

小型電動除草機操作性能之研究

顏炳郎¹、劉宇哲²、徐上為²

¹國立台灣大學生物產業機電工程學系 副教授

²國立台灣大學生物產業機電工程研究所 研究生

摘要

對於傳統農業機械來說，使用的動力來源大多是以引擎來當作輸出動力。目前國內外現有小型農機大多使用二行程引擎，並藉由燃燒汽油與機油混合以提供引擎運轉之動力來源，然而在內燃機引擎運轉的過程中，雖然可獲得所需之動能，但仍有大量的熱能以及二氧化碳等溫室氣體產生，不僅能量無法有效的被轉換，所排放的溫室氣體也將會對環境造成危害。因此當務之急是把傳統農業機械產業根據不同的需求及規格全面電動化，如此便能降低影響對環境的危害。現有市面上農機，如割草機等大多仍是利用內燃機引擎來產生動力，內燃機引擎雖擁有高功率輸出之優點，但轉換效率極差，且其所排放出的廢氣也是高速運轉時的數倍。因此先針對割草機進行電動化，以高轉換效率之直流無刷馬達取代傳統低轉換率之內燃機引擎。再探討小型電動農機的設計，以直驅機構減少能源損耗，最適馬達選取，以及提昇轉速等控制策略，整合電池與能源使用達到最大續航力。最後進行模組化與成本性能的分析，並透過農民實地使用的意見進行修正，建立電動割草機的設計規格。

關鍵詞：電動農機、除草機、高效能。

一、前言

隨著地球暖化問題日益嚴重，因應氣候變遷之節能減碳，秉持「健康、效率、永續經營」的農業施政方針，以「低風險、低碳排、新商機」為願景，開創低耗能、低碳排的綠金新商機，發展節能、低碳排之電動農機是刻不容緩。而現有小型農業機械，如割草機等大多仍是利用內燃機引擎來產生動力。因此本研究針對電動割草機的設計進行探討，雖然電動除草機，但其續航力都嫌不足，大多是以小型耕作面積為主，工作時間大多是在30分鐘至四小時之間[1~2]。以德國BOCSH公司所生產之電動除草機ART26為例，工作時間只有約30分鐘，並沒有進行電源使用最佳化的管理，因此這類電動除草機的成本、重量與續航時間都無法達到最佳化。因此無論國外或國內廠商在做農業機械電動化時，均有幾項缺失：

1. 並沒有對輸出功率做最佳化設計
2. 沒考量到電池快用盡時的控制策略
3. 沒考慮到使用者安全
4. 只是單純將引擎換為電池
5. 沒有將其智慧化的功能

6. 除草不能隨著環境變化作適應性的調整及時變化

因此農業機械的電動化，需考慮下述關鍵：設計高效率的動力驅動機構，配合適當扭力轉速電動馬達，以控制電路或更高階的智能電路對馬達進行控制與專用之割草刀具。

二、材料與方法

本研究首先針對割草性能進行量測，將市售農業用硬管割草機(三菱TB43)進行修改，傳統除草機的動力傳動來源為二行程引擎，將引擎動力源改為350W直流無刷馬達(碩陽電機，型號: BL90_M)，保留傳達動力的聯結機構，改裝後電動除草機實體機構如圖1所示。

透過電動化後進行割草的操作條件量測，藉以獲得進行割草相關動力參數，並比較引擎動力與電動馬達在執行割草的特性表現。

第二階段本研究針對電動割草機的最佳能源使用，提出有別於傳統割草機的動力傳動設計，引入高能源效率使用與最適操作條件等原則，如圖2為更新設計後的電動除草機主體機構，使用直驅式的設計減少能源在傳遞時因機構摩擦的損耗，並同時降低除草機總體重量，提供更佳的使用經驗。馬達選擇具壽命長、電氣雜訊少且可適應在較高溫環境下的直流無刷馬達(圖3-5)。並且導入模組化設計概念，分為直驅機構模組、割草盤模組、電控模組等，可方便日後需求進行維護更新。



圖1 改裝後小型電動割草機



圖2 電動除草機整體架構



圖3 直驅機構模組



圖4 割草機構模組

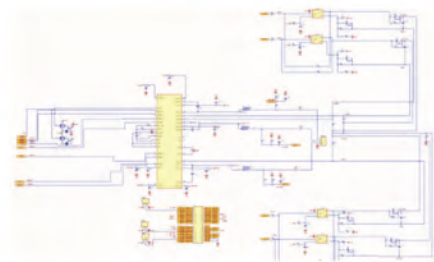


圖5 馬達驅動電路模組

三、結果與討論

除草性能研究顯示，以小型除草機進行除草，愈高轉速所需的扭力愈小，而馬達的扭力與轉速特性正好符合此除草特性之轉速扭力特性的需求，然需克服風阻與反電動勢，因此除草刀具設計相形之下非常重要，反觀以引擎為動力在主要運行區段，提供了隨轉速提升有平緩上升的輸出扭力，因此隨著轉速提昇，輸出扭力可隨著提高，從能源效率的角度而言，此扭力過規格的現象，讓能源使用則愈形浪費。

因此透過上述分析後選擇合適的馬達，並設定最佳操作點進行割草，能源效率獲得顯著提升，而續航力也因此達到設定的目標。結果如表1與表2所示。

在改良式電動除草機測試結果中，空轉情況下，其高、低轉速的平均消耗電壓電流值均相當小，顯示直驅式的設計有效地降低動力傳遞的損失(如表 1)。而續航力的計算方式，是利用電池容量除上整理系統平均消耗的電流來進行換算，以下實驗結果將以此來換算。表 2 為在定面積(150*150cm)測試的結果，於草枝與草地兩種工作環境各作高、低轉速測試，平均消耗功率及平均消耗電流方面，草枝與草地的低轉速所消耗能皆大於高轉速(低轉速約 46~49W/2.5~2.6A，高轉速約 37~39W/1.2~2.2A)，可見適當的割草操作點，將影響能源的使用效率；亦可由測試數據觀察出，切割的草種類也影響其效能，較具硬度的草枝切割效果優於草地，因為草地的葉子較具韌性，切割時容易纏繞於刀片上，因此相較之下，割除草枝的效果較佳，由此亦顯示深入割草過程中割草刀具與對象之間的交互作用，對進行割草效率有顯著影響，透過切割動力學的分析與最佳刀具的設計，可發揮電動割草機最大的優勢。綜其以上結果，利用在相同面積下所消耗時間，換算續航力，可得出優於市售機種的續航力，約有 4~8 小時的續航力。由圖、圖可看出除草前後比較。

表1 空轉結果

轉速	低轉速	高轉速
平均消耗電壓(V)	2.3	3.0
平均消耗電流(A)	0.15	0.25

表2 固定面積下測試結果

割草面積 種類	150*150 cm			
	草枝		草地	
	低轉速	高轉速	低轉速	高轉速
轉速				
平均消耗功率(W)	46.4	37.2	49.4	39.6
平均消耗電流(A)	2.5	1.2	2.67	2.2
換算續航力(hr)	4	8	3.7	4.5

四、結論

本計畫在電動除草機部分，依照除草特性選取最適合馬達，進行高轉速馬達控制，以及改良為直驅式除草機構等策略，成功地大幅提升連續操作的續航力至4 小時以上，此續航力遠大於在市面上相同電池容量下之電動除草機的續航力，此成果提供了一項農機電動化的重要突破。整體而言，在逐步克服重量與續航力，加上電動農機本身之低噪音、無廢氣，低能源成本的誘因下，透過製作成本分析並與市場同類型的產品相比較，本研究結果具有性能與成本的優勢，未來若有廠商投入相關產品開發，將可轉移相關技術發揮實質的產業價值。

五、參考文獻

1. 秦貴、張艷紅。2010。蔬菜設施小型除草機的研製。中國蔬菜21。
2. Ahmad, M. T., L. Tang and B. L. Steward. 2013. Automated Mechanical Weeding. Automation: The Future of Weed Control in Cropping Systems. 125–137.

A Performance Study on Electric Weeding Machine

Ping-Lang Yen¹, Wei-Tzer Liu², and Hsiang-Wei Hsu²

¹ Associate Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University

² Master, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University

Abstract

In response to the growing problem of global warming and climate change, energy conservation and carbon reduction have become an inevitable issue. To uphold the "health, efficiency, sustainable" agricultural policy objectives and to open a vision of "low risk, low carbon, new business opportunities", development of energy efficiency and low emission of power is imperative for agricultural machinery. The project is focused on the modular design of direct driving mechanism, and high performance embedded microcontroller for motor driver etc. Evaluations are also performed in real field by farmers, modifications based on the feedback reviews and overall cost analysis are also carried out for applications in industry.

Keywords: Electrical Agricultural Machinery, Weeding Machine, High Efficiency.