

# 電動三輪自走式噴霧機 之研發應用

陳令錫

行政院農業委員會臺中區農業改良場

副研究員

chen52@tdais.gov.tw

## 摘 要

電動三輪自走式噴霧機為電動乘坐人力駕駛的噴霧機具，具有電動行走與噴霧功能，行走驅動能源為 2 顆電瓶，提供 DC 24V 電力給馬達，左右 2 支垂直噴桿各可噴出 2 維面狀移動噴霧空間，該機具操作簡單，保養容易，調配好的藥液或肥料灌入藥桶，即可深入溫室之作物行間執行噴霧作業，作業效率較人工快 3 倍。葉表面之霧粒覆蓋百分比平均 89% 以上，葉背的霧粒覆蓋百分比平均約 30~65%；葉面之標準差小於 17%，葉背之標準差 29~35%，顯示霧粒覆蓋百分比葉表面高於葉背，且霧粒覆蓋度變動程度葉面小於葉背。比較電動三輪自走式噴霧機與人工牽管 2 種方式之葉背霧粒覆蓋百分比，電動三輪自走式噴霧機約 65% 較人工牽管的 30% 為佳。電動三輪自走式噴霧機是國內累積多年開發經驗所研發之適於本土應用之省工農耕管理機具，免除牽管噴霧之辛勞，作業效率高，霧粒附著度高且均勻，讓農民成為現代化的田間管理者，臺中區農業改良場目前已經將該技術移轉授權給四維機械廠有限公司。

**關鍵詞：**省工，電動、三輪、自走、噴霧。

## 一、前言

農作物播種或移植後之農耕管理作業包括灌溉、施肥、噴藥、修剪、枝條固定、整枝和除側芽、採收、搬運等，在作物整個生長過程中，上述各種作業可能 2-3 次或 20-30 次，頻繁的作業須要省工機械來減少人力負荷以提升效率 [7]，其中灌溉與施肥已發展出微噴灌或滴灌的肥灌技術（fertigation），將肥料溶液混入灌溉水中，灌溉過程兼作施肥 [14,15]。病害及蟲害的發生，將影響作物生長發育、產量、品質外觀等，因此需要防治病蟲之為害，營造良好的生長發育環境。作物生長過程中之病蟲害防治作業方法，包括農作技術、物理、生物、法規、藥劑（化學）防治等，其中以藥劑防治較為普遍。惟化學藥劑均具毒性，減少或避免農藥霧粒碰觸人體的方法與技術的開發，益顯重要。

在農業機械工程人員的努力下開發高效率的施藥機械，梁等 [19,20] 與盧 [18] 研究高架式與廣域式噴藥機，這些大型施藥機械輪距 125-188cm 不等，進口的 HAGIE280 型高架式自動噴霧機輪距可在 182 至 317.5 間任意調整，適合大面積糧食作物生產的噴藥防治作業，卻不適合在設施內使用。

臺灣夏季高溫多濕的氣候容易滋生病蟲害，影響安全農產品生產甚鉅，尤其農民投入許多心力在病蟲害防治上，正確病蟲害鑑別和慎選藥劑之餘，正確的施用相對重要。何謂正確施用呢？包含用對噴霧器具、調對濃度與適當的噴霧技巧。此外，葉面施肥也是當前設施管理泛用的方法，適時由葉面噴霧補充作物需要的養分，讓植株生長健壯與增強逆境抵抗能力。

早期在使用石化燃料之引擎技術廣泛實用前，約在 1896 至 1915 年間，運用電瓶動力的電力交通工具曾經廣為製造使用，最高時速約 32 km/h，移動距離接近 30 km [22]。近年來氣候變遷，溫室效應導致氣候極端化在各地發生，為求地球永續經營必須節能減碳 [5,6]，科學家預估石化能源存量僅能使用 40 到 60 年，隨著石化燃料的枯竭，替代能源的地位更形重要 [22]，而農業設施生產之電動載具之研究亦趨重要。因應氣候變遷與極端化，設施栽培生產園藝作物在世界各角落持續進行著，設施栽培作物並非全然沒有病蟲為害問題，仍須執行防治作業，位等 [1,2,3,17,25,26,27] 與陳等 [8,9,10,11,12,13] 在設施栽培噴霧作業的研究包括設施上方懸吊自走式噴霧架與電動自走鼓風噴霧等均對設施栽培噴霧作業效率的提升和節能減碳同具成效；大學院校及研究單位更有朝農用自動

行走導引與 GPS 自動噴藥機之開發研究 [4,21,23,24]，惟尚未達實用程度。本研究目的為集合前人在噴霧機械累積的經驗與智慧，研發可以在設施內寬度約  $110\pm 20\text{cm}$  的行間走道自走噴霧及轉彎換行的電動三輪自走式噴霧機。

## 二、材料與方法

中部地區許多小田區精緻栽培，需要適地適用的較小型噴霧機具，水桶及噴霧動力為一體的簡易移動式動力噴霧機具，噴霧架自走前進即可建構立體噴霧空間，可免除作業人員負重或牽引軟管之辛勞，減少長時間從事同一動作造成身體局部的勞動傷害，確保農友身心健康，進而提昇工作效率及品質。

本場根據研製懸吊自走式噴霧機之經驗，開發簡易移動式噴霧機，操作者駕駛噴霧機在設施內前進，即可進行噴霧作業。自走噴霧機歷經多次改良（圖一），獲得目前機型的優異性能，行進速度符合噴藥作業之操作需求，兼顧藥桶容量與轉彎半徑的電動三輪自走式噴霧機，適合目前設施蔬果栽培藤蔓類植株向上生長，噴架高度或噴霧方向亦須隨之調整的需求，形成霧牆移動，霧粒附著良好，適於臺灣種植環境之各種作物高度噴霧作業。



圖一、歷年研究改良之噴霧機型

早期測試噴霧附著度機型：

1. 電動三輪自走式底盤：前單輪轉向，後雙輪驅動行走，DC24V 馬達動力，機體長寬高為 160×70×190 cm。
2. 噴霧系統：噴霧加壓動力為 2.4HP 汽油引擎直接驅動雙柱塞幫浦，藥桶容量 150 公升，2 支垂直噴桿各有 5 粒噴頭向外。
3. 測試電動三輪自走式噴霧機在設施內之行走速度、轉彎半徑、噴霧流量。試驗方法為藥桶加滿水後，三輪噴霧機開到田頭開始噴霧位置，調整噴桿高低，用碼表及布尺紀錄一桶藥水之噴霧時間與距離，得到行走速度、轉彎半徑、噴霧流量等機具性能資料。
4. 噴霧附著度：電動三輪自走式噴霧機於彰化縣溪湖鎮番茄成熟株田間實測噴霧霧粒分佈，試驗設計上中下 3 種高度之葉片上下表面各 3 重覆，比較人工牽管噴霧與電動三輪自走式噴霧機噴霧之差異。田間噴霧試驗的水試紙，於噴霧試驗後黏貼於預先準備的 A4 紙張，該紙張上分別劃設上層、中層及下層共三重複，並區分為葉面及葉背等，共有 18 個水試紙位置，田間試驗時水試紙黏貼於正確位置供後續影像判別作業之應用。
5. 霧粒覆蓋機器視覺辨識系統：使用桌上型 core 2 Quad PC，安裝 Windows XP、Visual Basic 6.0、Matrox Imaging Library 5.2、Matrox Inspector 2.2 等軟體與 Epson V330 掃描器組成。收集的水試紙樣品，經 Epson V330 掃描器數位化成 Tif 影像檔，運用 Matrox Inspector 2.2 讀取水試紙影像檔，採用 Line profile 功能獲得霧粒變色範圍 RGB 圖層的灰階變化，據以選擇適當的圖層與灰階值，進一步在機器視覺辨識系統中當作設定值。Visual Basic 6.0 結合 Matrox Imaging Library 5.2 開發水試紙機器視覺辨識系統，詳細流程如陳等〔13〕所述，擷取水試紙影像，輸出水試紙之霧粒覆蓋區域之變色面積百分比，獲得噴霧覆蓋的量化資料。

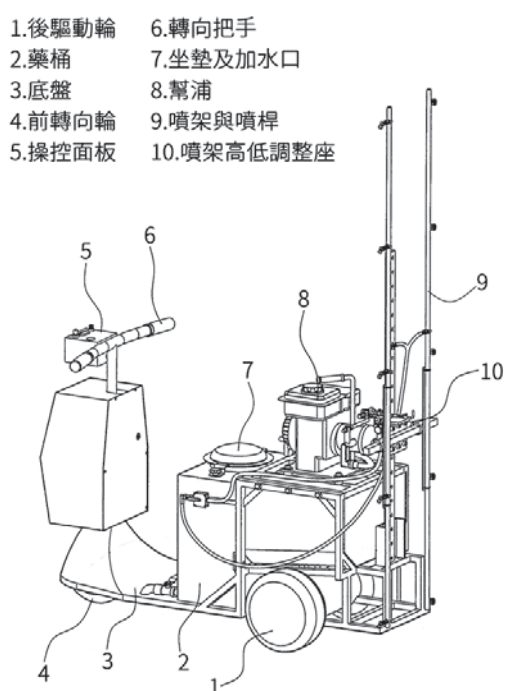
改良型規格表：如表一。

表一、規格表

本機部份	機身	長×寬×高 cm	長 160×寬 70×高×190
		重量 kg	197.5kg
		車身最低離地距離	11cm
	動力傳動方式		電動直流馬達 900 W
	電源		DC 24V 電池 2 個
	轉向裝置		前輪，握把方向盤
	主離合器型式		電動無段變速
	變速方式與檔數		電動無段變速
	制動裝置		電磁剎車
	行走部	輪胎規格	前輪 8” 規格：4.10/3.50-6 1 個 後輪 12” 規格：13x5.0-6 2 個
輪／軸距		55cm / 100cm	
各檔行進速度 (km/h)		電動無段變速	
噴藥機部份	動力源	廠牌型式、編號、馬力	MITSUBISHI 汽油引擎 GT400 2.1 kW (2.8 PS) / 3,600 rpm 油料容量 2.5L 手拉式啟動盤
		傳動方式、離合方式	直接驅動
	噴藥幫浦	廠牌型式	YC-82AS 永鉅實業
		常用轉速	1,700-2,800 rpm
		噴霧壓力	10~35Kg / cm <sup>2</sup>
		吐出量	11 Liter / Min
		動力傳動方式	橫向齒輪傳動式
	噴嘴	型式口徑及個數	YAMAHO D-35 共 12 個，操作壓力 10-15 bar
	噴桿	長度、段數、升降方式與範圍、折疊方式及安全設計	噴桿長 142cm，水平距離（兩直立桿間距）40cm，水平架長（兩桿水平放置）307cm，最寬噴嘴距離（水平放置）297cm，各噴嘴距離 25cm，噴架升降高度 46~145cm。
	壓力表	廠牌、型式、量測範圍	彈簧式 10Kg/cm 範圍 0-60Kg/cm
	控制閥	數量、型式	主控制閥一只，前後管路球型控制閥 2 只
	藥液桶	最大容量、材質	200 公升不鏽鋼
攪拌方式藥量標示		噴藥幫浦回流攪拌，透明塑膠管顯示液位並標示公升刻度	

### 三、結果與討論

1. 電動三輪自走式噴霧機之機體結構如圖二所示，由轉向把手、操作面板、三輪底盤、藥桶、幫浦、噴桿升降機構與噴桿所組成。本機具操作簡單保養容易，電動乘坐人力駕駛的噴霧機具，調泡好的藥液或肥料灌入藥桶中，啟動噴霧機、打開噴霧閥門、推動行走開關前進，就可以深入作物行間噴霧。
2. 噴霧系統：由藥桶、幫浦、軟管、噴桿升降機構與噴桿所組成，藥桶容量由 150 公升提升到 200 公升，內製隔板穩定水流，幫浦執行噴霧加壓，動力為 2.4HP 汽油引擎，直接驅動雙柱塞幫浦，藥液從藥桶經幫浦抽吸加壓後，經軟管與球閥分流到 2 支垂直噴桿，噴桿上各有 5 粒噴頭向外，噴桿之上下左右位置，可因應作物發育程度調整。噴桿之噴頭向外噴出的霧粒形成面狀霧粒空間，此面狀霧粒空間經由車體行走噴塗到作物葉片表面，如圖三、四、五。



圖二、電動三輪自走式噴霧機之機體結構



圖三、電動三輪自走式噴霧機全生長期均可使用 -- 種植初期



圖四、電動三輪自走式噴霧機於設施內均勻噴霧情形



圖五、電動三輪自走式噴霧機雙側噴霧亦可單側噴霧

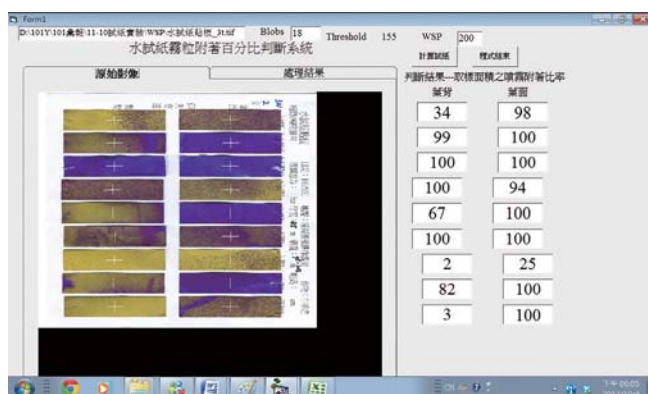
3. 電動三輪自走式噴霧機在設施內之行走速度、轉彎半徑、噴霧流量：於臺中市后里區番茄溫室長 75.5 m，寬 60.5 m；內部植床寬 0.45 m，高 1.8~2.0 m，行距約 1.92 m。AM9:09 開始噴霧，AM9:32 結束噴霧，碼表顯示噴霧時間 23 分 16 秒，以 23 分鐘計，獲得噴霧流量 6.5 L/min。2 支垂直噴桿各有 5 粒噴頭，噴頭流量約 0.65 L/min。電動三輪自走式噴霧機之行走性能如表二所示，行走速率約 1.2 m/sec，轉彎時間約 5 sec。此外，根據另一場域試驗資料，植床長度 57 m，噴霧走道數目 25，因此噴霧行走距離為 1425 m，植床行距 1.9 m，150L 藥桶滿桶之噴霧面積為 2700 m<sup>2</sup>，噴霧時間 23 分鐘，因此，1000 m<sup>2</sup> 之番茄溫室噴霧時間約 8.5 分鐘，試驗結果顯示機體運行速度 1.2 m/sec 屬於較快的速度。相對地，機體運行速度慢，單位面積施噴量隨之增加。經測試結果顯示電動三輪自走式噴霧機可進入溫室高效率噴霧，利用其左右 2 支垂直噴桿各可噴出 2 維面狀移動噴霧空間；在設施番茄園內之噴霧速度約 2 km/hr，每分地噴霧量約 206 L，作業能率約 0.29 ha/hr，試驗後立即充電，至電瓶充飽約需 6~8 hr，充電消耗電力約 1.031 kwh。

4. 噴霧附著度：機器視覺影像分析技術判讀水試紙樣品之結果如圖六和圖七，圖八顯示葉表面之霧粒覆蓋百分比平均 89% 以上，葉背的霧粒覆蓋百分比平均約 30~65%；葉面之標準差小於 17%，葉背之標準差 29~35%，顯示霧粒覆蓋百分比葉表面高於葉背，且霧粒覆蓋度變動程度葉面小於葉背。比較電動三輪自走式噴霧機與人工牽管 2 種方式之葉背霧粒覆蓋百分比，電動三輪自走式噴霧機約 65% 較人工牽管的 30% 為佳。

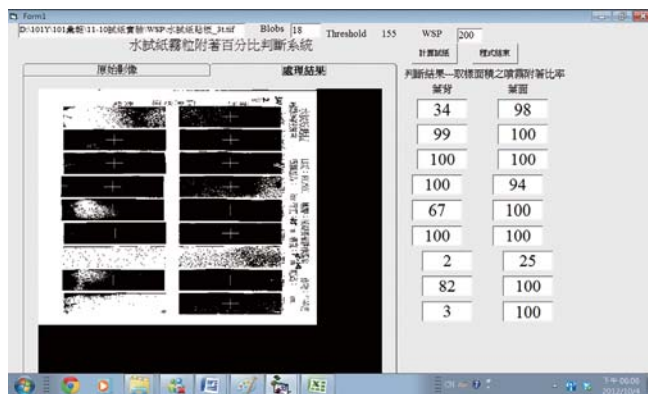
表二、電動三輪自走式噴霧機之行走性能

	Number of repeats					Avg.	Speed* m/sec
	1	2	3	4	5		
Spraying time (sec)	48	45	43	46	48	46.0	1.2
Steering time (sec)	5	4	5	3	6	4.6	

\* Length of planting bed is 57 m.

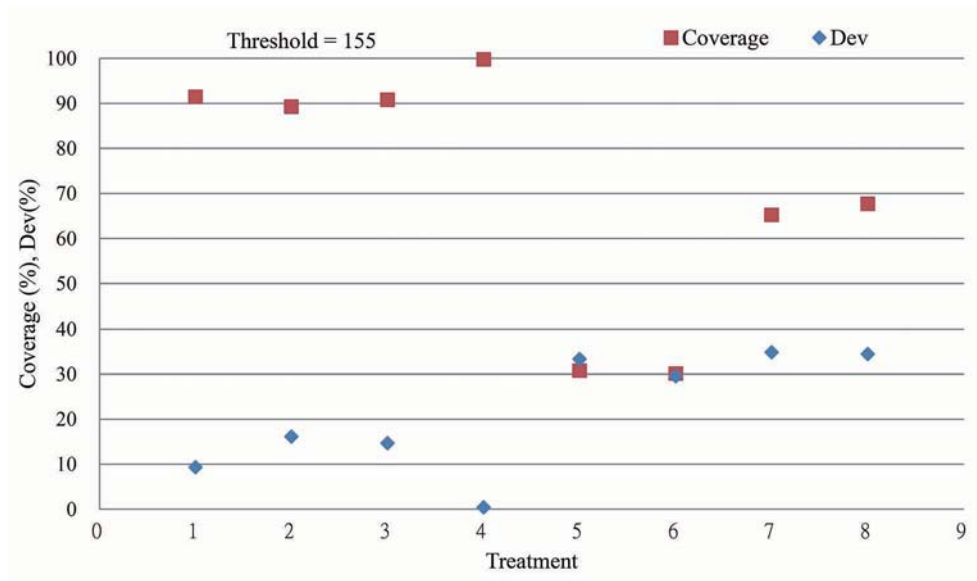


圖六、電動三輪自走式噴霧機噴東側之水試紙原始影像。



圖七、電動三輪自走式噴霧機噴東側之水試紙二值化影像與辨識結果。





圖八、水試紙霧粒覆蓋百分比之平均值與標準差

電動三輪自走式噴霧機可進入溫室噴霧，為電動乘坐人力駕駛的噴霧機具，具有電動行走與噴霧功能，行走驅動能源為 2 顆電瓶，提供 DC 24V 電力，左右 2 支垂直噴桿各可噴出 2 維面狀移動噴霧空間，行走速度約 0.5-7.2 km/hr，10 粒扇形噴頭噴霧量約 3.0-6.5 l/min，隨噴霧幫浦之壓力調整旋鈕之設定而異。在設施番茄園內之噴霧速度約 2 km/hr，每分地噴霧量約 206 L，作業能率約 0.29 ha/hr，試驗後立即充電，至電瓶充飽約需 6~8 hr，充電消耗電力約 1.031 kwh。

根據陳 [16] 之研究噴霧附著度試驗結果，運用機器視覺影像分析技術判讀水試紙樣品，葉表面之霧粒覆蓋百分比平均 89% 以上，葉背的霧粒覆蓋百分比平均約 30~65%；葉面之標準差小於 17%，葉背之標準差 29~35%，顯示霧粒覆蓋百分比葉表面高於葉背，且霧粒覆蓋度變動程度葉面小於葉背。比較電動三輪自走式噴霧機與人工牽管 2 種方式之葉背霧粒覆蓋百分比，電動三輪自走式噴霧機約 65% 較人工牽管的 30% 為佳。

該機具之直立噴桿的移動具有建構立體噴霧空間的功能，為電力行走，操作簡單，保養容易，操作者只要正確調製藥液、調整噴桿高度與噴頭角度，以適當的速度駕駛噴霧機前進，即可深入作物行間執行噴霧作業，原先手持噴桿揮灑噴霧需要 2 個鐘頭的苦差事，變成 40 分鐘的輕鬆噴霧工作，顯著提高 3 倍以上的噴藥作業效率，並且藥液用

量從 200 公升減為 150 公升，減少病蟲害的防治藥量達 25% 以上，將可大幅提高農業生產的效能與農產品的安全性。此外，減少作業人員長時間從事同一動作，造成身體局部的勞動傷害，確保農友身心健康，提昇農耕管理工作效率及品質，是國內累積多年開發經驗所研發出適於本土應用之省工農耕管理機具，免除牽管噴霧之辛勞，讓農民成為現代化的田間管理者，臺中區農業改良場已經將該技術移轉授權給四維機械廠有限公司。

## 四、結語

臺灣已邁入高齡化社會，農村人力老化、短缺的問題，亟需發展適於本土應用之省工農耕管理機具。農耕工作向來辛苦，現在越來越多的農民懂得利用省工的機具改善農耕管理作業，是農村進步的象徵。

農業機械能夠帶給農民什麼好處？相信是大家所關心的問題，也是近年行政院推動補助農民購買小型農機獲得熱烈迴響的原因之一，答案是省工提高效率、省勞力減輕疲勞與身體損傷、調整作物生長環境確保產量與品質、最後達成提升農村生活品質的目標。

本場累積多年開發經驗，創新研發電動三輪自走式噴霧機為人力駕駛自走噴霧，免除傳統牽管噴霧之辛苦與勞累，機體輕巧，可行走於設施作物行間執行噴藥、加濕、葉面施肥等管理作業；不必牽管，沒有壓力降與動力損失問題；藥桶容積適中，減少藥液填充次數；電力行走，經濟實惠，操作簡易，迴轉半徑小；機動性強，作業效率高，係性能優異可於本土設施內應用的省工農耕管理機具，可以減輕農民辛勞，讓農民成為現代化的田間管理者。可供設施蔬菜、花卉生產管理機動噴霧之應用。

## 參考文獻

1. 位國慶、簡銘宏、黃東瑞、潘清樂及陳文輝。1996。固定式噴藥設施裝設及其噴施效果。臺灣糖業研究所研究彙報 154：31-48。
2. 林國照、何榮祥。1989。履帶式噴藥機械之研製。臺中區農業改良場研究彙報 22：3-11。

3. 邱銀珍、葉仲基。1999。油壓桿式噴藥機之研製。施藥技術服務 6：36-43。農業機械化中心。臺北市。
4. 莊士良。1998。農用自動車行走導引之研究。國立中興大學農業機械工程學研究所碩士論文。
5. 許晃雄。2008。氣候變遷的衝擊。科學發展 424：1-5。
6. 陳雲蘭。2008。百年來臺灣氣候的變化。科學發展 424：6-11。
7. 陳加忠。1997。設施內部栽培作業之省力與舒適化。臺灣花卉園藝月刊 11：17-21。
8. 陳令錫。1997。擺動噴霧架設計與應用。臺中區農業改良場研究彙報 56：23-33。
9. 陳令錫。1996。設施噴霧技術：管路定置噴嘴及動力自走噴桿之探討。施藥技術服務 3：4-7。農業機械化中心。臺北市。
10. 陳令錫。1996。單一懸吊唇槽鋼軌道自走式噴霧裝置開發—行走及液體輸送性能試驗 臺中農業改良場研究彙報 53：25-34。
11. 陳令錫、林聖泉。2002。農用履帶車輛自動導引控制之研究。臺中區農業改良場研究彙報 77：27-41。
12. 陳令錫。2003。簡易移動式動力噴霧架與傳統噴霧作業於設施玫瑰之比較研究。臺中區農業改良場研究彙報 80：63-70。
13. 陳令錫、朱峻民、林聖泉。2006。小型電動噴霧機具及霧粒附著影像分析之研究。臺中區農業改良場研究彙報 92：63-74。
14. 陳令錫、戴振洋、田雲生、何榮祥。2009。自動注入式施肥灌溉系統使用於介質槽耕栽培胡瓜之研究。臺中區農業改良場研究彙報 104：29-37。
15. 陳令錫、田雲生、何榮祥。2010。直列並排文氏管注入器肥灌系統之養液輸出性能研究。臺中區農業改良場研究彙報 107：13-23。
16. 陳令錫。2012。電動三輪自走式噴霧機於番茄園噴霧之霧粒附著性能。臺中區農業改良場研究彙報 117：39-48。
17. 盛中德。1992。溫室內施藥機械介紹。興農月刊 279：14-18。
18. 盧子淵。1995。廣域鼓風式施藥技術的研究。農業試驗所特刊第 52 號 19-25。
19. 梁連勝、蔡致容、周廷弘。1995。高架式施藥機械 農業試驗所特刊第 52 號 53-57。

20. 梁連勝、陸龍虎、顏秀榮。1998。氣輔桿式噴藥機之研製 中華農業研究 47：2 p.164-178
21. 廖盈達、葉仲基、梁連勝。2002。GPS 自動噴藥機之開發—田間定點定量施噴作業。農委會農業試驗所特刊第 101 號 應用於水稻精準農業體系之知識與技術 194-204 臺中縣霧峰鄉。
22. Alcock, R., 1983. Battery powered vehicles for field work. Transactions of ASAE 26 (1):10-13.
23. Cho Seong In, Jung Youp Lee and Young Sik Park. 1990. Autonomous speed sprayer using DGPS, gyrosensor and GIS. ASAE Annual International Meeting, Toronto Canada.
24. Rintanen K, H., Makela, K. Koskinen, J. Puputti, M. Sampo and M. Ojala. 1996. Development of an autonomous navigation system for an outdoor vehicle. Control Eng. Practice, 4 : 499-505.
25. Derksen R. C., C. W. Coffman, C. Jiang and S. W. Gulyas 1999 Influence of hooded and air-assist vineyard applications on plant and worker protection. Transactions of the ASAE. VOL. 42 (1):31-36.
26. Farooq M. and M. Salyani 2002 Spray penetration into the citrus tree canopy from two air-carrier sprayers. Transactions of the ASAE. Vol. 45 (5): 1287-1293.
27. Piché M., B. Panneton and R. Thériault 2000 Field evaluation of air-assisted boom spraying on broccoli and potato. Transactions of the ASAE. VOL. 43 (4): 793-799.

## The Development and Application of Electric Tri-wheel Self-propelled Sprayer

Chen Ling-Hsi

Taichung District Agriculture Research and Extension Station, COA

Associate researcher

chen52@tdais.gov.tw

### Abstract

This study conducted an electric tri-wheel self-propelled sprayer, operator-ride type moving device, can spray droplets inside greenhouse. The moving power was supplied by 2 DC24V batteries to a motor, and 2 vertical spraying booms could perform 2-dimension moving droplet space. Both operation and maintenance of the device are easy and simple, deployed chemical solution or powder poured into tank, then drive to spray between the crop rows. This sprayer has good operation performance, 3 times faster than manual spraying. The deposition analysis results of the droplet coverage of water sensitive paper were the leaf upper surface 89% better than the leaf abaxial surface 30~65% and the standard deviation of the leaf upper surface is less than 17% that is better than the leaf abaxial surface 29~35%. And the spraying droplet coverage of the tri-wheel self-propelled sprayer is 65% higher than 30% by manual drawing hose spray in the leaf abaxial surface. It was domestic cumulative years of experience in the development of labor-saving farming sprayer for local application, so that farmer can become the modern farm managers. Taichung district agricultural research and extension station (TDARES) has already licensed this technique to Suwei Machinery Factory Co., Ltd., via technology transfer.

**Keywords:** Labor-saving, Electric, Tri-wheel, Self-propelled, Spray.

