中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）36(2)：151～164（1987）

雜種水稻的產量與組合力[1]

曾東海　黃眞生[2]

摘要：以12個雜種 F_1 及其親本，即3個細胞質雄不稔品種的維持系和4個 Rf 親，加上對照品種臺中秈3號、臺中秈10號共21品種（系）爲材料，以逢機完全區集法設計，進行產量比較試驗，其結果摘要如下：

雜種 F_1 第二期作的產量、一穗穎花數、千粒重、抽穗期及株高等顯現正的雜種優勢；而一株穗數及稔實率，則有負的優勢表現。有4個雜種 F_1 在第二期作產量達 9t/ha 比最高產臺中秈10號增產16～21%。第一期作因有低溫的影響，以致雜種 F_1 產量均比對照品種低，顯示雜種 F_1 因早熟比普通品種（系）較易受環境影響。對環境的敏感性，因組合不同而異。雜種 F_1 第一期作稔實率對產量的路徑係數，達到極顯著水準。延遲第一期作的插秧期，可能有助於改善此敏感性之缺點。親本的一般組合力比特殊組合力高。臺農秈育172號，在兩期作都有較佳的一般組合力，可供爲雜種品種的恢復系。珍汕97A、V20A、二九南A等三個細胞質雄不稔系，兩期作的組合力不同，產量穩定性較差。

水稻雜種 F_1 具有雜種優勢首由 Jones 報告，後經由許多研究者的探討指出：水稻雜種 F_1 比一般品種增產16～63%，秧苗生長較旺盛，可節省一半左右的種子量，强壯的根系，吸收較少的氮肥與磷肥，而吸收較多的鉀肥，較耐倒伏，抗乾旱，光合作用、呼吸率及根的活力較强，易於結合抗病、抗蟲基因等特性[8,9,10,11,12,14,17,18,22]

水稻是自交作物，雌雄同花，爲去雄花費時間及勞力多，因此欲利用雜種 F_1 於商業栽培，必須利用雄不稔或自交不稔，才能達到經濟栽培之目的[7]。自1966年細胞質和遺傳基因相互作用所控制的雄不稔性被發現（Shinjyo 和 Omura）後，經多數研究者[8,9,10,11,12,13,14,16,17,21,24,26,27]不斷地探討細胞質不稔性及稔性恢復系統，供水稻雜種品種育種之用。水稻雜種 F_1 的經濟栽培於1966年在中國大陸開始，1977年栽培面積達200萬公頃，產量較普通品種增產20～30%，到1980年中國大陸栽培雜種 F_1 面積達600萬公頃，約占全大陸水稻面積之17%，每年增產400萬噸[17,26]。唯至今，在世界其他地區尚無此類雜種水稻經濟栽培的報導。

水稻雜種 F_1 之利用的基本條件是必須有（1）細胞質雄不稔系（A 系），（2）維持系（B系），（3）稔性恢復系及（4）高的外雜交率，而欲得到經濟效益，則必須研育優良的細胞質雄不稔系（含 B 系）及恢復系，探討那些細胞質雄不稔系與恢復系的組合力較强（即雜種優勢較大），研究雜種 F_1 種子的經濟生產方法及技術。本所經過多年進行有關水稻雜種 F_1 品種之研究，於民國72年提出臺農育雜種1號及2號（ZS97A/Suweon 293, ZS97A/IR4563-52-1-3-6），參加全省性秈稻區域試驗。結果兩雜種品系在不同期作與地區的表現有很大之差異。最佳的產量表現，比臺中秈3號增加100%的產量，差的減產60%；甚至在新竹、花蓮兩地，第一期作不抽穗，顯示其穩定性欠佳

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1333 號。本研究承行政院農業委員會補助（74 農建—4.1—產植—46），又得劉博士清協助統計分析，謹此申謝。

2.臺灣省農業試驗所助理研究員、研究員，臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

(4)。因而有關雜種 F_1 品種之育成，仍有待加强探討。於是本研究室積極地從事雄不稔細胞質的轉移，期育成較適應於本省的細胞質雄不稔系，並就本所育成的優良秈稻品種（系）進行恢復基因的檢交，尋找優良的恢復系，以本省育成的恢復系與細胞質雄不稔系，進行組合力測驗，期能選出雜種優勢高的組合，使本省能利用雜種品種從事商業栽培，達到提高產量，降低生產成本的目的。

材料與方法

以珍汕 97A（ZS97A），V20A 及二九南 A（ECNA）等3個細胞質雄不稔系爲母本，臺農秈育91號（TNSY 91）、臺灣秈育115號（TNSY 115）、臺農秈育162號（TNSY 162）、臺農秈育172號（TNSY 172）4個稔性恢復品系爲父本，雜交所得之12個雜種 F_1 及其親本（雄不稔品系即用維持系），加上臺中秈3號及臺中秈10號對照種，共21品種（系）參加產量比試驗。雜種 F_1 種子之獲得，係沿用慣用人工雜交方法，母本先經溫湯去雄，剪除未開穎花，剪去穎之⅓左右，後給予集團授粉、套袋，待種子成熟後收穫，最後乾燥後供試驗用。

田間設計採用逢機完全區集，二重複，小區爲4行區，行長 2.4m 小區面積 2.688m²，行株距爲 28×16cm，每小區種60株。以傳統高畦秧田育苗，二期作於73年7月27日，一期作於74年2月12日移植。田間之栽培管理，均按一般栽培法。調查項目爲抽穗期，株高、穗數、一穗穎花數、稔實率、千粒重及稻穀產量。

試驗結果

一、單位面積產量及農藝性狀：

73年第二期作的產量與產量構成因素及各種農藝特性之調查結果如表1，各性狀經變方分析得悉，除供試品種（系）間的每株穗數之差異未達顯著水準外，稔實率達顯著，產量、一穗穎花數、千粒重，抽穗期、株高等在參試各品種間之差異都達極顯著之水準（表2）。V20A/TNSY162、V20A/TNSY172、ECNA/TNSY115、ECNA/TNSY172等4個雜種品系之稻穀產量較高，達 9t/ha，顯著或極顯著的優於對照品種臺中秈3號、臺中秈10號，亦優於其親本。雜種 F_1 以 ECNA/TNSY91 之產量最低每公頃 7,289kg，略低產於臺中秈10號，而比臺中秈3號略高產，唯差異都不顯著。由本期作稻穀產量顯示，雜種 F_1 水稻，在不同組合間有顯著的差異。幾個雜種 F_1 具有高產潛力，而其高產之貢獻因素，主要爲一穗穎花數。一株穗數以 ECNB 最多達15.7穗，顯著高於最少的 ZS97A/TNSY91（9.9穗／株），而其餘的每株穗數介於 10.4—13.6之間，但互相差異不顯著。一穗穎花數以ZS97A/TNSY162 最多達189.6粒，而以 ECNB 最少，只有66.2粒。多數雜種 F_1 的一穗穎花數顯著高於母本，而與父本相似或較高。千粒重以 V20B 最重達 32.05g，顯著的重於其他各品種（系）；千粒重最輕的是臺農秈育162號，只有 23.58g。稔實率以臺農秈育115號最高，達93.05%，其次爲臺農秈育91號（89.79%），最差的是 ECNA/TNSY115 及 ECNA/TNSY162 只有 65.04%及64.83%。雜種 F_1 的稔實率，皆比其親本低，而不同組合間其降低的幅度有顯著的差異。抽穗期最早的是 ECNB，其次爲 V20B 及 ZS97B，臺中秈3號最遲抽穗。雜種 F_1 的抽穗期介於61～70天間，其抽穗期與其親本中較遲抽穗的父本相似。以臺農秈育91及115號爲親本之雜種 F_1 都比其 Rf 親本早抽穗，而以臺農秈育162及172號爲親本之雜種 F_1 都比其 Rf親本遲抽穗。株高方面亦以 ECNB 最矮，只有 74.7cm，其次爲 V20B、ZS97B 分別爲81.8 及 91cm。株高最高的是臺農秈育172號，有 118.5cm，其次爲 ZS97A/TNSY172、ZS97A/TNSY162、臺中秈10號，各爲113.8、112.4及111.4cm。雜種 F_1之株高，與抽穗期同樣，與植株較高的父本相似。

74年第一期作之產量及各農藝性狀之結果如表3，由變方分析顯示（表2），參試各品種間，除每株穗數差異不顯著外，其餘各項性狀之差異都達極顯著水準。稻穀產量以臺農秈育91號最高，其次爲臺農秈育115號，分別爲8,376及 8,323kg/ha。產量最低的是 ECNB，每公頃只有4,177kg。雜種

表1. 雜種 F_1 水稻第二期作之產量及農藝性狀與親本及對照品種之比較（1984Ⅱ農試所）

Table 1. Yield and some agronomic characters of F_1 hybrids in comparison with their parents and check varieties (TARI 1984 Second crops)

品種[1] Hybrids[1] or Varieties	產量 Grain yield (kg/ha)	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight (mg)	稔實率 Seed-set (%)	抽穗期 Days to Heading (days)	株高 Plant height (cm)
F_1 hybrids							
ZS7A/TNSY91	7,812	9.9	140	29.2	84	62.0	100
ZS97A/TNSY115	7,987	10.4	129	29.4	79	62.5	105
ZS97A/TNSY162	8,797	12.3	190	26.9	70	73.0	112
ZS97A/TNSY172	8,479	10.8	157	29.5	78	65.0	114
V20A/TNSY91	8,518	11.0	139	30.1	87	62.0	99
V20A/TNSY115	8,549	12.2	137	29.0	81	61.0	98
V20A/TNSY162	9,561	12.0	157	26.7	82	70.0	109
V20A/TNSY172	9,249	10.5	188	28.7	79	65.0	110
ECNA/TNSY91	7,289	10.4	154	29.6	77	62.0	104
ECNA/TNSY115	9,210	13.0	163	28.2	65	62.5	102
ECNA/TNSY162	8,664	11.5	183	27.0	65	69.0	109
ECNA/TNSY172	9,137	12.4	164	30.1	73	65.0	108
Mean	8,521	11.4	158	28.7	77	64.9	106
Parents							
ZS97B	7,109	12.5	107	28.5	88	56.0	91
V20B	6,432	10.6	109	32.1	84	53.0	82
ECNB	3,594	15.7	66	28.8	72	43.0	75
TNSY91	7,075	11.6	145	25.4	90	65.0	102
TNSY115	7,614	11.7	144	25.1	93	64.0	105
TNSY162	7,454	12.8	137	23.6	84	65.5	105
TNSY172	7,334	12.6	158	26.1	86	63.5	119
Mean	6,659	12.5	124	27.1	85	58.5	95
Commercial varieties							
TCS3	7,018	13.6	115	28	69	77.0	92
TCS10	7,904	10.9	147	26	78	71.0	111
Mean	7,461	12.3	131	27	73	74.0	102
LSD. 0.05	959	3.9	28	1	16	0.6	6
0.01	1,308	5.4	39	2	21	0.9	9

1. TNSY 爲臺農秈育，ZS97 爲珍汕 Zhen-Shan 97, ECN 二九南爲 Er-Chiu-Nan, TCS 爲臺中秈。
TNSY : Tainung Sen Yuh, ZS97 : Zhen-Shan 97, ECN : Er-Chiu-Nan, TCS : Taichung Sen.

F_1 的產量都比對照品種臺中秈3號，臺中秈10號低，且只有 ZS97A/TNSY172的產量其比高產親本略高外，其他各雜種 F_1都比其高產親本低。ZS97A/TNSY91, ZS97A/TNSY115, V20A/TNSY91及V20A/TNSY115 等4個雜種 F_1 之產量，甚至比其低產親本 ZS97B 或 V20B 還低。雜種 F_1 在本期作之表現，與 73 年二期作完全不同。主要是受一穗穎花數及稔實率降低之影響。一株穗數以 ECNB 及 V20B 最多，均爲 18.2 穗／株，其次爲 V20A/TNSY91 (17.9穗／株)，最少的是 ZS97A/TNSY91 及臺中秈10號，每株只有11.6穗，其餘每株均有 12.2～17.1穗。一穗穎花數以臺中秈10號、ZS97A/TNSY91、ZS97A/TNSY115 最多，分別爲 159.8、152.2及150.8粒；最少的 ECNB 及 V20B，分別爲 60.7及74.4粒。雜種 F_1 的穎花數因組合之不同而有顯著的差異，分別與其親本比較，有的較多，有的較少。一般而言，本期作的一穗穎花數比第二期作少。千粒重以 V20A/TNSY172、ECNA/TNSY172 及 ZS97A/TNSY172 較重，分別爲31.3、31.1及 30.4g。最輕的是臺農秈育162、91及115號，分別爲22.3、24.7及 24.8g。雜種 F_1 中，在相同母本中，其千粒重以臺農秈育162及172號爲父本者比以臺農秈育91及115號爲父本者重。稔實率以 ZS97A/TNSY172爲最高達89.95%，V20A/TNSY91爲最低只有37.84%，差異極爲顯著。雜種 F_1 之稔實率在本期作除 ZS97A/TNSY162、ZS97A/TNSY172 較爲正常外，其他各組合之 F_1 皆顯著偏低，組合間差異顯著。而在同母本中，其稔實率以臺農秈育162及172號爲父本者比以臺農秈育91及115號爲父本者高，表現與千粒重相似。抽穗期以臺農秈育115號最遲，移植後約94天才抽穗，最早的爲 ECNB，70天就抽穗。雜種 F_1 的抽穗期介於78～86天，其抽穗期受父本之影響較大。以臺農秈育91及115號爲父本者，較以臺農秈育162及172號爲父本者較遲抽穗。株高以臺中秈10號、臺中秈3號較高，分別爲106.8及 101.9cm；而以 V20B 最矮，只有 62.2cm；雜種 F_1 間之株高差異顯著介於 76.5～92.8cm，接近植株較高的父本多但都略矮。綜合本試驗之第二及第一期作之結果（表1，3），雜種 F_1 在第一期作比第二期作平均減產 2,092kg/ha。其原因爲每穗穎花數減少40.8粒，稔實率降低15.48%。對照品種臺中秈3號及臺中秈10號，在第一期作比第二期作平均增產662.7kg/ha，其增產的原因是每株穗數、一穗穎花數、稔實率分別增加0.8穗，6.3粒及10.9%。

表2. 水稻之產量及農藝性狀之變方分析 (1984II及1985I農試所)

Table 2. Analysis of varince for grain yield and some agronomic characters of rice (TARI 1984 II and 1985 I)

變因 Source of Variation	自由度 D. F.	均方 Mean Square 產量 Grain yield	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight	稔實率 Seed-set%	抽穗期 Days to heading	株高 Plant height
1984II								
區集 Block	1	8,029,440**	9.90	38.67	2.15*	0.63	0.09	36.77
品種 Variety	20	3,405,801**	3.60	1,675.63**	8.30**	127.12**	101.56**	224.00**
機差 Error	20	211,227	3.03	185.72	0.38	55.42	0.09	8.97
1985I								
區集 Block	1	1,170,002	4.40	70.02	0.12	28.69	0.00	7.20
品種 Variety	20	2,484,714**	9.43	1,311.33**	10.49**	442.77**	74.82**	234.32**
機差 Error	20	504,404	4.91	119.37	0.45	52.48	1.10	10.33

表3. 雜種F1水稻第一期作之產量及農藝性狀與親本及對照品種之比較（1985 I 農試所）

Table 3. Yield and some agronomic characters of F_1 hybrids in comparison with their parents and check varieties (TARI 1984 Frist crops)

品種[1] Hybrids[1] or Varieties	產量 Grain yield (kg/ha)	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight (mg)	稔實率 Seed-set (%)	抽穗期 Days to Heading (days)	株高 Plant height (cm)
F_1 hybrids							
ZS97A/TNSY91	6,468	11.6	152	23.1	58	86.0	92
ZS97A/TNSY115	6,675	12.4	151	28.4	59	86.0	93
ZS97A/TNSY162	6,792	12.2	115	29.5	80	80.0	83
ZS97A/TNSY172	7,910	12.4	118	30.4	90	80.5	83
V20A/TNSY91	5,533	17.9	108	28.2	38	86.0	82
V20A/TNSY115	5,118	17.1	104	28.0	40	85.5	84
V20A/TNSY162	6,753	15.7	93	29.6	68	78.5	77
V20A/TNSY172	7,172	16.0	87	31.3	70	78.0	82
ECNA/TNSY91	6,425	12.9	137	28.7	54	86.0	89
ECNA/TNSY115	6,457	14.6	136	27.3	49	84.5	90
ECNA/TNSY162	5,995	12.7	116	29.7	61	78.5	80
ECNA/TNSY172	5,844	14.5	95	31.1	68	78.5	87
Mean	6,428	14.2	118	29.2	61	82.3	85
Parents							
ZS97B	6,760	13.9	96	28.1	75	81.5	78
V20B	5,708	18.2	74	29.6	73	74.0	62
ECNB	4,177	18.2	61	28.2	61	70.0	65
TNSY91	8,376	12.7	138	24.7	82	90.5	96
TNSY115	8,323	13.3	124	24.8	81	93.5	99
TNSY162	6,968	12.7	120	22.3	82	86.5	88
TNSY172	7,670	15.2	117	26.1	78	85.5	92
Mean	6,854	14.9	104	26.3	76	83.1	83
Commercial varieties TCS3	8,004	14.5	115	26.6	83	92.0	102
TCS10	8,243	11.6	160	25.3	86	92.5	107
Mean	8,124	13.1	138	25.9	84	92.3	104
LSD. 0.05	1,482	5.5	23	1.4	15	2.2	7
0.01	2,021	7.4	31	1.9	21	3.0	9

[1]同表 1 [1]. As tabel 1

二、產量構成因素對產量之路徑分析：

使用前述兩期作各參試品種（系）之產量及產量構成因素資料，依雜種及普通品種（系）兩類，分別進行產量構成因素對產量之路徑分析（表4）及其複迴歸分析（表5）。表4顯示，產量構成因素對產量的影響，因類型（雜種或普通品種）及期作之不同而有異；一般而言，稔實率及一穗穎花數之貢獻分量較重，而千粒重的影響最小。第一期作雜種 F_1 的稔實率對產量的路徑係數爲 1.216，達極顯著水準，其餘因素均未達顯著水準。第二期作雜種 F_1 的產量構成因素對產量的路徑係數，均未達到顯著之水準，唯以一穗穎花數對產量的路徑係數較高。第一期作普通品種的產量構成因素對產量的路徑係數，均未達顯著水準，唯稔實率對產量之路徑係數 (0.989) 接近5%的顯著水準。第二期作普通品種的一穗穎花數對產量之路徑係數爲 2.702，達5%的顯著水準，而其他的產量構成因素對產量之路徑係數，均未達顯著水準。由表5之複迴歸分析結果得悉，第一期作雜種 F_1 的產量與產量構成因素的相關性較高，其產量可經由產量構成因素估算得知，但第二期作以產量構成因素估算產量之準確性不可靠。普通品種的產量在兩期作都可經由產量構成因素估算而得知，唯其準確性比以「產量構成因素來估算第一期作雜種 F_1 的產量」低。以上分析結果指示，普通品種的產量影響因素以一穗穎花數爲大，與過去試驗結果互相吻合，但在雜種品種除受一穗穎花數影響外，更受稔實率的影響。是否稔性恢復基因之作用與氣候互相作用，而引起此結果猶待進一步之探討。

表4. 雜種品系與商業品種的產量構成因素之路徑分析

Table 4. Path analysis of yield components of hybrid and commercial rices

品種 Entry	雜種 Hybrid			商業品種 Commercial		
期作 Crops	II	I	I+II	II	I	I+II
穗數 Panicles/plant	0.2708	0.5075	0.2364	1.2421	− 0.5362	0.4720
穎花數 Spikelets/panicle	0.3962	0.5071	0.6382**	2.7021*	− 0.4776	1.3459*
千粒重 Grain weight	− 0.2235	− 0.0615	− 0.0736	1.0208	− 0.0260	0.1675
稔實率 Seed-set%	0.0634	1.2159**	0.7067**	− 0.4652	0.9888	− 0.0554

*，**分別達0.05及0.01顯著水準。

*, **Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, repectively.

表5. 雜種品系與商業品種的產量之複迴歸分析

Table 5. Multiple regression analysis of yield components of hybrid and commercial rices

品種 Strains	期作 crops	複迴歸方程式[1] Multiple Regression Equation[1]	R^2
雜種 Hybrid	I	$Y=-137.39+139.19X_1+17.07X_2-35.75X_3+59.39X_4$	0.916**
	II	$Y=8{,}375.62+100.64X_1+12.86X_2-117.78X_3+5.86X_4$	0.609
	I+II	$Y=-152.83+113.76X_1+28.36X_2-76.15X_3+65.63X^2$	0.907**
商業品種 Commercial	I	$Y=-953.58-245.93X_1-22.11X_2-17.50X_3+189.00X_4$	0.968*
	II	$Y=-24{,}957.00+768.68X_1+120.85X_2+513.12X_3-73.68X_4$	0.952*
	I+II	$Y=-4{,}634.07+213.35X_1+59.99X_2+93.27X_3-9.24X_4$	0.857**

1. Y：爲產量，$X_{1,2,3,4}$分別爲穗數、穎花數、千粒重、稔實率的值。
Y: Grain yield. $X_{1,2,3,4}$: panicles/plant, spikelets/panicles, grain weight and seed-set, repectively.
2. R：爲複相關係數。
R: Multiple Correlation Coefficient.

三、雜種優勢：

為了解雜種 F_1 的雜種優勢之程度，將本試驗雜種 F_1 之產量及農藝性狀，分別與其兩親本及兩親中間值比較，結果示如表 6 。一般而言，雜種 F_1 在產量、一穗穎花數、千粒重、抽穗期及株高等

表6. 雜種F_1 的產量及農藝性狀與親本比較

Table 6. Comparison of grain yields and some agroaomic characters between F_1 hybrid and their parents

F_1 雜種的表現 F_1 s performance	期作 Crops	雜種F_1組合數 No. of F_1 combinations						
		產量 Grain yield	穗數 Panicles/plant	穎花數 Spikelets/panicle	粒重 Grain weight	稔實率 Seed-tse	抽穗期 Heading days	株高 Plant height
超過較優親本 Higher than higher parent	I	1	0	4	9	1	0	0
	II	12	1	7	5	0	6	4
介於較優親本與親本中間值間 Between higher and mid-parent	I	5	3	6	3	1	7	10
	II	0	1	5	5	0	6	8
介於親本中間值與較劣親本間 Between mid-and lower parent	I	2	4	2	0	2	4	2
	II	0	2	0	2	3	0	0
低於較劣親本 Lower than lower parent	I	4	5	0	0	8	1	0
	II	0	8	0	0	9	0	0
合計 Total	I	12	12	12	12	12	12	12
	II	12	12	12	12	12	12	12

表7. 雜種F_1水稻產量之雜種優勢（1984II及1985I農試所）

Table 7, Heterobeltiosis and standard heterosis of F_1 hybrids of rice in grain yield (1934 II and 1985 I TARI)

親本 Parent	與高產親本比較(%) Heterobeltiosis (%)				與臺中秈10號比較(%) Standard heterosis over TCS10 (%)			
	ZS97A	V20A	ECNA	Mean	ZS97A	V20A	ECNA	Mean
1984 II								
TNSY 91	+9.90	+20.39*	+3.02	+11.10	−1.16	+7.77	− 7.78	− 1.17
TNSY115	+4.90	+12.28	+20.97*	+12.72	+1.06	+8.16	+16.53*	+ 8.58
TNSY162	+18.02*	+28.26*	+16.23*	+16.36	+11.31	+20.97*	+ 9.62	+ 9.75
TNSY172	+15.61*	+26.10*	+24.58*	+22.10	+7.28	+19.02*	+15.61*	+13.97
Mean	+12.11	+18.40	+16.20	+15.57	+4.62	+10.82	+ 8.50	+ 7.78
1985 I								
TNSY 91	−22.21*	−33.45**	−23.29*	−29.98	−21.54	−32.88**	−22.06*	−25.49
TNSY115	−19.80	−38.50**	−22.42*	−26.91	−19.03	−37.91**	−21.67	−26.20
TNSY162	− 2.52	− 3.08	−13.96	− 6.52	−17.60	−18.08	−27.27**	−20.98
TNSY172	+ 3.13	− 6.49	−23.80*	− 9.05	− 4.05	−13.99	−29.10**	−15.71
Mean	−10.35	−20.38	−20.87	−18.11	−15.56	−25.72	−25.03	−22.10

*，**分別達0.05及0.01顯著水準。

*, **Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

均有正的雜種優勢；而在一株穗數及稔實率等，則趨於雜種劣勢。由雜種 F_1 品系與其高產親本及臺中秈10號之產量比較（表7），顯示期作對 F_1 有顯著的影響，F_1 品系間亦有明顯的差異。在第二期作，V20A/TNSY162、V20A/TNSY172、ECNA/TNSY115 及 ECNA/TNSY91等4個雜種 F_1 之產量不但比其高產親本增產 20.97～28.26%，且比最高產的對照品種臺中秈10號增產15.61～20.97%，其差異達顯著水準。產量最低的 ECNA/TNSY91，雖較臺中秈10號低產，但比其高產親本還高產，唯差異不顯著。在第一期作雜種 F_1 的產量都較對照品種低，減產4～38%。V20A/TNSY115等5品系比對照種低產幅度大，差異達顯著或極顯著之水準。其他 F_1 與臺中秈10號無顯著之差異。本期作之雜種 F_1 的產量雖都較對照品種低，但 ZS97A/TNSY172 的產量却高於高產親本，V20A/TNSY 172 等5品系之產量高於其兩親中間值，顯現某種程度的雜種優勢。

四、組合力

12個 F_1 品系乃來自3個 CMS 品系及4個 Rf 品系之雜交。爲明瞭各親本的影響程度，就雜種 F_1 部份之資料進行變方分析（表8.）。其中父本或母本變因表示其影響之程度是否達顯著之水準。第二期作 F_1 產量受父本的影響極爲顯著，母本的影響也顯著；但第一期作只有母本帶給 F_1 產量有顯著之差異。兩親本的交感效應只有第二期作的株高和抽穗期兩項，達到顯著或極顯著水準，顯示特殊組合效應偏低。父本間的產量差異只在第二期作極顯著而母本間的產量差異在兩期作均顯著（表8.），可見對父母本之選拔應該偕有效。且對母本的選拔較對父本之選拔效率高。合併同一父本或母本之 F_1 品系，計算其各項調查資料之平均值（表9.），以便估算各親本的一般組合力。表9.顯示，臺農秈育162號及172號爲父本的 F_1 平均產量都較高，而臺農秈育91號爲父本的 F_1 平均產量在兩期作都顯著偏低；顯示在4個父本中，臺農秈育162號及172號兩親本，具有較高的一般組合力。而臺農秈育91號的一般組合力最差；在母本方面，以 V20A 爲母本的 F_1 第二期作的平均產量最高，而第一期作却最低。珍汕 97A 之表現正好相反，即第二期作 F_1 的平均產量最低而第一期作則最高，

表8. 雜種F1 水稻之產量及農藝性狀之變方分析（1984Ⅱ及 1985Ⅰ農試所）

Table 8. Analysis of varince for grain yield and some agronomic characters of F_1 hybrids rice (TARI 1984 Ⅱ and 1985 Ⅰ)

變因 Source of Variation	自由度 D. F.	F 值 Values of F						
		產量 Grain yield	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight	稔實率 Seed-set%	抽穗期 Days to heading	株高 Plant height
1984 Ⅱ								
Varieties	(11)	4.367*	1.50	4.422*	11.073**	1.948	385.04**	24.86**
Male	3	8.235**	2.20	9.463**	35.195**	2.332	1,322.33**	73.30**
Female	2	4.947*	1.45	1.887	0.121	5.873*	40.15**	12.21**
M×F	6	2.240	1.17	2.746	2.663	0.448	31.35**	4.87*
1985 Ⅰ								
Varieties	(11)	3.112*	1.44	6.286**	7.920**	6.719**	29.51**	5.75**
Male	3	2.850	0.21	9.901**	26.992**	16.150**	103.44**	11.50**
Female	2	4.785*	6.89**	17.404**	0.161	10.133**	4.39*	10.96**
M×F	6	2.685	0.24	0.772	0.970	0.866	0.92	1.13

*，**分別達0.05及0.01顯著水準。

*, **Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, repectively.

表9. 雜種F_1水稻之產量及農藝性狀之一般組合力（1984 II及1985 I農試所）

Table 9. The general combining ability for yield and some agronomic characters in F_1 hybrids rice (TARI 1984 II and 1985 I)

親本 Parents		產量 Grain yield (kg/ha)	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight (mg)	稔實率 Seed-et (%)	抽穗期 Days to heading (days)	株高 Plant height (cm)
1984 II								
	TNSY91	7,872[1] b[2]	10.4 b	144 b	29.6 a	83 a	62.0 c	101 b
Male	TNSY115	8,582 a	11.9 ab	143 b	28.9 b	75 ab	62.0 c	101 b
	TNSY162	9,007 a	11.9 a	176 a	26.8 c	72 b	70.7 a	110 a
	TNSY172	8,955 a	11.2 ab	170 a	29.5 ab	77 ab	65.0 b	111 a
	ZS97A	8,269 b	10.9 a	154 a	28.7 a	78 ab	65.6 a	108 a
Female	V20A	8,969 a	11.4 a	155 a	28.6 a	82 a	64.5 b	104 c
	ECNA	8,575 ab	11.8 a	166 a	28.7 a	70 b	64.6 b	106. b
1985 I								
	TNSY91	6,142 b	14.1 a	132 a	28.4 c	50 b	86.0 a	88 a
Male	TNSY115	6,083 b	14.7 a	130 a	27.9 c	49 b	85.3 a	89 a
	TNSY162	6,513 ab	13.6 a	108 b	29.6 b	70 a	79.0 b	80 c
	TNSY172	6,975 a	14.3 a	100 b	30.9 a	76 a	78.8 b	84 b
	ZS97A	6,961 a	12.2 b	134 a	29.1 a	72 a	83.1 a	88 a
Female	V20A	6,144 b	16.7 a	98 b	29.3 a	54 b	82.0 b	81 b
	ECNA	6,180 b	13.7 b	121 a	29.2 a	58 b	81.9 b	86 a

[1]：同一親本之雜種F_1之平均值。
Average values of F_1 hybrids having the same parent.

[2]：在單期作進行父本間或母本間之比較。相同字 母表示差異未達0.05顯著水準。
Comparison between males or females parents within a crop. The same letter indicates insignificant difference at 0.05.

顯示珍汕 97A、V20A 各分別在第一期作及第二期作有較高的一般組合力，此表示三個細胞質雄不系，對氣候環境較爲敏感。各親本間的每株穗數之一般組合力差異較少，只有第一期的母本間有較明顯的差異，以 V20A 爲母本者最多。4個父本在期作間的一穗穎花數組合力的表現不一；臺農秈育91號及115號爲父本的 F_1 在第二期作之平均一穗穎花數顯著地較少，而第一期作反而顯著的較多。而臺農秈育162號及172號爲父本的 F_1，在兩期作之表現正好相反，即第二期作穎花數較多，第一期作却較少。3個母本之 F_1 的平均一穗穎花數，在第二期作差異不顯著，但第一期作以 V20A爲母本的 F_1 顯著的較其他爲低。這顯示一穗穎花數的組合力，易受期作的影響。珍汕 97A、V20A、二九南 A 等3個母本的千粒重之一般組合力於兩期作的差異都不顯著，而父本間却有極顯著的差異（表8.、9.）以臺農秈育172號爲父本的 F_1 之平均千粒重兩期作都較高，而以臺農秈育91號爲父本的 F_1，在第二期作有較高的平均千粒重，但在第一期作却顯著地較低，而臺農秈育 172 號在第一、二期作之平均千粒重都很高，可見臺農秈育 172 號之千粒重具有較高而穩定的一般組合力，而臺農秈育91號

之千粒重的一般組合力雖高却不穩定。第二期作各 F_1 之稔實率經變方分析的結果，父本間的平均稔實率差異不顯著，只有母本間平均稔實率達 5 %的顯著（表8.）；在第一期作，父本間及母本間的差異都達極顯著水準（表8.）。在稔實率之一般組合力方面，也有同樣趨勢，即第一期作親本間的差異較顯著，但第二期作則較小。

一般說珍汕 97A 在兩期作有較佳的一般組合力，二九南 A 在兩期作都較差，V20A 於第二期作較好，但第一期作却較差。在父本方面臺農秈育 172 號稔實率之一般組合力在兩期作都較高，而臺農秈育91號及115號在第一期作顯著偏低。以臺農秈育91號及115號爲父本的 F_1 在第二期作較早抽穗且植株也較矮；在第一期作則相反，顯示抽穗期與株高的一般組合力因父本不同而有顯著的差異，且易受環境影響。以珍汕 97A 爲母本的 F_1 在兩期作都有較遲的抽穗期與較高的株高，顯示珍汕 97 A在這兩方面的一般組合力 比 V20A 及二九南 A 高。

討 論

本試驗的結果指出，雜種 F_1 的表現因組合及期作之不同而有差異。一般而言，雜種 F_1 在產量，一穗穎花數、千粒重、抽穗期、株高等特性，均比較優親本或兩親中間值爲高，顯現正的雜種優勢，而一株穗數及稔實率則多比兩親中間值爲低，甚而比劣親本爲低，顯現負的雜種優勢（表6.）。此結果與國際稻米研究所的試驗結果是一致的[14]。本省一、二期作的水稻，在截然不同的溫度下生長。本試驗之水稻生育溫度（每天最低溫度）如圖 1.，第一期作營養生長期及生殖生長初期是低溫，而後變高溫；第二作則相反。雜種 F_1 在兩期作的生育型式有相當的差異，第一期作生育期較長，株高較矮，一株穗數較多，一穗穎花數較少，千粒重較重，稔實率較低，產量較少，第二期作則相反（表1.、3.）。雜種 F_1 的產量在第二期作，都比其高產親本增產。其中最高產的 V20A/TNSY162 等 4 個雜種 F_1，每公頃超過 9 噸，比其高產親本增產20.97～28.26%，亦比對照品種臺中秈10號增加15.61～20.97%。此雜種水稻之產量潛力與許多研究報告相似[8,10,12,14,17,21,23,27]但第一期作的產量，最高產的 ZS97A/TNSY172，却只有7,910kg/ha，比臺中秈10號減產4.05%，唯仍超過其高產親本3.13%。本期作最低產的 V20A/TNSY115，產量只有 5,118kg/ha，比其高親本減產38.5%，亦比臺中秈10號減產 37.91%；顯示雜種 F_1 的產量受栽培環境的影響很大，而不同組合的反應不一。此則與 Virmani 等報告「雜種 F_1 因組合不同，而對環境之反應不一，有的較敏感，有的則較鈍感」之結論互相吻合[26]。引起第一期作雜種 F_1 低產的主要因素，應爲孕穗期的低溫（圖1.）

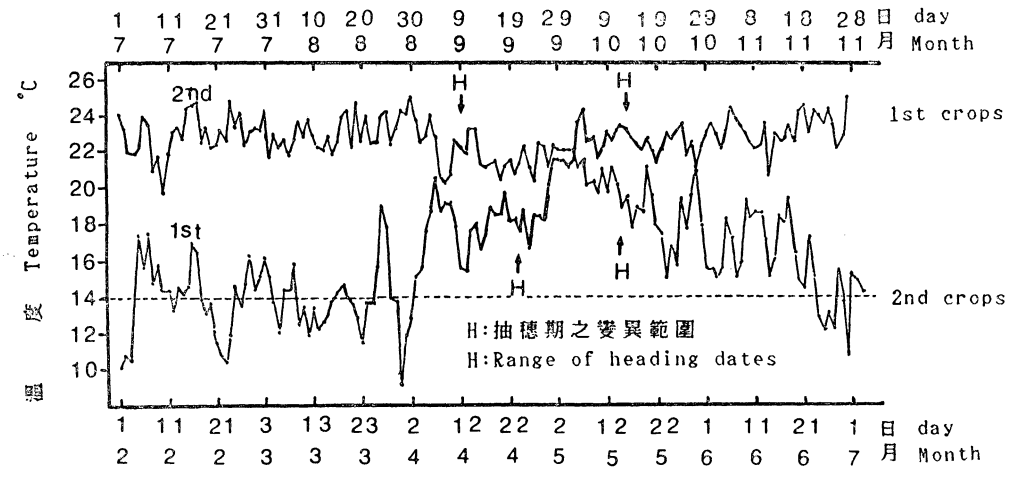


圖1. 73年第二期作及74年第一期作之每日最低氣溫（農試所）

Fig. 1. The minimum daily temperatures of the 1984 second and 1985 first rice crops, TARI.

，致使稔實率大幅降低，尤其是以臺農秈育91號及115號爲父本，或以 V20A 及二九南 A 爲母本的組合爲甚。國際稻米研究所指出雜種 F_1 的稔實率，比其親本減少 3 % [14] ，而該所亦指出，稔實率受環境的影響很大； F_1 的稔實率因種植時間不同，同一組合的差距可達 6 ～60%，而一般純系品種的差距不明顯 [8] 。Liu報告指出，雜種品種在第一期作、、中間作及第二期作的不結實及半結實的百分率比一般品種各增加18.79%、5.06%及7.29%；其不結實百分率與開花期超過 25°C 或低於 20°C 的溫度有顯著的相關；雜種 F_1 對溫度的反應，因組合之不同而有異，可分爲高敏感型，中間型及低敏感型 [16] 。張氏報告指出穗數，一穗穎花數及千粒重等性狀之遺傳現象較爲複雜， 且受環境之影響大 [3] 。由本試驗及前人的研究結果，顯示臺農秈育91號及115號、V20A 及二九南 A 等之雜農 F_1對溫度等環境是屬於高敏感型。 Murayama 指出，一種穎花數的雜種優勢較高 [19] 本試驗的結果，一穗穎花數及千粒重的雜種優勢較高。在第二期作12個雜種 F_1的一穗穎花數，有 7 個超過其較優的親本，其他 5 個有超過其兩親本中間值。ZS97A/TNSY162最多達189.6粒／穗，比較優親本增加38.59 %。F_1 一穗穎花數之總平均亦比穗重型的對照品種臺中秈10號多 7.8 %。在第一期作，雖然其一穗穎花數之總平均只有臺中秈10號的85.5%，但却有 4 個 F_1 超過其較優親本。另有 6 個 F_1 超過其兩親本之平均，顯現雜種優勢。稻穀產量與產量構成因素有密切之關係，王氏指出，產量與產量構成因素的相關均達顯著水準 [1] 。Murayama 在未調查稔實率的情形下，認爲影響產量之產量構成因素，依序爲一穗穎花數、穗數、粒重 [19] 曾氏報告，產量與稔實率及千粒重呈極顯著的正相關， 穎花數及穗數與產量的相關不顯著 [5] 。據本試驗的分析結果雜種 F_1 的稔實率之路徑係數，第一期作爲1.216**，達極顯著水準，第二期作却只有 0.063，未達顯著水準。普通品種的稔實率對產量的路徑係數，一、二期作分別爲0.989及－0.465，前者接近顯著水準，後者則未達顯著水準。可見普通品種的稔實率無論是一期作或二期作均不構成限制因素，但在第一期作則成爲F_1 品系的限制因素，因這些 F_1 均是相當早熟。一穗穎花數對產量之路徑係， 一、二期作分別爲0.507及0.396，均未達顯著水準；普通品種第一期作爲－0.4776，第二期作2.7021*。千粒重及穗數對產量之路徑係數於兩期作，不論普通品種或雜種 F_1 ，均未達顯著水準。由這些結果顯示雜種水稻受栽培環境的影響頗大且因品種不同而異。又路徑係數分析指出，稔實率對第一期作雜種 F_1 的產量均有極顯著的正相關，故稔實率之提高是第一期作雜種 F_1 能否發揮其高產潛力的主要關鍵。提高第一期雜種 F_1 稔實率的方法，應可從兩方面著手，一爲延遲插秧期或選中晚熟組合，以避免其減數分裂期受低溫之影響；另一是尋找對低溫鈍感的組合。如此，第一期作的雜種 F_1 的產量，當亦如黃氏的報告一樣，能充分發揮其雜種優勢，表現高產的潛力 [13] 。 本試驗各調查性狀的一般組合力大多達顯著或極顯著水準 ，而特殊組合力只在第二期作抽穗期與株高達極顯著或顯著，唯其變方小於一般組合力的變方 ， 因而一般組合力高於特殊組合力（表8.） 。此結果與 Shrivastava, Zhou 之結果相吻合 [23,27] ，唯 Khaleque 等指出，一株穗數及一穗穎花數兩性狀的特殊組合力高於一般組合力 [15] 。 本試驗的產量之一般組合力（表9.），父本以臺農秈育 172號及 162號較優，而臺農秈育 91號及 115 號較差。按臺農秈育91號及 115 號的親源爲 Milyang23/IR29，臺農秈育162號及172號均來自 F_7 (CNS11/IR30)/Milyang23。前二品系的親本相同，皆係自國外引進之品種； 後二品系之父本相同 ， 亦爲國外引進種 ，但母本是同一雜交組合來的不同品系，這些品系是經本省環境選育過之優良品系。經過本省改良過的材料爲雜交親本之 F_1 較易適應本省的環境，組合力也比較佳 。不稔系的產量之一般組合力，第一期作以珍汕 97A 較佳，第二期作却以 V20A 較好 ， 顯示對期作不穩定。故育成較適應本省環境的優良細胞質雄不稔系是刻不容遲的工作。水稻爲本省最主要的糧食作物。依據統計，每年栽培面積達60餘萬公頃，其中第二期作的栽培面積較第一期作多約25%。秈稻第二期作低產的原因主要是由於稔實率降低（13.4%）及穎花數減少（12.5%）穗數及千粒重差異較小 。 粳稻則主要由於穗數減少（24%） ，穎花數（3.1%）及稔實率（5.5%）相差較少， 千粒重則第二期作反較重 [6] 。 根據本試驗結果 ， 第二期作雜種 F_1 的產量比第一期作高產，其產量比同期作的臺中秈10號高，亦比第一期作的臺中秈10號高產（表1.、3.

）。綜合本試驗的結果，水稻雜種優勢是可以利用於提高單位面積產量，唯必須加强篩選優良的稔性恢復系，並育成更適於本省環境之細胞質雄不稔系；且因水稻受生長環境的影響頗大，因此無法外求，必須自己著手進行育成不稔系及稔性恢復系才能達到目的。故有關雜種水稻之研究，是本所稻作研究室的重點工作之一，期盼在不久將來，本省能正式推廣栽培雜種水稻。

參考文獻

1. 王茂康・1957・水稻產量構成因素之研究。農業研究16(1)：31—34。
2. 許東暉、洪信雄、鄧耀宗、黃眞生・1969水稻雜種優勢之研究。(1)水稻品種間雜種第一代優勢之初步測定。農業研究18(3)：1—17。
3. 張德梅・1971・水稻數量性狀遺傳之研究。I 半矮性品矮性品種間之全互交。農業研究30(3)：9—26。
4. 黃眞生、陳正昌等・1933・秈稻品種區域試驗。七十二年稻作改良年報 pp. 150-155. 臺灣省政府農林廳。
5. 曾東海・1985・氮肥、行株距與每機苗數對水稻新品種（系）產量及農藝性狀之影響。中華農業研究34(4)：410—421。
6. 萬雄・1978・臺灣二期作稻低產原因及其解決方法總摘要，臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專輯。P. 9. 行政院國家科學委員會。臺北。
7. 趙傳纓・1953・細胞質雄不稔性在作物育種上的應用。臺灣農林11：15—17。
8. Athwal, D. S. and S. S. Virmani. 1972. Cytoplasmic male sterility and hybrid breeding in rice. pp. 615-620 (in) Rice Breeding. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
9. Azzini, L. E. and J. N. Rutger. 1982. Amount of outcrossing on different male steriles of rice. Crop Sci. 22(5) : 905-907.
10. Carnahan, H. L., J. R. Erickson., S. T. Tseng and J. N. Rutger. 1972. Outlook for hybrid rice in the USA. PP. 603-607. (in) Rice Breeding. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
11. Craigmiles, J. P., J. W. Stansel and W. T. Flinchum. 1968. Feasibility of hybrid Rice. Crop Sci. 8 : 720-722.
12. Fang, C. N., X. Z. Lo., S. F. Wang andY. G. Zhu., 1982. Advances in the study of hybrid rice in China. Agricultura Sinica. 5 : 1-9. (Abstract) Rice Abstracts (1983) 6 : 2019.
13. Huang, C. S., R. H. Buu and C. C. Chen. 1984. Hybrid variety of indica rice and its yield potential. Jour. Agric. Res. 33(1) : 1-11.
14. International Rice Research Institute. 1981. 1982. 1984. Annual Reports for 1980. 1981. 1983. IRRI. Los. Banos, Philippines.
15. Khaleque, M. A., Joarder, A. M. Eunus and A. K. M. N. Islam. 1978. Nature of gene interaction in the inheritance of yield and yield components in some rice crosses. Oryza 5 : 157-172.
16. Liu, C. L. 1982. Studies of the effects of high and low temperatures on the fertility of hybrid rice. Hubei Agricultural Science. 10 : 1-6 (Abstract) Plant Breeding Abstracts 1983. 53(12) : 9473.
17. Lin, S. C. and L. P. Yuan. 1980. Hybrid rice breeding in China. (in) Innovative Approaches to Rice Breeding. pp. 35-51. International Rice Research Institute. Los. Banos, Philippines.
18. Mohanty, P. L. and N. P. Sarma. 1983. Fertility restorers for cytosterile stocks. IRRN. 8(2) : 3-4.
19. Murayama, S. 1973. The Basic studies on utilization of hybrid vigor in rice. I. The degree of heterosis and its phenomenon. Japan J. Breed. 23(1) : 22-26. (in Japaness with English summary).
20. Panwer, D. V. S. and R. S. Paroda. 1983. Combining ability for grain characters in rice. Indian J. Agric. Sci, 5399) : 763-766.

21. Rutger, J. N. and C. Shinjyo. 1980. Male sterility in rice and its potential use in breeding. pp. 53-66. (in) Innovative Approaches to Rice Breeding. International Rice Research Institute. Los. Banos, Philippines.

22. Sarma, N. P., P. K. Mohanty and P. J. Jachuck. 1982. Outcrossing potential of a cytosterile stock of rice. International Rice Research Newsletter. 7(5) : 3.

23. Shrivastava, M. N. and D. V. Seshu. 1983. Combining ability for yield and associated charaters on rice. Crop Sci. 23 : 741-744.

24. Stansel, J. W. and J. P. Craigmiles. 1966. Hybrid rice-Problems and potentials. Rice Jour. 69(5) : 14-15.

25. Swaminathan, M. S., E. A. Siddiq and S. D. Sharma. 1982. Outlook for hybrid rice in India pp. 609-613. (in) Rice Breeding. International Rice Research Instiute. Los, Banos, Philippines.

26. Virmani, S. S., R. C. Aquino and G. S. Khush. 1982. Heterosis breeding in rice (Oryza sativa L.) Theor. and Applied Genetics 63(4) : 373-380.

27. Zhou, K. D., H. Y. Li., R. D. Li and G. J. Luo. 1982. Preliminary study on combining ability and heritability of the main characters of hybrid rice. Acta Agronomica Sinica 8(3) : 145-152. (Abstract) Plant breeding Abstracts 1983(6)4812.

28. Zhuang, E. Z. and X. Z. Wu. 1982. Investigation of the theory of heterpsis in ricl. Hereditas, China 4(3) : 29-30. (Abstract) Rice Abstracts 1984. 7 : 250.

Yield and Combining Ability of Hybrid Rice[1]

by

T. H. Tseng and C. S. Huang[2]

Summary

Twelve F_1 hybrids, 3CMS B lines, i. e., Zhen-Shan 97B (ZS97B), V20B and Er-Chiu-Nan B (ECNB), and their four restorers, i. e., Tainung Sen Yuh (TNGSY) 91, 115, 162 and 172 were used as the materials for this study. Two top-yielding commercial varieties, Taichung Sen 3 (TCS3) and Taichung Sen 10 (TCS10), served as the checks. The materials were arranged in a field in a randomized complete block design with two replications. The results are summarized as follows:

In general, a positive heterosis was found in grain yield, spikelets per panicle, 1000-grain weight, heading days and plant height, and negative heterosis in panicles per plant and seed-set percentage. The grain yield for four of the twelve hybrids in the second crop reached more than 9t/ha, significantly outyielded the top yielding commercial variety TCS10. They showed the standard heterosis from 16% to 21%. However, in the first crop the yields of hybrids were lower than the commercial varieties probably due to the fact that the hybrids were early-maturing and relatively sensitive to low temperatures in the first crop than the commercial varieties. Different hybrids showed different responses to the first crop environments. A significantly positive path-coefficient of seed-set percentage to grains yield in these hybrids was observed in the first crop but not in the second crop. The general combining ability seemed to be more important than the specific combining ability in this test. Tainung Sen Yuh 172 (TNGSY172) were found to be a good general combiner for grain yield at first and second crops. The general combining ability of three cytosterile lines showed different tendencies in first and second crops. The results indicated that these cytosterile lines were highly sensitive to temperatures.

---

1. Contribution No. 1333 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Assistant Agronomist and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, 41301, ROC.