

應用電容式水份計量測濕穀含水率之研究

Moisture Measurement of Wet Grains Using Capacitance Meter

國立中興大學農機系副教授

陳 加 忠

Chiachung Chen

台灣省農業試驗所農工系技士

曹 之 祖

Chih-Tsu Tsao

國立中興大學農機系副教授

雷 鵬 魁

Perng-Kwei Lei

摘 要

此研究中以烤箱法量測之含水率數值為標準值，用以比較國產電容式水份計之量測性能。以統計技術中偏差與標準差兩種統計量比較評估此型水份計之準確性與精確性。利用線性迴歸技術建立量測值與標準值之校正方程式以改善量測性能。研究結果顯示此型國產 CD-3 型水份計在 32 %（濕基）以下之量測範圍可藉由適當的方程式以改良量測準確性。最佳校正方程式為以量測值加以對數轉換之二項次方程式。不同之機具與不同的收穫年代對於量測性能之影響並不顯著。品種則有顯著之影響性。為確定此型水份計之量測準確性，品種必需建立特有之校正方程式。

關鍵詞：穀物，含水率，電容式水份計。

ABSTRACT

A domestic capacitance meter used in Taiwan was compared with the air-oven method to study its performance. The statistics of measured bias and variance are adopted as the criteria to decide the accuracy and precision. A non-linear calibration obtained from the relationship between measured values and standard values by regression technique was established to improve the performance. The results from the study suggest that the measuring performance of the domestic CD-3 capacitance meters can be improved by an adequate calibration equation with the moisture range below 32 % wet basis. The best calibration equation was the polynomial equation with the transferred form of logarithmic reading values. The factors of unit-to-unit and harvested years of samples do not have the significant effect on the measured performance. To ensure the good measuring performance, it is necessary to consider the effect of variety on the calibration equation.

Keywords : Grains, Moisture content, Capacitance meter.

一、前言

近年來，國內開始推行濕穀收購制度，農民自田間收穫稻穀之後，以運載工具送至農會或私營之代乾中心。經稱重、量測含水率之後，交濕穀再由代乾中心負責乾操作業。所量測之濕穀重量，含水率再由代乾中心換算為乾穀之重量以計算收購費用，並扣除代乾之乾燥費用，因此若濕穀之水份量測準確不良，則容易造成買賣雙方之紛爭。

國內農會、糧商與碾米工廠等濕穀收購作業所用之水份計係以電子原理開發的電阻式與電容式水份計。前者之研究結果顯示電阻式水份計對稻穀含水率高於 22 % 之量測範圍時，量測性不良（陳等，1991；陳與曹，1995）。

電容式水份計之感測原理簡介如下：將一定重量與體積的物置於高週波環境下，所有電壓頻率通常為 1 至 20MHz 高週波伏特電壓內。水份之 H 鍵吸收部份高周波能量。由吸收能量之比例與水份之關係用以量測穀物水份，然而此種關係並非線性。此型水份計之影響因子除了周圍溫度，更包括樣本密度。因此兩者因子之影響性需要加以克服（Cox, 1988）。Grade (1989) 報導指出電容常數在 10 ~ 20 % 之含水率量測範圍與穀物含水率為線性關係，而在 20 % 至 40 % 之範圍為非線性關係。

Hurburgh 氏等 (1986) 以校正方程式以改善電容式水份計之量測性能，利用最小平方方法建立最佳方程式。其他變數 (Dependent variables) 為量測值與烤箱法之偏差值，自變數為烤箱法之量測數值。

Hemeda 氏等 (1982) 研究玉米粒之品種，機械損傷程度與乾操作業中熱風溫度等影響因子對電容式水份計性能之影響，研究結果顯示熱風溫度並未影響量測性能。品種與機械損傷程度則有顯著之影響性。

此研究之目的如下：

(一) 研究國產電容式水份計之兩項量測性能：準確性與精密性，並探討此型水份計於高含水率穀物量測之可行性。

(二) 研究以校正方程式對量測性能之改善能力，並以統計技術評估最適切之方程式。

(三) 比較品種，收穫年代與不同機具對於量測

二、材料與方法

1. 研究所用設備：

(1) 烤箱法技術

烤箱為 Rost Fret 牌，溫度控制精度為 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，用以進行含水率量測，此研究中所標稱之含水率均為濕基 (w.b. %)。量測所用溫度 105°C ，72 小時。以前後重量計算含水率。所得含水率在研究中為標準值以評估水份計性能。

(2) 測定方法

國產電容式高週波型 (High-frequency waves type) 水份計，新營無線電行所生產，型號有兩種：A: CD-3A，可量測四種農產品。B: 型號 CD-3，只適用稻穀量測。此型水份計有溫度補正裝置。樣本直接傾入容器內量測，無破壞性，依廠商規格，其測定範圍 10-30 %，精密性 $\pm 0.5\%$ 。此研究中以 CD-3 為主，並利用另一具 CD-3A 型進行機具與機具之比較。

量測過程中，依據儀器使用說明，記錄其讀出數據，每組樣本至少四重覆。樣本測定完成後，再以烤箱法量測含水率。

2. 測定所用材料：依收穫年代與品種列舉如下：

(1) 稻穀：

- a. 1992 年收穫：台梗 8 號。
- b. 1993 年收穫：台梗 8 號，台梗 5 號與高雄 142 號。
- c. 1994 年收穫：台梗 8 號，台農 67 號與高雄 142 號。

(2) 玉米粒

- 1993 年收穫，台農 1 號。

3. 樣本準備方法

所測定樣本自田間採收後以烤箱法量測其最初含水率，並以乾燥設備之 50°C 熱風乾燥至預定含水率。乾燥完成冷卻後均勻混合置於密閉塑膠袋內，使其含水率成均勻狀態。含水率高於 13 % 之樣本則放置於冷藏櫃內以避免發霉冷藏溫度為 2°C 。樣本含水率自 10 % 至 34 % (濕基，此研究之含水率均以濕基表示)，每 2 % 之間隔即準備一批樣本以供試驗。

4. 收穫年代與不同機型之影響

以台梗 8 號品種，比較 CD-3 型水份計於不同收穫年代之性能影響。並以 CD-3 與 CD-3A 兩機型比較不同機具之量測性能。CD-3A 機型並用以量測玉米粒之水份。

5. 實驗數據分析

水份計之量測性能定義如下：

- (1) 準確性：代表量測值與標準之相差性，差異值愈小代表準確性愈高。
- (2) 精密性：代表量測值自身之重覆性或再現性。對同一標準值之樣本其數組量測值之彼此差異愈小，代表精密性愈好。

以樣本之含水率標準值與水份計量測值之關係加以圖示，稱為量測曲線。理想的量測曲線為 $X = Y$ ，代表量測值性能無任何誤差，在實驗之量測曲線並不存在。

針對不同條件下（品種、收穫年代與機具）所量測之數據，所應用之分析方法如下：

(1) 點測定

在同組樣本測定中，水份計多次量測之數據其統計分析所用統計量，包括誤差值 (e)，平均值 (x)，標準差 (s)，與變異係數 (CV)。

誤差 (e) 計算公式為：

$$e = M_o - M_m \quad \dots\dots\dots (1)$$

M_o ：烤箱法之量測值

M_m ：電容式水份計之量測值

變異係數之計算公式為：

$$CV = S/x \quad \dots\dots\dots (2)$$

(2) 區域測定

在全部量測範圍 (12 % -33 %) 內，繪製標準值對量測值和各統計量之數據分佈，觀察此水份計在測定範圍之性能表現，其應用技術如下：

- a. 檢定 s 值與 CV 值之分佈是否有規律性，依此分佈狀況可比較其適用範圍。S 與 CV 值用以判別精密性，s 與 CV 值愈小，精密性愈佳。
- b. 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曲線，而迴歸分析所得之相關係數 (R^2) 與標準差值 (SE) 可作為性能之量化比較標準，SE 值之計算公式如下：

$$SE = \left(\frac{\sum (Y - y)^2}{N - P} \right) 0.5 \quad \dots\dots\dots (3)$$

y 為標準值，Y 為校正方程式預測值，P 為方程式參數數目，N 為數據數目。

在定性標準之比較，係採用殘差分佈圖。繪出校正公式殘差值對預測值之分佈圖形，若殘差分佈為有固定趨勢之分佈則顯示此校正公式並不適切。

校正曲線之公式有三類：Y 為標準值，X 為儀器讀出值。

a. 非線性公式， $Y = a_0 * (1 - \text{Exp}(-a_1 * X)) \dots\dots\dots (4)$

b. X 之倒數轉換值多項式型態

$$Y = b_0 + b_1 \left(\frac{1}{x} \right) + b_2 \left(\frac{1}{x} \right)^2 + \dots\dots b_n \left(\frac{1}{x} \right)^n \quad \dots\dots\dots (5)$$

c. X 之對數轉換值多項式型態

$$Y = C_0 + C_1 \ln(X) + C_2 (\ln(X))^2 + \dots\dots C_n (\ln(X))^n \quad (6)$$

建立之校正方程式其型式為 $Y = G(F(X))$ ，Y 為烤箱法量測所得含水率，f(X) 為電容式水份計之轉換值。在實際量測需要方面，樣本含水率之測定為採用此型水份計之目的，因此必需建立標準含水率 (Y) 對水份計量測值 (X) 之應用公式，換言之，X 為他變數 (independent variable)，此種迴歸技術稱為古典型迴歸 (Classical regression) (Rawlings, 1988)。

(3) 水份計之量測性能

以全部數據所建立之校正方程式，代入其他條件（不同品種，不同收穫年代）之量測數據。其數據中以量測值 (Xi)，代入校正公式 (Ypi) 並與樣本標準值 (Ysi) 比較。量測性能之比較標準如下：

預測誤差之定義如下： $Di = Ysi - Ypi \dots\dots\dots (7)$

a. 平均偏差 (Mean difference)

$$\bar{d} = \frac{Di}{N} \quad \dots\dots\dots (8)$$

b. 性能標準差 (SEP, Standard Error of Performance)

$$SEP = \left(\frac{(Di)^2 - ((Di)^2/N)}{N - 1} \right) 0.5 \quad \dots\dots\dots (9)$$

c. Ys 平均值： $\bar{Ys}$

d. Yp 平均值： $\bar{Yp}$

e. Ysi 之標準差： SD_1

$$SD_1 = \left(\frac{Ysi - (Ysi)^2/N}{N - 1} \right) 0.5 \quad \dots\dots\dots (10)$$

f. Y_{pi} 之標準差：SD₂

$$SD_2 = \left(\frac{Y_{pi}^2 - (Y_{pi})^{2/N}}{N-1} \right) 0.5 \quad (11)$$

g. 變異係數 (Coefficient of variability, CV)

$$CV = \frac{SEP * 100}{Y_{si}} \quad (12)$$

h. Y_{si} 與 Y_{pi} 之迴歸分析 ($Y_s = b_0 + b_1 * Y_p$)

a. 相關係數 (r 或 R^2)

b_0 : 迴歸直線之截距

b_1 : 迴歸直線之斜率

i. SEP 與 SDX 之比例：RPD

$$RPD = \frac{SDX}{SEP} \quad (13)$$

j. D 值絕對值之平均值

$$D_{abs} = \frac{|D_i|}{N} \quad (14)$$

上述各統計量對量測性能比較之意義說明如下 (Willians, 1987; Willians, and Norris, 1987)。

a. 平均偏差 d_i 值：

用以顯示量測預測值偏離標準值之量化數值與偏離方向。

b. SEP 值：用以顯示量測技術之變化性，SEP 值太高則表示精密度不良。

c. CV 值：太大的 CV 值代表 SEP 值極大，精密性不良。

d. SDx 值與 SEP 值比較：SDx 表示 X_i 值標準偏差，SEP 值表示標準值之變化性。

e. RPD 值：

RPD 值應大於 5.0，此統計量之意義為量測性能標準偏差對烤箱量測技術標準值 X_i 之標準差兩數值之比值。

f. 迴歸直線：

理想之 R^2 值為 1.0， $b_0 = 0$ ， $b_1 = 1.0$ 。

若 R^2 值小於 0.8，表示利用迴歸分析技術建立校正方程式對量測性能之改善能力已不大。

g. Dabs 值：

代表量測時，在實際應用上之誤差量。

(5) 影響因子之量化比較

不同品種，收穫年代之樣本其含水率標準值 (Y_i) 與電容式水份計所量測之數值 (X_i) 之各組數據中，為進行量化比較其量否顯著差異性，其應用

之統計技術為 F 檢定。

N 組數據彼此顯著性差異之比較技術如下 (Weisberg, 1980)：

a. 將各組數據代入迴歸模式，並計算每組數據之殘差平方和 (Sum of Regression errors)， SS_1 ， SS_2 ...等。

b. 綜合全部數據，代入同一模式，求得其 SSc 值。

c. 進行 F 檢定：

$$F_1 = \frac{(SSc - SS_1 - SS_2...)/(Dfc - Df_1 - Df_2...)}{(SS_1 + SS_2...)/(Df_1 + Df_2...)} \quad (15)$$

Dfi 為第 i 組數據之自由度

d. 以 F_1 值與 $F(P, V_1, V_2)$ 比較進行差異性是否顯著之比較。P 為顯著性程度 (Level of Significance)，v 為自由度，計算公式如下：

$$V_1 = Dfc - Df_1 - Df_2 - Dfi \quad (16)$$

$$V_2 = Df_1 + Df_2 + \dots + Dfi \quad (17)$$

三、結果與討論

(一) CD-3 電容式水份計之量測性能

CD-3 電容式水份計對稻穀台梗 8 號品種之量測性能如圖 1 所示。圖中之數字代表同一量測值 (自水份計 LCD 直接顯示) 接近烤箱法所測定之標準值。然而在高於 22 % 以上之量測範圍，量測值嚴重偏離現象，稻穀含水率愈高，量測之誤差愈大。若以讀出之量測值為實際水份含量，量測誤差則十分嚴重。

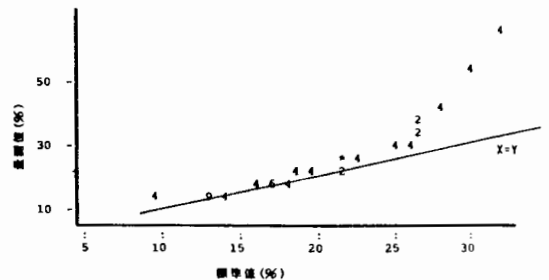


圖 1. CD-3 型水份計對稻穀之量測性能

CD-3A 型水份計對玉米粒的量測性能如圖 2 所示。以 $X=Y$ 直線代表理想之量測曲線，由圖可知

量測讀出值均高於標準值，顯示此型水份計用於玉米粒之量測時有固定之高估現象。

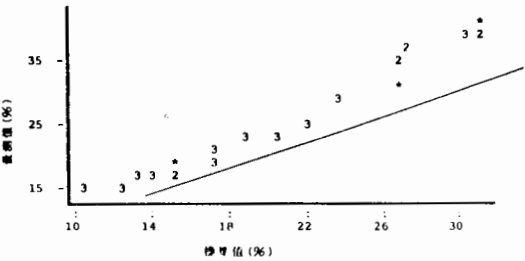


圖 2. CD-3A 型水份計對玉米粉之量測性能

CD-3 型水份計對稻穀含水率量測時其量測值標準差與變異係數典型之分佈圖如圖 3 與圖 4。標準差之數值低於 0.65，變異係數則低於 0.04。數據分佈均未有顯著之曲線分佈。與烤箱法各技術之量測標準差（陳氏等，1995a）相比較，標準差之數值並未有顯著差異，而更優於各類電阻式水份計（陳氏等，1995b）。此結果顯示，此型國產電容式水份計有極佳之精密性，對同組數據之量測，其重覆性（再現性）十分良好，量測值彼此之差異性極小，在高含水份量測區域亦未有過高之數據。因量測值本身引起之誤差平方和亦不顯著，因此在建立校正方程式，對量測性能之改良提供了良好基礎。

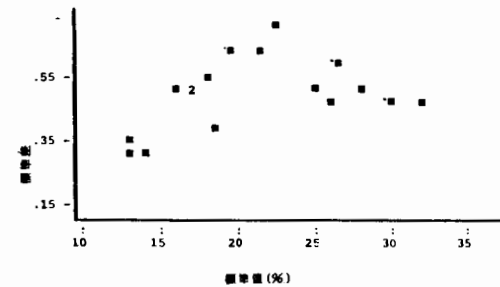


圖 3. CD-3 型水份計對稻穀量測之標準差

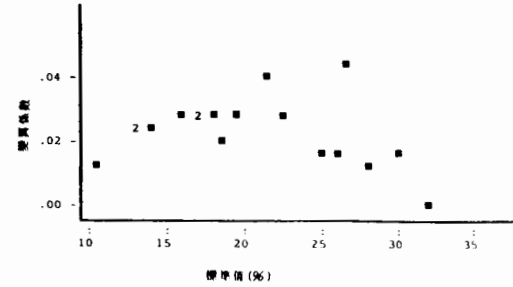


圖 4. CD-3 型水份計對稻穀量測之變異係數

(二)最佳校正方程式

利用十一組數據以評估最佳之校正方程式，以 CD-3 型水份計量測所得 1993 年台梗 8 號稻穀之量測數據為例，所得校正方程式公式 (4) 至公式 (6) 之結果如下：

$$1. Y=37.7825*[1-Exp[-0.03227*X]] \dots\dots\dots (18)$$

$$R^2=0.963 \quad SE=1.378$$

殘差圖有顯著之曲線分佈趨勢

$$2. Y = 38.46 - 455.22*(\frac{1}{X}) + 1183.9*(\frac{1}{X})^2 \dots\dots\dots (19)$$

$$R^2=0.981 \quad SE=0.735$$

殘差圖亦為顯著之曲線分佈趨勢

$$3. Y = - 74.515 + 45.5*ln(X) - 4.788*[Ln(X)]^2 \dots\dots\dots (20)$$

$$R^2= 0.991 \quad Se = 0.651$$

殘差圖中殘差均勻分佈

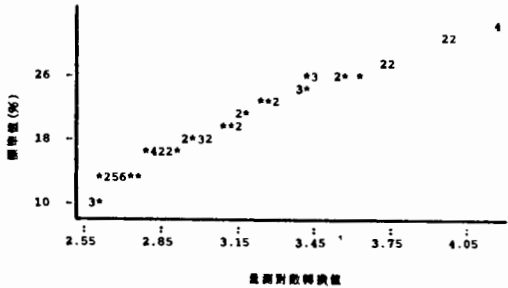


圖 5. CD-3 型水份計稻穀之量測對數轉換值與標準

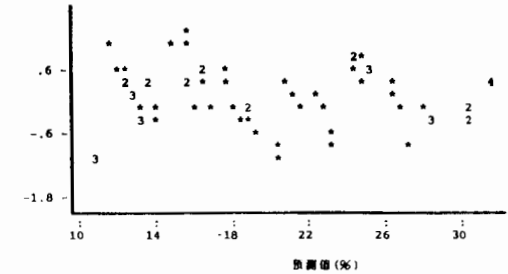


圖 6. CD-3 型水份計稻穀之校正方程式預測值與殘差值之關係

由上述三項公式之迴歸分析結果可知，以量測值加以對數轉換為他變數，而建立二次多項式之校正迴歸公式，其 R²值高於其他兩項公式，SE 值低於其他兩項公式，而且殘差分佈圖為均勻分佈，由此可知對此組數據而言公式 (20) 最適切 (Adequate) 方程式。此組數據中，轉換值 (ln(X)) 對

標準值之分佈如圖 5，其迴歸殘差分佈圖如圖 6。殘差分佈圖中，大於 22 % 之量測範圍並未有發散分佈之現象，顯示此型在高含水率量測範圍可藉由校正方程式以改良性能。

包含其餘 10 組數據之迴歸分析計算結果各統

計量如表 1 所示。以 R^2 ，SE 值為定量比較標準，殘差圖為定性比較標準，由表 1 可知，公式 (6) 之型式為電容式水份計稻穀量測曲線之最適切方程式。

1993 年收穫之台農 1 號玉米粒，其量測曲線

表 1. CD-3 型水份計最佳校正方程式之評估

測試樣本與機型	公式 (4)			公式 (5)			公式 (6)		
	R^2	SE	殘差圖	R^2	SE	殘差圖	R^2	SE	殘差圖
1. 1992 年									
A. 台梗 8 號									
a. CD-3 型	0.987	0.677	P	0.983	0.99	P	0.983	0.97	U
b. CD-3A 型	0.955	1.286	P	0.979	1.07	P	0.980	1.07	U
2. 1993 年，CD-3 型									
A. 台梗 8 號	0.963	1.378	P	0.981	0.735	P	0.991	0.651	U
B. 台梗 5 號	0.986	0.758	P	0.984	0.83	P	0.985	0.81	U
C. 高雄 142 號	0.984	0.725	P	0.989	0.64	P	0.987	0.67	U
3. 1994 年									
A. 台梗 8 號									
a. CD-3 型	0.973	1.089	P	0.974	1.187	P	0.976	1.15	U
b. CD-3A 型	0.987	1.191	P	0.965	1.83	P	0.980	1.23	U
B. 台農 67 號									
a. CD-3 型	0.968	1.28	P	0.980	0.91	P	0.983	0.90	U
b. CD-3A 型	0.969	1.27	P	0.974	1.01	P	0.981	0.95	U
C. 高雄 142 號									
a. CD-3 型	0.960	1.21	P	0.975	1.03	P	0.982	0.90	U
b. CD-3A 型	0.959	1.18	P	0.966	1.04	P	0.986	0.95	U

註、P. (Pattern): 殘差圖有固定曲線分佈趨勢。

U. (Uniform): 殘差圖為均勻分佈。

之最適切校正方程式亦為公式(6)之型式：

$$Y = -57.384 + 29.74 * \ln(X) - 1.6285 * (\ln(X))^{2.0} \quad (1)$$

(三) 影響因子之研究

對不同收穫年代，不同機型(CD-3 或 CD-3A)水份計對不同品種之稻穀量測含水率所得到之量測曲線，以F統計技術檢定其影響性以避免因繪圖人眼目視判別之主觀誤差。

1. 品種之影響

1993 年收穫之穀物，其量測曲線比較如圖 7。自 1993 年與 1994 年之量測曲線比較得知，對台梗 8 號、台農 67 號與高雄 142 號品種而言，品種對電容式之水份計性能影響並不顯著，然而台梗 5 號品種，其量測曲線與其他三品種均有顯著之差異。

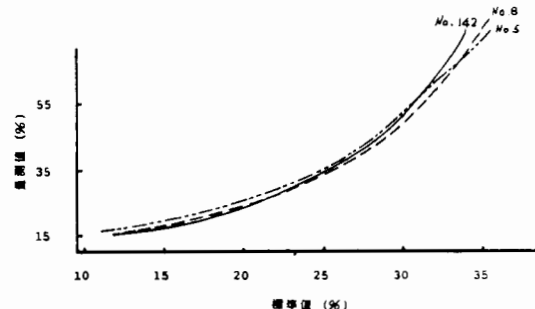


圖 7. CD-3 電容式水份計對四種品種之量測性能

2. 收穫年代與機具之影響

台梗 8 號品種於三個收穫年代之樣品，以 CD-3 電容水份計量測所得結果如圖 8 所示。以 F 統計技術檢定之結果並無顯著之差異。

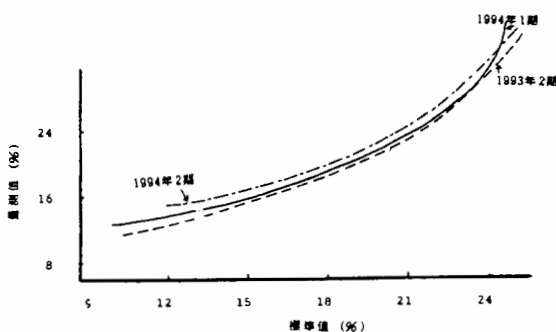


圖 8. CD-3 對台梗 8 號不同收穫年代之量測性能

CD-3 與 CD-3A 同廠牌而不同機型之水份計，對台梗 8 號之量測曲線比較如圖 9，對台農 67 號之量測曲線比較如圖 10。依 F 統計技術加以檢定

之結果。CD-3 與 CD-3A 兩機型對量測性能並無顯著差異。由上述之結果得知，為求得量測準確性，必須考慮品種之差異影響性收穫年代與機型之影響則不顯著。

(四) 預測性量測性能

以建立校正方程式之數據組完全獨立之數據群進行預測性量測性能檢定，驗證用之數據群以 CD-3 機型測得數值(X)代入公式(6)之校正方程式中，計算所得之數值為預測值(YPI)，原數據群中以烤箱法測得之結果為標準值(YSI)。預測性能之統計量以公式(8)至公式(14)加以計算，並表列於表 2。

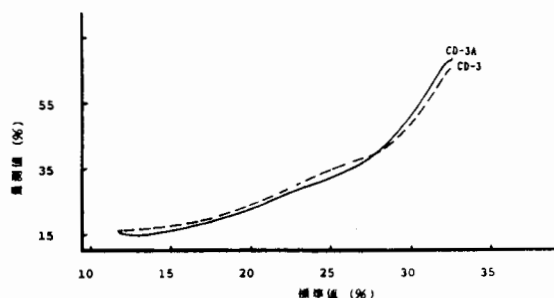


圖 9. CD 同廠牌不同機具對台梗 8 號之量測性能

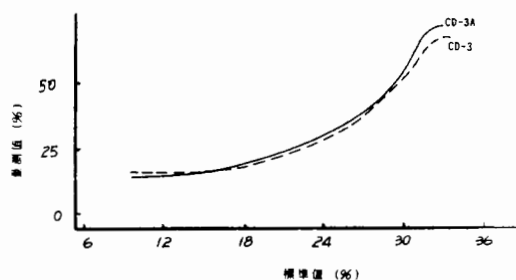


圖 10. CD 同廠牌不同機具對台農 67 號之量測性能

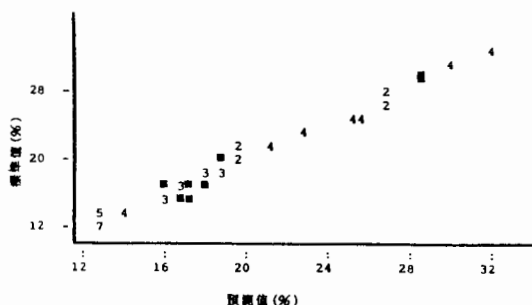


圖 11. 臺梗 8 號之預測值與標準值

表 2. CD-3 型水份計預測性能之各統計量

統計量	台梗8號校正 公式用於台 農67號品 種之量測	台梗5號校正 公式用於同 年不同年 代之量測	台梗8號校正 公式用於台 梗5號之量測	台梗5號校正 公式用於台 農67號品 種之量測
1. $\bar{d}$	-0.201	-0.179	-1.318	-0.164
2. SEP	0.744	0.819	0.713	1.018
3. $\bar{Y}_s$	20.19	19.46	19.56	23.89
4. $\bar{Y}_p$	20.39	19.74	20.67	24.06
5. Y_s 標準差	5.99	7.34	7.44	6.31
6. Y_p 標準差	6.41	6.87	7.24	6.76
7. CV	3.69	4.21	3.67	5.09
8. $Y_p =$ $b_0 + b_1 Y_s$	b_0 1.225 b_1 0.93 R^2 0.99 SE 0.60	0.871 0.96 0.99 0.51	-1.54 1.01 0.99 0.69	0.42 0.976 0.98 0.84
9. RPD	8.05	8.96	10.33	0.55
10. $ \bar{d} $	0.596	0.82	1.32	1.13

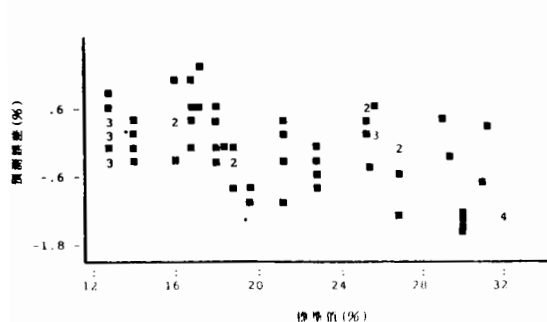


圖 12. 臺梗 8 號預測誤差之分佈

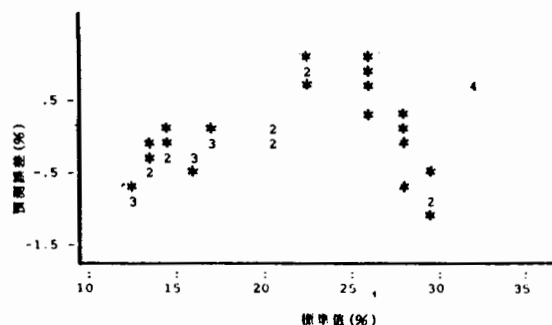


圖 13. 臺梗 5 號預測誤差之分佈

以台梗 8 號之校正方程式用以計算台農 67 號品種之預測值，預測值與標準值之誤差分佈如圖 12，22 % 以上之範圍未有顯著之誤差。誤差分佈為成均勻分佈，統計量之檢定中， $\bar{d}$ 為 -0.2，代表預值之偏離並不嚴重，SEP 為 0.744，CV=3.69，代表此型水份計量測結果經校正方程式計算預測

值後，精密性良好。在迴歸直線方面， b_0 與 b_1 並未有接近 0.0 與 1.0 之數值，然而 R^2 值高達 0.99。 D_{abs} 為 0.6，代表實際應用上此誤差已在 $\pm 1.0\%$ 之內。

以台梗 5 號校正方程式應用於同品種而不同年代收穫之稻穀。其量測誤差分佈如圖 13。由 $\bar{d}$ 值

為-0.28可知預測結果並未嚴重偏離標準值，SEP與CV值顯示良好之精密性。Dave值代表準確性可在±1.0%之內，迴歸直線 R^2 亦為0.99。

台梗8號校正方程式用於台梗5號之量測數據，其量測結果之誤差分佈如圖14。在22%以上之範圍無顯著之誤差。誤差值均為負值。d值為-1.32，顯著的提高SEP與CV值各為0.713與3.67，顯示精密性仍然良好。量測預測與標準值之迴歸直線相關性亦高($R^2=0.99$)，然而Dave值亦高達1.32，由此可知品種差異性對於量測性能之影響。

以台梗5號校正方程式應用於台農67號之量

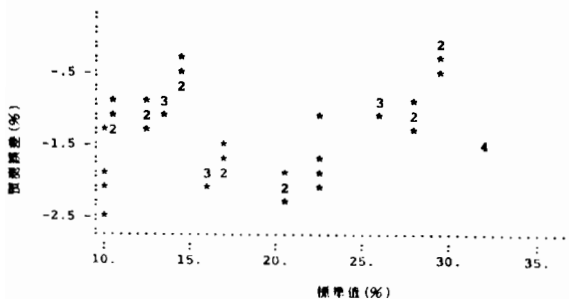


圖 14. 臺梗8號校正方程式用於臺梗5號預測誤差之分佈

測數據，其量測結果於表2中可知，d值為-0.164，而Dave值高達1.13，SEP與CV值顯著精密性較差，品種對量測性能之影響在此得見。

由表2之統計量得知，以相應之品種建立之校正方程式對量測性能之改良極為顯著，精密性十分良好，準確性為±1.0%之內，在大於22%以上範圍未有特殊之量測誤差，顯示此型國產電容式水份計，其量測數據經由校正方程式加以計算，調整後與烤箱法所測得之數值極為接近。因此可適用高含水率穀物之水份之測定。若以有品種差異之校正方程式進行量測值之計算、轉換所得預測值與烤箱法之標準值比較，精密性仍然良好，相關係數(R^2)亦接近1.0，但統計量Dave則增大，顯示準確性不良，代表此型水份計在應用時，為求準確性良好，必需考慮品種差異之影響性。

四、結 論

此研究所得結論如下：

- (一)國產電容式水份計對穀物之量測性能中，CD-3型水份計對稻穀水份量測於14-22%範圍內量測值較接近標準值，在高含水率範圍(22%以上)，誤差十分嚴重，以直接讀出值代表穀物水份計則有嚴重偏差。
- (二)此型水份計之量測數據有良好之精密性，在高含水率範圍精密性仍然良好。
- (三)最適切之校正方程式為以量測值對數轉換為自變數之二項多項式。
- (四)穀物品種對量測性能有影響性，收穫年代與機型對量測性能之影響則不顯著。
- (五)以相應品種之校正方程式對量測值加以轉換之預測性能有良好之精密性，準確性在±1.0%以內。以正方程式改善量測性能可使此國產水份計適用於高含水率穀物之量測。

五、參考文獻

1. 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。
2. 陳加忠、曹之祖。1995a。稻穀電阻式水份計量測性能之研究。
3. 陳加忠、曹之祖、雷鵬魁。1995b。稻穀含水率測定烤箱技術之研究。
4. Bern, C. J. and C.R. Hurburgh. 1981. Performance of some on-farm moisture meters in corn. ASAE Paper No. 81-3025, ASAE, St. Joseph, MI.
5. Cox S. W. R. 1988. Farm Electronics. BSP Professional Books, London, U. K.
6. Grabe, D. F. 1989. Measurement of seed moisture. P. 69-92. In Seed Moisture. CSSA Special Publication No. 14. Crop Science Society of American, Madison WI. USA.
7. Hemeda, M. A., C. R. Hurburgh, Jr. and C. J. Bern. 1982. Effects of variety, mechanical damage and drying temperature on electronic moisture meters. ASAE Paper No. 82-3545, ASAE, St. Joseph, MI.
8. Hurburgh, Jr. C.R., T. E. Hazen and C. J. Bern. 1985. Corn moisture measurement accuracy. Transactions of ASAE 28(2):634-640.
9. Hurburgh, C. R. Jr., L. N. Paynter, S. G. Schmit and