

青割玉米與大豆間植營養成分近紅外光 分析檢量線之探討⁽¹⁾

朱明宏⁽²⁾⁽³⁾ 王紓愍⁽²⁾ 陳嘉昇⁽²⁾

收件日期：104 年 7 月 14 日；接受日期：104 年 9 月 21 日

摘 要

本研究之目的為建立青割玉米與大豆間植營養成分近紅外光分析檢量線，測定之營養成分包含：粗蛋白質 (crude protein, CP)、酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 及中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF)。首先以 376 個不同來源之青割及青貯樣品進行基礎檢量線的建立，基礎檢量線之 CP、ADF 及 NDF 交互驗證標準偏差 (SECV) 分別為 0.85、1.09 及 1.25%，檢量線標準偏差 (SEC) 分別為 0.71、0.80 及 1.02%，決定係數 (R^2) 分別為 0.89、0.92 及 0.94。基礎檢量線建立後另以 52 個青割及青貯樣品進行測試與更新。測試之結果，CP、ADF 及 NDF 之平均偏差分別為 -0.19、-0.50 及 0.13%，預測標準偏差 (SEP) 分別為 0.89、1.49 及 1.66%，斜率 (slope) 分別為 1.01、0.93 及 0.93，表示基礎檢量線對不同來源之樣品具備相當之測定準確度。其後以測試樣品進行檢量線之擴充，更新後檢量線 CP、ADF 及 NDF 之 SECV 分別為 0.81、1.07 及 1.29%，SEC 分別為 0.64、0.83 及 1.08%， R^2 分別為 0.91、0.92 及 0.93，樣品實測標準偏差與驗證標準偏差之比值 (RPD) 分別為 3.4、3.6 及 3.8，均達可接受之準確度。本檢量線之樣品歧異度大，所建立檢量線經測試結果已具備充分之準確度，可作為青割玉米與大豆間植的芻料品質快速測定。

關鍵詞：青割玉米、大豆、近紅外光分析、快速測定。

緒 言

青割玉米素有芻料之王的美稱，是本土可以自行生產且具有高營養價值的芻料作物。臺灣除了氣候適合青割玉米生長，相關的栽培管理與收穫機械也一應俱全，加上其總可消化養分 (total digestible nutrients, TDN) 高，對生產及飼養者來說是個理想的芻料作物。然而，青割玉米有作物的連作通病，由於對土壤肥力的消耗大，長期連作需施用大量化學肥料來維持產量，不但增添生產成本更容易造成土壤劣化，導致後期產量每況愈下 (Horwith, 1985)。此外，青割玉米在蛋白質的提供上也有其限制，對於我國依賴進口豆科芻料的問題無法改善。

為了降低連作障礙及提升營養價值，青割玉米與大豆間植可作為適當的芻料生產模式 (Ofori and Stern, 1987; Carruthers *et al.*, 1998)。玉米與大豆間植較玉米單植的產量高 (Ahmed and Rao, 1982; Putnam *et al.*, 1985)，亦可藉由大豆固定空氣中的氮素來減少氮肥的施用 (Singh *et al.*, 1986)。此外，透過與大豆間植，能有效提升芻料的蛋白質含量 (Herbert *et al.*, 1984; Martin *et al.*, 1990)，此種禾豆間植模式亦可降低雜草的生長 (Tripathi and Singh, 1983; Weil and McFadden, 1991)，減少除草劑對環境生態的破壞。因此，青割玉米與大豆間植有助於芻料生產的永續經營。

青割玉米與大豆間植生產之芻料雖然營養價值高，但隨著品種、種植型式與收穫期的不同，會造成芻料品質的變動 (Reta Sánchez *et al.*, 2010; Yilmaz *et al.*, 2009)。為了準確得知禾豆間植的營養組成以用於飼糧調配，品質成份的快速測定成為芻料利用的重要關鍵。近紅外線光譜儀技術 (near-infrared spectroscopy, NIRS) 應用於牧草品質的分析已相當成熟 (Hsu *et al.*, 1998; Griggs *et al.*, 1999; 陳, 2001)，具備快速且可同時檢測多種成分的優點。本研究目的在建立青割玉米與大豆間植營養成分之近紅外光分析檢量線，利用所建立之檢量線作為研究與產業界對禾豆間植營養成分檢測及飼糧調配之用。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2310 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

第一批樣品於 2013 年取自畜產試驗所恆春分所試驗區，以青割玉米墾丁 1 號分別間植大豆臺南 3 號、澳洲大豆 Leichardt 品種，取樣不同間植模式、春秋兩個期作及不同成熟度之青割樣品，計 252 個。第二批樣品為 2013 年收集不同期作、儲存時間之青貯樣品，計 124 個。以上兩批共 376 個樣品用於基礎檢量線之建立。第三批樣品為 2013 年於恆春地區收集之 32 個青割樣品、20 個青貯樣品，計 52 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 NIRS 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，再換算為粗蛋白質含量。
- (ii) 酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF)：依 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) 後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。
- (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) 後，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。

III. 基礎檢量線之建立

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 – 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) 後再轉化為 $\log 1/R$ 資料，以光譜資料處理軟體 WINISI Version 2.01 進行資料處理。

前述 376 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份最小平方方法 (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。以球面距離設定為 10 (GH = 10)、T 介質設定為 2.5 (T = 2.5) 進行原始樣品點的去除，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，以其中三群建立迴歸式，剩餘一群進行驗證，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 52 個進行基礎檢量線的測試。所收集之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

參與基礎檢量線建立之 376 個樣品數及其化學分析數值如表 1。由於樣品涵蓋不同品種、間植模式、春秋兩個期作、不同成熟度及青貯試驗材料，青割玉米與大豆組成之比例互有消長，因此化學分析數值之變異範圍大。CP 介於 8.0 – 19.5%，ADF 介於 18.2 – 33.9%，NDF 介於 29.8 – 53.7%，足可涵蓋大部分青割玉米與大豆間植之品質變異範圍。

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，以改良部份最小平方方法建立禾豆間植之粗蛋白質、酸洗纖維及中洗纖維檢量線。經不同數學模式產生之檢量線，依次序選

擇 SECV 小、SEC 小、 R^2 大者作為較佳之檢量線。所選出之基礎檢量線相關介量如表 2，除 CP 以 1、4、4、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、5、5、1 模式轉形，轉形後所得之檢量線具最小之 SECV 及 SEC，其 CP、ADF 及 NDF 之 SECV 分別為 0.85、1.09 及 1.25%，SEC 分別為 0.71、0.80 及 1.02%， R^2 分別為 0.89、0.92 及 0.94。

由初步建立之基礎檢量線與先前所建立之青割玉米檢量線（陳及王，2008）進行比較，CP 及 ADF 之交互驗證標準偏差（SECV）高於青割玉米檢量線；NDF 之 SECV 低於青割玉米檢量線。又與盤固草及狼尾草檢量線（陳及王，2004a；陳及王，2004b）比較，青割玉米與大豆間植之基礎檢量線除 CP 之 SECV 較高，ADF 及 NDF 之 SECV 均較盤固草及狼尾草低，說明此基礎檢量線具備可靠性與準確度。

表 1. 青割玉米與大豆間植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 corn and soybean intercropping in calibration and validation sample sets by near-infrared spectroscopy analysis

Sample set		CP ^b	ADF	NDF
Calibration	Min (%)	8.0	18.2	29.8
	Max (%)	19.5	33.9	53.7
	Mean (%)	12.0	27.6	42.6
	Number	376	376	376
Validation	Min (%)	8.7	19.2	33.5
	Max (%)	18.2	32.7	48.8
	Mean (%)	12.0	27.2	42.7
	Number	52	52	52
Total ^a	Min (%)	8.0	18.2	29.8
	Max (%)	19.5	33.9	53.7
	Mean (%)	12.0	27.5	42.6
	Stdev (%)	2.2	3.0	4.1
	Number	428	428	428

^a Merge of calibration and validation sample set.

^b CP: crude protein, ADF: acid detergent fiber, NDF: neutral detergent fiber.

表 2. 青割玉米與大豆間植之粗蛋白質、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 corn and soybean intercropping

Constituent	Sample number	Math Transformation ^b	Scatter correction	Number of terms ^d	Range of estimate ^e	Mean	SEC ^e	R^2	SECV ^f
						----- % -----			%
CP ^a	363	1,4,4,1	SNV and Detrend ^c	12	5.5 — 18.3	11.9	0.71	0.89	0.85
ADF	361	2,5,5,1	SNV and Detrend	14	19.1 — 36.2	27.6	0.80	0.92	1.09
NDF	360	2,5,5,1	SNV and Detrend	13	30.5 — 54.7	42.6	1.02	0.94	1.25

^a Same as shown in Table 1.

^b 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.

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

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

^e Standard error of calibration.

^f 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，為了驗證檢量線之適用性，利用 2013 年另行收集不同期作之 52 個青割及青貯樣品進

行測試 (表 1)。此批樣品化學分析之 CP 變異範圍為 8.7 – 18.2%、ADF 變異範圍為 19.2 – 32.7%、NDF 變異範圍為 33.5 – 48.8%。測試基礎檢量線之結果如表 3，CP、ADF 及 NDF 平均值之偏差 (bias) 分別為 -0.19、-0.50 及 0.13%，平均值之偏差愈小，表示預測之準確度愈高；CP、ADF 及 NDF 之預測標準偏差 (SEP) 分別為 0.89、1.49 及 1.66%；又斜率 (slope) 分別為 1.01、0.93、0.93，均趨近於 1.00，屬於理想檢量線之型式。

表 3. 以 52 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 52 samples of forage corn and soybean intercropping

Constituent	Sample number	Mean	Mean of prediction	Bias	SEP (C)	R ²	Slope
----- % -----							
CP ^a	52	12.0	12.2	-0.19	0.89	0.84	1.01
ADF	52	27.2	27.7	-0.50	1.49	0.79	0.93
NDF	52	42.7	42.6	0.13	1.66	0.83	0.93

^a Same as shown in Table 1.

為了使檢量線能夠更準確地測定不同來源之樣品，檢量線需不斷擴充與更新，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 0.81、1.07 及 1.29%，SEC 分別為 0.64、0.83 及 1.08%，R² 分別為 0.91、0.92 及 0.93 (表 4)。過去已有許多學者利用 NIRS 進行牧草之品質分析，由前人之統計結果顯示，CP 之 SEC 大多介於 0.42 – 1.10%；ADF 之 SEC 介於 0.6 – 1.70%；NDF 之 SEC 介於 0.83 – 3.10% (Brown *et al.*, 1990; Marten *et al.*, 1983; Norris *et al.*, 1976)，檢量線擴充更新後 CP、ADF 及 NDF 之 SEC 均落於前人研究的範圍內，更新後之檢量線各成份實測值與預測值之關係如圖 1。

表 4. 更新後青割玉米與大豆間植之粗蛋白質、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 corn and soybean intercropping

Constituent	Sample number	Math Transformation ^a	Scatter correction	Number of terms ^c	Range of estimat	Mean	SEC ^d	R ²	SECV ^e
----- % -----									%
CP	413	2,5,5,1	SNV and Detrend ^b	12	5.6 – 18.2	11.9	0.64	0.91	0.81
ADF	410	2,5,5,1	SNV and Detrend	14	19.0 – 36.1	27.6	0.83	0.92	1.07
NDF	413	2,5,5,1	SNV and Detrend	13	30.6 – 54.7	42.7	1.08	0.93	1.29

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

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

^d Standard error of calibration.

^e Standard error of cross-validation.

除上述統計數據外，RPD (ratio of performance to deviation，樣品實測值標準偏差與驗證標準偏差之比值) 亦常作為檢量線測定準確度可接受與否之指標，一般以 2.5 為可接受之數值，然而視預測成分之特性不同，並非所有預測項目都可達此標準 (Hsu *et al.*, 1998)，數值愈高代表接受度愈高 (Batten, 1998)。本研究 CP、ADF 及 NDF 之 RPD 值分別為 3.4、3.6 及 3.8，以 CP 之 RPD 最低，但三者之 RPD 值均在 3.0 以上，代表預測之準確度高。

由前人研究可以得知玉米與大豆間植是良好的芻料生產模式 (Carruthers *et al.*, 1998; Martin *et al.*, 1990)，但禾豆間植混合收穫之芻料品質會隨著品種、收穫成熟度、禾豆比例等因素變動。因此，有效的快速檢測方法成為掌握芻料品質變動不可或缺的工具。目前所建立的檢量線已具備理想之準確度，對於青貯料使用量大之畜養戶，可進行不同批次芻料品質的分析與監控，作為飼糧調配之參考。為了提升檢量線的準確度及適用範圍，日後將廣泛收集不同年度、品種組合、地區等之青割玉米與大豆間植芻料，從分析中選取變異範圍外 (Global H > 3) 之樣品進行化學分析，持續更新及擴充檢量線以更準確地測定不同來源之芻料樣品。

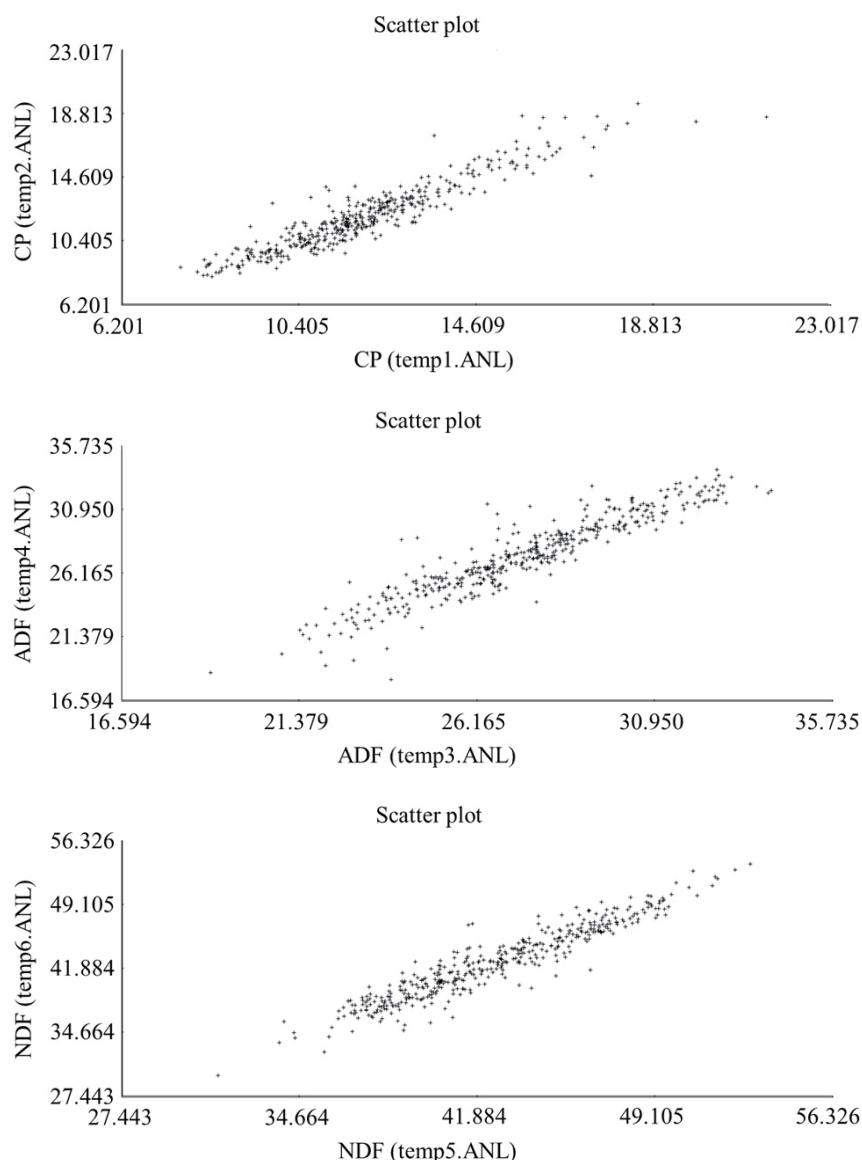


圖 1. 青割玉米與大豆間植芻料營養成份實測值與預測值的關係。由上至下分別為 CP、ADF 及 NDF，橫軸為化學測定值，縱軸為 NIR 之預測值。

Fig. 1. The relationships between laboratory reference values and NIR predicted values of nutrient constituents for forage corn and soybean intercropping. Horizontal axis: reference values, vertical axis: predicted values.

結 論

本研究利用不同之品種、間植模式、期作、成熟度、青割與青貯之青割玉米與大豆間植樣品建立檢量線，樣品族群之歧異度大，適用範圍廣，所建立檢量線之各項參數均達到前人研究水準，經獨立樣品測試亦具備足夠之準確度來作為青割玉米與大豆間植的芻料品質分析，可作為飼糧調配之參考。

參考文獻

- 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。
- Ahmed, S. and M. R. Rao. 1982. Performance of maize-soybean intercrop combination in the tropics: Results of a multi-

- location study. *Field Crops Res.* 5: 147-161.
- A. O. A. C. 1984. *Official Methods of the Association of Official Analytical Chemist.* 14 ed. Washington DC. pp. 125-142.
- Batten, G. D. 1998. Plant analysis using near infrared reflectance spectroscopy: The potential and the limitations. *Aust. J. Exp. Agric.* 38: 697-706.
- 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.
- Carruthers, K., Q. Fe, D. Clauthier and D. L. Smith. 1998. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: weed control by inter row cultivation. *Eur. J. Agron.* 8: 225-238.
- 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.
- Herbert, S. J., D. H. Putnam, M. I. Poos-Floyd, A. Vargas and J. F. Creighton. 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. *Agron. J.* 76: 507-510.
- Horwith, B. 1985. A role for intercropping in modern agriculture. *BioScience* 35: 286-291.
- 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.
- Marten, G. C., J. L. Halgerson and J. H. Channy. 1983. Quality prediction of small grain forage by near infrared reflectance spectroscopy. *Crop Sci.* 23: 94-96.
- Martin, R. C., H. C. Voldeng and D. L. Smith. 1990. Intercropping corn and soybean in a cool temperate region: Yield, protein and economic benefits. *Field Crops Res.* 23: 295-310.
- 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.
- Ofori, F. and W. R. Stern. 1987. Cereal-legume intercropping systems. *Adv. Agron.* 41: 41-86.
- Putnam, D. H., S. J. Herbert and A. Vargas. 1985. Intercropped corn-soybean density studies. I. Yield complementarity. *Exp. Agric.* 21: 41-51.
- Reta Sánchez, D. G., J. T. Espinosa Silva, A. Palomo Gil, J. S. Serrato Corona, J. A. Cueto Wong and A. Gaytán Mascorro. 2010. Forage yield and quality of intercropped corn and soybean in narrow strips. *Span. J. Agric. Res.* 8: 713-721.
- 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. P.406-449. in G. C. Fahey (ed.) *Forage quality, Evaluation and Utilization.* American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin.
- Singh, N. B., P. P. Singh and K. P. P. Nair. 1986. Effect of legume intercropping on enrichment of soil nitrogen, bacterial activity and productivity of associated maize crops. *Exp. Agric.* 22: 339-344.
- Tripathi, B. and C. M. Singh. 1983. Weed and fertility management using maize/soybean intercropping in the north-western Himalayas. *Trop. Pest Man.* 29: 267-270.
- 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.
- 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.
- Weil, R. R. and M. E. McFadden. 1991. Fertility and weed stress effects on performance of maize/soybean intercrop. *Agron. J.* 83: 717-721.
- Yilmaz, A., S. Altinok and Z. Kocabas. 2009. An investigation on quality parameters of the silages made by corn and soybean grown different seeding rates. *J. Anim. Vet. Adv.* 8: 1856-1859.

Calibration equations for determining nutritional components of forage corn and soybean intercropping by near-infrared spectroscopy analysis ⁽¹⁾

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

Received: Jul. 14, 2015; Accepted: Sep. 21, 2015

Abstract

The aim of this research was to establish the calibration equations for determining the chemical components of forage corn and soybean intercropping by near infrared spectroscopy (NIRS). The nutrient constituents included crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) were quantified. The 376 samples were collected and scanned by NIR spectrums for setting up the basic calibrations. The standard error of cross verification (SECV) for CP, ADF and NDF were 0.85, 1.09 and 1.25%, the standard error of calibration (SEC) were 0.71, 0.80 and 1.02% and the regression coefficients (R^2) were 0.89, 0.92 and 0.94, respectively. The basic calibration equations were verified and updated with another 52 samples. The results showed that the biases of the means for CP, ADF and NDF were -0.19, -0.50 and 0.13%, the standard error of prediction (SEP) were 0.89, 1.49 and 1.66%, the slope were 1.01, 0.93 and 0.93, respectively. It indicated that the basic calibration equations were accurate for samples from different sources. Then, the verified sample sets were added to update the basic calibration. The SECV of the updated equations for CP, ADF and NDF were 0.81, 1.07 and 1.29%, the SEC were 0.64, 0.83 and 1.08% and the R^2 were 0.91, 0.92 and 0.93, respectively. The RPD (ratio of performance to deviation) were 3.4, 3.6 and 3.8 for CP, ADF and NDF, respectively. It indicated that the three calibration equations were acceptable for predicting the nutrient constituents accurately. The sample ranges of the calibration equations were diverse and the results demonstrated that the calibration equations established were accurate for constituents predicting. The calibration equations could be applied for components rapid analysis of forage corn and soybean intercropping.

Key words: Forage corn, Soybean, Near infrared spectroscopy, Rapid analysis.

(1) Contribution No. 2310 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.