

稻穀含水率測定烤箱技術之研究

Development of Oven Technique for Moisture Testing of Rough Rice

台灣省農業試驗所農工系副研究員

陳加忠

Chiachung Chen

國立中興大學農機系副教授

雷鵬魁

Perng-Kwei Lei

台灣省農業試驗所農工系技士

曹之祖

Chin-Tsu Tsao

摘 要

此研究中比較六種烤箱量技術對稻穀水份之量測性能。比較之標準為誤差分佈圖，數據標準差與誤差絕對值之平均值。量測稻穀品種為梗8號，水份範圍為10~35%濕基。結果顯示以130°C乾燥16或20hr僅適用於28%以下之稻穀，高含水率之樣本則需利用105°C與72hr加以測定。傳統方法如AOAC標準，其乾燥溫度小於130°C，時間不超過5hr，僅適用於接近13%含水率之樣本。

關鍵詞：烤箱、含水率、稻穀。

ABSTRACT

A comparative study of moisture content of rough rice using six air oven techniques was conducted. The distribution of measuring errors, standard deviations and the average of absolute values of errors were served as comparative standards. The range of moisture for the grain variety of Taikeng No.8 used in this study was 10 to 35 percent(w.b). The results showed that the oven technique set at 130°C for a period of 16h or 20h only valid for the samples of moisture content below 28%. The moisture determination for higher moisture content was recommended using the 105°C drying temperature and 72h drying period. The traditional method, such as AOAC technique of drying below 130°C and period less than 5h, could be adopted only for the sample that its moisture nearly 13%.

Keywords : Oven, Moisture content, Rough rice

一、前 言

農產品含水率為影響品質之重要因子。在農產品的加工作業中，含水率的量測工作十分重

要。國內稻穀收購時，準確地含水率測定可保證賣方（農民）與買方（農會或糧商）皆能在公平之條件上完成市場機能。因此穀物水份量測技術之準確性必須加以建立。

水份存在於農產品內的活動現象是影響產品品質的主要因素，通常以四個階段代表（陳氏等，1990）。乾的農產品表面存有無數毛細管，

1. 置於潮濕的環境時，水分子開始聚集於表面。
2. 隨著水份的增加，在細胞上形成一單層水份子覆蓋於表面，此時水分子自身之間和分子與細胞之間的吸附能量最大。
3. 隨著水份的增加，多層的水分子開始堆疊於單層水份子之上。此種水份可稱自由水（Free water），係以凝聚作用推附於單層水份子之上。
4. 在吸濕的最後階段中，水份子因毛細管作用吸附於多層水份子，由於此吸附力十分微弱，此時之水份也因此容易失去。各階段的水份分佈現象影響了農產品品質，然而各階段農產品的確實含水率卻不容易加以區分。

農產品之水份含量因其水份分子分佈狀況，另一種區分方式分為三類：第一類稱為細胞內水份，水份子由大型蛋白質或澱粉細胞分子所緊緊拘束。第二類稱為吸附水份（Bound water），即上述四個階段中自 a 至 c 部份。第三類稱為自由水，僅有微弱之毛細管力所吸附。

Multon 等人（1979）將農產品水份量測法主要區分為初級法（Primary）與次級法（Secondary）。初級法係將水份直接自穀物內移出以計算其數量，此種直接方法有三型：

- (一) 以烤箱之熱風加以乾燥水份。
- (二) 以蒸餾法加以去附水份。
- (三) 以化學反應方式加以抽出水份。

直接法之準確性最高，但是耗費人力與時間，在現地量測時並不適用，而且在三種方法中，最佳之原始標準並未建立而為世界上各檢驗機構所承認。次級法又稱為間接法，係量測與穀物含水量有關的化學或物理量，再轉換為水份值。此類測定方式必須以初級（或直接法）為依據，進行校正工作。常用的方法如電子原理量測法，紅外線快速乾燥法，相對濕度量測法，近紅外線技術與微波技術（Grabe, 1989; Young, 1991）。

烤箱乾燥法往往為官方檢驗單位訂定為最原始的標準。由於烤箱法涉及了乾燥所用熱風溫度與作業時間，不同的穀物有其特殊之標準程序。而以相同之農產品以稻穀為例，不同檢驗單位即有不同的溫度與時間要求（Multon, et al, 1979）。

國際上各官方組織或技術學會之檢驗技術如表 1 所示，然而為國內研究人員慣用之美國農工學會工程標準 (ASAE Standards) 中並未包括稻穀 (ASAE, 1992)。

利用烤箱法測定含水率之方法係以烤箱在一定溫度與時間下對於受測樣本進行乾燥作業，再以乾燥前後之重量加以計算含水率。此方法雖然簡易可行，但是其量測準確性受到許多因素所影響。其量測之準確性取決於兩項條件：

- (一) 樣本內部水份能夠完全排除。
- (二) 樣本內部之乾物質並未損失，尤其是能避免揮發性物體之散失。

對於樣本之受測均勻性方面，烤箱內部之溫度分佈均勻十分重要，有關之影響條件介紹如下：

(一) 樣本放置位置：

烤箱內部溫度均勻分佈特性十分重要。由於近年來烤箱內部送風循環技術之改進，內部位置之影響性已不顯著（Noomhorm and Verma, 1982; Wilhelm et al., 1988; Jindal and Siebenmorgen, 1987）。

(二) 大氣相對濕度

日本研究者對於稻穀之烤箱含水率測定中，認為大氣相對濕度高於 70 % RH 時，對含水率產生量測誤差約有 0.4-0.7 %（伴敏三等，1972），但在 Grabe（1989）之研究中，認為在較高溫度狀態下（105 °C），相對濕度對於烤箱乾燥性能並無顯著影響。

(三) 樣本處理

將大粒樣本磨碎可縮短乾燥時間，許多官方標準以 18 或 20 網目（mesh）為粉碎程度檢驗標準，然而在粉碎作業時期，水份的散失與碾磨器的加熱作用都會引起量測誤差。Williams 與 Sigurdson 氏（1988）之研究中發現大麥（Barley）與小麥（Wheat）近於 13 % 濕基含水率之樣本，因研磨粉碎造成的水份誤差可高達 1.0 % 以上。對高含水率樣本之研磨影響尚未有研究結果報導。ASAE Standard（1992）對含水率之測定即未採用粉碎法，而以整粒乾燥方式進行含水率測定。

(四) 乾燥溫度與時間

表 1. 稻穀水份測定不同國家與技術學會所用標準

Table 1. Official methods of various countries and technical societies for moisture determination of rough rice

Various countries and Technical Societies	Official methods
AACC (a)	4,9
AOAC (b)	4,6
USDA (e)	4,9
U.S.S.R.	2,3,7
England	4,5
France	1,5,8
ICC (d)	5,8
ISO (e)	5,8
CEE (f)	5
JAPAN	10,11

Technical Societies

- a.AACC:American Association of Cereal Chemists.
- b.AOAC:Association of Official Analytical Chemists.
- c.USDA:United States Department of Agriculture.
- d.ICC:International Association for Cereal Chemistry.
- e.ISO:International Standardization Organization.
- f.CEE:European Economic Community.

Methods:

1. Air-oven, 102 °C 17hr, Ground.
2. Air-oven, 105 °C for 30 min., plus 130 °C for 40 min, Ground.
3. Air-oven, 130 °C for 40 min, Ground.
4. Air-oven, 130 °C for 1hr, Ground.
5. Air-oven, 130 °C for 2hr, Ground.
6. Vacuum-oven, 98 ~ 100 °C for 5hr., or constant weight, Ground.
7. Vacuum-oven, 105 °C for 30 min., plus 130 °C for 1hr, Ground.
8. Glass drying tube, of 10 ~ 20 mmHg pressure, 45 ~ 50 °C, Ground. P₂O₅ desiccant.
9. Model 919 moisture meter (Motomco.), Whole grains.
10. Air oven, 105 °C for 5hr, Ground.
11. Air-oven, 135 °C for 24hr (Whole grains).

對於所有的農產品而言，無法以烤箱技術建立汎用的統一標準，特種樣本所適用的時間與溫度必須與其他初期法加比較校正。Grabe (1989) 已表列 72 種穀物與種子之烤箱法量測技術，其校正方法主要為真空式烤箱 (Vacuum Oven) 或 Karl Fischer 萃取法。

為改善烤箱法之準確性，利用兩段乾燥與研磨法 (Two-stage drying and Grinding) 為 Hunt 氏等 (1966) 首先提出，對高含水率之穀物先加以乾燥至適當含水率 (如稻穀 13%，大豆 10%)，再加以磨碎，以進行第二階段之乾燥作業。此方法之目的在於避免高含水率穀物研磨時乾物質之損失。另一種改良法係以利用真空烤箱 (Vacuum Oven)，以 AACC 檢驗標準為例，在 25mm 水銀柱壓力下，以 98~100°C 乾燥 5hr。建立烤箱法必須選擇一項最初級標準法做為量測準確性之終極標準，再以統計技術比較各種不同溫度與乾燥時間測定方式下，決定最接近之測定方式。Young 氏等 (1982) 以七地區分別比較落花生之烤箱測定標準，以 AOCS (the American Oil Chemists Society) 法為比較基準，結果顯示以 130°C，乾燥 6hr 之量測技術最為準確。

Whihelm 氏等 (1988) 對於 Snap Beans 之水份量測技術進行研究，結果發現以 100°C 乾燥 24 hr，傳統烤箱與真空烤箱方法所測得的結果相近，AOAC 中蔬菜種子之慣用標準 100°C，6hr 對 Snap Beans 並不適用。Tang 與 Sokhlansanj 氏 (1991) 對全粒扁豆 (Lentil) 之烤箱技術研究中，以 AACC 之方法為比較標準 (2~3g，粉碎，130°C，乾燥 1hr)，結果發現以 16g，全粒樣本，130°C 乾燥，20hr 結果與 AACC 方法最接近。

Benjamin 與 Grabe 氏 (1988) 以 Karl Fischer 法為最初標準，用以建立六種牧草種子含水率烤箱量測技術。其結果顯示以 105°C 乾燥溫度，對 10 與 15% 含水率之樣本均能適用，130°C 乾燥溫度則將產生過乾現象，最佳乾燥溫度可高於 105°C，但不得超過 130°C。Grabe 氏 (1989) 對烤箱技術的評論中，即以 103°C~105°C 之溫度稱為低溫法，130°C 稱為高溫法。

Bowden 氏 (1984) 比較含水率於 9~28% 濕度範圍內大麥與小麥之含水率量測技術，三種方

法分別為 ISO172 (International Standardization Organization, 130°C，碾碎 5g，2hr)，ASAE S3 52 (130°C，整粒 15g，20hr) 與 NIAE (National Institute of Agricultural Engineering, 130°C，整粒 10g，16hr)。結果發現三者技術之差異均為 0.8% w.b.。

Hart 氏等人 (1959) 對十三種農產品之含水率烤箱量測技術提出測定基準，此方法為美國農工學會採用為標準 (ASAE, 1992)，對多數之種子而言，其溫度為 130°C。玉米粒之標準為 105°C，72hr。

Noomhorm 與 Verma 氏 (1982) 比較兩種稻穀含水率之烤箱測定技術；AOAC 法 (130°C，1hr，碾碎) 與全粒 130°C，16hr。其結果發現在 13% 以下，兩者之量測值十分接近，對高於 13% 之樣本而言，後者之量測值皆高於前者，樣本含水率愈高，誤差愈大。

Jindal and Siebenmorgen 氏 (1987) 測試比較傳統烤箱之四種方法與真空烤箱三種方法，所得結果以 AOAC 方法為比較標準，其樣本含水率之量測範圍自 9 至 22% 濕基。其研究結果係建立一校正多項式，以各種烤箱量測溫度，所用時間與所測得含水率為自變數。其校正方程式所得結果與 Noomhorm 氏等 (1982) 之結果十分接近，但與 AOAC 方法比較，在 13% 以下範圍較接近，13% 以上則量測值高於 AOAC 值。

伴敏三氏等 (1973) 測試三種方法對稻穀，大麥與小麥三類穀物水份之量測性能；分別為 1.5g，粉碎，5hr，2.10g，整粒，105°C，24hr，4.10g，整粒，135°C，24hr。此研究結果為日本農機學者建立方法(1)與方法(3)之迴歸關係方程式 (山下律也，1975)，並建議以此方式為其學會標準 (加藤，1990)。

為避免碾碎時樣本乾物質之損失與簡化作業手續，整粒乾燥方式由 ASAE 學會採用，並依據 Hart 氏等 (1959) 之研究結果決定乾燥時間與溫度，然而稻穀並未包括在內。Noomhorm 氏等 (1987) 對稻穀含水率烤箱技術之研究中，均以 AOAC 之穀物通則為試用標準，然而 AOAC 之測定基準 (碾碎，130°C，1hr) 係來自低含水率之穀物 (如水稻 13%，大豆 10%) 與 Karl Fischer 方法

比較所得 (Hart et al., 1957; 1959)。此方法原來建立目的係針對種子安全貯存含水率之檢查工作。對於加工過程中，高含水率之檢測工作能否適用，尤其國內穀物水份在收穫時期高達 30% 以上，以 1 小時乾燥時間能否完全去除樣本內之水份，此問題需要深入探討，以提供國內稻穀加工之研究與檢測參考。

在判別量測技術之性能時，準確性 (Accuracy) 與精密性 (Precision) 判別十分重要，前者代表量測數據與真實值接近之程度，後者代表重覆量測同一樣本時，數據之間相近的程度。此量測指標已應用於電子式穀物水份計之性能評估 (陳氏等, 1991)，在此研究中用以比較不同烤箱技術之量測性能。

利用迴歸分析技術協助判別量測準確性，研究者採用的方法主要以相關係數 (R^2) 與迴歸標準差 (SE) 加以判別，例如 Jindal 氏等 (1987) 用於稻穀，Noomhorm 氏等 (1982) 用於三種量測方法比較，Young 氏等 (1982) 對於落花生 (1982)，Wilhelm 氏等用於 Snap beans (1988) 與 Bowden 氏用以評估三種烤箱量測術。此研究之目的如下：

(一) 建立稻穀水份量測烤箱法之初級標準。並以量化方式研究乾燥時間，烤箱溫度對含水率測定準確性之影響。

(二) 以統計技術探討其量測性能影響因子，包括其標準差，量測誤差，迴歸分析參數值等，以比較各量測技術。

二、理論探討

利用烤箱乾燥以測定穀物含水率，其計算方式係先量測穀物最初重量 (W_1)，乾燥作業後量測後餘重 (W_2)，在樣本所含水份完全去除且無乾物質損失之情況下，最後餘重為乾物重 (D)，樣本所含水份為前後重量差，依濕基含水率定義，

$$M_t = \frac{W_1 - W_2}{W_1} = \frac{W}{W_1} \quad (1)$$

M_t 表示在理想狀態下之真實含水率 (True moisture content)

(一) 乾燥時間與溫度影響能力之量化表現

若量測過程中，部份水份殘留量為 w ，乾物質散失量為 d ，則所量測所得之乾物質重量為 ($D-d+w$)，水份重量為 ($W+d-w$)，此種近似含水率 Ma (Apparent moisture content) 之計算公式：

$$M_a = \frac{W+d-w}{W_1} \quad (2)$$

由於量測天平之精密性近年來已有顯著之改善，以烤箱量測含水率之作業中其重量量測誤差可以忽略，以乾燥熱風溫度與所用時間對於含水率量測之準確性影響討論如下：

1. 乾燥溫度適當，可去除水份而不造成乾物質損失 ($d=0$)

(1) 作業時間足以去除水份 (恰當或太長)

$$w=0, Ma=M_t \quad (3)$$

(2) 作業時間太短，水份無法完全去除

$$w>0, Ma = \frac{W-w}{W_1} < M_t \quad (4)$$

2. 乾燥溫度過低，無乾物質逸失，水份無法完全排除

$$d=0, w>0, Ma = \frac{W+w}{W_1} < M_t \quad (5)$$

3. 乾燥溫度太高，造成乾物質逸失，此狀況下 $d>0$

(1) 作業時間適當或太長，水份可完全去除

$$Ma = \frac{W+d}{W_1} > M_t \quad (6)$$

(2) 作業時間太短，水份無法完全去除，因此乾物質逸失亦少，含水量之影響大於乾物質，($w>d$)，

$$Ma = \frac{W+d-w}{W_1} < M_t \quad (7)$$

(二) 迴歸分析參數分析之利用

以真實含水率 (M_t) 為他變數 (Y_i)，近似含水率 (Ma) 為自變數 (X_i)，進行線性迴歸 $Y_i = a + b * X_i$ ， a 與 b 之係數數值可以以 t 分佈檢定 $a=0$ 與 $b=1.0$ 之顯著性

$$\text{由公式(1), (2) } M_t = a + b * Ma \quad (8)$$

$$\text{可改寫為 } W = a * W_1 + b * (W + d - w) \quad (9)$$

各乾物質損失與水份殘留對水份量測之測定影響如下：

1. 乾物質不變， $w=0$

(1)水份未有殘留, $w=0$

$$W=a*W_1 + b*W \dots\dots\dots (10)$$

此式成立之條件 $a=0, b=1.0$

(2)水份改變, $d \neq 0$

$$W=a*W_1 + b*(W-w) \dots\dots\dots (11)$$

此狀況下, $a=0, b \neq 1.$

2. 乾物質損失, $d \neq 0$

(1)水份不變, $w=0$

$$W=a*W_1 + b*(W+d) \dots\dots\dots (12)$$

$B \neq 1.0, a$ 無法判斷是否為 0

(2)水份散失, $w \neq 0$

a. $w=d$, 乾物質之損失量恰好等於水份殘留量

$$a=0, b=1.0$$

b. $w \neq d,$

$$a \neq 0, b \neq 1.0$$

三、材料與方法

(一)研究所用設備：

烤箱為德製 Rost Fret 牌，溫度控制範圍於 1℃ 以內，用以量測含水率，此研究中所標稱之含水率均為濕基 (w.b., %)，量測天平為 FA2000 型 A & D 牌 (日製)，量測準確性為 0.01g。

(二)測定用材料：稻穀 (台梗 8 號)

(三)研究所用方法

1. 所測定樣本自田間採收後以烤箱 (105℃, 7 2hr) 量測其最初含水率，並以乾燥設備乾燥至預定含水率，乾燥所用溫度約 50℃ 左右，每批樣本準備數量約為 2,000g。乾燥完成冷卻後均勻混合置於密閉塑膠袋內，使其含水率成均勻平衡狀態。其平衡相對溫度大於 65% 之樣本則放置於冷凍櫃內以避免發霉。樣本含水率自 10% 至 35%，每 2% 之間隔即準備一批樣本以供試驗。

2. 烤箱法標準方式之比較

為建立水份測定之初級標準，以六種測試方式加以比較，作業方式說明如下：

(1) Transcation of the ASAE

a. 整粒, 130℃, 16hr, (Noomhorm and Verma, 1982)

b. 整粒, 130℃, 20hr, (Jindal and

Siebenmorgen, 1989)

c. 整粒, 105℃, 72hr (ASAE Standard S35 2.1, 參考玉米粒)

(2) AACCC (American Association of Cereal Chemists)

與 AOAC (American of Official Analytical Chemists)

d. 碾碎, 130℃, 1hr

(3) 日本農業機械學會標準

e. 碾碎, 105℃, 5hr

f. 碾碎, 135℃, 3hr

為比較上述六種方法之差異性，不同水份之穀物依每種標準測試，均有三重覆。以量測數據分別計算其平均值與標準差。烤箱方法量測過程之稱重，冷卻等作業程序均與 ASAE 標準 (S352.1) 之程序相同。

四實驗數據之分析方法

此研究中以烤箱 (105℃, 72hr) 所量測之數據平均值為比較用標準值，用以評估其它測定技術之性能。以 105℃ 之溫度以避免乾物質逸失，乾燥時間 72hr 以確定含水量均能排除 (Benjamin and Grabe, 1988)。相關之統計技術說明如下：

1. 點測定

在同批樣本測定中，各測定設備多次量測之數據其統計分析包括平均值 (\bar{x})，與標準差 (s) 之計算。 s 值愈小則精密性愈好。

2. 區域測定

在全部量測範圍內，繪製標準值對量測值和各統計量之數據分佈，觀察不同測定技術在測定範圍之性能表現，其應用方式如下：

(1) 檢定 s 值對標準值之分佈是否有規律性，依此分佈狀況可比較其適用範圍。

(2) 以量化方式比較其性能，統計量量測誤差絕對值之平均值 E_r 之計算公式如下：

$$E_r = \sum | (Y-X) | / N \dots\dots\dots (13)$$

$$= \sum | e | / N \dots\dots\dots (14)$$

Y 為標準值, X 為量測值, e 為誤差值, N 為數據數目。

(3) 建立校正方程式，繪製量測值對標準值之量測曲線，利用迴歸分析技術以建立適當之校正方式，而迴歸分析所得之標準差值

(SE) 可作為性能之比較標準，SE 值之計算公式如下：

y 為標準值，x 為校正方程式預測值，P 為方程式參數數目。所有之校正方程式均觀察其適用範圍對預測性能影響，以評估其適用範圍。

(4) 迴歸係數檢定

公式(6)中，標準含水率 (Mt) 對近似含水率 (Ma) 之直線迴歸方程式： $Mt=a+b*Ma$ 係數 a 與 b 在理想狀態下各為 0 與 1.0，因此 t 檢定數值：

以 t (a)，t (b) 與 t (N-2,0.95) 值比較，用以判別此差異性是否顯著存在。

四、結果與討論

(一) 量測標準差特性

以試驗設計中 6 種不同乾燥溫度與乾燥時間下，對稻穀含水率量測性能之影響比較，其量測性能以同一樣本重覆量測值之標準差加以比較。

6 種乾燥方式中，各量測點之標準差，其圖形分佈如圖 1a ~ 1f 所示。標準差之平均值如表 2 所示。圖中數字為數據在同一座標點出現重覆次數。

表 2. 六種水份量測技術變異數之平均值

Table 2. The average of the standard deviations for six oven techniques of moisture testing

方 法	平 均 值
整粒，105℃，72hr	0.154
整粒，130℃，20hr	0.194
整粒，130℃，16hr	0.238
碾碎，105℃，5hr	0.341
碾碎，135℃，3hr	0.401
碾碎，130℃，1hr	0.514

由圖 1a 可知，以 105℃，72hr 之作業技術，各量測點的平均標準差均在 0.2 以下，而其總平均值為 0.154。顯示此量測作業之重覆性良好，樣本重覆量測之自身差異小。圖 1b 與 1c 顯示以 130

℃，20hr 與 16hr 之乾燥方式，標準差均在 0.3 以下，平均值為 0.194 與 0.238。

圖 1d ~ 1f 之標準差分佈則極為發散，其平均值為 0.3 與 0.5。標準差之發散成均勻性分佈，由此可知此三種技術引起之量測誤差極大。Young 氏等 (1982) 對落花生水份量測技術之研究中發現樣本含水率增加，標準差為之增加，兩者有指數函數之關係。在此研究之六種方式，此關係並不存在。

由圖 1d ~ 1f 可知，標準差極大代表重覆量測數據之重覆性不良，即代表量測技術之精密性不足 (Precision)。其原因來自乾燥時間不足，無法有效去除所有水份所引起。

(二) 誤差特性與迴歸分析應用

以 105℃，72hr 方法所量測所得之稻穀含水率標準值，用以比較評估其他 5 種方式之量測性能。

130℃，20hr 之量測技術，所得之水份值與標準水份值之關係如圖 2a，兩者數值相異量稱為誤差值，繪出殘差與標準值之關係如圖 2b，由殘差的分佈可知以此技術之誤差範圍在 0.25 ~ -1.35%，高誤差值出現在高含水率之樣本測定，絕對值平均值 (Er) 為 0.41。兩者之關係式如下：

$$Y=-1.076+1.0294*x_1, R^2=0.996, SE=0.25 \text{ (8)}$$

Y：以 105℃，72hr 之標準值

x₁：以 130℃，20hr 之量測值

以 t 統計檢定比較斜率與截矩，截矩 -1.076 與數值 0 為顯著不同，斜率之 t 檢定顯示與 1.0 並無不同。

130℃，16hr 量測作業所得之數值與標準值之關係如圖 3a 所示。誤差值之分佈如圖 3b 所示。誤差之分佈亦不具規則性，範圍在 0.3 ~ -0.9 之間，而絕對值之平均值 (Er) 為 0.49，兩者之關係式如下：

$$Y=-0.4172+1.00.*x_2, R^2=0.995, SE=0.35 \text{ (9)}$$

x₂：以 130℃，16hr 之量測值

截矩 -0.3172 經 t 檢定後顯著地相異於數值 0，斜率則與數值 1.0 並無不同。兩種量測方式中，其性能迴歸公式均為 a ≠ 0，b=1 之狀況，比較公式 (10)，(11)，(12) 與 (14)，此兩種量測技術無法以迴歸分析判別其乾物質是否有損失或水份有否完成排

除。

在誤差特性比較中，130℃，20hr之量測技術其量測值與105℃，72hr小時量測值相互比較，在28%含水率範圍之下，誤差值為負，此與公式(6)之狀態相符合，高溫但水份完全可去除，大於28%含水率之範圍，樣本水份無法完全去除，因此誤差值為正，此與公式(7)狀況相同。

130℃，16hr之測定技術中其誤差分佈如圖3b。其分佈特性與圖2b十分類似，顯示在低含水率範圍內水份可去除，但乾物質亦有逸失，高含水率之樣本仍未能完全去除水份。

以統計量Er值與迴歸分析統計量比較在相同溫度下(130℃)20hr之乾燥時間比利用16hr之測定結果，有更小的誤差絕對值平均值(Er為0.31)，更小的迴歸標準差(SE=0.25)，更高的相關係數(R²=0.996)。若不包括26%以上之樣本數據，130℃，20hr之量測誤差絕對值平均值(Er)則為0.25。因此對較低含水率之稻穀，可利用130℃，20hr測定技術，但對高含水率之樣本105℃，72hr之測定結果較為準確。

碾壓後之樣本以105℃，5hr量測所得數值與標準值之關係如圖4a所示。誤差之分佈如圖4b。誤差範圍增大為-0.75~1.35之間，誤差絕對值平均值(Er)為0.82。

建立之關係式如下：

$$Y=0.2165+1.0137*x_3, R^2=0.993, SE=0.42 \quad (8)$$

x₃: 碾碎，以105℃，5hr之量測值

誤差特性比較中，誤差值主要為正值，在105℃之溫度下，乾物質逸失量小，代表含水量並未完全去除，此與公式(4)之情況相同，在迴歸分析之統計量中，雖然係數之截距0.2165與數值0，斜率(1.0137)與數值1.0均無顯著差異，在其迴歸殘差圖(residual plots)卻有顯著之曲線分佈而非均勻分佈，顯示以直線迴歸並不恰當(Rawlings, 1988)。因此無法以直線方式判別斜率、截距之意義。對圖4b而言，誤差之分佈亦顯示此固定趨向之分佈特性。圖4b顯示誤差多為正值，可知乾燥時間不足去除樣本水份含量。

另外兩種技術所得結果之誤差值分佈如圖5與6所示。其誤差均有規則性的分佈，絕對平均值(Er)各為1.0與1.2，顯示此技術之準確性不

良。

建立之關係式各表示如下：

$$Y=0.146+0.96874*x_4, R^2=0.991, SE=0.583 \quad (9)$$

x₄: 樣本碾碎，以135℃，3hr之量測值

經t檢定結果，直線方程式截距(0.146)與數值0.0並無顯著不同，斜率則顯著不等於1.0，此為a=0，b≠0之狀況(公式11)，代表乾物質未損失，且水份之排出受影響之狀況。顯示135℃，3hr之作業不足以排除樣本水份。

$$Y=-1.292+1.0872*x_5, R^2=0.991, SE=0.611 \quad (10)$$

x₅: 樣本碾碎，以130℃，1hr乾燥之量測值

在圖4b，圖5與圖6之誤差分佈圖中，值得注意為含水率13%左右之樣本其誤差值均位於零之附近，顯示此三項技術對於13%左右之樣本有極佳之量測性能。對AAOC等檢驗機構而言，其含水率測定技術之發展目的係針對長期貯存之稻穀種子，因此其量測技術對準確性之要求係以13%左右之稻穀為主。但以高含水率之樣本而言，誤差逐漸擴大，超過30%之含水率範圍，誤差可接近2%左右。因此可知，以135℃，5hr以內之乾燥時間，並不適用較高含水率之樣本。

圖4b，5與6三圖之中，誤差值以正值為主，顯著真實值(Mt)大於近似值(Ma)，此原因可由公式(4)與公式(7)加以解釋，均因乾燥時間不足所引起。

由上述公式(8)至(10)中，各種量測技術與105℃，72hr之量測技術之量測值，其迴歸方程式均有相當高之R²值，但其量測誤差絕對值之平均值(Er)卻顯示甚不適用，因此不應採用以R²值為判斷量測技術準確性的唯一標準。

文獻數據之探討

此研究結果顯示在乾燥時間低於5hr，雖然樣本已碾碎，均無法完全去除所含水份，造成量測所得近似含水率(Ma)低於真實含水率(Mt)。

由Noomhoom與Verma氏(1982)比較試驗碾碎乾燥130℃，1hr與整粒乾燥130℃，16hr之數據比較，樣本含水率在11~13%之範圍內，兩種技術所測得含水率之相差數值為0.2~0.4%。在樣本含水率處於15~18.5%，兩種技術之量測差異值後者高約0.7~1.1%，此結果與此研究相

符合。

Jindal 與 Siebmorgen 氏 (1987) 以四種技術加以比較，樣本含水率範圍為 10 ~ 23 %。以 130 °C，20hr 之技術，樣本以碾碎或整粒乾燥方式，

對量測結果並無影響。以 130 °C，1hr 與 70 °C，20 hr 之技術，其量測結果均低於 130 °C，20hr 之結果。其研究結果亦顯示 AOAC 之方式因乾燥時間短，因此不能完全適用稻穀之含水率量測。

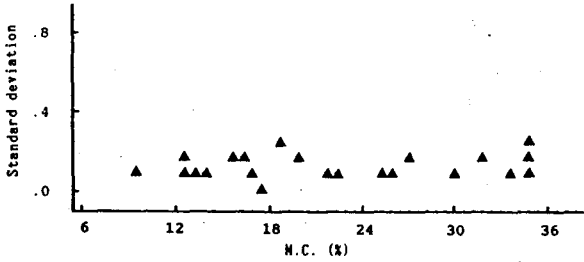


圖 1a 各種烤箱法所得標準差 (整粒, 105 °C, 72hr)

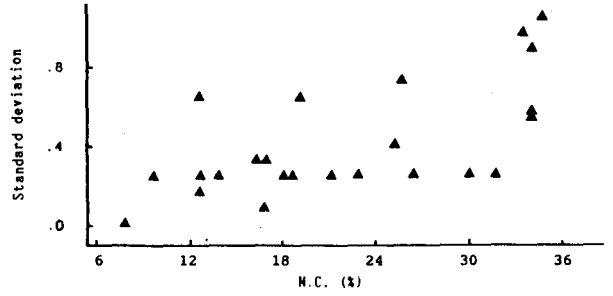


圖 1e 各種烤箱法所得標準差 (碾碎, 135 °C, 3hr)

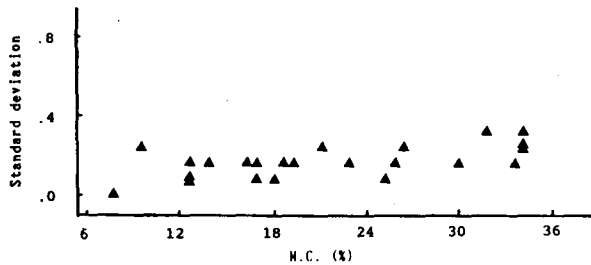


圖 1b 各種烤箱法所得標準差 (整粒, 130 °C, 20hr)

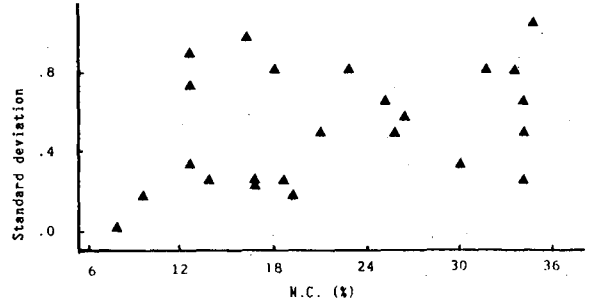


圖 1f 各種烤箱法所得標準差 (碾碎, 130 °C, 1hr)

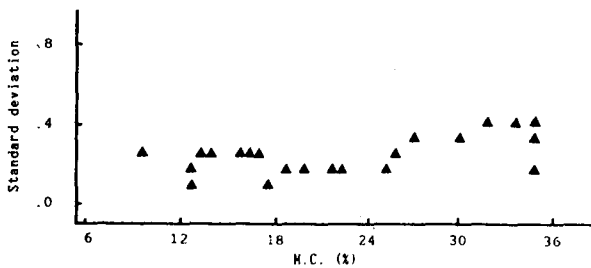


圖 1c 各種烤箱法所得標準差 (整粒, 130 °C, 16hr)

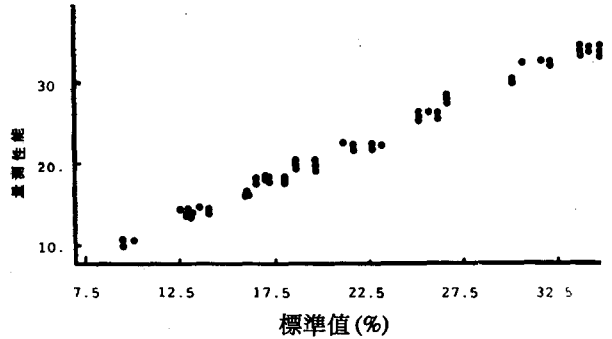


圖 2a 130 °C，20hr 乾燥法之量測性能分佈

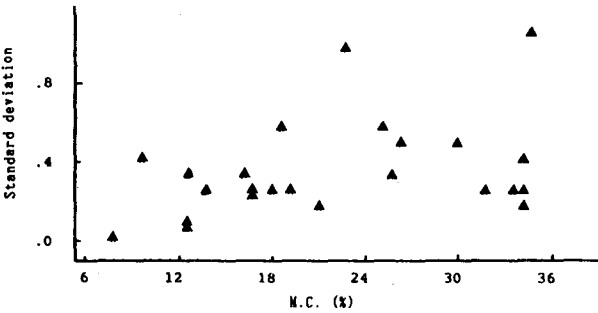


圖 1d 各種烤箱法所得標準差 (碾碎, 105 °C, 5hr)

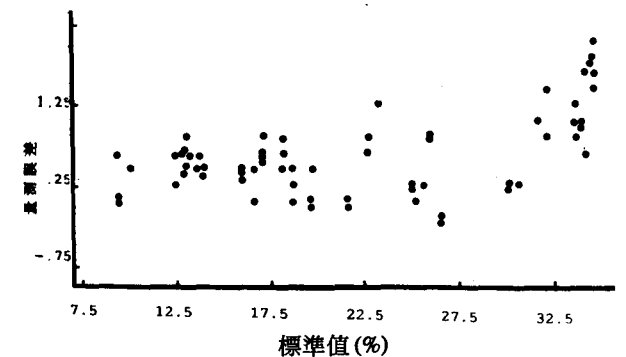


圖 2b 130 °C，20hr 乾燥法之量測誤差

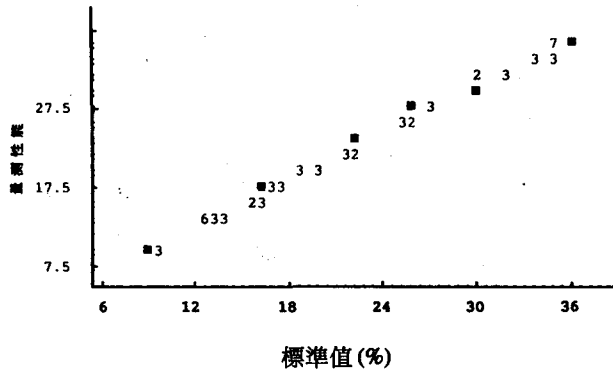


圖 3a 130°C, 16hr 乾燥法之量測性能分佈

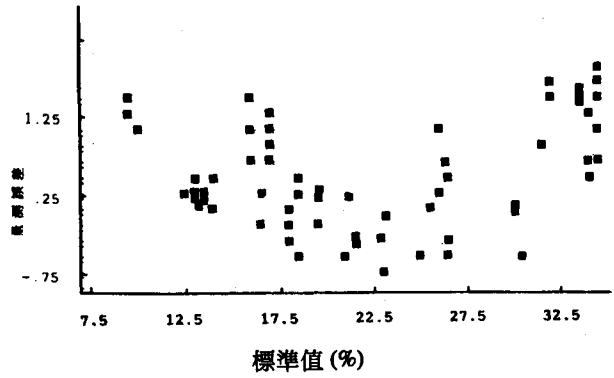


圖 4b 105°C, 5hr 乾燥法之量測誤差

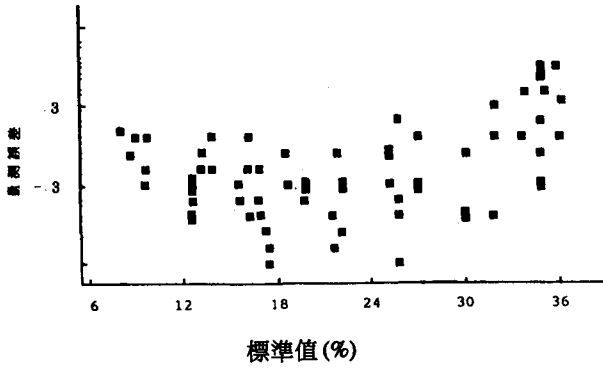


圖 3b 130°C, 16hr 乾燥法之量測誤差

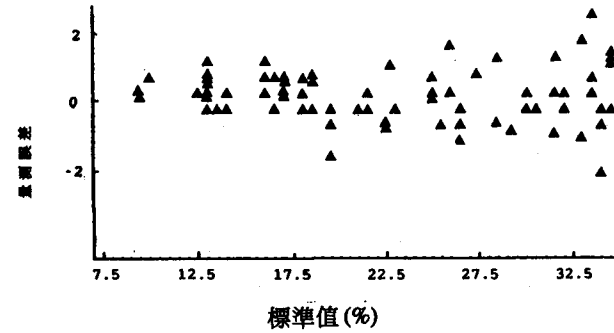


圖 5. 135°C, 3hr 乾燥法之量測誤差

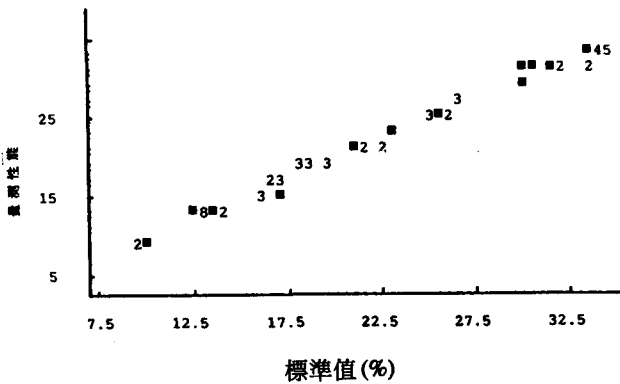


圖 4a 105°C, 5hr 乾燥法之量測性能分佈

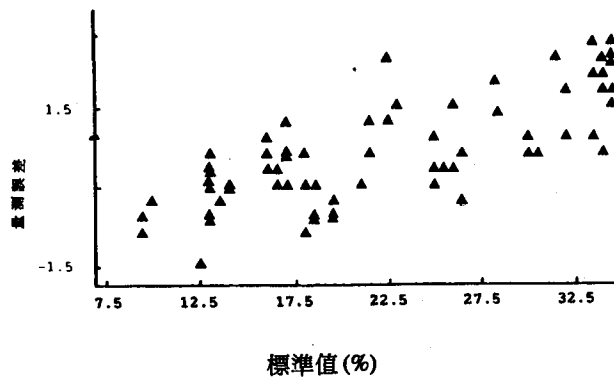


圖 6. 135°C, 1hr 乾燥法之量測誤差

五、結 論

由上述之研究結果可知，以 105 °C，72hr 之量測結果為標準值進行比較時，130 °C，乾燥 16hr 或 20hr 之兩種方式對 28 % 以下之含水率可以適用，但是高含水率之樣本其誤差增大，低於 130 °C 或乾燥時間少於 5hr 之量測技術，僅適用於接近 13 % 範圍之穀物。

六、參考文獻

- 陳加忠、賴建州、曹之祖。1990。烏龍茶葉吸濕曲線及其品質維持之應用研究。中華農業研究 34(3)：239-257。
- 陳加忠、曹之祖、陳麗娥。1991。稻穀水份計性能之測定與應用限制。中華農業研究 40(4)：445-458。
- 加藤宏郎。1990。農產物の水份測定法と水分計。出自岩尾俊男編 農產物性研究(第3集)，日本農業機械學會。
- 伴敏三、諏沢健三、鷹尾宏之進。1972。常壓定溫乾燥法による穀物の含水率測定に関する研究(第1報)：大氣濕度が含水率測定値に與える影響。機械學會誌 34(4)：365-371。
- 伴敏三、諏沢健三、鷹尾宏之進。1973。常壓定溫乾燥法による穀物の含水率測定に関する研究(第2報)：見掛け上の乾物損失のな含水率測定方法の検討。農業機械學會誌 35(4)：406-415。
- 山下律也。1975。穀物の測定方法基準についての提案，農業機械學會誌 37(3)：445-451。
- ASAE. 1992. Agricultural Engineer Yearbook. ASAE Standards S358.1 ,S352.1 ,and S353, St. Joseph, MI.
- Benjamin, E. and D.F. Grabe. 1988. Development of oven and Karl Fischer techniques for moisture testing of grass seeds. J. Seed Technol. 12(1):76-89.
- Bowden, P.J. 1984. Comparison of three routine oven methods for grain moisture content determination. J. Stored Prod. Res. 20(2):97-106.
- Grabe, D.F. 1989. Measurement of seed moisture. P.69-92. In Seed Moisture. CSSA Special Publication no.1
4. Crop Science Society of American, Madison WI. USA.
- Hart, J.R. and M.H. Neustadt. 1957. Application of the Karl Fischer method of grain moisture determination. Cereal Chemistry 34:26-37.
- Hart, J.R., L. Feinstein and C. Golumbic. 1959. Oven methods for precise measurement of moisture in seeds. USDA Marketing Research Report No. 304. Washington DC, U.S. GPO.
- Hunt, W.H. and S.W. Pixton. 1974. Moisture, its significance, behavior, and measurement. P.1-39. In C.M. Chrstensen (ed.) Storage of cereal grains and their products. 2nd ed AACC, St. Paul MN.
- Hunt, W.H. and M.H. Neustadt. 1966. Factors affeting the precision of moisture measurement in grains and related crops. J. Assoc. Anal. Chem. 49:7557-763.
- Jindal, V.K. and T.J. Siebenmorgen. 1987. Effects of oven drying temperature and drying time on rough rice moisture content determination. Transactions of the ASAE 30(4):1185-1192.
- Multon, J.L. 1979. International standardized methods and moisture meters for determining moisture content in cereal grains. Cereal Foods World 24:548-558.
- Noomhorm, A. and L.R. Verma. 1982. A comparison of microwave, air oven and moisture meters with standand method for rough rice moisture determination. Trans cation of ASAE 25(6):1464-1470.
- Rawlings, J.O. 1988. Applied regression analysis: A research tool. Wadsworth& Brooks, Pacific Grave. California.
- Tang, J. and S.Sokhansanj. 1991. Determination of moisture content of whole kernel Lentil by oven method. Transcation of the ASAE 34(1):255-256.
- Wilhelm, L.R., R.R. Perrin and D.J. Barbar. 1988. Evaluation of methods for moisture content determination in snap beans. Transcation of the ASAE31(3):956-961.
- Williams, P.C. and J.T. Sigurdson. 1978. Implications of

moisture loss in grains incurred during sample preparation. *Cereal Chemistry* 55:214-229.

Young, J.H., T.B. Whitaker, P.D. Blankenship, G.H. Brusewite, J.M. Steele. and N.K. Person, Jr. 1982. Effect of oven drying time on peanut moisture determination. *Transcation of the ASAE* 25(1):491-496.

Young, J.H. 1991. Moisture. P.7:1-9. In Z.A. Henry et. al (ed.) *Instrumentation and Measurement for Environmental Sciences* 3rd. ed. ASAE, St. Joseph MI.

收稿日期：民國 84 年 2 月 24 日

修正日期：民國 84 年 4 月 12 日

接受日期：民國 84 年 4 月 14 日

(上接第 75 頁)

六、結 論

由本研究的試驗數據及分析結果，可得以下結論：

1. 適割期盤古拉草之含水率在 59.5 ~ 66.4 %。
2. 盤古拉草莖由最大靜摩擦裝置量測所得之最大靜摩擦係數為 0.51。
3. 由風洞試驗所得的結果；盤古拉草，長徑比 K 與懸浮速度 V_s 成反比，其直線迴歸方程式 $V_s = 8.66 - 0.040 * K$ 。

七、誌 謝

感謝楊主任仁岡、黃清旺、陳添福老師在實驗中之協助及指導，使本基礎試驗能順利進行，謹此致謝。

八、參考文獻

1. 盛中德，謝廣文。1990。落花生終端速度之測定。中國農業工程學報。37(2):48-58。
2. 牧草及飼料作物。1989。八萬農業建設大軍訓練教材。3-6。行政院農委會暨臺灣省政府農林廳編印。
3. 黃依典。1988。工程流體力學。539-555。臺北：文筆。
4. 黃清旺。1989。狼尾草青割收穫機作業扭力特性初步試驗。中國農業工程學報。35(2):37-58。

5. 黃清旺、陳添福、連振昌。1992。低莖牧草青割收穫機之研製。嘉義農專學報。28:27-296。

6. 盧福明。1986。農產加工工程學。初版。101-133頁。臺北：茂昌。

7. Gyorgy, S. 1986. *Mechanics of Agricultural Materials*. P.284-309. New York. ELSEVIER Publish.

8. Hallee, N. D. 1972. Aerodynamic properties of potatoes and associated soil materials. *Transations of the ASAE* 15(2):303-307.

9. Keck, H. and J. R. Goss, 1965. Determining aerodynamic drag and terminal velocity of agronomic seeds in free fall. *Transations of the ASAE* 8(4):553-554,557.

10. Menzies, D. and W. K. Bilanski. 1968. Aerodynamic properties of alfalfa particles. *Transations of the ASAE* 11(6):829-831.

11. Mohsenin, N. N. 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. 2nd ed. Gordon and Breach Science Publisher, New York.

12. dWilliams, J. 1987. *Introduction to Fluid Mechanics*. 2nd. ed. P.170-172,239-246. PWS PUBLISHERS.

收稿日期：民國 84 年 3 月 16 日

修正日期：民國 84 年 4 月 14 日

接受日期：民國 84 年 4 月 17 日