

脱穀機の 扱胴 速度가 搗精 損失에 미치는 影響

Effect of Thresher Drum-Speed on the Quality of the Milled Rice

鄭 昌 柱* · 高 學 均* · 李 鍾 瑚** · 姜 和 錫***
Chung, Chang Joo · Koh, Hak Kyun · Lee, Chong Ho · Kang, Hwa Seug

Summary

It is understood that drum speed of threshers and the moisture content of paddy grains to be threshed, respectively, have a significant effect upon rice recoveries. Threshing under an increased drum speed would give a high performance rate, which is the general practice in custom work threshing in association with the use of semiauto-threshers. In the connection, however, it may result in the promotion of grain cracks and brokens of the rice product after milling. No reference or determination for an optimum drum speed of the thresher is made available for various grain moisture contents at the time of the threshing operation and for different rice varieties especially for the Tongil rice varieties.

This study was conducted to find out and determine effects of the drum speeds on grain losses. The grain loss was quantified in terms of recovery rates of rice grains after treatments. Samples of each of all treatments were taken from the grain sampling plate placed in the grain conveyor of threshers. The grain sample plate was specially provided for this experiment. The brown-rice, milling, and head-rice recoveries were tested in the laboratory mill, respectively.

Two rice varieties, Akibare and Suweon 251, each with five levels of different moisture contents at harvest and six levels of different drum speeds of threshers, were selected and used for treatments in this experiment.

Two conditions of materials were tested in the thresher. One condition was to thresh the experimental material immediately after cutting, referred to as the wet-material threshing in this study. The other was to thresh the experimental material, dried to contain about 15-16 percent of the grain moisture under the shocking operation. This is referred to as the dry-material threshing in this study.

In addition, field measurements for the grain moistures and drum-speeds under actual operation practices of the traditional field threshing, were conducted with a view to

*서울대 農大 農工科
**全北大 農大 農工科
***江源大 農大 農工科

comparing with results of the experimental treatments.

The results of the study may be summarized as follows:

1. For threshing treatments of Japonica-type rice variety(Akibare), the effect of drum speeds and levels of grain moisture at cutting upon brown-rice, milling, and head-rice recoveries were found statistically significant. No significant difference in these recovery rates was noticed regardless of whether the material was threshed right after cutting or after drying by the shocking operation.

2. For the Tongil-sister rice variety(Suweon 251), milling recovery for the varied drum-speed and the grain-moisture level at cutting was found statistically significant. The milling recovery was much significant when associated with the wet-material threshing compared to the dry-material threshing.

3. The optimum peripheral velocity to be maintained at the edge of teeth on the thresher drum was determined and may be recommended as that of about 12 to 13 meters per second in view of the maximum recovery rate of the milled rice.

4. The effect of the drum speed on the qualitative loss of the milled rice was much greater in the case of the Tongil variety than Japonica. This effect was also greater by the wet-material threshing than by the dry-material threshing. Therefore, to apply the wet-material threshing operation for the Tongil variety, in particular, it should be very important to introduce the kind of threshing technology which would maintain the drum speed at optimum.

5. A field survey for the actual drum speed of threshing operations for 50 threshers indicated that average peripheral velocity was 12.76m/sec., and that the range was from 10.50 to 14.90m/sec. Approximately, more than 30% of the experimented and measured threshers were being operated at speeds which exceeded the optimum speed determined and assessed in this study. Accordingly, it should be highly desirable and important to take counter-measures against these threshing practices of operational overspeed.

1. 序 言

1960年代까지 우리나라 農村에서 脫穀作業을 遂行하는에는 主로 足踏式脫穀機가 利用되었다. 그러나 1960年代以後 動力耕耘機, 電動機, 小型農用엔진등과 같은 農業動力源의 普及率이 높아짐에 따라 大部分의 脫穀作業은 半自動脫穀機 및 全自動脫穀機를 主軸으로 하여 動力化되었다.

動力耕耘機를 비롯한 農用原動機 所有家들은 이들 動力脫穀機를 具備하여 自家脫穀作業以外에 賃作業에 轉用하고 있다. 賃作業의 경우에는 賃作業料金は 大概의 경우 現金보다는 脫穀作業產出量을 基礎로 하여 物量으로 決裁되기 때문에 脫穀作業能率을 높이기 위하여 穀物の 質的 損失은 勘案하지 않은

채 比較的 높은 拔洞回轉數로 脫穀作業을 遂行하고 있는 것으로 알려져 있다.

脫穀作業이란 物理的인 힘을 加하여 莖稈으로 부터 脫實을 脫離시키는 作業을 말하며 脫離作業時에 無理한 힘을 加하게 되면 脫實은 脫稈, 開穎, 龜裂 등과 같은 外形의인 損傷과 胴割등과 같은 內的인 損傷을 입게 된다.

損傷을 입은 脫實은 乾燥, 調製課程을 거치는 동안에 大部分이 砂碎되어 穀物損失의 直接的인 原因이 된다.

우리나라에서 使用되고 있는 大部分의 脫穀機는 日本에서 開發된 것을 複製 또는 模倣한 것으로서 根本的으로 日本型 벼品種에 適合하도록 設計되어 있기 때문에 近年에 擴大栽培되고 있는 統一系品種의 脫穀作業에 이들 脫穀機를 利用하기 위해서는 技

術的인 檢討가 必要한 것으로 알려져 왔다. 特히 統一系統의 벼는 在來의 日本型 品種과 外型 및 物理的인 量들이 相異한 것으로 알려져 있는 點과 比較的인 脫粒이 容易하기 때문에 取扱課程에서의 粒脫損失을 減少시키기 위하여 從來의 乾材脫穀 方式보다는 刈取後 곧바로 脫穀하는 生脫穀方式이 擴大普及되고 있는 點을 考慮할때 穀物의 量的, 質的 損失을 減少시키기 위해서는 이와같은 適의對象 또는 適的技術의 變化에 對應하기 위한 技術的인 檢討가 要請되어 왔다.

또한 脫穀作業中에 입게되는 穀物損傷程度는 玄米, 精白作業을 遂行하지 않고서는 識別할 수 없기 때문에 現在와 같이 內在한 穀物損失 내지는 品位低下要因을 度外視한채 外形的인 條件만으로 收買糧穀의 等級을 判定하는 데는 若干의 問題가 內包되어 있는바 穀物損失을 排除하기 위한 根源的인 方法으로서 脫穀機의 開發내지는 脫穀作業技術의 開發이 先行되어야 할 것으로 判斷된다.

따라서 本研究에서는 玄米收率, 搗精收率 및 完全米收率을 基準으로 하여 脫穀機의 拔洞速度와 脫穀時의 穀物含水率이 穀物收率에 미치는 影響을 究明하므로써 脫穀機의 適正作動條件을 規定하고자 하였다. 아울러 乾脫穀體系를 中心으로 한 慣行脫穀에 關한 技術的인 資料를 調査分析하여 現行脫穀作業에 關한 情報를 얻고자 하였다.

2. 文獻概要

脫穀作業中 穀粒에 內的, 外的損傷을 주는 機械的인 要因은 여러가지가 있을 수 있으나 可變的인 要因으로서 拔洞速度를 들 수가 있다. 脫穀作業時 穀粒을 莖稈으로부터 脫離시키고 脫離된 穀粒에 所定の 飛散에너지를 傳達하기 위해 投空內의 穀粒을 拔齒로 打擊하게 되는데 穀粒은 이때의 打擊力의 程度에 따라 損傷을 입게 된다. 齒先의 周速度가 빠르면 빠를수록 損傷粒은 增加하게 되나 反面 너무 느리게 되면 風選에 의한 選別機能이 劣化되기 때문에 適正拔洞速度는 매우 重要한 意味를 갖는다^(3,5,7,8,10). 또한 脫穀時의 穀物含水率은 脫穀損傷, 脫穀所要馬力 및 脫粒値와 깊은 關係가 있다는 事實이 報告되어 있다^(4,6,8,10).

우리나라의 경우 水稻의 乾脫穀을 위한 適正拔洞回轉數는 大略 450~550rpm程度라고 알려져 있으나 이와같은 基準은 拔洞의 크기, 拔齒의 높이에 따라

齒先의 周速度가 各各 달라질 수 있기 때문에 適正齒先速度를 正確히 把握하기는 어려운 實情이다.

金等(1971)⁽⁸⁾은 實驗結果 拔洞의 回轉數가 빠르면 빠를 수록 洞割米 및 雪米重이 增大하고 脫穀時의 穀物含水率이 높을 수록 比重이 增加하였음을 밝힌 바 있으며 또한 統一벼 品種에 있어서는 收穫適期로 判明된 19.5%의 穀物含水率에서 生脫穀할 경우, 脫穀機의 適正回轉數는 450rpm이며 八金品種의 경우는 穀物含水率 22.9%에서의 脫穀機의 適正回轉數는 500rpm이라고 報告한바 있으나 供試된 脫穀機의 拔洞徑 및 拔齒의 높이등이 明示되어 있지 않기 때문에 齒先周速度概念에서 適正回轉數를 把握하기가 어려우며 단지 統一品種의 경우가 日本型品種의 경우보다 拔洞의 適正回轉數가 若干하다는 事實만을 把握할 수 있다.

日本型品種의 乾脫穀을 위한 適正齒先周速度는 13~16m/sec.程度이며⁽⁹⁾ 印度型品種의 경우는 2.50ft/min(10.92m/sec.)임이 밝혀져 있으나⁽²⁾ 이들 品種들과 物理的인 形質이 相異한 것으로 看做되고 있는 우리나라의 統一素品種에 對한 適正齒先周速度에 關한 明確한 情報는 찾아보기가 어렵다.

山下(1965)⁽¹⁶⁾는 衝擊速度와 벼의 損傷程度와의 關係를 알아보기 위한 實驗結果 衝擊速度가 20.83 m/sec. 以上이 되면 벼의 損傷은 急增하며 洞割發生率은 衝擊速度가 增加함에 따라 比較的 緩慢한 趨勢로 增加한다고 밝히고 衝擊速度와 損傷率과의 關係를 指數函數로 表示한바 있다. 또한 山下(1965)는 벼의 損傷率은 衝擊速度에 따라 高度의 有意성을 보인 反面, 穀物含水率에 따라서는 有意差가 認定되지 않았으며 洞割率은 衝擊速度에 따라서는 有意性, 含水率에 따라서는 高度의 有意성이 認定되었다고 밝힌바 있다.

垂井等(1966)⁽¹⁸⁾은 同一한 穀物含水率(21.5%)에서 立毛中の 脫釋 및 開穎, 龜裂極 등과 같은 異常粒의 發生率이 不過 2.3%였는데 비해 齒先의 周速度가 各各 17m/sec., 19.3m/sec., 및 23.3m/sec.인 콤바인 脫穀部 通過後의 脫釋 및 異常粒의 發生率은 各各 11.5%, 22.6% 및 30.4%였다고 報告한바 있다.

또한 Delong과 Schwantes(1942)⁽²⁰⁾은 보리의 경우 齒先의 周速度가 6000ft/min. 以上이 되면 損傷粒이 增加하며 500~6000ft/min. 範圍가 보리 脫穀을 위한 適正周速度라고 밝힌바 있다.

Singh等(1977)⁽⁸⁾은 Navy Bean에 關한 實驗結果

다음과 같이 損失穀粒發生率을 周速度 및 穀物含水率에 關한 指數函數로 表示한바 있다. 即

$$D = \text{Exp}(b_0 + b_1 S + b_2 M)$$

여기서 D=損傷穀粒百分率(%)

S=穀粒含水率(%, w.b.)

M=齒先의 周速度(m/sec.)

b_0, b_1 및 b_2 =常數

또한 R.E. Arnold等⁽¹⁰⁾은 小麥에 對한 實驗結果 穀物含水率 16~32% 範圍內에서 小麥의 損傷率, 含水率 및 脫穀機의 齒先周速度 사이에 다음과 같은 關係가 있다고 紹介한바 있다.

$$D_g = 0.283 V_c - 0.26992 W_g + 1.145$$

여기서

D_g =小麥의 損傷率(%)

V_c =脫穀機拔齒의 周速度(m/sec.)

W_g =穀粒의 含水率(%)

拔胴의 周速度는, 拔胴의 直徑을 D, 拔齒의 높이를 Ht라고 할 때, 有效徑($D + \frac{1}{2}Ht$) 혹은 齒先徑($D + Ht$)을 基礎로 하여 計算되나 齒先徑을 基礎로 하여 周速度를 計算하는 것이 一般의이다.

調査結果 우리나라에서 生産되고 있는 半自動脫穀機의 拔胴徑은 大略 43~51cm程度이고 拔齒의 높이는 6.5~9.0cm範圍였음에도 不拘하고 大部分의 脫穀機에는 拔胴徑 및 拔齒높이에 關係없이 一律의로 適正回轉數를 450rpm으로 規定하고 있어 齒先周速度를 中心으로한 適正回轉數에 對한 理解가 促求되어야 할 것으로 判斷되었다.

또한 全自動脫穀機의 拔胴徑은 36.0~42.0cm, 拔

Table 1. A agronomic data of the rice varieties used for experimental harvesting operations.

Variety of Rice		AKIBARE	SUWEON 251
Sowing Time		April 17, 1977	April 17, 1977
Transplanting Time		May 29, 1977	May 30, 1977
Harvest	Beginning	Sept. 23, 1977	Sept. 22, 1977
	Ending	Oct. 17, 1977	Oct. 11, 1977

Table 2. Specifications of experimental equipments and measuring instruments used.

Nomenclature	Type/Model	Capacity/Dimension	Remarks
Binder	Suzue B2 60A	Cutting width: 750mm Drum dia.: 444mm	
Thresher	Hae-Ryuk HN-67, Auto-thresher	Drum dia.: 364mm (2 Row)	Drum speed for paddy: 400-450rpm
Dryer	Hyup-Shin Batch type	1.8m × 1.8m	
Lab. Huller	Satake	Feed rate: 140-150 gr/min.	Roller Clearance: 0.03 in
Lab. Miller	Satake	150-200 gr	
Sizing Device	Burrows		
Moisture Meter	Kett SP-1	Range: 11-30%	Electric Resistance
Tachometer	Smiths Industries Venture ATH 6	Range: 0-10,000rpm	

齒의 높이는 6.8~8.4cm範圍였으며 벼에 대한 規定 扱胴回轉數는 450~550rpm으로 表示되어 있었다.

3. 材料 및 方法

本研究의 圃場實驗은 1977年度 收穫期에 京畿道 平澤所在 個人圃場에서 實施되었으며 本實驗에 供試된 벼品種의 栽培關係資料와 供試機械 및 測定 器具의 諸元은 各各 Table-1 및 2에 表示된 바와 같다.

가. 脫穀試驗方法

脫穀機의 扱胴速度와 穀物含水率이 벼의 玄米, 搗精 및 完全米收率에 미치는 影響을 알아보기 위해 Table (3)에 보인 바와 같이 2種의 벼品種에 對해 5個水準의 穀物含水率과 6個水準의 扱胴速度로 脫穀試驗을 實施하였으며 乾材脫穀方式과 生材脫穀方式으로 區分하여 實施하였다.

乾材脫穀方式은 慣行脫穀方式에 準한 方式으로서 刈取後圃場內架乾燥 및 줄가리乾燥方法등을 通하여 벼를 含水率 15-16%까지 天日乾燥시켜 脫穀하는 方法을 말한다. 이 경우에는 各水準의 立毛穀物含水率에서 바인더를 利用하여 20段程度를 刈取하여 脫穀試驗에 供試하였다. 脫穀作業은 脫穀機扱胴의 回轉數를 所定의 回轉數로 調整한 後 2秒間隔으로 20段을 脫穀機에 供給하였다.

Table 3. Drum speed and grain moisture levels for the test work.

Variety of Rice	AKIBARE	SUWEON 251
Grain Moisture Content (% , wb.)	26.8	23.8
	24.5	21.3
	22.1	20.2
	19.3	18.9
	16.9	
Drum Speeds, RPM (Peripheral Velocity, m/s)	350(9.24)	
	400(10.56)	
	450(11.88)	
	500(13.19)	
	550(14.51)	
	600(15.83)	

精試驗에 供試하기 위한 벼試料는 脫穀機의 스크류콘베이어上搗端에 落下하는 穀粒을 試料採取用트

레이플 利用하여 3回以上 無作爲로 採取하였으며 試料의 量은 約 1kg程度로 하였다.

生脫穀方式이란 刈取後 天日乾燥課程을 거치지 않고 刈取即後 脫穀作業을 施行하는 方法으로서 材料의 條件만이 乾脫穀試驗은 乾脫穀方式과 同一한 方法으로 實施하였으며 脫穀試驗에서 採取된 벼試料는 平面式乾燥機를 利用하여 15~16%까지 乾燥시킨 後 自然遇風狀態에서 다시 14%水準으로 含水率을 調節하여 搗精試驗에 供試하였다.

나. 搗精試驗

脫穀試驗에서 採取된 各處理區의 試料의 穀物含水率을 同一한 水準으로 調節하여 美農務省의 公式方法⁽⁴⁾에 따라 搗精試驗을 實施하였으며 1回의 試料量을 125g로 하여 3回 反復實施하였다. 玄米試驗과 搗精試驗에는 各各 Satake Laboratory Huller와 Satake Laboratory Miller(Pearler type)가 使用되었다. 供試벼는 玄米機를 利用하여 玄米로 調製한 뒤에, Calibration test結果에 따라 玄米重이 8%減少되는데 所要되는 時間인 3分 45秒동안 精米機로 精米作業을 實施하였다.

또한 쌀겨속에 포함되어 있는 碎粒은 20×20mesh 체로 收去하여 쌀겨에서 收去된 碎米量과 精白米重이 合重量의 供試벼重量, 125g에 對한 百分率을 搗精收率로 하였다.

精白米中の 完全粒은 Burrow整粒板을 利用하여 選別하였으며 供試벼重量에 對한 完全米重量의 百分率은 完全米收率로 하였다.

4. 結果 및 考察

가. 扱胴速度가 穀物損失에 미치는 影響

아기바레品種과 統一系統 水原 251號品種의 脫穀材料, 扱胴速度 및 穀物含水率에 따른 平均玄米收率, 平均搗精收率 및 平均完全米收率에 關한 試驗結果는 Fig. 1-5 및 Fig. 8-12에 表示된 바와 같다. 그러나 이들 그림에 表示되어 있는 穀物含水率을 正確히 理解하기 위해서는 약간의 注意가 必要하다. 即 乾材脫穀의 경우 穀物含水率이란 刈取時의 穀物含水率을 말하며 刈取後 天日乾燥方法에 따라 含水率을 調節하여 脫穀試驗에 供試하였기 때문에 刈取時의 含水率과 脫穀時의 穀物含水率은 相異하나 各處理區의 脫穀時의 穀物含水率은 同一水準

이다. 反面 生材脫穀의 경우에는 빠른 刈取即時脫穀試驗에 供試 되었기 때문에 刈取時의 穀物含水率과 脫穀時의 穀物含水率은 같은 값이다.

1) 아끼바레 品種

各 含水率水準에서의 平均玄米收率은 全拔胴速度 區間에서 乾材脫穀 및 生材脫穀에서 各各 81.30—81.74% 및 80.56—81.52% 範圍로서 最大誤差는 0.43% 및 0.96%였다.

또한 玄米收率은 Fig. 1-5에서 볼 수 있는 바와 같이 乾材脫穀의 경우에는 穀物含水率 19.3%에서 刈取하여 天日乾燥後 脫穀한 處理에서 最高値를 보이고 있음을 알 수가 있으며 生材脫穀의 경우에는 含水率 22.1%에서 刈取하여 刈取即後에 脫穀한 處理區에서 最高값을 나타내고 있음을 알 수 있으며 含水率變異에 따른 玄米收率上的 最大較差는 1%未滿이었다.

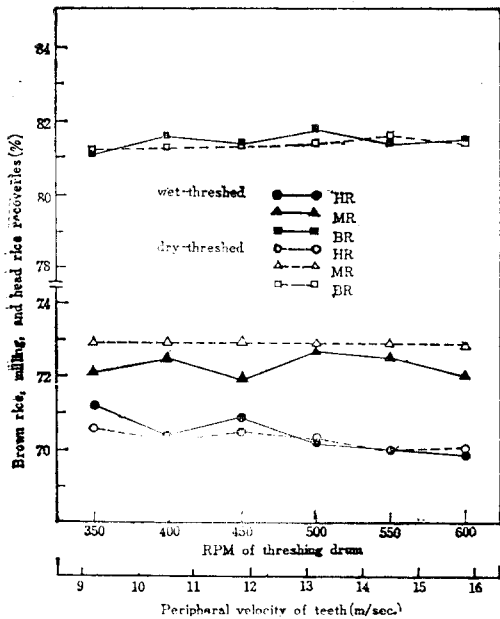


Fig. 1. Brown rice, milidg, millidg, and head rice recoveries of dry-and wet-threshed AKIBARE variety in accordance with different drum speeds at 26.8% (w.b.) of grain moisture content at harvest.

또한 拔胴速度에 따른 全含水率區間에서의 平均玄米收率은 乾材脫穀과 生材脫穀의 경우 各各 81.38—81.69% 및 81.02—81.50% 範圍의 값을 보였고 最大較差는 各各 0.31% 및 0.48%로서 含水率變化

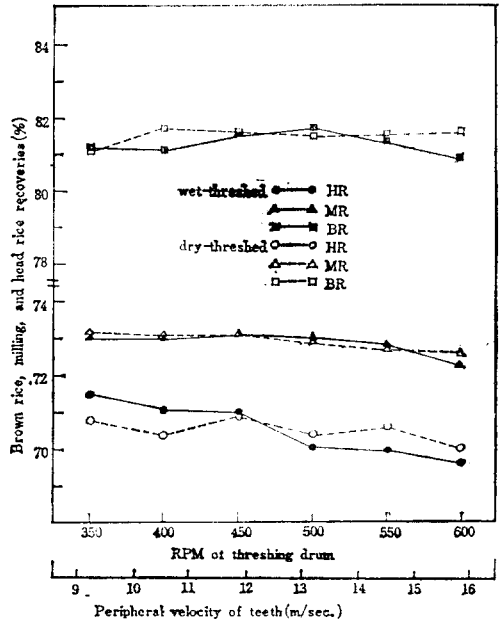


Fig. 2. Brownrice, milling, and head ricercoveries of dry-and Wet-threshed AKI BARE variety in accordance with different drum speeds at 24.5% (w.b.) grain moisture content at harvest.

에 따른 變異幅보다 작은 값을 보였다.

그러나 Table-4의 統計分析結果를 보면 아끼바레 品種에 있어서 脫穀材料에 따른 玄米收率上的 有意差는 認定되지 않은 反面 穀物含水率, 拔胴速度 및 脫穀材料를 包含하는 이들 要因들의 모든 交互作用에 따른 玄米收率上的 高度의 有意性이 認定됨을 알 수가 있다.

그리고 全穀物含水率 및 全拔胴速度區間에서의 平均搗精收率은 乾材脫穀과 生材脫穀의 경우 各各 72.80% 및 72.80%의 값을 보여 材料間의 差異는 無視할 程度이며 統計分析結果도 이를 뒷받침하고 있다. 그러나 Table-5에 보인 統計分析結果는 搗精收率은 穀物含水率 및 拔胴速度에 따라 高度의 有意差가 認定됨을 보여주고 있으며 要因들의 交互作用도 部分的으로 有意함을 보여주고 있다.

Fig.-6 및 Fig.-7은 拔胴速度와 穀物含水率이 아끼바레品種의 完全米收率에 미치는 影響을 圖示한 것이다.

그림에서 볼 수 있는 바와같이 乾材 및 生材脫穀

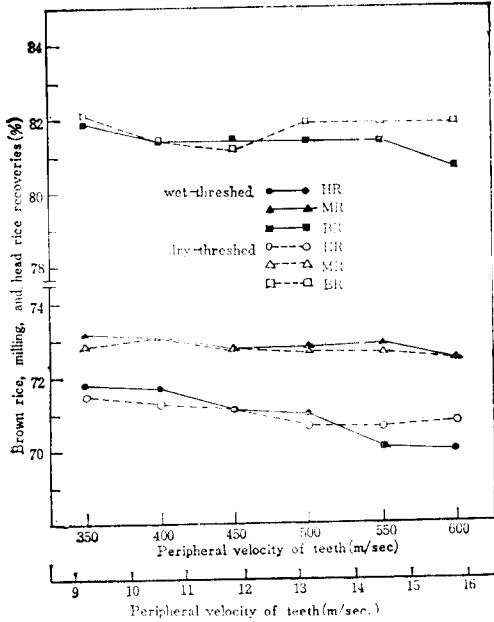


Fig. 3. Brown rice, milling, and head rice recoveries of dry- and wet-threshed AKIBARE variety in accordance with different drum speeds at 22.1% (w.b.) of the grain moisture content at harvest.

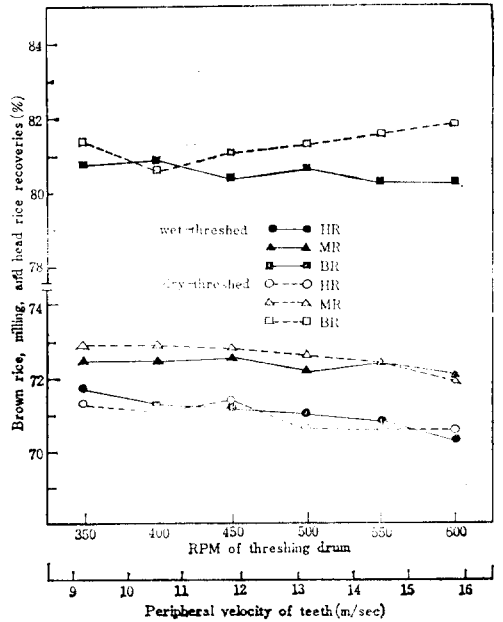


Fig. 5. Brown rice, milling, and head rice recoveries of dry- and wet-threshed AKIBARE variety in accordance with different drum speeds at 16.9% (w.b.) of the grain moisture content at harvest.

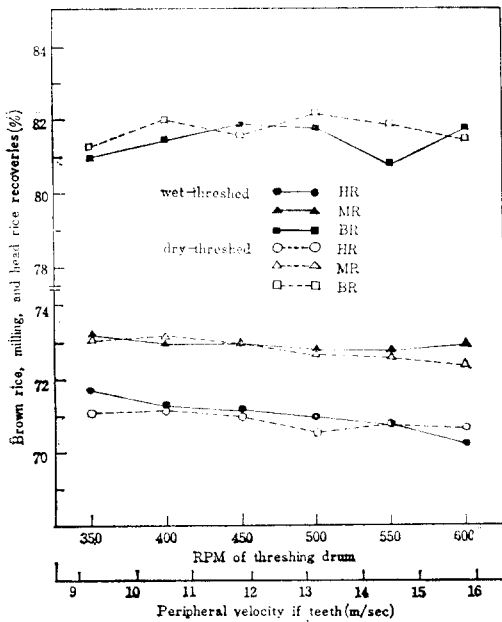


Fig. 4. Brown rice, milling, and head rice recoveries of dry- and wet-threshed AKIBARE variety in accordance with different drum speeds at 19.3% (w.b.) of grain moisture content at harvest.

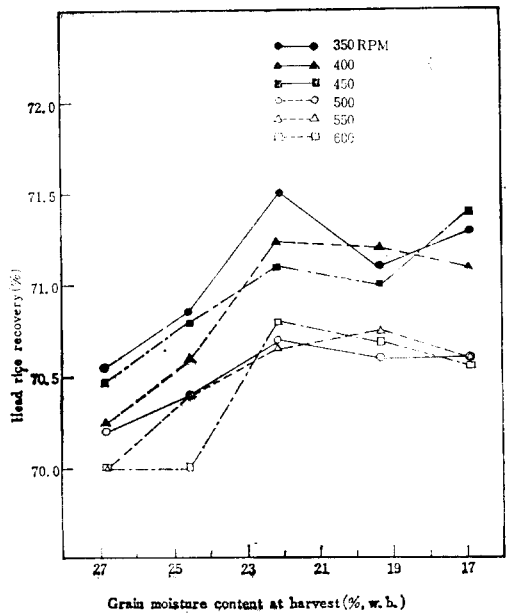


Fig. 6. Head rice recovery of the dry-threshed AKIBARE variety in relation to different grain moisture levels at cutting and at different drum speeds.

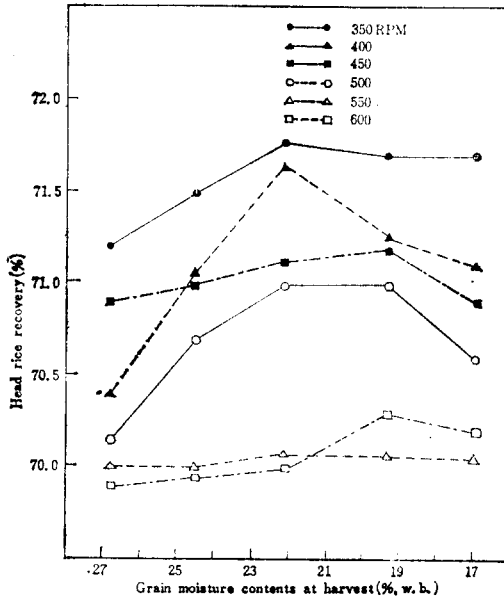


Fig. 7. Head rice recovery of wet-threshed AKIBARE variety in relation to different grain moisture levels at cutting and different drum speeds.

의 全穀物含水率 및 全拔胴速度區間에서의 平均完全米收率は 各各 70.73% 및 70.78%로서 材料間의 差異는 거의 差異가 없다.

그러나 全穀物含水率區間에서의 平均完全收率は 拔齒의 齒先周速度가 9.24m/sec.에서 15.83m/sec.로 增加함에 따라 乾材脫穀區에서는 最大 0.70%가 減少된 反面 生材脫穀의 경우는 最大 1.57%의 減少를 보여 生材의 경우가 乾材의 경우보다 齒先周速度의 影響을 크게 받고 있음을 보여주고 있다. Table 4-6의 統計分析結果를 보던 全收率의 穀物含水率과 拔胴速度에 따른 有意差가 認定됨을 알 수가 있다. 따라서 收率에 미치는 이들 두 要因과 收率과의 相關關係를 알아보기 위하여 單純 및 偏相關係數를 求하였고 이들 두 要因을 利用한 收率豫測을 위한 多重回歸方程式을 求하여 그 結果를 Table 7에 表示하였다.

2) 水原 251號 品種

水原 251號 品種의 乾材 및 生材脫穀에 對한 穀物含水率 및 拔胴速度에 따른 平均玄米收率, 搗精收率 및 完全米收率에 關한 實驗結果는 Fig. 8-12에 圖示한 바와 같다.

Table 4. Analysis of Variance for brown Rice Recovery of Akibare Variety (*1)

SV	DF	SS	MS	F
TOTAL	179	36.04000		
REPLICATION	2	0.03833	0.01916	0.69619
TREATMENT	59	32.75333	0.55514	20.16619
A	1	3.25330	3.25330	118.18017 n.s.
B	4	11.81666	2.95416	107.31372**
C	5	1.49400	0.29880	10.85428**
AB	4	3.68448	0.92112	33.46083**
AC	5	1.67803	0.33560	12.19130**
BC	20	5.09267	0.25463	9.24987**
ABC	20	5.73419	0.28670	10.41508**
ERROR	118	3.24834	0.02752	

STANDARD ERROR = 0.09579

COEFFICIENT OF VARIATION = 0.20382 PERCENT

Table 5. ANALYSIS OF VARIANCE FOR MILLING RECOVERY OF AKIBARE VARIETY (*1)

SV	DF	SS	MS	F
TOTAL	179	25.98650		
REPLICATION	2	0.04216	0.02108	0.36844

脫穀機의 扱廻 速度가 搗精 損失에 미치는 影響

TREATMENT	59	19.19316	0.32530	5.68586
A	1	0.77361	0.77361	13.52148 n.s.
B	4	5.37983	1.34495	23.50774**
C	5	5.51916	1.10383	19.29324**
AB	4	3.06861	0.76715	13.40861**
AC	5	0.38173	0.07634	1.33440 n.s.
BC	20	2.44417	0.12220	2.13601*
ABC	20	1.62605	0.08130	1.42103 n.s.
ERROR	118	6.75118	0.05721	

STANDARD ERROR = 0.13809

COEFFICIENT OF VARIATION = 0.32885 PERCENT

Table 6. Analysis of Variance for Head Rice Recovery of akibare variety (*1)

SV	DF	SS	MS	F
TOTAL	179	60.84950		
REPLICATION	2	0.10233	0.05116	0.48593
TREATMENT	59	48.32283	0.81903	7.77873
A	1	0.38272	0.38272	3.63487 n.s.
B	4	9.01255	2.25313	21.39914**
C	5	27.44116	5.48823	52.12440**
AB	4	1.23367	0.30841	2.92919 n.s.
AC	5	4.88562	0.97712	9.28022**
BC	20	2.51412	0.12570	1.19389 n.s.
ABC	20	2.85299	0.14264	1.35481 n.s.
ERROR	118	12.42434	0.10529	

STANDARD ERROR = 0.18734

COEFFICIENT OF VIARATION = 0.45851 PERCENT

*1) A: Threshed materials(2 levels)

B: Grain moisture content(5 levels)

C: Drum speeds(6 levels)

Table 7. Regression coefficients and multiple regression equations for brown rice, milling, and head rice recoveries of AKIBARE variety.

Recoveries	Threshed material	Coeff. of correlation	Partial regression coeffs.	Multiple regression equation
Brown rice recovery	Dry	$R_{13} = 0.821$	$R_{13.2} = -0.102$	$Y = 77.397 + 0.072 X_1$
		$R_{23} = 0.823$	$R_{23.1} = 0.151$	$+ 0.196 X_2$
	Wet	$R_{13} = 0.626$	$R_{13.2} = 0.749$	$Y = 35.759 + 0.985 X_1$
		$R_{23} = 0.605$	$R_{23.1} = -0.737$	$+ 1.811 X_2$
Milling recovery	Dry	$R_{13} = 0.975$	$R_{13.2} = 0.232$	$Y = 72.762 + 0.031 X_1$
		$R_{23} = 0.977$	$R_{23.1} = -0.373$	$+ 0.172 X_2$
	Wet	$R_{13} = 0.753$	$R_{13.2} = 0.197$	$Y = 77.829 - 0.091 X_1$
		$R_{23} = 0.758$	$R_{23.1} = 0.235$	$+ 0.243 X_2$

Head rice recovery	Dry	$R_{13}=0.859$	$R_{13.2}=-0.627$	$Y=63.134+0.188 X_1$
		$R_{23}=0.856$	$R_{23.1}=0.935$	$+0.257 X_2$
recovery	Wet	$R_{13}=0.982$	$R_{13.2}=0.627$	$Y=46.585+0.576 X_1$
		$R_{23}=0.977$	$R_{23.1}=-0.476$	$+0.865 X_2$

- * 1) Subscripts 1, 2 and 3 represent grain moisture content, peripheral speed of threshing teeth, and recovery rate, respectively.
- 2) Y =recovery rate(%), X_1 =grain moisture content (% w.b.), X_2 =peripheral speed of threshing teeth(m/sec).

乾材脫穀의 경우 穀物含水率에 따른 全拔胴速度區間에서의 平均玄米, 搗精 및 完全米收率은 各各 79.32~79.90%, 71.98~73.67%, 63.32~68.02% 範圍로서 含水率變化에 따른 各穀率의 最大較差는 各各 0.58, 1.69, 및 4.70%를 보이고 있어 玄米收率 및 搗精收率에 比하여 特히 完全米收率이 含水率에 따른 變化幅이 큰 것을 알 수가 있다.

또한 乾材脫穀의 경우 拔胴速度變化에 따른 全含水率區間에서의 平均玄米, 搗精, 및 完全米收率은 各各 79.46~79.84%, 71.97~73.51% 및 63.54~67.75% 範圍의 값을 보여 各各의 最大較差는 0.38%, 1.54% 및 4.21%로서 含水率變化에 따른 變化

幅과 비슷한 값을 보이고 있으며 拔胴速度가 빠르면 빠를수록 낮은 收率을 보이고 있음을 알 수가 있다.

特히 玄米 및 搗精收率에서 보다 完全米收率이 拔胴速度에 따라 크게 影響을 받고 있는 事實은 Fig-12 및 13에서도 쉽게 把握할 수가 있다.

또한 生材脫穀의 경우 含水率變化에 따른 全拔胴速度區間에서의 平均玄米, 搗精 및 完全米收率은 各各 79.38~79.90%, 72.07~72.38% 및 68.91~69.11% 範圍의 값을 보이고 있는바 含水率變化에 따른 各收率上의 變化幅은 各各 0.52%, 0.31%, 0.20%로서 乾材脫穀에 比해 작은 變化幅을 보였다. 또한 拔胴速度에 따른 全含水率區間에서의 平均玄米, 搗

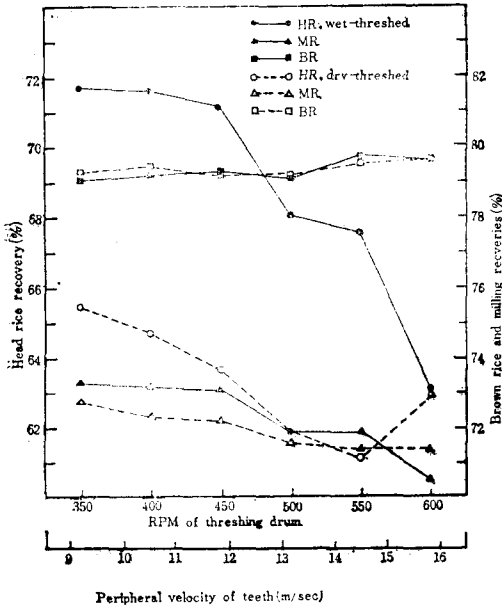


Fig. 8. Brown rice, milling, and head rice recoveries of dry- and wet-threshed SUWE ON 251 variety in accordance with drum speeds and at 23.8% (w.b.) of grain moisture content at harvest.

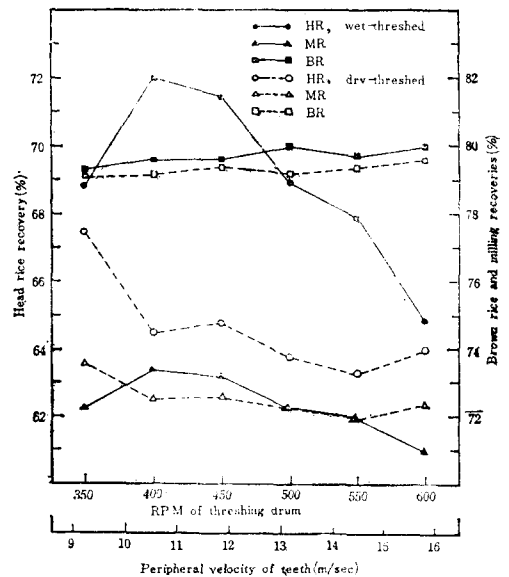


Fig. 9. Brown rice, rice, milling, and head rice recoveries of dry- and wet-threshed SUW EON 251 variety in accordance with different drum speeds at 21.3% (w.b.) of grain moisture content at harvest.

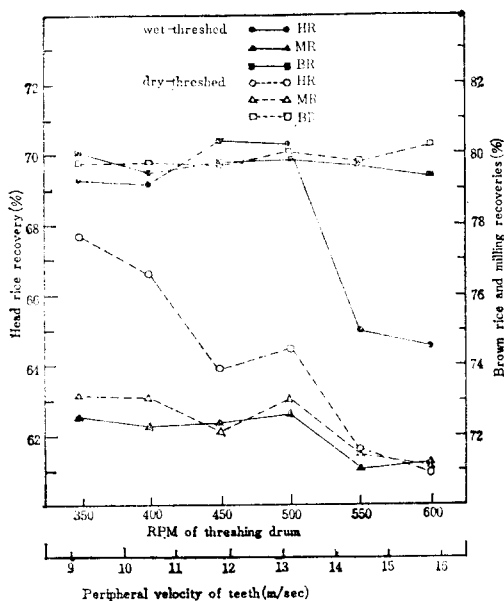


Fig. 10. Brown rice, milling, and head rice recoveries of dry- and wet-threshed SUWEON 251 variety in accordance with different drum speeds at 20.1% (w.b.) of grain moisture content at harvest.

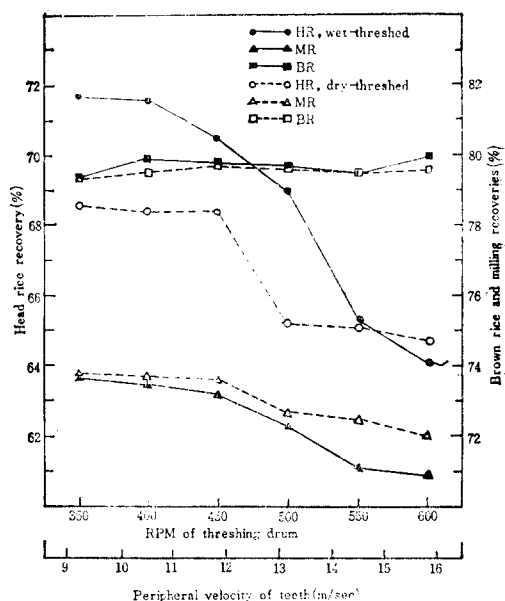


Fig. 12. Brown rice, milling, and head rice recoveries of dry- and wet-threshed SUWEON 251 variety in accordance with different drum speeds and at 16.3% (w.b.) of grain moisture content at harvest.

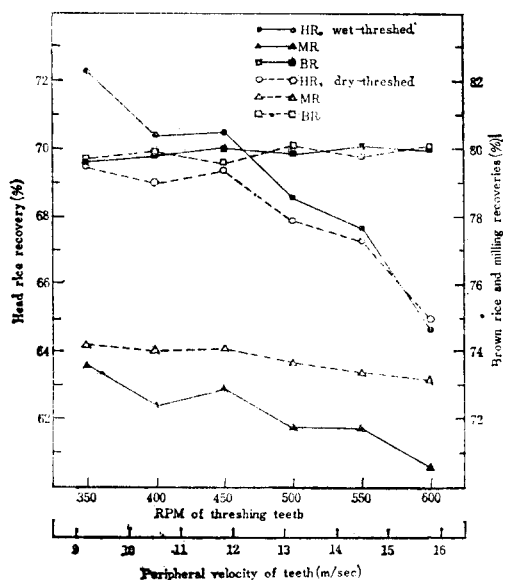


Fig. 11. Brown rice, milling, and head rice recoveries of dry- and wet-threshed SUWEON 251 variety in accordance with different drum speeds at 18.9% (w.b.) of grain moisture content at harvest.

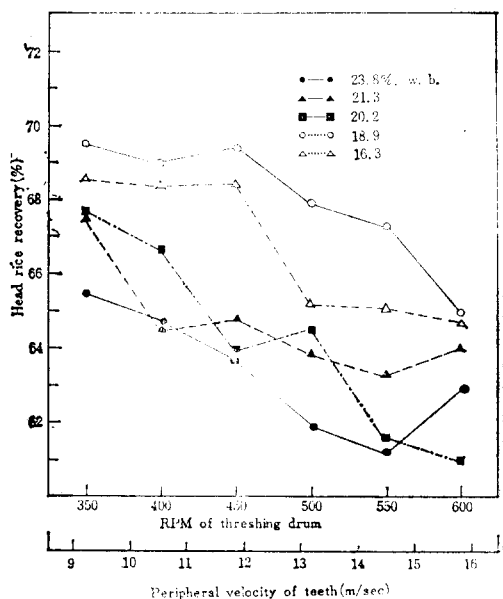


Fig. 13. Relationship between head rice recovery of dry- threshed SUWEON 251 variety and drum speeds in relation to grain moisture levels at cutting.

精 및 完全米收率は 各各 75.90-79.81%, 70.88-73.14% 및 64.27-70.98% 의 範圍로서 各各 0.31%, 2.26% 및 6.71%의 最大較差를 보이고 있는바 玄米收率에 있어서는 含水率變化幅과 큰 差異를 보이지 않은 反面, 搗精收率과 完全米收率에 있어서는 큰 差異를 보이고 있다.

Fig. 8-12에서도 알 수 있는 바와 같이 玄米收率과 搗精收率에 있어서는 材料間에 큰 差異가 없음을 알 수가 있으나 完全米收率에 있어서는 材料에 따라 比較的 큰 差異를 보이고 있으며 生材脫穀속의 完全米收率이 乾材脫穀속의 完全米收率보다 높게 나타나고 있어 完全米收率만을 勘案할 경우에는 특히 統一系品種인 水原 251品種에서는 生材脫穀方式이 有和함을 알 수가 있다.

Table 8-10의 統計分析結果에서도 玄米收率과 搗精收率は 脫穀材料에 따른 有意差가 認定되지 않은 反面 完全米收率は 材料에 따른 有意差가 認定됨을 알 수가 있고 水原 251品種의 경우 玄米收率에 對한 材料와 搗洞速度要因의 交互作用을 除外한 모든 경우에 要因에 따른 收率上의 有意差가 認定되며 이들 要因들間의 交互作用에서도 有意 또는 高度의 有意성이 認定됨을 알 수가 있다.

Fig. 13-14는 各 穀物含水率別로 搗洞速度와 完全米收率과의 關係를 圖示한 것으로서 搗洞速度가 增加함에 따라 完全米收率は 顯著히 減少됨을 보여 주고 있다.

또한 生材脫穀의 경우가 乾材脫穀의 경우보다 搗洞速度에 따른 完全米收率의 變化幅이 큰 反面, 含

水率變化에 따른 變異는 작음을 보여주고 있다.

이와같이 乾材脫穀의 경우가 生材脫穀의 경우보다 含水率에 따른 完全米收率의 變化幅이 크게 나타나고 있는 事實은 刈取後 天日乾燥期間中の 胴割發生率이 天日乾燥期間에 比例的으로 높아져 이와같이

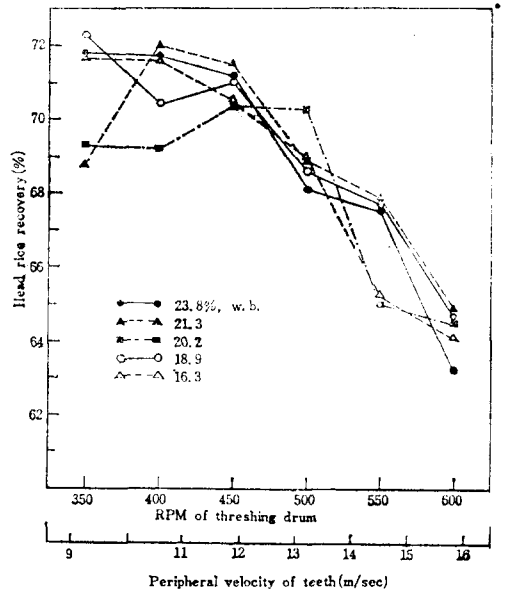


Fig. 14. Relationship between head rice recovery and drum speeds of the wet-threshed SUWEON 251 variety in relation to different grain moisture levels at cutting.

Table 8. Analysis of variance for brown rice recovery of SUWEON 251 variety (*1)

SV	DF	SS	MS	F
TOTAL	179	17.15000		
REPLICATION	2	0.02800	0.01400	0.72925
TREATMENT	59	14.85666	0.25180	13.11649
A	1	0.24220	0.24220	12.61603 n.s.
B	4	5.95722	1.48930	77.57687**
C	5	2.16933	0.43386	22.59978**
AB	4	1.43280	0.35820	18.65839**
AC	5	0.19313	0.03862	2.01200 n.s.
BC	20	2.50011	0.12500	6.51145**
ABC	20	2.36187	0.11809	6.15140**
FROR	118	2.26534	0.01919	

STANDARD ERROR = 0.07999

COEFFICIENT OF VARIATION = 0.17396

Table 9. Analysis of variance for milling recovery of SUWEON 251 variety (*1)

SV	DF	SS	MS	F
TOTAL	179	169.34950		
REPLICATION	2	0.02633	0.01316	0.06412
TREATMENT	59	145.09616	2.45925	11.97804
A	1	10.51250	10.51250	51.20215 n.s.
B	4	13.82477	3.45619	16.83372**
C	5	79.76783	15.95356	77.70338**
AB	4	14.81834	3.70458	18.04354**
AC	5	5.19450	1.03890	5.06006*
BC	20	10.19190	0.50959	2.48203*
ABC	20	10.78632	0.53931	2.62679**
ERROR	118	24.22701	0.20531	

STANDARD ERROR = 0.26160

COEFFICIENT OF VARIATION = 0.62485 PERCENT

Table 10. Analysis of variance for head rice recovery of SUWEON 251 variety (*1)

SV	DF	SS	MS	F
TOTAL	179	1879.78780		
REPLICATION	2	1.76480	0.88240	0.87639
TREATMENT	59	1759.21446	29.81719	29.61427
A	1	660.48357	660.48357	655.9687*
B	4	144.43946	36.10986	35.86412**
C	5	493.96380	98.79276	98.12043**
AB	4	133.01143	33.25285	33.02655**
AC	5	24.83376	4.96675	4.93295*
BC	20	104.93787	5.24689	5.21118**
ABC	20	197.54457	9.87722	9.81000**
ERROR	118	118.60854	1.00685	

STANDARD ERROR = 0.57932

COEFFICIENT OF VARIATION = 1.49182 PERCENT

- *1) A: Threshed materials(2 levels)
- B: Grain moisture content(5 levels)
- C: Drum speeds(6 levels)

胴割被害를 입은 穀粒이 脫穀時의 打擊과 搗精時의 壓力에 의해 大部分 破碎되기 때문인 것으로 推測된다. 또한 乾材보다 生材가 扱胴速度에 따른 完米收率의 變化幅이 크게 나타난 것은 生材가 乾材보다 오히려 打擊力等에 敏感하기 때문인 것으로 推測된다.

Table 8-10을 보면 各收率에 미치는 各要因들과 이들 要因들의 交互作用의 影響이 大體의으로 有意한 것으로 나타나고 있기 때문에 아끼바레品種과 같이 水原 251號品種에 對해서도 各收率과 穀物含

水率 및 扱胴速度間의 關係를 多重回歸方程式으로 表示하고 單純相關係數 및 偏相關係數를 求하여 Table 11에 表示하였다.

單純相關係數의 값을 보면 乾材의 경우 各收率은 穀物含水率 및 扱胴速度와 높은 相關關係가 있는 것으로 나타나 있으나 生材의 경우에는 玄米收率은 이들 要因들과 比較의 낮은 相關關係가 있음을 보여주고 있는 反面에 搗精收率과

또한 偏相關係數의 값을 보면 搗精收率과 完全米

收率에 있어서 同一한 齒先周速度에서는 收率과 含水率間에 負의 相關關係가 있음을 보여주고 있으며 특히 乾材의 完全米收率은 이들 要因들과 높은 相關關係가 있음을 보여주고 있다.

Table 11. Regression coefficients and multiple regression equations for brown rice, milling, and head rice recoveries of SUWEON 251 variety.

Recoveries	Threshed material	Coeff. of correia-tion	Partial regression coeffs.	Multiple regression equation
Brown rice recovery	Dry	^(*1) R ₁₃ =0.866 R ₂₃ =0.857	R _{13,2} =0.242 R _{23,1} =0.018	^(*2) Y=80.257-0.034 X ₁ +0.005X ₂
	Wet	R ₁₃ =0.257 R ₂₃ =0.271	R _{13,2} =0.049 R _{23,1} =-0.005	Y=80.356-0.003 X ₁ -0.003 X ₂
Milling recovery	Dry	R ₁₃ =0.950 R ₂₃ =0.982	R _{13,2} =-0.698 R _{23,1} =0.900	Y=81.761-0.159 X ₁ -0.453X ₂
	Wet	R ₁₃ =0.942 R ₂₃ =0.968	R _{13,2} =-0.367 R _{23,1} =0.720	Y=85.062-0.197 X ₁ -0.681X ₂
Head rice recovery	Dry	R ₁₃ =0.131 R ₂₃ =0.974	R _{13,2} =-0.914 R _{23,1} =0.983	Y=97.813-0.652 X ₁ -1.501X ₂
	Wet	R ₁₃ =0.945 R ₂₃ =0.968	R _{13,2} =-0.294 R _{23,1} =0.680	Y=103.504-0.464 X ₁ -1.957 X ₂

- *1) Subscripts 1, 2, and 3 represent grain moisture content, peripheral speed of threshing teeth, and recovery rate, respectively.
- *2) Y=recovery rate(%), X₁=grain moisture content (% , w.b.), X₂=peripheral speed of threshing teeth(m/sec.)

나. 慣行脫穀作業에 관한 分析

慣行脫穀作業技術에 관한 情報를 얻기 위하여 慣行脫穀作業現場에서 脫穀作業時의 拔洞速度와 穀物含水率 및 使用되고 있는 脫穀機의 拔洞徑, 拔齒높이등을 實測調査하였으며 그 分析結果를 Table 12 및 Fig. 15, 16에 表示하였다.

Table 12 및 Fig. 15에서 알 수 있는 바와같이 50個 標本의 平均齒先周速度는 12.62m/sec., 標準偏差는 1.06m/sec., 變異係數는 8.40%였다. 또한 歪度 및 尖度를 計算하고 檢定을 實施한 結果 標本分布는 正規分布에 매우 適合하다고 認定할 수가 있었다.

周速度의 各階級別 累計百分率 觀察度數와 推定度數分布를 Fig. 15에 圖示하였다.

또한 慣行脫穀作業時의 穀物含水率에 관한 統計分析結果 Table 12에서 볼 수 있는 바와 같이 平均穀物含水率 및 標準偏差는 各各 14.72% 및 0.72%였으며 標本分布는 正規分布에 適合하다고 認定되었다.

Table 12. Statistics for the observed peripheral velocity of the threshing teeth and the grain moisture content of the traditional threshing operations.

Statistics	Peripheral velocity	Grain moisture content
Mean	12.62 m/s	14.72%
Stand Deviation	1.06	0.72
Coeff. of Variation	8.40%	4.87%
Skewness	0.35	-0.04
Kurtosis	2.13	2.73
Chi Square	11.242	1.997

Fig. 16은 慣行脫穀作業時의 穀物含水率階級別觀察度數分布와 期行度數分布를 圖示한 것이다.

Fig. 15에서 알 수 있는 것은 標本가운데 約 30%程度가 本實驗結果로부터 設定된 適正拔洞速度以上の 拔洞速度로 脫穀作業을 遂行하고 있었는 마 適正拔洞速度以上の 拔洞速度에 의한 搗精收率의 減少

와 搗精米의 品位低下를 考慮할 때 適正拔胴速度를 維持하도록 할 수 있는 技術的인 配慮가 要望된다.

또한 Fig. 16은 全標本의 約 75%는 穀物含水率 15% (w.b.) 以下에서 脫穀作業이 遂行되고 있었으며 約 25%는 15% (w.b.) 以上の 穀物含水率에서 脫穀作業을 遂行하고 있음을 보여주고 있다.

4. 摘 要

穀物含水率과 拔胴速度는 脫穀作業時의 穀粒損傷 및 搗精收率과 깊은 關係가 있는 것으로 알려져 있다.

一般的으로 拔胴速度를 增加시키면 作業能率은 向上되나 脫穀作業時의 衝擊에 의해 脫稈米, 開穎粒 등이 增加하여 品位가 低下될뿐 아니라 碎米가 增加하여 搗精收率이 低下된다고 알려져 있는바 특히 質作業의 경우에 이러한 傾向이 많은 것으로 알려져 있다.

그러나 脫穀作業時의 脫穀含水率에 따른 適正拔胴速度에 關한 情報 特히 統一系品種에 對한 情報가 未備한 實情이다.

따라서 本研究에서는 適正拔胴速度를 究明하기 위하여 日本型品種인 아끼바레品種과 統一系品種인 水原 251號品種의 生材와 乾材를 供試하여 穀物含水率 5個水準과 拔胴速度 6個水準에서 脫穀作業을 實施하고 試料를 採取하여 實驗室用 玄米機와 精米機로 調製한후 玄米收率, 搗精收率 및 完全米收率을 求하여 拔胴速度에 따른 穀物損失指標로서 使用하여 實驗結果를 分析하였다. 또한 慣行脫穀作業時의 拔胴速度와 穀物含水率을 알아보기 위하여 50個所의 脫穀作業現場에서 實測調査하였으며 이들에 關한 分析結果를 本實驗結果와 比較檢討하였다.

그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 日本型 아끼바레品種의 경우 玄米, 搗精 및 完全米收率은 穀物含水率과 拔胴速度變化에 따른 有意差가 認定되었으며 이들 收率의 脫穀材料에 따른 有意差는 認定되지 않았다.

2. 統一系 水原 251號 品種의 경우 玄米收率은 穀物含水率과 拔胴速度變化에 따른 有意성이 認定되지 않은 反面 搗精收率과 完全米收率은 有意성이 認定되었다. 搗精收率을 拔胴速度가 增加함에 따라 減少하는 傾向을 보이고 있으며 乾材의 경우에 비해 生材에서 拔胴速度의 影響이 크게 나타나고 있었다.

3. 높은 水準의 搗精收率을 얻기 위해서는 脫穀

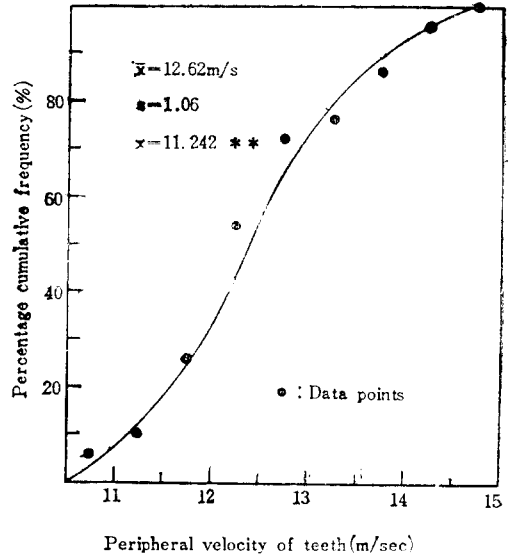


Fig. 15. The observed and estimated frequency distribution for peripheral velocity of the threshing teeth of the traditional threshing operations

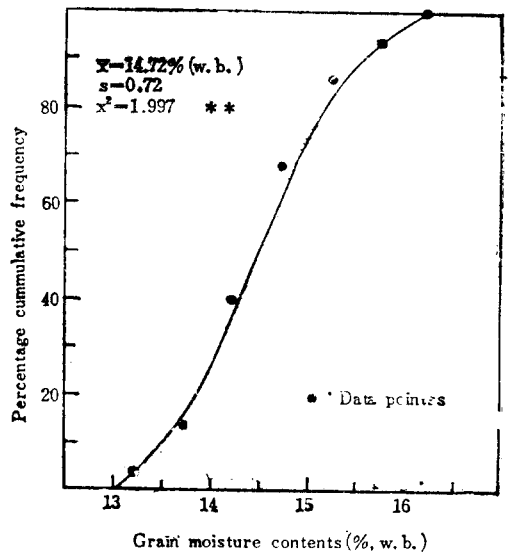


Fig. 16. The observed and estimated frequency distribution for the grain moisture contents.

機の齒先周速度를 大略 12~13m/sec範圍로 維持하는 것이 바람직하다고 判斷되었다.

4. 搗精收率에 미치는 扱胴速度의 影響은 日本型品種에서 보다는 統一系品種에서 크게 나타나고 있으며 乾材의 경우보다는 生材의 경우에서보다 크게 나타나고 있는바 統一系品種에 生脫穀方式을 採擇할 경우에는 適正扱胴速度를 維持하기 위한 脫穀技術을 導入하는 것이 바람직하다고 判斷된다.

5. 慣行脫穀作業分析結果 50個標本の 脫穀作業時의 齒先周速度는 10.5~14.9m/sec.範圍였으며 平均齒先周速度는 12.26m/sec였다. 그러나 標本の 約30%程度가 本實驗結果에서 얻은 適正扱胴速度以上の 扱胴速度로서 脫穀作業을 遂行하고 있어 이에 對한 配慮가 要望되었다.

參 考 文 獻

1. 姜和錫, 李鍾瑚, 鄭昌柱(1977). 收穫損失과 搗精收率을 基礎로 한 收穫適期 決定에 關한 研究. 韓農機誌 2(1) : 55-80
2. 農業機械學會(1977). 農業機械·施設試驗方法便覽(I).
3. Singh, B. and D.E. Linvill (1977). Determining the Effect of Pod and Grain Moisture Content on Threshing Loss and Damage of Navy Beans. Trans. of the ASAE, 20(2) : 226-227, 231.
4. USDA (1976). Inspection Handbook for the Sampling, Inspection, Grading, and Certification of Rice. USDA, Agricultural Marketing Service, Grain Division, Washington, D.C.
5. Araullo, E. V., D. B. de Padua and Michael Graham (1976). Rice Postharvest Technology. IDRC, IDRC-053e.
6. 小澤秀年(1974). 各種取り扱ひ方法と穀物の物理的損傷との關係(抄録). 農業機械學會誌, 36(2) : 332-333.
7. 石原昴, 寺田優(1972). 自脫型コンバインの生脫穀に關する研究(第1報, 脫穀作用について). 鳥取大學 農學部 研究報告.
8. 김규진, 은무영(1971). 수확시기별 생탈곡 방법 시험. 호남작물시험장 시험연구보고서 pp. 315-320
9. Fiscus, D.E., G.H. Foster, and H.H. Kaufman (1971). Physical damage of grain caused by various handling techniques. Trans. of the ASAE, 14(3) : 480-485.
10. 江崎春雄(1970). バインダとコンバイン. 農業圖書株式會社
11. 農業機械學會(1969). 農業機械ハンドブック. コロナ社
12. FAO and ACS (1968). Pilot Study of Paddy Losses in Thailand during Harvesting, Drying and Threshing (Informal Report). FAO ACS: MISC/617.
13. Salamanca, Honorio R., Leonardo C. Lucero and Panfilo C. Ringor (1968). Effect of Two Methods of Grain Handling on the Handling Losses and on the Milling Recovery of Rainad Strain-3 and BPI-76 Rice Varieties. CLSU Exp. Sta. Contribution 583.
14. Morse, M.D., J.H. Lindt, E.A. Oelke, M. D. Brandon and R.C. Curley (1967). The Effect of Grain Moisture at Time of Harvest on Yield and Milling Quality of Rice. The Rice Journal, pp. 15-20.
15. 山下律也(1966). 籾の乾燥に關する研究(第1報, 衝擊籾の損傷と乾燥特性について). 農機誌, 28(3) : 162-166
16. 垂井不二男, 杉原收(1966). コンバイン收穫による異常籾の發生と乾燥. 農機誌, 28(2) : 100-102
17. Byg, Delbert M., William E. Gill, William H. Johnson and James E. Henry. (1966). Machine Losses in Harvesting Ear and Shelled Corn. ASAE Winter Meeting Paper No. 66-611.
18. Malabayoc, J.A., N.G. Mamicpic, P.S. Castilo, R.M. Miranda and H.P. Callao (1965). Grain Characters, Yield and Milling Quality of Rice in Relation to Dates from Heading. Philippine Agriculturist, 49(8) : 699-710.
19. Langfield, E.C.B (1957). Time of Harvest in Relation to Grain Breakage on Milling Rice. The Journal of the Australian Institute of Agr. Science, pp. 340-341.
20. Delong, H.H. and A.J. Schwantes (1942). Mechanical injury in threshing barley. Agric. Engineering, 23(2) : 99-102.