

太陽熱集熱機를 이용한 벼의 건조에 관한 연구

張奎燮 · 金滿秀 · 金東萬
忠南大學校, 農科大學
(1979년 8월 10일 수리)

Drying of Rough Rice by Solar Collectors

Kyu Seob Chang, Man Soo Kim and Dong Man Kim

College of Agriculture, Chungnam National University

(Received August 10, 1979)

Abstract

The flat-plate and tubular solar collectors were designed and constructed for drying the rough rice, and the performance of the collectors and drying effect were investigated when rough rice was packed in grain bin connected to collectors. Average-monthly radiation on a horizontal surface based on bright sunshine in Daejeon area during 1978 was the highest as 16,814 KJ/m².day in May and the lowest as 4,254 KJ/m².day in December, and significance was not recognized between the calculated and recorded values. The thermal efficiency of collectors were increased as radiation increased during drying period and the average thermal efficiency of flat-plate and tubular collectors in 11 to 12 o'clock a.m. were 28.12 and 16.75 %, respectively. The average inlet temperature of grain bin at 12 o'clock was shown as 20.02 at control, 40.5 at grain bin connected to tubular collector and 55.1°C at grain bin connected to flat-plate collector. In 25 cm rough rice depth in grain bin, time taken for drying from initial moisture content at 27.4 to decrease upto 17.0 % (14.5 % on wet basis) were 32 in control, 18 in grain bin connected to tubular collector and 11 hrs to flat-plate collector, and grain depth influenced drying rate remarkably. In the view point of drying characteristics, drying pattern showed initially falling-rate to constant-rate period finally.

序 論

限定된 化石 에너지源의 地域的 偏在로 因한 에너지 危機 意識은 날이 갈수록 더욱 深刻한 問題로 擡頭되고 있어 에너지 源의 節約과 代替 方案에 관한 研究가 全世界의 主要 課題로 登場하게 되었다. 太陽은 地球上에 年間 17.6×10^{20} Kcal⁽¹⁾에 達하는 莫大한 量을 供給하고 있어서 賦存 資源이 不足한 우리나라의 與件으로는 太陽 에너지 活用 分野의 研究가 切實하다고 보겠으나 太

陽 에너지는 氣象 및 地理的 與件等에 크게 左右되며 密度가 1 Kw/m² 程度로 낮아서 利用上의 어려운 點을 內包하고 있다.

太陽 에너지를 利用한 農産物 乾燥에는 두가지 類型이 있는데 하나는 乾燥 하고 저 하는 物質을 直接 露出시키는 方法과 太陽 熱로 熱風을 만들어 乾燥하는 方法等⁽¹⁻⁴⁾이 있는데 後者の 境遇 被乾燥物이 直接 太陽 熱을 받지 않으므로 고르고 또한 빨리 乾燥된다는 長點이 있어 많이 利用되고 있으며, 熱風을 利用한 乾燥 方法을 다시 大別하면 high-temperature, high speed

* 本 研究는 1978年度 産學 協同 財團 學術 研究費에 依하여 遂行된 것임.

drying system과 low-temperature, in-storage drying system^(5,6)이 있는데 Lipper⁽⁷⁾ 등은 後者의 境遇가 經濟的으로나 被乾物의 品質面에서 바람직한 方法이라고 報告하였다.

農作物을 播種하여 收穫後 乾燥에 이르기까지 쓰이는 農用 燃料의 消耗를 分析한 結果⁽⁸⁾에 依하면 乾燥에 使用되는 量이 總 燃料 消耗의 60~70%에 達하며 特히 熱風 乾燥에 利用되는 燃料의 90~95%가 石油等 化石 燃料를 使用하고 있으므로 太陽熱을 利用한 乾燥 方法은 에너지 節約이라는 次元에서 必要하다고 보겠다.

Low-temperature, in-storage drying system에 利用되는 grain bin은 貯藏 管理 및 乾燥를 效率的으로 同時에 遂行할 수 있는 長點이 있어 이미 外國에서는 널리 利用되고 있으며⁽¹⁾, grain bin에 附着하는 太陽熱 集熱機에는 平板型 集熱機, 튜브型 集熱機가 있다. 平板型 集熱機는 유리 덩게 밑에 熱傳導도가 높은 알루미늄과 같은 金屬板을 無光澤 黑色 페인트로 塗裝하여 集熱板으로 하고 吸收된 熱은 밑바닥에 흐르는 熱傳達 媒體인 空氣와 熱 交換이 일어나게 되며 이때의 熱風이 fan에 依해 grain bin에 流入 되도록 하는데 集熱板의 吸收率은 90%以上 되어야 한다고 報告 하였으며^(4,5,9,10), 튜브型 集熱機는 透明 플라스틱 필름을 튜브型으로 接合한 속에 吸熱體로 黑色 플라스틱 튜브를 넣어 集熱토록 한것인데 入口에서 fan으로 送風 함으로서 加熱 空氣가 grain bin 속으로 들어가면서 플라스틱 필름 튜브를 부풀게 한 것으로 東西 方向으로 設置하는 것이 南北 方向으로 한 것보다 太陽의 入射角이 작아 더 높은 溫度의 熱風을 얻을 수 있다고 하였다⁽⁹⁾.

이와 같은 集熱機를 grain bin에 附着하여 콩과 옥수수를 乾燥한 Peterson^(11,12)의 報告에 따르면, 옥수수의 境遇 水分 含量이 13.2% 되기까지 20일이 걸린 反面에 常溫 通風 乾燥는 같은 期間동안에 14.4% 였으며, Bauman⁽¹³⁾은 穀物 1 ton 乾燥에 所要되는 集熱機 面積은 0.35~2.65 m²가 合理的이라고 하였다.

따라서 本 試驗에서는 그 構造가 簡單하고 製作費가 低廉한 平板型과 튜브型 集熱機를 製作, grain bin에 附着하여 穀物 乾燥에 活用할 때의 基本 資料와 벼를 grain bin에 넣어 乾燥할 때의 效果를 研究 檢討하여 몇가지 結果를 얻었기에 報告하는 바이다

材料 및 方法

實驗 材料

忠南 大學校 農科 大學 試驗 圃場에서 栽培한 벼 品種 密陽 15號를 1978年 10月 6日 收穫하여 14日間

에서 天日 乾燥한 後 脫穀하여 水分 含量 21.5%(乾物中 27.4%)인 벼를 乾燥用 試料로 使用하였다.

實驗 裝置

가. 平板 集熱機(Flat-plate collector)

本 實驗에서 使用한 太陽熱 平板 集熱機는 Fig. 1과 같이 1.8×0.8×0.16 m 크기로 製作 하였으며 外裝製는 두께 1.5 mm의 스텐레스 鐵板으로 하였고 여기에 黑色 페인트로 塗裝 하였다. 吸熱板은 두께 0.6 mm의 알루미늄板으로 單位 面積當의 表面積을 높이기 爲하여 골의 間隔을 5.2 cm되게 주름을 잡았고 表面에는 無光澤 페인트로 噴霧 塗裝하였으며 吸熱板이 上下로 移動할 수 있도록 하였다. 集熱機의 熱 損失을 막기 爲해 內部에는 5 cm 두께의 스티로폴을 附着 하였고 덮개 유리의 두께는 3 mm로 光 透過도가 91%인 것으로 攄었으며 가장 자리에서 물이 內部로 스며 들지 못하도록 防水 패킹을 하였다. 集熱機의 傾斜角과 方向을 調整할 수 있도록 上下 左右로 移動시킬 수 있는 레버를 裝置 하였고 1/6 馬力의 모터와 連結된 送風機를 集熱機의 出口쪽에 附着하여 左側 入口에서 들어온 空氣가 吸熱板의 上下로 되어있는 流路를 通過하는 동안에 加熱되어 grain bin 內로 보내지도록 하였다. 流量의 調節은 集熱機의 出入口에 附着된 開閉門에 依하였고 流速의 測定은 Orifice 計측기로 행하였으며 流量은 0.3 m³/min가 維持되도록 하였다. 送風機로 들어가는 空氣의 濕氣를 除去하기 爲

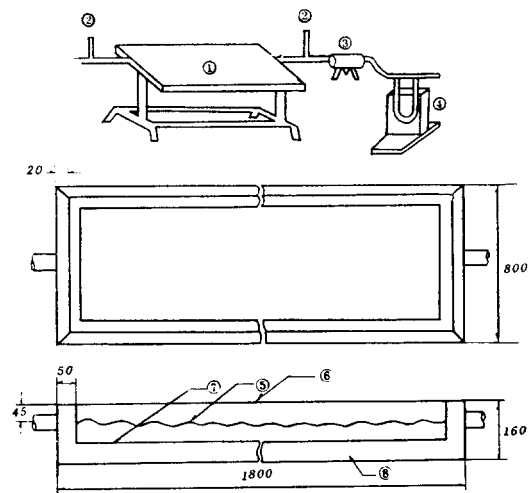


Fig. 1. Schematic and detail diagram of flat-plate collector

- 1. Solar collector
- 2. Thermocouple
- 3. Fan
- 4. Orifice meter
- 5. Corrugated Al. plate with black paint
- 6. Glass (t : 3)
- 7. Al. plate with black paint
- 8. Foam polystyrene

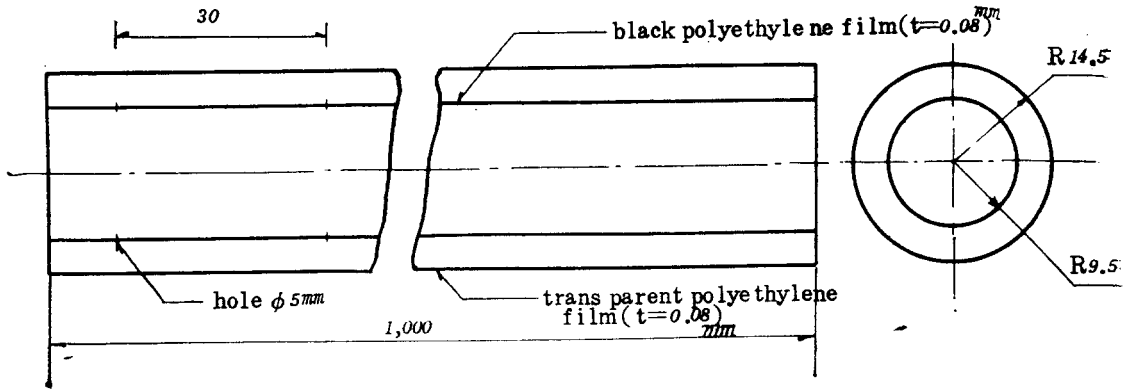


Fig. 2. Details of tubular collector with polyethylene film

Table 1. Specification of the solar collectors being used and its material

| Items | Collectors | Solar air collector | Solar tubular collector |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| Size(m) | | $L_{1.80} \times W_{0.80} \times H_{0.16}$ | $\phi_{0.19} \times L_{10.00}$ |
| Net absorbing area (m ²) | | 1.17 | 1.90 |
| Tilted angle and direction | | 46° | east to west |
| Flow rate(m ³ /hr) | | 1.8 | 1.8 |
| Material | Absorbing surface | Black-painted corrugated aluminum plate | Black color tubular polyethylene film |
| | Insulation | Polystyrene foam with thickness of 0.05m | none |

을 채워서 外部의 空氣를 除濕筒의 silica gel 層을 通過시켜 濕氣가 除去된 後 集熱機로 流入되도록 하였다. 튜브型 集熱機(Tubular collector)

Fig. 2와 같이 0.08 mm 두께의 폴리에틸렌 필름을 반경 14.5 cm되게 接合 하였고 그안에 黑色 폴리에틸렌 필름을 반경 9.5 cm되게 만들어 넣었으며 集熱 필름內의 熱風을 바깥쪽으로 循環시키기 爲하여 30 cm 間接으로 直徑 5 mm의 구멍을 뚫었다. 入口 쪽에는 1/6 馬力 送風 fan을 附着하여 流量이 0.3 m³/min가 維持 되도록 送風量을 調節 하였으며 測定은 Orifice 計측기를 使用하였다.

以上 두가지 集熱機의 製作은 Whillier^(14,15) 등의 研究 結果를 參考 하였으며 製作에 使用된 材料는 Table 1과 같다.

本 實驗에서 使用된 두가지 形態의 集熱機와 grain bin과의 連結 方法, 對比區 및 溫度 測定點 등의 位置

해 直徑 18 cm, 높이 51 cm 크기의 除濕筒을 만들었고 內部에는 直徑 15 cm, 높이 50 cm의 鐵網에 silica gel

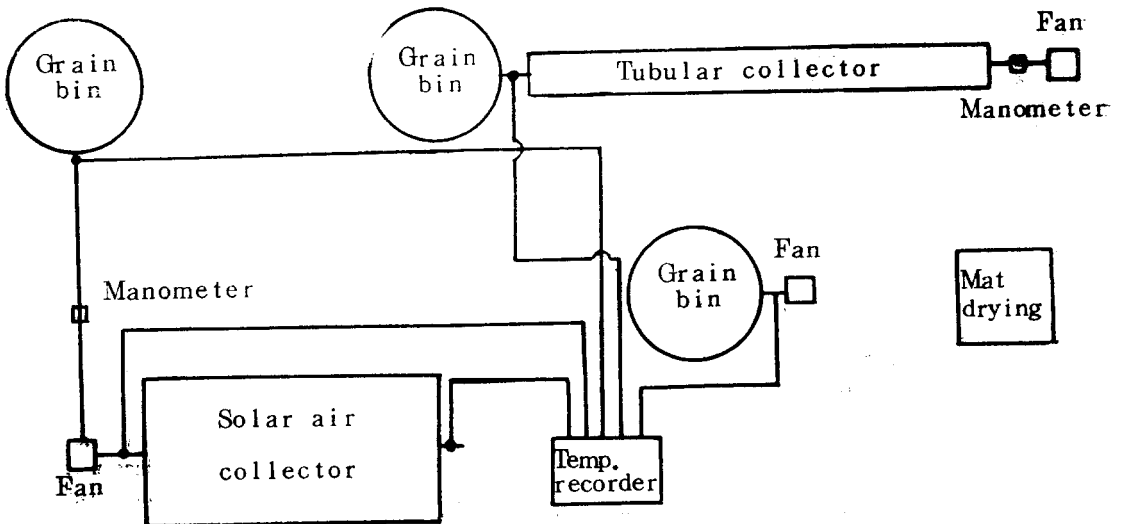


Fig. 3. Arrangement of the experimental apparatuses and measuring systems

를 綜合하여 表示하면 Fig. 3과 같다.

實驗 方法

가. 溫度 測定

集熱機의 入口 및 出口, grain bin의 入口, grain bin內의 穀物 두께에 따른 中心部の 溫度는 copper-constantan thermocouple을 裝置하여 mV-recorder로 測定 하였다.

나. 月 平均 水平面 日射量

地表上의 日射量은 구름에 依한 影響이 가장 크기 때문에 水平面 日射量을 日照時數에 依해 求하려는 試圖가 오래 前부터 研究되어 왔으며 最近에는 Löf⁽¹⁰⁾, Duffie⁽¹¹⁾ 등에 依하여 修正된 式을 一般의으로 活用하는 데 다음과 같이 表示된다.

$$H_{av} = H_o \left(a + b \frac{n}{N} \right)$$

여기서

H_{av} : average horizontal radiation for the period

H_o : average radiation outside of the atmosphere for the some location

n : average daily hours of bright sunshine

N : maximum daily hours of bright sunshine

a, b : constants

다. 集熱機의 效率

集熱機의 效率는 Whillier^(14,15) 등이 energy balance 에 간간을 두어 發展한 式을 使用하였으며 다음과 같다.

平板 集熱機 : $N_c = \frac{qu}{AHR}$, $qu = WC_p \Delta t$

튜브型 集熱機 : $N_t = \frac{qu}{AH}$

여기서

N_c : flat-plate collector efficiency, %

N_t : tubular collector efficiency, %

qu : energy utilized to heat air, KJ/hr

H : radiation received on a horizontal surface, KJ/hr.m²

R : geometric factor converting horizontal readings to readings tilted surface

W : air mass velocity, kg/hr

C_p : specific heat of the air at constant pressure, KJ/kg.°C

Δt : temp. rise of the air in the collector, °C

A : effective collector area, m²

結果 및 考察

月平均 水平面 日射量

Löf^(10,16) 등이 定立한 式을 適用하여 月平均 水平面 日射量을 算出할 때, 常數인 a, b 의 값을 氣候條件이나 植物 分布에 따라 分類 하였으나 우리나라에서는 이들 값을 直接 適用하기는 不合理하다고 認定하여 大田 地方의 지난 五年間의 記錄值를 가지고 常數 a, b 를 求한 結果, $H_{av} = (1.546 \frac{n}{N} - 0.582) H_o$ 와 같은 式을 얻을 수 있었으며⁽¹⁷⁾ 이식에 依한 計算值와 實際 記錄值를 比較한 結果는 Table 2와 같다.

表에서 나타난 바와 같이 1978年度 大田 地方의 月平均 水平面 日射量이 가장 높은 달은 5月로서 記錄值는 16,814 KJ/m².day였고 가장 낮은 달은 12月로서 4,254 KJ/m².day로 나타났으며 秋穀 乾燥 期間인 10月은 7,549 KJ/m².day이었으며 金等⁽¹⁸⁾의 報告에 依하

Table. 2. Average daily total radiation calculated based on the average and the maximum hours of bright sunshine, and recorded values on the horizontal surface for Daejeon (1978)

| Month | H_o (KJ/m ² .day) | n (hr.) | N (hr) | n/N | H_{av} (KJ/m ² .day) | H (recorded) (KJ/m ² .day) |
|-------|-----------------------------------|-----------|----------|-------|--------------------------------------|--------------------------------------------|
| Jan. | 17,053 | 4.20 | 8.20 | 0.512 | 3,573 | 4,815 |
| Feb. | 22,171 | 5.37 | 7.70 | 0.697 | 10,987 | 10,199 |
| Mar. | 28,558 | 6.99 | 10.10 | 0.692 | 13,935 | 13,155 |
| Apr. | 35,186 | 8.33 | 12.10 | 0.688 | 16,947 | 16,689 |
| May | 39,517 | 8.51 | 13.00 | 0.655 | 17,017 | 16,814 |
| Jun. | 41,269 | 7.25 | 13.20 | 0.549 | 11,009 | 10,768 |
| Jul. | 40,418 | 7.13 | 12.90 | 0.553 | 11,032 | 10,789 |
| Aug. | 36,952 | 6.87 | 12.20 | 0.563 | 10,657 | 10,496 |
| Sep. | 31,030 | 6.13 | 10.80 | 0.568 | 9,189 | 8,441 |
| Oct. | 24,216 | 5.91 | 10.30 | 0.574 | 7,396 | 7,549 |
| Nov. | 18,283 | 4.85 | 8.80 | 0.551 | 4,934 | 4,635 |
| Dec. | 15,730 | 4.94 | 9.20 | 0.537 | 3,904 | 4,254 |

면 穀物 乾燥와 關連된 韓國의 氣象 條件은 10月中 3日 程度를 乾燥 不可能日로 나타냈으며, 따라서 우리나라 中部 地方의 氣象 條件은 太陽 熱을 利用한 熱風 乾燥의 可能性이 높다고 할 수 있겠다.

또한 月平均 水平面 日射量의 計算值와 記錄 值間의 差에 對하여 t檢定을 實施한 結果, 어느 水準에서도 그들間의 有意性이 認定되지 않았으므로 이 式에 依한 日射量의 計算이나 豫測을 할 수 있을 것으로 본다.

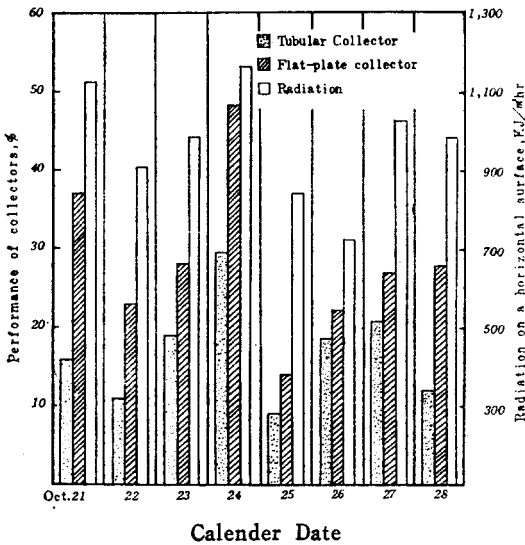


Fig. 4. Performance of collectors being used and radiation on a horizontal surface during 10-11 o'clock daily

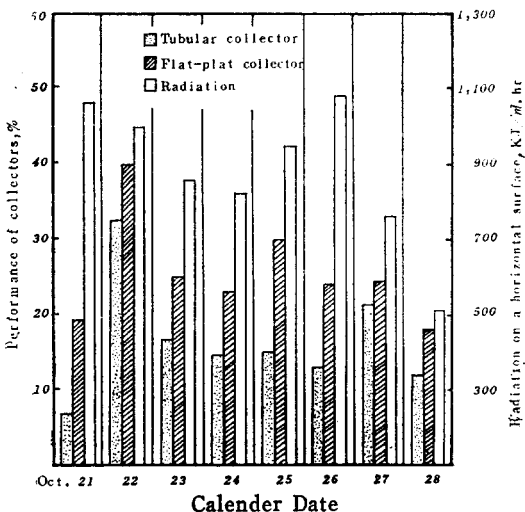


Fig. 5. Performance of collectors being used and radiation on a horizontal surface during 14-15 o'clock daily

集熱機의 效率

集熱機의 效率 分析은 穀物 乾燥 期間인 10月 21日 부터 28日까지 8日間에 걸쳐 매일 10~11時사이와 14~15時 사이의 日射量을 測定하여 두 集熱機의 效率을 算出 하였다.

Fig. 4와 5에서 나타난 바와 같이 測定 時間의 日射量에 따라 效率도 달리 나타났으며 日射量이 클수록 效率도 높은 傾向을 나타냈고 一般의으로 平板 集熱機가 튜브型 集熱機보다 效率이 5~20% 높았다.

더 具體的으로 살펴보면 乾燥 期間동안 11~12時 사이의 平板 集熱機의 平均 效率은 28.12%로서 튜브型의 16.75 보다 11.37% 높았으며 이때의 平均 日射量은 980 KJ/m²·hr이었다. 한편 同一 期間 동안의 14~15時 사이의 平均 日射量은 860 KJ/m²·hr로써 오전 보다 120 KJ/m²·hr 낮았으며 效率도 이와 類似한 傾向을 나타내어 平板 集熱機에서는 2.87가, 튜브型 集熱機에서는 1.2%程度가 낮아 Gupta⁽¹⁸⁾ 등의 結果와 비슷하였다. 以上の 結果에서 나타난 바와 같이 一般的으로 乾燥 期間 동안의 效率은 平板 集熱機가 튜브型 集熱機보다 若干 높았으며 日射量이 클수록 效率도 높았다.

穀物 乾燥

가. 乾燥 期間中 外氣, 集熱機 및 grain bin內의 溫濕度 變化

乾燥 期間 동안 大田 地方의 12時를 基準으로 하는 外氣 溫濕度, 集熱機의 入出 溫度, 集熱機와 連結된 grain bin內에 穀物의 두께에 따른 溫濕度 變化等을 調査한 結果는 Table 3에서 보는 바와 같다.

即 平均 外氣 溫度는 20.02°C이고 平均 相對 濕度는 45.65%로써 農產物 乾燥에 比較的 좋은 條件이었으며 集熱機의 出口 溫度는 平板 集熱機의 境遇 平均 55.1°C로써 平均 外氣 溫度보다 25.08°C나 높게 나타났으며 外氣 溫度和 集熱機를 通過한 空氣의 溫度와의 差異는 23~30°C 程度였다.

Grain bin內의 層別 溫度를 보면 穀物 두께가 25 cm인 層은 平均 溫度가 34.65°C, 50 cm인 層은 29.88°C, 75 cm 層은 27.28°C로 위로 올라 갈수록 溫度는 낮아졌으며 튜브型 集熱機에서는 出口 溫度가 40.5°C로 平板 集熱機보다 15°C 낮았으나 對比區보다는 20°C 程度 높게 나타나 平板 集熱機에는 못미처라도 常溫 通風 乾燥 보다는 훨씬 效果가 있음을 나타냈으며, 이와 같은 傾向은 Morrison⁽²⁰⁾의 研究와 一致하였고 層別 溫度에서는 平板 集熱機의 grain bin內 層別 溫度와 類似하게 上層으로 갈수록 낮아졌으나 對比區의 境遇 反對로 上昇되는 理由는 grain bin 表面에서 輻射熱을 받기 때문에 常溫 보다 높아지는 傾向을 나타낸 것으로 본다.

Table 3. Temperature and relative humidity of atmosphere, collectors and grain bin at 12 o'clock during drying period*

| Date | Atmosphere | | Flat-plate | | | | Tubular | | | | Control | | | |
|---------|------------|----------|------------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|------|---------|------|-------|-------|
| | Temp. (°C) | R.H. (%) | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Oct. 21 | 18.5 | 36.3 | 61.6 | 39.6 | 35.2 | 31.4 | 39.5 | 29.7 | 26.9 | 24.0 | 18.5 | 20.5 | 20.5 | 20.7 |
| 22 | 18.1 | 38.7 | 46.5 | 28.6 | 25.4 | 23.9 | 36.5 | 29.5 | 27.6 | 26.4 | 18.1 | 18.6 | 19.7 | 19.4 |
| 23 | 20.7 | 42.5 | 59.2 | 33.2 | 30.3 | 28.2 | 40.2 | 35.1 | 32.3 | 28.8 | 20.7 | 21.2 | 21.5 | 20.6 |
| 24 | 21.8 | 54.4 | 46.5 | 29.5 | 21.0 | 20.9 | 33.7 | 31.4 | 29.3 | 26.7 | 21.8 | 22.8 | 21.5 | 21.9 |
| 25 | 22.4 | 49.8 | 65.5 | 41.3 | 35.7 | 31.6 | 45.8 | 41.1 | 24.5 | 23.2 | 22.4 | 25.5 | 23.7 | 22.1 |
| 26 | 23.6 | 46.3 | 63.8 | 42.4 | 34.2 | 31.3 | 46.5 | 42.6 | 38.1 | 36.4 | 23.6 | 23.3 | 22.4 | 22.3 |
| 27 | 16.7 | 50.4 | 43.5 | 28.4 | 26.9 | 23.5 | 37.5 | 34.0 | 30.4 | 25.9 | 16.7 | 18.0 | 19.5 | 19.3 |
| 28 | 18.4 | 46.8 | 54.7 | 34.2 | 30.3 | 27.5 | 44.5 | 42.5 | 37.6 | 36.7 | 18.4 | 20.1 | 21.2 | 23.8 |
| Average | 20.02 | 45.65 | 55.1 | 34.65 | 29.88 | 27.28 | 40.5 | 35.73 | 30.83 | 28.5 | 20.02 | 21 | 21.25 | 21.26 |

- * 1. Outlet temp. of collector (°C)
- 2. Temp. of bottom layer in grain bin (25 cm grain depth)
- 3. Temp. of middle layer in grain bin (50 cm grain depth)
- 4. Temp. of top layer in grain bin (75 cm grain depth)

나. 乾燥 試驗

水分 含量 21.5 % (乾物中 27.4 %)인 벼를 3개의 grain bin에 各各 210 Kg씩 넣고 그중 하나는 平板 集熱機에, 다른 하나는 튜브型 集熱機에 連結 하였으며, 나머지 하나는 集熱機에 連結하지 않은 對比區로 하여 比較 實驗을 遂行 하였고 1日間 集熱機의 運用 時間은 8時間으로 하였다.

一般的으로 初期 水分 含量, 推積 두께, 熱風 溫度는

乾燥 時間과 水分 含量과의 關係에 依한 乾燥 速度 曲線으로 表示하는 데, 平板 集熱에 依한 加熱된 空氣를 grain bin에 送風 하였을 때의 벼의 乾燥 速度 曲線은 Fig. 6과 같다.

初期 水分 含量을 27.4 %로 하였을 때 推積層의 두께에 따른 乾燥 速度는 相當한 差異를 나타냈는데 穀物 水分 含量을 17.0 % (生體中 14.5 %)까지 떨어뜨리는 데는 25 cm 穀物層에서는 11時間, 50 cm 穀物層에서는 22

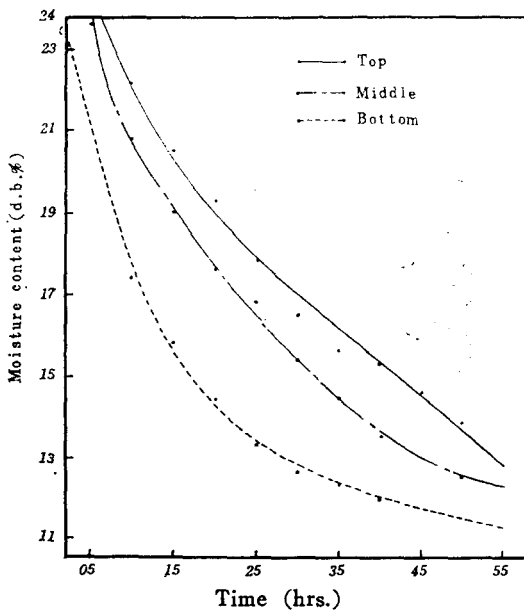


Fig. 6. Drying curves of different layers in grain bin connected to the flat-plate collector

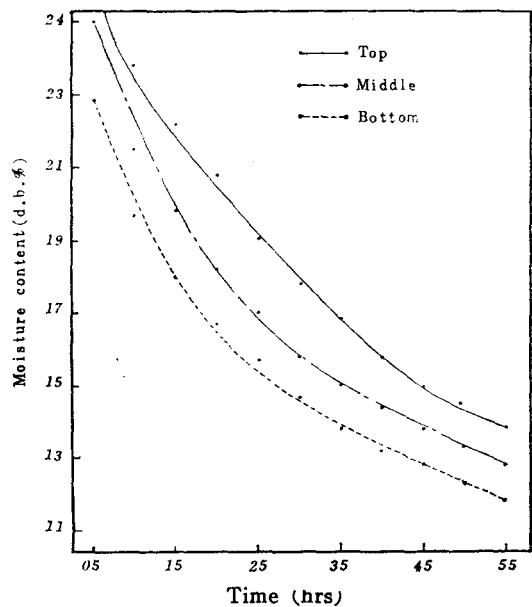


Fig. 7. Drying curves of different layers in grain bin connected to the tubular collector

時間, 75 cm層에서는 29時間이 所要 되었으며 이와같은 結果로 보아 可能한 한 均一한 乾燥를 實施하기 爲하여는 推積 두께에 깊은 關心을 가져야할 것으로 본다.

튜브型 集熱機를 利用한 grain bin內 乾燥에서도 앞에서와 유사한 傾向이었는데 (Fig. 7) 最下層의 穀物 水分 含量이 17%에 到達할 때까지 18時間, 上層이 35

時間 걸렸으며 이는 平板 集熱機에서 보다 5~6時間 더 所要 되었는데 이와같은 結果는 平板 集熱機의 出口 溫度가 더 높았기 때문인 것으로 分析된다.

集熱機를 附着하지 않은 常溫 通風 乾燥의 對比區와 比較 하여 보면 (Fig. 8) 上記 두 集熱機를 使用하였을 때 乾燥 速度에서 커다란 差를 나타내고 있는데 특히 上層의 境遇는 17%까지 到達하는데 60時間이 걸렸으며 이는 Robertson⁽²¹⁾이 平板 集熱機를 利用하여 캐비닛 乾燥機에서 穀物을 乾燥할 때의 結果와 一致함을 보여 주고 있다.

以上的 結果를 比較하기 爲하여 平板 集熱機, 튜브型 集熱機 및 對比區의 grain bin에서 下層 및 上層만의 乾燥 速度를 表示하면 Fig. 9와 같다.

이러한 結果를 더 明確히 觀察하고자 Fig. 9의 乾燥 曲線을 圖上 微分 (graphical differentiation)하여 各 條件別 水分 含量 減少率 (dM/dt)를 求하였는데 (Fig. 10) 時間別 水分 含量 減少는 平板 集熱機, 튜브型 集熱機, 對比區 供히 約 10時間까지 急速히 減少 되었다가 완만 하게 되었는데 初期에서는 恒率 乾燥期를 거치지 않고 바로 減率 乾燥期로 들어갔고 時間에 따른 乾燥率의 傾向은 비슷하였다.

集熱機別, 推積 두께別 特徵은 乾燥 速度와 水分 含量을 對比하여 보다 明確히 究明할 수 있는데 一般의 으로 乾燥 速度는 水分 含量에 따라 다르므로 乾燥 現象

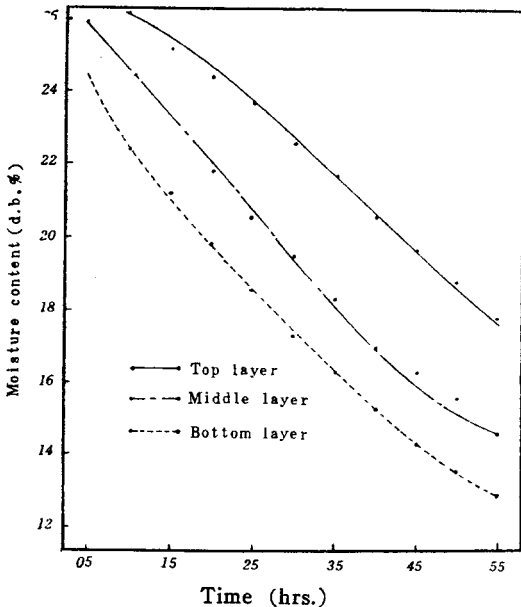


Fig. 8. Drying curves of different layers in grain bin (control)

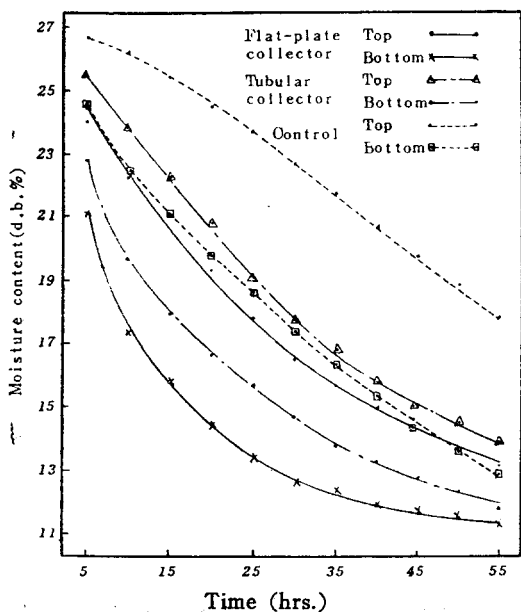


Fig. 9. Drying curves of different layers of rough rice in grain bin connected to collectors

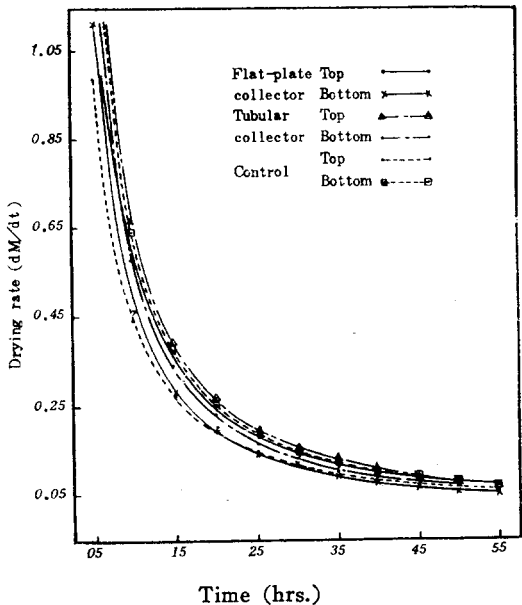


Fig. 10. Drying rates curves of different layers of rough rice in grain bin connected to collectors

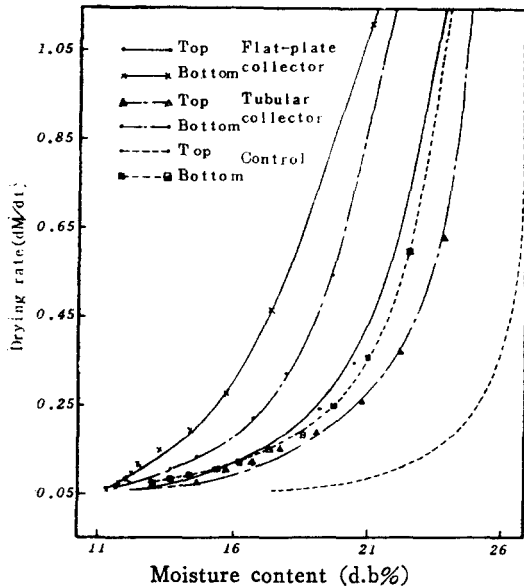


Fig. 11. Drying rates vs moisture content of different layers of rough rice in grain bin connected to collectors

究明時는 순간 乾燥 速度가 더 큰 意義를 갖게 되어 Fig. 9 를 水分 含量에 따른 乾燥 曲線으로 表示하였다(Fig. 11).

여기서 나타난 바와 같이 水分 含量이 높아짐에 따라 乾燥率도 當然히 높았으며 17% 水分 含量에 到達할 때의 乾燥率을 比較하여 보면 平板 集熱機를 使用한 grain bin 下層이 가장 높았고 다음이 튜브型 集熱機를 使用한 grain bin의 下層, 平板 集熱機를 利用한 것의 上層 순서였으며, 平板 集熱機를 利用한 것의 下層 乾燥率은 常溫 通風 乾燥의 上層과 比較하여 거의 2배의 差異를 나타냈다.

이러한 結果는 常溫 通風 乾燥를 할 때 grain bin 內의 推積 두께에 따른 pea bean의 乾燥率 曲線에서도 같은 傾向이었다.

以上的 結果를 綜合해 보면 太陽熱 集熱機 裝置를 利用 함으로써 被乾物의 質에 損傷없이 天日 乾燥 때보다 乾燥 期間을 短縮할 수 있고 熱風 乾燥 時에 消耗되는 燃料를 節約할 수 있으며 常溫 通風 乾燥보다 乾燥率을 높일 수 있다. 이때 穀物의 推積 두께에 따라 乾燥 速度의 差異가 나므로 grain bin에서 乾燥와 貯藏을 同時에 遂行할 때에 適定 水分 含量 까지 내리는데 所要되는 期間을 推積 두께에 따라 算出할 수 있다.

要 約

穀物의 天日 乾燥와 燃料를 熱源으로 하는 熱風 乾燥

의 問題點을 補完하기 爲한 試圖로서 構造가 簡單하고 製作費가 低廉한 平板 集熱機와 튜브型 集熱機를 設計 製作하여 活用に 必要한 基礎的인 것을 研究 檢討 하였으며, 實際 穀物을 grain bin에 넣고 集熱機를 附着 하였을 때 乾燥 效果를 究明하였던 바 그 結果는 다음과 같다.

1. 1978年度 大田 地方의 日照 時數에 依한 水平面 日射量은 5月이 16,814 KJ/m²·day로 가장 높았고 12月이 4,254 KJ/m²·day로 가장 낮았으며 記錄值와 計算值에 依한 有意性은 認定되지 않았다.

2. 穀物 乾燥 期間(10月 21日~28日)동안 午前 午後 두차례에 걸쳐 集熱機의 效率를 算出 하였던 바, 日射量이 클수록 效率도 높았으며 11~12時사이의 平板 集熱機의 平均 效率은 28.12 로서 튜브型의 16.75 보다 11.37 %가 높았다.

3. 乾燥 期間中 12時를 基準으로 한 grain bin 入口의 溫度는 對比區가 20.02, 튜브型 集熱機에 連結된 grain bin이 40.5, 平板 集熱機의 grain bin이 55.1 °C로서 큰 差異를 나타냈으며 grain bin內 穀物 推積 두께에 따른 溫度 變化에서 平板 集熱機와 튜브型 集熱機의 grain bin은 穀物層이 두꺼울 수록 낮았으나 對比區는 別差異가 없었다.

4. 初期 水分 含量이 27.4 %인 穀物을 17.0 % (生體中 14.5 %)까지 떨어 뜨리는데 25 cm 穀物 두께에서 對比區가 32, 튜브型의 grain bin이 18, 平板 集熱機의 grain bin이 11時間이 걸렸으며, 穀物 推積 두께는 乾燥 速度에 커다란 影響을 미쳤고, 乾燥 特性은 初期 減率 乾燥期를 걸쳐 恒率 乾燥期로 되었다.

References

1. Duffie, J. A. and Beckman, W. A. : *Solar Energy Thermal Process*, Wiley-Interscience, New York (1974)
2. Khan, E. U. : *Solar Energy*, 8, 17 (1964)
3. Lawand, T. A. : *Solar Energy*, 10, 158 (1966)
4. Phillips, A. L. : *Solar Energy*, 9, 213 (1965)
5. Foster, G. H. and Peart, R. M. : *USDA, Agricultural Research Agriculture Information Bull.*, 401 (1976)
6. Meyer, G. E., Keener, H. M. and Roller, W. L. : Paper No. 75-3002, *Am. Soc. Agr. Eng. St. Joseph, Mish.* (1975)
7. Lipper, R. I. and Davis, C. P. : *Agricultural Research*, 14, 8 (1960)

8. Isaacs, G. W. : *Energy for Agriculture Conference at Purdue Univ.* (1973)
9. Irvine, T. F. : *Solar Energy*, 2, 12 (1958)
10. Löf, G. O. G. and Tybout, R. A. : *ASME Paper* 72-WA/Sol-8, (1972)
11. Peterson, W. H. : *Transaction of the ASAE*, 19, 2 (1976)
12. Peterson, W. H. : *Solar Electric Crop Dryer, Progress Report. EMC 657*, South Dakota Univ., (1973)
13. Bauman, B. S., Finner, M. F. and Shove, G. C. : Paper No. 75-3514. *Am. Soc. Agr. Eng. St. Joseph, Mich.* (1975)
14. Whillier, A. : *Solar Energy*, 8, 1 (1964)
15. Whillier, A. and Saluja, G. : *Solar Energy*, 9, 1 (1965)
16. Löf, G. O. G., Duffie, J. A. and Smith, C. O. : *Solar Energy*, 10, (1966)
17. Chang, K. S. and Kim, M. S. : *J. KSAM*, 2, 2 (1977)
18. Kim, S. R. : *J. KSAE*, 6, 1 (1974)
19. Gupta, G. I. and Gary, H. : *Solar Energy*, 11, 1 (1967)
20. Morrison, D. W. and Shove, G. O. : Paper No. 77-3546. *ASAE. St. Joseph, Mich.*, (1973)
21. Robertson, K. E. and Mowry, G. R. : *Fourth Quarter Report, Dept. of Agr. Eng. Kansas Univ.* (1967)
22. Peterson, W. H. : Paper No. NC73-302, *Am. Soc. Agr. Eng., St. Joseph, Mich.* (1973)