

臺灣耕耘機之發展與馬力變遷趨勢之關係研究

Study on the Development of Power Tiller from the Viewpoint of Horsepower Change in Taiwan

盧 福 明

臺灣糖業研究所

農業機械研究員

Fu-ming Lu

Research Agricultural Engineer

Taiwan Sugar Research Institute

一、引言

臺灣農村目前使用動力犁耕之機械大部份屬於兩輪式耕耘機。多年來，本省農業機械之發展，在各種動力機械如耕耘機、噴霧（粉）機，抽水機和脫谷機等方面，不僅在量上增加甚多，而且在馬力上也有朝大型化之趨勢。以耕耘機為例，1955年開始由日本引入少量小型耕耘機，1969年所有耕耘機中於本省自行設廠製造者已佔81.73%。到目前本省所有耕耘機大都數為本省自行設廠製造者，其數量不但增加，而且耕耘機馬力也逐年增大。

1955年在日本步行型曳引機數量佔全部曳引機數量之98.8%，到了1968年時乘用型曳引機數量已從1,036臺增加為124,600臺而佔全部曳引機數量之4%。步行型曳引機數量也由88,840臺增加到3,030,000臺，惟其所佔百分率已減為96%。1967年在日本使用乘用型曳引機犁耕面積佔總耕地之9.5%，步行型曳引機犁耕面積則約為340萬公頃，佔全部耕地之66.7⁽²⁾%。日本在耕耘機之發展已逐漸走向大馬力甚至發展利用曳引機之趨勢。

1953年本省農地仍未充分機械化時，每頭適齡役牛平均要負擔3.4公頃之耕地⁽³⁾。由Harrington (1970)根據1968 FAO Production Yearbook所刊載資料分析，概略指出單位耕地馬力數值為：美國14，西德4.7，日本3.5，臺灣0.11，印度0.01。本省每公頃耕地只能有0.11馬力可供利用，僅勝於印度之0.01 hp/ha。本省耕耘動力機械之使用推廣數量太少，以致每單位馬力仍須負擔較大耕地。單位耕地面積馬力數越大，表示越有充足機械動力使用於耕地上，亦為朝向高度農業機械化之表徵。

臺灣可耕地面積約91萬公頃⁽⁴⁾，耕耘機總數

為24,640臺（1969年），單位耕地馬力數為0.206 hp/ha。臺灣糖業公司自營農場之犁耕作業都使用大馬力之曳引機，大約每100公頃備有一輛曳引機⁽²⁾，假設曳引機平均馬力為50 hp，則臺灣自營農場每公頃耕地約分配有0.5馬力，機械化程度顯然已比一般農戶為高。

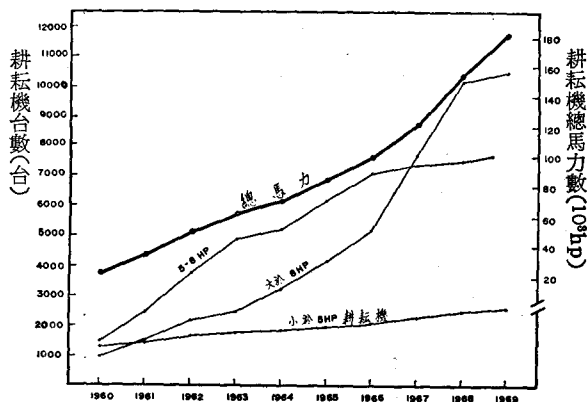
討論農業機械發展情形時，一般可由機械種類及其數量，機械年使用率，機械馬力，經濟方面，新產品之開發及研究等各種角度去探討。以往有關本省農業機械發展之研究大部份偏重於機械種類、數量，及使用率及經濟方面等，很少討論到有關馬力之發展情形。本省農民犁耕所用機械動力大都取自耕耘機，因為耕耘機之推廣數量較易表現出農業機械化之程度，因此本文將從馬力之大小來討論本省耕耘機之發展情形。

二、耕耘機馬力與數量之變遷

一般而言，凡已走向農業機械化之國家，其所使用之動力犁耕機械在數量上和能量上每年皆有所增加。以加拿大為例，其每年國內所售出之平均曳引機馬力，於1945年只有19.3hp，而到了1968年已增加到62.6 hp，在中部草原區所用之曳引機馬力更高達100 hp以上。雖然年銷售量增減不穩定，但若以年銷售量之曳引機總馬力數而言則每年都增加，加拿大在1950年售出之曳引機總馬力數為11萬馬力，到了1967年售出者則增加為18萬馬力。美國年銷售之曳引機數量自1961年之177,000臺增加到1966年之227,000臺⁽⁴⁾。

本省犁耕動力機械之發展，雖然不是開始就以大馬力之四輪式曳引機之使用推廣去加速農業機械化，而是先推廣使用小型耕耘機，但從每年使用之耕耘機

總臺數及其馬力來看，也是逐年增多臺數和增大馬力。1955 年由日本引入 2.5hp 小型耕耘機後，經過多年來之發展，在數量上已有顯著的增加，1960 年全省只有 3708 臺耕耘機，其中 34.87% 為 5 hp，35.59% 為 5~8hp，只有 26.54% 是大於 8 hp。農民使用之耕耘機仍以小馬力居大多數。到了 1969 年耕耘機總數已增加到 24,640 臺，大於 8 hp 之耕耘機則增加到佔總數之 58.25%⁽¹⁾，十年來大型耕耘機顯然逐漸佔據耕耘機推廣發展之優勢地位。筆者根據 1960 年至 1969 年臺灣各型耕耘機臺數及其馬力範圍，繪製而成耕耘機之發展情形如圖一所示。



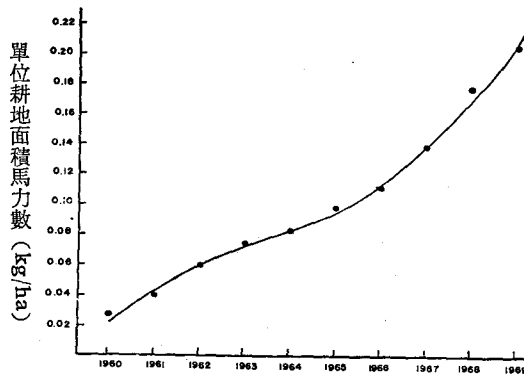
圖一、臺灣耕耘機臺數與總馬力數之變遷情形

由圖一可看出小於 5 hp 之耕耘機之增加率一直緩慢，1964 年前以 5~8 hp 耕耘機之增加率為最快，但到 1965~1966 年以後，大於 8 hp 之耕耘機之增加率為最顯著。十年之間全省耕耘機之總馬力數也由 1960 年之 24,327 hp 急增為 1969 年之 181,515 hp，9 年之間增加達 6 倍之多，平均每年增加率達 25%。

三、單位耕地面積馬力數之變遷情形

從另一角度，以耕地面積與總馬力數之關係來研討本省耕耘機之發展情形，本省耕地面積約為 91 萬公頃，將全年耕耘機總馬力數除以每年可耕地總面積所獲得之每公頃耕地可分配到馬力數之資料是 1969 年為 0.206 hp/ha，而在 1960 年僅為 0.028 hp/ha。十年間單位耕地面積馬力數增加達 6.35 倍之多，在此同一期間耕耘機數量也增加 5.64 倍。單位耕地面積馬力數之增加率較耕耘機數量增加率為大，顯示出本省耕耘機大型化之趨勢。有關單位耕地面積馬力數之變動情形如圖二所示。（註：臺糖公司自營農場大都使用曳引機犁耕，故本文所指耕地面積不包括臺糖

自營農場面積。）



圖二、臺灣單位耕地面積馬力數之變遷情形

從圖二約可看出兩個階段，1965 年以前，單位耕地面積馬力數之增加率較低，而在 1965 年以後，其增加率則高過 1965 年以前。此現象與圖一所示在 1966 年後大於 8 hp 之耕耘機數量增多之趨勢吻合，換言之即從 1965~1966 年以後本省耕耘機之發展已開始急速邁向大馬力化。本省農業機械公司送請性能試驗之耕耘機其標計馬力值在 1965 年後大部份超過 8 hp。與已開發國家比較，本省每公頃耕地可分配到之馬力值仍然甚低。美國總統科學顧問所調查之資料報告（1967）指出每公頃耕地可分配到之馬力數在各地區為：美國 1.01 hp/ha，歐洲 0.80 hp/ha。比較各地區所有曳引機，耕耘機和人力，畜力總合之馬力數與可耕地面積之關係，結果如表一所示。

表一、各地區單位耕地面積馬力數 (hp/ha)

動力來源	地 區	亞洲	非洲	拉丁美洲	美國	歐洲
曳 引 機		0.02	0.03	0.18	1.00	0.78
耕 耘 機		0.03	0.00	0.00	0.014	0.02
畜 力		0.09	0.01	0.05	0.00	0.08
人 力		0.05	0.01	0.04	0.003	0.05
總 合		0.19	0.05	0.27	1.02	0.93

註：亞洲部份不包括中國大陸和日本

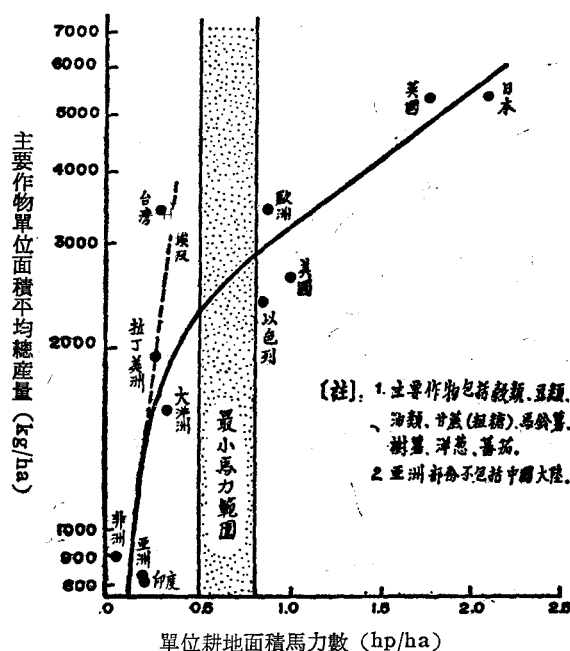
資料來源：The World Food Problem, A Report of the President's Science Advisory Committee, Vol. II, The White House (Washington: U. S. Government Printing Office, May 1967), p. 397.

該報告預測到 1998 年，各地區每公頃耕地可分配之馬力數，亞洲為 0.33 hp/ha，拉丁美洲為 0.50 hp/ha，非洲為 0.20 hp/ha。表一中可看出較落後之

國家每公頃耕地依靠人力畜力較多。

以1969年本省單位耕地面積馬力數為0.206hp/ha，和1965至1969年五年間之單位耕地面積馬力數之增加率11.03%為基準，筆者估計到1980年左右，本省每公頃耕地可分配到之馬力數將達0.70hp/ha。將來農民若大量選用四輪式曳引機則該值可能會在1980年前就超過0.70hp/ha。

從單位耕地面積馬力數與主要作物單位產量之關係來研討，在一些農業發展進步之國家，其主要作物單位面積平均總產量超過2,000kg/ha，而其每公頃耕地可分配之馬力數在1.0~2.5hp/ha之間⁽⁴⁾。各地區國家之主要作物單位面積平均總產量與單位耕地面積馬力數之關係如圖三所示。



圖三、單位面積平均總產量與單位耕地面積馬力數之關係 (Barber 1971)

圖三指出單位耕地面積馬力數低者其每公頃平均總產量也低。本省每公頃耕地所可分配到之馬力數雖低為0.2左右，但每公頃耕地總產量却相同於具有1.0hp/ha之歐洲國家之程度，這可能是本省農業之集約經營與一年多作制度，及增加複作指數而提高總產量之原故。圖三訂定最小馬力範圍0.50~0.80hp/ha，為農業發展進步與不進步國家劃分之基準，換言之，每公頃可分配到之馬力數在0.80hp/ha以上之國家其農業發展才算是進步的。即使依筆者之估計，1980年本省單位耕地面積馬力數可增加到0.70hp/ha，

但仍然低於農業發展進步國家之水準，換言之仍低於0.80hp/ha。本省耕地面積年增加率有限，1960年時為869,223公頃，而到1969年時只增加到914,863公頃，平均每年增加率約為5,000公頃左右，今後只有大量推廣使用曳引機和大馬力耕耘機才能加速提高單位耕地面積馬力數，也即只有加速本省農業之耕作方式達到充分機械化，才能使我國之農業發展列於進步國家之林。

四、耕耘機馬力、重量和速率之關係

早期曳引機或耕耘機一般都屬小馬力而笨重之機械，以較低速率進行犁耕工作。隨著科學技術之進步，引擎馬力和犁耕速率之增加，曳引機或耕耘機之重量與引擎馬力之關係也隨之變化。Reece (1971) 指出曳引機所能產生之拉桿馬力值，作業速率和機車重量與引擎馬力之比值之大小有密切關係，該關係可由下式表示之。

$$\frac{W}{E} = \frac{\eta(1-i)}{(k\mu + e)v}$$

上式中：W：曳引機全部重量

E：引擎馬力

η ：傳動效率 (transmission efficiency)

i：滑率 (slip)

μ ：最大拉桿馬力之曳引係數 (coefficient of traction at maximum drawbar hp)

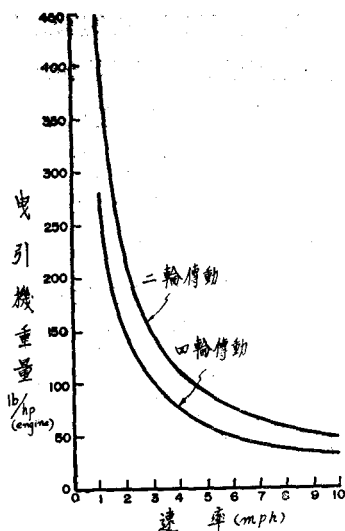
k：傳動輪所承載之重量佔曳引機總重量之百分率

v：田間作業機車速率

e：最大滾動阻力係數 (coefficient of rolling resistance at maximum)

上式乃針對四輪曳引機之性能而導出者。曳引機之重量與引擎馬力之比值與作業速率是互成反比例關係，這關係在四輪傳動和二輪傳動曳引機之情形如圖四所示。

於耕耘機方面，其重量與引擎馬力之比值也隨着新機種之生產而有逐漸降低的趨勢。根據1961年至1971年間，臺灣大學農業工程學系耕耘機檢驗實驗室和經濟部商品檢驗局關於本省各農業機械公司所產製之新型耕耘機進行性能試驗結果所提出之報告中，筆者分析了耕耘機重量/馬力比值之變化情形，該比值



圖四、曳引機重量與引擎馬力之比值與速率之關係
(Reece 1971)

在1961年約為 60 kg/hp，到了 1971 年已逐漸遞減為 45 kg/hp 左右，耕耘機之犁耕速率也有隨 kg/hp 值之減小而增加的現象。

筆者所採用之資料，重量方面包括機身重量，引擎重量和迴轉耕耘部重，三者中機身之重量平均約佔全重之60%，該比例數有逐年增大之趨勢。在馬力方面採用耕耘機標記馬力，在耕速方面採用速齒前進段數中之第四速（即高低速檔）。其他資料及有關耕耘機之重量／馬力之比值變化情形與速率間之關係如表二，圖五和圖六所示。

由圖四和圖六觀察之，重量／馬力比值小時，曳引機和耕耘機之作業速率較快，也即成反比例關係。從曳引機發展史上看，1900年使用蒸氣引擎之曳引機之重量／馬力之比值高達 1000 lb/hp (455 kg/hp) 內燃機發明後該比值 ($\frac{W}{E}$) 即急遽下降。1940年左右約為 120 lb/hp (55 kg/hp)，耕速只達 2 mph

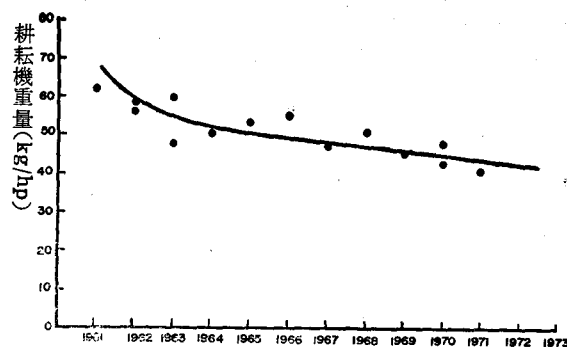
表二、耕耘機之規格

試驗時間	型 式	引擎馬力		引擎轉速 rpm	引擎全重	機身重全重 %	引擎重全重 %	kg/hp	前進第四段速 km/hr
		最大 hp	標記 hp						
1961年12月	中農 K84 FG	8	6.5	1800	404	49	35	62	3
1962年3月	中農 K20 FG	10.5	8	1600	470	45	37	58	3
1962年3月	新臺灣 KMB 200	10	8	2000	455	53	35	56	5
1962年9月	中農 KFG 600	10.5	8	1600	470	45	37	58	3
1963年3月	新臺灣 KNDR 7×KMB 200	10	8	2000	480	55	33	60	5
1963年6月	新臺灣 KMB 220	12.5	10	1700	480	52	30	48	5
1964年7月	新臺灣 KA 650	5	4	1600	203	62	17	50	6
1965年2月	新臺灣 KMB 200	11.5	9	2000	485	63	36	53	5
1966年8月	寶島 NT 600	10.5	8.5	1600	473	63	36	55	4
1967年7月	新臺灣 VC×KMB 220	13	10.4	1700	493	68	29	47	5
1968年12月	新臺灣 ER13×KMB 200	12	9.6	2000	490	64	33	51	5
1969年2月	中農 FIOY×KLT 1500	14	11.2	1600	511	65	32	45	5
1970年3月	新臺灣 ER8×KR 850	8.8	7	2200	302	—	—	43	6
1970年6月	新臺灣 ER5×T 650	5	4	2000	195	—	—	48	4
1971年8月	新臺灣 ER 17×KMS	17	12	2400	495	—	—	41	6

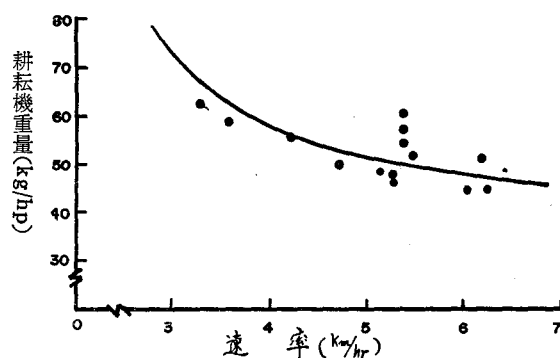
註：本表係根據臺大農工系耕耘機檢驗實驗室和經濟部商品檢驗局之試驗結果。

(3.2 km/hr)。目前曳引機之 $\frac{W}{E}$ 值約為 90 lb/hp (40 kg/hp)，耕速可達 4 mph (6.5 km/hr)。目前以 Massey Ferguson 所製造之曳引機具有最低之 $\frac{W}{E}$ 值，75 lb/hp (33 kg/hp)，也即產生每一馬力之曳引機重量為 33 kg，由圖五可知本省各農機公司

所產製之耕耘機之 $\frac{W}{E}$ 值，由 1961 年之 62 kg/hp 遞減為 1971 年之 41 kg/hp。平均每年遞減率約為 1.8 kg/hp，在此期間製造之耕耘機第四速齒耕速也由 3.3 km/hr 增加為 6 km/hr。圖四顯示將來曳引機作業速率達 8 mph (13 km/hr) 時，重量／馬力



圖五、耕耘機重量與引擎馬力之比值變遷情形



圖六、耕耘機重量與引擎馬力之比值與耕速
(速齒前進第四速)之關係

之比值，在二輪傳動曳引機似乎可達到 55 lb/hp (25 kg/hp)，在四輪傳動曳引機為 40 lb/hp (18 kg/hp)。根據圖六，將來本省製造之耕耘機之耕速達 7 Km/hr 時，耕耘機之重量與馬力之比值將在 40 kg/hp 以下。

農機製造廠商若能降低機車 $\frac{W}{E}$ 值，則曳引機或耕耘機之重量在不增加太大之情況下即可獲得大馬力之需要，如此即可減少土壤壓緊之弊端。也即將來於田間使用大馬力機車時不會由於機車過重而增加土壤壓緊的程度。降低曳引機之重量，當可在設計方面和材料方面著手，例如改用其他金屬如鈦，但是將增加成本。另外耕速增加後機車行駛於不平坦之田間，將使駕駛員感受到更大的震動，除非在避震設備有更新的發明設計，否則曳引機或耕耘機之耕速將會達某一定程度為止，亦即重量／馬力之比值有其最低之極限值。

五、結 論

臺灣耕耘機臺數及耕耘機馬力逐年都有所增加，

1960 年只有 3,708 臺耕耘機，且多屬 8 馬力以下，經政府及民間團體之大力倡導農業機械化，十年後 1969 年止耕耘機總數已增加至 24,640 臺，其中一半以上是大於 8 馬力者，全省耕耘機總馬力數也達到 18 萬馬力。至於單位耕地面積馬力數在 10 年之間，也由 0.027 hp/ha 增加到 0.206 hp/ha。1965 年以後大於 8 馬力之曳引機之發展已佔優勢地位，即今後本省耕耘機之發展已邁向 8 馬力以上之大型耕耘機。

本省農業機械公司所生產之耕耘機，在耕耘機重量與引擎馬力之比值方面也有逐年降低之趨勢。1961 年約為 60 kg/hp 至 1971 年左右已減為 45 kg/hp，重量與引擎馬力之比值減小時，在需用大馬力機車之場合，才不至因重量過大而增加土壤壓實程度。

誌謝： 本文承臺大農工系張漢聖教授和新臺灣農機公司李信夫先生提供耕耘機檢驗資料，承張雅雄，林逸仁先生協助繪製插圖，文成後復承農復會技正兼臺大農工系教授彭添松先生之悉心匠正，謹此一併誌謝。

參 考 文 獻

1. Peng Tien-song (彭添松) 1971. Present problems and the future of agricultural mechanization in Taiwan, Republic of China. PID-C-343, Joint Commission on Rural Reconstruction.
2. 農復會 1969. 第三次中日農業技術交流會議—發展農業機械報告書。
3. 臺灣省政府農林廳。1970. 臺灣農業年報。
4. Barber, C. L. 1971. Report of the Royal Commission on Farm Machinery. Information Canada, Ottawa, Canada.
5. Harrington, R. E. 1970. Tractors and use of farm workers. ISAE News 4:(3) 5-7. Official Publication of the Indian Society of Agricultural Engineers.
6. Reece, A. R. 1971. The shape of the farm tractor. Journal of the Institution of British Agricultural Engineers, May edition p. 20-24, 43.

Summary

Since the introduction of 2.5 hp power tillers to Taiwan in 1955, the accomplishment of full mechanization in field has been remained a key issue in Taiwan's economic development. Although the power tillers grew slow but steadily before 1960, both the availability of total horsepower and number of power tillers have shown a rapid increase after 1965. In the decade of 60's the number of power tillers increased nearly 6.6 times from 3,708 to 24,640 units, and the total available horsepower of power tillers jumped from twenty-four thousand to one hundred and eighty thousand horsepower.

Although the horsepower per hectare of cultivated land in Taiwan was increased from such a low value of 0.028 in 1960 to 0.206 in 1969, it is still far behind the level (larger than 0.8) achieved by those advanced countries, such as U. S. A., Canada, U. K., and Japan. To reach the load of larger horsepower per hectare in the near future, the possible policy could be the intensive use and extension of tractors and power tillers with large horsepower.

Annual variation in the weight per unit of engine power was also examined for those power tillers manufactured in Taiwan in the 1961-71 period. The weight per horsepower was about 60 kg/hp in 1961 and 45kg/hp in 1971 with a decreasing rate of 1.8kg/hp per year. It was also found that the available field speed increases as the weight-to-power ratio of the power tiller decreases.

承包各種機械及零件

順利鐵工廠

草屯鎮玉鋒街五二號
電話：三二三八

承包土木、水利、建築工程

正龍土木包工業

草屯鎮北勢里玉屏路五七號