

手推式施肥機之研製¹

田雲生、張金元²

摘 要

本研究設計並研製1臺無動力、四輪、手推式施肥機，可供設施切花、蔬菜作物於畦面施肥作業應用。本機經由前輪接地，帶動卸料裝置迴轉與配出肥料，粒狀及粉狀之有機肥料皆可適用；肥料斗容量54 L，載重為25~30 kg；操作把手位置可調整，供使用者採推或拉2種作業模式應用。施肥機之肥料斗內設有1組擋板，施粒狀肥料時，以擋板承載肥料的重量，可降低卸料裝置阻塞與故障；施粉狀肥料則將擋板掀起，避免肥料發生架橋現象，並以卸料口圓弧狀閘門調節施肥量。經測試結果顯示，當行走速度為0.45 m/sec及卸料閘門選擇第二段，則粉肥施撒量0.45 kg/sec，整體作業效率約為人工撒肥之3.2倍。

關鍵詞：施肥機、手推式、切花、蔬菜

前 言

近年來由於經濟快速發展、社會大幅進步，國人對於各類農產品的要求，已漸趨質量兼備，甚至質重於量的結果。其中花卉類產品消費量的增加，堪稱是生活水準提高的象徵，所以花農積極生產高品質的花卉，以迎合市場潮流的變遷與需求^(4,9)。但是臺灣四面環海，位居於中國大陸與太平洋之間，同時遭受大陸型氣候及海洋型氣候的影響，致天候環境多變化，包括冬季寒流侵襲、夏季雷雨與颱風侵害等，對於農作物之生長發育及採收，經常造成極大的損害⁽²⁾。為了克服狂風、驟雨等影響，並提高品質與穩定生產，進而達到企業化經營，愈來愈多農友改採設施溫網室栽培，尤以種苗及花卉、蔬菜等園藝作物為大宗，使得設施應用日益普及⁽⁹⁾。以洋桔梗、菊等切花為例，早期大多為露天栽培，雖然生產成本較低且管理簡便，但在產品品質、病蟲害防治、產期控制及經營風險上均無法保障，故包括彰化、雲林、嘉義及臺南縣市等地區之農友，逐步改變舊有栽培模式而轉型為設施生產，以期達到品質均一、縮短產期、增加產量、計畫生產等優勢，並獲得更高的投資報酬與利潤^(9,10,11)。其他花卉或蔬菜作物亦為了降低外在天候等影響，運用各類溫網室進行栽培管理。

設施生產之切花、蔬菜作物採收過後，部分產期因栽培管理所需，或者簡化作業流程，田區並未全面整地作畦，僅於畦面施撒粉狀或粒狀肥料，尤以具長效性的有機肥料為主，再藉由中耕管理機進行表土翻鬆，將肥料與土壤充分混合，供後續栽植新苗應用。惟現行施肥

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0902 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員。

方式皆以各類容器裝載肥料，再由人力或背或提將肥料散佈於畦面上，若此相當地費時與辛苦；另隨著農業生產缺工與高齡化問題屢見不鮮，且民國104年底行政院農業委員會推動「消費提振措施」，辦理「補助購置小型農機具實施計畫」⁽³⁾，在在顯示農友對於機械化輔助作業之殷切，以期提升生產管理效能與農產業競爭力，進而達到省工、減碳的目的與成效。

鑑於此需求，本場執行行政院農業委員會104年第2階段科技計畫，成功研發完成1臺兼具小型化、省工、無動力與廢氣污染之「手推式施肥機」，可供設施栽培、局部整地於畦面施撒有機肥料作業應用，解決人工施肥不均勻的現象，及減輕農友搬運有機肥料之負擔。本文謹針對該機組成架構、性能規格與作業效能等簡介如後，提供相關設施栽培農友參考應用。

材料與方法

一、機械設計原則

- (一)針對設施作畦栽培之洋桔梗、菊等切花，乃至蔬菜作物施肥所需，為提升作業效率和降低操作人員辛勞，機械應承載肥料移行，並施撒於畦面上，且為四輪式設計，使作業人員僅作推或拉移動機具。
- (二)避免動力引擎於設施內造成廢氣、高分貝噪音污染，以及降低設備投資成本、考量操作習慣，施肥機宜採無動力，兼具手推前進或手拉後退之作業模式。
- (三)評估化學肥料與有機肥料對於機械施肥等條件不盡相同，施肥機以施撒有機肥料為主，但須兼顧粒狀與粉狀肥料皆可操作應用。
- (四)配合農友栽培習慣與單位施肥量的多寡，施肥機之肥料配出量須能調整，使機械操作富彈性。
- (五)施肥機以接地輪之驅動軸帶動卸肥裝置迴轉，機械移動時須有同步施肥或不施肥的選項，以及機械轉彎操作要能輕巧靈活等功能。

二、施肥機組裝型式

本機依照前述設計原則而為前大、後小之四輪式底盤，上置肥料桶，並依使用者推或拉作業需求，操作把手設計為快速拆卸式，可安裝於機體後方或前方的插管內，使作業人員作手推前進或手拉後退之施肥作業模式。施肥機前二輪採用類似差速器作用原理，將其中一輪與傳動軸結合並同步迴轉，另一輪則於輪軸上加裝一個軸承作為空轉輪，藉此使機體轉彎時較為靈活方便，以及縮短迴轉半徑；又可依田間狀況而快速更換為橡膠輪或鐵輪行走，以及兼具驅動肥料斗底部之卸料裝置轉動，使肥料靠自重落於畦面上。後二輪專供為行進或靜止間之支撐輔助用途。另於接地輪驅動軸與卸肥裝置轉軸間設有離合器，以及施撒粒肥與粉肥各有1組出量調節桿等，可供不同操作需求時選擇應用。

三、試驗設備與材料

- (一)供試設備：研製完成之手推式施肥機。
- (二)供試材料：

1.粒狀有機肥料：市售有機肥料之品牌、種類及外觀樣式相當多，粒肥以擠壓切斷之圓柱型為大宗，任意擇取V、F及S等3種品牌為樣本，經試驗量測結果可知，其外徑分為4及5 mm等2種規格，長度範圍及平均值、標準差如表一所示。其中因V品牌粒肥之整體長度平均值為15.2 mm較長、分布範圍區間為10.3~23.3 mm較大；又因S品牌粒肥之粒長最大為14.7 mm，為粒肥中最小，F品牌之分布範圍區間居中，因此本試驗後續之粒肥試驗採用F品牌為代表，每包重20 kg。

表一、3種品牌粒肥之規格尺寸

Table 1. Testing results and dimensions of the three brands of granular fertilizer

Fertilizer Brand tested	Diameter (mm)	Length (mm)		
		Range	Average	Standard deviation
V-brand	5.0	10.3~23.3	15.2	3.5
F-brand	4.0	6.9~16.5	10.3	2.6
S-brand	5.0	9.1~14.7	12.3	1.4

2.粉狀有機肥料使用本場產學合作產品，原料為米糠、蔗渣、菇類培植廢棄包產製而成，每包重25 kg。

(三)量測器材：碼表(電子式，精度0.01 sec)、電子吊秤(最大秤量600 kg、精度0.1 kg)、角度規、皮尺、捲尺等。

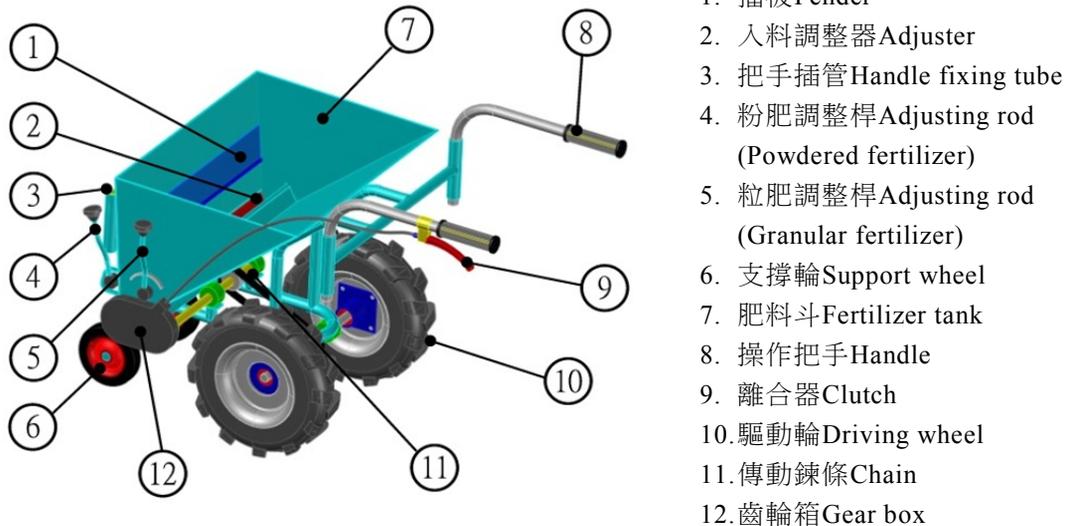
四、測試及調查項目

- (一)記錄調查機械性能、效率，包含：機體全長、全寬、全高、全重，輪軸距、轉彎半徑、施肥寬度、肥料斗容積與載重量等。
- (二)機械空車與載重之行走速度測試：於水泥柏油路面擇取10 m距離，肥料斗以空車及裝載1包有機肥料(粒狀20 kg、粉肥25 kg)，量測機械以慣常手推前進(操作者在機械後方)與手拉後退(操作者在機械前方)之行走時間，重複5次，計算平均線速度(m/sec或km/hr)。
- (三)入料與卸料口不同開度之施肥量測試：針對粒狀肥料入料口及粉狀肥料卸料口之各3段式開度調整，初始肥料斗裝載1包有機肥料(粒狀20 kg、粉肥25 kg)，以手推前進及慣常速度操作，量測作業行走時間與距離，重複5次，並換算單位時間或單位長度之施肥量(kg/sec或kg/m)。
- (四)機械與人工作業效率測試：以人力及手推式施肥機在相同面積下之田間進行施肥作業，比較作業時間、施肥量等效率之差異。

結果與討論

一、研製之手推式施肥機外觀型式

試驗研製完成之手推式施肥機，可適合於設施溫網室作畦栽培切花或其他花卉、蔬菜作物局部整地前之有機肥料施撒應用，其外觀型式如圖一所示，而主要構造分為三大部份：



圖一、手推式施肥機示意圖(操作把手在前)

Fig. 1. The schematic diagram of the hand push fertilizer applicator (handle in front)

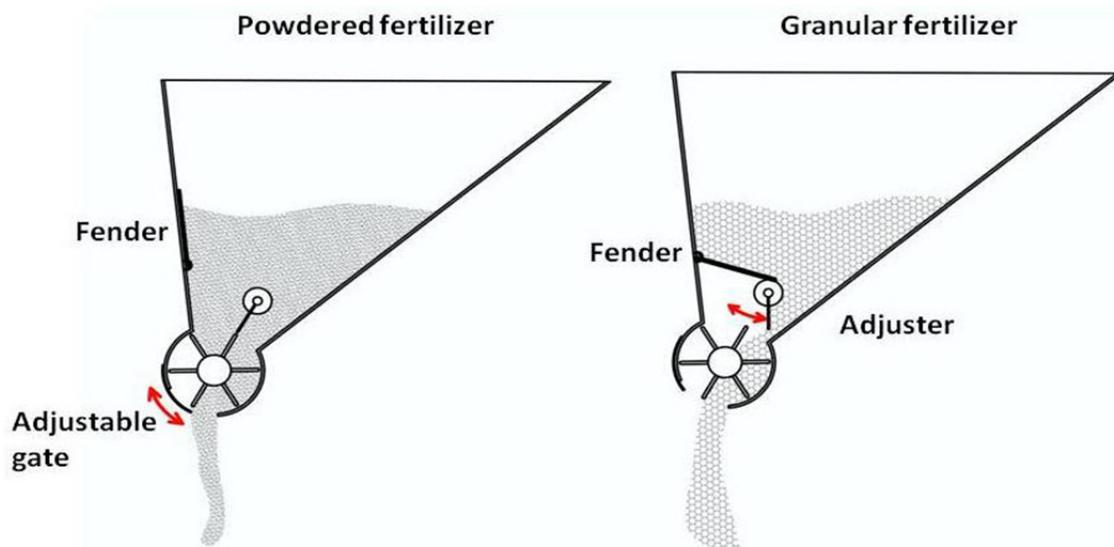
(一)行走底盤及傳動機構

本機依照前述作業需求與設計原則，施肥機製作為四輪式底盤，前二輪接地行走，其中一輪與傳動軸結合、同步迴轉，並藉鏈條(輪)將動力傳遞至中繼短軸，再由側邊齒輪組連接到卸料裝置作動；另一輪則於傳動軸上加裝一個軸承，使為平衡、支撐用途的空轉輪(Floating wheel)。若此，該二輪即具有類似差速器之作用功能，使機體轉彎時較為靈活方便，頭地迴轉半徑幾乎是輪距之一半。後二輪供為機械行進或靜止間之支撐輔助應用，作業時採四輪著地或後輪提起，皆依操作習慣為之。又前輪傳動軸設計採用鐵輪之輪軸尺寸，農友依可田間狀況而快速更換為橡膠輪或鐵輪行走，在操作上更富彈性與便利性。

(二)肥料斗及調整機構

肥料斗設計為三角錐體，配置於前後輪之間。斗內裝設有1組擋板(Fender)，作為施撒粒狀及粉狀肥料之使用與否。當施粒肥時，須先將肥料斗內之擋板放下，避免全部肥料壓迫在卸料裝置上，造成阻塞與故障，而後調整入料口開度以控制施肥量，其開度概分為3段；但施粉狀肥料時，擋板必須掀起，並以磁鐵吸附於肥料斗內壁與固定，可避免肥料發生架橋現象，其施肥量多寡係藉由卸料口之圓弧狀閘門開度來區分，亦分為3段式選擇。

肥料斗底部具輻射葉片之卸料裝置，設計概念近似水稻育苗播種、蔬菜施肥播種等相關機械^(5,6,7,8)，經由前輪接地、鏈條及齒輪組傳遞動力，帶動卸料裝置迴轉，葉片間之肥料即靠自重而落於畦面上。粒狀與粉狀2種肥料施撒量之調整方式，如圖二所示。



圖二、2種肥料施撒量調整方式之示意圖

Fig. 2. The regulation modes of fertilizer application

(三)其他操作及控制機構

操作把手左、右各1支，其中右側連結卸料裝置之離合器握桿，可依卸料裝置迴轉與否，而控制其動力接合或分離；肥料斗前方及後方外側各有2組插管，操作人員依作業習慣，可將把手插設於肥料斗前或後側，並調整適當高度，再以手旋梅花螺絲，將把手緊固於插管內。另肥料斗內擋板旁之入料口開度調整，以及卸料口圓弧狀閘門開度調整等，皆各由裝設於肥料斗側邊之調節桿控制，使操作功能更富彈性。

二、手推式施肥機測試結果與討論

(一)手推式施肥機經各項操作測試，可達成所設計之目標動作，在確定機體外觀尺寸及各機構性能後，將測試結果綜合彙整為表二所列之性能規格。其中，操作把手插設於肥料斗前方時，機體總長較插設於肥料斗後方長280 mm，高度亦稍微增加50 mm；另肥料斗載重量因肥料種類、含水率等因素而有所差異。

(二)機械空車與載重之行走速度測試結果：由F品牌之粒狀肥料量測結果可知，空車及裝載肥料之手推前進作業時間各為21.7、23.3 sec，換算線速度為0.46、0.43 m/sec；手拉後退時間則為22.7、25.0 sec，線速度0.44、0.40 m/sec。另針對粉狀肥料之試驗結果顯示，空車前進、負載前進、空車後退及負載後退之時間分別為22.2、23.3、22.2、24.4 sec，計算其平均作業速度為0.45、0.43、0.45、0.41 m/sec (或1.62、1.55、1.62、1.48 km/hr)。

彙整結果如表三所示，並知無論空車或負載、施撒粒肥或粉肥、前進或後退，其平均作業速度差異極小。

表二、手推式施肥機性能規格

Table 2. The specification of the hand push fertilizer applicator

Items	Specification
Power unit	Human labor
Wheel drive	2 wheels driving
Gross weights	About 45 kg
Dimension(L×W×H)	1,080×710×760 mm (handle in front) 1,300×710×810 mm (handle in rear)
Tread	450 mm (front wheel), 265 mm (rear wheel)
Wheel base	450 mm
Min. turning radius	450 mm
Volume of fertilizer tank	54 L
Load of fertilizer tank	25~30 kg (different from species, moisture content of fertilizer and etc.)
Applying width	640 mm

實際於採收後之豆科蔬菜園，以粉狀肥料為供試材料，進行測試調查發現，手推前進速度介於0.39至0.53 m/sec之間，平均值為0.45 m/sec，標準差為0.05 m/sec；手拉後退操作則為0.34~0.55 m/sec，平均值為0.43 m/sec，標準差為0.08 m/sec。可知，同一操作者在水泥柏油路面與實際田區之平均速度並無明顯差異。

表三、不同載重之行走速度測試結果

Table 3. The results of ground speed testing by various loadings

Type of fertilizer	Operating speed (m/sec)	
	Push forward	Pull backward
Granular	Non-load	0.46
	Load	0.43
Powdered	Non-load	0.45
	Load	0.43

(三)入料與卸料口不同開度之施肥量試驗結果：入料口(粒狀肥料)及卸料口(粉狀肥料)各3段開度設定，其中第1段開度約為10 mm最小，第2段約15 mm居中，第3段約25 mm最大，量測不同開度之作業時間與距離。入料口開度最大之第3段，施撒20 kg粒肥花費24.3 sec可行走7.6 m，換算單位時間及單位長度之施肥量，分別為0.82 kg/sec及2.63 kg/m；第2段則為44.0 sec施撒13.8 m，單位施肥量各為0.45 kg/sec及1.45 kg/m；至於第1段因開度過小，僅10 mm，無法讓F品牌肥料平均長度10.3 mm順利通過，故不適用於粒肥。另25 kg粉肥於卸料口第1、2、3段之作業時間與距離為62.3 sec、25.5 m；55.0 sec、

15.6 m；35.3 sec、8.2 m，計算單位施肥量各為0.40 kg/sec、0.98 kg/m；0.45 kg/sec、1.60 kg/m；0.71 kg/sec、3.05 kg/m。綜合各項測試結果如表四所示，可供實際於田間施撒肥料之換算參考。

表四、入料口、卸料口不同開度施肥量之測試結果

Table 4. The results of fertilization testing by various openings

Items	Application rate (kg/sec / kg/m)		
	Opening of adjuster / adjustable gate		
	Stage 1 (Narrow)	Stage 2 (Medium)	Stage 3 (Wide)
Inlet port (Granular)	— / —	0.45 / 1.45	0.82 / 2.63
Outlet port (Powdered)	0.40 / 0.98	0.45 / 1.60	0.71 / 3.05

(四)機械與人工作業效率測試結果：擇取面積0.1 ha、作畦栽培、採收後之豆科蔬菜園為試驗區，全畦寬1.3 m、畦面總長769 m，不含田頭、田尾尺寸。以粉狀有機肥料為試驗材料，每包25 kg，比較傳統人工施肥及手推式施肥機輔助作業之差異。其中人工作業採腰桶負載肥料，每次裝填4~5 kg，農友藉由實作經驗撒施肥料於畦面上；手推式施肥機則每次裝載1~2包肥料進行測試。經試驗結果顯示，人工施肥時間約花費180.2 min，包括補充肥料時間，手推式施肥機則僅為56.1 min，包括補充肥料與頭地轉向等時間，可知本施肥機之作業效率約為人工的3.2倍，並減輕許多或揸或提肥料的辛苦。惟在試驗過程中發現，F品牌有機肥用於蔬菜每分地推薦量為600 kg，但由入料口第2段單位長度的施肥量1.45 kg/m乘以每分地總長769 m，而為1,115.1 kg，顯然超過甚多，更遑論第3段的2,022.5 kg。所以，入/卸料口開度大小與施肥量調整之匹配，以及降低卸料裝置的轉速等，尚須再予修正。

(五)試驗研製完成之手推式施肥機，經評估具新穎性、進步性與產業利用性，其可專利性包括：一種手推式施肥機，可同時供給粒狀及粉狀肥料施撒應用，並針對二種肥料不同特性，分別設有施肥量調整裝置。另施肥機之操作把手為可拆卸式，依操作者推或拉作業需求而調整裝設位置。又前二輪設計具差速功能，其中一輪與傳動軸結合，藉由行進間同時迴轉，將動力傳至卸料裝置，以進行施肥作業；另一輪與傳動軸無結合、僅空轉，可使機械轉彎較為靈活方便。

結論與建議

- 一、試驗研製1臺無動力、無廢氣污染之手推式施肥機，採行手推前進或手拉後退操作，以及施撒粒狀與粉狀有機肥料皆適合。其機體重約45 kg，肥料斗容量54 L，載重約25~30 kg，可供設施切花、蔬菜作物於畦面上行走與施肥作業應用，且作業效率約為人工撒肥之3.2倍。
- 二、本施肥機具有諸多創新設計之處，獲得我國新型專利⁽¹⁾，包括：(1)前輪接地，帶動卸料裝置迴轉，其間設有離合器，決定肥料配出與否；(2)前二輪之一與傳動軸同步迴轉，另

一輪則加裝軸承而為空轉輪，使其類似差速器之作用功能，致機體轉彎靈活方便；(3)施撒粒狀與粉狀肥料之操作流程不同，配出肥料之調節方式亦有差別，主要目的分別是避免粒肥重壓卸料裝置，以及避免粉肥發生架橋，造成機組損壞或不正常作業；(4)前輪傳動軸設計與鐵輪輪軸相同規格，可快速更換橡膠輪或鐵輪行走，操作上富彈性與便利性。

三、在田間施撒粒肥的過程中發現，本機入料口第1段開度不足，以及第2、第3段之施肥量調整設計有偏高的現象，將建議技術移轉廠商於商品機製作時，將入料口尺寸予以修改；或於施肥作業時，採行間歇式施撒，以降低肥料用量，符合該品牌肥料之推薦需求，可避免因施肥過多，而造成浪費、增加成本，甚至肥害等問題。

謝 誌

本研究係執行「洋桔梗植前田間管理模式對生育影響與省工栽培機具研發(104農科-6.2.1-中-D3)」計畫之研究成果。試驗期間承蒙中興大學生機系盛中德教授及建國科技大學自動化工程系退休教授樂家敏博士指導，鍵隆機械實業有限公司負責人謝錦明先生配合機械組裝研製，本場農機研究室全體同仁鼎力協助，方得以順利完成，謹申謝忱。

參考文獻

1. 田雲生、張金元 2016 施肥機結構 中華民國新型專利第M521873號。
2. 田雲生、龍國維、陳令錫、張旭志 2007 電動自走式升降作業機之介紹 臺中區農情月刊 第93期第四版。
3. 行政院農業委員會 2015 補助購置小型農機具實施計畫 <http://www.afa.gov.tw/Public/peasant/201511131218287055.pdf>。
4. 林瑞松 2000 花卉設施栽培與生長環境 設施農業專輯 興大農業 33: 1-7。
5. 邱銀珍 2008 附掛式多用途施肥機之改良 桃園區農業改良場研究彙報 63: 51-55。
6. 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。
7. 施清田、楊大吉、邱澄文 2009 曳引機承載施肥整地作畦播種一貫作業機之研究 花蓮區農業改良場研究彙報 27: 45-54。
8. 梁榮良 1976 插秧機露地木框育苗用播種器之研究試驗 臺中區農業改良場研究彙報 01: 69-77。
9. 張錦興、王仕賢、王裕權、張元聰、黃山內 2004 菊花設施栽培管理理論與應用 臺南區農業改良場技術專刊 No. 126。
10. 許謙信 2005 夏季設施菊花栽培技術 <http://tdares.coa.gov.tw/view.php?catid=1328>。
11. 蔡宛育 2010 洋桔梗國內產銷現況 臺中區農情月刊 第136期第三版。

Development of the Hand Push Fertilizer Applicator¹

Yun-Sheng Tien and Chin-Yuan Chang²

ABSTRACT

The study was to design and develop a manual fertilizer applicator for field culture of flowers and vegetables. This machine bounded grounding through the front wheels to drive the tripper to rotate and dropping the fertilizer into the bed. Powdered or granular type fertilizers are applicable with this machine. It consists with 4 wheels, a tank with 54-liter volume and 25-30 kg load and adjustable handles. The user can choose either push or pull mode. The machine was composed with fender and roller as to adjust the output amount of fertilizer. When supplies with granular fertilizer, the fender within the fertilizer tank must put down to avoid all the weight on the fertilizer tripper, otherwise caused to obstruction and failure. The opening of the inlet port can be adjusted to control the amount of fertilizer when powdery fertilizer is to be applied, the fender must be lifted up to avoid the occurrence of the bridging of fertilizer. This machine is capable of supplying 0.45 kg powder-fertilizer per second while the forward speed is 0.45 m/sec. The working efficiency is 3.2 time faster than manual application.

Key words: fertilizer applicator, hand push type, cut flower, vegetable

¹ Contribution No. 0902 from Taichung DARES, COA.

² Associate Engineer and Assistant Engineer of Taichung DARES, COA.