

芻料大豆營養成分近紅外光分析檢量線之建立⁽¹⁾

朱明宏⁽²⁾⁽³⁾ 王紓愍⁽²⁾ 陳嘉昇⁽²⁾

收件日期：103 年 10 月 17 日；接受日期：104 年 3 月 19 日

摘 要

本研究之目的為建立芻料大豆營養成分近紅外光分析檢量線，以 274 個青割及青貯樣品進行基礎檢量線的建立。測定之營養成分包含：粗蛋白質 (CP)、酸洗纖維 (ADF) 及中洗纖維 (NDF)，基礎檢量線中 CP、ADF 及 NDF 之決定係數 (R^2) 分別為 0.98、0.83 及 0.95，檢量線標準偏差 (SEC) 分別為 0.58、1.66 及 1.31%，交互驗證標準偏差 (SECV) 分別為 0.70、1.77 及 1.44%。基礎檢量線建立後另以 70 個青割及青貯樣品進行測試與擴充。測試之結果，CP、ADF 及 NDF 之平均偏差分別為 0.09、0.11 及 1.25%，預測標準偏差 (SEP) 分別為 1.16、2.82 及 2.08%，斜率 (Slope) 分別為 0.99、1.09 及 1.08，表示基礎檢量線對不同來源之樣品已具備相當之準確度。其後以測試樣品進行檢量線之擴充，新檢量線中 CP、ADF 及 NDF 之 R^2 分別為 0.97、0.84 及 0.95，SEC 分別為 0.65、1.72 及 1.31%，SECV 分別為 0.71、1.92 及 1.47%，樣品實測標準偏差與驗證標準機差之比值 (RPD) 分別為 6.7、2.6 及 4.5，均達可接受之準確度。本檢量線之樣品族群包括不同品種、種植地區、種植期、成熟度、青割與青貯樣品，樣品歧異度大，所建立檢量線經測試結果已具備充分之準確度來作為青割與青貯芻料大豆的品質分析。

關鍵詞：芻料大豆、近紅外光分析、快速測定。

緒 言

國內草食動物產業所需的芻料約佔生產成本 35 — 50%，其中超過四成的芻料仰賴進口，受限於氣候影響，無法週年持續地生產苜蓿等高品質豆科牧草，因此對於進口豆科芻料更是依賴。大豆因具有固氮能力且屬於營養價值高之短期性豆科作物，在民國 50 年代種植面積曾高達 60,000 公頃，後因進口大豆價格之競爭導致栽培面積日趨減少 (鄭及周，2005)。近期受休耕地活化政策與種植補助影響，大豆成為熱門的復耕種植作物之一。

大豆在 20 世紀初期就被視為良好的芻料作物 (Hackleman, 1924)，在溫帶地區也已陸續育成芻料大豆之專屬品種 (Bilgili *et al.*, 2005)。然而，如同其他芻料作物，芻料大豆的產量與營養成分易受到收穫時的成熟度不同而產生變動 (Hintz *et al.*, 1992)，其中多數研究認為在 R6 至 R7 成熟期時，芻料大豆可擁有良好的乾物產量、最高的粗蛋白質、適中之酸洗纖維與中洗纖維含量 (Hintz *et al.*, 1992; Sheaffer *et al.*, 2001; Seiter *et al.*, 2004)。此外，不同品種之芻料大豆亦會顯著影響青割及青貯之營養成分組成 (Mustafa and Seguin, 2003; Rao *et al.*, 2005)。由此可知，芻料大豆營養成分受到品種及成熟度等因子影響甚鉅，若欲以芻料大豆取代進口苜蓿等豆科芻料，以傳統化學分析方式用於日糧之調配或品質之分級顯然緩不濟急，唯有利用快速測定才能使品質分析用於日糧調配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歷史，在 1970 年代已用於芻料之品質分析 (Norris *et al.*, 1976; Shenk and Hoover, 1976)。由於具備快速且可同時檢測多個成分的優點，加上近年來儀器性能之改良、電腦效能之提昇與相關軟體之研發，NIRS 應用於牧草品質的快速分析技術已更趨成熟 (Villalobos *et al.*, 1991; Cosgrove *et al.*, 1994; Hsu *et al.*, 1998; Griggs *et al.*, 1999; 陳，2001)。在國產牧草方面，盤固草、狼尾草及青割玉米營養成分的近紅外光分析檢量線均已建立完成 (盧及許，1998；李，1999；陳及王，2004a；陳及王，2004b；陳及王，2008)，可用於例行之日糧調配與品質分級。芻料大豆雖可望成為新興之本土豆科牧草，但其隨品種與成熟度波動的營養成分將造成調製與飼糧調配之困擾。本研究目的在建立芻料大豆營養成分之近紅外光分析檢量線，利用所建立之檢量線來作為研究與產業界對芻料大豆營養成分標識及飼糧調配之用。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2219 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：mmchu@mail.tlri.gov.tw。

材料與方法

I. 樣品收集與準備

第一批樣品為 2012 年取自臺南市佳里區及畜產試驗所恆春分所試驗區，包含三個大豆品種（臺南 3 號、高雄選 10 號、澳洲 Leichardt 品種）、四個種植期及不同成熟度之青割樣品，計 87 個。第二批樣品為 2013 年取自佳里及恆春地區，包含二個大豆品種（臺南 3 號、澳洲 Leichardt 品種）、三個種植期及不同成熟度之青割樣品，計 126 個。第三批樣品為 2013 年收集不同儲存時間之青貯樣品，計 61 個。以上三批共 274 個樣品用於基礎檢量線之建立。第四批樣品為 2013 年於佳里及恆春地區收集之 33 個青割樣品、14 個青貯樣品，計 47 個樣品，作為基礎檢量線的測試與更新。上述樣品取樣後於 80℃ 烘乾 48 小時，磨粉（通過 1 mm 網目）保存於 4℃ 備用，儘速進行 NIR 光譜掃描。

II. 化學分析

- (i) 粗蛋白質含量 (Crude protein, CP)：依 A. O. A. C. (1984) 之方法測定。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。
- (ii) 酸洗纖維 (Acid detergent fiber, ADF)：改良 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)，濾袋使用前需先浸泡過丙酮，裝填樣品後亦需浸置於丙酮 10 分鐘，丙酮處理後將濾袋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，每一樣品重複二次。
- (iii) 中洗纖維 (Neutral detergent fiber, NDF)：採添加 α -amylase (Van Soest *et al.*, 1991) 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)，但濾袋使用前需先浸泡過丙酮，裝填樣品後亦需浸置於丙酮 10 分鐘，丙酮處理後將濾袋浸置於含有耐熱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，每一樣品重複二次。

III. 基礎檢量線之建立

以近紅外光線光譜儀 (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。

前述 274 個青割及青貯樣品完成光譜掃描與化學分析結後，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, Shenk and Westerhaus, 1991)，波長範圍為 800 – 2,498 nm，每隔 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 介質設定為 2.5 (T = 2.5)，依推薦值去除光譜族群平均值太遠及離迴歸參考值太遠的資料點。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。光譜資料點經微分處理、平滑處理等不同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)。

IV. 檢量線之測試與更新

以 2013 年收集之青割及青貯樣品 47 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

如材料與方法中所述之三批共 274 個樣品，混合用於基礎檢量線之建立。少數樣品之化學分析數值因兩重複之機差超過 0.5% 而刪除，因此參與檢量線建立之樣品數，其 CP、ADF、NDF 分別為 261、163 及 172 個。由於樣品來源之多樣化，且包含青貯試驗材料，因此化學分析測定值之變異範圍大（表 1）。CP 介於 11.3 – 35.1% 之間，ADF 介於 23.5 – 47.7% 之間，NDF 介於 25.4 – 53.9% 之間，足可涵蓋大部分大豆之品質變異範圍。

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

最小平方方法建立大豆粗蛋白質、酸洗纖維及中洗纖維檢量線。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依 CP、ADF、NDF 分別為 19、9 及 13 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 大者作為較佳之檢量線。所選出之檢量線相關介量如表 2，除 CP 以 2、5、5、1 模式轉形（數字分別代表微分次數、每 2 nm 資料點數量、平滑處理 1 及平滑處理 2 之資料點數量），ADF 及 NDF 均以 2、10、10、1 模式轉形，轉形後所得之檢量線具最小之 SECV，其 CP、ADF 及 NDF 之 SECV 分別為 0.7、1.77 及 1.44%，SEC 分別為 0.58、1.66 及 1.31%， R^2 分別為 0.98、0.83 及 0.95。

初步建立之基礎檢量線中，CP 之交互驗證標準偏差 (SECV) 略高於之前所建立之盤固草、狼尾草及青割玉米 (陳及王，2004a；陳及王，2004b；陳及王，2008)；ADF 之 SECV 較之前所建立之盤固草低，但高於狼尾草及青割玉米；NDF 之 SECV 較之前所建立之盤固草及青割玉米低，但高於狼尾草。與其他牧草檢量線相較之下，芻料大豆之基礎檢量線具備其可靠性與準確度。

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

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

Sample set		CP ^a	ADF	NDF
Calibration	Min (%)	11.3	23.5	25.4
	Max (%)	35.1	47.7	53.9
	Mean (%)	20.7	34.1	39.5
	Number	261	163	172
Validation	Min (%)	16.7	26.0	27.3
	Max (%)	32.4	44.0	50.1
	Mean (%)	23.8	31.7	37.5
	Number	47	47	47
Total ^b	Min (%)	11.3	23.5	25.4
	Max (%)	35.1	47.7	53.9
	Mean (%)	21.2	33.5	39.1
	Stdev (%)	4.3	4.5	6.0
	Number	308	210	219

^a CP: Crude protein, ADF: Acid detergent fiber, NDF: Neutral detergent fiber

^b Merge of calibration and validation sample set.

表 2. 芻料大豆粗蛋白質、酸洗纖維及中洗纖維基礎檢量線之介量

Table 2. The parameters of the basic calibration equations for crude protein, acid detergent fiber and neutral detergent fiber of forage soybean

Constituent	Sample number	Math transformation ^a	Scatter correction	Number of terms ^b	Range of estimate	Mean	SEC ^c	R^2	SECV ^d
						-----%-----			%
CP ^e	242	2,5,5,1	SNV and Detrend ^f	13	9.1-31.6	20.3	0.58	0.98	0.70
ADF	154	2,10,10,1	SNV and Detrend	6	22.1-46.3	34.2	1.66	0.83	1.77
NDF	159	2,10,10,1	SNV and Detrend	8	22.3-57.3	39.8	1.31	0.95	1.44

^a 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.

^b Number of terms in modified partial least squares regression.

^c Standard error of calibration.

^d Standard error of cross-validation.

^e Same as shown in Table 1.

^f Standard normal variate (SNV) and Detrend accounts for wavelength-dependent scattering effects.

II. 基礎檢量線的測試與更新

基礎檢量線建立後，利用 2013 年收集之 47 個青割及青貯樣品進行測試與擴充。此批樣品之化學分析結果如表 1，CP 變異範圍為 16.7 – 32.4%、ADF 變異範圍為 26.0 – 44.0%、NDF 變異範圍為 27.3 – 50.1%。測試基礎檢量線之結果如表 3，CP、ADF 及 NDF 平均值之偏差分別為 0.09、0.11 及 1.25%，平均值之偏差愈小，表示預測之準確度愈高；預測標準偏差 (SEP) 分別為 1.16、2.82 及 2.08%，其中以 ADF 誤差較大；又斜率 (Slope) 分別為 0.99、1.09、1.08，均趨近於 1.00，屬於理想檢量線之型式。

表 3. 以 47 個青割及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 47 samples of forage soybean

Constituent	Sample number	Mean	Mean of prediction	Bias	SEP (C)	R ²	Slope
-----%-----							
CP	47	23.8	23.6	0.09	1.16	0.92	0.99
ADF	47	31.7	31.6	0.11	2.82	0.68	1.09
NDF	47	37.5	36.9	0.60	2.08	0.85	1.08

由於檢量線需不斷擴充與更新以更準確預測不同來源樣品，故將此批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 CP、ADF 及 NDF 之 SECV 分別為 0.71、1.92 及 1.47%，SEC 分別為 0.65、1.72 及 1.31%，R² 分別為 0.97、0.84 及 0.95 (如表 4)。由前人利用 NIR 分析牧草品質之結果顯示，CP 之 SEC 介於 0.42 – 1.10%；ADF 之 SEC 介於 0.6 – 1.80%；NDF 之 SEC 介於 0.83 – 3.10% (盧及許, 2007; Brown *et al.*, 1990; Sheaffer *et al.*, 2001)，檢量線更新擴充後之 CP、ADF 及 NDF 之 SEC 均落於前人研究的範圍內，屬可信賴之檢量線。

表 4. 更新後之芻料大豆粗蛋白質、酸洗纖維及中洗纖維基礎檢量線之介量

Table 4. The parameters of the updated calibration equations for crude proteins, acid detergent fiber and neutral detergent fiber of forage soybean

Constituent	Sample number	Math Transformation ^a	Scatter correction	Number of terms ^b	Range of estimate	Mean	SEC ^c	R ²	SECV ^d
-----%-----									%
CP	286	2,10,10,1	SNV and Detrend ^e	11	8.9-32.7	20.8	0.65	0.97	0.71
ADF	205	2,5,5,1	SNV and Detrend	5	20.6-46.6	33.6	1.72	0.84	1.92
NDF	206	1,4,4,1	SNV and Detrend	10	21.7-56.6	39.2	1.31	0.95	1.47

^a 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.

^b Number of terms in modified partial least squares regression.

^c Standard error of calibration.

^d Standard error of cross-validation.

^e Standard normal variate (SNV) and Detrend accounts for wavelength-dependent scattering effects.

除上述統計數據外，RPD (Ratio of performance deviation，樣品實測值標準偏差與驗證標準機差之比值) 亦常作為預測準確度可接受與否之指標，一般以 2.5 為可接受，數值愈高代表接受度愈高 (Hsu *et al.*, 1998; Williams, 2001)。本研究 CP、ADF 及 NDF 之 RPD 值分別為 6.7、2.6 及 4.5，以 ADF 之 RPD 最低，但達可接受之水準，CP 與 NDF 之 RPD 值均在 4.5 以上，表示預測之判別度高。

結 論

本檢量線之樣品族群來自不同大豆品種、種植地區、種植期、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大豆的品質分析。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之樣品。

參考文獻

- 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。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。盤固草化學成分近紅外光分析檢量線之建立。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。2008。青割玉米營養成分近紅外光分析檢量線的探討。畜產研究 41：319-327。
- 鄭士藻、周國隆。2005。十。大豆。臺灣農家要覽增修訂三版農作篇 (一)。pp. 123-134。
- 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。
- 盧啟信、許福星。2007。利用近紅外光分析儀 (NIRS) 快速測定青貯料品質。畜產研究 40：17-23。
- A. O. A. C. 1984. Official Methods of the Association of Official Analytical Chemist. 14 ed. Washington DC. pp. 125-142.
- Bilgili, U., M. Sincik, A. T. Goksoy, Z. M. Turan and E. Acikgoz. 2005. Forage and grain yield performances of soybean lines. J. Central European Agric. 3: 397-402.
- Brown, W. F., J. E. Moore, W. E. Kunkle, C. G. Chambliss and K. M. Portier. 1990. Forage testing using near infrared reflectance spectroscopy. J. Anim. Sci. 68: 1416-1427.
- 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, ryegrass. Crop Sci. 34: 789-792.
- 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.
- Hackleman, J. C. 1924. The future of the soybean as a forage crop. Agron. J. 16: 228-236.
- Hintz, R. W., K. A. Albrecht and E. S. Oplinger. 1992. Yield and quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. Agron. J. 84: 795-798.
- 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.
- Mustafa, A. F. and P. Seguin. 2003. Characteristics and *in situ* degradability of whole crop faba bean, pea and soybean silages. Can. J. Anim. Sci. 83: 793-799.
- 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.
- Rao, S. C., H. S. Mayeux and B. K. Northup. 2005. Performance of forage soybean in the southern great plains. Crop Sci. 45: 1973-1977.
- Seiter, S., C. E. Altemose and M. H. Davis. 2004. Forage soybean yield and quality responses to plant density and row distance. Agron. J. 96: 966-970.
- Sheaffer, C. C., J. H. Orf, T. F. Devine and J. G. Jewett. 2001. Yield and quality of forage soybean. Agron. J. 93: 99-106.
- Shenk, J. S. and M. O. Westerhaus. 1991. Population structuring of near infrared spectra and modified partial least squares regression. Crop Sci. 31: 1548-1555.
- Shenk, J. S. and M. O. Westerhaus. 1994. The application of near infrared reflectance spectroscopy to forage analysis. In: Forage quality, ed. G. C. Fahey Evaluation and Utilization. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin. pp. 406-449.
- Shenk, J. S. and M. R. Hoover. 1976. Infrared reflectance spectro-computer design and application. In: Proc. 7th Technicon Int. Cong., 2, Tarrytown, N.Y. pp. 122-124.

- Van Soest, P. J. 1967. Development of 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 flactidgrass 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: *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries - 2nd edition*, eds. Williams, P. C. and Norris, K. American Association of Cereal Chemists, pp. 145-170.

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

Ming-Hung Chu ⁽²⁾⁽³⁾ Shu-Min Wang ⁽²⁾ and Chia-Sheng Chen ⁽²⁾

Received: Oct. 17, 2014; Accepted: Mar. 19, 2015

Abstract

The purpose of this study was to establish the calibration equations for determining the chemical components of forage soybean by near infrared spectroscopy (NIRS). 274 samples were collected and scanned by NIR spectrums for setting up the basic calibrations. The determined constituents included crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF). The regression coefficients (R^2) of CP, ADF and NDF were 0.98, 0.83 and 0.95, the standard error of calibration (SEC) were 0.58, 1.66 and 1.31% and the standard error of cross verification (SECV) were 0.70, 1.77 and 1.44%, respectively. The basic calibration equations were verified with another 51 samples. The predicting results showed that the biases of the means for CP, ADF and NDF were 0.09, 0.11 and 1.25%, the standard error of prediction (SEP) were 1.16, 2.82 and 2.08%, the slope were 0.99, 1.09 and 1.08, respectively. It indicated that the basic calibration equations were accurate for samples from various sources. Then, the new sample sets were added to update the basic calibration. The R^2 of the updated regressions for CP, ADF and NDF were 0.97, 0.84 and 0.95, the SEC were 0.65, 1.72 and 1.31% and the SECV were 0.71, 1.92 and 1.47%, respectively. The RPD (the ratio of the standard deviation of constituent to the standard error of prediction) were 6.7, 2.6 and 4.5 for CP, ADF and NDF, respectively. All of the calibration equations were acceptable for accurately predicting the above-mentioned constituents. The diversified samples of the calibration equations including different sources of variety, cropping area, cropping season, maturity and ensiling. The results showed that the calibration equations established were acceptable and accurate for constituents predicting both in fresh or ensiled forage soybean.

Key words: Forage soybean, Near infrared spectroscopy, Rapid analysis.

(1)Contribution No. 2219 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2)Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 94644, Taiwan, R.O.C.

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