玉米莖葉性狀與青割產量之全互交分析[1]

何千里　謝光照　盧煌勝[2]

摘要：本試驗以七個玉米自交系親本（四個硬粒種及三個馬齒種）及其四十二個全互交組合於1992年秋作進行田間試驗，莖葉性狀及青割產量之資料利用 Griffing 方法 I 作全互交分析。變方分析結果顯示，十項性狀在參試品系間均呈極顯著。十項性狀中只有吐絲期及第一穗以下葉片數兩性狀具有正反交效應。雜交種比自交系較早開花、吐絲，同時有較高之株高及穗位高，及較多之葉面積及青割鮮草產量；稈徑、第一穗以上葉片數、第一穗以下葉片數及總葉片數亦以雜交種略高於自交系，唯未達顯著水準。除稈徑主要由非累加性基因、第一穗以上葉片數主要由累加性基因作用外，其餘八項性狀概由累加性及非累加性基因共同控制。由 GCA/SCA 觀之，株高、穗位高、第一穗以上葉片數、第一穗以下葉片數、總葉片數、葉面積及鮮草產量等性狀受累加性基因之作用遠大於受非累加性基因之作用。各性狀一般組合力效應、特定組合力效應及雜種潛勢值在自交系、雜交種或粒型組合間變化均大。參試親本中，就鮮草產量而言，以 RSC2 具有最大之 GCA 正效應。不管自交系親本或雜交種，鮮草產量與株高、穗位高、第一穗以下葉片數及葉面積均爲顯著正相關，此類性狀或可作爲選拔高產青割玉米之參考指標。

關鍵詞：玉米、全互交分析、一般組合力、特定組合力、雜種潛勢。

玉米品種依用途之不同而有許多類別，作爲飼料用者約可區分爲兩大類：一類是飼料玉米（field corn），其籽粒可作爲精料，約佔綜合飼料成分之60～70%；另一類是青割玉米（forage corn）或青貯玉米（silage corn），當玉米果穗生長至糊熟期（dough stage）時，採全株切碎，直接供應爲青飼料或作爲青貯之用。青割或青貯玉米是一種嗜口性（palatability）佳、消化性（digestibility）及營養價值頗高的芻料，是歐美常見之冬季飼料，故有芻料之王之稱。由於本省冬季常發生牧草嚴重缺乏之情形，加以青割玉米目前已普遍應用機械栽培及採收，可節省勞力，且又能與酪農密切配合，是一種值得栽培利用之飼料作物。臺灣過去玉米育種工作，主要偏重於飼料玉米，對青割玉米之研究則尚屬起步階段，目前酪農作爲青割用途之玉米仍然以飼料玉米品種爲主，許多學者認爲飼料玉米品種並不一定非常適合作爲青割用[5,6,16]。

玉米乾物質的生產和分配，係受光合產物供源（source）和積儲（sink）控制，Hanway[11]指出玉米乾物質的累積部位隨著不同生育期而累積於不同的部位。於吐絲前主要累積於莖稈、葉片、穗軸等非子實部份（nongrain），而於吐絲後即有停止或下降之情形，其中累積最多者爲莖稈，次爲葉片及穗軸，分別佔非子實乾物重的35%、22%及15%左右；而吐絲後的乾物質主要累積於子實部份[10]。Genter *et al*[7]亦指出於籽粒充實期中營養器官莖稈、葉片的乾物質能再分配至子實部位；又玉米整株與穗的乾物重隨成熟期之增加呈穩定性的增加，莖稈及葉片之乾物重隨成熟時間之增加而遞減[15]。由於青割玉米於糊熟期刈取全株，其產量不僅限於籽粒，而是包括地上部之所有器官之綜合表

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1702 號。
2. 本所農藝系助理研究員、助理研究員及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

現。青割玉米的供源能力超過籽粒充實之需求時，多餘的碳水化合物將被貯藏於莖稈中，尤其是穗位以下之部位，雖然 Dhillon *et al*[3]認爲同一品種其青割乾物質產量與飼料籽粒產量具有極顯著之正相關；然而 Hunter[13]以全株乾物重及籽粒產量兩種指標進行雙向選拔，將同一玉米族群利用輪迴選種法選拔至 C_2 時，以全株乾物重爲指標的青割乾物質產量較 C_0 增加了16%左右；以籽粒產量爲指標的青割乾物質產量則僅增加了3%。

臺灣未來之農業發展，酪農事業應是重點之一，因此，加強青割玉米品種改良工作，乃是刻不容緩。本試驗以四個硬粒種與三個馬齒種玉米自交系之全互交爲材料，進行組合力分析，探討莖葉性狀與青割產量之遺傳行爲，以及雜種潛勢與性狀相關等，試驗結果將提供青割玉米育種上之參考。

材料與方法

本試驗所使用的材料，計有下列七個玉米自交系，其代號、名稱、系譜、來源及粒型等列如表1：

表 1. 七個參試玉米自交系之背景資料
Table 1. Backgrounds of the seven inbred lines evaluated.

Code	Inbreds	Pedigree	Origin	Kernel type
A	RSC 2	RSC81-9001-12 S_4 derivative	U.S.A	Flint
B	SW 260	Suwan-1 derivative	Thailand	Flint
C	ICAL 210	Cuban flint derivative	Colombia	Flint
D	SW 19	Suwan-1 derivative	Thailand	Flint
E	Pi 3	Pioneer-6181 derivative	U.S.A	Dent
F	Hi 31	(B68 x MV source) BC_5	U.S.A	Dent
G	Pi 28	Pioneer-6181 derivative	U.S.A	Dent

上述七個玉米自交系（四個硬粒種及三個馬齒種）與其全互交四十二個 F_1 組合，於1992年秋作在農試所進行試驗，田間採逢機完全區集設計，重複二次，兩行區，行長 4 m，行株距80×20cm。公頃肥料用量爲 N：P_2O_5：K_2O=200：90：60kg。氮素半量及磷、鉀肥全量作爲基肥一次施用，另外氮肥半量於培土前施用。田間管理依照一般玉米栽培法行之，生育期間調查下列性狀：

一、開花期（days to flower, DTF）：由播種日起至小區中50%植株達雄穗始花所需的日數。

二、吐絲期（days to silking, DTS）：由播種日起至小區中50%植株雌穗開始吐絲所需的日數。

三、株高（plant height, PH）：爲每小區逢機選取10株，由地表至雄穗主軸頂端的平均高度，以 cm 表示。

四、穗位高（ear height, EH）：爲每小區逢機選取10株，由地表至第一雌穗基部的平均高度，以 cm 表示。

五、稈徑（stalk diameter, SD）：爲每小區逢機選取10株，量取地面第一節位中央的平均直徑，以 mm 表示。

六、第一穗以上葉片數（leaf number above first ear, AFEL）：爲每小區逢機選取10株，量取每株第一穗以上之葉片數，並平均之。

七、第一穗以下葉片數（leaf number below first ear, BFEL）：同第 6 項樣品，量取每株第一穗以下之葉片數，並平均之。

八、總葉片數（total number of leave, TLN）：同第 6 項樣品，爲第 6 項及第 7 項之總和。

九、葉面積（leaf area, LA）：同第 6 樣品，由頂端往下數第八片葉的長度與寬度的乘積，再乘以0.76及9.27所得的數值之平均數，以 cm2 爲單位[2]。

十、鮮草產量（fresh weight, FW）：每小區選20株，由地表割下，稱量鮮重，以 kg 表示。

以上調查資料先進行平均值顯著測驗及變方分析，全互交分析係採用 Griffing氏[9]方法 I 進行一般組合力（general combining ability-GCA）、特定組合力（specific combining ability-SCA）及正反交效應（reciprocal effect-RE）變方分析。比較硬粒種與馬齒種兩組不同粒型組合在各性狀之差異，以效應平均值估算親本自交系之一般組合力及雜交種 F_1 之特定組合力效應。雜種潛勢（potence value, PV）係以 Griffing[8]之顯性程度表示之，其計算公式爲：$PV=(F_1-MP)/(HP-MP)$，F_1 爲雜交種，HP 爲該性狀值較高之親本，MP 爲兩親之平均。

結果與討論

本試驗資料經變方分析結果（表 2），參試品系間在十項性狀均達極顯著。七個自交系親本與四十二個全互交 F_1 雜交種各項性狀之平均值示如表 3，雜交種比自交系較早開花、吐絲，同時具有較高之株高及穗位高，以及較多之葉面積及青割鮮草產量。稈徑、第一穗以上葉片數、第一穗以下葉片數及總葉片數亦以雜交種略高於自交系，唯未達顯著水準。每一性狀在自交系間、F_1 間及不同粒型組合間變異均大。七個自交系及四十二個雜交種 F_1 之十項性狀之全互交分析（表 4）結果顯示，一般組合力效應除稈徑一項不顯著外，其餘九項狀均達極顯著水準；特定組合效應除第一穗以上葉片數不顯著外，其餘九項性狀均達顯著或極顯著。稈徑主要係受非累加性（nonadditive）遺傳成分所控制，而第一穗以上葉片數主要受累加性（additive）遺傳成分所控制，其餘八個性狀則同時受累加性與非累加性遺傳成分所左右。十項性狀中只有吐絲期及第一穗以下葉片數兩項性狀具有正反交效應。株高、穗位高、第一穗以上葉片數、第一穗以下葉片數、總葉片數、葉面積及鮮草產量之 GCA/SCA 比值均大於 1，表示此七項性狀之累加性效應較非累加性效應更爲重要，其中第一穗以上葉片數、第一穗以下葉片數及總葉片數之比值特別高。

表 2. 七個自交系及其全互交雜種之變方分析

Table 2. ANOVA of seven inbreds and their diallel hybrids.

Source of variation	df	Mean squares									
		DTF	DTS	PH	EH	SD	AFEL	BFEL	TLN	LA	FW
Block	1	3.68	2.29	1,179.5*	1,632.6**	21.97**	0.09	2.61*	1.85	302,714	0.68
Entry	48	9.97**	12.68**	1,961.8**	744.6**	9.17**	0.50**	1.27**	2.13**	1,042,823**	15.96**
Error	48	1.07	0.85	248.3	136.2	2.81	0.23	0.51	0.81	286,409	2.18

*,** Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

表 3. 七個自交系及其全互交雜種之十項性狀平均值

Table 3. Means for ten traits of seven inbreds and their diallel hybrids.

Inbred or hydrid	DTF (day)	DTS (day)	PH (cm)	EH (cm)	SD (mm)	AFEL (No.)	BFEL (No.)	TLN (No.)	LA (㎠/pt)	FW (kg/20pt)
A	60.5	62.0	212.5	95.0	23.7	5.5	8.0	13.5	6,075	13.7
B	62.0	64.0	152.5	65.0	21.7	6.0	7.8	13.8	4,505	8.6
C	62.0	65.0	165.0	67.5	21.5	5.8	6.8	12.5	5,402	8.9
D	59.5	61.5	132.5	35.0	19.2	5.3	6.5	11.8	4,036	7.4
E	63.5	67.0	155.0	72.5	20.3	5.3	7.5	12.8	5,739	6.8
F	67.0	69.0	157.5	62.5	17.1	6.0	6.0	12.0	3,494	5.7
G	63.0	65.0	120.0	35.0	15.7	5.0	4.8	9.8	3,491	5.1
Inbred $\bar{x}$	62.5	64.8	156.4	61.8	19.9	5.6	6.8	12.3	4,677	8.0
A×B	58.5	59.5	217.5	90.0	20.3	6.3	6.3	12.5	5,119	12.5
A×C	59.5	62.0	247.5	117.5	22.6	5.8	7.5	13.5	7,085	16.4
A×D	57.5	59.5	235.0	110.0	24.1	5.5	7.8	13.3	5,672	14.1
A×E	59.0	60.5	247.5	120.0	17.6	6.0	8.0	14.0	5,783	15.5
A×F	60.0	61.5	225.0	100.0	24.6	6.0	7.8	13.8	4,994	13.3
A×G	59.0	62.0	242.5	112.5	23.4	5.5	8.3	13.8	5,327	16.8
B×A	57.0	59.0	245.0	112.5	22.9	6.3	8.8	15.0	6,056	15.2
B×C	59.0	61.0	240.0	115.0	24.1	6.8	8.3	15.0	6,402	15.4
B×D	59.0	60.0	217.5	110.0	21.3	6.5	6.8	13.3	4,935	11.9
B×E	57.0	59.0	212.5	90.0	24.9	6.5	7.3	13.8	6,110	12.0
B×F	56.5	58.5	197.5	77.5	21.8	5.8	7.8	13.5	5,180	11.9
B×G	57.0	59.0	222.5	95.0	23.9	6.5	8.3	14.8	5,727	15.2
C×A	57.5	60.0	240.0	115.0	21.3	6.0	8.3	14.3	5,480	17.0
C×B	59.0	61.0	212.5	87.5	24.3	6.0	7.5	13.5	6,029	13.1
C×D	57.0	59.0	217.5	100.0	23.4	5.8	8.8	14.5	6,326	14.5
C×E	58.0	60.0	225.0	107.5	21.9	5.3	7.0	12.3	5,774	15.4
C×F	58.0	59.5	232.5	110.0	25.1	5.5	6.5	12.0	6,225	15.0
C×G	58.5	60.5	220.0	100.0	22.0	5.3	7.3	12.5	6,432	14.3
D×A	57.5	59.5	242.5	115.0	25.3	5.8	8.3	14.0	6,685	15.0
D×B	57.0	58.5	212.5	97.5	21.8	6.0	8.3	14.3	5,347	10.4
D×C	56.5	57.5	240.0	100.0	25.4	6.8	8.0	14.8	6,772	13.8
D×E	57.0	59.0	187.5	77.5	22.6	5.5	7.0	13.0	5,596	11.9
D×F	55.5	56.5	215.0	92.5	25.0	6.0	7.3	13.3	5,027	12.7
D×G	57.0	58.5	207.5	97.5	23.7	5.3	7.3	12.5	6,026	13.2
E×A	59.0	62.0	247.5	120.0	21.5	5.0	7.0	12.0	5,913	13.9
E×B	57.5	60.0	212.5	92.5	22.4	5.8	8.3	14.0	5,899	12.9
E×C	59.0	61.0	220.0	105.0	22.5	5.5	7.5	13.0	6,535	15.5
E×D	57.0	58.5	212.5	95.0	24.0	5.0	7.3	12.3	5,769	10.5
E×F	56.5	58.5	210.0	85.0	24.4	6.0	6.8	12.8	5,895	11.6
E×G	61.0	63.5	167.5	72.5	22.6	4.8	7.3	12.0	5,352	8.0
F×A	61.0	63.0	225.0	92.5	23.0	5.8	7.0	12.8	5,053	15.0
F×B	56.5	58.0	200.0	80.0	22.2	6.3	6.0	12.3	5,608	13.1
F×C	58.0	58.5	232.5	105.0	23.0	6.0	6.5	12.5	6,328	14.6
F×D	56.5	58.5	215.0	100.0	24.6	6.0	7.5	13.3	5,787	13.3
F×E	56.5	59.0	212.5	82.5	24.0	5.8	6.3	12.0	5,442	12.4
F×G	60.0	62.0	205.0	92.5	20.8	6.5	7.3	13.8	5,664	12.1
G×A	58.0	60.0	215.0	102.5	21.0	5.0	8.0	13.0	5,556	14.7
G×B	56.5	57.5	202.5	95.0	22.7	5.8	7.3	13.0	5,184	11.7
G×C	57.0	59.0	212.5	92.5	25.8	5.3	7.3	12.8	6,070	14.9
G×D	56.0	58.0	215.0	112.5	25.7	5.3	8.0	13.3	6,062	12.4
G×E	59.0	63.0	132.5	67.5	23.0	5.0	6.3	11.3	5,493	9.0
G×F	56.5	58.0	210.0	90.0	23.5	5.0	6.8	11.8	5,717	13.6
Hybrids $\bar{x}$	57.5	59.7	217.9	98.4	23.1	5.8	7.5	13.2	5,795	13.5
Grand mean	58.5	60.5	209.1	93.2	22.6	5.8	7.4	13.1	5,635	12.7
LSD 5%	2.1	1.9	31.7	23.5	3.4	1.0	1.4	1.8	1,075	3.0
LSD 1%	2.8	2.5	42.3	31.3	4.5	1.3	1.9	2.4	1,435	4.0

表 4. 七個自交系及其全互交雜種十項性狀之均方值

Table 4. Mean squares of ten traits for seven inbreds and their diallel hybrids.

Source	df	DTF	DTS	PH	EH	SD	AFEL	BFEL	TLN	LA	FW
GCA	6	4.70**	8.09**	2,424.6**	766.62**	2.51	1.00**	1.55**	3.24**	1,235,967**	21.13**
SCA	21	9.23**	11.08**	1,422.2**	576.51**	7.91**	0.11	0.54*	0.85*	669,699**	11.06**
RE	21	0.82	1.09**	127.0	55.50	1.85	0.18	0.46*	0.66	168,965	1.14
Error	48	0.53	0.42	124.1	68.15	1.40	0.11	0.25	0.40	143,200	1.09
GCA/SCA		0.51	0.73	1.7	1.33	0.32	9.09	2.87	3.81	1.8	1.91

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

親本自交系之一般組合力分析列於表 5 ，各性狀除依個別自交系親本進行比較外，並依硬粒種與馬齒種兩組不同粒型自交系之 GCA 效應平均值進行比較。其中，開花期及吐絲期趨勢相當一致，一般組合力效應爲正值的有A、C、E、F、G等五個親本，而 B 及 D 爲負值；就粒型平均而言，硬粒種爲負值，而馬齒種爲正值。株高與穗位高趨勢亦一致，正值的有 A 及 C ，其餘爲負值；粒型平均，硬粒種爲正值，而馬齒種爲負值。在稈徑爲正值的有 C 及 D，餘爲負值；硬粒種之平均爲正值，而馬齒種爲負值。第一穗以上葉片數除 B、C 及 F 爲正值，餘爲負值；粒型平均，硬粒種爲正，馬齒種爲負。第一穗以下葉片數在硬粒種自交系全部爲正值，馬齒種自交系則全數爲負值。總葉片數之情形和第一穗以下葉片數完全一致。葉面積負值的爲 B、D、F 及 G；粒型平均，硬粒種爲正，馬齒種爲負。在鮮草產量 A 及 C 爲正值，餘爲負值；粒型平均，硬粒種爲正，馬齒種爲負。七個參試親本中，C 在十項性狀之一般組合力效應均屬正值。

表 5. 七個參試自交系十項性狀之一般組合力效應估值

Table 5. Estimates of general combining ability effect for ten traits measured in a diallel set of seven inbred lines.

Kernel type	Parental inbreds	DTF (day)	DTS (day)	PH (cm)	EH (cm)	SD (mm)	AFEL (No.)	BFEL (No.)	TLN (No.)	LA (㎠/pt)	FW (kg/20pt)
	A	0.392	0.433	23.418	13.801	−0.146	−0.028	0.441	0.415	141.5	2.063
Flint	B	−0.321	−0.530	−2.117	−2.270	−0.072	0.436	0.244	0.665	−163.4	−0.351
	C	0.142	0.183	10.204	6.122	0.544	0.079	0.084	0.183	522.6	1.427
	D	−1.178	−1.459	−3.188	−1.913	0.595	−0.028	0.173	0.147	−62.1	−0.651
	Average	−0.241	−0.343	7.079	3.935	0.230	0.114	0.235	0.352	109.6	0.622
	E	0.321	0.826	−9.260	−3.163	−0.339	−0.260	−0.130	−0.369	153.2	−1.101
Dent	F	0.464	0.219	−2.295	−5.127	−0.052	0.168	−0.522	−0.387	−356.0	−0.554
	G	0.178	0.326	−16.760	−7.448	−0.529	−0.367	−0.290	−0.656	−235.7	−0.833
	Average	0.321	0.457	−9.438	−5.246	−0.306	−0.153	−0.314	−0.470	−146.2	−0.829
S.E.(g_i-g_j)		0.277	0.247	4.211	3.120	0.448	0.128	0.191	0.241	143.0	0.394

四十二個 F_1 十項性狀之特定組合力效應列於表 6，開花期爲正值的有 A×F、E×G、B×D 及 B×C 等，其餘均爲負值；三種粒型組合平均效應值均爲負值。吐絲期效應爲正值的有 E×G、A×F、B×C、B×D 及 A×D等，其餘均爲負值；三組粒型組合平均效應均爲負值。株高除 E×G、A×F 及 B×F 爲負值外，餘爲正值；粒型平均效應僅馬齒種同粒型組合爲負值。穗位高爲負值的有 A×B、E×F、E×G、A×F、B×F 及 D×E六個組合；粒型平均效應亦僅馬齒種同粒型爲負值。稈徑爲負值的亦有六個組合，分別爲 A×B、A×C、B×D、A×E、B×F 及 C×E；不同粒型組合中僅硬粒種同粒型組合爲負值。第一穗以上葉片數、第一穗以下葉片數、總葉片數、葉面積及鮮草產量之特定組合力效應在各組合間正負互見；粒型平均，除了硬粒種× 馬齒種在第一穗以上葉片數爲負值外，其餘均爲正值。

表 6. 十項性狀之特定組合力效應

Table 6. Estimates of specific combining ability effects for ten traits.

Kernel type	Hybrids	DTF (day)	DTS (day)	PH (cm)	EH (cm)	SD (mm)	AFEL (No.)	BFEL (No.)	TLN (No.)	LA (㎠/pt)	FW (kg/20pt)
	A×B	−0.821	−1.112	0.867	−3.443	−0.808	0.117	−0.512	−0.397	−25.8	−0.556
Flint	A×C	−0.535	−0.076	1.045	3.163	−1.080	0.099	0.022	0.209	−17.0	0.490
×	A×D	−0.214	0.066	9.438	7.448	1.586	−0.043	0.058	−0.005	463.9	0.468
Flint	B×C	0.678	0.887	9.081	4.234	1.080	0.135	0.219	0.334	220.8	0.504
	B×D	1.000	0.780	11.224	14.770	−1.610	0.117	−0.244	−0.130	−268.4	−0.516
	C×D	−0.714	−0.933	12.653	2.627	0.616	0.474	0.790	1.227	427.7	0.654
	Average	−0.101	−0.064	11.077	4.799	−0.036	0.149	0.056	0.206	133.5	0.174
Dent	E×F	−2.785	−2.755	13.724	−1.122	1.973	0.242	−0.173	0.066	236.3	0.986
×	E×G	1.000	1.637	−33.061	−12.551	1.023	−0.221	−0.155	−0.415	−130.0	−2.259
Dent	F×G	−0.892	−1.005	17.474	10.663	0.096	0.224	0.487	0.727	647.1	1.493
	Average	−0.892	−0.707	−0.621	−1.003	1.031	0.082	0.053	0.216	251.1	0.073
	A×E	−0.214	−0.469	24.260	16.198	−2.596	0.063	−0.137	−0.112	−81.7	1.018
	A×F	1.142	1.137	−5.204	−5.586	1.351	0.010	0.130	0.155	−397.1	−0.102
	A×G	−0.571	−0.219	13.010	7.984	0.221	−0.079	0.647	0.548	−99.0	1.801
	B×E	−1.250	−1.255	14.795	3.520	1.409	0.224	0.308	0.512	379.2	1.233
Flint	B×F	−2.142	−1.897	−5.918	−7.015	−0.517	−0.329	−0.173	−0.469	278.1	0.736
×	B×G	−1.607	−2.005	22.295	11.556	1.234	0.331	0.469	0.798	219.4	1.940
Dent	C×E	−0.464	−0.969	12.474	10.127	−0.605	−0.168	−0.030	−0.255	−156.8	2.429
	C×F	−1.107	−1.862	15.510	13.341	0.924	−0.221	−0.387	−0.612	474.5	1.258
	C×G	−1.071	−1.219	13.724	4.413	1.237	−0.186	0.130	0.030	328.9	1.311
	D×E	−0.642	−1.076	3.367	−1.836	0.403	−0.186	−0.244	−0.219	−44.2	0.283
	D×F	−1.785	−1.719	11.403	10.127	1.628	0.135	0.397	0.423	189.8	1.511
	D×G	−1.000	−1.076	22.117	21.198	2.023	−0.079	0.415	0.316	706.6	1.590
	Average	−0.893	−1.052	11.819	7.002	0.559	−0.040	0.127	0.092	149.8	1.250
	$S.E(S_{ii}-S_{jj})$	0.878	0.783	13.318	9.866	1.417	0.407	0.605	0.764	452.2	1.248
	$S.E(S_{ii}-S_{ij})$	0.855	0.763	12.981	9.617	1.381	0.397	0.590	0.745	440.8	1.216
	$S.E(S_{ii}-S_{jk})$	0.760	0.678	11.534	8.545	1.227	0.352	0.524	0.661	391.6	1.080
	$S.E(S_{ij}-S_{ik})$	0.680	0.606	10.316	7.642	1.097	0.315	0.469	0.592	350.3	0.966
	$S.E(S_{ij}-S_{kl})$	0.620	0.553	9.417	6.977	1.002	0.288	0.428	0.540	319.8	0.882

綜合以上結果，四十二個參試雜交種 F_1 中，不同自交系組合間每一性狀之特定組合力效應變化甚大，而同一粒型組合內也並不一致。大體而言，除了極少數的例外（如 A×F），欲育成早熟豐產之青割玉米品種，概以選擇硬粒種×馬齒種之組合最爲有利。當然，只要愼擇親本，在同粒型組合內（如 C×A、C×D、F×E 及 G×F），亦可得到相同的效果。

十項性狀之一般組合力、特定組合力及環境變方估值列於表 7。比較各自交系之 $\hat{\sigma}^2_{gi}$，株高、穗位高及鮮草產量以自交系 A 居冠；第一穗以上葉片數及總葉片數以自交系 B 最高；開花期、吐絲期及稈徑以自交系 D 最高；自交系 C 及 F 則分別在葉面積及第一穗以下葉片數有最高之 $\hat{\sigma}^2_{gi}$。就 $\hat{\sigma}^2_{sij}$ 而言，在各性狀中最高者爲：自交系 F 之開花期及吐絲期；自交系 D 之株高及穗位高；自交系 G 之稈徑、第一穗以下之葉片數、葉面積及總葉片數；自交系 B 及 C 則分別在第一穗以上葉片數及鮮草產量居首。$\hat{\sigma}^2_e$ 變異最大的爲葉面積。

表 7. 十項性狀之變方成分估值

Table 7. Estimates of variance component for ten traits measured in a diallel set of seven inbred lines.

Variance component	Kernel type		DTF	DTS	PH	EH	SD	AFEL	BFEL	TLN	LA	FW
	Flint	A	0.121	0.161	540.81	186.295	−0.064	−0.006	0.179	0.147	11,273	4.190
		B	0.070	0.255	−3.11	0.982	−0.080	0.183	0.044	0.418	17,961	0.056
		C	−0.012	0.007	96.52	33.311	0.210	−0.000	0.008	0.008	264,434	1.971
		D	1.355	2.102	2.56	−0.511	0.268	−0.006	0.014	−0.003	−4,910	0.357
$\hat{\sigma}^2_{gi}$		Average	0.384	0.637	159.19	55.019	0.084	0.042	0.061	0.143	72,189	1.644
	Dent	E	0.070	0.656	78.14	5.833	0.029	0.060	0.001	0.111	14,708	1.145
		F	0.182	0.021	−2.33	22.119	−0.083	0.021	0.257	0.125	118,031	0.240
		G	−0.001	0.080	273.30	51.314	0.194	0.127	0.068	0.404	46,830	0.627
		Average	0.084	0.252	116.37	26.422	0.047	0.069	0.109	0.213	59,856	0.671
	Flint	A	0.423	0.329	398.08	149.021	1.748	−0.047	−0.000	−0.088	−2,427	1.921
		B	4.402	5.287	554.66	132.779	0.765	0.053	−0.008	0.100	101,149	2.425
		C	2.093	3.948	769.10	261.245	0.994	0.005	0.104	0.291	299,040	8.511
		D	2.634	3.524	926.97	597.320	4.966	0.021	0.281	0.537	459,185	3.078
$\hat{\sigma}^2_{sij}$		Average	2.388	3.272	662.20	285.091	2.118	0.008	0.094	0.210	214,236	3.984
	Dent	E	4.727	6.128	524.65	90.103	2.095	−0.020	−0.058	−0.080	−23,108	4.163
		F	12.429	14.046	460.32	114.667	5.846	−0.009	−0.011	0.031	430,446	6.497
		G	3.733	4.038	909.47	434.140	6.353	−0.015	0.716	0.755	578,463	8.311
		Average	6.963	8.071	631.48	212.970	4.765	−0.015	0.216	0.235	328,600	6.324
$\hat{\sigma}^2_e$			0.539	0.429	124.16	68.150	1.406	0.116	0.256	0.409	143,200	1.090

四十二個 F_1 之雜種潛勢值，列如表 8。十項性狀中，開花期、吐絲期之雜種潛勢值均呈負值，且大致均超過−1.25，屬超顯性之範圍；其餘八項性狀除了少數雜交組合之雜種潛勢值呈負值外，其餘大都呈現正值，且大部份之雜種潛勢值超過+1.25，亦屬超顯性之範圍。十項性狀除了第一穗以上葉片數、第一穗以下葉片數、總葉片數及葉面積外，於正反交組合間正負值均一致，且數值差異不大。

表 8. 四十二個 F_1 雜交種十項性狀之雜種潛勢估值

Table 8. Potence values for ten traits of forty-two hybrids.

Cross		DTF		DTS		PH		EH		SD	
Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal
A×B	B×A	−3.66	−5.66	−3.50	−4.00	1.16	2.08	0.66	2.16	−2.40	0.20
A×C	C×A	−2.33	−5.00	−1.00	−2.33	2.47	2.16	2.63	2.45	0.0	−1.18
A×D	D×A	−5.00	−5.00	−9.00	−9.00	1.56	1.75	1.50	1.66	1.17	1.71
A×E	E×A	−2.00	−2.00	−1.60	−1.00	2.21	2.21	3.22	3.22	−2.58	−0.29
A×F	F×A	−1.15	−0.84	−1.14	−0.71	1.45	1.45	1.30	0.84	1.27	0.78
A×G	G×A	−2.20	−3.00	−1.00	−2.33	1.64	1.05	1.58	1.25	0.92	0.32
B×C	C×B	—	—	−7.00	−7.00	13.00	10.70	39.00	17.00	25.00	27.00
B×D	D×B	−1.40	−3.00	−2.20	−3.40	7.50	7.00	4.00	3.16	0.68	1.08
B×E	E×B	−7.66	−7.00	−4.33	−3.66	47.00	47.00	5.66	6.33	5.57	2.00
B×F	F×B	−3.20	−3.20	−3.20	−3.40	17.00	18.00	11.00	13.00	1.04	1.21
B×G	G×B	−11.00	−12.00	−11.00	−14.00	5.30	4.07	3.00	3.00	1.73	1.33
C×D	D×C	−3.00	−3.40	−2.42	−3.28	4.66	5.61	3.00	3.00	2.65	4.39
C×E	E×C	−6.33	−5.00	−600	−5.00	17.66	12.00	15.00	14.00	1.66	2.66
C×F	F×C	−2.60	−2.60	−3.75	−4.25	29.00	19.00	18.00	16.00	2.63	1.68
C×G	G×C	−8.00	−11.00	—	—	3.70	3.11	3.00	2.53	1.17	2.48
D×E	E×D	−2.25	−2.25	−7.00	−2.09	3.88	6.11	1.26	2.20	5.18	7.72
D×F	F×D	−2.06	−1.80	−5.25	−1.80	5.60	5.60	3.18	3.72	6.52	6.14
D×G	G×D	−2.42	−3.00	—	−3.00	13.00	14.20	—	—	3.57	4.71
E×F	F×E	−5.00	−5.00	−9.50	−9.00	43.00	45.00	3.50	3.00	3.56	3.31
E×G	G×E	−9.00	−17.00	−2.50	−3.00	1.71	−0.28	1.00	0.73	2.00	2.17
F×G	G×F	−2.50	−4.25	−2.50	−4.50	3.53	3.80	3.18	3.00	6.28	10.14

(Continue)

Cross		AFEL		BFEL		TLN		LA		FW	
Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal	Direct	Reciprocal
A×B	B×A	2.20	2.20	−16.00	9.00	−7.66	9.00	−0.21	0.97	0.52	1.58
A×C	C×A	1.00	2.33	0.16	1.50	1.00	2.60	4.00	−0.76	2.12	2.37
A×D	D×A	1.00	4.00	0.73	1.40	0.76	1.58	0.60	1.59	1.12	1.41
A×E	E×A	6.00	−4.00	1.00	−3.00	2.42	−3.28	−0.73	0.03	1.52	1.05
A×F	F×A	1.00	0.20	0.80	0.00	1.40	0.06	0.16	0.20	0.90	1.32
A×G	G×A	1.00	−1.00	1.18	1.00	1.16	0.73	0.42	0.59	1.72	1.23
B×C	C×B	9.00	1.00	2.00	0.40	2.84	0.53	3.22	2.39	44.33	29.00
B×D	D×B	2.42	1.00	−0.53	1.76	0.50	1.50	2.83	4.59	6.50	4.00
B×E	E×B	2.42	0.42	−2.33	4.33	1.00	1.40	1.60	1.25	4.77	5.77
B×F	F×B	—	—	1.00	−1.00	0.66	−0.66	2.33	3.18	3.27	4.10
B×G	G×B	2.00	0.60	1.33	0.66	1.50	0.60	3.41	2.34	4.77	2.77
C×D	D×C	1.00	5.00	14.33	9.00	6.71	7.57	2.35	2.93	8.46	7.53
C×E	E×C	−1.00	−0.20	−0.42	1.00	−2.33	2.33	1.20	5.72	7.19	7.28
C×F	F×C	−4.00	1.00	0.25	0.25	−1.00	1.00	1.86	1.97	4.81	4.56
C×G	G×C	−0.25	−0.25	1.35	1.50	1.00	1.22	2.07	1.69	3.84	4.15
D×E	E×D	—	—	0.00	0.60	1.40	0.00	0.83	1.03	16.00	11.33
D×F	F×D	1.00	1.00	4.20	5.00	14.00	14.00	4.66	7.47	7.23	7.94
D×G	G×D	1.00	1.00	1.94	2.76	1.70	2.50	8.30	8.44	6.04	5.34
E×F	F×E	1.00	0.42	0.06	−0.06	1.00	−1.00	1.13	0.73	9.72	11.18
E×G	G×E	−2.33	−1.00	0.85	0.11	0.46	0.00	0.65	0.78	2.41	3.58
F×G	G×F	2.00	−1.00	3.16	2.33	2.63	0.81	—	—	22.33	27.33

自交系親本之十項性狀間的相關係數（表9）顯示，鮮草產量除與開花期及第一穗以上葉片數之相關不顯著外，與其他各項農藝性狀均呈顯著或極顯著相關，其中與株高、稈徑、葉面積、穗位高及總葉片數爲顯著正相關，與吐絲期爲顯著負相關。第一穗以上葉片數僅與總葉片數呈顯著正相關，與其餘各性狀之相關性則不顯著。葉面積及第一穗以下葉片數兩性狀，除了與開花期、吐絲期及第一穗以上葉片數之相關不顯著外，其餘均呈顯著或極顯著相關。稈徑除了與吐絲期及第一穗以上葉片數相關不顯著，及與開花期呈顯著負相關外，與其他六項性狀均呈極顯著正相關。總葉片數除與開花期及吐絲期相關不明顯外，餘爲顯著正相關。開花期與吐絲期間，株高與穗位高間，均呈極顯著正相關。

表 9. 七個自交系之十項性狀間的相關係數

Table 9. Correlation coefficients among ten traits of seven inbreds lines.

Traits	DTF	DTS	PH	EH	SD	AFEL	BFEL	TLN	LA
DTS	0.967**								
PH	−0.217	−0.244							
EH	−0.038	−0.031	0.932**						
SD	−0.558*	−0.502	0.754**	0.737**					
AFEL	0.304	0.239	0.375	0.468	0.280				
BFEL	−0.358	−0.307	0.674**	0.681**	0.800**	0.265			
TLN	−0.215	−0.191	0.704*	0.739**	0.784**	0.546*	0.952**		
LA	−0.312	−0.231	0.707**	0.791**	0.764**	0.101	0.676**	0.619*	
FW	−0.493	−0.548*	0.836**	0.747**	0.833**	0.245	0.644**	0.637*	0.754**

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively. (n=14)

四十二個雜交種性狀間之相關係數（表10），趨勢大致與七個自交系所估得者類似，其中較顯然不同的爲：稈徑與吐絲期、株高、穗位高、第一穗以下葉片數、總葉片數及鮮草產量；開花期與穗位高；吐絲期與鮮草產量等性狀之間之相關係數值，在自交系與雜交種 F_1 間，或一爲顯著一爲不顯著，或一爲正相關一爲負相關。

表 10. 四十二個F_1雜種之十項性狀間的相關係數

Table 10. Correlation coefficients among ten traits of forty-two F_1 hybrids.

Traits	DTF	DTS	PH	EH	SD	AFEL	BFEL	TLN	LA
DTS	0.908**								
PH	0.003	−0.100							
EH	0.034	0.000	0.802**						
SD	−0.272*	−0.243*	0.008	0.110					
AFEL	−0.114	−0.205	0.307**	0.138	0.077				
BFEL	0.031	0.034	0.313**	0.340**	0.160	0.138			
TLN	−0.036	−0.080	0.396**	0.323**	0.155	0.638**	0.841**		
LA	−0.078	−0.064	0.322**	0.318**	0.340**	0.118	0.240*	0.245*	
FW	0.002	−0.016	0.701**	0.625**	−0.008	0.151	0.266*	0.285**	0.321**

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively. (n=84)

Dhillon *et al*[3]曾指出鮮草產量同時受累加性及非累加性遺傳成份所左右，本試驗資料得到鮮草產量之 GCA 及 SCA 達極顯著水準，GCA/SCA 比值大於 1，結果與其相當一致。RSC2 在七個親本自交系之鮮草產量之 GCA 最大（表 5），其平均鮮草產量亦最高（表 3），可視爲本試驗材料中最具潛力之親本。四十二個 F_1 之鮮草產量以一般組合力較佳之親本 RSC2 及 ICAL210 之正反組合平均最高（表 3），鮮草產量之 SCA，則以 ICAL210×Pi3、SW260×Pi28 及 RSC2×Pi28 等三個異粒型組合最高（表 6），此或因兩自交系本身之產量均極優異，反使其與產量差異甚大之自交系所組成之 F_1 的 SCA 效應不易顯現[1]。

稈徑主要受非累加性遺傳成分控制，與呂等[1]之試驗結果符合，顯示此性狀不易掌握，自交系稈莖之粗細也很難作爲雜交種稈莖粗細之選拔指標。

Helms and Compton[12]及 Yamaguchi[22]認爲具有較高大之植株及較高之穗位其產量較高，本試驗所得結果與其類似。一般而言，較高大之植株其總葉片數相對的較多[17]，本試驗中株高與總葉片數亦呈顯著正相關（表 9，10）。一般認爲，植株高大及穗位較高之雜交玉米容易倒伏或倒折[24]，在本試驗調查中並未發生，此可能係參試之材料均具有抗倒伏特性，或由於試驗期間氣候良好所致。玉米供源的大小是由單株葉面積、總葉片數及與光合速率所共同組成，其中葉片爲最主要之供源器官，葉面積大小能直接影響供源的大小[19,23]。同一品種葉片數之多寡雖會隨著溫度及光週期而改變[14,18]，但同環境下葉片數之多寡主要受品種之控制[21]。許多學者認爲飼料玉米籽粒產量以第一穗以上葉片貢獻較大，因同一植株上不同位置之葉片光合作用能力不同，植株上層的葉片光合作用能力一般大於下層葉片，能產生較多之光合產物供應穗部所需[4]。第一穗以上葉片數雖對飼料玉米籽粒有正相關，但本試驗結果顯示其對青割玉米鮮草產量則無顯著相關性，可能係第一穗以上葉片於乳熟期（solf dought）即開始快速老化，乾物重顯著降低所致。第一穗以下葉片於硬熟期（hard dought）方開始逐漸老化，其乾物重降低並不明顯，故與鮮草產量呈顯著正相關，此與 Genter *et al*.[7]及 Pinter[16]報告相符。

在以產量爲主的育種目標上，飼料玉米僅求籽粒產量之單一性狀的表現，而青割玉米則以整株各部位（stover and ear）之綜合性狀間的平衡，此爲最大之不同點。吐絲期及第一穗以下葉片數兩性狀具有正反交效應，於育種過程中，父母本的選定，宜加謹愼。青割玉米鮮草產量之特定組合力較高的五個 F_1 均屬異粒型組合，馬齒種與硬粒種間之雜種優勢高產模式，應同時適用於飼料與青割玉米，唯某些自交系在同粒型組合，仍可有相當優異的表現。

F_1 組合之鮮草產量與開花期、吐絲期、稈徑及第一穗以上葉片數相關不顯著；然而與株高、穗位高、第一穗以下葉片數、總葉片數、葉面積則呈顯著或極顯著正相關（表10），顯示早熟不一定會造成鮮草產量之低產，此與 Troyer and Hallauer[20]及 Yamaguchi[22]表示早熟種有低產傾向之結論相異，試驗環境及參試材料不同或是原因之一。由於自交系親本及雜交種中，鮮草產量與株高、穗位高、第一穗以下葉片數及葉面積均爲顯著正相關，此類性狀作爲選拔高產青割玉米之參考指標，對提高育種效率應有幫助。

引用文獻

1. 呂宗佳、謝光照、何千里、莊周瑞。1986。馬齒種及硬粒種玉米自交系雜種優勢及組合力之全互交分析。中華農業研究 35：145—164。
2. 蕭柊瓊、劉清。1987。玉米單株葉面積與全株葉面積之簡易估算法。中華農業研究 36：276—282。
3. Dhillon, B.S., P.A. Gurrath, E. Zimmer, M. Wermke, W. G. Pollmer and D. Klein. 1990. Analysis of diallel crosses of maize for variation and covariation in agronomic traits at silage and grain harvests. Maydica 35：297—302.

4. Fairey, N. A. and T. B. Daynard. 1978. Quantitative distribution of assimilation in component organ of maize during reproductive growth. Can. J. Plant Sci. 58 : 709—717.
5. Fairey, N. A. 1980. Hybrid maturity and the relative importance of grain and stover for the assessment of the forage potential of maize genotypes grown in marginal and non-marginal environments. Can. J. Plant Sci. 60 : 539—545.
6. Gallais, A. and M. Pollacsek. 1975. Possibilites selection du mais en tant que plante fourragere. Proceedings 8th Congress of the Maize and Sorgham Secction of Eucarpia, Paris—Versailles. p. 68—76.
7. Genter, C. F., G. C. Jones and M. T. Carter. 1970. Dry matter accumulation and depletion in leaves, stems, and ear of maturing maize. Agron. J. 62 : 535—537.
8. Griffing, B. 1950. Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. Genetics 35 : 303—321.
9. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9 : 463—493.
10. Hanway, J. J. and W. A. Russell. 1969. Dry-matter acccumulation in corn (*Zen mays* L.) plants : Comparisons among single-cross hybrids. Agron. J. 61 : 947—951.
11. Hanway, J. J. 1963. Growth stage of corn (*Zea mays* L.) Agron. J. 55 : 145—148.
12. Helms, T. C. and W. A. Compton. 1984. Ear height and weight as related to stalk lodging in maize. Crop Sci. 24 : 923—924.
13. Hunter, R. B. 1986. Selecting hybrids for silage maize production : a Canadian experience. *In* : Breeding of Silage Maize (O. Dolstra and P. Medema, eds.) . pp. 140—146. Pudoc Wageningen.
14. Landi, P. and S. Cunti. 1976. Effect of the sowing date on the performance of various characters in early dent x flint maize hybrids. Maydica 21 : 31—47.
15. McAllocn, A. B. and P. H. Phipps. 1977. The effect of sample date and plant density on the carbohydrate content of forage maize and the changes that occur on ensiling. J. Agric. Sci. Camb. 89 : 589—597.
16. Pinter, L. 1986. Ideal type of forage maize hybrid (*Zea mays* L.) .*In* : Breeding of Silage Maize (O. Dolstra and P. Medema, eds.) . pp. 123—150. Pudoc Wageningen.
17. Rood, S. B. and D. J. Major. 1981. Dillel analysis of leaf number, leaf development rate, and plant height. Crop Sci. 21 : 867—873.
18. Russell, W. K. and C. W. Stuber. 1983. Effects of photoperiod and temperature on the duration of vegetative growth maize. Crop Sci. 23 : 847—850.
19. Tollenaar, M. and R. B. Hunter. 1983. A photoperiod and temperature sensitive period for leaf mumber of maize. Crop Sci. 23 : 457—460.
20. Troyer, A. F. and A. R. Hallauer. 1968. Analysis of a diallel set of early flint varieties of maize. Crop Sci. 8 : 581—584.
21. Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. III. Leaf number. Agron. J. 75 : 762—766.
22. Yamaguchi, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. II. the growth and yield of tall and short varieties. Soil Sci. Plant Nutr. 20(2) : 145—154.
23. Yamaguchi, J. 1974. Varietal traits limiting the grain yield of tropical maize. Ⅳ. plant traits and productivity of tropical varieties. Soil Sci. Plant Nutr. 20(3) : 287—304.
24. Zuber, M. S. and C. O. Groagan. 1961. A new technique for measuring stalk strength in corn. Crop Sci. 1 : 378—380.

Diallel Analysis of Stem and Leaf Characteristics and Forage Yield in Maize[1]

Chang-Lee Ho, Guang-Jauh Shieh and Hung-Shung Lu[2]

Summary

Seven inbred lines (four flint types and three dent types) and their forty-two single cross hybrids were evaluated for stem and leaf traits and forage yield in field studies conducted in fall of 1992. The analysis of variance for these traits indicated that the mean squares for genotypes were all significant. Results analyzed by Griffing's Method I indicated that estimates of GCA (except for stalk diameter) and SCA (except for leaf number above first ear) were all significant. There were significant reciprocal effects for days to silking and leaf number below first ear. Both additive and nonadditive components were responsible for the expression of these traits (except for stalk diameter and leaf number above first ear). However, additive effects were accounted for major part of the total variation. Estimates of GCA, SCA and potence value across inbred lines, hybrids and kernel type combinations were not consistent. Inbred line RSC2 had the largest positive GCA effect for forage yield. Since the correlations coefficients between forage yield and plant height, ear height, leaf number below first ear and leaf area were significant, these traits may be used as valuable indicators in forage maize breeding program.

Key words : Maize (*Zea mays* L.) , Diallel analysis, General combining ability, Specific combining ability, Potence value.

1. Contribution No. 1702 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Assistant agronomist, Assistant agronomist, and Senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.