

高粱各性狀之遺傳育種研究

I. 雜交高粱第一代之單寧含量及種皮顏色之表現¹

張隆仁 高德錚 楊嘉凌 李臺強²

摘 要

本試驗針對以改良臺中5號雜種高粱之單寧含量，期能降低其種子之罹病率進而改善發芽率不良之缺點。乃以TUI-1、TUI-2、TUI-3及TUI-4等四個具不同單寧含量特性蠟質基因同源係(isogenic line)為材料，初步進行包括臺中五號親本80A及2R，與四組同源系和80A雜交之F₁種子等之單寧分析，所獲結果綜合如下：

(1)同源系TUI-1、TUI-2、TUI-3及TUI-4之種實外觀顏色分別為乳白色，乳白色帶紅斑，棕色及棕色帶紅斑。單寧分析結果分別為0.04、0.83、3.28及8.93%。80A則為0.11%，而2R則為0.20%。

(2)雜交F₁種子之單寧分析顯示80A與TUI-1等四組同源系所得之雜交F₁組合，其單寧含量分別為0.07、0.10、0.14及0.57%，較其父母本平均含量分別低約0.01、0.37、1.56及3.95%。對照組合臺中5號(80A×2R)則有0.13%，較其父母本平均含量0.03%。此顯示父母本純系之單寧含量與種實外觀之顏色由淺而深有逐漸增加之趨勢。不同單寧含量之同源系與同一細胞質雄不稔系統80A之雜交F₁種子其單寧含量之變化與同源系親本之含量有相同之趨勢。一般而言F₁之單寧含量較各組合雙親之平均含量為低。

前 言

高粱(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)亦稱蜀黍，係世界上第五大宗之禾穀作物。僅次於稻米、小麥、玉米及大麥。本省以往之高粱主要係供為釀酒原料之用。近年來本省酒類消費量逐年增加，畜牧業亦快速發展，飼料用高粱需用量劇增，年平均需要量計約六十萬公噸⁽¹⁾。目前政府為調整農業生產結構，資源之有效利用，並紓解稻米生產過剩之壓力，乃實行稻田轉作之政策。高粱由於生育期與水稻相近，栽培上能利用機械一貫作業及省工栽培技術，並且目前的推廣品種臺中5號具有豐產、適應性強、抗蚜及抗紋枯病主要病蟲害與質優及收益穩定等優點，至民國七十五年栽培面積已達二萬二千餘公頃⁽¹⁾。

目前所推廣臺中5號品種雖然已有上述之優點，惟其種皮稍薄，於不良氣候環境下栽培，容易產生發芽率不良之問題⁽³⁾。該品種之穗型稍密，在種子成熟期易受穗部病害感染，且在種子生產過程中易因機械傷害，致提高種子之罹病率而影響發芽率⁽⁴⁾。高等⁽⁴⁾在針對高粱臺中5號發芽率低落之有關係列研究中指出，臺中5號之種子發芽率偏低，除因採種過程中之機械傷害加重病害之感染程度外，極可能與病菌感染程度及發芽率間有某種程度之關係存在。林

¹ 臺中區農業改良場研究報告第 0133 號。

² 臺中區農業改良場助理、副研究員、約僱助理及國立中興大學農藝學研究所研究生。

及蔡⁽³⁾之報告亦指出臺中5號極可能因單寧含量較臺中3號而致病原菌較容易感染其種子。此與國外報告高單寧含量之高梁品種與某些穗部病害之抗性或耐病性有關連，有一致之看法。另Willams和Hoagland⁽¹³⁾曾以天然酚酸進行種子預措，發現可改變高粱種子之發芽率。Woodruff和Cantrell⁽¹⁴⁾報告指出具有高單寧含量品系之高梁子粒其發芽率顯著的比低單寧含量之高梁品系高。高等⁽⁴⁾以0.5%或1.0%單寧行30分鐘之浸種處理，發現可促進胚乳具病斑之臺中5號種子之發芽率達11.4~14.1%。

根據上述之報告，作者乃假設：若能從提高高粱臺中5號之單寧含量著手，或許能降低參試品種種子之罹病率。換言之，將高單寧之遺傳因子導入臺中5號之母本80A中，則其雜交後代種子之罹病性或將得到改善，進而改良臺中5號種子發芽率。因此，本試驗乃先利用不同單寧含量之同源系，初步將其與80A進行套袋雜交，獲取F₁種子，探討有關單寧含量之變化情形，供進一步育種改良之參考。

材料與方法

本試驗參試之材料包括以臺灣大學謝兆樞博士提供之不同單寧含量之蠟質基因同源系：TUI-1、TUI-2、TUI-3及TUI-4等。另以臺中5號之親本細胞質雄不稔系統(CMS) 80A為母本，供育成雜種F₁；以臺中5號及其父本2R為對照品種。全部試驗於彰化縣大村鄉本場試驗田進行。參試材料之品種（系）名稱及來源詳如表一所示。

單寧含量之測定方法，係依Tuhami等⁽¹²⁾之改良法萃取之，並以D-Catechin之甲醇溶液為標準液測定之。

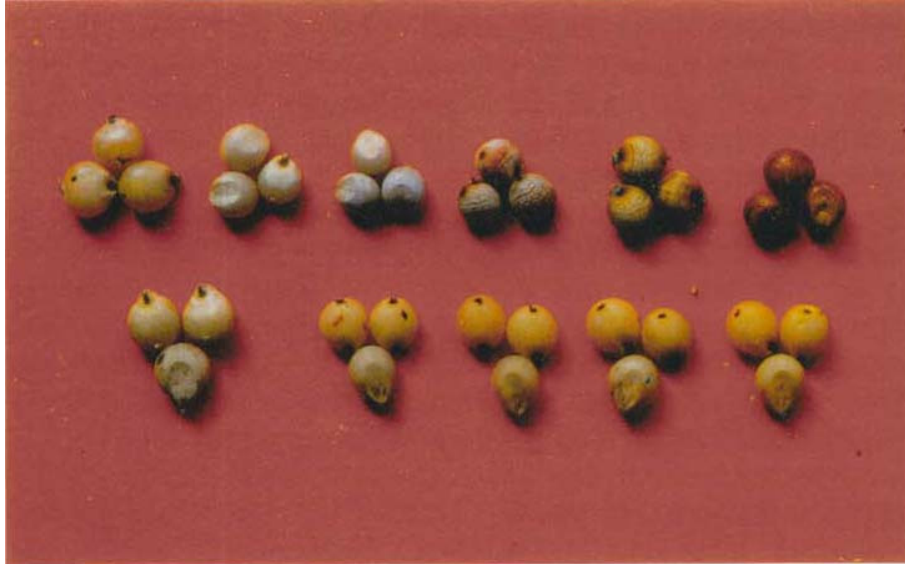
表一 參試之高梁品種（系）來源

Table 1. The origins of tested sorghum varieties (lines)

Varieties (lines)	Origin
80 A	Cytoplasmic male sterility line of hybrid sorghum Taichung 5
2R	Restores line of hybrid sorghum Taichung 5
Taichung 5	Hybrid variety of 80A×2R
TUI-1	
TUI-2	Wax isogenic lines of different tannin contents which are from
TUI-3	F ₇ generation of DD-6662-2-1-3 ×SA6649-DDW
TUI-4	

結果與討論

本試驗於民國75年春作進行同源系TUI-1等四系統之種子繁殖與農藝特性調查，並進行套袋取其花粉，分別與臺中5號之母本80A，進行套袋雜交，獲取雜種F₁種子。所有參試品種（系）之親本與臺中5號種子之外觀如圖一所示。由圖可知80A屬黃色，2R屬白色，臺中5號呈黃色。TUI-1、TUI-2、TUI-3及TUI-4則分別為乳白色、乳白帶紅斑、棕色、棕色帶紅斑。此與段等⁽⁵⁾以同一材料栽植所獲結果相符，證實該四個同源系，仍保持其自交純質性。



圖一 參試品種高粱種子之外貌。從上左至右分別為 80, 2R, TUI-1, TUI-2, TUI-3, TUI-4，下左至右分別為臺中 5 號，80A×TUI-1, 80A×TUI-2, 80A×TUI-3, 80A×TUI-4 之 F₁ 種子。

Fig. 1. The grain appearance of sorghum varieties (lines). From Upper: left to right were 80A, 2R, TUI-1, TUI-2, TUI-3 and TUI-4, down: left to right were Taichung 5, 80A×TUI-1, 80A×TUI-2, 80A×TUI-3 and 80A×TUI-4 hybrid F₁.

四個同源系之穗型如圖二所示，分別為小穗枝梗下垂之極散穗型，小穗枝梗直立散穗型，小穗枝梗直立中散穗型與小穗枝梗下垂微散穗型。



圖二 不同單寧含量同源系之穗型從左至右為 TUI-1, TUI-2, TUI-3, TUI-4

Fig. 2. the compactness of head type of four isogenic sorghum lines. From left to right were TUI-1, TUI-2, TUI-3, TUI-4

單寧含量分析結果如表二。由表得知親本品種（系）中臺中5號之親本80A之含量為0.114%，2R為0.201%；同源系TUI-1、TUI-2、TUI-3及TUI-4之單寧含量分別為0.042、0.825、3.285及8.927%，彼此間之差異和其種皮顏色之由淺而深之表現呈一致。Dehlavi⁽⁸⁾曾報告種實顏色及單寧含量具有極顯著之正相關，此結果與段等⁽⁵⁾以相同來源材料所測之單寧含量結果有大致相似之趨勢。惟實測值略有出入，其可能係因為栽培環境，取樣時期及萃取法相異所致。再由表二雜交種子的單寧含量分析結果可知，臺中5號（即80A×2R）之含量有0.132%，比較其父母本平均值低0.026%；同源系與80A雜交F₁組合：(80A×TUI-1)、(80A×TUI-2)、(80A×TUI-3)及(80A×TUI-4)等之含量則為0.074、0.096、0.142及0.571%，與其各別父母本之平均值相比較，分別低約0.004、0.374、1.555及3.950%。據此雜交F₁種子之單寧含量分析結果指出其與各別同源系之親本同樣有逐次增加之事實。又各雜交F₁種子之含量均有低於其父母本平均值與偏向較低單寧含量親本之趨勢，此顯示，低單寧為顯性，高單寧為隱性。且從高單寧含量組合80A×TUI-3及80A×TUI-4 F₁之單寧含量有超越低單寧含量親的事實，吾人推測有花粉直感(xenia)的現象，又在高單寧父本親之F₁組合80A×TUI-3及80A×TUI-4其單寧差距和其父本單寧差距依然存在，吾人推測有劑量效應(dosage effect)之影響。

表二 參試高粱品種（系）及其之單寧含量

Table 2. The tannin contents of sorghum varieties and their F₁

Varieties (lines)	Tannin (%)		
	(A) Average value of two parents	(B) Observed value	(C) Different value (A) - (B)
Parental lines			
80A		0.11	
2R		0.20	
TUI-1		0.04	
TUI-2		0.83	
TUI-3		3.28	
TUI-4		8.93	
80A×2R (Taichung 5)	0.16	0.13	0.03
Hybrid combination			
80A×TUI-1	0.08	0.07	0.01
80A×TUI-2	0.47	0.10	0.37
80A×TUI-3	1.70	0.14	1.56
80A×TUI-4	4.52	0.57	3.95

Rooney及Miller⁽¹¹⁾報告指出高粱種子之單寧屬於聚合性單寧，係由花色素聚合而成。棕（或褐）色高粱種子於成熟期產生澀味，即是因為聚合性單寧與蛋白質結合所致。Earp及Rooney⁽⁹⁾指出單寧含量高之高粱種子構造與一般較低單寧含量者有明顯之差異，即在其果皮(pericarp)下有一明顯的含色素種皮或稱為亞種皮(testa or subcoat)。又據Rooney及Miller⁽¹¹⁾指出該色素種皮呈紫色（基因型為tptp或紅褐色(基因型為Tp-)），並有厚薄之差異存在（由z基因控制，顯性為厚）。事實上高粱之單寧含量變化及顯色過程主要受R、Y、I、B₁、B₂及S等六對基因之控制。R及Y基因控制果皮(pericarp)之顏色為白色、黃色或紅色；B₁及B₂二個顯性互補性基因實際控制含色素種皮(testa)之存在與否，基因型為B₁-b₂b₂、b₁b₁ B₂-或b₁b₁b₂b₂者均無含色素種皮；主要機制為B₁及B₂基因控制高粱種子之花色素(anthocyanidin)聚合形成單寧，於種子發育初期內珠被(inner integument)細胞逐漸充滿色素而形成該色素，Butler⁽⁷⁾報告指出

B₁ B₂基因具極高之遺傳率。Price等⁽¹⁰⁾依單寧組成之不同型式將高粱區分為三類型：第一型不含單寧類物質，意即不含色素種皮。第二型及第三型雖含有單寧類物質，即含色素層其B₁及B₂基因皆同為顯性，差別在於第二型之S基因(spreader gene)屬同質隱性，而第二基為SS或Ss之顯性基因型；顯性之S基因對與B₁、B₂基因同時存在時則提高果皮及色皮種皮之酚類及單寧類物質之含量並影響營養價值。再就種子發育成熟過程中單寧含量之變化而言，顯示在成熟早期，單寧活力逐漸增加，至黃熟期達到最高峰，呈成熟後期單寧活力則常有顯著降低之情形。而成熟後期單寧含量之降低則有品種(系)間之遺傳歧異性存在。又據報告指出⁽⁷⁾，第二型之高粱種子隨成熟期而單寧含量有顯著下降之結果；而第三型則有持續上升之情形。故在育種上以育第二型之品種較為有利，此係因在成熟前、中期時具有較高之單寧時可具抗鳥性及抗病性，至成熟後期其單寧含量則降低而不致影響其種子之營養價值。

據此，由本試驗初步結果及前人綜合報告得知，針對臺中5號親本80A予以改良，利用育種方法導入控制單寧變化之因子，育成具第二型高粱特性之新親本，再與2R雜交，則所育成之新雜種F₁，似乎應將可改良臺中5號於成熟後期受遽降低單寧含量之特性，而有降低罹病性之可能性存在。本試驗將繼續藉由後代之分離以釐定有關參試品種(系)，影響單寧含量變化之遺傳行為，並探究其與種子罹病性及萌芽能力間之相互關係，資加強證實作者等所提之假設，期能供實際育種改良之應用。

參考文獻

1. 臺灣農業年報 1987 臺灣省農林廳編印 p. 47。
2. 林薰生 1978 雜交高粱新品種臺中5號 雜糧與畜產專輯第一號 臺灣區雜糧發展基金會出版。
3. 林金和、蔡智賢 1982 雜交高粱新品種臺中5號種子低發芽率 科學發展 10:327-334。
4. 高德錚、何榮祥、梁純玲、邱玲瑛 1987 高粱臺中5號低發芽率之原因及解決方案 中華農學會報新 137: 55-71。
5. 段盛香、畢中本 1985 蜀黍蠟質基因角系與農藝性狀、製酒品質之研究 國立臺灣大學農藝研究所 碩士論文。
6. Bulter L. G. 1982. Relative degree of polymerization of sorghum tannin during seed development and maturation. J. Agric. Food Chem. 30: 1090-1091.
7. Bulter L. G., J. D. Axtell, R. P. Cantrell., and B. J. Woodruff. 1982. Inheritance of tannin quantity in sorghum. J. Heredity 73: 214-218.
8. Dehlavi, A. 1975. Correlatoin studies seasonal production of tannin and tannin content in grain sorghum. Dissertation Abstracts. International. B. 35(8) 37.8 order no. 75: 2581.
9. Earp, C. F., and L. W. Rooney. 1982. Scanning electron microscopy of the pericarp and testa of several sorghum varieties. Food Microstructure 1: 25.
10. Price M. L., S. Van Scoyoc, and L. G. Bulter. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain, J. Agric. Food Chem. 26: 1214-1218.
11. Rooney L. W., and F. R. Miller. 1982. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. In proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality. ICRISAT. Patancheru Ap, India. p. 143-162.
12. Tuhami, M. K. El., D. G. Cummins, and R. E. Burns. 1980. Extractant color as a factor in grain sorghum tannin analysis. Agron. J. 72: 108-110.
13. William R. D., and R. E. Hoagland. 1982. The effects of naturally occurring phenolic compounds on seed germination. Weed Sci. 30: 206-212.
14. Woodruff, B. J., and R. P. Cantrell. 1979. Relationship of tannin and seed color to seedling vigour in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Agronomy Abstracts. p. 82.

Genetic and Breeding Studies on Various Characters in Grain Sorghum

I. Expression of Coloration and Tannin Content of Gains F_1 's Compare with Parental Varieties¹

L. Z. Chang, T. C. Kao, C. L. Yang and T. C. Lee²

ABSTRACT

Tannin content and coloration of seeds of sorghum were studied to evaluate the possibility of improving seed germinability of hybrid sorghum taichung 5. Taichung 5 (80A×2R) is lower in tannin content and easy to be infected by diseases resulted in the low germinability.

Four wax isogenic lines of different tannin content and colorations of seeds crossed with cytoplasmic male sterile line 80A and the expression of tannin content and coloration of F_1 's were evaluated in comparison with the respective parental lines.

The grain color of four isogenic lines TUI-1, TUI-2, TUI-3 and TUI-4 were milky, milky with red spots, brown and brown with red spots, respectively, which contained 0.04, 0.83, 3.28 and 8.93% of tannin, respectively. The tannin content of CMS line 80A and restorer line, 2R was 0.11% and 0.20% respectively.

The tannin content of F_1 hybrid; 80A×TUI-1, 80A×TUI-2, 80A×TUI-3, 80A×TUI-4 and 80A×2R (Taichung 5) were, 0.07, 0.10, 0.14, 0.57 and 0.13 respectively. These value are comparable with those of their parental line. However, these value were lower than the average value (mid-parent) of each parent. The results of the preliminary studies indicated that the brownish coloration and high tannin content are relative in F_1 hybrids. Further studies are needed to evaluate the relationship among coloration, tannin content and other characters of sorghum grains.

¹ Contribution No. 0133 from Taichung DAIS.

² Assistant, Associate Agronomist and Research Assistant of Taichung DAIS and graduate student of Agronomy Institute of National Chung-Hsing University, respectively.