

芻料用高粱雜交 F_1 品系之選育⁽¹⁾

蕭素碧⁽²⁾ 林正斌⁽²⁾ 陳玉燕⁽³⁾

收文日期：88 年 12 月 6 日；接受日期：89 年 3 月 2 日

摘 要

從芻料用高粱種原庫中選出五個細胞質雄不稔性系統當母本，五個雄可稔恢復系統當父本進行雜交，獲得 25 個雜交 F_1 品系種子。於 1997 年春季種植，成熟時調查株高、分蘗數、鮮草產量、糖度、乾物率及乾物產量，宿根一次。結果母本所有性狀與父本除糖度及乾物率外，其餘性狀之組合力均方皆達顯著水準。共同親本 632A 及 219A (母本) 株高中等約 150 公分，分蘗數 3.6 及 4.8 支/株；Tifton (為蘇丹草台畜草一號之代號，父本) 植株高大 220 公分，分蘗 6.7 支/株，三品系鮮草產量及乾物產量皆高，對葉斑病抵抗力強，而其餘親本對葉斑病的抗性弱。另從 25 個雜交 F_1 品系比較試驗中，632A×Tifton 及 219A×Tifton 之株高 226 及 224 公分，分蘗 5.2 及 9.3 支/株，乾物產量 13.5 及 12.2 公噸/公頃，雖非最大，但對葉斑病表現極抗與抗等級，其餘品系則對葉斑病抗性皆不強。

由上項試驗選出 632A×Tifton 及 219A×Tifton 兩個雜交 F_1 品系，以 Tifton 為對照，於 1998 年春季分別於台南新化、佳里及屏東內埔等地繼續進行區域試驗。第一次生長及宿根生長合併分析，結果鮮草產量以台南佳里地區表現最佳，尤其 Tifton 鮮草產量 53.7 公噸/公頃/次最大，而 632A×Tifton 於另兩個地區皆較 219A×Tifton 及 Tifton 產量高。632A×Tifton 及 219A×Tifton 兩個品系於佳里地區第一次生長後期遇大雨，皆嚴重倒伏 (90%)，而 Tifton 倒伏程度中等 (50%)，其他兩個地區所有品系皆無倒伏。芻料用高粱具宿根性，其產量於佳里地區第一次生長即高產，但於新化及內埔地區則於宿根生長較第一次者高產。於內埔地區繼續宿根，全年共五次採收試驗，結果三個品系產量皆於第二次及第三次生長較其他次來得高，第四次劇降，第五次再降，顯示芻料用高粱第一次至第三次的生長具高產潛力。五次鮮草總產量 632A×Tifton 為 171 公噸/公頃，較 Tifton 之 157 公噸/公頃明顯地高產，由上可知 632A×Tifton 品系適應性廣、抗病且具高產潛力，若能進一步改善其倒伏性，則可供農民種植時另一品種之選擇。

關鍵詞：選育、雜交種、芻料用高粱。

緒 言

芻料用高粱 (forage sorghum) 為 C_4 型禾本科作物，耐乾旱且再生能力強，於管理較粗放的

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 998 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物系。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。

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、澳洲及中南美洲等已普遍用它當作芻料為牲畜能量的來源(Goodrich and Meiske, 1985)。

本省雲嘉南地區有大面積的高粱，但多為穀粒用，穀粒採收後莖葉廢棄，殊屬可惜。芻料用高粱為全株切碎，直接青飼或製作青貯料供牲畜芻料用，因此莖、葉、穗等全株性狀的表現皆為選育的重點，本所於民國 78 年開始芻料用高粱品系的選育，並於民國 84 年選出蘇丹草(*Sorghum sudanense* Stapf) 台畜草一號，經命名通過並推廣，此品種莖稈多汁，無毛，牲畜嗜口性佳，鮮草產量於抽穗後每公頃平均約 40 公噸/次，年可收割 2 至 3 次(蕭等，1997)，雖再生力強，但冬冷季節生長不佳，且為自交系，種子小，萌芽及幼苗生長緩慢，初期栽培管理困難，致農民種植意願不強。

穀粒用高粱(*S. bicolor* L.)及甜高粱(*S. dochna*)之種子一般較蘇丹草者大，初期生長較快，葉片較寬，莖稈較粗，但分蘗較少，較易倒伏及罹患病蟲害。為改良芻料用高粱之基因質，穀粒用高粱、甜高粱及蘇丹草等常為雜交 F_1 品系的親本來源(Craigmiles, 1966)，此三個物種均屬 *Eu-Sorghum* 亞屬，染色體組(genome)間差異少，它們之間的差別主要在基因層次(Endrizzi, 1957)，彼此極易相互雜交，屬於可共享同一基因庫之孟德爾族群，例如穀粒用高粱與蘇丹草間的雜交種目前已被廣用為芻料商品(Sotomayor-Rios and Torres-Cardona, 1984)，而甜高粱由於其莖稈有糖汁可增加發酵青貯的品質(Gourley and Lusk, 1977)，亦常被用為雜交種之親本。美國 1980 年代於田納西州推廣的 Super-Chowmaker 235 及 Sweet Sioux III，為皆以穀粒用高粱及蘇丹草的純系當作親本雜交出來的 F_1 品系(Rodney and Fribourg, 1981)。自從高粱細胞質雄不稔系統被發現後，雜交種即被廣泛應用(Stephens and Holland, 1954)，其具有雜種優勢，可增加生產量及改進品質，然雜交品種 F_1 的表現無法由親本自身之農藝性狀直接予以預測，而須經遺傳成分評估及組合力檢定後才能事半功倍地育成優良自交系及雜交種(黃等，1989)。

本試驗利用五個細胞質雄不稔系統及五個雄可稔恢復系統為親本進行雜交，所得之雜交 F_1 品系為參試材料，以探討此些雜交組合之一般及特殊組合力，從而瞭解各親本及雜交組合之遺傳訊息，並從中再選出兩個雜交 F_1 品系進行區域試驗，以期選出優良芻料用高粱雜交種，供農民種植參考用。

材料及方法

I. 組合力檢定

從本所之高粱種原庫中挑出細胞質雄不稔系統 632A、219A、UI9A、80A 及 54A 等五個品系當母本，雄可稔恢復系統 Tifton (蘇丹草台畜草一號)、4D、T×2835、T×2823 及 T×2832 等五個品系當父本(親本中 UI9A 為甜高粱，Tifton 為蘇丹草，餘皆為穀粒用高粱)，進行雜交計得 25 個雜交 F_1 品系參試，於 1997 年春季四月種植於農委會畜產試驗所(台南新化)試驗區，完全逢機設計(CRD)，三重複，行株距 80 × 10 公分，每試區 6 行，長 5 公尺。肥料為種植時及萌芽後 25 天分別施用台肥複合肥料一號(N:P:K=20:5:10) 800 公斤/公頃。於成熟時調查農藝性狀，宿根一次，調查方法與前作同。資料整理為春作及宿根等兩期作合併統計分析，根據 Snedecor(1956)的直線模式計算，並以多種變域測驗法測品系間之差異顯著性(multiple range test)。性狀調查如下：

株高：從莖基部至穗頂之高度。(單位：公分)

分蘗：每株從莖基部長出之分蘗枝總數。

倒伏度：以目測法評估倒伏程度。(單位：%)

葉斑病：目測葉片葉斑佔整株葉片面積百分率，依熱帶半乾旱地區國際作物研究所 (ICRISAT) 之報告畫分等級，0、1、2、3及4分別為極抗、抗、中感、感及極感等。0：0-10%，1：10-30%，2：30-50%，3：50-75%，4：75-100% (Sharma, 1978)。

錘度：測量高粱稈中間節間部位汁液之糖濃度，測量器為測量甘蔗糖度之 Digital refractometer PR-1。

II. 區域試驗

從 I 項之 25 個雜交 F₁ 品系中挑出兩個產量較高且抗病的雜交 F₁ 品系 632A × Tifton 及 219A × Tifton 參試，並以 Tifton 為對照，完全逢機設計，四重複，小區面積 20 平方公尺，行株距 80 × 10 公分，分別於台南縣新化鎮(本所)、台南縣佳里鎮及屏東縣內埔鄉(畜產試驗所高雄種畜繁殖場)進行，皆於 1998 年 3 月種植，其土質分別為砂質土、砂壤土及砂質土。佳里地區種植前施用有機肥，其他兩地未施有機肥。肥料施用與 I 項同。調查方法與 I 項同，新化鎮及佳里鎮地區宿根一次(皆分別於 1998 年 6 月及 8 月收割)，而屏東內埔地區宿根四次(分別於 1998 年 6 月 11 日、8 月 6 日、9 月 29 日、11 月 25 日及翌年 2 月 2 日收割)。

結果與討論

高粱屬物種 (*Sorghum* spp.) 具有細胞雄不稔系統 (cytoplasmic male sterile line) 及雄可稔恢復系統 (male fertile restoring line)，可用來生產大量的雜交種子。其特有的雜種優勢，可增加產量及品質 (Craigmiles, 1961; Quinby, 1963)，通常兩親間親緣相差愈大，其雜種優勢愈大，例如本省目前所推廣之雜交種高粱台中五號其父母本 2R 及 80A 表現型間差異甚大，而穀粒產量及抗病抗蟲性皆優於雙親。然雜交種之親本或育種材料之選擇，有賴於對遺傳背景及生理環境之瞭解，才能發揮最佳的基因組合。故為求有效的育種，先進行一般及特殊組合力 (general and specific combining abilities, GCA and SCA) 分析，以瞭解所欲改良性狀的遺傳行為是相當重要的。一般組合力定義為雜交組合中一個品系與其它各品系雜交而得 F₁ 之平均值 (average performance)，特殊組合力定義為某二個特殊品系間雜交所得 F₁ 之平均值與該二品系一般組合力平均值之離差 (Sprague and Tatum, 1942)。從 25 個雜交 F₁ 品系之變方分析中，可知母本所有性狀及父本除糖度及乾物率外，其餘性狀的一般組合力均方 (GCA) 皆達顯著水準，而特殊組合力均方 (SCA) 除乾物率外其餘性狀亦皆達顯著水準，鮮草產量、乾物產量、糖度及乾物率則易受春作及宿根再生等期作影響。母本性狀包括株高、鮮草產量、乾物產量及乾物率等之一般組合力均方皆較父本者及雜交品系之組合力均方大 (表 1)，顯示這些性狀的選育，母本的基因質更為重要。葉斑病為本省高粱重要病害之一，其一般及特殊組合力皆存在，而 GCA/SCA 為 7 (蕭, 1994)，表示控制該性狀之可遺傳的累加性基因作用大於不可遺傳的非累加性基因 (顯性效應等)，後裔抗病可有效地選拔，因此在本試驗亦調查葉斑病，作為雜交 F₁ 品系父母本決定的參考。親本平均值係該親本與其他親本雜交所表現之平均值，通常親本平均值大小次序與一般組合效應有對應關係 (Griffing, 1956)，即其平均值主要受到基因加性的作用，從表 2 知雜交 F₁ 共同母本 UI9A 較其他母本具較大的鮮草產量及乾物產量，但株高平均 230 公分亦最大，顯示其一般組合效應高，即含有較多增重及增高的基因 (高粱株高為四對 multiple-gene 所控制; Quinby and Karper, 1954)，但母本植株高大，柱頭授粉機率降低，對雜交種子之繁殖不利，且植株高大遇到大雨或颱風常有倒伏之慮。葉斑病平均 2.4 為中感以下等級，倒伏及感病對於芻料作物之生產及品質為一大傷害，尤其葉斑病對牲畜嗜口性及品質影響很大，因此雜交種的親本在株高及抗病方面不可不慎選。

表 1. 芻料用高粱 25 個雜交 F₁ 品系農藝狀變方成分估值Table 1. Estimates of the components of variances for agronomic traits of 25 F₁ hybrids in forage sorghum

Source of variance	Degree of freedom	Plant height	Tiller number	Fresh forage yield	Brix	Dry matter percent	Dry matter yield
Female(F)	4	191411 **	35 **	97475 **	79 *	542 **	7820 **
Male(M)	4	131559 **	361 **	23250 **	22	145	2251 **
Crop(C)	1	31	2	19743 **	46 **	835 **	5653 **
F × M	16	42392 **	117 **	60674 **	231 **	276	5471 **
F × M × C	24	48849 **	331 **	68737 **	632 **	1297	8162 **
Error	100	11633	237	44645	568	1785	5988

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

表 2. 芻料用高粱 25 個雜交 F₁ 品系其共同親本之性狀Table 2. Agronomic traits of ten parents in common evaluated from their 25 F₁ hybrids in forage sorghum

Parent in common	Plant height	Tiller number	Fresh forage yield	Brix	Dry matter percent	Dry matter yield	Rank of target leaf spot disease ^A
Female	cm	No./plant	mt/ha	°	%	mt/ha	
632A	143 ^{c*}	3.6 ^{ab}	29.6 ^b	12.6 ^c	35.6 ^b	10.4 ^{bc}	1.6
219A	144 ^c	4.0 ^a	28.0 ^b	13.7 ^{ab}	36.7 ^{ab}	10.3 ^{bc}	1.6
UI9A	230 ^a	3.0 ^b	45.2 ^a	14.3 ^a	32.6 ^c	14.7 ^a	2.4
80A	128 ^d	4.3 ^a	27.3 ^b	13.4 ^b	38.3 ^a	10.1 ^b	2.4
54A	163 ^b	3.2 ^b	25.0 ^b	12.3 ^c	36.9 ^{ab}	9.1 ^c	3.0
Male							
Tifton	220 ^a	6.7 ^a	34.3 ^{ab}	13.3 ^a	36.5 ^a	12.5 ^a	1.4
4D	151 ^b	3.2 ^b	28.5 ^{cd}	13.9 ^a	35.4 ^a	9.5 ^b	2.5
T × 2835	152 ^b	2.6 ^b	35.4 ^a	12.9 ^a	34.6 ^a	11.8 ^a	2.8
T × 2823	147 ^b	2.5 ^b	31.0 ^{bc}	12.9 ^a	35.9 ^a	11.0 ^a	2.4
T × 2832	138 ^c	3.1 ^b	26.0 ^d	13.4 ^b	37.5 ^a	9.7 ^b	2.0
Mean	162	3.6	31.0	13.3	36.0	10.9	2.2

* Means with the same letter within a column of female and male are not significantly different at 5% level.

^ARank represented the level of target leaf spot disease divided : 0 (0-10%), 1 (10-30%), 2 (30-50%), 3 (50-75%) and 4 (75-100%), respectively.

632A 及 219A 當共同雌親亦具有高的鮮草及乾物產量，株高平均 143 公分，葉斑病平均 1.6 為抗等級，至於 632A 及 219A 之自交系本身則對葉斑病極抗，抗葉斑病為兩對以上隱性基因的控制，不但具累加性且具雜種優勢(蕭，1994；蕭，1997)，故若一親感病其雜交 F₁ 品系不但極易罹病且加重罹病程度，此為雜交 F₁ 品系選育時必須注意的項目。於雜交 F₁ 共同父本部份，以 T × 2835 及 Tifton (蘇丹草台畜草一號)之鮮草產量及乾物產量較大，兩親本間差異不顯著。至於株高除 Tifton 平均值 220 公分外，餘皆在 150 公分左右，而葉斑病除 Tifton 父本平均值 1.4 為抗病

等級外，其他父本則在 2.0~2.8 間為感病等級。Tifton 自交系本身對葉斑病也表現極抗，雖植株較高大，但分蘗數 6.7 最多(表 2)，抗倒伏性。由上從株高、鮮草產量、乾物產量及抗病方面來考量，知 632A 及 219A 可提供為較優良的母本，Tifton 為較佳的父本。

從表 1 知特殊組合力除乾物率不顯著外，其餘性狀皆達極顯著水準，而 25 個雜交 F₁ 品系之株高，若有 UI9A 或 Tifton 當親本者，其雜交 F₁ 品系之株高皆 200 公分以上，鮮草產量及乾物產量也較其他雜交品系高，尤其母本含有 UI9A 系統者，產量都很高(Quinby, 1963)，但相對地其葉斑病皆呈感病等級(表 3)。632A × Tifton 及 219A × Tifton 兩品系株高分別為 226 及 224 公分，分蘗數 9.3 及 5.2 支/株，乾物產量分別為 13.5 及 12.2 公噸/公頃，雖較以 UI9A 為母本之五個雜交組合略低，但較其他組合高，且對葉斑病表現極抗(0)及抗(1)等級，由於抗病、沒有倒伏(試驗期間 25 個雜交 F₁ 品系皆無倒伏現象)及產量高，被選出參與進一步的區域試驗，並加入 Tifton

表 3. 粳料用高粱 25 個雜交 F₁ 品系之農藝性狀

Table 3. Agronomic traits of 25 F₁ hybrids in forage sorghum

Hybrid F ₁ line	Flowering day	Plant height	Tiller number	Fresh forage yield	Brix	Dry matter percent	Dry matter yield	Rank of target leaf spot disease ^A
	days	cm	No./plant	mt/ha	°	%	mt/ha	
632A × Tifton	63	226 ^{ab} *	5.2 ^b	35.9 ^{cde}	12.4 ^{abc}	36.2 ^a	13.5 ^{bcd}	0
632A × 4D	60	150 ^e	3.3 ^{bc}	32.8 ^{efg}	14.0 ^{abc}	32.4 ^a	9.7 ^{defg}	3
632A × T × 2835	60	120 ^{fg}	3.2 ^{bc}	26.0 ^{ij}	11.2 ^{bc}	34.9 ^a	9.0 ^{defg}	2
632A × T × 2823	60	114 ^{fg}	2.8 ^{bc}	26.2 ^{ij}	12.5 ^{abc}	37.4 ^a	9.8 ^{defg}	2
632A × T × 2832	62	105 ^g	3.5 ^{bc}	27.1 ^{hi}	13.1 ^{abc}	37.2 ^a	10.1 ^{defg}	1
219A × Tifton	57	224 ^{ab}	9.3 ^a	31.9 ^{efgh}	16.3 ^a	38.1 ^a	12.2 ^{cde}	1
219A × 4D	58	139 ^{ef}	3.3 ^{bc}	28.9 ^{ghi}	14.9 ^{ab}	35.7 ^a	10.3 ^{defg}	2
219A × T × 2835	57	118 ^{fg}	2.8 ^{bc}	25.8 ^{ij}	12.3 ^{abc}	35.7 ^a	9.2 ^{efg}	2
219A × T × 2823	59	119 ^{fg}	2.0 ^c	26.0 ^{ij}	12.7 ^{abc}	34.8 ^a	9.3 ^{efg}	2
219A × T × 2832	56	119 ^{fg}	2.7 ^{bc}	27.3 ^{hi}	12.1 ^{abc}	38.9 ^a	10.6 ^{defg}	1
UI9A × Tifton	59	244 ^a	4.3 ^{bc}	36.5 ^{cde}	12.7 ^{abc}	33.1 ^a	12.2 ^{cde}	2
UI9A × 4D	58	223 ^{ab}	3.2 ^{bc}	38.2 ^{cd}	13.6 ^{abc}	32.2 ^a	12.5 ^{bcd}	2
UI9A × T × 2835	56	244 ^a	2.0 ^c	65.9 ^a	16.3 ^{abc}	29.7 ^a	19.7 ^a	3
UI9A × T × 2823	60	239 ^{ab}	2.3 ^{bc}	51.1 ^b	13.4 ^{abc}	32.1 ^a	16.7 ^{ab}	2
UI9A × T × 2832	56	199 ^{bc}	3.2 ^{bc}	34.4 ^{def}	15.6 ^{abc}	36.0 ^a	12.4	3
80A × Tifton	65	183 ^{cd}	9.2 ^a	40.6 ^c	11.9 ^{abc}	37.4 ^a	14.6 ^{bc}	2
80A × 4D	59	121 ^{fg}	3.2 ^{bc}	23.5 ^{ik}	13.1 ^{abc}	37.4 ^a	8.4 ^{efg}	2
80A × T × 2835	60	117 ^{fg}	3.0 ^{bc}	30.4 ^{ghi}	14.7 ^{ab}	38.3 ^a	11.3 ^{cdef}	3
80A × T × 2823	59	105 ^g	3.0 ^{bc}	22.7 ^{jk}	14.3 ^{ab}	38.1 ^a	8.6 ^{efg}	3
80A × T × 2832	55	116 ^{fg}	3.0 ^{bc}	19.3 ^k	13.3 ^{abc}	40.3 ^a	7.7 ^{fg}	2
54A × Tifton	62	223 ^{ab}	5.3 ^b	26.6 ^{ij}	13.0 ^{abc}	37.7 ^a	10.2 ^{defg}	2
54A × 4D	60	120 ^{fg}	3.2 ^{bc}	18.9 ^k	14.1 ^{abc}	39.5 ^a	6.8 ^g	3
54A × T × 2835	59	162 ^{de}	1.8 ^c	28.9 ^{ghi}	9.8 ^c	34.7 ^a	9.6 ^{defg}	4
54A × T × 2823	58	160 ^{de}	2.5 ^{bc}	28.8 ^{ghi}	11.8 ^{abc}	37.2 ^a	10.7 ^{defg}	3
54A × T × 2832	58	149 ^e	3.0 ^{bc}	21.8 ^{jk}	12.7 ^{abc}	35.3 ^a	7.7 ^{fg}	3

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

^ARank represented the level of target leaf spot disease divided : 0 (0-10%), 1 (10-30%), 2 (30-50%), 3 (50-75%) and 4 (75-100%), respectively.

品種為對照，分別於台南縣新化鎮(本所)、台南縣佳里鎮及屏東縣內埔鄉(畜產試驗所高雄種畜繁殖場)等地進行，種植時間為1998年3月中旬，於5月中旬開花，5月下旬至6月中旬成熟。台南佳里地區，632A × Tifton 第一次生長株高278公分，219A × Tifton 為290公分，Tifton 307公分，皆較台南新化及屏東內埔地區高出100公分左右，鮮草產量三個品系分別為46.3、45.6及52.8公噸/公頃，相對於台南新化及屏東內埔地區亦皆各高出約一倍或一倍以上，但由於五月底及六月上中旬的大雨，台南新化及屏東內埔地區並沒有發現參試品系倒伏，而佳里地區 632A × Tifton 及 219A × Tifton 嚴重倒伏程度約90%，Tifton 則半倒伏約50%，致機械收穫困難。第二次生長佳里地區可能受到第一次生長倒伏的影響，632A × Tifton 及 219A × Tifton 鮮草產量較第一次者低，且比新化及內埔地區第二次生長者低，但 Tifton 仍維持相當高的產量55公噸/公頃，而新化及內埔地區三個品系第二次生產皆較第一次者高出一倍左右，尤其 Tifton 分別為36.5及51.1公噸/公頃(表4)，顯示芻料用高粱產量於此些地區第二次生長比第一次者高。然三地兩次鮮草產量的平均，仍以佳里地區 Tifton 產量最高53.7公噸/公頃(表5)。而 632A × Tifton 於另外兩個地區皆較 219A × Tifton 及 Tifton 產量高，顯示其於不同環境下適應性高。佳里地區土

表 4. 芻料用高粱新品系區域試驗

Table 4. District trial of new lines in forage sorghum

Location	Line	Growth cycle	Plant height	Stem diameter	Brix	Fresh forage yield	Dry matter percent	Lodging	Rank of target leaf spot disease ^A
			cm	mm	°	mt/ha	%	%	
Tainan	632A × T ⁺	First	178 ^{c*}	12.3 ^a	12.5 ^a	25.1 ^a	30.9 ^b	0	0
Hsinhua	219A × T	First	205 ^b	10.9 ^a	13.2 ^a	22.2 ^b	33.8 ^a	0	1
	Tifton	First	225 ^a	11.1 ^a	14.0 ^a	20.1 ^b	32.0 ^{ab}	0	0
Tainan	632A × T	First	278 ^b	15.1 ^a	9.1 ^{ab}	46.3 ^b	28.0 ^b	90	0
Chiali	219A × T	First	290 ^{ab}	14.2 ^a	8.8 ^b	45.6 ^b	30.0 ^a	90	1
	Tifton	First	307 ^a	12.0 ^b	10.8 ^a	52.8 ^a	29.0 ^{ab}	50	0
Pingtung	632A × T	First	187 ^{ab}	9.3 ^a	-	19.2 ^a	23.7 ^c	0	0
Naipu	219A × T	First	169 ^b	8.0 ^a	-	19.7 ^a	25.8 ^b	0	0
	Tifton	First	198 ^a	8.5 ^a	-	17.2 ^b	28.6 ^a	0	0
Tainan	632A × T	Second	261 ^a	12.5 ^a	15.5 ^a	42.5 ^a	-	0	0
Hsinhua	219A × T	Second	245 ^b	12.8 ^a	14.0 ^a	32.3 ^b	-	0	1
	Tifton	Second	241 ^b	10.4 ^b	14.1 ^a	36.5 ^{ab}	-	0	0
Tainan	632A × T	Second	258 ^b	14.5 ^a	10.9 ^b	37.4 ^b	-	0	0
Chiali	219A × T	Second	250 ^b	13.1 ^{ab}	10.2 ^b	23.6 ^c	-	0	1
	Tifton	Second	297 ^a	12.5 ^b	12.8 ^a	55.0 ^a	-	0	0
Pingtung	632A × T	Second	288 ^{ab}	14.6 ^a	-	50.6 ^a	24.9 ^b	0	0
Naipu	219A × T	Second	281 ^b	13.6 ^a	-	46.1 ^b	24.8 ^b	0	0
	Tifton	Second	296 ^a	12.2 ^a	-	51.1 ^a	27.1 ^a	0	0

⁺ T: Tifton

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

^A Rank represented the level of target leaf spot disease divided: 0 (0-10%), 1(10-30%), 2 (30-50%), 3(50-75%) and 4(75-100%), respectively.

表 5. 芻料用高粱新品系第一次及第二次生長之農藝性狀

Table 5. Agronomic traits of forage sorghum evaluated by two crops at three locations

Location	Line	Plant height	Stem diameter	Brix	Fresh forage Yield	Lodging	Rank of target leaf spot disease ^A
		cm	mm	°	mt/ha	%	
Tainan	632A × T ⁺	220 ^a *	12.4 ^a	14.0 ^a	33.8 ^a	0	0
Hsinhua	219A × T	225 ^a	11.9 ^{ab}	13.6 ^a	27.2 ^b	0	1
	Tifton	233 ^a	10.7 ^b	14.1 ^a	28.3 ^b	0	0
Tainan	632A × T	270 ^b	14.8 ^a	9.9 ^b	42.5 ^b	45	0
Chiali	219A × T	273 ^b	13.7 ^a	9.4 ^b	33.7 ^c	45	1
	Tifton	303 ^a	12.2 ^b	11.6 ^a	53.7 ^a	25	0
Pingtung	632A × T	238 ^{ab}	11.9 ^a	-	34.3 ^a	0	0
Naipu	219A × T	225 ^b	10.8 ^{ab}	-	32.9 ^a	0	0
	Tifton	247 ^a	10.4 ^b	-	34.2 ^a	0	0

⁺ T: Tifton.

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

^ARank represented the level of target leaf spot disease divided : 0(0-10%), 1(10-30%), 2(30-50%), 3(50-75%) and 4(75-100%), respectively.

質屬砂壤土，種植前施用有機肥，排水佳，而新化及內埔地區皆屬砂質土，土中有機質少，是否土質及肥分對芻料用高粱的生長及產量影響很大，則須進一步探討。至於新化及內埔地區第二次生產較第一次者高出很多，但第三次是否能持續高產？從屏東內埔地區知 632A × Tifton、219A × Tifton 及 Tifton 等三個品系鮮草產量第三次分別為 52.6、46.2 及 41.9 公噸/公頃，第四次為 27.7、27.7 及 25.88 公噸/公頃，第五次為 21.6、22.5 及 21.1 公噸/公頃，三個品系收割五次年鮮重產量分別為 171、162 及 157 公噸/公頃（表 6），顯示芻料用高粱從三月中旬種植，第一次收穫後每隔 55 至 70 日宿根生長，結果年可收五次，鮮草產量高峰期落在第二及第三次，第四及第五次草產量急劇下降，此是否因連作及溫度下降所致，仍須進一步探討。

由上述結果可知 632A × Tifton 雜交 F₁ 品系具較寬廣的母本遺傳背景，雜種優勢表現優異，於不同環境下適應性強、高產、抗病，但植株高抗倒伏性較差。而 Tifton 於環境良好地區（土質及肥份佳）產量更高，再生能力強，抗病性高，抗倒伏，已於民國 84 年 11 月命名為蘇丹草台畜草一號推廣（蕭等，1997），但由於蘇丹草台畜草一號開花期不一致，種子小，種植時第一次幼苗生長緩慢，雜草易侵入，栽培管理不易，種植面積一直無法擴大。而為改良開花行為及幼苗生長情形，進行穀粒用高粱、甜高粱與蘇丹草間的雜交及區域試驗，結果 632A × Tifton 品系幼苗生長快，開花較一致，產量高，適應性及抗病性強，只是抗倒伏性略差（表 4）。Rana *et al.* (1984) 提出高粱選育理想植株高度為 175 公分左右，或許朝這一方面再繼續改良，將優良性狀聚於一品系，使芻料用高粱能於台灣予以推廣種植，以提升芻料自給率及品質。

表 6. 芻料用高粱新品系年收五次之農藝性狀 (屏東內埔)

Table 6. The agronomic traits of forage sorghum in five successive harvests within a whole year at Naipu, Pingtung

Line	Growth cycle	Plant height	Fresh forage yield	Dry matter yield	Dry matter percent
		cm	mt/ha	mt/ha	%
632A × T [#]	1 +	187 ^{d*}	19.2 ^f	4.6 ^{ef}	13.7 ^{ode}
	2	288 ^a	50.6 ^{ab}	12.6 ^{ab}	24.9 ^{bed}
	3	262 ^{bc}	52.6 ^a	13.2 ^a	24.9 ^{bed}
	4	195 ^d	27.7 ^d	6.3 ^d	22.3 ^{ef}
	5	131 ^f	21.6 ^{ef}	4.6 ^{ef}	21.2 ^f
	Total	-	171.7	39.3	-
219A × T	1	169 ^e	19.7 ^f	5.1 ^{de}	25.8 ^{ab}
	2	281 ^a	46.1 ^{bc}	11.6 ^{bc}	24.8 ^{bed}
	3	256 ^c	46.2 ^{bc}	10.4 ^c	22.5 ^{ef}
	4	195 ^d	27.7 ^d	6.0 ^{de}	21.6 ^f
	5	122 ^f	22.5 ^e	5.7 ^{de}	25.6 ^{ab}
	Total	-	162.2	38.8	-
Tifton	1	198 ^d	17.2 ^f	3.2 ^f	18.6 ^g
	2	296 ^a	51.1 ^a	13.9 ^a	27.1 ^a
	3	266 ^{bc}	41.9 ^c	11.3 ^{bc}	27.1 ^a
	4	167 ^e	25.8 ^{de}	5.9 ^{de}	23.0 ^{def}
	5	134 ^f	21.1 ^f	5.2 ^{de}	24.7 ^{bed}
	Total	-	157.1	39.5	-

*The growth cycle 1, 2, 3, 4 and 5 harvested on June 11, Aug. 6, Sep. 29, Nov. 25, 1998 and Feb. 2, 1999, respectively.

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

[#]T: Tifton.

誌 謝

本試驗期間承本系許進德先生、曾玉梅、許金順及許秀碧等小姐協助分析及調查，謹此誌謝。

參考文獻

- 黃懿秦、曾美倉、謝兆樞。1989。不經人為選拔之玉米自交系與其雜交 F₁ 間之關係初探。玉米生理遺傳與育種研討會論 pp. 1-8。中央研究院植物研究所專刊第七號。
- 蕭素碧。1994。芻料用蜀黍抗葉斑病之組合力分析。中華農學會報 168: 63-72。
- 蕭素碧。1997。芻料用蜀黍抗葉斑病基因所座落染色體對之釐定。中華農學會報 178: 35-41。
- 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。蘇丹草台畜草一號之育成。畜產研究 30: 337-350。
- Craigmiles, J. P. 1961. The development maintenance and utilization of cytoplasmic male sterility for hybrid sudangrass production. Crop Sci. 1: 150-152.

- Craigsmiles, J. P. 1966. Utilization of heterosis in sudangrass breeding. Proc. Intern. 10 th Grassl. Congr. 10 : 801-803.
- Endrizzi, J. E. 1957. Cytological studies of some species and hybrids in the Eu-Sorghum. Bot. Gaz. 119 : 1-10.
- Goodrich, R. D. and J. C. Meiske. 1985. Corn and sorghum silage. p. 527-536. In "Forage". Maurice, E. H., Robert, F. B. and Metcalfe, D. S. (eds.) 643 p. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U. S. A.
- Gourley, L. M. and J. W. Lusk. 1977. Sorghum silage quality as affected by soluble carbohydrate, tannins and other factors. Proc. Annu. Corn and Sorghum Res. Conf. 32 : 157-170.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to dialled crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9 : 463-493.
- Quinby, J. R. and R. E. Karper. 1954. Inheritance of plant height in sorghum. Agron. J. 46: 212-216.
- Quinby, J. R. 1963. Manifestation of hybrid vigor in sorghum. Crop Sci. 3: 288-291.
- Rana, B. S., B. C. Barah, H. P. Binswanger and N. G. Rao. 1984. Breeding optimum plant types in sorghum. Indian J. Genet. 44 : 385-398.
- Rodney J. C. and H. A. Fribourg. 1981. Interactions between forage sorghum cultivars and defoliation management. Agron. J. 73 : 463-469.
- Sharma, H. C. 1978. Screening of sorghum for leaf-disease resistance in India. Proc. Intern. Workshop on Sorghum Dis. pp. 249-264.
- Snedecor, G. W. 1956. Statistical Methods. 5th Ed. Iowa State College Press.
- Sotomayor-Rios, A. and S. Torres-Cardona. 1984. Agronomic performance, hydrocyanic acid potential (HCN-P) and heterosis in forage sorghum hybrids. J. Agric. Univ. P. R. 68 : 143-155.
- Sprague, G. F. and L. A. Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34 : 923-932.
- Stephens, J. C. and R. F. Holland. 1954. Cytoplasmic male sterility for hybrid sorghum seed production. Agron. J. 46: 20-23.

Selection of F₁ Hybrids in Forage Sorghum⁽¹⁾

Sue-Pea Shaug⁽²⁾, Jeng-Bin Lin⁽²⁾ and Yuh-Yann Chen⁽³⁾

Received Dec. 6, 1999; Accepted Mar. 2, 2000

Abstract

Twenty five F₁ hybrids of forage sorghum (*Sorghum* spp.) were obtained by crossing five cytoplasmic male sterile lines with five respective pollen fertility restoring lines. The agronomic traits including plant height, tiller number, fresh forage yield, brix, dry matter percent and dry matter yield were evaluated in spring crop and ratoon crop in 1997. The variances of agronomic traits of 25 F₁ hybrids were computed by combining the two crops. Results showed that the mean squares of general (GCA) and special (SCA) combining abilities of all agronomic traits were significant except for brix and dry matter percent. Female parents in common, 632A and 219A, had plant height both 150 cm and 3.6 and 4.8 tillers / plant. Male parent in common, Tifton (code name of Sudangrass Taishi No.1), had plant height 220 cm and 6.7 tillers / plant. All of them had higher fresh and dry matter yields and more resistant to target leaf spot disease than the other parents. In addition, on the comparison test of 25 F₁ hybrids, 632A × Tifton and 219A × Tifton had plant height 225 cm, 5.2 and 9.3 tillers / plant and produced dry matter yields 13.5 and 12.5 mt / ha, respectively. Both were highly resistant to target leaf spot disease. The other 23 F₁ hybrids were less resistant. Both 632A × Tifton and 219A × Tifton were selected for further district trial using Tifton as control to determine the yield potentials at three different locations in 1998. All lines produced high forage yields at Chiali, Tainan and Tifton produced the highest fresh forage yield, 53.7 mt / ha / cut. The line 632A × Tifton had the highest yield than the other two lines at the other two locations. However, the hybrids 632A × Tifton and 219A × Tifton lodged seriously (90%) and Tifton lodged about 50% at Chiali in the spring crop. The forage yield at Chiali was higher in the first growth cycle, but those at Hsinhua, Tainan and Naipu, Pingtung were higher in the second growth cycles. The

(1) Contribution No. 998 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Dept. of Forage Crops, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.

(3) Kaohsiung Breeding Animal Propagation Stations, COA-TLRI, Naipu, Pingtung, Taiwan, R.O.C.

plants were harvested in five successive growth cycles at Naipu, Pingtung. The results indicated that the second and the third growth cycles produced higher forage yields than the others. The yields were decreased at the fourth and the fifth growth cycles. It showed that forage sorghum could produce higher forage yields from the first to third growth cycles. Line 632A \times Tifton had the larger adaptation and more resistant to target leaf spot disease and higher forage yield. It might be a good line for farmers, if the lodging could be prevented.

Key words: Selection, Hybrid, Forage sorghum.