

## 穴盤蔬菜收穫雛型機之研製

楊家明<sup>1</sup>、曾俊強<sup>2</sup>、蕭凱澤<sup>3</sup>、段友皓<sup>3</sup>、謝廣文<sup>4\*</sup>

**摘要** 為解決傳統栽培因天候不佳與嚴重病蟲害、雜草叢生等問題，近年來逐漸已有農民轉至於溫室內配合穴盤蔬菜模式進行栽培作業，藉此提高蔬菜產量與穩定品質，但雖然此方式可改善過往栽培缺陷，但收穫作業上仍舊需大量勞動力，更因現今農村勞動力不足與人口老化等問題，使得收穫作業上遇上困境，故目前穴盤蔬菜採收作業仍以人工方式進行。本研究經多次田間試驗挖掘穴盤與輸送穩定性，並從試驗數據中，可得知以 29°、24°、19°、14° 之不同挖掘角度設定，會影響鏟土量與穴盤輸送穩定性，並由收穫系統整體試驗中，以穴盤蔬菜之小松菜試驗樣本數，為 94 盤分 3 組其 1 組有 32 盤，當前以 14° 挖掘角度，可挖掘出較少土量並排出土塊能夠進行穴盤穩定輸送，且由數據中得出較佳鏟盤率為 94%，此外，夾持輸送部則以 18° 夾角進行夾持試驗，經試驗後可得知前端外八設計具有蔬菜引入效果，但在夾持過程中仍以夾持到葉片居多菜梗較少，由此可得知夾持輸送，易受到植株大小與側芽影響，後續可繼續改良夾持夾角與機構架設點，以提升夾持輸送效果。最終本研究研製之穴盤蔬菜收穫機與人工採收相較之下，已可節省約 46% 的作業時間。

**關鍵詞**：收穫機、穴盤蔬菜、省工

## Development of a Prototype Harvester for Perishable Vegetables in Plugs

Jia-Ming Yang<sup>1</sup>, Jun-Qiang Zeng<sup>2</sup>, Kai-Ze Hsiao<sup>3</sup>, Yu-Hao Tuan<sup>3</sup> and Kuang-Wen Hsieh<sup>4\*</sup>

**ABSTRACT** In order to solve the problems of traditional cultivation due to the poor weather and severe plant disease and pest, farmers have gradually moved the cultivation to the greenhouse and planting vegetable in plug recently to improve the yield and quality of the vegetable. Although this method could improve the shortcomings of traditional cultivation, it still requires a lot of labor for harvesting. Due to the shortage of labor and the aging of population in rural area, harvesting encounters more difficulties. Therefore, harvesting of plug plant still relies on labor. This study tested digging the plug in field and stability of conveyance several times. From the test data, it has been found that different digging angles, including 29°, 24°, 19° and 14°, would affect the amount of soil dug and the stability of conveyance. In the comprehensive test of the harvesting system, the Japanese Mustard Spinach was applied as the sample for plug plant. There were 94 plugs with three groups. One of the group included 32 plugs. When the digging angle was set to 14°, there would be less soil dug and clod would be exhausted. The plug would also be conveyed stably. Moreover, according to the data, there were better successful rate of digging, and would reach 94%. Besides, the plucking and conveying system applied 18° for the plucking test. After the test, it has been found that the design of the outside angle in the front end would broach the vegetable. However, in the plucking process, more leaves than stems were plucked. Therefore, it could be known that plucking and conveyance could easily be affected by the size of the planting stock and lateral bud. In the future, the plucking angle and the

<sup>1</sup> 國立中興大學生物產業機電工程學系碩士

<sup>2</sup> 國立中興大學生物產業機電工程學系研究生

<sup>3</sup> 國立中興大學生物產業機電工程學系學士生

<sup>4</sup> 國立中興大學生物產業機電工程學系副教授兼農業自動化中心主任

\* Corresponding author, email: cwshieh@dragon.nchu.edu.tw

position setting the mechanism could further be improved in order to improve the plucking and conveying effect. In conclusion, in comparison to harvesting by labor, the plug plant harvesting system in this study has already saved 46% of the operating time.

**Keywords:** Harvester, vegetables in Plugs, labor saving

## 一、前言

近年來隨著國民生活水準逐漸提升，便已開始重視健康飲食議題，然而蔬菜以成為國民日常生活中不可或缺的食物，對於蔬菜產量需求與品質也一併提高，加上食安問題日益嚴重，便加速了健康話題增加，而如何因應國民對於蔬菜的需求量增加可能性，以及品質上提升與官方認證等問題，如今已是政府與農民之間相互配合，所共同思考的重要課題之一。

台灣位於亞熱帶地區受到海島型氣候影響，加上可耕地面積較為狹小、農耕技術等環節因素存在，使得農民進行傳統露天栽培上，

常受到氣候變化劇烈造成乾旱或水災等威脅，且往往會伴隨著雜草叢生，使得農作物受到嚴重的養分競爭，並有病蟲害侵擾，不僅會損害農作物產量且會降低蔬菜品質，而藉由設施栽培的模式，可預防天候不佳等優勢存在，於是已有農民將傳統露天栽培轉往設施內進行栽培，藉此保護蔬菜不易受到氣候影響並減少病蟲害與雜草，並藉由設施優勢條件穩定蔬菜產量與品質，但雖然設施栽培可以改善過往傳統栽培缺陷，可在栽培方面仍然會影響生產成本與蔬菜產量、品質等。目前設施內栽培模式分為兩種：一種為直播法，但由於直播法會造成種植密集度過高，會容易產生嚴重病蟲害，還需花費較多人力進行除草與管理作業，另一種為穴盤苗移植方式，雖然可以克服掉部分的問題，但由此可得知以上兩種栽培模式在不同作業上均需耗費相當大的人力，由其在採收作業上更是需要人力進行採收，如可藉由穴盤蔬菜栽培模式，可以是天氣情況進行規劃性生產，並因穴盤具有抑制雜草與減少病蟲害等優勢，使得在田間管理上更為方便，且藉由穴盤栽培模式，可使得蔬菜生長狀態均一及產量與品質較穩定，已此方式亦可改善過往栽培缺陷，但收穫作業上仍舊採用大量人力採收，更因設施栽培成本較高，所以往往農民都會選擇經濟價值較高的作物，但如蔬菜新鮮度與產量品質都以提升，若人力或農機設備安排上無法匹配，將會產生嚴重農業困境如僱工不易、人口外移、農村老化等問題，所以要如何節省人力與時間，是現今需要努力的目標。

以穴盤蔬菜栽培模式，現今可分為許多方式，由播

種、鋪盤、收穫等各項管理作業措施，其中對於穴盤蔬菜栽培來說，以收穫作業視為重要環節之一，因此部分需將新鮮蔬菜快速採收，以利後續冷藏包裝處理，以確保蔬菜品質視為重要部分。楊與鄭(199)提出穴盤栽培方式可分為四階段，一為於 288 格穴盤中育苗作業，二為移植到 18 格穴盤中，三為運送至田間進行鋪盤作業，四為採收作業，由此發現到穴盤栽培方式非常適合短期蔬菜類，不僅減少成本且具有防蟲與抑制雜草效果。游(2008)指出蔬菜為國人主食之一，短期葉菜類佔據相當大，以往傳統露天栽培模式不僅耗時又費工，如透過穴盤鋪盤於田間進行栽培作業，不僅可減少病蟲害亦可抑制雜草叢生，節省除草防蟲等成本。游(2009)指出近年來已有許多農民於設施內搭配穴盤栽培方式進行栽培，並發現到以此方式栽培可縮短蔬菜生長天數，蔬菜生長狀態較為一致。

現今收穫機根據不同作物，亦有不同的設計方法結合，來因應採收作業上人力的缺乏，且為適應不同的應用程度與環境的條件，開發出各式各樣的收穫機，如針對落花生的收穫機或者葉菜類的採收機等等，依照需求將不同的設計結合完成收穫機，替代大量人力進行採收作業，藉此節省人力以及時間。梁等人(1989)研究指出在收穫機設計上，夾持輸送帶之輸送速度需要比機器行進速度快約 1.2~1.5 倍的設定，便可穩定夾持與拔取植株，且配合挖掘犁可將土壤挖鬆，以此減輕拔取力量進行夾持，來完成一貫化採收作業。張(1991)提出於蘿蔔收穫機前頭設計扶葉導入板，可以此方式將茂盛的莖葉扶起，可將作物引入夾持輸送皮帶中，並配合挖掘裝置進行挖掘作業，可減輕夾取力量。Rani et al(2018)提出透過胡蘿蔔收穫機以夾持輸送部外八設計可將作物引入夾持，並藉由輸送滾輪左右交錯的設計可穩定輸送，且較不傷害到作物，經試驗後以此方式相較人工採收可節省 94%的作業時間。Shirwal et al(2015)指出蘿蔔收穫機挖掘部以 V 形刀片進行單排收穫，且為求不破壞作物本身，並將挖掘深度調整比作物較深，以 15、25、35 不同挖掘角度測試以求出適合的挖掘角度，由試驗中發現收穫成功率亦受到挖掘角度影響，並以挖掘角度 25 度可獲得 97.6%的收穫成功率。王與謝(1999)指出薤菜收穫機利用往復式切刀，配合軟質橡膠海綿輸送帶進行夾持

作業，可發現到幾乎沒有損傷，且依此方式獲得收穫工作效率為 0.1ha / 59 min。邱(2018)指出電動葉菜收穫機，以電動方式進行採收來減少對環境的汙染，使用往復式切刀搭配軟質夾持輸送帶進行收穫作業，並從試驗中發現到軟質夾持輸送帶，因不同的作物上所表現出的損傷率也所不同，其損傷率約 3~10%間。施等人(2000)提到先了解甘藍作物性可有助於機械設計規劃，更因台灣地形狹小，所以需將收穫機設計較小巧靈活為佳。Du et al(2016)指出於設計甘藍收穫機之前，先了解甘藍作物的物理性質可以協助設計上參考，此收穫機透過撥入機構的設計與各作業部以及不同的行進速度，藉此獲得較佳收穫率，經試驗後以 0.2~0.4 m / s 的作業速度可獲得較佳收穫率。王與謝(2004)指出薤菜收穫機，以分草刀配合往復切刀將薤菜切除後，前端以軟質橡膠至作出的星狀輪，可將薤菜強制撥入，並透過軟質夾持輸送帶進行夾持輸送，並可發現以此方式收穫蔬菜於菜籃中頭尾較分明。吉田智一(2000)指出，葉菜收穫機利用前頭外八設計可將葉菜引入，並藉由底部挖掘刀將葉菜斷根後，經夾持輸送帶輸送至集貨菜籃中。葉(2007)提出挖掘裝置之犁刀，一般挖掘角度以 20 度左右較佳，可將畦上之甘藷與土塊掘起，並透過柵狀鏈條輸送待輸送至畦面上。

為解決農業困境上勞動力的不足，仰賴傳統的人工進行採收方式，已無法滿足現今生產速度與產量較大的需求，如今機械化所帶來的效益不只是省時省工，更是將機械化採收導入自動化或者半自動化方式已然成為一種趨勢，而在同時能夠完成採收任務與環顧蔬菜品質，在自動化採收系統的應用上也是如今需要努力的目標。楊等人(2012)提出藉由自動化方式進行設施蔬菜栽培管理，並已自動化方式取代大量人力，其中以採收系統透過舉升裝至可將乘載蔬菜之菜籃翻轉 180 度，並使用往復式切刀進行根部切除，再進行集貨，由此發現切除後頭尾分明。許(2015)指出透過電腦輔助設計軟體，設計莖採收機構並以鋁擠型設計移動機構，可以 45 度角方式進入栽種區採收莖，經試驗後以 14 株為一層進行收穫，其收穫成功率平均可達 92.85%。

本研究目的為研製出一台可同時收穫穴盤與蔬菜之收穫省工化機械設備，並收集各種不同收穫機資料以此強化設計，並實際造出機器並進行多次試驗與改良，藉此達到省工省時效益，解決農業於穴盤蔬菜栽培收穫作業上之缺工現況。

## 二、材料與方法

本研究研製穴盤蔬菜收穫機，故目前尚無針對穴盤與蔬菜進行同時收穫之收穫機相關資料，所以透過蒐集各種不同功能的收穫機文獻，參考其中設計理念與試驗方法，並採用 SolidWorks 繪圖軟體設計，在實際造出並進行試驗改良，且配合實際勘查台糖斗六有機蔬菜園區的穴盤蔬菜栽培法，以此記錄栽培環境、人工作業方式、穴盤蔬菜試驗作物的物理性資料，來調整收穫機設計的參數，以此試造出一台可收穫穴盤蔬菜的省工機械化設備。

### (一)試驗場地

本研究試驗場地有兩處，一處為台糖斗六有機蔬菜園區，其設施栽培溫網室長為 47.7 m、寬為 30 m，其室內栽培面積為 0.144 公頃，一棟場地內有 16 畦，一畦尺寸長度為 45.72 m、寬度為 1.02 m、畦溝寬為 30 cm、畦溝中心距離為 1.2 m、畦高為 10 cm，且採用穴盤進行栽培，其長度為 63.5 cm、寬度為 46.5 cm、厚度為 3 mm，一畦可栽培 144 盤，一盤可種植 30 株穴盤蔬菜。另一處為永靖露天田間，此區面積約 2 分半左右，可供給本研究進行多次試驗。

### (二)穴盤蔬菜栽培法調查

本研究於台糖斗六有機蔬菜園區，進行穴盤栽培法流程調查，其栽培模式為於設施內進行播種作業，並播種約 3000 盤左右，再經由搬運車運載至設施內進行鋪盤作業，經多位人力與壓盤器具，將穴盤鋪盤於畦面上以利於蔬菜可生長較好，期間經過田間管理約 30 天左右，進行收穫作業並根據當日訂單需求採收一定的量，並利用大量人進行採收作業，其栽培作業流程如圖 1 所示。



圖 1、穴盤蔬菜栽培流程

Fig. 1 The process of vegetable cultivated

### (三)穴盤蔬菜之小松菜物理性調查

本次穴盤蔬菜試驗作物對象為小松菜，透過捲尺、游標卡尺等工具進行物理量測，目的在於了解該作物品種的葉寬展幅、株高、株徑等資料，並參考物性數據調整機構設計，經調查後小松菜栽培天數為 30 天左右，並蒐集約 60 株小松菜資料如表 1 所示，可以看出葉寬展幅以及株高的部分落差相當大，依此推判可能會影響採收過程，但由株徑資料中可以看出差距不大，於夾持輸送過程中亦可能較不會破壞蔬菜本身。

表 1、小松菜物性資料  
Table 1 Komastuma Physical analysis

項目	平均值	標準差
葉寬展幅(cm)	32	4.76
株高(cm)	28	3.51
株徑(cm)	2	0.94

### (四)穴盤蔬菜收穫機設計規劃

本研究將收穫系統分為五大作業部：(1)行走部、(2)挖掘部、(3)柵狀鏈條輸送部、(4)夾持輸送部、(5)集貨部，收穫作業流程如圖 2 所示。透過行走部乘載機體重量，並於行進間由挖掘部將穴盤蔬菜挖掘起，藉由柵狀鏈條輸送部將穴盤蔬菜拉起並輸送與排土，期間經夾持輸送部將蔬菜穩固夾持輸送，由此分離穴盤並排至畦面上，而蔬菜將透過輸送過程，掉落於集貨部中進行集中管理，以上為收穫作業流程。



圖 2、收穫作業流程

Fig. 2 Harvesting process

行走部規劃：以 WR-652 型中耕機作為主動力源，並配合試驗場地將中耕機加設加長軸，將輪距調整至 128 cm 以符合現場使用如，並設計長 50 cm、寬 120 cm、離地高度 30 cm 之車架用於架設機構的機體，且於前輪部分採用 11 in 前導輪，並於主引擎後方設置油壓泵浦，且連結車架左右兩側之油壓缸以便於調整收穫系統升降，而在收穫統傳動中，以主引擎副箱作為傳動處，並裝設 9T 鏈輪配合 22T 鏈輪，傳動於中繼傳動桿並由 3 in 皮帶輪傳動於柵狀鏈條輸送部之 11 in 皮帶輪上，以便於供給動力源，而分別控制行走與收穫系統操作，並多設置惰輪與離合線進行行走與收穫各別操控，其行走部機體示意如圖 3 所示。

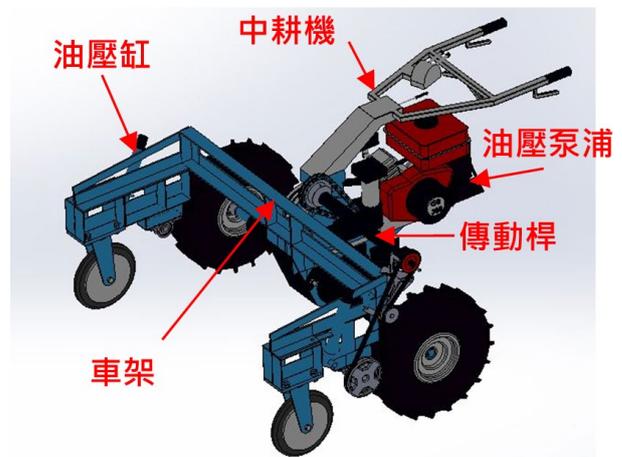


圖 3、行走部示意圖

Fig. 3 Travelling gear diagram

挖掘部與柵狀鏈條輸送部規劃：挖掘部設計配合兩盤寬度為 93 cm，為使穴盤於挖掘後可有預度進行輸送，所以設計長度為 10 cm、作業寬度為 104 cm，厚度為 5 mm，並初步設定挖掘角度為 29 度進行嘗試，另外，柵狀鏈條輸送部設計輸送長度為 63 cm、寬度為 104 cm，以及柵狀鏈條搭配 15T 鏈輪進行輸送，並於中間設計偏心輪藉此將土塊排出，其設計組合如圖 4 所示。



圖 4、挖掘部與柵狀鏈條輸送部組合示意圖

Fig. 4 Combination diagram of excavation part and transporting part

夾持輸送部與集貨部規劃：夾持輸送部參考穴盤蔬菜之小松菜物理特性進行設計，其動力源與柵狀鏈條輸送部共用同一動力源，但以兩顆 42 齒齒輪將轉向改變後進行傳動，並藉由同軸 16 齒鏈輪傳動於 9 齒鏈輪傳動圓桿上如圖 5 所示，其單邊夾持輸送帶之上下結構支撐板長度為 40.5 cm、寬度為 2 cm、夾持高度為 4 cm、厚度為 2 mm，並角鐵架設於柵狀鏈條輸送部支撐板上，且為能夠夾持到小松菜菜梗為理想，設置可調式螺絲於夾持輸送部下方，可依需求調整夾持夾角，以目前初步設定夾持夾角約 18 度左右如圖 6 所示，並搭配約 60 度的外八設計，藉此將蔬菜引入進行收穫，且透過軟質夾持輸送皮帶厚度約 1 cm，目的在於進行夾持過程中，防止蔬菜因夾持力道過強而破損，而為求收集便利性，將集貨部設置於夾持輸送部後方，以接下蔬菜掉落便於集貨。

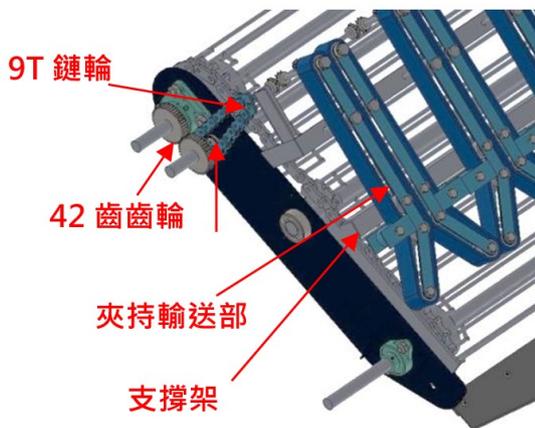


圖 5、夾持輸送部傳動示意圖

Fig. 5 Clamping and transporting transmission diagram

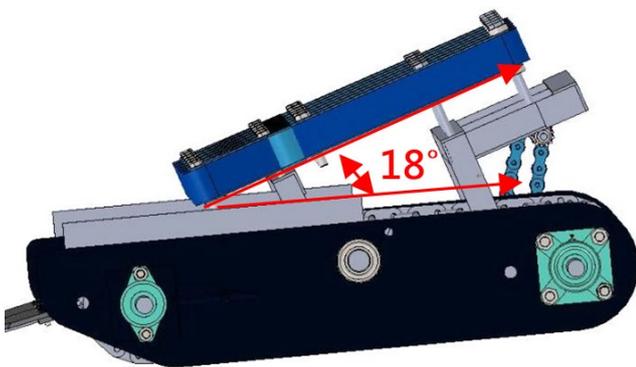


圖 6、夾持夾角示意圖

Fig. 6 Clamping angle diagram

最後將行走部結構與整體收穫系統進行組合，可由圖 7 中看到穴盤收穫機整體設計示意圖。

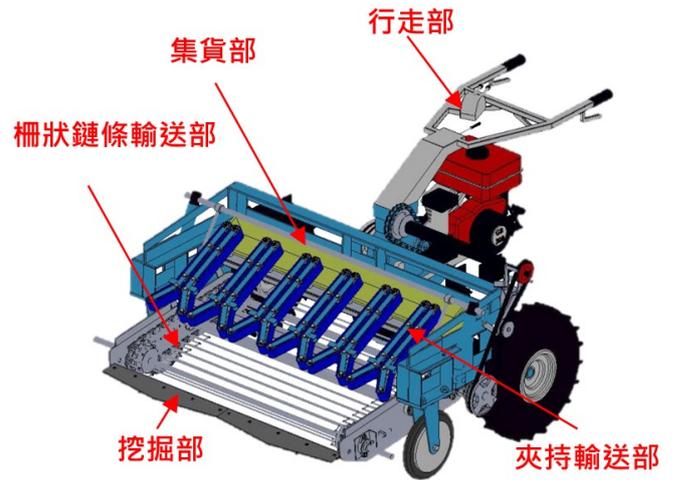


圖 7、穴盤蔬菜收穫機整體設計示意圖

Fig. 7 Diagram of Harvester for Perishable Vegetable in Plugs

#### (五)收穫機試驗方法與田間規劃

本研究研製之收穫機目前無明確試驗方式，故參政行政院農業委員會 88.11.09.16 農糧 88154699(修)之根莖類掘收機性能測定方法與暫行基準(TS49)作為參考，並針對本研究進行規劃試驗，以穴盤蔬菜小松菜作為試驗對象，此外，定義鏟盤率作為測試項目，其測試項目方法如下：

田間作業性能測試項目

1. 鏟盤率：每試區中任取長度15公尺而機械一次作業寬度之面積內，量測未鏟盤成功與鏟盤成功之盤數比，同一試區重複三次據以計算鏟盤成功率。

(1) 鏟盤率：

鏟盤過程中將穴盤鏟起視為成功，並於調查範圍內檢視鏟盤率，計算其鏟盤比率。

$$\text{鏟盤率} = \frac{\text{鏟盤成功盤數}}{\text{穴盤總盤數}} \times 100\% \quad (3-1)$$

田間測試規劃：本研究試驗前置作業需將田頭 6 盤穴盤蔬菜以人工方式排除，確保機器有一定的行走空間進行調整，後續再以挖掘刀之刀尖觸碰畦面後，以最低速 0.24 m / s 行進速度，進行收穫作業，首先於永靖露天田間進行多次改良試驗挖掘穴盤能力與輸送穩定性，待挖掘能力與輸送穩定性達到一定程度後，再轉至斗六進行挖掘試驗，以此確認兩者數據與現象差異性不大後，再針對穴盤蔬菜收穫系統整體性，試驗挖掘穴盤能力與夾持輸送能力，以獲得鏟盤率及夾持輸送所表現的相關數據與現象進行分析，以利於後續進行改良，最終在評估採收作業需多久時間。

### 三、結果與討論

#### (一)穴盤蔬菜收穫機挖掘部分組裝與永靖田間初步試驗

本研究實機造出組裝如圖 8 所示，經初步試驗後雖然可成功將穴盤挖掘起且鏟盤率已達到 90~100%如表 2 所示，但發現挖掘角度 29 度可能因初步設定角度較大，所以容易造成深度挖掘，經測量於表土層至刀尖約有 9~11cm，會間接將大量土塊挖掘起且在無法快速排土的情況下，影響穴盤輸送穩定性如圖 9 所示，由此可知若挖掘角度過大可能會將大量土塊一同送入輸送過程並影響穴盤輸送穩定性，另外發現到畦面高度因天氣與人為因素亦有高低落差變化，此部分也是影響穴盤輸送穩定性之一，需加大行走輪改善機體觸碰到畦面的問題，因此加高車架高度並提升行走能力。

表 2、挖掘部初步試驗

Table 2 The result of excavation test

項目(空盤)	試驗畦 1	試驗畦 2
總盤數	20	20
鏟盤成功盤數	20	18
鏟盤率(%)	100%	90%

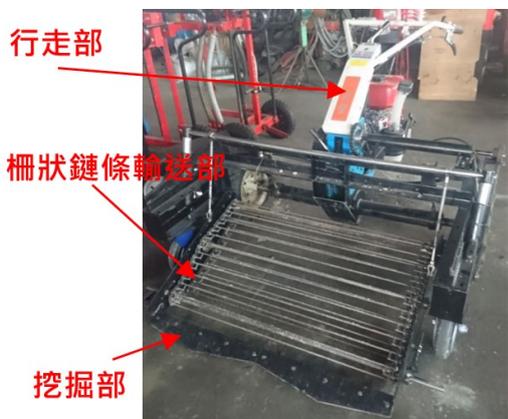


圖 8、行走部與挖掘、柵狀鏈條輸送部實機組合  
 Fig. 8 The combination of travelling gear, the excavation and transportation section

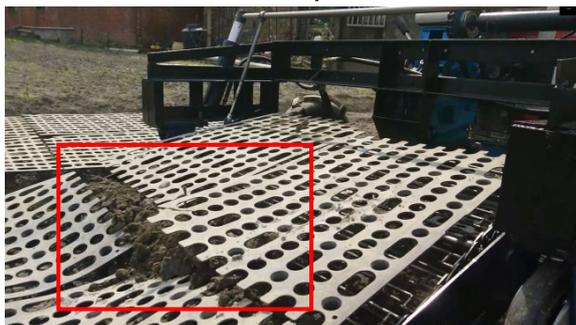


圖 9、隆起土塊影響穴盤輸送穩定性

Fig. 9 Stability of transporting tray affected by clay

#### (二)挖掘與柵狀鏈條輸送部改良試驗

本研究將嘗試不同挖掘角度，以求得較佳鏟盤率以及穴盤輸送穩定性，本次將 29° 調整為 24° 進行試驗如圖 10 所示，此外配合挖掘角度試驗，將柵狀鏈條輸送部高度進行調整，雖然經試驗後發現鏟盤率與初步試驗沒有差異性如表 3，但因挖掘角度的調整，使得挖掘所隆起的土塊已有減少現象，但仍然會影響穴盤輸送穩定性，此外，藉由本次試驗分析出因隆起的土塊會使得穴盤輸送過程中會有左右滑動現象如圖 11 所示，由上述得知挖掘角度與柵狀鏈條輸送部的調整，會影響挖掘土量及穴盤輸送穩定性的，依此問題將再進行不同方式調整挖掘角度與加設擋板引領穴盤輸送。

表 3、挖掘部第一次改良試驗

Table 3 The first improvement test of the excavation section

項目(空盤)	試驗畦 1	試驗畦 2
總盤數	20	20
鏟盤成功盤數	20	18
鏟盤率(%)	100%	90%



圖 10、調整挖掘角度

Fig. 10 Excavated angle adjusted



圖 11、隆起土塊使穴盤左右滑動

Fig. 11 Tray sliding cause by clay

根據上前兩次試驗過程，可得出挖掘角度與柵狀鏈條輸送部的調整，皆會影響挖掘土量與輸送穩定性，本

次將嘗試將挖掘角度 24° 調整為 19°，此外加設長 15 cm、寬 5 cm、厚度 5 mm 之 4 根延伸扶起刀於鏟盤刀前端，其目的在於先利用延伸扶起刀將穴盤扶起後，再藉由柵狀鏈條輸送部將穴盤帶入輸送，依此方式嘗試減少挖掘土量與穩定輸送過程。

本次除加設延伸扶起刀以外，並於左右邊設計長 20 cm、高 5 cm 的擋板協助引導穴盤如圖 12 所示。並經由試驗後發現新設計之延伸扶起刀具有扶起效果如圖 13 所示，且左右擋板已有協助引入輸送作用，可由表 4 結果得到鏟盤率已降低為 90%，雖然挖掘過程中仍有部分隆起土塊如圖 14 所示，但挖掘土量已有明顯改善，亦可將土塊細沙快速排出，由此說明加入本次新設計配合挖掘角度調整，可能會獲得較佳穴盤鏟盤率與輸送穩定性。

表 4、挖掘部第二次改良試驗

Table 4 The second improvement test of the excavation section

項目(空盤)	試驗畦 1	試驗畦 2
總盤數	20	20
鏟盤成功盤數	18	18
鏟盤率(%)	90%	90%



圖 12、延伸扶起刀與左右擋板

Fig. 12 Tray lifting gear and side barrier



圖 13、具有扶起效果

Fig. 13 Lifting tray



圖 14、積土現象產生

Fig. 7 Accumulation

本研究針對挖掘裝置之鏟盤率與穴盤輸送穩定性提升，進行第三次試驗，此次將挖掘角度調整為 14°，並嘗試新設計配合此角度是否可有效減少挖掘土量與排出積土並穩定輸送穴盤。經試驗後發現本次作法，已減少許多挖掘土量且有明顯排土效果如 15 所示，且穴盤已可穩定輸送如圖 16 所示，此外可由表 5 中得知，2 畦試驗鏟盤率皆為 100%，並且可穩定輸送，且可從多次試驗結果中，可探討出挖掘角度會影響鏟盤成功率與穴盤輸送穩定性，並得到當前挖掘角度以 14° 已具備較佳鏟盤率與輸送穩定性條件，接著將試驗場地轉至斗六試驗場地，藉此驗證 14° 是否為較佳挖掘角度。

表 5、挖掘部第三次改良試驗

Table 5 The third improvement test of the excavation section

項目(空盤)	試驗畦 1	試驗畦 2
總盤數	20	20
鏟盤成功盤數	20	20
鏟盤率(%)	100%	100%



圖 15、挖掘土量較少

Fig. 15 Excavation less soil



圖 16、穴盤穩定輸送

Fig. 16 Tray stable transportation

**(三)挖掘部於台糖斗六田間試驗**

本研究經多次試驗挖掘角度與穴盤輸送穩定性後，已挖掘角度 14° 可獲得較佳條件，本次轉至台糖斗六田間進行試驗，其試驗場地為蔬菜已採收後所留下的空盤。本次一畦可試驗樣本數為 144 盤，排除田頭 6 盤後以 138 盤分為 3 組且 1 組為 46 盤，經試驗後可發現蔬菜採收後留下的空盤，因根系留於穴杯中，所以留在畦面上較為扎實，對於本挖掘裝置於作業上，經觀察後並無任何問題，且由試驗過程中觀察出挖掘過程，所挖掘出的土量較少如圖 17 所示，同樣不會有隆起多於土壤，並發現到因穴杯中留有介質，所以穴盤具有一定重量，使得在輸送過程中較為穩定，即使進行連續性挖掘作業，其輸送過程同樣的穩定如圖 18 所示，此外，雖然柵狀鏈條輸送部排土成效可將大小土塊排出並不妨礙穴盤輸送，雖然仍有少部分缺收，但挖掘效果與輸送穩定性已有達到與永靖田間測試的相同結果，由此可確認當前以挖掘角度 14° 配合現今設計是可行的，而針對缺收部分，主要還是畦面地形起伏落差較大所引起，可由圖 19 中看到中間部分已有塌陷下去的現象，會造成挖掘過程有挖掘過淺直接忽略穴盤的情況發生，雖然可藉由油壓缸調整升降，但依然會有類似情形產生，並可由表 6 中得知，鏟盤成功數達 118 盤、失敗為 20 盤，且由上述中配合數據顯示，第二組為田中央的鏟盤率表現上比起第一組田頭與第二組田尾略顯降低，最終由表 7 中得知評估一畦作業與轉彎時間約花費 20 min 左右。



圖 17、挖掘土量較少

Fig. 17 Excavation less soil



圖 18、連續鏟盤試驗

Fig. 18 Consecutively shoveling test



圖 19、地形起伏落差較大

Figure 19 Large terrain fluctuations

表 6、斗六試驗場地之鏟盤率試驗

Table 6 Shovel rate test at the test site

組數	試驗盤數	鏟盤成功盤數	鏟盤率 (%)	總作業時間 (min)
1	46	40	87%	6
2	46	38	83%	8
3	46	40	87%	6

表 7、鏟盤作業評估所花時間

Table 7 Evaluate the time spent on shoveling

項目	總長度 (cm)	次數	所需時間 (min)
鏟盤	457.2	1	20
田頭轉彎	x	1	1
總花費時間			21

**(四)整體收穫系統於台糖斗六試驗**

本研究藉由前期多次試驗挖掘穴盤與穴盤輸送穩定性後，得出以挖掘角度 14° 可獲得較佳穴盤鏟盤率與輸送穩定性較高，本次試驗整體收穫系統，將夾持輸送部加入一起試驗如圖 20 所示，在試驗前穴盤蔬菜總數因播種與管理期間仍有缺株可能性，故試驗樣本數需視現場狀況而定，藉此觀察鏟盤輸送過程與夾持所產生的現象。



圖 20、穴盤蔬菜收穫機

Fig. 20 Harvester for Perishable Vegetable in Plugs

本次試驗樣本數為 96 盤分為 3 組且 1 組為 32 盤，經試驗後發現到蔬菜具有一定重量，使得鏟盤過程中提升了鏟盤與輸送穩定性，且挖掘土量與前幾次相同，不會有隆起土塊現象發生，可由表 8 得知，同樣在第二組田中央的試驗過程中可看出與田頭田尾仍有差異性，以目前較佳鏟盤率已達 94%，此外搭配夾持輸送部進行試驗，可觀察出夾持輸送部的設計並不與挖掘部有相互妨礙問題存在，經試驗後得出，夾持輸送部外八設計具有蔬菜引效果如圖 21 所示，並進行連續夾持作業如圖 22 所示，但在夾持過程中發現，以夾持夾角 18° 方式進行夾持輸送作業，大多以夾持到葉片居多菜梗較少，並由試驗中觀察到夾持成功率受到植株大小與側芽影響如圖 23 所示，亦有可能發生傾倒忽略夾持機構，並可能產生連續性影響，使得穴盤蔬菜難以進行連續性收穫，並可從圖 24 中看到正在收穫的收穫機，也可看到部分缺株與側芽傾倒的蔬菜，由此問題產生相互影響因素，由表 9 中可得知評估採收半畦約 40 min 左右，並推估完成一畦採收需約 80 min 左右

表 8、斗六試驗場地之整體收穫系統試驗

Table 8 Whole harvesting system test at test site

組數	試驗盤數	鏟盤成功盤數	鏟盤率 (%)	總作業時間 (min)
1	32	30	94%	11
2	32	26	81%	15
3	32	28	88%	14

表 9、整體收穫系統試驗推估所花時間

Table 9 Estimate time taking in overall harvesting system test

項目	總長度 (cm)	次數	所需時間 (min)
鏟盤	457.2	1	80
田頭轉彎	x	1	1
總花費時間			81



圖 21、外八引入效果

Fig. 21 External eight introduction effect



圖 22、連續性夾持輸送作業

Fig. 22 Consecutively clamping and transporting operation



圖 23、側芽影響夾持輸送

Fig. 23 Lateral bud affects transportation



圖 24、缺株與傾倒蔬菜

Fig. 24 Lack of plants and dumped vegetables

### (五)人工採收與機械化採收省時效率

本研究以目前穴盤收穫機試驗一畦實驗結果推估收穫時間，以收穫機作業採取 2 人操作，經試驗結果得出收穫半畦約 40min，推估收穫完成一整畦約 80min 左右，此外，台糖斗六試驗區進行一畦穴盤蔬菜採收人力為 2 人作業所需時間約 150min 左右，由此推估人工採收模式下，以機械化採收可節省約 46% 左右的作業時間。

## 四、結論

本研究已完成穴盤蔬菜收穫雜型機，並針對穴盤蔬菜收穫機可同時收穫穴盤與蔬菜研究成果，將其機械設計及改良測試與實驗數據，進行分析並得到以下幾點結論：

1. 挖掘裝置之鏟盤刀搭配延伸扶起刀，於田間試驗中已嘗試 29°、24°、19°、14° 各種不同挖掘角度，經多次挖掘測試後得出當前較佳之挖掘角度為 14°，可成功鏟起穴盤且不易隆起土塊，並可將土塊細沙排出，此外，搭配柵狀鏈條輸送部可將穴盤進行穩定輸送。
2. 田間試驗栽培環境中因自然因素使得地形起伏相當大，使得在挖掘穴盤過程中容易有挖掘過深或過淺問題，但由此發現油壓缸調整收穫系統，可減緩此地形因素所帶來的問題。
3. 整體收穫系統進行田間試驗後，發現於挖掘過程中穴盤輸送並不與夾持機構有相互妨礙問題產生，且因有蔬菜載重加乘於穴盤上後，使得鏟盤過程可更加穩定些，但有部分缺收仍受到地形起伏大小落差影響，導致無法順利鏟起，當前已挖掘角度為 14° 進行作業，已獲得當前較佳鏟盤率達到 94%。
4. 整體收穫系統進行田間試驗後，當前夾持輸送部以夾持夾角約 18° 左右，經試驗後發現夾持輸送部的外八

設計，具有將穴盤蔬菜引入的效果，但再進行連續作業上可觀察出較多機會夾持到為葉片，與設定中需夾到菜梗機會較少，因此判斷夾持輸送過程，易受到植株大小落差與側芽傾倒等因素，會間接影響夾持輸送過程。

5. 以機械化方式進行穴盤蔬菜收穫作業，經推估需花費 80 min，另以人工方式採收需花費 150 min，於時間效率比較下可比人工採收方式節省約 46% 左右的作業時間。

## 五、建議

1. 對於挖掘裝置之挖掘角度，可在進行不同角度的改良並進行多次測試，以獲得較佳且穩定的鏟盤率。
2. 針對栽培場地之地形起伏落差，未來可於機構前面左右邊多加設計地面感測或者較靈敏的油壓系統機構，使得挖掘裝置配合人工調整，來因應地形起伏獲得更好的靈活度。
3. 夾持輸送部夾角可在進行不同夾角試驗，並配合夾持輸送部架設點調整，且可在加設類似聯合收穫機的全饋式扶起機構協助傾倒蔬菜，藉此獲得較穩定的夾持輸送過程。
4. 面對不同作物的特性，可多做作物物性分析來調整本收穫機作業寬度與機構傳動上，藉此提高成功率與簡化機構。

## 六、誌謝

本研究承蒙行政院農業委員會農糧署計畫編號為 108 農科-16.2.1-糧-Z1(3)之計畫提供研究經費，特致謝忱。

## 七、參考文獻

- [1] 楊紹榮、鄭榮瑞。1998。穴盤蔬菜栽培技術之研發與應用。台南區農業改良場技術專刊 74：1~26。
- [2] 游俊明。2008。單人即可操作自如-葉菜類快速移植技術之開發。豐年半月刊 58(17)：39~43。
- [3] 游俊明。2009。蔬菜育苗及移植兩用之重疊式穴盤。豐年半月刊 59(9)：43~49。
- [4] 梁連勝、蔡致榮、陸龍虎、顏秀榮、周廷弘。1989。夾持式落花生收穫機之研製(1)。中華農業研究 38(1)：104~126。
- [5] 張文化。1991。夾持式蘿蔔收穫機簡介。農試所農機系 5：23。
- [6] 王明茂、謝俊夫。1999。蕹菜收穫機之研究開發。

農業機械學 8(4) : 29~37。

- [7] 邱銀珍。2018。設施蔬菜機械化作業之推動進展。  
網址：<https://www.intelligentagri.com.tw/xmdoc/cont?xmsid=0J142604730042131234&sid=0J183842964010107466&fbclid=IwAR2zMqzzHCZ2CWtFaq4clAGkpM792SJSobRcZEWxSMqwjkVBdlgNIKVuvGo> 上網日期 2019-5-31。
- [8] 施清田、鄭榮瑞、鍾瑞永、樂家敏。2000。二行式甘藍收穫機之研製。台南區農業改良場研究彙報 37 : 71~85。
- [9] 王明茂、顏克安。2004。小葉菜類收割機之研製。高雄農業改良場期刊。93 年研究報告。
- [10] 葉永章。2007。甘藷收穫機之研製與改良。桃園區農業專訊 60 : 34~36。
- [11] 楊清富、鄭榮瑞、鍾瑞永。2012。短期葉菜類植物工場之開發。出自：精密設施工程與植物工場實用化技術研討會專輯：50~56。
- [12] 許韶方。2015。植物工廠自動化萵苣採收機構之研製。碩士論文。宜蘭：國立宜蘭大學生物產業機電工程學系研究所。
- [13] 吉田智一、窪田潤、前岡邦彥。2000。ハウレンソウ收穫技術の開發 (第 1 報) -ベルト挾持式收穫機の開發とその性能-。J-STAGE トップ精密工学会誌 62(3) : 149-156。
- [14] Du, D., Xie, L., Wang, J., & Deng, F. 2016 . Development and tests of a self-propelled cabbage harvester in China. ASABE Paper No. 162459786. Orlando, Florida : ASABE.
- [15] Rani, V., Jain, M., & Kumar, A. 2018. Design and Development of Tractor Operated Carrot Digger. Agricultural Mechanization In Asia, Africa and Latin America. 49(3) : 79-85.
- [16] Shirwal, S., Mani, I., Sirohi, N. P. S., & Kumar, A. 2015 . Development and evaluation of carrot harvester. Agricultural Mechanization In Asia Africa and Latin America . 46(1) : 28-34.

---

2019年08月26日收稿

2019年11月15日修正

2020年01月16日接受

