

最近의 벼의 乾燥技術 및 乾燥機에 關하여

李 奉 珍* · 金 光 培*

農場에서 Combine 이나, 낫으로 베어 收穫된 벼는 收穫時의 氣象狀態나 벼의 種類等에 따라 相異하나 約 20~27%의 높은 含水率*을 가지고 있다. 이러한 高含水率의 벼는 呼吸量이 많고 곰팡이 發生에 依한 變質이 容易하므로 長期貯藏을 爲한 最適의 含水率인 14~15%까지 乾燥시킬 必要가 있다.

* 含水率: 乾量基準含水率(D. B.) = $\frac{\text{材料中の 水分量}}{\text{含水材料의 重量}} \times 100$ (%)와 濕量基準含水率(W. B.) = $\frac{\text{材料中の 水分量}}{\text{材料全體의 重量}} \times 100$ (%)가 있으며 通常後者를 使用한다.

現在 우리나라에서는 自然의 天候에 依存하던 自然乾燥에서 乾燥時 損失이 적고 效率이 높은 人工乾燥로 移行되고 있으며 本文中에서는 이러한 人工乾燥技術 및 乾燥機를 中心으로 하여 紹介하고자 한다.

1. 乾燥技術

(1) 벼의 一時貯留限界

生脫穀된 벼에 있어서 一時貯留能力(變質이 發生되지 않는 限度內에서의 最大保管期間)은 常溫, 含水率 23%에서 1日以內, 18%에서 30日程度로서 含水率이 낮아질수록 貯留能力은 增大한다. 따라서 生脫穀된 벼는 一旦 18%까지 早速히 乾燥시킬 必要가 있다.

(2) 乾燥의 原理

生脫穀된 벼에는 自由水가 있어 항상 周圍空氣의 濕度와 平衡을 維持하려 하고 있으며 空氣의 相對濕度가 낮으면 이것과 平衡을 維持할때까지 蒸發을 繼續하게 된다. 따라서 自然乾燥에서는 이 平衡含水率以下로 乾燥하는 것은 不可能하게 된다. (그림 1 參照)

한편 人工乾燥에서는 乾燥空氣의 溫度를 높혀 相對濕度を 減少시키며 同時에 水分의 蒸發에 必要한 蒸發熱을 供給해 주는 것이다. 1kg의 물을 蒸發시키는 데

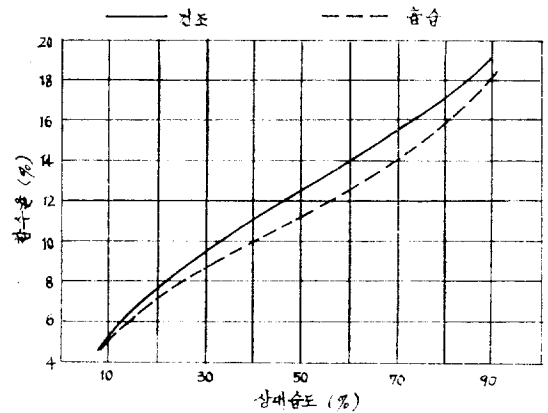


그림 1. 벼의 平衡 含水率(기온 10°C)

는 普通 560~590 Kcal의 熱量이 所要되나 實際의 乾燥機에 있어서의 損失로 因하여 除去된 水分에 對한 燃料發熱量의 比는 普通 1,000~2,000 Kcal이고 3,000 Kcal程度가 되는 境遇도 있다.

乾燥空氣의 風量은 現在의 穀物乾燥機의 境遇 普通 100 kg 當 0.02~0.1 m³/sec程度이다.

(3) 乾燥時 벼의 胴割

벼의 胴割은 急激하게 高水分의 벼를 乾燥하거나 또는 乾燥된 벼가 吸濕하였을 때에 發生하므로 乾燥를 施行할 때에는 胴割이 發生하지 않는 範圍內에서 可能한 限 早速히 乾燥할 必要가 있다. 生脫穀벼의 自由水는 왕겨 및 玄米粒子의 內部에 均一하게 分布되어 있으며 濕도가 낮은 高溫의 空氣를 送入하면 水分은 表面에서 蒸發하게 되며 內部에서 直接 蒸發하는 것은 아니다.

表面의 水分이 蒸發하면 벼粒子의 內部와 表面間에 水分의 勾配가 생겨 內部로부터 水分의 擴散이 일어난다. (그림 2 參照) 一般의 內部分散速度는 溫度가 높을수록 빨라지지만 벼의 粒子가 表面으로부터 加溫되기 때문에 表面溫度가 內部溫度보다 높게 되어 溫度의 逆勾配가 생기고 따라서 水分擴散抵抗이 크게 되어 內部로부터의 水分移行이 어렵게 된다. 이러한

* 韓國科學技術研究所 自動制御研究室

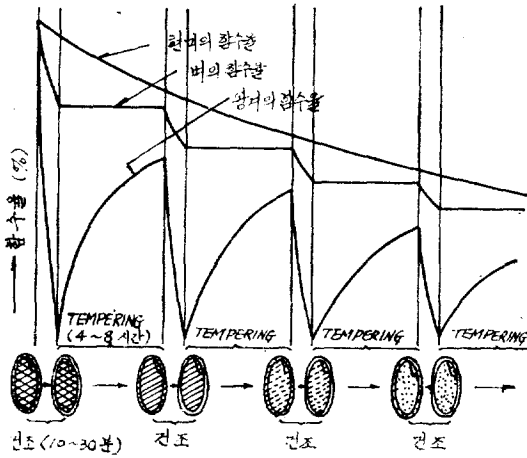


그림 2. 건조시 벼의 부분별 수분감소

상태에서 熱風을 繼續 送入하면 벼의 細胞組織에 必要한 結合水까지 蒸發시켜버리는 結果가 되어 이른바 胴割이 發生한다. 따라서 胴割을 防止하면서 急速히 乾燥하기 爲해서는 内部擴散抵抗을 可能한 限 낮출 必要가 있고 벼粒子內의 溫度均配를 減少시키기 爲해 表面과 内部溫度를 均一하게 하지 않으면 안된다.

그림 3은 薄層狀態로 벼를 含水率 約 13.5%까지 連續通風하여 乾燥시켰을 때의 乾燥初期의 含水率, 熱風溫度와 胴割과의 關係를 나타낸 것이다.

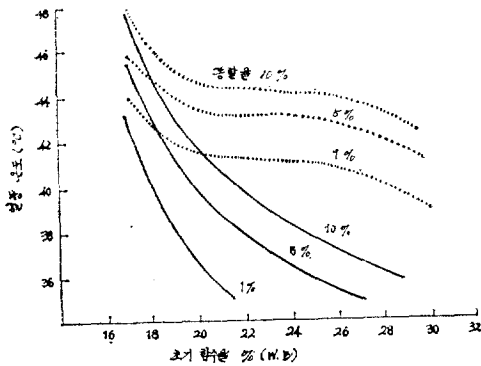


그림 3. 열풍온도의 한계와 초기含水율과의 관계

初期含水率이 높을수록 熱風溫度가 높을수록 많은 胴割이 發生함을 알 수 있다.

(4) 벼의 乾燥와 Tempering

앞에서 記述한 바와 같이 벼의 胴割은 加熱空氣에 依해 벼의 内外部의 水分의 均配가 커지고 結果적으로 表面의 自由水마저 없어지는 時點에서 發生하므로 이

時點에서 一時 乾燥를 中斷하고 時間을 經過시켜 水分의 均衡이 이루어진 다음 다시 乾燥를 繼續한다.

上記의 作業을 所定の 含水率에 達할 때까지 反復하여 乾燥하는 方式을 Tempering 乾燥方式(그림 3 參照)이라고 하며 米穀의 大量調製處理貯藏施設인 Country elevator 에서는 全部 이 方式을 採擇하고 있고 1회 乾燥時間이 普通 10~30分인 反面에 Tempering 時間은 4~8時間 程度이다.

(5) 乾燥速度

벼의 乾燥速度는 熱風溫度, 風量, 胴割發生의 條件等에 依해서 決定되며 普通 1時間當의 含水率減少(%/Hr)로 나타낸다.

한편 Tempering 乾燥方式에서는 時間當의 含水率減少代身에 乾燥機 1회通當當 乾減率로 表示하며 普通 2%/回의 값을 가지고 있다. 그림 4는 初期含水率과 乾燥速度와의 關係를 나타낸 것으로 胴割率을 減少시키기 爲해서는 初期含水率에 낮을수록 換言하면 乾燥가 進行됨에 따라 乾減速度를 減少시켜야 함을 알 수가 있다.

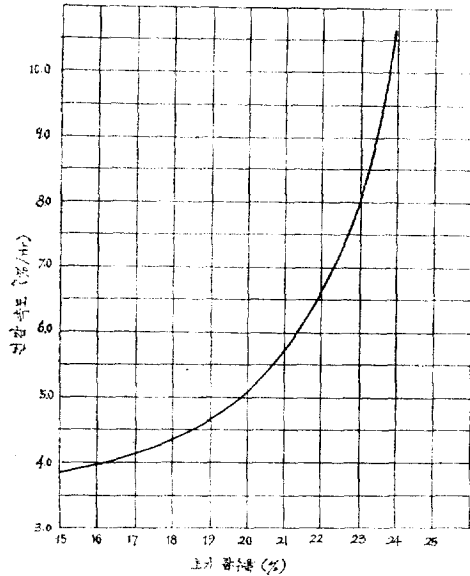
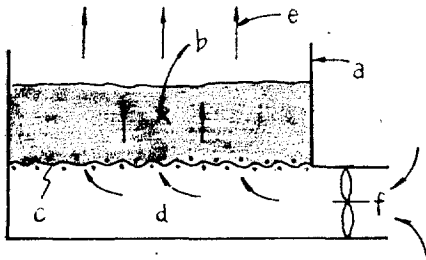


그림 4. 1회 건조로 含水율을 2% 감소시키는 경우의 초기含水율과 건조속도와의 관계(동활율 1% 이내)

2. 乾燥機

日本の 境遇 이미 오래前부터 小形の 穀物乾燥機가 農家に 普及, 使用되어 왔으며 現在에는 Country elevator 나 Rice center 에서 使用되는 大形流動式乾燥機로 代替되었다. 우리나라에서는 最近에 이르러서야 小形乾燥機가 國內製作되어 使用되기 始作하였으며 1972年



- a: 건조랍측벽
- b: 곡물 퇴적층
- c: 급방
- d: 고압 열풍실
- e: 배기
- f: 송풍기

그림 5. 정치식 평면형 건조기

10月 最新形堅型連續流下式 乾燥機가 米面* Country elevator 에 設置되어 運轉中이다.

* 米面 Country elevator 全北沃溝郡 米面에 設置되어 있음.

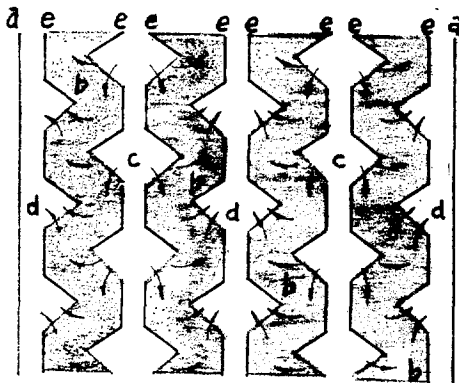
(1) 乾燥機의 種類

(가) 靜置式 通風乾燥機(그림 5 參照)

一定量의 버를 乾燥室内部에 充塡한 다음 이 穀物의 堆積層에 熱風을 通遇시켜 乾燥하며 平型과 立型이 있다. 堆積層의 두께는 30~40 cm 程度이고, 堆積層의 位置에 따라 過乾燥나 不足乾燥를 招來하기 쉽다. 또한 原料버의 供給, 排出이 不便하고 最熱風側의 乾燥速度에 制限을 받기 때문에 乾減速度는 約 0.5 %/Hr 로서 乾燥能力에 비해 施設이 커지는 缺陷이 있다.

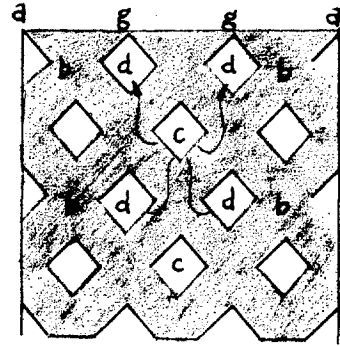
(나) 流動式 乾燥機

靜置式通風乾燥機에 있어서 乾燥일률을 除去하고 最熱風側의 乾減速度를 充堆層全體에 미치게 하기 爲해



- a: 건조랍 측벽
- b: 충전층
- c: 고압 열풍실
- d: 배기도
- e: Baffle

그림 6. Baffle 형 유동식 건조기



- a: 건조랍 측벽
- b: 충전층
- c: 고압 열풍실
- d: 배기도
- g: duct

그림 7. 유동식 건조기(평행형)

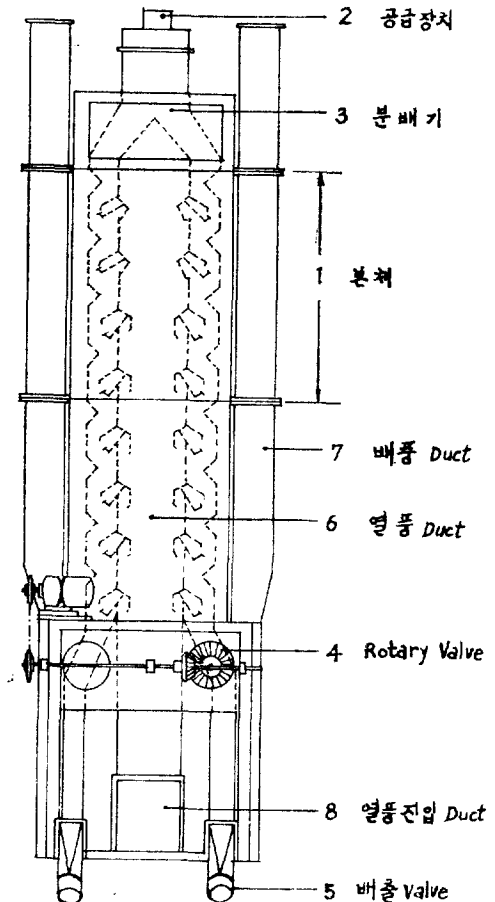


그림 8. Baffle 형 이동식 건조기

서는 乾燥中 攪拌, 混合할 必要가 있다.

그림 6은 이러한 點을 改善한 baffle 形 流動式 乾燥機로서 原料벼는 乾燥塔을 上下로 zigzag 로 流下하기 때문에 攪拌混合이 잘된다.

Tempering 乾燥方式을 採擇하면 가장 效率的이다.

그림 7은 Duct 形 流動式 乾燥機로서 乾燥塔은 水平斷面을 正方形으로 할 수 있으므로 原料의 收容體積이 크다. 乾減速度 1.3~1.4 %/Hr 程度로서 普通의 乾減速度에서는 가장 經濟的이다. 平行型에서는 熱風道와 排氣道는 平行하고 兩者間的 距離間隔은 一定하므로 熱風은 均一하게 充填層에 分布된다.

이것에 對해서 熱風道와 排氣道가 直角으로 立體交差하는 構造를 가진 Mixing duct 形이 있다. 이 直交型에서는 熱風道와 排氣道の 距離間隔은 平面投影圖에서 交差하고 있는 部分이 가장 짧고 交差點의 中間이 가장 길다. 따라서 熱風道內의 乾燥熱風은 最短距離를 通하여 排氣道로 들어간다. 熱風과 原料와의 接觸面積이 증가때문에 乾燥效率이 低下하므로 平行型에 比하여 不利하다.

이 외에도 乾燥機에는 Screen band 式等 여러가지 種類가 있다.

(2) Baffle 形 流動式 乾燥機(그림 8 參照)

乾燥機中에서 baffle 形 流動式 乾燥機는 乾減速度도 빠르고 가장 效率的이므로 米面에 Country elevator 設置되어 있는 것을 對象으로 하여 그 規格 및 運轉基準을 紹介하고자 한다.

1. 規格 및 運轉基準

(1) 乾燥機

가. 構造

(a) 型式: Baffle 型 立體流下式通風乾燥機

(b) 供給: Screw conveyer 로 측차 各基에 供給하고 그 量은 Level switch 에 依해 自動的으로 調整한다.

(c) 排出: Rotary valve 方式. 時間은 自動的으로 調整한다.

(d) 送風方法: 乾燥塔 中央으로부터 併列의 斷層

을 通過하고 兩側의 duct 로 排風한다. 또한 벼의 流動時에 飛散을 防止하기 爲해서 排出用 Rotary valve 의 作動時에 是 送風을 遮斷한다.

(e) 送風機: 씨로코 Fan 2 台

나. 乾燥機通過量: 24 Tons/Hr

다. 乾燥機滯留時間: 約 12 分/回

라. 乾燥時 벼의 溫度: 約 40°C

마. 熱風溫度: 50°~65°C

바. 乾減率 : 2 %/回

사. 送風量 : 3.5 m³/秒/1,000 kg

아. 風 壓 : 90 mm WG

자. 燃料消費量(燈油): 140~190 l/Hr

차. 動力 : 1.5 KW(排出 Rotary 用)
1.5 KW(分配用)

18.5 KW×2 台(送風機)

2.2 KW(Compressor 用)

(2) 燃燒燈

가. 構造: 內壁은 耐火煉瓦로 積層하고 外壁은 鋼板으로 덮은 橫形燃燒燈

나. 燃燒方法: 直火式 燈油 burner

熱風溫度風量調整手動制御方式

다. 發生熱量: 900,000 Kcal/Hr 以上

2. 乾燥運轉基準

(1) 1 次乾燥(原料벼의 含水率은 24 %를 基準으로 함)

가. 乾減水分: 6 % (24 %→18 %)

나. 乾燥機通過回數: 4 回(乾燥 3 回+冷却 1 回)

다. 全量 1 回 通過에 必要한 時間: 5 時間 15 分

라. 1 日 最大處理量: 125 Tons

마. Tempering 回數: 3 回

바. 1 回 tempering 時間: 約 5 時間

(2) 2 次乾燥

가. 乾減水分: 4 % (18 %→14 %)

나. 乾燥機通過回數: 3 回(乾燥 2 回+冷却 1 回)

다. 全量 1 回通過에 必要한 時間: 約 7 時間

라. 標準 1 日 處理量: 約 170 Tons

마. Tempering 回數: 2 回

바. 標準 tempering 時間: 約 6 時間 30 分