

番茄苗嫁接機之應用測試¹

吳浩銘、張金元、田雲生²

摘 要

本研究係針對引進之西班牙製番茄苗嫁接機加以應用測試。該機採氣壓裝置搭配可程式控制器、人機介面等作動，由人工供給接穗及根砧，機械分別斜切、接合與嫁接夾夾持後，再以機械手臂將完成之嫁接苗送至輸送帶上。經測試結果顯示，機械每小時作業速率390株，效率較傳統人工嫁接快1.56倍，嫁接成功率95.3%、存活率94.9%，其最大優點是機械操作無須長時間學習即可上手，可協助解決部分嫁接人力短缺與高齡化問題。

關鍵詞：番茄、茄子、嫁接苗、嫁接機

前 言

番茄依用途可分為加工及鮮食番茄，品種及型式多樣⁽³⁾，為因應氣候變遷及栽培管理，愈來愈多農友採行設施溫網室栽培。依據行政院農業委員會105年度農業統計年報資料顯示，臺灣地區番茄全年栽培面積5,006 ha，年產量118,958 ton，並以秋冬季節栽培為主；主要產區位於嘉義、臺南、雲林及高雄等地區，為臺灣重要的經濟蔬菜作物之一⁽²⁾。然而，番茄採土耕栽培常受到青枯病、根瘤線蟲病及萎凋病等土壤傳播性病害的危害，造成極大的經濟損失⁽⁸⁾。因此，國內研究人員及育苗業者透過嫁接的方式，將番茄接穗嫁接於茄子根砧，利用茄子根砧具有抵禦青枯病等土壤傳播病害之優勢，使番茄易於栽培管理^(5,7)。

目前臺灣地區番茄嫁接苗主要採用番茄接穗嫁接於品種EG213、EG203等茄子根砧，苗株間嫁接用的固定資材係使用橡膠套管⁽⁹⁾，因套管價格便宜且嫁接苗存活率高⁽⁶⁾，為目前嫁接育苗場廣泛採用的苗株切接方式；國外則使用矽膠材質並具開口結構的嫁接夾固定穗砧接合處。

由於農村面臨人力外流及從農高齡化，並且嫁接工作精細及辛苦費工，需耗費眼力、勞力及精神，使得嫁接人手培養不易；每逢種植期嫁接苗因需求量大，有嫁接人力短缺問題，為提高嫁接效率及減輕勞力負荷，亟需機械化、自動化的嫁接作業模式來完成嫁接工作，提高效率與產能，已是重要的發展方向^(1,4)。本研究藉由引進西班牙半自動嫁接機械進行試用測試，期能推動機械化應用於番茄嫁接產業，解決農業勞力缺乏及達到省工作業目的。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0920 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究助理、助理研究員、副研究員。

材料與方法

試驗設備與材料

試驗設備：番茄苗嫁接機(西班牙製EMP-300)，空氣壓縮機(2 HP)，4層推車及癒合室(4.7 坪，具溫度、濕度控制功能)。

試驗材料：茄子根砧(104格穴盤、品種：EG203)、番茄接穗(128格穴盤、品種：玉女番茄)。

量測器材：計時器(CABORT 168，精度0.01 sec) 1個、游標卡尺(Mitutoyo Super Caliper Series 500，精度0.01 mm) 1支、捲尺(5 m) 1個、鐵尺(30 cm) 1支。

試驗方法

一、番茄苗嫁接機之機械結構及作業方式

分析探究引進番茄苗嫁接機之機構配置、原理；番茄苗嫁接機各機構功能及作業方式介紹及嫁接夾之分析，並分解與建立其嫁接作業步驟流程。

二、穗砧苗性狀調查

測量機械嫁接所使用的茄子根砧及番茄接穗之莖徑與株高等尺寸規格。

三、番茄苗嫁接機之性能測試

試驗測試番茄苗嫁接機之嫁接速率、嫁接成功率；嫁接完成後之嫁接苗放置於癒合室，環境控制溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相對濕度 $90\% \pm 5\%$ ，暗室處理3天後，再以 $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 光量栽培3天，隨後馴化作業3天後，計算嫁接苗存活率。其中嫁接速率、嫁接成功率及嫁接存活率之定義⁽⁷⁾如下所示：

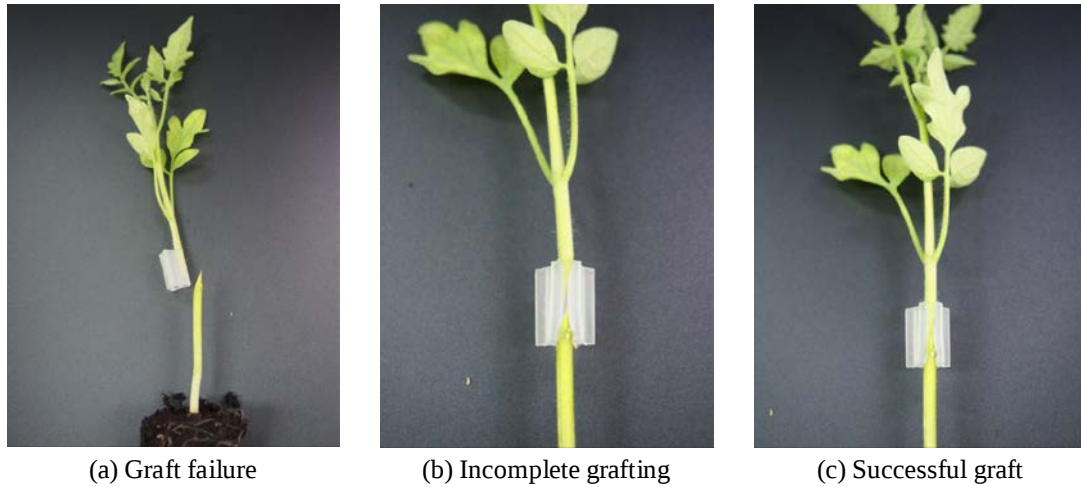
嫁接速率：

自嫁接機操作人員取苗開始，直至完成嫁接作業，將嫁接苗置放於穴盤為止，計算每小時可完成之嫁接株數。

嫁接成功率：

在嫁接作業結束後，即進行嫁接苗接合狀況之檢視。將嫁接苗區分為嫁接不成功、嫁接不良及嫁接成功3種類型，其定義如圖一所示。其中嫁接不成功者：接穗或根砧未完成固定接合，抑或嫁接夾未能夾持穗砧苗。嫁接不良者：嫁接傷口處間隙過大、擠壓或歪斜等，苗株切面接合異常者。嫁接成功者：苗株切面接合完好，且嫁接夾夾持固定良好，如下公式計算嫁接成功率。

$$\text{嫁接成功率} = \frac{\text{嫁接成功苗株數}}{\text{總嫁接苗株數}} \times 100\%$$



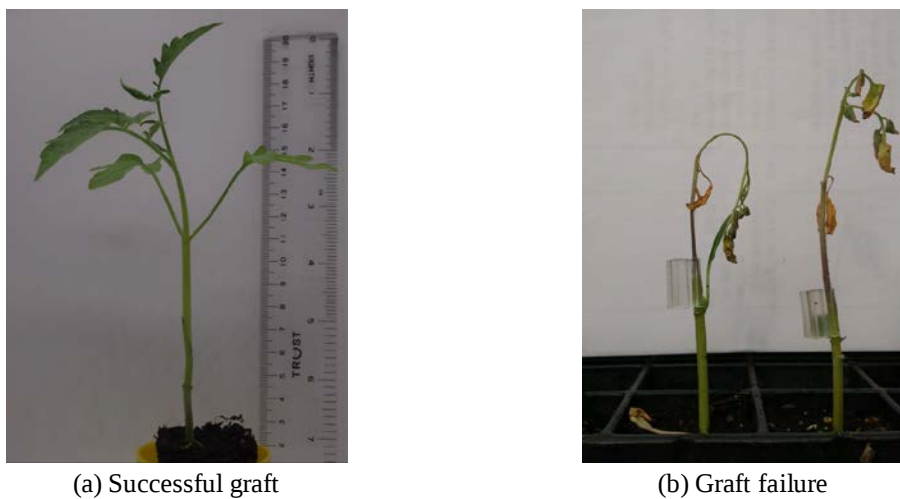
圖一、嫁接苗嫁接狀況檢視依據

Fig. 1. The quality test of seedling grafting

嫁接存活率：

穗砧苗嫁接完成後，移入癒合室進行癒合作業，待癒合作業完成後，檢視嫁接苗復原狀況。若嫁接苗生長狀況良好，則視為嫁接成功，如圖二(a)所示；嫁接苗凋萎、腐敗或明顯死亡，如圖二(b)所示，則判定為嫁接失敗。檢查存活之苗株數，如下公式求出嫁接存活率：

$$\text{嫁接成功率} = \frac{\text{嫁接苗存活株數}}{\text{嫁接成功苗株數}} \times 100\%$$



圖二、嫁接結果

Fig. 2. Grafting results

結果與討論

一、番茄苗嫁接機之機械結構及作業方式調查結果

(一)機械之組成結構與作業情形

自西班牙引進之番茄苗嫁接機係由 Conic-System 公司所生產之機型，型號為 EMP-300⁽¹⁰⁾，如圖三所示。機臺尺寸為 70 × 140 × 130 cm，使用 110 V 電源、7 kg/cm² 壓縮空氣，由單人操作，人工供應穗、砧苗，腳踏開關起動機械進行嫁接作業，為半自動化嫁接機械，其可提供番茄接穗嫁接於番茄根砧，或番茄接穗嫁接於茄子根砧。該機臺面設置穗砧苗斜切及定位機構，苗株分置於機臺兩側方便操作人員取苗嫁接作業，開口式嫁接夾捲設置在機臺前下方處，利於嫁接夾輸送及切斷機構作業，當穗砧苗斜切完畢，往機臺中間移動進行接合固定，嫁接夾供夾及接合機構由機臺中間下方往上升，將嫁接夾夾持住穗砧苗接合處，再經由機械手臂夾持至輸送帶上，予以收集至穴盤後移至癒合室。



- | | |
|--------------|---|
| ① 砧木(茄子苗) | Rootstock(eggplant seedlings) |
| ② 機械手臂 | Mechanical arm |
| ③ 砧木斜切及定位機構 | Rootstock miter and positioning mechanism |
| ④ 控制箱 | Control box |
| ⑤ 番茄接穗 | Scion(tomato seedlings) |
| ⑥ 開口式嫁接夾捲 | Grafting clip tube |
| ⑦ 嫁接夾輸送及切斷機構 | Grafting tube supply and cut mechanism |
| ⑧ 接穗斜切及定位機構 | Scion miter and positioning mechanism |
| ⑨ 嫁接夾供夾及接合機構 | Tube supply and grafting mechanism |
| ⑩ 腳踏開關 | Pedal switch |

圖三、引進之西班牙番茄苗嫁接機

Fig. 3. The tomato seedling grafting machine made in Spain

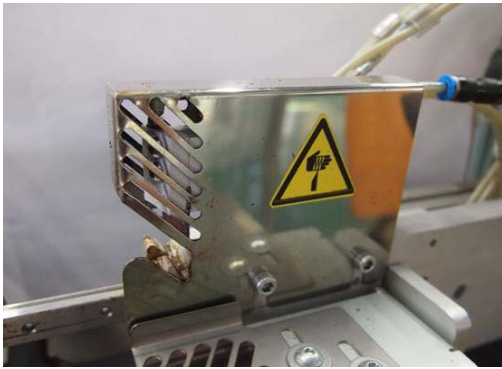
西班牙製嫁接機之機械結構包含砧木斜切及定位機構、接穗斜切及定位機構、嫁接夾輸送及切斷機構、嫁接夾供給及接合固定機構、機械手臂、開口式嫁接夾捲、控制箱等機構及零件，各機構功能說明如下：

1.接穗斜切及定位機構

接穗斜切定位機構，如圖四所示，其功能為夾持接穗上半部，並進行苗莖斜切，經切除後之接穗下半部介質塊，須由人工手動移除。作業動作為操作人員放置苗株後，機構夾持接穗，利用切刀機構斜切接穗，夾持機構再將接穗上半部輸送至中央處，進行後續嫁接作業。

2.砧木斜切定位機構

砧木斜切及定位機構，如圖五所示，功能為夾持及斜切砧木，操作員放置苗株於夾持機構，夾持砧木後利用切刀機構斜切砧木莖部，砧木上半部自動掉落滑道收集丟棄，砧木下半部帶介質塊則輸送至中央處，進行後續嫁接作業。



圖四、接穗斜切及定位機構

Fig. 4. Scion miter and positioning mechanism



圖五、砧木斜切及定位機構

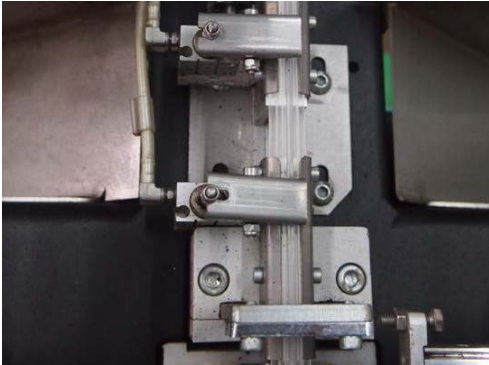
Fig. 5. Rootstock miter and positioning mechanism

3.嫁接夾輸送及切斷機構

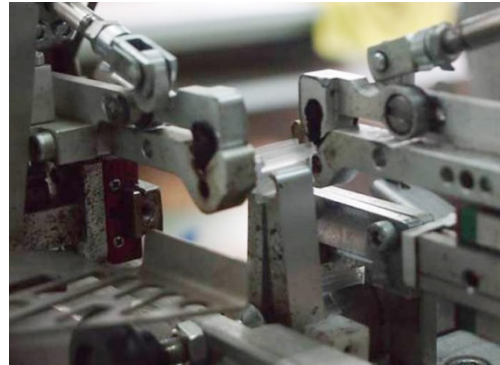
嫁接夾輸送及切斷機構如圖六所示，其功能為嫁接夾自動輸送、切斷與定位，主要動作為將嫁接夾自導入至設定的長度後，利用夾爪夾持、切刀機構作動切斷，由嫁接夾夾爪機構推送至嫁接夾供給接合機構，等待穗苗與砧木接合。

4.嫁接夾供給接合固定機構

嫁接夾供給接合固定機構，如圖七所示。其功能將穗苗與砧木斜切傷口面靠緊夾持接合固定，主要動作為穗苗與砧木兩斜切面推合靠緊，利用嫁接夾供給機構供給嫁接夾上升，並夾持斜切面處作接合固定，完成嫁接後，機構下降由機械手臂夾取嫁接苗移至輸送帶上，再由人工將嫁接苗放入穴盤。定位後與接穗之斜切傷口進行嫁接靠接。



圖六、嫁接夾輸送及切斷機構



圖七、嫁接夾供夾及接合機構

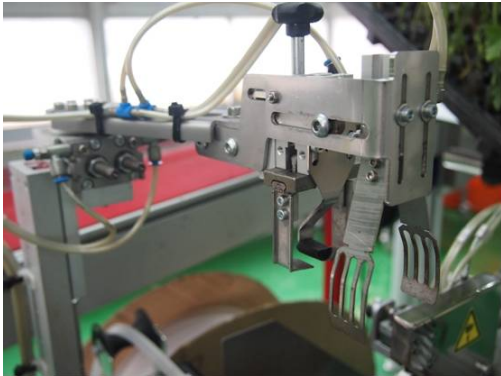
Fig. 6. Grafting tube supply and cut mechanism Fig. 7. Tube supply and grafting mechanism

5.機械手臂

機械手臂，如圖八所示，其功能可將穗苗與砧木在接合固定時，機械手臂上的海綿結構輕觸碰嫁接苗，使嫁接夾上升時，能準確的夾持穗砧苗，防止嫁接失敗；嫁接苗由機械手臂上的爪子，夾持移送至輸送帶上，進行人工檢視及集中置盤作業。

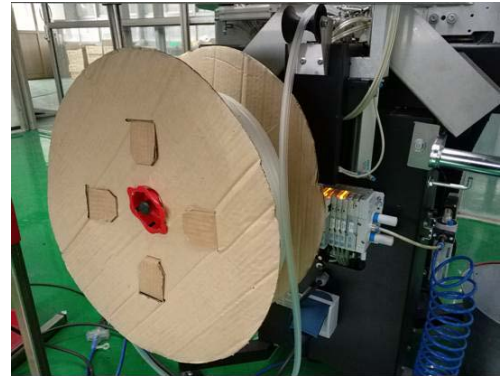
6.開口式嫁接夾捲

整捲的開口式嫁接夾放置於嫁接機臺後方，透過嫁接夾輸送及切斷機構夾持固定嫁接夾，並自動供應及剪切相同長度之嫁接夾，如圖九所示。



圖八、機械手臂

Fig. 8. Mechanical arm



圖九、嫁接夾捲

Fig. 9. Grafting clip tube

7.控制箱

控制組件含電源供應器、人機介面、可程式控制器(PLC)、腳踏開關、電磁閥組、電路系統與氣壓管路系統等組件，其功能為自動控制各機構組件自動運作。

(1)人機介面

控制箱包含人機介面，如圖十所示，介面可設定手動或自動操作模式，手動模式為將嫁接動作分段完成，即腳踏啟動開關，每啟動一次嫁接動作一次；自動模式為腳踏啟動踏板後，嫁接機械一次完成所有嫁接動作。此功能可在嫁接異常時，作為嫁接機動作檢查維修之應用。

(2)可程式控制器(PLC)：

為機臺機械主要核心，將嫁接作業步驟程式編寫入可程式控制器(PLC)內，與人機介面的結合，控制各項機構組件之運作，如圖十一所示。



圖十、控制箱
Fig. 10. Control box



圖十一、電磁閥組
Fig. 11. Solenoid valve group

(二)嫁接夾之規格調查

西班牙嫁接機所使用的嫁接夾，為歐美地區廣泛使用並具開口結構之嫁接夾，如圖十二所示。其中嫁接夾之夾持內徑為其標稱規格，內徑由 $\varnothing 1.8 \text{ mm}$ 至 $\varnothing 3.4 \text{ mm}$ 之間，每間隔 0.2 mm 為一尺寸級距，共9種規格。穗砧苗於嫁接接合後，可藉由嫁接夾之開口處檢視穗砧苗切接面之嫁接接合情形，為其優點。目前國內番茄苗嫁接育苗場廣泛所使用之橡膠套管內徑約為 $2.3 \sim 2.4 \text{ mm}$ ，因此可選用內徑規格為 2.2 mm 或 2.4 mm 規格之開口式嫁接夾。



圖十二、開口式嫁接夾
Fig. 12. Grafting clip tube

(三)嫁接機作業方式

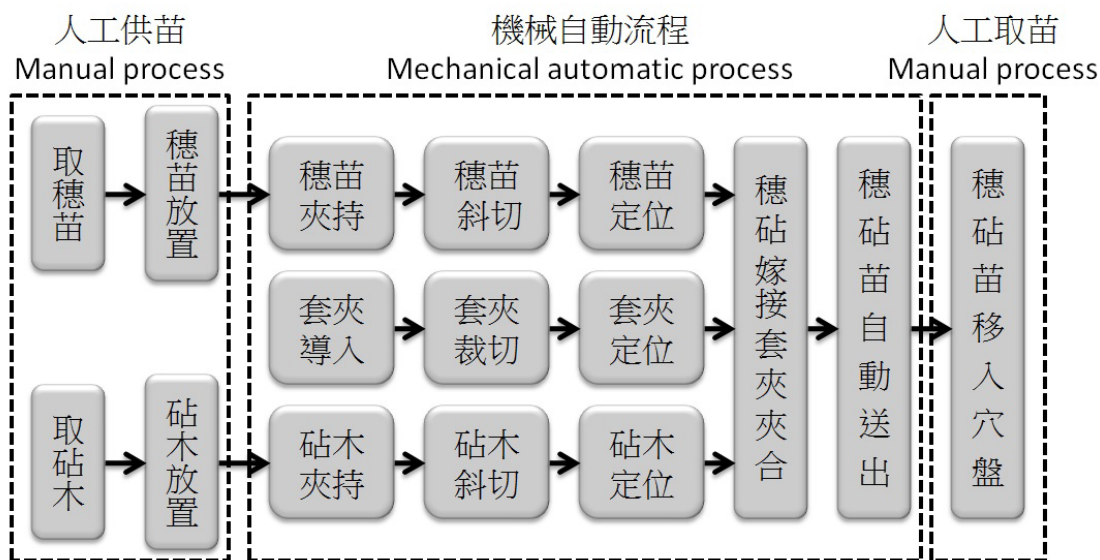
引進測試之西班牙嫁接機包含穗砧苗夾持及斜切機構、嫁接夾供夾及接合機構、嫁接夾輸送及切斷機構、機械手臂等作業機構，分別完成穗砧苗夾持、斜切、嫁接靠接、夾持固定、搬運等機械化嫁接作業項目。

首先，操作者拾取穗砧苗，並將穗、砧苗分別放置於嫁接機兩側之穗砧苗苗株夾持及斜切機構中，經腳踏啟動開關，穗砧苗夾持及斜切機構隨即夾持住穗、砧苗，並進行苗株斜切作業。斜切完畢後，將穗砧苗株移動至中央處進行嫁接靠接作業，使兩者之斜切傷口面碰觸接合。

嫁接夾之輸送及切斷機構自動供應適當長度15 mm之嫁接夾，再由嫁接夾供夾及接合機構提取上升，並將穗砧苗夾持固定，完成後再經由機械手臂抓取苗株放置於輸送帶上，即完成機械化嫁接作業。

嫁接作業流程，即完成1株嫁接苗所需之連續動作，整個嫁接流程可分為人工供苗、機械自動嫁接、人工拾苗等3大流程。完成嫁接苗之連續動作，可從作業人員取穗砧苗、放置穗砧苗、穗砧苗夾持、穗砧苗斜切、穗砧苗定位、嫁接夾導入、嫁接夾裁切、嫁接夾定位、穗砧嫁接嫁接夾夾合、穗砧苗自動送出、穗砧苗移入穴盤共8項動作，其嫁接作業流程，如圖十三所示，使純人工嫁接步驟中，如苗株切斷、嫁接接合、置放嫁接苗等動作，皆由機械取而代之。

藉由機械化應用進行嫁接作業，協助作業人員減少拾取、斜切、接合固定、移置苗株等多項精細動作，可減緩長時間操作之身心疲勞及減輕工作負荷，並提高嫁接作業效率。



圖十三、嫁接機作業流程

Fig. 13. Flowing chart operated by grafting machine

二、穗砧苗性狀調查結果

栽培適合機械嫁接之穗砧苗，並調查其平均莖徑及平均株高，經試驗結果發現，茄砧子葉處高度20.9 mm、本葉處高度51.9 mm、株高101.4 mm、子葉處莖徑2.93 mm、本葉處莖徑2.61 mm；番茄接穗之子葉處高度49.3 mm、第一本葉處高度102.5 mm、株高152.8 mm、子葉處莖徑2.77 mm、第一本葉處莖徑2.66 mm、全株高處莖徑1.81 mm。其測量情形如圖十四所示，穗砧苗株高調查結果如表一，穗砧苗莖徑調查表二所示。

穗砧苗之莖徑相近，可使開口式嫁接夾之夾持力道均衡，並使兩者間之接觸面密合。由試驗結果顯示，茄砧本葉處之平均莖徑為2.61 mm、番茄接穗第一本葉處平均莖徑2.66 mm，穗砧苗嫁接處之莖徑相近，為相當適合機械嫁接使用之穗砧苗。此外，因穗砧莖徑約為2.6 mm，因此選用2.4 mm規格之嫁接夾進行機械嫁接作業。



Eggplant rootstock



Tomato scion

圖十四、嫁接種苗性狀量測

Fig. 14. Measurement of the grafting seedlings

表一、穗砧苗子葉、真葉及株高調查

Table 1. Height of cotyledon, first leaf and plant of scion and rootstock

Height at reference point	Tomato			Eggplant		
	Max (mm)	Min (mm)	Ave (mm)	Max (mm)	Min (mm)	Ave (mm)
Height of cotyledon	58	45	49.3	26	11	20.9
Height of the first leaf plant height	115	88	102.5	62	41	51.9
Height of plant	168	142	152.8	121	75	101.4

表二、穗砧苗莖徑調查

Table 2. Seedlings diameter of scion and rootstock at reference point

Seedling diameter at reference point	Tomato			Eggplant		
	Max (mm)	Min (mm)	Ave (mm)	Max (mm)	Min (mm)	Ave (mm)
Diameter at cotyledons	3.16	2.21	2.77	3.39	2.36	2.93
Diameter at the first leaf	3.32	1.89	2.66	3.24	2.24	2.61
Diameter at top leaves	2.25	1.20	1.81			

三、番茄苗嫁接機之性能測試結果

嫁接機之嫁接速率由試驗結果顯示為390株/hr，機械嫁接成功率達操作熟練之95.3%，以及嫁接苗經癒合處理後之存活率為94.9%，如表三所示。因手工嫁接作業效率中，專業人員為370株/hr，不熟練之業餘人員則為130株/hr⁽⁹⁾，取兩者嫁接速率之平均值為250株/hr進行計算，則手工與機械之嫁接效率相較下，採用西班牙嫁接機可提升56%之嫁接效率。

分析機械與手工之嫁接動作，採用機械嫁接可省去之嫁接步驟，包含提取刀片及嫁接夾之動作項目，並由機械自動完成苗株斜切及嫁接接合之動作，因此採用西班牙嫁接機作業，可延後嫁接作業人員之操作疲勞時機、提高嫁接工作的效率，而且對於嫁接技術純熟度的需求亦降低許多，可減少對嫁接作業人員的訓練成本，不需由專業人員操作，可直接由初學者操作嫁接機進行嫁接作業。

表三、西班牙番茄苗嫁接機之作業能力

Table 3. Grafting performance operated by grafting machine made in Spain

Item	Grafting capacity (units/hr)	Success rate (%)	Subsistence rate (%)
Average	390	95.3	94.9

經分析過程中，發現嫁接種苗尺寸規格，會影響苗株裁切及嫁接接合之精確度及效率，進而影響機械嫁接成功率、存活率，因此番茄苗嫁接機在進嫁接作業時，應儘量採用相近尺寸規格之穗、砧苗，以提升嫁接機作業效率。

結論與建議

一、結論

因種苗產業是農業發展重要一環，協助種植季節期間提供優良種苗給予農民，透過栽培分工方式降低生產成本，以提高農產業競爭力，儼然已成為重要措施。在目前農產業缺工及高齡化之際，本研究藉由國外嫁接機種之引進及試用測試，期望能提供產業參考選用，並進

行嫁接機作動方式與原理之研究及使用，以瞭解機械化推展及應用在產業之可行性，作為後續國產嫁接機械之研發參考。

種苗嫁接生產機械化、自動化已是必然趨勢，因此本研究透過引進西班牙嫁接機進行測試應用，在嫁接機械使用上，作業人員可在短時間教育訓練後，即可上機操作，作業效率達每小時390株，解決育苗場在生產旺季，緩解缺乏嫁接人手之產業問題，藉由嫁接機械使用之優點，可減輕嫁接作業人員之操作疲勞時機。

二、建議

在試驗過程中，機械之嫁接成功率、存活率與穗砧苗之尺寸規格息息相關，影響苗株裁切、嫁接接合之精確度及效率。惟因國內各家嫁接育苗場之穗砧苗尺寸規格均有所不同，如何育成適合機械嫁接的穗砧苗規格，為可進一步探討的題目之一，因提供規格化及品質一致的穗砧苗，可使機械嫁接成功率大幅提高，有利於機械之推廣應用。

誌 謝

本研究係執行科發基金管理會補助「重要蔬果作物嫁接技術升級計畫」(MOST 104-3111-Y-466-020)之研發成果。承蒙中興大學生物產業機電工程學系盛中德教授、建國科技大學自動化工程系暨機電光系統研究所退休教授樂家敏博士斧正，以及農業機械研究室全體同仁鼎力配合協助，方得以順利完成，謹此一併誌謝。

參考文獻

1. 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。
2. 行政院農業委員會 2017 中華民國105年農業統計年報: 64-65。
3. 行政院農業委員會 2011 番茄品種發展史 番茄主題館 <https://kmweb.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=515274&ctNode=7994&mp=349&kpi=0&hashid>。
4. 邱奕志、張允瓊、陳世銘 2007 蔬菜嫁接苗自動化生產技術手冊 國立宜蘭大學出版。
5. 陳世芳、張金元、田雲生 2016 玉女番茄育苗場導入嫁接機之經營效益分析 臺中區農業改良場研究彙報131: 45-55。
6. 陳世銘、邱奕志、周立強、張允瓊、陳鍾華、鄭榮瑞、張振厚、張金發 2003 套管式蔬果種苗嫁接機之研製 臺灣農業機械 18(2): 7-9。
7. 黃圓滿 2014 蔬果嫁接 科學發展 496: 14-19。
8. 黃圓滿 1999 蔬菜作物的嫁接技術 臺南區農業專訊 30: 9-14。
9. 鍾瑞永、鄭榮瑞、劉政宏、許健興、黃圓滿 2005 套管式番茄苗嫁接機之研製測試 臺南區農業改良場研究彙報45: 74-84。
10. Spain Conic-system. 官網 <http://www.conic-system.com/>。

The Application and Experiment of the Tomato Seedling Grafting Machine¹

Hao-Ming Wu, Chin-Yuan Chang and Yun-Sheng Tien²

ABSTRACT

A tomato seedling grafting performance test was conducted on the grafting machine imported from Spain. The machine consists of a barometric device with programmable logic controllers and action driven by human machine interface. To produce grafted tomato seedling, rootstock and scion were supplied manually to machine for angle cutting, juncture, clamp and then the grafted seedling was transferred to conveyor by automatic robotic arm. Testing results showed 390 tomato grafted seedlings can be produced in one hour via the grafting machine with the success rate of 95.3% and survival rate of 94.9%. The working efficiency was 1.56 times faster than conventional grafting by purely manpower. Advantage of the grafting machine is the simplified operation process enable workers to operate the machine within short learning time. The problems of labor shortage and lack of skilled workers on grafting can be solved with the aid of this grafting machine.

Key words: tomato, eggplant, grafted seedling, grafting machine

¹ Contribution No. 0920 from Taichung DARES, COA.

² Assistant, Assistant Agricultural Engineer and Associate Agricultural Engineer of Taichung DARES, COA.