

介質槽耕鬆土機具之研製¹

吳浩銘、張金元、田雲生²

摘 要

本研究係針對溫室設施槽耕栽培重覆利用之介質，試驗研製一臺槽耕鬆土機具，以市售小型中耕管理機進行設計改良，並利用支撐輪、導輪、撥片等輔助結構，使該中耕管理機得以應用刀軸迴轉產生前進動力，促使機具在鬆土作業時，能自行向前移動與作業，不需再由額外的動力輔助。研製完成之槽耕鬆土機具長600 mm、寬420 mm、高540 mm，機體總重為13.5 kg，經試驗結果顯示，採用本機鬆土可較人工作業縮短6倍時間，並且介質團粒細碎效果可提升13.77%，達到省工省時之效果。

關鍵詞：鬆土機、鬆土、介質槽耕、栽培槽。

前 言

臺灣位處於亞熱帶與熱帶區，四面環海，受到大陸型、海洋型氣候與中央山脈地形的影響，致天候環境複雜多變化⁽¹⁾，經常受到颱風、暴雨、乾旱及熱浪等天然災害的侵襲，易造成極大的農業生產災損，無法短時間內復耕，導致產銷失衡，使得農產品物價因而上漲。以果菜類作物而言，目前慣行之匍匐式栽培在遇連續性豪雨時，常造成耕地積水或淹水，導致果實腐爛或裂果情形，嚴重影響產量及收益。若能藉由溫室設施內之耕植槽栽培，進行直立式與離地生產，可克服前述的不利因子，並改善果品外觀和品質，以及提高產量與收益⁽³⁾。因此近年來，蔬菜、瓜果的栽培方式已由露天栽培改為各類設施溫網室的生產模式，期藉由改善栽培環境，以減輕災害損失，達到穩定生產、增加產量、提高品質，甚至調節產期、計畫生產的目的，相較於傳統的露天栽培方式優異⁽⁸⁾。但臺灣地區設施內環境溫度高，易加速栽培介質的分解，使團粒構造被破壞或結塊；另介質更容易密實，改變其通氣性及排水性，影響作物根系發育⁽⁷⁾，因此須實施鬆土作業，使介質質地膨鬆，以促進通氣和排水效能，進而提高果實收穫量及品質⁽⁴⁾。

現今溫室設施內介質栽培生產以容器(袋耕、籃耕、植槽耕)居多^(7,9)，鬆土作業因空間條件受限，目前以人工作業為主，且尚未有適用機械輔助或取代人力作業。由於鬆土作業，須耗費極多的時間及人力，相關栽培農友希望能有機械化作業。因此本研究試驗研製適合槽耕栽培使用之鬆土機械，可提供農友進行耕植槽鬆土作業，藉以減輕人工負荷，提高工作效率，以及改善介質質地，促進作物生長。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0893 號。

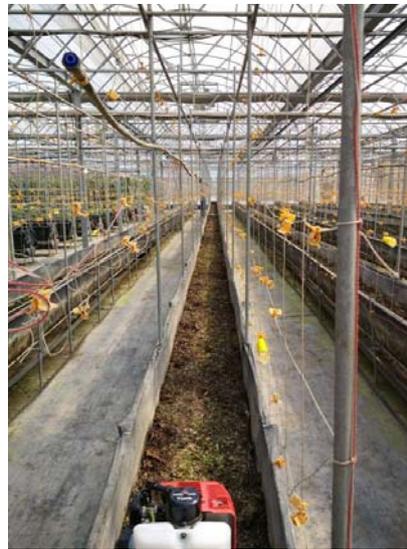
² 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究助理、助理研究員、副研究員。

材料與方法

試驗設備與材料

試驗設備：本研究試驗研製之槽耕鬆土雛型機具。

試驗場地：本場蔬菜溫室之長、短耕植槽，長耕植槽尺寸全長為35.6 m、高度為0.3 m、寬度為0.45 m，短耕植槽則為7 m，栽培介質高度約為0.2 m，以U型槽架高立體化，該耕植槽如圖一所示。蔬菜溫室耕植槽內輪流種植小果番茄、洋香瓜、南瓜等農作物，待其收穫後、再次栽植作物前進行鬆土作業，以進行各項測試調查工作。



圖一、本場蔬菜溫室之耕植槽

Fig. 1. A vegetable planting groove in greenhouse

試驗材料：栽培介質為Peltracom，添加珍珠石與黑泥炭成分，水分60~70%，pH值5.5~6.5，於本場蔬菜溫室內種植小果番茄，栽培期為時5個月後進行耕植槽鬆土試驗。

量測器材：計時器(CABORT 168，精度0.01 sec)、電子秤(AND GF-3000, MAX: 3,100 g, MIN: 0.5 g)、標準篩網(RETSCH，篩面直徑200 mm，篩網高度50 mm，圓型篩孔，孔徑2.80 mm、3.15 mm、3.55 mm、4.0 mm、4.50 mm、4.75 mm、5.0 mm共7個)、3號篩網(KUANG YANG, NO.3, 網目 6.35 m/m)、皮尺(50 m)、鐵尺(60 cm)等。

試驗方法

一、中耕管理機之調查選用

蒐集中耕管理機相關文獻^(2,5,10)，調查市售中耕管理機種類，尋求符合本場蔬菜溫室內耕植槽適用之機具，並進行設計改良與應用。

二、槽耕鬆土機具之設計研製

參考小型中耕管理機鬆土作業情形，拆除操作把手，在無輔助輪的情況下，僅依靠耕耘刀迴轉時，產生向前移動之慣性與動力，自行向前移動與進行鬆土。又參酌雪橇及支撐輪作業方式，試製3種形式支撐架，以支撐迴轉耕耘刀，並進行測試調查，以獲得最適合之支撐架。其中雪橇是以19 mm鋁管製作成支撐架，另以不銹鋼方管及角鋼組成支撐輪，並於本場蔬菜溫室內耕植槽進行鬆土試驗，選擇最適鬆土機具並進行修正改良。

三、槽耕鬆土機具作業效率測試

研製完成之槽耕鬆土機具進行性能、效率等試驗調查，並於蔬菜溫室內進行槽耕鬆土作業測試，調查其行走速度、鬆土時間、鬆土情況、作業效率，以及栽植作物前後栽培介質團塊細碎效果等試驗。

結果與討論

一、中耕管理機之調查選用結果

規劃以現有小型中耕管理機械進行研製改良，以減少設備投資成本、節省人力、縮短作業時間及降低生產成本。因耕植槽的槽寬0.45 m之限制，以及一般中耕管理機多應用於田間鬆土、開溝作業，所以整體機具尺寸大於耕植槽之尺寸，較不適用於耕植槽內使用，因此目標設定在無行走裝置之小型中耕管理機，僅靠耕耘刀迴轉之動力向前行進鬆土，由操作者控制行進方向，且耕寬需符合耕植槽內寬度。經選定之小型中耕管理機如圖二、規格如表一所示。選定之小型中耕管理機全寬為490 mm (含護蓋部分)，將配件拆除僅留引擎本體及耕耘刀，則其尺寸為長420 mm、寬250 mm、高540 mm，符合耕植槽的槽寬限制，故選用此小型中耕管理機為本研究改良之機型。



圖二、用於改良的小型中耕管理機

Fig. 2. The original shape of cultivator

表一、小型中耕管理機之規格

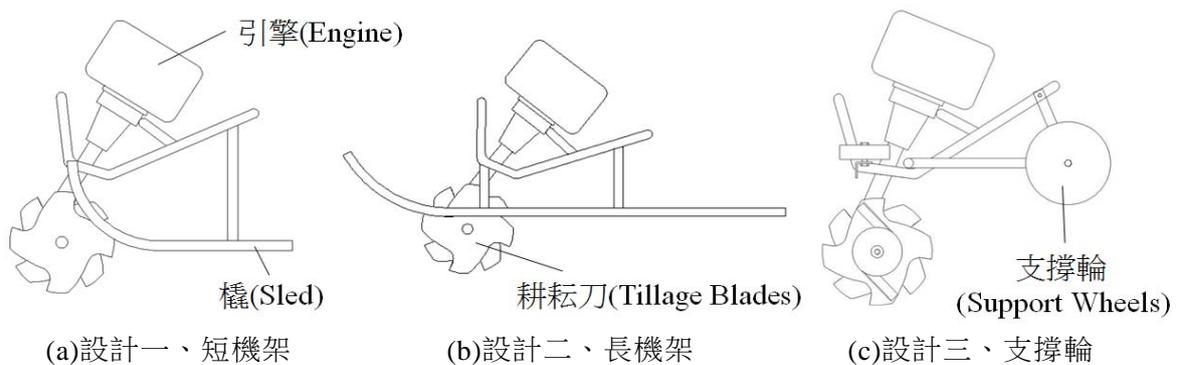
Table 1. Specifications of small cultivator

Factory Brand	CA-250
Engine	MITSUBISHI TU26 Two-stroke gasoline engine
Engine Displacement	25.6 cc
Fuel Tank Capacity	0.6 L
Machine Weight	12 kg
Dimensions	L: 980xW: 490xH: 1060 (mm)
Arbor Width	250 mm
Arbor Diameter	200 mm

二、槽耕鬆土機具之研製結果

(一)槽耕鬆土機雛型規劃設計

規劃以小型中耕管理機為鬆土及行走動力，並設計以19 mm鋁管製作成短機架、長機架，以及不銹鋼方管及角鋼組合成支撐輪等3種樣式，經設計完成3種樣式之槽耕鬆土機具示意圖如圖三所示。短、長機架設計構想因栽培介質於農作物收穫後，因作物根系及肥水澆灌呈現結團結塊狀，經鬆土後栽培介質則變膨鬆狀態，因此為防止槽耕鬆土機具沉陷，採用雪橇之構想試製此2款示機架；支撐輪則是採反向思考，使槽耕鬆土機具之耕耘刀沉入介質中，並維持整體機具於同一角度作業，所規劃設計出此樣式支撐輪形式。



圖三、三種樣式之槽耕鬆土機具示意圖

Fig. 3. The diagrams of groove tillage mechanism

(二)三種樣式槽耕鬆土機具之初步試驗結果

完成三種樣式之槽耕鬆土機雛型如圖四所示，並進行耕植槽的鬆土作業測試，經初步試驗結果如下：

- 1.短機架因栽培介質鬆軟，使得槽耕鬆土機作業時，支架會沉入介質中，使機具受阻力而停滯不前。
- 2.長機架則因架子延伸至前端，使得在鬆土作業時，產生整臺機具架空現象，而其耕耘刀原地空轉，導致機具停滯不前。
- 3.支撐輪方面，當後著地輪與引擎本體夾角過大或過小時，會造成槽耕鬆土機具原地運轉停滯不前的現象產生，當調整角度為 65° 後，其槽耕鬆土機具會緩慢前進與進行鬆土作業。

綜上試驗結果，短、長機架在鬆土作業時，皆發生停滯不前進的現象，唯有支撐輪樣式，在鬆土作業時呈現緩慢前進，且較其他樣式適合於耕植槽作業，因此本研究持續再針對支撐輪樣式進行設計修改，使該鬆土機具更臻完善。

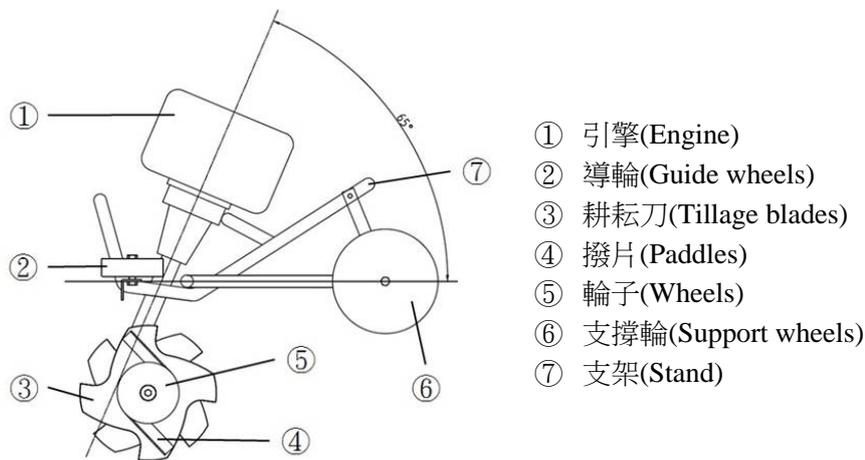


圖四、三種樣式之槽耕鬆土機具

Fig. 4. Three kinds of groove tillage equipment

(三)改良之支撐輪型式鬆土機具試驗結果

小型中耕管理機拆除把手及擋土板後，機身總重約12 kg，研製改良完成之槽耕鬆土機具，示意圖如圖五所示。全機包括引擎、迴轉刀軸，並經新增裝設支架、支撐輪、導輪、撥片、輪子等輔助裝置，使槽耕鬆土機具總重增為13.5 kg，整體尺寸為長600 mm，寬420 mm，高540 mm。

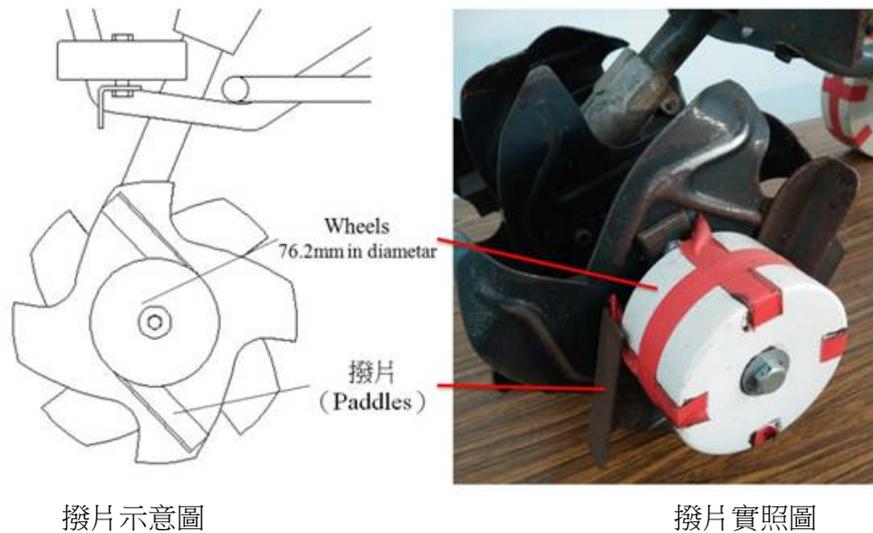


圖五、改良之支撐輪式槽耕鬆土機具示意圖

Fig. 5. The groove tillage mechanism after improvement

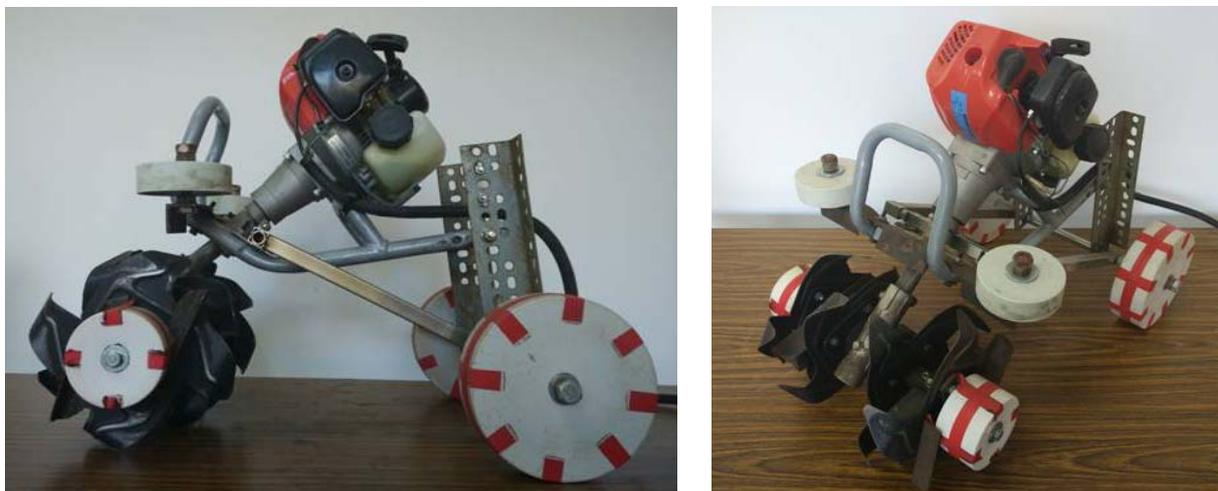
支撐輪形式之鬆土機具，係利用角鋼調整支撐輪與槽耕鬆土機之角度，用以鬆土作業時使槽耕鬆土機維持固定角度進行作業，並於耕耘刀左右兩側各加裝四片撥片，如圖六所示。撥片採用等角角鋼尺寸為40 mm × 40 mm × 70 mm，以增加在鬆土作業時之前進動力。另於耕耘刀外側加上76.2 mm之輪子，其具有支撐之功能，用以防止在鬆土作業時，耕耘

刀軸沉入土中，並與耕植槽底部發生碰撞。在引擎提把架上設置76.2 mm導輪，鬆土作業時使槽耕鬆土機能平穩的行走於耕植槽內，改良完成之槽耕鬆土機具如圖七所示。



圖六、撥片局部圖

Fig. 6. The shape and location of paddles



圖七、改良完成之槽耕鬆土機具

Fig. 7. Groove tillage equipment after final improvement

三、槽耕鬆土機具作業比較與效率測試結果

(一)槽耕鬆土機鬆土結果

以本場蔬菜溫室內短耕植槽試驗耕植槽長7 m為試驗場地，進行現行人工與鬆土機具之鬆土作業比較，測試兩種方式鬆土所花費時間及鬆土結果，以重複3次求平均值，試驗

結果如表二所示。人工鬆土的過程是以尖鏟、釘耙挖鬆耕植槽內的介質，再以人工手撥方式將表土整平，因此底部仍有結塊介質未破碎，隨機取樣鬆土後並經過3號篩網(6.35 mm)，篩選後介質團粒殘留率達27.78%，並採用標準孔徑2.80、3.15、3.55、4.0、4.50、4.75 和 5.0 mm共7個標準篩網，進行粗細度篩選，將置留於篩網上之物料重量所佔比例各乘於加權係數，其乘積之總和除以100，求得粗細度值，並將篩析方式所得之粗細度值(FM)經公式 $Da=0.104 (2)^{FM}$ ，算出物料平均粒徑值，試驗結果如表三所示，其顆粒平均直徑為2.17 mm；使用槽耕鬆土機具進行鬆土，其介質團粒只剩較小結塊，篩選後的殘留率為14.01%，顆粒平均直徑為1.16 mm，其介質結塊細碎效果可較人工鬆土提升13.77%，且由圖八及表二資料顯示，機械鬆土較人工鬆土為佳，可節省人工及作業時間。

表二、槽耕鬆土機具與人工作業之比較

Table 2. Comparison of groove tillage equipment and manual operations

Item	Groove length (m)	Time spent (s)	Weight of samples (g)	Residual weight screen by NO. 3 mesh (g)	Residual rate ¹ (%)	Moisture content (%)
By manual	7	384	2,097.75	582.76	27.78	65.3
By Machine	7	196	2,127.73	298.12	14.01	66.7

¹ Residual rate of new Peltracom substrate is 5.68%; Moisture content is 64.4%.

表三、介質耕鬆後粗細度之比較

Table 3. Comparison of fineness modulus of substrate after tillage

Mesh Size (mm)	Weighting factor	By machine		By labor	
		On the standard screen (%)	Product	On the standard screen (%)	Product
5.00	7	4.05	28.35	25.69	179.83
4.75	6	4.64	27.84	8.98	53.88
4.50	5	16.46	82.30	14.75	73.75
4.00	4	21.96	87.84	13.80	55.20
3.55	3	36.22	108.66	22.86	68.58
3.15	2	3.99	7.98	1.51	3.02
2.80	1	4.70	4.70	3.67	3.67
Chassis	0	7.98	0	8.74	0
Total		100	347.67	100	437.93
Fineness Modulus (FM)			3.48		4.38
Da (mm)			1.16		2.17



(a) The medium of the manual residue ripper (b) The medium of the mechanical residue ripper

圖八、人工與機械鬆土介質篩選結果之比較

Fig. 8. Comprison of groove tillage results by manual and mechanical operation

(二)槽耕鬆土機具作業效率測試結果

以本場蔬菜溫室內長耕植槽為試驗場地，耕植槽全長約為35.6 m，測試距離設定以35 m為準，測試槽耕鬆土機具鬆土作業效率，並重複測試3次求平均值，試驗結果如表四所示。由結果顯示，35 m耕植槽鬆土作業完成僅需279 sec，其平均速度為0.125 m/s (7.5 m/min)，標準差為 1.247×10^{-3} ，相當於每公尺需花費8.0 sec，但以人工鬆土作業的話，作業時間則需花費30 min以上，因此槽耕鬆土機具較人工鬆土作業時間縮短約6倍。

表四、槽耕鬆土機具作業效率

Table 4. The capacity of groove tillage equipment

Frequency	Length(m)	Time(s)	Working Capacity(m/s)
1	35	275sec	0.127
2	35	282sec	0.124
3	35	280sec	0.125
Average	35	279sec	0.125

結論與建議

一、結論

試驗研製完成1臺槽耕鬆土機具，全機尺寸為長600 mm、寬420 mm、高540 mm，總重13.5 kg。其應用刀軸迴轉產生前進的動力，促使機具在鬆土作業時，能自行向前移動，不需再由額外的動力輔助，可減輕機具重量而易於攜帶、搬運，減少機體構件，降低成本。槽耕鬆土

機鬆土情況較人工鬆土佳，以35 m長之耕植槽而言，人工鬆土作業時間需花費30 min以上，本機則只需花費279 sec，約為人工作業1/6的時間，且介質團粒細碎效果可提升13.77%。

二、建議

槽耕鬆土機具經測試結果顯示，已具初步成效，然因耕植槽內栽培介質量較少時，可能因介質深度較淺，產生耕耘刀與耕植槽發生觸底情形，以及槽耕鬆土機之油門操作若改以遙控操控，可不需因槽耕鬆土機的油門線跟隨移動操作；又現今環保意識抬頭，後續若能將引擎動力來源，更改為電動馬達動力源，可達到節能減碳之目標。

誌 謝

本研究承蒙農委會主辦之科技計畫項下補助經費。中興大學生物產業機電工程學系盛中德教授、建國科技大學自動化工程系暨機電光系統研究所樂家敏教授斧正，農機研究室全體同仁鼎力配合協助，方得以順利完成，謹此一併誌謝。

參考文獻

1. 交通部中央氣象局 2015 臺灣氣候特徵簡介 Available at: http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/climate_info/statistics/statistics_1_1.html. Accessed 14 August 2015。
2. 金三角機械五金 2015 中耕管理機 Available at: <http://www.g-trian.com> Accessed 14 August 2015。
3. 林楨祐、陳甘澍、林照能 2009 東方甜瓜之設施栽培技術介紹 農業試驗所技術服務 80: 8-10。
4. 郭魁士 1980 土壤學 p.451-461 中國書局印行。
5. 園村光雄 1995 農業機械學 p.95-125 科技圖書股份有限公司。
6. 盧福明 1986 農產加工工程學 p.7-8 茂昌圖書有限公司。
7. 戴振洋 2009 設施番茄介質耕栽培技術 臺中區農業技術專刊 173: 6~8。
8. 戴振洋、蔡宜峯 2008 不同養液肥料對介質栽培東方甜瓜之影響 臺中區農業改良場研究彙報 99: 61-72。
9. 戴振洋、陳榮五、蔡宜峯 2006 牛番茄介質耕栽培技術 台中區農業技術專刊。
10. 關昌揚 1997 農業機械學概論 p.227-243 徐氏基金會 臺灣 臺北。

Development of A Groove Tillage Used Media Culture¹

Hao-Ming Wu, Chin-Yuan Chang and Yun-Sheng Tien²

ABSTRACT

A tillage mechanism for loosening the media in groove was developed. Researchers re-equipped a commercialized small cultivator to fit the dimensions of groove in greenhouse. The design includes support wheels, guide wheels, paddles and other auxiliary structures, so that the cultivator can manipulate forward momentum which generated by axis rotation to prompt the equipment moving forward operation without any additional assistant power supply. The specifications of the groove plow cultivator is designed with 600 mm(L) x 420 mm(W) x 540 mm(H) and total body weight is 13.5 kg . The test results indicated that this cultivator apply for loosening the groove media is 6 times faster than by manual operation, and the efficiency for crushing aggregated medium is improved up to 13.77%. The developed groove tillage is proved to save working time and working efficiency.

Key words: cultivators, loosen, media culture, cultural groove

¹ Contribution No. 0893 from Taichung DARES, COA.

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