

電動式及引擎式吹葉機作業碳排放比較

黃惟揚、周浩源、吳有恒、曾鉅翔、李汪盛

農業部桃園區農業改良場

摘要

本研究針對電動式與引擎式吹葉機進行碳排放分析，旨在比較不同動力來源之吹葉機在操作過程中的能源消耗與碳排放。以實地測試的方法分別測量兩種類型吹葉機的耗電量及耗油量。結果顯示，電動式吹葉機在作業過程無直接碳排放，其碳排放主要來自電力生產過程，故碳排放量因電力結構而異。相對而言，引擎式吹葉機操作燃燒燃油產生動力排放二氧化碳及其他溫室氣體，其排放量與引擎功率、燃油消耗量成正比。結果顯示，引擎式吹葉機的碳排放量約為電動式吹葉機的 8.3 倍，顯示出燃油機型對環境的影響更大。推廣使用電動式吹葉機並提高再生能源比例，可降低吹葉機操作的碳排放對環境的影響。此結果對於農業機械的低碳化及可持續發展具有重要參考價值。

關鍵詞：吹葉機、電動、引擎、碳排放

緒論

隨著全球氣候變遷議題的日益嚴峻，各行各業對於碳排放的管控需求日漸提升。園藝與綠地維護作業中，吹葉機因其高效的作業能力而被廣泛使用，然而，傳統引擎式吹葉機的使用伴隨著燃油消耗和大量溫室氣體排放的問題。根據相關研究，燃油動力設備作業直接釋放二氧化碳(CO₂)及其他污染物，如一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_x)，對環境及空氣品質產生負面影響。而隨著電動工具技術的快速發展，電動式吹葉機因其低碳排放、低噪音及高操作便利性逐漸成為市場新趨勢。

電動式吹葉機在操作過程中無直接碳排放，其環境影響主要來自發電過程中的碳排放。然而電力來源的結構差異，如火力發電與再生能源的比例，對電動工具的碳排放產生顯著影響。相比之下，引擎式吹葉機的碳排放量由燃油消耗量決定，並與機械效率及燃料類型密切相關。綜合比較兩種類型吹葉機在實際作業情境中的碳排放表現，對於推動園藝機械的低碳化及綠色轉型具有重要意義。

本研究旨在針對電動式與引擎式吹葉機進行碳排放特性之實證分析，通過實地測試分別量測耗油量及耗電量，量化不同作業條件下兩種吹葉機的碳排放。研究結果將為園藝機械設備的選擇及政策制定提供科學依據，並對於實現低碳環境管理目標具有重要參考價值。

材料與方法

一、研究對象

本研究選用市面上常見的兩種類型吹葉機進行比較：

(一) 電動式吹葉機

採用臻禾興業有限公司開發的電動式吹葉機(型號：EBC-BBL-236，如圖 1)，採用無刷馬達，廠商宣稱最高風量 $12 \text{ m}^3\text{min}^{-1}$ 。鋰電池作為主要動力來源，電池容量為 22 Ah，額定作業電壓 36V，充電電壓 42V，廠商宣稱可連續作業 100 至 140 分鐘。



圖 1、電動式吹葉機

(二) 引擎式吹葉機

採用 TOTAL 品牌的背負式引擎吹葉機(型號：TB552201，如圖 2)，二行程汽油引擎，排氣量為 52 cc，油箱 1 公升，額定功率為 1.4 kW，廠商宣稱平均風量為 $12 \text{ m}^3\text{min}^{-1}$ ，燃料為 25:1 的 95 無鉛汽油與二行程機油之混合油。兩種類型吹葉機的選擇以市場主流機型為主，並確保其適合相似的作業環境與用途。



圖 2、引擎式吹葉機

二、實驗環境與條件

(一) 地點

農業部桃園區農業改良場生物機電研究室後門進行連續吹葉試驗。

(二) 測試條件

相同的風量進行吹風測試，確保數據的可比性。

三、測量指標

(一) 碳排放量

1. 電動式吹葉機：

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 CO₂ 產品碳足跡資訊網(2021 年電力之碳足跡 0.606 kgCO₂e/度)計算。

2. 引擎式吹葉機：

碳排放量以實際燃油消耗量為基礎，並根據汽油燃燒的碳排放係數(2021 年車用汽油於移動源使用碳足跡 2.92 kgCO₂e/公升)計算。

(二) 能源消耗量

1. 電動式吹葉機：記錄實驗期間電池充電及放電的電量(度)。

2. 引擎式吹葉機：測量燃油使用量(公升)。

四、實驗步驟

(一) 電動式吹葉機測試

1. 紀錄電池充飽之電量，進行吹葉測試，風量設定在 8.3-9.5m³/min，電力品質分析儀(HIOKI PQ3100)記錄總作業時間、電量消耗、電池電壓、電流(如圖 3)。

2. 根據地區電力碳排放係數，計算碳排放量。

(二) 引擎式吹葉機測試

1. 使用量筒測量加油量，確保燃料之使用量。

2. 在相同場地進行吹葉測試(如圖 3)，風量設定在 8.3-9.5 m³min⁻¹，記錄總燃油消耗量、總作業時間計算碳排放量。

(三) 數據記錄與分析

1. 每種機型進行三次測試，取其平均值以減少誤差。

2. 將碳排放量、能耗、效率之數據進行分析與比較。



圖 3、引擎式(左)及電動式(右)吹葉機測試情形

結果與討論

本研究透過實地測試比較電動式吹葉機(表 1)與引擎式吹葉機(表 2)的碳排放量，結果顯示兩者在運行過程中的碳排放存在顯著差異。

表 1、電動式吹葉機耗電調查

測試編號	電池充電量(度)	電池放電量(度)	電池效率(%)	放電時間(分)	每小時碳排放(kgCO ₂ e/小時)
1.	1.07	0.86	80.08	155	0.252
2.	1.08	0.88	81.59	166	0.234
3.	1.06	0.88	83.15	153	0.252
平均值	1.07±0.01	0.87±0.01	81.60±1.54	158±7	0.246±0.01

註：每小時碳排放(kgCO₂e/時) = 電池充電量(度) × 0.606 (kgCO₂e/度，2021 年之電力碳足跡) ÷ 放電時間(時)

表 2、引擎式吹葉機耗油調查

測試編號	耗油量(公升)	時間(分)	每小時碳排放(kgCO ₂ e/小時)
1.	0.1	8.67	2.02
2.	0.1	8.01	2.16
3.	0.1	8.95	1.96
平均值	0.1	8.54±0.48	2.05±0.10

註：每小時碳排放(kgCO₂e/時) = 耗油量(公升) × 2.92 (kgCO₂e/公升，2021 年於移動源使用) ÷ 作業時間(時)

一、碳排放比較分析

(一) 電動式吹葉機

1. 其作業過程無直接碳排放，碳足跡來自電力生產。
2. 根據測試結果，電動式吹葉機平均每小時碳排量為 0.246 kgCO₂e，該數值與當地電網的能源結構直接相關。若再生能源占比提高，則碳排放量可進一步降低。

(二) 引擎式吹葉機

1. 由於燃燒汽油產生動力，其運行過程直接排放溫室氣體。
2. 測試結果顯示，引擎式吹葉機平均每小時碳排放量為 2.05 kgCO₂e，約為電動式吹葉機的 8.3 倍，證明燃油動力機具對環境的影響較大。

二、能源消耗及作業時間分析

(一) 電動式吹葉機

1. 平均耗電量為 1.073 度，作業時間平均為 158 分鐘(表 1)。
2. 電動式吹葉機作業過程(測試編號 1.)之電壓(圖 4)、電流(圖 5)、瓦數(圖 6)及耗電量(圖 7)。
3. 22Ah 電池充放電效率為 81.6%，若可提高電池放電效率，可降低電動農機作業能源耗損。

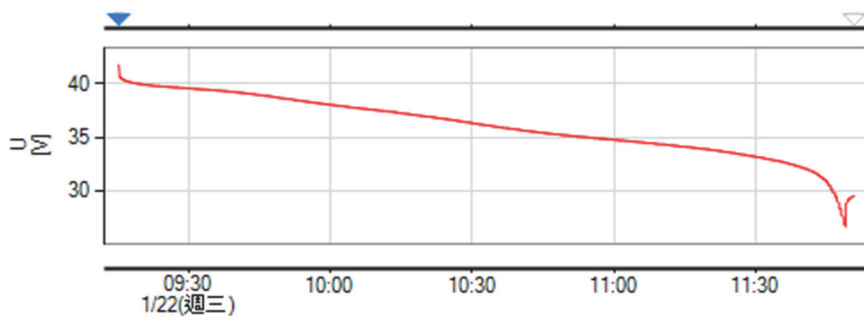


圖 4、電壓(初始：40.82V；結束：27.25V)

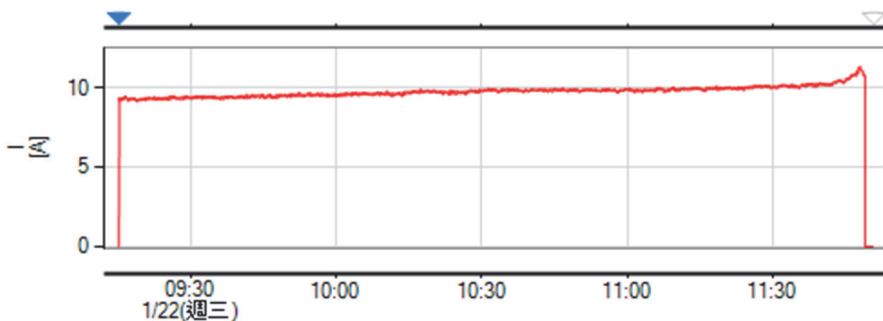


圖 5、電流(初始：9.29A；結束：10.93A)

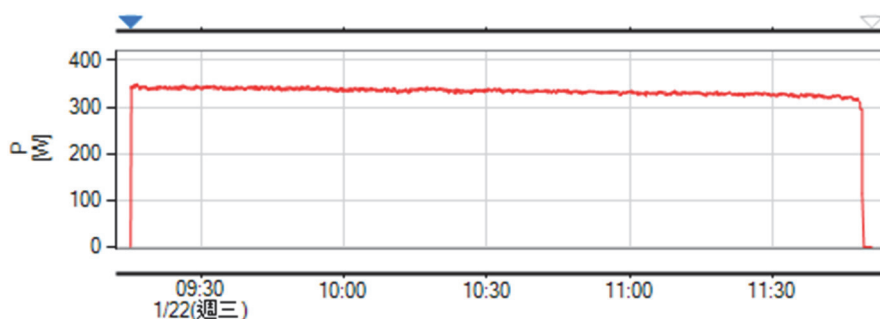


圖 6、功率(初始：345W；結束：316W)

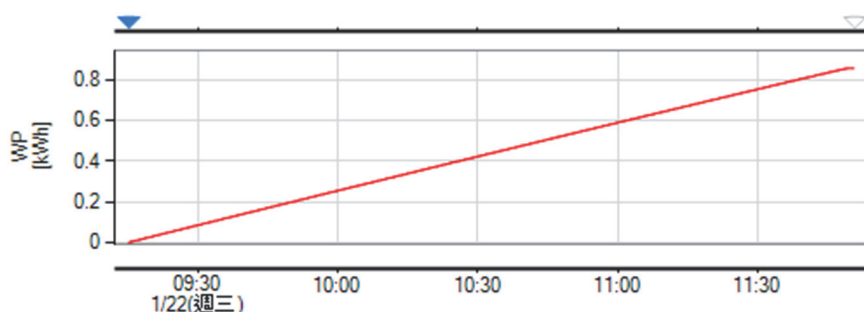


圖 7、耗電量(初始：0 度；結束：1.07 度)

(二) 引擎式吹葉機

每次測試耗油量為 0.1 公升，平均作業時間 8.543 分(表 2)。裝滿 1 公升燃油後，引擎式吹葉機的推估作業時間為 85.43 分鐘。

三、作業特性與使用體驗分析(表 3)

(一) 電動式吹葉機

1. 吹葉機重量 2.6 公斤，22 Ah 電池重量 5.9 公斤(含背帶)，合計 8.5 公斤，重量較重，對操作者作業負擔較大，使用者選擇較低電池容量以降低作業者的負擔。22 Ah 電池的作業時間平均 158 分鐘，作業過程不會排放廢氣，對操作者相當友善。
2. 電池充飽電需要 10-12 小時，與引擎式相比能源補充效率較差，若需連續作業 2 小時以上，則建議操作時多攜帶備用電池更換。
3. 適合短時間作業、操作簡單、安靜且重視環保的使用者。

(二) 引擎式吹葉機

1. 吹葉機重量 6.6 公斤(無燃油)，1 公升燃油 0.8 公斤，裝滿燃油 7.4 公斤，操作重量比電動式吹葉機輕，平均作業時間約 85 分鐘，操作過程釋放二氧化碳(CO₂)、一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_x)，對環境及操作者產生負面影響。

2. 調配添加引擎式吹葉機燃油作業時間約 5-10 分鐘，能源補充的所需時間遠比電池充電低。
3. 適合長時間、大面積、連續作業且吹葉機隨時可用不受充電影響的使用者。

表 3、電動式吹葉機與引擎式吹葉機使用優劣點比較表

項次	比較項目	電動式吹葉機	引擎式吹葉機
1.	啟動方式	一鍵啟動且操作簡單	拉繩啟動且較費力
2.	續航時間	依電池容量而定	油箱大小而定，燃油可快速補充燃油
3.	能源補充時間	電池充電時間長	快速補充燃油
4.	能源存放條件	台電電力系統或發電機充電	燃油存放具危險性
5.	維護需求	低，僅需定期充電與電池保養，唯電池壽命將盡需汰換	高，需更換火星塞、濾網、啟動繩等
6.	排放	無廢氣排放，環保	產生廢氣且污染空氣
7.	操作重量	較重	較輕
8.	耐用性	電池壽命有限	引擎耐用度高，可長期使用
9.	環境適應性	環境溫度過高及過低可能影響電池效能	不受溫度影響，適應性強
10.	持續使用時間	需等候充電，影響連續作業	只要有燃油即可隨時補充，可長時間運作
11.	適合使用者	一般家庭、環保意識強的使用者	專業園藝人員、大面積清潔需求者

結 論

本研究針對電動式與引擎式吹葉機的碳排放進行實證分析，透過實地測試比較兩種類型吹葉機在作業過程中的碳排放量與能源消耗，並評估其環境影響與作業效率。結果顯示，電動式吹葉機操作過程中無直接碳排放，其碳足跡來自於電力生產，因此碳排放量受當地電網能源結構影響。引擎式吹葉機則因燃燒汽油直接產生二氧化碳及其他污染物，其碳排放量顯著高於電動式吹葉機，約為後者的 8.3 倍，環境負荷方面電動式機型具有明顯優勢。

參考文獻

1. CO₂ 產品碳足跡資訊網，<https://cfp-calculate.tw/cfpc/WebPage/Index.aspx> (最後查閱日期：2025 年 2 月)。