

承載雙行式芋苗種植機之研發改良¹

田雲生、張金元、戴振洋、白桂芳²

摘 要

本研究設計並試驗改良1臺曳引機承載雙行式芋苗種植機，操作採3人團隊分工合作，可達省工省力種植芋苗的效果。本機以50 hp曳引機承載2組種植機構與盛苗架，每組種植機構由1人負責供苗，機械依序進行破土、開溝、夾苗、放苗、鎮壓與覆土等動作，再搭配種植前後之作畦與整畦，即完成機械作畦兼種植芋苗的流程；盛苗架上可放置2,000株芋苗，約為0.05 ha芋田的種植量。若每次取苗、供苗時間以3 sec計，則每日總作業量達0.48 ha，平均每人每日種植效率較人工提升23.1%。對於本機與慣行人工種植芋苗之試驗比較，由採收適期分別取樣調查植株、母芋相關園藝性狀及產量結果顯示，二者之園藝性狀無顯著差異；產量則因種植株數不同而稍有差異，機械較人工略高3.3%。另曳引機選擇採用租賃模式，每公頃機械種植成本為14,913元，較人工作業節省472元。

關鍵詞：芋苗種植機、承載式、芋苗、芋

前 言

芋屬地下球莖類蔬菜，為多年生草本植物，一般稱為芋頭、芋仔^(4,7)，西元前5千年印度就有種植的紀錄，是最早被馴化的作物之一⁽⁹⁾。臺灣地區由原住民帶回栽植，而後陸續自日本、中國大陸及東南亞引進，目前常見的品種包括採收母芋的檳榔心芋、高雄1號、麵芋、紅梗芋，採收子芋的狗蹄芋，以及母芋、子芋兼收的赤芽芋，尤以生產檳榔心芋及高雄1號最為普遍⁽¹³⁾。由2019年農業統計年報資料顯示，芋的栽培面積2,623 ha，年產量4萬5,920 ton⁽¹¹⁾，主要產地在臺中、苗栗、屏東、花蓮、臺東等縣市，其中臺中地區栽培面積占30%以上，分布於大甲、大安、外埔、后里、清水一帶，鮮食料理與加工產品皆為消費者所喜愛，並以大甲區的生產規模最大且饒富盛名，遂有「大甲芋頭」的美譽，堪稱具地方特色的產業。

芋栽培方式分為旱田及水田2種，國外以旱田栽培者居多，臺灣地區則以水田種植為主。種苗來自芋田採收後殘留的分蘗，亦可由生長期間母株分蘗生成的苗株，又區分為側生苗與走莖苗2類，一般建議栽植走莖苗為優，可減少後續側芽發生與節省除芽的工時。但芋苗種植時並無規格化，株高、徑粗差異極大，通常芋苗高度介於20至40 cm之間，部分地區亦有超過40 cm的情形，

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0985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、副研究員、研究員。

此為研發種植自動化機械的首要瓶頸。另傳統芋苗種植皆仰賴人工，定植前 1-2 天完成田區整地作業，種植時將田間表面水略為排除，保持在 3-5 cm 水位，並以畫線器輔助於縱、橫方向畫線定位，交叉點就是芋苗種植位置，再將芋苗逐株插入土泥內。常見行株距多為 60×40 cm 或 70×35 cm；亦有農友將行距採寬窄交錯模式，例如奇數行距 70 cm、偶數行距 45 cm，株距仍為 40 cm，可方便於寬行田間巡查行走與進行各項管理作業。此外，芋種植每分地以 4,000 苗為基準，單人種植含畫線約花費 5-7 hr，相當於每日 8 hr 種植約 0.13 ha，並以芋農在泥濘田間拖著秧船行走、俯身彎腰取苗、插苗與搬運芋苗最為費工⁽³⁾，再加上種植期多為每年 11 月至隔年 3 月之寒冷時分，人工作業倍感辛勞，農友冀望能導入機械化輔助作業，以紓緩種植期農忙缺工與人力老化問題。

材料與方法

一、機械設計原則

- (一)以國內外甘藷苗插植及相關機械為參考範本，規劃採曳引機附掛或承載式機型為主體，可加速進行研究改良與成果產出。
- (二)考量栽培田區丘塊與頭地迴轉所需，設定以中小型曳引機為行走部，以及承載雙行式種植機進行作業。
- (三)因應芋苗規格差異大，且為減輕人工一部分作業辛勞，設計採人工乘坐供苗、機械種植之半自動型式，即 1 人駕駛曳引機、2 人供苗之 3 人團隊分工合作操作。
- (四)機械種植應具備破土、開溝、夾放苗、鎮壓、覆土及作畦、整畦等作業功能。
- (五)種植機適當處需裝設盛苗架等裝置，方便人員取苗、供苗作業，同時亦須避免缺株與考量操作安全之設計。
- (六)針對不同作物種植應用的可能性，行、株距具有可調整或選擇功能。

二、承載式種植機組裝型式

本機依照前述設計原則，設計採 50 hp 曳引機為行走部，其後方三點連接承載並聯且間距可調之 2 組種植機構，每組種植機構包括破土板、開溝犁、夾放苗裝置、鎮壓覆土輪、覆土片與座椅等，再搭配芋苗定植前後之作畦與整畦器、機械著地支撐之橡膠輪，設於 2 組夾放苗裝置之間的「 Π 」字型連動、互補式傳動系統，以及在夾放苗裝置上方偏前安裝盛苗架。承載式種植機於田間頭地轉彎時，供苗的 2 人不必離開座位，該機可被完全舉升離地。

三、試驗設備與材料

- (一)供試設備：研製改良完成之承載雙行式芋苗種植機，行走部擇取三菱 MITSUBISHI GX50A 型曳引機(50 hp/ 2,800 rpm)。
- (二)供試材料：母芋分蘖苗，檳榔心品種，苗株長 18-35 cm、徑寬 1.5-2.8 cm。

(三)量測器材：碼表(電子式，精度 0.01 sec)、角度規、皮尺、捲尺等。

四、測試及調查項目

- (一)調查記錄承載雙行式芋苗種植機組成架構、規格尺寸與作業性能，包含：機體全長、全寬、全高，種植行株距、盛苗架載量等。
- (二)機械不同供苗速率與種植效率之作業測試：承載雙行式芋苗種植機之行株距設定為 62×35 cm，並以每株 1、2、3、4、5 sec 共 5 種供苗速率進行測試，分別調查或換算機械行駛速度、每日供苗總數及作業效率等，並與傳統人工種植加以比較。
- (三)人工與機械不同定植方式對芋生育之影響：

- 1.試驗於臺中市大安區南北六路紀姓農友芋田進行，將供試芋苗於 2019 年 2 月 13 日依不同處理方式定植於試驗區，各定植方式處理為：(A)慣行對照處理，以曳引機完成乾濕田整地鋪平後，由人工於平畦濕田先以畫線器縱橫畫線，再逐株種植後補水管理，種植面積 0.15 ha，行距採寬 70 cm、窄 45 cm 交錯模式，株距 40 cm，實際調查並換算每分地約 3,985 株；(B)機械種植處理，以曳引機承載雙行式芋苗種植機於乾田作畦兼種植，定植後再行淹水管理，種植面積 0.15 ha，行株距設定 62×35 cm，實際調查並換算每分地約 3,451 株；(C)機械作畦後人工種植處理，先以曳引機於乾田作畦兼打洞作記號，再由人工逐株種植後淹水管理，種植面積 0.13 ha，行株距為 40×45 cm，全畦間距 120 cm，實際調查並換算每分地約 3,660 株。每試區施肥管理的順序與分配率皆依作物施肥手冊行之，生育期間的栽培管理亦依慣行方式為之。
- 2.調查項目及分析:2019 年 12 月 4 日進行不同處理採收適期之園藝性狀取樣調查與記錄，調查項目包括株高、展幅、最大葉長、葉寬、新根長、新根數、假莖粗、地上部、地下部鮮重，以及母芋總重、單球重、球高、球寬等項目。各小區所得數據資料經變方分析後，若處理差異顯著，則以 L.S.D.(Fisher's Least Significant Difference)測驗法比較處理間平均值之差異性。

(四)機械使用成本估算與效益分析：

曳引機承載雙行式芋苗種植機作業成本之計算，主要包括折舊(D)和利息(I)之固定成本，修理維護(M)、油料(F)和工資(L)等變動成本，全部以年花費來計算，並以年作業面積(A)平均，則單位面積的作業成本(Ca)可以如下公式所示^(10,12)：

$$Ca = (D+I+M+F+L)/A$$

$$= P(1-\alpha)/AN+P \cdot i (1+\alpha)/2A+P \cdot Cr/AN+f \cdot Hp \cdot H/A+Lc \cdot H/A$$

其中 Ca：每年每公頃作業成本(NT\$/ha)

P：機械購入價格(NT\$)

A：年作業面積(ha/year)

N：使用年限(years)

α ：機械報廢時殘留價格與購入價格比值，通常為 10%

i：年利率，以目前農機低利貸款利率為 0.79%

Cr：總維修費用與與購入價格比值

f：單位馬力小時之燃油與潤滑油費用(NT\$/hp-hr)

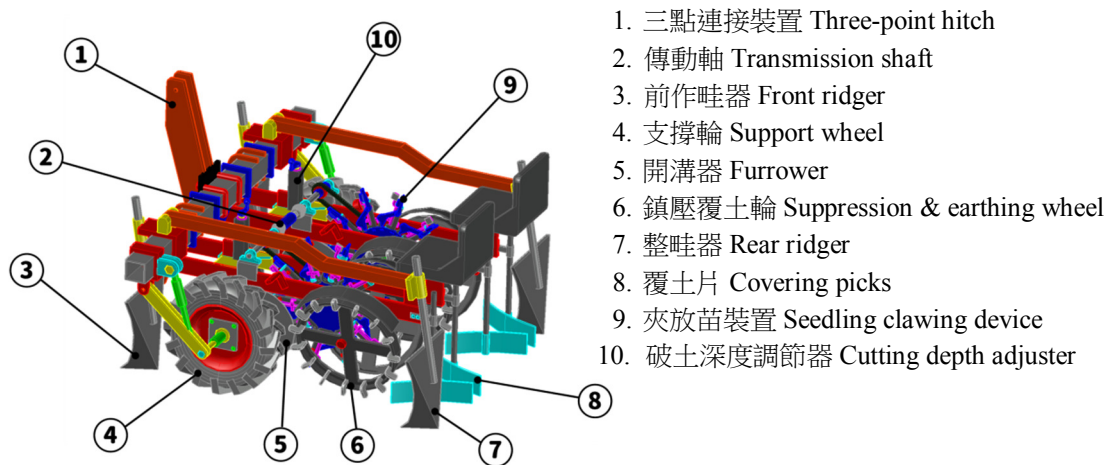
Hp：機械之馬力數(hp)

H：作業時間(hr/year)

Lc：操作人員每小時工資(NT\$/hr)

結果與討論

一、試驗改良完成 1 臺曳引機承載雙行式芋苗種植機，可輔助應用於芋苗種植作業，其外觀型式如圖一所示，除支撐輪前方之作畦器及覆土片外側之整畦器(左、右各 1)外，主要組成構造分為 3 大部分：



1. 三點連接裝置 Three-point hitch

2. 傳動軸 Transmission shaft

3. 前作畦器 Front ridger

4. 支撐輪 Support wheel

5. 開溝器 Furrower

6. 鎮壓覆土輪 Suppression & earthing wheel

7. 整畦器 Rear ridger

8. 覆土片 Covering picks

9. 夾放苗裝置 Seedling clawing device

10. 破土深度調節器 Cutting depth adjuster

圖一、承載雙行式芋苗種植機示意圖。

Fig.1. The schematic diagram of the attached two-row taro seedling transplanter.

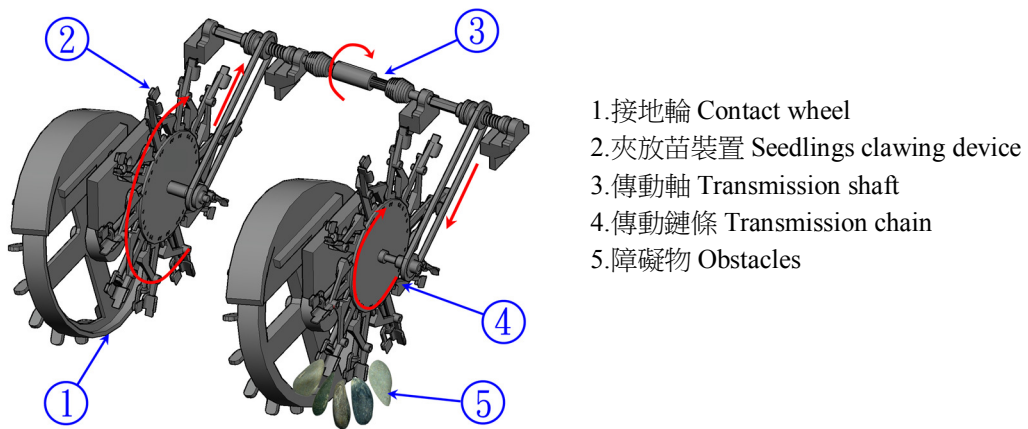
(一)機體連結與支撐機構：

以外徑 10 cm 之方形橫桿為連結主體，其上自左而右依序銜接緊固左支撐輪、左作畦及整畦器、盛苗架左腳座、三點連接左下連結座、左種植機構、三點連接上連結座、右種植機構、三點連接右下連結座、盛苗架右腳座、右作畦及整畦器、右支撐輪等。藉由曳引機後方三點連接之油壓升降作動，可將方形橫桿所銜接各部機構組件完全舉升離地，於田頭轉彎或

道路移行時應用；油壓放下時則至左、右支撐輪著地為止，以進行芋苗種植作業。

(二)種植機構：

參酌並沿用農業試驗所研製甘藷插植機具之插植單元的作業順序，試驗改良其開溝器型式、插植轉盤與夾苗爪座更新為模組化、接地輪與鎮壓輪調整尺寸等，使每組芋苗種植機構各包括直立式破土板、雙圓盤式開溝犁、對稱輻射狀夾放苗裝置、鎮壓覆土輪、橫向撥片式覆土板與座椅等，其中座椅係供給供苗人員乘坐，並自盛苗架上取芋苗與供給夾苗爪夾持，機械可依序進行破土、開溝、夾苗、放苗、鎮壓覆土與再覆土等動作。其中鎮壓覆土輪之右側輪加裝撥片而兼為接地輪之用，可帶動夾放苗裝置迴轉，並配合進行夾苗與放苗動作。為避免田間作業時，接地輪遇到石塊等障礙物，造成其不轉動而以滑動方式前行，致無法正常驅動夾放苗裝置迴轉；遂在 2 組夾放苗裝置前方設計加裝 1 支傳動軸、2 組方爪離合器及 2 組鏈條，使雙行式種植機構呈現口字型連動、互補式傳動系統，如圖二所示。當右側接地輪卡到石塊不迴轉，無法就近帶動右側夾放苗裝置轉動，此時左側接地輪除正常帶動左側夾放苗裝置轉動外，亦藉由左側鏈條經由傳動軸連結右側鏈條驅使右側夾放苗裝置迴轉，即可避免因右側夾放苗裝置靜止而發生缺株情形。另種植株距可藉由更換 3 個傳動齒輪與調整組裝 4 組夾苗爪數目，具 12 種組合供選擇株距應用。



圖二、夾放苗裝置之傳動系統示意圖。

Fig.2. The schematic diagram of the transmission system of seedlings clawing device.

(三)盛苗架機構：

位於機體連結主體之方形橫桿至夾放苗裝置一半位置的上方，採用尺寸較小之方管為框架，上覆不鏽鋼薄鐵板，並自方形橫桿延伸支架以支撐固定；盛苗架長度略與機體同寬，可承載袋裝或籃裝芋苗，其中袋裝芋苗可同時放置 4-5 袋，大約 2,000 株，為芋苗 0.05 ha(約

0.5 分地)的種植數量。

二、承載雙行式芋苗種植機測試結果與討論

(一)曳引機承載雙行式芋苗種植機經各項操作測試，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一所列之性能規格。

表一、芋苗種植機規格型式彙總表

Table 1. Specification of the taro seedling transplanter

Items	Specification
Dimension	L.186*W.208*H.127 cm, the total length is 524 cm including the tractor
Attached power	Tractor by 50 hp water-cooled diesel engine
Turning radius	280 cm
Planting row spacing	62-80 cm, adjustable
Planting distance	28-80 cm, 12 choices
Breaking board	Straight, adjustable depth
Ditch plow	Double disc type
Seedlings clawing device	Radial, symmetrical assembly of 4 types of 10, 8, 5, 4 claws
Suppression and earthen wheels	2 wheels in each row, and the one is also used as a suppression & earthing wheel
Secondary covering slab	1-2 pieces per row, horizontal pick
Number of operators	3 people team, 1 person driving the tractor and 2 people taking the seedlings

(二)機械不同供苗速率與種植效率之作業測試結果：

承載雙行式芋苗種植機為人工供苗、機械作畦兼種植之作業模式，操作人員供苗速率與熟練度，足以影響田間種植速度及效率，該機以每株苗 1、2、3、4、5 sec 共 5 種供苗速率進行作業測試，其測試結果如表二所示。可知，每株供苗時間在 4 sec 或以上時，操作人員雖來得及取苗後供給夾放苗裝置上的夾爪夾持，但換算每人每日作業面積僅 0.12 ha 以下，較傳統人工每日種植 0.13 ha 為低；每株苗 2 sec 或以下時，則明顯發現供苗速率來不及夾放苗裝置的迴轉速度，甚至造成缺株情況頻繁；故每株 3 sec 為最適中之供苗速率，且換算 3 人團隊每日共可種植 0.48 ha，即每人每日 0.16 ha，作業效率較慣行人工種植快 23.1%，且不再需要忍受插植芋苗長時間俯身彎腰作業的勞苦。另在試驗過程中發現，若芋苗在種植前先經過整理分類，以及取苗位置與供苗給夾苗爪距離愈接近，可更提升機械作業效能。

表二、承載雙行式芋苗種植機田間測試結果

Table 2. The testing results of the taro seedling transplanter

Supply rate of seedlings (sec/plant)	Operating speed m/sec (km/hr)	Number of seedlings per day (plant/ 2 workers)	Conversion work area (ha/ 3 workers/ day)	Compare with labor (%)
1	0.39 (1.40)	57,580	0.48 (1.44/3)	+ 269.2
2	0.20 (0.72)	28,800	0.24 (0.72/3)	+ 84.6
3	0.13 (0.48)	19,200	0.16 (0.48/3)	+ 23.1
4	0.10 (0.36)	14,400	0.12 (0.36/3)	- 7.7
5	0.08 (0.29)	11,520	0.96 (0.29/3)	- 26.2

三、人工與機械不同定植方式對芋生育影響之試驗結果

(一)不同定植方式對芋生育之比較：

2019年2月13日在臺中市大安區試驗田進行3種不同定植方式處理，於同年12月4日調查各處理在芋採收適期(生育後期)之園藝性狀結果如表三所示。可知，各處理〔慣行對照處理(A)、機械種植處理(B)或機械作畦後人工種植處理(C)〕在芋株園藝性狀上，僅植株高度、葉片長度及葉片寬度等3項在統計上具顯著性差異。在植株高度方面，以B處理的69.5 cm及C處理的68.3 cm，分別與A處理57.5 cm達顯著性差異；在植株高度方面，以B處理27.8 cm，分別與C處理25.2 cm及A處理23.5 cm達極顯著性差異；在葉片寬度方面，以B處理的20.3 cm與A處理16.3 cm已達顯著性差異，但與C處理的18.2 cm則未顯著性差異。在展幅、葉數、新根長、新根數、假莖粗、地上部及地下部鮮重、側芽數等性狀比較，各處理間園藝性狀在統計上差異不顯著。在展幅方面，各處理介於45.8-49.8 cm；在葉數方面，各處理介於2.33-3.33片；在根長方面，各處理介於7.6-10.5 cm；在新根數方面，各處理介於8.67-12.3根；在假莖粗方面，各處理介於9.47-10.5 cm；地上部重方面，各處理介於102-132 g；地下部重方面，各處理介於902-929 g；在側芽數方面，各處理介於6.33-7.83芽。

芋苗定植後到第一片葉展開需1個月左右，之後球莖生長一節就長出一片新葉，一年生長週期可長18-21片葉，6-7月高溫季節為生長盛期，其所長出的葉片也達最大，7-9月是球莖快速形成盛期，10月後氣溫漸降，芋葉生長便明顯減緩，養分逐漸轉移至球莖，此期累積澱粉增多，便可陸續採收^(4,7,8)。由本研究顯示種芋利用不同定植方式，不論是人工或機械種植對芋初期、中期(調查資料略)或後期(如表三)生長發育均無顯著性影響，可知採用機械種植方式足以取代農村日漸勞力不足的人工種植方式，且能提升芋農種植作業效率，並可大幅降低生產成本。

表三、不同定植方式對芋生育後期園藝性狀之影響³Table 3. Effects of different planting methods on the plant characteristics of taro at later growth stage²

Treatment ¹	Plant height (cm)	Plant diameter (cm)	Leaf			Root		Wet weight		Pseudo-stem diameter (cm)	No. of bud (No.)
			Length (cm)	Width (cm)	Number (No./plant)	Length (cm)	Number (No./plant)	Shoot (g)	Root (g)		
A	57.5 ^{b2}	49.8 ^a	23.5 ^b	16.8 ^b	3.33 ^a	10.5 ^a	8.67 ^a	102 ^a	902 ^a	10.20 ^a	7.83 ^a
B	69.5 ^a	47.5 ^a	27.8 ^a	20.3 ^a	2.83 ^a	7.6 ^a	12.30 ^a	132 ^a	929 ^a	10.50 ^a	6.33 ^a
C	68.3 ^a	45.8 ^a	25.2 ^b	18.2 ^{ab}	2.33 ^a	8.0 ^a	11.20 ^a	115 ^a	922 ^a	9.47 ^a	7.00 ^a

¹A: CK (labor planting) ; B: mechanical planting ; C: mechanical ridge after labor planting.

²Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

³Date : 2019/12/4.

表四、不同定植方式對母芋園藝性狀與產量之影響³Table 4. Effects of different planting methods on the main corm characteristics and yield of taro²

Treatment ¹	Main corm						Corm weight (g)
	Weight (g)	Length (cm)	Width (cm)	Shape (length / width)	Yield (kg/0.1ha)	Yield index (%)	
A	799 ^{a2}	19.7 ^a	9.13 ^a	2.16 ^a	2,630 ^b	100.0	78 ^a
B	874 ^a	20.2 ^a	9.47 ^a	2.13 ^a	2,716 ^a	103.3	31 ^a
C	788 ^a	19.7 ^a	9.07 ^a	2.17 ^a	2,595 ^b	98.7	30 ^a

¹A: CK (labor planting) ; B: mechanical planting ; C: mechanical ridge after labor planting.

²Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

³Date: 2019/12/4.

(二)不同定植方式對母芋園藝性狀與產量之比較：

於採收前 2019 年 12 月 4 日調查不同處理對母芋園藝性狀顯示結果如表四所示，A、B、C 各處理在母芋園藝性狀上，僅母芋重、子芋重、母芋長、母芋寬及芋形(長/寬)等性狀在統計上差異不顯著。在產量方面，以 B 處理的 2,716 kg/0.1ha，與 A 處理 2,630 kg/0.1ha 及 C 處理 2,595 kg/0.1ha 已達顯著性差異。綜合調查結果顯示，自 2019 年 2 月 13 日依不同處理方式定植於試驗田區，不論作畦與否或採用機械作畦，以人工或機械種植栽培方式，經過 10 個月生育期到採收適期，對芋園藝性狀各處理並不會因芋苗定植方式而異，採收的母芋園藝性狀差異不顯著；但產量以行株距最大之機械種植為佳，而慣行對照處理及機械作畦後人工種植處理略差。探究原因，係因種植株數不同而造成的差異，其中承載雙行式機械種植較慣行對照之人工種植略高 3.3%，機械作畦後人工種植較慣行對照區減少 1.3%。

四、機械使用成本估算與效益分析結果：

成本估計為一種動態過程，許多條件皆隨經濟因素、社會環境與耕作模式而改變，所以在此並非探討一成不變的作業成本，僅藉由既有公式加以分析推論，供為本承載雙行式芋苗種植機推廣應用的參考。當各項參數確定後，即可代入作業成本的公式中，進而計算出每公頃的作業成本(Ca)。

其中，機械購置價格(P)包括曳引機及雙行式芋苗種植機2部分，前者之曳引機依行政院農業委員會農糧署 108 年大型農機補助計畫所訂，其額定馬力未滿160 hp 者，補助上限額度為每馬力 2 萬元計算後之三分之一⁽¹⁾，意即 50 hp 曳引機約可補助 33 萬 3,000 元，扣除迴轉犁之價格，概略以 70 萬元計；後者之承載雙行式芋苗種植機則以技轉授權業者粗估為 46 萬元。年利率(i)以行政院農業委員會農業金融局 107 年 4 月 16 日發布之政策性農業專案貸款所列，農機貸款利率為 0.79%；使用年限(N)以 10 年估計；年作業面積(A)假設某一農友或機械耕作服務業者，其每臺機械每年以種植 40 ha 計；總維修費用與購入價格比值(Cr)設定為 50%；燃油與潤滑油費用(f)以 50 hp 曳引機實測種植 0.12 ha 花費約 2 hr、耗油 4.6 L 計算，則為 1.2 元/hp-hr(潤滑油費為燃油費用的 0.3 倍⁽¹⁰⁾，柴油每公升以 20 元計)；作業時間(H)每年共 667 hr；曳引機 1 人操作、2 人供苗的工資分別以 2,000 元及 1,500 元/日計，則平均每小時 625 元(Lc)。各項數值詳如表五所示，導入材料與方法中所述 Ca 計算公式中，可計算出本曳引機承載雙行式芋苗種植機每公頃的作業成本為 15,609 元，如表六之 Machine (1) 所示。與人工作業每公頃 7.69 工(以每人每天 0.13 ha 換算)、每工以 2,000 元(種植含畫線工作)相比較，則每公頃機械作業成本稍高 224 元。探究其原因，主要是機械種植時將曳引機購置成本納入其中所致。

實際上，該曳引機並非芋苗種植機專屬專用，其若採用租賃方式計算成本，則購置曳引機 70 萬元之折舊費用可降低 1,575 元 $[700,000 \times (1-10\%) \div (40 \times 10)]$ 、利息減少支出 76 元 $[700,000 \times 0.79/100 \times (1+10\%) \div (2 \times 40)]$ 、維修費用降低 875 元 $[700,000 \times 50\% \div (40 \times 10)]$ 、油料全免(芋苗種植機無燃油需求，且潤滑油脂可忽略)；曳引機(含操作人員)的租賃費用若以每公頃旱田整地 7,000 元計，且列在工資成本內估算，那麼每公頃工資將由 10,422 元增為 13,253 元 $[7,000 + (1500 \times 2) \div 8 \times 667 \div 40]$ 。因此，曳引機採租賃模式(熟手操作，農機搬運費用忽略)之每公頃機械種植成本為 14,913 元，較人工作業可節省 472 元，如表六之 Machine (2) 所示。當每臺承載雙行式芋苗種植機每年作業 40 ha，且每公頃收取耕作服務費 18,000 元，收支相減後 $[(18,000 - 14,913) \times 40]$ 為(+123,480 元，計算 460,000 元芋苗種植機須 3.73 年回收成本；如果耕作服務費提高至 20,000 元，則每年淨利為 203,480 元，且 2.26 年可回本。又，行政院農業委員會農糧署為推動農業生產機械化，執行多項示範推廣與產業輔導計畫，本承載雙行式芋苗種植機亦可列入補助機種，補貼機械購置費用之 1/3-1/2，若此，將可再降低機械種植成本與提高機械耕作服務的淨收益，進而縮短回本時間。

表五、芋苗種植機成本分析

Table 5. Cost analysis of the taro seedling transplanter

Items	Quantity	Remark
Machinery price(NT\$)	1,160,000	A tractor and attached two-row taro seedling transplanter
Residue(NT\$)	116,000	10% of buying cost
Estimated life(years)	10	
Area per year(ha/year)	40	
Total working area(ha)	400	40×10
Depreciation(NT\$/ha)	2,610	$1,160,000 \times (1-10\%) \div (40 \times 10)$
Interest(NT\$/ha)	126	$1,160,000 \times 0.79 / 100 \times (1+10\%) \div (2 \times 40)$
Maintenance(NT\$/ha)	1,450	$1,160,000 \times 50\% \div (40 \times 10)$
Fuel cost(NT\$/ha)	1,001	$1.2 \times 50 \times 667 \div 40$
Labor cost(NT\$/ha)	10,422	$[(2,000 \times 1 + 1500 \times 2) \div 8] \times 667 \div 40$

表六、機械與人工種植之成本效益比較

Table 6. Cost comparison of the machine with labor transplanting

Unit : NT\$/ha

Items	Depreciation	Interest	Maintenance	Fuel	Labor	Total cost	Comparison
Machine (1) ¹	2,610	126	1,450	1,001	10,422	15,609	(-) 224
Machine (2) ²	1,035	50	575	—	13,253	14,913	(+) 472
Labor	—	—	—	—	15,385	15,385	

¹Tractor bought.²Tractor rented.

結論與建議

設計並研發改良 1 臺曳引機承載雙行式芋苗種植機，以 50 hp 曳引機承載 2 組種植機構與盛苗架，作業時由 1 人駕駛曳引機、2 人負責供苗，機械依序進行破土、開溝、夾苗、放苗、鎮壓與覆土等動作。若每次取苗、供苗時間以 3 sec 計，則 3 人團隊每日總作業量達 0.48 ha，種植效率較人工每日 0.13 ha 可增加 23.1%。當供苗動作愈熟練，以及芋苗種植前先予以整理分類，將更能提升效率；其尤其重要的是減輕農友許多慣行俯身彎腰操作之辛苦與負荷，並建立芋苗旱田種植再淹水管理之作業模式，可推廣供生產規模較大芋農與農業機械耕作服務相關業者參考應用。

針對承載雙行式芋苗種植機與慣行人工種植、機械作畦後人工種植之試驗比較，在採收適期分別取樣調查植株、母芋相關園藝性狀及產量結果顯示，各處理之園藝性狀無顯著差異；產量則因種植株數、行株距不同而稍有差異，機械種植(B 處理)較人工種植(A 處理)略高 3.3%，人工種植又比機械作畦後人工種植(C 處理)微幅增加 1.3%。

在機械使用成本估算與效益分析上，承載雙行式芋苗種植機行走動力之曳引機，可選擇採用購置與租賃 2 種作業模式處理，經估算結果以租賃模式之每公頃機械種植成本 14,913 元，較慣行人

工種植 15,385 元為低；而機械種植若每公頃收取服務費 20,000 元，則 2.26 年可回收成本，但其收費基準仍由市場機制與供需共識而施行。

本承載雙行式芋苗種植機包括機體連結與支撐機構、種植機構、盛苗架機構等 3 部分，其創新結構已取得我國新型專利(名稱：雙行式種植機結構改良，證書號：M585475)，並完成技術移轉給 1 家業者進行商品化製作，期藉由芋苗種植機械化之研發應用，提高芋農栽培意願、擴大產業規模。另芋苗栽培可朝規格化發展，以提高自動化作業程度，亦加速進行芋收穫機械之試驗研發，冀望芋從種植到收穫均達到省工機械化的目標，讓該特色產業更為優質化。

誌 謝

本研究係執行行政院農業委員會科技計畫「芋種植收穫與薏仁脫殼處理機械化之試驗改良(108 農科-24.4.2-中-D1)」之研發成果。試驗期間承蒙中興大學生物機電工程學系盛中德兼任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，富國農機資材楊國清、楊育泰父子檔配合機械組裝研製，本場農機、蔬菜研究室相關同仁鼎力協助，方得以順利完成，謹申謝忱。

參考文獻

- 1.108 年大型農機補助計畫作業問答集 Q&A
<<https://www.afa.gov.tw/upload/cht/attachment/3e0ea260d4e1cdbc801191a65e60538d.pdf>>。
- 2.甘藷苗插植機具製造技術簡介 <https://www.tari.gov.tw/df_ufiles/b/patent_20180510-01.pdf>。
- 3.田雲生、張金元、戴振洋、白桂芳 2019 芋苗種植機械之研發應用 農業省工機械化研發應用研討會論文輯 臺中區農業改良場特刊第 139 號 p.73-82。
- 4.芋主題館
<<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=104275&ctNode=2722&mp=175&kpi=0&hashid=>>>。
- 5.邱澄文、宣大平 1998 芋移植機之開發 花蓮區農業專訊 24: 4-5。
- 6.苗栗區農業改良場 2002 水田芋頭苗移植機之研製
<<http://www.mdais.gov.tw/view.php?catid=1185>>。
- 7.郁宗雄 1980 芋 台灣農業要覽 p.893-895。
- 8.殷劍美、張培通、王立、韓曉勇、郭文琦、李春宏 2016 芋頭植株養分含量和積累動態分析 江蘇農業科學 44(10): 200-204。
- 9.翁儉慎 2008 芋頭—長在濕熱地帶的馬鈴薯 園藝文摘
<<http://blog.igarden.com.tw/2008/08/5M80815.html>>。
- 10.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。
- 11.農業統計年報 2019 <<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>>。

- 12.龍國維、田雲生 2001 大型自走式有機肥撒佈機及附屬抓斗之改良測試 臺中區農業改良場研究彙報 73: 1-82。
- 13.韓青梅、黃賢喜、戴順發 1992 芋頭繁殖 高雄區農業專訊 2: 12-13。
- 14.サトイモ用移植機が利用できるサトイモセル成型苗の育苗方法と栽培管理法
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto15/15/15_15_04.html>。
- 15.片平光彦、進藤勇人、上田賢悦、鈴木基、小林由喜也 2012 種芋移植機を用いたツクネイモ定植作業の省力化技術(第2報) 農業機械学会誌 74(3): 220-225。

Development and Improvement of Attached Two-row Taro Seedling Transplanter¹

Yun-Sheng Tien, Chin-Yuan Chang, Chen-Yang Tai and Kuei-Fang Pai²

ABSTRACT

The study was to develop and improve an attached two-row taro seedling transplanter, which adopted a team of 3 workers. A 50 hp tractor attached with two pairs of transplanting elements and seedling stand was designed as taro seedling transplanter. One person operates a single transplanting element for supplying the taro seedlings into the transplanter and then starts to break soil, trenching, clamping up seedling down to the trench, and covering soil twice followed by the ridge formation front and rear of the transplanter. There are 2,000 taro seedlings can be putted on the seedling stands, for 0.05 ha of taro fields. Two workers sit behind the transplanter for giving a seedling to the clamp within 3 seconds that not only can enhance the seedling planting efficiency to 23.1% compared with labor planting efficiency per person by avoiding the pain caused by bend over while labor planting. Besides that, the planting distance in row can be adjusted to the range of 60-80 cm. The planting space by the transplanter can be adjusted by changing different gears and clamp numbers with 12 combinations. In addition, there were not significant differences on horticultural characteristics of taro between mechanical and labor only seedlings in the early and middle stages, and the yield and quality were compared at the time of harvesting, and then the reference application was promoted. Comparing the experiment of local and traditional planting of taro seedlings, sampling and surveying the related horticultural traits and yield of female taro from the harvest period showed that there was no significant difference in horticultural traits between the two; The output increased by 3.3% compared with manual production. Then, the tractor adopts rented model, and the cost of mechanical planting per hectare is NT\$ 14,913, which can save NT\$ 472 compared with labor.

Key words: taro seedling transplanter, attached, taro seedling, taro

¹Contribution No.0985 from Taichung DARES, COA.

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