

輸送帶嫁接輔助機具之 研發應用

張金元、田雲生

行政院農業委員會臺中區農業改良場

助理研究員、副研究員

changcy@tdais.gov.tw

摘要

本研究應用本場已開發完成之番茄苗嫁接輔助機具，為持續研發產業可購入應用之嫁接機械，並使該機提升效率，設計流程化作業之嫁接輔助機具，建構分站式分工作業體系，以流程化、規格化、規模化、標準化等作業模式，研發具有輸送帶及分站作業台之「輸送帶嫁接輔助機具」。經試驗結果顯示，操作嫁接機所需人力數 4 名，機器嫁接之成功率 97%、存活率 92%，在分工作業下之單株平均嫁接時間 3.4 株 /sec，嫁接效率 1,058 株 /hr，每 5 分鐘 53 秒可完成 1 盤嫁接苗。本機深具市場潛力，目前已申請新型專利並辦理非專屬技術移轉授權於廠商，持續進行產業推廣應用，期許嫁接苗產業逐步導入機械化應用，提升產業競爭力。

關鍵詞：嫁接、機械化、番茄、茄子

一、緣由

本場研發完成單人操作的「番茄苗嫁接輔助機具」如圖一，係參考現行手工嫁接模式，將其中 2 項關鍵動作之切苗及靠接接合予以動作分解，分別設計 2 個苗株切割裝置，達到砧木及接穗同步的切割功能，並讓切口角度一致且工整，使每株斜切面具規格化；再經由 1 個接合裝置固定穗砧苗，大幅提升嫁接的準確度及效率，其優點為可無需提取刀具及嫁接資材，透過機械協助進行嫁接作業，達到省工作業目的；同時，未經過訓練

的新手，僅需上機操作數次，一般訓練時間 10 至 30 分鐘內即可輕易上手，甚至可達到與專業技術人員相同的嫁接成功率及存活率，有效解決嫁接技術人才荒的問題。番茄苗嫁接輔助機具作業情形如圖二、圖三所示。而機械的嫁接速率可達每小時 250 株至 300 株，效率較人工提升 2 成；成果已獲得本國新型專利，證書號 M545432，並辦理非專屬技術移轉授權於業者生產商品機，提供蔬菜苗嫁接產業應用，本機同時榮獲經濟部智慧財產局「107 年國家發明創作獎」創作類金牌，成果深獲肯定。



圖一、番茄苗嫁接輔助機具



圖二、番茄苗嫁接輔助機具作業情形

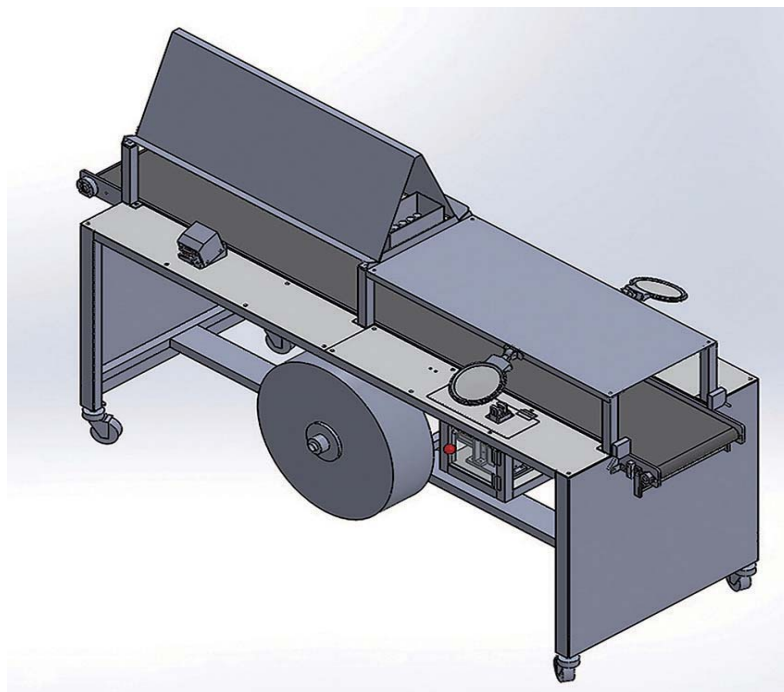


圖三、番茄苗嫁接輔助機具作業情形

每年 7 月至 12 月為主要產期，其中大量的訂單集中在 7 月至 9 月間，年需求量達 2,000 萬株，在旺季時需求量大，使嫁接產線滿載，育苗場需增加人手及加班的方式因應，除嫁接工作外，播種、灑水、栽培管理等均須應付，因此工作量負擔大、嫁接技術員短缺等營運瓶頸，以及現行嫁接熟手平均作業速率約每小時 2 盤，一日含加班之工時

以 11 小時計算，則每人每日約為 22 盤，共 2,288 株/人，小果番茄每分地約種 1,500 株，可供 1.5 分地使用；臺灣番茄（含小果番茄）於 2007 年時栽培面積為 3,700 公頃，多集中在嘉義縣、南投縣、台南縣市及高雄縣等地，而近年來栽培面積以達 5,000 公頃以上。有鑑於此，提高嫁接效率，機械化、生產線流程化，農業導入工業工程管理，均是為設法解決產業瓶頸。

為持續研發產業可購入應用之嫁接機械，並使該機提升效率，設計流程化作業之嫁接輔助機具，建構分站式分工作業體系，以流程化、規格化、規模化、標準化等作業模式，因此研發具有輸送帶及分站作業台之「輸送帶嫁接輔助機具」如圖四，為主要設計的出發點。由研發歷程發現嫁接動作中，因苗株的斜切及嫁接接合工作差異大，人員作業時需手持 2 種不同種類的穗砧苗株，分別為茄子砧木跟番茄接穗，為其一；穗砧苗斜切作業後，將 2 者的切口接合嫁接，作業人員需判斷斜切口方向並靠接接合嫁接，為其二。2 項作業項目所使用的工具不同，工作屬性的差異性大，因此研擬將 2 個工作項目分開，採取生產線模式進行嫁接作業，使人員的工作複雜度降低，藉以提升作業速率，為工業工程管理技術之應用科學領域。



圖四、輸送帶式嫁接輔助機具設計外觀

本機將由新型專利「嫁接輔助機具」（新型專利證號 M545432）為技術基礎，將關鍵技術之切苗、嫁接接合 2 項機構分開形成工作站，並應用輸送帶、分站式機檯等機械結構，設計開發「輸送帶嫁接輔助機具」，利用輸送帶結構協助運送斜切之穗砧苗進入嫁接區域，創新研發一種分站式、分工作業之輸送帶型嫁接輔助機具，具有穗砧苗斜切、輸送及嫁接接合、取苗台、置苗台、氣壓供應組件及電控元件等裝置，利用多組苗株夾持及斜切機構之生產線搭配模式，以提供苗株嫁接採分站式分工作流程作業。

藉由本裝置之操作，提供嫁接分站作業之流程化配置，使苗株嫁接之各項工作專一化，減輕作業複雜度，並提高效率，以提供相關育苗業者及農友參考應用，並已獲得相關應用成果，同時已取得專利進行成果保護，並辦理非專屬技術移轉授權 1 家廠商生產商品機。以下內容將說明本機之組成及試驗結果，提供產業參考應用。

二、內容

（一）輸送帶嫁接輔助機具之機械結構

輸送帶嫁接輔助機具配置有 4 個工作站：其中 2 個苗株斜切站，分別用於切割番茄苗及茄子苗；2 個苗株嫁接站，由人員取穗砧苗進行嫁接接合作業，1 組輸送帶機，山形置苗台結構、水平置苗台結構，氣壓元件及可程式控制器等電控設備，而切台及嫁接夾供應機構則更精進設計，依據產業使用意見回饋之待改善項目，持續修正原 106 年「嫁接輔助機具」之機械結構，其中，將切台由寬度 55mm 修改縮小至 36mm，使苗株更容易置入切台進行切削作業，以及嫁接夾供應機構修改剪切結構使作動更順暢無失誤。嫁接資材部分，本機使用歐洲地區常用之開口式嫁接夾，材質為複合材矽膠，嫁接夾選用夾持孔徑為 2.2mm 或 2.4mm 之規格，如圖五所示，產業常用之橡膠套管為直徑 2.3mm。機具使用 110V 電源，供應可程式控制器 PLC 及電磁閥等氣壓控制元件用；氣壓源使用 110V 空壓機，壓力供應範圍介於 6-8bar。



圖五、開口式嫁接夾

(二) 操作模式

嫁接機操作人員：4 員，分別 1 員進行番茄苗斜切作業、1 員進行茄子苗斜切作業，2 員進行苗株嫁接接合作業，組成一團隊進行生產線操作模式，如圖六所示。另外，其中 1 員於生產線閒置時間或由另 1 員協助生產線所需工作，如供應搬運穗砧苗及整理等細項工作，端視生產線之工作安排。



圖六、輸送帶式嫁接輔助機具作業情形

(三) 作業效率

作業效率試驗方式為 4 名工作人員嫁接操作時間 1 小時，操作機械所嫁接完成之苗株數量。初期試驗結果顯示，1 小時的嫁接總作業株數為 810 株，穴盤為 104 孔，規格為直徑 40mm 深 40mm 之 104 圓孔育苗穴盤，共 7.78 盤；作業效率換算為每人 202.5 株/hr，即 1.94 盤/hr/人，由觀察發現，此可視為機械最小之嫁接作業效率，操作的同時，生產線組長（育苗場管理者）可觀察各站間人員之作業情況，適時進行作業細節討論或工作站輪替調整，使效率提高。經過一段時間訓練後，1 小時的嫁接總株數上升為 1,058 株，共 10.17 盤，訓練前後之作業效率提升 30.6%；作業效率換算為每人 264.5 株/hr，即 2.54 盤/hr/人，人工嫁接效率一般速率約為 2 盤/hr/人，因此透過分工式輸送帶嫁接輔助機具

之協助作業，可提升作業效率 0.54 盤 /hr/ 人，提升幅度達 27%。

分工下之作業速率，因 1 小時嫁接盤數為 10.17 盤，共 1,058 株，表示採用輸送帶嫁接輔助機具的作業量平均每 5 分鐘 53 秒可完成 1 盤嫁接苗，而每單株嫁接完成時間為 3.4 株 / 秒。其中，操作機器之嫁接成功率為 97%、存活率為 92%，因本機的特色之一，即為切苗或嫁接接合過程中失誤，可重複作業，以避免昂貴的種子種苗因作業失敗而造成經濟損失，係為輔助類型機具之優勢，惟重複作業同時亦增加作業時間，而實務上操作係以順暢、穩定的作業為原則，可避免為加速作業而造成疲勞，採用輸送帶嫁接輔助機具，可建立人員舒適的作業型態，並簡化作業複雜度。

(四) 嫁接機操作動作分解探討

由作業人員動作中可發現，斜切苗株的動作簡單快速，僅需取苗並判斷斜切位置後，將苗株置放入切台內，腳踏啟動開關進行斜切作業，人員斜切番茄苗、茄子苗的平均作業速度分別為 3.3 秒、3.4 秒，速度相當快速，以至於輸送帶上可有充足的斜切苗株，人員操作切苗裝置斜切苗株作業情形，如圖七所示。其中因番茄苗較長，節間較容易判斷，且容易置入切台座內，時間可較茄子苗作業快速，而茄子則有時需進行除葉整理動作，使作業秒數增加，可研究透過前置除葉作業以提升速度；嫁接接合的動作則較為複雜，首先須於輸送帶上判斷苗株的位置，以及由左右手分別提取穗砧苗，且於置入嫁接夾中時判斷穗砧苗切口方向，並將兩者靠接接合，腳踏開關啟動嫁接作業，因此嫁接所需要動作較複雜且時間較長，時間介於 6 至 7 秒間，平均作業速度約 6.4 秒，人員操作嫁接裝置進行苗株接合作業情況如圖八所示。

因輸送帶嫁接輔助機具的作業效率與該機嫁接工作站速率具關聯性，從嫁接過程中發現，工作站之斜切番茄苗株的作業人員有閒置等待之情況發生，主要係因嫁接所需時間較長，使得輸送帶上已有充足斜切完成的番茄接穗，等待人員取苗進行嫁接作業。實務上該名作業人員可於切苗閒置時，協助進行搬運苗株及整理等細項工作，或協助斜切茄砧工作，可減少閒置等待的無效時間，因此後續可持續研究嫁接人員之最佳化配置模式。由結果顯示，輸送帶嫁接輔



圖七、人員操作切苗裝置斜切苗株作業情況



圖八、人員操作嫁接裝置進行苗株接合作業情況

助機具尚待克服的項目為嫁接站之人員因動作較複雜多樣，使作業時間較長，其中將動作予以分解探討，動作分別為（1）人員辨識苗株在輸送帶上的位置、（2）雙手提取穗砧苗株、（3）判斷穗砧苗的斜切面、（4）將穗砧苗置入嫁接夾內靠接接合、（5）完成嫁接後檢視並置放於苗盤，動作可概分為 5 項，以及主要為判別、嫁接接合，動作複雜多樣，因此如何減少作業員的動作，透過動作分解可發現，如取苗判斷並進行嫁接接合需花費較多時間，因人員切割苗株放下後，必須要在重新判斷苗株斜面切割的角度。雖然透過分工方式將切苗的動作分開作業，而嫁接接合的作業細項仍複雜多樣，為後續可持續研究改善項目。

（五）生產線最佳化模式探討

因輸送帶嫁接輔助機具使用 4 名人力，進行穗砧苗斜切及嫁接作業，為一種生產線流程化的製造模式，為使工作流程順暢，各站人員及其設備使用率最佳化設計，並最小化閒置時間，因此計算生產線平衡效率，公式如下：

$$\text{平衡效率} = \text{各工作站作業時間總和} / (\text{工作站數} * \text{週期時間}) \quad (1)$$

$$\text{其中 週期時間} = \text{工作站中作業時間最長者} \quad (2)$$

週期時間為平衡效率計算結果，其中工作站中作業時間最長者為嫁接接合時間，平均所需時間為 6.4 秒，為一週期時間，因此計算得平衡效率為各工作站作業時間總和 (3.3 秒 + 3.4 秒 + 6.4 秒 + 6.4 秒) / (工作站數 4 站 * 週期時間 6.4 秒) = 19.5 / 25.6 = 0.76 = 76 %。

生產線的平衡效率 (balance efficiency)，用於量度一個生產流程內各工作站負荷是否平均的一種指標，生產線平衡之目的在使工作流程順暢，以達到生產線閒置時間最小化、人員及設備使用率最大化。一般而言，平衡效率愈高表示生產流程內各工作站的作業時間差距是較小，各工作站彼此間的負荷愈平均，作業員之間相互等待所造成的損失也較小，其中因斜切苗株及嫁接接合之工作項目所需時間差距大，嫁接所需時間最長，為持續提升生產線平衡效率，後續可研究生產線人員配置最佳化，如降低嫁接接合站之動作複雜度，以及提升作業效率。

三、結語

本創作係「嫁接輔助機具」研發過程中，為提供穗砧苗株嫁接流程化採用分站式分工作業而設計研製之「輸送帶嫁接輔助機具」裝置，具有流程化、標準化、規格化、規模化作業，減低人員嫁接工作複雜度，採用生產線模式，由人員分工進行苗株斜切、嫁接接合等作業，可有效提升穗砧苗嫁接作業之流程化程度，進而提升作業效率。

農業所需之省工機械可概分為全自動、半自動及輔助機具等 3 大研發類型，其中具高度精細度之工作項目，以及較不易標準化、規格化的物件，容易因機械損傷之對象，研發方向均以輔助機具為優先，嫁接作業即屬此一類型，因種子價格貴，育苗須時間，均提高穗砧苗栽培成本，全自動因設備價格高，且成功率較輔助機具低，因此採用輔具輔佐作業，並具有一大特點即是任何人可快速上手，成功率高，生產效率較傳統人工作業快速。

研發完成之「輸送帶嫁接輔助機具」可將嫁接作業分工，將細部動作簡單化，除人工操作容易，同時亦使機械研發難度降低，降低無法避免或預期的設計問題，以及成本可望降低，因此在諸多優勢下，輔助機具相當適合農業應用，且可提高產業購入之意願，本場亦持續進行機械設計及改良，促進產業導入機械應用，達到省工之目的。

參考文獻

1. 張金元、田雲生。2017。番茄苗嫁接機具之應用現況。蔬菜嫁接苗生產及機械應用技術。行政院農業委員會臺中區農業改良場技術專刊第 196 號。
2. 張金元、田雲生、林學詩。2016。嫁接輔助機具。中華民國新型專利第 M545432 號。
3. 陳文哲、葉宏謨。2006。工作研究。中興管理顧問公司。2009 年 4 月三版。
4. 劉依昌、謝明憲、林棟樑、王仕賢。2008。有機番茄栽培技術。農業新知與技術。台南區農業專訊 66 期 2008 年 12 月。
5. 方怡丹。蔬菜產業現況及展望。蔬菜產業講座。臺大開放式課程簡報。網址：<http://ocw.aca.ntu.edu.tw/ntu-ocw/index.php/ocw/cou/103S119>，網頁查詢時間 108 年 9 月 6 日。

Development and Application of Conveyor Type Grafting Auxiliary Machinery

Chang Chin-Yuan, Tien Yun-Sheng

Assistant researcher, Associate researcher

Taichung District Agricultural Research and Extension Station, COA.

changcy@tdais.gov.tw

Abstract

Applies the tomato seedling grafting auxiliary equipment, Design a sub-station-based work system, and develop a“conveyor belt grafting auxiliary machine” with conveyor belt and sub-station workbench in the spirit of process, standardization, scale, and standardization, and the efficiency of the machine is improved.results that the number of manpower required for the grafting machine is 4 person, the success rate of grafting machine operation is 97%, the survival rate is 92%, and the average grafting is 3.4 plants/sec, and 1 tray grafted seedlings can be completed in 5 minutes 53 seconds . This machine has deep market potential. At present, it has applied for new patents and applied for non-exclusive technology transfer to manufacturers, and continued to promote the application of the industry. It is expected that the grafted seedling industry will gradually introduce mechanized applications and enhance industrial competitiveness in taiwan.

Key words: Grafting, Mechanization, Tomato, Eggplant