ISSN 2220-0363

行政院農業委員會桃園區農業改良場

研究彙報

第 80 期　　中華民國105年12月

目　次

1. 臺灣裡白葉薯榔（*Dioscorea matsudae* Hayata）植株性狀遺傳變異研究
龔財立、林順福 1

2. 海梨柑果實汁胞異常調查
施伯明、李國譚、李金龍 25

3. 杜鵑花新品種 ‘桃園 1 號-紅玫瑰’ 之育成
許雅婷、傅仰人、陳錦木 43

4. 甘藷基腐病發生生態研究及防治技術開發
張為斌、莊國鴻 57

5. 槽耕電動鬆土機之研發
吳有恒 71

行政院農業委員會桃園區農業改良場　編印
32745 桃園市新屋區後庄里東福路2段139號

行政院農業委員會桃園區農業改良場研究彙報
第 80 期

發 行 人：廖乾華
編輯委員：（依姓氏筆劃排序）
李阿嬌、林孟輝、姜金龍、施錫彬、莊浚釗、馮永富、傅仰人、羅秋雄
龔財立
審查委員：（依姓氏筆劃排序）
阮素芬、李瑞興、林長平、林慧玲、孫岩章、盛中德、張耀乾、葉德銘、
萬一怒、盧煌勝
出 版 者：行政院農業委員會桃園區農業改良場
地　　址：桃園市 32745 新屋區後庄里東福路 2 段 139 號
網　　址：http://www.tydais.gov.tw
電　　話：(03)4768216
出版年月：民國 105 年 12 月
定　　價：新台幣 350 元

Bulletin of Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station
Volume 80

Publisher：Chien-Hau Liao
Editorial Board：Ah-Chiou Lee, Meng-Huei Lin, Jin-Lung Jiang, Hsi-Pin Shih,
Chun-Chao Chuang, Wing-Fu Fung, Yang-Jen Fu,
Chiu-Shyoung Lo, Tasi-Li Kung
Reviewer：Su-Feng Roan, Ruey-Shing Lee, Chan-Pin Lin, Huey-Ling Lin, En-Jang Sun,
Chung-Teh Sheng, Yao-Chien Alex Chang , Der-Ming Yeh, Ye-Nu Wan,
Chung-Kee Yeh
Published by：Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station
No. 139, Sec. 2, Dongfu Rd., Houzhuang, Hsinwu Dist.,
Taoyuan City 327-45 Taiwan, Republic of China.
http://www.tydais.gov.tw
TEL：03-4768216
Publication month：December, 2016
List price：NT 350

行政院農業委員會桃園區農業改良場

研 究 彙 報

第 80 期　　中華民國 105 年 12 月

行 政 院
農業委員會 桃園區農業改良場 編印

32745 桃園市新屋區後庄里東福路 2 段 139 號

槽耕電動鬆土機之研發[1]

吳有恒[2]

摘　要

本研究開發架高式槽耕用電動鬆土機，藉以取代人力，高效率進行鬆土作業，除可減少溫網室作物栽培的人力需求及作業辛勞外，透過機械對土壤均勻的鬆土作用，亦可增加土壤透氣性及排水性，有利於作物的生長。電動鬆土機採用無刷直流馬達，將動力透過傳動軸傳輸至鬆土刀組以進行鬆土作業。此機輪距及鬆土深度均可調整，可適用於不同寬度的耕槽。本機每小時可鬆土 450 m^2，其作業效率為現行人力作業的 12 倍；且鬆土後介質的粗細度及栽培面的平整度均優於人力作業。電動鬆土機的重量輕，易於搬動，作業時無廢氣，適合溫室作業，除可用於槽耕鬆土作業外，亦可應用於有機質肥料的混合作業。

關鍵詞：電動式鬆土機、槽耕、介質栽培、省工

前　言

以架高式耕槽（Elevated-trough）進行離地栽培可降低土壤病蟲害，從而減少農藥使用量（林等，2009）；同時由於槽體被架高，在栽培、管理及收穫作業上亦較符合人體工學（賴，2012）。槽耕系統多樣，一般由鍍鋅鋼管形成主要結構，並以抑草蓆鋪設於鋼管上而形成槽體，槽體外側再鋪以 1 吋孔徑之塑膠網以支撐栽培介質重量；由於槽體架高且採用透氣材質，介質的透氣性與排水性佳，所生產的蔬果品質與產量均優於地面栽培模式，已被用於溫室草莓、番茄、甜椒、胡瓜及葉菜類的栽培上（陳等，2009；賴，2012；Feng *et al.*, 2012; Mears *et al.*,1975）。

---

[1] 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究報告第 487 號

[2] 桃園區農業改良場副研究員(通訊作者，yhwu@tydais.gov.tw)。

槽耕主要使用介質進行作物栽培，然由於介質價格昂貴，栽培業者均會重複使用，經一段時間栽培種植後，介質團粒容易密實，因而必須透過鬆土作業，以回復介質通氣性及排水性；再者，槽耕系統在作物收穫後，通常會施撒有機質肥料，藉以調整土壤狀態，以提供下一期作物生產所需的營養，為了能將其與介質均勻混合，亦需要鬆土機進行混合作業。然而，目前並無相關自動化機械可供槽耕栽培系統鬆土及有機質肥料混合使用，相關作業完全依賴人力。以人力手持鬆土耙進行鬆土作業，其效率極低，鬆土效果不佳；並且鬆土時需彎腰作業，極易對人體造成傷害。隨著槽耕栽培規模增多，自動化作業需求及迫切性遽增，開發適用於槽耕栽培之鬆土機械，藉以取代人力進行鬆土及有機質肥料混合作業，除可減少栽培人力需求、增加作業效率及減輕作業辛勞外；透過機械對介質均勻的鬆土及有機質肥料的混合，亦可增加介質透氣性、排水性及肥料分布的均勻性，有利於栽培作物的生長。

本研究針對溫室架高式槽耕系統及栽培介質特性，開發鬆土機。由於槽耕栽培多使用介質，其密度較一般土壤低，結構破壞力需求較小，因此鬆土機設計以馬達驅動，並以電池為動力源，達到輕量化設計目標。以電力取代引擎，除可減少引擎廢氣的污染（林等，2016；謝等，2013），適合溫室栽培作業使用外，亦為未來農機產業的重要發展方向。

材料與方法

一、電動鬆土機及作業方式

電動鬆土機如圖 1，包含以電池為動力源的鬆土裝置，及可調輪距與鬆土深度的移動輪組。鬆土裝置將馬達動力透過傳動軸及減速機構以驅動鬆土刀，並可利用控制器調控鬆土刀迴轉速度，以因應不同的介質特性需求。移動輪組上裝置有調整手輪，可依耕槽寬度調整行走輪距（圖 2）。整組鬆土裝置藉由一調整組件而被安裝於移動輪組上，此調整組件可將鬆土裝置上下（圖 2）及左右（圖 3）移動，操作者可依鬆土作業深度及位置進行調整。鬆土機作業方式如圖 4，移動輪組架設於耕槽槽壁上端的鋁管上，鬆土作業時，輕推即可使鬆土機穩定前進作業。

電動鬆土機動力系統採用 1 hp 無刷直流（Brushless direct current, BLDC）馬達（Thunder Tiger 72377TL GA25），其體積小、重量輕，可透過控制馬達上的繞組線圈電壓來控制馬達轉速，本機的 2 段轉速分別為 4,800 及 5,800 rpm。系統動力源採用

32V-5.8Ah 磷酸鋰鐵電池，重量 2.7 kg，可反復充電使用。

馬達轉速透過傳動軸連接減速比 50：1 的蝸桿蝸輪組以降低轉速並提高扭力，同時避免鬆土刀片反彈的力量損壞馬達。鬆土機鬆土刀片經減速後之 2 段轉速分別為 96 及 116 rpm。鬆土刀片採對稱方式裝設，共 4 片，材質為薄鋼片，每片直徑 0.22 m，每片刀片前端有 6 個折彎（圖 1）以供切割土壤使用，鬆土刀組之鬆土寬度為 0.35 m。

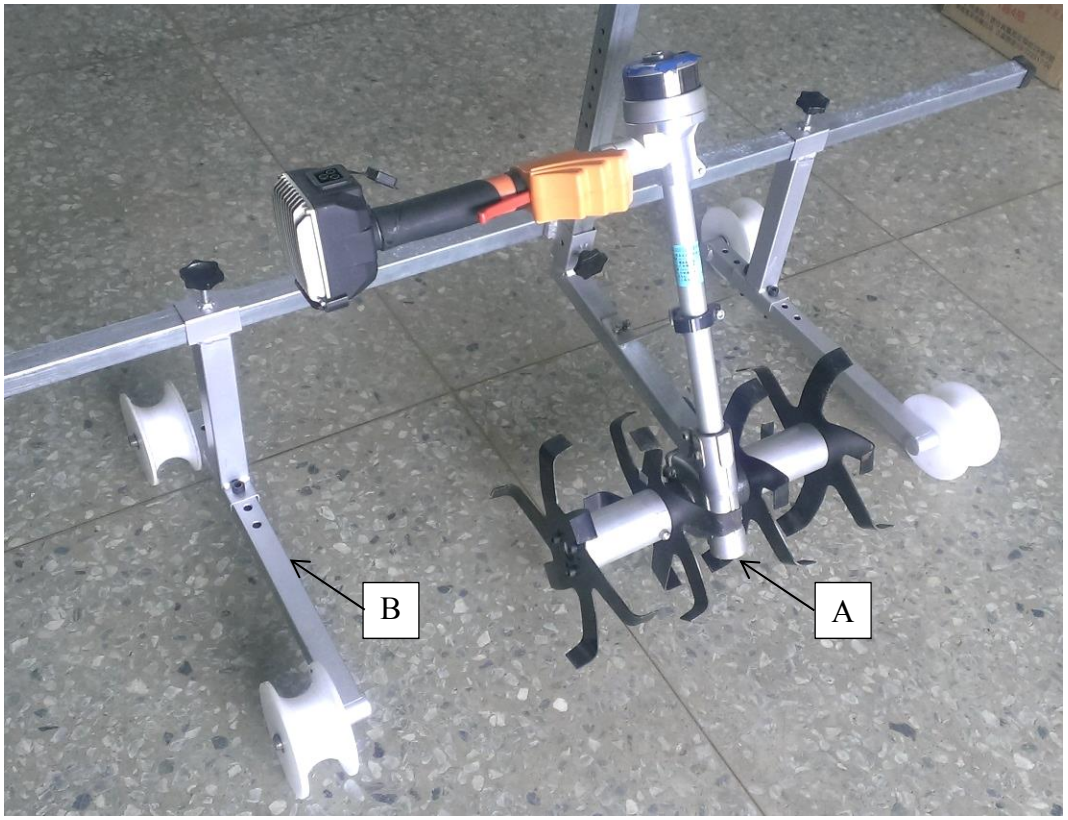

圖 1. 電動鬆土機。A.鬆土裝置；B.移動輪組

Fig. 1. Electric soil loosener. A. loosening soil device; B. moving wheels assembly.

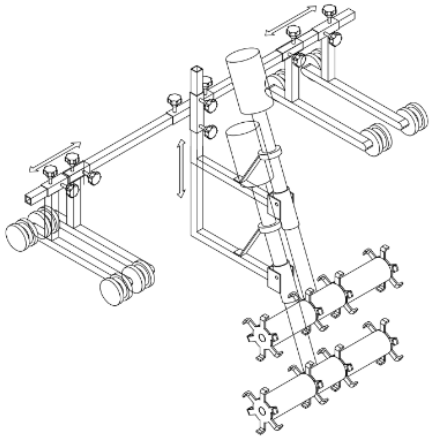

圖 2. 移動輪輪距可調及鬆土刀上下可調

Fig. 2. The track of the moving wheels is adjustable and the loosening blades can be adjusted up and down.

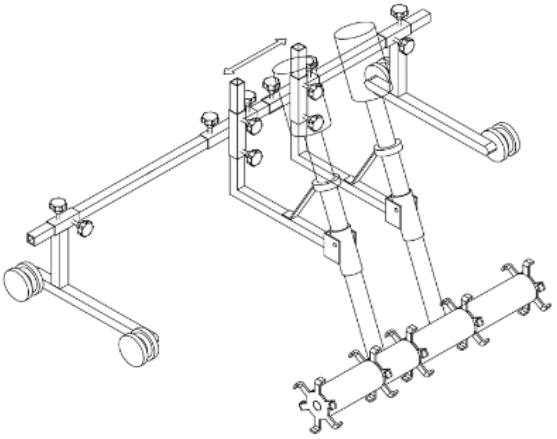

圖 3. 鬆土刀左右可調

Fig. 3. The loosening blades can be adjusted left and right.

圖 4. 電動鬆土機作業方式

Fig. 4. The operation of the electric soil loosener.

二、耕槽規格

試驗之耕槽位於桃園市楊梅區之塑膠布溫室內，此溫室內有數條平行耕槽，耕槽與耕槽相距 0.8 m。每一耕槽長 31 m，寬 1.05 m，高 0.35 m，槽體支架為鋅管構件，槽壁及槽底由 100%黑色抑草蓆架設於鋅管而成。耕槽內裝混合珍珠石的栽培介質，介質厚度 9-18 cm，槽寬斷面介質兩端較淺，中間較深，長期種植葉菜類作物，並於收穫後定期混入有機質肥料補充養分，種植期間僅進行澆灌作業。

三、性能測試

鬆土效率：以馬達轉速 5,800 rpm（鬆土刀轉速 116 rpm）進行鬆土效率測試。耕槽內介質為蔬菜收穫後放置 7 天之介質，其含水率 34.5%。鬆土前已去除介質表面殘葉；鬆土時，鬆土刀入土深度 8-12 cm，由一人背負電池同時輕推鬆土機向前進行鬆土作業，如圖 4。

鬆土效果：各取鬆土機鬆土後及人力鬆土後的介質 300 g，以 4、6、8、16 及 40 號標準篩網（篩孔 5, 3.35, 2.36, 1.18 及 0.43 mm）連續過篩，計算留存於各篩網及最底層的介質重量百分率，並繪製介質粒徑累積分布曲線，求取平均粒徑 D_{50}（粒徑累積分布曲線上相對應通過百分比為 50%的粒徑大小），藉以評估介質鬆土後的平均粒徑大小。

結果與討論

一、電動鬆土機特性

電動鬆土機是採附掛方式，架設於可調整輪距的移動輪組上，並可於移動輪組上左右與上下移動，可適合不同耕槽的鬆土深度。由於目前槽耕系統耕槽的長、寬及高並未統一，採用可調式裝置可適合不同的耕槽使用。移動輪組下端裝設有 4 個內凹滾輪，可於槽壁端的鋅管上滾動，鬆土作業沿著槽長方向進行，1 人即可作業。

電動鬆土機使用之電池為市售泛用型，其為背負式，主要作為割草機、鏈鋸、吹葉機及籬笆剪等電動作業機械的電力源，此電池亦可直接安裝於移動輪組上使用。鬆土機本體重 5.4 kg，其他組件 6 kg，操作人員可以容易將電動鬆土機由一耕槽移到另一耕槽進行鬆土作業。

二、性能測試

(一) 鬆土效率

面積 32.6 m^2 的耕槽，鬆土時間平均 260 s，亦即 1 min 可鬆土 7.5 m^2；而相同的耕槽，人力鬆土需要 52 min，鬆土機的作業快速，其效率為人力鬆土作業的 12 倍。如以一般長 35 m 寬 6 m（210 m^2），內部設置 4 條與鬆土試驗相同耕槽，耕槽間距 0.6 m 的簡易設施網室進行鬆土作業，作業包含放置移動輪組於耕槽、鬆土、迴轉及移動至其它耕槽等，30 min 以內即可完成。鬆土機的效率高，且由於鬆土時，鬆土刀旋轉切土時會產生一向前拉力，可帶動鬆土機向前，因此鬆土時，操作人員僅需輕推鬆土機在軌道上行走即可，其作業方式相當輕鬆。

以 5.8 Ah 磷酸鋰鐵電池，在馬達轉速 5,800 rpm 狀態下，來回耕槽進行鬆土測試，其平均鬆土時間可達 112 min；即一個充飽的電池可處理 840 m^2 面積的槽耕介質，約 26 個耕槽的作業量，其作業時間已足夠一般槽耕鬆土作業使用。

(二) 鬆土效果

機械與人力鬆土結果如表 1，在介質含水率 34.5%的狀態下，鬆土機粉碎後之介質，其粒徑大於 5 mm 的僅有 10.6%，而人力鬆土則高達 32.4%；再者，機械鬆土後，介質粒徑在 2.36 mm 及 0.43 mm 以下的分別有 78.0%及 15.4%，而人工鬆土為 43.1%及 0.2%。顯然經機械鬆土後，大團粒的介質多數被粉碎成小粒徑，而人力鬆土雖然介質也被粉碎，但其較果較差。

圖 5 為電動鬆土機及人力鬆土後介質粒徑累積分布曲線，由線性內插法算出其平均粒徑 D_{50} 分別為 0.94 mm 及 2.86 mm，顯示鬆土機較人力鬆土有較佳的粉碎效果，這是因為鬆土機每分鐘切割介質的次數高達 2,784 次（每個鬆土刀片有 6 個切削端，共 4 片鬆土刀片，刀片轉速 116 rpm），而人力手持鬆土耙，其每分鐘鬆土次數約 60 次，鬆土機切割介質的次數明顯大於人力作業，由於介質被切割的次數較多，因此鬆土後的介質粒徑較小。再者，以鬆土機作業除效率較高及介質細碎效果較佳外，其鬆土後介質的均勻度與平整度亦明顯優於人力鬆土作業（圖 6）。

表 1. 電動鬆土機與人力鬆土效果

Table 1. Effects of loosening soil by the electric soil loosener and the manual labor.

網孔(mm) Mesh size (mm)	重量百分率(%) Weight percentage(%)	
	電動鬆土機 Electric soil loosener	人力 Manual labor
5	10.6	32.4
3.35	3.3	10.6
2.36	8.2	13.8
1.18	18.5	26.8
0.43	44.1	16.1
<0.43	15.4	0.2

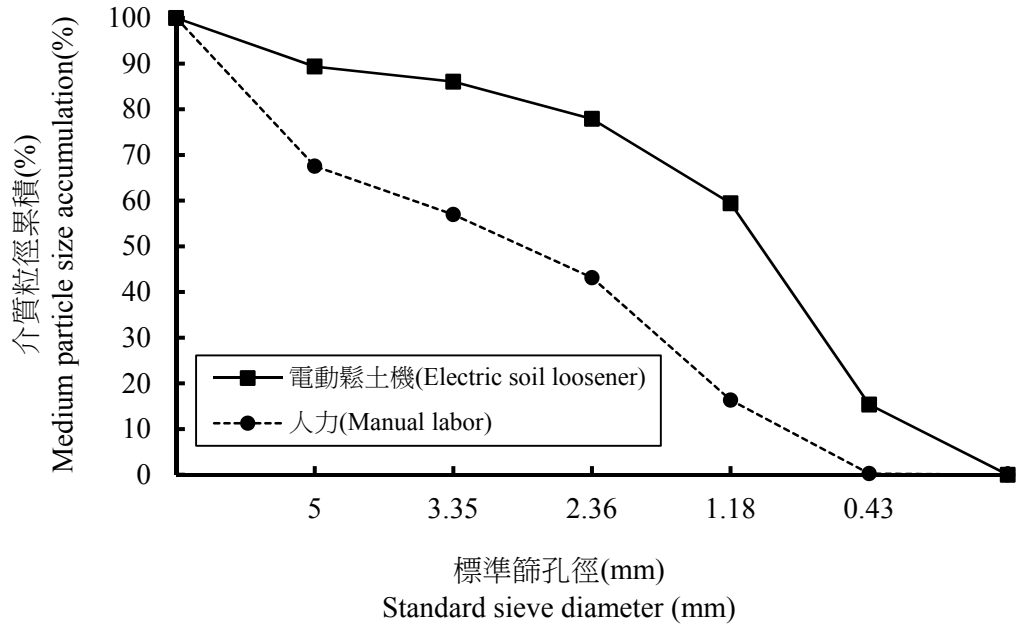

圖 5. 介質粒徑累積分布曲線

Fig. 5. The medium partical size accumulation distribution curves.

A. 電動鬆土機鬆土

A. Loosening soil by the electric soil loosener.

B. 人力鬆土

B. Loosening soil by the manual labor.

圖 6. 電動鬆土機及人力鬆土效果。

Fig. 6. Effects of loosening soil by the electric soil loosener and the manual labor.

電動鬆土機作業時是利用移動輪組於耕槽上方移動，槽壁鋅管支撐了整體鬆土機的重量，因此鬆土作業無壓實土壤的問題。鬆土機本體重量 5.4 kg，其重量輕、體積小、機構簡單且攜帶方便；同時採用電力驅動模式，作業時無廢氣污染，適合溫網室作業需求。其電力源為磷酸鋰鐵電池，結構安全，可進行多次的充放電，此電動鬆土機僅需加裝輔助輪後即可應用於園藝的鬆土作業。

電動鬆土機可大幅取代人力，高效率進行槽耕鬆土作業。由於鬆土機的鬆土模式同時具備混合功能，未來可於移動輪組上加裝有機質肥料散布裝置，使槽耕鬆土作業時亦能同步將有機質肥料帶入介質內並使其充分混合，以增加微生物分解有機質為無機物的機會，有效增加作物營養的吸收與利用（林等，2006）。

此機可依不同耕槽寬度調整移動輪輪距，同時可依鬆土作業需求調整鬆土刀的鬆土深度，因此可適用於不同的寬度的耕槽。由於目前耕槽並無統一規格，未來可依不同作物栽培需求，開發出規格化的耕槽系統，以促使溫室產業的發展，亦便於相關省力機械的設計、製造與應用。

致　謝

本研究承行政院農業委員會科技計畫（104 農科-6.2.1-桃-Y1）補助，特此致謝；感謝陳景平先生提供溫室協助鬆土機試驗，以及詹德財先生、謝富英先生、林根淡先生協助機械製造、測試與改良。

參考文獻

林楨祐、陳甘澍、林照能。2009。東方甜瓜之設施栽培技術介紹。農試所鳳山分所技術服務 80: 8-10。

林連雄、郭泰均、張允瓊。2016。折疊式電動中耕機之研發。宜蘭大學生物資源學刊 12: 91-105。

林毓雯、張庚鵬、王鐘和。2006。有機質肥料之合理化施用。豐年 56(19): 50-55。

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。

賴景煌。2012。台灣草莓高架化-離地栽培模式。長江蔬菜 6: 52-55。

謝廣文、余志軒、吳文鑌、洪滉祐。2013。電動中耕除草機節能減碳效益及對操作者之影響。農林學報 62(4): 319-329。

Feng, Q., X. Wang, W. Zheng, Q. Qiu, and K. Jiang. 2012. New strawberry harvesting robot for elevated-trough culture. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 5(2): 1-8.

Mears, D. R., W. J. Roberts, and G. A. Taylor. 1975. Controlling moisture levels in trough culture tomato and cucumber production. Transactions of the ASAE 18(1): 145-148.

Development of an Electric Soil Loosener for Elevated-trough Culture systems [1]

Yu-Heng Wu [2]

Abstract

The study developed an electric soil loosener for elevated-trough culture systems, which could replace the labor to loosen soil in high efficiency. Using the electric soil loosener could not only reduce the labor demand in greenhouse crop production, also increase the aeration and drainage of soil, which is beneficial to the crop growth. The electric soil loosener uses a brushless direct current motor. The battery power is transferred through the transmission shaft to the blades for loosening soil. The track of the machine and the loosening depth can be adjusted so that it could be applied to different width of trough. The loosening efficiency of the electric soil loosener is 450 m^2 per hour, which is 12 times higher than that by manual operations. Moreover, the fineness and flatness of the medium after machine loosening is better than that of by manual loosening. The electric soil loosener is light weight, easy to move, no emissions when operating, and suitable for greenhouse operations. Besides loosening soil, the machine can be used to mix organic fertilizers for trough systems.

Keywords: electric soil loosener, trough culture, medium cultivation, labor- saving

---

[1.] Contribution No.487 from Taoyuan DARES, COA.

[2.] Associate Researcher (Corresponding author, yhwu@tydais.gov.tw), Taoyuan DARES, COA.

ISSN 2220-0363

Bulletin of Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station

Number 80 December, 2016

CONTENTS

1. Genetic variation of morphological characteristics for *Dioscorea matsudae* Hayata in Taiwan
Tsai-Li Kung and Shun-Fu Lin 1

2. Juice vesicle disorders in haili tangor
Po-Ming Shih, Kuo-Tan Li, and Ching-Lung Lee 25

3. 'Taoyuan No.1-Red Rose' : A New Azalea Cultivar
Ya-Ting, Hsu, Chin-Mu Chen, and Yang-Jen Fu..... 43

4. Research on Ecology and Control Technology Development of Sweet potato Foot Rot disease
Wei-Bin Chang and Kuo-hung Chuang..... 57

5. Development of an Electric Soil Loosener for Elevated-trough Culture systems
Yu-Heng Wu..... 71

Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station,
Council of Agriculture, Executive Yuan

ISSN 2220-0363
GPN：2009905143
定價：350 元