

半自動雙行蔬菜移植機之改良與測試(一)¹

田雲生²、龍國維²、樂家敏³

摘 要

本研究為改良並增進手扶式半自動雙行蔬菜移植機之功能，其中將種植行距由45 cm縮短為40 cm；株距調整採變速齒輪組更換方式，具有52、46及40 cm三段選擇；另增設一組畦面整平板兼畦高自動追蹤機構，可解決因畦面不平整而造成倒伏或埋沒幼苗的問題。經甘藍苗種植試驗結果顯示，當標稱種植株距52 cm，為符合性能測定標準，最高作業速度應不超過0.38 m/sec (引擎轉速1,800 rpm) 時，得到缺株率3.2%、倒伏率0.4%、傷苗率0.8%、種植深度與實際株距合格率為99.6%和100%等結果；而標稱種植株距46 cm，相對之最高作業速度應稍降為0.33 m/sec (引擎轉速1,600 rpm) 時，其缺株率為2.4%、倒伏率0.4%、無傷苗、種植深度與實際株距合格率分別為99.6%和100%；又標稱種植株距40 cm，則最高作業速度應再降為0.28 m/sec (引擎轉速1,400 rpm) 時，其缺株率為3.6%、倒伏率2.4%、無傷苗、種植深度與實際株距合格率分別為98.8%和100%。各試驗結果證實性能上改良效果甚佳。

關鍵字：移植機、種苗、蔬菜。

前 言

本省蔬菜栽培面積逾180,000ha，佔農作物總生產比例的1/5強⁽⁹⁾，是農村重要產業之一。其栽種方式不外乎有播種與移植二類，前者係將種子直接播於本田；後者則是先經播種、育苗後，將成長至一定大小的菜苗栽於田區⁽⁷⁾，包括十字花科、茄科、葫蘆科及蔥類作物⁽⁶⁾，面積約有70,000ha。以往蔬菜產區大多採用土播或簡易箱播等小規模育苗，因種子用量多、勞動成本高、易遭受不良氣候影響、育苗量不容易掌握，使計畫產銷難以落實。本省自七十四年開始研發並應用穴盤育苗，育成之健壯種苗移植後很快恢復生長，且可縮短田間生育期，以及減少黑腐病和軟腐病之感染^(5,6)。所以，政府自八十年度起推廣穴盤育苗之專業化生產和自動化技術，將蔬菜等種苗生產列為重點發展項目，在全省輔導設立自動化作育場20餘場，每年培育強健穴盤種苗達2.8億株(八十七年度)，藉以取代傳統土播苗，並穩定供應農戶栽植，進而改善種苗產業體質，提升產品品質^(5,7)。

但後續田間移植作業，菜農大多仍以人工為主，平均需要12人日/ha，相當地辛苦與費工^(1,7)。目前國內已有自行研發或引進改良之蔬菜移植機可供使用，如桃園區農業改良場研

¹臺中區農業改良場研究報告第 0471 號。

²臺中區農業改良場助理、副研究員。

³國立中興大學農機系教授。

製以水稻乘坐式插秧機行走部承載之乘坐雙行式半自動移植機、種苗改良繁殖場引進改良之曳引機承載型雙行或四行半自動移植機、中興大學研發之專用品全自動雙行移植機，以及農機廠商引進試用之全自動單行移植機等^(2,3,4,7,10,11)。就其作業方式加以分析，全自動機型僅需一人操作，卻須使用其特定規格的穴盤，部份單行式移植機則與本省栽培習慣不同，農友較難接受；半自動機型係由人工供苗，對於穴盤種類、型式沒有限制，但人力需求卻多，除駕駛一人外，每種植一行必須有一個人負責供苗，誠如曳引機承載型雙行式移植機同時間就得三個人配合作業，所以推廣較不容易^(1,2,7)。

本研究爲了要解決田間移植人力不足問題，並配合蔬菜穴盤苗之推廣，分析評估國內、外相關機型之優缺點，亦參酌本省栽培習慣的需要，試製完成一台單人操作、各類型穴盤苗皆可使用的手扶式半自動雙行蔬菜移植機雛型，但經田間試驗結果發現，該機機械設計與作業性能尚稱理想，惟仍有部份缺失需加以改良⁽¹⁾。爲使其更臻實用化與商品化，進而推廣予農友應用，本研究即針對此半自動蔬菜移植機進行研究改良。

材料與方法

移植機改良組裝型式

試驗改良之手扶式半自動雙行蔬菜移植機，係以筆者等研製的雛型機爲基礎，主要組成結構亦與雛型機相類似，除包括機體與動力源、傳動減速機構、盛苗轉盤供苗機構、鴨嘴杯種植機構及油壓舉升機構外，另增設畦面整平板兼畦高自動追蹤機構與株距調整齒輪箱等。該機動力源依舊採用MITSUBISHI GM180L 6ps/2,000rpm單缸汽油引擎，可提供行走動力與其他機構之作業動力；變速箱檔位具前進高、低二速與後退一速，其中提升高速檔傳動速比，俾利機械以較快速度於道路移動；傳動機構上方設置貯苗架，至多可同時放置7盤穴盤苗；盛苗轉盤具有兩個落苗口，落苗時機分別與其下方之兩組鴨嘴杯種植機構相配合；種植行距仍爲固定單一值，但略爲縮小，株距則有三段選擇；機體距地高度調整，藉油壓缸升降帶動前、後輪之間的連桿機構來達成；畦面整平板兼畦高自動追蹤機構與油壓舉升機構連動作業，並具調整種植深度的功能。

試驗設備與材料

- 一、供試設備：改良完成之手扶式半自動雙行蔬菜移植機。
- 二、供試作物：甘藍穴盤苗，夏峰品種，購自彰化縣大村鄉富田育苗場，苗齡30~35天，莖高介於5.1~6.5 cm之間。
- 三、試驗地點：本場試驗田區，長48.5 m×寬43 m（約0.21 ha）。
- 四、畦型規格：以小型曳引機耕耘部附掛單支作畦器築畦，一次作兩個半畦，畦溝規格爲全畦寬115~125 cm、畦面寬65~70 cm、畦高20~25 cm。
- 五、量測器材：計時器(電子式，精度0.01sec)、轉速計(接觸式與非接觸式兩用型)、角度規及捲尺等。

移植機性能測試項目

本測試項目主要參考行政院農業委員會制訂之「蔬菜移植機性能測定方法及暫訂標準⁽⁸⁾」。

- 一、移植機定置時量測引擎轉速，取800 rpm(怠速)、1,000、1,200、1,400、1,600和1,800 rpm(額定轉速)六種引擎標稱轉速，以及三段設定株距之組合，共計十八組處理，進行甘藍穴盤苗移植作業。
- 二、於試驗田區內，逢機選取五行做為五重複，每行連續50株菜苗，調查其缺株率、倒伏率、種植深度、傷苗率及實際株距之範圍，其結果與蔬菜移植機性能測定標準相比較。
- 三、將實際種植株距的平均值代入下述公式，計算移植機打滑率(S)，並與經計算獲得的設定值相比較，以確定本機之標稱株距。

$$S = [(D_1 - D_0) / D_1] \times 100\%$$

其中 D_0 ：實際量測的種植株距平均值， D_1 ：計算獲得的設定株距

結果與討論

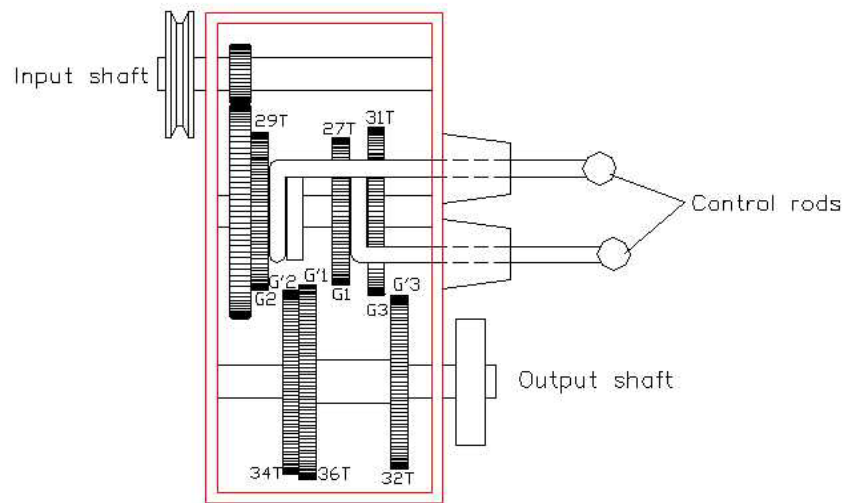
移植機研究改良結果

改良完成之手扶式半自動雙行蔬菜移植機，除了機體重量由雛型機的350 kg降為320 kg、增設一組畦面整平板兼畦高自動追蹤機構與株距調整齒輪箱之外，傳動減速、盛苗轉盤供苗、鴨嘴杯種植及油壓舉升機構等，皆有小幅度修正調整。茲針對各部機構改良結果說明如下：

一、傳動減速機構

改良之移植機傳動減速方式與原雛型機大致上相同，但部份則予以修改，包括驅動輪直徑由40 cm更換為50 cm，使全機行進速度增加1.25倍；並將變速齒輪箱前進高、低檔位之傳動速比由2：1提高到3.3：1，使道路行駛最高速度達4.68 km/hr (1.30 m/sec)，方便由農舍至作業田區之短途往返，但長途往返則建議使用搬運車輛載運；另於變速齒輪箱分導出來的傳動軸上，加裝一組棘輪式單向傳動的保護裝置，可避免操作人員倒車時疏忽，移植離合器仍處在接合位置，使盛苗轉盤反向迴轉，造成苗杯底部擋片與滾輪的損壞或變形。

又雛型機以確定作業功能與否為目標，種植株距僅設計固定單一值；現則改良採用變速齒輪箱換檔的作業方式，共有三段輸出選擇，圖一為該變速齒輪箱傳動設計示意圖。其中右側上端調整桿控制齒輪G2與G'2嚙合(中速)；下端調整桿則控制齒輪G1與G'1、齒輪G3與G'3的嚙合(低、高速)，且兩組調整桿之齒輪無法同時嚙合，必須當其中一組處於空檔位置時，方可拉動另一組調整桿，以避免造成機件損傷。該變速齒輪箱齒輪G1與G'1、G2與G'2、G3與G'3分別嚙合時，輸出軸與輸入軸之減速比為 $(36/27) : (34/29) : (32/31) \approx 1 : 0.88 : 0.88^2$ ，可知三段傳動速度概略成公比是0.88的等比級數設計，經計算可得54.5、48.0及42.2 cm三種設定種植株距。若再更換輸出軸的傳動鏈輪，則種植株距的選擇性將更為增加，如桃改型乘坐雙行式半自動蔬菜移植機即採用更換傳動鏈輪的方式變換株距⁽¹⁰⁾。



- G1 – G'1 : Theoretical plant spacing is 54.5 cm
 G2 – G'2 : Theoretical plant spacing is 48.0 cm
 G3 – G'3 : Theoretical plant spacing is 42.2 cm

圖一、調整種植株距之變速齒輪箱。

Fig. 1. Transmission box for adjusting plant spacing.

二、盛苗轉盤供苗機構

盛苗轉盤的組成架構沿雛型機型式，並無太大改變，僅爲了輕量化及製作容易，將圓盤尺寸縮小；喇叭形開口的塑膠杯原爲精密車床車削而成，但所費不貲，現則改採塑膠管沖壓成型；又圓筒杯底部之擋片彈簧，原來設計使用固定於圓筒杯外壁的扭力彈簧，爲了方便加工組裝與拆卸維修，則在盛苗轉盤傳動軸上環套一只圓環，十條拉伸彈簧均等連接其上而相互緊繃，可達到與雛型機原盛苗轉盤異曲同工之效。

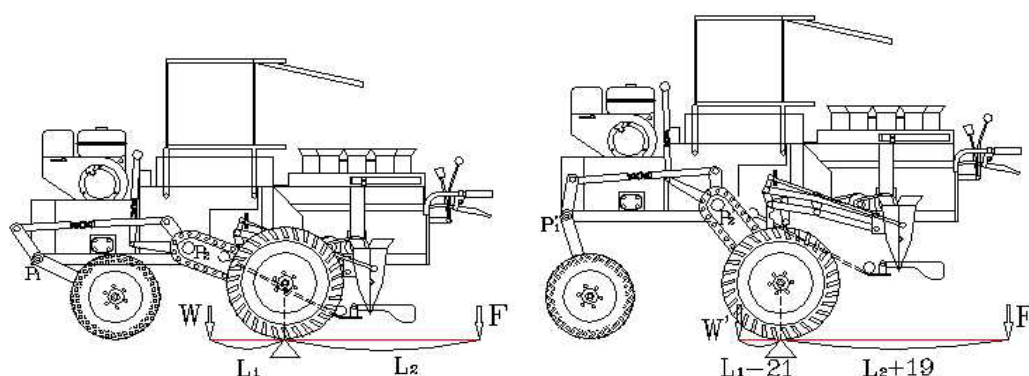
三、鴨嘴杯種植機構

種植機構仍然採用鴨嘴杯型式，傳動結構未改變，爲了機體輕巧化設計及符合農友的建議，左、右兩組的間距(種植行距)由雛型機的45cm修正爲40cm。因爲種植行、株距並非刻板的定值，當行距縮小，相對地將株距增加即可，部份蔬菜甚至因應市場需要而採用密植栽培。另左、右兩組覆土裝置的組裝位置，由原來獨立於操控桿組的下方，更改爲連接自畦面整平板的後緣，並延伸到鴨嘴杯插植位置的後方兩側；而覆土裝置的型式，亦是由前翹鞋型滑板，藉導螺桿調節高低的設計方式，簡化爲弧形平鐵片，並跟隨著畦面整平板升降作業。此兩組共四支覆土板設計爲連動可掀式，以畦面整平板圓管配重爲軸，當轉彎換行時，操作者得用腳將其掀(勾)起，以免因操控把手下壓，使其插入土中而影響操作。

四、油壓舉升機構

本機構組成元件與雛型機相仿，僅於油壓缸前進端點加裝一組緩衝彈簧，使其具有緩衝撞擊、減少噪音及油壓缸復歸等功用；而控制閥配合畦面整平板兼畦高自動追蹤機構作動，具有油壓缸上升、中立及浮動等三段位置選擇(因使用的是單動缸，所以油壓缸下降直

接靠重力及彈簧力來達成)。圖二為油壓缸升降與機體重心移動之情形。當油壓缸在起始點時，機體 P_1P_2 位於最低位置，其重量均分於前、後輪之間；但油壓缸上升時，機體則往後上方移動，並使重心亦往後移動，最終至 $P_1'P_2'$ 位置。



圖二、油壓缸升降與機體重心移動之情形。

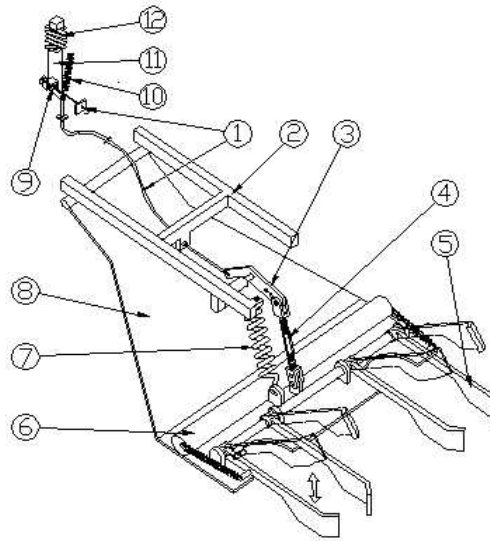
Fig. 2. Movement of the centre of gravity of the transplanter by the lift-and-down hydraulic cylinder.

以力 \times 力臂 = 力矩的觀念論之，當驅動輪為固定端，油壓缸在最低及最高時，施於操作把手的力分別為 F 及 F' 。將 P_1P_2 移動到 $P_1'P_2'$ ，機體重量(W)不變，但力臂由 L_1 cm縮短至 $(L_1 - 21)$ cm；而固定端的另一邊，因操作把手與驅動輪之間的距離由 L_2 cm增加至 $(L_2 + 19)$ cm，所以 $F = (L_1 / L_2) \cdot W$ 和 $F' = [(L_1 - 21) / (L_2 + 19)] \cdot W$ 。當實際量測 L_1 、 L_2 分別為26及86 cm，代入前述二關係式，則獲得 $F' = 0.16 F$ 。可知當 $P_1'P_2'$ 愈接近驅動輪，施加於操作把手的力就愈小，意即油壓缸在較低點時，操作人員很難將前輪翹起，反之則較為輕鬆。

五、畦面整平板兼畦高自動追蹤機構

本機構外觀示意及說明如圖三所示，其係由略微彎曲、近似梯形的薄鐵板所組成，其一邊(梯形的上底)固定於機體腹部；另一邊(梯形的下底)則以彈簧和螺桿螺絲支撐並浮接於畦面，寬度為60 cm，且位於鴨嘴杯插植位置的前方。田間作業時，該機構係與油壓舉升機構配合作用，當油壓控制閥設定在浮動位置，接觸於畦面的一邊，就會隨著車行而自動偵測畦面的高低變化，再帶動油壓缸升降，以維持固定的距地高度與插植深度，此時油壓缸的升降是由畦面整平板來決定。但是為了避免其太過靈敏，遂於浮接畦面的一邊增加一支圓管配重，使作動順序是先將畦面不平整的積土刮入低陷處，若高低差距太大，則啟動油壓裝置。當不同的菜苗需要另一種種植深度時，可調節畦面整平板支撐螺桿螺絲的長度及控制閥鋼索固定臂的位置，使其具有4~8 cm的調整範圍。綜上可知，本機構具有整平畦面、偵測畦面高度、驅動油壓缸升降及調整種植深度等四項功能。

- 1.Connecting wire rope
- 2.Support frame
- 3.Fixed arm
- 4.Adjustable screw
- 5.Covering scraper
- 6.Cylinder weight
- 7.Support spring
- 8.Ridge scraper
- 9.Hydraulic valve
- 10.Return spring
- 11.Hydraulic cylinder
- 12.Spring damper



圖三、畦面整平板兼畦高自動追蹤機構示意圖。

Fig. 3. The structure diagram of the automatic soil leveling plate ridge surface view.

移植機之性能測試結果

一、改良完成之手扶式半自動雙行蔬菜移植機，其各部機構主要規格調查彙整如表一所示。

表一、蔬菜移植機性能規格測試結果

Table 1. Testing results and specification of the vegetable seedling transplanter

Items	Specification
Power unit	6ps/2,000rpm gasoline engine
Transmission	2 forward and 1 backward speeds
Wheel drive	2 wheels drive
Gross weights	320 kgs
Dimension	L 207 cm, W 118-128 cm, H 120-141 cm
Tyres	3.50-8-4PR×2 (guide wheels) 4.00-7-2PR×2 (driving wheels)
Tread	82、88、94、100、106 cm (front, adjustable) 106、108、114、116 cm (rear, adjustable)
Wheel base	69-73 cm
Seedling stores	7 seedling trays maximum
Row & plant spacing	40.0 cm, 54.5、48.0、42.2 cm (theoretical value)
Maximum operation speed	1.30 m/sec (on road), 0.38 m/sec (in field)

二、以每一處理隨機選取五行，做為五次重複，每一重複連續量測50株菜苗之缺株率、倒伏率、種植深度的合格率、傷苗率及實際種植株距的合格率等，五次測試結果的平均值彙整如表二、表三及表四所示。

表二、蔬菜移植機田間性能測試結果(設定株距 54.5 cm)

Table 2. Testing results of the performance of the vegetable seedling transplanter (theoretical plant spacing is 54.5 cm)

Engine speed rpm	Miss-planted	Over inclined	Qualified depth %	Damaged seedling	Qualified spacing
800	0	0.4	100	0	100
1,000	0	0.8	100	0	100
1,200	0.4	1.2	100	0	100
1,400	0.8	0	100	0	100
1,600	2.8	0	100	0	100
1,800	3.2	0.4	96.0	0.8	100

表三、蔬菜移植機田間性能測試結果(設定株距 48.0 cm)

Table 3. Testing results of the performance of the vegetable seedling transplanter (theoretical plant spacing is 48.0 cm)

Engine speed rpm	Miss-planted	Over inclined	Qualified depth %	Damaged seedling	Qualified spacing
800	0.8	0	100	0	100
1,000	1.6	0	100	0	100
1,200	0.4	0	100	0.8	100
1,400	0.4	0.8	100	0	100
1,600	2.4	0.4	99.6	0	100
1,800	6.0	1.2	98.4	0.4	100

表四、蔬菜移植機田間性能測試結果(設定株距 42.2 cm)

Table 4. Testing results of the performance of the vegetable seedling transplanter (theoretical plant spacing is 42.2 cm)

Engine speed rpm	Miss-planted	Over inclined	Qualified depth %	Damaged seedling	Qualified spacing
800	0	0.4	99.6	0	100
1,000	2.4	0	100	0.4	100
1,200	1.2	0.8	99.6	0	100
1,400	3.6	2.4	98.8	0	100
1,600	7.6	2.0	98.0	0.4	100
1,800	15.6	1.2	99.2	0.4	100

三、缺株率：

「蔬菜移植機性能測定方法及暫訂標準」定義缺株是“移植後之空株”。以此判斷是否真正缺株，似乎不夠明確，所以筆者等自行延伸以菜苗未植入土中，且滾離該植穴者，視為缺株；菜苗落於植穴，但未植入土中者，則不視為缺株，另由倒伏率與種植深度的標準來量測其結果，以作為測試的依據。經此判斷方式，量測六種引擎轉速與三種種植株距之缺株比率，並將五重複的測試結果經鄧肯多變域分析(Duncan's multiple range test)，結果如表五所示。

表五、不同引擎轉速與設定株距之缺株比率量測結果

Table 5. Testing results of the miss-planted ratio at different engine speed and theoretical plant spacing settings

Planting distance (cm)	Miss-planted ratio (%)					
	Engine speed (rpm)					
	800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
54.5	0 a*	0 a	0.4 a	0.8 a	2.8 ab	3.2 ab
48.0	0.8 a	1.6 a	0.4 a	0.4 a	2.4 a	6.0 bc
42.2	0 a	2.4 a	1.2 a	3.6 ab	7.6 c	15.6 d

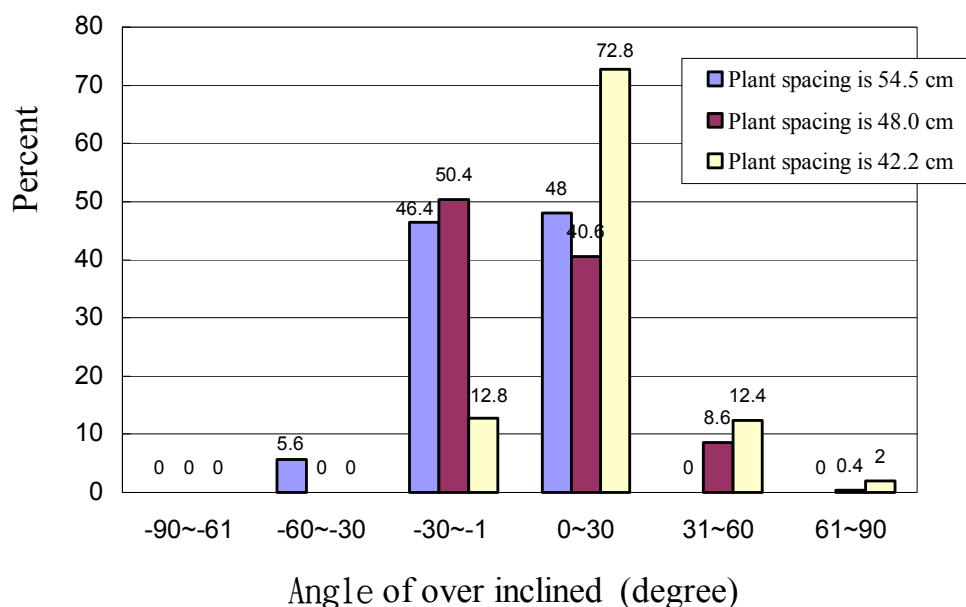
*Significant at 5% levels (Duncan's MRT test).

由上表可知，引擎轉速1,600 rpm、設定株距42.2 cm，以及引擎轉速1,800 rpm、設定株距48和42.2 cm三種處理，與其他十五種處理之間達顯著差異。探討其原因，當引擎轉速愈高、種植株距愈小，盛苗轉盤的迴轉速度就愈快，若每次投苗在固定一只盛苗杯的位置，則人工自穴盤取苗再投入該苗杯所被允許的時間(即每一只苗杯迴轉36°的時間)就愈短，經測試前述三種處理所被允許投苗的時間分別是0.60、0.60及0.51 sec，其他處理則介於0.68-1.52 sec之間。而最佳的人工作業方式是一次自穴盤取二株(左、右手各一株)菜苗，再分別投入連續的兩只盛苗杯內，每次投苗的平均時間是0.61 sec，高於該三種處理的允許時間。由此可證明這三種處理主要缺株原因是供苗來不及；但其他處理卻是因菜苗莖葉糾纏、操作人員疏忽，以及盛苗轉盤與鴨嘴杯種植機構的同步動作失調等因素所造成的結果。所以，在缺株率符合性能測定標準(5%以下)的前提下，當種植株距設定為54.5 cm，最快作業速度的引擎轉速是1,800 rpm，相當於直線速度0.38 m/sec；而種植株距選擇48.0及42.2 cm時，則1,600 rpm (0.33 m/sec)與1,400 rpm (0.28 m/sec)分別為其最高的作業速度。

四、倒伏率：

造成菜苗移植後倒伏的原因，除了其本身在穴盤中生育的直立性、機械行走的前傾慣性，以及種植機構運動設計的優劣性外，田間作業當時的風向、風速等，對於倒伏結果亦影響甚鉅。所以量測倒伏角時，不以確實的數值為基準，而是採用每30°為一個調查區間，即-90°~-61°、-60°~-31°、-30°~-1°、0°~30°、31°~60°及61°~90°，共六個範圍。其中，移植後植株直立者為0°，平躺於畦面者為90°；而與機械行進方向同向者為“+”，反向則為“-”；植株倒伏角度在-90°~-61°及61°~90°的範圍者，即為不合格的倒伏苗。

圖四為引擎轉速1,600 rpm時，三種設定株距倒伏率之實測結果。其中種植株距54.5、48.0、42.2 cm的倒伏角在±60°之合格範圍內，分別佔100%、99.6%及98.0%，並且有九成以上的移植苗集中在-30°~30°之間，顯見鴨嘴杯種植機構的作業功能相當理想；而不合格的菜苗中，部份則為落於植穴，但未植入土中者。另其他轉速與株距所搭配的試驗結果，倒伏角大於60°的比例，亦皆符合「蔬菜移植機性能測定方法及暫訂標準」所訂定之10%以下的範圍。



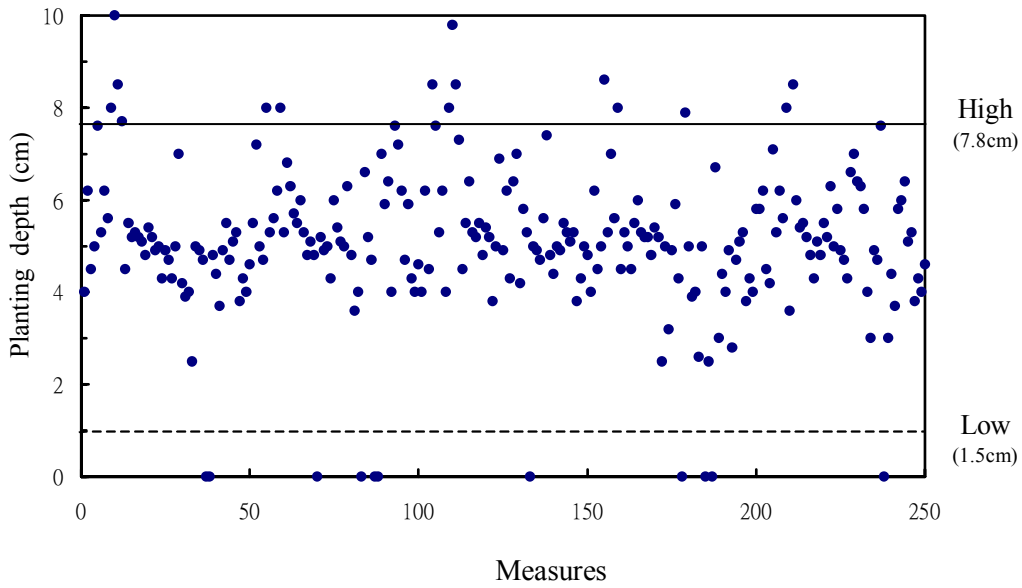
圖四、蔬菜移植機倒伏率測試結果(引擎轉速 1,600 rpm)。

Fig. 4. The testing results of the over inclined ratio for the seedling transplanter. (Engine speed is 1,600 rpm)

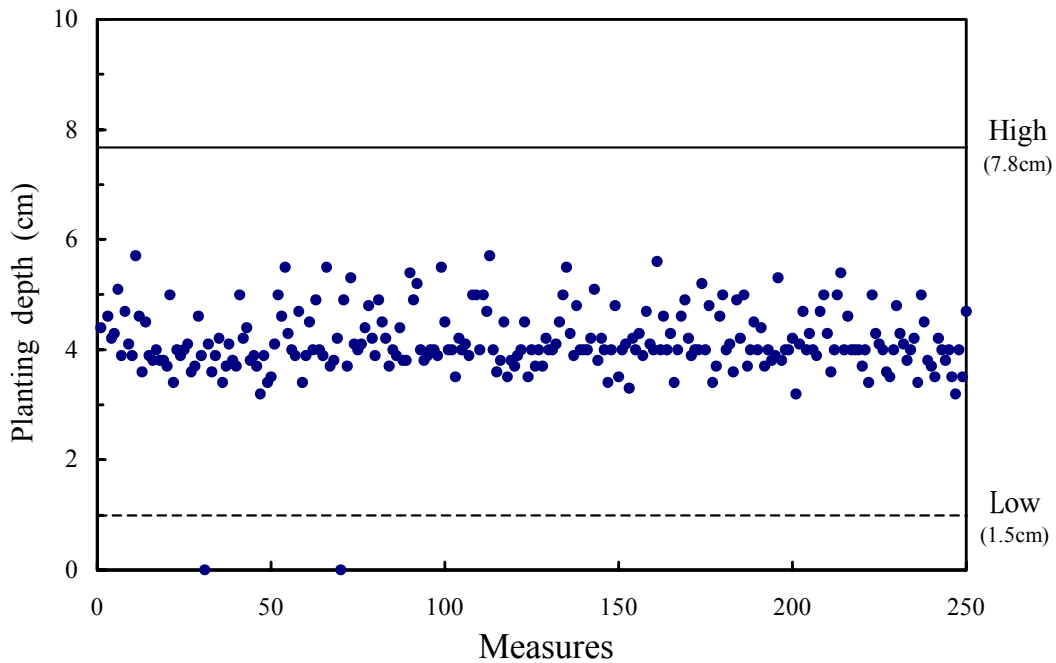
五、種植深度的範圍：

試驗所用之甘藍苗苗齡為30~35天，莖高介於5.1~6.5 cm之間，經調查其平均值為5.6 cm (標準差0.4 cm)；而穴盤高度為3.0 cm，但介質塊實測高度是介於2.2~3.0 cm之間，平均值為2.8 cm (標準差0.2 cm)。由於同一田區土壤的軟硬程度不一定相同，且每一次築畦高度又略有差異；而每一株帶介質塊的菜苗，其介質塊下緣至生長點的高度也不盡相同，符合性能測定標準“種植深度在根(介質)塊高度一半以上至生長點以下”的範圍也就不會一樣。但為求有一個統一的量化標準，移植後量測結果以“介質塊平均高度與其標準差之和”的一半為下限；而“介質塊高度與莖高平均值之和”，減去“二者標準差之和”為上限，即種植深度的合格率介於1.5~7.8 cm之間。經試驗結果發現，當調整鴨嘴杯插植深度為5 cm時，除了缺株不列入記錄；菜苗未植入土中，卻平躺於植穴旁，其種植深度視為0 cm (不合格)之外，其餘植入土中的菜苗，以六種引擎轉速與三種種植株距之作業結果，不僅沒有埋沒情形發生，且菜苗介質塊下緣至植穴內表土接觸點的高度，皆合於1.5~7.8 cm的標準範圍內。由表二、表三、表四之移植機田間性能彙整結果可知，種植深度合格率皆達到96%以上的水準，顯見移植機加裝畦面整平板兼畦高自動追蹤裝置，確實已達到預期的功效，亦確實改善了雛型機種植深度僅達標準下限(90%)⁽¹⁾的不足。

圖五為雛型機引擎轉速1,400 rpm、設定株距50 cm之種植深度實測結果；圖六為改良後移植機以引擎轉速1,400 rpm、設定株距48.0 cm的試驗結果。由兩圖比較可知，雛型機種植深度變化較大，不合格者之中有部份菜苗被埋沒，部份則未植入土中，主要原因是畦面不平整所造成；而後者加裝畦面整平板兼畦高自動追蹤裝置，所以種植深度的變化減小、落點也較集中。



圖五、雛型機種植深度測試結果(引擎轉速 1,400 rpm 及設定株距 50.0 cm)。
Fig. 5. The testing results of the planting depth for the prototype seedling transplanter.
(Engine speed and theoretical plant spacing are 1,400 rpm and 50.0 cm)



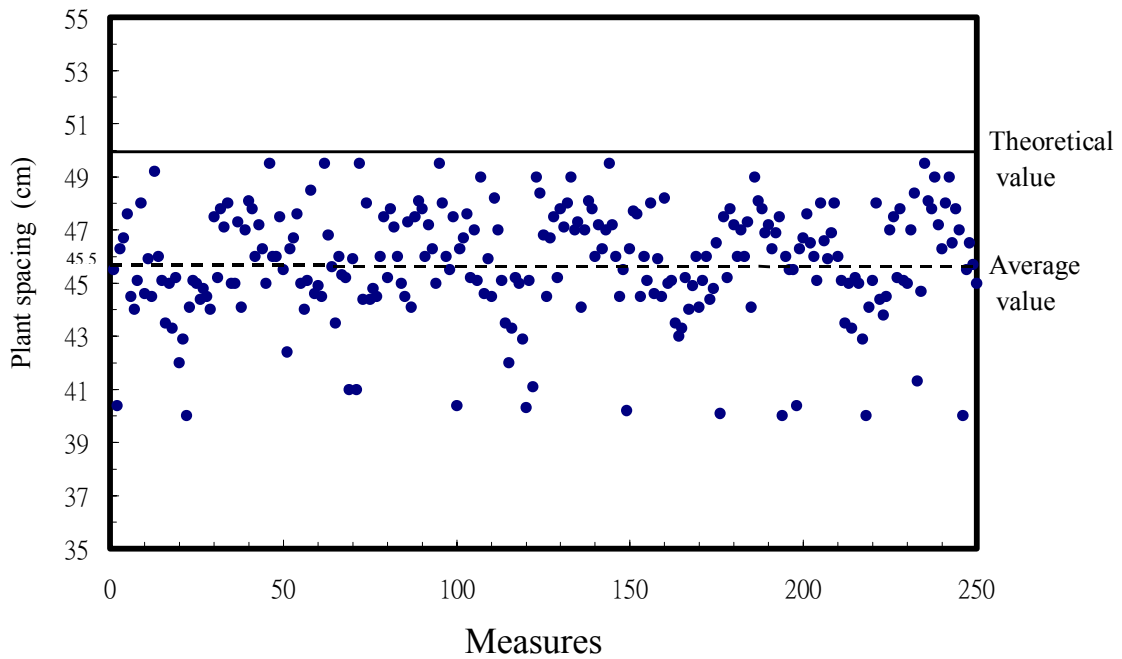
圖六、改良後移植機種植深度測試結果(引擎轉速 1,400 rpm 及設定株距 48.0 cm)。
Fig. 6. The better testing results of the planting depth for the improved seedling transplanter.
(Engine speed and theoretical plant spacing are 1,400 rpm and 48.0 cm)

六、傷苗率：

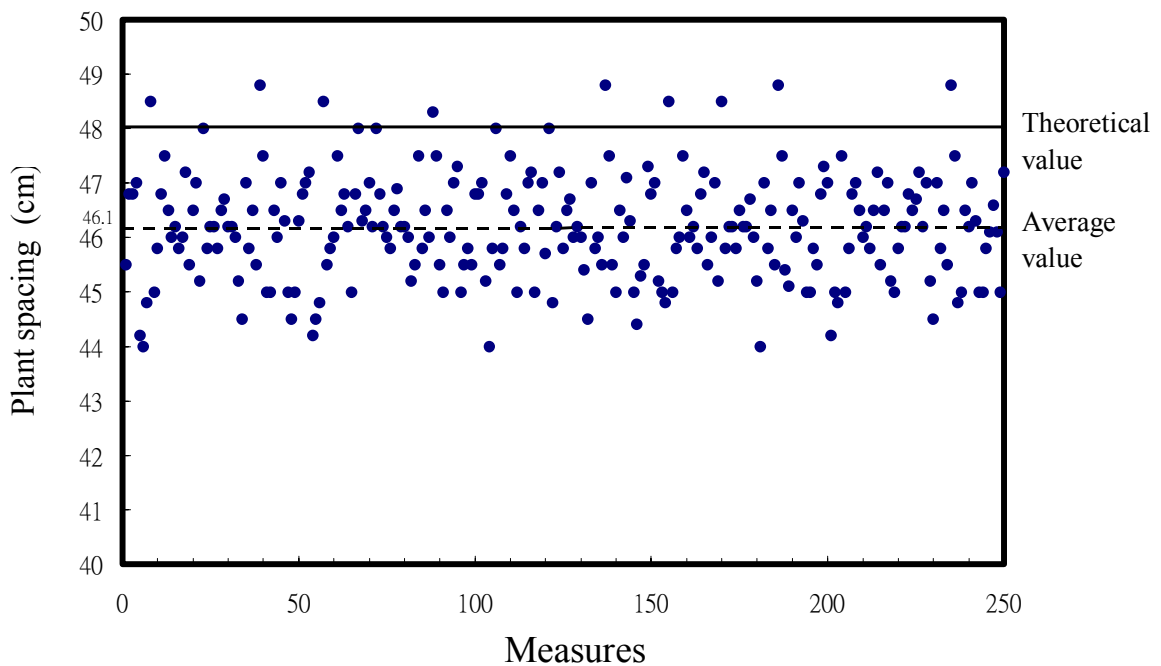
依照「蔬菜移植機性能測定方法及暫訂標準」所訂，苗葉被切斷、苗莖彎折或根塊被切割三分之一以上者為傷苗。由表二至表四可知，六種引擎轉速與三種設定株距搭配的測試結果，其最大傷苗率為0.8%，低於測定標準(5%以下)甚多，但發生傷苗的原因是操作人員取苗不慎所造成；或供苗轉盤與其下方鴨嘴杯搭配協調不良(傳動鏈條鬆動)時，使菜苗無法正確落入杯內，而致苗葉或苗莖被兩片鴨嘴夾斷、折彎的情形發生；又當菜苗根系發育不健全，無法完全包覆介質塊時，自盛苗轉盤落下之菜苗，亦偶有介質塊崩解(crashing)的現象發生。而菜苗介質塊崩解雖非機械直接造成的缺失，亦不致過分影響傷苗率的測試結果，但為防此現象產生不良影響，應提醒操作農友在移植作業前，應先行檢視整批菜苗品質的均一性，並去蕪存菁，可確保機械作業的精度與移植後的存活率，以及減少人工補植的麻煩。

七、實際株距之範圍：

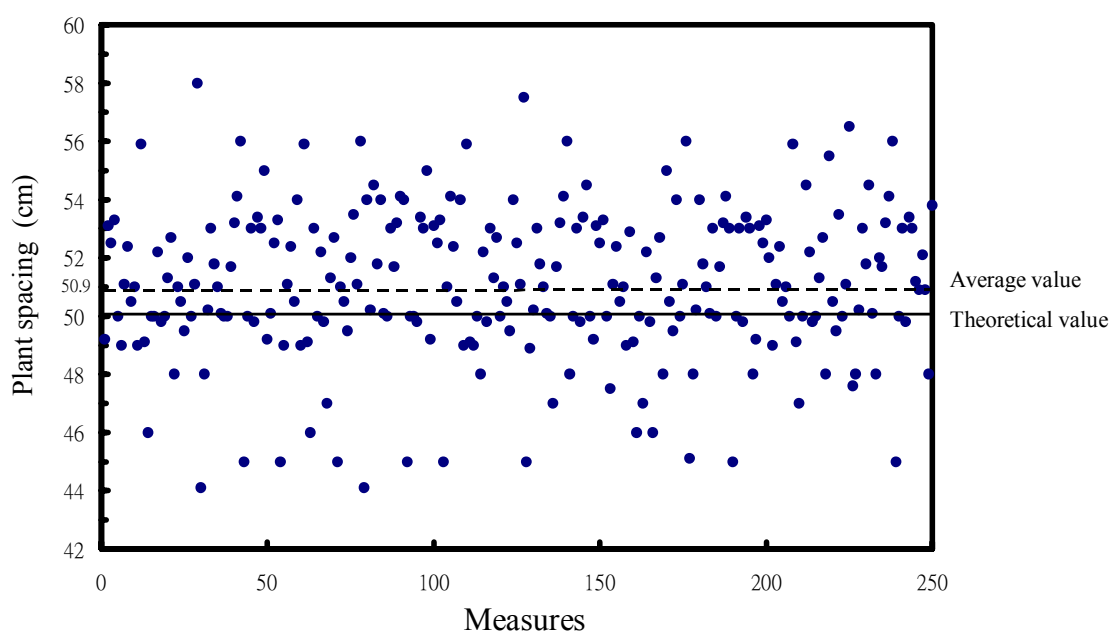
圖七為雛型機以引擎轉速1,400 rpm、設定株距50.0 cm之實際株距量測結果，其實際株距分佈範圍介於40.0~49.5 cm之間，平均值為45.5 cm，取習用的45 cm為標稱值，則符合標稱值 $\pm 10\%$ 以內的比例是96%；圖八則為引擎轉速1,400 rpm與設定株距48.0 cm之實際株距實測結果，其實際株距範圍分佈於44.0~48.8 cm之間，平均值為46.1 cm，在標稱值46 cm $\pm 10\%$ (41.4~50.6cm)以內者達100%；又如標稱值設定為43.0~49.0 cm之間任何一數時，則每筆實際株距亦可完全落於各標稱值的合格範圍內，而其他設定株距與各種引擎轉速的搭配結果，也可獲致百分之百的合格率，並遠優於性能測定的標準(85%)。以圖七與圖八相比較可知，改良後移植機的實際株距量測結果，最大和最小值的差距僅4.8 cm (48.8及44.0 cm)，標準差為1.0 cm，皆小於雛型機的9.5 cm (49.5及40.0 cm)與1.9 cm，顯見改良機型的表現較雛型機為優；而二者之理論設定值皆小於平均值，主要原因是驅動輪打滑所造成。另圖九為人工移植作業的種植株距調查結果。其標稱值為50 cm，株距分佈於44.1~58.0 cm之間，平均值與標準差分別為50.9 和2.6 cm，符合標稱值 $\pm 10\%$ 以內的比例為94%。可知，改良前後之移植機，實際種植株距的一致性皆比人工種植為高，對於菜苗的生長發育，或後續機械化管理、採收等作業，皆較為有利。



圖七、雛型機實際種植株距量測結果(引擎轉速 1,400 rpm 及設定株距 50.0 cm)。
 Fig. 7. Testing results of the true plant spacing for the prototype seedling transplanter.
 (Engine speed and theoretical plant spacing are 1,400 rpm and 50.0 cm)



圖八、改良後移植機實際種植株距量測結果(引擎轉速 1,400 rpm 及設定株距 48.0 cm)。
 Fig. 8. The better testing results of the true plant spacing for the improved seedling transplanter.
 (Engine speed and theoretical plant spacing are 1,400 rpm and 48.0 cm)



圖九、人工實際種植株距量測結果(設定株距 50 cm)。

Fig. 9. Testing results of the true plant spacing by labor transplanting.
(Theoretical plant spacing is 50 cm)

八、打滑率測試結果：

改良後移植機以十八種試驗組合之實際株距量測結果彙總如表六所示，而株距標稱值可由各種處理的量測結果再加以平均，分別為51.5、45.8及40.1 cm，若四捨五入取整數後，則蔬菜移植機之標稱株距可訂定為52、46及40 cm三種選擇。而以三種實際種植株距的平均值(D_0) 51.5、45.8、40.1 cm與設定株距(D_1) 54.5、48.0、42.2 cm來計算田間作業打滑情形，則代入打滑率的計算公式中，可獲得三種設定株距的打滑率分別為5.5%、4.6%、5.0%。其三者間的差異不大，主要源自於田區土壤狀況、築畦深淺或歪直而造成車行阻力不一，以及人為量測誤差所致，以前述結果概計得本移植機的田間平均打滑率(S)為5.0%。

表六、不同引擎轉速與設定株距之實際株距量測結果彙總

Table 6. Testing results of the true plant spacing at different engine speeds and theoretical plant spacing settings

Engine speed	Average of true planting space (standard deviation) , cm		
	Theoretical plant spacing		
	54.5 cm	48.0 cm	42.2 cm
rpm	----- % -----		
800	51.5 (0.8)	45.5 (1.0)	40.0 (0.8)
1,000	51.3 (0.7)	45.6 (1.0)	40.0 (0.9)
1,200	51.2 (0.8)	45.5 (0.7)	40.0 (1.1)
1,400	51.6 (1.1)	46.1 (1.0)	40.1 (0.9)
1,600	51.5 (1.0)	46.0 (0.8)	40.2 (1.1)
1,800	51.6 (1.1)	45.9 (1.3)	40.1 (1.0)

結論與建議

本研究改良完成一台手扶式半自動雙行蔬菜移植機，種植行距固定為40 cm，標稱株距由實際株距的平均值取整數，可得52、46及40 cm三段選擇。由試驗結果可知，在十八組處理中，除標稱株距46 cm (設定株距48.0 cm)、引擎轉速1,800 rpm，標稱株距40 cm (設定株距42.2 cm)、引擎轉速1,600及1,800 rpm三組處理的缺株率外，其他作業性能與另外十五組的測試結果，皆符合「蔬菜移植機性能測定方法及暫訂標準」。

在田間性能符合該測定標準的前提下，當種植株距選擇52 cm時，建議最高作業效率的直線速度是0.38 m/sec (引擎轉速1,800 rpm)，此時田間作業性能分別為缺株率3.2%、倒伏率0.4%、傷苗率0.8%、種植深度與實際株距合格率是99.6%和100%；而種植株距選擇46 cm時，作業速度是0.33 m/sec (引擎轉速1,600 rpm)，缺株率2.4%、倒伏率0.4%、無傷苗、種植深度與實際株距合格率為99.6%和100%；種植株距選擇40 cm時，作業速度是0.28 m/sec (引擎轉速1,400 rpm)，缺株率3.6%、倒伏率2.4%、無傷苗、種植深度與實際株距合格率為98.8%和100%。經與雛型機性能試驗結果相比較，改良後移植機之各項作業性能均有長足的進步。

另本研究各項測試係針對甘藍穴盤苗及試驗田區之土壤條件而獲致的結果，但不同作物，不同土壤質地、粒徑、含水率、密度等物理特性，以及整地、築畦的優劣，都會影響機械作業性能。對於不同種類穴盤苗或環境、土壤因子與移植性能的關係，以及機械和人工移植對生育、產量的調查比較等，日後將繼續加以試驗研究與探討。

誌 謝

本研究承蒙台灣省政府農林廳主辦之「種苗生產自動化」計畫項下補助經費。試驗期間承農委會鄒瑞珍科長、李廣武技正、農林廳李蒼郎科長、林明仁股長等長官，台灣大學農機系陳世銘教授及中興大學農機系盛中德主任、林聖泉教授等專家學者不吝賜教與指導；大地菱農機公司傾力配合機械試驗改良及本場農機研究室全體同仁鼎力協助，方得以順利完成；本文之發表並承盛中德主任之斧正及審閱，謹此一併致謝。

參考文獻

- 1.田雲生、龍國維、樂家敏 1998 手扶式半自動雙行蔬菜移植機之研製 臺中區農業改良場研究彙報 59:13-24。
- 2.朱健松 1995 自走式蔬菜種苗移植機之研究開發 碩士論文 台中：中興大學農業機械工程學研究所。
- 3.李武一 1995 曳引機承載式蔬菜移植作畦機試驗研究 八十四年農業機械論文發表會論文摘要集 p.11-12 台北：中華農業機械學會。
- 4.林文進 1997 自走式全自動蔬菜種苗移植機之試驗改良 碩士論文 台中：中興大學農業機械工程學研究所。
- 5.陳世銘、張金發 1996 臺灣蔬菜育苗自動化之發展 蔬菜自動化育苗技術研討會論文集 p.69-93 台北：台灣大學農機系。

- 6.黃泮宮、張武男 1994 夏季蔬菜穴盤育苗技術之研究 海峽兩岸蔬菜耐熱與抗病栽培育種研討會專輯 p.18-1~18-29 台中：中興大學。
- 7.樂家敏、龍國維 1996 臺灣蔬菜田間移植機械之發展 蔬菜自動化育苗技術研討會論文集 p.107-114 台北：台灣大學農機系。
- 8.臺灣省政府農林廳 1996 農機具性能測定報告(第四輯) p.77-78 南投：臺灣省政府農林廳。
- 9.臺灣省政府農林廳 1997 臺灣農業年報 p.62-99 南投：臺灣省政府農林廳。
- 10.謝森明 1992 乘坐雙行式蔬菜移植機改良研製 園藝作物自動化育苗移植研討會專輯 p.125-135 桃園：桃園區農業改良場。
- 11.謝森明 1995 蔬菜移植機一桃改型半自動乘坐雙行式 新型農業機械示範推廣手冊 桃園：桃園區農業改良場。

The Improvement and Experiment of a Semi-automatic Vegetable Seedling Transplanter (1)¹

Yun-Sheng Tien², Gwo-Wei Long² and Jar-Miin Luan³

ABSTRACT

The purpose of this research was to improve the prototype semi-automatic two-row vegetable seedling transplanter. This improved machine replaced the 45 cm row spacing into 40 cm and three plant spacing of 52, 46 and 42 cm adjusting with a new changeable gear set. An automatic soil leveling plate on plant bed was added to solve the problems of over-inclined and buried seedlings. The field testing results of cabbage seedling transplanting under the situation of matching the National Testing Standards showed the performance of this transplanter as follows : the miss-planted ratio was 3.2%, over-inclined ratio 0.4%, damaged seedling ratio 0.8%, qualified planting depth ratio 99.6% and qualified plant spacing ratio 100% with 52 cm plant spacing and 0.38 m/sec max. forward speed (engine revolution 1,800 rpm). The miss-planted ratio is 2.4%, over-inclined ratio 0.4%, damaged seedling ratio 0%, qualified planting depth ratio 99.6% and qualified planting spacing ratio 100% with 46 cm plant spacing and 0.33 m/sec max. forward speed (engine revolution 1,600 rpm). The miss-planted ratio was 3.6%, over-inclined ratio 2.4%, damaged seedling ratio 0%, qualified planting depth ratio 98.8% and qualified planting spacing ratio 100% with 40 cm plant spacing and 0.28 m/sec max. forward speed (engine revolution 1,700 rpm). The results showed the performance of the machine has been improved very well.

Key words: transplanter, nursery seedling, vegetable.

¹ Contribution No. 0471 from Taichung DAIS.

² Assistant and Associate Engineer of Taichung DAIS, respectively.

³ Professor of Department of Agricultural Machinery Engineering, NCHU.