

搗精收率과 性能向上을 爲한 研究(V)

—噴風 研削式 精米機의 精白性能에 關한 實驗的 研究—

李 成 範* · 鄭 昌 柱* · 盧 祥 夏*
Lee, Sung Bum · Chung, Chang Joo · Noh, Sang Ha

Study on the Improvement of Milling Recovery and Performance (V)

— Experimental Study on Rice Whitening Performance of
Jet-air Abrasive-Type Whitener —

Summary

The milling process is considered as causing one of the greatest grain losses among all the processes in rice post-production. Major source of grain losses in the rice milling is considered as the whitening process.

This study was attempted to develop an abrasive-type whitener, the whitening chamber of which being supplied by jet-air evenly and continuously. To investigate the milling performance by the new whitener, three kind of emery-stone grit (#36, #41, and #46), and three levels of rotational speed of emery stone roller (950, 1070, and 1200 rpm) were tested. The jet-air abrasive-type whitener was also compared with the conventional abrasive-type having no jet-air blower in terms of their milling performance. In addition, the effect of different combinations of sequential uses of the abrasive- and friction-type whiteners on the milling performance was also experimentally evaluated.

The results of this study are summarized as follows;

1. In general, the whitening system combined with the abrasive type whitener with jet-air supply, which was newly designed, and the existing jet-air friction type whiteners produces more milled- and head-rice by about 0.3% points and 2.8% points, respectively than the system combined with the existing abrasive type without the jet-air supply under the same operational conditions. The former also consumed less electricity by 0.024 Kwh per 100kg of milled rice production and gave more milling capacity by about 35 kg/hr. As compared with the conventional whitening system consisting of jet-air friction type whiteners only, the former yielded more milled- and head-rice by 1.5% points and 4.4% points, respectively.

*서울대학교 농과대학

2. The abrasive roller having 46 grit emery was better than the roller having 36 grit in aspects of milling performance and machine efficiency, in general.
3. With regard to the effect of combination method of abrasive type and friction type whiteners, one pass in abrasive type plus three passes in friction type gave better milling performance and energy efficiency than the two passes in abrasive type plus two passes in friction type regardless of the designs of the emery stone rollers.
4. The increase in rotational speed of the emery stone roller from 950 rpm to 1200 rpm presented negative effects on milled and head-rice yields and machine efficiency, but slightly positive effect on milling capacity.

1. 緒 論

搗精에 있어서 무엇보다도 重要한 것은 單位 動力 消耗量을 最小로 유지하면서 搗精收率과 完全米收率을 極大化하는데 있다고 할 것이다. 이와같은 觀點에서, 搗精시스템 가운데 가장 重要한 過程은 搗精作業의 마무리 段階인 精白過程이라고 할 수 있다.

精米機는 精白原理上 研削式과 磨擦式의 두가지로 크게 나눌 수 있다. 研削式 精米機는 금강석롤러(Emery-Stone Roller)를 使用하여 研削作用으로 穀物의 米糠層을 除去시키는 것이고 磨擦式 精米機는 精白室內에 어느 정도의 壓力을 유지하여 그 壓力으로 穀物에 磨擦作用을 일으켜 米糠層을 除去하는 것이다. 따라서 磨擦式 精米機는 精白室內의 初期 內部壓力이 높기 때문에 長粒種인 統一係 品種은 碎米가 많이 發生한다고 指摘되고 있다. Bhatia (1969)는 精白過程 초기 5초 동안에 總 碎米 發生量의 70~80%의 碎米가 發生하며 그때의 碎米는 比較的 작은 小碎米였다고 하였으며, Mattews 등(1970)도 精白作業의 初期 10초 동안에 70%의 米糠層이 除去되었으며 그 동안에 대부분의 碎米가 發生하였다고 하였다. 또한 朴 等(1982)은 “벼의 精白過程에 對한 實驗的 研究”에서 大部分의 米糠層이 1~2回 循環時에 除去되었으며 대부분의 碎米도 그때에 發生하였다고 報告하였다.

따라서 最近 政府米 搗精工場과 같은 大規模 搗精工場에서는 研削式과 磨擦式을 함께 設置하여 組合시스템으로 精白作業을 完了하는 方法을 採擇하고 있다. 이것은 研削式 精米機에서의 研削作用은 磨擦式 精米機에서와 같이 높은 壓力을 要하는 것

이 아니므로 初期에 研削式 精米機에서 相當量의 米糠層을 除去시킨 다음 磨擦式 精米機를 여러번 통과시켜 精白을 完了함으로써 搗精收率 및 完全米收率을 높일 수 있다고 判斷된데서 비롯된 듯하다. 즉, Manalabc 等 (1978)은 研削式과 磨擦式 精米機의 組合시스템이 높은 完全米收率을 나타냈다고 하였으며, 盧, 李(1975)는 여러가지 精米機에 對한 比較性能試驗을 하였는데 金강석롤러가 附着된 研削式 精米機가 다른 磨擦式 精米機 보다 比較的 完全米收率이 높았다고 報告하였다. 金 等 (1982)은 “研削·磨擦의 組合式 精白作用이 精白性能에 미치는 影響”에서 研削式과 磨擦式을 組合한 精白시스템이 噴風 磨擦式 精米機만을 使用한 精白시스템보다 높은 搗精收率 및 完全米收率을 나타냈으며 動力消耗量을 節減할 수 있었다고 하였다.

그러나 現在 使用되고 있는 研削式 精米機는 磨擦式에서와 같은 噴風裝置가 없어 겨(米糠) 分離率이 低下될 뿐만 아니라 이 겨가 磨擦式 精米機로 그대로 넘어가 內部壓力 上昇의 原因이 되고 있으며 또한 精白過程中 穀物의 溫度가 上昇하며 金강석롤러에 米糠이 附着하여 長時間 使用하면 研削作用이 둔화되는 것으로 알려져 왔다. “SATAKE” 新技術報告書에서는 精白過程中 穀物의 溫度가 重要한데 穀物의 溫度가 높으면 穀物의 硬度가 낮아져 碎米의 發生확률이 높고, 반면에 너무 낮으면 穀物의 潤色이 떨어진다고 하였으며, 大氣溫度보다 10~15°C 上昇하는 것이 適當하다고 하였다.

따라서 本 研究에서는 이러한 研削式 精米機의 문제점을 감안해서 研削式 精米機를 噴風이 가능하도록 새로이 改良하여 精白性能에 影響을 미치는 몇몇 기계적 作動要因에 대해서 實驗을 하였으며, 具體的인 目的은 다음과 같다.

(1) 금강석롤러에 噴風을 할 수 있는 方法을 考案하여 噴風이 精白性能과 能率에 어떤 效果가 있는가를 究明하고,

(2) 噴風研削式 精米機에서 금강석롤러의 表面粗度和 回轉速度가 精白性能과 能率에 주는 影響을 究明하며,

(3) 噴風研削式 精米機와 噴風磨擦式 精米機의 適正組合시스템을 찾아내는데 있었다.

2. 實驗 裝置 및 方法

가. 實驗裝置

1) 供試機

本 實驗에서는 研削式 精米機와 磨擦式 精米機를 함께 使用하였다. 研削式 精米機는 國內에서 生産

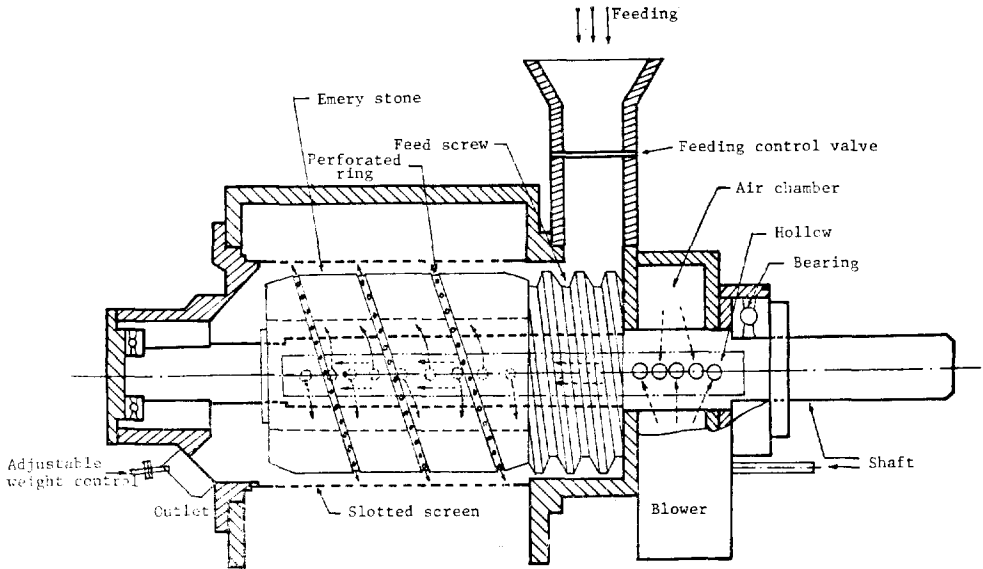


Fig. 1. Schematic drawing of the newly designed jet-air abrasive-type whitener used for experiment.

Table 1. Specifications of the abrasive-type whitener newly designed and used for the experiment.

Items		Remarks
Type		Abrasive type with a blower
Emery stone	Revolutions	800—850 rpm
	Size (L×D)	230×178 mm
Feed screw	Size(L×D)	85×190 mm
	Pitch×depth	26×14 mm
Screen	Shape	Circle
	Size(L×D)	258×210 mm
	Slot size (l×t)	22×1.1 mm
	Slot angle	75°
Opening ratio*		15.22%

Blower	Type	Backward-curved centrifugal fan
	No. of vanes	8
	Revolutions	3200 rpm
Normal milling capacity		1200 kg/hr (for 2-2.5% of bran removal)
Power requirement		4—5HP
*Opening ratio = $\frac{\text{Total slotted area}}{\text{Screen surface area}} \times 100$		

普及되고 있는 D 製 精米機를 개조하여 금강석롤러를 통하여 精白室에 噴風이 될 수 있도록 再設計 製作된것이며, 構造와 諸元은 그림 1 및 表 1에 나타난바와 같다.

새로 設計·製作된 噴風研削式 精米機는 回轉軸을 中空軸으로 하고 이 中空 回轉軸에 送風機에서 오는 바람을 받아 들이는 吸入孔과 금강석롤러쪽

으로 내 보내는 排出孔을 마련하였다. 또한 排出孔에서 나오는 바람을 精白空에 可能한 限 均一하게 供給하기 위하여 금강석 롤러를 그림 2에서 보는바와 같이 단면이 傾斜진 4개의 부분으로 만들고 그

사이에 通氣가 可能한 金屬製 링(Ring)을 挿入하여 組合하였다. 斷面을 傾斜지게 한 理由는 金강석롤러가 回轉함에 따라 바람이 金강석롤러의 전체 표면에서 골고루 擴散하는 효과를 얻기 위해서였다.

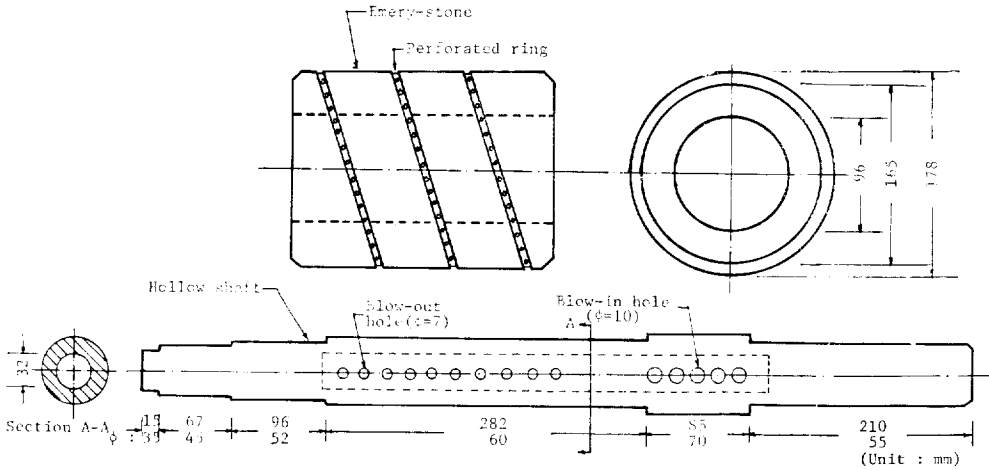


Fig. 2. Detailed drawing of major units of jet-air abrasive-type whitener.
The emery-stone is sectioned diagonally to provide with perperated rings.
The hollow shaft with blow-in holes and blow-out holes is established in the rotational shaft.

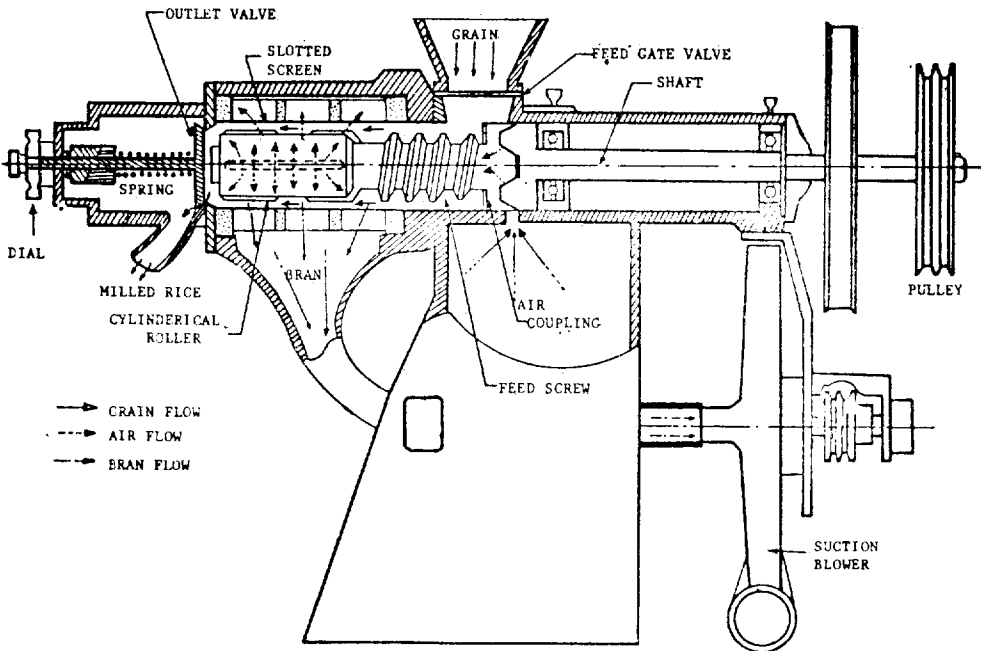


Fig. 3. Schematic drawing of friction type whitening machine used for experiment.

Table 2. Specifications of the friction-type whitener used for the experiment.

Items		Remarks
Maker		#2 manufactured by Myung-Jin Rice Manufacturing Co. Korea
Type		Friction type with a suction fan
Roller	Revolutions	900-950 rpm
	Size(L×D)	185×86 mm
Feed screw(pitch×depth)		24×14.5 mm
Screen	Shape	Dodecagon
	Size(L×D)	260×104 mm (D : Long dia.)d=100 mm
	Slot size(l×t)	14.0×1.1 mm
	Slot angle	22°
Opening ratio*		17.16%
Suction fan	No. of vanes	10
	Revolutions	3,800 rpm
Normal milling capacity		500-600 kg/hr
Power requirement		5-6HP

$$*Opening\ ratio = \frac{\text{Total slotted area}}{\text{Screen surface area}} \times 100$$

그리고 表面粗度에 따른 精白性能에 미치는 效果를 究明하기 爲해 表面粗度가 다른 種類의 金屬석 롤러를 製作하여 試驗하였다.

또한 本 實驗에 使用된 磨擦式 精米機는 國內에서 널리 使用되는 전형적인 吸入磨擦式인 M社製 精米機로서 그 構造와 諸元는 그림 3 및 表 2와 같다.

2) 測定裝置

精白作業에 所要되는 動力을 測定하기 爲하여 그림 4와 같이 스트레인 게이지와 슬립링을 利用하였다. 回轉計(Tachometer)를 利用하여 轉動軸의 回轉數를 測定하였으며 精白作業에 所要되는 時間은 토오크 기록장치로 測定하였다.

精白度를 測定하기 爲하여 “KETT”製 白度計를 利用하였으며 搗精된 白米中에 包含되어 있는 碎米의 量을 測定하기 爲해 完全米分離機(Sizing Device)를 利用하였다.

나. 實驗方法

1) 實驗設計

本 實驗에서는 農業機械學會誌, Vol.7, No.2에 발표된 “搗精收率과 性能向上을 爲한 研究 (IV)”의 結果에 依하여 噴風 研削式 精米機 1回+磨擦式 精

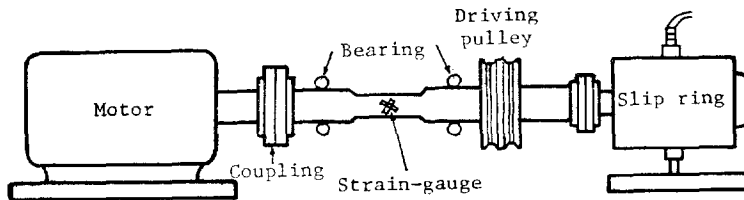


Fig. 4. Installation of strain-gauge for measuring the torque of the driving shaft.

米機 3回 循環시키는 精白시스템과 噴風研削式 精米機 2回 + 磨擦式 精米機 2回 循環시키는 精白시스템을 採擇하였다. 各 精白시스템에서 磨擦式精米機는 모든 作動條件을 一定하게 固定시켜 噴風 研削式精米機의 實驗要因에 依해서만 影響을 받도록 하였다. 즉 精白롤러의 回轉速度를 950rpm으로 固定하였으며 精白室을 構成하는 스크린은 表面에 半圓球 모양의 突起가 있는 12角 스크린을 使用하였다.

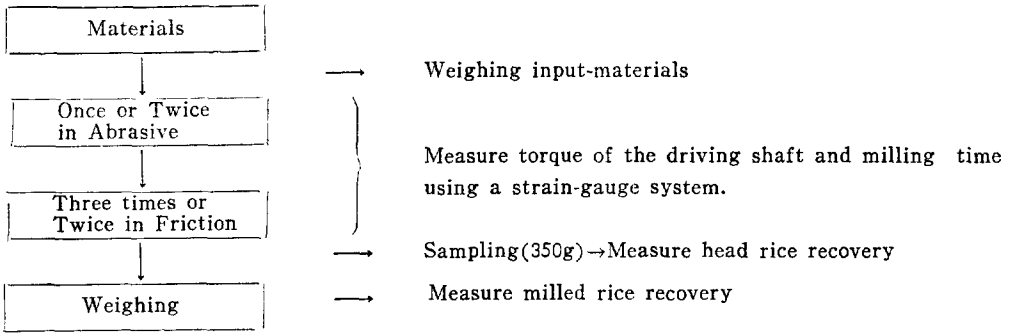
噴風研削式 精米機에서는 金屬석롤러의 表面粗도와 回轉速度 等の 要因을 獨立變數로 考慮하였다. 金屬석롤러의 回轉速度는 “搗精收率과 性能向上을

爲한 研究(IV)”에서 回轉速度가 690에서 950rpm으로 增加함에 따라 精白性能이 增加한다는 結論에 의거하여 950, 1,070, 1,200rpm의 3水準으로 하였다. 또한 金屬석롤러의 表面粗度는 現在 國內에서 使用되고 있는 46目과 “SATAKE” 新技術報告書에서 30~40目이 適當하다고 指摘한 것에 立脚하여 國內에서 生産이 용이한 36目, 그리고, 36目과 46目を 1:1로 混合하여 만든 가칭 41目的의 3種類로 하였다. 이 3種類的 表面粗度를 가지고 그림 5와 같은 4種類的 組合精白시스템을 設定하였다.

各 精白시스템 4水準과 回轉速度 3水準을 組合한

Experimental designation	C _I	C _{II}	C _{III}	C _{IV}
Whitener combination	Abrasive, 36 Grit	Abrasive, 46 Grit	Abrasive, 36 Grit	Abrasive, 41 Grit
	↓	↓	↓	↓
	Friction	Friction	Abrasive, 46 Grit	Abrasive, 46 Grit
	↓	↓	↓	↓
	Friction	Friction	Friction	Friction
	↓	↓	↓	↓
	Friction	Friction	Friction	Friction
Three levels of emery-stone rotational speed was tried for each combinations.				

(a) Experimental design



(b) Experimental methodology

Fig. 5. Experimental Design and Methodology.

12개의 處理를 亂塊法(Randomized Block Design)에 依한 實驗을 實施하였으며 各處理를 2回 反復하였다.

12개의 處理 以外에 研削式 精米機에서의 噴風의 有無에 對한 效果를 알아보기 爲한 다음과 같은 精白시스템을 採擇하여 對比實驗을 하였다. 즉,

(1) 46目 金강석롤러를 使用하고 噴風을 하지 않는 研削式 精米機를 1回 循環시키고 噴風磨擦式 精米機를 3回 循環시키는 精白시스템(C_{II'}),

(2) (1)항에서 使用한 研削式 精米機와 噴風磨擦式 精米機를 各々 2回씩 循環시키는 精白시스템(C_{III'})

(3) 噴風磨擦式 精米機만을 4回 循環시키는 精白시스템(C_F).

그러므로 研削式 精米機에서 噴風效果는 精白시스템 C_{II}와 C_{II'}를, 噴風研削式 시스템과 磨擦式 精米機 시스템과의 對비는 C_{II}와 C_F를 比較하면 알 수 있다.

2) 試料準備 및 分析

本 實驗에 使用된 試料는 統一係品種인 密陽 23 號로서 바인더로 刈取하여 生脫穀한 것을 Grain Bin에서 常溫通風 方法으로 乾燥하고 貯藏한 것이다. 이 穀物을 農科大學內에 設置되어 있는 搗精實驗室에서 製玄하였으며 供試材料의 品位는 表 3에 表示된 바와 같다.

Table 3. Properties of the brown rice used for the experiment.

Items		Observations	Remarks
Variety		Milyang-23	Indica-type
Grain size	Length(mm)	6.155	Sd=0.1279
	Width(mm)	2.560	Sd=0.0994
	Thickness (mm)	1.890	Sd=0.0615
	L/T	3.257	
Bulk density(kg/l)		0.794	

Head grains(%)	92.43	Sd=0.0990
Sound grains	76.00	Sd=2.1314
Greenish grains	10.72	Sd=0.4525
Stained grains	3.77	Sd=1.0889
Cracked grains	1.94	Sd=0.5940
Broken grains(%)	7.10	Sd=0.1414
Unhulled paddy(%)	0.03	Sd=0.0424
Foreign matters(%)	0.44	Sd=0
Moisture content (w.b.)	13.06%	
Hulling recovery	83.23%	

各處理의 試料量을 玄米 20kg으로 하였으며 最終生産되는 白米의 白度는 9분搗精에 該當하는 38 ± 1.0을 基準으로 하여 精白을 完了하였다.

各處理에서 最終 生産되는 白米의 무게를 測定하여 搗精收率을 算出하였고 白米中에서 350g의 試料(Sample)를 採取하여 150g씩 2회로 나누어 完全米分離를 利用하여 完全米收率을 測定하였다.

3. 結果 및 考察

本實驗에서는 研削式 精米機의 噴風效果를 糾明하고 아울러 噴風研削式 精白시스템 내에서 금강석 물러의 表面粗度, 研削式과 麥草식 정미기의 組合方法 및 분풍연삭식 정미기의 回轉速度가 搗精收率, 完全米收率, 動力消耗量 및 搗精能率에 미치는 影響을 分析하기 위해 이들 各속변수들을 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{搗精收率(\%)} = \frac{\text{生産된 白米重量}}{\text{投入된 玄米重量}} \times 100$$

$$\text{完全米收率(\%)} = \frac{\text{生産된 白米中의 完全米의 重量}}{\text{投入된 玄米重量}} \times 100$$

$$\text{動力消耗量(KWh)} = \frac{1}{3.5079 \times 10^6} \sum_{i=1}^n T_i \cdot N_i \cdot t_i$$

여기에서, T_i = i 번째 再循環時에 구동축에서 측정된 토크, kg-m

N_i = i 번째 再循環時 모-타의 rpm

t_i = i 번째 再循環時的 搗精時間, sec

n = 각 처리에서 전체 再循環 횟수

$$\text{搗精能率(kg/hr)} = \frac{\text{生産된 白米의 重量}}{\text{總 搗精時間}}$$

가. 研削式 精米機에서의 噴風效果

研削式 精米機에서의 噴風效果를 分析하기 위해 精白시스템 C_N 와 C_N' 의 精白性能을 比較하였다. 두 시스템은 前者의 研削式 精米機에 噴風을 하는 것을 除外하고는 모든 條件은 同一하였다.

그림 6과 表 4에 나타난 分析結果에 의하면 精白 시스템 C_N , 즉 研削式 精米機에 噴風을 할 경우가 精白시스템 C_N' , 즉 噴風을 하지 않는 경우보다 搗精收率은 0.3%, 完全米收率은 2.8% 增加하였다. 또한 前者는 後者보다 電力消耗가 7.15%(0.075 KWh/100kg) 감소하였으며 搗精能率은 13.7%(34.2kg/hr) 增加하였다. 한편 噴風磨擦式 精米機만을 使用한 精白시스템 C_F 와 比較하면 前者는 搗精收率에서 1.5%, 完全米收率에서 4.4%의 增加을 보였다.

이런 實驗은 制限된 條件에서 實施되었지만 磨擦式 精米機에서와 같이 研削式 精米機에 噴風을 하는 것이 確實이 效果가 있는 것으로 判明되었다. 그러므로 앞으로 噴風研削式 精米機에 對한 계속적인 研究가 要求된다.

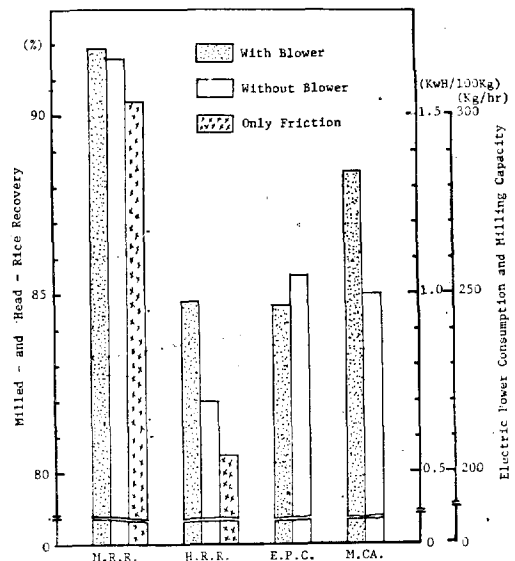


Fig. 6. Overall effect of the jet-air abrasive-type whitener on milled rice recovery (M.R.R.), head rice recovery (H.R.R.), electric power consumption (E.P.C.), and milling capacity (M.C.A.)

Table 4. Effect of jet-air blowing in abrasive-type whitener on whitening performance.

Type	Milled rice recovery	Head rice recovery	Electric power consumption	Milling capacity
With Blower	91.91	84.82	0.974	284.0
Without Blower	91.59	82.02	1.049	249.8
Only Friction	90.43	80.47	—	—
LSD 5% :	0.14	1.08	0.07	28.31
1% :	0.44	2.48	0.15	65.29

나. 精白시스템과 回轉速度的 영향

그림 5의 實驗設計에서 表示된 바와 같은 各 시스템과 各 시스템내에서 噴風研削式 精米機의 회轉속도가 搗精收率, 完全米收率, 動力消耗量 및 搗精能率에 미치는 영향을 分析한 것이 表5에 나타나있다. 이들 因子들이 各 轉速번수에 미치는 영향을 살펴보면 다음과 같다.

1) 搗精收率

表 5에 의하면 精白시스템과 噴風研削式 精米機의 回轉속도는 搗精收率에 크다란 영향을 미치고 있으며 이들 두 要因사이에는 相互作用이 있는 것으로 나타났다.

Table 5. Summary of Analysis of Variance

S.V.	D.F	F			
		M.R.R.	H.R.R.	E.P.C.	M.C.A.
Total	23				
Main plot	7				
Block	1				
A	3	29.000*	24.091*	7.5981**	53.912**
Error(1)	3				
B	2	38.000**	5.333*	0.141N.S	25.333**
AB	6	12.667**	0.733N.S	0.897N.S	3.604*
Error(2)	6				

Note ; A : Combination systems, 4 levels
 B : Emery-stone rotational speeds, 3 levels

M.R.R. : Milled Rice Recovery

H.R.R. : Head Rice Recovery

E.P.C. : Electric Power Consumption

M.C.A. : Milling Capacity

** : Significant at 1% level

* : Significant at 5% level

N.S : Non-significant

各 精白시스템內에서 回轉속도가 搗精收率에 미치는 영향을 보면(그림 7과 表 6) 일반적으로 금강석 물라의 回轉속도가 950에서 1200rpm (532~671 m/min)으로 增加함에 따라 精白시스템 C_{II}와 C_{IV}계

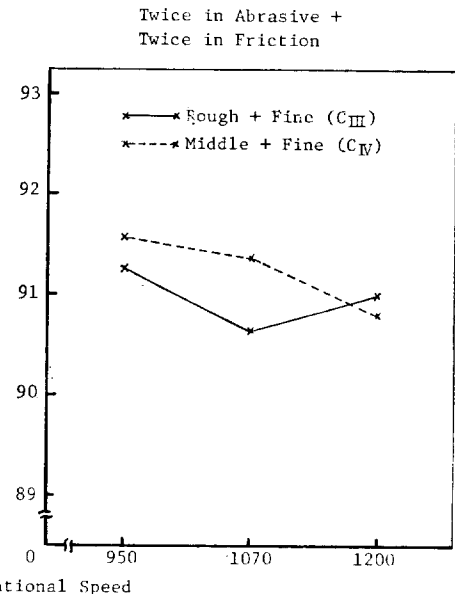
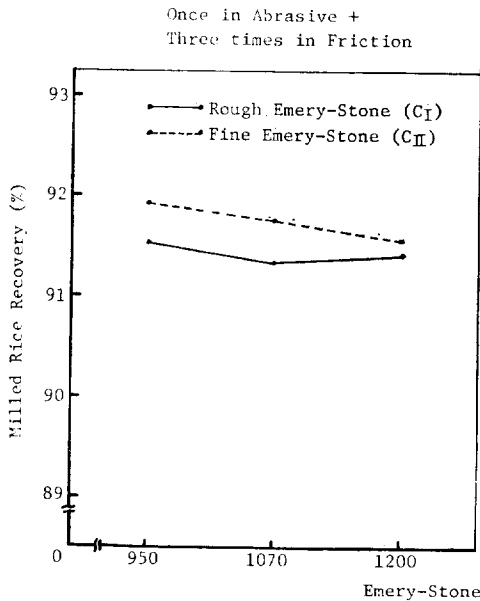


Fig. 7. Effect of emery-stone rotational speed on milled rice recovery for different emery-stone grit and combination of whitener.

Table 6. Effect of emery-stone rotational speed on milled rice recovery for different combination of whitener

	C _I	C _{II}	C _{III}	C _{IV}	Mean
R ₁	91.52	91.92	91.28	91.57	91.571
Difference R ₁ VS R ₂	N.S (0.18)	N.S (0.16)	** (0.63)	N.S (0.19)	** (0.293)
R ₂	91.34	91.75	90.65	91.38	91.278
Difference R ₂ VS R ₃	N.S (0.08)	N.S (0.20)	** (0.34)	** (0.57)	N.S (0.085)
R ₃	91.42	91.55	90.99	90.81	91.193
Difference R ₁ VS R ₃	N.S (0.10)	** (0.36)	* (0.29)	** (0.76)	** (0.378)
Mean	91.427 (0.288)	91.735 (0.760)	90.975 (0.277)	91.252	

Note ; LSD between combination systems
 5% : 0.265, 1% : 0.487
 LSD between emery-stone rotational speeds
 5% : 0.102, 1% : 0.148
 LSD between emery-stone rotational speeds within combination system
 5% : 0.204, 1% : 0.297

서는 搗精收率が 점차 減小하는 경향을 나타냈으나 精白시스템 C_I과 C_{III}에서는 1070rpm에서 最小로 나

타났다. 이것은 금강석물러의 表面粗度와 回轉速度의 相互作用에 依한 것으로 생각된다.

精白시스템中에서는 시스템 C_{II}가 가장 높은 搗精收率을 나타냈다. 그리고 精白시스템 C_{II}와 다른 精白시스템과의 平均 搗精收率의 差異는 0.29%에서 0.76%로서 모두 1% 水準에서 統計的 有意性을 보였다.

噴風研削式 精米機를 1回 循環시키는 精白시스템 (C_I, C_{II})이 2回 循環시키는 精白시스템(C_{III}, C_{IV})보다 대체적으로 搗精收率이 높은 것으로 나타났다.

精白시스템 C_I과 C_{II}를 比較하면 알 수 있듯이 46目 금강석물러를 使用한 경우가 36目を 使用한 경우보다 搗精收率が 0.29% 增加하였다.

2) 完全米收率

그림 8과 表 7은 各 精白시스템內에서 回轉速度가 完全米收率에 미치는 效果를 나타낸 것이다. 回轉速度가 950rpm에서 1070rpm으로 增加함에 따라 完全米收率は 減小하는 경향을 나타냈으나 回轉速度가 1070rpm에서 1200rpm으로 增加함에 따라 약간 增加하는 경향을 나타내었다. 그러나, 各 精白시스템內에서 回轉速度사이의 完全米收率의 差異는 5% 水準에서 有意性을 나타내지 않았다.

各 精白시스템間의 完全米收率比較에 依하면 精白

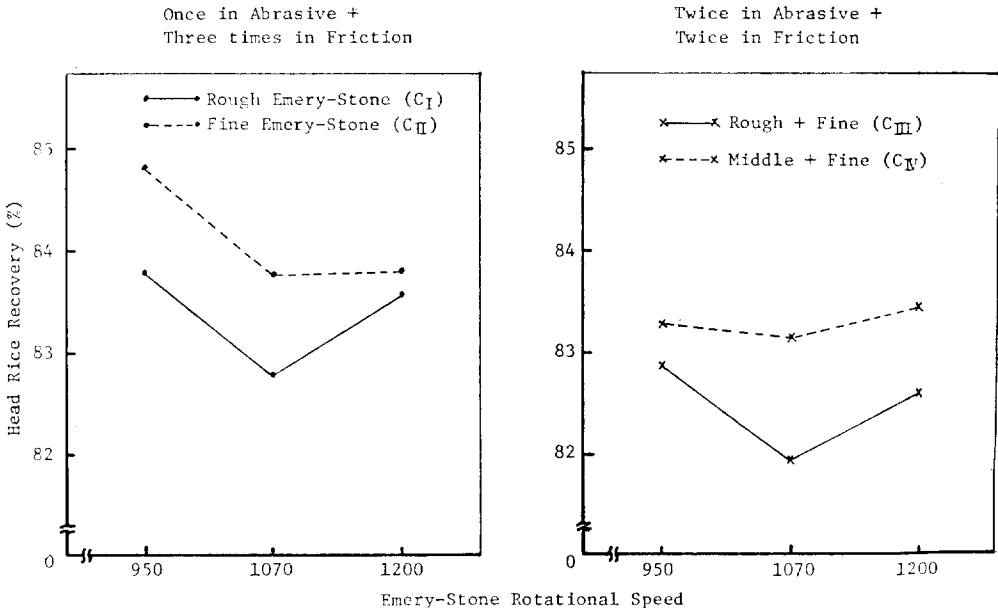


Fig. 8. Effect of emery-stone rotational speed on head rice recovery for different emery-stone grit and combination of whitener.

Table 7. Effect of emery-stone rotational speed on head rice recovery for different combination of whitener

	C _I	C _{II}	C _{III}	C _{IV}	Mean
R ₁	83.80	84.82	82.88	83.28	83.693
Difference R ₁ VS R ₂	N.S (1.01)	N.S (1.05)	N.S (0.93)	N.S (0.13)	*
R ₂	82.79	83.76	81.95	83.15	82.910
Difference R ₂ VS R ₃	N.S (0.78)	N.S (0.06)	N.S (0.66)	N.S (0.30)	N.S (0.450)
R ₃	83.57	83.82	82.61	83.45	83.360
Difference R ₁ VS R ₃	N.S (0.23)	N.S (1.00)	N.S (0.27)	N.S (0.17)	N.S (0.333)
Mean	83.385	84.130	82.477		
	N.S (0.745)	*	N.S (0.815)		

Note ; LSD between combination systems

5% : 0.841, 1% : 1.940

LSD between emery-stone rotational speeds

5% : 0.548, 1% : 0.787

LSD between emery-stone rotational speeds within combination system

5% : 1.095, 1% : 1.573

시스템 C_{II}에서 가장 높은 完全米收率을 얻을 수 있었다. 또한 精白시스템 C_I과 C_{II}가 精白시스템 C_{III}

와 C_{IV}보다 完全米收率이 높았으며 이 결과는 搗精收率의 경우와 같다. 그리고 精白시스템 C_I보다는 C_{II}가 完全米收率이 높은 것으로 나타났는데 이 결과로 表面粗度가 46인인 금강석롤러가 36인인 금강석 롤러보다 碎米發生率이 적다는 것을 알 수 있다.

以上的 結果를 토대로하여 볼 때 精白시스템 C_{II}에서 금강석 롤러의 回轉速度를 950rpm으로 할 경우 가장 높은 搗精收率 및 完全米收率을 나타냈고, 回轉速度가 950rpm에서 1200rpm으로 增加함에 따라 搗精收率은 减小하는 경향으로 나타났다.

3) 動力消耗量

動力消耗量은 轉動軸에서 測定한 토크와 回轉數 및 搗精時間에 바탕을 두고 各 精白시스템에서 每 循環時에 소요된 動力을 加算한 것으로 앞에서 定義한 式을 適用하였다.

研削式 精米機의 回轉速度變化에 따른 動力消耗量은 統計分析 結果 有意性이 나타나지 않았으나 精白시스템사이에서는 有意性이 있었다. (그림 9, 表 8). 精白시스템사이의 動力消耗量을 比較하여 보면 가장 높은 搗精收率 및 完全米收率을 나타낸 시스템 C_{II}가 역시 가장 적은 動力을 消耗하였으며 또한 精白시스템 C_I과 C_{II}가 精白시스템 C_{III}와 C_{IV}보다 比較的 動力消耗量이 적은 것으로 나타났다.

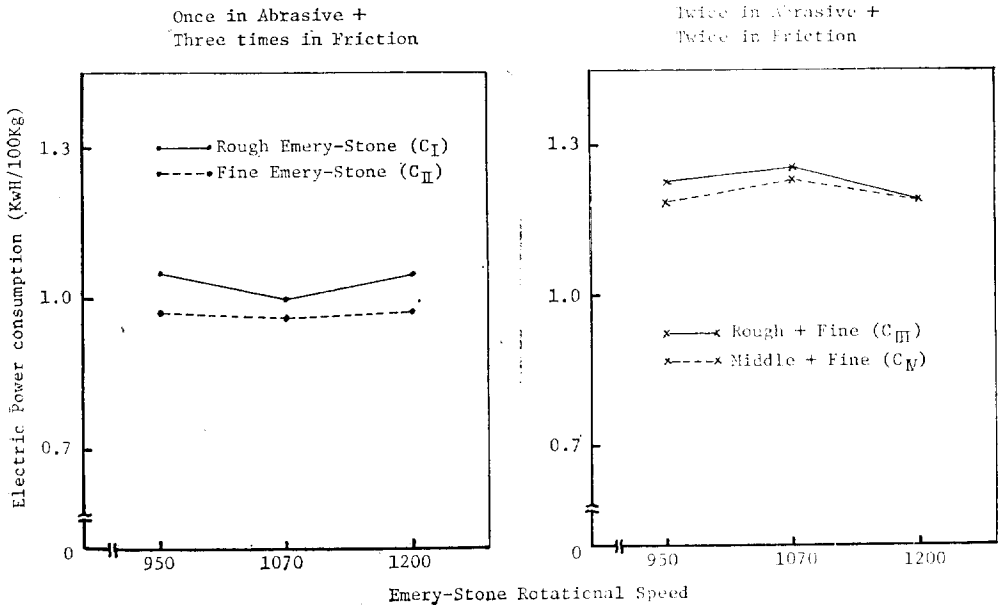


Fig. 9. Effect of emery-stone rotational speed on electric power consumption for different emery-stone grit and combination of whitener.

Table 8. Effect of emery-stone rotational speed on electric power consumption for different combination of whitener.

	C _I	C _{II}	C _{III}	C _{IV}	Mean
R ₁	1.05	0.97	1.23	1.19	1.109
Difference R ₁ VS R ₂	N.S. (0.05)	N.S. (0.01)	N.S. (0.02)	N.S. (0.04)	N.S. (0.001)
R ₂	1.00	0.96	1.25	1.23	1.110
Difference R ₂ VS R ₃	N.S. (0.05)	N.S. (0.01)	N.S. (0.06)	N.S. (0.04)	N.S. (0.010)
R ₃	1.05	0.97	1.19	1.19	1.100
Difference R ₁ VS R ₃	N.S. (0.00)	N.S. (0.00)	N.S. (0.04)	N.S. (0.00)	N.S. (0.009)
Mean	1.033 N.S. (0.065)	0.968 ** (0.255)	1.22 N.S. (0.021)	1.202	

Note; LSD between combination systems
 5% : 0.088, 1% : 0.202
 LSD between emery-stone rotational speeds
 5% : 0.047, 1% : 0.068
 LSD between emery-stone rotational speeds within combination system
 5% : 0.095, 1% : 0.136

4) 搗精能率

單位 時間當 白米生産量으로 定義된 搗精能率は

금강석물리의 回轉速度와 精白시스템 두 要因 모두에 의해서 影響을 받았다.

일반적으로 搗精能率は 金剛석물리의 回轉速度가 增加함에 따라 增加하였다(그림 10). 그 경향은 精白시스템 C_{III}와 C_{IV}에서 보다 C_I과 C_{II}에서 두드러졌다. 또한 前者의 두 精白시스템보다 後者の 두 精白시스템이 높은 搗精能率을 나타냈다. 그리고 搗精收率, 完全米收率 및 動力消耗量에서 좋은 結果를 나타냈던 精白시스템 C_{II} (46目 金剛석물리를 使用한 시스템)가 역시 가장 높은 搗精能率을 보였다(表 9).

以上の 結果로 볼때, 金剛석물리의 表面粗度는 분명히 精白性能에 影響을 미쳤으며 金剛석 물리의 表面이 微細할 수록 좋은 結果를 나타냈다.

다. 金剛석물리의 表面粗度の 效果

앞 節에서는 金剛석물리의 回轉速度와 精白시스템이 여러가지 精白性能에 미치는 影響을 各各 個別的으로 分析하였다. 이번에는 精백시스템 중에서 金剛석 물리의 表面粗度만이 다른 두 精白시스템 C_I과 C_{II}를 比較함으로써 表面粗度が 精白性能에 미치는 影響을 分析하였는데 그 結果를 그림 11 및 表10에 나타내었다.

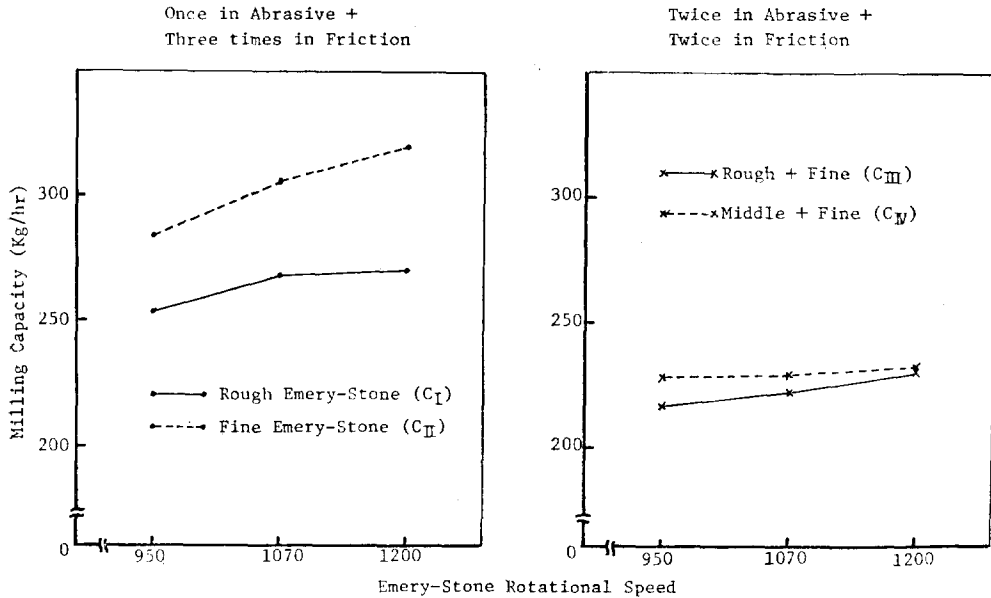


Fig. 10. Effect of emery-stone rotational speed on milling capacity for different emery-stone grit and combination of whitener.

Table 9. Effect of emery-stone rotational speed on milling capacity for different combination of whitener.

	C _I	C _{II}	C _{III}	C _{IV}	Mean
R ₁	253.75	284.00	217.05	227.75	245.638
Difference R ₁ VS R ₂	* (14.35)	** (21.40)	N.S. (5.05)	N.S. (0.90)	** (10.425)
R ₂	268.10	305.40	222.10	228.65	256.063
Difference R ₂ VS R ₃	N.S. (2.50)	* (14.45)	N.S. (9.65)	* (4.10)	* (7.674)
R ₃	276.60	319.85	231.75	232.75	263.737
Difference R ₁ VS R ₃	** (16.85)	** (35.85)	* (14.70)	N.S. (5.00)	** (18.099)
Mean	264.150 (* 38.933)	303.083 (* 80.450)	223.633 (N.S. 6.084)	229.717	

Note : LSD between combination systems

5% : 30.334, 1% : 69.966

LSD between emery-stone rotational speeds

5% : 5.774, 1% : 8.296

LSD between emery-stone rotational speeds within combination system

5% : 11.548, 1% : 16.592

그림 11에서 알 수 있듯이 本實驗에서 적용된 精白시스템과 그들의 作動條件하에서는 46目인 금강석롤러를 使用한 경우가 36目인 金강석롤러를 使用한 경우보다 搗精性能이 우수한 것으로 나타났다.

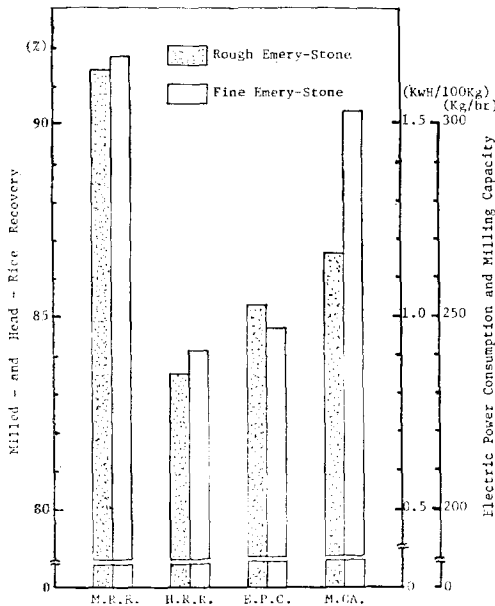


Fig. 11. Effect of emery-stone grit on milled rice recovery (M.R.R.), head rice recovery (H.R.R.), electric power consumption (E.P.C.), and milling capacity (M.C.A.).

Table 10. Effect of emery-stone grit on whitening performance.

Emery-stone grit	Milled rice recovery	Head rice recovery	Electric power consumption	Milling capacity
Rough(36Grit)	91.43	83.39	1.03	264.2
Fine (46Grit)	91.74	84.13	0.97	303.1

LSD 5% : 0.19 0.76 0.03 18.50
1% : 0.28 1.09 0.05 26.31

統計分析 結果도 完全米收率을 除外하고는 有意性이 높은 것으로 나타났다(表 10).

앞으로 穀物の 含水率에 따른 研究가 계속 遂行되어 研削式 精米機를 長時間 使用할 경우 金강석롤러의 마모나, 롤러의 表面에 거의 附着으로 인한 研削作用의 減小를 糾明해야 할 것으로 생각된다. 本 實驗에 使用된 供試材料의 含水率은 13.06%(w.b.)였다.

4. 要約 및 結論

벼의 收穫後 消費段階에서 나타나는 損失中 搗精過程에서 가장 많은 損失이 發生되는 것으로 알려져 있으며 搗精過程內에서는 精白過程에서의 損失이 가장 많은 것으로 指摘되고 있다.

本 研究에서는 精白過程中的 搗精收率 및 完全米收率을 極大化하기 위해서 研削式 精米機의 精白室

에 噴風을 할 수 있는 方法을 考案하였다. 새로이 設計·製作된 噴風研削式 精米機의 精白性能을 究明하기 위해서 금강석롤러의 表面粗度 3水準(36目, 41目, 46目), 回轉速度 3水準(950, 1070, 1200rpm)에 대해서 實驗을 하였다. 그리고 研削式 精米機에의 噴風效果를 알아보기 위해 噴風과 無噴風에 對한 對比實驗을 하였으며 또한 研削式과 磨擦式의 組合이 精白性能에 미치는 影響을 實驗으로 究明하였다.

그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 일반적으로 噴風研削式 精米機와 噴風磨擦式 精米機를 組合한 精白시스템이 噴風을 하지 않는 研削式 精米機를 사용한 精白시스템보다 精白性能이 우수한 것으로 나타났다. 즉, 搗精收率は 0.3%, 完全米收率は 2.8%, 搗精能率は 13.7%(34.2kg/hr)가 增加한 반면 動力消耗量은 7.15%(0.075Kwh/100kg) 減小하였다. 또한 前者는 噴風磨擦式 精米機만을 여러번 循環시켜 精白을 完了하는 시스템보다 搗精收率は 1.5%, 完全米收率は 4.4% 增加하였다.

2. 금강석롤러의 表面粗度は 일반적으로 46目이 36目보다 모든 搗精性能面에서 우수한 것으로 나타났다.

3. 噴風의 有無에 關係없이 研削式精米機를 1回 循環시키고 磨擦式 精米機를 3回循環시키는 精白시스템이 研削式 精米機를 2回 循環시키고 磨擦式 精米機를 2回 循環시키는 精白시스템보다 우수한 搗精性能을 나타냈다.

4. 분풍 연삭식 경미기의 回轉速度를 950rpm에서 1200rpm으로 增加시킴에 따라서 搗精收率 및 完全米收率は 減小하는 傾向을 나타냈지만, 搗精能率は 약간 增加하는 傾向을 나타냈다.

參 考 文 獻

1. 金三道, 鄭昌柱, 盧祥夏, 1982. 研削·磨擦의 組合式 精白作用이 精白性能에 미치는 影響. 韓國農業機械學會誌, 7(2), 72~85.
2. 盧祥夏, Duff, B., 崔在甲. 1976. 精米機의 能率에 影響을 미치는 機械的 要因 및 作動條件

- 에 關한 研究. 韓國農業機械學會誌, 1(1), 15~48.
3. 朴濟傑, 鄭昌柱, 盧祥夏. 1982. 搗精收率과 性能向上을 위한 研究(Ⅱ)—벼의 精白過程에 關한 實驗的 研究. 韓國農業機械學會誌, 7(1), 62~72.
4. 鄭昌柱, 琴東赫, 姜和錫. 1978. 韓國의 貨搗精工場의 實態分析. IDRC 벼 收穫後技術 研究報告書.
5. 鄭昌柱, 盧祥夏, 金三道. 1982. 精米機의 性能에 影響을 주는 精白室 스크린의 設計에 關한 研究. 韓國農業機械學會誌, 7(2), 57~71.
6. 鄭昌柱, 柳寬熙, 朴濟傑, 李成範. 1980. 벼 搗精性能에 影響을 주는 作動要因. 韓國農業機械學會誌, 5(2), 1~14.
7. Bhatia, K. 1969. Effect of Environmental Conditions during Milling on Breakage of Rice Grains. M.A. thesis. Louisiana State Univ., Baton Rouge, Louisiana.
8. Mattews, J. and J.J. Spadaro. 1974. Rice Breakage during Milling. Ppr. presented at 15th Rice Tech. Working Group Meeting March 12~14, Fayetteville, Arkansas.
9. Mattews, J. and J.J. Spadaro. 1975. Rice Breakage during Combine Harvesting. Rice J. 78(7), 59~63.
10. Manalabe, R.E., D.B. de Padua, and E.P. Lozada. 1978. Milling Parameters for Maximum Milling Yields and Quality of Milled Rice. Proc. of the Workshop on Grain Post-Harvest Tech. June 10~12, 1978. Bangkok, Thailand.
11. No, S.H. and C.C. Lee. 1975. Evaluation of Commercially Produced Milling Machinery (Different Type of Hullers and Polishers). Semi-annual Progress Report No. 19, 25~26.
12. "SATAKE" Technical News. No. 15, 20, and 21. SATAKE Engineering Co. Ltd. Tokyo.