

茶園多行式電動施肥機之設計與雛型開發

劉天麟¹、黃惟揚²、江致民¹

¹農業部茶及飲料作物改良場

²農業部桃園區農業改良場

摘要

面對農村人口老化與勞動力短缺，茶園施肥作業仍高度仰賴人工，導致效率低落與農民負擔沉重。本研究開發一款多行式電動施肥機，整合電動輪轂馬達、螺旋輸送管與鼓風撒布機構，可於單次行進中完成三行茶樹之同步施肥。實地測試顯示，該機型能有效縮短作業距離並減少人力需求，初步驗證其提升施肥效率與降低勞務強度之潛力。然而，測試亦發現機體重心偏高造成行走穩定性不足，且在狹窄茶行間易與枝條碰撞，顯示後續仍需在結構設計、重心配置與防碰撞機制上進行改良。整體而言，本研究所提出之電動施肥技術不僅展現出節能減碳效益，亦有助於解決茶園缺工問題，具推廣應用之發展潛力。

關鍵詞：茶園施肥、電動農機、勞動力短缺、機械化。

緒論

施肥作業為茶樹栽培管理中極為關鍵的環節，其施用頻率與均勻度影響茶樹的營養吸收效率與生長勢，進而決定茶菁產量與品質。然而臺灣茶園的施肥方式長期以來多仰賴人工操作，茶農必須背負肥料，反覆穿梭於茶樹行間進行撒施。此作業模式不僅勞力負擔沉重，且施肥均勻性難以掌握，影響作業效率與茶園管理成效。隨著農村人口持續老化與農業勞動力日益短缺，傳統人工施肥方式在現代茶產業中顯得愈加不敷使用。

為解決上述困境，部分農戶已嘗試引進自走式施肥機。然而現有機種多採用轉盤式撒布機構，一次僅能完成單行施肥，致使作業效率有限。以 1 公頃茶園為例，完成施肥往往需行走 5 至 6 公里，因而在小農為主的臺灣茶園推廣成效有限。此外，亦有研究針對深層施肥技術進行探索，如油壓推桿式鬆土施肥機或氣壓式鬆土施肥機，雖在果樹與特定環境下具有應用潛力，但結構複雜且成本偏高，難以在茶園普及^[1,2]。近年來無人機施肥技術亦逐漸受到關注，惟其操作成本與技術門檻偏高，適用範圍仍受限制。另有發展方向則著重於多功能機械整合，例如將施肥裝置結合乘坐式採茶機，以提升單機的多元應用效益^[3]。另外在電動農機的發展趨勢下，鼓風式電動施肥技術的應用逐漸成熟。臺中區農業改良場曾成功開發鼓風式電動施肥機，應用於果樹園與蔬菜畦園，透過氣流將顆粒肥料精準吹送至作物行間，有效解決傳統撒布易堵塞與施肥不均的問題^[4]，此成果提供了寶貴經驗，顯示電動化與鼓風技術具

備推廣至茶園之潛力。

基於上述背景，本研究著眼於茶園施肥作業的實際需求，嘗試開發一款能同時完成多行施肥的電動化機具。研究目標在於結合鼓風輸送與電動行走技術，實現一次跨越多行茶樹的施肥作業，以期有效降低勞動需求、提升作業效率，並契合未來農機電動化及節能減碳之政策方向。

材料與方法

本研究旨在研製一款可一次完成三行茶樹施肥之多行式電動施肥機，並針對動力來源與作業結構進行設計與測試。整體設計可分為行走機構、肥料儲放與輸送機構，以及肥料撒布機構三大部分(圖 1)，分述如下：

一、行走機構

行走部分採用 700 W 電動輪轂馬達驅動前輪，動力來源為 36 V、20 Ah 鋰鐵電池。前輪配備 16 吋人字胎與碟煞系統，以確保行進之牽引力與安全性。後方設置雙輪輔助結構，以提升整體行走穩定性。操作面板具備前進、後退與油門控制功能，便於人員操作。機體總寬度控制於 80 公分以內，以符合一般茶園行距(約 80 – 120 公分)，並降低與茶樹枝條干涉的可能性。

二、肥料儲放與輸送機構

肥料貯存槽設置於機體中央，容量約 80 公升，可容納約 2 – 3 包(20 公斤/包)粒狀有機質肥料。為使肥料能跨越茶行進行施用，需抬升至茶樹高度以上，因此配置長度 1.5 公尺之螺旋輸送管。輸送系統由 600 W、24 V 直流馬達驅動，電力來源為串聯之兩顆 12 V 鉛酸電池。螺旋輸送管可將貯存槽肥料提升至機體上方之暫存槽，供後續撒布機構使用。

三、肥料撒布機構

肥料暫存槽底部設有三個出料口，分別為中央一孔與左右兩孔，並設置手動閘門以調節開口大小。中央出口肥料依重力自然落下，施用於機具行走道。兩側出口肥料則落入鼓風管口，由鼓風機氣流吹送至相鄰兩行茶行間。鼓風管採多節快拆式設計，末端裝有直角彎管接頭，出口高度約離地 100 公分，以確保肥料能跨越茶樹並精準落地。風管長度可依茶行間距調整，具高度適應性。

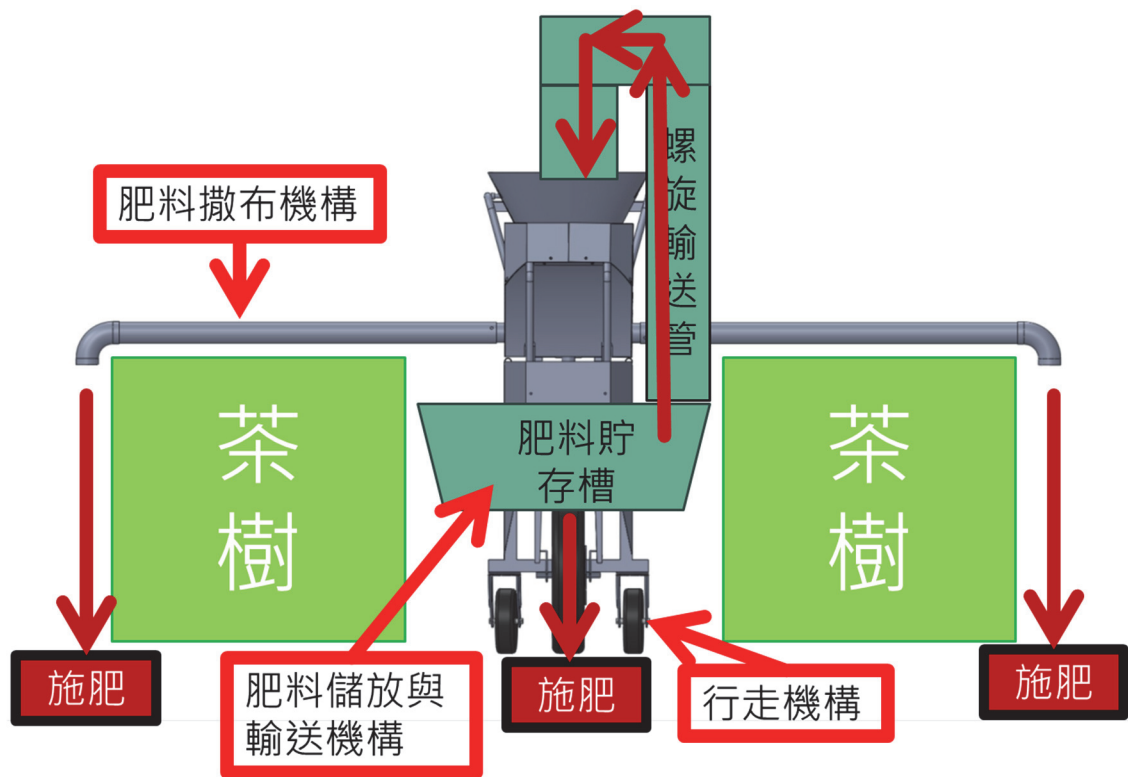


圖 1、茶園多行式電動施肥機設計概念圖

結果與討論

本研究所開發之多行式電動施肥機原型機(圖 2)，其設計核心在於提升茶園施肥效率並減輕人力依賴。機體中央設置容量約 80 公升之肥料貯存槽，可一次容納 2-3 包(20 公斤/包)有機質顆粒肥料，並透過長度 1.5 公尺之螺旋輸送管將肥料輸送至上方暫存槽。測試顯示，輸送效率穩定，約每分鐘 10 公斤，能確保施肥作業連續性。暫存槽底部設有三個可獨立控制之出料孔，結合手動閘門，可靈活選擇單行、雙行或三行施肥，並藉由調整開口大小精準控制施肥速率。中央出口依靠重力下落，而兩側出口則經由鼓風機吹送至相鄰行間，使肥料能跨越茶樹冠層並均勻落於茶行地表，展現多行同步作業之可行性。

田間實測結果(圖 3)證實，本機能有效完成一次三行施肥之目標。為避免肥料於出口處堆積阻塞，暫存槽出口皆設置撥棒裝置，能隨機具啟動而持續攪動，確保出料暢通。整體而言，本設計能顯著縮短茶園施肥作業所需行走距離，具備提升效率與降低勞力投入之潛力。



圖 2、茶園多行式電動施肥雜型機



圖 3、茶園實測情形

然而，測試過程亦揭示若干限制。首先，在初期操作時，若於螺旋輸送管靜止狀態下同時倒入大量肥料，曾導致輸送口阻塞並引發馬達過載及電線短路。經改良後，於輸送口增設手動套管開關，並調整操作流程，先開啟馬達後添加肥料，成功解決了此問題，顯示人機操作介面與安全設計仍需同步優化。其次，機體重量為 150 公斤，滿載肥料後超過 200 公斤。在乾硬地面尚可推動，但遇鬆軟或濕滑土壤時，常出現推動困難，顯示現行驅動馬力不足，未來需提升電動輪之功率或採用雙輪動力驅動設計，以提升地形適應性。另外，由於肥料貯存槽位置偏高，全機重心亦隨之上移，導致行進時容易晃動或側傾，降低操作穩定性與安全性。此問題可透過重新配置桶槽位置、減輕結構重量或調整底盤設計予以改善。此外，實測發現茶行間枝葉密集處，機具前輪偶有與茶樹枝條碰撞，可能對植株造成損傷。未來於前輪增設具導向或分枝功能之擋板裝置，以在推進過程中自動撥開枝條，降低對茶樹的物理損害並確保機具通行順暢。

綜合而言，本研究之多行式電動施肥機已初步展現茶園跨行施肥的可行性，並具備節省勞力與提升效率之優勢。但在行走動力、重心配置及植株防護等方面仍存不足，需透過結構優化與功能改良來進一步提升其田間適應性與實用性。待上述問題改善後，仍需進一步進行施肥效率、電力續航及綜合田間效益之評估，以確立其大規模推廣應用之可行性。

結 論

本研究成功開發茶園多行式電動施肥機之雛型機，藉由貯存槽、螺旋輸送系統、肥料暫存槽與鼓風撒布裝置的整合設計，初步驗證可同時完成三行茶樹施肥的可行性。田間實測結果顯示有效提升作業效率，茶園管理作業中的潛在應用價值與發展前景。然而實際操作暴露若干限制，包括行走動力不足，於鬆軟土壤條件下推動困難；機體重心偏高，造成行走穩定性不足；狹窄茶行內容易與茶樹枝條碰撞，進而導致植株損傷。本研究開發之電動施肥機不僅有助於減輕茶園施肥作業的人力需求與勞動負擔，亦具備節能減碳的優勢，符合農業永續發展的政策目標，可成為茶園機械化管理中一項具實用性與推廣潛力的新興技術方案。

參考文獻

1. 彭錦樵、樂家敏. 1986。自走式深層鬆土施肥 (藥) 機之田間試驗研究(1)。茶園之地下施肥試驗。農業工程學報. 32(1): 51-57。
2. 陳盈孔、陳玄. 1993。氣壓式鬆土施肥機應用於東部茶園深層鬆土及施肥之效果比較。臺灣茶業研究彙報 12: 83-93。
3. 黃惟揚、劉天麟、葉仲基。2019。施肥附掛機械開發與改良。農機與生機學術研討會。p.532-534。
4. 田雲生、張金元。2023。電動施肥機-果園應用與減碳成果。臺中區農業改良場。臺中區農情月刊 276:3。

