

專 論

碾米工業之研究

A Study on Rice Milling Industry

臺灣大學農業工程學系客座副教授

李 廣 武

Dr. K. W. Lee

Summary

Milling is an important process in rice production because harvested paddy eventually must end as milled rice ready for consumption.

The objective of rice milling is the removal of hull, bran and germ with a minimum breakage of the endosperm. The milling process generally consists of four fundamental operations: Cleaning, Husking, Whitening and Grading. These operations require the use of several machines which represent a sizable investment in equipment. Manhour requirements for handling paddy through the various processes involved are also high. These factors with the increasing demand for a high quality product emphasize the need for effective control of the quality of paddy and milled products as well as scientific management of the rice mill.

Some problems of rice milling in Taiwan were discussed. It recommended that present rice milling industry should be thoroughly examined from both economic and engineering points of view as well as the future prospects. Suggestion was made that new machinery and modern techniques have to be introduced by the government for improvement of the rice milling operation and the utilization of by-products in order to reduce the present losses in quantity and quality of rice in the milling stage.

一、緒 言

筆者於六十二年七月經我國外交部之推薦應聘前往非洲馬拉威擔任該國國家食油工業公司總經理，該公司之主要業務為榨油及碾米兩項，擁有椰子油廠一座及碾米廠五座，散佈該國各地。筆者於任內除負責原有各廠之生產營運外，並策劃新建米廠及預熟米廠各一座，全套機械設備均自西德採購進口，堪稱今日世界上最新式最優良之機器，馬國每年水稻產量雖僅二、三萬噸，尚不及臺灣的百分之一，而且碾米廠之

規模均屬小型者，最大的一個碾米廠能量為每小時三噸，但該國糧政主管對於引進新式碾米技術與機器之熱忱與魄力，值得吾人欽佩與借鏡。筆者去年返國後，對於本省碾米的問題開始發生興趣，可惜這方面資料很少，收集不易，因此對於目前本省碾米業的現狀可以說仍是一知半解，因此本文的目的僅在於對碾米工業的一般內容及其所遭遇的問題作一個概括的介紹，並加以討論，如果能對目前本省碾米工業產生一點激發的作用，則可謂是出乎意料之外的收穫了。

碾米是一項古老的行業，我們平時所吃的米都是經過碾米的過程而來的，由於它與人們日常生活的關係太密切，反而為大家所忽視了。過去碾米業始終維持一種鄉村式的工業型態，碾米廠多數分佈在生產水稻的地區，接受農民的委託碾米，除一部分出售求現外，大部分均供給農家本身消耗的食米，因此，幾乎所有的碾米廠規模都很小，機械更新的速度極為緩慢。由於農業生產技術的日益改良，稻米的產量大為增加，小型的碾米廠已不足應付實際的需要，因而較大能量的米廠應運而生。再由於工業製造技術的革新，碾米機械也不斷進步，一直演變到今天所謂的自備全套式的碾米廠 (Self-Contained Rice Mill)，採用一貫作業的體系將稻谷碾成白米。在米廠的經營管理方式上，也逐漸由家庭式或服務性的小規模型態脫變而為大規模的企業化經營，無論米廠的管理、維修、修護各類人員都須由經過專業訓練的人員來擔中，講求效率、品質和成本，與經營其他工廠沒有不同，甚至比工業品的生產更為複雜，因為稻米是一種農產品，每一顆穀粒都是一個有生命的個體，要如何在碾米前後保持它的品質不變，並不是一件容易的事，所以我們要談碾米的問題就必須從技術和經濟兩方面來討論，在技術上，我們要採用新機器新技術，提高米的品質，減少碾米損失，在經濟上，我們要講求效率，降低成本，就是要如何使碾米廠賺錢。

二、碾米的目的

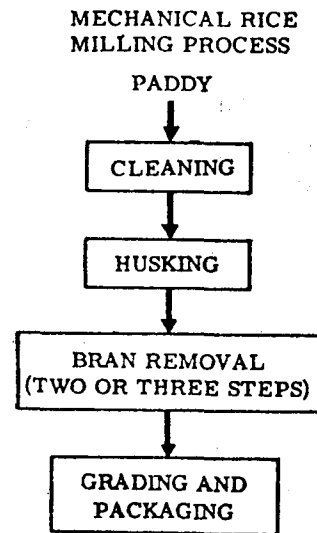
稻谷在收穫後必須將稻殼 (Husk) 及米糠 (Bran) 層除去才能變為食用的白米，它原來的性質形狀並沒有改變，不像其他的穀類如小麥、玉米等都是要先研磨成麵粉，然後再用麵粉為原料，製成各種食品。但是就技術的觀點來說，碾米的目的是在於保持米粒的完整，碾米的優劣是以某一固定量的稻谷所能碾出整粒米 (Head Rice) 的多少來衡量的，「整粒米」率的高低除靠碾米技術外，還須視稻谷的條件，如含水量、品種，以及胴裂率等因素而決定的。

整粒米的比率與米的市場價格有直接的關係，整粒率越高，米的等級越高，價格亦隨之提高，當然其他因素如顏色、純潔度、氣味等都會影響米的價格。同時米的價格，除了市場供需狀況及品質外，一部分還要取決於消費者的習慣和喜好，例如中國人一般都認為越白的米就越好，這雖然在營養的價值上講是不正確的，但是人們的習慣與喜愛如此，是很難加以改

變的，相反的，印度人則喜歡吃略帶黃色的預熟米 (Parboiled Rice)，歐洲一些國家甚至喜歡深黃色的預熟米，這完全是口味習慣的問題。

三、碾米的過程及機械

一般機械式碾米的過程如圖一所示，大致可分為四個步驟，即選別、脫殼、精白及分級。目前世界上新式碾米廠的機械設備可以說都已經標準化了，只是在組合上有部分的不同而已。如果想新建一座米廠，只要向碾米機的製造廠商說明所希望的碾米能量、稻



圖一 機械式碾米之步驟

谷的性質、分級包裝的規格等，製造廠商就可按照顧客的需要供應一座全套的米廠了。

圖二所示的流程圖即代表一座現代化的碾米廠的作業程序。各部分機器的配置或數量是可以調整的，例如：

(一)脫殼部分的籼谷機 (Paddy Sheller) 可用橡皮滾筒式 (Rubber roller) 或圓盤式 (Disc Sheller) 的。滾筒式的優點為脫殼時產生的碎米少，但每一付橡皮滾筒大約只能碾二〇〇噸稻谷即需更換。圓盤式籼谷機的硬度強，壽命長，但產生的碎米較多，所佔面積亦較大。

(二)滾筒式籼谷機的數目可以採用兩個小型或一個大型的。前者的好處是如果其中一台發生故障，另一台仍可繼續工作，而不致使整個米廠停工，尤其當二十四小時開工時，這種情形是常見的。

(三)新型的選別機 (Paddy Cleaner) 體型小，構造簡單，係由四部分所組成，即篩除捲軸 (Scalping

Reel)，振動篩 (Vibratory Sieve)，氣流分離器 (Air Flow Separator) 及磁力分離器 (Magnetic Separator)。篩除捲軸的功用在除去稻桿、麻繩及體積較大的雜物。振動篩可篩除稻谷中夾雜的土塊、小石等。氣流分離器利用風力將空殼，不成熟的輕殼、稻殼、灰塵等吹出。如果稻谷中摻有鐵釘或金屬物，則在通過磁力分離器時被吸附排出。

(四) 稻谷選別機 (Paddy Grader) 的功用是將穀粒按長短或寬度加以選別，因為太短或過小的穀粒往往會通過礱谷、選別、精白等機械而不被碾到，以致與白米混合出來，影響白米的品質。至於篩出的小顆穀粒有兩種處理的方法；一個是將穀粒收集裝袋積至某一數量時，再分開予以碾米，另一個方法是添加一台礱谷機，將篩出的小穀粒直接導入脫殼後再通入稻殼抽除機 (Huk Aspirator) 去殼。

(五) 穀米分離機 (Paddy Separator) 的功用是於脫殼後將其中未脫殼的穀粒與糙米分開，一般米廠未脫殼的穀粒量約在 5% 以下，這些未脫殼的穀粒經剔出後，如原礱谷機之能量够大時，可再送回礱谷機脫殼，亦可導入另一個較小的礱谷機脫殼。

(六) 精白機 (Pearling Cone)：糙米經過穀米分離機後即進入第一個精白機，精白機的數目視實際需要而定。數目越多，也就是每次除去米糠層的量越少，不致使米粒因溫度太高而產生胴裂，一般米廠的精白機大約有兩組或三組。

(七) 精白的最後一個步驟是使米粒經過一個打光機 (Pearling Cone)，使碾出來的白米光澤均勻細白。

(八) 精米時排出的米糠可分別自精白機直接裝袋，亦可混合後再裝袋，視米糠銷售對象而定。因為每一組精白機及打光機所排出的米糠成分及顏色都不一樣，前面精白機所排出的米糠營養成分高但顏色較深，後面精白機及打光機所排出的米糠顏色較白但營養成分低。

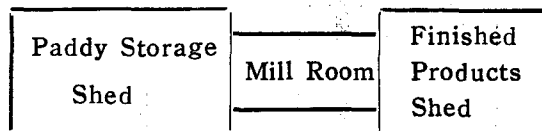
(九) 白米經過打光機後即運送至振動篩 (Vibratory Sieve) 分為整粒米，粗碎米及細碎米三部分，每組流出時再經過一個小型的抽除機 (Aspirator)，將其中殘餘的稻殼及糠粉吸去，然後整粒米直接進入儲存箱 (Storage Bin)，粗碎米中因為可能仍含有一些整粒米，故須再經過一個斜筒 (Indented Cylinder) 將整粒米分出，有時粗碎米再次經過一組或兩組斜筒更細分為 $\frac{3}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{1}{4}$ 以下長度的碎米。

(十) 白米經分別為整粒米及碎米後，米廠可依顧客的要求將兩種米依不同的比例混合調配為等級不同的

產品。碎米所佔比例越高者，等級越低，價格亦隨之降低。

四、碾米廠的配置與管理

碾米廠廠房與機械設備的配置視實際需要及可用土地而定，通常可分為稻谷倉庫，碾米廠和產品倉庫三大部門，一般小型米廠的佈置如下：

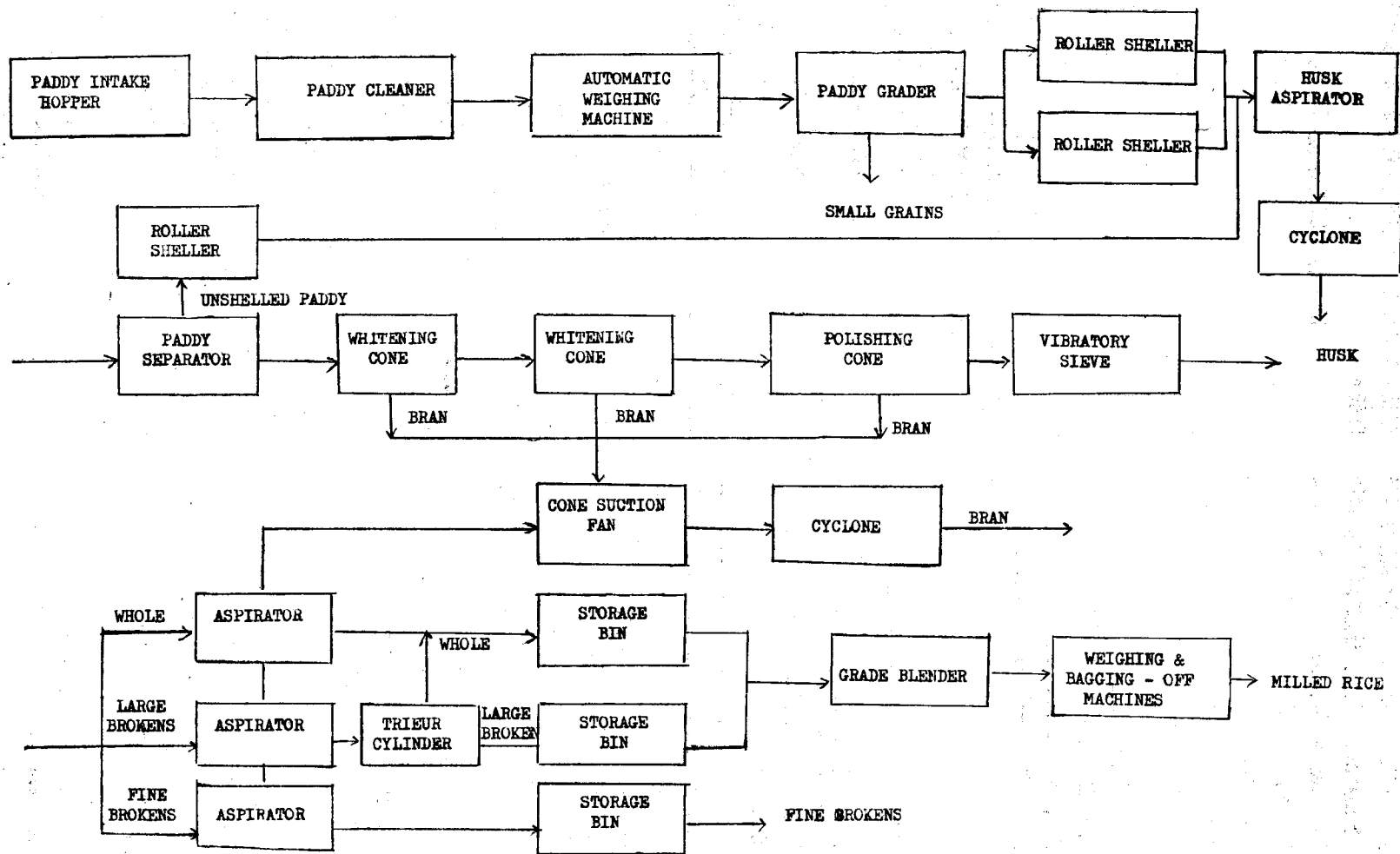


稻谷倉庫的大小最好是可儲存相當二個月至三個月所需的稻谷量。如果稻谷的來源與米廠距離相近，存量可予以減少，倉庫面積也可小一點。碾米室為碾米機械所在，必須通風優良，光線充足，機器四周要留置相當空間及走道。產品倉庫的容量以可儲存一個月的產量為度，須視成品運輸的快慢而定。原則上白米與其他副產品應分開儲存，因為副產品容易變質及招致蟲害。

同一間倉庫如堆積方法不對，可能會浪費許多空間，最好在地面上先用白線劃分出每一堆 (Stack) 的大小，堆積時將米袋堆積整齊至一定的高度，不但清點庫存量時一目瞭然，而且稻谷含水量稍高時，可依順序由每一堆的頂層碾起，第一層碾完後再由第一堆的第二層開始，如此循環不已可讓頂層的稻谷有充份時間通風乾燥。這種堆式堆積法的另一個優點就是不同品種，不同來源或不同水份的稻谷可以分堆儲藏在一起，只要在倉庫卡上註明清楚就不會混淆。

當稻谷由倉庫送入米廠前必須每袋過磅，記錄其重量，稻谷經過選別機以後乾淨的稻谷還要通過一個自動磅秤 (Automatic Weighing Machine)，此時的重量才是實際進入礱谷機的稻谷數量，最後白米在裝袋時也要過磅，所有的副產品包括稻殼、米糠、雜物等都要秤過，這些重量加起來應該和進入的稻谷重量相近，其差別即為碾米損失 (Milling Loss)，通常不超過 2~3%，如果發現碾米損失太大，應立即找出原因，碾米損失一般是因為灰塵飛揚，地面散失，因機器破損而流失，還有殘留在機器裏的稻谷或白米等，因此每過一段時間後清理米廠時可能會發現有碾米贏餘 ((Milling Gain) 出現。

不論米廠是採用一班制、二班制或三班制，當每一班交班時均須由工頭填表將各項資料詳細填寫後交給廠長，由廠長將每日各班報告收齊後加以核算，求出當日的碾米量、碾米損失等，作為米廠管理的依



圖二 碾米的流程圖

據，和控制米廠生產效率的參考，如果那一個班沒有達到預定的碾米量，則必須註明原因，或是因為機械故障，或是因為工人缺席人手不夠而影響產量，如果發現工程部分修復太慢延誤了生產量應通知工程部門予以改進，如果是工人無故缺席，應通知人事部門處分，這樣各部門配合起來才能發揮企業化的效率，達成預計的生產量。

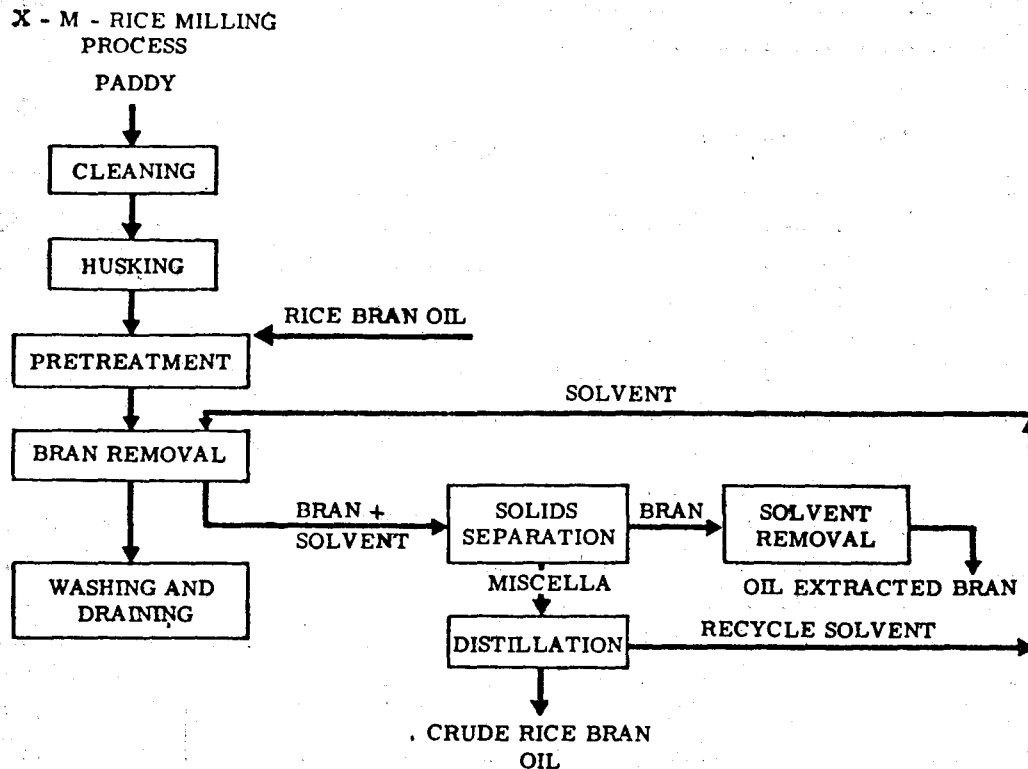
五、副產品之利用

碾米的副產品有米糠、細碎米及稻殼等，約佔稻谷重量的 25~30%，視稻米的品種及碾米度而定。米糠是副產品中價值最高者，含有豐富的脂肪、蛋白質及維他命，如能善加利用，米糠的價值可收回碾米費用的一半。米糠裏含有大約 17% 的油份，可用作榨油的原料，榨油後的油餅也是很好的豬飼料，除榨油外，米糠還可作飼料或肥料，米糠榨油的缺點，就是在碾米後數小時內即須榨取，不然米糠中的脂肪受到脂肪酶分解而產生游離性脂肪酸，再則米糠榨油的機械設備費用很高，一般小型米廠利用米糠榨油是不經濟的。

美國的芮維娜食品公司 (Riviana Food Inc.) 首創一種叫溶劑提取法 (Solvent Extraction) 的碾

米方法，其過程如圖三所示。這種方法又稱為濕碾法 (Wet Milling) 即糙米在精白前浸入溫熱的米糠油中，使米糠層軟化，精白時減少磨損，可使整粒米增加 10%。在精白時加入一種炭氫化合物溶劑，將米糠中的油份提取出來，因此碾米與榨油同時一次完成。可是這種碾米法僅適用於至少每小時 25 噸以上的大米廠，才合乎經濟條件，也是這種方法不能普遍使用的原因。

碾米所得的細碎米可作釀酒的原料，但是在副產品中佔比例最大的稻殼却是最難處理的一項產品，過去稻殼廣泛地用作燃料，建築材料以及飼料的填充物等，但這些用途已因時代的進步逐漸減少，造成處理上愈來愈嚴重的問題，現在各國都在研究稻殼的處理與利用的方法，希望發現能大量使用稻殼的途徑，但尚無突破性的發展，就筆者所知，臺灣在這方面也做了不少研究工作，如食品工業研究所及聯合工業研究所研究將稻殼作為飼料，還有臺大農工系設計出兩種不同型式的稻殼燃燒爐，希望配合稻谷烘乾機供給熱源。這些研究都是需要長時間的試驗才能達到實用性的階段，在沒有找到大量消耗稻殼的方法以前，稻殼的處理及其儲存與污染的問題勢必仍將困擾人類相當一段時期。



圖三 溶劑提取法 (Solvent Extraction) 碾米之流程圖

六、碾米的品質

一般人都認為米碾的越白越好，白米煮成的飯能增加人的食慾，其實這種觀念從營養的觀點來看是不對的，因為米碾的越白，營養的成份隨之減少，因為米糠層是米粒營養含量最多的部分，糙米在精白過程中，這一層被除去，米糠層除去的程度就是碾米上所稱的碾米度(Milling Degree) 究竟米應該碾到什麼

程度最為適宜，這是一個很難回答的問題，在米廠裏往往是要靠作業人員(Miller)的經驗來判斷的，主要是觀察白米的顏色和光澤，碾的不够，顏色不够鮮明光亮，碾的太過，不但盡失了營養成分，而且降低了碾米率，造成無謂的損失。

白米的等級標準各國不一，但大都對於碎米、含水量、雜物、壞米等有一定的限制，舉例來說，菲律賓國際水稻研究所所定的標準如表一所示。

表一 國際水稻研究所白米標準
Standards for Milled IRRI-PAK Rice-Medium Grain

	Premium	Standard	Substandard	Reject
Broken grains (percent)	0-11	12-18	19-25	over 25
Damaged and paddy kernels and foreign materials (number per kg)...	0-20	21-40	40-60	over 60
Red rice (percent).....	0-3	4-5	6-8	over 8
Chalky grains (percent).....	0-4	5-6	7- 5	over 15
Moisture content (percent).....	14 or less	14 or less	14 or less	more than 14

影響白米品質的因素很多，例如稻谷的品質，收穫後乾燥、處理及儲藏的方法，碾米時的含水量，碾米的技術以及碾米機械的調節是否適當等，都與品質有密切的關係。

七、碾米成本的分析

經營一個碾米廠和經營其他任何一種企業應該沒有區別，同樣的要計算成本和利潤。碾米的成本可以分為固定成本(Fixed Cost)和可變成本(Variable Cost)兩部分。固定成本包括的項目雖略有出入，但大致是指土地、廠房及機械設備的折舊和保養，投資的利息，廠房及機械設備的保險和稅金等，換言之就是指不論米廠是否開工，皆須支付的費用。可變成本指行政費用，員工的薪資，水電，週轉金的利息，廠房與機械的修護費用以及包裝材料等項目，亦即指直接化費在生產上的開支。

碾米的成本與米廠的大小能量有直接的關係，一般而言，一個米廠的能量大，其分攤在單位重量稻谷上的成本即較低，此外米廠的工作小時，米的品種等與成本亦有顯著的關係。以美國為例，如表二所示，即可看出成本與這些因素間的關係，例如：

(一)成本與使用時間的關係——以小型米廠為例，如所碾之稻米屬長粒型及每週工作 40 小時，其成本

即較工作 120 小時為高，這種情形在中型及大型的米廠亦然，此即表示任何一個米廠使用率越高時，其成本會相對減低。

(二)成本與品種的關係——以大型米廠為例，如每週同樣工作 40 小時，則碾長型米之成本較碾中型米為高。

(三)成本與米廠能量的關係——如工作時間相同，越大型的米廠，碾米成本越低。值得注意的就是固定成本由於米廠大小的差別不及可變成本之差別那樣大。

綜合以上幾點來看，如欲投資興建一座新米廠時，單就生產成本來說，應選擇能量大而使用率最高的米廠，但並非說這是唯一的條件，其他如資金的多少，原料的供應，土地的利用，勞力的來源，以及倉儲的問題都是需要同時考慮的。

一九六八年世界糧農組織曾對世界產米國家的碾米廠作過一次調查，發現除歐美國家外，幾乎所有亞洲國家的碾米廠都有使用率太低的現象，如表三所示，明顯表示米廠的數量與使用時間有密切的關係，歐美各國的米廠數量少，每一米廠的能量大，一年內平均工作的時間較長，多為全年開工者，反之，亞洲各國的米廠數量多而規模多屬小型者，一年的使用率亦短。

表二 碾米的成本分析
Average Cost of Operation for Model Rice Mills of Specified Size at Given Levels
of Annual Volume, by Type of Grain, Southern Region, U. S. A. 1973

Model size	Work week	Rough rice milled annually		Long grain, cost of operating			Medium grain, cost of operating		
		Long	Medium	Fixed	Variable	Total	Fixed	Variable	Total
	<i>Hours</i>	<i>1,000 cwt.</i>		<i>Dollars per hundredweight</i>					
Small.....	40	411	493	.39	1.26	1.65	.32	1.08	1.40
Small.....	80	822	986	.19	1.02	1.21	.16	.88	1.04
Small.....	120	1,233	1,480	.13	.94	1.07	.11	.81	.92
Small.....	168	1,732	2,078	.09	.89	.98	.08	.76	.84
Medium.....	40	822	986	.34	1.00	1.34	.29	.86	1.15
Medium.....	80	1,645	1,974	.17	.85	1.02	.14	.73	.87
Medium.....	120	2,467	2,960	.12	.81	.93	.09	.70	.79
Medium.....	168	3,464	4,157	.08	.77	.85	.07	.66	.73
Large.....	40	1,370	1,644	.32	.88	1.20	.27	.75	1.02
Large.....	80	2,741	3,289	.16	.76	.92	.13	.66	.79
Large.....	120	4,112	4,934	.11	.72	.83	.09	.63	.72
Large.....	168	5,744	6,929	.08	.71	.79	.06	.62	.68

表三 世界產米國家碾米廠數目及使用時間調查
Number, Capacity and Average Number of Months Operation per Year of
Rice Mills in Selected Countries 1)

Country	Number of rice mills	Average capacity per mill (tons/hour milled)	Average number of months of operation in a year	Production of milled rice 1962/63	Average production of milled rice per mill 1962/63
				(.....1,000 tons.....)	
U. S. A.	55	7.7	11	2,100	38.18
Canada	2	5.0	12	—	—
Australia	5	4.0	10	80	16.00
United Kingdom	5	3.0	12	49 2)	9.80 2)
Germany, F. R.	14	1.6	12	—	—
Taiwan	327	3.0	—	1,800	5.50
Hongkong	18	3.0	4	13	0.72
Philippines	8,078	1.3	—	2,580	0.32
Burma	2,000	0.9	6	5,040	2.52
Ceylon	2,769	0.9	—	700	0.25
Thailand	14,099	0.8	5	6,050	0.43
Malaysia	1,524	0.8	—	576	0.38
India	44,057	—	—	32,160	0.73
Japan	39,128	—	5	11,710	0.30

1) Source: FAO Rice Report 1965 and FAO document CCP/Rice/65/4 of 19 January 1965.

2) Based on imports of husked rice.

八、對於本省碾米工業的建議

本省碾米工業的缺點不少，就其顯著者列舉幾點加以說明：

(一)如世界糧農組織調查顯示，臺灣碾米工業的基本弱點就是碾米廠數目太多，規模又小，每年的使用時間過短，無論站在投資的立場或成本的觀點來看，都是不經濟的。

(二)本省一般習慣以每小時所碾糙米的稻谷量來表示米廠的能量，這樣很容易使人產生錯覺，因為碾米的全部過程應該是從稻谷開始直至碾成白米才算完成，由稻谷至糙米只能說完成了一小部分，因為脫殼部分所需的機械較精白部分少，所需時間亦較短，若以馬力數與所碾稻谷量的關係來表示米廠能量的話，同樣的馬力數如以碾至白米為基準，則碾米能量就大為降低了。

(三)目前本省碾米多分為二個階段來完成，即先將稻谷脫殼為糙米，糙米儲存一段時期後，再將糙米碾成白米，這兩個階段往往在兩個不同的米廠進行。在機械設備方面來說，曬谷前的清選以及精白後的分級部分勢必重複，形成資金與動力的雙重浪費，無異地增加碾米的成本。

(四)本省碾米廠的機器，俱屬日本老式的碾米機械，即使新建的米廠亦多採用同樣的設備，很少改變，這種老式的碾米機械最不理想的就是脫殼後的篩選部分，篩子數目多，而且是立體式排列，廠房高度需高，增加建築費用。

(五)脫殼後的鼓風機效能欠佳，排出的稻殼中常含有少量的碎米在內，根據過去經驗，曾發見稻殼中含有0.7~0.8%的碎米的情形，如以每年生產稻殼五十萬噸計算，這項損失甚為可觀。

(六)本省所用的舊式碾米機器採用木料部分甚多，除不及金屬耐用外，平時保養亦較困難。

(七)本省所用的碾米機械大部分是開放式的，灰塵飛揚，空氣污濁，對於工作人員的健康影響甚大。

針對以上這些缺點，筆者提出下列幾項改進意見，以供糧食主管當局參考：

(一)在觀念上，我們要建立「碾米企業化」的經濟觀念，就是說碾米廠要講求效率，要提高品質，要降低成本，要創造利潤。機器要求更新，技術要求改進。

(二)目前所採取的二段式作業方法，如果為的是減少儲藏的體積，結果可能是得不償失的，因為糙米不及稻谷容易儲存，時間也不能太久，如果遭到蟲害的侵蝕，其損失恐怕遠比所節省的儲藏空間要大的多了。再就機械設備來說，糙米及白米分開來碾，就必須增加一套設備，形成資本及機器的浪費，此外人工、材料的消耗自然也會增加，例如裝過糙米的麻袋不能用來再裝白米，因此增加碾米的成本。

(三)就倉儲的技術來講，稻谷、糙米和白米最好不要混在一起存放，如果分開來儲存，勢必又需要更大的空間，目前本省糧倉已感不足，如再分別儲存，根本無此可能。

(四)本省現有的碾米廠數目太多，使用時間太短，碾米成本一定會偏高，政府今後對新碾米廠的設立應採審慎態度，尤其一個農會一個碾米廠的作法，應該即時糾正，民間的碾米廠也應限制設立。同時有關機關對於碾米的成本應切實地加以分析，拿出經營企業的方法來經營碾米廠。

(五)要鼓勵新技術新機器的引進，根據調查目前臺灣的碾米廠有半數以上已超過20年以上，令人費解的事實是為何新建的碾米廠仍採用老式的機器？據說是因為本省可以製造這種碾米機，價格便宜，如果我們能引進新式的碾米機器，以臺灣的工業水準，兩三年後何嘗又不能自製呢？

談到新技術的引進，前面提到的濕碾法，雖然設備費高，倘若我們朝大型米廠的方向推進，未來何嘗不能試用這種新方法？在副產品的利用上也可邁進一步。

(六)建議政府選擇一處水稻生產密集地區，或交通發達的地點，建立一座大型的新式碾米廠，加以科學化的經營管理，作為今後本省碾米工業發展的藍本。相信若干年後不但碾米的品質可以普遍提高，將來全省糧食的調配和控制一定也能產生革命性的進步。

歡迎本會會員惠賜大作