

# 甘藍優良品系選拔及組合力檢定<sup>1</sup>

謝明憲 王仕賢 林棟樑 王仁晃<sup>2</sup>

## 摘 要

謝明憲、王仕賢、林棟樑、王仁晃·2003·甘藍優良品系選拔及組合力檢定。台南區農業改良場研究彙報 42:32~44。

本試驗係以本場所選育出的甘藍自交不親和系為母本，另以臺灣地區選育及自國外引入的抗病及耐熱自交系為父本進行雜交組合，評估雜交品系的結球性及葉球品質等性狀表現，目的在於選育優良組合及進行組合力檢定，以利從中選取一般組合力高的自交系作為親本，加速甘藍育種工作進展。結果顯示“TNSP30-9×TSS23-3-1”F<sub>1</sub> 組合經過夏季及秋季栽培試驗後，在所有供試 F<sub>1</sub> 組合中，均有最高的葉球重。組合力分析結果顯示，供試組合母本親在葉球重、可溶性固形物含量及中心柱長度比例等性狀表現遺傳效應，均未達顯著差異水準，顯示母本親間在該等性狀表現差異性較低；父本親中“TSS23-3-1”品系的可溶性固形物含量及葉球重性狀表現在夏秋二季均有較高 GCA 正效應值，符合育種親本選育目標，但其中心柱長度比例性狀表現之 GCA 為正效應，是其主要缺失。

**關鍵詞：**甘藍、組合力、育種

接受日期：2003 年 4 月 23 日

## 前 言

甘藍為臺灣地區栽培生產最大量的大宗蔬菜，且為重要的葉用蔬菜，年平均栽培面積高達 9,000 公頃，僅次於竹筍及西瓜。由於國內少有甘藍之商業採種，因此栽培生產所需種子多須由國外進口供應。本場自民國 89 年建立甘藍人工春化技術，順利在臺灣南部平地於秋冬季進行採種工作<sup>(1)</sup>；並採行扦插育苗、人工春化、平地開花結實、夏季耐熱篩選及單株扦插之輪迴程序，建立亞熱帶地區甘藍耐熱育種模式，進行選育適合夏季平地栽培之甘藍品種試驗工作。由於甘藍主要育種國家在日本及荷蘭等，均屬溫帶地區，但溫帶地區所培育之耐熱品系往往耐熱性不足，無法適應地處亞熱帶地區，臺灣的夏季炎熱氣候，因而選育出適合夏季平地栽培之甘藍品種是當務之急。

甘藍屬異交作物，自交會發生自交弱勢(inbreeding depression)問題，如自交後裔生長勢

---

1. 行政院農業委員會台南區農業改良場研究報告第 288 號。

2. 台南區農業改良場助理研究員、助理研究員、副研究員、副研究員兼課長。台南市林森路一段 350 號。

變弱，植株變小，產量降低及抗病性能力減弱等；但基於自交系一經雜交，則有提昇產量、植株生長勢及葉球整齊度等優點，因而早在 50 年代起日本即首先利用自交不親和系育成雜種一代，具有高產及整齊度高等特性的商業品種。本試驗係以本場所選育出自交不親和系為母本<sup>(3)</sup>，另以臺灣地區自行培育或自國外引入的抗病及耐熱自交系為父本<sup>(4)</sup>，進行雜交組合，評估雜交品系的結球性及葉球品質等性狀表現，目的在於選育優良 F<sub>1</sub> 組合。

而雜交組合選拔的關鍵，涉及選育性狀基因的作用及遺傳力的差異，一般質的性狀可以由自交系傳遞 F<sub>1</sub> 後裔上，但數量性狀無法藉由觀察自交系自身表現而預測其 F<sub>1</sub> 後裔的表現優劣。因此，檢定一個自交系與其他自交系之雜交後裔的表現或組合力(combining ability)是雜交育種的重要環節，也是育種操作必須的程序。而組合力可分為一般組合力(general combining ability, GCA)及特殊組合力(specific combining ability, SCA)。某一個自交系與其他數個自交系交配後裔的平均表現，此即該自交系的一般組合力；而特殊組合力係指某一自交系與另一自交系交配之雜交後裔的表現。組合力分析的目的在於依據一般組合力(general combining ability, GCA)及特殊組合力(specific combining ability, SCA)對親本及雜交組合進行評價，不僅可根據結果選擇有潛力產育出優良 F<sub>1</sub> 雜種的自交系親本，以期選配出優勢組合<sup>(13)</sup>。

估算組合力常用的方法，主要有全互交(diallel cross)及 NCII 設計(North Carolina Design II)<sup>(14)</sup>。全互交，其具體方法是將一系列系統彼此間進行所有可能的單交組合，而 NCII 設計，其具體方法是假定 A 系統雌親之系列自交系對 B 系統雄親之系列自交系進行所有單交組合。兩者均可估測一般組合力也能估算特殊組合力，並可同時得到遺傳變方成份的估值。本試驗係以強自交不親和系作為母本，抗病及耐熱自交系為父本，採行 NCII 設計方法進行組合力檢定，以利從中選拔具有高的一般組合效應之自交系作為親本，期能加速甘藍育種工作進展，早日培育出適合南部平地夏季栽培之甘藍品種。

## 材料及方法

一、**試驗材料**：以本場所選育出的強自交不親和系“TNKY21-4”、“TNSP5-13”、“TNSP30-9”及“TNSS42-12”為母本，以臺灣地區自行培育或自國外引入的抗病及耐熱自交系“本地種”、“黑葉小平頭”、“TARI-1”、“YSE-3”、“YSL-3”、“TSS16-3-2”、“TSS23-3-1”為父本，依據 North Carolina Design II 組配法進行雜交組合，計 28 個組合，對照品種在夏季試驗以“夏峰”為主，秋季試驗以“初秋”為主。

### 二、試驗方法：

(一)夏季品系比較試驗於 90 年 6 月 5 日育苗，7 月 10 日定植，試驗設計採逢機完全區集設計，四重複，9 月 26 日起陸續採收，每一區集內各品系取樣 5 株進行調查；秋季品系比較試驗於 90 年 9 月 10 日育苗，10 月 9 日定植，試驗設計採逢機完全區集設計，三重複，12 月 12 日一次採收，每一區集內各品系取樣 5 株進行調查。調查項目計含葉球重、葉球心長及縱橫徑及葉球可溶性固形物含量等性狀。

(二)組合力檢定分析，依據 North Carolina Design II (Comstock and Robinson, 1948)組配法進行估算一般組合力(GCA)及特殊組合力(SCA)。

GCA = 某一親本與其它親本配成的  $F_1$  的平均葉球重（或其他性狀值）與該試驗全部  $F_1$  的總平均相比的差值。

SCA = 某特定組合的平均葉球重（或其他性狀值）與根據雙親的一般組合力所預測的平均葉球重（或其他性狀值）的離差。特殊組合力以下列公式求得：

$$S_{fm} = x_{fm} - \mu - g_f - g_m$$

$S_{mf}$  表示第  $f$  個母本親與第  $m$  個父本親的雜交組合的特殊組合力效應；

$x_{fm}$  表示第  $f$  個母本親與第  $m$  個父本親的雜交組合  $F_1$  的小區平均效應；

$\mu$  表示雜交組合  $F_1$  群體的總平均效應；

$g_f$  表示第  $f$  個母本親的一般組合力效應；

$g_m$  表示第  $m$  個父本親的一般組合力效應。

## 結 果

各品系 2001 年夏季園藝性狀調查如表 1 所示，在供試  $F_1$  組合成熟期的表現，以“本地種”、“TSS-16-3-2”及“TSS-23-3-1”等三品系為父本之  $F_1$  組合（除“TNSP5-13×TSS16-3-2”以外），成熟期較早且均在定植後 80 天內葉球達採收成熟度；其中以“TNKY21-4×TSS23-3-1”屬最早熟者，且顯著早於對照品種“夏峰”，其餘均與對照品種“夏峰”之成熟期相近。而以“黑葉小平頭”、“TARI-1”、“YSE-3”及“YSL-3”等四品系為父本之  $F_1$  組合均在定植後 80 天以上葉球始達採收成熟度，其中以“TNSP30-9×黑葉小平頭”及“TNSP5-13×YSL-3” $F_1$  組合屬最晚熟，需定植後 90 天以上葉球始達採收成熟度。葉球形狀調查結果，在葉球重比較，供試  $F_1$  組合中以“TNSP30-9×TSS16-3-2”平均葉球重最重且達 1100 公克以上，但未顯著重於對照品種“夏峰”。各組合間以“TARI-1”及“YSE-3”為父本之  $F_1$  組合，平均葉球重較低且均在 640 公克以下，顯著低於對照品種“夏峰”；而以“TSS23-3-1”為父本之  $F_1$  組合平均葉球重表現不僅與對照品種“夏峰”相近，且均在 820 公克以上。在葉球形指數（球縱徑／球橫徑）比較，供試  $F_1$  組合之葉球形指數在 0.69~0.94 之間，均屬扁橢圓形，其中以“TNSP30-9×黑葉小平頭” $F_1$  組合之葉球形指數最低。在葉球中心柱長度比較，供試  $F_1$  組合之中，除“TNSP30-9×TSS16-3-2” $F_1$  組合其葉球中心柱長度長達 9.2 公分之外，其餘均與對照品種“夏峰”相近，無顯著性差異存在；在中心柱長度指數（中心柱長度／球縱徑）表現，在所有供試  $F_1$  組合之中，計有“TNKY21-4×TSS16-3-2”、“TNSS42-12×TSS16-3-2”及“TNSS42-12×TSS23-3-1”等 3 個  $F_1$  組合之葉球中心柱長度指數顯著大於對照品種“夏峰”。葉球品質之可溶性含量表現，除以“YSL-3”為父本之  $F_1$  組合，以及“TNSP30-9×TARI-1”及“TNSP30-9×YSE-3”組合之外，餘均與對照品種“夏峰”相近；但在食用風味則僅有“本地種”、“TSS16-3-2”及“TSS23-3-1”為父本之組合品系少有或不具辛辣味。

表 1. 甘藍 F<sub>1</sub> 組合在夏季品系比較試驗園藝性狀表現

Table 1. Horticultural characteristics of cabbage hybrids lines grown in summer line trial.

Lines	Days to Harvest	Head wt. (g/head)	Head index <sup>x</sup>	Head width (cm)	Cole Length Ratio(%) <sup>y</sup>	Cole Length (cm)	T.S.S <sup>z</sup> (%)
TNKY21-4×本地種	73.6	907	0.85	15.2	60	7.7	5.2
TNSP5-13×本地種	77.9	775	0.82	14.6	61	7.4	5.4
TNSP30-9×本地種	77.4	878	0.87	15.6	<b>63</b>	<b>8.5</b>	5.4
TNSS42-12×本地種	79.1	793	<b>0.89</b>	14.7	<b>63</b>	8.1	5.8
TNKY21-4×黑葉小平頭	85.9	826	0.83	14.7	59	7.1	5.3
TNSP5-13×黑葉小平頭	88.3	720	0.77	14.4	61	6.8	5.6
TNSP30-9×黑葉小平頭	90.3	735	0.69	17.1	59	7.0	5.1
TS42-12×黑葉小平頭	88.2	592	0.76	14.6	58	6.4	5.5
TNKY21-4×TARI-1	83.0	580	<b>0.90</b>	13.5	56	6.7	5.3
TNSP5-13×TARI-1	88.1	523	0.85	14.6	62	7.6	5.7
TNSP30-9×TARI-1	82.1	564	0.88	15.0	57	7.4	5.0
TNSS42-12×TARI-1	83.0	496	0.87	13.3	57	6.6	5.2
TNKY21-4×YSE-3	81.1	623	0.73	14.8	56	6.0	5.9
TNSP5-13×YSE-3	85.6	637	0.80	14.6	60	6.9	5.8
TNSP30-9×YSE-3	86.8	551	0.76	14.7	59	6.6	5.0
TNSS42-12×YSE-3	81.1	637	0.79	14.6	59	6.8	5.1
TNKY21-4×YSL-3	81.7	647	0.84	17.0	55	7.8	4.9
TNSP5-13×YSL-3	91.5	553	<b>0.91</b>	14.1	55	7.0	4.7
TNSP ; 30-9×YSL-3	86.9	793	0.84	18.0	53	8.0	4.4
TNSP42-12×YSL-3	85.3	730	0.75	16.5	55	6.8	5.0
TNKY21-4×TSS16-3-2	78.1	752	<b>0.94</b>	13.4	<b>69</b>	<b>8.6</b>	5.7
TNSP5-13×TSS16-3-2	83.4	726	0.86	13.3	61	7.1	6.0
TNSP30-9×TSS16-3-2	74.1	1107	0.85	16.5	<b>65</b>	<b>9.2</b>	5.4
TNSS42-12×TSS16-3-2	77.7	737	0.85	13.7	<b>67</b>	7.8	6.0
TNKY21-4×TSS23-3-1	68.7	823	0.88	14.5	62	8.0	5.6
TNSP5-13×TSS23-3-1	75.3	908	0.81	15.4	62	7.8	5.6
TNSP30-9×TSS23-3-1	73.9	924	0.79	15.1	<b>66</b>	7.9	5.6
TNSS42-12×TSS23-3-1	75.0	846	0.88	14.4	<b>69</b>	<b>8.7</b>	5.5
初秋	76.1	1136	0.73	17.5	55	7.0	5.2
夏峰	78.2	967	0.80	15.6	59	7.5	5.6
LSD (5%)	6.7	210	0.08	1.6	7	1.2	0.5

<sup>x</sup>Head index = Head height / Head width.

<sup>y</sup>Cole length ratio (%) = Cole height / Cole length.

<sup>z</sup>TSS. = Total Soluble Solid.

表 2. 甘藍 F<sub>1</sub> 組合在秋季品系比較試驗園藝性狀表現

Table 2. Horticultural characteristics of cabbage hybrids lines grown in fall line trial.

Lines	Days to harvest	Head wt. (g/head)	Head Index <sup>x</sup>	Head width (cm)	Cole Length Ratio(%) <sup>y</sup>	Cole Length (cm)	T.S.S <sup>z</sup> (%)
TNKY21-4×本地種	57.5	2022	0.65	22.4	54	7.8	5.2
TNSP5-13×本地種	62.0	2262	0.64	24.4	58	<b>9.2</b>	5.3
TNSP30-9×本地種	61.3	2170	0.62	23.9	59	8.7	5.1
TNSS42-12×本地種	62.4	2226	0.70	22.0	56	8.5	5.1
TNKY21-4×黑葉小平頭	70.4	1881	0.66	21.8	53	7.4	5.1
TNSP5-13×黑葉小平頭	72.9	1935	0.60	23.1	56	7.7	5.3
TNSP30-9×黑葉小平頭	75.0	1951	0.57	22.9	47	6.1	5.2
TS42-12×黑葉小平頭	73.0	<b>1674</b>	0.65	21.3	49	6.8	4.9
TNKY21-4×TARI-1	<b>74.7</b>	1801	0.67	22.6	<b>64</b>	<b>9.7</b>	4.9
TNSP5-13×TARI-1	<b>76.8</b>	1850	0.65	23.1	<b>73</b>	<b>10.2</b>	5.1
TNSP30-9×TARI-1	73.5	1931	0.74	22.6	<b>61</b>	<b>10.2</b>	5.0
TNSS42-12×TARI-1	<b>74.7</b>	<b>1706</b>	0.70	21.5	<b>61</b>	<b>9.1</b>	5.0
TNKY21-4×YSE-3	71.8	1843	0.68	22.3	<b>60</b>	<b>9.1</b>	5.1
TNSP5-13×YSE-3	73.4	2161	0.69	24.2	<b>59</b>	<b>9.8</b>	5.1
TNSP30-9×YSE-3	<b>74.9</b>	2022	0.67	23.2	57	8.7	5.0
TNSS42-12×YSE-3	68.9	2261	0.70	23.3	57	<b>9.2</b>	5.0
TNKY21-4×YSL-3	72.8	1949	0.61	25.1	50	7.6	5.1
TNSP5-13×YSL-3	73.0	<b>1730</b>	0.65	23.3	<b>64</b>	<b>9.6</b>	5.4
TNSP30-9×YSL-3	<b>75.1</b>	1963	0.67	23.8	55	8.6	5.0
TNSP42-12×YSL-3	73.0	2103	0.64	24.2	56	8.6	5.3
TNKY21-4×TSS16-3-2	62.5	2372	0.73	21.7	<b>60</b>	<b>9.3</b>	<b>6.1</b>
TNSP5-13×TSS16-3-2	60.7	1872	<b>0.77</b>	19.6	57	8.4	<b>5.7</b>
TNSP30-9×TSS16-3-2	58.0	2541	0.61	24.5	<b>60</b>	<b>9.0</b>	<b>5.9</b>
TNSS42-12×TSS16-3-2	61.7	1909	0.60	22.2	66	8.8	5.4
TNKY21-4×TSS23-3-1	52.5	2247	0.64	22.7	58	8.3	<b>5.7</b>
TNSP5-13×TSS23-3-1	59.2	1892	0.65	21.8	59	8.3	5.3
TNSP30-9×TSS23-3-1	57.8	2498	0.67	23.9	56	8.9	5.0
TNSS42-12×TSS23-3-1	58.9	1962	0.61	22.8	59	8.1	5.2
初秋	59.1	2463	0.63	23.8	51	7.5	5.4
夏峰	62.3	2038	0.64	24.6	57	8.7	5.1
LSD (5%)	6.9	304	0.07	1.8	8	1.1	0.2

<sup>x</sup>Head index = Head height/Head width.

<sup>y</sup>Cole length ratio (%) = Cole height/Cole length.

<sup>z</sup>TSS. = Total Soluble Solid.

各品系 2001 年秋季園藝性狀調查如表 2 所示，在供試 F<sub>1</sub> 組合成熟期的表現，以“本地種”、“TSS-16-3-2”及“TSS-23-3-1”等三品系為父本之 F<sub>1</sub> 組合，均在定植後 63 天內葉球達採收成熟度，其中以“TNKY21-4×TSS23-3-1” F<sub>1</sub> 組合屬最早熟，在定植後 53 天內葉球達採收成熟度；而以“黑葉小平頭”、“TARI-1”、“YSE-3”及“YSL-3”等 4 品系為父本之 F<sub>1</sub> 組合，除“TNSS42-12×YSE-3” F<sub>1</sub> 組合之外，均需在定植後 70~77 天葉球始達採收成熟度，且成熟期均顯著晚於對照品種“初秋”。葉球性狀調查結果，在葉球重表現，供試 F<sub>1</sub> 組合中，除“TNSS42-12×黑葉小平頭”、“TNSS42-12×TARI-1”及“TNSP5-13×YSL-3”等 3 個 F<sub>1</sub> 組合之外，其餘 F<sub>1</sub> 組合葉球重均在 1800 公克以上，其中以“TNSP30-9×TSS16-3-2” F<sub>1</sub> 組合之葉球重最重，達 2541 公克，與對照品種“初秋”的 2463 公克相近。在葉球指數（球縱徑/球橫徑）表現，供試 F<sub>1</sub> 組合之在 0.57~0.74 之間，葉球指數最低者，與夏季試驗相同，仍為“TNSP30-9×黑葉小平頭”F<sub>1</sub> 組合。在葉球中心柱長度表現及中心柱長度指數（中心柱長度/球縱徑）的比較結果，計有“TARI-1”品系為父本之 F<sub>1</sub> 組合及“TNKY21-4×YSE-3”、“TNSP5-13×YSE-3”、“TNSP30-9×YSL-3”、“TNKY30-9×TSS16-3-2”及“TNSP30-9×TNSP30-9”等 5 個 F<sub>1</sub> 組合在中心柱長度表現及中心柱長度比例，均顯著大於對照品種“初秋”。葉球品質之可溶性固形物含量表現，供試 F<sub>1</sub> 組合以“TNKY21-4×TSS16-3-2”、“TNSP5-13×TSS16-3-2”、“TNSP30-9×TSS16-3-2”及“TNKY21-4×TSS16-3-2”等 4 個 F<sub>1</sub> 組合在可溶性固形物含量均顯著大於對照品種“初秋”；在食用風味以“本地種”、“TSS16-3-2”及“TSS23-3-1”為父本之 F<sub>1</sub> 組合不具辛辣味。

組合力檢定分析 試驗以逢機選出 4 個母本與 7 個父本，以 North Carolina Design II 進行配對組合，並假設父、母本雙親遺傳效應為逢機型，變方分析結果顯示供試雜交組合在葉球重變異表現，受其親本交互作用影響，夏季結球性受父本影響較大（表 3），顯示本試驗之父本間的耐熱性差異顯著；但秋季則主要受父、母本雙親遺傳交感效應影響；在葉球中心柱長度比例之變異表現，夏季主要受父本親遺傳效應影響，但秋季則分別受父本親遺傳效應及父、母雙親遺傳交感效應影響（表 4）；在可溶性固形物含量之變異表現，夏、秋二季均分別受父本親遺傳效應及父、母本雙親遺傳交感效應影響（表 5）。

親本的葉球重、中心柱長度比例及可溶性固形物含量性狀表現之一般組合力（GCA）效應表現之分析結果（表 6），顯示部份親本在此三個性狀中某一、二項之 GCA 值表現在不同栽培季節間差異很大。在葉球重性狀 GCA 表現在夏、秋二季存有正負效應差異者，以“TNKY21-4”及“TARI-1”等 2 品系；在中心柱長度比例性狀 GCA 表現在夏、秋二季存有正負效應者，以“TNSS42-12”、“本地種”、“TARI-1”、“YSE-3”及“TSS23-3-1”等 5 品系；在可溶性固形物含量性狀 GCA 表現在夏、秋二季存有正負效應者，以“TNSS42-12”、“本地種”及“YSE-3”等 3 品系。在適合夏季栽培品種的親本選育，僅有“TNKY21-4”親本品系符合選育目標，唯其三個性狀 GCA 表現均偏低；但此等性狀中，葉球重及可溶性固形物含量性狀表現為受高溫負效應影響較大，因此夏季栽培試驗如暫不考量中心柱長度比例性狀表現，則以“TSS16-3-2”及“TSS23-3-1”等 2 品系在平均葉球重及可溶性固形物含量性狀表現均有較高之 GCA 正效應值。在秋季栽培試驗，僅有“TSS23-3-1”品系完全符合育種需求，但中心柱長度比例及可溶性固形物含量性狀表現之 GCA 正效應值偏低；“TSS23-3-1”品系在可溶性固形物含量及葉球重性狀表現有較高 GCA 正效應值，唯其中心柱長度比例性狀表現之 GCA 為正

效應。

28 個  $F_1$  組合的特殊組合力(SCA)效應(表 7)。夏季試驗有“TNKY21-4×YSE-3”及“TNSS42-12×YSL-3”等二個  $F_1$  組合在中心柱長度比例性狀為負效應，葉球重及可溶性固形物含量二項性狀為正效應，符合雜交育種選育目標；若針對葉球重之 SCA 效應，以“TNSP30-9×TSS16-3-2”品系具最高 SCA 正值，唯其缺點在可溶性固形物含量性狀為負效應。秋季試驗計有“TNSP5-13×本地種”、“TNSP30-9×TSS16-3-2”“TNSP30-9×YSL-3”等 3 個  $F_1$  組合在中心柱長度比例性狀為負效應，葉球重及可溶性固形物含量二項性狀為正效應，符合雜交育種選育目標。

表 3.  $F_1$  組合在夏季及秋季試驗於葉球重表現之變方分析

Table 3. Analysis of variance for head-weight (g) of hybrids grown during the summer and fall.

Source of variation	Summer				Fall			
	df	Mean square	Estimated values Of components of variance	% of total phenotypic variance	Df	Mean square	Estimated values Of components of variance	% of total phenotypic variance
Block	3	238307**			2	2792141**		
Males	6	518014**	$\sigma^2_m = 27431$	69.89	6	1172769	$\sigma^2_m = 43109$	19.12
Females	3	193703	$\sigma^2_f = 4092$	10.43	3	992853	$\sigma^2_f = 16066$	7.12
Males× Females	18	79114*	$\sigma^2_{fm} = 7725$	19.68	18	655461**	$\sigma^2_{fm} = \frac{16633}{5}$	73.76
Error	81	48211			55	156454		

\*, \*\* significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

表 4.  $F_1$  組合在夏季及秋季試驗於葉球中心柱長度比例表現之變方分析

Table 4. Analysis of variance for cole length ratio (%) of hybrids grown during the summer and fall.

Source of variation	Summer				Fall			
	Df	Mean Square	Estimated values Of components of variance	% of total phenotypic variance	Df	Mean square	Estimated values Of components of variance	% of total phenotypic variance
Block	3	2.83**			2	6.00**		
Males	6	4.86**	$\sigma^2_m = 0.253$	90.68	6	10.60**	$\sigma^2_m = 0.678$	48.12
Females	3	0.60	$\sigma^2_f = 0.001$	0.36	3	6.96	$\sigma^2_f = 0.214$	15.19
Males× Females	18	0.56	$\sigma^2_{fm} = 0.025$	8.96	18	2.46**	$\sigma^2_{fm} = 0.517$	36.69
Error	81	0.46			55	0.91		

\*, \*\* significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

表 5. F<sub>1</sub> 組合在夏季及秋季試驗於葉球可溶性固形物含量表現之變方分析

Table 5. Analysis of variance for total soluble solid (%) of hybrids grown during the summer and fall.

Source of variation	Summer				Fall			
	df	Mean square	Estimated values Of components of variance	% of total phenotypic variance	Df	Mean square	Estimated values Of components of variance	% of total phenotypic variance
Block	3	0.36			2	0.52**		
Males	6	2.15**	$\sigma^2_m = 0.101$	49.51	6	2.34**	$\sigma^2_m = 0.166$	63.85
Females	3	1.59	$\sigma^2_f = 0.035$	17.16	3	0.61	$\sigma^2_f = 0.004$	1.54
Males× Females	18	0.53**	$\sigma^2_{fm} = 0.068$	33.33	18	0.35**	$\sigma^2_{fm} = 0.090$	34.61
Error	81	0.26			55	0.08		

\*, \*\* significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

表 6. 四個母本親及七個父本親之三項葉球性狀的一般組合力估值

Table 6. Estimates of general combining ability effect three head-traits of four female and seven male parental lines evaluated.

Parents	Summer			Fall		
	Head weight. (g)	Cole Length Ratio(%)	T.S.S (%)	Head weight. (g)	Cole Length Ratio(%)	T.S.S (%)
Female						
TNKY21-4	8.85	-0.90	0.04	-9.84	-0.99	0.09
TNSP5-13	-36.35	0.23	0.16	-68.80	2.99	0.07
TNSP30-9	65.32	-0.04	-0.24	127.52	-1.49	-0.06
TNSS42-12	-37.82	0.72	0.04	-48.88	-0.50	-0.09
Male						
本地種	110.28	1.33	0.07	143.94	-1.26	-0.06
黑葉小平頭	-9.70	-1.13	-0.03	-165.91	-6.71	-0.11
TARI-1	-187.32	-2.84	-0.09	-204.11	6.81	-0.23
YSE-3	-115.85	-2.02	0.09	45.16	0.20	-0.19
YSL-3	-47.27	-5.71	-0.64	-90.06	-1.81	-0.03
TSS16-3-2	102.50	5.49	0.38	147.41	2.86	0.54
TSS23-3-1	147.35	4.88	0.21	123.56	-0.09	0.07

表 7. 四個母本親及七個父本親之三項葉球性狀的特殊組合力估值  
 Table 7. Estimates of specific combining ability effect three head-traits of four female and seven male parental lines 4evaluated.

Parents	Summer			Fal		
	Head weight. (g)	Cole Length Ratio	T.S.S (%)	Head weight. (g)	Cole Length Ratio	T.S.S (%X)
TNKY21-4×本地種	59.75	-1.05	-0.32	<b>-137.91</b>	-2.17	-0.04
TNSP5-13×本地種	-27.15	-0.80	-0.21	<b>160.85</b>	<b>-1.33</b>	<b>0.03</b>
TNSP30-9×本地種	-25.52	1.29	0.21	-127.97	3.96	0.03
TNSS42-12×本地種	-7.08	0.55	0.32	105.03	-0.46	-0.02
TNKY21-4×黑葉小平頭	98.93	0.50	-0.11	30.24	3.21	-0.16
TNSP5-13×黑葉小平頭	38.43	1.83	0.07	143.70	1.32	0.12
TNSP30-9×黑葉小平頭	-48.55	-0.23	-0.02	<b>-36.82</b>	-2.94	<b>0.13</b>
TNSS42-12×黑葉小平頭	-88.80	-2.11	0.06	-137.12	-1.60	-0.09
TNKY21-4×TARI-1	30.45	-1.15	-0.01	-11.46	0.08	-0.17
TNSP5-13×TARI-1	18.35	3.88	0.21	96.80	5.30	0.00
TNSP30-9×TARI-1	-41.72	-0.94	-0.06	-18.52	-1.82	0.06
TNSS42-12×TARI-1	-7.08	-1.79	-0.14	<b>-66.82</b>	-3.56	<b>0.11</b>
TNKY21-4×YSE-3	<b>2.17</b>	<b>-1.61</b>	<b>0.43</b>	-219.04	2.99	0.00
TNSP5-13×YSE-3	61.27	0.98	0.18	158.02	-1.96	-0.04
TNSP30-9×YSE-3	-125.90	0.46	-0.21	-177.19	-0.17	-0.01
TNSS42-12×YSE-3	62.45	0.17	-0.40	<b>238.21</b>	<b>-0.86</b>	<b>0.05</b>
TNKY21-4×YSL-3	-42.70	1.41	0.11	22.89	-4.92	-0.17
TNSP5-13×YSL-3	-91.70	0.02	-0.18	-137.85	4.94	0.12
TNSP30-9×YSL-3	47.13	-1.33	-0.11	-100.27	0.01	-0.16
TNSP42-12×YSL-3	<b>87.27</b>	<b>-0.10</b>	<b>0.18</b>	<b>215.23</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.21</b>
TNKY21-4×TSS16-3-2	-87.68	3.64	-0.12	208.61	0.16	0.26
TNSP5-13×TSS16-3-2	-67.98	-3.84	0.07	-232.93	-6.51	-0.14
TNSP30-9×TSS16-3-2	<b>210.95</b>	-0.48	-0.10	240.06	1.07	0.15
TNSS42-12×TSS16-3-2	-55.30	0.69	0.16	-215.74	5.28	-0.27
TNKY21-4×TSS23-3-1	-60.93	-1.75	0.01	106.66	0.65	0.26
TNSP5-13×TSS23-3-1	68.77	-2.06	-0.12	-188.58	-1.76	-0.07
TNSP30-9×TSS23-3-1	-16.40	1.22	0.29	220.71	-0.11	-0.22
TNSS42-12×TSS23-3-1	8.55	2.59	-0.18	<b>-138.79</b>	1.23	<b>0.03</b>

## 討 論

品系比較試驗 夏季品系比較試驗最重要目的係進行耐熱性篩選，而甘藍耐熱性定義通常係指在結球期逢炎熱氣候環境下仍能順利結球，無不結球、結球鬆散或葉球重銳降等結球不良問題。而夏季與秋季氣候最大的差異在於夏季常面臨高溫問題，高溫有增進甘藍葉片蒸散速率，但不利於甘藍葉球乾物重的累積，且會延遲葉球的生長及發育<sup>(12)</sup>。因此在甘藍耐熱性選育試驗，葉球重是結球性的重要指標。在供試 F<sub>1</sub> 組合中，“TNSP30-9×TSS16-3-2”F<sub>1</sub> 組

合不論在夏季或秋季栽培，在所有供試 F<sub>1</sub> 組合中，均有最高的葉球重表現；此外，在夏季試驗供試 F<sub>1</sub> 組合葉球重達 790 公克以上的品系，在秋季試驗結果，葉球重表現均能達 1880 公克以上，顯示在夏季試驗葉球重表現較高者，由於秋季栽培氣候環境更為合適，該性狀亦能維持在較佳表現。

耐熱品系的葉球品質為其重要性狀，因為高溫對醣類物質的生合成有負面影響，且夏季高溫也是誘發辛辣風味的主因<sup>(11)</sup>。因此，葉球的可溶性固形物含量高低及食用風味表現，也是評估耐熱性的指標<sup>(15)</sup>。本試驗在葉球的可溶性固形物含量的表現，在夏、秋二季試驗結果顯示，該性狀並未因秋季氣候環境更為合適，而有明顯且一致性的提昇趨勢，推測可能影響甘藍葉球可溶性含固形物含量性狀表現的因子較為複雜，不僅受溫度之影響，也受肥料施用種類及使用量所左右<sup>(12)</sup>。而在食用風味之評估，供試 F<sub>1</sub> 組合中，以“本地種”、“TSS16-3-2”及“TSS23-3-1”為父本之組合品系，在夏、秋二季試驗評估結果均顯示少有或不具辛辣味，其它 F<sub>1</sub> 組合品系則僅在秋季栽培少有或不具辛辣味。推測其原因可能係因該三個父本親品系在臺灣地區歷經多年選育，也對品質性狀表現進行選優汰劣篩選，例如“本地種”係桃園改良場自六〇年代起由臺灣地區葉深甘藍系統經多代母系集團選種(Pedigree-mass selection)而得<sup>(5,6)</sup>，而“TSS”系列品系則為種苗改良繁殖場提供，在臺灣地區也已歷經多代選種。因此，在本試驗中 F<sub>1</sub> 組合品系的食用風味表現，父本親應是具有重要的影響力。

組合力檢定 葉球重、中心柱所佔比例及葉球可溶性固形物含量均是攸關產量及品質的數量性狀；此等性狀的遺傳行為，葉球重表現不僅受超顯性作用因子控制，且有數個顯性因子調控，遺傳力估值為 0.89<sup>(15,16)</sup>；中心柱長度的遺傳行為，短中心柱表現主要係受 2 個不完全顯性因子控制，遺傳力估值為 0.70<sup>(8,15)</sup>；可溶性固形物含量性狀表現目前尚無研究報導其遺傳行為，但在同為芸薹屬作物的非結球性白菜則有研究指出可溶性固形物含量性狀係受加性因子遺傳控制，遺傳力估值為 0.89<sup>(9,10)</sup>。基於甘藍屬異花授粉作物，多數品種都是藉雜交而得 F<sub>1</sub> 組合，葉球重、中心柱所佔比例及葉球可溶性固形物含量均屬數量性狀表現，目前也尚未完全明瞭其遺傳行為，雖在育種可供參考，F<sub>1</sub> 組合常會因所用的親本材料不同，有時也會得到不同的結果，因此在親本選育及雜交組配工作，此等性狀的組合力係為重要參考指標。

本試驗由 4 個母本與 7 個父本進行配對組合的 F<sub>1</sub> 雜種在葉球重、中心柱所佔比例及葉球可溶性固形物含量等性狀表現，由於均受父本親之遺傳效應之影響，顯示供試 F<sub>1</sub> 雜種的 7 個父本親間於在前三個葉球性狀的 GCA 效應存有顯著性差異；但 4 個母本親間在此等性狀的 GCA 效應則無顯著性差異，推測可能係母本親間的遺傳背景差異性較低。此外，不同父、母本配對組合，雙親遺傳交感效應，即特殊組合力(SCA)，各雜交組合間在此此三個葉球性狀的 SCA 效應在秋季均存有顯著性差異，在夏季則僅有葉球重及葉球可溶性固形物含量等性狀的 SCA 效應存有顯著性差異。推測係因性狀表現雖主受遺傳因子調控，但同時也受到環境因子影響。

基於育種目標在選育葉球中心柱短、單葉球重約 1.8 公斤及高可溶性固形物含量的一代雜交種。在夏季試驗供試組合的親本雖有“TNKY21-4”品系在比例性狀為負效應，在葉球重及可溶性固形物含量等二項性狀為正效應，但三項性狀的 GCA 效應均偏低；基於務實觀點，可優先選育葉球重及可溶性固形物含量性狀表現具有較高 GCA 正效應值之親本，而“本地

種”、“TSS16-3-2”及“TSS23-3-1”三品系在葉球重及可溶性固形物含量等二項性狀為正效應，應可列入優良的雜交親本，但均屬雜交組合的父本親，缺乏可入選優良的母本親為其缺失。於秋季試驗結果顯示仍以“本地種”、“TSS16-3-2”及“TSS23-3-1”三品系在葉球重性狀表現具有較高 GCA 正效應值；在可溶性固形物含量性狀表現則以“TSS16-3-2”品系有最高 GCA 正效應值，且由表 1 及表 2 結果證實以“TSS16-3-2”品系作為雜交親本所得之 F<sub>1</sub> 組合，於夏秋二季在葉球重及可溶性固形物含量等二項性狀均有較佳表現。

在特殊組合力的檢定結果，顯示“TNSP30-9”與“YSL-3”的雜交組合 F<sub>1</sub> 雜種，在中心柱長度比例性狀為負效應，葉球重及可溶性固形物含量二項性狀為正效應，符合雜交育種選育目標，但因該 F<sub>1</sub> 組合之在食用風味略淡，且略帶苦味及辛辣味，為其主要缺失。

綜合本試驗結果，夏季栽培結球性狀表現優良之 F<sub>1</sub> 組合，在秋季栽培結球性狀也能有優異的表現；以成熟期早晚性狀表現，父本的影響力顯著，其中以“本地種”、“TSS16-3-2”及“TSS23-3-1”為父本的 F<sub>1</sub> 組合有早熟的趨勢；此外，F<sub>1</sub> 組合包含前述三個父本之一者，在食用風味評估少有或不具辛辣味。而組合力檢定分析也獲知，“TSS16-3-2”及“TSS23-3-1”品系無論夏、秋季試驗在葉球重及可溶性固形物含量等二項性狀的 GCA 均為正效應，其中“TSS16-3-2”品系在夏、秋季試驗在可溶性固形物含量性狀的 GCA 均為最高正效應。也顯示出對供試 F<sub>1</sub> 組合在夏、秋季節因氣候環境差異，在中心柱長度比例、葉球重及可溶性固形物含量等三項性狀的組合力是會有所變動，並非一致性不變。

## 誌 謝

本試驗供試甘藍品種材料，感謝行政院農業委員會農業試驗所提供“TARI-1”自交系；行政院農業委員會桃園區農業改良場提供“本地種”自交系；行政院農業委員會種苗改良繁殖場提供“TSS”自交系及美國國家種源庫提供“Early Yeh-Sen Summer(YSE)”，使試驗能順利進行。

## 引用文獻

1. 王仕賢、張春蕉、林棟樑、顏永福、吳明哲。2000。甘藍平地採種之研究。行政院農業委員會臺南區農業改良場研究彙報。37:56-64。
2. 西南農業大學主編。1986。蔬菜育種學。農業出版社。pp.63-94。
3. 謝明憲、林棟樑、鄭安秀、王仕賢。2001a。適合夏季平地栽培甘藍品種選育。行政院農業委員會九十年試驗研究計畫研究報告。pp.1-14。
4. 謝明憲、林棟樑、鄭安秀、王仕賢。2001b。甘藍抗黑腐病篩選之研究。行政院農業委員會臺南區農業改良場研究彙報。38:45-53。
5. 張燦如、廖芳心。1982。本地種甘藍選種試驗—母系集團選種的效果。蔬菜作物試驗研究彙報 第一輯。p.1-6。

6. 張燦如、廖芳心、王秀珠。1988。本地種甘藍選種試驗。蔬菜作物試驗研究彙報 第五輯。p.27-29。
7. Comstock, R. E., and Robinson, H. F. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*. 4:254-266.
8. Dickson, M.H. and A. F. Carruth. 1967. The inheritance of core length in cabbage. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 95:13-14.
9. GuoPing, Z. and C. ShouChun. 1997. Analysis of genetic effects of some nutrient quality characters in non-heading Chinese cabbage. *Acta Horticulturae Sinica*. 1997. 24(1):43-47.
10. GuoPing, Z. and C. ShouChun. 1998. Studies on heterosis and combining ability of yield and quality characters in non-heading Chinese **cabbage**. *Advances in Horticulture*. 2:549-553.
11. Hara, T. and Y. Sonoda. 1982. Cabbage-head development as affected by nitrogen and temperature. *Soil Sci. Plant Nutr.* 28(1):109-117.
12. Iwama, S., N. Hamashima, and M. Serizawa. 1952. Ecological studies on vegetables at regions of different altitude. I. Ecological behaviors of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. J. *Jan. Soc. Hort. Sci.* 21:241-250.
13. Kuckuck, H., G. Kobabe and G. Wenzel. 1991. Fundamentals of plant breeding. With the scientific cooperation of D. Boringer *et. al.* Berlin ; New York : Springer-Verlag. p.61-64.
14. Mather, K. and J. L. Jinks. 1971. Biometrical genetics: The study of continuous variation (2<sup>nd</sup> ed.), Chapman and Hall, London.
15. More, T. A. and D. H. Wallace. 1988. Gene action of horticultural characters in self-incompatible lines of cabbage. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding*. 47(1):15-19.
16. Surlan-Momirovic, G., V. Bjelic, V. Rakonjac, T. Zivanovic, G. Todorovic, G. 1997. Genetic, phenotypic variability and correlation analysis in some cabbage cultivars. *Acta Horticulturae*. 462:111-117.
17. Takahashi, K. 1970. Seasonal changes in sugar contents of cabbages. *J. Jan. Soc. Hort. Sci.* 39:318-324.

# Selection of Elite Cabbage Lines and Their Combining Ability Tests<sup>1</sup>

M. H. Hsing, S. S. Wang, D. L. Lin, and R. H. Wang<sup>2</sup>

## Summary

To select the best hybrids and to determine the general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) of cabbage are the purpose of this experiment. Twenty-eight hybrids from 4 females and 7 males was used and each male was crossed to all females. The females were selected from the Tainan DAIS self-incompatibility (SI) inbred lines and the males were selected from National Plant Germplasm Lab of the Agricultural Research institute or abroad black rot-resistant and heat resistant inbred lines. The hybrids were evaluated for maturing uniformity, head-weight, and core length etc. Results showed that the cross "TNSP30-9×TSS23-3-1" has best head-weight in all hybrids in the summer and fall trials, and the male parent lines "TSS23-3-1" has the highest GCA for head-weight and total soluble solid, and has the highest GCA for core length ratio (%) but it is not ordered by consumers.

Key word :cabbage, combining ability, breeding

Accepted for publication:23 Apr:1, 2003

- 
1. Contribution No.288 from Tainan District Agricultural Improvement Station.
  2. Assistant Horticulturist, Assistant Horticulturist, Associate Horticulturist, and Associate Horticulturist and Head of Crop Improvement Division, respectively.