

生脱穀벼의 깔아말림 特性和 乾燥條件이 胴割米 發生에 미치는 影響

Mat Drying Characteristics of the Wet-thresheds Rough-rice and Effect of Drying Environment on the Cracks Formation.

全 在 根 · 崔 扶 奎 · 李 廷 哲
Chun, Jae Kun · Choi, Boo Dol · Lee, Jeong Cheol

Summary

The fresh threshed paddy-mat dryings on the various environments were analyzed on their drying characteristics and rice quality resulted. The moisture content of paddy was mainly determined by the accumulated solar energy received, and which was expressed as a simple equation.

The drying characteristics revealed to follow a constant rate drying type, and as the depth increased the more typical constant-rate drying pattern was observed.

The relationship between the drying rate and bed depth was established with a simple exponential equation. The raking operation during the drying period showed a favorable effect both on the drying rate and the reduction of crack formation. Drying environments such as straw mat, concrete, ground, polyethylene film did not affect significantly the drying rate and rice quality. Considering the drying rate and quality, the optimum bed depth of mat paddy drying was around 6 cm.

緒 論

벼의 乾燥 상태는 貯藏 管理는 물론 搗精과 쌀의 品質에 決定的으로 影響을 주기 때문에 벼 品質評價의 基準이 되고 있다.

벼의 水分 含量이 適正 水準을 維持하지 못하고

不充分하게 乾燥됐거나 또는 지나치게 乾燥되었을 때 잃는 損失은 대단히 큰데 우리나라에서 그 被害에 대한 定量的인 資料는 없으나 東南亞 主要米作地域의 境遇 總米穀生產量의 5~10%의 量이 損失되고 있는 것으로 報告⁽¹⁾되고 있다. 따라서 우리나라는 이와 비슷한 水準의 損失이 있을 것으로 믿어진다. 이와 같은 量의 損失의 主要因 中の 하나

가 벼의 乾燥에 있기 때문에 收穫後 벼의 乾燥 技術의 改善이 무엇보다도 절실히 要求되고 있다. 그런데 우리나라의 벼 乾燥에서 主宗을 이루고 있는 慣行 乾燥 方法을 보면 收穫後 2~3日間 논에서 豫乾을 한 다음 脫穀하여 乾燥하게 된다. 이때 脫穀벼의 水分含量은 18~20%에 이르는데 이것은 다시 적당한 場所에서 갈아 말림을 한다.

한편 콤바인과 같은 收穫機 및 火力乾燥機의 普及으로 生脫穀하는 傾向이 늘어나고 있기 때문에 生脫穀벼의 乾燥物量이 增大되고 있다. 그런데 生脫穀벼는 火力乾燥機에 依해서 一部 乾燥되고 있으나 塋석 갈아 말림과 같은 在來式의 乾燥 方法이 主流를 이루고 있다. 在來의 慣行 乾燥方法에 關한 研究로는 연⁽²⁾, 徐⁽⁴⁾ 등의 報告가 있으나 生脫穀벼의 갈아말림 技작에 關해서는 報告된 바가 없다. 脫穀벼는 政府에서 3cm 程度의 두께로 말려야 한다고 勸奨하고 있으나⁽³⁾ 이를 뒷받침 할만한 資料가 없다. 따라서 本 研究는 生脫穀벼를 갈아말림 할때 乾燥 機作을 밝힘과 同時에 쌀의 品質을 關聯시켜 調査分析함으로써 適正 갈아 말림 條件을 提示하고자 한다.

實驗 材料 및 方法

I. 實驗 材料

서울 大學校 農科 大學 試驗圃場에서 1980년도에 生産된 在來種미네히카리와 統一系의 수원 264號를 試料로 사용하였다. 두 品種의 栽培關係 資料는 表(1)과 같다.

Table 1. Agronomic data of the rice varieties used for the experiment

	Variety	
	Minehikari	Suwon 264
Agronomic history	Minehikari	Suwon 264
Date of sowing	April 14, 1980	April 14, 1980
Date of transplanting	June 12, 1980	May 20, 1980
Date of heading	August 30, 1980	August 3, 1980
Date of cutting	October 17, 1980	September 30, 1980
Moisture content of paddy (% W.B)	28.0	24.3

II. 實驗 方法

1. 乾燥 方法

刈取 즉시 生脫穀한 벼를 日乾하였으며 乾燥는 午前 9時부터 午後 5時까지 野外에서 乾燥하고 夜間에는 室內에서 保管하였다. 乾燥 場所는 塋석, 비닐, 콘크리트, 아스팔트포장, 땅바닥 위에서 行하였는데 벼 두께를 一定한 높이로 하기 위하여 가로세로, 높이(H)가 각각 40×70×Hcm인 箱子를 만들고 箱子바닥에 塋석, 비닐을 附着하고 여기에 벼를 담아 말렸다. 콘크리트와 아스팔트 포장 도로, 땅바닥 乾燥는 밑 바닥이 없는 箱子를 위의 場所들에 놓고 試料를 넣은 後 乾燥하였다. 갈아 말림 벼의 말림 두께를 달리할 때는 높이 H가 각각 2, 4, 6 및 8cm되는 箱子들을 使用하였다.

2. 日射量 測定

乾燥 期間中 日射量은 Robitch Pnyrheriograph (isuzu, Co.)를 사용하여 測定하였으며 日射量의 單位는 水平面 日射量(kcal/cm²h)으로 하였다.

3. 水分 測定

水分은 105°C의 oven에서 常法에 準하여 測定하였다.

4. 日射量 基準 乾燥效率

累計 日射量(E, kcal/cm²)이 1cm²當 0.1kcal가 照射되어 減少되는 水分(% w.b.)를 日射量基準 乾燥效率로 定義하였다.

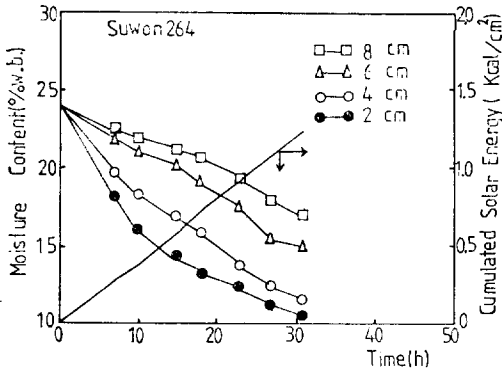
5. 胴割米의 測定

乾燥 벼 250粒을 손으로 가서 電氣 照明板上에서 調査하였다.

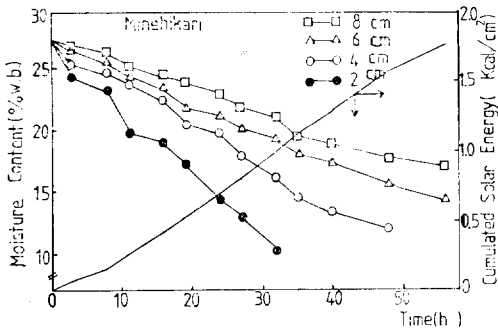
結果 및 考察

1. 生脫穀벼의 乾燥期間別 水分含量

生脫穀벼를 露天 下에서 갈아말림할 경우 乾燥 時間別 水分含量의 變化는 다음 그림 1과 같이 벼의 두께에 따라서 상당한 水分含量 變化의 差異를 보였다.



a) Suwon 264



b) Minehikari

Fig. 1. Drying curves of paddy for the various bed depths

이때 乾燥 期間은 日照時間의 累計로 나타 내었는데 벼의 水分含量 15%(W.B.)까지 乾燥할 때 日射量과 벼의 水分含量(M)과는 一定한 關係를 갖고 있음을 알 수 있다. 즉 벼 두께別 乾燥期間과 水分含量(%W.B.) 減少와는 다음과 같은 간단한 式으로 나타낼 수 있다.

$$M = -at + M_0 \dots (1)$$

式(1)에서 a는 直線의 기울기이며 M₀는 生脫穀벼

Table 2. a-values at the various bed depths of rough rice

Bed depth (cm)	a-value	
	Suwon 264	Minehikari
2	0.72	0.50
4	0.45	0.33
6	0.31	0.24
8	0.22	0.16

의 初期 水分含量(% W.B.)이다. 지금 水原 264號와 米內ヶ리의 a값을 보면 다음 表 2와 같다.

한편 累計 日射量(E, kcal/cm²)과 乾燥 期間(t, h) 사이에는 다음 式(2)(3)과 같은 關係가 成立한다.

$$E = 0.4t, \text{ for Suwon 264} \dots (2)$$

$$E = 0.32t, \text{ for Minehikari} \dots (3)$$

따라서 式(1)에서 乾燥 期間을 累計日射量으로 대입하면 任意의 累計 日射量이 照射된 後의 벼 水分含量(M)을 算出할 수 있는 다음 式 (4)(5)를 얻을 수 있다.

$$M = -a \frac{E}{0.4} + M_0, \text{ for Suwon 264} \dots (4)$$

$$M = -a \frac{E}{0.32} + M_0, \text{ for Minehikari} \dots (5)$$

生脫穀벼를 잘아 말릴 時 風速, 相對濕度 등이 一定치 않았음에도 不拘하고 日射量과 水分含量과의 關係가 一定하게 나왔다는 事實은 日照關係가 가장 重要한 要素로 作用하고 있음을 뒷 받침하고 있다.

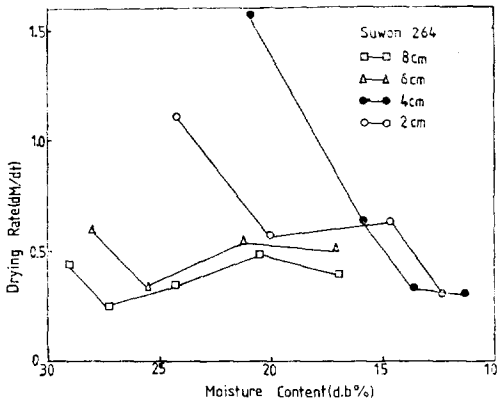
2. 生脫穀벼의 잘아말림 乾燥特性

生脫穀벼를 잘아말림 할 때 乾燥 特性을 究明하기 위하여 벼의 水分含量과 乾燥 速度와의 關係를 벼층의 두께별로 作圖한 結果는 다음 그림 2와 같다.

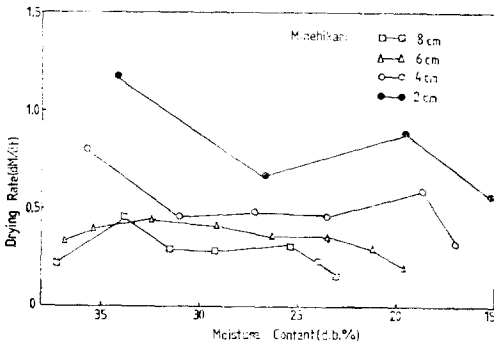
그 結果 水原 264號는 두께가 얇은 2cm, 4cm 두께에서만 減率 乾燥特性을 보였을 뿐 두께가 6, 8cm 로 增加 할수록 乾燥 初期를 除外하고는 거의 恒率 乾燥特性을 보였다. 한편 米內ヶ리의 경우는 2cm 두께에서도 初期를 除外하고는 전부 恒率 乾燥特性을 보여 品種間의 差異點을 發見할 수 있었다. 벼의 乾燥機作은 減率乾燥를 따르는 것으로 알려졌는데 잘아말림에서 대부분 恒率乾燥를 따르는 것은 다음의 두가지 側面에서 說明할 수 있을 것이다.

첫째는 잘아 말림의 경우 日射量이 가장 큰 要因으로 作用하기 때문에 表層벼만이 日射量을 받고 그 以下의 層에서는 熱量의 供給을 받기가 힘들기 때문이다. 둘째로 벼의 熱傳도가 0.12~0.13w/m²C° 程度로⁽⁷⁾ 낮고 大氣의 공기가 內層으로 透過하기 어렵기 때문에 空氣에 依한 水分의 飛散蒸發은 不可能하고 단순한 擴散에만 依存하기 때문일 것이다.

따라서 生脫穀벼의 잘아 말림은 乾燥效率이라는 觀點에서만 볼 때 대단히 非能率的이라고 할 수 있다.



a) Suwon 264



b) Minehikari

Fig. 2. Drying rate curves of paddy for the various bed depths

3. 갈아말림 벼층의 두께가 乾燥速度에 미치는 影響

生脫穀벼의 乾燥機作이 대부분 恒率乾燥에 속한다고 볼 수 있기 때문에 벼층의 두께에 따른 乾燥速度는 벼의 全 乾燥期間의 平均乾燥速度를 比較하는 것이 타당할 것이다. 따라서 벼층의 두께와 平均乾燥速度와 關係를 보면 다음 그림 3과 같이 半對數 座標에서 直線的인 反比例關係를 갖으며 直線은 다음 式 (6)과 같다.

$$\ln(dM/dt) = -0.191H + \ln(1.2),$$

$$17 \leq M(\%, D.B) \leq 39 \dots (6)$$

이 結果로부터 갈아말림벼의 벼층두께(H)를 알 때 平均乾燥速度 및 所要乾燥日數를 算出할 수 있다. 일 例로 벼층의 두께가 2cm에서 6cm로 3배 增加할 때 乾燥速度는 2.1배 程度밖에 減少되지 않은

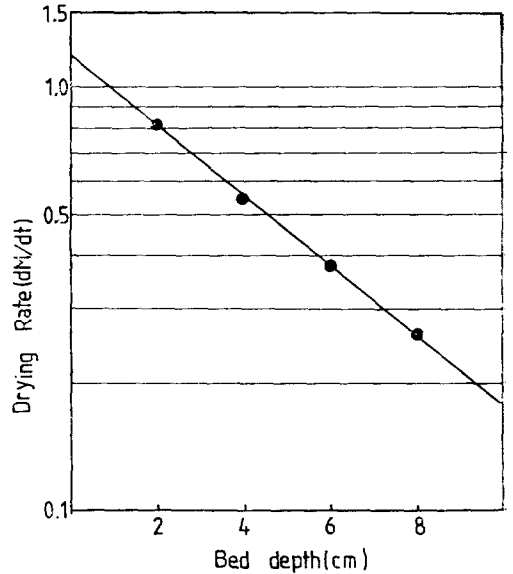


Fig. 3. Plot of average drying rate vs. grain bed depths.

것은 薄層乾燥보다 厚層乾燥가 效率面에서 有利함을 뜻한다. 더우기 乾燥期間 中の 벼 管理에 所要되는 勞動力을 減할 時 6cm程度의 厚層乾燥가 有利하다고 본다.

4. 生脫穀벼의 換積效果

農家에서 生脫穀벼의 乾燥時 換積作業을 施行하고 있는데 換積效果를 究明키 위하여 6cm 두께에서 2回/日 換積하여 非換積區와 比較하여 보았다. 그 結果 乾燥 기간에는 差異를 발견할 수 없었으나 乾燥 速度에는 상당한 差異를 보여 주었다. 즉, 換積作業은 그림 2와 같이 水分含量 15%(W.B.)에 이르는 總乾燥所要 時間 55時間中 6시간을 短縮시켰다. 따라서 換積의 平均乾燥速度를 式 (6)에 代入해 본 結果는 換積 6cm 두께의 乾燥는 非換積 5.3cm 두께에 해당되므로 換積作業은 벼층 두께의 減少와 同等한 效果를 나타냄을 意味한다. 그러나 이 結果는 6cm 區에 대한 結果이기 때문에 모든 두께에서 同一하게 적용되지는 않겠지만 두께가 두꺼울수록 換積效果는 크리라고 사료된다. 勿論 厚層乾燥로 換積을 자주할 경우 勞動力이 다소 所要되는 短點이 있으나 雨天 및 夜間의 管理가 容易하므로 換積作業에 所要되는 追加 勞動力을 充分히 相殺하고도 남음이 있다.

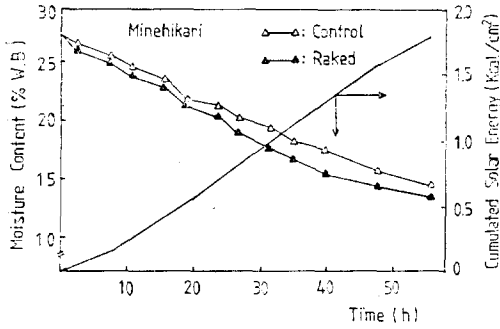
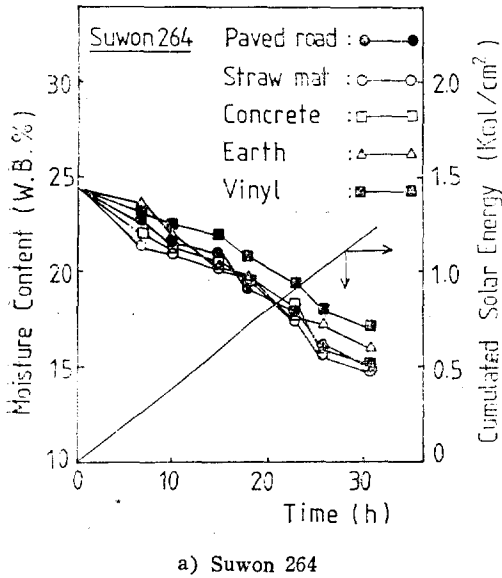
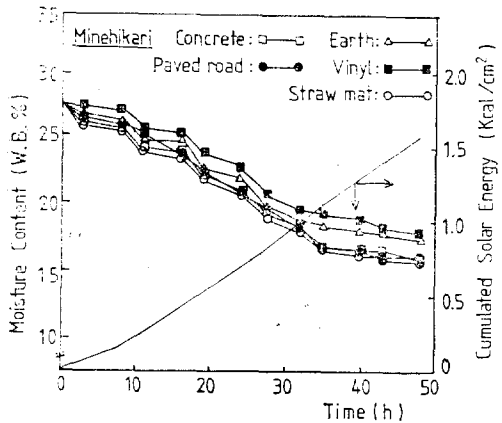


Fig. 4. Effect of raking on paddy drying.



a) Suwon 264



b) Minehikari

Fig. 5. Paddy drying curves at the various material on which bed are formed

5. 乾燥場所가 乾燥速度에 미치는 影響

生脫穀벼는 一般적으로 명석 땅바닥위에서 乾燥 하나 最近에는 비닐, 아스팔트, 콘크리트 위에서 乾燥하는 경우도 허다하다. 따라서 이들 乾燥場所의 영향을 본 結果 그림 5와 같이 비닐, 땅바닥을 除外하고는 거의 같은 경향을 나타 냈다.

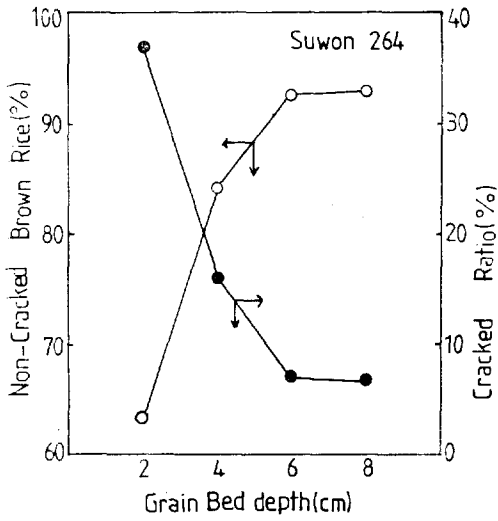
水原 254에서는 비닐의 경우가 他區에 比하여 比較的 乾燥速度가 낮았는데 이는 비닐은 명석등에 比해 保温 能力이 없기 때문에 夜間 凝縮水 生成이 容易하고 凝縮水を 自體 吸收할 수 없어 결국 벼가 이 凝縮水を 재흡수하기 때문일것이다. 이와같은 현상은 미네히카리 品種에서도 관찰 되었다.

6. 벼層두께 및 換積 操作이 胴割米 發生에 미치는 影響

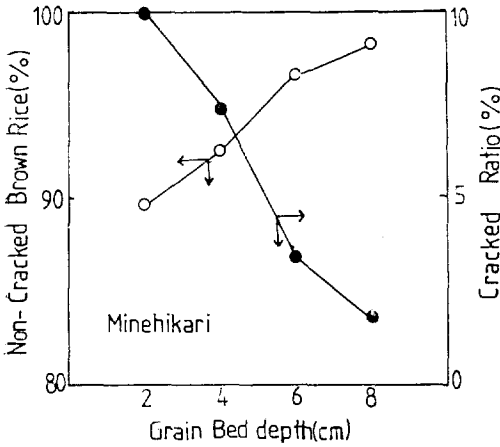
벼의 乾燥速度는 벼 品質에 영향을 준다는 事實은 잘 알려져 있다.⁽⁶⁾ 벼의 두께가 乾燥速度에 영향을 주고 있기 때문에 자연히 벼의 品質에 영향을 줄 것은 充分히 豫測할 수 있다. 그러나 그 程度에 대해서는 定量的으로 알려지지 않았다. 따라서 수원 264와 미네히카리 品種에 關해서 胴割米과 完全米의 收率에 미치는 影響을 調査한 바 그림 6과 같은 結果를 얻을 수 있었다.

그림에서 볼 수 있는 바와 같이 水原 254에서는 2cm 두께에서는 37%의 胴割米을 發生하였으며 4cm에서는 16%, 6, 8cm에서는 7%이었다. 한편 미네히카리의 경우는 2cm에서 10%, 4cm에서 7%, 8cm에서 2%로 比較的 낮은 胴割米 發生率을 보였다. 이와같은 事實은 벼의 두께가 얼마나 品質에 심각한 영향을 주고 있는가를 잘 說明해 주고 있으며 水原 264와 같이 長粒種에서는 더욱 심각하였다. 따라서 水原 264와 같은 경우는 6cm 程度의 두께에서 乾燥하는 것이 바람직하다. 특히 벼層 두께를 2~3cm와 같이 薄層乾燥를 하면 乾燥時間의 短縮에서 얻어지는 利點보다 胴割米 發生으로 인한 被害가 더욱 크다. 따라서 政府에서 벼 두께를 3cm로 勸奨하고 있으나 長粒種에서는 약 40% 胴割米가 發生한다는데 注意를 기울일 必要가 있다.

한편 換積 乾燥를 行할 때 벼層 6cm에서 미네히카리의 경우 非換積面에서는 胴割米이 3.4% 發生하였으나 換積하면 1.5%로 줄일 수 있었다. 따라서 換積效果는 胴割米을 줄이는데도 도움이 될 뿐만 아니라 乾燥效率面에서도 效果가 크다.



a) Suwon 264



b) Minehikari

Fig. 6. Yield of cracked brown rice at various bed depths on mat

結 論

本 研究는 最近 우리나라에서 廣範圍하게 施行되고 있는 生脫穀벼 乾燥方法의 機作과 各種 生脫穀 乾燥 方法間을 相互 比較함으로 現行 乾燥方法의 改善點을 찾고자 하였다. 벼의 乾燥는 크게 나누어 벼의 乾燥速度와 品質이라는 두가지 側面에서 檢討 되어야 할 것이다.

우선 단순한 乾燥 速度 側面에서 볼 때 벼層의 두께가 크게 影響을 준다고 볼 수 있는데 生脫穀

平乾의 乾燥特性上 벼層의 變化와 乾燥速度의 變化는 式 (6)에서 볼 수 있는 바와같이 두께를 減少시키는 比率만큼 乾燥時間을 줄이지 못하였다. 換積의 效果가 벼層의 두께를 낮추는 效果가 있기 때문에 6cm 程度의 두께에서 자주 換積하여 건조하는 것이 바람직 하다고 본다.

다음으로 벼의 品質面에서 볼 때 胴割米의 發生率이 薄層乾燥에서 상당히 높았으며 厚層乾燥일수록, 換積乾燥일수록 胴割米 發生率을 줄일 수 있었다. 이와같은 事實을 綜合的으로 考慮할 때 生脫穀 벼의 乾燥는 어떤 場所에서 乾燥하든 6cm 程度의 두께를 維持하면서 換積作業을 並行함이 바람직함을 알 수 있다. 따라서 政府에서 勸奨하고 있는 3cm 두께의 乾燥는 修正할 必要가 있다고 본다. 특히 長粒種이 많이 普及되고 있는 現實과 長粒種일수록 薄層乾燥時 胴割米 發生率이 많은 點을 감안할 때 薄層乾燥를 피하는 것이 妥當하다고 본다.

要 約

1. 生脫穀벼의 慣行 平乾의 乾燥特性과 各種乾燥 환경이 乾燥速度와 胴割米의 發生에 미치는 影響을 수원 264와 미네히카리 2個의 品種에 對하여 調査 하였다.

2. 生脫穀벼 野外 乾燥時 벼의 水分含量은 主로 照射된 累計日射量에 따라 결정되었으며 乾燥 初期 벼의 水分含量과 日射量과의 關係를 數式化하였다

3. 生脫穀벼 乾燥特性은 대체적으로 恒率乾燥特性을 따랐으며 벼層의 두께가 클수록 恒率乾燥에 따르는 傾向이 더욱 뚜렷하였다.

4. 벼層의 두께와 乾燥速度와의 關係는 指數的인 數式으로 나타 낼 수 있었다.

5. 乾燥期間中 換積效果는 乾燥速度의 面에서는 벼層두께의 減少에 상당하는 效果를 보였으며 胴割米 發生率을 현격히 줄이는 效果를 나타냈으며 水原 264와 같은 長粒種에서 그 效果는 더욱 뚜렷하였다.

6. 生脫穀벼의 乾燥場所 間에는 뚜렷한 差異는 없었으며 日射量 基準 벼의 乾燥效率, 乾燥速度 및 胴割米등을 考慮할 때 最適 벼層의 두께는 6cm 程度 이었다.

謝 意

本 研究를 支援하여 주신 KIST에 感謝하며 研究 進行中 協力과 助言을 아끼지 않으신 崔弘植, 金成坤, 高學均 박사님들께 謝意를 表합니다.

使用記號

- t : drying time (h)
- M : moisture content (% , W.B.) at drying time t
- M_0 : initial moisture content (% , W.B.)
- E : solar radiation at horizontal surface (kcal/cm² · h)
- H : depth of rice bed or box (cm)
- a : slope of line-plotted

參考文獻

1. A.P. O; Training in Storage and preservation of food grains, Traning Manual, Japan(1970)
2. 연기용, 채영; 夏, 秋穀 自然乾燥 및 乾燥 所要 時間調查 農產物檢査所 試驗所 試驗事業 報

告書 p.27~45 (1974)

3. 연기용, 채영; 夏, 秋穀 自然 乾燥 및 乾燥 所要 時間調查 農產物檢査所 試驗所 試驗事業 報告書 p. 37~58 (1975)
4. 徐相龍, 金容煥; 穀物乾燥 方法의 改善 方案, 慶尙大 論文集 16 : 165 (1977)
5. 徐相龍; 晉州地方 慣行 穀物 乾燥作業의 作業別所要勞動力과 作業可能日數에 關한 研究, 慶尙大 農業 研究所報 9(1975)
6. 農村振興廳; 農業 技術 173號 (1980)
7. 金滿秀, 高學均; 벼의 熱傳導 係數와 熱擴散係數에 關한 基礎 研究 農業機械學會誌, 4(2), 53 (1979)
8. Toshizo Ban; Experimental studies on cracks of rice in artificial drying, Institute of Agr. Machinery Tech. Report No. 8 (1971)

<104page로 부터 계속>

正會員 朴容民 : 農業機械 市場 開拓次 동남아시아 訪問(81.7)

正會員 朴壽鉉 : 上同

“ 金景旭 : 서울大 農大 農工學科 助教授 發令(81.11.13)

正會員 이대연 : 한국기어(株)에서 國際綜合(株) 技術開發課長으로 轉任(81.7)

正會員 한영조 : 미국 일리노이 大學에 博士學位 取得次 出國(81.7.27)

正會員 김상헌 : 서울大 農大에서 農學碩士 學位 取得(81.9)

正會員 박우풍 : 화란 國立大學에서 研修後 歸國 (81.8~11月)

正會員 이채식 : 上同

“ 柳寬熙 : 日本 農業機械學會 招請 韓日 水稻作 收穫技術에 關한 심포지움 參加次 日本 訪問(81.8.2-8.16)