中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）40(4)：445～458（1991）

稻穀水份計性能之測定與應用限制[1]

陳加忠　曹之祖　陳麗娥[2]

摘要：穀物水份計的量測性能在農產品加工作業上十分重要。此研究中，以烤箱法所得之含水率爲標準值。用以測定紅外線水份計和大發型電阻式水份計之精密性與準確性，所得數據以統計技術加以分析。實驗結果顯示紅外線水份計量測性能受到操作者技術影響。在適用範圍內準確性約0.5%。電阻式水份計有良好之精密性，每具水份計必須有其特定之校正曲線。經校正公式改良後的準確性約0.3%。此型水份計可適用於乾燥機之自動控制作業。

關鍵詞：稻穀，水份計，性能測定

在穀物加工作業中，含水率爲作物品質之主要指標，因此穀物含水率的量測爲在加工過程必須執行之作業項目。此外爲節省勞力需求和改良穀物之乾燥品質、穀物乾燥機之自動控制作業十分重要，而控制策略之成功與否取決於穀物水份計之準確性。在此研究中，以紅外線水份計與電阻式穀物水份計爲測定對象，針對其測定性能以統計技術加以分析，對其測定結果加以評估而提出電阻式水份計性能改善之方法，並評估其於乾燥自動控制作業之適用性。

文獻探討

一、穀物含水率之測定方法

穀物含水率的測定方法涉及下列因素：取樣技術，測定儀器與操作員技術……等，在Young[8]之研究中對此有詳細之探討。

穀物水率量測常用的方法有：

㈠烤　箱

此方法雖然需要特定的時間進行樣本所含水份的乾燥，但其測定結果爲研究者視爲標準值，用以比較其他測定方式之性能。不同作物其含水率測定所需之時間，熱風溫度，含水率之計算方式在ASAE 已建立標準[3]。

㈡紅外線水份計：

此種測定設備之應用原理與烤箱相同，但熱源來自紅外線燈泡（Infrared Ray bulb）產生之熱量。測定對象放置於承盤，使用者必須調整燈泡高度，以維持100～105°C之溫度，由失水量之計算可測得含水率。

㈢微波爐加熱法

利用微波加熱以去除受測物質之水份，再以加熱前後之重量差換算含水率，此種方法之測定原理和方法已有實用性研究[7,9]。

㈣電子式水份計

以穀物含水率和電阻，電感和電容等訊號之關係而建立實用之水份計。主要的設備有電容式，

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1599 號
2. 臺灣省農業試驗所副研究員，技士，計畫助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

電感式與電阻式測定器。由於受測物料的密度，組成成份，周圍溫度……等因素均影響其準確度，而且測定之水份範圍也有限制，在應用此類測定器之前必須加以精確之校正。

㈤平衡相對濕度法

由於農產品之平衡含水率（EMC），平衡相對濕度 ERH 與溫度有一定之關係。將受測物置於密閉容器形成之空間，直接測得其平衡相對濕度和溫度值，再以 EMC/ERH 關係公式計算含水率，本省烏龍茶葉以此方式測定之含水率誤差值約0.5%[2]。

二、感測器性能

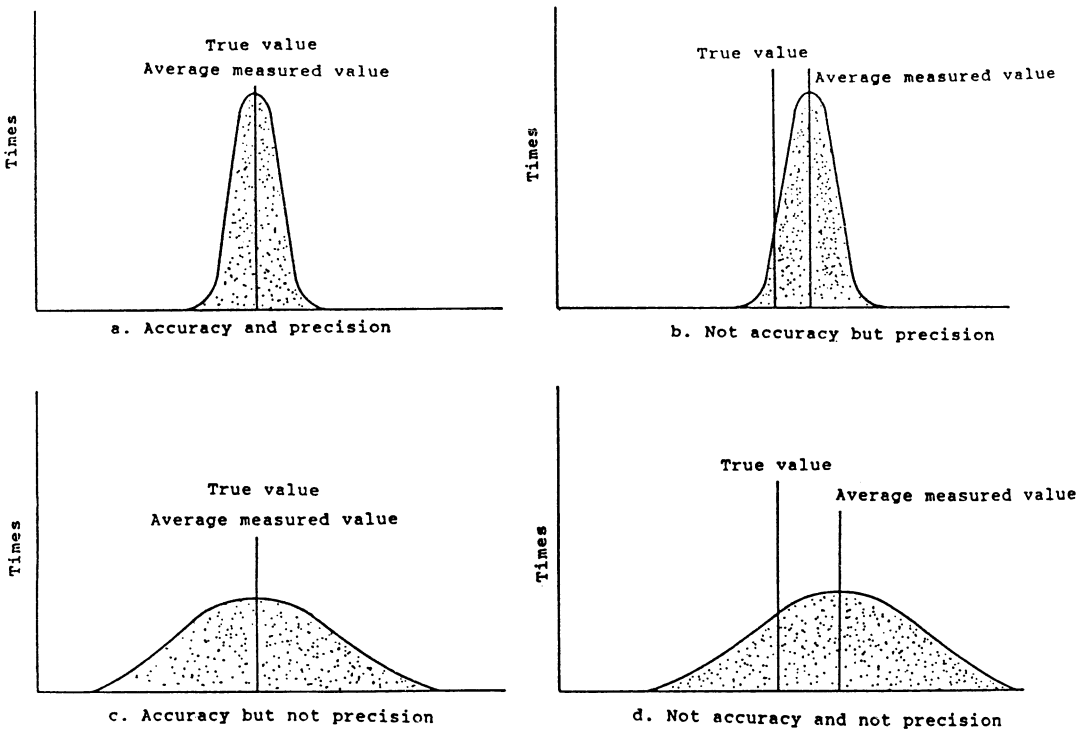
感測器之性能測定主要有四種：準確性（Accuracy），精密性（Precision），遲滯性（Hysteresis）與特久性（Long-term Stability）。其定義在電子相對濕度計之研究已有詳盡討論[1]。準確性用以表示量測值與標準值之接近程度，精密性指重覆量測之比較。感測器之誤差有兩類：系統性誤差和任意性誤差。系統性誤差之主要原因，係源於儀器感應元件本身之非線性反應，輸出放大電路訊號調整不當，周圍溫度對感測元件之物性改變……等，此種誤差來自儀器本身之特性，而性能測定之目的即用以消除此特性。任意性誤差主要來自遲滯效應，校正過程之操作……等。至於因輸出訊號產生之雜訊可藉由統計技術加以消除。國內農業感測儀器有關之性能研究並未受到重視，僅有電子相對濕度計已有詳細之測定[1]。

統計技術之應用

感測本身之作業類似統計學上之取樣技術，藉由統計原理，可對感測器之性能加以分析與檢定，更可依據分析之結果提出改良方法。有關之應用統計技術探討如下：

一、點測定

點測定之意義在於對某一特定量測值中，感測值重覆測定多次之數據其準確度和精密性之性能。如圖 1 所示，將多次量測值依其頻度（Frequency）做成常態分佈圖。量測之平均值（$\bar{X}$）與標準



圖一、量測上準確性與精密性之意義

Fig 1. The meaning of accuracy and precision. 〔資料來源：陳等人1990a〕

值愈接近代表愈準確。數據之分佈愈接近，常態分佈圖愈陡峭代表精密性愈高。在統計之量化表示係以變異數（σ）或標準差，S（Standard error）表示，S 值愈小精密度愈高，更常用統計量爲變異係數 C.V. 值。（C.V.$=S/\bar{X}$），此值愈小代表精密性愈好。

二、區域測定

區域測定中觀察感測器在一定測定範圍內測定性能，此種測定主要之檢定項目有三種。

1. 檢定 S 值，C.V. 值對觀察值之分佈圖形是否成規律性，若有規律性存在即表示量測誤差因觀察值之高低有增加或減少趨勢，此現象在建立校正方程式時需要以加權（Weights）迴歸方式執行。
2. 量測範圍內誤差值定量比較：
   兩種統計量可用以評估誤差量，以比較在一定範圍內感測器的準確性能，下列公式中 Y_i 爲標準值，X_i 爲量測值，N 爲數據數目。

   (1)$D_1=\sqrt{\dfrac{\sum(Y_i-X_i)^2}{N}}$ ……(1)

   (2)爲避免偶一太大的離差值影響 D_1 值，可以以絕對值替代平方值。

   $D_2=\dfrac{\sum|Y_i-X_i|}{N}$ ……(2)

3. 迴歸分析之誤差值
   利用迴歸分析建立適當的模式時，其統計量 S.E. 值（Standard errors of estimated value）可用以表示此組數據對模式之適稱性誤差。此種誤差來自任意性誤差，因此可用以評估感測器讀出值對標準值的誤差量，其計算公式：

   $SE=\sqrt{\dfrac{(X-\hat{Y})^2}{N-P}}$ ……(3)

   $\hat{Y}$ ＝預測值

   P ＝參數數目

三、迴歸分析之應用：

繪製感測器量測值對標準值之關係，其曲線分佈如圖2所示共有六類：（此種迴歸之校正曲線稱爲 Classical regression[5]）。

a. $Y=X$，此爲理想狀況，顯示感測器能準確地量測數據。

b. $Y=X+K_1$，此表示讀出訊號與標準值有一固定差距存在。

c. $Y=K_2X$，此表示讀出值與標準值存有一倍數關係。

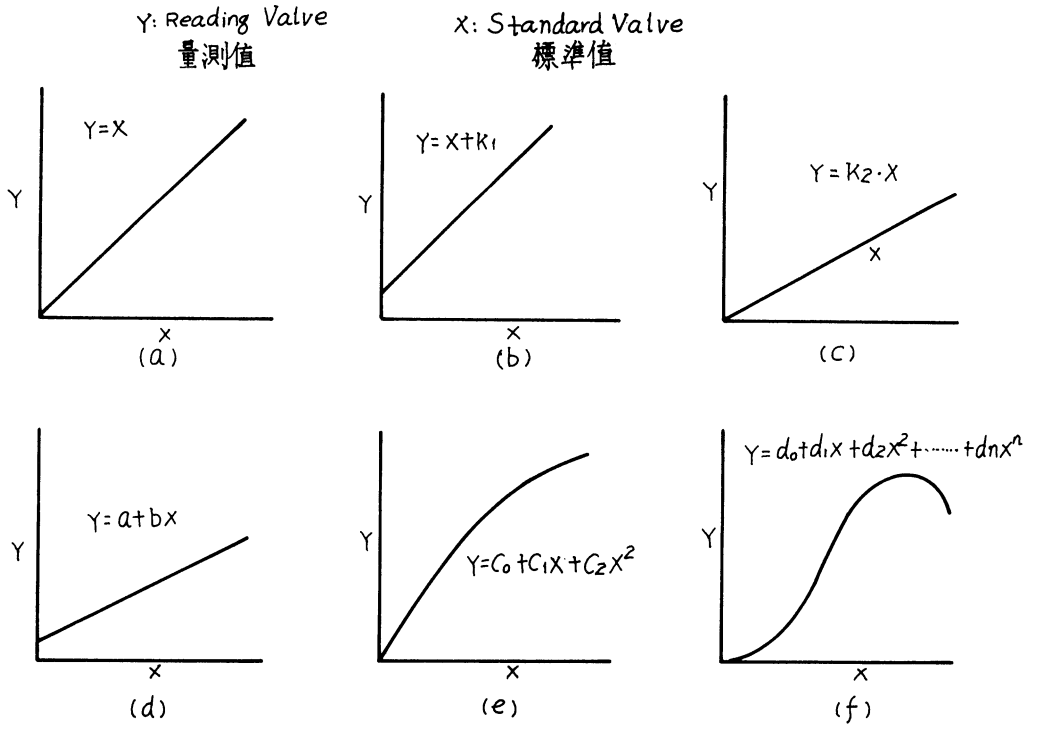
d. $Y=a+bX$，此表示讀出值與標準值存在一直線關係，截距 a 不爲零，斜率 b 不等於1。

e. $Y=C_0+C_1X+C_2X^2$，此表示讀出值與標準值之關係式爲二次式曲線，電容式相對濕度計，二氧化碳測定器都具備此種特性。

f. $Y=d_0+d_1X+d_2X^2+\cdots+d_nX^n$，此表示兩者關係爲一多項曲線，電阻式相對濕度計，溫度感測元件如熱電偶均存有此特性。

利用迴歸分析之統計技術建立適當地校正方程式（Calibration equation），其目的在於利用適用模式之建立，使不適切（Inadequate）方程式之固定誤差減少。而在適用方程式建立之後，其誤差皆源自任意性，因此可用以比較其性能。

迴歸模式之適用性評估標準，量化方面可以 S.E. 值加以比較，定性方面可利用殘差圖檢定法。殘差圖另一用途爲常項變異數（Constant variance）檢定，若殘差圖顯示規律性之變異值分佈，必須利用加權迴歸加以矯正[6]。



圖二、感測器之校正曲線

Fig 2. The calibation curves of sensor

迴歸模式之應用限制在於其外插應用範圍的不當，因此在模式建立時，需要考慮其應用範圍。

校正方程式之特殊檢定中，直線方程式係數值與特定數值之差異是否顯著之檢定，可用於判斷迴歸分析之最佳校正直線方程式是屬於校正曲線（圖2）（a）至（d）型之類型，此種檢定在烏龍茶葉含水率測定曾加以利用[1]。

對值線方程式 Y＝a＋bx 而言，兩係數之標準差各爲 SE（a）與 SE（b）。

比較 a 與零值有否差異，t（a）統計量爲：

$$t(a)=\frac{a-0.0}{SE(a)} \quad \cdots\cdots(4)$$

比較 b 與1.0有否差異，t（b）統計量爲：

$$t(b)=\frac{bo-1.0}{SE(b)} \quad \cdots\cdots(5)$$

t(a)，t(b)值與t（N－2，0.95）值比較，可判斷差異是否顯著。

四、量測雜訊之判別

在處理量測所得數值中，由於儀器之故障，記錄之錯誤……等，有時出現大差距值（Large deviation），此類數據影響精密度與準確性，在模式建立時，更影響校正方程式的參數數值。

對點測定中大的離群值，Huggins[4]提出以下方法加以檢定：

1. 以公式 P＝1－1／2 N ，決定可信度，N 爲數據數目。
2. 在 t 值表查出 t（N－1，P）值。
3. 利用量測值之平均值 $\bar{X}$，標準差 s 計算信賴區間 $\bar{X}\pm t\cdot s$。
4. 刪除信賴區間以外之數據。

在區域測定以迴歸分析評估最佳模式以爲校正方程式，可利用統計量如 Cook's Distance 以判別離群值。若在點測定對標準值所量測之多次量測值已經執行信賴區域鑑定，區域測定範圍模式產生的特定產生的特定離群值（Outliers）則不能歸諸於量測誤差引起，而可能來自模式的不適當，原模式需要重新評估。

材料與方法

一、材料：此研究所測定之稻穀品種爲秈稻臺農2號。

二、設備與方法：量測水率之設備有三種：

㈠烤箱（Oven）

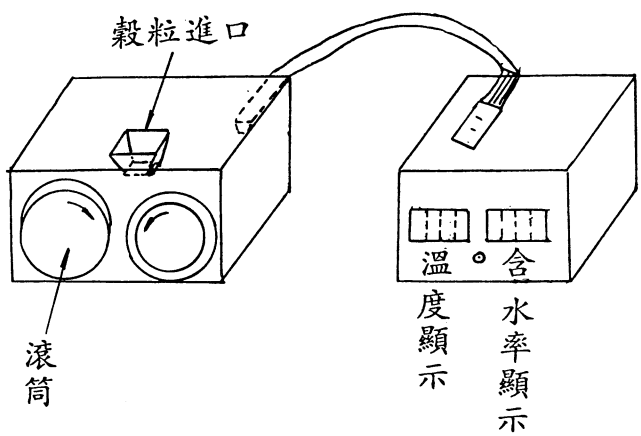
爲德製 Rost Fret 牌，具有溫度設定，時間設定，高溫保護裝置。溫度之控制範圍於±2°C。以烤箱量測稻穀含水率時，爲避免碾壓造成含水率之量測誤差，此研究採用全粒乾燥方式，以105°C，乾燥72小時後量測其乾燥物重以換算含水率，此研究中所用含水率以濕基（Wet basic）爲準。

㈡紅外線水份計

其型式爲怡田牌 YL—IA 型，利用紅外線光線產生熱量，調整燈泡高度以維持105°C進行穀粒水份之乾燥作用，穀粒水份在標準樣本量（5g）測定時可直接讀出，每次測定時間約需半小時，此與其他廠牌作業方式相同。

㈢大發型電阻式穀物水份計（註）

此型水份計係利用穀物含水率與其電阻之關係開發而成，其生產廠商爲大發金屬公司。水份計構造之示意圖如圖3。其原先設計目的爲執行乾燥機之自動控制。穀粒自進口流入時，即有一訊號傳至微處理機，在兩分鐘後穀粒溫度近於室溫，入口底部即打開，穀粒落下由相向轉動之滾筒加以碾壓，滾筒之間形成通路，所量得之電阻值經排線傳至微處理機內，由 PROM 晶體依預存程式加以計算。利用 PROM 設定之程式可加以修正。輸出之訊號以 LED 直接顯示含水率，更可作爲乾燥機自動控制之用。其應用對象除稻穀之外，亦可用於測定玉米粒、大豆、小麥等作物之含水率。



圖三、大發電阻式穀物水份計示意圖

Fig 3. The diagram of the resistant grain m.c. meter for Da-Far type.

（註）本文所提大發型水份計僅述明設備來源，並無忽略其他廠牌之意。

三、性能測定方法

稻穀在田間收穫，收穫時其含水率爲32%（濕基，此報告所用含水率皆以濕基表示）置於在烤箱內依重量之變化調製至預定之含水率，調製之熱風溫度爲50°C，調製樣本之含水率範圍自11%至29.3%，同批處理樣本以塑膠袋密封後放置三週以上使穀物水份平衡[2]。

每批樣本以烤箱進行三重覆量測，紅外線水份計量測亦爲三重覆，三種同型之大發水份計（編號MCS—9，MCS—10與 MCS—12）之性能測定中，每個水份計量測之樣本爲7～8重覆。

烤箱之三重覆量測平均值用以爲標準值，以此評估其他水份計之性能。紅外線水份計與大發型水份計在各量測點之讀出值均計算其平均值，變異數、C. V. 值，並檢查有否特異之離差值。

各量測點之量測值與標準值之間繪製成校正曲線，再以迴歸分析建立校正公式。

結果與討論

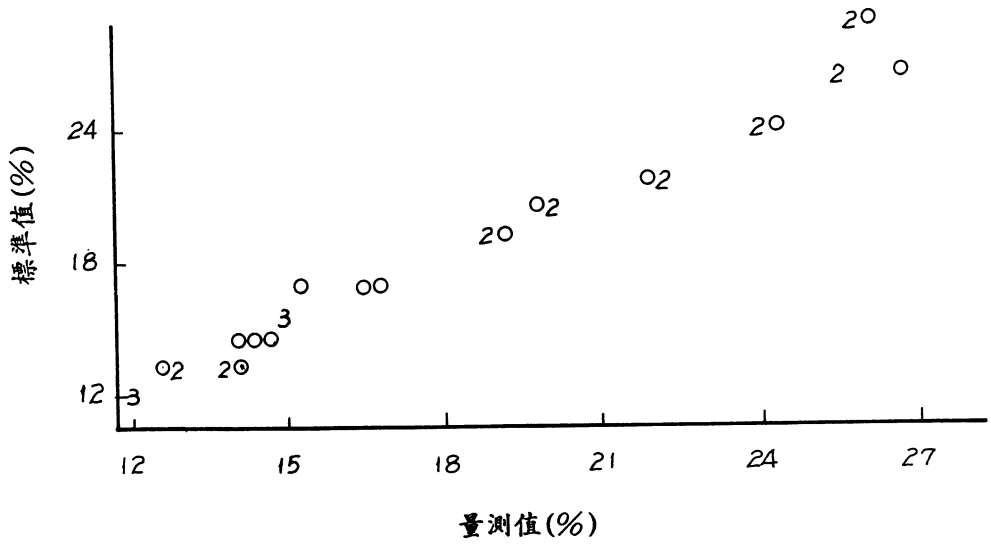
利用烤箱，紅外線水份計與三具大發型電阻式水份計所量測，所得稻穀含水率之數據及各統計量如表一。

Table 1. The measurent values of m.c. sensors and its statistical values

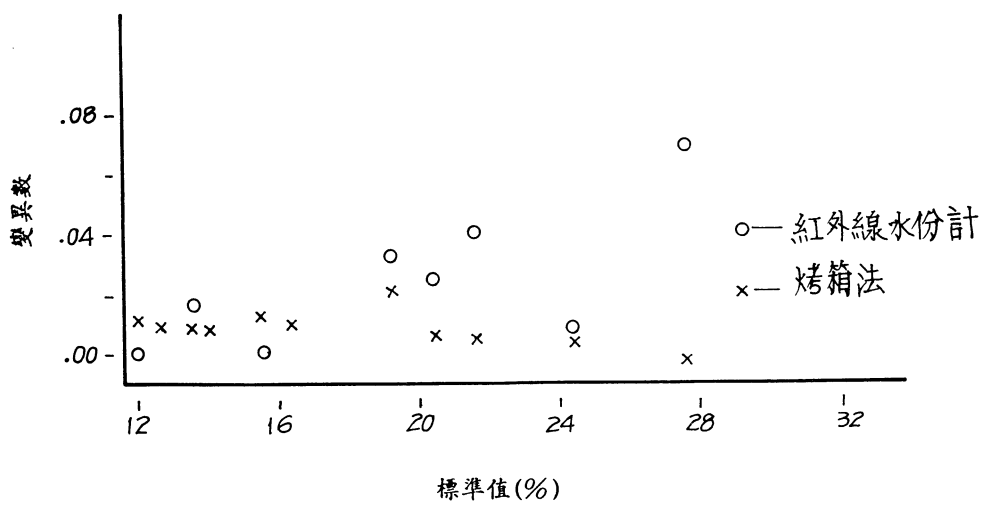
Standard	Oven		Infrared Ray			MCS−9			MCS−10			MCS−12		
	S	C.V.	X	S	C.V.	X	S	C.V.	X	S	C.V.	X	S	C.V.
12.11	0.293	1.26	11.93	0.058	0.49	14.46	0.127	0.88	14.33	0.076	0.53	14.66	0.113	0.77
12.85	0.161	1.25	12.77	0.252	1.97	15.61	0.113	0.72	15.48	0.071	0.45	15.80	0.087	0.55
13.46	0.159	1.18	13.87	0.115	0.83	16.56	0.172	1.04	16.47	0.224	1.36	16.73	0.269	1.61
14.09	0.104	0.74	14.30	0.306	2.14	16.70	0.217	1.30	16067	0.205	1.23	16.96	0.305	1.80
15.65	0.151	0.96	15.06	0.058	0.39	18.50	0.163	0.88	18.40	0.238	1.29	18.68	0.195	1.04
16.49	0.148	0.90	16.53	0.306	1.85	19.28	0.148	0.77	19.56	0.219	1.12	19.74	0.134	0.68
19.29	0.184	0.95	19.10	0.173	0.91	21.89	0.318	1.45	21.91	0.376	1.72	22.40	0.258	1.15
20.35	0.042	0.18	19.96	0.153	0.77	22.92	0.243	1.06	23.24	0.454	1.95	24.07	0.553	2.23
21.54	0.127	0.59	22.03	0.208	0.94	24.16	0.223	0.92	24.20	0.469	1.94	25.25	0.341	1.35
24.50	0.127	0.52	24.10	0.100	0.41	26.88	0.192	0.74	26.10	1.10	4.21	27.95	0.919	3.29
26.95	0.071	0.26	25.70	0.265	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.30	0.176	0.60	25.96	0.208	0.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—

一、紅外線水份計

紅外線水份計之量測值與標準值關係如圖4所示。在標準值27%以下之量測範圍，數據之分佈爲直線性，但大於27%以上之數據，數據有分散現象（Scattering）。由圖5中變異數之分佈圖形可知，紅外線水份計於各量測點之變異數在20～25%之範圍內較小。，以烤箱量測所得三數據之變異數成穩定分佈，且數值很小，此可說明以烤箱所測得數據何做爲標準值之原因。而紅外線水份計之變異性，因涉及人員操作技術影響，因此有較大的數值。技術不熟練之操作者，其量測結果有極大的變異值。紅外線水份計之量測範圍以公式(1)，(2)評估其總誤差平均值。



圖四、紅外線水份計之校正曲線（圖中數字表示數據之重覆次數）
Fig 4. The calibiation curve of the Infrared Ray m.c. meter.
(the numbers in figure indicated their replicates)



圖五、兩種水份測定設備之量測變異數
Fig 5. The variance of measuremrnt for two kinds of m.c. meters.

1. 量測範圍：12.0～29.3%。

$D_1=1.096$，$D_2=0.671$

2. 量測範圍：12.0～27.0%。

$D_1=0.52$，$D_2=0.43$

由此可知，在大於27%之量測範圍，少數量測值之誤差顯著影響了準確性，顯示紅外線水份計有其應用之上限。

利用迴歸分析以建立其校正方程式：

1. 在12.0～29.3%之範圍。

a. 直線方程式：

$Y=-1.56+1.109X$，$S=0.874$，$R^2=0.976$ ……(6)

以圖6（a）之殘差圖，可知此模式不適當，在含水率低與高之範圍有高估現象。

b. 二次式方程式：

$Y=6.036+0.2578X+2.222\times10^{-2}X^2$，$S=0.785$，$R^2=0.981$ ……(7)

以圖6（b）之殘差圖可知此模式爲適用模式，但其標準差之改良性（0.785）不大。

2. 12.0～27.0%之範圍

直線校正方程式爲：

$Y=-0.427+1.034X$，$R^2=0.989$，$S=0.51$ ……(8)

二次式公式對適稱性並無改良，因此直線方程式爲最佳校正公式。

以公式(5)檢定結果顯示此直線斜率與1.0無顯著差異，因此可認定在（12.0～27.0%）之範圍，紅外線水份計之校正曲線爲校正曲線之(6)型：$Y=X+K_1$。

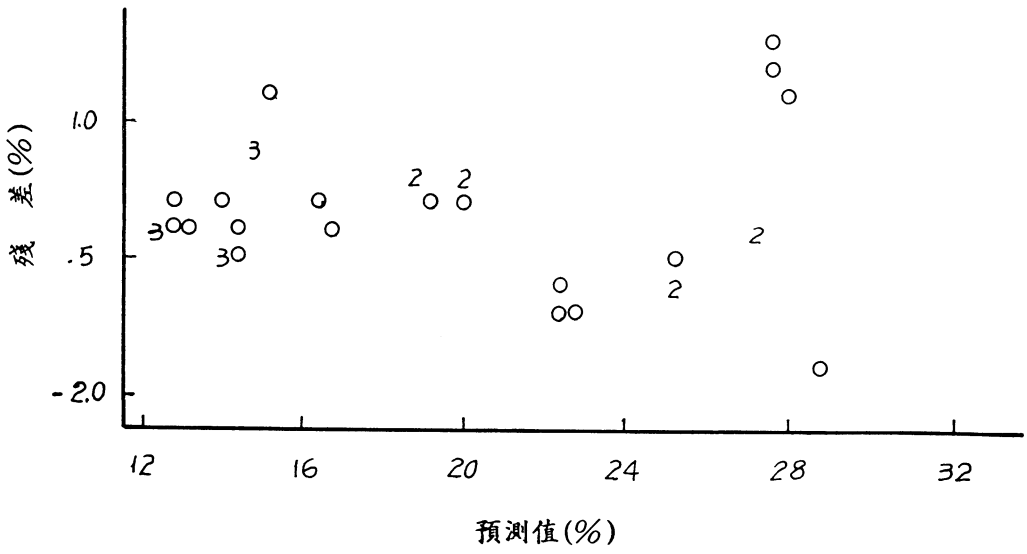
由 D_1 與 D_2 值可知在12.0至27.0%之量測範圍之內，紅外線水份之準確性在0.5%，而乾燥機性能測定之乾減率量測範圍爲自26%至13%之含水率，因此可知紅外線水份計可適用於乾燥機性能測定中含水率之測定作業。應用校正公式對紅外線水份計之性能影響不大，因此在適用範圍內，以其讀出值即可代表測出值，不需以校正公式再加處理。

二、大發型電阻式水份計

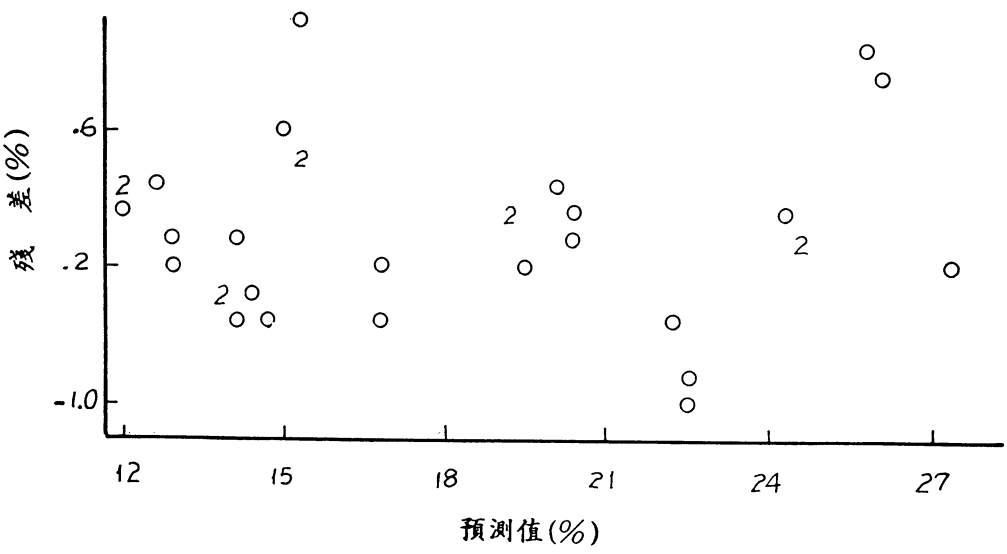
典型之電阻式水份計， MCS—9，其量測值與標準差之關係如圖（a）。各測定點之變異數與標準值的分佈情形圖示於7（b）。可知變異數之數值在0.05%以內，其分佈不其規則性，各量測點之讀出值並無特殊之離異值。顯示此型水份計之精密性十分良好，三種此型水份計之區域測定中，對穀粒含水率大於25%與小於11%之樣本無訊號產生，顯示25%以上和11%以下之量測範圍此型水份計無法作業，有關之迴歸分析統計量分析結果如下，所用之量測值爲7次量測之平均值。

㈠ MCS—9型

以公式(1)，(2)計算量測區域之誤差值，$D_1=2.611$，$D_2=2.583$，顯示在未經校正之前，此型水份計之誤差大於2.5%，因此若直接應用於乾燥機之自動控制，將引起重大誤差。



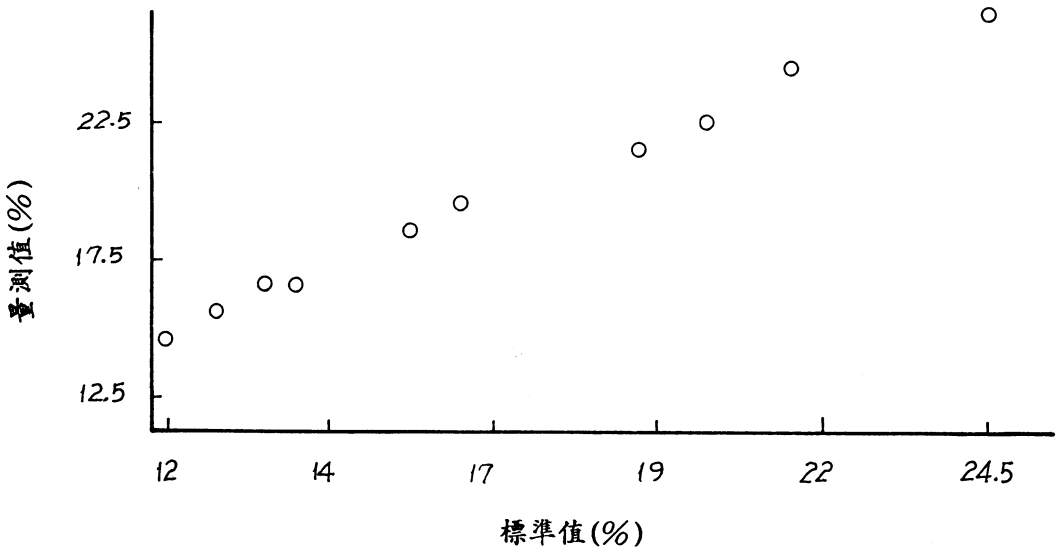
(a)



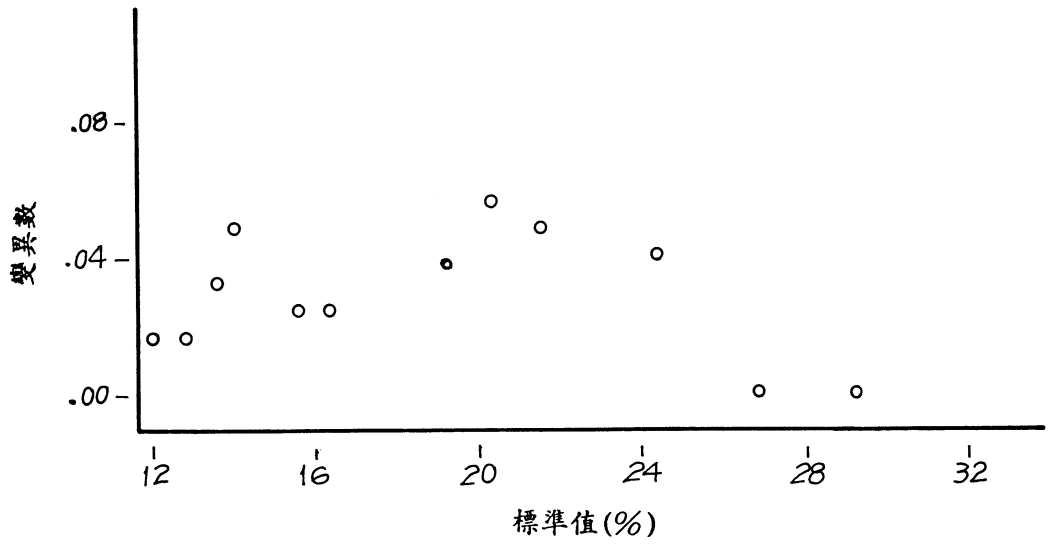
(b)

圖六、紅外線水份計校正公式之殘差圖

Fig 6. The residual plots of the calibration equations for Infrared Ray m.c. meter.



(a)



(b)

圖七、大發型 MCS－9 水份計之量測值與變異數

Fig 7. The measurement values and variances for Da-far type MCS—9 m.c. meter.

校正方程式評估如下：

1. 範圍爲12～25%時：

a. 直線方程式：

$Y=-3.68+1.056X$，$R^2=0.993$，$S=0.36$ ……(9)，但殘差圖有明顯之公佈趨向。

b. 二次式方程式：

$Y=5.50+0.1124X+2.34\times10^{-2}X^2$，$R^2=0.978$，$S=0.22$ ……(10)，其殘差圖爲常態分佈。

2. 範圍於12～22%

直線方程式爲良好之方程式：

$Y=-2.83+1.007X$，$R^2=0.996$，$S=0.22$ ……(11)

以 t 檢定方法比較斜率值，其結果與1.0無差異，因此可知此型水份計爲 $Y=X+K$ 型之感測器，其性能改良方式如下：

a. 在 PROM 晶體記憶程式之內加入校正方程式如公式(10)或公式(11)，則其準確性可自2.5%之誤差改良至0.22%之誤差值，但在應用時需避免超出方程式之外插限制。

b. 因校正曲線符合 $Y=K+X$ 型曲線，在記憶程式內可增加 $Y=X-2.583$公式（因 $D^2=2.583$），使輸出數值均減去固定值2.583，則新的 $D^{2\prime}$ 值爲0.25，顯示其誤差值已改良至0.25%。

㈡ MCS—10型

此型水份計區域量測性能之 D_1 值爲2.634，D_2 值爲2.603，顯示未經校正調整之輸出值有2.5%以上之誤差值。

其最佳校正方程式：

1. 範圍12～25%：

$Y=7.839-0.11X+2.837\times10^{-2}\cdot X^2$ ……(12)

$R^2=0.997$，$S=0.24$

2. 範圍12～22%

$Y=-2.235+0.9746X$ ……(13)

$R^2=0.995$，$S=0.26$

因公式(13)其斜率不爲1.0，截距不爲零，此爲校正曲線之（d）型 $Y=a+bX$，其性能改良方式如下：

1. 增加公式(12)或(13)，於記憶方程式，使準確性維持於0.25%。

2. 原輸出訊號減去固定值2.603（D_2）再輸出可使準確改良成0.28%。

㈢ MCS—12型

此水份計之 D_1 值爲3.21，$D_2=3.19$，顯示其未改良之性能誤差值遠大於同型之其他二具水份計。

最佳校正方程式爲可應用於12～25%範圍之直線方程式：

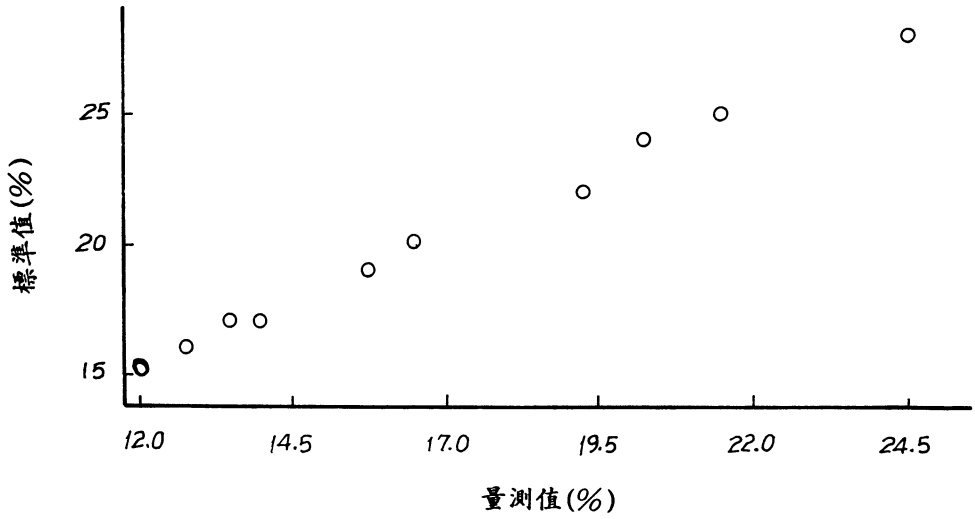
$Y=-1.836+0.933X$ ……(14)

$R^2=0.997$，$S=0.23$

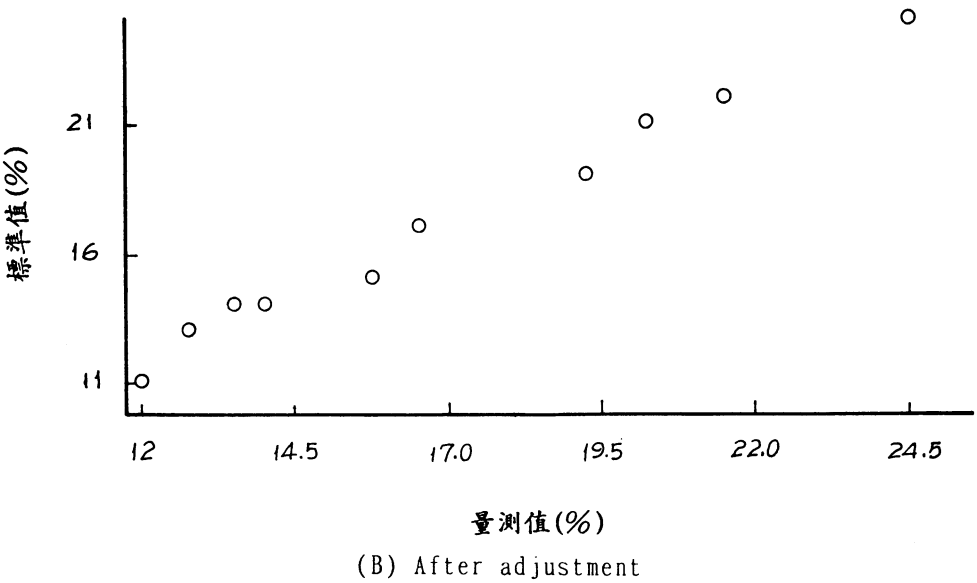
利用 t 檢定可知此屬於 $Y=a+bx$ 型之直線方程式其性能改良方式如下：

1. 增加公式(14)於記憶程式之中，使準確性維持0.23%。

2. 將原輸出訊號減去固定值3.19，（$Y'=Y-3.19$），原量測值與減去固定截距值對標準值之關係如圖8所示。



(A) Before adjustment.



(B) After adjustment

圖八、大發型 MCS－12 水份計讀出值調整前後之量測曲線

Fig 8. The measured curve of Da-Far type MCS－12 m.c. meter for adjustment.

由上述同型之三個大發電阻式水份計中，其性能曲線差異性極大，因此每具水份計必須有其特定之校正曲線。其校正公式適用 Y＝X＋K 型式，可知此爲其性能特性。

此型水份計之量測範圍爲12%～25%，此爲穀物乾燥中期以後所作業之範圍，在性能改良爲0.3%之準確性時，可用以執行乾燥自動控制作業。

結　論

綜合上述研究，所得結論如下：

一、利用統計原理可用以評估穀粒水份計之準確性和精密性，並可建立適用校正公式以改良性能。

二、紅外線水份計之準確性約0.5%，變異數因涉及人員操作，因此數值較大，其校正曲線顯示與標準值有固定截距之相異值。量測範圍對準確性有極大之影響。

三、大發型電阻式水份計其精密性良好，每一水份計必須建立其特定之校正公式。其校正曲線有固定截距公式和一般直線公式兩型。利用校正公式改良後之準確性其誤差值低於0.3%，其適用範圍可適用乾燥機之自動控制作業，將校正公式修正於其運算軟體程式可改良其準確性。但由於其應用範圍爲12-25%，在應用於自動控制作業時，應避免於外插範圍之應用。此外在未經校正改良之此型水份計誤差於2.5%以上，不可直接應用於乾燥機之自動控制作業。

參考文獻

1. 陳加忠，曹之祖，賴建洲。1990。電子相對濕度計之性能評估・農工學報36 (4)：79—96.
2. 陳加忠，賴建洲，曹之祖。1990。烏龍茶葉吸濕性及其品質維持之應用研究　中華農業研究39 (3)：239—257.
3. ASAE. 1982. Agricultural Engineer Yearbook. ASAE Standards S358.1, S352, S410T and S353, St. Joseph. MI.
4. Huggins, L. F. 1983. Analysis and Interpretation,In：Instrumenation and measurement for environmental science, Mitchell, B.W. (eds.), Chap. 15, ASAE, St. Joseph. MI.
5. Krutchkoff, R. G. 1967. Classical and inverse regression methods of calibration. Technometrics, 9 (3)：425—439.
6. Myers, R. H. 1986. Classical and modern regression with application, PWS and Kent Publ.
7. Nelson, S. O. and A. W. Kraszewski. 1990. Grain moisture content determination by microwave measurements. Trans. of ASAE. 33 (4)：1303—1307.
8. Young, J. H. 1983. Moisture, In：Instrumentation and measurement for environmental science, Mitchell, S. W. (eds), Chap. 7, ASAE, St. Joseph. MI.
9. Zhang, X. and G. H. Brusewitz. 1991. Grain moisture measurement by microwave heating, Trans. of ASAE 34 (1)：246—250.

The Test and Applied Lmitation of the Performance for Rough rice Moisture Content Meter[1]

C. C. Chen, C. T. Tsao and L. E. Chen[2]

Summary

The performance of grain moisture content meter is an important factors on the processing operaion for agricultural products. In this study, the accuracy and precision of measurements form Infrared Ray meter and Da-Far resistant type m.c. meters were tested and analysed by statistical technique. The m.c. values obtained from the Oven method were adopted as the standard values for comparing. The precision of Infrared Ray meter were affected by the technique of operators. Its accuracy was nearly 0.5%. The resistant type m. c. meter had the good precision. Each m.c. meter had its specific calibration equation. The accuracy could maintain within 0.3% with the modification of the measurement value by the adequate calibration model. The resistant m.c. meter could serve as good sensor for the auto −control operation of grain dryers.

Key words : Rough rice, Moisture content meter, Performance test.

1. Contribution No. 1599 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Associate researcher, junior specialist, research assistant, TARI Taichung, Taiwan.