

# 大顆粒緩釋肥料電動施用機具之研發

黃國祥、陳俊仁、徐武煥

農業部農業試驗所

## 摘要

本研究開發電動施肥機具，應用於大顆粒緩釋肥料施用。重要工作包含電動施肥機具整體動力與傳動系統配置設計、大顆粒施肥之電動配出機構設計製作以及田間精準施肥主控器研製等。開發之機具機架符合曳引機三點連接規格，可由 45 hp 以上曳引機承載，機具包含一組中央主肥料箱(50 公升)與左右各一組側邊肥料箱(各 25 公升)，材質為不鏽鋼，整體容量達 100 公升，配肥裝置共計四組圓盤夾式結構，中央主肥料箱含二組，左右側箱各一組，並具備間歇開合式供料控制機構。在單粒化取肥成功率達到 85%以上，適合作為大面積農田施肥之應用工具。且將機械與電控系統整合，電動機轉速範圍 8.7~69.5 rpm，使具備較大的作業速度調整範圍可調整施肥間距。

關鍵詞：電動施肥機具、緩釋肥料、精準施肥

## 緒論

控釋型肥料(controlled release fertilizer)的應用逐漸普及，此類肥料可一次性施用，並依釋放機制逐步滿足作物不同生育期的養分需求，因而有效降低施肥次數、減輕勞力並提升肥料利用率，同時減少氮素流失對環境的衝擊。其中，大顆粒尿素為常見之控釋肥料，但目前尚無適合其施用之專用機具。

傳統施肥機多以引擎作為動力來源，存在能源效率不佳、排放廢氣污染，以及施肥量控制精準度不足等問題。國內曾有水稻變率深層施肥機之研究，利用水稻插秧機做變率施肥之主體，同時採用深層施肥之方式(謝禮承、欒家敏、謝廣文、黃禮棟，2003)。其肥料配出結構係使用螺旋式配出，施肥量可控制，但此種形式不適合大顆肥料單粒化配出。另有有機質肥料施用之研發係於肥料箱底側裝置有機質肥料輸出閘門，經由螺桿調整閘門開口大小，以控制有機質肥料排出量之方式(邱銀珍、吳有恒，2013)，此方式不適合於大顆粒肥料之配出。近年來小型電動施肥機已有廠商與改良場發展，大多採用步行操作模式，以現有田間步行操作搬運機為基礎加上施肥桶攪拌馬達採重力墜落式配出肥料直接撒施(田雲生、張金元，2017)，或搭配鼓風機將肥料進行較廣面調施。以上 2 大模式皆不含覆土或深入土壤施肥之功能。綜合而言，現有機械尚不適於大顆粒尿素(外徑 2-4 公分)施用。且國內機具或許可用於中小型粒徑，但仍有肥料堵塞問題。

馬達直驅型施肥機(具)，其變動施肥機構比油壓控制機型結構簡單，成本較低，適用中小型變數(率)施肥播種機和施肥機(施等人，2015)，故本研究結合機具硬體以及電動系統的開發，再整合成田間機具電動化施肥機具。本研究旨在開發適用於大顆粒控釋肥料之電動施肥機具，結合馬達直驅機構與電動化控制系統，以建立能穩定配出且具精準控制能力的施肥機雛型機。研究成果不僅可望降低農業勞動負擔、提升肥料使用效率，亦將促進施肥作業之環保與精準化，對推動智慧農業與永續發展具有重要意義。

## 材料與方法

### 一、施肥機部分

本研究以曳引機附掛式大顆粒肥料施肥機為主要研究對象，採電腦輔助設計繪製整體結構與零組件。施肥機結構包含橫樑架構、施肥桶、肥料配出盤、開溝器等主要部分並搭配動力傳動系統。

### 二、電動機機部分

採用 24V-350W 直流電動機，額定轉速 4,700 rpm，並以 43:1 減速比提升扭力，驅動施肥配出軸。動力來源為兩顆鉛酸蓄電池串聯形成 24V 電源，並透過鏈輪進行傳動。

### 三、電機控制器部分

包含整體電源開關、電動機轉速調整(以可變電阻控器)、施肥軸傳動正逆轉功能、充電插座、LED 電量顯示(顯示電池殘餘容量)，並安裝施肥軸轉速顯示器。

## 結果與討論

### 一、機具結構與組裝

- (一) 本研究依電腦輔助設計主要部分(圖 1)，並搭配肥料配出盤與肥料桶底部搖動板動力傳動系統(圖 2)，設計之搖動板動力次數為肥料配出盤轉速的 3 倍，以防範肥料箱底部架橋現象，並補充肥料粒於配出盤作動空間。
- (二) 完成零件製作，並組裝成田間大顆粒緩釋肥料施用機具，機架符合曳引機三點連接規格，可由 45 hp 以上曳引機承載。
- (三) 機具包含一組中央主肥料箱(50 公升)與左右各一組側邊肥料箱(各 25 公升)，材質為不鏽鋼，整體容量達 100 公升。
- (四) 配肥裝置共計四組圓盤夾式結構，中央主肥料箱含二組，左右側箱各一組，並具備間歇開合式供料控制機構。

- (五) 機具附帶可調式開溝器與肥料導管，位置可左右調整，以提升作業適應性。
- (六) 組裝完成之機械部分先繫結於曳引機進行田間行走測試(圖 3)。

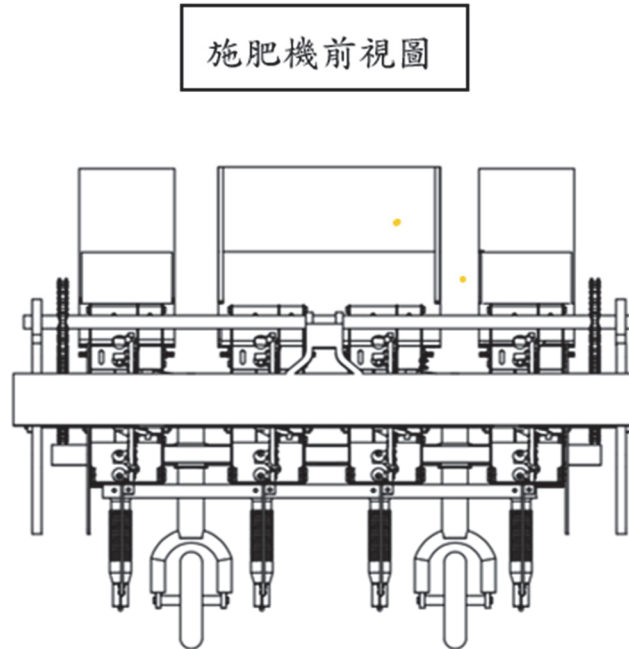


圖 1、大顆粒肥料施肥機具設備前視圖

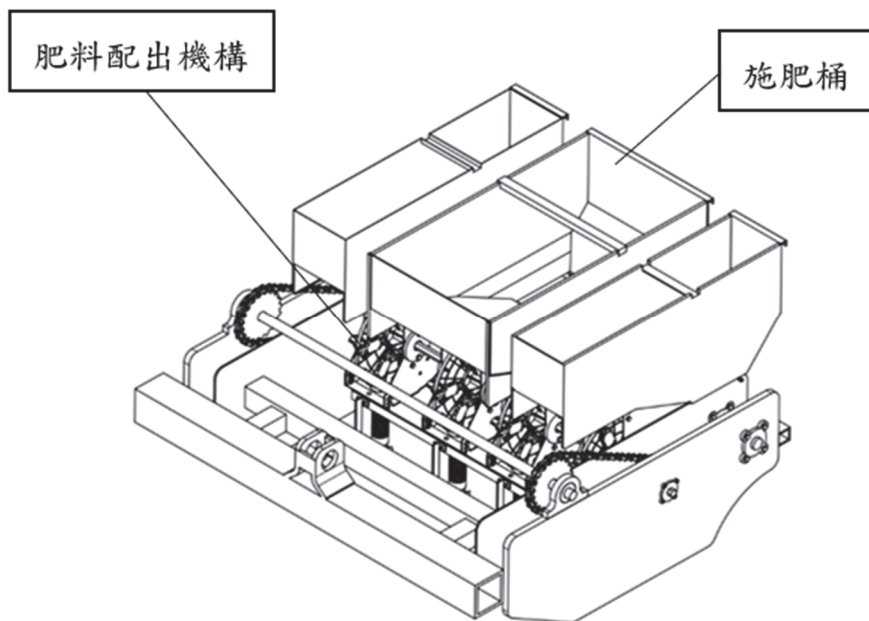


圖 2、設計大顆粒肥料施肥機具動力傳動系統



圖 3、施肥機具繫結於曳引機進行田間行走測試

## 二、電機電控功能測試

施肥主控器設計係整合電源開關、電動機轉速調節、前進後退控制及電池電量顯示功能，並具備充電插座。為提升操作便利性，控制介面設置於曳引機駕駛室內，便於駕駛者即時調整施肥作業。

經測試，電動機轉速範圍 8.7~69.5 rpm，供電電壓範圍 30-69.5 V，轉速與電壓呈線性關係，亦即在此電壓範圍施肥軸轉速與電壓成正比，且可於電動機低速 8.7 rpm 情況下即可帶動施肥軸，具備較大的作業速度調整範圍可調整施肥間距。

施肥間距與施肥載具速度及施肥軸之關係計算式如下：

$$d = \frac{60V \cdot e}{N \cdot u} = \frac{60V}{N_1 \cdot u}$$

式中 d：施肥間距(m)

V：施肥載具行進速度(m/s)

e：肥料軸減速比(電動機軸轉速/肥料軸轉速)

N：電動機軸轉速(rpm)

u：施肥盤每轉配出肥料點數

N<sub>1</sub>：肥料軸轉速(rpm)

目前減速比為 1，若以車速 0.8 m/s 作業時，施肥軸轉速 20 rpm，可實現施肥間距 40 cm 之需求。車速增倍，電動機轉速亦須增倍。若施肥間距需縮短，而不變更車行速度，則電動機轉速須加速，若超出電動機試用轉速範圍(8.7~69.5 rpm)則需改變機械元件(不同齒數鏈輪)以變化減速比。

### 三、機械與電控系統整合

將機具與控制系統整合安裝之示意圖如圖 4，電動機驅動位置在機體右方，控制器安置於中間，電瓶則安裝於左側以方便可拆卸抽換，目前測試結果，此馬達扭力足以驅動 4 個施肥配出單元，且於電控系統中加入施肥軸感測組件，可於操作面板顯示施肥軸轉速，以準確控制大顆粒肥料配出速率。

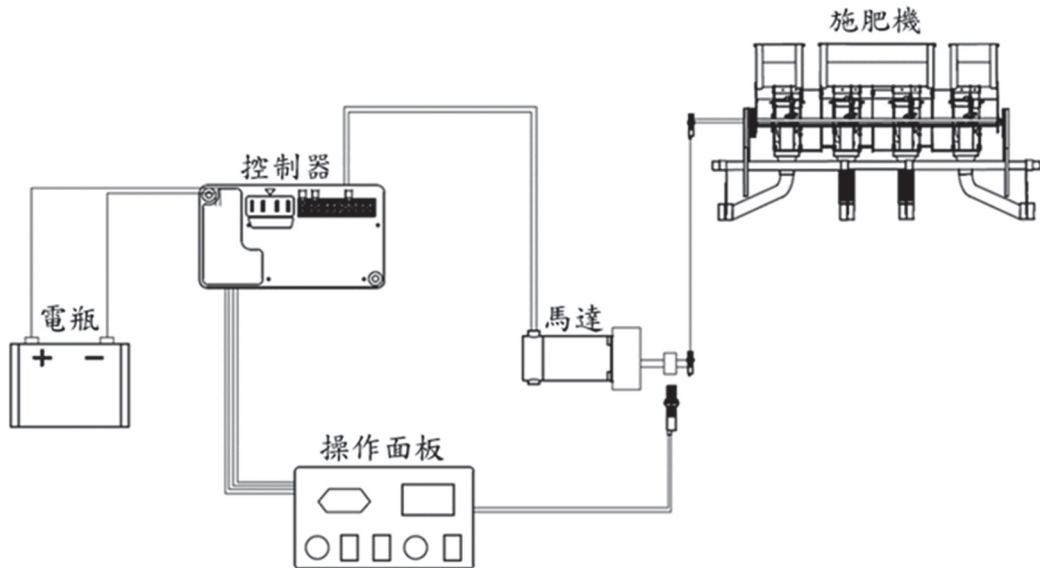


圖 4、機械與電控系統整合示意圖

### 四、機械與電控系統整合實際運行測試

將機具與控制系統整合安裝後，測試施肥盤取出大顆粒肥料性能，試驗方法係將肥料倒入施肥桶，4 組施肥盤同時運轉，觀測有無一次取出 2 顆現象，並試驗於肥料軸轉速 10 rpm、20 rpm、40 rpm 情況下各進行 100 次取肥動作後實際取出成功粒數，實驗結果如表 1 所列，單粒成功率將影響施有效肥點分佈，實驗顯示單粒成功率在 85% 以上，而且無重粒現象，分析其原因在於目前使用較小的肥料夾取杯，若要去保更高單粒成功率則可加大肥料夾取杯，使減少夾取後又彈開之現象。

表 1、不同肥料軸轉速之單粒化取肥成功率

施肥軸轉速 (rpm)	理論配出數	重粒數	實際配出數	單粒成功數	單粒成功率 (%)
10	400	0	362	362	90.5
20	400	0	355	355	88.8
40	400	0	342	342	85.5

## 五、減碳效益推估

本研究初步已達成農機具改變為電動驅動施肥功能，後續將大顆粒肥料點施施肥機具性能優化並完成整體性能測試，使定點(可控間距)施肥功能完善，且進一步發展精準型施肥控制器，將大顆粒緩釋肥料施用電動機具推廣運用，經由此種施肥模式減去早作追肥作業，以每年減少 30 公頃追肥作業面積計算，每年節省 2,307 公升柴油(依據中型曳引機每年 130 公頃耗用 10,000 公升計算)。換算每年減少 6 公噸二氧化碳排放。

## 結 論

本研究針對田間大顆粒緩釋肥料施用機具進行設計、組裝與實測，評估單粒化夾取性能。研究結果顯示，本研究開發之機具在單粒化取肥成功率達到 85%以上，適合作為大面積農田施肥之應用工具。且將機械與電控系統整合，電動機轉速範圍 8.7~69.5 rpm，使具備較大的作業速度調整範圍可調整施肥間距。

## 致 謝

本研究承蒙農業部計畫「電動農機具與農業設施(備)開發與效能優化」項下「田間大顆粒緩釋肥料施用電動機具之研發與應用 113 農科-12.2.2-桃-01(3)」經費支應，農業部農業試驗所長官及農業工程組同仁大力協助，謹致謝忱。

## 參考文獻

1. 謝禮丞、樂家敏、謝廣文、黃禮棟(2003)。水稻變率深層施肥機之研究。 p.232-237。
2. 邱銀珍、吳有恒(2013)。設施用曳引機承載式有機質肥料施肥器之研發。桃園區農業改良場研究彙報 74: 31-40。
3. 田雲生、張金元(2017)。手推式施肥機之研製。臺中區農業改良場研究彙報 134: 11-19 (2017)。
4. 施印炎、陳滿、汪小岳、孫國祥、狄嬌、於海明(2015)。稻麥精準追肥機執行機構的設計與試驗。華南農業大學學報 36(6):119-124。