

脱穀機の選別性能を測定하는方法의 開發에 關한 研究

Development of Method for Measuring the Grain Separating Performance of Threshers

李 昇 揆* · 鄭 昌 柱**
Sung Kyu Lee · Chang Joo Chung

Summary

This study was intended to develop a method for measuring the grain separating performance of threshers. The grain separating apparatus used for the experiment was designed and constructed, the function of which was to separate pneumatically mature and immature grain, chaff, straw, dust, and other impurities from the products of threshing. The apparatus has five material outlets where grains and impurities are fallen down by separation depending upon the specific gravity of the material while it moves above the outlets. The principle of design was to separate the mixture of mature grain, immature grain and chaff as distinct as possible, and to induce the mature grains onto the first outlet, the immature grains onto the second and the third, and the straw wastes onto the forth and the fifth outlets. The developed apparatus was tested to evaluate its separating performance with two rice varieties (Tongil and Mine-hikari) at different moisture levels and air velocities. The optimum conditions for operating the apparatus were found from experiment.

The results are summarized as follows;

1. The degrees of separation, especially the amount of immature grain contained in the mature paddy, were dependent upon air speed delivered. The optimum air velocities for this apparatus for each levels of grain moisture contents were found from a series of experiments as follows; 14.7-15.3m/sec. for grain of 16 percent moisture content in wet basis, 15.3-16.0 m/sec. for 20 percent, and 16.0-16.4 m/sec for 24 percent.

2. Composition ratios determined based on the brine separating method was fairly well acted upon the developed apparatus, indicating its recollecting

* 서울대학교 大學院 農工學科

** 서울대학교 農科大學

rate of the mature grains as 97.6 to 99.9 percent. The developed separatus acted similarly upon the two rice varieties which had different composition of immature paddy grain. In other words, the separating performance by the apparatus had a good correlation with the one by the brine separating method.

3. As immature grains were separated out unsatisfactory in these experiments than the brine separating method, further investigation may be needed to improve a separating performance of these materials. But the results obtained suggested a possibility of using the tester to replace the current hand separating method, thereby enabling more consistent test results and also eliminating nearly all costly hand separating operations.

I. 緒 論

지금까지 脫穀機나 콤바인 등의 여러가지 試驗이나 檢査過程에서 그 選別性能을 測定하는 方法은 주로 사람의 五感에 의한 分析法에 依存되어 왔다.

그러나 肉眼에 의해 손으로 分析하는 方法은 分析의 精密性이 缺如되기 쉽고 省力化가 어려우며 分析者의 主觀이 介入되므로 해서 分析者에 따라 그 結果가 相異하게 나타나는 點등 여러가지 問題點을 內包하고 있다.

따라서 分析結果에 差異를 가져오는 根本原因이라고 할 수 있는 分析者의 主觀을 排除하고 分析作業을 機械化 할 수 있는 標準화된 分析機의 開發과 이에 따른 標準分析法의 確立이 絶實히 要求되어 왔다. 또한 調製作業後의 벼의 組成을 보다 精密하고 迅速하게 分析할 수 있는 方法의 開發은 脫穀機나 콤바인 뿐만 아니라 精選機, 玄米機, 乾燥機 등의 性能 測定을 위해서도 바람직한 일이며 그 開發의 必要性이 認定되고 있었음에도 불구하고 現在까지 이에 關한 研究는 거의 遂行되지 않았다.

따라서 本 研究의 目的은

1. 脫穀機의 選別性能 測定의 精密성과 能率을 向上시키고 同時에 客觀的인 資料를 얻을 수 있는 穀粒選別裝置를 開發하고

2. 이 裝置를 利用한 脫穀機의 選別性能 分析方法을 確立하기 爲한 것이었다.

II. 文獻概要

脫穀機의 選別性能 測定은 아직까지 그 分析方法이 標準化되어 있지 않은 實情이며 이에 關한 研究는 國內에서는 거의 찾아볼 수가 없고 外國에서도 주로 Country Elevator에 關聯된 研究¹⁾를 除外 하

고는 찾아보기 어렵다.

Reed 등²⁾은 Monitor 를 利用한 脫穀機의 排塵口 損失 測定方法을 發表한바 있으나 이 方法은 一部分의 選別性能만을 測定하기 위한 것이었다.

選別性能 測定을 위하여 採取된 試料를 完全穀粒 未熟粒 및 검불등으로 分離하는데는 여러가지 方法이 利用되어 왔으나 이들 가운데 鹽水選에 의한 選別方法이 比較的 精密한 것으로 看做되어 왔으며³⁾ 또 가장 一般화된 未熟粒選別方法이라고 알려져 있다.

그러나 鹽水方法은 많은 時間과 努力을 要하기 때문에 검불이 많이 섞이게 되고 또 多量의 試料를 選別 處理해야하는 脫穀機나 콤바인의 選別性能 測定에는 適合하지 못하다고 할 수가 있다. 또 落下하는 試料에 水平方向으로 바람을 보내어 選別하는 小型풍구는 바람의 影響 때문에 試料의 落下方向을 一定하게 維持하기가 곤란할 뿐만 아니라 이들의 落下姿勢에 따라 바람을 받는 面積이 달라지기 때문에 反穀物의 飛行距離가 달라지게 되며 따라서 正確한 選別이 어렵게 된다.

특히 落下하는 試料의 量이 많을 境遇에는 더욱 選別이 不正確해지므로 3~4회의 反復處理를 要하게 된다.⁴⁾

또한 벼의 比重은 大略 1.1~1.2程度인데 反해 含水率이 70%程度인 검불의 比重도 또한 1.0程度여서^{5) 6) 7) 8)} 比重의 差異가 僅少한 完全穀立, 未熟粒 및 高水分의 검불을 水平風選方法으로 選別하는데는 여러가지 問題點이 뒤 따르게 된다는 事實이 報告된바 있다.⁹⁾

水平風選方法에 비해 垂直上方으로 透風하여 穀粒을 選別하는 垂直風選方法은 比較的 正確한 選別이 可能한 것으로 알려져 있다.¹⁰⁾

콤바인으로 收穫된 벼의 組成比를 肉眼에 의한 選別方法으로 分析한 結果, 未熟粒이 6.3%, 검불이 3%

程度였으며¹¹⁾ 種子精選機 試驗에 使用된 供試벼를 鹽水選法으로 分析한 結果 未熟粒重量比가 30~43% 程度로서⁸⁾ 鹽水選法은 手選別法에 比해 未熟粒比가 相當히 높은 水準임이 밝혀진바 있다.

各種 穀物選別機의 既存成積을 綜合하면 ① 在來式 풍구는 穀粒의 自由落下가 팔라 風力의 影響圈內에 머무는 時間이 極히 制限되기 때문에 穀粒보다 큰 不純物을 除去하기가 어렵고¹⁰⁾ 試驗結果 1~3% 程度의 完全粒이 2番口에, 未熟粒 20~60% 程度가 1番口에, 10%가 3番口에 落下하며 검불은 1%가 1番口에, 5~6%가 2番口에 混入되었다.¹⁰⁾

② 國際米作研究所에서 開發된 穀物 精選機는 除去되는 검불 및 죽정이가 2~10%, 검불에 섞여나가는 穀粒이 0.8~4.7%, 精選된 穀粒에 섞이는 죽정이가 0~5%였으며,¹⁰⁾ 이 境遇에 未熟粒은 完全穀粒에 包含시켰다.

③ 種子精選機의 選種效率은 45%, 網(screen)의 粒度選別效率은 53% 程度로서²⁾ 鹽水選方法에 依한 값과 큰 差異가 있다.

④ 肉眼에 依한 手選別 分析結果 벼 精選機의 질과 未熟粒 除去率은 68~85%였다.¹¹⁾

⑤ 벼 組選機(Paddy cleaner)는 風力選別方式과 網選別方式을 併用한 것으로서 含水率 24~25% 水準의 벼에 對해서는 充分한 性能을 發揮하지 못했다.¹⁰⁾

⑥ Country Elevator 에 使用된 벼의 精選過程後의 組成比는 完全粒 71.8%, 未熟粒 및 죽정이 13.6%, 검불 2.6%였다.¹¹⁾

Ishihara 등¹¹⁾은 穀物의 氣流속에서의 運動은 選別條件이 一定할 때는 穀物의 重量, 形狀, 表面積 및 穀物自體의 特性에 따라 다르며 水平風選方法에서 風路中의 穀物의 飛行軌蹟과 飛行距離를 理論式으로 表示한 바 있다.

또한 R. Takeuchi 등은 穀物의 選別效率과 風速 사이에는 相關關係가 있으며 肉眼選別に 依한 完全穀粒回收率은 96%以上이 要求된다고 밝힌바 있다.

慣行 風구에서의 水平風速은 穀粒口와 未熟粒口의 境界에서는 8.8m/sec., 排塵口에서는 5.3m/sec.였으며¹¹⁾ 不充實種자의 飛散口에서의 最大風速은 5.85~6.0m/sec. 程度였음이 報告된 바 있다.¹¹⁾

Lapple 과 Shephred 는 垂直風選方法에서의 單粒子 運動速度에 關한 理論式을 誘導한 바 있으며¹⁾ 垂直管에 堆積된 벼는 風速 1.0m/sec에서 流動하기 始作하여 風速이 커짐에 따라 Channeling 과 Slugging 現象을 일으키며 3.5~5.5m/sec. 程度의

風速에서 均一한 分散浮遊를 하게 된다고 發表한 바 있다.²¹⁾ 24) 25) 27)

또 風速이 穀粒의 終速度(Terminal Velocity) 以上이 되면 穀粒은 飛散하게 되는데 A. Sasao 와 S. Endo 는 穀物의 終速度를 空氣와 穀物의 密度, 空氣의 粘度, 穀粒의 等價粒徑, 動加速度 등의 函數로 表示한 理論式을 發表한 바 있고²¹⁾ S. Wumeda 는 벼의 理論終速度가 10.4m/sec임을 밝힌바 있다.²⁴⁾

K. Kawakami 는 垂直風洞內의 中央部와 周邊部의 氣流의 速度에는 相當한 差異가 있으며 牧草의 浮遊速度는 速度勾配가 작은 風洞 中央部에서는 5~6m/sec. 程度이고 速度勾配가 큰 周邊部에서는 8~10m/sec.였고 길이가 짧은 짚은 氣流와 平衡한 姿勢로 回轉하기 쉽고 긴것은 氣流와 直角姿勢로 기울거나 水平方向으로 浮遊하는 傾向이 있으며 짧은 것이 긴 것보다, 浮遊速度가 빠르다고 報告한 바 있으며 또 이들의 浮遊速度에 關한 理論式을 誘導한 바 있다.^{18) 14)}

H. Ezaki 등은 垂直파이프內의 風速이 12m/sec. 일때의 짚의 最大到達높이는 5m程度임을 밝히고 이에 關한 理論式을 發表한 바 있으며¹⁾ 또한 H. Blenk 는 垂直파이프內에서의 穀粒落下에 關한 理論式을 誘導한 바 있다.

III. 實驗裝置 및 方法

1. 實驗裝置

日本 關東東山農事試驗場에서 開發한 小型 風구를 參考로 하여 Fig 1~3과 같은 穀物選別裝置를 試作하였으며 試作機는 穀物의 飛行狀態를 直接肉眼으로 觀察할 수 있도록 하기 위하여 두께 2mm의 透明 아크릴板을 主材料로 하여 製作되었으며 附屬된 送風機는 12in Forward-blade Centrifugal Type 으로 0.75KW 3相 無斷變速모타에 V벨트로 連結하여 回轉數를 調節할 수 있도록 하였다.

또한 送風機 吸入口의 面積을 120×35mm 로 하고 여기에 눈금을 그어 吸入口의 面積을 調節함으로써 風量과 風速을 調節할 수 있도록 하였다.

送風機의 出口에는 2cm 간격으로 5個의 整流板을 設置하여 風速과 風向을 一定하게 維持시킬 수 있도록 하였고 그 아래쪽에 風速計(Anemometer)를 裝置하여 容易하게 風速을 測定할 수 있도록 하였다.

여기에 1,400×120×120mm 크기의 正方形아크릴



Fig. 1. Grain separating apparatus developed.



Fig. 2. Device used for regulating and measuring air velocity

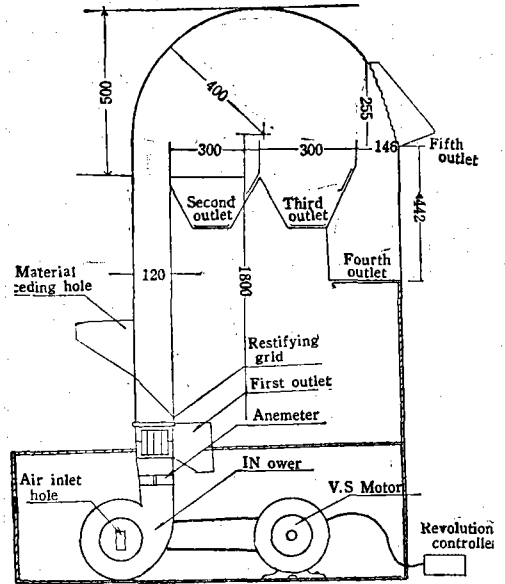


Fig. 3. Schematic diagram of test apparatus(unit;mm)

垂直管을 세우고 다시 直徑이 866mm 인 半圓形 風筒을 連結하여 試料의 水平移動이 可能하도록 하였다.

또 投入口와 1番口(完全穀粒口)사이는 3×3mm網으로 連結하였다.

飛散物은 比重에 따라 落下距離가 다르기 때문에 曲線軌道 아래쪽에 2番口와 3番口(未熟粒口)를 設置하여 飛散物을 分離, 收集할 수 있게 하였으며 曲線軌道 끝 部分에는 10×10mm 網을 附着하여 바람은 이 網을 通하여 機外로 나가게 하였으며 이 網

Table-1. implements used for the experiment

Nomenclature	Range	Minimum reading scale	Remarks
Sampling divider			목재 로제작 하여 사용
Moisture content determinator	10~30% W.b		Kett 전기 저항식
Infra-red moisture balance	0~100g	10mg	
Drying oven	가열 최고 온도 180°C		1,200W
Direct reading balance	0~160g	1mg	
Baume hydrometer			
Stop watch	0~30 min	0.2sec	

에 걸리는 검불은 綱 밑에 設置한 4番口에 떨어지도록 하였다. 또 綱을 通過한 작은 검불이나 먼지를 收集하기 위하여 綱의 機外側에 5番口를 設置하였고 모든 裝置는 모타의 振動으로 인한 影響을 最少로 줄이기 위하여 튼튼한 木材들에 固定하였다.

實驗에 使用된 測定器具의 種類와 諸元은 Table 1과 같다.

2. 實驗方法

穀粒選別에 影響을 미치는 要因 가운데 重要的 것으로서는 穀物間의 比重差異를 가져오는 直接的인 要因이 되는 品種을 비롯해서 含水率, 風速등을 들 수가 있는데 本 實驗에서는 品種, 含水率, 및 風速을 變數로 設定하였으며 各 變數들의 水準은 Table 2

Table-2. Expeimetal design for testing grain separating apparatus*

Test No.	Tong-il Variety		Minehikari Variety		
	Moisture content (% w.b.)	Air velocity (m/sec)	Test No.	Moisturo content (% w.b.)	Air velocity (m/sec)
T-16-1	16.1	13.3	M-16-1	16.1	13.3
T-16-2	"	14.0	M-16-2	"	14.0
T-16-3	"	14.7	M-16-3	"	14.7
T-16-4	"	15.3	M-16-4	"	15.3
T-20-1	19.8	14.0	M-20-1	19.7	14.0
T-20-2	"	14.7	M-20-2	"	14.7
T-20-3	"	15.3	M-20-3	"	15.3
T-20-4	"	16.0	M-20-4	"	16.0
T-24-1	23.7	14.7	M-24-1	23.6	14.7
T-24-2	"	15.3	M-24-2	"	15.3
T-24-3	"	16.0	M-24-3	"	16.0
T-24-4	"	16.7	M-24-4	"	16.7

* 2 Replication

에 表示된 것과 같다. 供試벼의 玄米 1000粒重을 測定한 結果 統一品種은 23.0g, 미네히카리 品種은 21.9g 였고 등숙비는 各各 70.6%, 87.9% 로서 統一品種은 出穗後 50日, 미네히카리 品種은 出穗後 46日 頃에 圃場에서 낫으로 刈取한 直後, 投入後 脫穀機를 使用하여 速風選別하지 않고 脫穀하여 受綱 밑에 落下한 脫穀物을 收集한 다음 天日乾燥하여 設計水準의 含水率에 이르면 苦 0.8kg의 試料를 任意 抽出하여 Fig 4에서 볼 수 있는 바와같은 試料均分器를 使用하여 試料를 均分한 다음 實驗의 試料로서 使用하였다.

送風機의 回轉數와 吸入口의 크기를 調節하여 風速 및 風量을 設計水準으로 維持한 後, 投入口의 門을 1cm 程度 열여 投入部의 傾斜에 依해 試料가 垂直管內로 들어 갈 수 있도록 하여 投入完了後 바로 投入口를 닫고 若 15秒 동안 選別作業을 進行한 後 送風을 停止시켰다.

그뒤에 各 選別口에 集積된 試料를 採取하여 統一品種의 境遇는 比重 1.0, 미네히카리 品種의 境遇

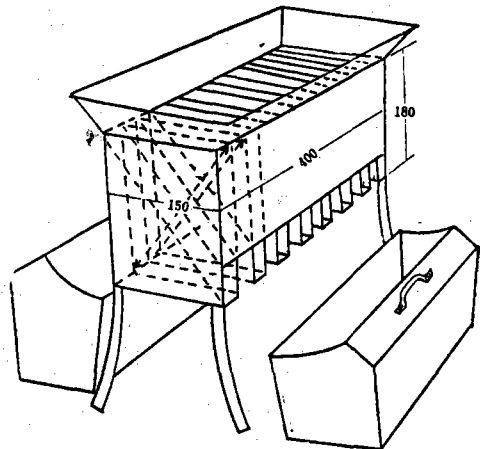
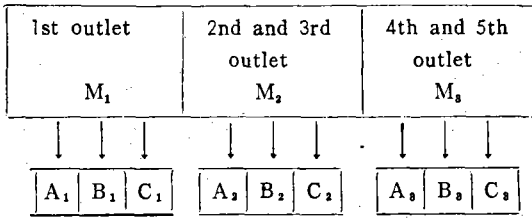


Fig. 4. Schematic drawing of sampling divider (unit; mn)

는 比重 1.06인 소금물에 넣고 잘 攪拌한 後 浮遊物만을 Scoop Net로 收集한 後 이를 다시 肉眼에 依해서 未熟粒과 검불로 區分하였으며 沈下物은 完

全粒으로 看做하고 이들을 室内에서 24時間동안 乾
乾시킨 後 各各의 重量을 測定하였다.
모든 處理는 各各 2 反復處理하였으며 以上에서

言及한 實驗過程을 要約하여 Flow Chart로 表示한
것이 Fig 5이다.



Total weight of treshed materials

A: rough rice
B: immature grain
C: straw waste

Outlet	Item	Weight	Definition of various separating efficiencied. (%)
1st outlet	rough rice	A ₁	$\eta_{A1} = (A_1/A) \times 100$
	immature grain	B ₁	$\eta_{B1} = (B_1/B) \times 100$
	straw waste	C ₁	$\eta_{C1} = (C_1/C) \times 100$
2nd & 3rd outlet	rough rice	A ₂	$\eta_{A2} = (A_2/A) \times 100$
	immature grain	B ₂	$\eta_{B2} = (B_2/B) \times 100$
	straw waste	C ₂	$\eta_{C2} = (C_2/C) \times 100$
4th & 5th outlet	rough rice	A ₃	$\eta_{A3} = (A_3/A) \times 100$
	immature grain	B ₃	$\eta_{B3} = (B_3/B) \times 100$
	straw waste	C ₃	$\eta_{C3} = (C_3/C) \times 100$

$$M = A + B + C = M_1 + M_2 + M_3$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3, B = B_1 + B_2 + B_3, C = C_1 + C_2 + C_3$$

Fig. 5. Methods of sampling and definition of separating efficiencies.

IV. 實驗結果 및 考察

脫穀機의 選別性能을 測定하기 위한 穀粒 選別 裝置를 試作하고 이의 性能을 檢討하고 分析方法을 開發하기 위해 實施된 實驗의 結果는 그림 6~9, Table 3 및 Table 4와 같다.

Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 統一品種은 미네히카리品種에 比하여 훨씬 많은 未熟粒과 검불을 包含하고 있었다.

即 統一品種의 境遇 未熟粒과 검불의 組成比는 各各 14.7%, 5.7% 였음에 比하여 미네히카리品種의 境遇는 各各 3.8% 및 4.0% 程度였다.

그러나 이와같이 組成비가 다른 試料를 使用하여 選別 實驗을 實施한 結果 Table 4에서 알 수 있는 바와 같이 品種과 組成比에 따른 選別 性能上的 差異는 아주 僅少하게 나타났으며 따라서 本 選別 裝置는 組成比의 差異가 큰 試料를 分析해야 하는 脫穀機의 選別性能 測定에 效果的으로 利用될 수 있음을 알 수 있었다.

穀粒 選別 裝置의 選別 性能을 表示하는에는 여러가지 基準이 있을 수 있겠으나 一般화된 몇가지를 使用하여 分析한 結果는 Table 4와 같으며 여기에 表示된 記號와 用語는 다음과 같다.

- i) 完全粒 回收率: $\eta_{A1} = \frac{A_1}{A} \times 100(\%)$
- ii) 未熟粒 回收率: $\eta_{B2} = \frac{B_2}{B} \times 100(\%)$
- iii) 未熟粒 殘存率: $\eta_{B1} = \frac{B_1}{B} \times 100(\%)$
- iv) 검불 回收率: $\eta_{C3} = \frac{C_3}{C} \times 100(\%)$
- v) Newton의 分給効率: $\eta_N = \eta_{A1} - \eta_{B1}(\%)$
- vi) 目的性 分舍率: $\zeta_0 = \frac{A_1}{M_1} \times 100(\%)$
- vii) 未熟粒 및 검불 處理率: $\eta_{BC} = \left\{ 1 - \frac{M(B_1 + C_1)}{M_1(B + C)} \right\} \times 100(\%)$

試作한 穀粒選別裝置의 性能實驗 結果를 위의 各基準에 따라 考察해 보면 完全粒 回收率은 모든 處理를 通해 97.6~99.9% 程度로서 至極히 優秀한 性能을 보이고 있었으며 風速에 따라 大體的으로 直線的인 變化를 보였다.

Table-3. Composition of feed materials, (%) by weight.

Test No.	(A) Rough rice	(B) Immature grain	(C) Straw waste
T16-1	78.39	15.52	6.09
T16-2	78.84	15.21	5.95
T16-3	79.59	14.44	5.97
T16-4	79.07	14.81	6.12
T20-1	79.29	14.56	6.15
T20-2	78.99	15.05	5.96
T20-3	80.92	14.30	4.78
T20-4	80.95	13.96	5.09
T24-1	79.58	14.21	6.21
T24-2	79.40	15.28	5.32
T24-3	80.20	14.67	5.13
T24-4	79.55	14.29	6.16
M16-1	91.96	3.86	4.18
M16-2	92.45	3.65	3.90
M16-3	92.35	3.90	3.75
M16-4	92.04	3.75	4.21
M20-1	91.63	4.00	4.37
M20-2	92.33	3.79	3.88
M20-3	92.20	3.66	4.14
M20-4	91.85	3.88	4.27
M24-1	92.17	3.76	4.07
M24-2	92.27	3.71	4.02
M24-3	92.69	3.58	3.73
M24-4	92.33	3.84	3.83

未熟粒 回收率은 모든 處理를 通해 23.5~77.3% 程度로서 風速의 變化에 따라 變化幅이 相當히 컸으며 이것은 未熟粒이 바람의 狀態에 가장 敏感하기 때문인 것으로 判斷되었다. 이와같은 事實에서 볼때 未熟粒 回收率을 選別性能의 良否를 가능하는 基準으로 選定한 것은 어느 程度 妥當하다고 認定되어 진다.

實驗結果 η_B 는 모든 處理에서 全部 0%이었으므로 未熟粒 殘存率과 未熟粒回收率은 서로 相對的인 關係임을 알 수가 있으며 η_A 도 亦是 모든 處理를 通해 0%이었으므로 完全粒의 殘存率과 回收率도 未熟粒의 境遇와 같은 關係에 있음을 알 수 있다. 따라서 未熟粒 殘存率(η_B)과 完全粒 殘存率(η_A)을 風速別로 分料한 結果를 Table 5에 表示하였으며 이들 回歸方程式들로 表示되는 回歸直線들을 그림

6~9에 表示하였다.

이들 그림을 보면 η_A 와 η_B 이 氣流속 選別性能은 良好해짐을 알 수 있으며 η_B 이 50%以下가 되는 風速에서 부터는 η_A 가 1%以下로 減少되기 때문에 未熟粒 回收率을 70%以上으로 增加시키기 위해 風速을 빠르게 할수록 完全粒 殘存率은 2%以上으로 增加하였다.

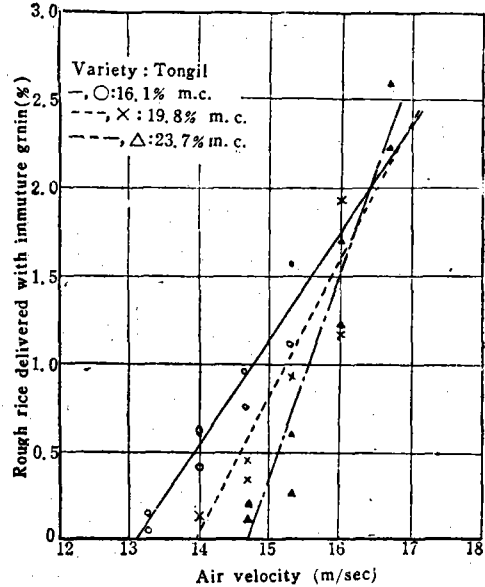


Fig. 6. Mature paddy grain collected in the immature grain outlet (η_A)

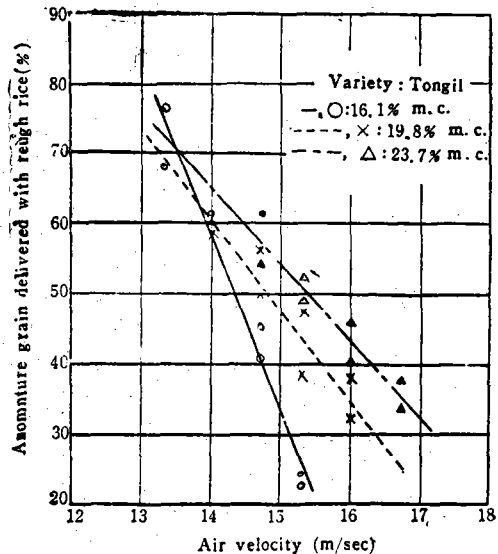


Fig. 7. Immature grain collected in the mature grain outlet (η_B)

Table-4. Compositions of grains after separation test, percentage by weight and various separating efficiency.

Test No.	1st Out-let			2nd & 3rd Out-let			4th & 5th Out-let			Newtons separating efficiency (η_N)	Mature grain in 1st out-let of the input (ζ_0)	Impurities removing efficiency (ζ_{BC})
	Rough rice (η_{A_1})	Immature grain (η_{B_1})	Straw waste (η_{C_1})	Rough rice (η_{A_2})	Immature grain (η_{B_2})	Straw waste (η_{C_2})	Rough rice (η_{A_3})	Immature grain (η_{B_3})	Straw waste (η_{C_3})			
T16-1	99.91	72.42	0.82	0.09	27.58	1.64	0	0	97.54	27.49	87.40	41.69
T16-2	99.49	60.32	0.17	0.51	39.68	0.50	"	"	99.33	39.17	89.51	50.49
T16-3	99.15	43.50	0.17	0.85	56.47	0.50	"	"	99.33	55.62	92.61	63.79
T16-4	98.66	23.84	0.00	1.34	76.16	1.31	"	"	98.69	74.82	95.67	79.31
T20-1	99.92	59.64	0.65	0.08	40.36	2.28	"	"	97.07	40.28	90.08	52.10
T20-2	99.59	53.62	0.34	0.41	46.38	4.19	"	"	95.47	45.97	90.68	55.64
T20-3	98.88	42.23	0.00	1.12	57.97	4.39	"	"	95.61	56.85	93.01	63.36
T20-4	98.43	35.39	0.00	1.57	69.61	1.96	"	"	98.04	63.04	94.16	69.34
T24-1	97.84	58.41	0.64	0.16	41.59	1.29	"	"	98.07	41.43	90.50	53.48
T24-2	99.56	50.95	0.75	0.44	49.05	1.88	"	"	97.37	48.61	90.99	56.26
T24-3	98.53	43.08	0.58	1.47	56.92	4.68	"	"	94.74	55.45	92.56	62.42
T24-4	97.59	35.90	0.00	2.41	64.10	1.46	"	"	98.54	61.69	93.80	69.68
M16-1	99.97	72.28	0.24	0.03	27.72	8.37	"	"	91.39	27.69	97.04	63.18
M16-2	99.99	65.03	0.26	0.01	34.97	3.59	"	"	96.15	34.96	97.48	66.62
M16-3	97.53	52.17	0.00	0.47	47.83	1.33	"	"	98.67	47.36	97.83	71.63
M16-4	98.94	23.94	0.00	1.06	76.06	1.19	"	"	98.81	75.00	99.02	87.69
M20-1	99.90	76.50	1.14	0.10	23.50	3.89	"	"	94.97	23.40	96.71	60.69
M20-2	99.69	60.53	0.00	0.31	39.47	4.12	"	"	95.88	39.16	97.56	68.19
M20-3	99.28	41.96	0.00	0.72	58.04	3.62	"	"	96.38	57.32	98.35	78.85
M20-4	98.80	22.68	0.00	1.20	77.32	6.56	"	"	93.44	76.12	99.04	88.22
M24-1	99.82	63.83	0.49	0.18	36.17	4.67	"	"	94.84	35.99	97.44	67.56
M24-2	99.61	51.75	0.25	0.39	48.25	5.22	"	"	94.53	47.86	97.94	73.35
M24-3	98.87	36.31	0.00	1.13	63.69	1.34	"	"	98.66	62.56	98.60	80.85
M24-4	97.94	22.86	0.00	2.06	77.14	1.04	"	"	98.96	75.08	99.04	87.48

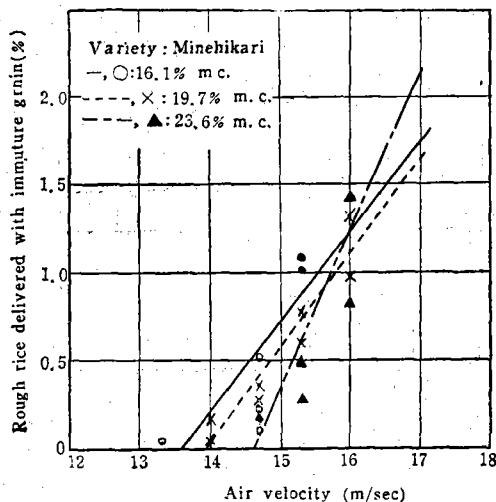


Fig. 8. Mature paddy grain collected in the immature grain outlet (η_{A_2})

따라서 完全粒 回收率과 未熟粒 回收率中 어느 한 쪽에 風速選擇의 基準을 두느냐에 따라 風速은 크게 달라지게 된다. 또 검분은 그 길이에 따라 飛行距離에 큰 差異가 있기 때문에 風速變化에 따른 大體的인 傾向만을 알 수 있었으나 검분回收率은 91.4~99.3%程度였다. 따라서 檢분回收率을 좀 더 높이기 위해서는 미리 綱등을 使用해서 큰 檢분을 除去한 試料를 選別裝置에 投入해야 할 것으로 判斷되었다.

Newton의 分給效率를 보면 이 값은 未熟粒回收率과 近似한 값으로 나타나 있는데 이것은 η_{A_3} 와 η_{B_3} 가 모두 0%이었기 때문임을 알 수가 있다. 또 主로 穀物精選機의 性能 判別을 위한 基準으로 採擇되고 있는 穀粒口의 穀粒中 回的性 含有率은 實驗分析結果 風速이 增加함에 따라 直線的으로 增加함을 알 수 있었다. 未熟粒 및 檢분處理率은 41.7~

Table-5. Summary of linear regression analysis.

Variety	Moisture Content (% w. b)	Item	Equation of regression line	t value
Tong-il	16.1	ηA_2	$\eta = -8.040 + 0.6100x$	7.7510 η
		ηB_1	$\eta = 395.2490 - 24.0923x$	13.2660 η
	19.8	ηA_2	$\eta = -11.0155 + 0.7872x$	6.0694 η
		ηB_1	$\eta = 237.6845 - 12.6503x$	6.7754 η
Minehikari	16.1	ηA_2	$\eta = -6.8831 + 0.5058x$	4.6904 η
		ηB_1	$\eta = 388.27 - 23.3700x$	6.7011 η
	19.7	ηA_2	$\eta = -7.5007 + 0.5378x$	7.6829 η
		ηB_1	$\eta = 459.3880 - 27.2652x$	1.1914 N.S
	23.6	ηA_2	$\eta = -13.2304 + 0.9021x$	4.6717 η
		ηB_1	$\eta = 366.5828 - 20.5997x$	11.5463 η

☆ $\eta = b + b_0x$, where $\eta = \eta A_2$ or ηB_1
 $x =$ air velocity (m/sec)

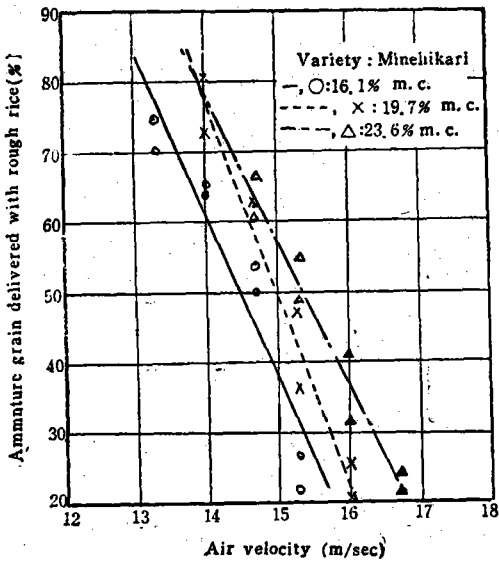


Fig. 9. Immature grain collected in the mature grain outlet (ηB_1)

88.2%程度였으며 이것 亦是 風速에 比例하여 增加 하였다.

本 研究에서는 以上과 같은 各種 選別性能 判別 基準에 다른 實驗成績 및 穀物 選別機에 關한 既存 成績을 綜合 分析하여 含水率別로 各種 選別 效率

의 許容範圍를 設定하고 그 範圍內에서의 適正 風速을 決定하여 Table 6에 表示하였으며 이때 未熟粒 回收率(ηB_1)과 Newton의 分給效率(ηN)의 許容範圍를 50%로 하여 適正 風速을 決定한 것은 本 實驗結果가 穀物選別裝置와는 未熟粒 區分에 原理的으로 큰 差異를 갖는 鹽水選法에 依해 分析되었기 때문이다.

따라서 本 裝置의 風速을 適正 風速보다 빠르게 하여 穀物을 一次 選別한 後 2, 3, 4番口의 集積物 단을 收集하여 再選別하면 鹽水選과 비슷한 程度까지 未熟粒을 選別 할 수 있을 것으로 判斷되므로 이에 關한 實驗이 要望된다.

그러나 脫穀機의 選別性能測定에서는 完全粒의 區分에 그다지 精密을 要하지 않고 肉眼에 依해 區分되고 있는 現實情에서 볼때 本試作機의 選別性能은 至極히 優秀한 것이라고 判斷되며 脫穀機 選別性能 測定の 省力化와 合理化에 크게 이바지 할 수 있을

Table-6. Optimum air Velocity for grain Separating apparatus.

Grain condition	Optimum air velocity(m/sec)	Limitation
16% M.C	14.7~15.3	ηA_1 :98%, ηB_2 :50%
20% M.C	15.3~16.0	ηN :50%, η_0 :92%
24% M.C	16.0~16.4	ηB_3 :60%

것으로 되어진다.

V. 結 論

脫穀機의 選別性能을 効率的으로 測定하기 위해 風速에 依해 脫穀物을 選別 할 수 있는 穀粒選別裝置를 設計, 製作하여 이를 穀物의 含水率과 組成比가 다른 두가지의 벼 品種에 適用하여 風速別로 選別性能을 實驗하여 鹽水選方法을 通해 分析, 檢討하고 그 効果的인 利用方法을 考察한 結果 다음과 같은 結論을 얻을 수가 있었다.

1. 本 選別裝置의 選別性能은 風速의 影響을 가장 크게 받으며 穀物에 含水率과도 깊은 關係가 있음을 알 수가 있었으며 穀物의 含水量에 따른 本試驗機의 適正 風速을 求한 結果, 含水率 16%程度의 벼에 있어서는 14.7~15.3m/sec., 20%의 벼에 있어서는 15.3~16.0m/sec., 24%의 벼에 있어서는

16.0~16.4m/sec.程度였다.

2. 同一 試料에 對하여 鹽水選에 依한 選別結果와 本 試驗機에 依한 選別結果를 比較해 본 結果 品種이 다르고 組成比의 差異가 큰 試料에 있어서도 完全粒의 回收率은 97.6~99.9% 程度로서 鹽水選에 依한 結果와 거의 類似한 結果를 보여 주었다.

3. 本 試驗機에 依한 未熟粒의 選別結果는 鹽水選에 依한 選別結果와 相異하므로 鹽水選方法의 代用으로 使用하기 위해서는 別道의 研究가 要望됨을 알 수가 있었다. 그러나 現代 實施되고 있는 肉眼에 依한 選別方法과 比較하여 볼때 本 穀粒選別裝置는 客觀性 있는 選別結果를 얻을 수 있고 省力效果도 아울러 거둘 수 있기 때문에 脫穀機의 選別性能 測定에 有用하게 利用될 수 있을 것으로 判斷되었다.

인 용 문 헌

- Burmistrova, M.F., et al. 1963. Physicomechanical properties of agricultural crops. Israel program for Scientific Translations Jerusalem USDC. P. 3~66.
- 江崎春雄, 外 3人, 1961. 飼料さい斷機(カンタ)의 運轉性能에 關する研究, 關東東山農業試驗場 所究報告 第18號, P. 198~250
- 한성금, 외 2인, 1967. 종자정전기의 선별성능 시험, 농촌진흥청.
- Henderson, S. M. and R. L. Perry. 1966. Agricultural process engineering. Univ. of California. P. 154~228.
- 細川明, 1969. 雜物混入穀粒と乾燥調製機との關係, 田植機と收穫機의 諸問題, 日本農業機械學會 P. 40~44.
- 吉田富徳. 1972. 3. Dockage Tester의 適應試驗. 日本農業機械學會誌, Vol. 33, No. 4. P. 385~393.
- 今間金雄, 1969. 自脫コンバイン의 脫穀部에 關する問題點, 田植機と收穫機의 諸問題, 日本農業機械學會. P. 48~49.
- 入江道男, 外 2人, 1969. 粃精選機의 處理性能向上에 關する研究. 水稻의 收穫機械化에 關する研究. 日本農業機械化研究所 P. 104~110.
- , 外 2人, 1971. 粃精選機의 性能向上에 關する研究, 日本農業機械化研究所.
- IRRI. 1969, 1970, 1971. Agricultural Engineering. The International Rice Research Institute Annual Report.
- 石原昂, 寺田優. 1972. 自脫コンバイン의 生脫穀에 關する研究. 鳥取大學 農學部研究報告 第24卷. P. 33~44.
- 岩尾俊男, 出邊一. 1973. 9. 流動屬における粒子의 物理特性가 ふるい 分け에 對하오 影響, 日本農業機械學會誌. Vol. 35, No. 2, P. 192~199.
- 川上克己, 1973. 6. 細斷牧草의 空氣抵抗에 對하여 第2報, 單一 異斷牧草의 浮遊速度와 舉動, 日本農業機械學會誌, Vol. 35, No. 1, P. 75~79.
- 川上克己, 野村喬. 1972. 9. 細斷牧草의 空氣抵抗에 對하여 (第1報). 單一 細斷牧草의 抗力係數, 日本農業機械學會誌. Vol. 34, No. 2, P. 175~180.
- 森野一高. 1969. 乾草乾調製貯藏施設. 農業施設學. 朝倉書店. P. 4~35.
- 日本農業機械學會. 1970. 農業機械 핸드ブック, コロナ社
- 농촌진흥청, 1965. 풍구, 위탁시험 및 검사보고 (농기구편제 3집). P. 306~307.
- 日本農林省振興局, 1958. 自動脫こく機 檢査或續書.
- 狩野秀男, 1950. 穀物調製의 機械化. 新農林社.

- P. 9~49.
20. Reed, W.B., et al. 1969. Combine harvester grain loss monitor. *Agricultural Engineering*. Vol. 50, No. 9, P. 534~528.
 21. 笹尾彰, 遠藤俊三. 1972. 6. 穀類流動層の流動化條件について. *日本農業機械學會誌*. Vol. 34, No. 1, P. 51~56.
 22. 竹内勇三, 外 3人. 1973. 送風選別風路の形狀に關する研究. *日本農業機械學會誌*. Vol. 35, No. 3, P. 288~292.
 23. Uichanco, V. A. and R. M. Lantin. 1973. Determination of optimum design parameters of rotary screen cleaners using dimensional analysis. *The Philippines Agriculturist*. 36 (9&10), P. 291.
 24. 梅田重夫, 1970. 穀粒の流動化處理法に關する研究(第1報) *日本農業機械學會誌*. Vol. 32, No. 2, P. 135~139.
 25. 梅田重夫, 湧川博. 1971. 12. 穀粒の流動化處理法に關する研究(第2報). *日本農業機械學會誌*. Vol. 33, No. 3, P. 269~273.
 26. Wimberly, James. 1972. Review of storage and processing of rice in Asia. *IRRI Paper No. 72~01*.
 27. 山口信吉, 若林嘉一郎. 1972. 3. もみの噴流層における壓損と空流量, *日本農業機械學會誌*. Vol. 33, No. 4, P. 361~368.