

搬運車附掛施肥撒布裝置研發及試驗

黃政龍¹

摘 要

番荔枝為臺東地區重要果樹，目前主要施肥方式以人工撒布為主，作業非常辛勞、費工，過去曾有多款施肥機械開發問市，但由於價格、機械不夠穩定等問題，未能有效推廣於番荔枝果園使用。本試驗研製之搬運車附掛施肥撒布裝置，適用各種型式之固體肥料，每分鐘可撒布8 kg-26 kg複合肥料，肥料撒布集中於車臺兩側約1.35 m以上，剛好位於樹冠下，適用於番荔枝果園施肥作業。搬運車附掛施肥撒布機於番荔枝果園作業效率為1.43 ha/hr，較人工作業0.2 ha/hr，提升7倍效率。經濟成本分析結果顯示，若以新臺幣35,000元購置相關機械，管理面積達1 ha以上，其機械施肥作業成本即可低於人工施肥作業成本。

關鍵詞：番荔枝、施肥、搬運車附掛施肥撒布機、經濟成本分析

¹行政院農業委員會臺東區農業改良場 副研究員

前 言

臺東縣的果樹生產包括番荔枝、柑桔、枇杷、荔枝及梅等，其中以番荔枝最為重要⁽²⁾。依行政院農業委員會105年統計年報統計，番荔枝全臺種植面積為5,394 ha，收穫面積為5,277 ha，其中臺東縣種植面積為5,077 ha，佔94.2%，收穫面積為4,969 ha，佔97.9%⁽⁹⁾，是番荔枝最主要的產區。

番荔枝的施肥用量，依據現行合理化施肥推薦標準，成年果樹分為6次施用⁽⁵⁾，調查臺東縣番荔枝栽培之農友施肥作業，主要施用方法可大概可分為搬運車輔助人工施肥、獨輪車輔助人工施肥及全人力施肥，多使用複合肥料。所使用之機械係用於裝載肥料，撒布方式以人力為主，一般會使用碟子等容器，作為肥料量測基準，容量約1 kg之肥料，以手執碟子進行肥料撒布，施肥量則介於每0.1 ha使用1-2包 40 kg之肥料，以栽培密度每0.1 ha 40 株計算，則每株撒布1-2碟之肥料，撒布之肥料大多集中無法均勻撒布，人工作業效率為0.2 ha/hr，極為費工費時。

過去臺東區農業改良場、臺中區農業改良場等單位曾與廠商合作研製施肥機械，包括果樹立體施肥機、果園施肥撒布機⁽⁴⁾、果園中耕施肥機⁽⁷⁾、乘坐式多功能果園割草施肥機⁽¹⁾、乘坐式果園開溝兼施肥機⁽⁶⁾及承載式施肥機⁽³⁾等，但皆未能有效推廣使用於番荔枝果園，原因分析如下：1.造價高；2.結構複雜；3.使用後需澈底清潔保養，否則故障率高；4.機械僅於試驗階段尚未實際生產。

綜合上述，番荔枝是臺東地區非常重要的水果產業，為臺灣水果外銷屢創佳績，果實生產必需有大量的營養元素供給以提升水果的產量及品質。過去曾有多種施肥機械被開發，但因各種因素無法有效運用於番荔枝產業，以致於目前主要施肥方式仍需以人力進行，鑑於目前農村勞力雇用不易且工資昂貴，農民希望有價格低廉且性能優良之機械來替代人工作業，因此，本場研發搬運車附掛施肥撒布裝置，以符合農民的需求。

材 料 與 方 法

一、搬運車附掛施肥撒布裝置研發

以市售6.5 Hp小型搬運車、背負式鼓風肥料撒布機，配合自製不鏽鋼肥料桶、肥料撒布管、肥料桶支架等為研製材料。改裝背負式鼓風肥料撒布機，拆除原有小容量肥料桶並封閉原肥料桶開口。設計製作肥料撒布管，包括具文氏管結構之入料管及Y型結構之撒布管。製作不鏽鋼肥料桶、肥料桶支架、肥料流量調節閘門及肥料左右調節閘門，並將上述結構安裝於小型搬運車後方載臺備用。

二、田間試驗設計及調查

- (一) **撒布機轉速、風量及噪音試驗**：為了解本研成之撒布機作業效能，分別將油門位置固定於刻度1、1.5、2及2.5，使用轉速計測量撒布機引擎轉速，並使用噪音計及風速計，量測操作者耳朵位置之噪音值及出口風速。
- (二) **肥料桶閘門開度及肥料量試驗**：使用43號複合肥料，測試本裝置有效施肥量，將撒布機油門位置分別於刻度1、1.5及2，配合肥料桶閘門開度，分別為小(開口2 cm)、中(開口4 cm)及大(開口6 cm)，測量每分鐘肥料流量。
- (三) **撒布距離與分布試驗**：為瞭解研成之撒布裝置之肥料撒布距離與分布，使用43號複合肥料測試。將水稻秧苗盤(60 cm×30 cm)排列於撒布裝置兩側，各以3×10之陣列排列秧苗盤，並編號稱重紀錄。試測時撒布機油門位置分別於刻度1、1.5及2，肥料桶閘門開度為中(開口4 cm)，撒布1 min，量測各水稻秧苗盤內肥料重量與撒布落點分布。
- (四) **搬運車速試驗**：因本研製之施肥撒布裝置乃附掛於賜合牌SH-26GW搬運車，因此測試瞭解該搬運車引擎轉速及車速對施肥作業效率之影響。在引擎怠速及一般操作油門位置時，先利用轉速計量測引擎轉速，並於平坦道路行駛100 m以測量時間，測計算平均車速。
- (五) **不同質地肥料撒布試驗**：不同質地之肥料進行撒布試驗，試測時撒布機油門位置固定為刻度1.5，肥料桶閘門開度為中(開口4 cm)，實際於田間撒布，觀察各種不同質地之肥料是否發生阻塞或產生架橋現象，以了解撒布機適用範圍。
- (六) **田間作業效率試驗**：田間實際作業效率分別於太麻里、知本及康樂測試。使用43號複合肥料，裝載6包共240 kg於肥料桶，由不同人駕駛操作以試驗田間作業效率。
- (七) **作業成本分析**：將各項試驗數值及設定條件以公式計算作業成本(Ca)⁽⁶⁾，其公式如下：
- $$Ca = (D + I + M + F + L) / A \quad (1)$$
- 其中D、I為固定成本之折舊及利息，M、F及L為變動成本之維修油料及人工費用，將各項費用經轉換如下
- $$= P(1 - \alpha) / AN + P \cdot i(1 + \alpha) / 2A + P \cdot Cr / AN + f \cdot Hp \cdot H / A + Lc \cdot H / A \quad (2)$$

其中

Ca : 作業成本(NT\$/ha) operation cost

P : 機械購入價格(NT\$) device price

A : 作業面積(ha/year) operation area

N : 使用年限(years) useful life

α : 機械報廢時殘留價格與購入價格比值 residual price and purchase price ratio

i : 年利率 annual interest rate

Cr : 總維修費用與購入價格比值 maintenance cost and purchase price ratio

f : 燃油與潤滑油費用(NT\$/hp · hr) fuel and lubricant costs

Hp : 機械之馬力數(hp) device horse power

H : 作業時間(hr/year) operation time

Lc : 操作人員工資(NT\$/hr) operator salary

結果與討論

一、搬運車附掛施肥撒布裝置設計及製造

本場研製搬運車附掛施肥撒布裝置(圖1)，特點為本裝置可附掛於市售之搬運車產品以節省開發及購置成本，如農友已購置搬運車，則可直接加裝運用。考量果園操作條件，設計以常用之中、小馬力型式搬運車為主，本機以6.5 Hp小型搬運車為載具，所需之載臺尺寸為80 cm×120 cm，因載臺需承載鼓風撒布機、肥料桶、肥料及撒布管等，故搬運車載重至少需300 kg以上。另載臺材質為可方便拆卸之木板，以方便日後加工及附掛拆卸。



圖1. 研發之搬運車附掛施肥撒布裝置

Fig. 1. Developed of fertilizer spreader device mount on farm wagon

本施肥撒布裝置，以背負式動力撒布機改裝研製而成，並以氣流為動力進行肥料撒布，與傳統離心撒布原理不同。其氣流動力來源乃以一般背負式鼓風肥料撒布機之風機改裝而成，將原有肥料桶拆除，降低高度並減少空間，且另製作檔板，將肥料桶開口阻絕，以防止氣流由上方吹出。鼓風機安裝於搬運車駕駛座後方，可方便操作鼓風機之引擎油門。

肥料桶使用厚度1.5 mm之不鏽鋼板製成，肥料桶以1 inch圓管製成框架固定於車臺木板上，可容納240 kg複合肥料，料桶斜板最小角度為35°，可避免肥料無法順利滑下情形。肥料桶上方設置2 mesh之不鏽鋼網，可將結塊之肥料篩除，以免阻塞下方閘門及撒布管。肥料桶下方具有閘門結構，可調節肥料流量。為有效控制流量，閘門開度以6 mm圓棒連接於駕駛座旁控制桿；控制桿固定座以螺絲固定於車台，使控制桿可連同整個結構，方便獨立拆卸。

撒布管以PVC管為主體，先經文氏管結構，再經Y形管將肥料導向車臺兩側。文氏管結構以3.5 inch管組成，上方接一弧形漏斗而成，弧形漏斗可使用市售肥料撒布機零件修改而成，外面以環氧樹脂成形。目前PVC管無Y形管結構，後方Y形管結構以環氧樹脂成形，再與45° PVC彎管連接而成，並於上方鑽6 mm孔，安裝70 mm×50 mm之橢圓形控制閘門，可同時調整兩側肥料流量之平衡，或將一側關閉進行單邊撒布。閘門同樣以6 mm圓棒連接於駕駛座旁控制桿，與出料閘門控制桿固定於同一座上。

研成之撒布裝置於施肥時是以動力撒布機為動力，利用鼓風機產生氣流，經有文氏管結構之撒布管，可產生負壓吸力，不會產生揚塵。文氏管上方接肥料桶下方出口，肥料因重力及文氏管產生之吸力，落入撒布管後隨氣流吹送，最後由Y形結構撒布管，均勻撒布於車台兩側田區。肥料利用氣流輸送撒布，其優點為結構簡單不需特別保養，無活動機構與肥料接觸，不會因肥料侵蝕產生機構故障。且與肥料接觸之部位為不鏽鋼及PVC材質，不易產生鏽蝕問題，使用後以清水沖洗即可，保養容易，故障率低，為一兼具高效率、低故障及低成本之施肥機械。

二、撒布機轉速、風速及噪音試驗

將撒布機油門位置固定於刻度1、1.5、2及2.5，各量測4次取平均值，量測結果如圖2。得知撒布機引擎轉速越高，風速及噪音越大。撒布機油門於刻度1的位置(最小)，出口風速即可達70 km/hr，可正常吹出撒布管內之粒狀化學肥料，因此不會造成撒布管內積料阻塞，而操作油門於刻度1的位置(最小)，其噪音值即已超過90 dB，因此建議操作時配帶耳罩保護操作人員。

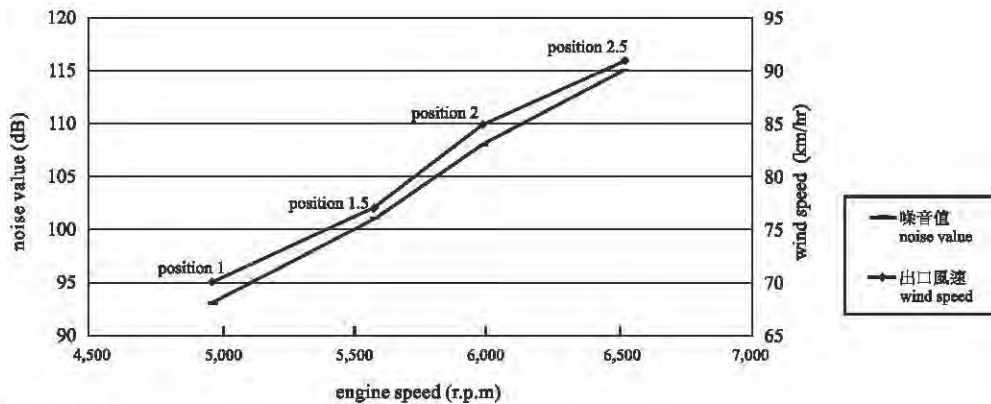


圖2. 撒布機引擎轉速與噪音及風速關係圖

Fig. 2. The diagram among spreader engine speed, noise and wind speed

三、肥料桶閘門開度及肥料量試驗

經3種不同肥料桶閘門開度及3種油門位置交互配合，共9種組合，量測每分鐘肥料流量，取3次平均，結果如表1。顯示利用肥料桶閘門開度與撒布機油門位置之不同組合，肥料流量介於8.78 kg/min至26.34 kg/min。閘門開度越大，肥料撒布量越大，油門越大風速越大撒布量亦會增加，但增幅不如閘門開度。因此，閘門開度較撒布機油門位置對肥料流量影響較大。未來田間作業時，建議固定撒布機油門位置，以閘門調節控制肥料流量變化，不需再改變撒布機油門位置。

表1. 肥料桶閘門開度與撒布機油門位置對肥料流量影響

Table 1. Effect by different of fertilizer bucket valve opening and spreader throttle position on fertilizer flow

Fertilizer bucket valve opening	Spreader throttle position		
	1	1.5	2
	kg / min		
1(2 cm)	8.78	10.02	11.05
2(4 cm)	17.23	18.11	18.69
3(6 cm)	25.42	25.16	26.34

四、撒布距離與分布試驗

量測各水稻秧苗盤內肥料重量(如圖3)。結果顯示定點的肥料的分布略呈橢圓形，油門位置刻度在1、1.5及2時，肥料的最多落點分別在車臺兩側之135 cm、165 cm及195 cm處。可知當引擎轉速越快，風速越快，肥料落點則越遠。左右兩側之撒布距離及分布略有不同，可透過Y型閘門進行調整。當車輛行進時肥料撒布為均勻的寬條狀，峰值正落於樹冠下。

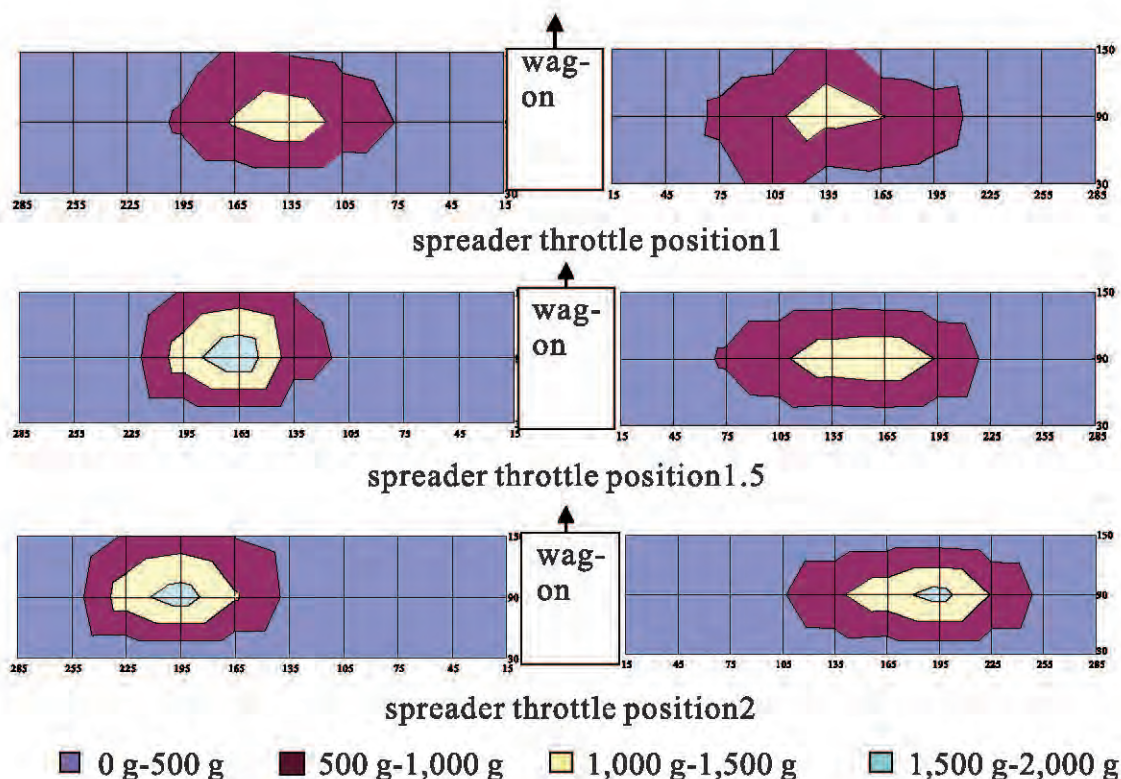


圖3. 撒布機油門位置與撒布落點分布

Fig. 3. Distribution diagram by different spreader throttle position

五、搬運車速試驗

經不同檔位測量時間後計算搬運車速率如表2。一般操作下速度介於2.2 km/hr-11.6 km/hr，因此類小型搬運車之高、低速間換檔可行進間操作，不須停車後變換，故一般田間作業，建議田間操作時直線以高速作業1檔，轉彎時以低速1檔作業，可兼具操作便利性、安全及效率，未操作施肥撒布時，則可以2檔作為肥料裝運時之移動。

表2. 搬運車各檔位與速度變化情形

Table 2. Various transmission positions and speed changes of the wagon

Engine speed	Sub transmission	Position 1	Position 2
		km / hr	
1,280 r.p.m (normal)	low	2.2	6.4
	high	4.3	11.6
750 r.p.m (slow)	low	1.3	3.8
	high	2.5	6.8

六、不同質地資材撒布試驗

試驗粉狀苦土石灰、結晶狀氯化鉀(約2 mm - 3 mm結晶體)及圓柱狀有機質肥料(直徑約5 mm，長度為5 mm -12 mm)等不同質地之單質肥料撒布情形，結果均可順利撒布，惟粉狀苦土石灰撒布後會造成揚塵(圖4)，建議與其他單質元素混合後施用以減少揚塵。若進一步分析，以目前常用之離心撒布機在施用粉狀資材亦會造成揚塵，此為粉狀肥料之特性。



圖4. 撒布粉狀資材易造成揚塵

Fig. 4. Dust drift caused by spreading powdered material

七、田間作業效率及油耗試驗

經3處試驗量測作業面積、時間及油耗量以計算田間作業效率及油耗結果如表3，平均作業效率為1.43 ha/hr，此為純粹撒布之作業效率，不包含肥料及裝填及補充，較人工作業0.2 ha/hr，提升7倍效率。作業效率差異主要為田區之地形及種植行距所造成，另也有小部分為操作者的因素，但主要還是田區是否方正，是否常需減速迴轉所造成。由於使用同一組機器設備，因此油耗值差異不大，搬運車之平均油耗為240 cc/hp-hr，撒布機油耗為337.7 cc/hp-hr。

表3. 搬運車附掛施肥撒布機不同地點的作業效率及油耗

Table 3. Operation efficiency and fuel consumption of fertilizer spreader device mount with farm wagon at different locations

Locations	Area (ha)	Operation time (min/sec)	Efficiency (ha/hr)	Wagon fuel consumption (cc/hp-hr)	Spreader fuel consumption (cc/hp-hr)
Timali	0.46	15'6"	1.83	244	324
Zhiben	0.5	20'16"	1.48	236	352
Kangle	0.25	15'7"	0.99	241	337
Average			1.43 ± 0.3	240.3 ± 3.3	337.7 ± 11.4

八、搬運車附掛施肥撒布機成本分析

搬運車附掛施肥撒布機當初開發之主要訴求，即是希望價格合理且可以使用現有設備改裝，因此機體設計使用搬運車及鼓風機可不需加工，即可使用，且拆裝不需任何工具，原有搬運車或鼓風撒布機均可不需再購買而直接運用，因此分析搬運車附掛施肥撒布機之成本約可分為三種情況，1.購置整臺機器，2.已經有搬運車，只要加裝載臺上之施肥撒布機構及3.已經有搬運車及鼓風機可將這兩項扣除，分析結果如表4，最高購置成本為112,000元，最低則為35,000元，即可於現有機械上進行施肥機械作業。

表4. 搬運車附掛施肥撒布機成本分析

Table 4. Cost analysis of fertilizer spreader device mount with farm wagon

Item	Case 1 whole set (NT\$)	Case 2 without farm wagon (NT\$)	Case 3 without farm wagon and spreader (NT\$)
Farm wagon	65,000	-	-
Spreader	12,000	12,000	-
Fertilizer bucket	10,000	10,000	10,000
Bucket frame	5,000	5,000	5,000
Spreader pipe	5,000	5,000	5,000
Valve and control bar	5,000	5,000	5,000
Mesh	5,000	5,000	5,000
Installation fee	5,000	5,000	5,000
Total	112,000	47,000	35,000

九、作業成本分析

作業成本分析利用本次試驗所得的資料包括作業效率及油耗，並轉換為以公頃為單位之值以計算每公頃成業成本，轉換後每公頃平均作業時間為0.69 hr，每公頃所需油耗為1.93 l。利用表4機械成本分析，以112,000元為購入成本配合表及表之量測及設定，若僅管理1公頃則利用公式(1)分析，則單位面積的作業成本為3,589 NT/ha，因單位作業成本與管理面積呈負相關，管理面積越大，則單位作業成本越低。依此計算方式分析管理面積分別為1、2、3、5及10 ha的Ca值，另與表中情況一、情況二及情況三之不同購買成本計算，與人工作業效率0.5 hr/ha之費用1,250元比較如圖5。由此可知，如情況一以112,000元購置機械，則管理面積需大於3 ha以上，其作業成本才可低於人工施肥之作業成本；如情況二以47,000元購置相關機械，則需管理約1.5 ha，如情況三以35,000元購置相關機械，則僅約管理約1 ha，其作業成本即可低於人工施肥之作業成本。

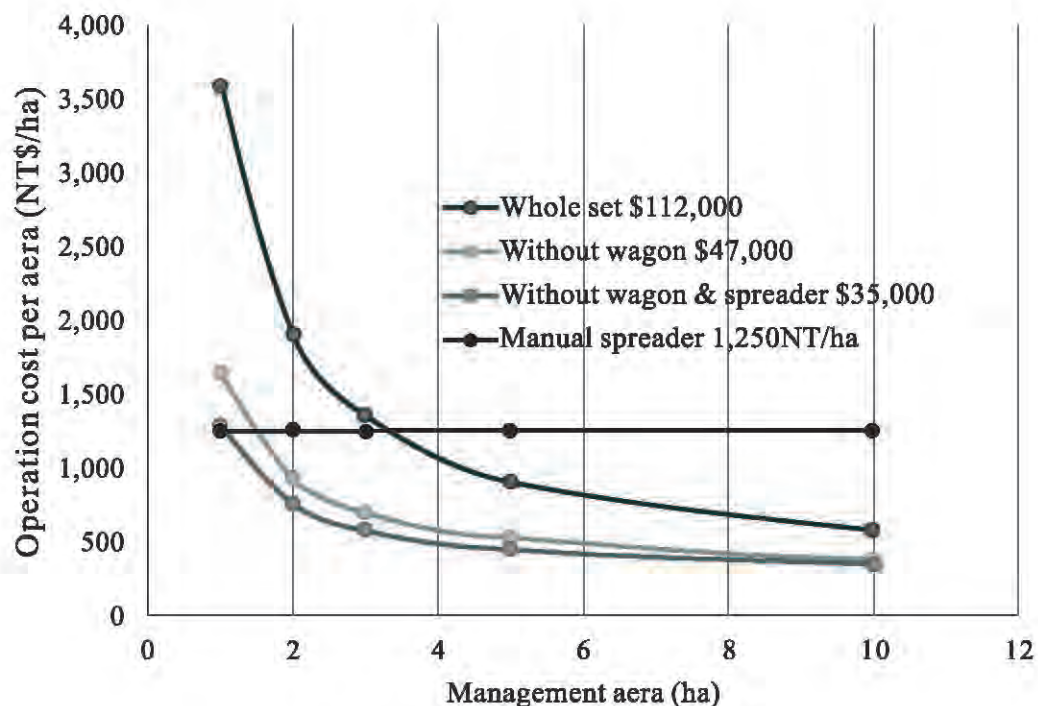


圖5. 管理面積與作業成本關係

Fig. 5. Relationship between management area and operation cost

結 論

搬運車附掛施肥撒布裝置具有結構簡單及可配合現有農機具使用之優點，無活動機構與肥料接觸，不會因肥料侵蝕產生機構故障。使用後以清水沖洗即可，保養容易，故障率低。於番荔枝果園作業，車輛行進時肥料撒布為均勻的寬條狀，峰值正落於樹冠下，可撒布一般複合肥料，粉狀苦土石灰、結晶狀氯化鉀及圓柱狀有機質肥料，利用肥料桶閘門開度與撒布機油門位置之不同組合，肥料流量介8.78 kg/min至26.34 kg/min，適用於番荔枝果園施肥作業。搬運車附掛施肥撒布機於番荔枝果園作業，效率平均為1.43 ha/hr，較人工作業0.2 ha/hr，提升7倍效率；搬運車及鼓風撒布機之油耗總合為1.93 l/ha。以47,000元購置相關機械，則需管理約1.5 ha以上，以35,000元購置相關機械，則僅約管理約1 ha以上，其作業成本可低於人工施肥之作業成本。

參考文獻

1. 田雲生、龍國維。2005。果園用乘坐式多功能割草機。臺中區農業專訊49:10-13。
2. 林永順、曾得洲。2001。果樹施肥撒布機之試驗研究。臺東區農業改良場研究彙報12:1-7。
3. 林永順。2008。承載式施肥機之開發。臺東區農業改良場技術專刊特3輯。臺東：行政院農業委員會臺東區農業改良場。
4. 林慶喜、陸應政、邱澄文。果樹立體施肥機之研製。花蓮區農業改良場研究彙報9:25-32。
5. 張繼中。2010。果園肥培及土壤管理。出自”番荔枝生產管理手冊”，32-41。臺東：行政院農業委員會臺東區農業改良場。
6. 陳加忠、賴建洲。1989。雜糧收穫機械使用成本之研究。中華農業研究 38(3):374-378。
7. 曾得洲、林永順。1995。果園中耕施肥機之研究。臺東區農業改良場研究彙報6:71-81。
8. 鄭仁勝、謝孟翰、陳昱初。2013。乘坐式果園開溝兼施肥機之研發。出自”102年度農業工程與自動化計畫成果研討會論文集”，96-99。臺中：行政院農業委員會農業試驗所。
9. 行政院農業委員會農業統計年報<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>，於2018年6月收集。

Development and Experiment of Fertilizer Spreader Device Mounted on Farm Wagon

Jeng-Lung Huang¹

Abstract

Sugar apple is the most important fruit tree in Taitung. Farmers usually applied fertilizer by hand, which is a hard work and very labor-intensive. There are several kinds of fertilizer spreaders have been developed in the past, but none has been used successfully in sugar apple orchard, due to for price, mechanical stability, and other reasons. We developed fertilizer spreader device mounted on farm wagon in this research. Experiments results showed the fertilizer spreader device mounted on farm wagon can apply many types of solid fertilizers in sugar apple orchard, and spread 8-26 kg fertilizer per min, the fertilizer was located at 1.35 m both sides of the platform on the ground. The average operation rate is 1.43 ha/hr, that is 7 times of manual operation (0.2 ha/hr). Based on the cost analysis, scenario III of purchasing spreader machinery at 35,000 NT\$ and operating on a minimum area of 1 ha will be more economical than hand applying operation.

Keywords: Sugar apple, Fertilize, Fertilizer spreader device mounted on farm wagon, Cost analysis

¹ Associate Researcher of Taitung DARES, COA.