

青割玉米營養成分近紅外光分析檢量線的探討⁽¹⁾

陳嘉昇^{(2) (3)} 王紓愷⁽²⁾

收件日期：97年1月4日；接受日期：97年3月28日

摘要

本研究以 680 個樣品經篩選光譜相似性低之樣品 ($NH > 0.4$)，進行近紅外光譜基礎檢量線的建立，所建立之基礎檢量線中洗纖維 (NDF)、酸洗纖維 (ADF)、粗蛋白質 (CP)、水溶性碳水化合物 (WSC) 及澱粉 (starch) 之決定係數 (R^2) 分別為 0.91、0.96、0.92、0.98 及 0.89，檢量線標準偏差 (SEC) 分別為 1.71%、0.83%、0.37%、0.86% 及 2.49%，交互驗證標準偏差 (SECV) 分別為 1.88%、0.94%、0.41%、1.07% 與 2.61%。另以 70 個樣品進行基礎檢量線的測試與擴充。測試結果，NDF、ADF、CP、WSC、Starch 之平均值之偏差分別為 -0.25%、0.0%、0.0%、0.1% 及 0.2%，預測標準偏差 (SEP) 分別為 2.68%、1.13%、0.39%、1.06%、2.78%。以測試樣品擴充檢量線結果，NDF、ADF、CP、WSC、starch 之 R^2 分別為 0.83、0.96、0.94、0.98、0.91，SEC 分別為 1.83%、0.81%、0.34%、0.86%、2.28%，SECV 分別為 2.0%、0.92%、0.38%、0.95% 與 2.47%，樣品實測值標準偏差與驗證標準機差之比值 (RPD) 分別為 2.5、4.3、3.7、6.5、3.2。本檢量線之樣品族群歧異度大，包括不同品種、年度、季節、地點、成熟度、青割與青貯樣品，適用範圍廣，所建立檢量線經測試結果已具備充分之準確度來做為青割與青貯玉米的品質分析。

關鍵詞：近紅外光分析、粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維、水溶性碳水化合物、澱粉。

緒言

牧草因無固定採收期，故品質的變動較一般農作物為大。然而傳統的化學分析過程繁複耗時，且分析成本昂貴，用於調配日糧或品質分級均緩不濟急，唯有利用快速測定才能使品質分析用於調

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1456號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 通訊作者，E-mail：chencsg@mail.tlri.gov.tw。

配日糧或品質分級成為可行。近紅外線光譜儀技術 (Near-infrared spectroscopy, NIRS) 應用於農產品及食品的品質管制已有多數歷史。Ben-Gera and Norris (1968) 首度利用近紅外光光譜儀於農產品的成分分析, Norris *et al.* (1976) 提出以NIRS分析芻料品質成分, 包括綿羊對牧草消化率與攝食量的測定。Shenk and Hoover (1976) 也以掃描分光器提出了NIRS可利用於牧草品質快速分析的證據。由於具備快速且可同時檢測多個成分的優點, 以NIRS進行牧草品質快速分析遂成為牧草試驗研究的一重要里程碑 (Reid, 1994; Fahey and Hussein, 1999)。近年來由於儀器性能之改良、電腦功能的提昇及相關軟體的開發, 應用於牧草成分的快速分析技術已更加成熟 (Villalobos *et al.*, 1991; Cosgrove *et al.*, 1994; Hsu *et al.*, 1998; Griggs *et al.*, 1999; 陳, 2001)。

國產牧草方面, 盤固草、狼尾草 (青割及青貯) 品質的近紅外光分析檢量線已應用於例行檢測 (盧及許, 1998; 李, 1999; 陳及王, 2004a; 陳及王, 2004b), 主要進口草的成分分析檢量線亦已陸續完成。青割玉米為本地除盤固草、狼尾草外利用最多的國產牧草, 其營養價值豐富, 是泌乳牛、羊的重要營養來源, 對國內之酪農業發展極為重要。然青割玉米的品質亦因環境及成熟度而變動, 各項成分含量變動極大 (陳等, 2007; 王等, 2007), 造成調製及飼糧調配上的困擾。本研究目的在建立青割玉米營養成分近紅外光分析的基礎檢量線, 並以獨立樣品進行驗證, 所建立之檢量線除可供研究用途外, 可提供產業界營養成分標識及飼糧調配之用。

材料與方法

I. 樣品收集與準備

第一批樣品為2002年取自畜產試驗所恆春分所試驗區, 包含三個品種 (台農 3 號、台南 19 號、台南 21 號)、五個種植期及不同成熟度樣品 (陳等, 2007), 以及台南、屏東、花蓮地區酪農場之青割玉米及青貯料樣品, 計 600 個; 第二批為 2003 年蒐集自台南、屏東、花蓮酪農及完全混合日糧供應中心之青割及青貯樣品, 計 150 個。取樣後於 80℃、48 小時下烘乾, 磨粉 (通過 1 mm 網目) 保存於 4℃ 下備用, 儘速進行NIR光譜掃描。

II. NIR光譜掃描

以近紅外線光譜儀 Foss Model 6500 (Silver Spring, MD, USA) 進行樣品之近紅外光譜掃描。光譜掃描區間為 400-2,498 nm 之連續光譜, 光譜間隔 2 nm。光譜儀須每週校定波長準確度、光量及再現性等一次。每樣品重複裝填及掃描兩次, 每次掃描設定為 5 次。掃描時由偵測器讀取反射光譜值 (R), 再轉化為 $\log 1/R$ 資料, 以光譜資料處理軟體 WINISI Version 2.01 進行資料處理。

利用前述材料第一批 600 個樣品及第二批前 80 個樣品 (共 680 個樣品), 掃描得各樣品之近紅外線反射光譜, 以 WINISI Version 2.01 軟體之 CENTER 程式剔除範圍外之樣品 (設定球面距離 Global H>3), 再以 SELECT 程式選出相似性低之樣品 (設定鄰接距離 Neighborhood H>0.4) 進行化學分析 (Infrasoft International, 1999)。

III. 化學分析

1. 粗蛋白質含量 (CP): 依照 A. O. A. C. (1984) 方法測定。樣品經濃硫酸高溫分解後, 以自動定氮儀測定 Kjeldahl 氮量, 再換算為粗蛋白質量。
2. 酸洗纖維 (ADF): 依照 van Soest (1967) 之方法, 以 ANKOM 200 纖維分析器進行 (Komarek *et al.*, 1996; Vogel *et al.*, 1999)。樣品密封於專用濾袋 (ANKOM F57), 浸置於酸洗液中加熱振盪 75 分鐘, 洗去溶液, 取出濾袋烘乾稱重, 計算酸洗纖維含量。

3. 中洗纖維含量 (NDF)：採添加 α -amylase 之方法 (van Soest *et al.*, 1991)，以 ANKOM 200 纖維分析器進行 (Komarek *et al.*, 1996; Vogel *et al.*, 1999)。樣品密封於專用濾袋 (ANKOM F57)，浸置於含有耐熱 α -amylase 之中洗液中加熱振盪 75 分鐘，洗去溶液，取出濾袋烘乾稱重，計算中洗纖維含量。
4. 水溶性碳水化合物 (WSC) 含量測定：樣品經烘乾磨粉，以 80% 的酒精於 80℃ 下萃取四次，萃取液混合，置 70℃ 烘箱中去除酒精，殘餘液體以蒸餾水定量，以 anthron 呈色法測定含量 (Morris, 1948)。
5. 澱粉的測定：先以 80% 的酒精於 80℃ 下萃取除去 WSC，棄去萃取液，樣品烘乾後加入過氯酸加熱水解，定量後同樣以 anthron 呈色法測定含量 (McCready *et al.*, 1950)。

IV. 基礎檢量線的建立

由前述經 CENTER 及 SELECT 程式選擇後樣品之化學分析結果，對應 NIR 分析光譜進行檢量線的建立。迴歸模式採用改良部分最小平方法 (Modified partial least square method)，波長範圍為 800-2498 nm，取間隔 8 nm 為一資料點。交互驗證之參數設為 4，即迴歸式運算時逢機將樣品分為四群，以三群建立迴歸式，以另一群進行驗證，再逐次交互驗證。光譜資料點經不同微分處理、平滑處理等數學模式產生不同之檢量線，再依交互驗證標準機差 (SECV，即四次交互驗證標準機差的平均值)、檢量線標準機差 (SEC)、決定係數 (R^2) 等之高低決定較佳之檢量線 (Shenk and Westerhaus, 1994; Intrasoftware International, 1999)。

V. 檢量線的測試

以 2003 年度收集之樣品 70 個進行基礎檢量線的測試。所收集樣品依前述方法進行化學分析及光譜掃描，以基礎檢量線獲得預測值，以化學分析結果為實測值，利用 WINISI Version 2.01 軟體中之 Monitor result 項目進行預測值與實測值之比對。經測試後，為強化檢量線之基礎樣品，擴充樣品族群之來源與數量，將測試樣品與基礎檢量線樣品合併，再依前述步驟建立新檢量線。

結果與討論

I. 基礎檢量線的建立

參與檢量線建立之樣品數與化學測定值如表 1。本研究以 800-2,498 nm 為波長範圍，間隔 8 nm 為一資料點，共 209 個波長參與迴歸運算，以改良部分最小平方法建立青割玉米粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維、水溶性碳水化合物及澱粉檢量線。經不同數學模式產生之檢量線，依次序選擇 SECV 小、SEC 小、 R^2 大之較佳檢量線。所選出之檢量線相關介量如表 2，5 種成分均以經 2、5、5、1 模式轉形者 (數字分別為微分次數、每 2nm 資料點數量、平滑處理 1 及平滑處理 2 資料點數量) 具最小之 SECV，其 NDF、ADF、CP、WSC 及 Starch 之 R^2 分別為 0.91、0.96、0.93、0.98 及 0.89，SEC 分別為 1.71%、0.83%、0.39%、0.86% 及 2.49%，SECV 分別為 1.88%、0.94%、0.41%、1.02% 與 2.61%。

初步所建立之 NDF 基礎檢量線，其交互驗證標準偏差 (SECV) 與之前所建立之盤固草檢量線接近，高於狼尾草 (陳及王, 2004a、b)；ADF 及 CP 之 SECV 低於盤固草及狼尾草；WSC 之 SECV 高於盤固草及狼尾草檢量線，由於青割玉米 WSC 含量高且含有青貯樣品故變域較大，其 SECV 較高應屬合理；澱粉之 SECV 高於其他成分，亦即相對於其他成分，其估測值會含較大的偏差。

表 1. 用於建立近紅外光分析基礎檢量線樣品及驗證證用樣品之化學成分變異範圍

Table 1. The ranges and means of chemical constituents of forage corns in calibration and validation sample sets in near-infrared spectroscopy analysis

Sample set		NDF [§]	ADF	CP	WSC	Starch
Calibration	Min	36.5	21.0	5.9	0.3	3.7
	Max	73.8	43.7	12.9	22.3	42.4
	Mean	53.4	30.6	8.9	8.9	15.6
	Number	310	310	298	331	330
Validation	Min	39.2	22.6	6.1	0.3	4.8
	Max	72.4	37.9	11.4	21.9	42.6
	Mean	52.3	30.1	9.1	8.0	17.1
	Number	70	70	70	68	68
Total*	Min	36.5	21.0	5.9	0.3	3.7
	Max	73.8	43.7	12.9	22.3	42.6
	Mean	53.2	30.5	9.0	8.8	15.9
	Std	4.7	4.0	1.4	6.2	7.9
	Number	381	381	369	400	399

* Merge of calibration and validation sample set.

[§] NDF : Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber, CP: Crude protein, WSC : Water soluble carbohydrate.

表 2. 青割玉米粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維、水溶性碳水化合物及澱粉基礎檢量線之介量

Table 2. The parameters of the basic calibration equations for crude protein, neutral-detergent fiber, acid-detergent fiber, water-soluble carbohydrates, and starch of forage corn

Constituent	Sample number	Math transformation*	Scatter correction	Number of terms [#]	Range of estimate	Mean	SEC ⁺	R ²	SECV ⁺⁺
						----- % -----			%
NDF [§]	295	2,5,5,1	SNV and Detrend	8	32.9-73.9	53.6	1.71	0.91	1.88
ADF	297	2,5,5,1	SNV and Detrend	9	18.0-43.0	30.5	0.83	0.96	0.94
CP	287	2,5,5,1	SNV and Detrend	10	4.8-13.0	8.9	0.39	0.92	0.41
WSC	315	2,5,5,1	SNV and Detrend	10	0.0-27.1	8.7	0.86	0.98	1.02
Starch	310	2,5,5,1	SNV and Detrend	5	0.0-37.5	15.1	2.49	0.89	2.61

[§] As shown in Table 1.

* Values are in order of the derivative of log 1/R, number of 2-nm datum points over which the derivative is calculated, and number of datum points used in running smooth 1 and smooth 2.

[#] Number of terms in modified partial least squares regression.⁺ Standard error of calibration.⁺⁺ Standard error of cross-validation.

II. 基礎檢量線的測試與更新

基礎檢量線建立後，利用再蒐集之 70 個樣品進行測試與擴充。測試結果見表 3，NDF、ADF、CP、WSC、starch 之平均值之偏差分別為 -0.25%、0.00%、0.00%、0.10% 及 0.20%，平均值之偏差小，表示預測之準確度高；預測標準偏差（SEP）分別為 2.68%、1.13%、0.39%、1.06%、2.78%。

表 3. 以70個青割（青貯）樣品進行紅外光分析檢量線測試之結果

Table 3. Verification of the calibration equation for NIRS by 70 samples of forage corn

Constituent	Sample number	Mean	Mean of prediction	Bias	SEP(C)	R ²	Slop
		%	%	%	%		
NDF [§]	70	52.3	52.6	-0.25	2.68	0.81	1.23
ADF	70	30.1	30.1	0.00	1.13	0.91	0.95
CP	70	9.1	9.1	0.00	0.39	0.92	1.09
WSC	68	8.1	8.0	0.10	1.06	0.97	1.03
Starch	68	17.1	16.9	0.20	2.78	0.88	1.05

[§] Same as shown in Table 1.

由於檢量線需不斷擴充更新以更準確預測不同來源樣品，因此將測試樣品之光譜與化學分析值加入基礎資料庫重新建立檢量線，結果顯示 NDF、ADF、CP、WSC、starch 之 R² 分別為0.90、0.96、0.94、0.98、0.91，SEC 分別為 1.91%、0.81%、0.34%、0.86%、2.28%，SECV 分別為2.00%、0.95%、0.38%、0.95% 與 2.47%（表 4），更新後檢量線各成分實測值與預測值的關係見圖 1。

表 4. 更新後之青割玉米粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維及水溶性碳水化合物基礎檢量線之介量

Table 4. The parameters of the updated calibration equations for crude protein, neutral-detergent fiber, acid-detergent fiber, water-soluble carbohydrates, and starch of forage corn

Constituent	Sample number	Math transformation *	Scatter correction	Number of terms [#]	Range of estimate	Mean	SEC ⁺	R ²	SECV ⁺⁺
					----- % -----				%
NDF [§]	367	2,5,5,1	SNV and Detrend	8	36.1-74.8	53.4	1.91	0.90	2.00
ADF	368	2,5,5,1	SNV and Detrend	11	18.3-42.5	30.4	0.81	0.96	0.95
CP	354	2,5,5,1	SNV and Detrend	11	4.8-13.1	8.9	0.34	0.94	0.38
WSC	378	2,5,5,1	SNV and Detrend	10	0.0-27.1	8.5	0.86	0.98	0.95
Starch	376	2,5,5,1	SNV and Detrend	7	0.0-37.5	15.3	2.28	0.91	2.47

[§] Same as shown in Table 1.

* Values are in order of the derivative of log 1/R, number of 2-nm datum points over which the derivative is calculated, and number of datum points used in running smooth 1 and smooth 2.

[#] Number of terms in modified partial least squares regression.

⁺ Standard error of calibration.

⁺⁺ Standard error of cross-validation.

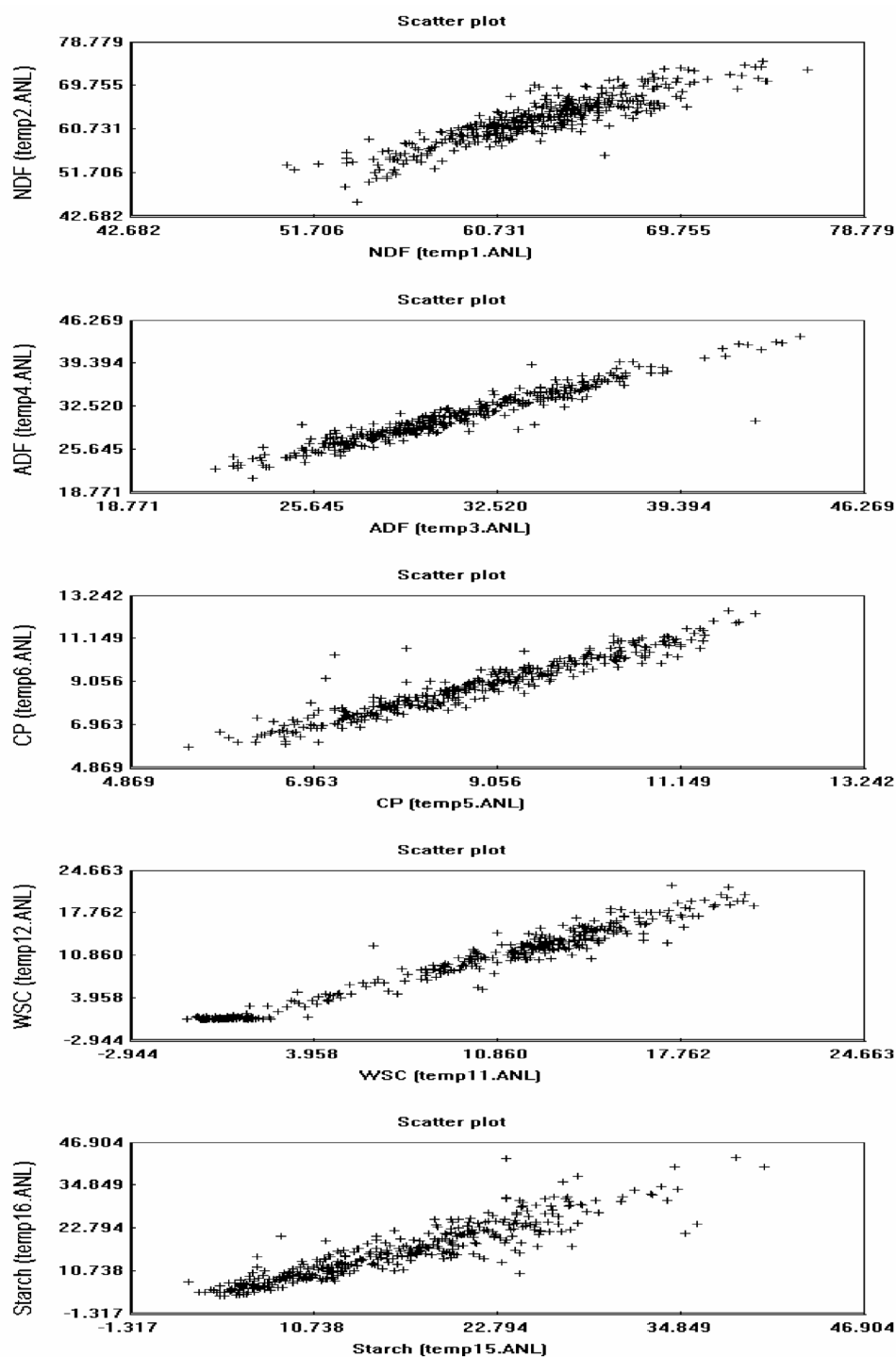


圖 1. 青割玉米成分實測值與預測值的關係。由上至下分別為NDF、ADF、CP、WSC、starch，橫軸為化學測定值，縱軸為NIR之預測值。

Fig.1. The relationships between laboratory reference values and NIR predicted values. Horizontal axis: reference values, vertical axis: NIR predicted values.

除上述統計值外，RPD (Ratio of performance deviation，樣品實測值標準偏差與驗證標準機差之比值) 亦常做為預測準確度可接受與否之指標，一般以 2.5 為可接受，數值愈高代表預測準確度愈高 (Hsu *et al.*, 1998；Williams, 2001)。本研究 NDF、ADF、CP、WSC 及 Starch 之 RPD 值分別為 2.5、4.3、3.7、6.5、3.2，NDF 之 RPD 最低，但達可接受之水準，其餘之 RPD 值均在 3.0 以上，表示預測之準確度高。本檢量線之樣品族群來自試驗單位不同植期、成熟度材料及芻料供應者與酪農區樣品，橫跨品種、年度、季節、地點、成熟度、青割與青貯，樣品族群之歧異度大，適用範圍廣，所建立檢量線經測試結果已具備充分之準確度來做為青割與青貯玉米的品質分析。日後將於例行之分析中選取變異範圍外圍 (Global H>3) 之樣品進行化學分析，持續擴充檢量線以更準確預測不同來源樣品。

參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇、游翠鳳、劉信宏。2007。種植期、收穫期及品種對青貯玉米發酵品質的影響。畜產研究 40：37-47。
- 李春芳。1999。近紅外線反射光譜分析 (NIRS) 在牧草營養研究上之應用。八十八年度飼料製造技術研習會專輯。pp.149-160。
- 陳嘉昇、張定偉、王紓愍。2000。牧草品質與品質的快速測定。行政院農業委員會畜產試驗所專輯第 72 號。
- 陳嘉昇。2001。NIRS 在牧草品質快速檢測之應用。財團法人農業機械研究發展中心研討會專輯。
- 陳嘉昇、王紓愍。2004a。盤固草營養成分之近紅外光分析。畜產研究 37：97-104。
- 陳嘉昇、王紓愍。2004b。狼尾草營養成分近紅外光分析檢量線之探討。畜產研究 37：195-204。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、劉信宏。2007。品種、種植期與收穫期對青割玉米產量與品質的影響。畜產研究 40：1-15。
- 盧啟信、許福星。1998。以近紅外光分析測定盤固草之粗蛋白質、酸洗纖維、粗纖維。畜產研究 31：77-85。
- A. O. A. C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14 ed. Washington DC. pp.125-142.
- Barton, F. E., II, and D. Burdick. 1978. Analysis of bermudagrass and other forages by near-infrared reflectance. P.45-51. In Proc. 8th Res. And Ind. Conf., Coastal Bermudagrass Processors Assoc., Athens, GA.
- Ben-Gera, I. and K. H. Norris. 1968. Direct spectrophotometric determination of fat and moisture in meat products. J. Food Sci. 33:64-67.
- Cosgrove, G. P., J. C. Burns, D. S. Fisher, J. P. Muller and K. R. Pond. 1994. Near infrared reflectance spectroscopy prediction of quality from masticated temperate forage species tall fescue, orchardgrass, regrass. Crop Sci. 34:789-792.
- Fahey, Jr., G. C. and H. S. Hussein. 1999. Forty years of forage quality research : Accomplishments and impact from an animal nutrition perspective. Crop Sci. 39:4-12.
- Griggs, T. C., K. B. Lobos and D. E. Kingery. 1999. Digestibility analysis of undried, unground, and dry ground herbage by near-infrared reflectance spectroscopy. Crop Sci. 39:1164-1170.
- Hsu, H. A. McNeil, E. Okine, G. Mathison and R. Soofi-Siawash. 1998. Near infrared spectroscopy for measuring *in situ* degradability in barley forages. J. Near Infrared Spectrosc. 6:129-143.

- Intrasoft International. 1999. Instruction Manual of ISI Windows Near-infrared Software, WinISI II, Version 1.02. FOSS, Silver Spring, MD, USA.
- Komarek, A. R., H. Manson and N. Thiex. 1996. Crude fiber determination using the ANKOM system. Publ. 102. ANKOM technol. Corp., Fairport, NY.
- McCready, R. M., J. Guggolz, V. Silveira and H. S. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.* 22:1156-1158.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107:254-255.
- Norris, K. H., R. F. Barnes, J. E. Moore and J. S. Shenk. 1976. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *J. Anim. Sci.* 43:889-897.
- Reid, R. L. 1994. Milestones in forage research (1969-1994). p.1~58. in G. C. Fahey (ed.) Forage quality, Evaluation and Utilization. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin.
- Shenk, J. S. and M. R. Hoover. 1976. Infrared reflectance spectro-computer design and application. P.122~124. In Proc. 7th Technicon Int. Cong., 2, Tarrytown, N.Y.
- Shenk, J. S. and M. O. Westerhaus. 1994. The application of near infrared reflectance spectroscopy to forage analysis. p.406~449. in G. C. Fahey (ed.) Forage quality, Evaluation, and Utilization. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin.
- van Soest, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26:119-128.
- van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Villalobos, J. L., J. C. Burn, D. S. Fiser and K. R. Pond. 1991. *In vitro* dry matter disappearance and cell-wall concentration of flacidgrass masticates predicted by near-infrared reflectance spectroscopy. *Crop Sci.* 31:1571-1574.
- Vogel, K., J. F. Pedersen, S. D. Masterson and J. J. Toy. 1999. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis. *Crop Sci.* 39:276-279.
- Williams, P.C. 2001. Implementation of Near-Infrared Technology. *In: Williams, P.C. and Norris, K. (Eds.), Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries - 2nd edition, American Association of Cereal Chemists*, pp. 145-170.

Calibration equations for determining nutritional components of forage corn in near-infrared spectroscopy analysis⁽¹⁾

Chia-Sheng Chen^{(2) (3)} and Shu-Min Wang⁽²⁾

Received : Jan. 4, 2008 ; Accepted : Mar. 28, 2008

Abstract

Objective of this study was to establish the calibration equations for determining the chemical components of forage corn by near infrared spectroscopy (NIRS). A total of 680 samples were collected and screened by NIR spectrums for setting up the basic calibrations. The R^2 of the regressions for neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), water-soluble carbohydrates (WSC) and starch were 0.91, 0.96, 0.92, 0.98, and 0.89, the standard error of calibration (SEC) were 1.71%, 0.83%, 0.37%, 0.86% and 2.49%, and the standard error of cross verification (SECV) were 1.88%, 0.949%, 0.91%, 0.97 and 1.22%, respectively. The basic calibration equations were then verified by another 70 samples. The predicting results showed that the biases of the means for NDF, ADF, CP, WSC, and starch were -0.25%, 0%, 0%, 0.1%, and 0.2%, respectively. It indicated that the basic calibrations equations were quite accurate for samples from different sources. Then, the new sample sets were added to update the basic calibration. The R^2 of the updated regressions for CP, NDF, ADF, WSC, and starch were 0.83, 0.96, 0.94, 0.98 and 0.91, the SEC were 1.83%, 0.81%, 0.34%, 0.86% and 2.28%, and the SECV were 2%, 0.92%, 0.38%, 0.95% and 2.47%, respectively. The RPD (ratio of perform deviation) for the corresponding constituents were 2.5, 4.3, 3.7, 6.5 and 3.2, respectively. Extensive diversity existed in the calibration bank including different source of variety, year, cropping season, location, maturity, and ensiling. The results showed that the calibration equations established were acceptable and accurate for constituents predicting both in green feed or silage of forage corn.

Key words : Near infrared spectroscopy, Crude protein, Neutral detergent fiber, Acid detergent fiber, Water soluble carbohydrate, Starch.

(1) Contribution No. 1456 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 946, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail : chencsg@mail.tlri.gov.tw.

