

近紅外線穀物水份計量測性能之研究

Study of the Performance of the Near-Infrared Reflectance Moisture Meters for Grains

台灣省農業試驗所農工系副研究員

陳加忠
Chiachung Chen

台灣省農業試驗所農工系技士

曹之祖
Chih-Tsu Taso

國立中興大學農機系副教授

雷鵬魁
Perng-Kwei Lei

摘 要

此研究用以評估商品化近紅外線穀物水份計應用於國內穀物含水率之量測性能。稻穀樣本包括不同品種與不同收穫時期。並以迴歸技術建立樣本含水率與近紅外線吸收率之關係方程式。以特定之方程式比較不同作業條件對量測準確性之影響。研究結果顯示稻穀水份含量對近紅外線的吸收能力有其適用範圍特性，對高於30%含水率之樣本，吸收率變異極大。玉米粒內部水份對近紅外線之吸收能力之量測比稻穀有更大的誤差特性。以稻穀含水率與近紅外光吸收率之關係所建立之最佳方程式為以含水率對數轉換值為自變數之二項次方程式。品種與收穫年代對近紅外光吸收率之影響有顯著差異。以同一作業條件下（相同品種與收穫年代）所建立之應用公式進行稻穀含水率量測之誤差值在1.0%之內，符合實用性要求。應用此近紅外線含水率量測技術，每一特定條件下之穀物必需建立其特定方程式。

關鍵詞：穀物，含水率，近紅外線。

ABSTRACT

The performance of a commercialized NIR grain moisture meter was studied to evaluate the adequateness of local varieties planted in Taiwan. The samples included different varieties and harvest years. The relationships between moisture content and NIR absorbance were established by regression technique. The adequate equation was adopted to compare the effect of the different sample conditions on the performance of accuracy. The results indicated that the adequate measuring range for grains was within 30%. Higher moisture samples had the larger variance of measurement then affect the precision of this meter. The best equation for the absorbance is the polynomial function of independent variable with the logarithm form of

moisture content. The grain's varieties and harvest years had the significant effect on the performance. At the same condition of variety and harvest year, the accuracy of the NIR meter that obtained by transforming the adsopntance to moisture content is within 1%. To ensure the performance of NIR moisture, each special grain must establish its specific calibration equation.

Keywords: Grain, Moisture content, Near-infrared ray.

一、前 言

由於乾燥中心之設立與乾燥大型化之發展，國內穀物乾燥作業已逐漸由傳統農民單機利用、分散加工作業，轉變為多機集中乾燥之作業方式。在處理龐大之穀物加工作業時，穀物含水率之量測十分重要。準確的含水率資料可用於為乾燥、貯存、混合等加工作業之依據。

國內穀物加工業有關含水率之量測係以電子式水份計為主，主要之利用方式有電阻式與電容式為主（陳氏等，1993）。利用電子式穀物水份計可執行即時量測，但其適用範圍有所限制，準確度受到品種，周圍溫度等影響因子所干擾（加藤，1990; Grabe, 1989; Young, 1991）。

近年來，利用近紅外線技術進行農產品品質測定之技術已有顯著之進步。利用近紅外線通過物體內部再反射波長之能量由於成份不同因而被吸收之比例不同之原理，可用以測定穀物之水份、脂肪、蛋白質、澱粉、黏度、灰份等成份比例（Williams et al., 1981, 1987; 夏賀氏等，1992a, 1992b, 1993, 1994a, 1994b, 1994c；岩元氏等，1980, 1985, 1988）。並可依此開各型食味計（Yamashita, 1993）。

近紅外線之波長定義於 700 ~ 2500nm 之範圍。近紅外光通過物體時，有直接反射，吸收與通過內部再散射方式。因內部成份之不同，通過內部再散射之能力亦不同。由於農產品之成份組成係由分子之化學鍵（如 O-H, C-H, N-H 等）所構成，每一化學鍵有其固定之吸收光譜（Pattern）。換言之，每一化學鍵對一特定光波波長之吸收性最為顯著敏感。以此波長選擇特性，可用於進行各物性之量測。當物體受到對水份子吸收之特定波長照射時，因其含水率不同，物體之光能量因通

過內部被吸收能力也為之不同。換言之，此吸收率受含水率影響而改變。利用此特性可用以為含水率量測作業。利用迴歸技術可建立各段波長吸收量 (R) 之轉換值（通常為 $\log(1/R)$ ），與各物性成份比例之關係，此關係稱為校正迴歸方程式。

William 氏 (1987) 已建立水份在近紅外線光波波長內各敏感帶之特定光譜。夏賀氏之研究中 (1992a) 因穀物之不同而有其特定選用之光譜。在たばこ公司開發之水份計則採用 1200, 1450 與 1945 nm 三段光譜。

以水份量測為例，通常以烤箱技術所測得數值為標準值，以相同水份之樣本藉由近紅外線水份計量測其反射率（或吸收率）因而建立標準值與反射率之校正曲線。此校正曲線可利用電腦之記憶體貯存於水份計內部。在進行另一批水份量測時，所測得之反射率（或吸收率）再經已預存之校正曲線計算後加以顯示。

此種水份量測技術其量測特性如下：

1. 準確度高。
2. 測定所需時間短暫，2-6 秒內可完成。
3. 為非破壞性測定，不損傷樣本。
4. 不需接觸樣本。
5. 量測範圍廣。
6. 適用各種農產品。

利用近紅外線反射率開發而成的水份計已有商品化產品，以日本たばこ公司為例，其開發之產品共有手提型、桌上型與線上作業型三種型式（Japan Tabacoo Inc., 1992）。其自行性能測定報告顯示其稻穀含水率（濕基）誤差介於 0.68 % ~ 0.88 % 之間，適用量測範圍為 15-30 %。乾燥機乾燥作業時，取樣所得之樣本其量測誤差其誤差為 0.86-0.91 %（日本たばこ産業會社，1992）。

夏賀氏等 (1992a, 1992b, 1993) 以近紅外線反射

法對於穀物物性加以測定，其結果顯示小麥含水率在 8.3-12.5 % (濕基) 時，此技術之量測誤差以校正曲線標準差 (Standard Error of Calibration, SEC) 表示，SEC 之值為 0.14。所用的近紅外線波長為 2310 與 1940nm。以相同技術對糙米水份之量測誤差 SEC 值為 0.135，量測範圍為 9.5-11.9 %。所利用之近紅外線波長為 1940, 2230 與 2310nm。對大豆之水份量測結果，SEC 因品種不同各為 0.262 與 0.126。量測範圍為 7 % 至 12.8 %，所用之近紅外線波長為 1680, 1940 與 2310nm。在近紅外線技術性能影響因子之研究中，夏賀氏 (1994) 等發現同一穀物品種與收穫年代的不同，造成量測性質之不同，校正曲線必須逐年、逐品種加以建立。Williams (1975) 以近紅外線技術進行小麥水份量測，其量測性能之 SEC 值 0.16。

國內之相關研究中，劉與蕭氏 (1994) 則建立稻穀與白米含水率對近紅外線四波長吸收率之校正曲線，以含四係數之多重迴歸式表示，稻穀含水率之校正組誤差為 2.16 % 至 -2.24 %，白米含水率之誤差為 0.4 % 至 -0.42 %。

由於穀物水份計之量測技術已十分重要，此研究中以商品化之近紅外線水份計為試驗對象，探討此型水份計之量測性能，研究目的如下：

1. 以統計技術探討近紅外線水份計於穀物量測中其準確性，精密性與量測範圍。
2. 評估校正曲線之適切 (adequate) 模式，以改良量測性能。
3. 比較穀物之品種與收穫年代對量測性能之影響。

二、材料與方法

(一) 測定材料

穀物共有兩類，稻穀與玉米粒，其品種與收穫年代如下：

1. 稻穀

- A. 1993 年第 1 期：台農 67 號
- B. 1993 年第 2 期：台農 67 號，台梗 8 號，台梗 2 號，台梗 5 號，高雄 142 號。
- C. 1994 年第 2 期：台農 67 號，台梗 8 號，高雄 142 號。

2. 玉米粒

A. 1993 年：台農 1 號。

(二) 研究所用設備

1. 烤箱

用以量測穀物含水率，此研究中所標稱之含水率均以濕基標示。烤箱為德製 Rost Fret 牌，溫度控制範圍 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

2. 近紅外線之份計

此研究所用之近紅外線水份計為日本 Tabacco 公司產品，型號為 JT-200 桌上型。其基本結構如圖 1。

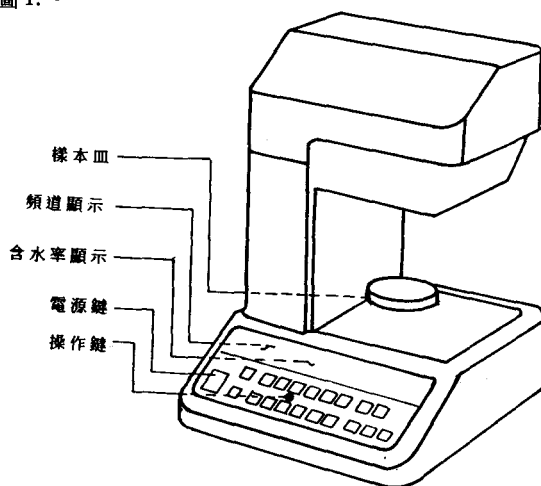


圖 1. JT-200 桌上型近紅外線水份計

在量測作業時，將樣本放置於樣本皿，儀器之近紅外線能量經樣本水份之吸收作用，以吸收率加以顯示，此型水份計依其使用說明書有如下特點：

(1) 在測定過程中，樣本皿自動迴轉，使近紅外線光通過之樣本位置更為平均，增加量測準確性。

(2) 利用已知水份之樣本量測其吸收率後，可依序輸入成對的吸收率與含水率數據，此型水份計之中央處理系統將自動執行多項式迴歸分析，最高項次為三次方，並將此迴歸方程式貯存於記憶體，再下次執行吸收率測定時，自動轉換含水率加以顯示。另一種數據處理方式係由使用者利用統計軟體，計算多項式迴歸方程式 ($y=C_0 + C_1 X + C_2 X^2 + C_3 X^3$) 之參數數值，再將 C_0 ， C_1 ， C_2 ， C_3 值直接輸入記憶體。

(3) 此型水份計共有 50 個記憶頻道 (Channel)，

可用以貯存 50 種不同農產品之吸收率與校正曲線公式。

(4) 此水份計有溫度補償裝置，可避免因周圍溫度改變而影響量測準確性。

此型設備對樣本吸收率的測定方式如圖 2 所示。利用鎢燈 (Tungsten lamp) 產生近紅外光，再以濾光鏡 (Filter) 快速旋轉方式，使特定波長的近紅外光通過，通過之近紅外光包括吸收率測定用波長與參考值波長。近紅外光由鏡面反射至樣本，經過樣本後由 Pbs 感測器以感測光波能量。由吸收波長能量與參考波長能量之比值可計算吸收率。此吸收率再以 LCD 顯示，或直接輸入記憶體內。

(5) 由於近紅外線之光譜吸收亦受到物體表面

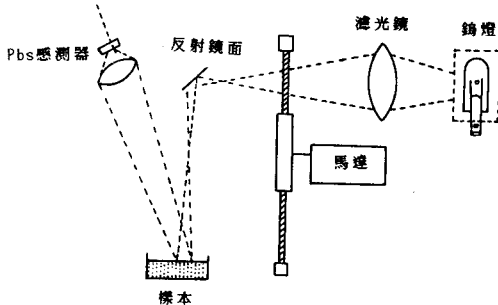


圖 2. JT-200 近紅外線水份計基本結構

狀況，顆粒大小與樣本表面顏色影響。此型水份計另有光波參考能量之設計，利用量測光波被吸收能量與參考光波之能量兩者比值，以換算吸收率。

在此研究中，利用不同含水率之穀物樣本分別測定吸收率，建立吸收率與含水率之關係數據以進行分析比較。

3. 碾磨器

為避免穀粒之大小不同影響量測性能，所有之穀粒均加以碾碎，所利用之碾磨器為 Kett 公司所製之研磨器 (Grinder)。

(三) 樣本之準備方法

所測定樣本自田間採收後以烤箱法量測其最初含水率，並以乾燥設備乾燥至預定含水率，乾燥所用溫度為 50 °C，每批樣本準備數量約為 3.0 公斤。乾燥完成後冷卻，均勻混合再置於密閉塑膠袋內。其平衡相對濕度大於 65 % 之樣本則放置於 2 °C 之冷藏櫃內以避免發霉。樣本含水率自 10 % 至 34 %，以 2 % 之間隔準備一批樣本進行試驗。

樣本貯存時間至少一個月，使水份維持均勻分佈。

(四) 數據分析與統計技術應用

此研究中，用以進行量測數據分析所用之統計技術如下：

1. 校正曲線之建立與比較

近紅外線水份計量測反射率 (y) 與樣本含水率標準值 (x) 之關係曲線以迴歸分析技術進行校正方程式之建立與評估，所利用之方程式型式如下：

(1) 線性方程式

$$y = a_0 + a_1 \cdot X \dots\dots\dots (1)$$

(2) 多項式方程式

$$y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + \dots + b_n X^n \dots\dots\dots (2)$$

為增加校正式之符合性，標準值 (X) 加以轉換成各種型式之函數 f(X)，

(3) 轉換值線性方程式

$$y = C_0 + C_1 \cdot f(X) \dots\dots\dots (3)$$

(4) 轉換值之多項式方程式

$$y = d_0 + d_1 \cdot f(X) + d_2 \cdot [f(X)]^2 + \dots + d_n \cdot [f(X)]^n \dots\dots\dots (4)$$

最佳校正式之選擇標準在定量方面，利用相關係數 R² 值與 SE 值 (the errors of estimated values)。R² 愈高，SE 值愈低，顯示此校正式代表兩組數據之符合性愈好。在量化標準方面，利用方程式之誤差值 (預測值 (y') 與量測值 (y) 之相異) 對預測值所繪出之殘差圖進行觀察 (Myers, 1986; Rawlings, 1988)。良好的迴歸方程式其殘差圖中誤差值分佈應為均勻且沿 y=0 之直線兩側分佈，若誤差之分佈成帶狀但有顯著之曲線特徵，則顯示此方程式並不恰當 (Inadequate)。若誤差之分布有顯著之發散圖形，顯示模式之變異數並非常數，代表模式之不正確 (Incorrect)。

2. 校正曲線之應用分析

建立之校正式其型式為 y=G(f(X))，y 為近紅外線之水份計所量測之樣本吸收率，f(X) 為樣本標準含水率 (以烤箱法測得) 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，因此針對此需要，必需建立含水率 (X) 對水份計量測反射率 Y 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

此型水份計測量性能之研究比較中，水份計量測準確性之研究有兩類。

(1)自身驗證

將同一條件下（相同品種，收穫年代等）之樣本量測數據加以分成兩組，第一組稱為校正曲線建立用數據群（data groups），用以執行迴歸分析並求得最適切之校正方程式。第二組數據稱為驗證用數據群。以此數據群中近紅外線水份計所量測得到之反射率（ y_i ）值，代入由第一組數據所得之校正方程式，以計算得到方程式預測值（ X_{pi} ）， X_{pi} 與第二組數據之標準值（ X_{si} ）之差距稱為偏差（bias），以 D_i 值代表， $D_i = X_{si} - X_{pi}$ 。

(2)品種或收穫年代等影響性比較

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。其數據中以量測反射率（ y_i ），以計算預測含水率（ X_{pi} ）並與樣本標準值（ X_{si} ）比較，以兩種數據之差距 D_i 加以比較品種，不同收穫年代等對量測性能之影響。

(3)量測性能之比較標準

此近紅外線水份計之量測性能係以 D_i ， X_i ， Y_i 等參數之各統計量為比較標準，可用之標準與計算公式如下：

X_i ：量測依烤箱量測法所得之含水率標準值。

Y_i ：依近紅外線校正公式計算所得之穀物含水率。

$D_i = X_i - y_i$

Dave：偏差絕對值平均值 (Mean absolute difference)

$$Dave = \frac{D_i}{N} \dots\dots\dots (5)$$

(4)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（ X_i ）與近紅外線水份計所量測之吸收率（ y_i ）之各組數據中，為進行量化比較其是否有顯著差異性，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)：

1.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), $SS_1, SS_2 \dots$ 等。

(2)綜合全部數據，代入同一模式，求得其 SS_c 值。

(3)進行 F 檢定：

$$F_1 = \frac{(SS_c - SS_1 - SS_2 \dots) / (Df_c - Df_1 - Df_2)}{(SS_1 + SS_2 + \dots) / (Df_1 + Df_2 + \dots)}$$

Df_i 為第 i 組數據之自由度

(4)以 F_1 值與 $F(P, v_1, v_2)$ 比較進行差異性量否顯著之比較。P 為顯著性程度 (Level of Significance)， v 為自由度，計算公式如下：

$$v_1 = Df_c - Df_1 - Df_2 \dots - Df_i$$

$$v_2 = Df_1 + Df_2 \dots + Df_i$$

三、結果與討論

(一)近紅外線水份計之量測性能

1.稻穀水份對近紅外線之吸收特性

以 1993 年 2 期台梗 8 號的稻穀樣本，其近紅外線能量吸收率（ Y_i ）與含水率（ X_i ）之關係於圖 3 a，由目視似乎有直線關係存在，以迴歸分析選擇兩項關係公式：

$$(1) Y = -2.928 * 10^{-2} + 2.41 * 10^{-2} * X - 2.220 * 10^{-5} * X^2 \quad R^2 = 0.982 \quad (7a)$$

公式之殘差分佈圖如圖 3b

$$(2) Y = 0.84 - 0.7443 * \ln(X) + 0.2046 * X^2 \quad R^2 = 0.983 \quad (7b)$$

公式 (7b) 之殘差分佈圖如圖 3c。

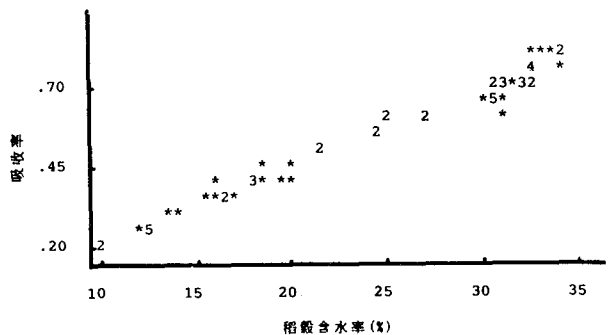


圖 3a. 台梗 8 號近紅外線能量吸收率與稻穀含水率之關係

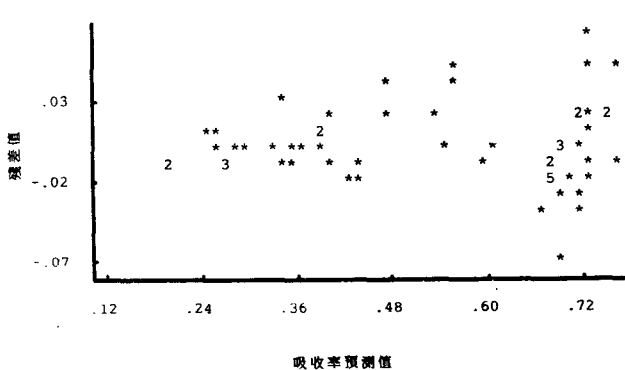


圖 3b. 台梗 8 號近紅外線吸收率與稻穀含水率二項次方程式迴歸分析殘差分佈圖

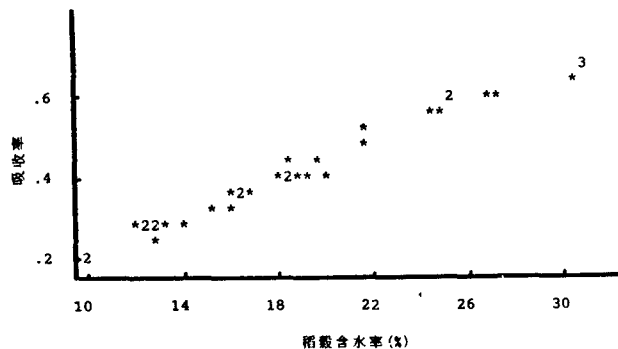


圖 4a. 台梗 8 號近紅外線能量吸收率與稻穀含水率 (30% 以下) 之關係

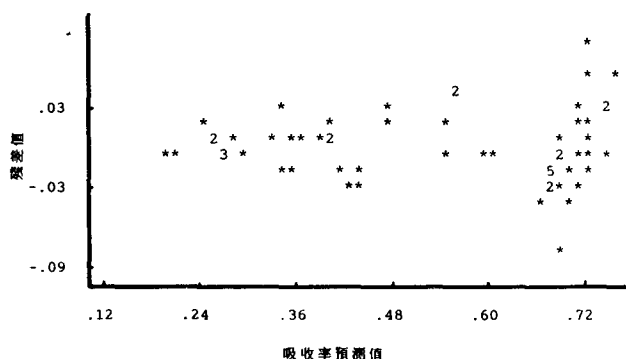


圖 3c. 台梗 8 號近紅外線吸收率與稻穀含水率對數轉換值二項次方程式迴歸分析殘差分佈圖

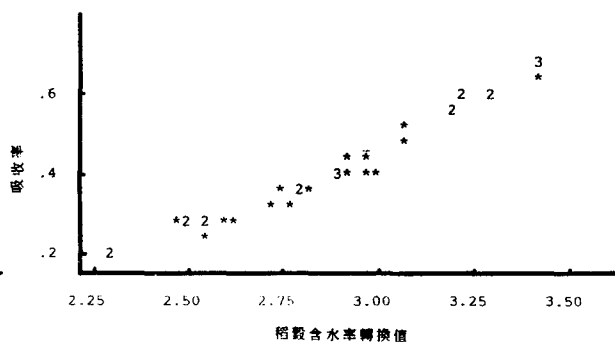


圖 4b. 台梗 8 號近紅外線能量吸收率與稻穀含水率 (30% 以下) 對數轉換值之關係

由圖 3b 與 3c 可知，殘差之分佈在高含水率（大於 30%）後，變異數成爲發散狀態，顯示此種水份計在高含水率範圍量測誤差因精密性不良而顯著增加。其他品種與不同收穫年代之樣本亦有相同之結果。由此可知此水份計其適用量測範圍以 30% 以內爲宜。

(二) 近紅外線水份計吸收率之關係方程式

爲應用近紅外線水份計，必需先建立其樣本吸收率與水份含量之關係式。以台梗 8 號爲例，在 30% 水份含量以下之吸收率與含水率之關係如圖 4 a。吸收率對含水率對數轉換值如圖 4b。建立之關係式如下：

1. 台梗 8 號（1993 年 2 期）

$$(1) Y = -2.187 \cdot 10^{-2} + 2.333 \cdot 10^{-2} \cdot X \quad R^2 = 0.98 \quad (8a)$$

殘差分佈有顯著曲線趨勢 (Pattern)

$$(2) Y = -9.41 \cdot 10^{-2} + 3.108 \cdot 10^{-2} \cdot X - 1.882 \cdot 10^{-2} \cdot X^2$$

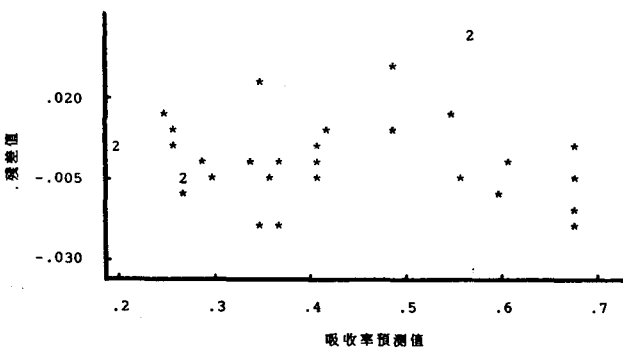


圖 4c. 台梗 8 號近紅外線能量吸收率與稻穀含水率 (30% 以下) 二項次方程式迴歸分析殘差分佈圖

$$X^2, R^2 = 0.987 \quad (8b)$$

殘差分佈圖 4c，亦有明顯之曲線分佈現象

$$(3) Y = -0.856 + 0.4416 \ln(X), \quad R^2 = 0.97 \quad (8c)$$

殘差分佈圖爲曲線分佈。

$$(4) Y=0.5207-0.52*\ln(X)+0.16585*(\ln(x))^2 \quad R^2=0.987 \quad (8d)$$

殘差分佈如圖 4d，為均勻分佈。

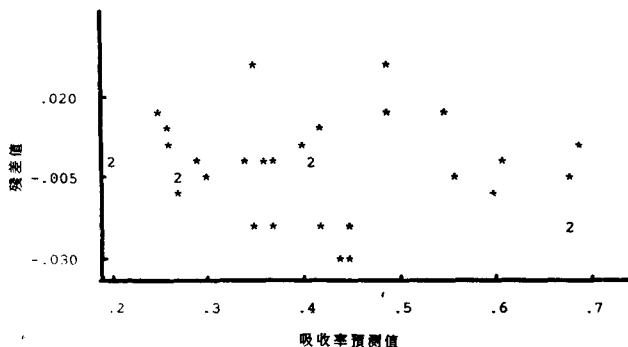


圖 4d. 台梗 8 號近紅外線能量吸收率與稻穀含水率(30% 以下)對數轉換值二項次方程式迴歸分析殘差分佈圖

由統計量與殘差圖可知， Y_i (吸收率) 對穀物水份之關係以對數轉換為 $\ln(X)$ 值之二次多項式為最佳方程式。

2. 台梗 5 號 (1993 年 2 期)

台梗 5 號之吸收率量測數樣與樣本含水率之關係所建立之方程式說明如下：

$$(1) Y=-3.231*10^{-2}+2.676*10^{-2}*X \quad R^2=0.967 \quad (9a)$$

$$(2) Y=-0.2455+4.691*10^{-2}*X-5.602*10^{-4}*X^2 \quad R^2=0.976 \quad (9b)$$

$$(3) Y=-1.021+0.5161*\ln(X) \quad R^2=0.97 \quad (9c)$$

$$(4) Y=0.04-0.162*\ln(X)+0.116*(\ln(x))^2 \quad R^2=0.981 \quad (9d)$$

公式 9a,9b 與 9c 之殘差分佈圖均為顯著之曲線分佈，僅公式 9d 為均勻分佈特性，顯示只有此公式為適切公式。

3. 台農 67 號 (1993 年 1 期)

台農 67 品種量測所得近紅外線反射率與含水率之數據所建立之關係函數：

$$(1) Y=0.1139+1.467*10^{-2}*X \quad R^2=0.956 \quad (10a)$$

$$(2) Y=-4.88*10^{-2}+3.3315*10^{-2}*X-4.741*10^{-4}*X^2 \quad R^2=0.976 \quad (10b)$$

$$(3) Y=-0.388+0.2707*\ln(X) \quad R^2=0.988 \quad (10c)$$

$$(4) Y=0.658-0.4637*\ln(X)-3.3847*(\ln(x))^2 \quad R^2=0.989 \quad (10d)$$

四迴歸公式僅有 (10d) 有均勻之迴歸分析殘差公佈圖。

由上述三品種稻穀量測數據所得之最佳迴歸方程式為以對數轉換值為參數之二項式。此水份計之廠商日本 JE 公司以多項式方程式為計算含水率之公式，由此結果可知並不恰當。

此研究中品種與收穫年代等因子對量測性能之影響比較中採用如下列公式：

$$Y=D0+D1*\ln(X)+D2*(\ln(X))^2 \quad \dots\dots\dots (11)$$

(二) 高含水率穀物之量測特性

穀物含水率高於 30% 之樣本，其吸收率與含水率之關係如圖 5 所示。利用迴歸分析所得之方程式均為直線方程式：

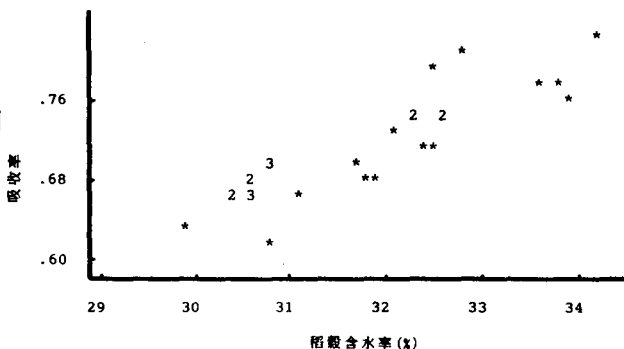


圖 5. 台梗 8 號近紅外線能量吸收率與稻穀含水率(30% 以下)之關係

$$1. Y=-0.52+3.872*10^{-2}*X \quad R^2=0.79 \quad (12a)$$

$$2. Y=4.707+1.57*\ln(x) \quad R^2=0.795 \quad (12b)$$

兩組方程式均有均勻分佈之殘差圖，由圖 5 數據分佈之發散現象，可知對高含水率之穀物其量測性能的精確性則不良。此外，所建立之公式之關係常數均不高，可知在高含水率之範圍，此類近紅外線水份計並不適用。

(四) 玉米粒之量測性能

台農 1 號品種之玉粒其近紅外線能量吸收率與含水率之關係圖 6a，以對數轉換值為橫座標之關

係圖形如圖 6b。圖 6a,6b 與稻穀之量測性能特性圖比較，可知量測數據之分佈並未集中，量測精密度較差。

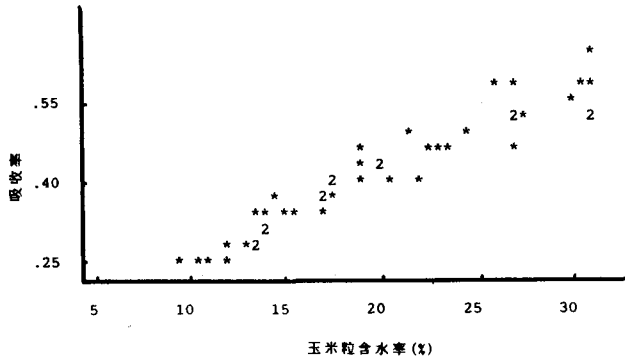


圖 6a. 玉米粒紅外線能量吸收率與含水率之關係

迴歸分析所得關係方程式如下：

$$1. Y=0.104+1.551 \cdot 10^{-2} * X \quad R^2=0.79 \quad (13a)$$

$$2. Y=-0.47+0.3004 * \ln(X) \quad R^2=0.795 \quad (13b)$$

公式 (13a) 與 (13b) 之殘差圖形顯示兩公式均可適用但 R^2 值遠小於稻穀之量測公式，可知利用此型近紅外線水份計對於玉米粒之量測準確性小於稻穀。

二、品種與收穫年代之影響

(一) 品種之影響

以吸收率對穀物含水率之關係公式比較品種對於近紅外線水份計量測性能之影響，並以公式 (6) 進行 F 檢定。

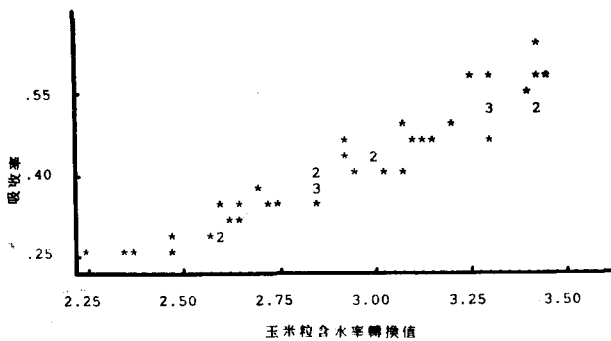


圖 6b. 玉米粒紅外線能量吸收率與含水率對數值轉換之關係

1993 年 2 期收穫之五個品種稻穀其近紅外線能量吸收率對含水率之特性曲線如圖 7a。以 F 檢定之結果，顯示五種品種之吸收率關係曲線有顯著性之差異存在。在 18 % 以下之範圍差異性較小，較高含水率之區域範圍則增大。在單一品種與品程之相互比較中，台農 67 號與台梗 8 號之量測特性較接近。台梗 5 號與高雄 142 號之性能曲線亦相近，依 F 檢定結果，差異性並不顯著，而其他品種與品種之間差異生則十分顯著。

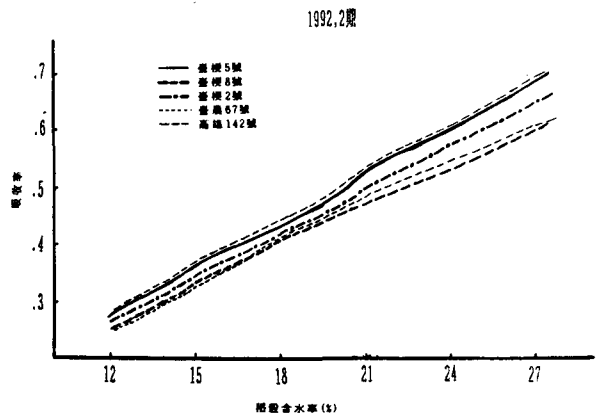


圖 7a. 五個品種近紅外線能量吸收率與稻穀含水率之比較

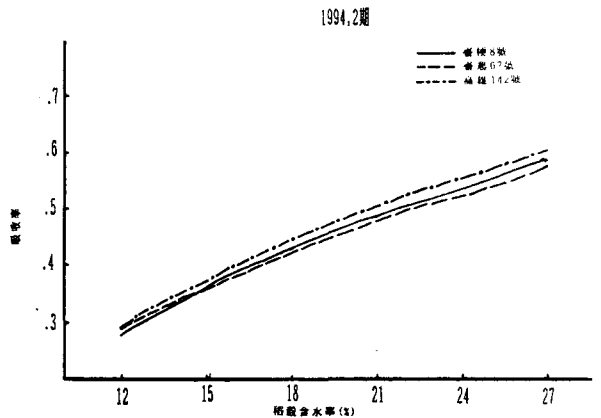


圖 7b 三個品種近紅外線能量吸收率與稻穀含水率之比較

1994 年 2 期收穫三個品種的吸收率量測曲線如圖 7a。以 F 檢定之結果，台農 67 號與台梗 8 號兩品種之量測曲線並未有顯著差異。高雄 142 號品種之量測曲線則與其他兩品種顯著差異。高雄 142 號品種之量測曲線則與其他兩品種顯著差異。

綜合不同年份收穫期各品種之量測結果比較

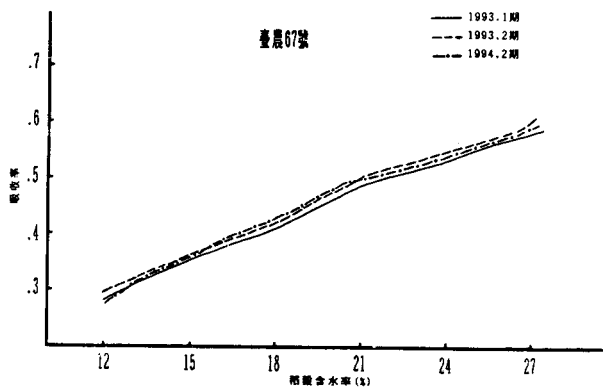


圖 8a. 台農 67 號不同收穫年代對近紅外線能量吸收率與稻穀含水率之影響

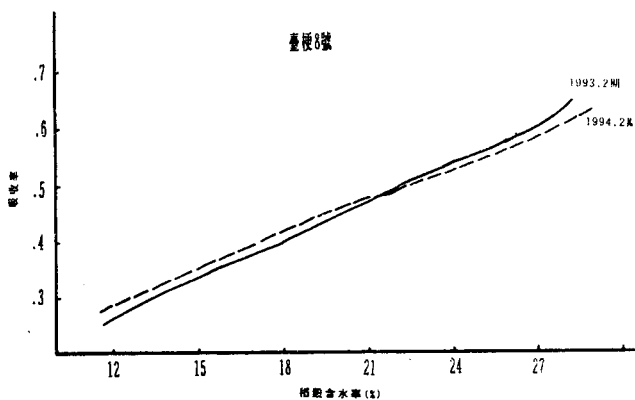


圖 8b. 台農 8 號不同收穫年代對近紅外線能量吸收率與稻穀含水率之影響

可知，品種對於近紅外線吸收率之量測性能影響未有一致性的結果。

(二) 收穫年代之影響

台農 67 號於 1993 年 1 期，2 期與 1994 年 2 期收穫之稻穀，其量測曲線如圖 8a。由統計技術 F 檢定之結果，1993 年 1 期與 1994 年 2 期，1993 年 21 期與 1994 年 1 期之穀物，其量測曲線則有顯著差異，1993 年 1,2 期之穀物其量測曲線則有顯著差異。

台農 8 號各於 1993 年與 1994 年不同收穫年代所得之量測曲線圖示於圖 8b。F 檢定結果顯示有顯著差異。

由上述之結果可知收穫年代對於量測性能之影響並未有一致性。

三、近紅外線水份計量測準確性評估

(一) 自身驗證

所量測之數據分成兩組，第一組數據利用迴歸方程式建立含水率 (M_i) 與吸收率 (Z_i) 之關係，所利用之公式形式如下：

$$M_i = E_0 + E_1 * Z_i + E_2 * Z_i^2$$

第二組數據為驗證數據群，以 Z_i 值代入公式 (14) 計算預測含水率 M_p 值，再以原由烤箱技術所測定之樣本含水率 (M_t) 加以比較， M_p 與 M_t 之差異以誤差 E_i 值表示。對性能評估而言，定量標準為 E_i 值之絕對值加以平均求得，稱為 D_{ave} 值。定性之評估係利用 E_i 值對 M_t 值之分佈圖形進行觀察。

1. 台農 8 號 (1993 年 2 期)

台農 8 號之部份數據中，建立之模式如下：

$$\ln(M_p) = 1.631 + 3.883 * Z - 1.872 * Z^2 \quad R^2 = 0.983$$

(15)

以公式 (15) 代入驗證數據組，以求得 M_p 值並計算 E_i 值。 E_i 值對實際量測值 M_t 之分佈圖形如圖 9a， E_i 絕對值之平均值 D_{ave} 為 0.48，範圍為 -0.7-0.8 %。

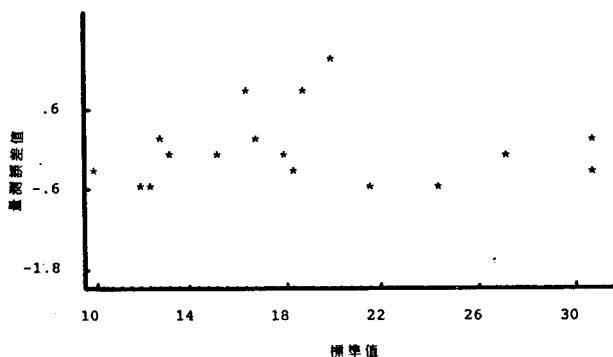


圖 9a. 台農 8 號近紅外線法量測誤差值對標準值之分佈圖

2. 台農 67 號 (1993 年 2 期)

建立的應用模式為：

$$\ln(M_p) = 1.456 + 3.226 * Z - 0.107 * Z^2 \quad R^2 = 0.993$$

公式 (16) 代入驗證用數據，所得 M_p 值與實際量測值 M_t 之誤差分佈圖如圖 9b， E_i 絕對值之平均值為 0.44。 E_i 之分佈範圍為 -0.8 至 0.6 %

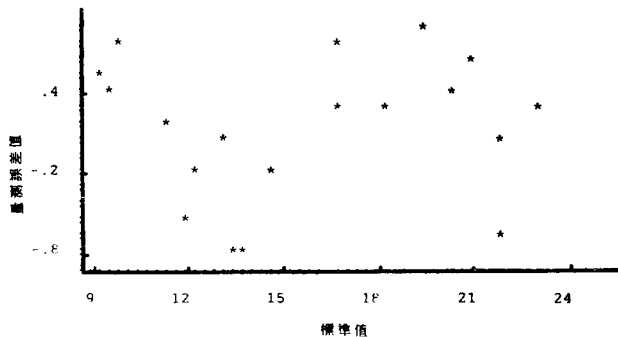


圖 9b. 台農 67 號近紅外線法量測誤差值對標準值之分布圖

3.高雄 142 號 (1994 年 2 期)

應用模式如下：

$$\ln(Mp) = 1.758 + 2.5586 * Z + 0.147 * Z^2 \quad R^2 = 0.988$$

(17)

驗證數據所得 Mp 值以計算誤差，其 Ei 絕對值平均值為 0.46，Ei 之分布範圍為 -0.7 至 0.8 之間。

4.高於 30 % 之樣本

相同技術應用於高含水之樣本量測，Ei 值之絕對值平均為 0.74，但其分布範圍為 -1.5 至 1.0 %，因此準確性並不良。

由上述三品種之應用準確性分析可知，在相同的條件下，取一組樣本以建立應用方程式，再用以執行含水率量測。誤差值均不超過 1.0 %，在實用價值上已符合國內穀物加工作業之需求。但對高於 30 % 之樣本而言，量測準確性較差。

(二)不同品種之量測評估

以特定品種的校正方程式應用於其他品種之量測性能，其誤差值如下：

1.台梗 8 號 (1993 年 2 期) 之校正方程式

$$Y = 14.5 + 2.895.518 * 10^{-2} * X_1 - 5.518 * 10^{-4} * X_1^2$$

$$R^2 = 0.956 \dots\dots\dots (18)$$

以台梗 8 號之數據所建立之校正應用方程式，量測其他品種之含水率，所得結果如下：

- (1)台農 67 號品種量測所得誤差分布如圖 10 a。Ei 之絕對值平均值 Dave 為 1.22，分布範圍為 0.6 至 -2.5 %，主要的誤差產生於高含水率之範圍。
- (2)台梗 2 號 (1993 年 2 期)

誤差為 1.27，分布範圍為 -2.8 至 0.8。

(3)高雄 142 號

誤差之 Dave 值為 1.73，誤差範圍自 4.5 至 1.0 %。

(4)台梗 5 號

誤差之 Dave 值為 1.56，分布範圍為 -4.5 至 1.5 %。

以台梗 8 號量測數據所建立之應用公式用以量測其他品種之含水率，其準確性均高於 1.0 % 以上，誤差特性且隨樣品含水率之增加而增大。

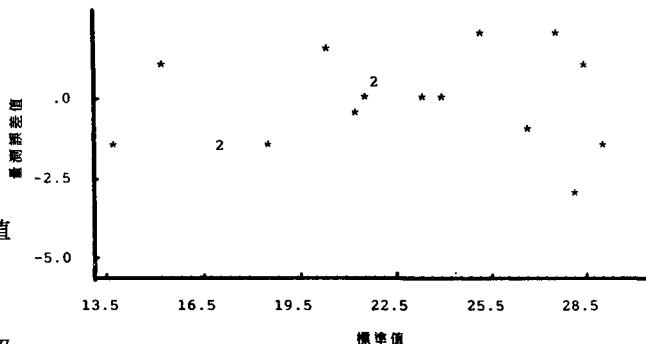


圖 10a. 以台梗 8 號近紅外線校正程式應用於台農 67 號之量測誤差值對標準值分布圖

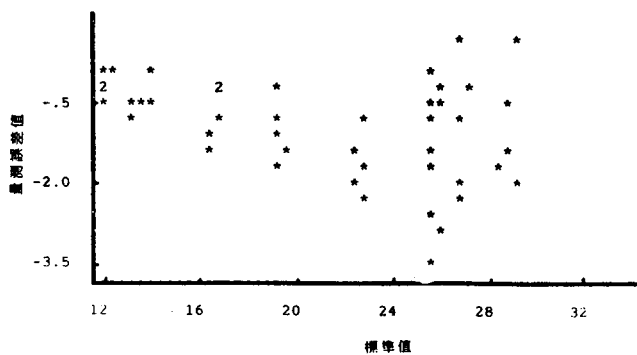


圖 10b. 以台梗 8 號近紅外線校正程式應用於台農 67 號之量測誤差值對標準值分布圖

2.台農 67 號 (1994 年 2 月) 之校正方程式

應用於同一收穫期之其他兩品種之量測誤差如下：

(1)台梗 8 號

誤差之 Dave 值為 0.86，分佈範圍為 -1.0 至 2.0 %。

(2)高雄 142 號

誤差之 Dave 值為 1.0，誤差分佈至 -3.5 至 0.1。如圖所示，可知稻穀含水率愈高。量測之誤差愈大。

由上述之討論可知，以特定品種之校正公式應用於其他品種之量測作業時，誤差值隨稻穀含水率增加而增加，誤差均在 1.0 % 以上，範圍可高達 3-4 %。因此應用此紅外水份量測技術穀物必須自行建立特定之校正公式。

四、結 論

綜合上述研究所得結論如下：

- (一)稻穀水份含量對近紅外線的吸收能力有其適用範圍特性，對高於 30 % 之樣本，吸收率變異極大。
- (二)玉米粒內部水份對近紅外線之吸收能力之量比稻穀有更大的誤差特性。
- (三)以稻穀含水率與近紅外光吸收率之關係所建立之最佳方程式為以含水率對數轉換值為自變數之二項次方程式。
- (四)品種與收穫年代對近紅外光吸收率之影響有顯著差異。以同一作業條件下（相同品種與收穫年代）所建立之應用公式進行稻穀含水率量測之誤差值在 1.0 % 之內，符合實用性求要求。
- (五)應用此近紅外線含水率量測技術，每一特定條件下之穀物必需建立其特定方程式。

五、參考文獻

陳加忠、曹之祖。1993。電子式穀物水份之性能研究。中華農業研究 42(4):430-445。

劉民卿、蕭介宗。1994。以近紅外線光譜儀偵測稻米品質，出自穀物非破壞性檢驗研討會論文集。P133-152。台灣大學農機系，台北。

日本たばこ産業株式會社。1992。初の水份測定。日本たばこ産業株式會社。

加藤宏郎。1990。農産物の水份測定法と水分計。出自岩尾俊男編農産物性研究（第3集），日本農業機械化學會。

岩元睦夫。1980。近赤外分光法による食品成分の非破壊測定。日本食品工業學會誌 27(9):464-472。

岩元睦夫、魚住純。1985。近赤外分光法による食品の非破壊品質測定—最近の動向。日本食品工業學會誌 32(9):685-695。

岩元睦夫。1988。米麥にわける近赤外分析技術の現状。日本精米工業會機關誌:10:1-16。

夏賀元康、川村周三、伊藤和彦。1992a。近赤外分光法による穀物成份測定の精度（第一報）—北海道産小麥の水份タンパク質，灰分にフソこ-，農機誌 54(1):89-94。

夏賀元康、川村周三、伊藤和彦。1993。近赤外分光法による穀物成份測定の精度（第二報）—玄米わよひ，精米の水份，タンパク質，灰分にフソこ-，農機誌 54(6):89-94。

夏賀元康、川村周三、伊藤和彦。1993。近赤外分光法による穀物成份測定の精度（第三報）—北海道産大豆の水份，タンパク質，灰分にフソこ-，農機誌 55(1):109-115。

夏賀元康、川村周三、伊藤和彦。1994a。近赤外分光法による穀物成分測定の變動要因（第一報）—穀物の種類，品種と粉碎案件ガ：粒度と水份に及ぼす影響。農機誌 56(3):43-48。

夏賀元康、川村周三、伊藤和彦。1994b。近赤外分光法による穀物成分測定の變動要因（第二報）—粒度と測定溫度ガ：キセリブレーションに及ぼす影響と機器の經時變化。農機誌 56(4):35-44。

Japan Tabacco Inc. 1992. Near-Infrared ray reflectance moisture meter. User's Manual. Japan Tabacco Inc.

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.

Murrar, I. and P.C. Williams. 1987. Chemical Principles of Near-Infrared technology. In Near-Infrared technology in the Agricultural and Food Industries, ed. P.C. Williams, 17-34. St Paul, MN. American

Association of Cereal Chemists, Inc.

Myers, R.H. 1986. Classical and modern regression with application. PWS and Kent Publ. Boston USA.

Rswlings, J.O. 1988. Applied regression analysis:A research tool. Wadsworth &Brooks, Pacific Grave, California.

Williams, P. C. and H.M. Cordcero. 1981. Determination of protein and moisture in hard red spring wheat by near-infrared reflectance spectroscopy-influence of degrading factors, dockage, and variety. Cereal Foods World.26(3):124-128.

Williams, P.C. and K. Norris. 1987. Near-Infrared technology in the agricultural and food in dustries, St Paul, MH. American Association of Cereal Chemists, Inc.

Williams, P.C. 1987. Variables affecting Near-Infrared reflectance spectro scopic analysis. In Near-Infraed technology in the Agricultural and Food Industries, ed. P.C. Williams, 143-168. St Paul, MN. American Association of Cereal Chemists, Inc.

Yamashita, R. 1993. New technology in grain postharvesting. Japan Farm Machinery Industrial Research Corp. Tokyo.

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 8 月 8 日

接受日期：民國 84 年 9 月 12 日

(上接第105頁)

and L.K. Mudge, P.761-775. New York:Elsevier Applied Science Publishers.

14. LaNauze, R.D. 1982. Coal devolatilization in fluidized bed combustor.Fuel 61:771-774.

15. Levie, B.,J.P. Diebold, and R. West. 1988. Research in Thermochemical Biomass Conversion. ed. Bridgwater, A.V. and J.L. Kuester, P. 312-326. New York:Elsevier Applied Science Publishers.

16. Lin, J-L. and H.M. Keener. 1991. Devolatilization behavior of corncobs in a fluidized bed. ASAE paper No.91-6516. St. Joseph, MI:ASAE.

17. Misra, M.K. and R.H. Essenhigh. 1988. Release of volatiles from pyrolyzing coal particles: relative roles of kinetics, heat transfer, and diffusion. Energy &

Fuels 2:371-385.

18. Ozisik, N.M. 1993. Heat conduction. Chapter 12. New York: John Wiley & Sons.

19. Raman, P., W.P. Walawender, L.T. Fan and J.A. Howell. 1981. Thermogravimetric analysis of biomass-devolatilization studies on feedlot manure. Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 20:630-636.

20. Shafizadeh, F. 1982. Introduction to pyrolysis of biomass. J. Analytical and Applied Pyrolysis 3:283-305.

收稿日期：民國 84 年 5 月 29 日

修正日期：民國 84 年 7 月 4 日

接受日期：民國 84 年 7 月 17 日