

台灣水稻栽培機械化之研究——初步報告

梁 桐 陳金樹 彭添松

一、緒 論

歐美先進各國農業已由主要作物栽培機械化推展至園藝及果園等全面農業機械化的境域，農業機械化的進展可反映出一國物質文明的程度，我國近年來各有關方面均朝這方向努力，但距離全面農業機械化尚遠。例如水稻為我國最主要之作物，但除極小部份整地作業及搬運採用動力機械外，幾乎大都仍停留在人畜力的階段，推究其原因不外乎兩點：一為現行水稻栽培法與現有動力機械尚未能完全配合，一為我國小農居多，農民購買力薄弱。

本研究旨在探求一種低廉的萬用機械，期能適合於各種不同性質的作業為目的。惟由於整地、搬運等作業需要大馬力較重車體的機械；而中耕除草、收割、脫粒、選別等作業則以使用小馬力較輕便機械為宜。因此一部機械不易適合前述兩種極端不同性質的作業，若準備重輕兩部機械則勢必增加成本，減少購買力。為解決此矛盾問題，我們試製輕重（大小）兩種車體而利用同一引擎（動力來源）以減輕購買負擔，同時亦可適於各種輕重作業。另一方面，鑒於本省人口眾多，土地狹小，農業經營不但要機械化以提高勞動生產力，而且更需提高單位耕地面積產量。因此本研究除機械設計之外，亦注重機械栽培與現行栽培方法兩者間產量比較試驗。

二、行株距與水稻產量關係試驗

機械必須與栽培法相配合才能發揮良好性能，現行水稻栽植法行株距僅為24公分左右，為配合機械的利用，應加寬行距，然而密度高的栽植法產量較高，故需以田間試驗選擇一適當的行株距栽植法，然後根據這一適當行株距栽植法去試驗機械化的栽培，藉以機械的田間效能來改善栽培技術。

(一)不同的行株距及栽培方法之產量比較試驗。

A 試驗一

1. 試驗材料與方法

本試驗在臺北市臺大農業試驗場進行，試驗土壤為坵質壤土，供試品種為蓬萊稻臺中65號，施肥量為硫酸380公斤/公頃，過磷酸石灰250公斤/公頃，氯化

鉀120公斤/公頃，施肥法除留二分之一為追肥外餘皆行全層施肥。栽培時間民國49年7月至12月。

試驗處理共分2×3複因子6種，重複6次，逢機區集設計。

(1)播種法 (P) — 直播法 (P₀)，移植法 (P₁)

(2)行株距 (S) — $\begin{cases} 22.5\text{cm} \times 22.5\text{cm} & (S_0) \\ 45.0\text{cm} \times 11.25\text{cm} & (S_1) \\ 45.0\text{cm} \times 7.50\text{cm} & (S_2) \end{cases}$

2. 結果與分析

表一：乾穀產量表

重 複	處 理					
	P ₀			P ₁		
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₀	S ₁	S ₂
1	4.347	3.634	4.314	4.380	4.381	4.788
2	4.218	3.214	4.062	4.833	4.347	4.322
3	3.863	3.023	3.276	4.338	3.773	3.938
4	3.467	3.023	3.087	4.433	3.867	4.122
5	3.613	3.562	2.699	4.571	3.656	4.282
6	3.728	2.632	3.589	4.084	3.491	4.084
平均 kg/plot	3.827	3.1813	3.5045	4.4398	3.9191	4.2560
指 數 %	87.23	71.65	78.93	100	88.27	95.86

表二：變方分析結果表

變異原因	自由度	平方和	均方	實測 F 值	顯著 F 值	
					5 %	1 %
區 集	5	2.641	0.523	7.558	2.60	3.86
處 理	5	6.502	1.300	16.883	2.60	3.86
P	(1)	4.229	4.229	54.922	4.24	7.77
S	(2)	2.209	1.104	14.337	3.38	5.57
P × S	(2)	0.064	0.032	0.415	3.38	5.57
機 差	25	1.921	0.077			
總 和	35					

表三：栽培法之間差異顯著性比較表

比較項目	平均產量 公斤/小區	栽培法之間差異
P ₁	4.250	
P ₀	3.519	0.731**

**.....1% 顯著水準

表四：行株距之間差異顯著性比較表

比較項目	平均產量 公斤/小區	行根距之間差異	
S ₀	4.156	4.156	
S ₂	3.880	0.276*	3.880
S ₁	3.550	0.606**	0.330*

**.....1% 顯著水準

*.....5% 顯著水準

表五：各參試處理間差異顯著性比較表

比較項目	平均產量 公斤/小區	各處理間差異				
P ₁ S ₀	4.440	4.440				
P ₁ S ₂	4.256	0.184	4.256			
P ₁ S ₁	3.919	0.521**	0.337	3.919		
P ₀ S ₀	3.872	0.568**	0.384*	0.047	3.872	
P ₀ S ₂	3.505	0.935**	0.751**	0.414*	0.3676	3.505
P ₀ S ₁	3.181	1.259**	1.075**	0.738**	0.691**	0.324

**.....1% 顯著水準

*.....5% 顯著水準

由表一至表五的結果可得下列數點

- (1)不同之栽培法有極顯著的差異，其中移植法產量較直播法為高。
- (2)不同之行株距對於產量有顯著的影響，三種不同行株距之中以22.5cm×22.5cm最佳，45.0cm×7.50cm次之，45.0cm×11.25cm最差。

(3)栽培法與行株距二因子之間似無交互作用。

(4)各處理之間平均產量高低順序為；移植 22.5cm×22.5cm，移植 45.0cm×7.50cm，移植 45.0cm×11.25cm，直播 22.5cm×22.5cm，直播 45.0cm×7.50cm，直播45.0cm×11.25cm。

(5)不同行株距對於移植栽培產量影響比較試驗

根據試驗一移植法有極顯著效果，且同一栽植密度之下行株距趨於正方形產量較佳，故以移植法為根據做不同行株距的試驗。

A 試驗二

1. 試驗材料及方法

試驗時間自民國50年7月至12月，共分4種處理，重複6次，逐機區集設計。

- (1)行株距24cm×24cm，每叢5本 (A)
- (2)行株距24cm×4.8cm，每叢1本 (B)
- (3)行株距30cm×3.85cm，每叢1本 (C)
- (4)行株距36cm×3.2cm，每叢1本 (D)

地點、土壤、品種、肥料等皆與試驗一相同。

2. 結果與分析

表六：乾穀產量表

處理	重 複						平均 公斤/小區 kg/plot	指數 %
	1	2	3	4	5	6		
A	7.786	7.139	7.354	7.440	7.458	7.353	7.422	100
B	6.764	6.132	6.292	7.427	7.202	6.982	6.800	91.62
C	7.540	6.874	6.774	8.117	7.856	7.517	7.446	100.33
D	7.691	6.743	6.598	7.347	7.631	6.866	7.146	96.29

表七 變方分析結果表

變異原因	自由度	平方和	均 方	實測 F 值	顯著 F 值	
					5 %	1 %
區 集	5	2.989	0.598	7.667	2.90	4.56
處 理	3	1.520	0.507	6.500	3.29	5.42
機 差	15	1.169	0.078			
總 和	23					

表八：各處理間差異顯著性比較表

比較項目	平均產量 公斤/小區	各處理間差異			
C	7.446	7.446			
A	7.422	0.024	7.422		
D	7.146	0.300	0.276	7.146	
B	6.800	0.646**	0.622**	0.346*	

**.....1% 顯著水準

*.....5% 顯著水準

試驗結果與分析如表六至表八，在平均產量差異比較中A.B.C三處均未達顯著差異，而A.B二處理與D處理差異極顯著，C與D亦有顯著差異，其平均產量高低順序為；30cm×3.85cm，24cm×24cm，36cm×3.2cm及24cm×4.8cm。

B 試驗三

1. 試驗材料與方法

時間民國51年2月至7月，方法與材料與試驗二同

2. 試驗結果與分析

表九：乾穀產量表

處理	重 複						平均 公斤/小區 kg/plot	指數 %
	1	2	3	4	5	6		
A	7.300	6.800	6.600	7.100	7.100	7.800	7.117	100
B	6.400	6.800	7.200	6.800	7.700	7.200	7.017	98.59
C	6.600	6.600	7.600	7.500	8.000	8.100	7.400	103.98
D	6.500	7.300	6.800	7.200	6.800	7.400	7.000	98.36

表十：變方分析結果表

變異原因	自由度	平方和	均方	實測 F 值	顯著 F 值	
					5 %	1 %
區集	5	2.30	0.46	2.893	2.90	4.56
處理	3	0.61	0.20	1.257	3.26	5.42
機差	15	2.38	0.159			
總和	23					

試驗結果與分析如表九、十，不同處理之間差異未達顯著水準，但似以 30cm×3.85cm 行株距栽植法之產量為高。

三、機械中耕除草、培土對於水稻產量影響之比較試驗

根據試驗二、三結果似以寬行密植 30cm×3.85cm 的處理產量較佳，但在插秧機未發展成功之前，一本植不易操作，故暫以 30cm×19.2cm 每叢 5 本植為準，做機械處理的試驗。

A 試驗四

1. 試驗材料與方法

時間為民國51年2月至7月，2處理，4重複逢機區集設計。

- (1)行株距 24cm×24cm，一般人工除草三次，無培土 (A)
- (2)行株距 30cm×19.2cm，機械中耕除草二次，以培土一次代替第三次中耕除草。(B)
培土高 4~6 公分，其餘與試驗二同。

2. 結果與分析

表十一：乾穀產量表

處理	重 複				平均 公斤/小區 kg/plot	指數 %
	1	2	3	4		
A	34.80	34.00	35.40	35.00	34.80	100
B	37.40	38.20	36.00	37.33	37.23	106.98

表十二：變方分析結果表

變異原因	自由度	平方和	均方	實測 F 值	顯著 F 值	
					5 %	1 %
區集	3	0.27	0.09	0.08	9.28	29.46
處理	1	11.76	11.76	10.79	10.13	34.12
機差	3	3.26	1.09			
總和	7	15.29				

表十三：各處理間差異顯著性比較表

比較項目	平均產量 公斤/小區	各處理間差異
B	37.23	
A	34.80	2.43*

*.....5% 顯著水準

試驗結果與分析如表十一、十二、十三，兩不同處理有顯著差異，其平均產量以寬行密株 30cm×19.2cm 機械中耕除草培土較正條密植 24cm×24cm 一般人工除草增產 6.98%，

B 試驗五

1. 試驗材料與方法

時間為民國51年7月至12月，4處理，4重複，逢機區集設計。

- (1)行株距 24cm×24cm，一般人工除草三次，無培土 (A)
- (2)行株距 30cm×19.2cm 機械中耕除草二次，以培土一次代替第三次中耕除草 (B)
- (3)行株距 30cm×19.2cm，機械中耕除草三次，無培土 (C)
- (4)行株距 30cm×19.2cm，一般人工除草三次，無培土 (D)

2. 結果與分析

試驗結果與分析如表十四、十五、十六，在不同處理之中A與C之間有極顯著差異，而A，D，B三種處理之間差異均未達顯著水準。

表十四：乾穀產量表

處理	重 複				平均 公斤/小區 kg/plot	指數 %
	1	2	3	4		
A	35.03	35.24	37.50	35.46	35.81	100
B	33.62	33.61	37.16	35.08	34.92	97.51
C	33.43	31.90	36.50	35.18	34.25	95.64
D	33.74	34.43	37.40	34.95	35.13	98.10

表十五：變方分析結果表

變異原因	自由度	平方和	均方	實測 F 值	顯著 F 值	
					5 %	1 %
區集	3	28.13	9.39	24.71	3.86	6.99
處理	3	4.97	1.66	4.37	3.86	6.99
機差	9	3.38	0.38			
總和	15	36.53				

表十六：各處理間差異顯著性比較表

比較項目	平均產量 公斤/小區	各處理間差異		
A	35.81	35.81		
D	35.13	0.68	35.13	
B	34.92	0.89	0.21	34.92
C	34.25	1.56**	0.88	0.67

**.....1% 顯著水準

3. 討論

綜合下述兩期試驗結果實行密株。栽植法，經機械中耕除草培土和一般人工除草正條密植的產量相較似略減少，其差異未達顯著水準，其原因有待繼續試驗；而機械中耕除草而不培土的處理則較一般栽植法有顯著的減產；因此培土似有效果。據日本方面關於培土試驗報告，培土對產量高低，因氣候、土壤、施肥種類、培土次數、培土時期、及品種等等因素其產量之增減有2~8%的差異，惟認為培土增加產量的效果較為顯著。

培土使產量減低的因素為斷根及培土時期不恰當，以致過份抑制分蘗而使穗數減少；然而培土似有下列的利益：(1) 行間的泥土堵塞稻株基部，使風化分成的肥分，及沉澱在行間的肥料能再加利用得到追肥的效果，如果在培土時施追肥可望減少肥料損失，(2) 因深耕結果土層較深，水稻根系若不夠健壯密佈有倒伏現象，或因為增加肥料施用結果以致根部軟弱而易於倒伏，如行培土則由於土壤的機械作用有防止倒伏之功效，故培土可使深耕和重肥的配合得到較佳的效果，(3) 適當時期培土可抑制後期無效分蘗使稻株生育健壯，培土的適當時期為有效分蘗終止期。因此培土的效果及其對於土壤物理化學變化和水稻生育影響有待於進一步的試驗研究。

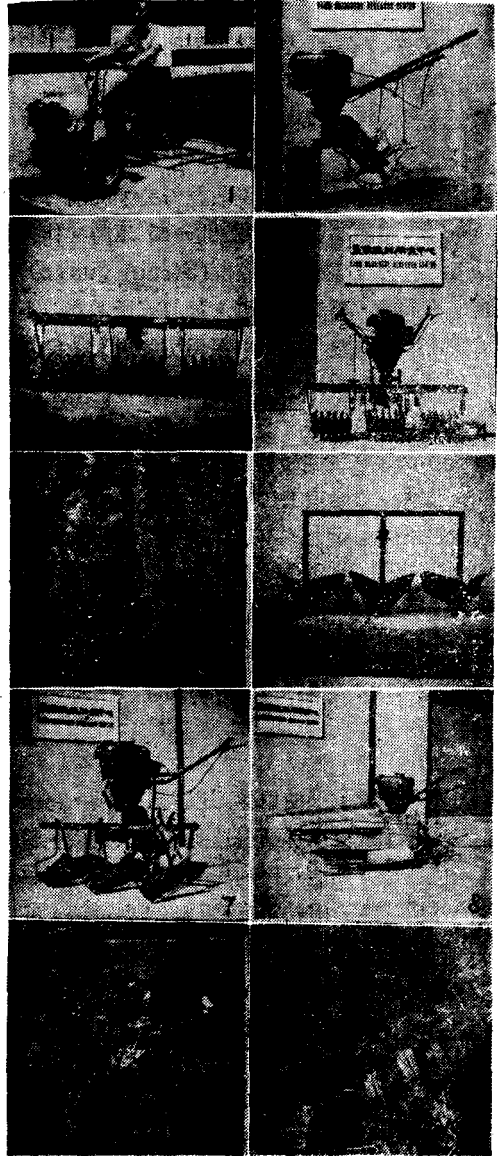
四、泛用耕耘機(單引擎雙車體) 及附屬農具簡介

(一)重車體耕耘機

如圖一為重車體用於拖車的試驗情形，機體重量75公斤左右，有高低二前進速度及一後退速度，裝用四行程三馬力汽油引擎。其和一般耕耘機不同之點在於重心較低，接鉤(Hitch)位置接近車軸以減小轉向時拖車之反作用力，及採用較短的手柄，以使轉向較易。如用於整地時因耕耘機需要拖拉農具及轉彎時及對轉彎的力矩很大，故需換用較長的手柄，現尚在設計試製中。

(二)輕車體耕耘機

如圖二係利用上述同一引擎，前進速度0.47-0.77 m/sec，重量約33公斤。本機的特點在於能够行走水田行距之間，故輪距窄、輪徑小，並用窄且長的輪耳



圖一：重車體耕耘機用於拖車試驗情形
圖二：輕車體耕耘機
圖三：水田中耕除草器
圖四：輕車體耕耘機裝接中耕除草器
圖五：機械中耕除草與人工中耕除草比較
圖六：水田培土機
圖七：輕車體耕耘機裝接水田培土器
圖八：水稻收割機
圖九：水稻收割機作業情形
圖十：人工收割(右)，機械收割(中)及未收割水稻(左)的比較

(Lug) 以便能行走於耕盤之上。由於其重量輕體積小操作容易，可利用田埂轉彎，亦可在埂上行走，以致搬運比較方便，並有一動力引出軸 (Power-take-off) 適用於中耕除草、培土、收割等作業。

(三) 中耕除草器

如圖三、四係由人力用中耕除草器改裝而成，比一般使用者較寬且只採用單排，裝於輕車體上，每次可除草三行，每個滾軸外徑 18 公分，寬 20 公分，齒高 5 公分，適用於 30cm 的行間距離。除草器和耕耘機共重約 44 公斤左右。作業效程每公頃約需 15 工時；而一般人工除草每公頃需 80~85 工時。作業時除草器所受阻力，以電變歪計 (Strain-gauge) 測定，最高約 60 磅，平均約 40 磅。如圖五所示為以本中耕除草器除草與一般人工除草後田間的情形，如圖較寬行為 30cm 行距適於機械除草，較窄行為 24cm 行距只能以人工除草：

(四) 水田培土器

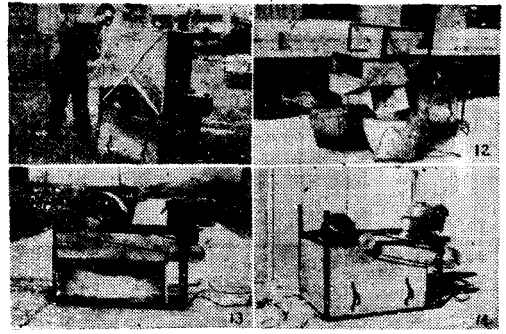
一般水稻栽培未施行培土，旱田上所使用的培土器不能適用於水田上。本水田培土器係一新設計者如圖六、七所示，其曲面彎曲度小，以田面為準培土高為 4~6 公分。利用輕車體耕耘機為動力，每次可培土三行，培土器和耕耘機共重 41 公斤左右，作業效程每公頃約需 15 工時，作業時培土器所受阻力最高 70 磅，平均 45 磅。

(五) 水稻收割機

一般水稻收割係使用鎌刀以人工收割，每公頃需 70 人工小時，過去由外國引進的水稻收割機，價格昂貴且未能適用。如圖八係利用輕車體耕耘機所驅動，割切方式為固定刀刀式以車體前進速度割切，亦即割切速度與前進速度相同，和往復刀刀式其前進速度和割切速度分開的方法不同，因其不必使刀刀往復運動，故構造較為簡單，如圖九為該機作業情形，據初步試驗結果每公頃需 30 工時，30cm 行距每次可割兩行，但水稻傾斜度如超過 45 度則作業困難。如圖十為人工收割 (右)，機械收割 (中)，未收割成熟水稻 (左) 之其田間情形。

(六) 其他各種定置作業機

利用上述同一引擎裝置於定置作業機上可做多種不同的作業，且各種作業機皆利用同一支架 (Frame)，作業不同僅需更換部份零件即可工作，因此可使引擎的年使用時數增加，減低使用成本，且可減小購買農機具的費用。如圖十一為用於水稻脫殼的情形，圖十二裝成動力鼓風機，圖十三為動力切筴



圖十一：動力脫穀機

圖十二：動力鼓風機

圖十三：動力甘蔗切筴機

圖十四：動力鋸木機

機，圖十四為動力鋸木機。

五、結 論

農業機械化受土壤、氣候、作物，農民習俗等各種因素影響，而有種種的困難，尤其我國水稻栽培因每農戶耕地面積狹小，田坵亦狹窄，農民購買力甚薄弱機械化更加困難。本研究雖已進行三年，但仍覺為期尚短，所製各種動力機及附屬農具均尚未達理想的境界。今後尚需繼續研究改良。經過寬行密株水稻栽培及機械的試用其初步試驗結果，知道單位面積產量似有增高的趨勢，而且工作效率提高所需勞力亦可減少，因之改善水稻栽植方法與動力機械的利用相配合，而使水稻栽培機械化似將能夠實現。尚祈有關機關繼續，支持，先進專家不吝指教，促進水稻栽培機械化，則幸甚。

附 記：

本研究係由農復會植物生產組 61-A-1107, 62-A-1261, 63-A-1402 計劃補助經費，臺大農學院實驗農場技術組協助田間試驗。陳貽倫先生亦為參與機具設計之一，葉澤全先生協助製造。並承蒙農復會吳技正維健及臺大張副教授掣珊指導。田間試驗亦承陳貽倫、陳宗和、蘇昭山、張振盛、羅光楣、黃樹棠諸位先生的幫忙，一併誌謝：

參 考 文 獻

1. 梁桐、彭添松 1960 臺灣十一種作物田間工時調查報告 臺大農業工程系
2. 趙連芳、湯文通 1960 作物學 臺灣書店發行
3. 張德慈 1961 臺灣水稻今後增產之途徑
4. 泉清一 昭和33年 水田農作業的理論與實際 農山漁村文化協會
5. Roy Bainer 1955 Principles of Farm Machinery