

米穀의 常溫通風乾燥를 위한 컴퓨터 計測 및 制御시스템 개발+ Development of a Computer Measurement and Control System for Rough Rice Drying by Natural Air

金太坤* 張東日* 金滿秀*
T. K. Kim, D. I. Chang, M. S. Kim,

Summary

The objective of this study was to develop a computer measurement and control system which enable it possible to manage the natural air rough rice drying and storage properly and safely.

The following contents of work were taken in this study in order to fulfill the above goal:

- 1) Design and construction of measurement system which can measure the rough rice drying conditions automatically and transfer them to computer system for data processing.
- 2) Development of a management software which can determine the need of fan operation by the analysis of drying and/or storage conditions.
- 3) Design and construction of a control system which deliver the computer decision of fan operation and make it on and off.
- 4) Technical and economical analysis of the computer measurement and control system development by the comparison experiments of the computer management and of the manual.

1. 緒 論

1960年代 이래 경제의 발전에 따른 工業化와 都市化 과정에서 農業人口가 크게 감소됨에 따라 우리의 農業은 심각한 勞動力 부족과 勞賃壓迫을 겪게 되었고 이러한 農業與件의 변화에 능동적으로 대처하기 위한 農業의 機械化가 추진되어 왔다.

그러나 아직까지도 벼의 乾燥는 대부분 天日乾燥方法을 이용하고 있어서 氣象條件에 절대적으로 의존해야 하며, 손실이 많고, 많은 勞動力을 필요로 하는 단점이 있다. 또한 수확과 탈곡을 동시에 수행하는 콤바인의 대량보급으로 인한 벼의 生脫穀은 乾燥作業의 부담을 더욱 가중시키고 있는 형편이며, 미곡수확 이후 최종소비단계까지의 손실감소 및 諸工程의 합리화를 위해서도 改善된 乾燥方法이 절실

히 요구되고 있다.

그러나 선진국의 農産加工分野의 연구동향을 보면 각종 農産物의 光學的, 電氣의 특성을 이용한 품질판별, 선별, 가공공정의 自動化 등 電子 또는 컴퓨터 制御技術을 農産物 加工工程에 응용하고자 하는 연구를 활발히 진행하고 있다. Mitchell¹⁾은 마이크로 컴퓨터를 이용한 자료수집과 制御에 필요한 아날로그(analog) 신호의 조절을 위하여 하드웨어 및 소프트웨어 방법을 제시하였으며, Persson과 Churchill²⁾은 마이크로 프로세서를 이용하여 穀物 乾燥 및 송풍을 自動制御하였으며, 실험결과 관행의 乾燥方法에 비하여 乾燥費用의 절감, 곡물의 품질유지, 再吸濕 방지 등의 효과가 있었다고 보고했다. Bunn 등³⁾은 常溫通風乾燥시 곡물의 변질에 의한 경제적 손실방지를 목적으로 마이크로 프로세서

+ 本 研究는 1987년도 韓國科學財團의 研究費 支援에 의하여 수행된 것임.

* 忠南大學校 農科大學 農業機械工學科

를 이용하여 옥수수, 밀, 콩 등의 乾燥를 自動制御 할 수 있는 장치를 개발한 바 있다.

따라서 곡물의 乾燥 및 貯藏이 가능한 常溫通風 乾燥方法의 문제점을 보완할 수 있는 自動計測 및 制御시스템이 개발된다면 곡물의 乾燥 및 貯藏施設이 낙후된 우리의 실정에 비추어 바람직하다.

本 연구에서는 米穀의 常溫通風乾燥 및 貯藏을 적정하고 안전하게 管理할 수 있는 컴퓨터를 이용한 自動計測 및 制御시스템의 개발을 그 目的으로 하였으며, 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 米穀의 乾燥條件을 自動計測하여 컴퓨터에 入力할 수 있는 시스템을 개발하고,
- 2) 乾燥 및 貯藏시스템의 상태를 분석하여 送風機의 作動與否를 결정할 수 있는 管理software를 개발하며,
- 3) 컴퓨터의 결정을 送風機에 전달하고 작동시키는 制御시스템을 설계하고,
- 4) 既存의 手動式 常溫通風乾燥 시스템과 比較實驗을 실시하여 컴퓨터 計測 및 制御시스템의 技術性과 經濟性을 분석한다.

2. 材料 및 方法

本 연구의 목적을 달성하고자 먼저 벼의 常溫通風乾燥시스템에 관하여 문헌연구를 한 후 이를 위한 計測裝置를 設計하고, 시스템을 自動制御할 수 있도록 制御시스템의 hardware와 software를 設計하였다. 또한 이와같은 시스템의 適正作動與否를 시험하고자 豫備實驗을 실시하고 未備點을 보완, 수정하였으며, 그후 比較實驗을 실시하였다.

가. 컴퓨터 計測 및 制御시스템 設計基準

- 1) APPLE II PLUS 마이크로 컴퓨터를 利用한다.
- 2) 計測裝置는 국내 調達可能品을 利用하여 設計한다.
- 3) 經濟性을 증시하여 300m³ 정도 크기의 건조빈에 사용할 때 初期投資回收期間이 5年미만이 되도록 설계한다.
- 4) 응용범위를 확대할 수 있도록 동시에 1개 이

상의 건조빈을 管理 및 制御할 수 있어야 한다.

- 5) 구조와 조작을 간단하게 하며, 農村環境에서도 견딜 수 있는 耐久性을 지녀야 한다.

나. 實驗設計

本 實驗 시작전에 含水率이 22%(w.b.) 정도로 조절된 50kg의 供試벼를 한개의 건조빈에 채우고 最上層部의 含水率이 15%(w.b.)에 이를 때까지 乾燥하는 豫備實驗을 실시하여, 設計된 計測 및 制御시스템의 適正作動과 安全性을 검토하고, 未備點을 보완하여 本 實驗을 수행하였다.

本 實驗은 개발된 시스템과 手動管理에 의한 常溫通風乾燥의 對比實驗으로서 다음과 같이 실시하였다.

- 1) 供試벼: 一般係 1 품종
- 2) 실험기간: 약 30일간
- 3) 실험건조량: 50kg/빈
- 4) 반복: 3 반복

實驗에서는 米穀의 溫度와 含水率 및 大氣의 溫度, 相對濕度를 측정하였으며, 實驗裝置의 구성은 그림 1과 같다.

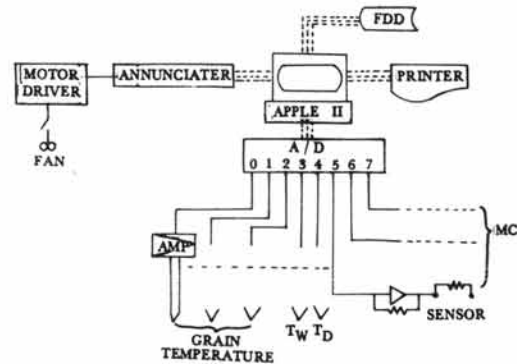


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus

건조빈은 對比區와 實驗區로 제작하였으며, 그림 2는 실험에 사용된 건조빈을 보여준다.

다. 計測裝置

常溫通風乾燥시스템의 自動制御를 위해서는 곡물

米穀의 常溫通風乾燥를 위한 컴퓨터 計測 및 制御시스템 개발

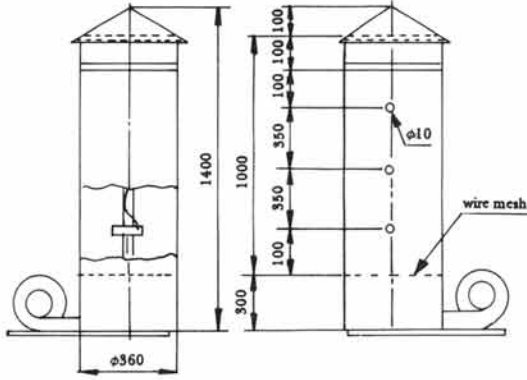


Fig. 2. Grain bin used in experiment.

의 含水率과 溫度의 계측이 要求되고, 再吸濕防止를 위해서는 곡물의 平衡相對濕度와 대기중의 相對濕度 측정이 필요하다. 이러한 計測을 위해서 本 연구에서는 米穀의 含水率 측정센서를 개발하였고⁵⁾ 溫度計測에는 J-type 열전대를 이용하였다. 각 센서에서 측정된 analog 신호를 실험을 위해 제작한 A/D 변환기를 통하여 digital 신호로 변환한 후 制御를 위한 管理프로그램에 入力하였다. 계측장치의 구성과 명세는 그림 3 과 表 1 과 같다.

라. 制御시스템

制御시스템은 管理소프트웨어와 送風機의 制御回路로 구성되어 있다.

管理소프트웨어의 主프로그램은 APPLE SOFT BASIC을 사용하여 작성하였고, 각 센서로부터 A/D 변환기를 통하여 측정값을 읽어 들이는 프로그램

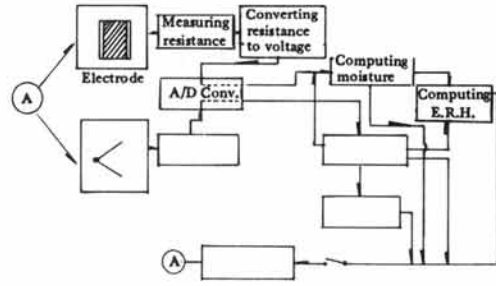


Fig. 3. Block diagram of measurement and control system.

은 機械語를 사용하여 작성하였다. 측정값들은 堆積깊이 10cm, 45cm, 80cm에서 원하는 시간 간격으로 수집되도록 하였으며, 이들은 溫度와 含水率을 결정하는 프로그램에 入力되어 穀物堆積尺別 溫度와 含水率 그리고 相對濕度와 平衡含水率이 결정되는데, 相對濕度는 Psychrometric data 式(ASAE D271.2)⁷⁾에 의하여, 平衡含水率은 Chung-Pfost方程式¹⁰⁾에 의하여 계산된다. 그리고 이 측정값들은 monitor와 프린터로 동시에 出力이 되도록 하였다.

측정동작이 완료되면 最高穀溫과 最高含水率을 결정하게 되며, 制御루프에서는 먼저 最高含水率이 15% (w. b.)보다 클때는 穀物의 平衡相對濕度を 구하여 大氣中の 相對濕도와 비교한 후 平衡相對濕도가 클 때 즉, 再吸濕의 위험이 없을 때만 送風機를 작동시켜 건조빈 안으로 送風하도록 되어있다. 만약 最高含水率이 15% 이하면 穀溫이 穀物損傷의 위험 온도인 53°C보다⁸⁾ 클때는 비록 最高含水率이 15% (w. b.)이하 일지라도 送風機를 작동시켜 穀溫을 낮

Table 1. Specification of experimental apparatus

Item	Manufacturer	Specification	Remarks
Micro computer	Royal (Korea)	48K RAM	Clock frequency: 1.023 MHz
Floppy disk driver		5 1/4" disk	
Real time clock	Thunder clock plus		
Moisture/Voltage converter	Self-made	0.5MΩ-150MΩ/ 5V-0V	
Temperature/Voltage converter	"	J-type Thermocouple & AD594	
A/D converter	"	8ch, 8bit	Conversion time: 100μs
Power supply	"	+24 +12, +8	

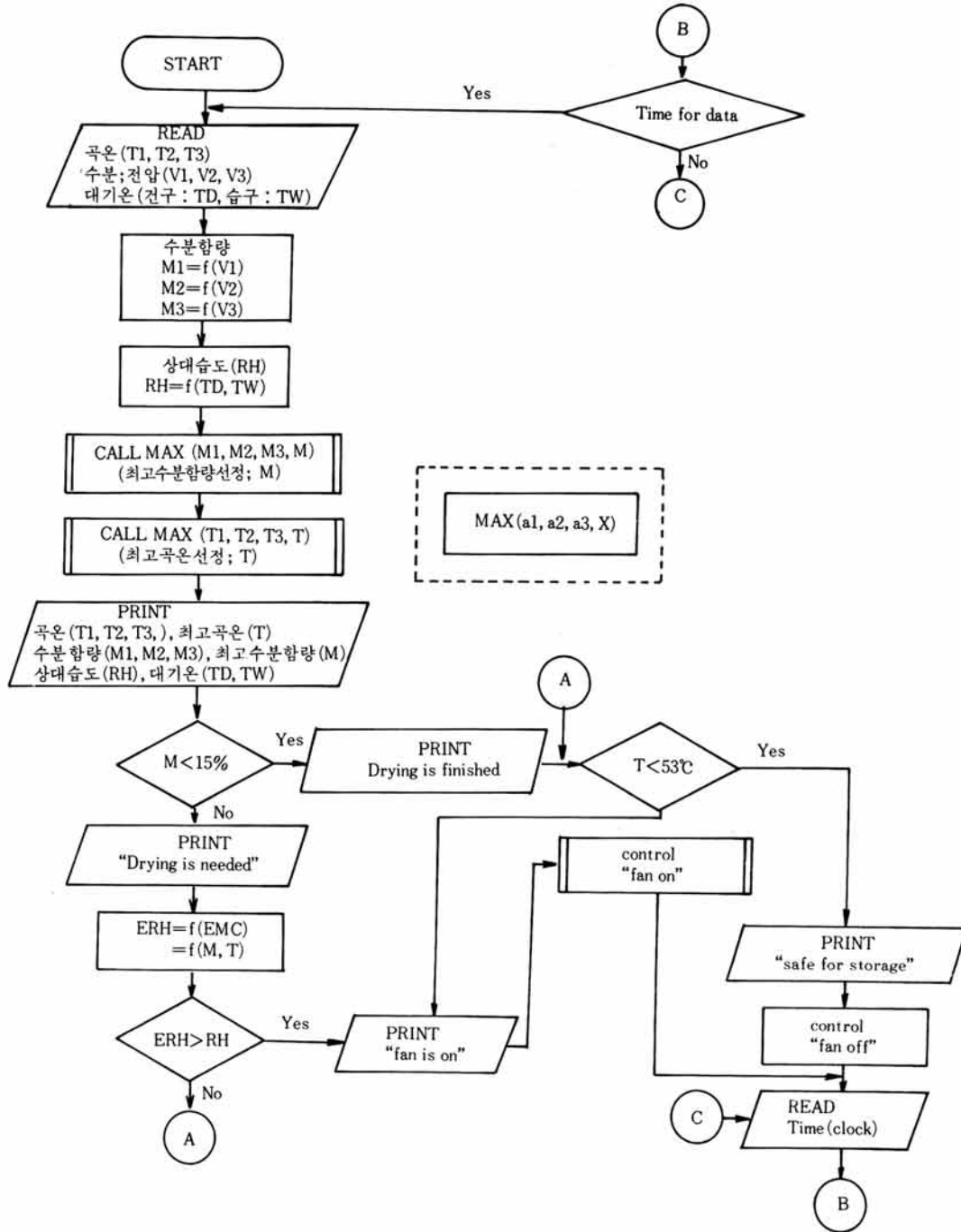
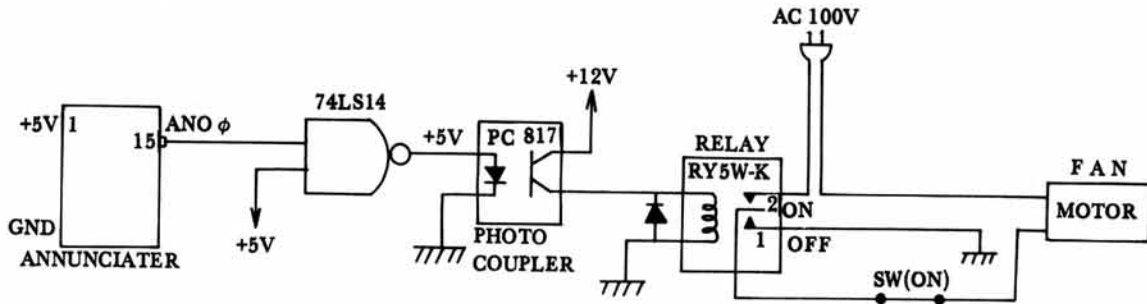


Fig. 4. Algorithm of management software for natural air drying system

추게 된다. 이러한 일련의 동작이 끝나면 원하는 시간이 될 때까지 기다린 후 반복한다. 그림 4는 이와같은 管理소프트웨어의 Algorithm을 보여준다.

그리고 送風機의 制御回路는 APPLE II 컴퓨터

에 내장되어 있는 game I/O 端子를 이용하여 설계하였다. 이 game I/O connector의 12번~15번 Pin은 1 bit 出力을 접속할 수 있는 annunciator로 소프트웨어制御가 가능하다. 管理소프트웨어의 最終



*ANO φ: ON = POKE - 16295, φ
OFF = POKE - 16296, φ

Fig. 5. Wiring diagram of fan control

SW	ANO φ	RELAY	MOTOR
ON	H	2	ON
	L	1	OFF
OFF	H	2	OFF
	L	1	OFF

Table 2. Address table for fan control

Number	Motion	Hexadical	Dicimal
0	OFF	CO58	-16296 49240
	ON	CO59	-16295 49241
1	OFF	CO5A	-16294 49242
	ON	CO5B	-16293 49243
2	OFF	CO5C	-16292 49244
	ON	CO5D	-16291 49245
3	OFF	CO5E	-16290 49246
	ON	CO5F	-16289 49247

出力은 送風機의 작동여부에 관한 사항으로 送風機의 on/off 결정에 따라서 정해진 address 를 '0'으로 접근하면 送風機를 on/off 制御할 수 있다. 表 2와 그림 5에는 annunciator의 出力을 制御하기 위한 번지할당 사항과 送風機의 制御回路圖를 나타냈다.

3. 結果 및 考察

가. 技術性 分析

本 연구에서 설계, 제작된 컴퓨터 計測 및 制御裝置의 性能에는 별 문제점이 없었으나, 穀物의 電氣抵抗을 이용한 含水率 측정방법상 곡물 표면수의 영향으로 인한 측정오차는 피할 수가 없었으며, 앞

으로 이의 개선을 위한 연구가 계속되어야 할 것이다.

APPLE II PLUS 기준을 이용한 計測 및 制御에 소요되는 시간은 43초 정도로 常溫通風乾燥의 관리에는 지장이 없다고 생각되며, 資料의 出力을 CRT Display 만으로 할 경우에는 좀 더 시간을 단축할 수 있으리라고 기대된다. 또한 APPLE II PLUS 기준의 game I/O 장치에는 4개의 디지털 신호를 出力할 수 있는 annunciator가 內藏되어 있어 동시에 4개까지의 건조빈을 관리할 수 있다. 計測 및 制御裝置의 회로도 전자공학의 기초에 의해 손쉽게 제작할 수 있는 간단한 구조이며, 本 實驗에서는 管理프로그램을 floppy disk에 기억시켜 最初의 실행만으로 乾燥가 완료될 때까지 프로그램을 작동시키는 것이 가능했으며, 操作도 간편하다고 할 수 있고, 일단 제작이 완료된 計測 및 制御裝置는 入力 電壓만 안전하게 유지된다면 그 壽命은 送風裝置의 壽命인 10년 정도라고 생각된다.

各 항목별 計測可能範圍와 標準方法과의 誤差에 대하여 정리한 결과는 表 3과 같다.

表 3에서 살펴보면 溫度와 含水率의 測定範圍가 각각 1.5℃~55℃, 14%~27%(w.b.)로 제한되어 있는데 이것은 A/D 변환기의 分解能을 고려하여 出力電壓을 증폭시켰기 때문이며, 좀 더 성능이 우수한 A/D 변환기를 채용한다면 測定範圍를 확장할 수 있으나, 주어진 範圍에서도 常溫通風乾燥를 관리하는 데 큰 지장이 없으리라고 판단된다.

Table 3. Performance of the computer measurement system.

Item	Measurement range	Error	Standard method
Temperature	1.5°C - 55°C	±1°C	Mercury thermometer
Moisture content	14% - 27%	-3% - +1%	Dry - oven (105°C, 24hr)
Equilibrium relative humidity	0% - 100%	±1%	ASAE D. 245.4
Relative humidity	"	±1%	Hair hygrometer

Table 4. Results of the computer control system

Time	Event	Ideal motion	Actual motion	Remarks
88. 3. 9 10:00	RH > ERH	Fan is off	Fan is off	RH = 84.17% ERH = 84.00%
88. 3. 14 17:00	Highest MC < 15%	"	"	RH = 62.00% ERH = 81.00%
88. 3. 18 21:00	RH > ERH	"	"	RH = 84.19% ERH = 84.00%
88. 3. 23 09:00	Highest MC < 15%	"	"	RH = 59.22% ERH = 86.00%
88. 3. 25 21:00	RH > ERH	"	"	RH = 85.60% ERH = 83.00%
88. 3. 30 13:00	Highest MC < 15%	"	"	RH = 56.26% ERH = 75.00%

表 4 에는 制御要因 발생에 따른 개발된 自動制御시스템의 동작과 그때의 乾燥條件을 표시 하였는 바, 컴퓨터를 이용한 自動制御시스템은 개발된 管理프로그램에 따라 정확히 동작되었다.

나. 性能實驗

慣行의 수동식 常溫通風乾燥의 管理方法과 開發된 方法間의 比較를 위한 比較實驗을 3 반복으로 수행하였으며, 가장 높은 含水率값이 15% (w. b.) 미만일 경우를 乾燥가 완료된 것으로 하여 수행한 첫번째 실험결과를 그림 6 과 7 에 나타냈다. 2 번째, 3 번째 실험결과도 이와 유사한 결과를 보여줬다.

그림 8 은 管理프로그램에 의한 出力의 한 例로

서, T1, T2, T3와 M1, M2, M3는 각각 穀物堆積深이 10cm, 45cm, 80cm에서의 穀物의 溫度와 含水率을 나타내며, 이 결과에서 보면 穀物堆積深 中間部와 下尺部の 乾燥는 상당히 進行되어 있고, 上尺部の 乾燥는 進行중임을 알 수 있다. 또한 下尺部の 穀溫인 T3 값이 가장 높는데 이는 送風機 모터의 發熱에 의한 흡입공기의 자연온도 상승 때문이라고 판단된다. TW와 TD는 각각 습구와 건구의 온도로 이때의 컴퓨터에 의한 상대습도 계산값은 71.82%임이 표시되어 있고, 乾燥條件에 따라 送風機가 작동중임이 나타나있다.

한편 平均 乾燥所要時間은 對比區가 120시간이었으며, 實驗區는 117시간이었다. 이 결과에 의하면 實驗區의 乾燥에서 送風이 平均的으로 3時間 중단되었음을 알 수 있었다.

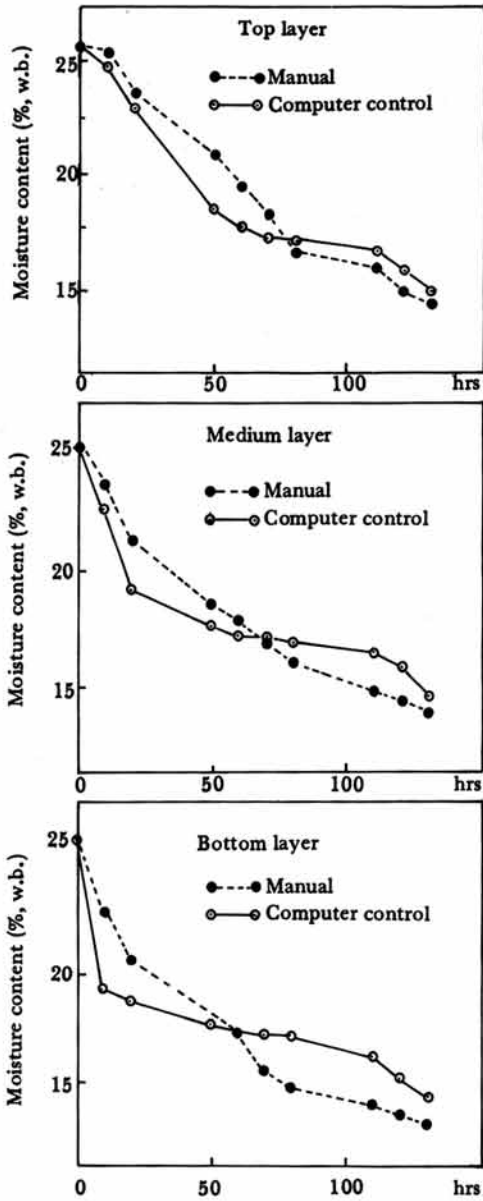


Fig. 6. Changes of moisture content during the first experimentation

또한 所要動力 節減效果를 분석하였다. 對比區와 實驗區의 平均 所要電力은 각각 0.147KWh, 0.2KWh로 實驗區의 所要電力이 對比區에 비하여 0.053KWh 정도가 많은 것으로 나타났다. 이것은 實驗區의 컴퓨터, CRT Display, 計測回路, Printer 등의 消費電力 때문이며, 慣行의 管理法을 이용한 對比區의 管理에서 1日 2回, 20分씩 곡물의 건조상태를 점

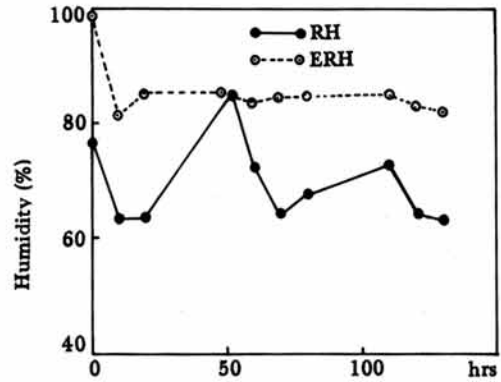


Fig. 7. Changes of humidity during the first experimentation

CURRENT TIME: MON MAR 14 10:00:00 PM

T1 = 12.4°C

T2 = 13.3°C

T3 = 16.3°C

TW = 12°C

TD = 14.8°C

M1 = 19.24

M2 = 16.32

M3 = 16.98

HIGH TEMPERATURE IS T3 = 16.3°C

HIGH M.C. IS M1 = 19.24%

DRYING IS NEEDED

DRYBULB TEMPERATURE: 14.8°C

WETBULB TEMPERATURE: 12°C

ERH = 84%

RELATIVE HUMIDITY = 71.82%

FAN IS ON

Fig. 8. A typical printer output of the computer measurement and control system

검한다면 사람의 동력은 0.25마력, 약 0.186KWh 정도이므로, 電力消費量과 사람의 動力을 합한 對比區의 所要動力은 0.333KWh이지만, 농촌 노임을 1,000원/hr로(농협연감, 1987)하여 사람의 40分 노동에 대한 노임을 電力量으로 환산하면 1日 기준 으로 하여 1.091KWh에 해당하므로 電力量을 기준 으로한 사실상의 所要動力은 對比區와 實驗區가 각각 1.238KWh, 0.2KWh로 實驗區가 對比區에 비

하여 약 1 KWh 정도 動力節減效果를 얻을 수 있었다.

곡물의 品質維持에 대하여 분석한 결과, 實驗區와 對比區 모두 곡물의 부패현상은 발견할 수 없었으며, 乾燥가 완료된 후의 平均含水率은 實驗區와 對比區가 각각 14.52%, 13.97% (w. b.)로 實驗區에 비하여 對比區의 含水率이 0.5% 정도 낮은 것으로 나타났으며, 適正 乾燥含水率인 15% (w. b.)에서 유지가 되지 못한 것은 最高 含水率을 갖는 곡물 上層部의 含水率이 15% (w. b.)에 이르는 동안 곡물 下層部가 相對的으로 過乾燥가 되기 때문이라고 생각된다.

다. 經濟性 分析

開發된 컴퓨터를 이용한 常溫通風乾燥 管理方法은 관행의 방법에 비하여 관리인건비의 절약, 곡물의 過乾燥 및 부패방지에서 발생하는 經濟的 이익이 기대되는 반면, 計測 및 制御裝置의 설치비용과 사용시의 消費電力에 대한 電力料金を 부담해야 하는 단점이 있다.

計測 및 制御裝置의 固定費 산출을 위한 설비비용은 表 5와 같다. 여기서 시스템의 出力을 CRT Display 만으로 한다면 실제로 常溫通風乾燥管理에 있어서 Printer는 불필요하기 때문에 이것은 포함시키지 않았다. 固定費用의 산출결과는 表 6과 같다. 여기서 鄭 등⁸⁾의 送風機의 耐久年限 10년에 준하여 自動制御시스템의 耐久年限도 10년으로 가정하였다.

한편, 本 연구에서 행한 乾燥實驗의 규모가 작아서 실제의 經濟性 분석은 鄭 등⁸⁾이 발표한 大田地方의 適正 常溫通風乾燥시스템에 開發된 計測 및 制御시스템을 설치한 것으로 가정하여 분석하였으며, 이를 위한 조건을 表 7에 나타냈다. 表 7에서 不利한 乾燥條件에서 送風機의 작동이 중단되어야 하는 시간을 乾燥 所要時間 513時間中 실험결과를 근거로 10時間으로 가정했고, 관행의 관리방법에서 부담하여야 하는 過乾燥費用은 23,040원으로 산정하였는데, 이것은 실험결과와 0.5%의 過乾燥와 '87年度의 秋穀收買價格에 의한 것이다.

Table 5. Costs of measurement and control system for natural air rough rice drying

Item	Cost (Won)	Remarks
Computer	200,000	APPLE II PLUS, 8bit
CRT display	70,000	SAMSUNG
Sensor and conditioner	105,000	Temperature and moisture content
A/D converter	20,000	8bit 8channel
Real time clock	25,000	Thunder clock plus
Other parts	5,000	OP AMP etc.
Total	425,000	

Table 6. Annual fixed costs of computer measurement and control system

Item	Equation	Cost (Won)
Depreciation	P-S/L	38,250
Interest on investment	$P \left(\frac{p+s}{2p} \right) i$	21,038
Repair cost	0.5%P	2,124
Total		61,413

Where P = purchase value
 S = salvage value (10%P)
 i = interest rate (9%)
 L = life (10 years)

Table 7. Conditions for economic analysis

Weight of grain	8 ton
Initial moisture content	22 %
Fan size	1.32kW
Operating hour	513 hr
Labor cost*	1,000W/hr
Electric cost**	23.48W/kWh
Unfavorable drying condition time	10 hr
Over-drying cost	23,040W

*Agricultural coop. YEAR BOOK (1987)
 **Information on commodity prices (1988. 4)

이상의 조건에 의하여 經濟性 분석을 하여 乾燥規模에 따른 管理費用을 그림 8에 표시하였다. 그림 8에 의하면 乾燥規模의 증가에 따라 管理費用

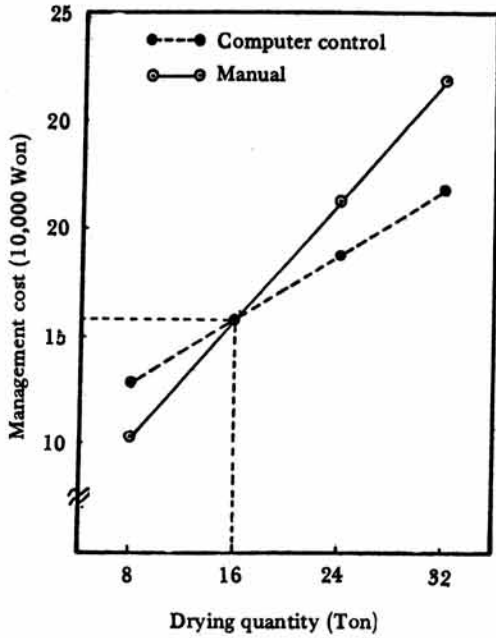


Fig. 8. Management cost for natural air drying of rough rice on the various drying quantity

도 증가하였는데, 開發된 컴퓨터를 이용한 常溫通風乾燥 管理費用과 價行的 管理費用은 乾燥規模가 16ton 일때 損益分岐點을 이루며, 건조규모가 24ton, 32ton 으로 증가할수록 年間 건조비용 절감액도 25,688원과 50,772원으로 커지므로 乾燥規模가 커지면 충분한 乾燥費用 節減效果를 기대할 수 있으며, 設計基準 乾燥規模인 300m³의 건조비의 용량 116ton에서의 절감액은 313,132원으로써 분석결과에 의하면 開發된 自動計測 및 制御裝置의 初期投資費用은 5年안에 回收가 가능한 것으로 나타났다.

對農民 보급성 측면에서 고찰하면, 開發된 管理 시스템과 價行的 管理方法이 損益分岐點을 이루는 16ton의 벼를 생산하려면 2.5ha의 경지면적이 필요하나 현재 우리나라 농가중 2.5ha 이상의 米穀耕作畝를 소유하고 있는 농가는 1987年末 현재 全農家の 1%미만이며, 실제로 開發된 管理方法을 적용할 常溫通風乾燥 시설을 보유한 농가는 이보다도 훨씬 적으리라 생각되어 현재는 對農民 보급성이 희박하다고 생각되지만 농촌노동력의 부족현상이 심화되고 있고, 콤바인의 대량보급에 의한 건조작업의 부담이 증가하는 추세이며, 乾燥 및 貯藏施設이 부족한 현실과 共同利用에 의한 乾燥量 확보

등을 감안한다면 對農民 보급성은 급속히 향상되리라 기대된다.

한편 開發된 컴퓨터를 이용한 常溫通風乾燥 管理 시스템이 보급될 경우 얻을 수 있는 效果는 管理的 自動化 이외에 다음과 같은 간접적인 效果를 기대할 수 있겠다.

1) 適正한 管理로 곡물의 부패와 過乾燥로 인한 경제적 손실방지와 米穀의 간접증산 效果를 얻을수 있다.

2) 常溫通風乾燥를 컴퓨터를 이용하여 自動管理함으로써 부족한 農村勞動力을 절감하고 人間工學的 차원에서 보다 손쉬운 농업형태를 유도할수 있다.

3) 앞으로 우리나라의 농촌에도 컴퓨터 및 電子工學을 이용한 농업기술이 보급될 전망이므로 이러한 先進農業技術에 대하여 사전 적응훈련과 흥미를 유도하며, 이를 통한 농민의 지적수준의 향상을 도모하고, 이와 유사한 형태의 新農業技術을 수용할 수 있는 능력을 증대시킨다.

4. 結 論

우리나라의 주곡인 米穀의 乾燥作業은 대부분 天日乾燥에 의존하고 있어서 氣象條件에 절대적으로 영향을 받으며, 제반 손실도 많은 형편이다. 이러한 天日乾燥方法을 개선하기 위한 방법으로 벼의 常溫通風乾燥 方法이 권장되었다. 그러나 이 방법은 管理가 소홀하면 곡물의 부패 및 過乾燥가 발생하는 위험이 따른다. 그러나 아직까지 국내에서는 벼의 常溫通風乾燥時 管理를 自動化할 수 있는 方法에 관한 연구개발이 없었다. 따라서 本 연구에서는 米穀의 常溫通風乾燥 및 貯藏을 적정하고 안전하게 관리할 수 있는 Apple II Plus 컴퓨터를 이용한 自動計測 및 制御시스템의 開發을 목적으로 하였으며, 本 연구를 통하여 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 開發된 시스템에 의하여 곡물의 溫度, 大氣의 相對濕度, 穀物의 含水率과 平衡含水率 등을 計測한 결과 標準方法과의 誤差範圍는 각각 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, $\pm 1\%$, $-3\% \sim +1\%$, $\pm 1\%$ 등으로 나타났으며, 이

러한 誤差範圍는 벼의 常溫通風乾燥를 관리하는데 큰 지장이 없으리라 생각된다.

2) 벼의 常溫通風乾燥를 自動管理할 수 있는 計測 및 制御프로그램과, APPLE II PLUS 기종의 컴퓨터에 內藏되어 있는 game I/O port의 annunciator 出力을 이용하여 送風機를 on/off 制御할 수 있는 制御回路를 開發하였으며, 實驗結果 乾燥 시스템의 計測 및 制御가 正確히 수행되었고, 이에 所要되는 시간은 43초였다.

3) 比較乾燥實驗 結果 개발된 장치의 所要電力量은 53Wh이며, 慣行의 常溫通風乾燥 관리방법과 開發된 컴퓨터를 이용한 관리방법과의 損益分岐點이 되는 乾燥規模는 16ton/year 이었고, 300m³의 건조빈에 開發된 시스템을 적용할 경우 5年안에 初期投資의 回收가 가능한 것으로 분석되었다.

參考文獻

1. 金동혁, 최재갑, 고택균. 1979. 穀物의 常溫通風乾燥시스템의 시뮬레이션. 한국농업기계학회지 4(2): 32-45.
2. 張東日, 정도섭, 씨엘황. 1983. 벼 調製 및 貯藏 시스템의 最適化를 위한 非線型 골 프로그래밍 (I). 한국농업기계학회지 8(2): 69-85.
3. 張東日, D. S. Chung, H. B. Pfof, and D. L. Calderwood. 1983. 自然空氣에 의한 벼乾燥 시뮬레이션 (I). 충남대학교 농업기술연구보고10(1): 118-128.
4. 張東日, D. S. Chung. 1984. 自然空氣에 의한 벼乾燥 시뮬레이션 (II): 要因分析 및 熱帶氣候下의 乾燥可能性 調査. 충남대학교 농업기술연구 보고 11(2): 270-277.
5. 張東日, 김만수, 김태균. 1988. 米穀의 常溫通風乾燥를 위한 컴퓨터 計測 및 制御시스템 개발. 한국과학재단 연구보고서.
6. 정창주, 고택균, 노상하, 한영조. 1982. 시뮬레이션에 의한 常溫通風乾燥方法의 適正化에 관한 研究. Part II: 最適堆積깊이와 最小乾燥費用. 한국농업기계학회지 7(1): 42-51.
7. ASAE. 1983. Agricultural Engineers Year Books of STANDARDS.
8. Arora, V.K., S.M. Henderson and T.H. Burkhardt. 1973. Rice drying cracking versus thermal and mechanical properties. Transactions of the ASAE 16(2): 320-323.
9. Burn, J.M., J.L. Dunlap, Jr. and G. Hammond. 1983. Energy efficient drying through computer control. Agricultural Electronics-1983 and Beyond, ASAE. Vol 2: 701-707.
10. Chung, D.S. and H.B. Pfof 1967. Adsorption and desorption of water vapor by cereal grain and their products. Transactions of the ASAE 10(4): 549-557.
11. Mitchell, B.W. 1983. Signal conditioning for analog inputs to microcomputers. Transactions of the ASAE 26(2): 570-575, 583.
12. Persson, G.W. and R.W. Churchill. 1983. Automatic computer control of grain drying and aeration. Agricultural Electronics-1983 and Beyond, ASAE. Vol 2: 692-700.