

# 糯性高粱農藝性狀之遺傳變異<sup>1</sup>

廖宜倫<sup>2</sup>、林汶鑫<sup>3</sup>

## 摘 要

高粱是世界重要穀類作物之一，具有食用及加工用等多用途。在中國大陸及臺灣等地區，高粱常被用於釀製高粱酒，而糯性高粱即為釀酒用的主要原料。高粱育種利用譜系法進行育種研究，在控制環境變異的情況下， $S_0$ - $S_5$  世代之株高變異係數範圍為 17.3-21.79%，穗長為 10.18-14.91%，單穗粒重為 27.82-44.87%，千粒重為 12.45-24.79%，穗重為 26.43-125.12%，單穗粒數為 21-37.58%，莖徑為 11.07-25.33%，顯示控制產量的作物本身之遺傳變異性，主要是來自單穗粒數，即進行人為選拔時，育種人員在材料的選拔上以單穗粒數為選拔重點，可有更高機會選出高產品種。而在遺傳率表現，株高的廣義遺傳率  $h_B^2$  隨著世代增加而逐年遞增( $S_1$ : 65.43-  $S_5$ : 93.78)，其餘農藝性狀如穗長、單穗粒重、千粒重、穗重、單穗粒數及莖徑均有相同的趨勢( $S_1$ -  $S_4$  的  $h_B^2$  隨著世代而增加)，顯示外表型性狀如株高、穗長、單穗粒重、千粒重、穗重、單穗粒數等在高世代族群進行選拔會較初世代選拔效果好。

**關鍵詞：**高粱、糯性、變異係數、遺傳率

## 前 言

高粱是世界栽培面積第五大的穀類作物，僅次於水稻、小麥、玉米及大麥。高粱的用途很廣泛，在半乾旱氣候的非洲及印度地區，高粱是主要的糧食作物，在美國是很好的飼料作物及青貯料作物，在亞洲中國大陸及臺灣地區，高粱酒是中國白酒的主要酒品，在能源逐漸缺乏的情況下，甜高粱的汁液可用來發酵作生質能源。

作物育種方法的選擇，取決於作物的繁殖特性。自交作物因天然雜交率小於 4%，常使用譜系法(pedigree method)、混合法(bulk method)及單粒後裔法(single seed descent method, SSD)等方法，作為雜交後代選拔的方法。通常當累加性遺傳變方較為重要時，以譜系法或混合法可達性狀改良效果<sup>(8)</sup>，例如對玉米之單株穗數、穗長等遺傳率高的性狀，其增進效果顯著<sup>(10,17)</sup>。

高粱為常異交作物，大部分品種的天然雜交率通常為 5-15%<sup>(14)</sup>，高粱育種常使用自交作物的

<sup>1</sup> 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告 0981 號。

<sup>2</sup> 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員。

<sup>3</sup> 國立屏東科技大學副教授。

育種方法<sup>(11)</sup>，但須在開花前進行套袋隔離，以防其他花粉混雜；建立自交系統常在兩種情況下使用，一種為從地方品種的族群中建立新的品系，另一種則從分離族群建立純系<sup>(9)</sup>。

臺灣目前推廣品種僅有高粱台中 5 號，為稈性高粱品種。本研究以育成糯性高粱品種為目的，從中國大陸引進‘兩糯一號’為兩系雜交之糯性高粱，由 HS-57 與 10721 品系雜交而成，具有高產、適合釀酒等特性<sup>(3)</sup>。本研究以‘兩糯一號’為材料，從 2013 年起進行套袋使其自交，利用譜系法選拔方法，其後裔農藝性狀分離，在 S<sub>5</sub> 世代選育 10 個糯性高粱自交系，並觀察族群內農藝性狀遺傳變異。為控制環境變異，將各世代種子於 2017 年秋作栽培於臺中區農業改良場試驗田，觀察各世代族群農藝性狀之平均表現、遺傳變異及遺傳率等，供後續進行高粱育種研究之參考。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

由金門農業試驗所取得之中國大陸糯性高粱‘兩糯一號’商業品種。

### 二、試驗方法

#### (一)栽培時期：

- 1.2013 年度秋作(2013 年秋季) 種植‘兩糯一號’(S<sub>0</sub>)500 株，選拔 86 個優良單株進行套袋處理。
- 2.2014 年度春作(4 月 17 日)種植 S<sub>1</sub> 品系，選拔 50 個優良系統及其單株，並予以套袋處理。
- 3.2014 年度秋作(9 月 3 日)種植 S<sub>2</sub> 品系，選拔 29 個優良系統及其單株，並予以套袋處理。
- 4.2015 年度春作(3 月 3 日)種植 S<sub>3</sub> 品系，選拔 28 個優良系統及其單株，並予以套袋處理。
- 5.2015 年度秋作(10 月 8 日)種植 S<sub>4</sub> 品系，選拔 20 個優良系統及其單株，並予以套袋處理。
- 6.2016 年度春作(4 月 7 日)種植 10 個優良 S<sub>5</sub> 優良品系。
- 7.2017 年度秋作(9 月 20 日)種植 S<sub>1</sub>- S<sub>5</sub> 系統，S<sub>1</sub> 世代種植 86 個系統、S<sub>2</sub> 世代種植 50 個系統、S<sub>3</sub> 世代種植 29 個系統、S<sub>4</sub> 世代種植 28 個系統及 S<sub>5</sub> 世代種植 10 個品系。

(二)試驗地點：臺中區農業改良場試驗田(彰化縣大村鄉松槐路 370 號)。

(三)栽培方法：田間栽培採單畦雙行，單穴單粒栽培，為控制環境變異，採逢機完全區集設計(random complete block design, RCBD)三重複，試驗小區面積為 20 m<sup>2</sup> (4 m×5 m)，單品系單畦雙行制單穴單粒栽培，行距 60 cm，株距 10 cm，基肥為施用臺肥複合肥料 39 號 40 40 kg·0.1ha<sup>-1</sup>，追肥於株高 50 cm 施用，追肥為臺肥複合肥料 1 號 40 kg·0.1ha<sup>-1</sup>。

(四)選拔：本研究採用譜系法進行雜交後裔的選拔方法，從 F<sub>2</sub> 起進行田間選拔作業，選拔指標：

- 1.株高：選拔範圍 130-150 cm。
- 2.穗長：選拔範圍 25 cm 以上。

3.千粒重：選拔範圍 20-25 g。

(五)調查項目：

- 1.開花日數(days to flowering)：自種植到小區內 50 %之植株開花之平均日數，單株開花以每穗之小花由上而下約 50 %已開花為標準。
- 2.生育日數(days to maturity)：自種植日起至單位面積內 50 %植株已達成熟之日數為標準。
- 3.株高(plant height)：由莖桿基部至穗頂為準。
- 4.穗長(spike length)：從穗基部至穗頂長度。
- 5.單穗粒重(grain weight)：每一穗脫粒後之種實總粒重。
- 6.單穗粒數(grain number)：每一穗脫粒後之種實總粒數。
- 7.千粒重(1,000 grains weight)：1,000 粒種實，含水量 13%之重量。
- 8.莖徑(stem diameter)：高粱基部第二節位置之植株莖直徑。

### 三、統計方法

(一)族群農藝性狀之估值：將株高、穗長、單穗粒重、千粒重、穗重、單穗粒數及莖徑等性狀，以 Microsoft Excel 2007 資料分析-敘述統計進行統計分析，求得平均值(mean, M)，標準偏差(standard deviation, S. D.)、遺傳變方variance, Vg)、變異係數(coefficient of variation)、歪度(skewness)及峰度(kurtosis)。

(二)廣義遺傳率(broad-sense heritability,  $h_B^2$ )：利用變方分析的結果，估算的表現型變方  $\sigma_p^2$ 、遺傳型變方  $\sigma_g^2$  及環境型變方  $\sigma_e^2$ ， $\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$  求廣義遺傳率： $h_B^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2$ 。

## 結 果

本研究從 2013 年秋季起，每年度春與秋兩季進行栽培，以譜系法為雜交後代選種法，從  $S_1$  開始選拔直至 2016 年春季( $S_5$ )共 10 個自交系，分別就其農藝性狀調查其平均值、標準偏差、變異係數、峰度、歪度及系統分布數，調查結果如下：

### 一、不同年度、不同季節間，族群間糯性高粱後裔農藝性狀之遺傳變異

2013 年秋季至 2016 年春季，以譜系法進行選拔，族群數目從  $S_0$  世代調查 86 個植株之農藝性狀，至  $S_5$  世代 10 個系統之農藝性狀，如表一所示，各世代之族群株高平均值範圍為  $119.33 \pm 13.12$  ( $S_0$ )- $149.17 \pm 24.38$  cm( $S_5$ )；穗長平均值範圍為  $27.54$ ( $S_0$ )- $32.63 \pm 4.05$  cm( $S_5$ )；單穗粒重平均值範圍為  $19.22 \pm 13.87$ ( $S_3$ )- $84.17 \pm 39.90$  g( $S_2$ )；千粒重平均值範圍為  $19.52 \pm 5.59$ ( $S_3$ )- $30.95 \pm 3.48$  g( $S_0$ )；各世代族群變異係數詳如表二所示，株高之變異係數範圍為 7.7-23.55%，穗長之變異係數範圍為 8.7-13.38%，千粒重之變異係數範圍為 7.84-26.55%，單穗粒重之變異係數範圍為 31.2-48.82%，上述外表型性狀在不同年代所栽培之不同世代於的變異係數並無規律表現。不同世代不同年度之族群峰度及歪度詳如表三，各農藝性狀分布均非呈常態分布，且無正偏歪或負偏歪之規律存在；

不同世代之族群農藝性狀(株高、穗長、千粒重及單穗粒重)的系統分布圖如圖一 - 圖四，各農藝性狀之多數系統集中且符合既定選拔目標。

表一、2013-2016 年不同季節‘兩糯一號’及其後裔族群之族群大小及農藝性狀表現

Table 1. Population sizes, means of agronomic traits of progeny populations of waxy sorghum ‘Liangnuo No. 1’ during 2013-2016

Year/ Season	Generation	Systems or lines (no.)	Plant height (cm)	Spike length (cm)	Grains weight per spike (g)	1,000 grains weight (g)
2013 Fall	S <sub>0</sub>	86	119.33	27.54	45.65	30.95
2014 Spring	S <sub>1</sub>	50	141.90	26.42	23.46	21.99
2014 Fall	S <sub>2</sub>	29	136.53	31.39	84.17	28.53
2015 Spring	S <sub>3</sub>	28	127.53	30.48	19.22	19.52
2015 Fall	S <sub>4</sub>	20	129.45	29.22	50.32	23.05
2016 Spring	S <sub>5</sub>	10	149.17	32.63	32.27	23.82

表二、2013-2016 年不同季節‘兩糯一號’及其後裔族群之農藝性狀變異係數

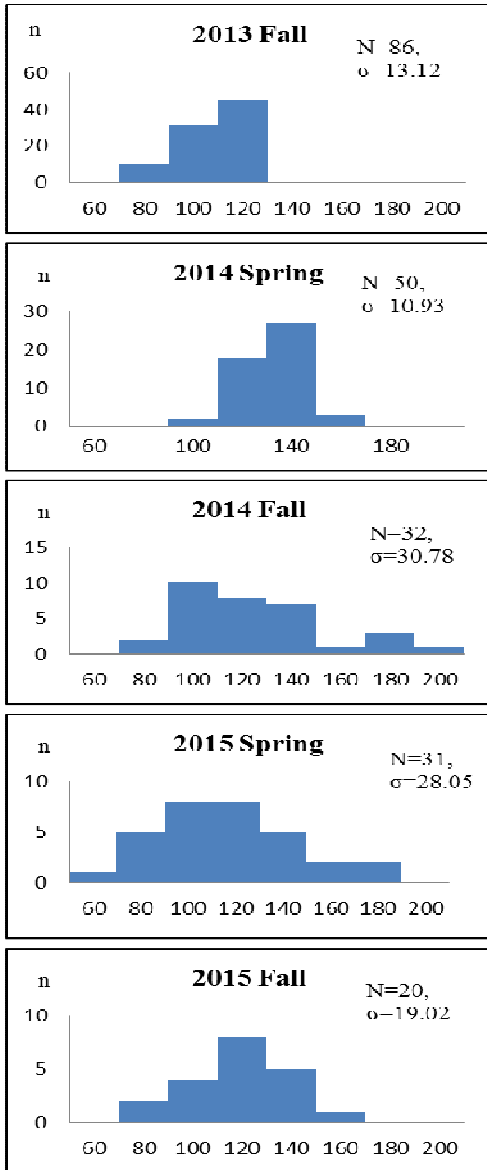
Table 2. Coefficient of Variation of different agronomic traits in the populations derived from waxy sorghum ‘Liangnuo No. 1’ during 2013-2016

Year/ Season	Generation	Plant height	Spike length	Grains weight per spike (%)	1,000 grains weight
2013 Fall	S <sub>0</sub>	11.00	9.63	40.60	7.84
2014 Spring	S <sub>1</sub>	7.70	8.76	48.82	10.20
2014 Fall	S <sub>2</sub>	23.55	10.80	39.16	20.72
2015 Spring	S <sub>3</sub>	21.09	11.38	58.13	26.55
2015 Fall	S <sub>4</sub>	14.69	13.38	31.20	20.81
2016 Spring	S <sub>5</sub>	16.35	12.42	44.83	12.07

表三、2013-2016 年不同季節‘兩糯一號’及其後裔族群之農藝性狀峰度及歪度

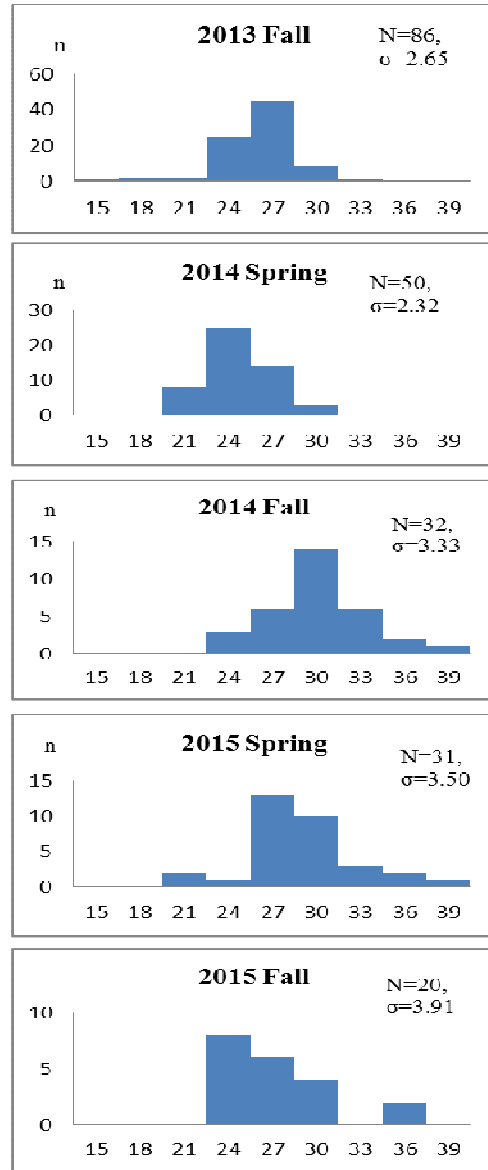
Table 3. Kurtosis and skewness tests of agronomic traits in the populations derived from waxy sorghum ‘Liangnuo No. 1’ during 2013-2016

Year/ Season	Plant height	Spike length	1,000 grains weight	Grains weight per spike
	Kurtosis/skewness	Kurtosis/skewness	Kurtosis/skewness	Kurtosis/skewness
2013 Fall	-0.74/-0.44	4.27/ -1.19	0.06/ -0.69	-0.82/ -0.26
2014 Spring	-0.43/-0.18	-0.39/ 0.13	0.38/ -0.59	0.85/ 0.77
2014 Fall	0.13/ 0.95	0.15/ 0.17	0.88/ 0.96	0.63/ 0.03
2015 Spring	-0.62/ 0.46	1.32/ 0.08	-0.41/ 0.10	-0.55/ -0.02
2015 Fall	0.00/-0.02	1.74/ 1.41	-1.22/ -0.06	1.25/ 0.57
2016 Spring	0.76/-0.94	0.66/ -1.08	0.64/ -0.87	1.71/ 0.14



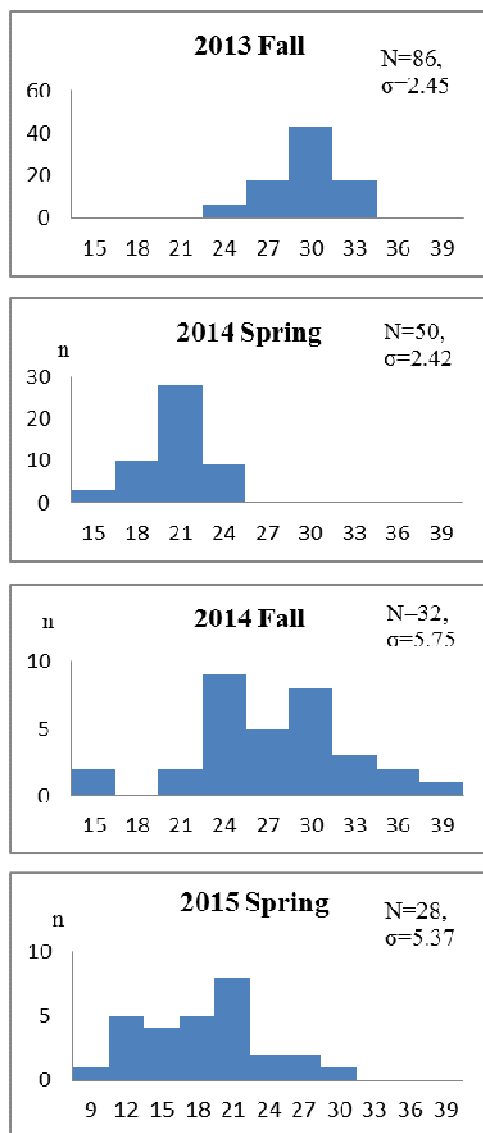
圖一、不同世代之糯性高粱分離族群株高分布。N 為族群數，σ 為標準機差。

Fig. 1. Distributions of plant height in different generations of populations derived from waxy sorghum. N is the total population size. σ is standard deviation.



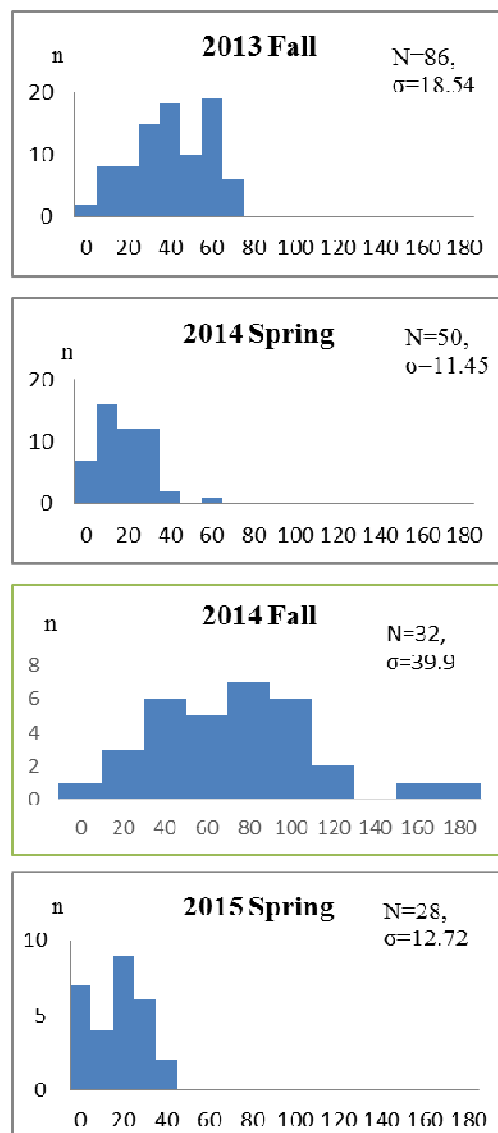
圖二、不同世代之糯性高粱分離族群穗長分布。N 為族群數，σ 為標準機差。

Fig. 2. Distributions of spike length in different generations of populations derived from waxy sorghum. N is the total population size. σ is standard deviation.



圖三、不同世代之糯性高粱分離族群千粒重分布。N 為族群數， $\sigma$  為標準機差。

Fig. 3. Distributions of 1,000 grains weight in different generations of populations derived from waxy sorghum. N is the total population size.  $\sigma$  is standard deviation.



圖四、不同世代之糯性高粱分離族群單穗粒重分布。N 為族群數， $\sigma$  為標準機差。

Fig. 4. Distributions of grains weight per spike in different generations of populations derived from waxy sorghum. N is the total population size.  $\sigma$  is standard deviation.

## 二、不同世代之糯性高粱後裔於同一期作之農藝性狀遺傳變異

本研究結果為利用上述選拔所得之 S<sub>0</sub>- S<sub>4</sub> 世代之種子，於 2017 年秋作在臺中區農業改良場試驗田進行試驗栽培。不同世代族群之株高平均值範圍為 128.57±27.22-163.93±30.43 cm，不同世代之株高平均值有極顯著性差異，LSD 值為 6.87 cm；穗長平均值範圍為 26.83±3.94-29.56±3.01 cm，不同世代之穗長平均值有極顯著性差異，LSD 值為 1.02 cm；單粒穗重平均值範圍為 56.58±23.03-69.32±19.28 g，不同世代之單穗粒重之平均值有極顯著性差異，LSD 值為 4.92 g；千粒重平均值範圍為 20.89±5.18-23.7±2.95 g，不同世代之千粒重之平均值有顯著性差異，LSD 值為 1.82 g；穗重平均值範圍為 75.36±25.78-101.27±58.47 g，不同世代之穗重之平均值有未呈顯著性差異，LSD 值為 29.68 g；單穗粒數平均值範圍為 2635.46±929.69-3020.68±960.27 粒，不同世代之單穗粒重之平均值有顯著性差異，LSD 值為 175.54 粒；莖徑平均值範圍為 0.73±0.08-0.77±0.20 cm，不同世代之莖徑平均值未呈顯著性差異，LSD 值為 0.05 cm(表四)。

表四、2017 年秋作‘兩糯一號’後裔族群的族群大小及農藝性狀平均表現

Table 4. The population sizes and means of agronomic traits in the populations derived from waxy sorghum ‘Liangnuo No. 1’ in fall of 2017

Generation	Systems or Lines (no.)	Plant height (cm)	Spike length (cm)	Grains weight per spike (g)	1,000 grains weight (g)	Spike weight (g)	Grain number per spike (no.)	Stem diameter (cm)
S <sub>1</sub>	86	136.98	29.03	68.05	22.61	92.51	3020.68	0.77
S <sub>2</sub>	50	134.77	26.83	56.58	20.93	75.36	2635.46	0.77
S <sub>3</sub>	29	135.85	28.90	65.70	22.41	84.26	2904.96	0.73
S <sub>4</sub>	28	128.57	28.81	63.18	20.89	99.69	2853.95	0.77
S <sub>5</sub>	10	163.93	29.56	69.32	23.70	101.27	2842.07	0.73
LSD		6.87	1.02	4.92	1.82	29.68	175.54	0.05

\*, \*\* are significant at 5% and 1 % level, respectively.

S<sub>1</sub>- S<sub>5</sub> 各世代族群之變異係數詳如表五，株高之變異係數範圍為 17.3-21.79%，穗長之變異係數範圍為 10.18-14.91 %，單穗粒重之變異係數範圍為 27.82-44.87 %，千粒重之變異係數範圍為 12.45-24.79 %，穗重之變異係數範圍為 26.43-125.12 %，單穗粒重之變異係數範圍為 21-37.58 %，莖徑之變異係數範圍為 11.07-25.33 %，從結果可見 S<sub>5</sub> 世代之族群，除穗重外之變異係數呈現最小數值之趨勢。其農藝性狀於不同世代之峰度及歪度結果詳如表六，各農藝性狀分布均非呈常態分布，且無正偏歪或負偏歪之規律存在。

表五、2017年秋作‘兩糯一號’後裔族群農藝性狀變異係數

Table 5. Coefficient of Variation of agronomic traits in the populations derived from waxy sorghum ‘Liangnuo No. 1’ in fall of 2017

Generation	Plant Height	Spike Length	Grains weight per spike	1,000 grains weight	Spike Weight	Grain number per spike	Stem diameter
S <sub>1</sub>	17.30	11.89	37.12	22.25	75.29	31.79	25.33
S <sub>2</sub>	18.87	14.69	40.70	23.52	34.21	35.28	19.95
S <sub>3</sub>	21.79	13.88	30.66	21.72	26.43	27.67	22.33
S <sub>4</sub>	21.17	14.91	44.87	24.79	125.12	37.58	20.52
S <sub>5</sub>	18.56	10.18	27.82	12.45	57.74	21.00	11.07

表六、2017年秋作‘兩糯一號’後裔族群農藝性狀峰度及歪度

Table 6. Kurtosis and skewness of agronomic traits in the populations derived from waxy sorghum ‘Liangnuo No. 1’ in fall of 2017

Generation	Plant height	Spike length	Grains weight	1,000 grains weight	Spike weight	Grain number	Stem diameter
	Kurtosis/skewness	Kurtosis/skewness	Kurtosis/skewness	Kurtosis/skewness	Kurtosis/skewness	Kurtosis/skewness	Kurtosis/skewness
S <sub>1</sub>	-0.18/0.50	0.38/0.16	0.21/0.36	-0.25/0.23	172.20/11.94	0.00/0.04	6.77/0.09
S <sub>2</sub>	-0.34/0.55	0.57/-0.07	0.30/0.33	-0.12/0.23	0.21/0.32	-0.05/0.04	9.43/1.71
S <sub>3</sub>	-0.53/0.44	-0.22/0.26	-0.11/0.39	0.42/0.64	-0.17/0.40	-0.28/-0.08	18.68/3.10
S <sub>4</sub>	-0.02/0.10	-0.14/-0.04	-0.09/-0.29	0.07/0.01	36.80/5.88	0.24/-0.37	0.79/0.67
S <sub>5</sub>	-0.27/-0.73	-0.36/-0.18	-0.58/0.28	-0.96/-0.01	23.13/4.54	-0.04/0.22	-0.11/0.47

### 三、不同世代之糯性高粱後裔於同一期作之農藝性狀遺傳率

本研究農藝性狀遺傳率為利用田間試驗的重複數估計環境變異，再根據田間調查之農藝性狀估算表現型變方求得遺傳型變方，最後估計廣義遺傳率  $h_B^2$ 。研究結果顯示，株高的廣義遺傳率  $h_B^2$  隨著世代增加而逐年遞增(S<sub>1</sub>: 65.43- S<sub>5</sub>: 93.78)，其餘農藝性狀如穗長、單穗粒重、千粒重、穗重、單穗粒數及莖徑均有相同的趨勢(S<sub>1</sub>- S<sub>4</sub> 的  $h_B^2$  隨著世代而增加)，但在 S<sub>5</sub> 世代卻又降低表七。



表七、2017 年秋作'兩糯一號'族群後裔之廣義遺傳率

Table 7. Broad heritability of agronomic traits in different generations in the populations derived from waxy sorghum 'Liangnuo No. 1' in fall of 2017

Generation	Plant height	Spike length	Grains weight	1,000 grains weight	Spike weight	Grain number	Stem diameter
	------(%)-----						
S <sub>1</sub>	65.43	21.68	40.77	43.27	21.87	40.67	55.40
S <sub>2</sub>	79.88	66.64	61.69	61.32	63.90	68.18	35.42
S <sub>3</sub>	95.88	77.72	75.42	79.45	76.16	73.65	36.02
S <sub>4</sub>	92.75	79.55	87.75	76.09	87.67	85.39	42.71
S <sub>5</sub>	93.78	57.37	81.68	75.11	67.53	54.39	28.00

## 討 論

作物進行育種改良時，如果能對植株農藝性狀的平均表現、遺傳變異等有所了解，對育種而言即有很大的幫助。作物外表型的表現，包含著作物本身的遺傳變異、環境變異及遺傳與環境交互變異，分別由作物基因、環境及基因與環境之交互作用所控制。因此，透過外表型進行選種時，所選拔的外表型是複雜的變異組成，故進行育種試驗時，了解作物的遺傳變異，並控制環境變異，均有利朝育種目標前進，達育成新品種之目的。

臺灣屬亞熱帶氣候，雖然面積不大，但不同地區之溫度、日照都有顯著差異，即便在同一地區，受季節影響的因子如日照、溫度、風強度等亦會影響作物表現。部分作物可有春、秋兩季的 2 個栽培期，例如、水稻、玉米、高粱、大豆、薏苡、花生等，在春、秋 2 個期作的農藝性狀及產量等表現也不盡相同<sup>(4,5,6)</sup>。因此，在臺灣進行作物育種，以農藝性狀及作物產量進行選拔時，如以每年兩個期作進行栽培選拔作業，需考慮不同季節對族群變異的影響，李<sup>(4)</sup>研究指出，臺灣大豆雜交後代在春季單向淘汰、秋季單向淘汰及分季連續淘汰的選拔方法時，是有明顯差異的。然而，無論以何種方法進行淘汰選拔，作物在選拔時，會依選拔壓力淘汰部分品系，保留符合選拔目標的品系，最後選出的新品系，其性狀表現會朝育種目標邁進。

本研究以糯性高粱 S<sub>0</sub> 雜交種'兩糯一號'為材料，從 2013 年秋作起，從 S<sub>1</sub> 開始進行選拔作業，以每年春、秋 2 季進行分季連續淘汰，調查各世代之農藝性狀。結果顯示，進行族群後裔系統選拔時，以株高 130-150 cm 為標準，各後裔世代大部分系統之株高平均值表現均落於選拔範圍(圖 1)，故符合選拔目標。但各個世代的株高之標準偏差範圍為 10.93-30.78，變異係數範圍為 7.7-23.55%，為族群遺傳性及環境效應及兩者交互效應所造成。為求高粱籽實最大產量，穗長之選拔目標為 25 cm 以上，結果顯示，穗長隨著世代前進有增長的跡象(S<sub>0</sub>: 119.33- S<sub>5</sub>: 149.17)。單穗粒重

平均值在各個世代之表現有顯著性差異，但再仔細觀察其變化，可發現秋季種植之高粱單穗粒重明顯大於春作高粱之表現，顯示此糯性高粱系統在臺灣進行秋作會有較佳的產量表現，而不同期作之單穗粒重有顯著差異，同時也顯現單穗粒重受環境因子影響較大。千粒重平均值在各個世代亦有顯著的差異，同樣的在秋作時的千粒重有較重的表現(表一)。綜合上述結果，並對照 Quinby<sup>(15,16)</sup>、江<sup>(1)</sup>及江與陳<sup>(2)</sup>等研究，農藝性狀表現會受基因與環境因子交互作用影響所造成之結論相符，因此進行高粱農藝性狀選拔時，應加以考慮季節對外表型性狀之影響。

糯性高粱所選拔各個世代之農藝性狀變異係數結果顯示，以穗長最小(8.76-13.38%)，穗重最大(31.2-58.3%)，株高、及千粒重的變異係數均在 30%以下，但在不同世代會有較大的變動(表二)，變異係數的變化與各性狀平均值變化均隨著不同期作而改變，推論除族群本身性狀遺傳變異外，作物同時受環境變異影響使得外表型性狀之變異係數會有增加的趨勢。在峰度與歪度的表現，農藝性狀因從  $S_1$  世代開始進行選拔，會有偏歪的現象，不同農藝性狀在不同世代有正偏歪跟負偏歪的結果，且峰度之表現亦無規律(表三)，故推論峰度及歪度會受到環境變異影響。

本研究從  $S_1$  世代起進行系統選拔，族群的總系統數會因選拔而降低，而族群的農藝性狀平均值及族群變異亦會因人為選拔改變。研究結果顯示，族群中多數的系統平均株高集中 100-140 cm(圖一)；穗長則因選拔效果，世代族群產生正偏歪，大部分系統之穗長大於 24 cm，但不同期作的穗長表現不一致(圖二)；千粒重因選拔條件為 20-25 g，結果顯示族群系統數主要集中於 21 g，且同樣受季節影響，秋作之千粒重會較重(圖三)；單穗粒重的表現則明顯隨季節改變而不同，族群中大部份系統的平均值於秋作之表現大於春作，但沒有顯示集中於某個級距。從 4 個農藝性狀(株高、穗長、千粒重及穗重)於  $S_0$ - $S_4$  世代之分布情形可發現，隨著世代改變，族群的變異有變大的趨勢，符合族群間變異會隨著世代增進而增加。

上述研究結果顯示，各個世代栽培於不同年度及期作，因季節不同所產生的日照數、溫度等環境因子不同，造成外表型變異增加的現象。為了控制環境因子對作物外表型性狀的影響，於 2017 年秋作將上述  $S_0$ - $S_4$  生產的種子，栽培於臺中區農業改良場試驗田，藉由同一期作、同一田區 3 重複之試驗，並獲得各世代之各外表型性狀平均值等資料，再經變方分析後，結果顯示農藝性狀中株高、穗長、單穗粒重及單穗粒數的平均值有極顯著性差異，千粒重之平均值有顯著差異，即各世代族群受人為選拔影響，這些農藝性狀會因此產生變異，且有顯著差異存在，即在控制環境變因下，因選拔因素會影響株高、穗長、單穗粒重、單穗粒數及千粒重產生改變，選拔是有效的。而穗重及莖徑之平均值則顯示無顯著差異，即穗重及莖徑較不受人為選拔影響，再比較不同期作栽培不同世代之研究結果，顯示穗重之變異主要是來是於環境變異。外表型性狀之變異係數方面，以穗長的變異係數最小(10.18-14.91)，此結果與不同年度不同季節進行栽培的族群結果一致，故穗長本身的變異性較小。在控制環境變異(栽培環境及氣候)下的單穗粒重及單穗粒數之變異係數很大，而千粒重的變異係數為 20%上下，顯示控制產量的作物本身之遺傳變異性，主要是來

自於單穗粒數，即進行人為選拔時，育種人員在材料的選拔上以單穗粒數為選拔重點，可有更高機會選出高產品種。而穗重的變異係數範圍最大(26.43-125.12)，尤其  $F_5$  之變異係數為 125.12%，並不符合常理，經檢視原始資料發現，有穗重小於 10 g 的離群值存在，因此影響族群之變異係數，此結果可能亦影響其穗重平均值表現，故日後進行選種考種時，應注意離群值之存在並予以刪除，以降低離群值對研究之影響。

作物進行選種時，各性狀之遺傳率表現是很重要的，會直接影響到選拔的結果，Eckebil 等<sup>(12)</sup>及 Jan-orn 等<sup>(13)</sup>認為遺傳率大於 0.7 即為高遺傳率的性狀。前人針對高粱遺傳率之研究顯示，株高、千粒重等性狀有較高的遺傳率，其他研究以高粱基礎族群並利用變方分析估計高粱農藝性狀之遺傳率，其研究結果顯示開花期、株高及綠葉數有較高的遺傳率，劉<sup>(7)</sup>研究顯示，無論在早或晚世代，株高及穗重皆有較高的遺傳率，而莖徑及百粒重有較低的遺傳率。

本研究估計總族群之廣義遺傳率，以 RCBD 三重複的試驗設計估算環境變方，進而估計廣義遺傳率  $h_B^2$ ，其株高之遺傳率於早期世代是較低的，但隨著世代增進，在  $S_2$  世代起其廣義遺傳率就超過 90%，顯示株高性狀在高粱之高世代族群進行選拔會較初世代選拔效果好。其他外表型性狀，如穗長、單穗粒重、千粒重、穗重、單穗粒數等，其  $h_B^2$  均隨著世代增進而增加，同樣顯示在後期高世代進行選拔的效果都比初世代進行選拔的效果要佳，至於在  $S_5$  世代其族群之遺傳率  $h_B^2$  下降，估計在  $S_5$  世代時，族群中只剩 10 個自交系系統，其變異係數也在  $S_5$  世代有下降的趨勢，是因為族群中系統數大部分遺傳基質已被人為淘汰，且自交系亦為同質結合同型之存在。

本研究在估計廣義遺傳率的結果顯示，株高具有高度遺傳率，千粒重有較低的遺傳率，與前人研究的結果相符。但本研究之穗重遺傳率與劉<sup>(7)</sup>之研究成果明顯不同，推估可能是使用不同的高粱族群為材料所造成。

## 參考文獻

1. 江明樹 1999 蜀黍族群改良族群及種質鑑定之研究 國立臺灣大學農藝學研究所博士論文 臺北，臺灣。
2. 江明樹、陳成 1998 蜀黍族群農藝性狀之變異及相關 中華農學會報 181: 26-47。
3. 李增援、李綱、李漢生 2008 兩糯一號高粱秋種高產栽培技術 種子 27: 94-95。
4. 李瑞興 1989 大豆雜種族群在不同季節及地區遺傳育種行為之研究 國立中興大學農藝學系博士論文 臺中，臺灣。
5. 吳詩都、許東暉、曾富生 1987 期作分裂淘汰及不同栽培地區對水稻雜種集團育種行為之影響 III. 在不同地區雜種集團經三代淘汰後之農藝性狀的變異 農林學報 26(2): 101-138。
6. 黃懿素、楊文煌、曾美倉、謝兆樞 1990 不同環境下「台南白」玉米品種開花吐絲所需天數，生長積溫及熱單位的比較 臺大農學院研究報告 30: 40-51。

7. 劉宏彬 2000 蜀黍 NTUAC0 基礎族群及其 SSD 法衍生種質之研究 國立臺灣大學農藝學研究所碩士論文 臺北，臺灣。
8. 謝光照 1998 臺灣台南白玉米產量潛能之研究 國立中興大學農藝學系博士論文 臺中，臺灣。
9. Audilakshim, S. and C. Aruna. 2008. Breeding methods in sorghum. *Sorghum improvement in the New Millennium*. p.28-30.
10. Coors, J. G and M. C. Mardones. 1989. Twelve cycle of mass selection for prolificacy in maize I. Direct and correlated responses. *Crop Sci.* 29: 262-266.
11. Doggett, H. A. 1982. A look back at the 70s. In : House, L. R., L. K. Mughogho, and J. M. Peacock(eds) "Sorghum in the Eighties", ICRISAT, Patancheru Po, A. P., India. p.15-24.
12. Ekeobil J. P., W. M. Ross, C. O. Gardner and J. W. Maranville. 1977. Heritability estimates, genetic correlations, and predicted gains from S1 progeny tests in three grain sorghum random-mating populations. *Crop Sci.* 17: 373-377.
13. Jan-orn, J., C. O. Gardner and W. M. Ross. 1976. Quantitative genetic studies of the NP3R random-mating grain sorghum population. *Crop Sci.* 16: 489-496.
14. Kumar, A. A., B. V. Reddy, P. S. Reddy, and B. Ramaiah. 2008. Development of mail-sterile lines in sorghum. *Sorghum improvement in the New Millennium*. p.72-78.
15. Quinby, J. R. 1972. Influence of maturity genes on plant growth in sorghum. *Crop Sci.* 12: 490-492.
16. Quinby, J. R. 1974. The genetic control of flowering and growth in sorghum. *Advances in agron.* 25: 125-162.
17. Salazar, A. M. and A. R. Hallauer. 1986. Divergent mass selection for ear length in maize. *Rev. Bras, Genet.* 9: 281-294.

# Genetic Variation of Agronomic Characters of Waxy Sorghum<sup>1</sup>

Yi-Lun Liao<sup>2</sup> and Wen-Shin Lin<sup>3</sup>

## ABSTRACT

Sorghum, one of the most important crops in the world, is important in food and processing industries economically. In China and Taiwan, sorghum is commonly used for wine-making which waxy sorghum is the main raw material. Pedigree method is the major strategy for sorghum breeding. Under the control of environmental factors, the coefficient of plant height variation in generations  $S_0$ - $S_5$  is 17.3-21.79%, spike length is 10.18-14.91%, and grain weight per spike is 27.82-44.87% , 1,000 grains weight is 12.45-24.79%, spike weight is 26.43-125.12%, grain number per spike is 21-37.58%, stem diameter is 11.07-25.33%. This indicates the genetic variability of crops yield mainly derived from grain number per spike, respectively. When artificial selection, grain number per spike was taken as selection object by breeders, sequently, this would show a higher chance of selecting high-yielding varieties. In terms of heritability, the generalized heritability of plant height  $h_B^2$  was increased through generations ( $S_1$ : 65.43- $S_5$ : 93.78) yearly, and the remaining agronomic traits such as spike length, grains weight per spike, 1,000 grains weight, spike weight, grain number per spike, and stem diameters showed the similar trend. In conclusion, this study suggests that the selection of generations would be better than the selection of the early generations in sorghum breeding programs.

**Key words:** Sorghum, waxy, coefficient of variation, heritability

---

<sup>1</sup> Contribution No.0981 from Taichung DARES, COA.

<sup>2</sup> Associate Researcher of Taichung DARES, COA.

<sup>3</sup> Associate Professor of National Ping Tung University of Science & Technology.