

盤固草化學成分近紅外光分析檢量線之建立⁽¹⁾

陳嘉昇⁽²⁾⁽³⁾ 王紓愷⁽²⁾

收件日期：92 年 7 月 1 日；接受日期：92 年 9 月 5 日

摘 要

本研究目的為建立盤固草品質近紅外光分析檢量線，並以獨立樣品進行測試。測定成分包括：粗蛋白質、酸洗纖維、中洗纖維及水溶性碳水化合物。以三批不同來源樣品計 294 個，混合用於建立基礎檢量線。粗蛋白質、酸洗纖維、中洗纖維及水溶性碳水化合物基礎檢量線之決定係數 (R^2) 分別為 0.98、0.85、0.81 及 0.93，檢量線標準機差 (SEC) 分別為 0.49%、1.78%、2.20% 及 0.97%，交互驗證標準機差 (SECV) 分別為 0.57%、1.89%、2.28% 與 1.22%。基礎檢量線建立後之次年，由數地區酪農場收集盤固草樣品計 125 個進行測試與更新。測試結果，粗蛋白質、酸洗纖維、中洗纖維及水溶性碳水化合物之平均值偏差分別為 0.0、0.77、0.27 及 0.16，表示基礎檢量線對不同來源樣品已有相當高的準確度。其後將測試用樣品加入基礎資料庫，進行檢量線更新，新檢量線粗蛋白質、酸洗纖維、中洗纖維及水溶性碳水化合物之 R^2 分別為 0.99、0.85、0.88 及 0.96，SEC 分別為 0.36%、1.73%、1.61% 及 0.81%，交互驗證標準機差分別為 0.42%、1.81%、1.80% 及 0.92%，樣品實測值標準偏差與驗證標準機差之比值 (RPD) 分別為 9.0、2.6、2.5 及 4.3，均達可接受之準確度。本結果提供盤固乾草的品質快速測定法，可做為健全國產乾草產銷的工具。水溶性碳水化合物含量的快速測定，亦有助於盤固草的青貯調製。

關鍵詞：快速測定、粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維、水溶性碳水化合物、牧草品質。

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。國產盤固草在北部約有半年的生產期，南部則幾乎全年可生產，不僅因各地的天候、栽培管理以及成熟度的不均造成品質的差異，對盤固草而言，季節的變動所造成的品質差異尤大（陳等，1999；陳等，2000a）。此外，收穫後的倉儲狀況及有無淋雨損失等也都造成盤固草品質的變動（張，2000）。陳等（2000a）曾提出以基礎溫度等變數對品質成分的預測方法，但要準確獲知每批盤固乾草的品質仍須借助品質成分的分析。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配日糧或品質分級成為可行。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1210 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 通訊作者。

近紅外線光譜儀技術 (NIRS) 應用於農產品及食品品質管制已有多年歷史。Ben-Gera and Norris (1968) 首度利用近紅外光光譜儀於農產品的分析，Norris *et al.* (1976) 提出以 NIRS 分析蜀料品質成分，包括綿羊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研究發展的一重要里程碑 (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，應用於牧草品質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)。國內方面，近年曾有以固定波長建立盤固草粗蛋白質 (crude protein, CP)、酸洗纖維 (acid-detergent fiber, ADF)、粗纖維 (crude fiber, CF) 或中洗纖維 (neutral-detergent fiber, NDF) 的檢量線 (盧及許, 1998; 李, 1999)。由於儀器性能之改進及產業界應用之需要，本文以連續光譜建立盤固草品質分析檢量線，並以獨立的樣品進行測試與更新。測定成分則包括：粗蛋白質、酸洗纖維、中洗纖維、及水溶性碳水化合物 (water-soluble carbohydrate, WSC)。

材料與方法

I. 樣品收集與準備

本試驗材料均為盤固草品系 A254，共有四批樣品。第一批樣品來自恆春及花蓮地區之割期試驗，含不同季節、不同成熟度材料計 76 個；第二批樣品來自恆春地區之倉儲試驗，含不同期，低、中、高含水量下打包，經不同儲藏時間後取樣分析之樣品，計 91 個；第三批為高屏及恆春地區之乾草商品，取樣來源包括酪農戶及乾草生產田區，計 127 個樣品。以上三批樣品混合用於基礎檢量線的建立。第四批材料為基礎檢量線建立後的次一年度 (2001 年)，於高雄、屏東、花蓮及台東地區酪農場收集之盤固草商品，用於進行基礎檢量線的測試與更新，計 125 個樣品。以上樣品經 80°C、48 hr 烘乾磨粉 (通過 1 mm 網目)，保存於 8°C 冷藏室中備用。

II. 化學分析

- (i) 粗蛋白質含量：依照 A. O. A. C. (1984) 方法測定。
- (ii) 酸洗纖維、中洗纖維含量：依照 Van Soest (1967) 之方法測定，每一樣品重複二次。
- (iii) 水溶性碳水化合物含量測定：樣品經烘乾磨粉，以 80% 的酒精於 80°C 下萃取四次，萃取液混合，置 70°C 烘箱中去除酒精，殘餘液體以蒸餾水定量，取適量萃取液以 anthrone 呈色法測定其水溶性碳水化合物含量 (Morris, 1948)，每一樣品重複二次。

III. 檢量線的建立

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 400-2498 nm 之連續光譜，光譜間隔 2 nm。光譜儀須每週診斷波長準確度、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。

前三批樣品完成掃描與化學分析後，進行檢量線的建立。迴歸模式採用改良部分最小平方方法 (Modified partial least square method)，波長範圍為 800-2498 nm，取間隔 8 nm 為一資料點。原始樣品點的去除，球面距離設定為 10 (GH=10)、T 介值設定為 2.5 (T=2.5)，依推薦值去除

離光譜族群平均值太遠及離迴歸參考值太遠的點。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。光譜資料點經微分處理、平滑處理等不同數學模式產生不同之檢量線 (Intrasoft International, 1999)，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。

IV. 檢量線的測試與更新

以 90 年度於高雄、屏東、花蓮及台東地區酪農場收集之盤固草商品計 125 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，將用以測試之第四批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

如材料與方法中所述之三批樣品共 294 個，混合用於基礎檢量線的建立。少數樣品之化學分析數值因兩重複之機差超過 0.5%而遭刪除，因此參與迴歸運算之樣品數，CP、NDF、ADF 分別為 288、290 及 291 個。WSC 方面，第一批樣品全數進行化學分析，第二批及第三批分別取其中 33 及 34 個進行化學分析。由於樣品來源之範圍廣，且涵蓋割期試驗材料，因此化學分析測定值之變異範圍大 (表 1)。CP 介於 3.7%-21.1%之間，NDF 介於 58.6%-88.2%之間，ADF 介於 31.5%-57.9%之間，WSC 介於 0.3-15.8%之間，足可涵蓋大部分盤固乾草的品質變異範圍。上述 294 個盤固草樣品經波長 400 nm~2498 nm 近紅外光掃描之反射光譜變異範圍見圖 1。

表 1. 用於建立近紅外光分析基礎檢量線盤固草樣品之化學成分變異範圍

Table 1. The ranges and means of chemical constituents of sample sets of pangolagrass used for calibration in near-infrared analysis

Sample set		CP [§]	NDF	ADF	WSC
		%			
Set I	Min	6.1	64.8	31.5	1.2
	Max	23.3	88.2	55.4	14.2
	Mean	13.6	69.2	38.2	5.9
	Number	76	76	76	76
Set II	Min	3.7	58.6	33.1	0.6
	Max	8.4	78.2	45.6	14.0
	Mean	5.9	70.4	38.4	9.5
	Number	87	90	89	33
Set III	Min	4.1	68.4	38.4	0.3
	Max	14.9	88.2	57.9	15.8
	Mean	7.7	77.2	46.7	5.6
	Number	125	125	125	34
Total*	Min	3.7	58.6	31.5	0.3
	Max	21.1	88.2	57.9	15.8
	Mean	8.8	74.1	43.4	6.5
	Number	288	291	290	137

*Merge of sample set I, II and III.

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

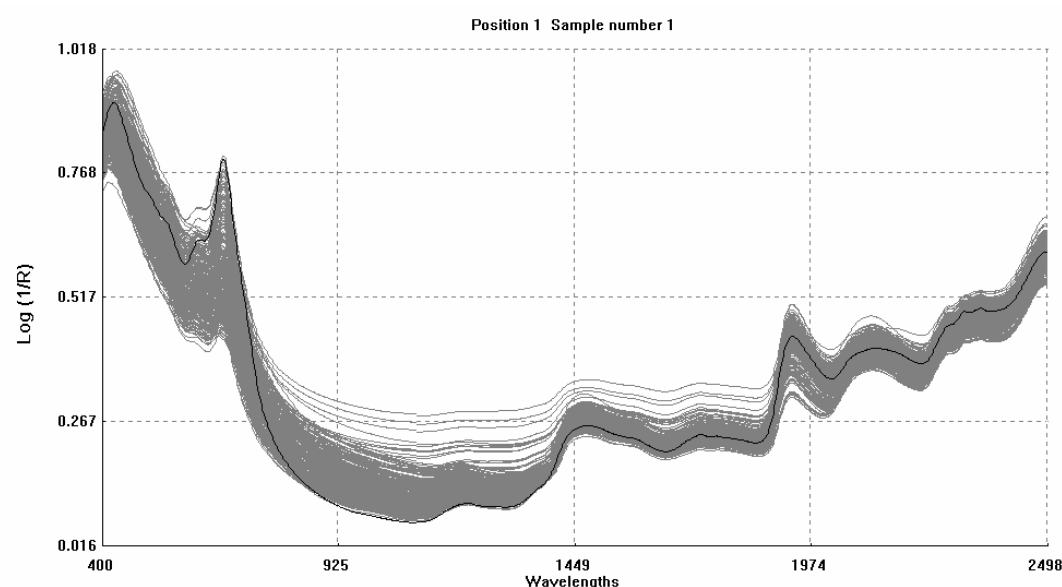


圖 1. 用於建立基礎檢量線之 294 個盤固草樣品的近紅外光反射光譜。

Fig. 1. Reflection spectrums of NIR for 294 pangolagrass samples used for calibration.

本研究以 800-2498 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方法建立盤固草粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維及水溶性碳水化合物檢量線。因離光譜族群平均值太遠或離迴歸參考值太遠而去除之樣品點分別為 15、4、2 及 3 個。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，CP、NDF、ADF 及 WSC 之 R^2 分別為 0.98、0.85、0.81 及 0.93，SEC 分別為 0.49%、1.78%、2.20% 及 0.97%，SECV 分別為 0.57%、1.89%、2.28% 與 1.22%。主要的影響性波長在 CP 為 1284 nm、1064 nm、1228 nm、944 nm 等，NDF 為 1612 nm、1812 nm、1228 nm、888 nm 等，ADF 為 1612 nm、1540 nm、1268 nm、888 nm 等，WSC 為 1812 nm、888 nm、2100 nm、1228 nm 等。其中，1228 nm 在 CP、NDF 及 WSC 均為主要的影響性波長；1612 nm、888 nm 同時出現於 NDF 及 ADF；值得注意的是 NDF 與 WSC 在前四個主要影響性波長中重複了三個，蓋因 NDF 與 WSC 均為碳水化合物，基本鍵結相似之故。

表 2. 盤固草粗蛋白質、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 2. The parameters of basic calibration equations for crude protein, neutral-detergent fiber, acid-detergent fiber, and water-soluble carbohydrates of pangolagrass

Constituent	Sample number	Math transformation*	Scatter correction	Number of terms#	Range of estimate	Mean SEC ⁺	R ²	SECV ⁺⁺	
					———— %	————		%	
CP [§]	273	2,5,5,1	SNV and Detrend	8	0.0-20.0	8.7	0.49	0.98	0.57
NDF	287	2,10,10,1	None	7	60.3-88.1	74.2	1.78	0.85	1.89
ADF	288	2,10,10,1	None	6	28.2-58.5	43.4	2.20	0.81	2.28
WSC	134	2,5,5,1	None	8	0.0-17.5	6.5	0.97	0.93	1.22

§ As shown in table 1.

* Values are order of the derivative of log 1/R, number of 2-nm data points over which the derivative is calculated, and number of data 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

本研究於基礎檢量線建立後，利用次年於高雄、屏東、花蓮及台東地區酪農場收集之盤固草商品計 125 個進行測試與擴充。本批樣品化學分析之 CP 變異範圍為 2.4%-11.1%、NDF 為 64.5%-83.1%、ADF 為 34.0%-48.1%、WSC 為 1.8%-17.3% (表 3)。測試結果，CP、NDF、ADF、WSC 平均值之偏差分別為 0.0、0.77、0.27 及 0.16，平均值之偏差小；預測標準偏差 (SEP) 分別為 0.92、2.44、1.86、1.50，ADF 之 SEP 尚小於 SECV，其他則均在可接受範圍。一般報告所謂之驗證，為將同一批樣品中逢機四份或五份留其中一份作為驗證之用，事實上仍視為同一來源只是未參與建立檢量線，而如此做法的驗證，意義上和本文中的交互驗證是相同的，而其獲得之 SEP 在意義上亦接近本文中之 SECV。本研究則利用與建立檢量線不同來源與年度的材料進行測試，與前人研究中常用之「驗證」有所區隔，而測試結果證明基礎檢量線對不同來源材料已經有相當高的準確度。

由於檢量線需不斷擴充更新以更準確預測不同來源樣品，因此將第四批材料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 CP、NDF、ADF、WSC 之 R^2 分別為 0.99、0.85、0.88、0.96，SEC 分別為 0.36%、1.73%、1.61%、0.81%，SECV 分別為 0.42%、1.81%、1.80% 與 0.92% (表 4)。相較於基礎檢量線 (表 2)， R^2 提高，SEC 及 SECV 降低，即更新後檢量線之預測準確度提高。

表 3. 以盤固草獨立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 independent sample set of pangolagrass

Constituent	Sample number	Range	Mean	Mean of prediction	Bias	SEP(C)
		%	%	%		
CP§	125	2.4-11.1	4.9	4.9	0.00	0.92
NDF	124	64.5-83.1	72.4	73.2	0.77	2.44
ADF	125	34.0-48.1	40.5	40.7	0.27	1.86
WSC	121	1.8-17.3	10.3	10.2	0.16	1.50

§ As shown in table 1.

表 4. 更新後之盤固草粗蛋白質、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 updated calibration equations for crude protein, neutral-detergent fiber, acid-detergent fiber, and water-soluble carbohydrates of pangolagrass

Constituent	Sample number	Math transformation*	Scatter correction	Number of terms#	Range of estimate	Mean SEC ⁺	R ²	SECV ⁺⁺	
					————— %	—————		%	
CP§	387	2,5,5,1	SNV and Detrend	13	0.0-18.2	7.4	0.36	0.99	0.42
NDF	407	2,5,5,1	SNV and Detrend	7	60.3-86.8	73.6	1.73	0.85	1.81
ADF	400	2,5,5,1	SNV and Detrend	9	28.7-56.1	42.4	1.61	0.88	1.80
WSC	246	2,10,10,1	SNV and Detrend	12	0.0-20.3	8.3	0.81	0.96	0.92

§ As shown in table 1.

*Values are order of the derivative of log 1/R, number of 2-nm data points over which the derivative is calculated, and number of data 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.

據李(1999)整理NIR用於牧草組成分分析之前人研究結果，CP、ADF、NDF之 R^2 平均為 0.94、0.88、0.86，SEC為 0.71、1.45、2.19，SEP為 1.04、4.12、3.36；盧及許（1998）以固定波長建立之盤固草檢量線，CP、ADF及CF（粗纖維）的 R^2 分別為 0.96、0.82、0.88，SEC為 0.54、1.84、1.75，SEP為 0.51、1.53、1.82；李（1999）亦以固定波長建立CP、ADF及NDF檢量線，其 R^2 分別為 0.94、0.63、0.68，SEC為 0.96、1.73、2.09，SEP為 1.02、1.49、2.62。蓋因取樣範圍廣及儀器性能改良之故，本研究所建立檢量線之準確度均已達到或超越前人研究之水準。

除上述統計值外，RPD(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 以上為可接受，視特性不同，並非所有預測標的都可達此標準（Hsu *et al.*, 1998）。本研究 CP、ADF、NDF 及 WSC 之 RPD 值分別為 9.0、2.6、2.5、4.3，CP 及 WSC 預測之準確度高，而 ADF、NDF 亦達到可接受之標準。總結上述，本研究所建立檢量線之各項參數均達到前人研究水準，且已經過獨立樣品的測試，應具充分之準確度來做為盤固草的品質分析。然檢量線是需要不斷更新擴充的，日後將於例行之分析中選取 Global H 大於 3 之樣品進行化學分析，不斷地擴充以更準確預測不同來源樣品。

本研究所建立之檢量線標的，除例行分析之 CP、ADF、NDF 外，尚包含 WSC。WSC 含量是青貯時微生物生長繁殖的主要能量來源，為影響青貯成敗的重要因素（王等，1999；王等，2002）。盤固草雖主要為調製乾草，但礙於天候限制，有相當大的比例必須調製為青貯草或半乾青貯草（卜，1995）。相對於狼尾草或青割玉米，盤固草的水溶性碳水化合物含量偏低，不利於青貯，但依季節及成熟度變動，其水溶性碳水化合物含量變動極大（陳等，2002），對植體 WSC 含量的未能掌握，為造成青貯品質難以穩定的主要原因。除一般成分分析外，本研究結果提供對植體 WSC 含量的快速分析，供收穫調製之決策參考，將有助於盤固草青貯調製之穩定性。

國產盤固乾草的品質變動非常的大，以恆春、滿州地區為例，在可接受之產草量下，於 11 月至翌年四月間所生產乾草之 ADF 可以降至 35%以下，NDF 可低於 65%，其品質並不亞於價錢高出甚多之進口禾草，然由於目前市場上並無品質分級或認證之制度，缺少鼓勵生產高品質乾草的誘因，致使草農只求單次收穫的高產量，因而導致牧草老化，也造成酪農普遍視國產盤固草為次級乾草。加入 WTO 之後國產乾草較從前受重視，適當的依品質差異而計價才能健全國產乾草市場，而要依品質計價則只有依賴品質的快速測定才能達成，本試驗盤固草化學分析檢量線的建立，希望有助於國產乾草的產銷，並提供酪農更精準地調配日糧。

參考文獻

- 卜瑞雄。1995。盤固草半乾青貯料之製作與貯存。畜產研究 28：147~157。
- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。1999。盤固草品系 Survenola 與 A254 青貯品質比較。畜產研究 32：305~312。
- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。2002。水溶性碳水化合物含量的變化對狼尾草青貯品質的影響。畜產研究 35：143~150。
- 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、黃耀興、王紓愍、成游貴。1999。盤固草酸洗纖維、中洗纖維及粗蛋白與氣象因子的關係。畜產研究 32:255~265。
- 陳嘉昇、顏素芬、王紓愍、成游貴。2000a。盤固草酸洗纖維、中洗纖維及粗蛋白含量的預測。畜產研究 33:25~36。

- 陳嘉昇、王紓愍、顏素芬、成游貴。2002。盤固草品系水溶性碳水化合物含量變動規律之探討。畜產研究 35:39~49。
- 陳嘉昇、張定偉、王紓愍。2000b。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。
- 張定偉。2000。盤固草倉儲期間品質變化之研究。畜產研究 33:339-351。
- 盧啓信、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, 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.
- 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.
- Van Soest, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. J. Anim. Sci. 26 : 119~128.
- Villalobos, J. L., J. C. Burn, D. S. Fiser, and K. R. Pond. 1991. *In vitro* dry matter disappearance and cell-wall concentration of flactidgrass masticates predicted by near-infrared reflectance spectroscopy. Crop Sci. 31 : 1571~1574.

Establishment of calibration equations for determining the chemical components of pangolagrass using near-infrared spectroscopy⁽¹⁾

Chia-Sheng Chen⁽²⁾⁽³⁾, Shu-Min Wang⁽²⁾

Received : July. 1, 2003 ; Accepted : Sept. 5, 2003

Abstract

Objective of this study was to establish the calibration equations for determining the chemical components of pangolagrass using near infrared spectroscopy (NIRS). The equations were verified using independent sample sets. The determined constituents included crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), and water-soluble carbohydrates (WSC). Two hundred ninety-four samples from three sources were used to set up the basic calibration. The R^2 of the regressions for CP, NDF, ADF, and WSC were 0.98, 0.85, 0.81, and 0.93, SEC (standard error of calibration) were 0.49%, 1.78%, 2.2%, and 0.97%, and SECV (standard error of cross verification) were 0.57%, 1.89%, 2.28%, and 1.22%, respectively. The basic calibration equations were verified with another 125 samples collected from dairy farms from different areas.. The results showed that the biases for the CP, NDF, ADF, and WSC means were 0, 0.77, 0.27, and 0.16, respectively. This indicated that the basic calibration equations were accurate for samples from different sources. The new sample sets were added to update the basic calibration. The R^2 of the updated regressions for CP, NDF, ADF, and WSC were 0.99, 0.85, 0.88, and 0.96, SEC were 0.36%, 1.73%, 1.61%, and 0.81%, and SECV were 0.42%, 1.81%, 1.80%, and 0.92%, respectively. The RPD (the ratio of the standard deviation of constituent to the standard error of prediction) were 9.0, 2.6, 2.5, and 43 for CP, NDF, ADF, and WSC, respectively. All of the calibration equations were acceptable for accurately predicting the above-mentioned constituents. The hay quality of pangolagrass was quite variable. The results might be helpful to provide a rapid method for quality analysis of pangolagrass hay and for use as a tool to facilitate the hay trade in the country. Further, the rapid analysis of WSC would be also helpful for pangolagrass to make silage.

Key words : Rapid analysis, Crude protein, Acid detergent fiber, Neutral detergent fiber, Water-soluble carbohydrates, Forage quality.

(1) Contribution No 1210 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Corresponding author.