中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）44(4)：470～482（1995）

種子乾燥調製自動控制系統之建立[1]

賴建洲[2]　方　煒[3]　謝建家[4]

摘要：本研究所建立之種子乾燥自動監控系統，架設於臺中種苗繁殖改良場。本系統可自動同時監視、記錄30個乾燥倉入風口、出風口及大氣之乾、濕球溫度，並提供以下幾項功能：

1. 視不同的作業需求，諸如最省能源、最短時間、最佳能源利用效率等，本系統提供五種不同乾燥控制策略供使用者選擇。
2. 依據不同之控制策略調整燃油機噴油嘴的動作以間接控制熱風溫度，可節約燃油、降低成本，並提高乾燥後種子之品質。
3. 由入出風口空氣之濕度差換算求得種子之含水率，可大幅減少定時量測含水率的人力。
4. 提供安全警示功能，可避免機械故障無人維修的現象與定時巡視機械作業狀況的人力需求。

關鍵詞：種子乾燥、自動控制、控制策略。

有關玉米穗與玉米粒乾燥方面之研究，如玉米乾燥特[2]、通風方式[3,4]、風量與溫度等操作條件之影響[5]、乾燥模式與電腦模擬[6,7,8]以及乾燥模糊控制[1]等，已有完整之報告，本文不再贅述。本省玉米及高粱種子的乾燥與調製工作，均集中在臺中種苗繁殖場進行，再統一供應各區農會領用。爲維持種子之發芽品質，均採用靜置乾燥方式。目前種苗場已建立三十座靜置型乾燥作業倉。玉米方面將玉米種穗先行乾至18%時進行脫粒。脫完粒後再行乾至13%。三十套乾燥設備在作業時每套均需人工設定上限溫度，並且需定時取樣量測玉米含水率，在農忙乾燥作業期間，每倉取樣完成一次，至少需耗 6 小時，造成夜間加班之壓力甚爲沈重，工作相當繁雜。在人手缺乏的今天，必須利用自動化控制的方式，方可降低勞力需求，並獲得較高的種子。

玉米及高粱種子之乾燥處理係以連續送熱風之方式爲之。爲避免影響種子發芽，通常只作40°C之固定限溫自動控制。因而無法隨著大氣溫、濕度、種子的溫度、含水率，隨時調整適當的熱風溫度，致未能掌握種子乾燥之有效性，而常常作無效之乾燥。因此在種子乾燥過程中，將浪費相當的燃油及電力，尤以燃油在種子乾燥的成本比例上高達80%最是可觀，亟需研發一套可節省能源及人力的種子乾燥自動監控系統，將來亦可推廣給農會大型穀物乾燥設備使用。

本研究嘗試以不同之乾燥策略配合實際乾燥之作業，設計發展自動監控系統，以電腦取代人工繁複之開關與量測動作。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1816 號。
2. 本所農工系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立臺灣大學農機系副教授。臺北市。
4. 臺灣省種苗繁殖改良場副研究員。臺灣省　臺中縣　新社鄉。

材料與方法

一、試驗材料

本試驗所使用玉米穗之品種爲臺農351。

二、試驗設備

㈠靜置式乾燥倉

爲種苗場已在使用之靜置式乾燥倉，每倉最大容量爲二萬公斤濕玉米穗，使用三相、220 V、5馬力之風扇與煤油燃油機，控制進風口空氣之溫度。

㈡溫度感應器

使用PT—100爲溫度感應材料，透過自製之線性轉換器，將訊號轉換成0—5V之電壓，每1V代表20°C，用來量測大氣之乾、濕球溫度及各乾燥倉入風口乾球溫度與出風口之乾、濕球溫度。共計使用93支PT—100。

㈢類比數位訊號轉換器

使用國內研華科技公司所生產之AD／DA卡（PCL—818H），將之與每個溫度感應器連接，以監測各點之溫、濕度變化。由於感測之點數頗多，同時配合使用七組多工器（PCLD—789）。控制訊號之輸出則透過數位輸出界面卡（PCLD—720）與固態繼電器界面卡（PCLD—885）來執行燃油機噴嘴開閉動作之控制。

㈣中央控制面板

各乾燥倉原已有一固定溫控裝置，爲了保留原手動功能，將電腦控制線路與原控制線路結合，再將所有控制線路集中在中央控制室之控制面板上。當中央控制室將控制開關切換至手動位置時，乾燥倉之控制方式，就回歸到原來的定溫控制，而非電腦控制。當風扇與燃油機異常時，中央控制室控制面板上之異常燈會亮起警告，直至異常狀況解除。

㈤電腦自動監控系統

使用80486—33之IBM相容個人電腦，配合研華科技公司所生產之類比輸出／入界面模組系列（PCL—818H SERIES），透過訊號轉換器連接各倉底部熱風入口處（測乾球溫度）與乾燥倉上部出風口處（乾、濕球溫度）之PT—100溫度感測棒（如圖1所示）。

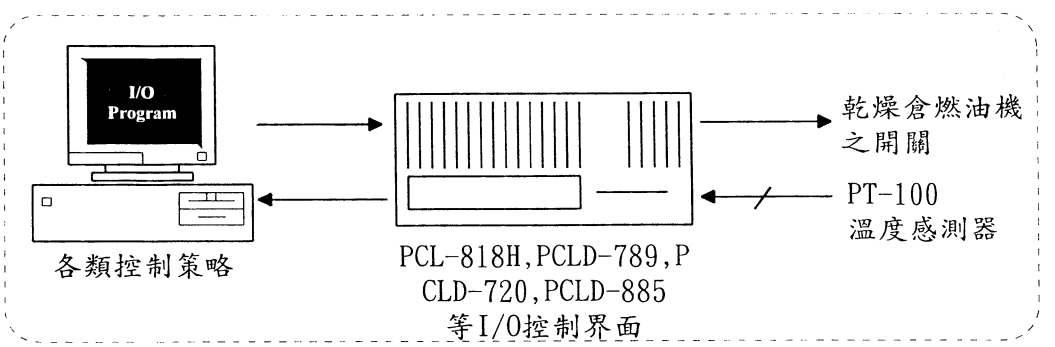


圖 1. 種子乾燥自動控制系統

Fig. 1. Automatic control system for seed drying

三、試驗方法

本研究之主要構想在發展、設立自動監控系統，配合乾燥加熱控制策略，以達有效節約乾燥成本及減少乾燥過程中人工之需求。監控系統使用之硬體已於前節介紹，以下介紹控制輪。

控制軟體使用培基語言寫成。軟體在中文系統下執行可有全中文的使用者界面，非常具親和性。又，所有的訊號包括環境感測與熱風乾、濕球溫度訊號及控制動作皆可在螢幕上顯示。軟體中可設定各倉之初期使用條件，如初始重量、含水率及乾燥方法等，系統本身會依當時所測量得到之各點乾、濕球溫度，同步換算出當時大氣中及乾燥倉入、出風口之溫度與相對濕度，而依乾燥理論與所設定之控制策略，依當時大氣溫、濕度之變化，自動判斷是否起動燃油機，以提高或降低熱風溫度，以避免無效之乾燥，並減少乾燥過程中含水率測定之頻率。

若出口的熱風未接近飽和即表示有能量的浪費，熱風溫度即可降低，於是節省了燃油的消耗。以上爲乾燥熱風控制策略之基本精神，此控制策略尚可依不同之目標而有進一步之發展。詳細內容以及計算式之推導於下節中討論。

07—25—1995　　種子乾燥監控系統　　1.0 版
種　苗　場　　15：18：22　15：18：18

大氣溫度　乾球：30.00　濕球：29.70

資料儲存 1

倉號	乾球	濕球	濕度	是否乾燥	倉號	乾球	濕球	濕度	是否乾燥
1	0.00	0.00	0.00	否	〔 未設定使用				〕
2	0.00	0.00	0.00	否	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕
〔 未設定使用				〕	〔 未設定使用				〕

按 ESC 以跳回至主功能表

圖 2. 種子乾燥自動控制系統啓動時畫面
Fig. 2. Starting menu of Automatic control system of seed drying

如圖 2 所示爲監控軟體啓動時之螢幕畫面，目前有二倉準備使用，大氣之乾、濕球溫度已顯示於畫面上。按 ESC 鍵後，畫面切換至主功能表，如圖 3 所示。使用者需進入選項 2 進行各倉乾燥條件之設定。如圖 4 所示，共有 7 倉（倉號 1 至 7）準備進行乾燥，其中有 5 倉使用模糊控制策略，2 倉使用最快（最省時）乾燥策略。畫面中同時顯示初期之含水率（濕基）與重量（公斤）。

07—25—1995	種子乾燥監控系統 種　苗　場	1.0版 15：18：22　15：18：18

主　功　能　表

設定檔：DEFAULT. PRM

時間間隔：0：10：0

0>系統說明

1>開始運轉

2>設定各倉乾燥條件

3>設定資料檔

4>設定儲存時間間隔

5>將設定存入磁碟機

6>叫出設定

7>查看磁碟目錄

8>設定時鐘

9>跳回至 DOS

A>攻破硬體規劃

輸入號碼或按↑ ↓方向鍵至所要功能處並按 Enter 鍵

圖 3. 種子乾燥自動控制系統主功能表畫面
Fig. 3. Main menu of Automatic control system of seed drying

圖3所示主功能表中共有11選項，選0可進入系統說明畫面，介紹其它10個選項之功能，茲說明如下：

㈠開始運轉——爲主要之操作，除非已有設定，否則你將會被要求輸入資料檔及測量間隔時間，若你不管要求，則資料將只顯示而不被儲存。

㈡設定各倉乾燥條件——爲用來指定欲測量之倉，並設定其控制是否受電腦環控策略控制，以及是以最快或省電（較慢）之方法控制。

㈢設定資料檔名——指定資料儲存之檔名，最多八個字，若欲使此資料被 LOTUS 123所叫用，其最後必須爲.PRN

㈣設定儲存時間間隔——設定資料存入磁碟之時間間隔，而螢幕上之資料仍不停之更新。

㈤將設定存入磁碟——將各種設定存於磁蝶以便將來叫用。

㈥叫出設定——將以前存入於磁碟之設定叫出，省得重新設定。

㈦查看磁碟目錄——查看你的系統上任一台磁碟機內之檔案，例如查A磁碟機之檔案——A：

㈧設定時鐘——允許你重新設定時間或日期

㈨跳回DOS——脫離本系統並回至DOS

A. 改變硬體規劃——可改變硬體位址、螢幕顯示顏色等

種子乾燥監控系統 1.0版

07—25—1995 種 苗 場 15：18：22 15：18：18

各 倉 設 定 功 能 表

用 ↑ ↓ 鍵移動浮標.設定爲肯定時，請輸入 1 ，否則自動設爲 0

倉號	是否使用	最快乾燥	省油乾燥	初期含水率	初期重量	Fuzzy(n)
1	1	0	0	26.7	17,645	1
2	1	0	0	31.4	17,830	2
3	1	0	0	34.5	18,860	3
4	1	0	0	32.8	17,900	4
5	1	1	0	32.6	16,250	0
6	0	1	0	25.1	17,640	0
7	0	0	0	32.9	17,640	2
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0

結束時，按 ESC 鍵

圖 4. 種子乾燥自動控制系統各倉參數設定畫面

Fig. 4. Parameter setting menu of Auto control system of seed drying

四、靜置式厚層穀物乾燥最佳化控制策略之理論探討

㈠穀物含水率之預測

假設穀物之初期含水率爲 Mi（濕基，以小數表示），其乾燥後之含水率爲 Mf，穀物之原始濕重（穀物加上水份）爲G公斤，則總共所要移走的水分（△Wr）可以下式表示：

$$\triangle Wr = G \cdot (1-M_i)\left(\frac{M_i}{1-M_i}-\frac{M_f}{1-M_f}\right)$$

$$G\,M_i - GM_f\,\frac{1-M_i}{1-M_f}$$

假設總乾燥時間爲已知，以 t 時間單位表示，則每單位時間所需帶走的水量(乾減率)爲 $\frac{\triangle Wr}{t}$。但是由於乾燥過程中有所謂的恆率與減率乾燥期，是以乾減率(K_1)的，計算應配合一修正係數(C_t)，簡列如下：

$$K_1=\frac{\triangle Wr}{t}C_t$$

基於質量守恆的觀點，穀物所損失的水份應該等於熱風所增加的水分，是以以下的計算即針對熱風出口與入口之絕對濕度差。

假設已知空氣之乾球溫度與溼球溫度，分別以 T1 與 W1 表示，熱風入口之乾球溫度與

絕對濕度及出口廢氣之乾球溫度與絕對濕度分別以 T_2、W_2、T_3 及 W_3表示。
則單位時間內所能移走的水分量 K_2 可以下示表示：

$$K_2=\frac{\rho V}{(1+W_2)}(W_3-W_2)$$

其中 ρ爲密度(kg/m³)

V爲熱風體積流量率(m³/sec)

上式中ρV爲熱風質量流量率(kg/sec)，此部份的熱風含有水氣與乾空氣，眞正的乾熱風風量率爲$\frac{\rho V}{(1+W_2)}$，(W_3-W_2)則爲每公斤乾的熱風中所帶走的水量(仍以公斤爲單位)。

由量測熱風入出口之狀態可計算得帶走之水分量，若穀物之初期含水率已知，則可求得乾燥過程中含水率之變化。

㈡最佳化控制策略之探討

本研究提供多種控制策略，使用者可視實際需要選擇適當的策略進行乾燥。控制策略之最佳化取決於其目標，以下依各目標之不同，以擬程式化之方式介紹控制策略。由於受限於種苗場乾燥設備之現況，僅能針對熱風溫度一項做控制)

1. 總乾燥時間爲最短（傳統限溫）之控制

假設 T2 爲入風口熱空氣之溫度

IFT≧40°C，關燃燒爐

IFT_2＜40°C，供應所能供給之最大熱量

使 T_2 維持在40°C附近（上限溫度不一定限制爲40°C，應爲濕球溫度40°C時之乾球溫度）。

2. 在預定乾燥時間內完成乾燥作業之控制

$$K_1=\frac{\triangle Wr}{t}C_t$$

$$K_2=\frac{\rho V}{1+W_2}(W_3-W_2)$$

IFT_2≧40°C，關燃燒爐

IFT_2＜40°C

IF K_2≧K_1，繼續目前控制條件

IF K_2＜K_1，加熱等級(stage)增1，迄最高級

IF stage＝最高級，維持現狀

ENDIF

3. 節省耗油量之控制

若出風口處之相對濕度

R H_3《100%

表示乾燥效率未達最佳狀態，可視W_3-W_2之大小決定新的T_2(即T_2')，如圖 5 所示。因此若T_2'＜T_1 則關閉燃燒爐，只行通風。

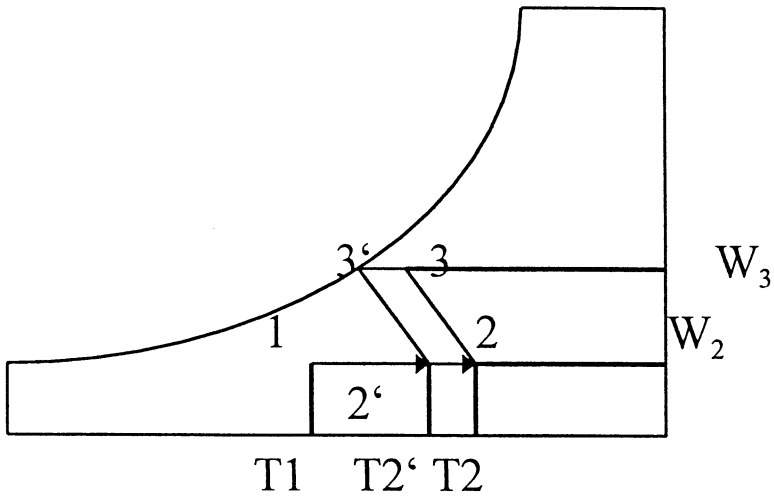


圖 5. 乾燥空氣在熱氣線圖上之變化
Fig.5. The status of drying air in Psychrometric Chart

以下介紹求T2'之方法：

已知狀態點2'在1與2之間，狀態點3'與3有相同的絕對濕度(W_3)，且3'之相對濕度(RH)應接近100%，在兩個熱力性質已知的情況下，狀態點3'之其它性質均可求得，諸如濕球溫度。

又狀態點2'之濕球溫度與3'相同，且2'之絕對濕度應與狀態點2相同，於是狀態點2'在兩個熱力性質已知的情形下，其它熱力性質均可求得，諸如乾球溫度(T2')。於是控制噴油嘴之開關，使熱風溫度達T2'之值。

4. 在預定乾燥時間內完成乾燥作業且耗油量爲最少之控制

IF T2≧40°C：關燃燒爐
IF T2<40°C，供應所能供給之最大熱量
IF K2≧K1，
IF RH3=100%，繼續目前控制條件
IF RH3<100%，計算T2'
IF T2'>T1 將熱風溫度調至T2'
IF T2'≦T1 關燃燒爐
ENDIF
ENDIF
IF K2<K1，加熱等級(stage)增1，迄最高級
IF stage=最高級，維持現狀

5. 模糊 (fuzzy) 控制

前述四種策略皆爲針對不同之目標而設計，此處之模糊控制應屬節省耗油量之控制方法，筆者捨棄傳統之on/off控制方式而直接將模糊理論與多段控制方式結合。

模糊理論肇始於1965年美國加州大學柏克萊分校L.A.Zadeh 教授所提出之「模糊集合」概念，而模糊控制爲模糊理論之應用，其控制模式之方塊圖可表示如圖6：

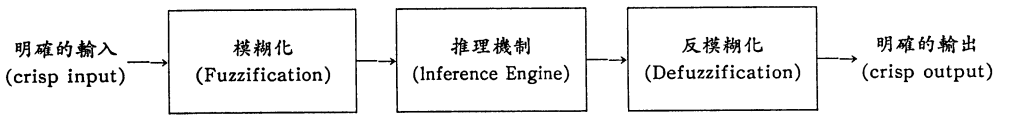


圖 6. 模糊理論控制模式
Fig. 6. Control Box of Fuzzy Theory

首先用 PT-100溫度感測器量測外界大氣及穀層頂端出口熱風之乾、濕球溫度，由乾、濕球溫度之差值（即濕球降），可得知空氣濕度及玉米含水率狀況，而此差值即爲『明確輸入值』。接著用輸入隸屬函數將差值模糊化，得出其大、中、小之隸屬程度，此即『模糊輸入值』。其次將此隸屬度代入推理機制之規則中推論，例如，若空氣潮濕且乾燥物含水率高則進行高溫乾燥等，並依取「min-max」之演算方式得出其『模糊輸出作』。然後經由輸出逐波而去函數、「λ－cut」及重心法之運算得出其重心值，此即爲『明確輸出值』，再依此值來做控制。而模糊控制則依輸入隸屬函數之不同而分成四種模式，至於各類模糊理論控制模式之設定點，在邱[6]之論文內已有詳述，在此僅簡單描述，就上述之推導過程舉例說明如圖 7 ：

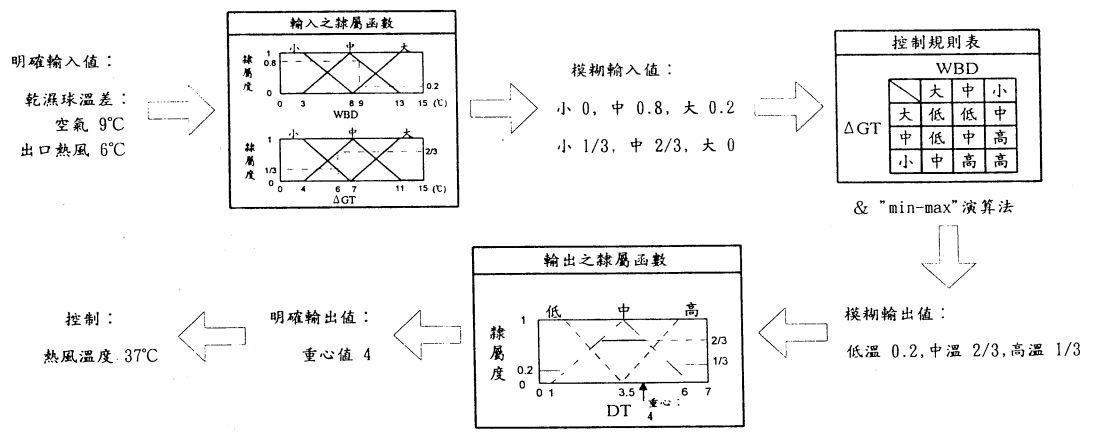


圖 7. 模糊控制之實例說明
Fig. 7. Presentation of Fuzzy Control

結果與討論

依據乾燥策略㈠最短乾燥時間（傳統限溫）與㈤模糊理論來控制乾燥倉燃油機之開關。本試驗進行乾燥時之數量、日期、時間，爲配合各地契約農戶繳交玉米種子至種苗場乾燥時實施。

本試驗於夏冬兩季針對多倉的玉米穗與玉米粒進行不同控制策略的測試。限於篇幅無法一一介紹各倉次的試驗結果，同時爲了使機械條件一樣，以方便比較，乃選擇同一乾燥倉（第七倉）、不同控制策略之試驗組做說明。由圖 8 所示，模糊控制之熱風溫度（最上方實線）已相當接近其所設定之乾燥溫度（上方虛線），而傳統限溫控制（圖 9）之熱風溫度（上方實線）則與模糊理論所設定之溫度（上方虛線）相差甚多。圖中之熱風溫度，有幾處溫度低至30°C以下者，其原因爲停電或機械故障所致，經迅速排除後不影響乾燥作業之進行，而設定溫度線降至0°C係代表停止噴油的動作。

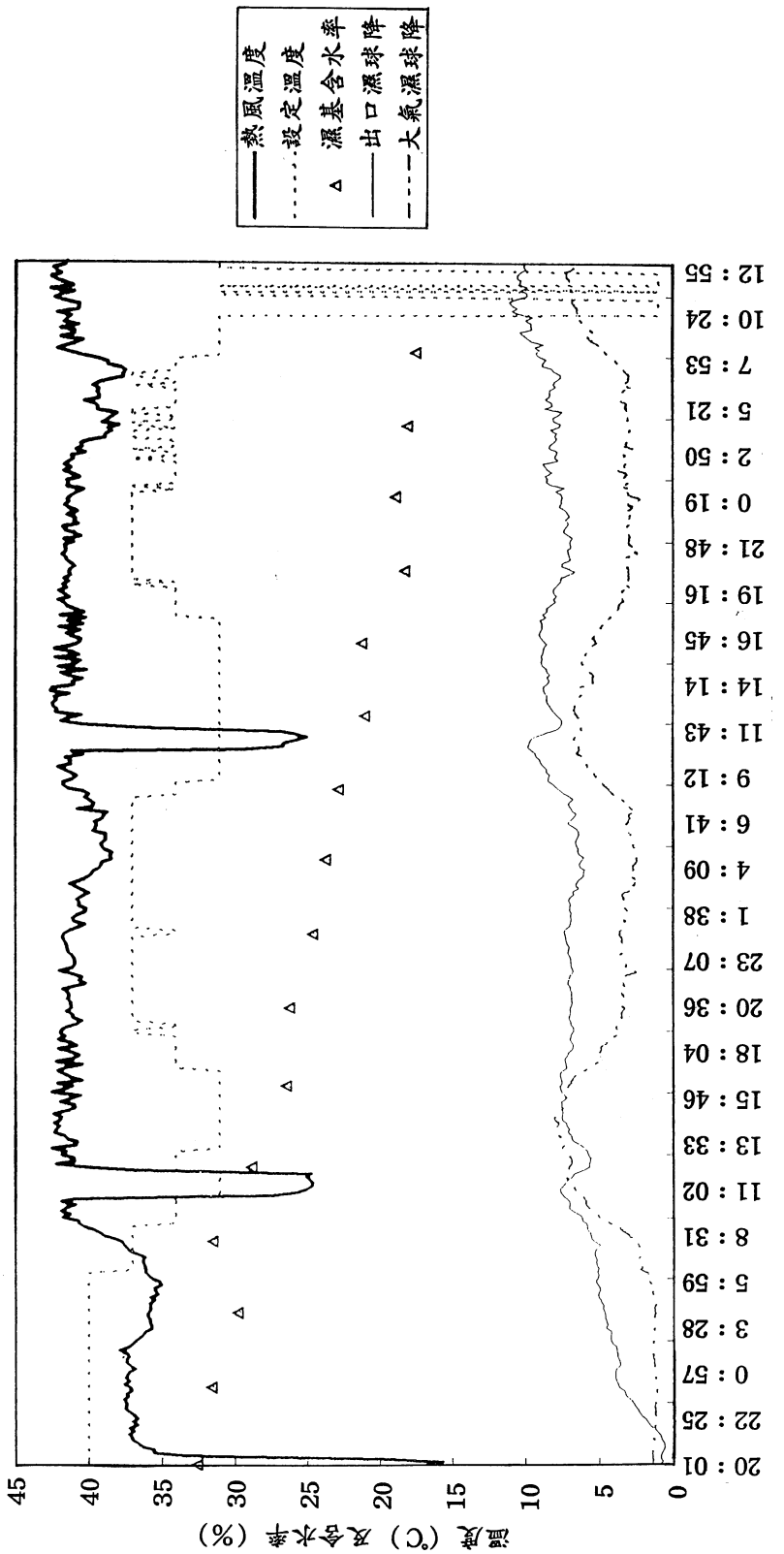


圖 8. 玉米穗傳統限溫控制熱風溫度變化

Fig. 8. Variable of heated air temperature under constant temperature control ofr mealie drying

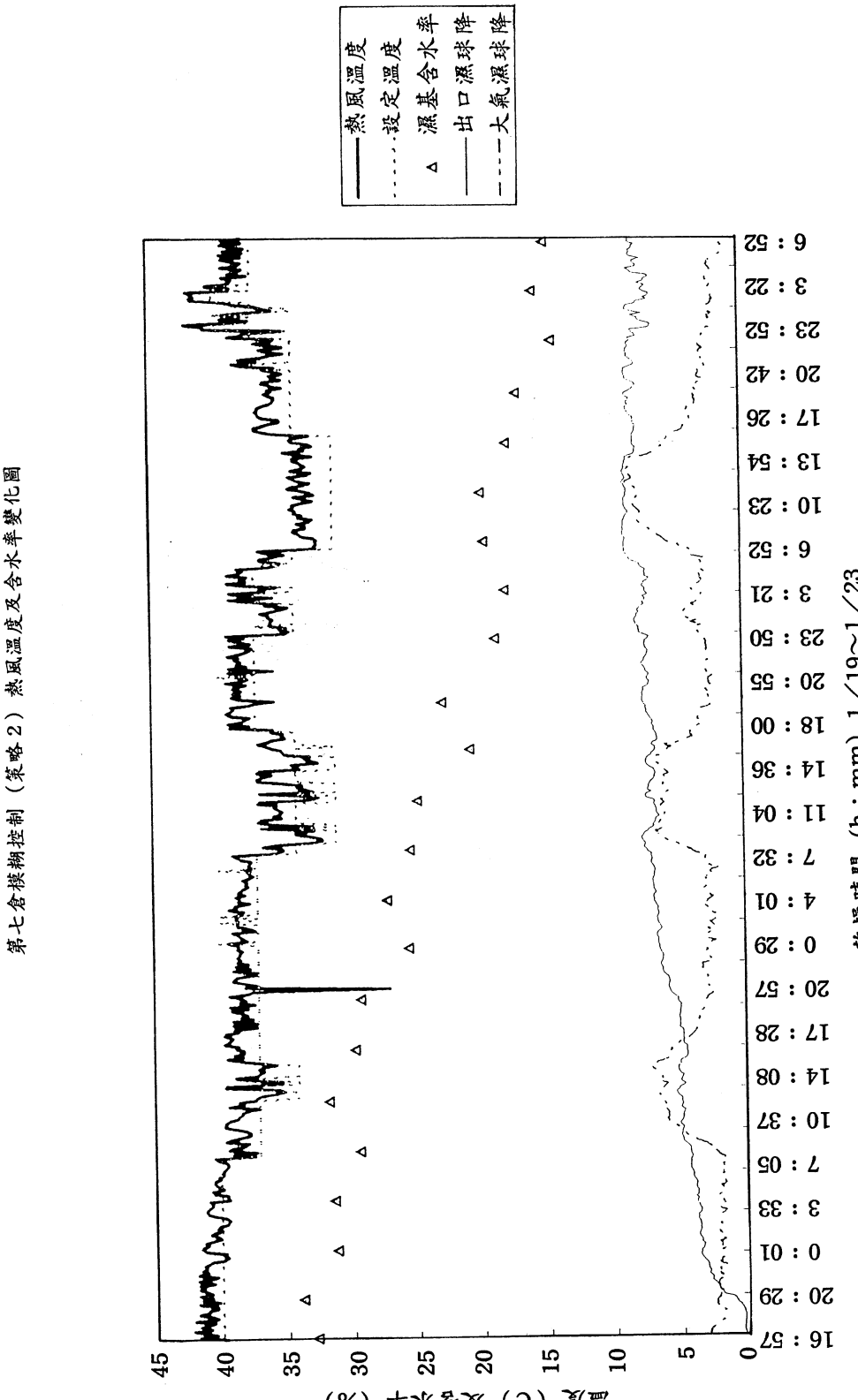


圖 9. 玉米穗模糊控制(2)熱風溫度變化

Fig. 9. Variable of heated air temperature under fuzzy(2) model control ofr mealie drying

表1所示爲1所示爲7倉次玉米穗乾燥試驗之結果，表1中除傳統限溫控制外，模糊控制模式又依輸入隸屬函數之不同，以常見的四種隸屬函數型態做測試，共有五種控制方式，茲說明如下：

1. 傳統限溫：熱風溫度控制於40°C以下，爲傳統之乾燥方式。
2. Fuzzy(1)：空氣濕球降之輸入隸屬函數（型態爲三角形），依常溫範圍濕氣圖來設定。
3. Fuzzy(2)：空氣濕球降之輸入隸屬函數（型態爲三角形），依當地氣候來設定。
4. Fuzzy(3)：輸入隸屬函數如 Fuzzy(2)，但型態改爲正弦函數。
5. Fuzzy(4)：輸入隸屬函數如 Fuzzy(2)，但型態改爲梯形。

表 1. 玉米穗使用不同控制模式乾燥之結果
Table 1. Results of drying ear corn in different control modes

編號 倉號	控制 模式	初始重量 (公斤)	初始含水率 (%Wb)	最終含水率 (%Wb)	耗油量 (公升)	乾燥效率 (公升/公斤.%)	乾燥時間(分鐘)
1 5倉	傳統 限溫	17,640	25.1	15.6	940.8	0.0056	07/20 16：15 至 07/24 16：15，1994
2 6倉	Fuzzy (1)	17,645	26.7	16.7	840.35	0.0048	07/20 16：15 至 07/24 16：15，1994
3 5倉	Fuzzy (3)	18,860	34.5	17.9	926.1	0.0030	01/17 19：30 至 01/21 04：10，1995
4 6倉	Fuzzy (2)	17,830	31.4	16.5	943.25	0.0036	01/18 17：10 至 01/22 08：20，1995
5 7倉	傳統 限溫	16,250	32.6	17.4	1,055.95	0.0043	01/16 20：00 至 01/19 09：00，1995
6 7倉	Fuzzy (2)	17,640	32.9	17.9	867.3	0.0033	01/19 16：50 至 01/22 04：20，1995
7 7倉	Fuzzy (4)	17,900	32.8	17.5	992.25	0.0036	01/23 20：30 至 01/26 12：10，1995

由表1可知，不管是在夏季或冬季，使用任一不同之模糊控制策略時，其乾燥效率皆較傳統限溫乾燥方式爲佳，在夏季時（編號1及2）可提高乾燥效率14.3%，節約燃油成本達100公升。而將冬季（編號3及4）之乾燥效率與夏季（編號1）比較，則乾燥效率最高可提升至46.4%。冬季之乾燥效率明顯較夏季時之效率高出許多。但若使用同一乾燥倉，且將初期含水率與最終含水率盡量控制在同樣之條件下（編號5、6、7），作重覆試驗，則依模糊控制輸入隸屬函數之不同，其乾燥效率可較傳統限溫控制提高16%—23.6%。編號6與5比較，可節約燃油將近190公升，降低乾燥成本達20%。

由上可知，利用電腦監控系統，除了可輕易的將各類型之控制策略納入系統外，在機械設備之安全監控與警示功能亦可含括在內，而透過入、出風口濕度之監視、記錄與運算，可隨時粗略估算玉米穗（粒）之含水率，並警示工作人員作最終含水率之測試與確認，如此可大幅降低乾燥過程中含水率測定之工作，並避免因乾燥過乾，而影響種子發芽之狀況出現。由傳統限溫乾燥方式與模糊控制乾燥方式之比較可知本系統確可達到省工、省油及提高種子品質之目標。後續之研究當針對其中策略做進一步驗證，並探討均化過程對乾燥效率與種子品質之影響。

引用文獻

1. 邱士益。1995。國立臺灣大學農業機械工程系碩士論文。
2. 馮丁樹。1985。飼料玉米乾燥特性之研究。農工學報 31(1)：37-55。
3. 馮丁樹、賴建洲。1989。玉米穗常溫自然及通風乾燥方式之研究。農工學報 35(1)：16-27。
4. 馮丁樹、郭來標。1987。換向式通風乾燥玉米穗之研究。臺大農學院研究報告第二十七卷第一號 76年4月。
5. 馮丁樹、方煒。1985a。靜置式厚層玉米粒乾燥過程中最適風量率及最佳操作條件之探討。農工學報 31(4)：71-77。
6. 馮丁樹、方煒。1985b。個人電腦應用之二…NTU-DRY…靜置式厚層玉米粒乾燥系統模擬程式之研究。農工學報 31(4)：101-110。
7. 馮丁樹、方煒。1985c。個人電腦應用之一…玉米厚層乾燥對數模式之探討。農工學報 31(3)：18-26。
8. 馮丁樹。1990。農會大型玉米乾燥系統之模擬及作業分析。國立臺灣大學農業機械工程系國科會研究成果報告。

Development of an Automatic Control System for Seed Drying[1]

Chien-Chou Lai[2], Wei Fang[3] and Cheng-Char Shieh[4]

Summary

PC-based automatic control system for seed drying developed in this study was installed in Taiwan seed Inprovement and Propagation Station. The system is capable of measuring dry bulb and wet bulb temperature of the inlet heated air and exaust air of 30 drying compartments and their enviroment.

Based on these sensor inputs, the system can provide following functions :

1. There are five different control strategies available, Proper controls can be performed according to different objectives, such as the increase of labor use reduction of drying time and/or fuel consumption, etc.
2. According to different control strategies used, the system can adjust the fuel consumption, thus controll the temperature of the inlet heated air. With this function, the better quality of the dried seeds with less operating cost would be obtained.
3. The moisture contents of seeds during the drying process can be calculated based on the increase of the humitity of the air stream. Labor reguired for measuring the moisture content of seeds manually can thus be greatly reduced.
4. The man power reguired to insure the proper operation of the drying system can be saved by a safety alarm provided by the control system.

Key words: Seed drying, Automatic control, Control strategy.

1. Contribution No. 1816 from Taiwan Agriculture Reasearch Institute.
2. Researcher Assistant Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufung, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
4. Associate Researcher, Taiwan seed Inprovement and Propagation Station. Shin sir, Taichung, Taiwan, ROC.