

# 電動散裝葉菜收穫機於蟛蜞菊莖葉收穫之性能表現與碳排分析

周浩源、黃惟揚、吳有恒、李汪盛

農業部桃園區農業改良場

## 摘要

蔬菜類園藝作物多樣化，採收作業多以人工為主，然而隨著農村人口的流失與老化，農業勞動力逐漸不足，機械化收穫成為補足勞動力缺口的方式，因園藝作物易損傷需專門設計機械夾持及輸送方式。機械化散裝收穫具快速、機械結構簡單、成本較低、能耗較低等優勢，較低能耗對電動化採收機械有助於續航並減少溫室氣體排放。蟛蜞菊常作為地被植物及藥用植物，莖葉多為大量採收後加工使用，適合散裝收穫。本研究以桃園區農改場研發之電動散裝葉菜收穫機進行蟛蜞菊大量收穫試驗，比較人工與機械收穫之能源消耗與碳排放差異及收穫效率，結果顯示使用電動散裝葉菜收穫機收穫蟛蜞菊莖葉較人工方式收穫減少二氧化碳排放量 1.7–3.8 kgCO<sub>2</sub>e/h，相當於減少二氧化碳排放量約 27–45%/h，機械採收蟛蜞菊莖葉採收效率增加 189–351 kg/h。

關鍵詞：葉菜收穫、電動農機、碳排放

## 緒論

蔬菜類園藝作物多樣化，採收作業費時費工，且因程序複雜多以人工作業為主(Kapach et al., 2012)。然而，隨著農村人口減少與高齡化現象加劇，農業勞動力逐漸短缺，機械化收穫已成為補足勞力缺口的重要途徑。蔬菜類因生長型態及採收需求差異，需研發專門對應市場需求之機械化採收設備，以確保產品符合消費者標準。同時，由於蔬菜葉片易受損(Van et al., 2015)，機械化採收時須特別設計適當之夾持與輸送結構，以降低損傷率。使用機械採收方式中，散裝收穫具備作業速度快之優勢，且相較於整序收穫方式，更易透過低複雜度機械結構實現。此特性有助於降低收穫機械之製造成本及後續維護保養需求。此外，低複雜度設計亦代表較低之能源消耗，對於電動化採收機械有助於續航力提升，並減少溫室氣體排放。

蟛蜞菊因花色鮮黃、開花期長，常作為地被植物應用於公園、花園及社區綠地(張等人, 2010)。此外，蟛蜞菊亦為傳統醫學常用植物，在南美洲、中國、日本及印度等地，新鮮莖葉煮沸後可用於沐浴，以緩解背痛、肌肉痙攣、風濕或腫脹(Balekar et al., 2014)。由於蟛蜞菊莖葉多為大量採收後進行加工，故適合採用散裝方式進行機械化收穫。

本研究採用桃園區農業改良場研發之電動散裝葉菜收穫機，進行蟛蜞菊大量散裝收穫試驗，並探討收穫過程中之能源消耗，評估若以人工方式採收所可能產生之二氧化碳排放，並比較機械化與人工收穫之作業效率。

## 材料與方法

### 一、電動散裝葉菜收穫機

本研究採用桃園區農業改良場研發之電動散裝葉菜收穫機作為試驗機具。該機以履帶式搬運車為基礎機體結構及行走動力來源，履帶外寬為 57 cm，動力系統採用直流有刷電動馬達，額定輸出功率 750 W，最大輸出可達 1.2 kW。電池採用 12 V 磷酸鐵鋰電池，容量 85 Ah，以兩顆串聯使用。收穫機構設計採剪切刀割取方式，割幅為 1 m，適用於大面積葉菜類之採收作業。割取高度可由油壓系統進行調整，常見作物之設定高度為 8-12 cm。夾持輸送機構採用具皺褶之柔軟膠布，旨在降低傳統鐵鏈條輸送結構對葉菜葉片可能造成之損傷。本次實驗之採收作業速度設定為 0.15 m/s。



圖 1、電動散裝葉菜收穫機

### 二、實驗環境與條件

本研究採收作物為蟛蜞菊(*Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski)，田區採用野放式管理地勢呈部分凹凸，無做畦及整地，蟛蜞菊屬一年生草本植物，植株矮小，莖細長，匍匐於地表生長，各節處可生不定根，但匍匐莖不向上攀爬，全株披毛，分枝性強(張等人, 2010)。為評估機體之行走性能，於水泥鋪面、柏油鋪面及泥土地面進行試驗。



圖 2、田區採收前樣態

### 三、測量指標

1. 電動散裝葉菜收穫機能源消耗量，記錄實驗期間電池放電的總電量(kWh)。
2. 電動散裝葉菜收穫機碳排放量，碳排放量以電力消耗量與地區電力碳排放係數計算，電力碳排放係數參考 CO<sub>2</sub> 產品碳足跡資訊網(2021 年電力之碳足跡 0.606 kgCO<sub>2</sub>e/ kWh)。

### 四、收穫試驗

電動散裝葉菜收穫機紀錄電池充飽之電量，進行收穫試驗，採收高度設定在離地 10 cm，使用電力品質分析儀(HIOKI PQ3100)記錄作業時間、電量消耗、電池電壓及電流，電力品質分析儀設置於電動散裝葉菜收穫機如圖 3。

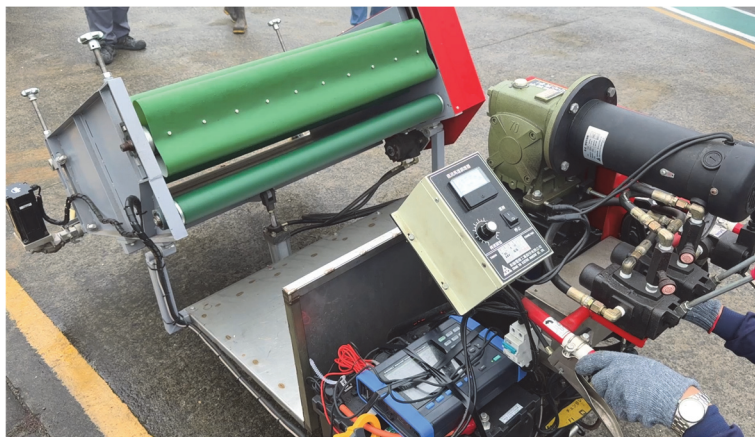


圖 3、電力品質分析儀配置於操作者前方進行記錄

## 結果與討論

### 一、 蟛蜞菊莖葉採收比較

本研究採用電動散裝葉菜收穫機進行蟛蜞菊採收，收穫作業示意如圖 4 所示。機具操作時，設定割取高度 10 cm 之蟛蜞菊莖葉，以剪切刀進行割取，並透過軟式夾持輸送機構，將作物輸送至機體後方之方形菜籃內收集。採收作業由 3 人分工進行，分別為 1 人負責操作收穫機、1 人負責更換收穫籃，及 1 人將已滿之收穫籃搬運至集運地點。試驗結果顯示，機械化採收之作業效率為每小時 488-650 kg，換算單人平均採收效率為每小時 163-217 kg。相較之下，若以全人工方式採收蟛蜞菊莖葉，則由 3 人編組進行時，單人每小時採收效率約為 100 kg，相關比較如表 1 所示。



圖 4、電動散裝葉菜收穫機收穫樣態

表 1、電動散裝葉菜收穫機收穫與人工方式收穫蟛蜞菊莖葉比較

採收情境	採收人力	採收量	單人採收效率
使用電動散裝葉菜收穫機收穫	3 人	488-650 kg/h	163-217 kg/h
人工方式收穫	3 人	299 kg/h	100 kg/h

### 二、採收過程能耗

試驗過程中電動散裝葉菜收穫機各項電能消耗如表 2 所示。電動散裝葉菜收穫機能量消耗主要與路面性質及作業模式有關。於水泥地移動之耗電量平均值為 1326 W，相較於田地中移動之耗電量平均值 885 W 高出 49.8%之耗電量，於水泥地移動之耗電量平均值甚至高於採收作業所需耗電量平均值 1248 W。水泥地移動之耗電量變動範圍 890-1730 W 也較田地中移動耗電量變動範圍 548-1350W 及採收作業之耗電量變動範圍 983-1520 W 大，採收作業每小

時碳排放量為 0.756 kgCO<sub>2</sub>e/h。由圖 5 電動散裝葉菜收穫機於水泥路面移動功率可見於水泥地移動時耗電量變動狀況，該變化推測與水泥路面性質相關。圖 6 比較電動散裝葉菜收穫機於水泥路面移動、採收作業及田地土壤路面移動功率，可看出電動散裝葉菜收穫機於田地土壤路面移動及採收作業時功率變化較水泥路面移動穩定。

表 2、電動散裝葉菜收穫機耗電調查

測試情境	耗電量平均值 (W) ± S.D.	碳排放量 (kgCO <sub>2</sub> e/h)	能源費率 (TWD/h)
輸送帶起動	825 ± 140	0.500	1.39
剪切刀及輸送帶起動	1,062 ± 12	0.644	1.78
水泥地移動	1,326 ± 210	0.804	2.23
土壤地移動	885 ± 136	0.536	1.49
採收作業	1,248 ± 122	0.756	2.10

<sup>1</sup> 電動散裝葉菜收穫機於移動時關閉剪切刀及輸送帶。

<sup>2</sup> 碳排放量(kgCO<sub>2</sub>e/h) = 耗電量平均值 W/1000 × 0.606 kgCO<sub>2</sub>e/ kWh (2021 年之電力碳足跡)

<sup>3</sup> 能源費率(TWD/h) = 耗電量平均值 W/1000 × 1.68 TWD /kWh (台電 113 年 10 月 16 日公告之電價)

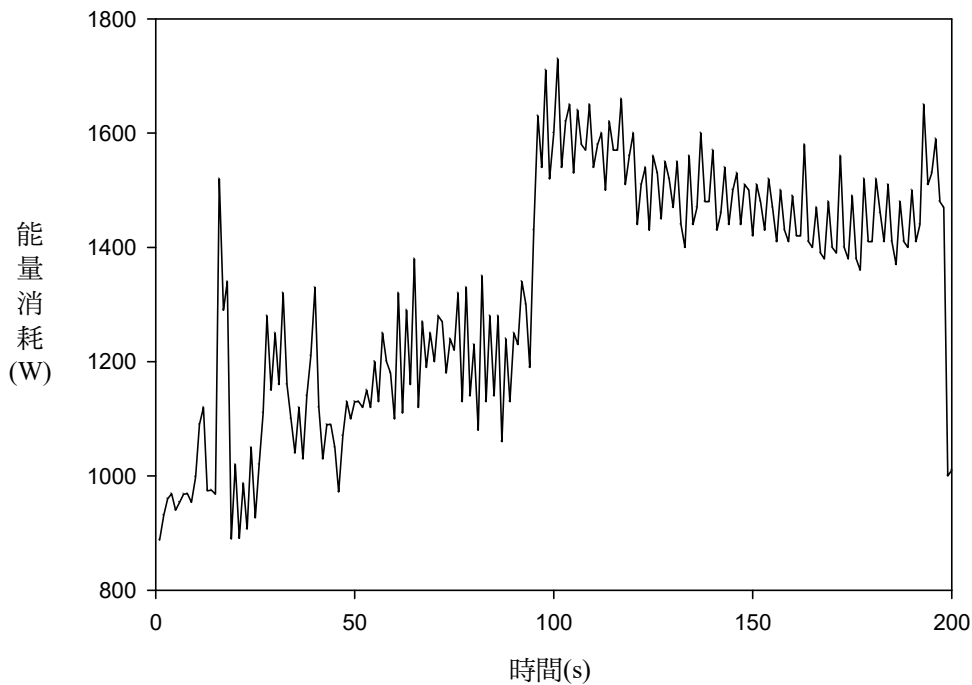


圖 5、電動散裝葉菜收穫機於水泥路面移動功率

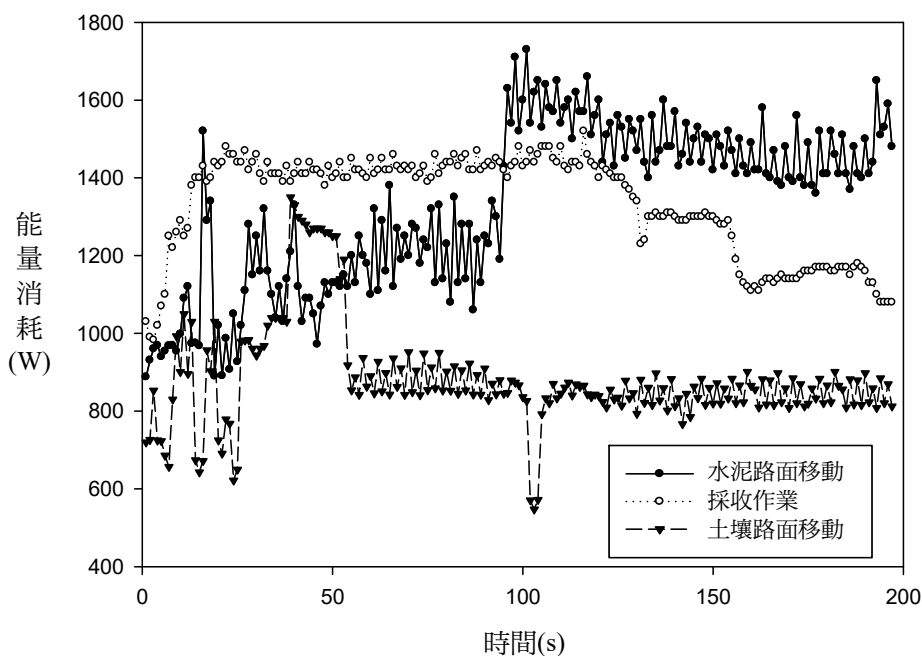


圖 6、電動散裝葉菜收穫機於水泥路面移動、採收作業及土壤路面移動功率比較

電動散裝葉菜收穫機在採收作業中雜物卡住剪切刀之能量消耗表現如圖 7，能量消耗平均值為 1359 W，卡住較嚴重之狀況下功率可達 1800 W 以上，瞬間電流量達 80 A 以上。

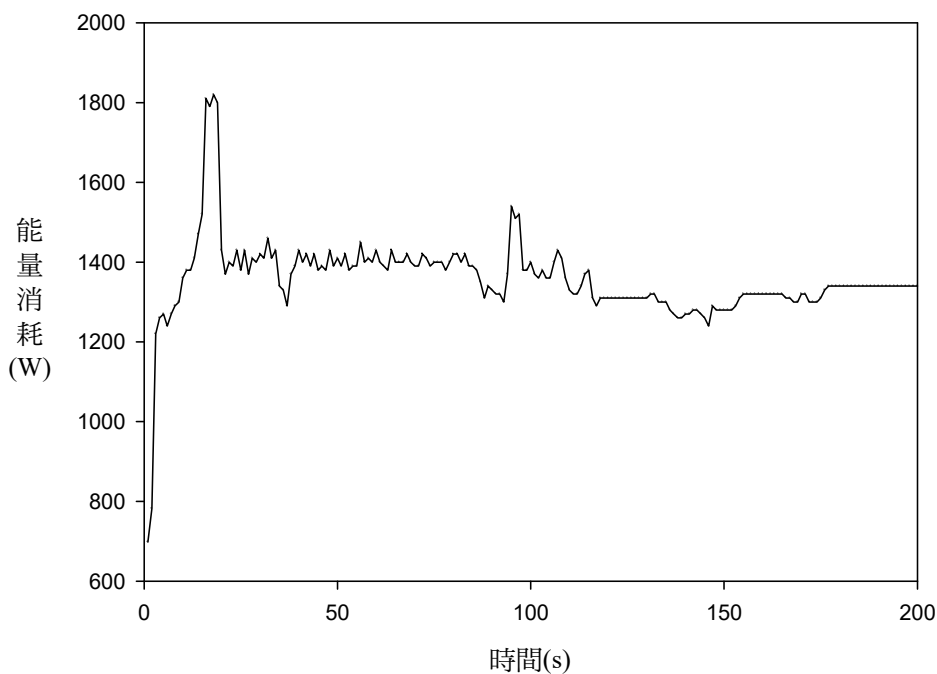


圖 7、電動散裝葉菜收穫機採收作業中雜物卡住剪切刀之能量消耗

根據 IEA (International Energy Agency)統計資料，2022 年臺灣人均二氧化碳排放量為 11.282 tCO<sub>2</sub>e，換算為每小時二氧化碳排放量約為 1.288 kgCO<sub>2</sub>e。若使用電動散裝葉菜收穫機收穫，以 3 人為單位每小時採收量 488-650 kg 計算，使用電動散裝葉菜收穫機收穫每小時二氧化碳排放量約為 4.62 kgCO<sub>2</sub>e，以每小時採收量 488-650 kg 之人工方式收穫約需 4.9-6.5 人，人工方式收穫每小時二氧化碳排放量約為 6.3-8.4 kgCO<sub>2</sub>e。換算使用電動散裝葉菜收穫機收穫蟛蜞菊莖葉較人工方式收穫減少每小時二氧化碳排放量 1.7-3.8 kgCO<sub>2</sub>e，減少每小時二氧化碳排放量約 27-45%。

表 3、比較電動散裝葉菜收穫機與人工收穫蟛蜞菊莖葉碳排放

採收情境	使用電動散裝葉菜收穫機收穫(A)	人工方式收穫(B)	差異((A)-(B))
採收效率(3 人)	488-650kg/h	299 kg/h	189-351kg/h
每小時碳排放量	4.62 kgCO <sub>2</sub> e /h	3.86 kgCO <sub>2</sub> e /h	0.756 kgCO <sub>2</sub> e /h
每收穫 100 kg 蟛蜞菊莖葉碳排放量	7.1-9.5 kgCO <sub>2</sub> e /h	12.9 kgCO <sub>2</sub> e /h	-3.4--5.8 kgCO <sub>2</sub> e /h

## 結 論

本研究分析電動散裝葉菜收穫機收穫蟛蜞菊莖葉性能及碳排放，結果顯示使用電動散裝葉菜收穫機收穫相較於以人工方式收穫蟛蜞菊莖葉，採收效率增加 189-351 kg/h，每收穫 100 kg 蟛蜞菊莖葉碳排放減少 3.4-5.8 kgCO<sub>2</sub>e /h，減碳率達 27-45%。使用電動散裝葉菜收穫機收穫，在收穫效率與減碳率上與人工收穫比較具明顯優勢。

## 參考文獻

1. 張汶肇、吳建銘、吳昭慧(2010)。果園草生栽培具發展潛力地被植物介紹。臺南區農業專訊，(74)，1-7。 <https://doi.org/10.29557/YYWYLL.201012.0001>
2. IEA – International Energy Agency, <https://www.iea.org/countries/chinese-taipei/emissions> (accessed on 8 Apr. 2025)
3. 台灣電力公司， <https://www.taipower.com.tw/?checkLang=N>
4. 碳足跡排放係數 - 環境部環境資料開放平臺。 [https://data.moenv.gov.tw/dataset/detail/CFP\\_P\\_02](https://data.moenv.gov.tw/dataset/detail/CFP_P_02)
5. Balekar, N., Nakpheng, T., & Srichana, T. (2014). *Wedelia trilobata* L.: A phytochemical and pharmacological review. *Chiang Mai Journal of Science*, 41(3), 590-605.

6. Kapach, K., Barnea, E., Mairon, R., Edan, Y., & Ben-Shahar, O. (2012). Computer vision for fruit harvesting robots—state of the art and challenges ahead. *International Journal of Computational Vision and Robotics*, 3(1-2), 4-34.
7. Van, N. N., & Yamane, S. (2015). Development of prototype harvester for head lettuce. *Engineering in agriculture, Environment and Food*, 8(1), 18-25.