

包袋單位 穀物乾燥方法의 開發에 關한 研究

A Study on Development of Drying Method of Paddy Rice in Sack

徐 相 龍* · 崔 在 甲**
Sang Ryong Suh · Jae Kap Choi

Summary

This study was carried out to develop a method of grain drying system that can be done by forcing the heated-air directly into the grains within the sack. The air duct was pushed into the central position of the grain-deposited sack and the heated-air was forced to flow in the radial direction. The system is referred here as the unit sack drying system.

At a first step of this study, an air flow resistance tester was constructed to measure the resistance of air flow to grains in cooperation with some different sack materials, the sack materials, the tested were rice-straw bag, sack of polyethylene film, and jute sack. In addition, unit sack drying system was constructed to investigate the drying characteristics of the dryer. On this dryer, two kind of terminal air ducts were attached and tested to examine its effects on uniform drying, and also, a series of drying test was performed to trace the effect of increasing air flow rate on uniform drying.

The results are as follows:

1) Resistance of air flow for each sack material was increased almost proportional to the increasing rate of air flow. Experimental data showed little significant differences of the air flow resistance among the materials.

2) From the comparison with air flow resistance of sack material and that of roughrice, it was indicated that airflow resistance of sack material was much higher than that of rice rough. Therefore, in the unit sack drying system in which air flow is destined to face the sack material after leaving the grain, it was suggested that air flow would be in uniform to each part of grain within sack because of much higher air flow resistance of sack material than that of grain, and the fact would result in uniform grain drying.

3) Drying test on the unit sack drying system in cooperation with different type of terminal air ducts showed that high speed air is better for uniform drying than in high pressure. With the drying system which was assembled with the air ducts delivering higher speed air, there also involved a problem of significant inuniform drying. Therefo-

* 慶尙大學 農工學科

** 서울대학교 農科大學 農工學科

re, any means to improve the inuniform drying should be undertaken for practical use.

4) A series of drying test with in creasing air flow rate resulted that increasing air flow rate in the unitsack drying system gave little effect on uniform drying, therefore, it is recommened to change its drying system for drying grain uniformly.

I. 緒 論

우리나라의 農業은 食糧 自給自足이 懸案問題로 登場하면서 부터 二毛作面積의 擴大와 農産作 損失 減少, 貯藏性的 向上 등 直接, 間接的인 食糧增産 方案이 講究되기에 이르렀으며 이에 따라 農作業機 械化의 必要性이 強調되기 始作하였다. 特히 生脫 穀을 要하는 “統一”벼의 栽培面積이 全國規模로 擴 大되면서 부터 穀物乾燥作業의 機械化는 農作業의 重要한 課題로 登場하였다.

이와같은 理由로 政府는 70年代 初부터 다른 農 業機械와 함께 穀物乾燥機를 農村에 普及하기 始作 하였으나 價格이 高價이고 또한 年間 稼動日數가 數 十日에 지나지 않아 乾燥機 稼動에 따른 收支均衡 을 이룰 수 없는 經濟的 條件으로 穀物乾燥機의 農 村普及은 그 展望이 어두운 實情이다.

本 研究는, 이러한 問題點을 解決할 수 있는 方 法으로서 構造가 單純하고 所要勞動力을 節減할 수 있는 乾燥機를 開發하기 위해, 脫穀 直後 包袋單位 에 담겨진 穀物을 그대로 乾燥할 수 있는 單位包袋 穀物乾燥 장치를 實驗規模로 設計 製作, 乾燥實驗 을 實施하여 그 實用可能性을 檢討하고자 하였다.

包袋에 담긴 穀物을 그 狀態에서 乾燥하는 乾燥 方法을 既存의 乾燥機와 比較할 때 가장 큰 差異點 은 穀物더미의 可變性 有無라고 할 수 있을 것이다 이는 包袋單位 穀物乾燥方法에 있어서는 穀物더미 의 形狀을 目的에 맞게 임의로 變更할 수 없다는 點 이다. 이러한 條件은 collins¹⁾의 “乾燥機 設計에 있 어 가장 基礎的이고 窮極的인 目標가 乾燥物을 均 一하게 乾燥할 수 있는 送風의 均一性”이라는 原則 에 相當한 問題點을 주고 있다. 이러한 均一送風에 關한 研究結果를 보면, W.V. Hukilla 和 C.K. Shedd²⁾는 均一送風을 위해서는 送風靜壓에 따른 適正送 風量과 이러한 送風量을 乾燥物에 均一하게 分布시 킬 수 있는 送風system이 充分히 考慮되어야 한다고 하므로서 送風靜壓, 送風量, 送風system의 重 要性을 提示하였다,

이러한 送風靜壓과 送風量과의 關係에 關聯하여 C.W. Hall³⁾은 均一한 穀物層에 水平 또는 垂直方

向으로 送風될 경우 送風靜壓은 粒子의 크기의 減 少에 比例하여 增加한다고 하였으며 E.J. Stirniman⁴⁾ 등은 이러한 送風靜壓을 送風抵抗으로 表現하여 一 定 두께의 穀物層에 대한 送風抵抗을 風量別로 圖 示하였고 C.K. Shedd⁵⁾는 多數의 農産物에 대하여 實驗值를 마찬가지로 圖示하였다. 이러한 送風抵抗 에 關한 研究와는 別度로 農産物 乾燥時의 適正風 量에 關한 研究가 遂行되어왔는데, H.A. Kramer⁶⁾ 는 穀物乾燥時 適正風量을 다음과 같이 定義하고 있 다. 즉 穀物에 必要한 熱을 傳達하고 除去된 水分 을 穀物로 부터 充分히 排除시킬 수 있는 最小單位 의 風量이 適正風量이다. 이러한 適正風量의 實驗 值를 보면, C.W. Hall³⁾은 普通 穀物의 경우 20~ 100 cfm/bu(약 0.048~0.24 m³/sec/100kg)程度라 고 하였고, 池田聰⁷⁾은 지금까지 研究結果를 綜合 하여 벼 乾燥時 0.02~0.2m³/sec/100Kg 程度라 하 였다. 實際 國內外 穀物乾燥機의 送風量은 0.02~ 0.45 m³/sec/100kg이다.⁸⁾ 그리고 이러한 範圍內의 送風量에 대한 一般的인 乾燥結果를 檢討하여 보면 약 1~2%/hr 程度의 乾燥速度를 나타내는 것으로 報告되어 있다.^{10,11)}

따라서 本研究는 以上과 같은 乾燥機 設計上 考 慮되어야 할 여러 要因들에 關하여 包袋單位 穀物 乾燥方法에 대해 檢討하고자 다음과 같은 具體的인 目的을 가지고 實驗하였다.

1. 包袋單位 穀物乾燥時 穀物이 담겨 있는 包袋 의 種類別 送風抵抗을 比較하고 同時에 穀物(벼)의 送風抵抗과도 比較하므로서 包袋가 穀物乾燥에 주 는 影響을 究明하고,
2. 包袋單位 穀物乾燥에 適合한 送風 system을 模索하는 方法의 하나로서 空氣導管(air duct)의 形 態에 따른 乾燥精度를 調查 分析하며,
3. 不均一 乾燥가 豫想되는 包袋單位 穀物乾燥에 있어 風量의 多小가 乾燥精度에 미치는 影響을 究 明함.

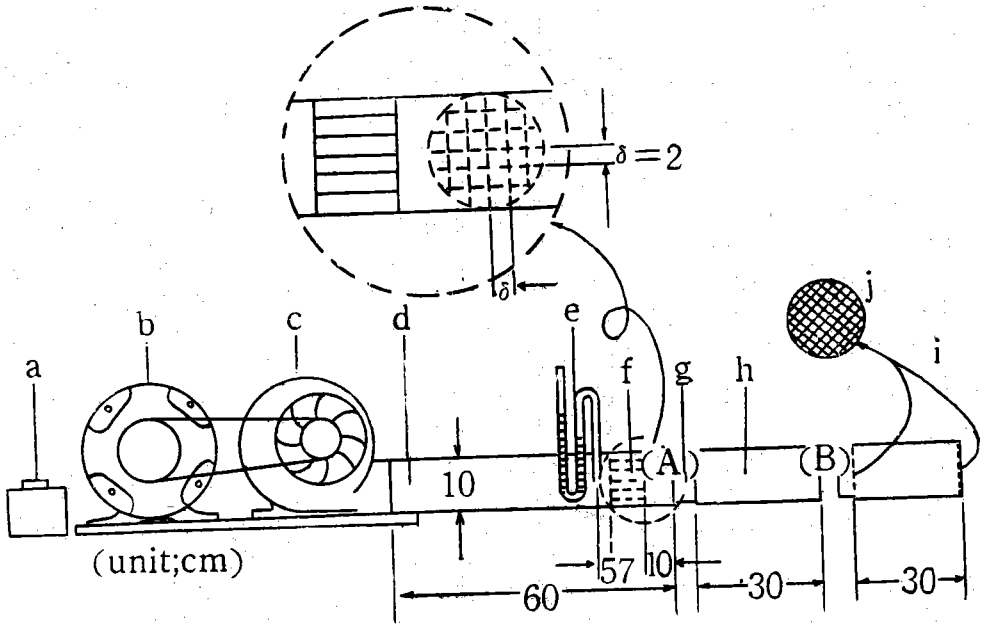
II. 實驗裝置 및 方法

1. 實驗裝置

가. 包袋別 送風抵抗 實驗 裝置

實驗에 使用된 送風機는 遠心送風機(backward-blade centrifugal fan)로서 <그림 1>과 같이 無斷變速 motor에 連結하여 段階的으로 送風量을 變化할 수 있도록 하였다. 送風管과 靜壓測定裝置의 規格 및 配置, 定流管(rectifying grid)의 規格과

配置는 送風機 性能實驗 裝置의 標準規格³⁾에 의하였다. 그림에서 (A)位置는 風速測定位置이고 (B)는 供試材料(包袋조각)을 設置한 位置이다. 穀物容器는 벽의 送가 抵抗을 測定하기 위한 것으로서 벽을 담은 후 管의 前後部를 鐵網으로 막은 것이다.



- a: Motor speed controller and Tachometer
- b: Speed controllable motor
- c: Centrifugal fan
- d: Air duct
- e: Manometer(U-tube)

- f: Rectifying grid
- g: Annemometer
- h: Air duct
- i: Grain container
- j: Wire net

Fig. 1. Schematic diagram of AIR FLOW RESISTANCE TESTER

나. 空氣導管別 乾燥精度 比較實驗裝置

乾燥機 設計에 있어 가장 窮極의인 目標는 最小의 施設로서 乾燥物을 均一하게 乾燥하는 것인데¹⁾ 包袋單位 穀物乾燥方法에 있어서는 乾燥穀物이 既存 乾燥機와는 달리 穀物더미의 可變性이 排除되므로 이 問題는 慎重히 考慮되어야 할 것이다.

包袋內 穀物을 均一하게 乾燥하기 위해서는 穀物에의 送風이 均一하여야 할 것이며 均一한 送風을 위해서는 여러가지 方法이 提示될 수 있다. 그 중 가장 간단하고 施設費가 적은 것으로는, 穀物中心 位置에 한개의 空氣導管을 設置하여 送風하는 方法이다. 이러한 送風方法은 穀物에의 送風方向의 放射形(radial air flow)인 點이 普通 乾燥機의 送風方法과 다른 點이며 이러한 送風方法은 穀物에의 送

風精度가 比較的 낮은 것으로 알려져 있다.²⁾

따라서 本 實驗에 있어서는 위에서 說明한 送風 system에 있어 좀더 均一한 乾燥結果를 나타내는 空氣導管을 찾고자 <그림 2(a), (b)>와 같은 2種의 空氣導管을 使用하여 그 乾燥精度를 서로 比較하였으며, 이들의 特性을 比較하던 다음과 같다.

空氣導管 A型은 그 끝 部分을 擴大함으로써 一種의 air chamber 役割을 하게 하여 送風된 空氣의 速度에너지를 壓力에너지로 變換시켜 穀物에의 送風이 空氣導管 內의 壓力과 大氣壓과의 差의 依하여 이루어지도록 하였다. 空氣導管 B型은 그 끝 部分의 斷面積을 縮小함으로써 送風된 空氣가 좀더 빠른 流速으로 穀物에 送風되도록 하였다. 이러한 空氣導管 A型 및 B型의 設計 및 實驗時 穀物內의 配

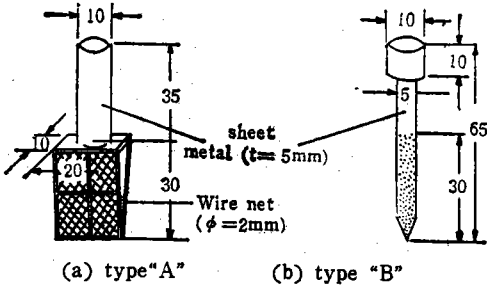
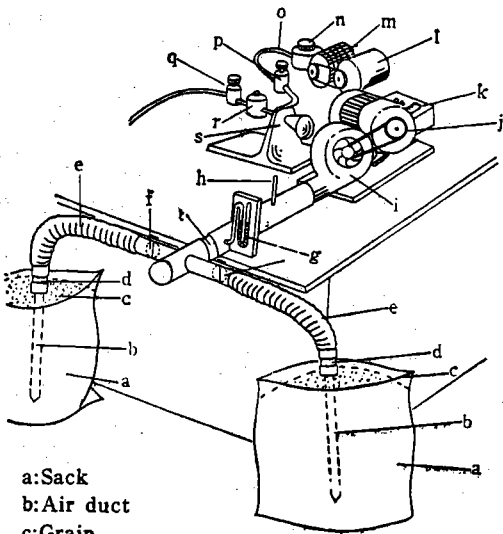


Fig 2. Specification of air ducts(unit : cm)

置는 穀物에의 送風이 可能한 均一하도록 하였다. 乾燥實驗裝置는 <그림 3>과 같으며 그 細部構造는 다음 的 風量別 乾燥實驗裝置에서 說明될 것이다.

다. 風量別 乾燥實驗

風量別 乾燥實驗에 使用된 裝置는 <그림 3>과 같다. 그림에서와 같이 實驗에 使用된 送風機는 遠



- a:Sack
- b:Air duct
- c:Grain
- e:Air flow measuring equip.
- f:Air flow controler
- g:Manometer
- i:Fan
- j:Speed controlable motor
- k:Motor speed controler
- l:Motor for compressor
- m:Compressor
- n:Air chamber
- o:Air tube
- p:Air tube

- p:Air controler
- q:Fuel controler
- r:Solenoid valve
- s:Burner
- t:air flow measvring epuip.

Fig.3. Skematic diagram of designed experimental unit sick dryer

心送風機(backward-blade centrifugal fan)로서 無斷 變速motor에 連結하였으며, 使用된 燃燒機는 石油를 主燃料로 하는 流下式 燃燒機로서 空氣壓縮機를 附着한 것이다.

送風空氣는 그림에서와 같이 左右의 送風量을 均一하게 하기 위하여 風量 調節器(<그림 3>의 f)를 附着하였고 各 分氣管에서는 送風量을 測定할 수 있도록 하였다. (<그림 3>의 d), 그리고 熱風溫度를 測定하기 위하여 그림에서 h의 位置에 棒狀溫度計를 設置하였다.

2. 實驗方法

가. 包袋別 送風抵抗實驗

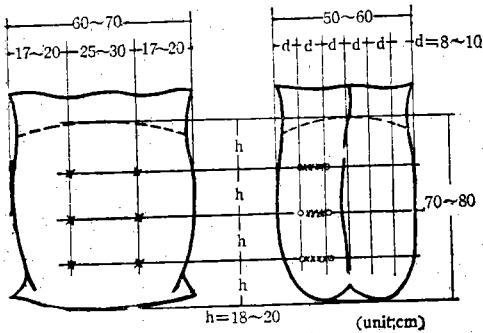
實驗에 使用된 包袋種類는 國內에 많이 使用되고 있는 가마니, 政府米자루, 콤바인 자루 및 麻袋였으며 이들의 送風抵抗과 벼의 送風抵抗을 比較하기 위해 벼(두께 30cm)에 대해서도 實驗하였다. 各各의 實驗은, 送風管의 끝 部分(그림에서 (A) 位置)을 약 20×20cm 크기로 切斷한 包袋 조각으로 密封한 後 여러 水準의 風量에 대하여 送風靜壓을 測定하였으며, 測定은 各風量別로 3反復 測定하였다 이때 風速의 變化는 變速motor에 의하여 送風機의 回轉數를 變化(340~2,460 r.p.m)하여 調節하였고 그 風速의 測定은 Biram風速計를 使用하여 그反復 測定하였다.

나. 空氣導管別 乾燥精度 比較實驗

實驗에 使用된 供試材料는 1974年產 벼(品種; 統一)로서 乾燥된 벼를 再濕하여 使用하였으며 包袋는 가마니를 使用하였다. 實驗은 周圍 大氣條件을 秋穀 收穫時期의 晝間 大氣條件(大氣溫 13°C, 相對濕度 66% 內外)과 비슷하게 調節한 實驗室內에서 空氣導管 別로 同一乾燥條件(送風量, 乾燥溫度 등)에서 그反復 乾燥實驗을 實施하였다.

實驗期間中 大氣溫 및 相對濕度는 實驗室內 備置한 自記溫濕度計에 의하여 測定하였고, 送風溫度는 <그림 3>에서 보인 位置의 棒狀溫度計에 의하여 每時間別로 測定하였다. 送風量의 測定은 Biram 風速計와 스톱워치를 使用하여 2회 3反復 測定하였다. 實驗時間中 穀物溫度는 <그림 4>에서 보이

는 穀物溫度 測定位置에 設置한 棒狀溫度計에 의하
 여 1時間 間隔으로 測定하였으며 穀物의 水分含量
 은 <그림 4>에서 보이는 位置에서 Kett米麥水分
 計를 使用하여 1時間 間隔으로 各 位置마다 4反復
 測定하였다.



(a) Front view (b) Side view

Note; o; Thermometer position
 x; Sampling position for moisture
 content determination

Fig 4. Sampling and check point in drying test

다. 風量別 乾燥實驗

風量別 乾燥實驗은 空氣導管別 乾燥精度 比較實
 驗에서 使用된 供試材料와 同一한 試料 및 가마니
 를 使用하여 同一한 方法으로 實施하였다.

實驗에 使用된 空氣導管은 B型이며, 送風量의 變
 化는 包裝別 送風抵抗實驗과 같은 方法으로서 送風
 機의 回轉數를 變化한 方法이며 實驗은 <表 1>
 과 같이 4段階의 送風量에 대하여 實施하였다.

Table.1. Air flow rate in unit sack drying
 with different air flow rate

Test No.	Air Flow Rate
DT-1	0.024 m ³ /sec/100kg
DT-2	0.059
DT-3	0.082
DT-4	0.093

III. 實驗結果 및 考察

3. 包裝別 送風抵抗 實驗

包裝의 送風抵抗을 求하기 위해 먼저 使用된 送
 風機의 特性을 알아 둘 必要가 있다. <그림 5(a),
 (b)>는 實驗에 使用된 送風機의 回轉數에 따른 靜
 壓과 風量의 測定結果를 圖表化한 것이다. 그림을

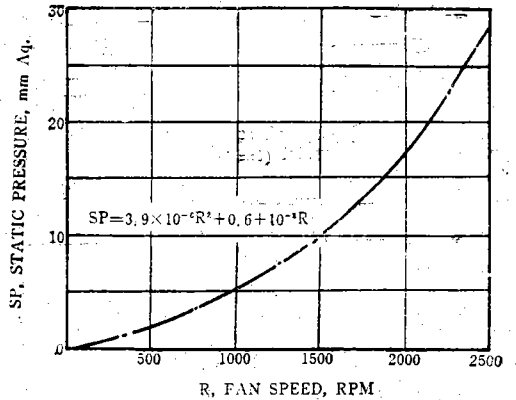


Fig 5(a). Characteristic curve of the fan
 used (static pressure vs. fan speed)

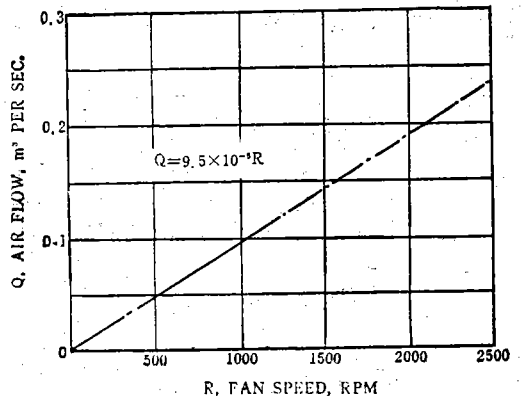


Fig 5(b). Characteristic curve of the fan
 used (air flow vs. fan speed)

보면 送風機의 風量은 回轉數에 線型으로 比例하는
 回轉數의 1次函數이고 送風靜壓은 回轉數의 2次函
 數임을 알 수 있다. 이러한 實驗結果를 階差方程式
 에 의하여 求한 使用 送風機의 風量 및 靜壓의 回
 轉數와의 關係式은 다음과 같다.

$$Q = 9.5 \times 10^{-5} R \quad \text{여기서 } Q = \text{送風量(m}^3/\text{sec)}$$

$$R = \text{rpm}$$

$$SP = 3.9 \times 10^{-5} R^2 + 0.6 \times 10^{-3} R$$

$$\text{여기서 } SP = \text{靜壓(mmAq)}$$

$$R = \text{rpm}$$

이러한 性能을 갖는 送風機를 使用하여 測定한 包
 裝種類에 따른 靜壓과 30cm 두께의 벼 層에 대한
 靜壓은 送風機의 固有靜壓과 送風抵抗의 合 이므로
 위에서 求한 靜壓公式을 利用하여 各 回轉數別 固

有靜壓을 求한 그 다음 값을 測定值에서 減하여 純粹한 送風抵抗을 求하였으며 그 結果는 <表 2>와 같다.

Table-2. Average static pressure as resistance to air flow for some sack materials and rough rice (n mmAp.)

Materials Fam Speed (rpm)	Sack				Rough Rice (30cm depth)
	Rice Straw	P. E. Film(A)	P. E. Film(B)	Jute	
340	0.5	0.3	0.8	0.5	0.6
780	3.1	2.9	3.6	3.2	3.2
1030	5.3	5.2	5.4	5.3	5.4
1280	8.7	8.2	9.4	8.7	8.7
1520	12.0	11.8	12.5	12.3	12.2
1750	16.7	17.4	18.9	17.6	17.5
1980	21.6	21.7	23.1	21.9	22.1
2270	26.3	28.3	27.0	27.3	
2460	27.9	27.4	29.9	27.9	28.2

Note : P.E. Film (A) : 정부미 자루
P.E. Film (B) : 롬바인 자루

表를 보면, 各 包袋의 送風抵抗이나 30cm 두께의 벼 送風抵抗이 서로 비슷하게 增加하였음을 알 수 있다. 그러므로 包袋種類에 따른 送風抵抗의 差異를 究明하고 이들과 벼의 送風抵抗과의 關係를 求하고자 實際 測定值을 利用하여 包袋別 各 段階의 送風抵抗에 대하여 有意性 檢定을 하였으며 그 結果는 <表 3>과 같다.

Table 3. Analysis of variance.

Source	d.f.	SS	MS	F
Replication	2	6.33	3.17	
Treatment	4	21.50	5.38	2.37 < F 0.05
Error	8	18.15	2.27	NS=3.87

表에서와 같이 包袋別 送風抵抗은 그 材料가 相異함에도 不拘하고 有意性이 없으므로 包袋의 送風抵抗 程度는 서로 같은 結果였다. 또한 이러한 包袋의 送風抵抗은 두께가 약 30cm인 벼의 送風抵抗과도 有意差가 없으므로 같은 結果임을 알 수 있었다. 送風抵抗은 空氣가 通過하는 抵抗體의 길이에 比例하는데, 30cm 두께가 不過 數 mm인 包袋의 送風抵抗이 두께 30cm인 벼의 送風抵抗과 같은 結果를 나타내므로서 包袋의 送風抵抗은 벼의 送風抵抗에 比하여 대단히 큰값임을 알 수 있다.

以上の 結果로 보아 包袋單位 穀物乾燥時 穀物層을 通過한 空氣가 穀物 外部를 둘러싸고 있는 包

袋를 通過할 때의 速度는 穀物層 通過時의 速度에 比하여 훨씬 느려 穀物層을 通過하면서 多量의 水分을 包含한 空氣가 包袋 周圍의 穀物에 影響을 주게될 것이므로 包袋乾燥時 穀物의 乾燥程度는 相當히 不均一할 것으로 判斷되었다. 그리고 이러한 不均一 乾燥現象은 包袋 種類別 送風抵抗程度가 비슷하므로 어떤 種類의 包袋를 使用하여 乾燥하여도 그 乾燥結果는 다소 差異가 있음은 明白한 事實이다.

2. 空氣導管別 乾燥度 比較實驗

單位包袋 穀物乾燥時 乾燥의 不均一程度를 낮출 수 있는 方法을 摸索하고자 空氣導管의 形態에 따른 穀物乾燥精度를 比較實驗한 結果는 <그림 6(a), (b)>와 같다. 그림에서 穀物의 水分含量은 左右 測定支點의 값을 平均하여 穀物 上, 中, 下層으로 나타낸 것이다.

空氣導管 A型과 B型의 實驗期間 中 大氣條件을 比較하면, 平均氣溫은 두 實驗에서 11.2~11.7°C로서 비슷하였으나 平均 相對濕度는 空氣導管 A型 實驗에 있어 약 79%, 空氣導管 B型에 있어 약 63%로서 약 16%程度 差異가 있었다. 實驗期間 中 平均 送風溫度는 A型에 있어서는 41.3°C, B型에 있어서는 41.5°C로서 거의 비슷하였다. 實驗條件 中 相對濕度에서 差異가 있었던 大氣의 加熱된 後의 相對濕度를 Carrer線圖에서 求하여 본 結果, 空氣導管 A型 實驗에 있어서는 약 13%이고 B型 實驗에 있어서는 약 10%程度로서 實際 乾燥潛在力(drying potential)에는 別로 差異가 없었다. 穀物 單位重量에 대한 平均 送風量은 그림에서와 같이 A型에 있어서는 0.084m³/sec/100kg이고 B型에 있어서는 0.082m³/sec/100kg이었다. 그러므로 두 實驗의 乾燥條件은 거의 同一하였다.

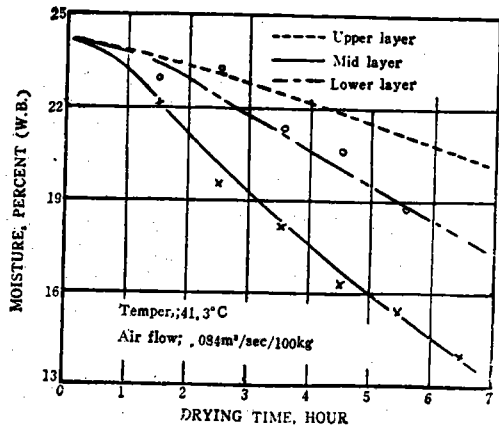


Fig.6(a). Drying curve(test on air duct "A")

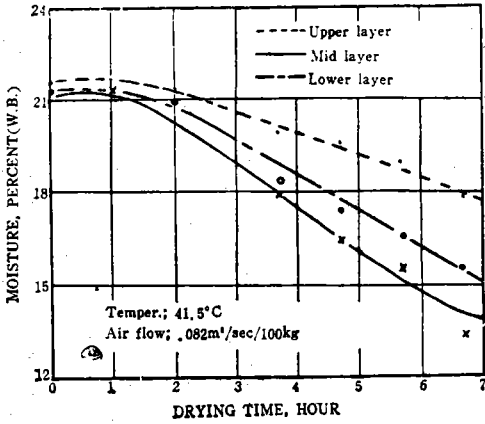


Fig. 6(b). Drying curve (test on air duct "B")

空氣導管 A型的實驗結果인 <그림 A 6(a)>를 보면 各層의 水分含量이 乾燥時間 30分 부터 各層別로

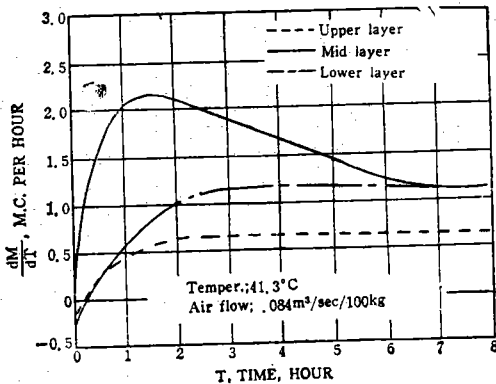


Fig. 7(a). Drying rate vs. time (test on air duct "A")

減小率 (以下 $\frac{bM}{bT}$ 으로 略稱)은 乾燥 初期에 急增하여 乾燥時間 약 1時間 後에 그 最大值인 약 2.1% /hr에 到達한 後 次次 緩慢하게 減小하여 약 1.1% /hr의 一定速度를 維持하였고 上層과 下層 各의 $\frac{dM}{dT}$ 은 乾燥時間의 經過에 따라 漸次增加하여 乾燥時間 1~2時間에 그 最大值(上層은 0.65%/hr, 下層은 1.15%/hr)에 到達한 後 乾燥가 끝날 때까지 그러한 乾燥速度를 一定하게 維持하였다.

이러한 結果로 보아 空氣導管 A型에 있어서 層別 水分含量의 隔差는 主로 乾燥初期 1~2時間 사이의 乾燥速度 差異에 起因함을 알 수 있었다.

空氣導管 B型에 대한 實驗結果를 <그림 7(b)>

差異를 나타내기 始作하여 乾燥時間 6時間 後에 있어 中間層의 水分含量은 약 14%로서 10%以上 乾燥되었음에 反하여 上層의 水分은 [약 21.2%로서 겨우 3% 程度 外에 乾燥되지 않았다. 그리고 下層의 水分은 대체로 上層과 中間層의 中間程度의 乾燥速度를 維持하여 乾燥時間 6時間 後에 약 18.5% 였다. 그리고 空氣導管 B型의 實驗結果인 <그림 6 (b)>를 보면, 各層別 各의 水分含量은 乾燥開始 약 1時間 後부터 層別 差異를 나타내기 始作하여 乾燥時間 3時間 後에는 上層과 中間層의 水分含量 差異가 약 1%, 6時間 後에는 4.3% 程度였다.

이러한 結果를 좀 더 明確히 觀察하고자 <그림 6> 乾燥曲線을 乾燥時間別로 圖上微分(graphical differentiation)하여 各層에 따른 時間別 水分含量 減小率($\frac{bM}{bT}$: 時間別 乾燥速度)를 求하였으며 <그림 7(a),(b)>는 이 結果를 圖表化한 것이다. <그림 7(a)>를 보면, 中間 層의 時間別 水分含量

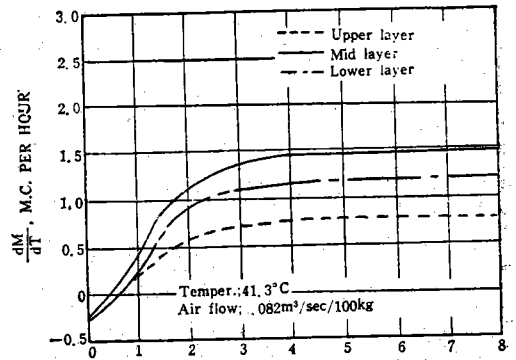


Fig 7(b). Drying rates. time (test on air duct "B")

에서 보면, 各層의 $\frac{dM}{dT}$ 은 乾燥時間 약 3時間까지 漸次 增加한 後 一定 乾燥速度(上層: 0.8%/hr, 中間層: 1.45%/hr, 下層: 1.2%/hr)를 維持하였다. 그러므로 空氣導管 B型에 있어서는 穀物層別 水分含量의 差異가 乾燥時間의 經過에 따라 漸次增加하는 點이 空氣導管 A型의 乾燥初期 急激한 乾燥速度 差異를 나타내는 點과 對照의 이었다.

空氣導管 A型과 B型의 乾燥程度 差異를 나타낸 原因을 分析하여 보면, 空氣導管 A型에 있어서는 穀物에의 送風이 風速에 의한 影響보다는 空氣導管 內 壓力과 大氣壓力의 壓力差에 의하여 送風되므로서 穀物 上層과 下層에 있어서의 放射型 壓力分布

에 다른 送風量보다는 穀物 中間層의 直線型 壓力 分布에 따른 送風量이 더 많아 結果的으로 穀物 中間層에 集中的으로 送風된 것으로 分析된다. 反面에 空氣導管 B型에 있어서는, 空氣導管 A型과 마찬가지로 各層에 있어 放射型 또는 直線型 送風方法에 따른 送風量의 差異는 있었으나 空氣導管 A型에 比하여 風速이 빠른 空氣가 送風되므로서 送風量의 穀物層別 差異는 空氣導管 A型보다 작았던 것으로 分析되었다.

以上的 實驗結果, 穀物の 均一乾燥를 위해서는 높은 壓力의 空氣보다는 風速이 빠른 空氣가 送風되어야 하며, 單位包袋 穀物乾燥의 경우는 以上的 實驗과 같은 送風方法에 의해서는 乾燥穀物이 相當히 不均一 乾燥되므로 送風條件의 變更(送風量의 增加等)이 要求되며, 또는 送風 system 自體의 再檢討가 要求되었다.

3. 風量別 乾燥實驗

穀物乾燥에서 一定水準 以上の 送風量은, 農産物 内部의 水分移動에 대한 抵抗이 空氣가 지나가는 粒子 表面의 質量移動에 대한 抵抗에 比하여 매우 크기 때문에 乾燥速度와 乾燥常數에는 거의 影響을 주지 못하나 乾燥의 均一性에는 相當한 影響을 주는 것으로 알려져 있다.)

風量別 乾燥實驗은 앞의 實驗에서 指摘된 包單位 穀物乾燥의 問題點인 不均一 乾燥를 解決하고자 乾燥條件을 變更시키는 方法의 하나로 送風量을 變化하여 實施한 乾燥實驗이다.

實驗時間 中 大氣條件을 各 實驗別로 比較하여 보면, 實驗時 平均 大氣溫은 各 實驗 모두 11.7~13.2°C 範圍內였고 平均 相對濕度는 59~64%程度로서 各 實驗에서 거의 비슷하였으며, 平均 送風溫度도 各 實驗에서 41~43°C로서 거의 비슷하였다. 穀物 單位重量當 送風量은 <表 1>과 같이 實驗<DT-1>에 있어서는 0.024m³/sec/100kg으로서 此 乾燥의 適正風量의 最小單位였으며, (11) 實驗<DT-2>에 있어서는 實驗<DT-1>의 약 2.5倍, 實驗<DT-3>에 있어서는 약 3.5倍, 實驗<DT-4>에 있어서는 약 4倍 程度였다. 그러므로 以上の 實驗條件으로 보아 各 實驗間에 있어 乾燥速度나 乾燥精度의 差異를 나타낼 수 있는 原因은 送風量이었다.

<그림 8 (a),(b),(c),(d)>는 이러한 條件下에서 實驗한 乾燥結果를 圖表化한 것이다. <그림 8(a)>를 보면 初期 水分含量 21~22%의 벼를 8時間 乾燥한 結果, 벼의 水分含量은 19.5~21%로서 거의

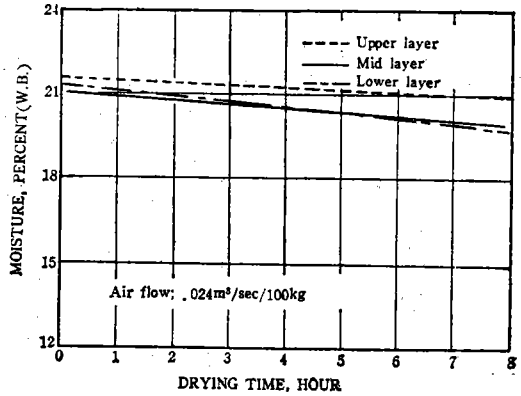


Fig 8(a). Drying curve (test no. DT-1)

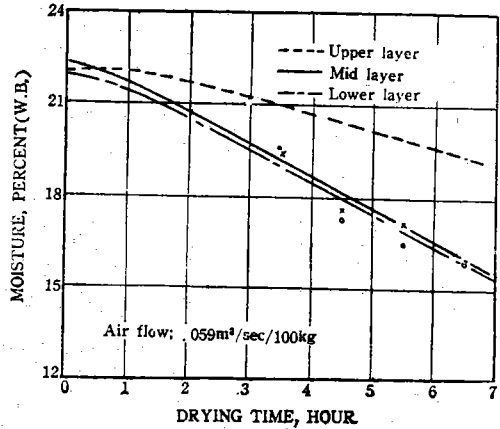


Fig 8(b). Drying curve (test no. DT-2)

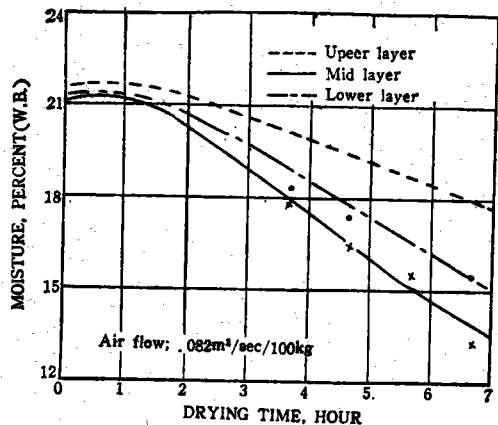


Fig 8(c). Drying curve (test no. DT-3)

乾燥效果가 없었다. 이로보아 實驗에 使用된 風量은 此 乾燥時 適正最小風量 以下の 風量으로 判斷된다. <그림 8 (b)>를 보면, 初期 水分含量 22%

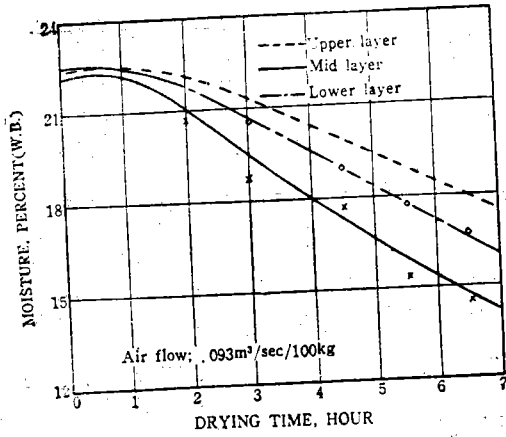


Fig 8(d). Drying curve(test no. DT-4)

內外의 벼는 中間層과 下層이 비슷하게 乾燥되어 國內 農產物 檢査規定인 水分含量 16%까지 乾燥되는 데 약 6.5時間이 所要되었다. 乾燥時間 6.5時間에 있어 上層의 벼는 水分含量이 19.3%로서 中, 下層

벼의 水分含量과 比較하여 볼 때 약 3.3% 程度의 差異가 있었으며 이러한 穀物層別 水分含量의 差異는 乾燥時間이 延長됨에 따라 그 幅이 漸次增加하였다. <그림 8 (c)>를 보면, 初期水分含量 21~22%의 벼는, 가장 乾燥速度가 빠른 中間層이 16%까지 乾燥된 乾燥時間 약 5時間에 있어 上層 및 下層의 水分含量이 19%, 17.2% 程度로서 實驗<DT-2>와 比較할 때 乾燥 所要時間이 약간 짧아졌으나 乾燥의 不均一度는 거의 비슷하였고 이러한 乾燥의 不均一度는 乾燥時間의 增加에 따라 實驗 DT-2와 비슷하게 漸次 그 幅이 增加하였다. <그림 (d)>를 보면, 初期 水分含量 22% 程度의 벼를 乾燥한 結果 가장 乾燥速度가 빠른 中間層이 16%까지 乾燥된 5.5時間 後의 上層 및 上層 벼의 水分含量은 19%, 17.5% 程度로서 實驗<DT-3>와 비슷한 結果를 나타내었다. 그러나 乾燥時間의 增加에 따른 乾燥의 不均一度는 實驗<DT-2>나 實

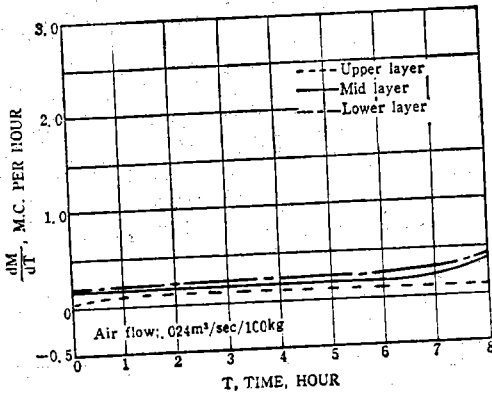


Fig 9(a). Drying rate vs. time(test no. DT-1)

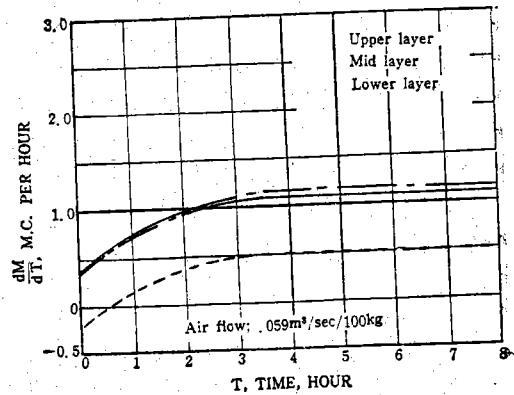


Fig 9(b). Drying rate vs. time(test no. DT-2)

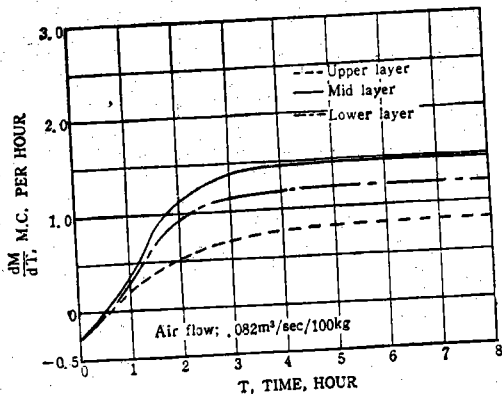


Fig 9(c). Drying rate vs. time (test no. DT-3)

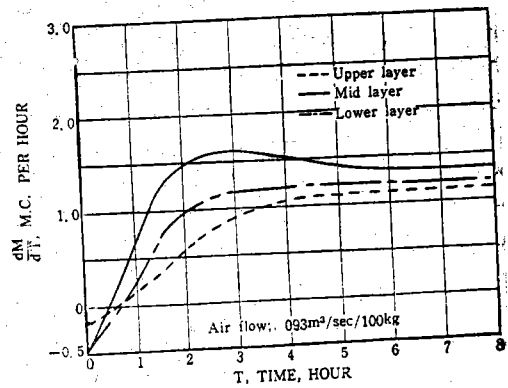


Fig (4). Drying rate vs. time(test no. DT-4)

驗<DT-3>와 같이 漸次 그 幅이 增加하지 않았
다.

이러한 實驗間의 乾燥速度 및 乾燥精度的 比較는 $\frac{dM}{dT}$ 을 求하므로써 좀더 明確히 分析될 수 있을 것
이다. <그림 9 (a),(b),(c),(d)>는 圖上微分에 의
하여 $\frac{dM}{dT}$ 을 求한 結果를 圖表化한 것이다. <그림

9(a)>를 보면, 實驗<DT-1>에 있어서 $\frac{dM}{dT}$ 은
乾燥初期나 終了時 거의 一定한 0.3%/hr 未滿으로
相當히 低調한 結果였다. <그림 9 (b),(c),(d)>를
서로 比較하여 보면, $\frac{dM}{dT}$ 이 乾燥始作 後 2~3時
間까지는 各 實驗 모두 增加하였으며 그 以後는 各
實驗, 各 層別로 一定 乾燥速度를 維持하였는데 이
러한 各 層別 一定 乾燥速度의 最大值와 最小值의 差
異는 送風量을 增加함에 따라 減小하였다. (實驗

<DT-2> : $0.7 \frac{dM}{dT}$, 實驗<DT-3> : $0.6 \frac{dM}{dT}$

實驗<DT-4> : $0.2 \frac{dM}{dT}$), 그러므로 乾燥時間增
加에 따른 穀物層別 水分含量의 差異는 送風量이 增
加할 수록 $\frac{dM}{dT}$ 의 差가 減小하기 때문에 줄어들 것
으로 豫想된다. 그러나 이러한 一定 乾燥速度를 나
타내기 前인 乾燥初期 2~3時間에 있어서 層別 $\frac{dM}{dT}$

이 送風量을 增加함에 따라 層別 $\frac{dM}{dT}$ 이 急激히 增
加하므로써 實際로 乾燥穀物의 層別 水分含量의 差
異는 送風量을 增加하여도 減小하지 않았다.

以上의 實驗結果, 本來 不均一 送風이 豫想되는
包袋單位 穀物乾燥에 있어서는 送風量을 增加하여
도 乾燥의 不均一은 解消할 수 없었으며, 그러므로
均一乾燥를 위해서는 다른 型式의 送風 system이
模索되어야 할 것으로 判斷되었다.

이 送風量을 增加함에 따라 層別 $\frac{dM}{dT}$ 이 急激히 增
가하므로써 實際로 乾燥穀物의 層別 水分含量의 差
異는 送風量을 增加하여도 減小하지 않았다.

以上의 實驗結果, 本來 不均一 送風이 豫想되는
包袋單位 穀物乾燥에 있어서는 送風量을 增加하여
도 乾燥의 不均一은 解消할 수 없었으며, 그러므로
均一乾燥를 위해서는 다른 型式의 送風 system이
模索되어야 할 것으로 判斷되었다.

이 送風量을 增加함에 따라 層別 $\frac{dM}{dT}$ 이 急激히 增
가하므로써 實際로 乾燥穀物의 層別 水分含量의 差
異는 送風量을 增加하여도 減小하지 않았다.

以上의 實驗結果, 本來 不均一 送風이 豫想되는
包袋單位 穀物乾燥에 있어서는 送風量을 增加하여
도 乾燥의 不均一은 解消할 수 없었으며, 그러므로
均一乾燥를 위해서는 다른 型式의 送風 system이
模索되어야 할 것으로 判斷되었다.

以上의 實驗結果, 本來 不均一 送風이 豫想되는
包袋單位 穀物乾燥에 있어서는 送風量을 增加하여
도 乾燥의 不均一은 解消할 수 없었으며, 그러므로
均一乾燥를 위해서는 다른 型式의 送風 system이
模索되어야 할 것으로 判斷되었다.

以上의 實驗結果, 本來 不均一 送風이 豫想되는
包袋單位 穀物乾燥에 있어서는 送風量을 增加하여
도 乾燥의 不均一은 解消할 수 없었으며, 그러므로
均一乾燥를 위해서는 다른 型式의 送風 system이
模索되어야 할 것으로 判斷되었다.

以上의 實驗結果, 本來 不均一 送風이 豫想되는
包袋單位 穀物乾燥에 있어서는 送風量을 增加하여
도 乾燥의 不均一은 解消할 수 없었으며, 그러므로
均一乾燥를 위해서는 다른 型式의 送風 system이
模索되어야 할 것으로 判斷되었다.

IV. 結 論

本 研究는 經濟的이며 所要勞動力을 減小할 수 있
는 穀物乾燥方法을 開發하고자 脫穀後包袋에 包裝

引 用

1. Collins, Tappans. 1953. Flow patterns of air through grain during drying. Agriculture Engineering. pp 759~760.
2. Hall, Carl W. 1971. Drying farm crops. The AVI Publishing Co.
3. Hukill, William V., N. C. Ives. 1955. Radial air flow resistance of grain. Agriculture Engineering. pp 332~335.
4. Hukill, William V., C.K. Shedd. Non-linear

된 穀物을 直接乾燥할 수 있는 單位包袋 穀物乾燥
方法에 대하여 既存 乾燥方法과의 差異點을 究明하
고 이를 實驗規模로 設計 製作 後 乾燥實驗을 實施
하여 그 乾燥特性을 調査하였으며, 그 結果는 다음
과 같다.

1. 包袋單位穀物 乾燥時 使用될 수 있는 數種의
包袋에 대하여 送風抵抗을 測定 比較한 結果, 送風
量에 따라 서로 비슷하게 增加한 包袋別 送風抵抗
은 有義性 檢定結果 有義差가 없었다. 그러므로 包
袋單位 穀物乾燥時 包袋 種類에 따른 乾燥差異는 거
의 없을 것으로 判斷되었다.

2. 各種 包袋의 送風抵抗을 벼의 送風抵抗과 比
較한 結果, 包袋의 送風抵抗은 벼의 送風抵抗보다
대단히 큰 값을 나타내므로써 包袋單位 穀物乾燥時
穀物의 乾燥狀態는 穀物의 周圍를 둘러싼 包袋의
影響에 의하여 그 乾燥精度가 상당히 낮을 것으로
豫想되었다.

3. 空氣導管別 乾燥精度 比較實驗 結果, 穀物의
均一乾燥를 위해서는 높은 壓力의 空氣를 送風케 하
는 空氣導管보다, 風速이 빠른 空氣를 送風할 수 있
는 空氣導管의 使用이 要求되었다. 그리고 包袋單
位穀物乾燥時 實驗과 같은 送風system에 있어서는
比較的 빠른 速度의 空氣를 送風하는 空氣導管에 의
해서도 乾燥物이 相當히 不均一하게 乾燥되므로 送
風條件의 變更 또는 送風 system의 再檢討가 要求
되었다.

4. 包袋單位 穀物乾燥時 送風量의 增加가 乾燥精
度에 주는 影響을 밝히고져 實驗한 結果, 乾燥穀物
은 送風量의 增加와는 關係없이 不均一하게 乾燥되
므로써 送風量의 增加로서도 乾燥의 不均一은 解決
할 수 없었다. 그러므로 包袋單位 穀物乾燥에 있어
均一乾燥를 위해서는 다른 型式의 送風system이
模索되어야 할 것이다.

文 獻

- flow in grain drying. Agriculture Engineering. pp 462~466.
5. Kramer, Harold A. 1947. The mechanics of rice drying. Agriculture Engineering. pp 411~413.
6. Shedd, Cladue K. 1953. Resistance of grains and seeds to air flow. Agriculture Engineering. pp 616~619.
7. Stirniman, E. J., et al. 1931. Test on resi-

- stance to the passage of air through rough-rice in a deep bin. Agricultural Engineering. pp 145~148.
8. 李光植, 農業機械斗 風量, 風壓測定斗 計算方法. 國立 農業資材検査所.
 9. 東京大學 農業工學教室, 1966. 農業機械試驗便
寬, 養賢堂, pp 347~376.
 10. 森野一高外 4人, 1969. 農業施設學, 朝倉書店, pp 4~35.
 11. 池田聰, 1970. 乾燥の はなし, うまい米 づくり 研究會.