

# 超甜玉米自交系籽粒種皮厚度之變異與組合力分析<sup>1</sup>

劉紹國<sup>2</sup> 謝光照<sup>3,4</sup>

## 摘 要

劉紹國、謝光照。2010。超甜玉米自交系籽粒種皮厚度之變異與組合力分析。台灣農業研究 59:112–125。

熱帶型玉米品種華珍及彩珍所分離的自交系具有較薄的種皮，同時種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目也較多；其次為夏蜜、Pacific hybrid 5 與泰國 TN 103 等三個品種；種皮較厚者有 Pacific hybrid 10、雙魚與春蜜等品種，所分離種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目也較少。熱帶型品種籽粒不同部位的種皮厚度有明顯差異，大多品種以冠蓋最薄，其次為發芽面，較厚者為非發芽面部位。溫帶型品種好滋味、興農 3 號、金蜜與新吉士所分離的自交系具有較薄的種皮，同時種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目也較多；其餘品種表現相近，但種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目不少，可利用之材料亦較多。溫帶品種以冠蓋則具有較薄的種皮厚度，而發芽面種皮與非發芽面種皮厚度相近。熱帶型品種除華珍與彩珍外，大部份其種皮厚度較溫帶型品種厚。以熱帶型及溫帶型品種分離之 10 個自交系及全互交組合為材料進行組合力分析，顯示整粒平均種皮厚度呈現熱帶型  $\times$  熱帶型為  $>$  熱帶型  $\times$  溫帶型  $>$  溫帶型  $\times$  溫帶型之趨勢。而低於 70  $\mu\text{m}$  者有 13 個組合，其中熱帶型  $\times$  溫帶型有 7 個組合。整體而言，熱帶型自交系一般帶有較多增加鮮果穗產量之有利基因；而溫帶型自交系則帶有較多增加甜度及減少果皮厚度之有利基因。因此熱帶型  $\times$  溫帶型之組合具有互補作用，為超甜玉米育種上理想之雜種優勢模式群。

**關鍵詞：**超甜玉米、熱帶型、溫帶型、種皮厚度。

## 前 言

台灣甜玉米之栽培起於民國 45 年由美國引進夏威夷甜玉米試種，之後台南區農業改良場朴子玉米中心即開始進行甜玉米之育種工

作，包含品種選育、品系育成、及雜交育種等改良工作，於民國 62 及 67 年分別育成甜玉米台南 13 及 14 號雜交品種，供推廣栽培。由於台南 13 及 14 號係屬於普通甜玉米，其胚乳突變基因為 *sul*，此類型之甜玉米糖分在 10°Brix

- 
1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2402 號。接受日期：99 年 7 月 21 日。
  2. 行政院農業委員會農糧署蔬菜花卉科技正。台灣 南投縣 南投市。
  3. 本所作物組研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
  4. 通訊作者，電子郵件: x486045@wufeng.tari.gov.tw；傳真: (04)23302806。

左右，鮮果穗採收後籽粒之糖份在室溫下易轉為澱粉，糖份因此減低極為明顯，且不耐貯藏，影響品質。市場無法拓展，種植面積不多。後來採用 *sh2* 胚乳突變型之超甜玉米種源，於民國 69 年育成超甜玉米台南 15 號，推廣以後曾受農民及消費者喜愛，栽培面積極速增加，盛於一時。後因興農種苗從國外引入許多新品種試種，國外品種品質優於國產品種，因此國產品種之市場乃為外國品種所取代。

成熟的玉米籽粒分為種皮、胚乳、胚和頂蓋 4 部份，其中種皮係由母本之子房壁發育而成，為籽粒最外層的保護組織，除了可防止胚受物理性及病原菌的傷害外，還可防止水分的散失與保護種子的生命力之功用。乾燥籽粒，其胚乳約佔整粒的 82.9%，胚佔 11.1%，種皮佔 5.3%，頂蓋佔 0.8%。而果皮的組成，大部分由纖維素和半纖維素所組成，約佔 86.7%；澱粉佔 7.3%；粗脂肪佔 1.0%；蛋白質佔 3.7%；粗灰分佔 0.8%；糖分佔 0.34% (Earle *et al.* 1946)。Brewbaker *et al.* (1996) 研究指出美國不同地區的地方品種間其種子種皮厚度有明顯的差異存在，同時非發芽面之果種厚度一般大於發芽面之厚度。

Brewbaker *et al.* (1996) 指出成熟玉米籽粒種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  時，才能被高度接受為鮮食用玉米類。目前已知不同類型的玉米，如爆裂種 (Richardson 1960)、馬齒種玉米 (Helm & Zuber 1969; Ho *et al.* 1975)、甜玉米 (Tracy & Galinat 1987)、普通白玉米台南白 (Shieh 2006) 等其種皮厚度也有所不同。Shieh (2004) 以台南白 16 個單交種為材料測量籽粒不同部位種皮厚度之變異，結果顯示不同基因型間種皮的變異達極顯著差異，且同一籽粒不同部位種皮厚度也有差異，以冠蓋部分最薄，其次為發芽面，最厚者為側邊部份。台南白同一族群內或不同族群間其種皮性狀均存在極大的變異範圍 (Shieh 2005a)。不同的遺傳背景與胚乳型對玉

米籽粒種皮厚度均有極顯著之影響 (Helm *et al.* 1970; Shieh 2005b)。

果皮柔嫩度主要是由果皮厚度決定 (Danicd *et al.* 1987; Azanza *et al.* 1996)，優良甜玉米的果皮厚度為 40–50  $\mu\text{m}$ 。Shieh (2005b) 認為胚乳突變之主效基因對果皮之厚薄有顯著的影響；從薄到厚的次序為 *su/se* < *su/su* < *sh2/sh2* < *Su/su* (Tracy & Schmida 1987)。Luo & Wu (2005) 研究顯示甜玉米籽粒  $F_1$  代與其親本自交系果皮層數相同，果皮厚度的不同係由於雜交種果皮細胞壁增厚而引起的，果皮厚度平均數較其兩個親本增厚或介於雙親之間，具有正向優勢效應。Wang *et al.* (2005) 指出超甜玉米的果皮厚度遺傳符以顯性效應較重要，控制該性狀基因對數至少有 3 對以上，狹義遺傳率 29.6%。

Zhang *et al.* (2008) 採用顯微測微法對 3 種不同基因型的 7 個玉米主要系及由它們配製的 4 個雜交組合  $F_1$  的果皮厚度變化規律研究結果，發現玉米籽粒發育過程中，果皮厚度呈曲線狀態變化。即授粉後隨著籽粒發育果皮逐漸變厚，到乳熟後期 (超甜玉米) 或糊熟期 (普甜玉米與普通玉米) 達最大值，然後隨著籽粒脫水，果皮細胞排列緊密而變薄。環境不會從根本上改變果皮厚度這一性狀，同一基因型內不同核背景材料間籽粒平均果皮厚度也有顯著與極顯著的差異，而雜交組合  $F_1$  代種子果皮厚度似乎有母體效應。

綜合言之，玉米果皮厚度為一複雜的性狀，其表現受基因與環境、母體與子代基因、核胚乳突變主效基因與核背景微效基因的多重作用，其遺傳機制尚待加強研究。鮮食用玉米影響品質的主要因子有種皮的柔嫩度 (tenderness)、甜度 (sweetness) 和風味 (flavor) 等三項。而一般鮮食籽粒的柔嫩度與種皮的厚薄和含量有密切相關 (Ito & Brewbaker 1981)。本研究使用由不同類型之超甜玉米品種

所分離的自交系為材料，所獲之訊息可作為超甜玉米育種上親本選擇之參考。

## 材料與方法

### 不同品種間之種皮厚度變異

18 個不同超甜玉米品種包含華珍 (Bright Jean)、Pacific hybrid 5 (PH 5)、Pacific hybrid 10 (PH 10)、彩珍 (Su Jean)、雙魚 (Two Fish)、春蜜 (Spring Honey)、夏蜜 (Summer Honey)、泰國 TN 103、興農 2 號 (Sinon 2)、興農 3 號 (Sinon 3)、興農 123 (Sinon 123)、Honey 236、興農 506 (Sinon 506)、好滋味 (Hao Zih Wei)、蜜珍 2 號 (Honey Jean 2)、金蜜 (Golden Honey)、Venus、神農 135 (Hen Nong 135)、新吉士 (Sin Ji Shih) 之 F<sub>1</sub> 植株經人工自交 5 代，根據株型與穗型及病蟲害之田間表現所選取之自交系為材料，種植於農試所試驗田進行繁殖。田間設計為順序排列，單重複，每一自交系種植 20 穴，每穴 2 粒播，待發芽長至 20 cm 左右時進行間拔，每穴留一株，行長 6 m，單行區，行株距 80 cm × 30 cm。公頃三要素肥料量為 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 150 : 90 : 60。氮素 60 kg 及磷、鉀肥全量放於基肥時一次施用，其餘氮素 140 kg 則於齊膝期培土時施用。待生理成熟期後，採收果穗烘乾。生理成熟期之種子，每自交系取 10 粒扁平型且飽滿種子為材料。所獲得之數據以單變數統計法 (Univariate Procedure) 進行各個性狀統計介量之分析。

### 種皮厚度之組合力分析

以 10 個商業品種分離至 S<sub>5</sub> 的 10 個自交系及其全互交之 90 個 F<sub>1</sub> 組合為材料，每組合取 10 粒扁平型且飽滿種子，利用電子式厚薄計 (PG-12) 測量發芽面、非發芽面各上中下 3 點之厚度，以平均值 (μm) 記錄之。每粒籽粒調查的性狀包含有發芽面種皮厚度 (μm)、非發芽面種皮厚度 (μm)、平均種皮厚度 (μm) 等性狀，並進行果皮厚度性狀之組合力遺傳分析。

玉米籽粒種皮剝取之方法，係參考 Helm & Zuber (1970) 之報告稍作修正，其剝取及測定方法如下：取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。剝皮時取出，將種子在室溫下浸水 2 天使種子質地變軟後，再以解剖刀進行剝取種皮。先切下頂蓋 (tip cap)，再沿著胚所在之發芽面 (germinal) 切下種皮，然後切下非發芽面 (abgerminal)，最後取下冠蓋 (crown cap) 及兩邊 (sides) 之種皮。剝下之種皮放置於體積比為 1 水 : 3 甘油醇 (glycerol) 溶液中，過夜。然後倒掉溶液，取出種皮，用吸水紙將種皮表面擦乾。利用電子式厚薄計測量發芽面、非發芽面各上中下 3 點之厚度，以平均值 (μm) 記錄之。每粒籽粒調查的性狀包含有發芽面種皮厚度 (μm)、非發芽面種皮厚度 (μm)、冠蓋種皮厚度 (μm) 及平均種皮厚度 (μm) 等性狀。

## 結 果

### 不同品種間之種皮厚度變異

本研究使用 18 個不同超甜玉米品種，其胚乳型均為 *sh2* 隱性突變基因，包含華珍、Pacific hybrid 5、Pacific hybrid 10、彩珍、雙魚、春蜜、夏蜜、泰國 TN 103、興農 2 號、興農 3 號、興農 123、Honey 236、興農 506、好滋味、蜜珍 2 號、金蜜、Venus、神農 135 及新吉士等。其中屬於熱帶型的品種有華珍、Pacific hybrid 5、Pacific hybrid 10、彩珍、雙魚、春蜜、夏蜜、TN 103 等 8 個，適合生長在較高溫之環境，耐熱性及抗病蟲性較佳，普遍具有植株強壯，生長旺盛，植株高大，葉片數多且葉片寬大，苞葉多，甜度稍低，果穗粗大，鮮果穗產量高之特性；而興農 2 號、興農 3 號、興農 123、Honey 236、興農 506、好滋味、蜜珍 2 號、金蜜、Venus、神農 135 及新吉士等溫帶型品種則具有植株較矮，葉片寬大短，葉片數少，苞葉數較少，甜度較高，果穗中等，耐熱性及抗病蟲性較差之特性。

上述之玉米品種經人工自交 5 代後之自交系進行種皮性狀之調查結果如表 1，熱帶型就發芽面種皮厚度的平均而言，以華珍及彩珍所分離自交系具有較薄的厚度，其次為夏蜜與泰國 TN 103，而 PH 5、PH 10、雙於與春蜜則較厚。分離的自交系種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的數目，以華珍、彩珍、夏蜜與 TN 103 等具有較高的比率。非發芽面種皮厚度的平均而言，以華珍及彩珍分離的自交系具有較薄的厚度，其次為夏蜜與，而 PH 5、PH 10、雙魚、春蜜與 TN 103 則較厚。分離的自交系種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的數目，以華珍、彩珍與夏蜜具有較高的比率。就整粒種皮厚度的平均而言，以華珍及彩珍分離的自交系具有較薄的厚度，其次為夏蜜，而 PH 10、雙魚與春蜜則較厚。分離的自交系種皮

厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的數目，以華珍、彩珍與夏蜜等具有較高的比率。具有較薄種皮之品種詳述如下：

華珍品種自交分離至  $S_5$  世代之自交系發芽面種皮厚度變異介於 18–78  $\mu\text{m}$ ，平均為 50  $\mu\text{m}$ ，種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的有 43 個；非發芽面種皮厚度變異介於 14–98  $\mu\text{m}$ ，平均為 43.2  $\mu\text{m}$ ，種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的有 54 個；冠蓋種皮厚度變異介於 10–78  $\mu\text{m}$ ，平均為 32.0  $\mu\text{m}$ ，種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的有 73 個；整粒平均種皮厚度變異介於 19–79  $\mu\text{m}$ ，平均為 41.7  $\mu\text{m}$ ，種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的有 63 個。

彩珍品種自交分離至  $S_5$  世代之自交系，發芽面種皮厚度變異介於 27–86  $\mu\text{m}$ ，平均為 52.5  $\mu\text{m}$ ，種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的有 105 個；

表 1. 不同品種玉米自交系果皮性狀之變異

Table 1. Pericarp thickness of inbreds derived from tropical type and temperate type super-sweet corn varieties

Variety	No.	Germinal ( $\mu\text{m}$ )			Abgerminal ( $\mu\text{m}$ )			Crown cap ( $\mu\text{m}$ )			Average ( $\mu\text{m}$ )		
		Range	$\leq 50$	Mean	Range	$\leq 50$	Mean	Range	$\leq 50$	Mean	Range	$\leq 50$	Mean
Tropical type													
Bright Jean	77	18–78	43	50.0	14–98	54	43.2	10–78	73	32.0	17–79	63	41.7
PH 5	69	40–116	9	73.3	40–156	4	86.8	28–88	48	47.4	37–109	7	69.1
PH 10	120	38–156	4	83.6	50–174	1	99.8	20–134	51	57.6	47–129	3	80.3
Su-Jean	235	27–86	105	52.5	34–100	87	55.9	–	–	–	31–93	83	54.2
Two-Fish	56	41–126	7	75.0	30–185	5	82.2	–	–	–	51–156	3	78.6
Spring-Honey	127	37–144	9	76.2	44–145	4	80.4	–	–	–	41–145	5	78.3
Summer-Honey	98	26–121	26	62.3	30–117	46	57.0	–	–	–	31–119	28	59.6
TN 103	106	30–117	30	62.9	47–134	3	86.5	–	–	–	39–121	7	74.7
Temperate type													
Sinon 2	118	30–110	31	63.3	26–120	37	61.6	20–92	79	46.5	27–102	41	57.1
Sinon 3	80	14–88	42	50.6	18–78	38	51.7	12–70	76	31.6	17–66	60	44.6
Sinon 123	51	36–80	17	55.4	29–98	17	56.6	24–80	46	37.5	34–76	24	49.8
Honey 236	50	18–98	15	59.0	20–88	18	56.2	18–70	41	36.2	20–73	23	50.4
Sinon 506	111	32–104	33	59.4	28–110	30	62.1	14–60	100	36.1	25–88	45	52.5
Hao Zih Wei	77	10–70	68	36.9	14–80	53	42.5	10–56	76	24.0	13–62	72	34.4
Honey Jean 2	65	24–96	20	58.0	24–106	29	55.0	20–76	53	41.4	29–81	32	51.4
Golden Honey	31	36–92	13	55.2	26–88	12	53.7	20–74	28	36.9	28–74	19	47.9
Venus	90	30–100	21	62.5	24–102	33	58.0	16–80	74	38.1	29–88	33	52.8
Hen Nong 135	110	28–110	28	63.6	26–106	41	57.2	16–104	89	43.0	24–88	44	54.6
Sin Ji Shih	85	26–96	33	54.6	24–90	42	53.5	14–48	85	29.2	21–70	55	45.7

非發芽面種皮厚度變異介於 34–100  $\mu\text{m}$ ，平均為 55.9  $\mu\text{m}$ ，種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的有 87 個；整粒平均種皮厚度變異介於 31–93  $\mu\text{m}$ ，平均為 54.2  $\mu\text{m}$ ，種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的有 83 個。

整體而言，熱帶型品種所分離的自交系，以華珍及彩珍所分離者具有較薄的種皮，同時種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目也較多；其次為夏蜜、PH 5 與泰國 TN 103；種皮較厚者有 PH 10、雙魚與春蜜，種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目也較少 (表 2)。熱帶型品種籽粒不同部位的種皮厚度有明顯差異，大多品種以冠蓋最薄，其次為發芽面，再其次為非發芽面。各熱帶型品種所分離種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  之自交系 (表 2)，可作為超甜玉米育種材料。

溫帶型品種就發芽面種皮厚度的平均而言 (表 1)，以好滋味品種所分離之自交系具有最薄的種皮，其次為興農 3 號、興農 123 號、金蜜與新吉士，而興農 2 號、維納斯與神農 135 所

分離之自交系則較厚。各品種所分離的自交系之種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的數目不少，以好滋味、興農 3 號、興農 123 號、金蜜與新吉士等具有較高的比率。就非發芽面種皮厚度的平均而言，以好滋味具有最薄的種皮，其次為興農 3 號、金蜜與新吉士，而興農 2 號、維納斯與神農 135 則較厚。各品種所分離的自交系之種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的數目不少，以好滋味、興農 3 號、興農 123 號、金蜜與新吉士等具有較高的比率。就冠蓋種皮厚度的平均而言，以好滋味具有最薄的種皮，其次為興農 3 號、興農 123 號、興農 236、興農 506、金蜜與新吉士，而興農 2 號與神農 135 則較厚。各品種所分離的自交系大部份之冠蓋種皮厚度多小於 50  $\mu\text{m}$ ，以好滋味、興農 3 號、興農 123 號、金蜜與新吉士等具有較高的比率。具有較薄種皮之品種詳述如下：

表 2. 熱帶型超甜玉米品種分離至 S<sub>5</sub> 世代種皮小於 50  $\mu\text{m}$  自交系

Table 2. Inbred lines (5<sup>th</sup> generation) with thin pericarp ( $\leq 50 \mu\text{m}$ ) selected from the tropical type of super sweet corn

Variety	Inbred line
Bright Jean	BJ-1, BJ-3, BJ-4, BJ-7, BJ-8, BJ-12, BJ-13, BJ-14, BJ-15, BJ-16, BJ-17, BJ-18, BJ-23, BJ-24, BJ-25, BJ-26, BJ-29, BJ-30, BJ-31, BJ-32, BJ-33, BJ-34, BJ-36, BJ-38, BJ-40, BJ-41, BJ-42, BJ-43, BJ-44, BJ-45, BJ-46, BJ-47, BJ-48-1, BJ-48-2, BJ-50, BJ-51, BJ-52, BJ-53, BJ-54, BJ-56, BJ-57, BJ-61, BJ-62, BJ-63, BJ64, BJ-65, BJ-67, BJ-68, BJ-69, BJ-70, BJ-71, BJ-72, BJ-73, BJ-74, BJ-75, BJ-76, BJ-77, BJ-78, BJ-79, BJ-80, BJ-81, BJ-82, BJ-83
Pacific hybrid 5	PH5-14, PH5-18, PH5-21, PH5-31, PH5-65, PH5-71, PH5-72
Pacific hybrid 10	PH10-84, PH10-116, PH10-128
Su- Jean	SJW-2, SJW-3, SJW-4, SJW-6, SJW-9, SJW-10, SJW-13, SJW-23, SJW-27, SJW-28, SJW-31, SJW35, SJW-36, SJW-37, SJW-50, SJW-53, SJW-54, SJW-55, SJW-60, SJW-63, SJW-65, SJW-67, SJW-68, SJW-67, SJW-79, SJW-82, SJW-88, SJW-90, SJW-92, SJW-93, SJW-94, SJW-100, SJW-102, SJW-108, SJW-112, SJW-113, SJW-114, SJW115, SJW-116, SJW-117, SJY-2, SJY-8, SJY-13, SJY-15, SJY 16, SJY-22, SJY-23, SJY24, SJY-25, SJY-28, SJY-32, SJY-33, SJY-42, SJY-43, SJY-51, SJY-54, SJY-56, SJY-57, SJY-58, SJY-59, SJY-60, SJY-61, SJY-62, SJY-63, SJY-70, SJY-70, SJY72, SJY-73, SJY-74, SJY-76, SJY-77, SJY-78, SJY-80, SJY-81, SJY-82, SJY-84, SJY-90, SJY-98, SJY-99, SJY-100, SJY-103, SJY-104, SJY-105, SJY-106, SJY-109, SJY-111, SJY-117
Two-Fish	TF-26, TF-29, TF-31
Spring Honey	SH-50, SH-54, SH-57, SH-81, SH-88
Summer Honey	SUH-6, SUH-7, SUH-10, SUH-11, SUH-13, SUH-18, SUH-19, SUH-27, SUH-29, SUH-32, SUH-33, SUH-42, SUH-49, SUH-52, SUH-56, SUH-59, SUH-66, SUH-69, SUH-71, SUH-72, SUH-73, SUH-74, SUH-75, SUH-78, SUH-79, SUH-83, SUH-84, SUH-95
TN 103	TN 103-2, TN 103-18, TN 103-25-2, TN 103-37, TN 103-62, TN 103-63-1, TN 103-78

好滋味品種分離至 S<sub>5</sub> 世代之自交系，發芽面種皮厚度變異介於 10–70 μm，平均為 36.9 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 68 個；非發芽面種皮厚度變異介於 14–80 μm，平均為 42.5 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 53 個；冠蓋種皮厚度變異介於 10–56 μm，平均為 24.0 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 76 個；整粒平均種皮厚度變異介於 13–62 μm，平均為 34.4 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 72 個。

金蜜品種分離至 S<sub>5</sub> 世代之自交系，發芽面種皮厚度變異介於 36–92 μm，平均為 55.2 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 13 個；非發芽面種皮厚度變異介於 26–88 μm，平均為 53.7 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 12 個；冠蓋種皮厚度變異介於 20–74 μm，平均為 36.9 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 28 個；整粒平均種皮厚度變異介於 28–74 μm，平均為 47.9 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 19 個。

新吉士品種分離至 S<sub>5</sub> 世代之自交系，發芽面種皮厚度變異介於 26–96 μm，平均為 54.6 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 33 個；非發芽面種皮厚度變異介於 24–90 μm，平均為 53.5 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 42 個；冠蓋種皮厚度變異介於 14–48 μm，平均為 29.2 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 85 個；整粒平均種皮厚度變異介於 21–70 μm，平均為 45.7 μm，種皮厚度小於 50 μm 的有 55 個。

整體而言，溫帶型品種所分離的自交系以好滋味、興農 3 號、金蜜與新吉士等品種具有較薄的種皮，同時種皮厚度小於 50 μm 的自交系數目也較多；其餘品種表現相近但種皮厚度小於 50 μm 的自交系數目不少，可利用之材料亦多 (表 3)。溫帶品種籽粒不同部位比較，以冠蓋則具有較薄的種皮厚度，而發芽面種皮與非發芽面種皮厚度相近。

### 種皮厚度之組合力分析

以 10 個商業品種分離至 S<sub>5</sub> 之 10 個自交系

及半互交之 90 個 F<sub>1</sub> 組合為材料，進行種皮厚度性狀之遺傳分析。探討分析性狀之變異、平均值、組合力變方分析均方值、親本之 GCA 效應值、SCA 效應值、正反交效應值及雜種優勢值等，相關結果表現敘述如下：

發芽面種皮厚度雜交組合之變異幅度，在 45.0–164.5 μm，平均值為 91.84 μm (表 4)，最低者為 Venus 8 × 神農 135-6，最高者為神農 135-6 × PH 5-41。低於 70 μm 者有神農 135-6 × 華珍 12 等 13 個組合。高於 100 μm 者有 PH 10-113 × PH 10-23 等 19 個組合。

發芽面種皮厚度組合力變方分析顯示 (表 5)，組合間之特殊組合力及一般組合力皆呈極顯著差異，正反交效應則無差異存在。而各品種一般組合力效應值變異幅度從 -16.43 至 24.59 間 (表 6)，由低至高依序為華珍 12、Venus8、蜜珍 2-7、金蜜-8、神農 135-6、SH-17、PH 10-23、PH 5-5、PH 10-113、PH 5-41。熱帶型品種多為正值，而溫帶型品種多負值。

發芽面種皮厚度特殊組合力具有差異，不同雜交種間特殊組合力效應值變異幅度從 -19.78 至 20.21 μm 間 (表 6)，效應值最低者為 PH 10-23 × PH 5-41，最高者為 PH 10-23 × 金蜜 8。小於 -10 μm 者有 PH 10-23 × PH 5-41、PH 5-5 × 蜜珍 2-7、PH 5-41 × 華珍 12，大於 10 μm 以上者為 PH 10-23 × 金蜜 8、SH-17 × PH 5-41、PH 5-41 × 神農 135-6 及蜜珍 2-7 × Venus 8。

發芽面種皮厚度型間之比較顯示，熱帶型品種 × 熱帶型品種具有最大值、其次為熱帶型 × 溫帶型，溫帶型 × 溫帶型具有最小值；熱帶型 × 熱帶型 > 熱帶型 × 溫帶型 > 溫帶型 × 溫帶型之趨勢。熱帶型品種一般組合力效應值皆為正值，而溫帶型品種一般組合力效應平均值皆為負值。不同型品種間特殊組合力效應值之間並無差異存在 (表 6)。

各雜交組合之非發芽面種皮厚度變異幅度在 40.7–159.7 μm，平均值為 87.71 μm (表 6)，

表 3. 溫帶型超甜玉米品種分離至 S<sub>5</sub> 世代整粒平均種皮小於 50 μm 自交系Table 3. Inbred lines (5<sup>th</sup> generation) with thin pericarp ( $\leq 50 \mu\text{m}$ ) selected from the temperate type of super sweet corn

Variety	Inbred line
Sinon 2	SL2-2-1, SL2-2-2, SL2-3, SL2-10, SL2-12-1, SL2-16-1, SL2-16-2, SL2-18-1, SL2-18-2, SL2-27, SL2-29, SL2-30, SL2-32, SL2-33, SL2-34, SL2-35-1, SL2-36-1, SL2-44, SL2-49, SL2-54, SL2-55, SL2-56-2, SL2-57-1, SL2-58, SL2-59, SL2-60, SL2-65-3, SL2-66-1, SL2-66-2, SL2-67, SL2-69, SL2-73, SL2-74, SL2-80, SL2-81-1, SL2-83, SL2-86, SL2-89, SL2-97-1, SL2-98, SL2-108-1
Sinon 3	SL3-2, SL3-6, SL3-8, SL3-9, SL3-10, SL3-13, SL3-14, SL3-15-1, SL3-15-2, SL3-16, SL3-19-2, SL3-21, SL3-24, SL3-25-1, SL3-26, SL3-29, SL3-31-1, SL3-31-2, SL3-32, SL3-33, SL3-34, SL3-35, SL3-36-1, SL3-37-1, SL3-40, SL3-41, SL3-42, SL3-43-1, SL3-43-2, SL3-44, SL3-45, SL3-46, SL3-48, SL3-49, SL3-50, SL3-54, SL3-55, SL3-56-2, SL3-57, SL3-59, SL3-64, SL3-65, SL3-67, SL3-68, SL3-69, SL3-71, SL3-73, SL3-75, SL3-76, SL3-77, SL3-78, SL3-80-1, SL3-80-2, SL3-82, SL3-84-1, SL3-84-2, SL3-90, SL3-91, SL3-94, SL3-95
Sinon 123	SL123-1-1, SL123-1-2, SL123-2, SL123-3, SL123-6-2, SL123-9, SL123-14, SL123-15, SL123-17, SL123-23-1, SL123-23-2, SL123-24, SL123-26, SL123-32-1, SL123-32-2, SL123-33-2, SL123-34-1, SL123-35, SL123-37, SL123-39-1, SL123-39-2, SL123-41, SL123-43-2, SL123-44-1
Honey 236	236-7, 236-20-1, 236-22, 236-23, 236-26, 236-28, 236-30, 236-32-1, 236-32-2, 236-33, 236-35, 236-38-2, 236-42, 236-43, 236-44, 236-46-1, 236-46-2, 236-48, 236-49-1, 236-50-1, 236-51, 236-52-1, 236-52-2
Sinon 506	506-3-2, 506-4, 506-7-1, 506-7-2, 506-8, 506-13-1, 506-14-2, 506-21-2, 506-24, 506-30-2, 506-32-1, 506-35, 506-37, 506-38-1, 506-38-2, 506-39-1, 506-39-2, 506-46, 506-47, 506-51, 506-52, 506-59, 506-60, 506-65, 506-66, 506-69, 506-70, 506-71, 506-72, 506-74, 506-78, 506-79-1, 506-79-2, 506-81-1, 506-82-2, 506-83, 506-85-2, 506-86, 506-87, 506-89, 506-91-1, 506-95, 506-96, 506-97-1, 506-97-2, 506-98
Hao Zih Wei	Hao-1, Hao-3-1, Hao-3-2, Hao-4-1, Hao-4-2, Hao-5, Hao-6, Hao-7, Hao-8, Hao-9, Hao-11-1, Hao-11-2, Hao-11-3, Hao-12-2, Hao-13, Hao-14, Hao-15, Hao-16, Hao-17, Hao-19, Hao-21, Hao-23-1, Hao-23-2, Hao-24-1, Hao-24-2, Hao-24-3, Hao-24-4, Hao-26, Hao-28, Hao-29, Hao-30-1, Hao-30-2, Hao-31-1, Hao-32, Hao-33, Hao-34-1, Hao-34-2, Hao-37-1, Hao-37-2, Hao-38, Hao-43-1, Hao-43-2, Hao-44-1, Hao-44-2, Hao-45, Hao-46, Hao-47, Hao-48-2, Hao-50, Hao-52, Hao-53, Hao-54, Hao-55-1, Hao-55-2, Hao-56, Hao-57-1, Hao-57-2, Hao-58-1, Hao-58-2, Hao-59-1, Hao-59-2, Hao-60-1, Hao-60-2, Hao-62-1, Hao-62-2, Hao-63-1, Hao-63-2, Hao-65, Hao-67-1, Hao-67-2, Hao-68
Honey Jean 2	MJ-7, MJ-10, MJ-11, MJ-12, MJ-13-1, MJ-14, MJ-15-1, MJ-15-2, MJ-16-1, MJ-16-2, MJ-18, MJ-19, MJ-20, MJ-22, MJ-26-1, MJ-26-2, MJ-31-1, MJ-31-2, MJ-32, MJ-40, MJ-43, MJ-51, MJ-52, MJ-53-2, MJ-54, MJ-55, MJ-56, MJ-57, MJ-59, MJ-60-2, MJ-63, MJ-69
Golden Honey	JM-1, JM-2, JM-3-1, JM-3-2, JM-4, JM-9, JM-10, JM-12, JM-17, JM-26, JM-29, JM-39, JM-44, JM-51, JM-53, JM-59, JM-61, JM-62, JM-66
Venus	V-5, V-7, V-8, V-11, V-22, V-23, V-24, V-29, V-39, V-40, V-50, V-51-1, V-51-2, V-58, V-59, V-62, V-63-1, V-63-2, V-69, V-71-2, V-75, V-76, V-77, V-79, V-82, V-83, V-87, V-88, V-96, V-97, V-98, V-100
Hen Nong 135	135-3, 135-4, 135-10-2, 135-11, 135-16-1, 135-16-2, 135-20-1, 135-22-1, 135-24-1, 135-33-1, 135-34, 135-35-1, 135-39-1, 135-39-2, 135-40-2, 135-41, 135-42, 135-43, 135-44, 135-46-1, 135-46-2, 135-47, 135-48, 135-49-1, 135-52, 135-53, 135-58, 135-62-1, 135-62-2, 135-63-1, 135-63-2, 135-64-2, 135-67-1, 135-67-2, 135-68-1, 135-68-2, 135-71, 135-72-1, 135-72-2, 135-73, 135-76-2, 135-79-1, 135-80-1, 135-81-2, 135-82-2
Sin Ji Shih	SN-1-1, SN-3, SN-4, SN-7, SN-11-1, SN-11-2, SN-12-1, SN-12-2, SN-13, SN-14, SN-17-2, SN-18, SN-19-2, SN-20-1, SN-20-2, SN-22, SN-25-1, SN-25-2, SN-27, SN-29-1, SN-29-2, SN-29-3, SN-31-1, SN-31-2, SN-32-1, SN-33, SN-34, SN-35, SN-36, SN-37, SN-39-2, SN-42-2, SN-43-1, SN-44, SN-46-1, SN-46-2, SN-47, SN-48-1, SN-48-2, SN-49-1, SN-51-1, SN-51-2, SN-52, SN-57, SN-58, SN-59, SN-60, SN-62, SN-63-1, SN-63-2, SN-64, SN-65, SN-67-1, SN-67-2, SN-68, SN-69

表 4. 超甜玉米品種間雜交組合發芽面種皮厚度之平均值 ( $\mu\text{m}$ )Table 4. Germinal pericarp thickness ( $\mu\text{m}$ ) of super sweet corn hybrids from crosses of  $10 \times 10$  diallel set

Combination	PH 10-23	PH 10-113	PH 5-5	SH-17	PH 5-41	BJ 12	HN135-6	GH 8	HJ 2-7	Venus 8
PH 10-23	101.7	126.5	90.7	75.2	93.5	72.5	81.0	119.7	75.2	85.2
PH 10-113	116.5	124.0	126.0	103.7	136.2	80.7	115.2	94.0	103.5	77.5
PH 5-5	122.5	103.7	114.2	105.2	107.0	79.0	96.5	83.2	77.5	72.7
SH-17	115.5	122.0	92.7	84.2	134.2	63.7	92.0	75.2	80.5	84.2
PH 5-41	107.2	129.7	155.0	121.7	144.7	84.2	164.5	95.7	98.0	94.0
BJ 12	81.2	105.0	83.5	98.7	84.2	74.7	75.5	57.2	58.2	61.7
HN 135-6	81.0	112.7	95.0	83.5	111.2	64.5	70.5	87.2	79.7	83.7
GH 8	93.2	99.0	98.2	73.5	114.0	80.7	73.2	59.0	67.2	67.5
HJ 2-7	86.2	96.5	67.5	78.5	132.0	59.7	78.0	95.0	68.5	83.2
Venus 8	74.5	95.7	96.0	75.0	93.7	67.5	45.0	59.7	82.0	70.2

LSD<sub>0.05</sub> = 17.8

表 5. 超甜玉米品種間雜交組合發芽面、非發芽面與平均種皮厚度組合力變方分析之均方值

Table 5. Means square values of analysis of variance (ANOVA) for pericarp thickness germinal and abgerminalsides of seed of super-sweet corns

SOV	Df	Germinal	Abgerminal	Average
GCA	9	3755** <sup>z</sup>	2621**	4889**
SCA	45	1480**	205	162
RE	45	115	171	154
Error	300	186	169	101
GCA/SCA		2.89	12.72	30.17

<sup>z</sup>\*\* Significant at 0.01 probability level.

表 6. 超甜玉米自交系發芽面種皮厚度之 GCA 效應值 (對角線) 與各雜交組合之 SCA 效應值 (上三角)

Table 6. Eastimated value of general combining ability effects (GCA) of inbred lines and specific combining ability effects (SCA) for germinal pericarp thickness ( $\mu\text{m}$ ) of F<sub>1</sub> hybrid super sweet corn from  $10 \times 10$  diallel set

Combination	PH 10-23	PH 10-113	PH 5-5	SH-17	PH 5-41	BJ 12	HN 135-6	GH 8	HJ 2-7	Venus 8
PH 10-23	3.29	7.95	3.65	-0.74	-19.78	-2.25	-5.55	20.21	-4.95	-0.79
PH 10-113		17.98	-2.15	2.69	-1.22	-0.32	8.38	-3.84	0.23	-8.10
PH 5-5			7.40	-0.60	7.48	-1.37	0.70	0.98	-16.69	0.21
SH-17				0.55	11.20	5.48	-0.44	-8.54	-2.84	2.31
PH 5-41					24.59	-17.30	16.64	-2.08	8.61	-7.74
BJ 12						-16.43	-1.20	3.06	-6.35	4.30
HN 135-6							-4.00	1.89	1.09	-8.37
GH 8								-9.28	8.61	-6.22
HJ 2-7									-9.85	15.73
Venus 8										-14.89

S.E. (G<sub>i</sub>-G<sub>j</sub>) = 0.05S.E. (S<sub>ij</sub>-S<sub>ik</sub>) = 12.16S.E. (S<sub>ij</sub>-S<sub>kl</sub>) = 11.46

最低者為 Venus 8 × 神農 135，最高者為 PH 5-41 × PH 5-5。低於 70 μm 者有神農 135-6 × 華珍 12 等 18 個組合。高於 100 μm 者有 PH 10-113 × PH 10-23 等 25 個組合。

非發芽面種皮厚度組合力變方分析顯示 (表 7)，組合間之特殊組合力呈極顯著差異，而一般組合力無差異，正反交效應亦無差異存在。而各自交系一般組合力效應值變異幅度從

-19.55 至 31.70 間 (表 8)，由低至高依序為華珍 12、Venus 8、金蜜-8、神農 135-6、蜜珍 2-7、PH 10-23、SH-17、PH 5-5、PH 10-113 及 PH 5-41。

不同雜交種間之非發芽面種皮厚度特殊組合力效應值變異幅度從 -23.27 至 30.81 μm 間 (表 8)，效應值最低者為 PH 10-23 × PH 5-41，最高者為 SH-17 × PH 5-41。小於 -10 μm 者有 PH 10-23 × PH 5-41 等 7 個組合。大於 10 μm

表 7. 超甜玉米品種間雜交組合非發芽面種皮厚度 (μm)

Table 7. Abgerminal pericarp thickness (μm) of hybrids from different crosses of super sweet corn

Combinations	PH 10-23	PH 10-113	PH 5-5	SH-17	PH 5-41	BJ 12	HN 135-6	GH 8	HJ 2-7	Venus 8
PH 10-23	107.0	129.2	93.0	78.0	102.7	63.5	80.0	111.7	64.5	88.5
PH 10-113	141.0	149.7	115.5	106.7	136.5	81.7	100.5	100.0	116.5	87.7
PH 5-5	105.5	119.7	123.2	98.0	125.2	74.5	91.2	92.0	73.0	76.0
SH-17	120.7	128.5	112.7	78.0	180.5	65.7	97.5	77.5	90.2	97.2
PH 5-41	104.0	156.0	159.7	142.2	159.7	100.7	109.7	101.2	111.5	95.5
BJ 12	79.5	110.5	73.7	96.0	83.7	66.2	69.5	56.7	57.7	55.7
HN 135-6	78.2	108.7	81.2	85.5	92.2	59.7	63.5	79.0	70.7	87.0
GH 8	89.7	92.7	82.2	73.7	110.2	66.0	58.2	56.5	58.7	59.7
HJ 2-7	78.0	93.7	72.7	83.5	141.0	53.7	68.7	85.5	71.0	76.7
Venus 8	76.7	91.0	93.5	86.5	97.5	63.7	40.7	57.5	63.2	59.0

LSD<sub>0.05</sub> = 18.1

表 8. 超甜玉米自交系非發芽面種皮厚度之 GCA (對角線) 與各 F<sub>1</sub> 雜交 SCA (上三角) (μm)

Table 8. Eastimated value of general combining ability effects (GCA) of inbred lines and specific combining ability effects (SCA) for abgerminal pericarp thickness (um) of F<sub>1</sub> hybrid of super sweet corn from 10 × 10 diallel set

Variety	PH 10-23	PH 10-113	PH 5-5	SH-17	PH 5-41	BJ 12	HN 135-6	GH 8	HJ 2-7	Venus 8
PH 10-23	3.14	16.18	-3.20	-2.62	-23.27	-3.88	-3.30	19.3	-11.99	3.86
PH 10-113		24.00	-5.69	-5.23	-1.25	-0.12	1.33	-5.92	1.01	-10.24
PH 5-5			7.52	-0.99	11.48	-5.63	-0.55	1.31	-14.74	1.61
SH-17				7.05	30.81	1.58	5.15	-9.72	-0.28	9.20
PH 5-41					31.70	-11.69	-9.95	-4.24	-14.44	-10.82
BJ 12						-19.55	4.89	2.64	-4.79	3.44
HN 135-6							-12.50	2.84	2.15	0.76
GH 8								-13.50	5.33	-3.48
HJ 2-7									-11.69	6.08
Venus 8										-16.18

S.E. (G<sub>i</sub>-G<sub>j</sub>) = 4.12  
 S.E. (S<sub>ij</sub>-S<sub>ik</sub>) = 12.36  
 S.E. (S<sub>ij</sub>-S<sub>kl</sub>) = 11.65

以上者為 PH 10-23 × PH 10-113、PH 10-23 × 金蜜 8、PH 5-5 × PH 5-41、SH-17 × PH 5-41、PH 5-41 × 蜜珍 2-7。

非發芽面種皮厚度平均值之比較顯示，熱帶型 × 熱帶型具有最大值、其次為熱帶型 × 溫帶型，溫帶型 × 溫帶型具有最小值；熱帶型 × 熱帶型 > 熱帶型 × 溫帶型 > 溫帶型 × 溫帶型之趨勢。熱帶型品種一般組合力效應值皆為正值，而溫帶型品種一般組合力效應平均值皆為負值。不同型間特殊組合力效應值之間並無差異存在 (表 11)。

雜交組合整粒種皮厚度之變異幅度在 43.0–157.7  $\mu\text{m}$ ，平均值為 91.95  $\mu\text{m}$  (表 9)，最低者為 Venus 8 × 神農 135-6，最高者為 PH 5-41 × PH 5-5。低於 70  $\mu\text{m}$  者有神農 135-6 × 華珍 12 等 13 個組合。

整粒果皮厚度組合力變方分析顯示 (表 8)，組合間之特殊組合力呈極顯著差異，一般組合力及正反交效應則皆無差異存在。而各品種一般組合力效應值變異幅度從 -18.34 至 28.05  $\mu\text{m}$  間 (表 10)，由低、至高依序為華珍 12、Venus 8、金蜜-8、蜜珍 2-7、神農 135-6、SH-17、

表 9. 超甜玉米品種間雜交組合整粒平均種皮厚度 ( $\mu\text{m}$ )

Table 9. Average of whole kernel pericarp thickness ( $\mu\text{m}$ ) from different crosses of super sweet corn

Combinations	PH 10-23	PH 10-113	PH 5-5	SH-17	PH 5-41	BJ 12	HN 135-6	GH 8	HJ 2-7	Venus 8
PH 10-23	104.5	138.2	92.0	77.0	98.2	68.2	85.7	117.2	70.2	87.2
PH 10-113	129.2	137.0	121.0	105.5	136.5	81.2	108.0	97.2	110.2	83.0
PH 5-5	114.2	117.5	119.0	101.7	116.2	77.0	94.0	88.0	75.5	74.7
SH-17	118.2	123.2	103.0	81.5	157.7	65.0	95.0	76.5	85.5	91.2
PH 5-41	105.7	143.0	157.7	132.2	152.5	92.7	128.2	98.7	105.2	95.0
BJ 12	85.7	92.5	78.7	97.7	82.5	73.5	72.7	57.2	58.0	59.0
HN 135-6	80.0	110.7	88.2	84.7	102.0	62.5	67.0	83.5	76.0	85.7
GH 8	91.7	96.0	90.5	73.7	112.5	73.7	66.2	58.0	63.2	61.5
HJ 2-7	82.5	95.5	70.5	81.2	136.7	57.0	76.0	90.5	70.0	80.5
Venus 8	75.7	93.5	95.2	80.7	96.0	65.5	43.0	58.7	72.7	64.7

LSD<sub>0.05</sub> = 13.9

表 10. 超甜玉米各品種雜交 F<sub>1</sub> 平均整粒果皮厚度之 GCA (對角線) 與 SCA 效應值 (上三角) ( $\mu\text{m}$ )

Table 10. Eastimated value of general combining ability effects (GCA) of inbred lines and specific combining ability effects (SCA) for whole kernel pericarp thickness ( $\mu\text{m}$ ) of F<sub>1</sub> hybrid of super sweet corn from 10 × 10 diallel set

Combination	PH 10-23	PH 10-113	PH 5-5	SH-17	PH 5-41	BJ 12	HN 135-6	GH 8	HJ 2-7	Venus 8
PH 10-23	4.26	16.67	-0.84	-2.30	-22.37	-0.97	-5.21	19.58	-9.25	0.79
PH 10-113		20.75	-1.20	-2.04	-1.11	-7.59	4.79	-4.77	0.76	-8.94
PH 5-5			7.64	-0.92	9.24	-3.47	-0.34	0.96	-16.00	0.92
SH-17				3.60	21.28	4.06	2.44	-9.12	-1.59	5.96
PH 5-41					28.05	-14.14	3.24	-3.07	11.58	-8.99
BJ 12						-18.34	2.14	3.19	-5.51	4.16
HN 135-6							-8.23	2.46	2.87	-3.81
GH 8								-11.41	6.92	-4.90
HJ 2-7									-10.69	10.88
Venus 8										-15.62

S.E. (G<sub>i</sub>-G<sub>j</sub>) = 3.18

S.E. (S<sub>ij</sub>-S<sub>ik</sub>) = 9.55

S.E. (S<sub>ij</sub>-S<sub>kl</sub>) = 9.00

表 11. 不同型間之平均值、GCA 與 SCA 之比較表

**Table 11.** Mean, general combining ability (GCA) effect and specific combining ability (SCA) effect of the three seed pericarp traits (germinal, abgerminal and average) in different types of super sweet corns

Type <sup>z</sup>	Germinal			Abgerminal			Average		
	Mean	GCA	SCA	Mean	GCA	SCA	Mean	GCA	SCA
Trop.		633			8.97			7.66	
Temp.		-9.50			-13.46			-11.48	
Trop. × Trop.	109.27		-0.48	115.56		-0.23	112.0		-0.38
Trop. × Temp.	88.72		-0.14	85.47		-1.96	87.34		-0.35
Temp. × Temp.	72.15		2.12	62.30		2.28	67.85		2.40

<sup>z</sup> Type of super sweet corn. Trop.: Tropical type; Temp.: Temperate.

PH 5-5、PH 10-23、PH 10-113 及 PH 5-41，而熱帶型品種一般組合力效應平均值為 7.66  $\mu\text{m}$ ，皆為正值，溫帶型一般組合力效應平均值為 -11.487  $\mu\text{m}$ ，皆為負值，型間平均果皮厚度一般組合力具有差異。

不同雜交種間之整粒種皮厚度不同雜交種間特殊組合力效應值變異幅度從 -22.37 至 21.28  $\mu\text{m}$  間 (表 10)，效應值最低者為 PH 10-23 × PH 5-41，最高者為 SH-17 × PH 5-41。小於 10  $\mu\text{m}$  者有 SH-17 × PH 5-41、PH 5-5 × 蜜珍 2-7 及 PH 5-41 × 華珍-12，大於 10  $\mu\text{m}$  以上者為 PH 10-23 × PH 10-113、PH 10-23 × 金蜜-8、SH-17 × PH 5-41、PH 5-41 × 蜜珍 2-7 及蜜珍 2-7 × Venus 8。

整粒種皮厚度平均值之比較顯示，熱帶型 × 熱帶型具有最大值、其次為熱帶型 × 溫帶型，溫帶型 × 溫帶型具有最小值；呈現熱帶型 × 熱帶型 > 熱帶型 × 溫帶型 > 溫帶型 × 溫帶型之趨勢。熱帶型品種一般組合力效應值皆為正值，而溫帶型品種一般組合力效應平均值皆為負值，型間具有明顯差異。不同型間特殊組合力效應值之間並無差異存在 (表 11)。

## 討 論

玉米的消費利用方式有許多種，一般玉米果穗在未成熟前 (乳熟期) 採收而食用者，統

稱為鮮食用玉米 (green corn)。美國加工製罐頭用的玉米大多採用甜玉米或超甜玉米等類型。而在熱帶地區，大部份鮮食用玉米係利用飼料玉米 (field corn) 在授粉後 20–25 天，正處於乳熟期階段的鮮果穗 (Brewbaker 1982)，或糯質玉米 (waxy) 及甜玉米 (sugary, sugary-2)、超甜玉米 (shrunken-2, brittle-1) 等類型之乳熟期果穗，以水煮或碳烤當作休閒食品或當蔬菜用。

甜玉米有普通甜玉米與超甜玉米之分。普通甜玉米係由 *su2* 基因所控制，其糖份在 8–10% 左右，具有較多之水溶性多糖含量，但適宜的採收期特別短，通常只有 1–2 天時間，而且收穫後糖份迅速轉化為澱粉，品質下降。超甜玉米係由 *sh2* 基因所控制，其水溶性多糖含量較少，但蔗糖含量是普通甜玉米的 2 倍，其顯著的優點為甜度增加，採收期及貯存期相對延長，一般可達 1 週左右。

對於甜玉米來說，種皮厚度是一個重要性狀，果皮的厚薄與甜玉米籽粒的質地有密切關係，種皮愈薄，籽粒質地愈柔嫩。Helm *et al.* (1970) 及 Tracy & Schmidt (1987) 指出胚乳突變基因對種皮厚度有顯著影響，*su2* 突變體的種皮較厚，而 *sh2* 突變體的種皮較薄。本研究之結果與 Tracy & Schmidt (1987) 及 Shieh (2005b) 均指出不同遺傳背景對甜玉米自交系種皮的厚薄有顯著的影響相符。

所使用熱帶型品種不同，其所分離的自交系種皮厚度的平均值也有所差異，整體比較顯示以華珍及彩珍品種具有較薄的種皮，同時種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目也較多；其次為夏蜜、PH 5 與泰國 TN 103；種皮較厚者有 PH 10、雙魚與春蜜，種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目也較少。熱帶型品種籽粒不同部位的種皮厚度有明顯差異，大多品種以冠蓋最薄，其次為發芽面，再其次為非發芽面，本試驗與 Shieh (2004) 利用普通白玉米台南白自交系為材料之結果相類似。

前人的研究亦顯示不同類型的玉米其種皮的厚度有所差異，例如爆裂種玉米一般具有較厚之種皮，介於 139–175  $\mu\text{m}$  (Richardson 1960)，而經選拔的甜玉米和超甜玉米雜交種其種皮厚度介於 40–60  $\mu\text{m}$  (Tracy & Schmidt 1987)；國內未改良的台南白族群其種皮厚度介於 57–240  $\mu\text{m}$  (Shieh 2005a)。而同一類型的玉米基因型不同，其種皮的厚度也有明顯的差別 (Wolf *et al.* 1969; Ho *et al.* 1975)。而溫帶型品種所分離的自交系，整體比較，以好滋味、興農 3 號及金蜜具有較薄的種皮，同時種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目也較多；其餘品種表現相近，但種皮厚度小於 50  $\mu\text{m}$  的自交系數目不少，可利用之材料亦較多。溫帶品種以冠蓋具有較薄的種皮厚度，而發芽面種皮與非發芽面種皮厚度相近。Wolf *et al.* (1952) 指出同一籽粒不同部位其種皮厚度的不一致。可能係因胚乳成長過成中不同的擴張程度所造成，較大的膨脹導致較薄的種皮 (Tracy & Schmidt 1987)。

由於超甜玉米係當作蔬菜用，其內含物以蔗糖含量及水份較多，澱粉等固形物含量少，故當種皮厚度超過 75  $\mu\text{m}$  時，在食用咀嚼時口感呈現粗糙，果皮殘渣多，一般較不會被消費者所接受。所以在超甜玉米育種時，須先進行選取薄果皮之自交系 (小於 50  $\mu\text{m}$ )，再進行產

量組合力與品質選拔，所選留之新雜交組合其籽粒才會具有較薄之種皮。

本試驗第二部分對種皮厚度研究結果顯示，無論發芽面、非發芽面或整粒種皮厚度，皆呈現熱帶型  $\times$  熱帶型  $>$  溫帶型  $\times$  熱帶型  $>$  溫帶型  $\times$  溫帶型之趨勢，組合力中 GCA 均方值呈極顯著差異，SCA 均方值除發芽面呈極顯著差異外，餘皆差異不顯著。GCA 之效應值，3 種種皮厚度熱帶型皆呈現正值，溫帶型為負值之結果，SCA 效應值及正反效應值各型組合間無差異存在。本試驗之結果與 Huelsen (1954) 認為種皮嫩度是多基因的控制及胚乳突變之主效基因對種皮之厚薄有顯著的影響相似，及 Wang *et al.* (2005) 指出超甜玉米的種皮厚度遺傳符合加性-顯性模型，顯性效應起主要作用具有減量作用，控制該性狀基因對數至少有 3 對以上之結論相類似。

綜合本試驗之結果顯示超甜玉米種原存在溫帶型與熱帶型間之產量雜種優勢模式，且熱帶及亞熱帶玉米具有豐富的遺傳多樣性與溫帶型玉米種質交流少，遺傳變異較大，溫帶與熱帶異型間之雜交組合，不論在一般組合力或特殊組合力上，皆大於同型間之組合，可產生較強的雜種優勢，大幅提高產量 (Liu *et al.* 2009)，即熱帶型與溫帶型間產量，熱帶型品種為正效應居多，溫帶型品種為負效應居多；而果皮厚度性狀，熱帶型品種為正效應居多，溫帶型品種為負效應居多。故溫帶型  $\times$  熱帶型之雜種優勢模式群可以充份利用於超甜玉米育種上材料的選擇與組配上，以建立適合於亞熱帶台灣之基礎種原材料，並可供育種之參考與利用。

### 引用文獻 (Literature cited)

- Brewbaker, J. L. 1982. Genetic improvement in green corn. p.63–68. in the Proceeding of Symposium on Plant Breeding. Agric. Assn. of China (Taiwan) and SABRAO.

- Brewbaker, J. L., L. B. Larish, and G. H. Zan. 1996. Pericarp thickness of the indigenous American races of maize. *Maydica* 41:105–111.
- Earle, F. R., J. J. Curtis, and J. E. Hubbard. 1946. Composition of the component of the corn kernel. *Cereal Chem.* 44:601–606.
- Helm, J. L., D. V. Glover, and M. S. Zuber. 1970. Effect of endosperm mutants on pericarp thickness in corn. *Crop Sci.* 10:195–196.
- Helm, J. L. and M. S. Zuber. 1970. Effect of harvest date on pericarp thickness in dent corn. *Can. J. Plant Sci.* 50:411–413.
- Helm, J. L. and M. S. Zuber. 1969. Pericarp thickness of dent corn inbred lines. *Crop Sci.* 9:803–804.
- Ho, L. C., L. W. Kannenberg, and R. B. Hunter. 1975. Inheritance of pericarp thickness in short season maize inbreds. *Can. J. Gene. 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.
- Liu, S. K., G. J. Shieh, and F. S. Thseng. 2009. Studies on heterotic patterns of super sweet corn varieties in Taiwan. *J. Taiwan Agric. Res.* 58:39–44. (in Chinese with English abstract)
- Luo, G. L. and Z. K. Wu. 2005. Analysis of main quality characters of multiple recessive homozygotes of sweet corn. *J. Maize Sci.* 13:6–9. (in Chinese with English abstract)
- Richardson, D. L. 1960. Pericarp thickness in popcorn. *Agron. J.* 52:77–80.
- Shieh, G. J. 2004. Thickness and surface area variations of Tainan-white maize pericarp. *J. Agric. Res. China* 53:201–206. (in Chinese with English abstract)
- Shieh, G. J. 2005a. Pericarp characters variation of different Tainan-white maize population in Taiwan. *J. Taiwan Agric. Res.* 54:219–226. (in Chinese with English abstract)
- Shieh, G. J. 2005b. Effect of endosperm type and genetic background on pericarp thickness in maize inbred lines. *J. Taiwan Agric. Res.* 54:227–234. (in Chinese with English abstract)
- Shieh, G. J. 2006. Correlation analysis and variation of pericarp characters of Tainan-white maize inbred lines. *J. Taiwan Agric. Res.* 55:174–180. (in Chinese with English abstract)
- Tracy, W. F. and W. C. Galinat. 1987. Thickness and cell layer number of the pericarp of sweet corn and some of its relatives. *Hortscience* 22:645–647.
- Tracy, W. F. and D. H. Schmidt. 1987. Effect of endosperm type on pericarp thickness in sweet corn inbred. *Crop Sci.* 27:692–694.
- Wang, X. M., Z. W. Xie, M. H. Zeng, and S. J. Le. 2005. Heterosis and inheritance analysis of ear shape and quality characters in super sweet corn. *Sci. Agric. Sin.* 38:1931–1936. (in Chinese with English abstract)
- Wolf, M. J., C. L. Buzan, M. M. MacMasters, and C. F. Rist. 1952. Structure of the mature corn kernel. II. Microscopic structure of pericarp, seed coat, and hilar layer of dent corn. *Cereal Chem.* 29:334–348.
- Wolf, M. J., I. M. Cull, J. L. Helm, and M. S. Zuber. 1969. Measuring thickness of excised mature corn pericarp. *Agron. J.* 61:777–779.
- Zhang, S. L., S. M. Zhou, I. F. Wang, and I. X. Li. 2008. Research on variation of pericarp thickness of sweet maize kernel. *J. South China Agric. Univ.* 29:10–13. (in Chinese with English abstract)

# Variation and Combining Ability of the Traits for Pericarp Thickness in Inbreds of Super-Sweet Corn<sup>1</sup>

Shao-Kuo Liu<sup>2</sup> and Guang-Jauh Shieh<sup>3,4</sup>

## Abstract

Liu, S. K. and G. J. Shieh. 2010. Variation and combining ability of the traits for pericarp thickness in inbreds of super-sweet corn. J. Taiwan Agric. Res. 59:112–125.

The number of inbred lines with thin pericarp (< 50  $\mu\text{m}$  in thickness) varied among the tropical type of super-sweet corn (*Zea mays*) investigated: high in the varieties, Bright Jean and Su-Jean, moderately high in the varieties Summer-Honey, PH 5 and TN 103 and low in the varieties PH 10, Two-Fish, and Spring-Honey. The thickness of pericarp also varied with different areas of the same corn kernel: thin at the crown cap, moderately thick at the germinal side, and thick at the abgerminal. In the temperate type of super-sweet corn, the varieties Hao Zih Wei, Sinon 3, Golden honey and Sin Ji Shih, produced more inbred lines with thin pericarp (< 50  $\mu\text{m}$  in thickness) than the other varieties tested. Result of analysis of a full diallel set of crossing combination (90 crosses) of 10 inbred lines (5 tropical type and 5 temperate type). Results showed the average pericarp thickness of each kernel was the highest for the seeds of tropical type  $\times$  tropical type (112.0  $\mu\text{m}$  in thickness), followed by the seeds of tropical type  $\times$  temperate type (87.34  $\mu\text{m}$  in thickness) and temperate type  $\times$  temperate type (68.75  $\mu\text{m}$  in thickness). Among the 13 crosses with seed pericarp thinner than 70  $\mu\text{m}$ , seven crosses were from the tropical type  $\times$  temperate type. Therefore, the possibility of breeding super-sweet corn with yield and good quality (sweetness and thin pericarp) would be increased by selections from crosses between tropical and temperate type of corn.

**Key words:** Super-sweet corn, *Zea mays*, Tropical type, Temperate type, Pericarp thickness.

- 
1. Contribution No.2402 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: July 21, 2010.
  2. Specialist, Vegetable and Flower Section, Agricultural and Food Agency, Council of Agriculture, Nantou-Hsien, Taiwan, ROC.
  3. Associate Agronomist, Crop Science Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
  4. Corresponding author, e-mail: x486045@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.