 目 Item	機體尺寸 Dimensions L× W (cm)	電力 Power	離地面最大高度 Maximum elevation H (cm)	配件 Accessories
自動搬運系統 Automatic conveying system	152 × 48	0.37 kw/24 v 100 A	167	充電器一個
自動噴藥系統 Automatic spraying system	152 × 48	0.37 kw/24 v 100 A		噴頭 12 個 噴管長 80m 管徑 3/4" 充電器一個

試驗地點在新竹縣亞森農場，引進法國 RICHEL 充氣雙層塑膠布撥頂式溫室，計 4,800 坪，溫室內番茄栽培行距中間鋪設二支 1 ½" 鋸管(間距 42 cm) 供軌道搬運車及噴藥機行走用。

利用測速器、馬錶、轉速計等量測工具進行測試，並改良溫室內搬運軌道，進行自動搬運系統與噴藥系統之適用性探討與機械性能研究改良。調查機械操作與人工作業之工作效率比較及使用成本分析。

結果與討論

一、自動搬運及噴藥系統與人工操作車作業效率比較

經田間試驗調查得知；溫室番茄生產自動搬運系統，應用於摘心蔬果作業只需 128 hr/ha，如與人工配合簡易操作車需 200 hr/ha 比較，可節省 78 hr/ha，應用於藤蔓整理只需 234 hr/ha，如與人工配合簡易操作車需 318 hr/ha 比較，可節省 84 hr/ha。應用噴藥作業只需 12.5 hr/ha，如與高壓噴霧機配合人工作業需 28 hr/ha 比較，可節省 15.5 hr/ha，顯示可大幅降低生產勞力（如表 2）。

表 2. 自動搬運及噴藥系統與人工操作車作業效率比較

Table 2. Comparison of performances between mechanical and manual operations.

作業項目 Item	工作時間 Working time			比較 Comparison 節省勞力 Labor time saved
	自動搬運系統 Automatic conveying system	人工作業 Manual operation	自動噴藥系統 Automatic spraying system	
摘心作業 Shoot removal	128	200	hr/ha	72
藤蔓整理 Vine manipulation	234	318		84
噴藥作業 Spraying operation			12.5	28
				15.5

二、成本分析

本系統使用成本之估計，包括固定成本與變動成本，其考慮因子有機械作業量、利息、農機購入價格、耗電量常數、機械折舊殘存比、操作人員工資、機械總修理係數、操作人員數、作業能力、總作業時數、機械馬達馬力等項目。機械作業成本及人工作業成本估算如表 3、表 4。

人工配合簡易操作車之摘心作業成本為 45,000 元/ha，（ $200 \text{ hr/ha} \times 1,800 \text{ 元/day} \div 8 \text{ hr/day} = 45,000 \text{ 元/ha}$ ）。人工配合簡易操作車之藤蔓整理作業成本為 71,550 元/ha（ $318 \text{ hr/ha} \times 1,800 \text{ 元/day} \div 8 \text{ hr/day} = 71,550 \text{ 元/ha}$ ）。人工配合高壓噴霧機噴藥作業成本為 6,580 元/ha 如表 5。

表 3. 自動搬運系統之使用成本

Table 3. Cost analysis of using the automatic conveying system.

項目 Item	數量 Amount	說明 Description
購入金額 Purchasing cost	220,000 NT\$	自動搬運系統之引進價格。
殘值 Residual value	22,000 NT\$	以購入金額 10% 計算。
每年使用量 Annual operation area	72 ha	$0.6 \text{ ha} \times 15 \text{ day/月} \times 8 \text{ 月/年} = 72 \text{ ha}$ 。
使用年限 Estimated life time	8 Year	本搬運系統在溫室內應用，結構簡單耐用。
折舊費 Depreciation	344 NT\$/ha	$(220,000 \text{ 元} - 22,000 \text{ 元}) \div (72 \text{ ha/年} \times 8 \text{ 年})$ 。
利息 Interest	90 NT\$/ha	$(220,000 \text{ 元} - 22,000 \text{ 元}) \div 2 \times 0.065 \div 72$ 。
維護費 Maintenance cost	38 NT\$/ha	以購入金額 10% 計算， $22,000 \text{ 元} \div (72 \text{ ha} \times 8 \text{ 年})$ 。
電費 Electricity cost	178 NT\$/ha	$2.8 \text{ 元/度} \times (0.37 \text{ kw/hr} \times 172 \text{ hr/ha}) \div 1 \text{ kw/hr}$ 。
A. 應用於摘心作業		
Shoot removal		
操作工資 Labor cost	28,800 NT\$/ha	$1,800 \text{ 元/day} \div 8 \text{ hr/day} \times 128 \text{ hr/ha}$ 。
合計 Total cost	29,450 NT\$/ha	
B. 應用於藤蔓整理		
Vine manipulation		
操作工資 Labor cost	52,650 NT\$/ha	$1,800 \text{ 元/day} \div 8 \text{ hr/day} \times 234 \text{ hr/ha}$ 。
合計 Total cost	53,300 NT\$/ha	

表 4. 自動噴藥系統使用成本

Table 4. Cost analysis of using the automatic spraying system.

項目 Item	數量 Amount	說明 Description
購入金額 Purchasing cost	260,000 NT\$	自動噴藥系統引進價格。
殘值 Residual value	26,000 NT\$	以購入金額 10% 計算。
每年使用量 Annual operation area	24 ha	$0.6 \text{ ha/day} \times 5 \text{ day/月} \times 8 \text{ 月/年} = 24 \text{ ha}$ 。
使用年限 Estimated life time	8 Year	本噴藥系統在溫室內使用，結構簡單耐用。
折舊費 Depreciation	1,219 NT\$/ha	$(260,000 \text{ 元} - 26,000 \text{ 元}) \div (24 \text{ ha/年} \times 8 \text{ 年})$ 。
利息 Interest	319 NT\$/ha	$(260,000 \text{ 元} - 26,000 \text{ 元}) \div 2 \times 0.065 \div 24$ 。
維護費 Maintenance cost	136 NT\$/ha	以購入金額 10% 計算， $26,000 \text{ 元} \div (24 \text{ ha/年} \times 8 \text{ 年})$ 。
電費 Electricity cost	13 NT\$/ha	$2.8 \text{ 元/度} \times (0.37 \text{ kw/hr} \times 12.5 \text{ hr/ha}) \div 1 \text{ kw/hr}$ 。
操作工資 Labor cost	2,813 NT\$/ha	$1,800 \text{ 元/day} \div 8 \text{ hr/day} \times 12.5 \text{ hr/ha}$ 。
合計 Total cost	4,500 NT\$/ha	

表 5. 人工配合高壓噴霧機作業成本

Table 5. Cost analysis of the manual operation with power sprayer.

項目 Item	數量 Amount	說明 Description
購入金額 Purchasing cost	18,000 NT\$	高壓噴霧機購買價格。
殘值 Residual value	1,800 NT\$	以購入金額 10% 計算。
每年使用量 Annual operation area	12 ha	$0.3 \text{ ha/day} \times 5 \text{ day/月} \times 8 \text{ 月/年} = 12 \text{ ha}$ 。
使用年限 Estimated life time	8 Year	本高壓噴霧機在溫室內使用，結構簡單耐用。
折舊費 Depreciation	169 NT\$/ha	$(18,000 \text{ 元} - 1,800 \text{ 元}) \div (12 \text{ ha/年} \times 8 \text{ 年})$ 。
利息 Interest	48 NT\$/ha	$(18,000 \text{ 元} - 1,800 \text{ 元}) \div 2 \times 0.065 \div 12$ 。
維護費 Maintenance cost	19 NT\$/ha	以購入金額 10% 計算， $1,800 \text{ 元} \div (12 \text{ ha/年} \times 8 \text{ 年})$ 。
電費 Electricity cost	44 NT\$/ha	$2.8 \text{ 元/度} \times (3\text{HP} \times 0.746 \text{ kw/HP hr}) \div 1 \text{ kw/hr} \times 7 \text{ hr/ha}$ 。
操作工資 Labor cost	6,300 NT\$/ha	$1,800 \text{ 元/day} \div 8 \text{ hr/day} \times 28 \text{ hr/ha}$
合計 Total cost	6,580 NT\$/ha	

使用成本之分析得知，作業成本包含有折舊費、利息、維護費、電費、操作工資等項，如自動搬運系統應於摘心作業每公頃成本為 29,450 元，與人工配合簡易操作車使用成本需 45,000 元比較，可節省 15,550 元。如應用於藤蔓整理作業每公頃使用成本為 53,300 元，與人工配合簡易操作車使用成本需 71,550 元比較可節省 18,250 元。自動噴藥系統使用成本為 4,500 元，與人工配合高壓噴霧機操作使用成本需 6,580 元比較，可節省 2,080 元。因此，得知使用機械化、自動化作業可提昇工作效率及降低成本，將有助於溫室內栽培解決農村勞力不足與僱工不易之問題及降低生產成本，提高農民收益。

溫室番茄生產自動搬運及噴藥系統之應用，可減少搬運勞力，提高工作效率及可減少噴藥次數，降低生產成本，故可節省人力 60%。茲為配合本省設施園藝之生產自動化作業，擬建議辦理自動搬運系統與噴藥系統之國產化研製，供農民依溫室施設及作物需求之不同選擇用，以解決國內溫室栽培管理作業不足之問題。

表 6. 使用機械與人工作業之成本效益比較

Table 6. Comparison of profits between mechanical and manual operations.

項 目 Items	Unit: NT\$ /ha			
	搬運系統 Conveying system	噴藥系統 Spraying system	人工作業 Manual operation	效益比較 Comparison of profits
	A		B	(A-B)
摘心作業 Shoot removal	29,450		45,000	-15,550
藤蔓整理 Vine Manipulation	53,300		71,550	-18,250
噴藥作業 Spraying peration		4,500	6,580	-2,080

誌 謝

本研究承農委會 86 自動化-糧-08(2)及 87 自動化-糧-01(6)計畫經費補助，研究期間承蒙國立台灣大學農機系林達德教授、陳世銘教授、指導與試驗，研究中承亞太農場邱清鈺先生，本場李汪盛先生及林金隆先生協助，謹致謝忱。

參考文獻

1. 黃東瑞、潘清樂、陳健夫。1992。溫室環控自動控制系統之研究。園藝作物自動化育苗移植研討會專輯。台灣省桃園區農業改良場編印 p.145-156。
2. 陳世銘。1992。國內育苗體系現況與其自動化之推動。台北：產業自動化簡訊 5: 9-14。
3. 陳世銘、張金發、馮丁樹、游俊明、呂昆忠、王大立、田秉才、張文宏。1993。蔬菜育苗作業自動化-穴盤育苗真空播種系統。農業機學刊 2 (3): 56-64。
4. 陳世銘、張金發、馮丁樹、游俊明、呂昆忠、王大立。1993。蔬菜育苗作業自動化。第六屆全國自

動化科技研討會。大葉工學院編印。

5. 陳世銘、田秉才、張金發、馮丁樹、呂昆忠、張善能、李柏欣。1995。種苗自動搬運系統之研製。第八屆全國自動化科技研討會。中原大學編印。
6. 馮丁樹。1994。種苗生產自動化技術服務團簡介。財團法人農機中心出版 p. 1-24。
7. 張江南、李宗庭。1990。三輪與四輪車輛之穩定性分析。標準化技術論文集第一輯。經濟部中央標準局彙編 p.266-305
8. 楊信和、馮丁樹、陳世銘。1993。蔬菜育苗中心簡易搬運機械之設計與應用。農業機械學刊 6 (1): 19-32。
9. 賴森雄。1900。台灣蔬菜育苗概況。興農 261: 66-71。
10. 謝清祿、陳世銘、陳加忠、林明仁、張金發。1991。研習種苗生產及溫室栽培自動化報告。行政院農委會 p.9-14。
11. 倉田勇。1984。溫室內的作物可動式栽培裝置相關研究。農業機械學會誌 64(1): 639-644。
12. 森邦男、堀部和雄、堀野善久、磯村有宏、米川嘉英、安藤陽一郎、松尾幸茂、近藤浩市。1991。植物移動栽培裝置的開發研究(第一報)。農業機械學會誌 53(1): 65-72。
13. Aldrich, R. A. and W.J. Bartok. 1989. Greenhouse Engineering. 2nd ed. p.40-60. New York, Cornell University.
14. Chen, S., Y. N. Chu and C.F.Chang. 1992. Seedling production. Acta Horticulture. 5: 319-522.
15. Roberts, W.J.。1991。溫室系統。馮怡蓁譯，環控農業機械工程研討會專輯，財團法人農業機械化研究發展中心 台北。 p.11-20。

Study and Performance Analyses of Automation of Conveying and Spraying System for Tomato Production in Greenhouse

Chin-Fa Chang

Summary

A conveying system manufactured by BERG PRODUKT Co. from the Netherlands was introduced and tested in the field. The automatic conveying system has a power supply of 0.37KW and 24V rechargeable battery. It can elevate up and down at a maximum height of 167 cm and a minimum height of 40 cm. It was demonstrated that the system was suitable for vine manipulation, shoot removal and harvest operation of tomato of 70 m long. 4 hours are required to complete the management operation manually while only 2 hours are needed utilizing the automatic conveying system.

Another spraying system was also introduced and tested. The spraying system also uses 0.37KW and 24V rechargeable battery. The system is equipped with a spraying rod of 12 nozzles. The hose is 80 m long and the diameter is 3/4 inch.

The capacity of the spraying system was 12.5 hr/ha that is 15.5 hr/ha less than 28 hr/ha of manual operation.

The cost analysis of the conveying system usage showed that the total cost is 29,450 NT\$/ha, in comparison with 45,000 NT\$/ha of manual operation cost, application of the system in shoot removal operation saved 15,550 NT\$/ha. The operation cost of the spraying system was 4,500 NT\$/ha, in comparison with 6,580 NT\$/ha of manual operating cost, the application of the automatic spraying operation saved 2,080 NT\$/ha.

Key words: Conveying system, Automation, Greenhouse.