

蜀料用高粱品系生產潛力評估⁽¹⁾

張敏郎⁽²⁾⁽⁴⁾ 廖麗貞⁽³⁾

收件日期：104 年 1 月 5 日；接受日期：104 年 5 月 6 日

摘 要

本研究利用從日本引進四個商業用蜀料高粱品系(品系 No. 1 元氣青刈、品系 No. 2 耐病雙收、品系 No. 3 高產、品系 No. 4 蘇丹高粱)及選育的二個高莖高粱品系(No. 5 與 No. 6)為材料，於生育期間調查農藝性狀與產量，以評估其生產潛能，俾供日後品種選育與利用之參考。結果顯示，選育的二個高莖品系在株高、莖徑、植株鮮重、最大葉長與葉/莖比等性狀於生育初期(40 天)，顯著高於四個日系品系($P < 0.05$)。在生育中期(75 天)的農藝性狀中，選育的二個高莖品系在株高、莖徑、最大葉長、最大葉寬與植株鮮重等性狀，顯著高於日系品系($P < 0.05$)，於收割期(生育 95 天)之農藝性狀，選育的二個高莖品系在株高、莖徑、最大葉長、最大葉寬與植株鮮重等性狀，顯著高於日系品系($P < 0.05$)，顯示高莖品系在生育期間有明顯的生長勢。然葉/莖比則明顯低於日系品系($P < 0.05$)，將影響高莖品系的營養成分與飼料價值。於乳黃熟收穫之牧草產量，高莖品系顯著高於日系品系($P < 0.05$)。宿根栽培的產量以高莖品系最高($P < 0.05$)，累計全年產量以選育的高莖品系最高。由於所有參試品系均對短日照敏感(早熟)，將可利用高粱幼苗(早期)的生育特性如株高、莖徑、植株鮮重與最大葉長等性狀，進行早期篩選具高產潛力的品系。

關鍵詞：蜀用高粱、農藝性狀、選育、生產潛力。

緒 言

蜀黍屬(*Sorghum* spp.)植物為一非常獨特且重要的熱帶型禾科植物，廣泛分佈於世界各地，主要原生於熱帶非洲地區與部分溫帶地區，具多樣化用途(Pedersen and Rooney, 2004)。蜀黍(*Sorghum bicolor* L. Moench)俗稱高粱，臺灣土名蘆黍。高粱對人類而言，為一舉足輕重的作物，尤其在乾旱地區更是貧窮居民的主要糧食，在開發中國家則為飼料與釀造製酒的原料(Pedersen and Rooney, 2004)，更是新興的生質能源作物(Vaailakoglou *et al.*, 2011; Whitfield *et al.*, 2012)。作為飼料用的蜀料高粱(牧草利用)為C₄型禾本科作物，耐乾旱且再生能力強，於管理粗放的邊際地區亦能生長良好，現今許多畜牧業發達的國家，包括美國、日本、澳洲及中南美洲等均已普遍利用於蜀料的供應，作為牲畜能量的主要來源(Ayub and Shoaib, 2009; Bahrani and Deghani-Ghenateghestani, 2004; Bean *et al.*, 2013)。本省於雲嘉南地區曾有大面積的栽培，但多為穀粒用，而蜀料用高粱係為全株利用，可經細切後直接餵飼或製作成青貯料供作蜀料用，因此，莖、葉與穗等全株性狀的表現皆為品系選育的重點(蕭, 1989; 蕭等, 2000)。有關高粱的品種選育研究，早年均僅著重於穀粒高粱育種，而針對蜀料用品種的研發則完全欠缺。因此，為配合臺灣地區畜牧業發展，提供除了玉米以外能有更多的蜀料作物種類選擇，畜產試驗所於民國 78 年即著手進行蜀料用高粱品系選育，並於民國 84 年選育出蘇丹草(*Sorghum sudanense* Stapf)臺畜草 1 號推廣(蕭等, 1997)。但因冬冷季節生長不佳，且為自交系，種子細小，萌芽後初期生育緩慢，初期栽培管理困難，農民栽培意願不高。近年來，為配合生質能源發展政策，畜產試驗所從民國 93 年陸續引進甜高粱品系進行選育，而於民國 98 年選育出多用途的甜高粱臺畜 1 號推廣栽培。

蜀料用高粱(forage sorghum)除了利用籽實外，尚利用到整個植株的其它部位。雖然一般認為高粱穀粒當飼料用時，其營養價值僅有玉米的 80% 左右，且蜀料用高粱當青貯料時亦被認為具較低的飼養價值，即較低的消化率與乾物率(Bean *et al.*, 2013; Kalton, 1988)。然高粱的耐旱特性使其能在無灌溉設施或缺水或土壤貧瘠的地區可取代玉

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2230 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 國立高雄師範大學生物科技系。

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

米 (Jahanzad *et al.*, 2013; Marsalis *et al.*, 2009; Saeed and El-Nadi, 1998)；另外，高粱的分蘗性及再生能力，使得於主收穫後可續行宿根栽培數次，此為玉米所不及之處 (Pedersen and Rooney, 2004)。因此，本試驗主要目的在於進行引種及選育的新芻料用品系之比較，以選育具高產潛力的新品系供栽培參考。

材料與方法

I. 試驗材料：

從日本引進的商業芻料用高粱品系，包括 No. 1 (元氣青刈元氣ソルゴー)、No. 2 (耐病雙收ハイブリッドソルゴー)、No. 3 (高產おおきいソルゴー) 與 No. 4 (蘇丹高粱スーダングラス) 等四個品系，以及畜產試驗所恆春分所選育的二個高莖品系 (No. 5 與 No. 6)，合計共六個品系。

II. 試驗方法：

- (i) 田區試驗設計採隨機完全區集設計 (RCBD)，包括 3 區集與 6 處理，處理為六個芻料用高粱品系，每個處理種植 5 行，行長 5 公尺。試驗田區經整地後施用基肥，施肥量依高粱之推薦用量 $N-P_2O_5-K_2O$ 為 120-80-60 kg/ha，基肥施用半量，另半量則平均施用於分蘗初期與抽穗期兩次追肥。於秋季採穴播栽植，每穴播 2—3 粒種子，栽植行株距 75 × 15 cm，待幼苗生長至 15 天後僅留存健壯幼株 1 株，其餘全數拔除。於生育約 3—4 週進行中耕除草與施用追肥，且於抽穗開花期間再施用追肥，依慣行農法進行栽培管理。分別於生育期間 (40、75 與 95 天) 進行農藝性狀調查及開花抽穗期觀察。農藝性狀包括株高、分蘗數、莖徑、植株鮮重 (葉、莖與穗鮮重)、最大葉長、最大葉寬、葉 / 莖比及乾物率等。於籽粒達乳黃熟期間為刈調查牧草產量。
- (ii) 於刈割後進行 2 次宿根栽培。施肥量 $N-P_2O_5-K_2O$ 為 100-60-50 kg/ha，均一次全量施用。灌水後並行施肥與中耕培土，促進分蘗芽生育。刈割前調查各農藝性狀如株高、分蘗數、單叢植株鮮重 (葉、莖與穗鮮重及總鮮重)、莖 / 葉乾物比與乾物率。
- (iii) 農藝性狀調查說明：
 - 株高 (plant height)：從植株莖基部至葉 (穗) 頂之長度，單位：公分。
 - 分蘗數 (tiller no.)：植株分蘗枝條數。
 - 莖徑 (stem diameter)：以卡尺量測每株母枝莖之中間部位，單位：公分。
 - 最大葉長 (max leaf length)：每株最長的葉片長度為最大葉長，單位：公分。
 - 最大葉寬 (max leaf width)：每株最寬的葉片寬度為最大葉寬，單位：公分。
 - 葉 / 莖乾物比 (leaf/stem ratio)：整株葉乾物重除以整株莖乾物重。
 - 植株鮮重 (fresh weight)：整株植株新鮮重量，單位：公克。
 - 乾物率 (dry mater content)：鮮草取樣於 80℃ 下烘乾 48 小時後之乾草重量除以整鮮草重之百分比。
- (iv) 播種後充分灌水促進發芽，生育期間不再灌水，視葉片萎凋與捲曲程度比較品系間之耐旱性。
- (v) 試驗所得資料經 SAS (2002) 統計分析，以最小差異顯著性 (LSD) 法檢定品種間的生長性狀差異顯著性。

結果與討論

各參試品系秋作種植後，於生育期 40 天之農藝性狀調查結果如表 1。株高方面，以品系 No. 6 最高與品系 No. 1、No. 2、No. 3 有顯著差異；分蘗數方面，以品系 No. 4 最多與其餘品系有顯著差異；莖徑方面，品系 No. 5 與 No. 6 最粗，與其餘品系有顯著差異；單叢植株鮮重方面，以品系 No. 6 最重與其餘品系有顯著差異；最大葉長方面，以品系 No. 6 最長與日系品系有顯著差異；葉與莖乾物比方面，亦以品系 No. 6 最高與其餘品系有顯著差異。總和以上結果，新選育之高莖品系 (No. 5 與 No. 6)，除分蘗數外，其餘性狀比引進之日系品系 (No. 1—No. 4) 有較優營養生長勢。

各參試品系於生育期 75 天之農藝性狀調查結果如表 2。株高方面，以品系 No. 6 最高與品系 No. 1、No. 2、No. 3、No. 4 有顯著差異；分蘗數方面，以品系 No. 4 最多與其餘品系有顯著差異；莖徑方面，品系 No. 6 最粗與日系品系有顯著差異；最大葉長方面，以品系 No. 6 最長與日系品系有顯著差異；最大葉寬，以品系 No. 5 最寬與日系品系有顯著差異；葉與莖乾物比方面，以品系 No. 4 最高與日系品系 No. 1、No. 2、高莖品系 No. 5、No. 6 有顯著差異。新選育之高莖品系，農藝性狀中葉與莖乾物比顯著下降，且與引進日系品系有顯著差異，其餘農藝性狀如 40 天生育期之趨勢，皆以新選育之高莖品系為優。總和以上結果，隨生育期增加，新選育之高莖品系葉與莖乾物比顯著下降。

表 1. 六個芻用高粱品系於播種後 40 天的農藝性狀比較

Table 1. The agronomic traits of 6 new forage sorghums 40 days after planting

Variety	Plant height	Tiller no./clone	Stem diameter	Fresh weight/plant	Max. leaf length	Leaf/ stem ratio
	cm		cm	g	cm	
No. 1	63.3 ^b	3.5 ^c	0.8 ^c	66.3 ^d	48.8 ^b	0.37 ^c
No. 2	44.0 ^d	4.5 ^b	0.7 ^c	53.3 ^d	38.4 ^c	0.40 ^c
No. 3	52.8 ^c	4.5 ^b	1.0 ^b	71.9 ^c	49.7 ^b	0.42 ^c
No. 4	71.6 ^{ab}	6.4 ^a	0.7 ^c	66.8 ^d	52.3 ^b	0.39 ^c
No. 5	75.5 ^a	1.8 ^d	1.3 ^a	112.8 ^b	59.3 ^a	0.45 ^b
No. 6	76.5 ^a	1.7 ^d	1.3 ^a	122.4 ^a	60.1 ^a	0.52 ^a

a, b, c, d, e Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level.

表 2. 六個高粱品系於播種後 75 天的農藝性狀比較

Table 2. The agronomic traits of 6 new forage sorghums 75 days after planting

Variety	Plant height	Tiller no./clone	Stem diameter	Max. leaf length	Max. leaf width	Leaf/ stem ratio
	cm			cm		
No. 1	128.9 ^d	3.6 ^{bc}	0.9 ^c	52.9 ^b	3.1 ^b	0.36 ^c
No. 2	130.6 ^d	4.3 ^b	1.0 ^{bc}	54.3 ^b	2.9 ^b	0.41 ^b
No. 3	140.2 ^c	4.5 ^b	1.1 ^b	52.5 ^b	3.1 ^b	0.51 ^a
No. 4	191.0 ^b	6.3 ^a	0.8 ^c	59.2 ^b	2.9 ^b	0.52 ^a
No. 5	215.5 ^a	2.1 ^d	2.8 ^a	70.9 ^a	7.6 ^a	0.19 ^d
No. 6	243.2 ^a	3.2 ^c	2.7 ^a	79.3 ^a	7.4 ^a	0.18 ^d

a, b, c, d, e Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level.

各參試品系於生育 75 天之單叢植株鮮重調查結果如表 3。單叢植株鮮重方面，以新選育之高莖品系 No. 5 最重與日系品系有顯著差異。單叢葉鮮重，品系 No. 6 最重與日系品系有顯著差異。單叢莖鮮重，品系 No. 5 最重與 No. 6、日系品系有顯著差異。單叢穗鮮重，品系 No. 6 最重與日系品系有顯著差異。乾物率方面，以日系品系 No. 3 最高與選育之高莖品系 (No. 5 與 No. 6) 及日系品系 No. 1 有顯著差異。

表 3. 六個高粱品系於播種後 75 天的植株各部位鮮重與乾物重

Table 3. The fresh weight and dry matter content of 6 new forage sorghums 75 days after planting

Variety	Leaf/clone	Stem/clone	Spike/clone	Whole plant	Dry matter content
					%
No. 1	81.4 ^c	206.0 ^c	47.1 ^d	334.4 ^d	24.3 ^c
No. 2	81.1 ^c	204.4 ^c	54.0 ^c	339.5 ^d	26.2 ^{ab}
No. 3	115.0 ^b	202.5 ^c	56.4 ^c	373.9 ^c	28.5 ^a
No. 4	104.0 ^b	195.6 ^c	66.2 ^b	365.7 ^c	27.4 ^a
No. 5	209.9 ^a	922.1 ^a	117.9 ^a	1,249.9 ^a	24.7 ^c
No. 6	211.2 ^a	787.3 ^b	123.2 ^a	1,121.7 ^b	23.8 ^c

a, b, c, d, e Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level.

各參試品系於生育期 95 天 (第一次刈割前) 之農藝性狀調查結果如表 4。株高方面，以品系 No. 6 最高與日系品系 No. 1、No. 2、No. 3、No. 4 有顯著差異；分蘗數方面，以品系 No. 4 最多與其餘品系有顯著差異；莖徑方面，品系 No. 5 與 No. 6 最粗與日系品系有顯著差異；最大葉長方面，以品系 No. 6 最長與日系品系有顯著差異；最大葉寬，以品系 No. 5 最寬與日系品系有顯著差異；葉與莖乾物比方面，以品系 No. 4 最高與日系品系 No. 1、No. 2、高莖品系 No. 5、No. 6 有顯著差異。新選育之高莖品系，農藝性狀中葉與莖乾物比顯著下降，且與引進日系品系有顯著差異，其餘農藝性狀如 40 天與 75 天生育期之趨勢，皆以新選育之高莖品系為優。總和以上結果，隨生育期增加，新選育之高莖品系葉與莖乾物比顯著下降。

表 4. 六個高粱品系於播種後 95 天的農藝性狀比較

Table 4. The agronomic traits of 6 new forage sorghums 95 days after planting

Variety	Plant height	Tiller no./clone	Stem diameter	Max. leaf length	Max. leaf width	Leaf/ stem ratio
	cm			cm		
No. 1	130.2 ^d	3.5 ^{bc}	0.9 ^c	54.7 ^b	3.1 ^b	0.36 ^c
No. 2	131.5 ^d	4.5 ^b	1.1 ^{bc}	55.2 ^b	3.0 ^b	0.42 ^b
No. 3	139.8 ^c	4.5 ^b	1.1 ^b	52.8 ^b	3.1 ^b	0.53 ^a
No. 4	195.4 ^b	6.6 ^a	0.8 ^c	61.2 ^b	2.9 ^b	0.55 ^a
No. 5	218.8 ^a	2.1 ^d	2.8 ^a	76.5 ^a	7.6 ^a	0.18 ^d
No. 6	240.2 ^a	3.1 ^c	2.8 ^a	81.3 ^a	7.5 ^a	0.18 ^d

a, b, c, d, e Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level.

各參試品系於生育 95 天 (第一次刈割前) 之單叢植株鮮重調查結果如表 5。單叢植株鮮重方面, 以新選育之高莖品系 No. 5 最重與日系品系有顯著差異。單叢葉鮮重, 品系 No. 6 最重與日系品系有顯著差異。單叢莖鮮重, 品系 No. 5 最重與其餘品系有顯著差異。單叢穗鮮重, 品系 No. 6 最重與日系品系有顯著差異。乾物率方面, 以日系品系 No. 3 最高與選育之高莖品系 (No. 5 與 No. 6) 及日系品系 No. 1 有顯著差異。

秋作於 103 年 1 月 10 日進行刈割及產量調查, 於刈割後進行灌水、追施肥料與中耕鋤草, 續行高粱宿根栽培, 生育期間進行病蟲害觀察與檢定。生育期間以高莖品系較易罹葉斑病, 日系品系則無罹病癥狀。日系品系約生長 45 — 55 天, 即見孕穗發生, 以品系 No. 4 最慢。孕穗後 7 天約生育期 52 天陸續開花, 高莖品系則生育至 65 天始見孕穗, 70 天開花。宿根栽培的日系品系生育期縮短而提早開花, 高莖品系則不受影響。

表 5. 六個高粱品系於播種後 95 天的植株各部位鮮重與乾物重

Table 5. The fresh weight and dry matter content of 6 new forage sorghums 95 days after planting

Variety	Leaf/clone	Stem/clone	Spike/clone	Whole plant	Dry matter content
					%
	g				
No. 1	80.8 ^c	207.5 ^c	51.8 ^d	340.1 ^d	24.1 ^c
No. 2	82.8 ^c	208.4 ^c	59.5 ^c	350.7 ^d	26.5 ^{ab}
No. 3	114.3 ^b	201.8 ^c	62.4 ^c	378.5 ^c	28.2 ^a
No. 4	106.5 ^b	198.5 ^c	76.2 ^b	381.2 ^c	27.8 ^a
No. 5	215.6 ^a	925.8 ^a	147.5 ^a	1,288.9 ^a	23.5 ^c
No. 6	218.2 ^a	798.6 ^b	153.5 ^a	1,170.3 ^b	23.1 ^c

a, b, c, d, e Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level.

於宿根後生育 85 天進行農藝性狀調查結果如表 6。株高方面, 以品系 No. 5 最高與日系品系有顯著差異; 分蘗數方面, 以品系 No. 4 最多與其餘品系有顯著差異; 最大葉長方面, 以品系 No. 6 最長與日系品系有顯著差異; 最大葉寬, 以品系 No. 6 最寬與日系品系有顯著差異; 葉與莖乾物比, 以日系品系 No. 3 最高與高莖品系有顯著差異。總和以上結果, 新選育之高莖品系 (No. 5 與 No. 6), 除分蘗數及葉與莖乾物比外, 其餘性狀比引進之日系品系 (No. 1 — No. 4) 有較優營養生長勢。

第一次宿根後生育 85 天品系之植株鮮重調查結果如表 7。二個高莖品系單叢植株鮮重均顯著高於日系品系, 以品系 No. 5 最重。植株各部位鮮重與植株乾物率比較, 二個高莖品系單叢之葉、莖與穗重, 與日系品系有顯著差異。品系 No. 3 有最高乾物率, 日系品系與選育的高莖品系有顯著差異。

第二次宿根後生育 80 天進行各品系之植株鮮重調查結果如表 8。所有參試品系生育期均較第一次宿根栽培短且提早開花。二個高莖品系單叢植株鮮重均顯著高於日系品系, 以品系 No. 5 最重。宿根栽培的高莖品系仍以莖桿占最大比例。比較植株各部位鮮重與植株乾物率, 二個高莖品系單叢之葉、莖與穗重, 與日系品系有顯著差異, 乾物率以品系 No. 4 最高, 日系品系 (No. 3 與 No. 4) 與選育的高莖品系有顯著差異。

第一次刈割 (主產量)、第一次宿根刈割與第二次宿根刈割牧草乾物產量調查結果如表 9, 第一次刈割 (主產量) 以選育之高莖品系 No. 5 有最大乾物產量, 顯著高於日系品系產量。第一次宿根刈割牧草乾物產量, 亦以選育高莖品系 No. 5 有最大收量, 顯著高於日系品系 ($P < 0.05$)。第二次宿根刈割牧草產量, 仍以選育之高莖品系 No. 5 最高, 顯著高於日系品系。累計三次刈割牧草總乾物產量以選育高莖品系 No. 5 最高, 高於日系品系。

表 6. 六個高粱品系於第一次宿根後生育 85 天的農藝性狀比較

Table 6. The agronomic traits of 6 new forage sorghums 85 days after first ratoon

Variety	Plant height	Tiller no./clone	Max. leaf length	Max. leaf width	Leaf/ stem ratio
	cm		----- cm -----		
No. 1	105.5 ^d	4.5 ^c	44.5 ^c	2.9 ^b	0.34 ^c
No. 2	98.8 ^d	5.2 ^b	45.8 ^c	2.8 ^b	0.41 ^b
No. 3	115.2 ^c	5.8 ^b	50.2 ^c	2.8 ^b	0.51 ^a
No. 4	132.4 ^b	8.6 ^a	60.1 ^b	2.5 ^b	0.50 ^a
No. 5	185.8 ^a	2.5 ^d	76.5 ^a	6.6 ^a	0.17 ^d
No. 6	178.2 ^a	3.0 ^d	80.2 ^a	7.2 ^a	0.18 ^d

a, b, c, d, e Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level.

表 7. 六個高粱品系於第一次宿根後生育 85 天的植株各部位鮮重與乾物率比較

Table 7. The fresh weight and dry matter content of 6 new forage sorghums 85 days after first ratoon

Variety	Leaf/clone	Stem/clone	Spike/clone	Whole plant	Dry matter content
	----- g -----				%
No. 1	56.8 ^c	158.2 ^{cd}	47.1 ^b	262.1 ^d	26.3 ^b
No. 2	61.8 ^c	140.4 ^d	34.5 ^c	236.5 ^e	25.8 ^b
No. 3	85.6 ^b	172.5 ^c	30.4 ^c	288.5 ^c	27.3 ^a
No. 4	76.5 ^b	145.8 ^d	36.2 ^c	258.5 ^d	27.1 ^a
No. 5	198.2 ^a	852.1 ^a	108.9 ^a	1,159.2 ^a	25.2 ^c
No. 6	188.5 ^a	802.5 ^b	95.2 ^a	1,086.2 ^b	24.8 ^c

a, b, c, d, e Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level.

表 8. 六個高粱品系於第二次宿根後生育 80 天的植株各部位鮮重與乾物率比較

Table 8. The fresh weight and dry matter content of 6 new forage sorghums 80 days after second ratoon

Variety	Leaf/clone	Stem/clone	Spike/clone	Whole plant	Dry matter content
	----- g -----				%
No. 1	41.8 ^c	118.5 ^b	32.1 ^b	192.4 ^c	25.2 ^b
No. 2	51.5 ^b	114.4 ^b	30.5 ^b	196.4 ^c	25.0 ^b
No. 3	55.6 ^b	107.5 ^b	28.4 ^b	191.5 ^c	26.5 ^a
No. 4	56.8 ^b	118.8 ^b	29.2 ^b	205.1 ^b	26.9 ^a
No. 5	205.2 ^a	802.5 ^a	68.9 ^a	1,076.6 ^a	25.2 ^b
No. 6	185.5 ^a	788.3 ^a	65.4 ^a	1,039.2 ^a	24.6 ^b

a, b, c, d, e Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level.

表 9. 六個芻用高粱品系各次乾物重收量與總乾物重收量比較

Table 9. The dry mater productions of 6 new forage sorghums in main and ratoon harvests and total dry mater production.

Variety	Main production	First ratoon harvest	Second ratoon harvest	Total production
	----- mt/ha -----			
No. 1	5.4 ^c	4.9 ^b	3.8 ^c	14.1
No. 2	6.0 ^c	5.7 ^b	4.2 ^c	15.9
No. 3	7.0 ^b	5.5 ^b	3.7 ^c	16.2
No. 4	6.9 ^b	4.0 ^d	4.4 ^c	15.3
No. 5	22.5 ^a	31.5 ^a	23.1 ^a	77.1
No. 6	21.7 ^a	28.8 ^a	19.2 ^b	69.7

a, b, c, d, e Means with the same letter within a column are not significantly different at 5% level.

蕭 (1989) 曾針對芻料用高粱選種指標進行探討，指出株高、葉寬、分蘗數、植株鮮重 (葉、莖與穗鮮重)、莖/葉乾物重比與乾物率等性狀與收量及總乾物重成極顯著正相關，因此，建議可以利用這些性狀作為高粱高產潛力的選種指標。其後，蕭等 (2000) 依據高粱生長性狀指標進行雜交 F_1 品系選育，分別探討雜交組合之一般及特殊組合力，篩選優良的組合進行後續試驗。本試驗參考及調查多個農藝性狀指標，藉以評估於早期生育期間進行篩選具高產潛能品系的可行性。試驗結果顯示，具高產牧草產量的二個選育高莖品系 No. 5 與 No. 6，於生育 40、75 與 95 天的農藝性狀中，株高、莖徑、植株鮮重與最大葉長等性狀均有最大值，顯著高於引進之日系品系。本試驗與蕭 (1989) 研究結果一致，因此，應可利用株高、莖徑、植株鮮重與最大葉長等性狀，於早期生育期間進行篩選具高產潛能品系。

Rooney and Aydin (1999) 研究有關高粱對光期的遺傳控制研究，顯示對日照敏感是高粱的生育特性之一，從原生赤道熱帶地區逐漸南北移動至溫帶地區生長，首先必須先改變生殖週期，逐步演化與適應，即從對光週期不敏感逐漸適應改變成敏感的特性。Pedersen and Rooney (2004) 提出高粱進化的首要特性即為對光週期敏感性的改變。本試驗中所有參試高粱品系約於播種後 55 – 60 天開花，以品系 No. 5 最遲。在秋天短日照情形下，所有參試品系均對光期敏感，顯現抽穗較早的早熟性特性。

日系品系 (No. 1 – No. 4) 均有較高的葉/莖乾物比，與高莖品系 (No. 5 與 No. 6) 有顯著差異，顯示日系品系植株較為纖細矮小多分枝、較高的葉/莖乾物比率，具較佳的營養成分與飼料價值，相較之下，高莖品系因植株高大且莖桿粗壯，含較高量的粗纖維與木質素，然較低的葉/莖乾物比，影響其營養成分與飼料價值。高莖的特性常易造成植株倒伏，且造成纖維素及木質素含量增加，降低芻料的營養品質 (Pedersen *et al.*, 2005)。本試驗調查生育中後期 75 與 95 天的農藝性狀結果顯示，高莖品系雖有生育優勢與高牧草產量，然因具低的葉/莖乾物比，且莖桿占大部分比例，明顯影響其營養品質。Rana *et al.* (1984) 提出高粱選育的理想植株高度為 175 公分左右，而分所選育的二個高莖品系株高較高，似不符合選育的理想植株高度，引進之日系品系 No. 4 植株高度雖較符合理想高度且其葉/莖乾物比最高，然雖具較多的分蘗數，刈割產量仍未盡理想，因此，將來選育方向除朝降低植株高度外，亦應考量葉片的優良性狀與植株分蘗等特性，增加葉/莖乾物比，提昇營養品質，期更廣泛栽植與利用芻料用高粱，以提昇本土性芻料生產及芻料自給率。

本試驗所有參試品系的乾物率低於 30%，明顯較玉米 (一般約為 30% 以上) 低，顯示其營養成分及飼料價值較玉米稍差 (陳與王，2012)。為提昇本土多元性芻料生產及芻料自給率，改進芻料高粱利用效率與提昇營養成分，除直接以育種方式選育較高乾物率品系外，另外，亦可與玉米或其他作物混合或調製成青貯料，也可適度提昇營養價值與改善芻料品質 (Ayub and Shoaib, 2009; Kalton, 1988; Malezieux *et al.*, 2009; Marsalis *et al.*, 2009; 2010; Pedersen *et al.*, 2005; Zerbini and Thomas, 2003)。

結論與建議

本試驗參試的四個日本引種芻用高粱品系與二個選育的高莖品系，在秋作季節的短日環境下，所有品系均對短日照敏感 (早熟特性)，引進的日系品系生育與產量表現未盡理想，期望未來可於春作或在其他地區再次進行栽培試驗。本土所選育的高莖品系則具有較強的環境適應力，有較佳的生育與產量表現，應具有高產的生產潛力。試驗結果顯示，如單僅考量牧草產量時，應可利用高粱早期的生育特性如株高、莖徑與植株鮮重等性狀，進行早期篩選具高產潛力的品系。本研究報告初期僅針對高粱具高產量潛力的品種特性探討，未來將持續進行探討高粱營養成分及可消化養分變動情形，提出更適合的品種特性與收穫指標，供栽培利用參考。

參考文獻

- 陳嘉昇、王紓愍。2012。青割玉米營養成分的變動與相關性探討。畜產研究 45(4)：287-301。
- 蕭素碧。1989。芻料用高粱選種指標之探討。畜產研究 22(1)：59-68。
- 蕭素碧、羅國棟、許福星、洪國源、盧啟信、陳坤照、金文蔚、陳文、陳玉燕、張溪泉、黃耀興。1997。蘇丹草臺畜一號之育成。畜產研究 30(4)：337-350。
- 蕭素碧、林正斌、陳玉燕。2000。芻料用高粱雜交 F_1 品系之選育。畜產研究 33(2)：154-164。
- Ayub, M. and M. Shoaib. 2009. Studies on fodder yield and quality of sorghum alone and in mixture with guara under different planting techniques. Pak. J. Agri. Sci. 46: 25-29.
- Bahrani, M. J. and A. Deghani-Ghenatghehstani. 2004. Summer forage sorghum yield, protein and prussic acid contents as

- affected by plant density and nitrogen topdressing. *J. Agri. Sci. Techno.* 6: 73-78.
- Bean, B. W., R. L. Baumhardt, F. T. McCollum III and K. C. McCuiston. 2013. Comparison of sorghum classes for grain and forage yield and forage nutritive value. *Field Crops Res.* 142: 20-26.
- Jahanzad, E., M. Jorat, H. Moghadam, A. Sadeghpour, M. R. Chaichi and M. Dashtaki. 2013. Response of new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agri. Water Man.* 117: 62-69.
- Kalton, R. R. 1988. Overview of forage sorghum. In: Wilkinson, D. (Ed.), *Proc. Annu. Corn and sorghum Ind. Res. Conf.* 43rd. Chicago, IL, 8-9 December 1988. Am. Seed Trade Assoc., Washington, DC. pp. 1-12.
- Malezieux, E., Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. de Tourdonnet and M. Valantin-Morison. 2009. Mixing plant species in cropping system: Concepts, tools and models. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 29: 43-62.
- Marsalis, M. A., S. Angadi, F. E. Contreras-Govea and R. E. Kirksey. 2009. Harvest timing and by product addition effects on corn and forage sorghum silage grown under water stress. *Bull.* 799. NMSU Agri. Exp. Stn. Las. Cruces, NM.
- Marsalis, M. A., S. Angadi and F. E. Contreras-Govea. 2010. Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. *Field Crop Res.* 116: 52-57.
- Pedersen, J. L. and W. L. Rooney. 2004. Warm-Season (C₄) Grasses. American Society of Agronomy, Crops Science Society of America, Soil Science Society of America, 677S. Segoe Rd., Madison. WI53711, USA. Agronomy Monograph no. 45, pp. 1057-1079.
- Pedersen, J. L., K. P. Vogel and D. L. Funnell. 2005. Impact of reduced lignin on plant fitness. *Crop Sci.* 45: 812-819.
- Rana, B. S., B. C. Barah, H. P. Binswanger and N. G. Rao. 1984. Breeding optimum plant types in sorghum. *Indiana J. Genet.* 44: 385-398.
- Rooney, W. L. and S. Aydin. 1999. Genetic control of a photoperiod-sensitive response in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Crop Sci.* 39: 205-208.
- Saeed, I. A. M. and A. H. El-Nadi. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. *Irrig. Sci.* 18: 67-71.
- SAS. 2002. SAS procedure guide for personal computers. Version 6th ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. U.S.A.
- Vaailakoglou, I., K. Dhima, N. Karagiannidis and T. Gatsis. 2011. Sweet sorghum productivity for bio-fuels under increased soil salinity and reduced irrigation. *Field Crop Res.* 120: 38-46.
- Whitfield, M. B., M. Chinn and M. W. Veal. 2012. Processing of materials derived from sweet sorghum for biobased products. *Ind. Crops Pro.* 37: 362-375.
- Zerbini, E. and D. Thomas. 2003. Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in south Asia through genetic enhancement. *Field Crop Res.* 84: 3-15.

The assessment of yielding potential in forage sorghum lines ⁽¹⁾

Min-Lang Chang ⁽²⁾⁽⁴⁾ and Li-Jen Liao ⁽³⁾

Received: Jan. 5, 2015; Accepted: May 6, 2015

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the effects of forage sorghum agronomic characters on yield and the following ratoon croprotation. There were four forage sorghum lines introduced from Japan and two lines selected from HengChun Branch COA. LRI. as experimental materials. The results showed that the two selecting lines in traits of plant height, stem diameter, plant fresh weight, max leaf length and leaf/stem ratio in the early seedling stage (40 days), were higher than those of the four Japanese lines. Besides, both in 75 and 95 days, the traits of plant height, stem diameter, plant fresh weight, max leaf length and max leaf width of the selecting lines, were higher than those of the four Japanese lines. The two selecting lines on the growth potential fertility during the development and the yields were higher than those of introduced varieties in main production, first ratoon harvest, second ratoon harvest and total production. However, the leaf/stem ratio of four Japanese lines was significantly higher than that of the two selecting lines. The results showed that all forage sorghum lines were sensitive to day length and the selecting lines had higher production than other four Japanese lines. It is beneficial to select the high yielding lines from the assessment of seedling agronomic characters in early stage in the basis biomass production.

Key words: Forage sorghum, Agronomic character, Select, Yielding potential.

(1) Contribution No. 2230 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

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

(3) National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung City 802, Taiwan, R.O.C

(4) Corresponding author, E-mail: mlchang@mail.tlri.gov.tw.