

細胞質雄不稔性稈稻之稔性恢復系選育¹

曾 東 海²

摘要 以硬型細胞質雄不稔系臺農 67(WA) A 及臺農 67(R)A 為母本，與臺農秈育 91、169、175、176、178 等秈型恢復系雜交，探討恢復基因在其自交及回交後代的表現，以期育成硬型細胞質雄不稔性的稔性恢復系，供硬稻雜種品種育種之需。試驗結果：硬稻不稔系與秈型恢復系的雜種 F_1 稔實率皆低於 50%，其 F_2 的稔實率分佈偏向低稔實，但仍有 6~23% 之個體稔實率超過 70%。自 F_2 選拔高稔實單株，其 F_3 有 12~46% 之個體稔實率超過 70%，顯示選拔具有某種程度的效果。選高稔實個體，再與硬稻臺農 67 號回交，其雜種 F_1 稔實率，隨回交次數而更偏向低稔實。從 $(F_2)BC_1F_1$ 選拔高稔實單株之 $(F_2)BC_1F_2$ 族羣，有 19~53% 之個體稔實率超過 70%，顯示其選拔效果較比從 F_2 族羣選拔之效果大。臺農 67 (R)A/臺農秈育 169 組合之各世代，皆有較高比例之高稔實個體，顯示其恢復基因之作用較強。正常花粉率與稔實率相關極顯著。從 $(F_2)BC_2F_1$ 及 $(F_2)BC_1F_2$ 世代選拔高稔實單株，以系譜法繼續選育中。

提高作物的產量及品質，降低生產成本，為栽培者之願望，也是研究人員的目標，而品種改良是達成目標之主要方法。自雜種 F_1 具有雜種優勢被發現後，利用雜種優勢從事品種改良，即被廣泛地應用，在玉米、高粱等異交或常異交作物，早已著有績效。

自交作物欲達到利用雜種優勢育種，則必須具有雄不稔或自交不稔，才能達到經濟栽培之目的^(6,18)，利用細胞質雄不稔性的不稔系、維持系及恢復系等三系統育成的雜種水稻品種，在中國大陸已被廣泛地從事經濟栽培，其產量較普通品種增產 20~30%，證實了水稻利用雜種優勢的可行性^(9,15,16)。

水稻是本省的主要農作物，因此各改良場所莫不積極地從事品種改良及其他有關之試驗研究工作，本所除以傳統之方法進行水稻品種之雜交選育外，尚從事雜種品種之探討，經過多年來的研究，在秈稻方面，早期雖已找到較普通品種增產的雜種組合^(2,5,12)，但因不稔系或稔性恢復系都是熱帶性品種，對本省環境不盡適合，造成不穩定，而未能實際利用。最近仍進行育成品系的稔性恢復基因的篩檢，並將雄不稔性細胞質轉移到本省育成的優良品系⁽⁴⁾，此工作即將完成，預期不久的將來，秈稻雜種品種，即可達到經濟栽培的目標。

目前本省水稻栽培，90% 以上是屬於硬稻品種，因此硬稻品種改良備受關切，在硬稻利用雜種優勢方面，雖已成功地育成細胞質雄不稔系，但多年來從事硬稻細胞質雄不稔性恢復系的篩檢，其雜種 F_1 的稔實率皆低於 50%，未發現任何品種（系）具有硬稻細胞質雄不稔性之恢復作用^(1,4)，致使硬稻無法利用雜種優勢。筆者等仍利用回交與自交並行的方法，將存在秈稻的稔性恢復基因轉移到硬稻細胞質雄不稔系，探討恢復基因在不同世代的表現，以瞭解秈稻的稔性恢復基因轉移到硬稻的可行性

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1480 號。本研究承行政院農業委員會補助，謹此申謝。

2. 本所農藝系助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

，此工作現仍繼續進行中，爰將三年來的初步結果，整理發表，以就正於方家，並供爾後工作之參考。

材料與方法

一、試驗材料

梗稻細胞質雄不稔系，臺農 67(WA)A 及臺農 67(R)A 為母本，粳型稔性恢復系，臺農秈育91、114、119、120、169、175、176、177、178、179等10品系為父本，臺農67號為輪迴親。

臺農 67(WA)A 及臺農 67(R)A 是本所育成的梗型細胞質雄不稔系，分別具有 WA 型及 R 型雄不稔性細胞質，而其核型則與臺農67號相同。

臺農秈育91、169、175、176及178等五品系，為本所育成具有抗病抗蟲的粳稻優良品系，經以珍汕 97A 為母本篩檢的結果，證實這五品系皆具有恢復珍汕 97A 細胞質雄不稔系的稔性恢復能力。

二、試驗方法

民國74年第一期作，以臺農 67(WA)A 及臺農 67(R)A 等二個梗稻細胞質雄不稔系為母本，臺農秈育91號等對珍汕 97A 具有雄不稔性稔性恢復作用的10個粳稻品系雜交，第二期作調查各組 F_1 之稔實率。就 WA 及 R 型細胞質分別選 F_1 稔實率較高的3個組合為材料，於75年第一期作以單本植栽培 F_2 集團，並調查其正常花粉率及種子稔實率。從 F_2 集團中選出正常花粉率較高的單株，以這些單株為母本，與臺農67號雜交並保留該株二、三穗自交，得到 $(F_2)BC_1F_1$ 及 F_3 之種子，並於收穫時調查其自交穗之稔實率。其他單株於收穫期，各採一穗進行稔實率調查，由其中選出稔實率較高者為 F_3 系統。

民國75年第二期作，以系譜法栽培 $(F_2)BC_1F_1$ 及 F_3 ，單本植，每系統種植三行，每行16株，行株距 25×20 cm。並將材料分為兩組，(1)為 F_2 單株經回交同時得到 $(F_2)BC_1F_1$ 及 F_3 種子的系統，採用併對種植，即單號為 F_3 系統，雙號為同一來源的 $(F_2)BC_1F_1$ 。(2)為 F_2 單株未經回交，只得到 F_3 的系統。於抽穗期檢視 $(F_2)BC_1F_1$ 材料的花粉，選擇花藥深黃色，飽滿正常的單株，以這些單株為母本，再與臺農67號雜交，並保留該株二、三穗自交，得到 $(F_2)BC_2F_1$ 及 $(F_2)BC_1F_2$ 的種子。其他材料則於收穫期，採單穗調查其稔實率，第一組材料每株皆調查，第二組材料則只調查中間行的15株。

民國76年第一期作，採用相同的方法栽培 $(F_2)BC_2F_1$ 及 $(F_2)BC_1F_2$ ，並於收穫期採單穗，調查各株之稔實率，選出稔實率較高的單株，成立 $(F_2)BC_1F_2$ 及 $(F_2)BC_2F_3$ 系統。這些系統於民國77年第一期作，以系譜法繼續調查選育中。

結果與討論

一、各世代之稔實率的變異

各組合雜種 F_1 、 F_2 及 F_3 等三世代之稔實率分佈列於表 1，雜種 F_1 單穗之稔實率最低為15.42%、最高為73.24%， F_2 稔實率之分佈極廣，自 0%~98%各等級皆有，而偏向低稔實。從 F_2 選拔高稔實單株，其 F_3 的稔實率分佈；低稔實的頻度降低，高稔實的頻度增加，組合間的趨勢相似，但因組合不同而有明顯的差異。臺農 67(WA)A/臺農秈育91之雜種 F_1 稔實率介於15.42%~40.72%，平均為28.09%，其 F_2 集團因種子發芽率之關係，只有 128單株，其稔實率介於 0.23~83.44%，平均為19.98%，由其中選出19單株，成立 F_3 系統，系統平均稔實率介於 10~72%，而單株之稔實率則介於 0~98%，總平均之稔實率為 37.6%。臺農 67(WA)A/臺農秈育169之雜種 F_1 稔實率介於 21.05~56.41%，平均為 39.74%，其 F_2 共調查 371株，其稔實率介於 0~91.13%間，平均為 40.25%，本組合計選出91單株，成立 F_3 系統，系統平均稔實率介於 21~79%，而單株之稔實率則介於 0~98%，總平均之稔實率為 51.2%。臺農 67(WA)A/臺農秈育178之雜種 F_1 稔實率介

於 21.57~40.98%，平均為 29.42%，其 F₂ 計調查 353 株，其稔實率介於 0.37~95.63%，平均為 42.80%，選出高稔實率之 90 單株，成立 F₃ 系統，系統平均稔實率介於 7~88%，而單株稔實率介於 0~98%，總平均 51.47%。臺農 67(R)A/臺農秈育 169 之雜種 F₁ 稔實率介於 34.52~73.24%，平均為 57.73%，其 F₂ 計調查 699 株，其稔實率介於 0~94.27%，平均 47.84% 由此組合選出 121 單株成立 F₃ 系統，其系統平均稔實率介於 21~92%，而單株稔實率介於 0~98%，總平均 62.1%。臺農 67(R)A/臺農秈育 175 之雜種 F₁ 稔實率介於 32.12~63.80%，平均 47.19%，其 F₂ 計調查 612 株，其稔實率介於 0~96.14%，平均 37.78%，選出 115 單株成立 F₃ 系統，其系統平均稔實率介於 17~81% 間，單株稔實率介於 0~98%，總平均 53.9%。臺農 67(R)A/臺農秈育 176 之雜種 F₁ 稔實率介於 23.61~53.2%，平均 41.27%，其 F₂ 計調查 492 株，其稔實率介於 0~93.42%，平均 34.54%，本組合選出 93 單株，成立 F₃ 系統，其系統平均稔實率介於 16~73%，而單株稔實率介於 0~90%，總平均 46.2%。

臺農秈育 91 等秈型細胞質雄不稔性稔性恢復系，對珍汕 97A 等秈型細胞質雄不稔系顯現具有顯性恢復基因⁽³⁾，且臺農 67 號與臺農秈育 91、169、175 號雜交並無或只有輕微的雜種不稔性之現象，

Table 1. Frequency distribution of spikelet fertility of F₁, F₂ and F₃ from the crosses between Japonica CMS lines and Indica restorer lines

Cross	Generation	Number of offsprings plants with fertility rate of										Total	Average fertility rate (%)
		0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100		
TNG67(WA)A /TNGSY91	F ₁	0	2	3	4	1	0	0	0	0	0	10	28.09
	F ₂	66	20	9	8	7	8	3	6	1	0	128	19.98
	F ₃	71	30	17	24	28	41	27	18	12	3	271	38.11
TNG67(WA)A /TNGSY169	F ₁	0	0	3	1	5	1	0	0	0	0	10	39.74
	F ₂	68	49	33	34	33	52	43	35	22	2	371	40.25
	F ₃	165	82	65	99	111	191	262	213	126	41	1,355	51.75
TNG67(WA)A /TNGSY178	F ₁	0	0	7	2	1	0	0	0	0	0	10	29.42
	F ₂	76	28	30	29	29	38	52	44	21	6	353	42.80
	F ₃	148	86	82	111	152	172	176	199	154	57	1,337	51.47
TNG67 (R) A /TNGSY169	F ₁	0	0	0	1	0	4	4	1	0	0	10	57.73
	F ₂	66	63	66	64	73	108	99	87	53	20	699	47.84
	F ₃	80	74	76	97	117	237	293	341	325	174	1,814	62.59
TNG67 (R) A /TNGSY175	F ₁	0	0	0	2	5	2	1	0	0	0	10	47.19
	F ₂	109	91	74	70	55	64	62	54	23	10	612	37.78
	F ₃	143	84	111	133	206	196	271	294	214	68	1,720	54.49
TNG67 (R) A /TNGSY176	F ₁	0	0	3	1	4	2	0	0	0	0	10	41.27
	F ₂	124	53	43	56	67	64	48	27	9	3	494	34.54
	F ₃	135	121	123	120	171	216	269	190	47	2	1,394	46.77
Total	F ₁	0	2	16	11	16	9	5	1	0	0	60	40.57
	F ₂	509	304	255	21	264	334	307	253	129	41	2,657	39.98
	F ₃	742	477	474	584	785	1,053	1,298	1,255	878	345	7,891	57.27

而在本試驗之結果，因有細胞質雄不稔性參與，其雜種 F_1 的稔實率偏低，可能尚有其他基因會影響恢復基因的作用，Rf 基因無法完整表現。臺農67號/臺農秈育178號的雜種 F_1 的稔實率只有15%，顯示具有秈硬雜交的雜種不稔性。因此臺農 67(WA)A 與臺農秈育178號雜種 F_1 的低稔實率，可能係受到雙重影響。

秈型細胞質雄不稔性稔性恢復基因，對硬型細胞質雄不稔系的稔性恢復作用，就本試驗之結果而言，在 F_1 及 F_2 世代是否受秈硬雜交的雜種不稔性影響較不明顯（表 1），而從 F_2 選出高稔實率的單株，成立 F_3 系統，在 F_3 世代則可明顯地看出雜種不稔性的影響，臺農67(WA)A 與臺農秈育178號因具有秈硬雜交的雜種不稔性，雖然從其 F_2 選出之90單株的稔實率皆超過50%，平均為74.13%，比從臺農 67(WA)A/臺農秈育 178號組合選出者為佳，但其 F_3 的稔實率分佈，却有較多的比例是低於50%，平均值亦略低（表 2），顯示在 F_3 明顯地受雜種不稔性的影響。

Table 2. Frequency distribution of spikelet fertility of mean from F_3 lines and parent (F_2) from the crosses between Japonica CMS lines and Indica restorer lines

Cross	Generation	Number of parents and F_3 lines with fertility rate of											Average fertility rate (%)
		0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	Total	
TNG67(WA)A /TNGSY91	Parent (F_2)	0	0	0	0	1	8	3	6	1	0	19	63.89
	Line (F_3)	0	5	1	3	6	2	1	1	0	0	19	38.11
TNG67(WA)A /TNGSY169	Parent (F_2)	0	0	0	0	1	18	25	24	21	2	91	70.88
	Line (F_3)	0	0	6	19	12	24	22	8	0	0	91	51.75
TNG67(WA)A /TNGSY178	Parent (F_2)	0	0	0	0	0	7	23	35	19	6	90	74.13
	Line (F_3)	1	1	6	14	21	18	14	11	4	0	90	51.47
TNG67 (R) A /TNGSY169	Parent (F_2)	0	0	0	1	0	14	13	33	48	12	121	77.35
	Line (F_3)	0	0	3	6	16	20	35	29	11	1	121	62.59
TNG67 (R) A /TNGSY175	Parent (F_2)	0	0	0	0	2	27	26	32	20	8	115	70.48
	Line (F_3)	0	5	4	9	22	27	31	15	2	0	115	54.49
TNG67 (R) A /TNGSY176	Parent (F_2)	0	3	1	1	5	28	26	19	8	2	93	63.15
	Line (F_3)	0	1	11	18	28	16	15	4	0	0	93	46.77
Total	Parent (F_2)	0	3	1	2	9	102	116	149	117	30	529	67.36
	Line (F_3)	1	12	31	69	105	107	118	68	17	1	529	57.27

在 F_2 族羣選拔高稔實率單株，成立 F_3 系統，其稔實率再呈現分離現象，雖然其稔實率分佈的極為廣泛，但與 F_2 族羣比較起來，低稔實率的頻度降低了，而高稔實率的頻度增加了，從 F_2 選出單株的稔實率與 F_3 系統平均稔實率，進行相關分析的結果，二者的相關係數，除臺農 67(WA)A/臺農秈育91組合外，其餘 5 組合都達極顯著。雖然 F_3 族羣的稔實率平均值，比其親本（選出之 F_2 ）的平均值低，但 F_3 的平均值及稔實率超過70%的單株比例的高低，與所選出的 F_2 單株的平均稔實率有密切的關係，其順位幾乎完全一致（表 2）。顯示拔具有效果，六組合的趨勢皆相似，唯組合間的頻度變異略有差異，稔實率超過70%的頻度 F_3 比 F_2 增加最多的是臺農 67(R)A/臺農秈育

169，增加23.4%，最少的臺農 67(WA)A/臺農秈育91只增加6.6%。

Table 3. Frequency distribution of spikelet and pollen fertility of F₂ from the crosses between Japonica CMS lines and Indica restorer lines

Cross		Number of F ₂ plants with fertility rate of										Total
		0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
TNG67(WA)A /TNGSY91	Seed	38	9	3	3	1	2	1	0	1	0	58
	Pollen	43	2	1	4	3	2	1	1	1	0	58
TNG67(WA)A /TNGSY169	Seed	2	3	0	3	1	2	3	0	0	0	14
	Pollen	1	1	2	1	1	2	2	1	3	0	14
TNG67(WA)A /TNGSY178	Seed	33	14	11	13	9	10	24	13	5	3	135
	Pollen	50	18	22	12	6	7	8	6	5	1	135
TNG67 (R) A /TNGSY169	Seed	4	2	6	4	5	13	7	8	4	1	54
	Pollen	1	1	0	0	3	0	2	6	9	32	54
TNG67 (R) A /TNGSY175	Seed	18	5	8	5	1	4	2	3	0	0	46
	Pollen	4	2	4	3	5	2	3	4	6	13	46
TNG67 (R) A /TNGSY176	Seed	18	11	6	8	10	5	2	3	0	1	64
	Pollen	7	0	5	3	7	1	1	5	18	17	64
Total	Seed	113	44	34	36	27	36	39	27	10	5	371
	Pollen	106	24	34	23	25	14	17	23	42	63	371

在 F₂ 及 F₃ 族羣中單株稔實率超過 70% 的株數或比例，以臺農 67(R)A/臺農秈育169組合最多或較高，單就 WA 型三組合來講稔實率超過 70% 最多的是臺農 67(WA)A/臺農秈育 178，並不是臺農 67(WA)A/臺農秈育169。在 F₁、F₂ 及 F₃ 的高稔實率(70%以上)的比例，臺農67(R)A/臺農秈育 169比臺農 67(WA)A/臺農秈育169高，二組合之表現不同，而臺農 67(R)A/臺農秈育169與臺農67(WA)A/臺農秈育169兩組合除了細胞質不同外，其他遺傳背景完全相同，其稔實率的分離比却有明顯的差異。Virmani and Dalmacio⁽²⁰⁾ 以 IR46828A 及 IR54755A 篩檢恢復基因，亦得到類似的結果。由此結果顯示，可能尚有吾人未知的因素，會影響恢復基因的表現。

二、正常花粉率與種子稔實率的比較

於民國75年第一期作，於 F₂ 集團抽穗開花期，於清晨採集當日開花之小枝梗，以70%酒精固定，然後以 1% 碘碘化鉀 (I-KI) 溶液染色，再進行鏡檢。花粉粒大且外表光滑有染色的花粉為正常花粉，不染色及皺縮變形的為不正常花粉，計算正常花粉的百分比，調查結果與其種子稔實率列於表 3，本試驗調查 F₂ 之正常花粉率的結果，顯示在兩雄不稔性細胞質類型間有明顯的差異，在 WA 型細胞質的組合，除了臺農 67(WA)A/臺農秈育 169 外，其正常花粉率明顯地偏低，而在 R型細胞質組合其正常花粉率高的比例較多，顯示秈型恢復系對 R型硬稻細胞質雄不稔系的恢復性，比對硬稻 WA 型細胞質雄不稔系佳，此結果與 F₂ 及 F₃ 族羣的稔實率超過70%的比例，R型組合比WA

型組合高的結果一致。

正常花粉率與種子稔實率進行相關分析的結果，各組合都達顯著或極顯著的正相關。六組合共調查371株，其相關係數數 ($r=0.4036$) 達極顯著水準，若扣除挖回玻璃室進行回交及自交之112單株，其相關係數 ($r=0.4752$) 亦達極顯著水準，而在籼型細胞質雄不稔系與恢復系雜交代，其花粉率與種子稔實率的相關係數高達0.8885⁽⁹⁾。此結果顯示稈型細胞質雄不稔系與籼型稔性恢復系的雜交代後，其種子稔實率受到更多的其他因子影響。這些干擾因子可能就是稈稻細胞質雄不稔性的稔性恢復系篩檢或選育困難的主因。

三、回交對稔實率的影響

民國75年第一期作，就 F_2 集團行花粉鏡檢，選擇正常花粉率較高的112單株，挖回玻璃室，一方面做為母本，與臺農67號雜交。另一方面保留該株2~3穗不處理，使其自交，而獲得同一來源之 $(F_2)BC_1F_1$ 及 F_3 種子，並就該自交稔實率及回交 F_1 種子數略作汰選，結果共得48組合，於第二期作栽培並調查全體之稔實率，其結果列於表4， $(F_2)BC_1F_1$ 之稔實率低於20%的單株有66.77%，而超過70%只有4.3%，單株稔實率比 F_2 更偏向低稔實率，而同一來源的 F_3 則有39.3%的單株稔實率超過70%，只有11.6%株稔實率低於20%，表現完全不同。

Table 4. Frequency distribution of spikelet fertility of F_3 and $(F_2)BC_1F_1$ from the crosses between Japonica CMS lines and Indica restorer lines

Cross	Generation	No. of F_3 and $(F_2)BC_1F_1$ plants with fertility rate of										
		0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	Total
TNG67(WA)A /TNGSY169	F_3	10	10	7	7	16	15	24	30	26	17	162
	$(F_2)BC_1F_1$	65	21	13	9	8	14	18	17	5	2	172
TNG67(WA)A /TNGSY178	F_3	21	21	31	34	52	92	125	143	184	66	769
	$(F_2)BC_1F_1$	275	186	76	30	17	4	5	1	3	3	600
TNG67 (R) A /TNGSY169	F_3	44	54	51	47	66	81	94	108	102	47	694
	$(F_2)BC_1F_1$	231	106	66	29	25	15	13	19	9	6	519
TNG67 (R) A /TNGSY175	F_3	12	4	9	11	20	16	24	23	7	6	132
	$(F_2)BC_1F_1$	72	28	10	6	5	1	1	1	0	0	124
TNG67 (R) A /TNGSY176	F_3	36	31	28	29	41	45	65	49	13	1	338
	$(F_2)BC_1F_1$	76	94	60	37	21	11	9	4	4	0	316
Total	F_3	123	120	126	128	195	249	332	353	332	137	2,095
	$(F_2)BC_1F_1$	719	435	225	111	76	45	46	42	21	11	1,731

民國75年第二期作，就所培育之 $(F_2)BC_1F_1$ 材料，於田間檢視其花藥，選擇花藥深黃色，飽和正常的單株，挖回玻璃室再與臺農67回交，同時亦留2~3穗不處理，使其自交，獲得同一來源之 $(F_2)BC_2F_1$ 及 $(F_2)BC_1F_2$ 種子，並就該株自交稔實率及回交 F_1 種子數略作汰選共得24組合，於76年第一期作栽培並調查全體之稔實率，其結果列於表5，再回交之 $(F_2)BC_2F_1$ 的稔實率低於20%的單株有73.67%，只有1.9%的單株稔實率超過70%，比 $(F_2)BC_2F_1$ 更偏於低結實率，而 $(F_2)BC_1F_2$ 的稔實率則出現二個峰度，一在0~5%另一在71~80%，雖然其峰度不高，但部份稔實(稔

實率21~70%)的頻度減少,而顯示出分向二端分佈的趨勢。

Table 5. Frequency distribution of spikelet fertility of (F₂)BC₁F₂ and (F₂)BC₂F₁ from the crosses between Japonica CMS lines and Indica restorer lines

Cross	Generation	Number of plants with fertility rate of										Total
		0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
TNG67(WA)A / TNGSY169	(F ₂) BC ₁ F ₂	4	7	4	6	9	11	7	30	24	0	102
	(F ₂) BC ₂ F ₁	54	18	13	9	7	2	1	1	0	0	105
TNG67(WA)A / TNGSY178	(F ₂) BC ₁ F ₂	33	15	19	25	22	19	25	32	39	15	244
	(F ₂) BC ₂ F ₁	124	71	14	6	4	1	0	1	1	0	222
TNG67 (R) A / TNGSY169	(F ₂) BC ₁ F ₂	62	32	20	28	23	11	16	17	17	13	239
	(F ₂) BC ₂ F ₁	143	47	17	14	4	9	4	4	4	2	248
TNG67 (R) A / TNGSY175	(F ₂) BC ₁ F ₂	3	1	3	2	5	6	8	8	0	0	36
	(F ₂) BC ₂ F ₁	24	1	3	3	2	0	1	1	0	0	35
TNG67 (R) A / TNGSY176	(F ₂) BC ₁ F ₂	36	17	7	14	12	12	16	24	20	0	158
	(F ₂) BC ₂ F ₁	81	19	22	25	21	5	6	1	0	0	180
Total	(F ₂) BC ₁ F ₂	138	72	53	75	71	59	72	111	100	28	779
	(F ₂) BC ₂ F ₁	426	156	69	57	38	17	12	8	5	2	790

回交是將某些特定基因導入某品種(系),而保存其他基因於該品種(系)的方法,本試驗採用回交與自交並行的辦法,進行 Rf 基因之轉移,調查 (F₂)BC₁F₁ 及 F₃ 的稔實率,其結果;自 F₂ 族羣選高稔實單株為母本,與臺農67號回交,其 F₁ 稔實率低於20%的比例高達66.7%,顯示回交使稔實率趨於劣勢。從 (F₂)BC₁F₁ 再與臺農67號回交,其 F₁ 稔實率低於20%的比例高達73.67%,顯示再回交使稔實率更趨於劣勢,即低稔實率所佔的比例因回交次數而增加,而高稔實個體減少,其變異因組合不同而異。回交之雜種 F₁ 其稔實率超過70%的比例,在 (F₂)BC₁F₁ 世代,以臺農67(WA)A/臺農秈育169組合較多(13.95%),其次為臺農67(R)/臺農秈育169組合(6.55%),而在 (F₂)BC₂F₁ 世代,則以臺農67(R)A/臺農秈育169組合較多(4%),顯示臺農秈育169之恢復基因之作用較強。(F₂)BC₁F₂ 族羣有19~53%之個體稔實率超過70%,而 F₂ 及 F₃ 有6~23%及12~46%之個體稔實率超過70%(表1及表5), (F₂)BC₁F₂ 族羣的高稔實率比例較 F₂ 及 F₃ 高,顯示自 (F₂)BC₁F₁ 選高稔實單株的選拔效果,比從 F₂ 選拔之效果大。

自從1966年 Shinjyo 和 Omura⁽¹⁷⁾ 首次證明栽培稻內確實存在著細胞質雄不稔及稔性恢復基因,而後許多學者不斷地探討細胞質雄不稔性及稔性恢復基因,發現不同來源之細胞質雄不稔性,並培育許多和型細胞質雄不稔性及稔性恢復系統,供秈稻雜種品種育種之用,而在稈稻則未見有關報告^(8,9,16,19)。稻細胞質雄不稔性之稔性恢復基因的數目,因研究者所用材料不同,而有不同的結論。Huang 等⁽¹³⁾ 認為是一對以上的顯性基因。Govinda Raj et al.⁽¹¹⁾ 認為是一到三對基因控制。Fu⁽¹⁰⁾, Lei et al.⁽¹⁴⁾, Lin and Yuan⁽¹⁵⁾, Young and Virmani⁽²²⁾ 等認為是二對顯性基因。Yang and Lu⁽²¹⁾ 指出 IR24 有 Rf₁Rf₁ 和 Rf₂Rf₂ 二對基因,Rf₁ 的影響較 Rf₂ 強。黃等⁽³⁾ 認為係受到三到四對顯性基因控制。Cai and Wang⁽⁷⁾ 報告指出,在 Nanzao、Zhonggangao、Erjiunan

、Kensulos 等 WA 型雄不稔系中，有一對抑制 Rf_1 或 Rf_2 恢復基因的顯性基因。這些研究皆以秈稻為材料，未涉及秈稔雜交，影響稔性恢復基因的因素較少。本試驗係以秈稔雜交，因而有複雜的不同基因系統影響稔實率，致使細胞質雄不稔性之恢復機制比較難予解釋，唯由本試驗的結果：回交之雜種 F_1 稔實率顯著降低，可以了解臺農76號具有某抑制基因，影響恢復基因之作用。而雜種有複雜的不同基因系統影響稔實率，因此細胞質雄不稔性之恢復機制比較難予單獨研究，尚待進一步探討。

就本試驗的初步結果而言，欲將秈稻之細胞質雄不稔性的稔性恢復基因轉移到稔稻，不能採用連續回交，此乃回交會使稔實率降低，在選拔時容易疏忽，而以回交與自交並行或交替進行，細胞質雄不稔性的稔性恢復基因較易表現。以此方法選出285個 $(F_2)BC_2F_2$ 及 $(F_2)BC_1F_3$ 之系統，正在本所農場繼續調查選育中，待今年調查以後，將可獲得更多的訊息，了解秈稻之細胞質雄不稔性的稔性恢復基因，在稔型細胞質雄不稔系的表現。由本試驗從 F_2 及 $(F_2)BC_1F_1$ 選拔高稔實單株，其後代具有頗多的高稔實個體，顯示選拔有效，預料育成稔型細胞質雄不稔性的稔性恢復系是可行的。

引用文獻

1. 陳治官、黃眞生。1986。稔稻細胞質雄不稔品種的稔性恢復系之篩檢。七十四年稻作改良年報，pp. 166—167。臺灣省政府農林廳。
2. 黃眞生、陳正昌、林芳洲、陳楚山、林再發、郭金條、郭同慶、李超運。1983。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。
3. 黃眞生、曾東海、陳治官。1987。秈稻細胞質雄不稔性恢復基因之遺傳分析。中華農業研究36：137—150。
4. 黃眞生、陳治官、曾東海、陳正昌、林永估、陳錫欽。1987。雜種水稻之育成。七十五年稻作改良年報，pp. 193—199。臺灣省政府農林廳。
5. 曾東海、黃眞生。1987。雜種水稻的產量與組合力。中華農業研究36：151—164。
6. 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。
7. Cai, F. G., and Y. X. Wang. 1933. Genetic regulation of male sterility restorer gene in rice cytoplasm. *Shanghai Agri. Sci. and Tech.* 3: 10-12 (cited from *Plant Breeding Abstracts*, 1984, Vol. 54, #1004).
8. Carnahan, H. L., J. R. Erickson, S. T. Tseng, and J. N. Rutger. 1972. Outlook for hybrid rice in the USA. In: *Rice Breeding*. pp. 603-607. Intl. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.
9. Fang, C. N., X. Z. Lo, S. F. Wang and Y. G. Zhu. 1982. Advances in the study of hybrid rice in China. *Agri. Sinica* 5: 1-9 (cited from *Rice Abstracts*, 1983, Vol. 6, #2019).
10. Fu, O. 1985. Studies on the inheritance of restorer genes for wild-abortion cytoplasmic sterility in rice (*Oryza sativa*, subsp. Hsien Ting). *Fujian Nongxueyuan Xuebao* 14: 194-202 (Cited from *Plant Breeding Abstracts*, 1986, Vol. 56, #10649).
11. Govinda, R. K., A. R. Sadananda, and E. A. Siddiq. 1984. Isolation of maintainers and restorers for Chinese male-sterile lines. *Intl. Rice Res. Newsl.* 9(2): 7-8.
13. Huang, C. S., T. H. Tseng, and C. Liu. 1986. Inheritance of fertility restoration of cytoplasmic male sterility in Indica rice. In: *Rice Genetics*. pp. 649-654 Intl. Rice Gentic. pp. 649—654 Intl. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.
14. Lei, J. C., N. S. Yiu, and X. P. Zhun. 1984. Genetic analysis in breeding maintainer lines of wild abortive-type male sterility in rice. *Sci. Agri. Sinica* 5: 30-34 (cited from *Plant Breeding Abstracts*, 1984, Vol. 54, #1790).
15. Lin, S. C., and L. P. Yuan. 1980. Hybrid rice breeding in China. In: *Innovative Approaches to Rice Breeding*. pp. 35-51. Intl. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.
16. Rutger, J. N., and C. Shinjyo. 1980. Male sterility in rice and its potential use in breeding. In:

- Innovative Approaches to Rice Breeding. pp. 53-56. Intl. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.
17. Shinjyo, C., and T. Omura. 1966. Cytoplasmic-genetic male sterility in cultivated rice, *Oryza sativa* L. I. Fertilities of F₁, F₂ and offspring obtained from their mutual reciprocal backcrosses and segregation of completely male sterile plants. Japan J. Breed. 16 : 179-180. (in Japanese).
 18. Stansel, J. W., and J. P. Craigmiles. 1966. Hybrid rice--problems and potentials. Rice J. 69(5) : 14-15.
 19. Swaminatan, M. S., E. A. Siddiq, and S. D. Sharma. 1982. Outlook for hybrid rice in India. In: Rice Breeding. pp. 609-613. Intl. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.
 20. Virmani, S. S., and R. C. D. Dalmacio. 1987. Cytogenic relationship between two cytoplasmic male-sterile lines. Intl. Rice Res. Newsl. 12(1) : 14.
 21. Yang, R. C., and H. R. Lu. 1984. Preliminary analysis of restorer genes in the rice restorer line IR24. Acta Agri. Sinica 10 : 81-86 (cited from Rice Abstracts, 1985, Vol. 10, #1723).
 22. Young, J. B., and S. S. Virmani. 1984. Inheritance of fertility restoration in a rice cross. Rice Genet. Newsl. 1 : 102-103.

Breeding for Cytoplasmic Male Sterility Restorer Lines in Japonica Rice¹

T. H. Tseng²

Summary

Japonica cytoplasmic male sterile (CMS) lines, Tainung 67(WA)A and Tainung 67(R)A were used as maternal parents for crossing with Indica restorer lines Tainung Sen Yu 91, 169, 175, 176 and 178 to investigate the performances of restorer genes in the selfing and backcrossing offsprings. The purpose of this experiment was to develop Japonica CMS restorer lines for breeding Japonica hybrid rice varieties. Experimental results indicated that fertility rates of hybrid F_1 from crosses between Japonica CMS and Indica restorer lines were lower than 50%. Six F_2 populations showed a tendency of lower fertility rate. However, 6-23% of plants from the F_2 populations still possessed fertility rate higher than 70%. Selection from such plants produced 12-46% of individuals in F_3 generations showing fertility rate above 70%. The results indicated that the selection in improving the fertility rate of Japonica CMS restorer lines was efficient to at least some extent. Selected high fertility plants from F_2 populations backcrossed to Tainung 67 showed a gradual decrease in fertility rate when the backcrossing number increased. Selection of individuals from $(F_2)BC_1F_1$ with high fertility rate were able to produce 19-53% of plants possessing fertility rate over 70%. In other words, selection efficiency from backcross progenies was higher than that from the F_2 populations. Higher potency of restorer gene in Tainung Sen Yu 169 as the parent resulted in higher percentage of offsprings carrying high fertility rate, especially in the cross of Tainung 67(R)A \times Tainung Sen Yu 169. Experimental results also showed a positive correlation between percentage of functional pollen and fertility rate. Selections from $(F_2)BC_2F_1$ and $(F_2)BC_1F_2$ populations are currently subjected to further tests by pedigree method in this laboratory.

1. Contribution No. 1480 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.