

密度處理對不同粒型玉米青割及子粒產量之影響¹

謝光照 盧煌勝²

摘要：九個玉米單交品系，包括馬齒種及硬粒種間之三種組合，進行二期作之栽培密度（70×20公分、70×25公分及70×30公分）試驗。試驗結果顯示，不論春作或秋作環境下，單位面積之青割鮮重、乾物重及子粒產量，均隨栽培密度每公頃47,600株至71400株之增加而提高，密度處理對整株乾物率、果穗百分比及總營養消化率（TDN%）未有顯著影響。在不同密度處理下，單株鮮重及乾物重，在春秋作均以馬齒種×硬粒種及硬粒種×硬粒種優於馬齒種×馬齒種；整株乾物率、果穗百分比、總營養消化率及子粒產量，於春秋作下，三種粒型組合間略有變動，但概以馬齒種×硬粒種居首。同時考慮青割鮮重、乾物重、整株乾物率、果穗百分比、總營養消化率及子粒產量六項性狀，單交組合中以馬齒種×硬粒種或硬粒種×硬粒種較優，而栽培密度以70公分×20公分為宜。

關鍵詞：玉米、栽培密度、馬齒種、硬粒種。

影響玉米乾物質及子粒產量的因素很多，除遺傳因子之外，環境因子也甚為重要，其中栽培密度尤有明顯的作用。栽培密度不同，造成植株間對於養份和環境資源競爭能力的改變。一般而言，玉米單位面積乾物累積量隨栽培密度增加而升高（Brown, 1986；Lucas, 1986）。Remison and Lucas（1982）在兩年的試驗中，均顯示玉米單株之總乾物重隨密度的增加而下降；而單位面積之總乾物重則隨密度增加而升高。Graybill *et al.*（1991）也得到類似之結果。Cross *et al.*（1987）以16個玉米基因型在24,000~72,000株/公頃下進行研究，結果顯示單位面積子粒產量確隨密度之增加而升高。根據 Bunting（1971）之研究，玉米整株乾物質產量與密度之間的反應呈現某種漸近線之曲線關係；而 Tollenaar（1989）則發現子粒產量與密度間之反應曲線為拋物線關係。

Inoue（1984）指出馬齒種×硬粒種組合具有較高子粒產量。在臺灣栽培環境下亦顯示馬齒種×硬粒種與硬粒種×硬粒種比馬齒種×馬齒種具有較高之子粒產量潛力（Lee *et al.*, 1986）；而 Moreno-Gonzalez（1988）分析歐洲硬粒種及美國馬齒種之雜交組合，發現子粒產量以馬齒型×馬齒型與馬齒型×硬粒型優於硬粒型×硬粒型組合。

由上述學者之研究，顯示不同粒型組合之雜交種在相異的栽培環境下，其子粒產量的表現在粒型組合間互有高低不等之表現，但有關不同粒型組合之雜交種，在各種密度下之表現情形，目前研究報告尚少。本試驗主要目的，即探討不同粒型種源玉米在密度處理下其青割及子粒產量之反應，以便提供玉米育種及栽培之參考。

材料與方法

本試驗使用八個玉米自交系，其代號、名稱、系譜、起源及粒型等詳如表1：

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1626 號。
2. 本所農藝系助理研究員及研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

表1. 八個參試自交系之背景資料

Table 1. Backgrounds of the eight inbred lines evaluated.

Code	Inbreds	Pedigree	Origin	Kernel type
A	Hi 25	(B14A×MV source)BC ₄	Hawaii, USA	Dent
B	Hi 31	(B68×MV source)BC ₅	Hawaii, USA	Dent
C	Hi 33	(Mo17×MV source)BC ₅	Hawaii, USA	Dent
D	Hi 26	(CI121E×MV source)BC ₄	Hawaii, USA	Dent
E	Antigua-2D	Antigua	Caribbean	Flint
F	Sw 654	Suwan-1 derivative	Thailand	Flint
G	Pi 362	Pitneer 6875 derivative	Pioneer international Co. Ltd.	Flint
H	TA80-2598-44	(TA80-2598×Suwan-1)BC ₃	TARI, Taiwan	Flint

上述八個自交系之半互交二十八個 F₁ 組合中，馬齒種同粒型 (Dent×Dent)、硬粒種同粒型 (Flint×Flint) 及馬齒型×硬粒型之異粒型 (Dent×Flint) 各逢機取3個組合為材料，分別於1988春作 (3月16日播種) 及秋作 (10月14日播種) 於農試所進行田間試驗。試驗採裂區設計，密度為主區，基因型為副區，三行區，行長5公尺，密度分為70×20公分 (D₁: 71,400株/公頃)、70×25公分 (D₂: 57,140株/公頃) 及70×30公分 (D₃: 47,600株/公頃) 三種等級，逢機排列於每一區集，四重複；副區9個參試基因型，則逢機排列於每一主區內。基肥以臺肥39號複合肥料 (N:P₂O₅:K₂O=12:18:12) 每公頃施500公斤，於播種前施於溝內，然後澆水，再進行播種及覆土工作，每穴二粒播，當植株出土長至4~5葉齡時，進行間苗，每穴留一株。然後植株長至齊膝期時施追肥，每公頃施硫酸銨 (N=21%) 500公斤，再進行培土作業，其他田間管理，按一般方法進行之。春作及秋作分別於授粉後24及45天進行青割取樣。另外於生理成熟時收穫果穗，進行子粒產量調查。調查性狀及方法如下：

- (1) 鮮重 (fresh weight)：於青割取樣時期每小區取樣5株，從地表面割起，稱其鮮重，然後換算為單株之重量，以 kg 表示。
- (2) 乾物重 (dry weight)：由割取的5株植株置於70°C烘乾機中烘七天，稱其乾重，再換算單株之重量，以 g 表示。
- (3) 整株乾物率 (whole-plant dry matter content)：由每小區割取的5株樣品，先稱其鮮重，然後置於70°C烘乾機中烘七天，稱其乾重，並換算單株重量，以 (乾重/鮮重) × 100 而得之。
- (4) 果穗百分比 (ear percentage)：(果穗乾重/整株乾重) × 100。
- (5) 總營養消化率 (total digestible nutrient percentage TDN)：青割玉米 TDN 測定法比照日本 Pioneer 種子公司推廣手冊使用方法 (Japan Pioneer Hybrid Co. Ltd., 1986) 進行估算，其法於植株收割時全株烘乾，以下列公式求得：

$$TDN\% = \frac{[(\text{莖葉乾重} \times 0.582) + (\text{果穗乾重} \times 0.85)]}{\text{莖葉乾重} + \text{果穗乾重}} \times 100$$
- (6) 子粒產量：於生理成熟期，每小區逢機收取5株果穗，烘乾脫粒後稱其子粒重，再換算為單株重量，以 g 表示之。

以上所獲資料先進行變方分析及平均值顯著性測驗，並就不同粒型間之組合作一詳細比較。

結果與討論

在春作環境下，經變方分析結果（表2），顯示密度處理對青割鮮重、乾物重及子粒產量有顯著效果，而整株乾物率、果穗百分比及總營養消化率等則無明顯差異。所有性狀在基因型間均達極顯著差異。密度與基因型之交感作用，僅乾物重及子粒產量達顯著差異。在秋作環境下結果與春作類似，密度處理對青割鮮重、乾物重及成熟期子粒產量均達極顯著差異。基因型間所有性狀均達極顯著差異，而密度與基因型間有交感效應者僅鮮重及子粒產量。此等結果與 Pinter *et al.* (1990) 指出不同基因型的產量性狀各有其最適栽培密度之說法相符。而不同密度處理對青割適期之整株乾物率沒有明顯差異，則與 White (1976) 之結果近似。

表2. 九個雜交種在二個期作下六個性狀之變方分析

Table 2. ANOVA of six traits for nine hybrids evaluated in two crop seasons.

Crop Seasons	Source of variation	df	Mean squares					Grain yield
			Fresh weight	Dry weight	Whole-plant dry matter	Ear percentage	TDN	
Spring	Block	3	0.103**	774	144.63**	19.1	1.64	115
	Density(D)	2	0.269**	33,035*	0.89	19.3	1.36	4,036**
	Error a	6	0.003	5,137	5.18	20.9	1.86	130
	Genotype(G)	8	0.120**	10,823**	30.89**	264.0**	19.92**	1,459**
	D×G	16	0.004	1,913*	7.70	27.7	1.47	331**
	Error b	72	0.005	991	7.67	17.8	1.53	38
Fall	Block	3	0.012	175	13.23	5.5	1.69	219
	Density(D)	2	0.132**	12,912**	4.11	49.3	1.83	11,213**
	Error a	6	0.007	604	4.00	25.1	1.82	157
	Genotype(G)	8	0.139**	12,731**	28.81**	241.6**	21.62**	10,607**
	D×G	16	0.015*	804	1.44	13.7	1.27	605**
	Error b	72	0.008	507	2.70	15.6	1.73	189

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

由表3看出，在春作環境下，隨著株距的縮小，單株鮮重、乾物重及子粒產量呈現遞減的現象，但其單位面積之鮮重、乾物重及子粒產量則隨著密度由47,600株/公頃至71,400株/公頃之增加而升高。在秋作環境下，也呈現相同的趨勢（表4）。本試驗密度處理效果對青割鮮重、乾物重及成熟期子粒產量之影響，與 Remison and Lucas (1982)、Brown (1986)、Lucas (1986)、Cross *et al.* (1987) 及 Graybill *et al.* (1991) 等之結果相符，顯示在70×20公分的行株距，即每公頃71,400株的栽培密度下，可獲得較高的青割產量及子粒產量，但對整株乾物率、果穗百分比及總營養消化率影響則不大。

表3. 不同密度處理在春作環境下六個性狀之平均值

Table 3. Means for six traits of three plant densities (spring of 1988).

Plant density	Fresh weight (kg/plant)	Dry weight (g/plant)	Whole-plant dry matter content (%)	Ear percentage (%)	TDN (%)	Grain yield (g/plant)
D ₁	0.67(47,833) §	240.0(17,200)	36.00	41.24	69.25	120.2(8,582)
D ₂	0.77(43,998)	272.5(15,570)	36.29	38.88	68.96	135.6(7,748)
D ₃	0.84(40,000)	301.6(14,362)	36.03	39.83	68.87	140.5(6,690)
LSD _(0.05)	0.19	41.3	1.31	2.63	0.78	6.6

D₁ : 70×20cm , D₂ : 70×25cm , D₃ : 70×30cm.

§ Numbers in the parenthesis denote yield in kg/ha.

表4. 不同密度處理在秋作環境下六個性狀之平均值

Table 4. Means for six traits of three plant densities (fall of 1988).

Plant density	Fresh weight (kg/plant)	Dry weight (g/plant)	Whole-plant dry matter content (%)	Ear percentage (%)	TDN (%)	Grain yield (g/plant)
D ₁	0.78(55,692) §	195.9(13,987)	25.08	44.17	69.84	103.3(7,375)
D ₂	0.84(47,998)	212.3(12,131)	25.18	43.06	69.72	119.8(6,945)
D ₃	0.90(42,858)	233.7(11,128)	25.71	41.93	69.40	138.5(6,595)
LSD _(0.05)	0.05	14.2	1.15	2.89	0.78	7.2

D₁ : 70×20cm , D₂ : 70×25cm , D₃ : 70×30cm.

§ Numbers in the parenthesis denote yield in kg/ha.

進而由各種粒型組合間之比較 (表5), 平均而言, 在春作環境下, 就青草鮮重及乾物重而言, 硬粒種×硬粒種>馬齒種×硬粒種>馬齒種×馬齒種。子粒產量則以馬齒種×硬粒種與硬粒種×硬粒種高於馬齒種×馬齒種組合, 而整株乾物率在粒型組合間沒有明顯差異存在。但馬齒種×馬齒種與馬齒種×硬粒種比硬粒種×硬粒種具有稍高的果穗百分比及總營養消化率 (TDN%)。在秋作環境下 (表6), 授粉後45天青割時, 馬齒種×硬粒種及硬粒種×硬粒種比馬齒種×馬齒種具有較高的鮮重、乾物重、果穗百分比及子粒產量, 至於整株乾物率及總營養消化率, 均以馬齒種×硬粒種顯著高於馬齒種×馬齒種, 此與 Lee *et al.* (1986) 之結果相類似, 可見在臺灣中部地區環境, 仍以馬齒種×硬粒種與硬粒種×硬粒種之子粒產量表現較佳。在不同粒型組合間各性狀之平均值仍有明顯的差異, 而在同粒型組合內仍可發現相當之差別。春作環境下 (表5), 九個參試雜交種中, 顯示以 F×G 組合, 具有最高的鮮重及乾物重, 但其整株乾物率、果穗百分比及總營養消化率則較低。子粒方面, 則以 C×B、C×E及 F×G 最為高產。秋作環境下 (表6), 九個基因型中, 以 A×F 及 F×E 具有較高的鮮重、乾物重及子粒產量。

表5. 春作三種不同粒型雜交組合六個性狀之平均值

Table 5. Means for six traits of three kernel type combinations (spring of 1988).

Hybrid combination	Fresh weight (kg/plant)	Dry weight (g/plant)	Whole-plant dry matter content (%)	Ear percentage (%)	TDN (%)	Grain yield (g/plant)
..... Dent × Dent						
C×B	0.75	263.2	36.23	44.98	70.47	140.1
C×D	0.61	221.4	36.55	43.55	69.87	125.1
D×B	0.71	235.5	33.63	35.31	67.66	118.3
\bar{x}	0.69	240.0	35.47	41.28	69.33	127.8
..... Dent × Flint						
C×E	0.73	265.2	37.62	47.78	71.00	140.4
D×E	0.77	278.9	37.14	43.06	69.81	131.9
D×G	0.80	274.3	34.39	35.96	67.83	137.1
\bar{x}	0.76	272.8	36.38	42.27	69.54	136.5
..... Flint × Flint						
F×E	0.77	292.3	38.16	36.46	67.97	123.5
F×G	0.93	318.4	34.35	35.66	67.75	138.9
F×H	0.81	295.9	36.87	40.17	68.96	135.9
\bar{x}	0.83	302.2	36.46	37.43	68.23	132.8
LSD _(0.05)	0.06	25.6	2.25	3.43	1.01	8.7

表6. 秋作三種不同粒型雜交組合六個性狀之平均值

Table 6. Means for six traits of three kernel type combinations (fall of 1988).

Hybrid combination	Fresh weight (kg/plant)	Dry weight (g/plant)	Whole-plant dry matter content (%)	Ear percentage (%)	TDN (%)	Grain yield (g/plant)
..... Dent × Dent						
A×B	0.64	144.0	22.69	32.71	66.54	52.9
C×A	0.72	190.4	26.63	48.69	71.18	111.1
C×B	0.83	194.8	23.48	38.93	68.82	109.2
\bar{x}	0.73	176.4	24.26	40.11	68.85	91.1
..... Dent × Flint						
A×E	0.84	225.5	26.90	44.65	70.29	121.9
A×F	0.92	239.2	25.59	45.22	70.45	147.3
A×G	0.89	234.6	26.29	43.86	69.94	132.5
\bar{x}	0.88	233.1	26.26	44.58	70.23	133.9
..... Flint × Flint						
F×E	1.01	247.6	24.36	42.10	69.05	154.8
H×E	0.86	232.2	26.96	47.28	70.80	136.2
H×G	0.87	217.8	25.02	43.99	69.79	118.9
\bar{x}	0.91	232.5	25.45	44.46	69.88	136.6
LSD _(0.05)	0.07	18.3	1.34	3.22	1.07	11.2

由密度與粒型相互組合之平均值 (表7, 表8) 觀之, 顯示三種粒型組合之青割鮮重、乾物重及子粒產量均以在較高密度下之單位面積產量最高。春作時, 整株乾物率在密度與粒型組合間並沒有明顯差異, 除在密度 D₁外, 均以馬齒種×馬齒種及馬齒種×硬粒種兩者有較高的果穗百分率及總營養消

化率；而在秋作環境下，除 D₁外則以馬齒種×硬粒種及硬粒種×硬粒種組合較高。顯現此二性狀在粒型組合與期作間有交感效應存在（謝，1991），此與不同粒型組合在相異期作下之成熟期頗不一致有關，平均而言，在春作環境下，以馬齒種×馬齒種及馬齒種×硬粒種之組合較為早熟；而秋作則以馬齒種×硬粒種及硬粒種×硬粒種較早熟。

表7. 春作不同密度與粒型組合之六個性狀之平均值

Table 7. Means for six traits of three kernel type combinations grown in three plant densities (spring of 1988).

Plant density	Kernel type combination	Fresh weight (kg/plant)	Dry weight (g/plant)	Whole-plant dry matter content (%)	Ear percentage (%)	TDN (%)	Grain yield (g/plant)
D ₁	Dent × Dent	0.625(44,625)§	217.0(15,493)	35.22	41.26	69.26	114.3(8,161)
	Dent × Flint	0.646(46,124)	228.0(16,279)	35.62	43.53	69.86	120.5(8,603)
	Flint × Flint	0.757(54,049)	277.9(19,842)	37.12	38.94	69.63	125.9(8,989)
D ₂	Dent × Dent	0.681(38,885)	238.5(13,618)	35.42	40.76	69.33	132.8(7,583)
	Dent × Flint	0.791(45,166)	286.8(16,376)	36.61	42.29	69.53	144.2(8,234)
	Flint × Flint	0.847(48,363)	303.7(17,341)	36.00	36.67	68.02	130.1(7,428)
D ₃	Dent × Dent	0.754(35,905)	267.6(12,743)	35.76	41.83	69.41	134.6(6,409)
	Dent × Flint	0.864(41,143)	312.1(14,862)	36.04	40.97	69.21	144.6(6,885)
	Flint × Flint	0.903(43,000)	325.1(15,481)	36.26	36.68	68.02	142.2(6,771)
LSD _(0.05)		0.060	25.6	2.25	3.43	1.01	8.7

D₁ : 70×20cm , D₂ : 70×25cm , D₃ : 70×30cm.

§ Numbers in the parenthesis denote yield in kg/ha.

表8. 秋作不同密度與粒型組合之六個性狀之平均值

Table 8. Means for six traits of three kernel type combinations grown in three plant densities (fall of 1988).

Plant density	Kernel type combination	Fresh weight (kg/plant)	Dry weight (g/plant)	Whole-plant dry matter content (%)	Ear percentage (%)	TDN (%)	Grain yield (g/plant)
D ₁	Dent × Dent	0.664(47,409)§	160.4(11,452)	24.21	42.59	69.40	71.5(5,105)
	Dent × Flint	0.831(59,333)	212.2(15,151)	25.67	45.07	70.38	111.8(7,982)
	Flint × Flint	0.842(60,118)	215.2(15,365)	25.36	44.85	69.72	119.8(8,553)
D ₂	Dent × Dent	0.762(43,540)	179.8(10,273)	23.78	40.00	68.86	93.4(5,336)
	Dent × Flint	0.869(49,654)	230.2(13,153)	26.46	44.72	70.18	130.7(7,468)
	Flint × Flint	0.899(51,368)	205.4(11,736)	25.28	44.45	70.10	135.1(7,719)
D ₃	Dent × Dent	0.555(26,429)	188.9(8,995)	24.80	37.72	68.28	101.6(4,838)
	Dent × Flint	0.943(44,905)	256.8(12,228)	26.63	43.97	70.11	159.2(7,581)
	Flint × Flint	0.998(47,523)	255.4(12,162)	25.70	44.08	69.82	154.7(7,366)
LSD _(0.05)		0.070	18.3	1.34	3.22	1.07	11.2

D₁ : 70×20cm , D₂ : 70×25cm , D₃ : 70×30cm.

§ Numbers in the parenthesis denote yield in kg/ha.

就本試驗結果觀之，當株距在20~30公分之間變動，株距愈小，栽培密度愈高，玉米單位面積之青割鮮重、乾物重及子粒產量皆隨之提昇，春秋作一致。在同一栽培密度下，粒型組合間作一比較，馬齒種×硬粒種及硬粒種×硬粒種單株鮮重及乾物重在春秋作均優於馬齒種×馬齒種；整株乾物率、果穗百分比、總營養消化率及子粒產量之高低，於春秋作下，粒型組合間互有變動，但以馬齒種×硬粒種居首為多。同時考慮鮮重、乾物重、整株乾物率、果穗百分比、總營養消化率及子粒產量等六項性狀，玉米品種之選擇以馬齒種×硬粒種或硬粒種×硬粒種較佳，而栽培密度則以70公分×20公分最為理想。

參考文獻

1. 謝光照。1991。期作對玉米硬粒型與馬齒型組合產量及農藝性狀之影響。國立中興大學農藝研究所碩士論文。
2. Bunting, E. S. 1971. Plant density and yield of shoot dry material in England. *J. Agric. Sci. Camb.* 77 : 175-185.
3. Brown, D. M. 1986. Corn yield response to irrigation, plant population and nitrogen in a cool, humid climate. *Can. J. Plant Sci.* 66 : 453-464.
4. Cross, H. Z., J. T. Kamen, and L. Brun. 1987. Plant density, maturity and prolificacy effects on early maize. *Can. J. Plant Sci.* 67 : 35-42.
5. Graybill, J. S., W. J. Cox, and D. J. Otis. 1991. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrids, plant date and plant density. *Agron. J.* 83 : 559-564.
6. Inoue, Y. 1984. Specific combining ability between six different types of maize (*Zea mays* L.) obtained from a diallel set of eleven open-pollinated varieties. *Japan J. Breed.* 34 : 17-28.
7. Japan Pioneer Hybrid Co. Ltd. 1986. Handbook for field experiment. The Company, Tokyo.
8. Lee, T.C., G. J. Shieh, C. L. Ho, and J. R. Juang. 1986. Analysis of diallel sets of dent and flint maize inbreds for combining ability and heterosis. *J. Agric. Res. China* 35 (2) : 145-164.
9. Lucas, E. O. 1986. The effect of density and nitrogen fertilizer on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in Nigeia. *J. Agric. Sci. Camb.* 107 : 573-578.
10. Moreno-Gonzalez, J. 1988. Diallel crossing system in sets of flint and dent inbreds line of maize (*Zea mays* L.) . *Maydica* 33 : 37-49.
11. Pinter, L., J. Schmidt, S. Jozsa, J. Szabo, and G. Kelemen. 1990. Effect of plant density on the feed value of forage maize. *Maydica* 35 : 73-79.
12. Remison, S. U., and E. O. Lucas. 1982. Effects of plant density on leaf area and productivity of two maize cultivars in Nigeria. *Expl. Agric.* 18 : 93-100.
13. Tollenaar, M. 1989. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Sci.* 29 : 1365-1371.
14. White, R. P. 1976. Effects of plant population on forage corn yields and maturity on Prince Edward Island. *Can. J. Plant Sci.* 56 : 71-77.

Effects of plant density on forage and grain yield of maize with different kernel types¹

G. J. Shieh² and H. S. Lu²

Summary

A total of nine maize hybrids including dent and flint combinations were grown in three plant densities (70×20cm, 70×25cm, 70×30cm) at TARI in spring and fall crop of 1988. Effects of plant density on forage and grain yield of maize were investigated. From plant density of 47,600 plant/ha to 71,400 plant/ha, significant increase of fresh weight, dry weight and grain yield per hectare was associated with increasing plant density. Whole-plant dry matter content, ear percentage and total digestible nutrient percentage (TDN) were less influenced. Among combinations, dent × flint and flint × flint were better than dent × dent for fresh and dry weight per plant. Various responses among kernel type combinations for whole-plant dry matter content and grain yield were found. However, in most cases dent × flint was the leading combination for these traits. It is suggested that the combination of dent × flint or flint × flint, and plant density of 70×20cm would be the best arrangement, if both forage and grain yield are concerned.

Key words : Maize (*Zea mays* L.) , Plant density, Kernel type, Dent, Flint.

1. Contribution No. 1626 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, assistant agronomist and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, ROC.