

玉米不同遺傳背景與胚乳型對果皮厚度之影響¹

謝光照²

摘 要

謝光照。2005。玉米不同遺傳背景與胚乳型對果皮厚度之影響。台灣農業研究 54:227-234。

以 B14、B37 及 M14 三種遺傳背景的 *su₁*、*wx*、*su₂*、*sh₁*、*o₂* 及野生型等六種胚乳型所組合成的 18 個自交系為材料，探討遺傳背景與胚乳型改變對果皮性狀表現之影響。結果顯示，遺傳背景的不同、胚乳型的種類及遺傳背景與胚乳型之交感作用均對籽粒重、發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量、平均果皮厚度、發芽面與非發芽面果皮厚度差值等性狀均有極顯著影響。三種遺傳背景相較，顯示 M14 具有最薄的果皮厚度及果皮含量，發芽面厚度大於非發芽面；其次為 B14；最厚者為 B37，同時也具有最高之果皮含量。六種胚乳型相比較，顯示 *wx* 胚乳型具有最薄之果皮厚度，其次為 *su₁* 及 *sh₁* 胚乳型，再其次為 *su₂* 胚乳型，最厚者為 *o₂* 與野生型。果皮含量以 *wx* 最少，其次為 *su₂* 與 *o₂* 胚乳型，最多者為 *su₁*、*sh₁* 及野生型。*wx* 基因不論在何種遺傳背景下與正常胚乳型相較，均呈現有降低果皮厚度及含量之作用。

關鍵詞：玉米、遺傳背景、胚乳型、果皮。

前 言

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）、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。目前已知不同類型的玉米如爆裂種（Richardson 1960）、馬齒種玉米（Ho *et al.* 1975；Helm & Zuber 1969）、飼料玉米（Ito & Brewbaker 1991）、甜玉米（Tracy & Galinat 1987）等其果皮厚度也有所不同。玉米籽粒果皮的厚度對鮮食用品質有很大的影響，甜玉米當其果皮厚度超過 75 μm 時，食之口感粗糙，一般多不能被消費者接受。

前人研究顯示玉米籽粒果皮厚度不會受胚乳型的改變而影響其厚度（Helm *et al.* 1970），而 Tracy & Schmidt（1987）以甜玉米為材料，指出果皮厚度明顯的受胚乳突變基因型（endosperm type）不同所

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2242 號。接受日期：94 年 11 月 2 日。

2. 本所農藝組副研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。電子郵件：x486045@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

影響。本研究目的即在探討不同的胚乳型及遺傳背景對果皮厚度是否有明顯影響，以作為鮮食用玉米品質選育上之參考。

材料與方法

本研究以三種遺傳背景系 B14、B37、M14 和六種胚乳型 (wild type、 o_2 、 sh_1 、 su_1 、 su_2 、 wx) 組合而成的 18 種基因型為材料 (表 1)，係前台大植物系教授蔡嘉寅教授由美國普渡大學所引進之種源。田間設計為隨機因子試驗，A 因子為遺傳背景，B 因子為胚乳型，每一基因型每小區種一行，4.5 m，行株距為 80×30 cm，重複四次，公頃三要素肥料量為 N:P₂O₅:K₂O = 200:90:60。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。每行均以人工兄弟妹交配授粉且套袋，以防其它基因型之花粉污染，待果穗達生理成熟時採收，烘乾至 13.5% 含水量，然後存於冰箱內。生理成熟期之種子，每基因型重複取 10 粒飽滿籽粒進行測果皮性狀。

玉米籽粒果皮剝取之方法，參考 Helm & Zuber (1970) 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，將種子在室溫下浸水二天使種子質地變軟後，再以解剖刀進行剝取果皮。先切下頂蓋 (tip cop)，再沿著發芽面 (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，最後取下冠蓋 (crown cap) 及兩邊 (sides) 之果皮。3. 剝下之果皮放置於體積比為 1 水:3 甘油醇 (glycerol) 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. 利用厚薄計測量發芽面、非發芽面各上中下三點之厚度，以平均值 (μm) 記錄之。6. 測完厚度後之果皮，再以清水清洗果皮，然後將果皮放置於 70°C 乾燥機中烘 4 小時後，秤量果皮重量，再以籽粒重換算成果皮含量。每粒籽粒調查的性狀包含有：籽粒重 (mg/kernel)、發芽面果皮厚度 (μm)、非發芽面果皮厚度 (μm)、果皮含量 (%)、平均果皮厚度 (μm)、發芽面減去非發芽面厚度之差值等六性狀。所獲得之數據先以 SAS、General Linear Model Procedure 進行變方分析、平均值顯著性比較與相關分析。

結 果

由三種不同的遺傳背景 (B14、B37 和 M14) 及六種胚乳型 (wild type、 o_2 、 su_1 、 su_2 、 sh_1 、 wx) 所組合而成的 18 種基因型進行果皮性狀之調查。試驗數據經變方分析之結果 (表 2)，顯示所調查的性狀如

表 1. 所使用玉米自交系遺傳背景之系譜與胚乳型之外表特性

Table 1. The genetic background and endosperm type of inbred lines of maize used in this study

Variety/endosperm genotype	Genetic background
B14	(B14A × MV Source) BC ₄
B37	Low Stiff Stalk Syn. (BSSSCo)
M14	BR10 × R8
o_2	Opaque, high lysine content
sh_1	Shrunken, in flated, sweet kernels collapse on drying, becoming angular and brittle
su_1	Sugary, endosperm wrinkled and translucent when dry; sweet at milk stage
su_2	Sugary, endosperm glassy, translucent, sometimes wrinkled
wx	Waxy, amylopectin replace amylose in endosperm and pollen
wild type	Normal, dent or flint of kernel type

籽粒重、發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量、平均果皮厚度、發芽面與非發芽面果皮厚度差值等性狀均受遺傳背景、胚乳型、遺傳背景 × 胚乳型之交感作用影響，且達極顯著，表示不同的遺傳背景（如 B14、B37、M14）、胚乳型（wild type、 o_2 、 su_1 、 su_2 、 sh_1 、 wx ）及兩者之聯合效應均會對籽粒重、果皮厚度和含量產生明顯的影響。

三種遺傳背景之平均列於表 3，相較之下，顯示籽粒重為 M14 最輕，最重者為 B14。發芽面果皮厚度以 M14 最薄（87.6 μm ），其次為 B14（126.5 μm ），最厚為 B37（168.6 μm ）。非發芽面果皮厚度，以 M14 最薄（78.4 μm ），其次為 B14（132.4 μm ），最厚者為 B37（171.7 μm ）；果皮含量，以 M14 最少（5.99%），其次為 B14（9.0%），最多者為 B37（13.93%）；平均果皮厚度，同樣以 M14 最薄（83.0 μm ），其次為 B14（129.5 μm ），最厚者為 B37（170.2 μm ）；發芽面與非發芽面果皮厚度差值之表現，M14 為發芽面厚度大於非發芽面，而 B14 和 B37 則呈現非發芽面厚度大於發芽面之現象。三種遺傳背景中，以 B37 其發芽面與非發芽面果皮厚度相差最少，最大者為 M14。

六種胚乳型之平均值列於表 4。籽粒重的表現，以 su_1 （135 mg）最輕，其次 su_2 （148.8 mg），最重者為 o_2 （187.8mg）與 wild type（187.5mg）。發芽面果皮厚度的平均表現，以 wx 胚乳型（102.2 μm ）最薄，其次為 sh_1 （120.3 μm ），最厚為 o_2 與 wild type。非發芽面果皮厚度，以 wx （98.3 μm ）最薄，其次為 sh_1 胚乳型，最厚者為 o_2 與 wild type。果皮含量的表現介於 7.32~10.65%，其中以 wx 胚乳型最少，最多者為 su_1 與 sh_1 兩種胚乳型。平均果皮厚度呈現相類似之現象，以 wx （100.3 μm ）最薄，其次為 su_1 （122.8

表 2. 玉米不同遺傳背景與胚乳型果皮性狀變方分析之均方值

Table 2. The mean squares of ANOVA for pericarp characters of maize

Source	DF	Kernel weight (mg/nel)	Germinal thickness (μm)	Abgerminal thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average thickness (μm)	Difference of germinal minus abgerminal (μm)
Treatment	17	2980** ^z	6154**	8274**	62.0**	7022**	673**
Background (B)	2	2107**	39387**	52701**	385.1**	45524**	1330**
Endosperm (E)	5	5330**	2926**	3709**	18.0**	3186**	531*
B × E	10	1980**	1122**	1671**	19.4**	1240**	614**
Error	54	88	136	108	1.4	81	168

^z * ** Significant difference at 0.05 and 0.01 probabilities according to ANOVA analysis, respectively.

表 3. 玉米不同遺傳背景果皮性狀之平均值

Table 3. The mean values of background in maize inbred lines of maize

Background	Kernel weight (mg/kernel)	Germinal thickness (μm)	Abgerminal thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average thickness (μm)	Differenc of germinal minus abgerminal (μm)
B 14	176.3	126.5	132.4	9.00	129.5	-5.9
M 14	158.5	87.6	78.4	5.99	83.0	9.2
B 37	162.2	168.6	171.7	13.93	170.2	-3.1
LSD _{0.05}	5.4	6.7	6.0	0.70	5.2	7.5
LSD _{0.01}	7.2	9.0	8.0	0.93	6.9	9.9

表 4. 玉米不同胚乳型果皮性狀之平均值

Table 4. The mean values of endosperm in maize inbred lines of maize

Endosperm	Kernel weight (mg/kernel)	Germinal thickness (μm)	Abgerminal thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average thickness (μm)	Difference of germinal minus abgerminal (μm)
<i>su</i> ₁	135.0	126.9	118.6	10.65	122.8	8.3
<i>wx</i>	170.8	102.2	98.3	7.32	100.3	3.9
<i>su</i> ₂	148.8	132.8	135.0	9.60	133.9	-2.2
<i>sh</i> ₁	164.1	120.3	124.8	10.63	122.5	-4.5
<i>o</i> ₂	187.8	148.4	143.8	9.59	146.1	4.6
wild type	187.5	135.2	144.4	10.03	139.8	-9.2
LSD _{0.05}	7.7	9.5	8.5	0.99	7.4	10.6
LSD _{0.01}	10.2	12.7	11.4	1.32	9.8	14.1

μm)，最厚者為 *o*₂ (146.1 μm)；發芽面與非發芽面果皮厚度差值的表現，*su*₁、*wx* 和 *o*₂ 三種胚乳型呈現發芽面較非發芽面厚度來得厚；而 *su*₂、*sh*₁ 及 wild type 則為非發芽面厚度大於發芽面厚度。

18 種基因型之平均值列於表 5。由表可知籽粒重的表現，以 B14 *su*₁、B37 *wx*、M14 *su*₂ 等具有較輕之籽粒重，較重者為 B14 wild type 與 B37 *o*₂。發芽面果皮厚度，以 M14 *o*₂ (63 μm)、M14 *wx* (72.8 μm)、M14 wild type (82.0 μm) 等三者具有較薄之果皮，而 B37 *o*₂ 基因型則具有最厚的果皮 (206.8 μm)。非發芽面果皮厚度之表現，最薄之基因型為 M14 *sh*₁ 的 59.3 μm 和 M14 *wx* 的 68.3 μm ，最厚之基因型為 B37 *o*₂ 的 216.8 μm 。果皮含量，以 M14 wild type 的基因型 4.34% 最少，其次為 M14 *sh*₁ 的 4.63%，果皮含量最多的基因型為 B73 *sh*₁。平均果皮厚度，以 M14 *sh*₁ 最薄為 61.2 μm ，其次為 M14 *wx* 基因型的 70.6 μm ，最厚者為 B37 *o*₂ 的 211.8 μm 。發芽面與非發芽面果皮厚度之差值，以 B14 *wx* 之差異值最小，發芽面果皮厚度與非發芽面果皮厚度差值為 0；而以 M14 *o*₂ 差異最大，呈現發芽面厚度大於非發芽面厚度達 31.5 μm 。綜合上述之結果，可看出遺傳背景與胚乳型間有明顯的交感作用，對果皮厚度及含量均有明顯的影響。

性狀間之相關分析列於表 6，由表中可知 18 個基因型其籽粒重與發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量、平均果皮厚度無相關性存在。而籽粒重、非發芽面果皮厚度與發芽面減去非發芽面厚度差值均呈負顯著相關；發芽面果皮厚度、非發芽面果皮厚度、果皮含量和平均果皮厚度相互間之相關則呈極顯著正相關。

討 論

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或玉米糊等罐頭加工會有很大的影響。美國的地方品種極多，其中粉質種 (floury) 及食用的白玉米一般具有較薄的果皮，而果皮厚度超過 75 μm 的地方品種，因食用時口感粗糙，果皮殘渣多，一較不能被消費者所接受 (Brewbaker *et al.* 1996)。

前人的研究顯示不同類型的玉米其果皮的厚度有所差異，例如爆裂種玉米一般具有較厚之果皮，介於 139~175 μm (Richardson 1960)，而經選拔的甜玉米和超甜玉米雜交種其果皮厚度介於 40~60 μm (Tracy & Schmidt 1987)；國內未改良的台南白族群其果皮厚度介於 57~240 μm (謝 2005)。而同一類型的玉米基因型不同，其果皮的厚度也有明顯的差別 (Wolf *et al.* 1969；Ho *et al.* 1975)。

本研究以 B14、B37 和 M14 等三種遺傳背景與六種胚乳型 (su_1 、 su_2 、 sh_1 、 wx 、 o_2 、wild type) 組合而成的 18 種基因型為材料，分析不同遺傳背景與胚乳型的改變對果皮厚度是否有影響，結果顯示不同遺傳背景、胚乳型、遺傳背景與胚乳型之交感作用對果皮的厚度均有明顯的影響，此結果與 Tracy & Schmidt (1987) 的結果相似，因此進行鮮食用甜玉米 (su_2 或 sh_2)、糯性玉米 (waxy) 或普通白玉米 (wild type) 的選拔及自交系的培育中，對不同遺傳背景材料的選擇要謹慎，才會對果皮厚度的改進有所助益。

表 5. 玉米不同遺傳背景和胚乳型組合基因型果皮性狀之平均值
Table 5. The mean value of pericarp characters in inbred lines of maize

Genotype	Kernel weight (mg/kernel)	Germinal thickness (μm)	Abgerminal thickness (μm)	Pericarp content (%)	Average thickness (μm)	Difference of germinal minus abgerminal (μm)
B 14 su_1	129.3	127.5	106.3	8.91	116.9	21.2
B 14 wx	195.5	91.3	91.3	6.83	91.3	0.0
B 14 su_2	153.8	144.8	151.3	9.85	148.1	-6.5
B 14 sh_1	176.3	132.0	147.8	10.15	139.9	-15.8
B 14 o_2	175.3	119.5	126.5	7.26	123.0	-7.0
B 14 wild type	227.5	144.3	171.5	10.98	157.9	-27.2
M 14 su_1	134.8	88.3	86.0	9.28	87.2	2.3
M 14 wx	185.3	72.8	68.3	5.24	70.6	4.5
M 14 su_2	132.8	100.2	88.3	7.37	94.3	11.9
M 14 sh_1	153.8	63.0	59.3	4.63	61.2	3.7
M 14 o_2	183.5	119.8	88.3	5.09	104.1	31.5
M 14 wild type	161.2	82.0	80.3	4.34	81.2	1.7
B 37 su_1	141.0	165.0	163.8	13.77	164.4	1.2
B 37 wx	131.8	142.5	135.5	9.91	139.0	7.0
B 37 su_2	160.0	153.5	165.5	11.59	159.5	-12.0
B 37 sh_1	162.3	165.8	167.3	17.00	166.6	-1.5
B 37 o_2	204.5	206.8	216.8	16.43	211.8	-10.0
B 37 wild type	173.8	179.3	181.5	14.76	180.4	-2.2
LSD _{0.05}	13.3	16.5	14.8	1.72	12.7	18.4
LSD _{0.01}	17.7	22.0	19.7	2.29	17.0	24.4

表 6. 玉米籽粒與果皮性狀間之相關係數 (N=18)

Table 6. The correlation between kernel and pericarp characters of maize

Characters	Kernel weight	Germinal thickness	Abgerminal thickness	Pericarp content	Average thickness
Germinal thickness	0.18				
Abgerminal thickness	0.30	0.96**			
Pericarp content	0.08	0.89**	0.90**		
Average thickness	0.25	0.99**	0.99**	0.91**	
Difference of germinal minus abgerminal	-0.50**	0.27	-0.53*	-0.36	-0.42

* ** Significant difference at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

結果顯示 *wx* 糯質基因在三種不同的遺傳背景中，均有降低其果皮厚度與含量之作用。而郝與吳 (2003) 的研究指出將 *wx* 基因導入甜玉米或超甜玉米種源中，使配成雙隱性的甜糯玉米品種 (*wxsu₂*, *wxsh₂*)，則 *wx* 基因對甜玉米的可溶性糖含量有極明顯的增加作用，同時其澱粉均為支鏈澱粉；且 *wx* 基因對甜玉米或超甜玉米果皮的厚度有明顯的減少作用，因此未來國內超甜玉米的育種或可導入 *wx* 基因於 *sh₂* 種源中，然後選育出新的雙隱性甜糯玉米品種 (*wxsh₂*)，則對甜玉米品質中糖度的增加及果皮厚度的降低均會有很大助益。

引用文獻

- 郝小琴、吳子愷。2003。雙隱性甜糯玉米的主要農藝及品質性狀。作物學報 29:321-329。
- 謝光照、曾富生。2005。台灣不同地區台南白玉米族群果皮性狀之變異。台灣農業研究 54:219-226
- 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. 1982. Genetic improvement in green corn. p.63-39. in: Proceeding of Symposium of Plant Breeding. (Hsieh S. C. and D. J. Liu. eds.) Agric. Assn. China (Taiwan) and SABRAO Pub. Taiwan Agricultural Research Institute. Taichung, Taiwan.
- Brewbaker, J. L., L. B. Larish, and G. H. Zan. 1996. Pericarp thickness of the indigenous american races of maize. Maydica 41:105-111.
- Helm, J. L., D. V. Glover, and M. S. Zuber. 1970. Effect of endosperm mutants on pericarp thickness in corn. Crop Sci. 10:105-106.
- 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.
- 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.
- Richardson, D. L. 1960. Pericarp thickness in popcorn. Agron. J. 52:77-80.

- Tracy, W. F. and D. H. Schmidt. 1987. Effect of endosperm type on pericarp thickness in sweet corn inbred. *Crop Sci.* 27:692-694.
- 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.
- 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.

Effect of Endosperm Type and Genetic Background on Pericarp Thickness in Maize Inbred Lines¹

Guang-Jauh Shieh²

Summary

Shieh, G. J. 2005. Effect of endosperm type and genetic background on pericarp thickness in maize inbred lines. J. Taiwan Agric. Res. 54:227-234.

Eighteen genotypes of maize inbred lines combined from six types of endosperm, including *su₁*, *wx*, *su₂*, *sh₁*, *o₂*, wild type, and three genetic backgrounds, including B14, B37, and M14 were used as the materials. The objective of this research was to determine the effects of endosperm types on pericarp thickness in three genetic background of maize inbred lines. The results showed that pericarp thickness of kernel was significantly affected by genetic background, endosperm types, and interactions of endosperm type and genetic background. Average pericarp thickness and contents of genetic background averaged across endosperm types range from 83 μm (M14) to 170.2 μm (B37), and 5.99% (M14) to 13.9% (B37), respectively. Averaged across genetic backgrounds, the endosperm *wx* had significantly thinner pericarp thickness, 100.3 μm and lowest pericarp contents (7.32%) than other endosperm types. The endosperm *o₂* and wild type had thickest pericarp thickness and highest pericarp contents. Pericarp thickness and content of *waxy* endosperm type were thinner than others, indicated the decreased effect on pericarp thickness of maize inbred lines.

Key words: Maize, Genetic backgrounds, Endosperm type, Pericarp.

1. Contribution No.2242 From Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: November 2, 2005.

2. Associate Agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC. Corresponding author, e-mail: x486045@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23302806.