

# 電動葉菜散裝收穫機之開發<sup>1</sup>

邱銀珍<sup>2</sup>、黃柏昇<sup>2</sup>

## 摘 要

本研發係一種以電力為主要動力之電動葉菜散裝收穫機。該機包括車體主結構、採收部、電力組合系統、行走控制系統、履帶底盤、電動馬達及夾持輸送等機構，其中車體係採用履帶式搬運車，履帶外寬 57 cm，內寬 23 cm，24V 直流電動馬達額定輸出 750 W，最大輸出功率為 1.2 kW，使用電壓 24 V 電容量 85 Ah 的磷酸鐵鋰電池 2 顆並聯。本機夾持輸送機構採用可撓曲膠布組成，傳統收穫機多採用鐵製鏈條作為輸送機構。本機採收部割寬為 1 m，行走變速箱具備前進 3 檔後退 1 檔，機械行走作業速度每分鐘 4.5 m，經測試葉菜收穫損傷率在 5% 以下；由於採用電力為動力，不產生廢氣可避免污染。採用本機收穫相較人工收穫節省 66.6% 時間，可減緩採收工作辛勞。

關鍵詞：蔬菜、收穫機械、電動式、設施

## 前 言

目前國內設施溫網室約 9,500 ha，以種植葉菜類為主，而莧菜為國內餐飲業重要之食材，主要種植在設施溫網室內；以桃園地區為例，夏季有 80% 以上之溫網室種植莧菜，每天平均有 12,000-18,000 kg 之收穫量，最高時可達日產 30,000 kg。

莧菜生長速度快，遇到盛產期需要大量人工進行採收，目前國內莧菜於設施溫網室內生產，在夏天因設施內狹小空間，且通風不良，加上室外溫度經常在 35°C 以上，使設施內的溫度經常維持在 40°C，造成莧菜生長速度快，由工作人員採蹲下方式一手握葉菜一手以鐮刀割取採收，夏天悶熱的工作環境，使得僱工不易。

---

<sup>1</sup> 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究彙報第 522 號。

<sup>2</sup> 桃園區農業改良場副研究員(通訊作者，yjchiou@tydais.gov.tw)、助理研究員。

除了設施內之葉菜類外，田間栽培蔬菜如薤菜，採收時若用連根拔起方式頗為耗工，且需消耗清水清洗葉菜根部，而消費者買回帶根之蔬菜尚需切除一大截根部予以丟棄，徒增都市垃圾量等，此收穫及消費者處理型態有待加以改善。

上述葉菜類之特性為主莖較長，適合利用機械採收，但農友在無適當作業機可用的情況下，只得於株高約 25 cm 時，取小刀自植株離地面高約 3 cm 處予以割斷採收，此工作既辛苦又甚耗工，特別是夏天時需在設施內高溫揮汗如雨下進行採收工作。歷年來各研究單位有著手開發葉菜收穫機械，惟尚未見到能符合農友需求之葉菜收穫機，因此本場著手進行開發葉菜散裝收穫機。葉菜散裝收穫係指以非結束方式進行葉菜收穫。

表 1. 葉菜收穫機械發展簡表

Table. 1. The development history of leafy vegetable harvester.

| 年份<br>Year | 單位<br>Unit | 機械種類<br>Kind of Machine | 機械應用情形<br>Mechanical application                                                                                                                         |
|------------|------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1986       | 國立臺灣大學     | 甘藍菜收穫機                  | 1986 年國立臺灣大學針對甘藍菜收穫曾進行研發（許和張，1988）。                                                                                                                      |
| 2003       | 高雄區農業改良場   | 小葉菜類收割機                 | 高雄區農業改良場在 2003 年曾有小葉菜類收割機之試驗改良（王等，2004）。                                                                                                                 |
| 2012       | 桃園區農業改良場   | 葉菜類收穫雛型機                | 2012 年行政院農業委員會桃園區農業改良場（以下簡稱桃園場），在經常性科技計畫內曾進行初步之研發。2012 年桃園市八德區蔬菜產銷班第 3 班（以下簡稱八德區蔬菜產銷第 3 班）每日共同運銷 9,000-12,000 kg 葉菜，因葉菜類收穫缺工而萌生用機械收穫構想，因此與桃園場合作開發葉菜採收機械。 |
| 2015       | 桃園區農業改良場   | 葉菜類收穫雛型機                | 桃園場於 2015 年 10 月完成葉菜類收穫雛型機之研發。2015 年 10 月 16 日在八德區蔬菜產銷第 3 班設施溫室內，進行機械莧菜採收操作示範。有鑑於汽油引擎在設施溫室內易聚集引擎廢氣，為更進一步提升葉菜類收穫及工作品質，遂有「設施內電動葉菜類收穫機之開發」計畫。               |

## 材料與方法

### 一、第 1 代：吹風式雛型機

收穫機之行走動力是由 2 顆 12 V 的鉛酸蓄電池串聯成 24 V 直流組成，能提供 600 W 電力供馬達驅動收穫機。採收機構主要是往復式剪切機寬 100 cm 做為剪切葉菜用 (Goering and Hansen, 2004)。吹風機構由長 100 cm、直徑 8 cm 大風管組成，並由 1 具 36 V、14.5 Ah 鋰鐵電池提供電力給吹風電動馬達做為吹風之動力源。

採收剪切部寬 100 cm，採用東林公司 BLDC CK-110 型電動吹風機，將 2 段長 50 cm、直徑 8 cm 吹風機連接成長 100 cm 之大風管，並將 14 支直徑 2 cm 小風嘴均勻間距分布在大風管上提供葉菜後吹之風力，機身上有 1 組 3 段可調式開關 (Srivastava *et al.*, 2006)，調控從小風嘴吹出的風量。電力組合系統提供收穫機行走動力 (關, 1982)、採收機構動力 (關, 1997) 及吹葉機構 (馮, 2003) 等 3 種動力所需電力。第 1 代電動葉菜散裝收穫機架構如圖 1 所示。

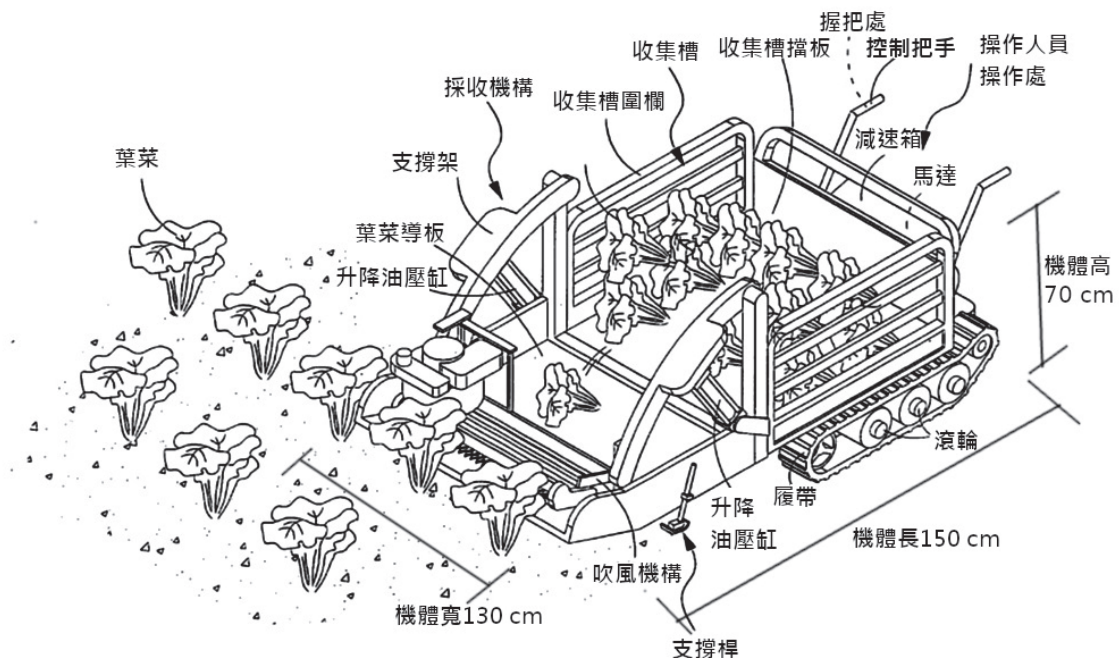


圖 1. 第 1 代電動葉菜散裝收穫機架構圖

Fig. 1. Schematic diagram of electric leafy vegetable bulk harvester. (1<sup>st</sup> generation)

## 二、第 2 代：軟布輸送式雛型機

2017 年進一步研發設計機體，由履帶底盤、電動馬達及夾持機構所組成之新型電動葉菜散裝收穫機。履帶式搬運車為履帶外寬為 57 cm（外寬即一側履帶外側至另一側履帶外側之寬度），直流有刷電動馬達額定輸出 750 W、最大輸出 1.2 kW，電池採用 24 V 電容量 85 Ah 之磷酸鐵鋰電池 2 顆並聯。本機之特點係葉菜夾持輸送機構採用柔軟膠布組成，不同於傳統採用鐵製鏈條設計。本機採收部電動割寬 1 m，另行走變速箱具備前進 3 檔後退 1 檔之檔位，行走作業速度每分鐘 4.5 m，結合機電系統組成電動葉菜散裝收穫機。第 2 代電動葉菜散裝收穫機架構如圖 2 所示。

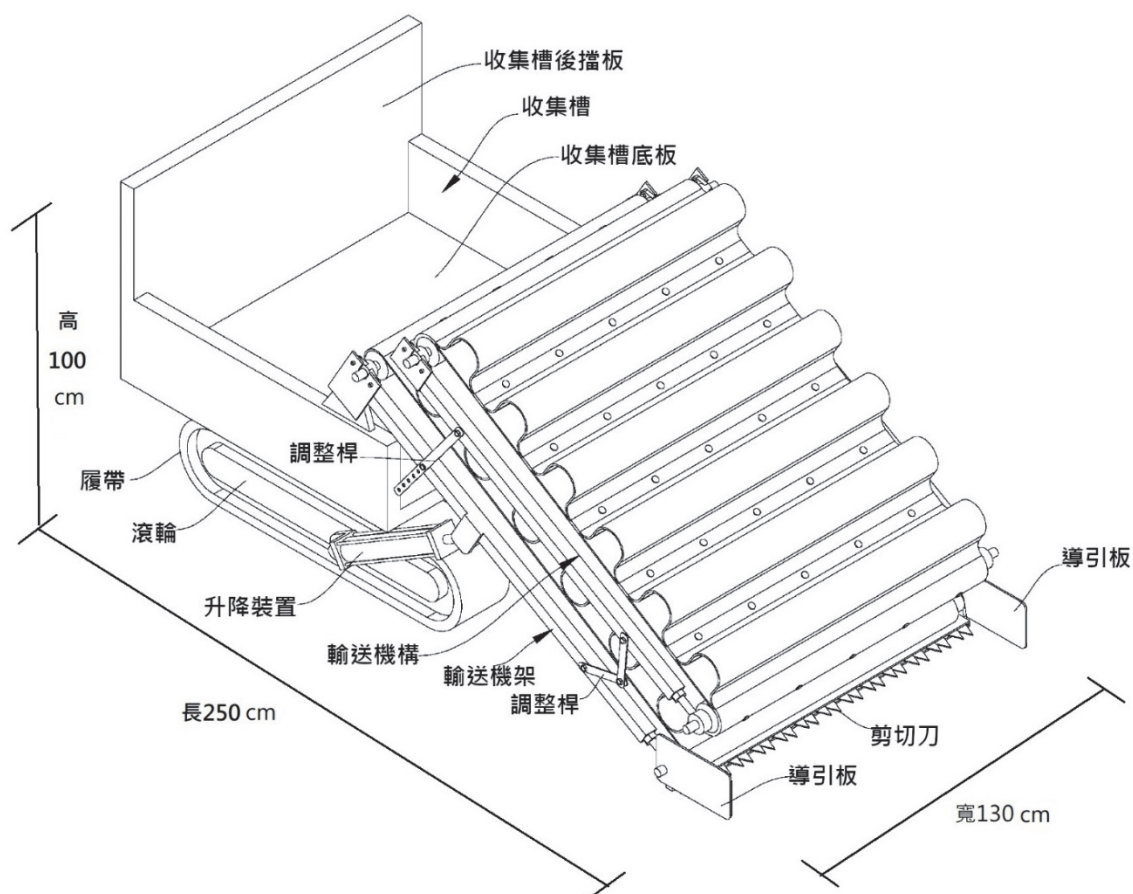


圖 2. 第 2 代電動葉菜散裝收穫機架構圖

Fig. 2. Schematic diagram of electric leafy vegetable bulk harvester. (2<sup>nd</sup> generation)

## 結果與討論

### 一、第 1 代：吹風式雛型機

#### (一) 機體設計及架構

整部收穫機總重 190 kg，長 150 cm 寬 130 cm 高 70 cm，該機具有 1 個長 100 cm 寬 70 cm 高 50 cm 可放置已收穫葉菜的儲放槽。為使收穫機慢速行走以利葉菜採收，在兩側動力輪前各加裝利茗公司生產的 60：1 減速齒輪組。

本機採收機構採收部安裝寬 100 cm 之往復式剪切機做為收穫葉菜用，並以 2 顆 12 V 鉛酸電池串連組成電源供應系統。吹風機構與採收機構二者間距可依需求在 5-20 cm 範圍內調整，在左右兩側各加 1 組手搖螺旋升降桿組，用於機身距地高度調整。行走控制系統是使用類似腳踏車把手上附加安全開關及旋轉式電流控制器，由手握控制旋轉角度以調整收穫機行走速度，且把手連接後輪以操控行走方向。

2016 年 11 月 8 日於桃園場設施內進行葉菜收穫試驗，測試的薤菜高約 30 cm，測試前先用機身左右兩組手搖螺旋升降桿，微調機身距地高度約 3 cm，調整機械行走速度  $0.1-0.15\text{ m s}^{-1}$ ，葉菜經刀具切割後由吹風機構吹向存放葉菜的空間。測試結果每行走 2 m 左右後，存放葉菜的空間就已塞滿。

#### (二) 吹風式雛型機特點

1. 採收機以電力做為動力：本研發第一代輪式和第二代履帶式動力均以電力驅動，可避免汽油引擎廢氣在設施溫室內易聚集於未收穫之葉菜表面及溫室內廢氣的問題，除有利於食安外，對保護操作收穫機工作人員健康也有幫助。
2. 吹風機構吹風量不足：薤菜收穫測試結果得知，當葉菜收穫後，採收儲放槽累積越來越多葉菜時，會影響接下來收穫葉菜往後吹送的阻力，且儲放槽的葉菜增多後，需要停機更換儲藏袋，也降低工作效率。
3. 收穫後葉菜排列凌亂：設計以散裝葉菜收穫方式收集，標的客群為團膳業者，因此，收穫後的葉菜裝在尼龍網袋裡凌亂排列是可被接受的；但如供應生鮮市場，則需進一步研發使葉菜收穫後葉菜排列整齊，才可達到生鮮市場的要求。

## 二、第 2 代：軟布式輸送機

透過使用軟式膠布取代吹風方式輸送剪切採收後的葉菜，解決吹風式收穫機吹風量不足以致於葉菜會在吹風口前阻塞的問題。軟布輸送機構透過塑膠材質軟布以連續方式捲曲，以連續的 U 型及倒 U 型方式折起成為波浪型方式的輸送帶，並透過油壓馬達做為波浪型軟布輸送機構的動力。

2017 年 7 月完成之收穫機，在八德區蔬菜產銷第 3 班設施內的莧菜場地、新北市林秉賢農友葉菜甘藷園及桃園場設施溫室莧菜等 3 次田間收穫測試，輸送機構因無側板夾傷葉菜造成約 15% 的耗損，因此，於 2018 年 2 月進行收穫機左右前端間隔板加大及加裝側蓋板，以減低收穫對葉菜的損傷。

## 三、機械莧菜收穫及損傷率測試

第 1 次於 2018 年 10 月 16 日在八德區蔬菜產銷班第 2 班第 39 棟溫室進行測試，測試溫室寬 5.3 m、高 2.85 m、長 25 m，天氣陰天、氣溫 25°C。試驗前溫室最左側葉菜先以人工割取（約 7 行寬）（圖 3），以避免機械割取部馬達撞擊菜葉，然後再進行測試。機械上之割取刀距地面高度為 10-12 cm。第 2 次於 2018 年 10 月 30 日在八德區蔬菜產銷班第 2 班第 36 棟溫室，測試溫室寬 5.3 m、高 2.85 m、長 22 m，機械割寬 1 m、割取刀距地 8-10 cm，收穫操作情形如圖 4、5 所示。本次收穫莧菜長度較第 1 次測試矮，因此收穫量較第 1 次測試少（表 2 及表 3）；第 1 次測試長度 15 m 所需時間為 207-216 s，淨收穫重量 9.72-12.96 kg，損傷率 4.91%-4.98%。第 2 次測試長度 15 m 所需時間為 194-201 s，淨收穫重量 5.18-7.56 kg，損傷率 4.88%-4.90%。

表 2. 第 1 次葉菜收穫機實地莧菜收穫測試

Table 2. The result of first test of chives harvest using the harvester in greenhouse.

| 日期：2018 年 10 月 16 日            |                                    |                                |                                                    |                         |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|
| 地點：八德區蔬菜產銷班第 2 班第 39 棟溫室       |                                    |                                |                                                    |                         |
| 範圍：測試溫室寬 5.3 m、高 2.85 m、長 25 m |                                    |                                |                                                    |                         |
| 項次<br>Test No.                 | 測試距離<br>Harvest<br>Distance<br>(m) | 測試時間<br>Harvest<br>Time<br>(s) | 淨收穫重量<br>Net Weight of<br>Harvested Chives<br>(kg) | 損傷率<br>Loss Rate<br>(%) |
| 1                              | 15                                 | 216                            | 9.72                                               | 4.98                    |
| 2                              | 15                                 | 215                            | 11.52                                              | 4.95                    |
| 3                              | 15                                 | 214                            | 12.96                                              | 4.93                    |
| 4                              | 15                                 | 214                            | 11.16                                              | 4.92                    |
| 5                              | 15                                 | 207                            | 11.16                                              | 4.91                    |
| 平均                             | 15                                 | 213.2                          | 11.304                                             | 4.938                   |
| 標準差(S.D.)                      | 0                                  | 3.564                          | 1.155                                              | 0.028                   |

表 3. 第 2 次葉菜收穫機實地莧菜收穫測試

Table 3. The result of second test of chives harvest using the harvester in greenhouse.

| 日期：2018 年 10 月 30 日            |                                    |                                |                                                    |                         |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|
| 地點：八德區蔬菜產銷班第 2 班第 36 棟溫室       |                                    |                                |                                                    |                         |
| 範圍：測試溫室寬 5.3 m、高 2.85 m、長 22 m |                                    |                                |                                                    |                         |
| 項次<br>Test No.                 | 測試距離<br>Harvest<br>Distance<br>(m) | 測試時間<br>Harvest<br>Time<br>(s) | 淨收穫重量<br>Net Weight of<br>Harvested Chives<br>(kg) | 損傷率<br>Loss Rate<br>(%) |
| 1                              | 15                                 | 201                            | 7.56                                               | 4.88                    |
| 2                              | 15                                 | 199                            | 6.84                                               | 4.90                    |
| 3                              | 15                                 | 194                            | 5.18                                               | 4.88                    |
| 平均                             | 15                                 | 198                            | 6.527                                              | 4.887                   |
| 標準差(S.D.)                      | 0                                  | 3.606                          | 1.221                                              | 0.012                   |

#### 四、人工收穫與第 2 代軟布型收穫機之工作效率與成本分析

##### (一) 機械與人工收穫工作效率分析比較

針對產銷班調查得知，每位工作人員可採收  $81 \text{ m}^2 \text{ hr}^{-1}$  成束葉菜，約 120 kg (480 把)，收穫速度約為  $10 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ ，收穫 0.1 ha 約需要 100 人工時。人工散裝收穫速度為 27 人工時/分地（已扣除人工將葉菜結束時間）。機械採收測試每行長 50 m，0.1 ha 需 20 行，以機械收穫 15 m 需 3 分 30 秒換算，20 行（每行 50 m）需 14,000 s，加計每次轉彎換方向 60 s，轉彎 19 次需 1,440 s，0.1 ha 總機械收穫時間需 15,440 s（約 4 小時 30 分），以機械操作需 2 人之人力計算，合計機械收穫 0.1 ha 葉菜需 9 人工時，相較人工收穫，每分地採用機械收穫可節省 66.6% 時間（以  $(27-9)/27 \times 100\% = 66.6\%$  計算）。

##### (二) 機械收穫節省成本分析比較

人工收穫 0.1 ha 需 12,000 元工資計算；電動葉菜類收穫機以 7 年使用年限折舊計算，年維護費以機械成本 10% 計算，每年作業 9 個月，每月 25 日、每日 6 h 作業，再加上後段人工綁成整把 12 人工時之作業成本計算，則每 0.1 ha 機械收穫總成本約 4,000 元；機械收穫相較人工收穫 0.1 ha 約可以節省 65% 成本。

#### 五、機械特性及收穫方式分析討論

##### (一) 以機械進行小葉菜散裝收穫之效益

實地收穫測試，顯示本研究所研發之電動葉菜散裝收穫機可適用於團膳之散裝葉菜機械收穫，並具有機械化採收效益。

##### (二) 動力電力化特點

比較汽油式及電動式採收機之收穫效率上並無太大的差異，而兩者最大的不同在於採用汽油引擎時，廢氣在設施內不易快速排放，對操作人員的健康會構成威脅，同時廢氣易漂散在葉菜葉面上形成食安問題。

##### (三) 與日本製葉菜採收機比較

本研究團隊在 2017 年初曾於桃園市新屋區農友栽培溫室內測試引進之日本製葉菜類採收機，該機採用汽油引擎為動力，以往復式鋸片組在葉菜生長貼近土壤處直接以利刃割葉菜莖部後，再以人力收取葉菜之設計方式收穫機，經實地操作，該機操作不易，且採收後之葉菜沾土，並使用汽油引擎，引進價約新臺幣 35

萬元，從性價比分析，本研究機器較進口機器有較優之性價比。

#### (四) 本機構造上之創新設計

本機採用柔軟膠布為夾持幼嫩葉菜之輸送結構，跳脫傳統上採用鐵製鏈條做為輸送機構上的設計，獲得我國發明專利（發明專利第 I646887 號）。葉菜割取後經由柔軟膠布夾持機構夾持後直接送入塑膠收集籃，達到「蔬菜不落地」的採收要求，並節省蔬菜採收後的清洗用水支出。

#### (五) 配合機械調整栽培及收穫方式

為減低機械收穫時葉菜損傷率，栽培及收穫操作方法必需配合機械調整。使用本機採收前需在收穫行之最左側 20 cm 寬度先以人工方式採收，或在收穫行中間以人工採收 1 行 20 cm 寬，亦可在播種栽培時左側或中間留 1 行不種植，如此可避免機械前端往復式割刀部電動馬達壓傷菜葉造成損失，收穫後的地面可看出葉菜殘留莖有一致向前方傾倒的趨勢（圖 6）。

#### (六) 機械收穫產能與省工分析

經實地測試機械採收，莧菜及薤菜平均收割長度提高為 54 及 45 cm，相對人工採收可增加收割量 10.1%，並降低作物損耗率至 4.9%。以慣行人力散裝採收作業 27 人工時/每分地為基準，本機機構改進後之收穫效率達 9 人工時/分地，使用本機收穫相較人工收穫節省約 66.6 % 的人力。



圖 3. 量測收穫測試行長度

Fig. 3. Measuring the length of the harvest test line.

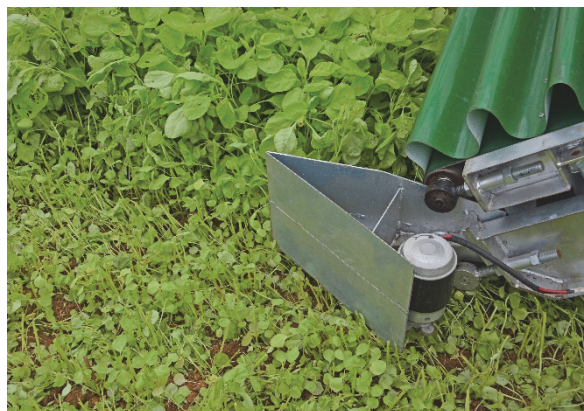


圖 4. 收穫機收穫莧菜

Fig. 4. The harvester is harvesting amaranth.



圖 5. 完成收穫莧菜外表不損傷

Fig. 5. The appearance of the harvested amaranth shows no damage.



圖 6. 完成收穫之地面殘留莖情況

Fig. 6. The residual stem after harvesting by machine on the ground.

## 結 論

本研發係一種以電力為主要動力之電動葉菜散裝收穫機。該機包括機體主結構、採收部、電力組合系統、行走控制系統、履帶底盤、電動馬達及夾持輸送等機構，其中車體係採用履帶式搬運車之母機為主體。本機夾持輸送機構採用柔軟膠布組成，相對於傳統採收機採用鐵製鏈條作為輸送機構，本機之膠布輸送機構較不會在輸送過程中對葉菜造成損傷，為葉菜採收輸送機構設計上之重要突破。本機採收割寬 1 m，機械行走作業速度每分鐘 4.5 m。目前臺灣地區設施面積成長甚快，已接近 10,000 ha，在人力老化及年輕人不願投入高溫的設施內工作之情況下，電動葉菜類收穫機在未來的葉菜收穫產業將扮演重要角色。本場已完成本項商品非專屬技術移轉予泰利機械有限公司生產銷售（邱，2019）。

## 參考文獻

- 王明茂、顏克安、賴鑫騰。2004。高改型小葉菜類收割機性能介紹。高雄區農業專訊 48:22-23。
- 邱銀珍。2019。電動葉菜散裝收穫機。桃園區農業專訊 109:21。
- 許耀生、張森富。1988。甘藍收穫性能之田間試驗。台北：國立台灣大學農學院研究報告 28(2):10-18。
- 馮丁樹。2003。生物產業機械。擷取自：<<http://nova.bime.ntu.edu.tw/~dsfon/biomachine/biomachinery.htm>>，擷取日期：2019 年 1 月 31 日。
- 關昌揚。1982。科學圖書大庫：農業機械操作叢書(一)至(三)。徐氏基金會。臺北。
- 關昌揚。1997。農業機械學。徐氏基金會。臺北。
- Goering, C.E. and A.C. Hansen. 2004. Engine and Tractor Power, 4th ed. ASAE, USA.
- Srivastava, A.K., C.E. Goering, R.P. Rohrbach, and D.R. Buckmaster. 2006. Engineering Principles of Agricultural Machines. ASABE, USA.

# **The Development of Electric Leafy Vegetable Bulk Harvester<sup>1</sup>**

Yn-Jen Chiou<sup>2</sup> and Poshen Huang<sup>2</sup>

## **Abstract**

This study developed an electric leafy vegetable bulk harvester with electricity as the main power. The machine includes a main body structure, a harvesting mechanism, a power combination system, a walking control system, a crawler chassis, an electric motor, and a conveying and clamping mechanism. The machine use crawler truck as main body. The crawler track of the machine has 57 cm outer width. The machine uses an electric motor which rated output is 750 W and 1.2 kW maximum output. The machine uses two 24 V 85 Ah lithium iron phosphate batteries. The width of the cutter is 1 meter, and the traveling gearbox has gear position of 3 forward and 1 backward which can be selected. The walking speed of this machine is 4.5 meters per minute.

Key words: Vegetable, Harvester, Electric type, Facility

---

<sup>1</sup>. Contribution No.522 from Taoyuan DARES, COA.

<sup>2</sup>. Associate Researcher (Corresponding author,yjchiou@tydais.gov.tw), Assistant Researcher and respectively, Taoyuan DARES,COA.