

尼羅草產量及品質之性狀指標探討⁽¹⁾

蕭素碧⁽²⁾⁽³⁾ 許進德⁽²⁾

收件日期：93 年 1 月 15 日；接受日期：93 年 4 月 14 日

摘 要

本試驗以尼羅草 (*Acroceras macrum*) AC14、AC15、AC26 及 AC30 等四個品系為材料，於春、夏及秋等三個季節調查，每季從生長 14 天開始，每週調查一次，調查農藝性狀包括鮮葉數、乾葉數、乾葉高、最上葉領高度、株高、乾葉率、劍葉長度、第二劍葉長度、乾物率、劍葉面積、整枝葉面積、莖徑、分蘗數、每穴擴展面積、各節節長、葉/莖及鮮草重等，並分析粗蛋白質 (CP)、酸洗 (ADF) 及中洗 (NDF) 纖維及相對飼養值 (RFV) 等牧草品質，目的在探討上述農藝性狀何者可當產量及品質之直接指標。結果乾物產量 (DMW) 及品質等於不同季節、割期及品系間皆表現極顯著的差異，且同時受到季節 × 割期、季節 × 品系、割期 × 品系、割期 × 品系 × 季節等交感作用的影響。DMW 於品系間以 AC15 及 AC30 最高，分別為 5.84 及 5.82 公噸/公頃/割次，CP 以 AC30 最高，ADF 及 NDF 以 AC15 最高，AC30 居中，RFV 以 AC14 最高，其次 AC30，由上知 AC30 具高的 DMW 及 CP，中等量的 ADF、NDF 及 RFV，此結果顯示牧草選育可同時選到高產及高品質的品系。而 DMW 以夏季最高，CP 及 RFV 以春季最高，ADF 及 NDF 以春季最低，顯示春季草具較優的品質。此外，DMW 隨著生長而增加，CP 及 RFV 則隨著割期的延後而下降，ADF 及 NDF 亦隨生長而增加，如生長 56 天 DMW 平均 6.21 公噸/公頃/割次，CP 9.2%，ADF 36.6%及 NDF 61.3%，RFV 118，但若提前到生長 42 天及 49 天採收，DMW 仍低，但品質卻明顯地高，若延遲至 63 天後採收，DMW 雖提高，CP 及 RFV 則明顯下降，ADF 及 NDF 明顯增加，故為維持高品質且產量合乎經濟收益，建議生長 56 天左右應是適合的割期。此外，農藝性狀中只有株高、最上葉領高度及第二至第九節間長等不論季節對 DMW、CP、ADF、NDF 及 RFV 等皆呈現一致且極顯著或顯著的相關。以逐步複迴歸分析全年結果，株高及植株擴展面積對 DMW 的貢獻量居第一及第二，ADF、NDF 及 RFV 等品質則以最上葉領高度居主要貢獻量，其次為乾物率，至於 CP 則以葉/莖佔主要且顯著的貢獻量，其次為乾物率及株高，綜合上述對產量及品質的重要性狀，剔除間接性狀及考慮性狀的穩定性，建議以最上葉領高度當指標性狀，可以簡易且有效的預估尼羅草產量及品質。

關鍵詞：尼羅草、牧草產量、品質、性狀指標。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1230 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

(3) 通訊作者。

緒 言

草食動物的日糧主要為牧草，其品質對草食動物的生長、泌乳量及健康等具決定性的影響。通常酪農收到牧草後因欠缺分析品質的設備，大多直接餵飼，如此常造成日糧品質穩定性的困擾。如何簡易判別牧草的品質，一直是生產者及使用者很重要的決擇。然決定牧草品質的因素包括牧草品種 (Soh *et al.*, 1984; Vena *et al.*, 1984)、栽培管理、生長環境及採收時的成熟度 (Lippke, 1980; 李等, 1991; Schalkwyk and Gentenbach, 2000)。此外，收穫調製方式及儲存時間等亦皆會影響品質 (Waldo and Jorgensen, 1980)。

一般利用化學分析測定牧草植體的成分，成分的多寡可以反映品質 (Windham *et al.*, 1983)，通常酸洗纖維 (acid detergent fiber) 與可消化乾物質 (digestible dry matter) 呈高度負相關 (Marten *et al.*, 1975; Lippke, 1980)，而中洗纖維 (neutral detergent fiber) 與乾物質採食量呈負相關，兩者廣泛用於牧草之品質鑑定。牧草一般隨成熟度的增加，消化率與粗蛋白質含量遞減 (Shaver *et al.*, 1988; Llamas-Lamas and Combs, 1990; 李等, 1991; 卜等, 1993)。除成熟度外，不同季節之溫度、水分及光照等均可能影響植體化學成分。台灣地區已有關於成熟度 (割期) 及栽培環境對盤固草品質之影響報告 (李等, 1991; 卜等, 1993; 陳等, 1997)，從尼羅草割期試驗之報告中得知於八週左右採收，可得高的乾物產量及品質，提前採收產量雖受影響，但品質更高 (蕭等, 1999)。

餵飼草食動物的牧草是全株利用，因此整株的乾物產量及品質皆影響到草食動物的採食量、泌乳量及健康，然牧草產量及品質的表現與其他作物一樣，皆受本身遺傳基因、環境因素及兩者的交感作用等的影響。產量及品質為各個性狀表現的總和，然有些性狀對產量或品質的貢獻度很大，即彼此間基因關連更密切。一般牧草品質常以粗蛋白質、酸洗及中洗纖維等來評定，近來亦有以相對飼養值 (relative feeding value) 來評定品質，並用以當計價參考，然這些項目皆須以化學分析或近紅外線分析儀 (NIRS) 來斷定，須要時間及人力，若能挑出一或二種關連密切的性狀當指標，可以用肉眼或簡單器材於田間觀察即可判別產量及品質 (van Soest *et al.*, 1978)，將是方便且實用。本試驗以尼羅草四個不同基因品系，在不同季節與割期下調查農藝性狀、產量及品質間的變動，以供牧草育種、栽培及利用的參考。此外，更進一步研究各個農藝性狀在不同季節下對產量或品質的關連及貢獻量，並評估指標性狀生長到何階段採收品質較佳 (續文)，以利生產者及消費者進行牧草採收及品質評估交易的參考。

材料與方法

I. 材料：

本試驗以尼羅草 AC14、AC15、AC26 及 AC30 等四個品系參試，這些材料皆來自南非牧野牧草中心 (Range and Forage Institute, South Africa)，尼羅草為自交不孕草種，其中 AC14 為從雜交種子族群中選出，AC15 為已命名之品種"尼羅草台畜草一號"，四倍體，AC26 及 AC30 為以莖苗引進，AC26 為四倍體，AC30 為六倍體，單倍染色體為 9 條。

II. 方法：

上述四個品系於民國 90 年 10 月 9 日開始在台南新化農委會畜產試驗所試驗田種植，每品系三行，行長 20 公尺，行距 50 公分，株距 50 公分，每穴三莖苗，三重複，完全逢機設計 (CRD)，三個月後 (91 年 1 月 14 日) 割掉，讓其再生，二週後每週採收調查，分春、夏及秋等三季，春季自

91 年 1 月 28 日至該年 4 月 15 日，夏季自 91 年 5 月 6 日至該年 7 月 22 日，秋季自 91 年 9 月 9 日至該年 11 月 25 日，每季皆調查 12 次。每次每試區調查八株，每採收四次後施用肥料，肥料以台肥複合一號（N - P₂O₅- K₂O之百分比為 20-5-10）每次每公頃 200 公斤施用，統計資料為其中八株之平均值。

III. 性狀調查及品質分析：

1. 乾葉高度（brown leaf collar height）：每枝從莖基部至最高乾葉葉領高度。
2. 最上葉領高度（toppest leaf collar height）：每枝從莖基部至最高葉領之高度。
3. 株高（plant height）：每枝從莖基部至劍葉葉尖，若已開花則至穗頂。
4. 乾葉率（brown leaf percent）：每枝乾葉高度除以株高之百分率。
5. 劍葉長度（sword leaf length）：每枝劍葉從葉基至葉尖之長度。
6. 第二劍葉長度（next sword leaf length）：每枝劍葉下一葉從葉基至葉尖之長度。
7. 乾物率（dry matter percent）：鮮草取樣烘乾 72 小時後，乾草重除以鮮草重之百分比。
8. 劍葉葉面積（sword leaf area）：每枝劍葉之葉面積（以葉面積儀測定）。
9. 葉面積（total leaf area）：整枝葉片之葉面積（以葉面積儀測定）。
10. 莖徑（stem diameter）：每枝從莖基算起測定第二節位之直徑。
11. 分蘗(tiller)：每穴之枝數。
12. 每株 (穴) 擴展面積（expanded area/plant）：調查每穴通過中間點最大長度及與其垂直線之長度，兩者相乘之面積。
13. 節間長（internode length）：每枝從莖基部第一節位、第二節位...至最頂節位，量每節之節間長度。
14. 乾物產量（dry matter weight, DMW）：每公頃鮮草重×乾物率。
15. 葉/莖（leaf/stem）：每穴乾葉重除以每穴乾莖重。
16. 粗蛋白質含量（CP）：以 Kjeldahl 法測定氮含量後，再乘以 6.25 之百分率（AOAC，1984）。
17. 酸洗（ADF）及中洗（NDF）纖維：樣品（Wo）加酸洗液加熱至沸騰，以蘇氏迴流器萃取 1 小時後過濾，再以熱水、丙酮洗滌，然後烘乾秤重 W1，接著以 500℃ 灰化秤重 W2，ADF = $(W1 - W2) / Wo \times 100 \%$ ，同法若將酸洗液改為中洗液，可測 NDF 含量（van Soest, 1967）。
18. 相對飼養值（RFV）：採加拿大牧草協會公式（Manitoba Forage Council, 1995），RFV = $(88.0 - 0.779 \times ADF) \times 120 / NDF$ 。

IV. 統計分析

1. 本試驗所得之數據資料，採用 SAS 套裝程式(6.03 版)作一般線性模式(GLM)進行變方分析，再以 Duncan's 比較處理間各平均值差異的顯著性。
2. 性狀間之相關係數為利用皮爾森（Pearson）積差相關係數的公式算出。
3. 逐步複迴歸程式： $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$ ，a 為截距，bi 為性狀Xi之淨迴歸係數，而依每個自變數對依變數F值（partial F criterion）之顯著性及forward-selection procedure決定自變數何者優先進入迴歸方程式，而當任一個自變數進入後複迴歸決定係數D²不再顯著時（D²是否顯著依迴歸平方和之F值來判別），程式停止，上述統計皆利用SAS程式進行。

結果與討論

本試驗以尼羅草四個品系為材料，在同年三個不同季節及 12 個割期測試下，其乾物產量 (DMW) 及品質包括粗蛋白質 (CP)、酸洗纖維 (ADF)、中洗纖維 (NDF) 及相對飼養價值 (RFV) 等季節間、割期間及品系間皆達極顯著或顯著的差異，同時季節與割期間、季節與品系間、割期與品系間及割期、品系與季節間等之交感作用亦皆達極顯著水準，顯示尼羅草產量與品質受到不同基因質、氣候環境及採收期等交互的影響 (表 1)。四個品系乾物產量以 AC15 及 AC30 最高，分別為 5.84 及 5.82 公噸/公頃/割次，AC14 則顯著地較低，粗蛋白質除 AC15 顯著地低外，其他三者差異不顯著，酸洗及中洗纖維以 AC15 最高，AC14 最小，相對飼養值以 AC14 最高，AC15 最小，AC30 品質皆居中 (表 2)，由上可知尼羅草 AC14 乾物產量較低，但粗蛋白質 11.3%，酸洗及中洗纖維平均 33.6% 及 59%，相對飼養值 127，為四個品系中品質最佳者。然 AC30 不但具高產，粗蛋白質含量 11.5% 亦高，酸洗及中洗纖維分別為 34.7% 及 61.5%，屬中等，相對飼養值 120 品質亦佳，顯示牧草的選育亦可選到產量及品質兼顧的品系。

牧草通常是整株利用，延遲採收，莖稈纖維化，葉片變黃，產量雖會增加，但品質方面包括粗蛋白質含量下降，酸洗及中洗纖維提高的現象，如盤固草及尼羅草等皆是 (卜等, 1993; 蕭等, 1999)，故適當的採收期相當重要。本試驗春季採收時間為從 1 月 28 日至 4 月 15 日止，其生長期間溫度由 15°C 慢慢增加至 25°C，為較低冷的季節，雨量很少。夏季為從 5 月 6 日至 7 月 22 日止，其生長期間溫度範圍 21 至 29°C，為高溫多雨的季節，秋季從 9 月 9 日至 11 月 25 日止，由 28°C 漸漸下降至 20°C 左右，雨量很少，為從高溫轉為清涼的季節 (表 3)。尼羅草為 C3 型多年生草種，適於雨量多的地區種植 (Rhind and Goodenough, 1979)，由表 4 知夏季乾物產量 6.95 公噸/公頃/割次，顯著地高於春及秋兩季，此可能夏季高溫多雨的關係 (表 3)，但春季粗蛋白質 13.3%，顯著地高於其他兩季，酸洗纖維春季平均 31.8% 最低，其次秋季，中洗纖維春與秋兩季皆低約 58%，相對飼養值以春季 131 最高，其次秋季的 126，夏季明顯地低僅 108 (表 4)，顯示春季採收牧草品質最佳，其次秋季。一般作物產量與品質常呈負的相關，本省盤固草 A254 的試驗結果，夏季乾物產量高，冬季低，夏季相對飼養值 84.3，冬季者 104.1，春秋居中 (陳等, 1997)，與本試驗生長期間溫度高，乾物產量高，但品質相對地較低的結果類似。由於不同割期間產量及品質皆差異極為顯著 (表 1)，於生長初期乾物產量低，至 56 天每公頃 6.21 公噸，之後繼續增加，於生長 91 天達最高為 11.2 公噸/公頃 (表 5)，而粗蛋白質含量隨著生長日數的增加卻顯著地下降，至 49 天為 10.9%，56 天為 9.2%，之後緩慢下降，至 91 天為 8.3%，酸洗及中洗纖維亦皆隨著生長日數的增加而增加，於 42 至 49 天仍維持在 34.7%~35.1% 及 61.4%~61.1% 間，之後繼續增加。相對飼養值於生長 14 日高達 146，隨著生長日數增加明顯下降，於 49 天下降至 120，56 天為 118，77 至 91 天維持在 110 左右 (表 5)，顯示尼羅草品質的下降，於後期 (77 天後) 有個較長的平緩台 (表 5)，此與作者之前所做的試驗結果類似 (蕭等, 1999)。從上知若於生長 42 至 49 天採收，可得較高的粗蛋白質含量及相對飼養值，較低的酸洗及中洗纖維，但乾物產量略低，若於 56 天採收乾物產量顯著地高，但品質略低，故為維持高品質且產量合乎經濟效益，採收期仍建議於生長 56 天左右採收，此與 1999 年割期試驗結果類似 (蕭等, 1999)。

作物的產量及品質為整體性狀表現的綜合，但為能於田間即可快速且有效地判別產量及品質，找出那些與其有高關連性 or 高貢獻量的性狀當作指標，供育種者、採收者或購草者簡便的認定是重要的。本試驗調查性狀包括最上葉領高度等 15 項，三個季節與全年混合分別進行上述性狀與乾物產量、粗蛋白質、酸洗及中洗纖維及相對飼養值等之相關分析，結果全年混合部份除乾物率與 ADF、NDF 或 RFV 間、莖徑與乾物產量、NDF 或 RFV 間、乾葉重與 ADF 間、第十一節間長度與 CP 間等相關不顯著外，其餘性狀皆與乾物產量、CP、ADF、NDF 及 RFV 等達顯著或極顯著相關 (表 6)。

但若從季節分別探討，有些性狀不同季節間表現不同，如鮮葉數、葉面積、乾物率、莖徑、分蘗或乾葉重等對乾物產量的相關，不同季節表現並不一致，顯示相關連基因受季節的影響，而其餘性狀對乾物產量的相關一致且達顯著或極顯著水準。類似的情形亦發生於粗蛋白質、中洗、酸洗纖維及相對飼養值等與性狀的關連，如鮮葉數、葉面積、乾物率、莖徑及分蘗等對粗蛋白質含量各季的相關也不一致 (表 6)。而於第三季很多農藝性狀與 ADF、NDF 及 RFV 等相關皆不顯著，顯示這些性狀於秋季對纖維的形成關連不大，推測原因可能尼羅草為 C3 型植物，具需水量高的特性 (Oliveira *et al.*, 1973; Rout *et al.*, 1990)，受到秋季氣溫由高漸低且乾旱的影響所致。此外，如乾物率與 ADF、NDF 或 RFV 間的關連於各別季節及全年混合都不顯著，此可能是乾物率受到成熟度及生長環境水分的干擾所致。另節間長方面，生長 14 天節間長度平均 10 公分左右，此時第 5 劍葉才剛抽出，而生長 21 天可量到第 5 節間長，第 6 節間長約在 28 天出現，第 7 至 9 節間長須在 35 天之後才看得到，第 10 至第 12 節則往後推。一般尼羅草生長 11 至 13 個葉片後會開花，開花後若未採收，節間繼續伸長，粗纖維增加，品質會往下降。故本試驗雖有調查第 10 至第 12 節間長，但有些植株在生長 91 天這些節位不明顯，故與產量及品質進行相關迴歸分析，大多無法顯示關連性。從表 8 及表 9 知第 2 至第 9 節間長對乾物產量、CP、ADF、NDF 及 RFV 等於每季及全年混合皆表現極顯著且一致的相關，顯示節間的伸長對產量及品質有一致的貢獻量。而節間的伸長，相對地最上葉領高度及株高也隨著長高，故彼此間皆呈極顯著的正相關 (將於續文列出)，而在所有調查性狀中也只有最大葉領高度、株高及第 2 至第 9 節間長等每季及全年混合對乾物產量及 CP、ADF、NDF 及 RFV 等皆表現一致且極顯著的相關 (表 6 至表 7)，顯示最上葉領高度、株高或節間長等性狀可用來預測產量及品質。

從簡單相關係數的顯著性測驗，只能瞭解到兩個性狀間是否有關聯，而為確知自變數對依變數的貢獻量 (contribution)，進一步作逐步複迴歸分析是必要的。由淨迴歸係數可以知道依變數與自變數間的個別關係，淨迴歸係數表示固定其他自變數後其與依變數的關係，而自變數改變時對依變數直接增減的倍率經顯著性測驗結果，若達顯著水準，表示對依變數的改變有決定性的影響，若不顯著，則表示對依變數影響小。複迴歸決定係數 (D^2) 為進入方程式的所有性狀對依變數的解釋能力，本試驗各依變數的複迴歸決定係數 (表 8、9 及 10) 都達極顯著水準，賸餘的百分率為不明因素所造成。由於依變數 DMW、CP、ADF、NDF 及 RFV 等季節間的差異極顯著 (表 1)，故逐步複迴歸分析皆依季節及全年混合等分別討論，如以乾物產量為依變數進行逐步複迴歸分析，春季氣溫較低、雨量較少，株高對乾物產量的貢獻量最大為 85.9%，其次為乾莖重 4.72%，乾葉重第三，另外乾葉率、每株擴展面積及分蘗數等皆依序進入方程式，這些性狀構成之複迴歸決定係數 93.3%，達極顯著水準，即對乾物產量之解釋能力為 93.3%，其餘 6.7% 為不明因素。夏季溫度高、雨量多，植株生長快，基部葉片黃化也快，每枝乾葉數對乾物產量的影響最大 65.3%，其次每株分蘗數為 11.5%，乾莖重第三。秋季溫度由高逐漸下降，雨水少，以每株擴展面積的增進率 65.6% 最大，其次第十節間長 4.03%，其實直立性草類於田野生長，在沒有競爭下每株擴展的面積愈大，顯示其分蘗速度快，且分蘗數多。由上知於三種不同季節下，農藝性狀對乾物產量之重要性次序略有不同，顯示此些性狀對產量之效應，極易受環境變化之影響。而株高、每株乾葉數及每株擴展面積對乾物產量的貢獻於春、夏及秋等季節分別最大，故採收時若能依季節各自選用指標性狀，應可簡便且更有效地預估乾物產量。然每季進入複迴歸方程式影響乾物產量的性狀，彼此間或多或少都有關連或互補，關係複雜。於全年混合逐步複迴歸分析時，相關連大的性狀同樣會被剔除，如每枝乾葉數即被剔除，而仍以株高貢獻量 52.4% 最大，其次每株擴展面積增進率 6.41%，每株分蘗數居第三，其他依序進入的自變性狀對乾物產量的增進率淨迴歸係數皆達顯著水準 (表 8)，顯示這些性狀量的增加對乾物產量的增加皆有明顯的效果，尤以株高對乾物產量的貢獻最大，故全年若以株高當指標性狀應可簡單穩定及有效地預估乾物產量，供育種者、生產者及消費者的參考。

牧草營養成分，一般酸洗纖維與可消化物質 (digestible dry matter) 呈高度負相關 (Marten *et al.*, 1975; Lippke, 1980)，而中洗纖維與乾物質採食量呈負相關 (Rohweder *et al.*, 1978)，此兩種成分的多寡被廣泛用為牧草之品質鑑定，而相對飼養值係利用 ADF 及 NDF 的數值來運算，其亦用來代表牧草品質的好壞或計價的參考 (Manitoba, 1995)。從表 9 知三個季節不同氣候變化下，農藝性狀進入以 ADF 或 NDF 為依變數之複迴歸方程式前後次序略有不同，顯示這些性狀對牧草纖維之貢獻，極易受環境變化之影響，如春季鮮草重對 ADF 的貢獻量達 73.1%，其次乾葉重 2.77%，而株高對 NDF 的貢獻量於春季達 79.7%，其次為葉/莖之 2.83%。相對飼養值於春季則亦以株高 79.1% 之貢獻量最大，其次葉/莖 3.77%，乾物率 2.4 % 佔第三 (表 10)。夏季不論 ADF、NDF 或 RFV 則皆以最上葉領高度的貢獻量最大，分別為 79.7%、79.5% 及 82.4%，其次分別為鮮草重、整枝葉面積及乾物率等，它們的貢獻量分別為 3.3%、2.53% 及 2.25%。秋季對 ADF 的貢獻量以乾物率 31.9% 最大，其次為第五節間長 22.3%，而 NDF 及 RFV 皆以第五節間長貢獻量最大，分別為 37.4% 及 34.8%，其次亦皆以乾物率 14.1% 及 21.2% 之增進率進入。由上知對於 ADF、NDF 或 RFV 等這些纖維品質的貢獻於春、夏及秋等季分別以株高、最上葉領高度或第五節間長最大。由於上述三項農藝性狀彼此間相關皆極顯著(將於續文列出)，全年混合統計結果，剔出大的關連性狀後，不論 ADF、NDF 及 RFV 皆以最上葉領高度貢獻量最大，分別為 65.5%、65.3% 及 66.3%，其次皆以乾物率 11.8%、9.39% 及 9.65% 之增進率分別進入，而葉/莖對 NDF 及 RFV 居三 (表 9 及表 10)，ADF、NDF 與 RFV 等之間皆呈極顯著正相關，顯示最上葉領高度可為 ADF、NDF 及 RFV 等纖維性品質的指標性狀。至於影響粗蛋白質含量的性狀，春季以葉/莖比貢獻度最大佔 80.7%，夏及秋季則皆以株高之貢獻量最大分別為 53.1% 及 78.3%，而全年混合統計，葉/莖增進率 66.6% 佔最大，株高增進率 2.72% 居第三，由此可知葉/莖及株高對粗蛋白質含量的影響極大。葉/莖與粗蛋白質間雖呈極顯著正相關，然葉/莖為間接性狀 (須經計算才知之性狀)，而株高與粗蛋白質呈極顯著負相關，故認為株高對粗蛋白質具簡易且高的指標性。

綜合以上知於田間可用株高判斷乾物產量及粗蛋白質含量，而最上葉領高度可直接預估 ADF、NDF 及 RFV 等含量，株高及最上葉領高度彼此間相關極大，由於最上葉領高度具較大的變異係數 (C.V. 3.95) 及較小的機差 (MSE 9.13)，即比株高具較寬廣的變異及較大的穩定性，故取最上葉領高度當指標性狀評估產量及品質即可，此與盤固草 A254 常以最上葉領高度來測量產量及品質類似 (李等, 1991)，故擬在續篇報告中繼續探討最上葉領高度如何影響尼羅草產量及品質。

表 1. 尼羅草不同季節及割期乾物產量及品質之變方分析

Table 1. Analysis of variance of dry matter weight and forage quality of nilegrass under different cutting stages and growth seasons

Source of variance	Degree of freedom	Dry matter wt.	Crude protein	ADF§	NDF	RFV
Season (S)	2	2609**	433**	1589**	2077**	21413**
Cut(C)	11	4453**	363**	271**	558**	5534**
Line (L)	3	214*	9.63**	64.1**	190**	1679**
S×C	22	131**	32.7**	80.0**	84.1**	956**
S×L	6	184**	4.46**	18.4**	11.0**	223**
C×L	33	122**	3.71**	7.98**	14.7**	133**
S×C×L	66	112**	4.94**	8.26**	14.5**	139**

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

§ADF, NDF and RFV: Acid detergent fiber, neutral detergent fiber and relative feeding value, respectively.

表 2. 尼羅草不同品系之乾物產量及品質

Table 2. The dry matter weight and forage quality of nilegrass lines

Line	Dry matter wt. mt/ha/cut	Crude protein	ADF§ %	NDF	RFV
AC14	5.02 ^{c*}	11.3 ^a	33.6 ^c	59.0 ^d	127 ^a
AC15	5.84 ^a	10.8 ^b	35.5 ^a	62.0 ^a	118 ^c
AC26	5.21 ^b	11.5 ^a	34.7 ^b	60.9 ^c	122 ^b
AC30	5.82 ^a	11.5 ^a	34.7 ^b	61.5 ^b	120 ^{bc}

* : Means with the same letter within the same column are not significantly different at 5% level.

§ As shown in Table 1.

表 3. 試驗期間溫度及雨量旬報資料 (2002 年, 台南)

Table 3. Temperature and precipitation of 10-days experimental period (2002, Tainan)

Date	10-day mean temp.	Total precipitation	Date	10-day mean temp.	Total precipitation
Mon./day	°C	mm	Mon./day	°C	mm
1/10	15.7	0	6/30	29.7	0
1/20	20.8	0	7/10	28.4	111.0
1/31	15.9	16.5	7/20	27.8	263.0
2/10	17.9	0	7/31	28.2	80.5
2/20	18.9	0	8/10	27.2	179.5
2/28	20.2	0	8/20	28.1	119.5
3/10	20.6	0	8/31	28.4	19.5
3/20	22.9	0	9/10	27.8	47.5
3/31	24.0	7.5	9/20	27.2	30.5
4/10	25.5	0	9/30	26.3	8.0
4/20	25.2	0	10/10	25.6	0
4/30	26.1	0	10/20	26.6	0
5/10	27.4	0	10/31	25.1	0
5/20	27.0	75.5	11/10	21.8	0
5/31	26.4	171.5	11/20	23.5	0
6/10	26.7	82.0	11/30	20.4	0
6/20	28.9	14.5	—	—	—

表 4. 尼羅草不同生長季節之乾物產量及品質

Table 4. The dry matter weight and forage quality of Nilegrass under different growth seasons

Season	Dry matter wt. mt/ha/cut	Crude protein	ADF [§] %	NDF	RFV
Spring	4.73 ^{b*}	13.3 ^a	31.8 ^c	58.4 ^b	131 ^a
Summer	6.95 ^a	10.2 ^b	38.3 ^a	65.2 ^a	108 ^c
Fall	4.74 ^b	10.3 ^b	33.8 ^b	58.9 ^b	126 ^b

* : Means with the same letter within the same column are not significantly different at 5% level.

§ As shown in Table 1.

表 5. 尼羅草不同割期之乾物產量及品質

Table 5. The dry matter weight and forage quality of Nilegrass at different cutting stages

Cutting no.	Growth day day	Dry matter wt. mt/ha	Crude protein	ADF [§] %	NDF	RFV
1	14	0.92 ^{h*}	17.0 ^a	29.7 ^h	53.5 ⁱ	146 ^a
2	21	1.46 ^h	16.3 ^b	30.3 ^g	54.6 ^h	142 ^b
3	28	1.79 ^h	14.3 ^c	32.5 ^f	57.7 ^g	131 ^c
4	35	2.93 ^g	13.1 ^d	32.7 ^f	58.9 ^f	128 ^d
5	42	3.98 ^{fg}	11.3 ^e	34.7 ^e	61.4 ^e	121 ^e
6	49	4.91 ^f	10.9 ^f	35.1 ^e	61.1 ^e	120 ^e
7	56	6.21 ^e	9.2 ^h	36.6 ^c	61.3 ^e	118 ^f
8	63	7.48 ^d	9.6 ^g	35.6 ^{de}	63.1 ^d	115 ^g
9	70	7.38 ^{cd}	8.8 ⁱ	35.9 ^d	64.2 ^c	112 ^h
10	77	8.39 ^{bc}	8.6 ^j	38.3 ^a	64.8 ^{ab}	109 ^j
11	84	9.29 ^b	8.0 ^l	37.3 ^b	65.1 ^a	110 ^{ij}
12	91	11.21 ^a	8.3 ^k	36.7 ^c	64.5 ^{bc}	111 ^{ih}
Mean	53	5.50	11.3	34.6	60.9	122

* : Means with the same letter within the same column are not significantly different at 5% level.

§ As shown in Table 1.

表 6. 尼羅草農藝性狀與品質間之相關

Table 6. Correlation coefficients between agronomic traits and forage quality of nilegrass

Agronomic Trait	Dry matter weight				Crude protein			
	Spring	Summer	Fall	Mixed	Spring	Summer	Fall	Mixed
Brown leaf no./tiller	0.77	0.81	0.75	0.66	-0.68	-0.69	-0.81	-0.64
Green leaf no./tiller	-0.39	-0.71	0.15 ^{ns}	-0.39	0.07 ^{ns}	0.62	-0.06 ^{ns}	0.28
Total leaf no./tiller	0.37	0.78	0.57	0.61	-0.65	-0.66	-0.78	-0.68
Brown leaf collar height	0.77	0.78	0.48	0.58	-0.65	-0.65	-0.78	-0.50
Toppest leaf collar height	0.92	0.77	0.61	0.71	-0.78	-0.72	-0.86	-0.76
Plant height	0.93	0.73	0.62	0.72	-0.87	-0.73	-0.88	-0.80
Sword leaf length	0.78	0.39	0.51	0.55	-0.76	-0.56	-0.72	-0.68
Next sword leaf length	0.78	0.40	0.51	0.55	-0.76	-0.50	-0.75	-0.69
Sword leaf area	-0.67	-0.58	-0.45	-0.55	0.69	0.58	0.76	0.70
Total leaf area	-0.33 [*]	-0.72	-0.07 ^{ns}	-0.44	-0.04 ^{ns}	0.60	0.22 ^{ns}	0.35
Fresh forage wt.	0.98	0.96	0.99	0.95	-0.80	-0.48	-0.46	-0.55
Dry matter percent	0.18 ^{ns}	0.34 [*]	0.65	0.39	-0.24 ^{ns}	-0.27 ^{ns}	-0.80	-0.50
Stem diameter	0.32	-0.28 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	0.29 [*]	-0.12 ^{ns}	0.26
Tiller no./plant	0.66	0.25 ^{ns}	0.44	0.45	-0.69	0.11 ^{ns}	-0.46	-0.41
Expanded area/plant	-0.52	0.56	0.81	0.18 [*]	-0.71	-0.36	-0.51	0.24
Dry leaf wt.	0.51	0.16 ^{ns}	0.44	0.29	-0.58	0.31 [*]	-0.60	-0.27
Dry stem wt.	0.91	0.78	0.51	0.68	-0.77	-0.40	-0.83	-0.54
Leaf/stem	-0.82	-0.75	-0.55	-0.68	0.90	0.67	0.88	0.82
Brown leaf percent	0.78	0.80	0.47	0.61	-0.68	-0.66	-0.78	-0.54
ADF [§]	-0.80	0.76	-0.02 ^{ns}	0.52	-0.78	-0.67	-0.09 ^{ns}	-0.55
NDF	0.84	0.75	0.13	0.54	-0.85	-0.70	-0.28 [*]	-0.58
RFV	-0.84	-0.74	-0.08 ^{ns}	-0.54	0.87	0.71	0.23 ^{ns}	-0.61

Upper sign* and ns are significant at 5% level and non-significant, others (blank) is significant at 1% level.

[§] As shown in Table 1.

表 6. 尼羅草農藝性狀與品質間之相關（續前表）

Table 6. Correlation coefficients between agronomic traits and forage quality of Nilegrass. (Continued)

Agronomic traits	ADF [§]				NDF				RFV			
	Spring	Summer	Fall	Mixed	Spring	Summer	Fall	Mixed	Spring	Summer	Fall	Mixed
Brown leaf no./tiller	0.60**	0.86	0.08 ^{ns}	0.76	0.71	0.85	0.27 ^{ns}	0.75	-0.68	-0.86	-0.21 ^{ns}	-0.74
Green leaf no./tiller	-0.19 ^{ns}	-0.75	0.11 ^{ns}	-0.59	-0.38	-0.77	0.21 ^{ns}	-0.60	0.29*	0.77	-0.19 ^{ns}	0.57
Total leaf no./tiller	0.43	0.82	0.15 ^{ns}	0.54	0.33*	0.78	0.36	0.53	-0.40	-0.80	-0.31*	-0.54
Brown leaf collar eight	0.56	-0.81	0.17 ^{ns}	0.76	0.71	-0.80	0.31*	0.73	-0.66	-0.80	-0.27 ^{ns}	-0.71
Toppest leaf collar eight	0.81	0.90	0.33*	0.81	0.88	0.90	0.51	0.81	-0.88	-0.91	-0.46	-0.81
Plant height	0.83	0.88	0.28*	0.78	0.89	0.88	0.46	0.79	-0.89	-0.90	-0.41	-0.80
Sword leaf length	0.68	0.66	0.26 ^{ns}	0.55	0.82	0.67	0.42	0.63	-0.80	-0.71	-0.37	-0.64
Next sword leaf length	0.65	0.64	0.15 ^{ns}	0.51	0.84	0.65	0.33*	0.59	-0.81	-0.69	-0.27 ^{ns}	-0.59
Sword leaf Area	-0.68	0.75	-0.26 ^{ns}	0.59	-0.75	-0.74	-0.45	0.59	0.76	-0.76	0.41	0.61
Total leaf Area	-0.18 ^{ns}	-0.81	-0.28*	-0.63	-0.26 ^{ns}	-0.83	-0.23 ^{ns}	-0.59	0.19 ^{ns}	0.82	0.26 ^{ns}	0.58
Fresh Forage wt.	0.85	0.79	0.04 ^{ns}	0.64	0.84	0.76	0.18 ^{ns}	0.66	-0.87	-0.77	-0.13 ^{ns}	-0.66
Dry matter percent	-0.10 ^{ns}	0.08 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.06 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Stem diameter	0.29*	-0.26 ^{ns}	-0.30*	-0.22	0.27 ^{ns}	-0.33*	-0.20 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	-0.29*	0.31*	0.26 ^{ns}	0.17 ^{ns}
Tiller no.	0.54	0.01 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.36	0.62	0.03 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.42	-0.63	-0.02	-0.17 ^{ns}	-0.43
Expanded area/plant	-0.47	0.49	0.10 ^{ns}	-0.23	-0.63	0.51	0.25 ^{ns}	-0.18*	0.61	-0.51	-0.20 ^{ns}	0.24
Dry leaf wt.	0.63	0.03 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.49	-0.01 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.18*	0.57	0.02 ^{ns}	0.13 ^{ns}	-0.20
Dry stem wt.	0.82	0.74	0.15 ^{ns}	0.69	0.82	0.73	0.29*	0.69	-0.84	-0.71	-0.25 ^{ns}	-0.68
Leaf/Stem	-0.74	-0.88	-0.33*	-0.69	-0.85	-0.88	-0.51	-0.76	0.85	0.89	0.47	0.76
Brown leaf percent	0.57	0.84	0.17 ^{ns}	0.77	0.72	0.82	0.33*	0.75	-0.67	-0.83	-0.28 ^{ns}	-0.75
Dry Matter wt.	0.80	0.76	-0.02 ^{ns}	0.52	0.84	0.75	0.13 ^{ns}	0.54	-0.84	-0.74	-0.07 ^{ns}	-0.54
Crude protein	-0.78	-0.67	-0.09 ^{ns}	-0.55	-0.85	-0.70	-0.28*	-0.58	0.87	0.71	0.23 ^{ns}	0.61

Upper sign* and ns are significant at 5% level and non-significant, others (blank) is significant at 1% level.

[§] As shown in Table 1.

表 7. 尼羅草各節間長與產量或品質間之相關

Table 7. Correlation coefficients between each internode length and forage yield or quality of Nilegrass

Internode length	Dry matter weight				Crude protein			
	Spring	Summer	Fall	Mixed	Spring	Summer	Fall	Mixed
First	0.43	0.70	0.52	0.59	-0.27	-0.41	-0.78	-0.54
Second	0.52	0.71	0.51	0.59	-0.31 [*]	-0.44	-0.73	-0.54
Third	0.57	0.73	0.51	0.60	-0.36	-0.47	-0.70	-0.55
Fourth	0.64	0.72	0.52	0.61	-0.44	-0.54	-0.70	-0.57
Fifth	0.74	0.72	0.51	0.64	-0.72	-0.55	-0.73	-0.67
Sixth	0.81	0.59	0.53	0.61	-0.80	-0.64	-0.76	-0.70
Seventh	0.88	0.63	0.56	0.65	-0.79	-0.67	-0.80	-0.71
Eighth	0.89	0.33	0.55	0.66	-0.80	-0.69	-0.78	-0.71
Ninth	0.60	0.74	0.55	0.65	-0.60	-0.63	-0.73	-0.64
Tenth	0.34 [*]	0.72	0.57	0.60	-0.42	-0.54	-0.65	-0.55
Eleventh	0.23 ^{ns}	0.59	0.54	0.37	-0.33 [*]	-0.16 ^{ns}	—	-0.14

	ADF [§]				NDF				RFV			
	Spring	Summer	Fall	Mixed	Spring	Summer	Fall	Mixed	Spring	Summer	Fall	Mixed
First	0.29 [*]	0.77	0.19 ^{ns}	0.54	0.43	0.74	0.34 [*]	0.52	-0.38	-0.75	-0.31 [*]	-0.52
Second	0.35	0.79	0.26	0.63	0.49	0.75	0.41	0.59	-0.43	-0.76	-0.37	-0.62
Third	0.40	0.80	0.35	0.69	0.54	0.78	0.49	0.65	-0.48	-0.78	-0.46	-0.65
Fourth	0.47	0.81	0.43	0.74	0.60	0.80	0.56	0.70	-0.55	-0.81	-0.54	-0.71
Fifth	0.64	0.82	0.47	0.76	0.78	0.81	0.61	0.77	-0.76	-0.82	-0.59	-0.78
Sixth	0.67	0.78	0.42	0.77	0.82	0.78	0.55	0.78	-0.79	-0.80	-0.53	-0.78
Seventh	0.73	0.81	0.37	0.76	0.86	0.81	0.54	0.77	-0.83	-0.83	-0.50	-0.78
Eighth	0.76	0.83	0.36	0.75	0.88	0.83	0.53	0.77	-0.85	-0.85	-0.48	-0.77
Ninth	0.43	0.73	0.26	0.61	0.48	0.78	0.38	0.61	-0.49	-0.76	-0.35	-0.61
Tenth	0.32 [*]	0.60	0.09	0.50	0.32 [*]	0.59	0.13 ^{ns}	0.45	-0.32 [*]	-0.59	-0.12 ^{ns}	-0.46
Eleventh	0.34 [*]	0.45	—	0.45	0.19	0.39	—	0.39	-0.25 ^{ns}	-0.41	—	-0.39

Upper sign* and ns are significant at 5% level and non-significant, others (blank) is significant at 1% level.

[§] As shown in Table 1.

表 8. 尼羅草不同季節以乾物產量為依變數之逐步複迴歸分析及選拔性狀之優先次序及 R² 增進率Table 8. Step numbers, increasing in R² (%) and determination coefficient (D²) of selected traits on dry matter weight by stepwise multiple regression analysis of nilegrass under different growth seasons

Step no. and increasing in R ²	Dry matter wt.			
	Spring	Summer	Fall	Mixed
Intercept	-863 [*]	-2012 ^{**}	-2256 ^{**}	-1481 ^{**}
1	PH	BLN	EA	PH
R ² (%)	85.9	65.3	65.6	52.4
PRC ⁺	7.25 ^{**}	348 ^{**}	0.17 ^{**}	12.52 ^{**}
2	DSW	TN	TIL	EA
R ² (%)	4.72	11.5	4.03	6.41
PRC	3.92 ^{**}	6.27 ^{**}	9.83 ^{**}	0.05 ^{**}
3	DLW	DSW	—	TN
R ² (%)	1.51	5.51	—	3.74
PRC	-2.97 ^Δ	2.13 ^{**}	—	3.53 ^{**}
4	BLP	TIL	—	DSW
R ² (%)	0.42	2.96	—	2.55
PRC	2848 [*]	5.39 ^{**}	—	1.99 ^{**}
5	EA	SIL	—	TIL
R ² (%)	0.36	1.84	—	2.09
PRC	0.02 ^Δ	-149 ^{**}	—	7.25 ^{**}
6	TN	DLW	—	BLH
R ² (%)	0.38	1.40	—	1.40
PRC	1.17 ^Δ	8.17 [*]	—	-11.31 ^{**}
7	—	EIL	—	SD
R ² (%)	—	1.13	—	0.59
PRC	—	-13.1 [*]	—	-482 ^Δ
8	—	NSL	—	—
R ² (%)	—	0.62	—	—
PRC	—	25.0 ^Δ	—	—
D ² (%)	93.3	90.3	69.6	69.2

⁺ : partial regression coefficient.^{**}, ^{*} and ^Δ: significant at 1%, 5% and 15% probability levels, respectively.

BLH : brown leaf collar height ; BLN: brown leaf no./tiller ; BLP: brown leaf percent ;

DLW : dry leaf wt. ; DSW: dry stem wt ; EA: expanded area/plant ; PH: plant height ;

SD : stem diameter ; SIL, EIL and TIL: second, eighth and tenth internode lengths ;

TN : tiller no./plant.

表 9. 尼羅草不同季節以酸洗及中洗纖維為依變數之逐步複迴歸分析及選拔性狀之優先次序與 R^2 增進率Table 9. Step numbers, increasing in R^2 (%) and determination coefficient (D^2) of selected traits on acid and neutral detergent fibers by stepwise multiple regression analysis of nilegrass under different seasons

Step no. and increasing in R^2	ADF				NDF			
	Spring	Summer	Fall	Mixed	Spring	Summer	Fall	Mixed
Intercept	36.1**	32.7**	52.5**	45.6**	58.9**	55.8**	78.3**	77.0**
1	FFW	TLH	DMP	TLH	PH	TLH	FIL	TLH
R^2 (%)	73.1	79.7	31.9	65.5	79.7	79.5	37.4	65.3
PRC ⁺	0.05**	0.08**	-54.8**	0.08**	0.09**	-0.11**	0.15**	0.06**
2	DLW	FFW	FIL	DMP	LSR	TLA	DMP	DMP
R^2 (%)	2.77	3.30	22.3	11.8	2.83	2.53	14.1	9.39
PRC	0.01*	0.01**	0.09**	-36.4**	-4.02*	-0.02**	-52.7**	-44.5**
3	SLA	DMP	SD	EA	NIL	EA	LSR	LSR
R^2 (%)	1.70	1.96	6.19	2.92	1.02	1.07	5.92	3.90
PRC	-0.10**	-17.7*	-3.33**	-0.01**	-0.04**	0.01*	-9.17**	-8.79**
4	DMP	LSR	DLW	NSL	SL	LSR	DLW	GLN
R^2 (%)	2.00	1.54	3.28	2.01	1.66	0.98	4.32	2.02
PRC	-30.1**	-7.28**	-0.04**	-0.30**	0.28**	-6.09 ^Δ	-0.03*	-0.51**
5	NSL	TLA	SVL	SLA	TN	BLH	—	DA
R^2 (%)	3.45	1.21	4.68	1.37	0.86	1.33	—	0.71
PRC	-0.28**	-0.01*	0.05 ^Δ	-0.04**	-0.01*	-0.09**	—	-0.01*
6	—	—	DSW	FFW	EA	DSW	—	—
R^2 (%)	—	—	1.86	0.86	0.58	1.08	—	—
PRC	—	—	0.01*	0.01*	-0.01 ^Δ	0.01**	—	—
7	—	—	SL	TLA	—	—	—	—
R^2 (%)	—	—	1.81	0.59	—	—	—	—
PRC	—	—	0.14 ^Δ	-0.01**	—	—	—	—
8	—	—	—	LSR	—	—	—	—
R^2 (%)	—	—	—	0.39	—	—	—	—
PRC	—	—	—	-2.18 ^Δ	—	—	—	—
9	—	—	—	SL	—	—	—	—
R^2 (%)	—	—	—	0.43	—	—	—	—
PRC	—	—	—	0.21*	—	—	—	—
D^2 (%)	83.0	87.7	72.0	85.9	86.7	86.5	61.7	81.3

⁺:partial regression coefficient.**, * and ^Δ: significant at 1%, 5% and 15% probability levels, respectively.

BLH: brown leaf collar height ; DLW: dry leaf wt. ; DMP: dry matter percent ; DSW: dry stem wt. ;

EA: expanded area/plant ; FIL, SVL and NIL: fifth, seventh and ninth internode lengths ; FFW: fresh forage wt. ;

GLN: green leaf no./tiller ; LSR: leaf/stem ; NSL: next sword leaf length ; SD: stem diameter ;

SL: sword leaf length ; SLA : sword leaf area ; TLA: total leaf area ; TLH: toppest leaf collar height ;

TN: tiller no./plant.

表 10. 尼羅草不同季節以相對飼養值及粗蛋白質為依變數之逐步複迴歸分析及選拔性狀之優先次序與 R^2 增進率

Table 10. Step numbers, increasing in R^2 and determination coefficient (D^2) of selected traits on crude protein and relative feeding value by stepwise multiple regression analysis of nilegrass under different seasons.

Step no. and increasing in R^2	Relative feeding value				Crude protein			
	Spring	Summer	Fall	Mixed	Spring	Summer	Fall	Mixed
Intercept	88.8**	103**	54.6**	71.7**	13.7**	7.73**	21.7**	16.5**
1	PH	TLH	FIL	TLH	LSR	PH	PH	LSR
R^2 (%)	79.1	82.4	34.8	66.3	80.7	53.1	78.3	66.6
PRC ⁺	-0.27**	-0.20**	-0.53**	-0.17**	4.43**	-0.04**	-0.11**	4.79**
2	LSR	DMP	DMP	DMP	LN	DLW	DMP	DMP
R^2 (%)	3.77	2.25	21.2	9.65	5.81	10.0	3.92	4.42
PRC	18.6**	4.92*	199**	145**	-0.63*	0.03**	-19.7**	-17.0**
3	DMP	TLA	LSR	LSR	TLH	SEL	FFW	PH
R^2 (%)	2.40	2.05	6.44	3.92	3.50	6.78	1.90	2.72
PRC	110**	0.04*	31.1**	24.7**	-0.12**	0.53**	0.01**	-0.08**
4	SLA	LSR	DLW	EA	EA	BLH	EIL	EA
R^2 (%)	1.51	1.04	4.68	2.49	1.22	3.99	1.74	1.76
PRC	0.36**	28.3*	0.10*	0.10**	0.10*	-0.04**	0.19**	0.01**
5	SVL	EA	—	TLA	TLA	—	SLA	FOL
R^2 (%)	0.63	1.05	—	1.25	0.67	—	2.79	1.58
PRC	0.91*	-0.01*	—	0.03*	-0.01*	—	-0.09**	0.10*
6	FRL	—	—	FFW	SEL	—	SVL	GLN
R^2 (%)	0.68	—	—	0.50	0.65	—	1.83	0.48
PRC	-2.28 ^Δ	—	—	-0.01*	0.35**	—	-0.14**	-0.27*
7	EA	—	—	—	DSW	—	TIL	EIL
R^2 (%)	0.67	—	—	—	0.57	—	1.34	0.55
PRC	0.01 ^Δ	—	—	—	0.01 ^Δ	—	-0.02**	0.03*
8	EIL	—	—	—	—	—	SD	DSW
R^2 (%)	0.56	—	—	—	—	—	0.91	0.48
PRC	-0.55 ^Δ	—	—	—	—	—	-1.81*	0.01 ^Δ
7D ² (%)	89.3	88.8**	67.1**	84.1**	93.1**	73.8**	93.2**	76.8**

⁺: partial regression coefficient.

**, * and ^Δ: significant at 1%, 5% and 15% probability levels, respectively.

BLH: brown leaf collar height ; DLW: dry leaf wt. ; DMP: dry matter percent ; DSW: dry stem wt. ; EA : expanded area/ plant ; EIL, FIL, FRL, FOL, SEL, SIL, SVL and TIL: eighth, fifth, first, forth second, sixth, seventh and tenth internode lengths ; FFW: fresh forage wt. ; GLN: green leaf no./tiller ; LN: total leaf no./tiller ; LSR: leaf/stem ; PH: plant height ; SLA: sword leaf area ; TLA: total leaf area ; TLH: toppest leaf collar height.

誌 謝

本試驗期間承曾玉梅及黃月麗兩位小姐協助田間工作及品質分析，謹申萬分謝忱。

參考文獻

- 卜瑞雄、施意敏、陳吉斌、陳茂牆。1993。不同割期對盤固草產量、化學成分與營養價值之影響。中畜會誌 22: 373~386。
- 李春芳、卜瑞雄、施意敏、陳茂牆。1991。盤固草 A254 (*Digitaria decumbens*, A254) 不同生育期之營養價值。畜產研究 24: 59~65。
- 陳嘉昇、成游貴、黃耀興、張溪泉、陳文。1997。盤固草酸洗纖維及粗蛋白質影響因素之探討:季節、地區與基因型之相對效應。畜產研究 30:237~249。
- 蕭素碧、羅國棟、林正斌。1999。尼羅草不同割期對產量及品質之影響。畜產研究 32: 219~226。
- A. O. A. C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14 ed. Washington DC. pp.125~142.
- Lippke, H. 1980. Forage characteristics related to intake, digestibility and gain by ruminants. J. Anim. Sci. 50: 952~961.
- Llamas-Lamas and D. K. Combs. 1990. Effect of alfalfa maturity on fiber utilization by high producing dairy cows. J. Dairy Sci. 73: 1069~1080.
- Manitoba Forage Council. 1995. Canadian hay and straw certification program. Inspector's Manual. Manitoba Forage Council, Manitoba, Canada.
- Marten G. C., R. D. Goodrich, A. R. Schmid, J. C. M. Jordan and J. G. Linn. 1975. Evaluation of laboratory methods for determining quality of corn and sorghum silage: II. Chemical methods for predicting in vivo digestibility. Agron. J. 67: 247~251.
- Oliveira, B. A. D. de., P. R. de S. Faria, S. M. Souto, A. M. Carneiro, J. Dobereiner and S. Aronovich. 1973. Identification of tropical grasses with the C4 pathway of photosynthesis from leaf anatomy. Pesquisa Agrope Cuaria Brasileira, Agronomia 8: 267~271.
- Rhind, J. M. L. C. and D. C. W. Goodenough. 1979. The assessment and breeding of *Acroceras macrum* Stapf (Nile Grass) – A review. Proc. Grassld. Soc. Sth. Afr. 11:115-117.
- Rohweder, D. A., R. F. Barnes and N. Jorgensen. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating. J. Anim. Sci. 47: 747~759.
- Rout, C. J., L. G. Howe and L. P. du. Toit. 1990. The yield of *Paspalum dilatatum* and *Acroceras macrum* under irrigation in the Dohne Sourveld. J. Plant and Soil, Sth. Afr. 7: 240~242.
- SAS Institute. 1988. SAS user's guide: Statistics. Version 6.03 SAS Inst., Cary, NC.
- Schalkwyk van A. P. and W. D. Gentenbach. 2000. The effect of closing date on the performance of beef weaners grazing foggaged *Digitaria eriantha* and *Acroceras macrum*. J. Anim. Sci. Sth. Afr. 30: 82~86.
- Shaver, R. D., L. D. Satter and N. A. Jorgensen. 1988. Impact of forage fiber content on digestion and digesta passage in lacting dairy cows. J. Dairy Sci. 71: 1556~1565.
- Soh, A. C., R. V. Frakes, D. O. Chilcote and D. A. Sleper. 1984. Genetic variation in acid detergent fiber, neutral detergent fiber, hemicellulose, crude fiber, and their relationship with in vitro dry matter

- digestibility in tall fescue. *Crop Sci.* 24: 721~727.
- 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., D. R. Mertens and B. Deinum. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *J. Anim. Sci.* 47: 712~720.
- Vena, L. C., G. A. Jung, R. L. Reid and W. C. Sharp. 1984. Nutritive value of warm-season grass hays for beef cattle and sheep: digestibility, intake and mineral utilization. *J. Anim. Sci.* 59:1582.
- Waldo, D. R. and N. A. Jorgensen. 1980. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. *J. Dairy Sci.* 64: 1207~1229.
- Windham, W. R., F. E. Barton and D. S. Himmelsbach. 1983. High-pressure liquid chromatographic analysis of component sugars in neutral-detergent fiber for representative warm and cool-season grasses. *J. Agric. Food Chem.* 31:471~475.

Index traits for forage yield and quality of nilegrass⁽¹⁾

Sue-Pea Shaug^{(2) (3)} and Chin-Te Hsu⁽²⁾

Received : Jan. 15, 2004 ; Accepted : Apr. 14, 2004

Abstract

The objective of this experiment was to study the index traits for forage yield and quality of nilegrass (*Acroceras macrum* stapf), a perennial forage grass. Four lines, i. e., AC14, AC15, AC26 and AC30 were used. The following agronomic traits were determined every 7 days from the 14th day after cutting (DAC) to the 91th day in spring, summer and fall seasons in 2002, respectively : leaf no. per tiller, the toppest and brown leaf collar heights, plant height, dry leaf and stem weights, leaf lengths of the sword and next to the sword, dry matter percent, sword leaf area, total leaf area, stem diameter, tiller no. per plant, expanded area per plant, internode lengths, leaf/stem and fresh forage weight. The crude protein (CP), acid (ADF) and neutral (NDF) detergent fibers and the relative feeding value (RFV) were analyzed on each harvest for evaluating the forage quality of nilegrass. The results showed that highly significant differences among growth seasons, cutting stages and lines on dry matter weight (DMW), CP, ADF, NDF and RFV which were also affected by the interactions of season \times cutting, season \times line, line \times cutting and season \times cutting \times line simultaneously. Lines AC15 and AC30 had the highest DMW which were 5.84 and 5.82 mt/ha/cut, respectively. AC30 had the highest CP, but moderate ADF, NDF and RFV. It indicated that AC30 could be a better line with higher forage yield and quality. In addition, although DMW of nilegrass was the highest in summer, yet the highest CP and RFV were obvious and the lowest ADF and NDF were shown in spring. This means a better forage quality of nilegrass could be obtained in spring. The DMW, ADF and NDF increased with growth days advanced where the CP and RFV decreased as the cutting delayed. The nilegrass had DMW with 4.91mt/ha/cut, CP with 9.2%, ADF 36.6%, NDF with 61.3% and RFV with 118 at 56 DAC. In addition, the DMW decreased while the forage quality highly went up at 42~49 DAC. However, when harvest at 63 DAC, the DMW kept higher, but CP and RFV decreased significantly and ADF and NDF obviously increased. This suggested that nilegrass produced high DMW with better forage quality at 56 DAC. Further, it showed that coincident and highly significant correlations existed between plant height, the toppest leaf collar height, the second to ninth internode lengths and DMW, CP, ADF, NDF

(1) Contribution No.1230 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Forage Crops Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, ROC.

(3) Corresponding author.

and RFV in the three growth seasons, respectively. Besides, stepwise multiple regression analysis were conducted by using DMW, CP, NDF, ADF and RFV as dependent variables. A quantitative measurement of the priority of the variables entering the equations was shown by increasing in R^2 for each independent variable. It indicated that plant height and expanded area per plant entered the equation first and second, respectively in whole year when DMW was used as dependent variable. The contributions by the order with the toppest leaf collar height first, then dry matter percent to ADF, NDF and RFV and leaf/stem first, dry matter percent second and then plant height to CP were all highly significant in the whole year. Based on the results and considering the stability of these traits, it is suggested that the toppest leaf collar height be used as an effective and convenient index trait to evaluate both forage yield and quality of Nilegrass.

Key words : Nilegrass, Forage yield, Forage quality, Trait index.