

玉米花粉直感效應對籽粒重與果皮性狀表現之影響¹

謝光照²

摘 要

謝光照。2008。玉米花粉直感效應對籽粒重與果皮性狀表現之影響。台灣農業研究 57:85-94。

本研究以人工雜交之台南白 8 個自交系及其 56 個全互交當代之 F_1 組合為材料。種子達生理成熟後採收，於 38°C 乾燥機中烘乾，然後進行籽粒重及果皮性狀之調查。變方分析結果顯示，種子親植株上的雜交種子其籽粒重、發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量與平均果皮厚度等性狀，明顯因花粉親及種子親來源的不同而影響當代雜交種子籽粒重及果皮性狀之表現。種子親上的當代雜交種之種子其果皮係由母體之子房壁組織發育而成，由平均果皮厚度與果皮含量的平均值與花粉直感效應值，可看出有許多當代的雜交組合之種子果皮呈現較親本薄且果皮含量明顯較少。可能係因花粉親帶有較多的部份顯性基因，而部份顯性基因具有減少果皮厚度及含量之作用，因此在種子親上的雜交種子其果皮厚度及含量明顯的受花粉直感效應而改變其性狀之表現。

關鍵詞：台南白、花粉直感、籽粒重、果皮厚度、果皮含量。

前 言

玉米籽粒胚乳為三倍體組織，其中二個染色體組係由母本藉極核 (polar nuclei) 而來，另一個染色體組則由父本之精核所貢獻，因此由父本而來之基因可能會影響到玉米籽粒發育與性狀之表現。Xenia (花粉直感) 一詞來說明種子親本 (seed parents) 植株上的雜交種子可經由外來花粉基因型之影響，而致使果實的胚或其母體組織 (胚乳) 之外表性狀的表現有所不同。目前玉米籽粒上有關花粉直感現象的研究，顯示花粉的來源對籽粒顏色 (Sprague 1977)、胚乳型 (Kiesselbach & Leonard 1932)、百粒重與籽粒產量 (Leng 1949; Lambert *et al.* 1969; Odhiambo & Compton 1987; Tsai & Tsai 1990)、品質 (Cross & Dosso 1989; Pixley & Bjarnason 1994)、生長速率 (Seka & Cross 1995 a,b) 等性狀均有明顯的影響。本報告乃針對同一種胚乳型的不同來源之花粉所產生的花粉直感效應對籽粒重與果皮性狀之影響進行探討。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2316 號。接受日期：97 年 5 月 14 日。

2. 本所作物組研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。

3. 通訊作者，電子郵件：x486045@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23399544。

材料與方法

本試驗所使用之 8 個自交系及其 56 個 F_1 單交組合，皆由台南白族群分離及相互雜交而得。種子係於 1995 年秋作，以人工套袋雜交生產，其親本詳細來源及農藝特性如表 1 所示。自交系及 F_1 雜交組合，每一組合每重複 (果穗) 取 10 粒達生理成熟期、扁平且充實飽滿之種子稱其重量記錄之，然後測定不同部位果皮厚度。

玉米籽粒果皮剝取之方法，參考 Helm & Zube (1972) 之報告稍作修正，其剝取及測定方法如下：1. 達生理成熟期之種子，烘乾後稱其籽粒重，然後存放 10°C 冷藏室內。2. 剝皮時取出烘乾冷藏之種子，先切下頂蓋 (tip cap)，然後將種子在室溫下浸水二天使種子質地變軟後，再以解剖刀剝取果皮。首先沿著發芽面 (germinal) (胚所在之面) 切下發芽面之果皮，然後沿著非發芽面 (abgerminal) 切下非發芽面之果皮，最後取下冠蓋 (crown cap) 及側邊 (sides) 之果皮。3. 剝下之果皮放置於體積比為水：甘油醇 (glycerol) (1:3, v/v) 溶液中，過夜。4. 倒掉溶液，取出果皮，用吸水紙將果皮表面擦乾。5. 利用厚度計測量發芽面、非發芽面上中下各三點之厚度 (μm)，以平均值記錄之。測果皮厚度時，籽粒調查的性狀包含有：籽粒重、發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、平均果皮厚度及果皮含量等五個性狀。試驗設計為完全逢機設計，四重複 (果穗)。所獲得之數據先以 SAS/GLM 進行變方分析及平均值差異顯著性比較。

表 1. 台南白玉米自交系來源與其農藝特性

Table 1. Original population and agronomic characteristics of inbred lines of Tainan-white maize

Inbred line	Population original from	Days to tasseling (days)	Leaf number (no.)	Plant height (cm)	Ear length (cm)	100-kernel weight (g)	Kernel length (mm)
A	Taichung	61.5	15.6	165	13.1	28.4	11.6
B	Tainan	60.8	17.2	176	16.8	34.5	10.9
C	Yunlin	60.3	18.1	163	15.4	26.5	10.9
D	Taoyuan	60.8	14.3	160	14.0	33.0	10.8
E	Taitung	63.8	17.8	198	18.9	43.7	11.4
F	Chunghun	62.3	17.3	157	12.8	31.8	9.7
G	Pingtung	64.3	17.7	159	15.5	29.7	10.7
H	Hualien	66.3	18.9	155	12.6	26.5	9.6

結 果

根據本研究所使用的台南白自交系其農藝性狀 (表 1) 顯示，不同自交系間存在著遺傳變異，其開花期之變異介於 60–67 天之間，葉片數介於 15–19，株高介於 150–190 cm，果穗穗長在 12.6–18.9 cm，籽粒百粒重介於 26.5–43.7 g，籽粒長度介於 9.6–11.6 mm。本試驗以人工套袋雜交之台南白 8 個自交系及其 56 個全互交當代之 F_1 組合為材料，於種子達生理成熟後採收，於 38°C 乾燥機中烘乾，然後進行調查籽粒重及果皮性狀。變方分析之結果 (表 2)，顯示，籽粒重、發芽面果

皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量與平均果皮厚度等性狀在基因型間、花粉親間、種子親間、組合間均達極顯著差異。表示種子親植株上的雜交種種子其籽粒重、發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量與平均果皮厚度等性狀，明顯因花粉親及種子親來源的不同而受到影響。而雜交組合效應 (M × F) 對籽粒重、發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量與平均果皮厚度等性狀亦有極顯著的影響，顯然上述性狀在種子親植株上的當代雜交種子性狀的表現，亦受花粉親與種子親之共同的基因遺傳系統所控制。

分析親本自交系及其雜交組合當代種子籽粒重與果皮性狀 (表 3)，顯示親本籽粒重的表現，以基因型 E (493.7 mg/kernel) 最重，其次為基因型 G (393.5 mg/kernel)，最輕者為基因型 B (251.0 mg/kernel)。而雜交組合中籽粒重最重的為基因型組合 E × D (495.0 mg/kernel)，其次為基因型 E × B 組合 (473.2 mg/kernel)，最輕者為基因型 C × H 組合 (246.2 mg/kernel)。雜交組合籽粒重明顯高於自交系的有基因型組合 B × A、D × A、H × A、A × B、D × B、F × B、H × B、A × C、B × C、D × C、F × C、H × C、A × D、B × D、F × D、H × D、A × E、B × E、D × E、F × E、H × E、A × F、B × F、D × F、H × F、A × G、B × G、F × G、D × H、F × H 等 30 個。

各基因型種子就發芽面果皮厚度而言，八個親本中以基因型 C (96.0 μm) 最薄，其次為 B (97.7 μm)、F (113.0 μm) 及 H (114.0 μm)；最厚者為 G (230.2 μm)，最薄與最厚者之果皮厚度相差 134.2 μm (表 3)。雜交組合中發芽面果皮厚度較薄者有 B × G (74.2 μm)，其次為 B × F (82.7 μm)；最厚者為 G × B (222.5 μm)。雜交組合較親本來得薄的基因型有 B × A、G × A、H × A、H × B、A × C、G × C、H × C、B × D、G × D、H × D、B × H、G × E、H × E、B × F、G × F、H × F、B × G、H × G、G × H 等 19 個。

就非發芽面果皮厚度而言，八個親本中以基因型 B (99.0 μm) 最薄，其次為 F (103.0 μm)；最厚者為 G (213.5 μm)，最薄與最厚者之果皮厚度相差 114.5 μm (表 3)。雜交組合中非發芽面果皮較薄者有 C × B (79.2 μm) 及 B × A (79.7 μm)；最厚者為 E × A (232.2 μm) 及 G × B (228.2 μm)。雜交組合中果皮厚度較親本薄的基因型有 B × A、G × A、H × A、C × B、H × B、A × C、G × C、G × D、H × D、A × E、H × E、A × F、C × F、G × F、H × F、A × G、B × G、C × G、H × G、A × H、C × H、G × H 等 22 個。

表 2. 不同玉米基因型籽粒重及果皮性狀變方分析之均方值

Table 2. Mean square values of ANOVA for the pericarp characters and kernel weight of maize

Source	DF	Kernel weight	Germinal thickness	Abgerminal thickness	Pericarp content	Average thickness
Genotype	63	15,197** ^z	6,037**	5,692**	14.72**	5,749**
Male	7	102,949**	48,546**	41,855**	88.45**	45,195**
Female	7	8,327**	832**	1,173**	5.82**	826**
M × F	49	3,643**	707**	1,171**	5.47**	817**
Error	192	490	142	139	0.53	101

^z. ** Significant at 0.01 probability.

表 3. 玉米籽粒重及果皮性狀各基因型之平均值

Table 3. Mean values for pericarp characters and kernel weight of maize genotype

	Male	Female								Mean(M)	Inbred
		A	B	C	D	E	F	G	H		
Kernel weight (mg/kernel)	A		286.0	315.0	287.7	361.5	320.7	348.0	316.7	319.4	260.5
	B	312.5	—	259.7	341.0	473.2	374.7	354.2	337.2	350.3	251.0
	C	317.5	274.2	—	280.0	431.7	370.0	389.7	318.5	340.2	304.5
	D	304.5	305.7	290.2	—	495.0	451.0	353.7	321.2	358.9	255.0
	E	298.7	339.7	296.5	309.0	—	407.5	390.7	377.7	345.7	493.7
	F	288.5	323.0	231.0	329.0	402.5	—	336.2	334.2	320.6	332.7
	G	296.0	319.5	308.2	269.0	445.7	385.7	—	313.2	344.2	393.5
	H	256.3	262.7	246.2	334.5	451.7	401.0	358.2	—	330.1	296.2
	Mean(F)	296.2	301.5	278.1	307.2	437.3	387.2	361.5	331.2	LSD _{0.05} (m)= 19.11 LSD _{0.05} (fm)= 10.92	
Germinal thickness (µm)	A	—	78.5	120.5	128.2	210.0	106.7	204.0	103.2	135.8	139.5
	B	135.0	—	89.2	113.7	155.0	104.5	222.5	95.7	130.8	97.7
	C	120.0	90.0	—	113.2	140.5	114.7	177.7	103.0	122.7	96.0
	D	134.2	79.0	123.2	—	169.2	145.0	198.7	86.0	133.6	117.2
	E	131.0	79.5	131.0	136.5	—	130.0	211.5	98.7	131.2	137.2
	F	131.5	82.7	100.7	137.0	162.7	—	210.7	98.2	131.9	113.0
	G	128.2	74.2	97.5	134.2	160.2	113.7	—	99.7	115.4	230.2
	H	142.8	97.2	105.0	128.2	157.0	117.5	206.0	—	136.2	114.0
	Mean(F)	131.8	83.0	109.6	127.2	164.9	118.8	204.4	97.8	LSD _{0.05} (m)= 10.29 LSD _{0.05} (fm)= 5.88	
Abgerminal thickness (µm)	A	—	79.7	119.2	134.0	232.2	119.2	178.2	108.2	138.7	150.0
	B	147.0	—	79.2	133.5	176.5	112.7	228.2	93.5	138.7	99.0
	C	121.5	94.5	—	112.7	145.2	104.5	165.0	112.2	122.2	109.7
	D	153.2	98.0	112.2	—	197.5	144.0	169.5	87.5	137.4	122.0
	E	123.2	89.5	125.7	147.2	—	139.2	205.0	108.5	134.0	148.0
	F	125.7	97.7	88.7	134.0	173.0	—	189.2	101.5	129.9	103.0
	G	136.7	83.7	90.5	132.7	194.2	120.5	—	93.7	121.7	213.5
	H	136.7	94.0	98.0	128.7	147.5	118.5	196.2	—	131.4	123.2
	Mean(F)	135.1	91.0	101.9	131.8	180.8	122.6	190.2	100.7	LSD _{0.05} (m)= 10.18 LSD _{0.05} (fm)= 5.82	
Pericarp content (%)	A	—	5.74	6.88	7.50	10.54	5.74	13.81	8.13	8.33	6.97
	B	6.36	—	6.01	8.62	8.31	6.17	12.97	6.89	7.90	7.49
	C	6.34	4.58	—	8.45	6.92	7.26	8.45	6.94	6.99	6.30
	D	7.84	4.39	6.73	—	10.01	6.75	9.41	6.36	7.36	8.05
	E	7.55	4.05	6.66	8.03	—	7.07	10.42	5.39	7.02	7.90
	F	7.22	5.50	6.24	8.21	8.40	—	9.38	6.64	7.37	7.64
	G	8.96	4.22	4.67	7.97	9.28	9.05	—	6.85	7.28	9.66
	H	8.86	4.82	6.46	7.33	6.84	8.63	11.77	—	7.81	9.14
	Mean(F)	7.59	4.75	6.24	8.01	8.61	7.24	10.88	6.74	LSD _{0.05} (m)= 0.62 LSD _{0.05} (fm)= 0.35	
Average thickness (µm)	A	—	79.2	120.5	131.0	221.0	113.2	191.2	106.0	137.4	145.0
	B	41.2	—	84.2	124.7	166.0	108.7	225.5	94.5	139.2	98.5
	C	121.2	92.5	—	113.0	143.2	109.7	177.7	107.7	123.5	103.2
	D	143.7	88.5	118.0	—	183.7	144.5	184.2	86.7	135.6	119.7
	E	127.0	84.5	128.5	142.2	—	134.2	208.5	103.5	132.6	146.0
	F	128.7	90.2	95.2	135.5	167.7	—	200.0	100.2	131.1	108.0
	G	132.7	79.2	94.2	133.5	177.5	117.2	—	96.7	118.7	221.7
	H	140.0	96.0	101.5	128.7	152.2	118.0	201.0	—	133.9	118.5
	Mean(F)	133.5	87.2	106.0	129.8	173.0	120.8	198.3	99.3	LSD _{0.05} (m)= 8.68 LSD _{0.05} (fm)= 4.96	

就果皮含量而言，八個親本中以基因型 C (6.30 %) 最低，其次為 A (6.97 %)；最高者為 G (9.66 %) (表 3)，最低與最高者之果皮厚度相差 3.36 %。雜交組合中果皮含量較低者有 B × E (4.05 %) 及 B × G (4.22 %)；果皮含量最高者為 G × A (13.81 %) 及 G × B (12.97 %)。雜交組合中果皮含量較親本低的基因型有 B × A、F × A、H × A、F × B、H × B、B × C、E × C、G × C、H × C、B × D、F × D、H × D、B × E、H × E、B × F、H × F、B × G、C × G、H × G、B × H、E × H 等 21 個。

就平均果皮厚度而言，八個親本中以基因型 B (98.5 μm) 最薄，其次為 C (103.2 μm)；最厚者為 G (221.7 μm) (表 3)，最薄與最厚者之果皮厚度相差 123.2 μm。雜交組合中平均果皮厚度較薄者有 B × A (79.2 μm) 及 B × G (79.2 μm)；最厚者為 G × B (225.0 μm)。雜交組合中果皮較親本薄的基因型有 B × A、G × A、H × A、C × B、H × B、A × C、G × C、H × C、B × D、G × D、H × D、A × E、B × E、G × E、H × E、A × F、G × F、H × F、A × G、B × G、C × G、H × G、H × G 等 23 個。

花粉直感效應值之表現，就籽粒重而言，許多基因型呈現顯著的花粉直感效應。當親本 A 為種子親時，有 A × B、A × C、A × D、A × E、A × F、A × G (表 4)；當親本 B 為種子親時，有 B × A、B × C、B × D、B × E、B × F、B × G；親本 C 為種子親時，有 C × B、C × F、C × H 等組合；當親本 D 為種子親時，有 D × A、D × B、D × C、D × E、D × F、D × H 等組合；當親本 E 為種子親時，有 E × A、E × B、E × C、E × F、E × G、E × H 等組合；當親本 F 為種子親時，有 F × A、F × B、F × C、F × D、F × E、F × G、F × H 等組合；當親本 G 為種子親時，有 G × A、G × B、G × C、G × F、G × H 等組合；當親本 H 為種子親時，有 H × A、H × B、H × C、H × D、H × E、H × F 等組合。其中籽粒重呈現明顯增加的基因型有 A × B、A × C、A × D、A × E、A × F、A × G、B × A、B × C、B × D、B × E、B × F、B × G、D × A、D × B、D × C、D × E、D × F、D × H、F × B、F × C、F × D、F × E、F × G、F × H、H × A、H × B、H × C、H × D、H × E、H × F 等組合。

就發芽面果皮厚度而言，許多基因型呈現顯著的花粉直感效應。當親本 A 為種子親時，有 A × C 和 A × G 組合 (表 4)；當親本 B 為種子親時，有 B × A、B × D、B × E、B × F、B × G 等組合；當親本 C 為種子親時，有 C × A、C × D、C × E 等組合；當親本 D 為種子親時，有 D × A、D × E、D × F、D × G、D × H 等組合；當親本 E 為種子親時，有 E × A、E × B、E × D、E × F、E × G、E × H 等組合；當親本 F 為種子親時，有 F × D、F × E 等組合；當親本 G 為種子親時，有 G × A、G × C、G × D、G × E、G × F、G × H 等組合；當親本 H 為種子親時，有 H × A、H × B、H × C、H × D、H × E、H × F、H × G 等組合。其中發芽面果皮厚度因花粉直感效應呈現明顯減少的基因型有 A × C、A × G、B × A、B × D、B × E、B × F、B × G、G × A、G × C、G × D、G × E、G × F、G × H、H × A、H × B、H × C、H × D、H × E、H × F、H × G 等組合。

就非發芽面果皮厚度而言，許多基因型呈現顯著的花粉直感效應。當親本 A 為種子親時，有 A × C、A × E、A × F、A × G 和 A × H 組合 (表 4)；當親本 B 為種子親時，有 B × A 和 B × G 等組合；當親本 C 為種子親時，有 C × B、C × E、C × F、C × G 等組合；當親本 D 為種子親時，有 D × A、D × B、D × E、D × F、D × G 等組合；當親本 E 為種子親時，有 E × A、E × B、E × D、E × F、E × G 等組合；當親本 F 為種子親時，有 F × A、F × D、F × E、F × H 等組合；當親本 G 為種子親時，有 G × A、G × B、G × C、G × D、G × F、G × H 等組合；當親本 H 為種子親時，有 H × A、H × B、H × C、H × D、H × E、H × F、H × G 等組合。其中非發芽面果皮厚度因花粉直感效應呈現明顯減少的基因型有 A × C、A × E、A × F、A × G、A × H、B × A、B × G、C × B、C × F、C × G、C × H、G × A、G × C、G × D、G × H、H × A、H × B、H × C、H × D、H × E、H × F、H × G 等組合。

表 4. 玉米籽粒重與果皮性狀花粉直感效應值

Table 4. Xenia effect value of pericarp characters and kernel weight in maize genotypes

	Male	Female							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Kernel weight (mg/kernel)	A	—	35.0	10.5	32.7	28.8	-12.0	-45.5	20.5
	B	52.0	—	-44.8	86.0	-20.5	42.0	-39.3	41.0
	C	47.0	23.2	—	25.0	-62.0	37.3	-3.8	22.3
	D	44.0	54.7	-14.3	—	1.3	118.3	-39.8	25.0
	E	38.2	88.7	-8.0	54.0	—	74.8	-2.8	81.5
	F	28.0	72.0	-73.5	74.0	-91.2	—	-57.5	38.0
	G	35.5	68.5	3.7	14.0	-48.0	53.0	—	17.0
	H	-4.2	11.7	-58.3	89.5	-42.0	68.3	-35.3	LSD _{0.05} =19.1
Germinal thickness (μm)	A	—	-19.2	24.5	11.0	72.8	-6.3	-26.2	-10.8
	B	-4.5	—	-6.8	-3.5	17.8	-8.5	-7.7	-18.3
	C	-19.5	-7.7	—	-4.0	3.3	1.7	-52.5	-11.0
	D	-5.3	-18.7	27.2	—	32.0	32.0	-31.5	-28.0
	E	-8.5	-18.2	35.0	19.3	—	17.0	-18.7	-15.3
	F	-8.0	-15.0	4.7	19.8	25.5	—	-19.5	-15.8
	G	-11.3	-23.5	1.5	17.0	23.0	0.7	—	-14.3
	H	3.3	-0.5	9.0	11.0	19.8	4.5	-24.2	LSD _{0.05} =10.3
Abgerminal thickness (μm)	A	—	-19.3	9.5	12.0	84.0	16.0	-35.3	-15.0
	B	-3.0	—	-30.5	11.5	28.5	9.7	14.7	-29.7
	C	-28.5	-4.5	—	-9.3	-2.8	1.5	-48.5	-11.0
	D	3.2	-1.0	2.5	—	49.5	41.0	-44.0	-35.7
	E	-26.8	-9.5	16.0	25.2	—	36.2	-8.5	-14.7
	F	-24.3	-1.3	-21.0	12.0	25.0	—	-24.3	-21.7
	G	-13.3	-15.3	-19.2	10.7	46.2	17.5	—	-29.5
	H	-13.3	-5.0	-11.7	6.7	-0.5	15.5	-17.0	LSD _{0.05} =10.2
Pericarp content (%)	A	—	-1.75	0.58	-0.55	2.64	-1.90	4.15	-1.01
	B	-0.61	—	-0.29	0.57	0.41	-1.47	3.31	-2.25
	C	-0.63	-2.91	—	0.40	-0.98	-0.38	-1.21	-2.20
	D	0.87	-3.10	0.43	—	2.11	-0.89	-0.25	-2.78
	E	0.58	-3.44	0.36	-0.02	—	-0.57	0.76	-3.75
	F	0.25	-1.99	-0.06	0.16	0.50	—	-0.28	-2.50
	G	1.99	-3.27	-1.63	-0.08	1.38	1.41	—	-2.29
	H	1.89	-2.67	0.16	-0.72	-1.06	0.99	2.11	LSD _{0.05} =0.62
Average thickness (μm)	A	—	-19.3	17.3	11.3	75.0	5.2	-30.5	-12.5
	B	-3.8	—	-19.0	5.0	20.0	0.7	3.8	-24.0
	C	-23.8	-6.0	—	-6.7	-2.8	1.7	-44.0	-10.8
	D	-1.3	-10.0	14.8	—	-37.7	36.5	-37.5	-31.8
	E	-18.0	-14.0	25.3	22.5	—	26.2	-13.2	-15.0
	F	-16.3	-8.3	-8.0	15.8	21.7	—	-21.7	-18.3
	G	-12.3	-19.3	-9.0	13.8	31.5	9.2	—	-21.8
	H	-5.0	-2.5	-1.7	9.0	6.2	-0.8	-20.7	LSD _{0.05} =8.68

就果皮含量而言，許多基因型呈現顯著的花粉直感效應。當親本 A 為種子親時，有 A×C、A×D、A×G 和 A×H 組合 (表 4)；當親本 B 為種子親時，有 B×A、B×C、B×D、B×E、B×F、B×G、B×H 等組合；當親本 C 為種子親時，有 C×G 組合；當親本 D 為種子親時，有 D×H 組合；當親本 E 為種子親時，有 E×A、E×C、E×D、E×G、E×H 等組合；當親本 F 為種子親時，有 F×A、F×B、F×D、F×G、F×H 等組合；當親本 G 為種子親時，有 G×A、G×B、G×C、G×E、G×H 等組合；當親本 H 為種子親時，有 H×A、H×B、H×C、H×D、H×E、H×F、H×G 等組合。其中果皮含量因花粉直感效應呈現明顯減少的基因型有 A×C、A×D、B×A、B×C、B×D、B×E、B×F、B×G、B×H、C×G、D×H、E×C、E×H、F×A、F×B、F×D、G×C、H×A、H×B、H×C、H×E、H×F、H×G 等組合。

就平均果皮厚度而言，有許多基因型呈現顯著的花粉直感效應。當親本 A 為種子親時，有 A×C、A×E、A×F、A×G 等組合 (表 4)；當親本 B 為種子親時，有 B×A、B×D、B×E 和 B×G 等組合；當親本 C 為種子親時，有 C×A、C×B、C×D、C×E、C×G 等組合；當親本 D 為種子親時，有 D×A、D×E、D×F、D×G、D×H 等組合；當親本 E 為種子親時，有 E×A、E×B、E×D、E×F、E×G 等組合；當親本 F 為種子親時，有 F×D、F×E、F×G 等組合；當親本 G 為種子親時，有 G×A、G×C、G×D、G×E、G×F、G×H 等組合；當親本 H 為種子親時，有 H×A、H×B、H×C、H×D、H×E、H×F、H×G 等組合。其中平均果皮厚度因花粉直感效應呈現明顯減少的基因型有 A×C、A×E、A×F、A×G、B×A、B×D、B×E、B×G、C×B、C×G、E×D、G×A、G×C、G×D、G×E、G×F、G×H、H×A、H×B、H×C、H×D、H×E、H×F、H×G 等組合。

討 論

在相同胚乳型的不同基因型間花粉直感 (xenia) 效應對玉米籽粒重有明顯的影響。前人研究顯示在正常胚乳型的馬齒種與硬粒種內，花粉親來源不同對種子親植株上的當代雜交種種子的大小直接影響，當以種子明顯較大的花粉親進行授粉時，其種子親植株上的當代雜交種種子之重量會明顯增加 (Leng 1949; Tsai & Tsai 1990)，與本文之結果相符。可能係因所使用材料其親本間籽粒之大小，最重的為基因型 E (493.7 mg/kernel)，最輕者為基因型 B (251.0 mg/kernel)，籽粒大小的差異極為明顯，故對種子親植株上的當代雜交種種子的大小產生直接影響。另花粉直感對玉米籽粒顏色、胚乳型 (sh2、bt1、o2、su1、ae、wx) 皆有明鮮影響，當花粉親為正常顯性時，常使隱性的種子親上當代之雜交種子胚乳型產生改變，呈現正常型之外表，籽粒品質也會有所改變 (Kiesselbach & Leonard 1932; Sprague 1977; Cross & Dosso 1989; Pixley & Bjarnason 1994)。

花粉直感效應主要表現在種子親植株上籽粒的性狀，而種子親植株上的當代雜交種之種子其果皮係由母體之子房壁組織發育而成。本試驗在相同台南白胚乳型之遺傳背景下，由於玉米自交系的親本其果皮厚度有遺傳上之差異存在，八個親本中基因型 B (98.5 μm) 最薄，最厚者為 G (221.7 μm)，最薄與最厚者之果皮厚度相差 123.2 μm。雜交組合中平均果皮厚度較薄者有 B×A (79.2 μm) 及 B×G (79.2 μm)；最厚者為 G×B (225.0 μm)，相差達三倍。以基因型 A、B、G、H 等為種子親時，其雜交組合較親本來得薄的基因型有 A×C、A×E、A×F、H×A、A×G、B×A、B×D、B×E、B×G、G×A、G×C、G×D、G×E、G×F、G×H、H×A、H×B、H×C、H×D、

H × E、H × F、H × G 等。由此可知花粉親所產生之花粉直感效應對玉米籽粒果皮厚度有明顯的影響。一般玉米果皮厚度之遺傳主要由具有累加性的部份顯性基因所控制，部份顯性基因表現減量作用 (Ho *et al.* 1975; Ito & Brewbaker 1991)。花粉直感效應會對種子親植株上的雜交種子產生減少果皮厚度之作用，可能係因花粉親帶有較多的減量作用之部份顯性基因所致。

本試驗之結果，除了獲知花粉直感效應會對種子親植株上的雜交種子產生減少果皮厚度外，同時亦得知種子親的基因型同樣會影響玉米果皮厚度的表現，顯示上述性狀在種子親植株上的當代雜交種子果皮性狀的表現會共同受花粉親與種子親之基因遺傳系統共同控制而呈現外表型。

鮮食用玉米影響品質的主要因子有果皮的柔嫩度 (tenderness)、甜度 (sweetness) 和喜好 (flavor) 等三項。而一般鮮食籽粒的柔嫩度與果皮的厚薄和含量有密切相關 (Ito & Brewbaker 1981)。果皮的柔軟性 (tenderness) 為影響鮮食玉米品質好壞的一個重要因子，其與果皮的厚度呈顯著負相關 (Bailey & Bailey 1938; Ito & Brewbaker 1981)。因此果皮的厚度對甜玉米的玉米粒加工或玉米糊等罐頭加工會有很大的影響。在美國玉米籽粒果皮厚度超過 75 μm 的品種，因食用時口感粗糙，果皮殘渣多，一般較不能被消費者所接受 (Brewbaker *et al.* 1996)。國內超甜玉米大面積栽培時，為了維持栽培品種的品質，除了必須與其它胚乳型的品種間隔適當距離或避開開花期，才不致對栽培品種品質產生不良之影響。

引用文獻 (Literature cited)

- Bailey, D. M. and R. M. Bailey. 1938. The relationship of the pericarp to tenderness in sweet corn. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 36:555-559.
- Brewbaker, J. L., L. B. Larish, and G. H. Zan. 1996. Pericarp thickness of the indigenous american races of maize. *Maydica* 41:105-111.
- Cross, H. Z. and H. Dosso. 1989. R-nj aleurone color selection and grain-filling responses in opaque-2 maize. *Euphytica* 43:269-274.
- Helm, J. L. and M. S. Zuber. 1972. Inheritance of pericarp thickness in corn belt maize. *Crop Sci.* 12:428-443.
- Ho, L. C., L. W. Kannenberg, and R. B. Hunter. 1975. Inheritance of pericarp thickness in short season maize inbreds. *Can. J. Genet. Cytol.* 17:621-629.
- Ito, G. M. and J. L. Brewbaker. 1981. Genetic advance through mass selection for tenderness in sweet corn. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 106:496-499.
- Ito, G. M. and J. L. Brewbaker. 1991. Genetic analysis of pericarp thickness in progenies of eight corn hybrids. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116:1072-1077.
- Kiesselbach, T. A. and W. H. Leonard. 1932. The effect of pollen source upon the grain yield of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 24:517-523.
- Lambert, R. J., D. E. Alexander, and J. W. Dudley. 1969. Relative performance of normal and modified protein (opaque-2) maize hybrids. *Crop Sci.* 9:242-243.

- Leng, E. R. 1949. Direct effect of pollen parent on kernel size in dent corn. *Agron. J.* 41:555–558.
- Odhambo, M. O. and W. A. Compton. 1987. Twenty cycles of divergent mass selection for seed size in corn. *Crop Sci.* 27:1113–1116.
- Pixley, K. V. and M. S. Bjarnson. 1994. Pollen-parent effect on the protein quality and endosperm modification of quality protein maize. *Crop Sci.* 34:404–409.
- Seka, D. and H. Z. Cross. 1995a. Xenia and maternal effects on maize kernel development. *Crop Sci.* 35:80–85.
- Seka, D. and H. Z. Cross. 1995b. Xenia and maternal effects on maize agronomic traits at three plant densities. *Crop Sci.* 35:86–90.
- Sprague, G. F. 1977. Corn and corn improvement. p.137–141. *in: American Society of Agronomy. Inc., Publisher Madison. Wisconsin, U. S. A.*
- Tsai, C. L. and C. Y. Tsai. 1990. Endosperm modified by cross-pollinating maize to induce change in dry matter and nitrogen accumulation. *Crop Sci.* 30:804–808.

Xenia Effect on the Kernel Weight and Pericarp Characters of Maize¹

Guang-Jauh Shieh²

Abstract

Shieh, G. J. 2008. Xenia effect on the kernel weight and pericarp characters of maize. *J. Taiwan Agric. Res.* 57:85–94.

All cross-combinations, excluding the reciprocals, were made among eight inbreeding lines isolated from different originated areas of Tainan-white populations. All F₁ crosses and eight inbreeding lines used as materials were used to study the xenia effect based on the kernel weight and pericarp characteristics. Analysis of variance showed that genotypes, male, female, and male × female interaction were significant different on the pericarp characteristics. In addition, the xenia effects were significant on the kernel weight, as well as thickness and content of pericarp at the same genotype. The expression of xenia effects in kernel weight and might be due to the pollen parents with larger partly-dominant gene than that of the seed parents, and the dominant gene might be the increasing genes. Xenia effects in pericarp thickness and content might be due to the pollen parents with larger partly-dominant gene than that of the seed parents, and the dominant gene might be the decreasing genes.

Key words: Maize, Xenia effects, Kernel weight, Pericarp thickness, Pericarp content.

-
1. Contribution No.2316 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: May 14, 2008.
 2. Agronomist, Crop Science Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Corresponding author, e-mail: x486045@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.