

## 乾旱逆境下水稻 F<sub>2</sub> 族群之遺傳變異

林孟輝<sup>1\*</sup>、古新梅<sup>2</sup>、吳詩都<sup>2</sup>、曾富生<sup>2</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會桃園區農業改良場

<sup>2</sup>國立中興大學農藝學系

### 摘要

本研究為探討水稻耐旱性之遺傳特性，以兩個雜交組合 IR36 × 臺中 189 及臺中 189 × 臺中 10 之 F<sub>2</sub> 世代進行試驗，結果顯示 F<sub>2</sub> 雜交後代在乾旱逆境下，株高、穗重、千粒重、一穗穎花數、單株產量等都具有超越兩親的分離，因此可作為特定性狀選拔之參考。乾旱敏感指數在兩組合中均有相當高的遺傳率 (IR 36 × TC 189 為 99.3%，TC 189 × TCS 10 為 99.4%)，且 TC 189 × TCS 10 具有高遺傳變異 (GCV = 79.1%)，顯示此組合具有較廣的變異潛能。就 F<sub>2</sub> 雜交後代之耐旱性分離情形觀之，IR 36 × TC 189 族群呈 1 (抗或耐) : 3 (不耐) 之比率，表示此組合有關耐旱性之遺傳因子為一對隱性基因。TC 189 × TCS 10 族群則呈 9 (抗或耐) : 7 (不耐) 之比率，表示此組合有關耐旱性之遺傳因子至少有二對。因此，有關水稻耐旱性的育種選拔，將依雜交親本的不同而有差異。

**關鍵詞：**乾旱、水稻、遺傳變異。

### Genetic Variation of F<sub>2</sub> Populations of Rice Grown under Water Deficiency

Meng-Huei Lin<sup>1\*</sup>, Hsin-Mei Ku<sup>2</sup>,  
Shu-Tu Wu<sup>2</sup> and Fu-Sheng Thseng<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Hsinwu, Taoyuan Hsien 32745, Taiwan ROC

\* 通信作者, tcsuper@tydais.gov.tw

投稿日期：2008 年 11 月 6 日

接受日期：2009 年 3 月 4 日

作物、環境與生物資訊 6:37-50 (2009)

Crop, Environment & Bioinformatics 6:37-50 (2009)

189 Chung-Cheng Rd., Wufeng, Taichung Hsien 41362, Taiwan ROC

<sup>2</sup> Department of Agronomy, National Chung-Hsing University, Taichung 40227, Taiwan ROC

### ABSTRACT

Two F<sub>2</sub> populations of the crosses IR36 × Taichung 189 and Taichung 189 × Taichung Sen 10 were investigated to study the inheritance of drought tolerance in paddy rice. The results showed that the distribution of plant height, panicle weight, thousand-grain weight, spikelet number per panicle and grain yield per plant in F<sub>2</sub> populations exceeded the characteristics of parents under water deficiency. These characteristics can be used as the selection markers of drought tolerance in paddy rice. The high heritability of drought sensitivity index implies that selections may be carried out in early generations. The plants were classified as drought tolerant or susceptible based on the plasticity of leaf rolling levels. The F<sub>2</sub> population of the cross IR 36 × Taichung 189 showed segregation ratio of 1 tolerant : 3 susceptible. Results suggest that tolerance in these genotypes is conditioned by single recessive gene. The cross Taichung 189 × Taichung Sen 10 showed segregation ratio of 9 tolerance : 7 susceptible, implying that at least two genes were responsible for drought tolerance. Thus, the selection results of paddy rice for drought tolerance are dependent on the nature of their parents.

**Key words:** Water deficiency, Rice (*Oryza sativa* L.), Genetic variation.

### 前言

乾旱為氣象水文之極端現象，其主要現象為雨水匱乏，致在某一水經理系統下，河溪流量不能順利供應現有民生用水及作物需水時所發生之週期缺水現象 (COA and CHADF 1995)。臺灣屬亞熱帶海島型氣候，年平均降

雨量雖在 2500 mm 左右,約為世界平均值的 2.5 倍。但受自然環境支配,降雨不論地區分佈或時間分配均有顯著不同,豐枯水期明顯,河川流量變化甚大。枯水期可供利用之水源有限,供應各標的用水常感不足,造成乾旱現象。

有關水稻耐旱性之研究,以往許多學者亦曾針對此特性進行遺傳分析。但有關控制水稻抗或耐旱性之遺傳,可因品種的不同或同一品種不同部位或因調查性狀不同,而有相當大的差異。如 Armento-Soto *et al.* (1983)指出具有深根系統的品種,較具耐旱性,而長且濃密的根系及高根莖比皆由顯性等位基因控制。Chang *et al.* (1986)則認為長根是顯性基因控制,但濃密的根是顯性微效基因的作用。Ekanayake *et al.* (1985a)指出 F<sub>2</sub> 族群有高的根拉力抗性,是由累加及顯性基因控制。Singh and Mackill (1991)指出葉片捲曲的敏感品種,是由單一顯性基因所控制。然而,有關水稻農藝性狀在乾旱逆境下之遺傳特性的研究報告並不多見,因此本試驗探討水稻雜交 F<sub>2</sub> 後代在乾旱逆境下之遺傳行為。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

臺中 189 號為臺灣育成之日本型水稻品種,其耐旱等級經篩選後在土壤水分張力達 50 kPa 呈第 8 等級,對乾旱較敏感;而臺中秈 10 號及 IR 36 為印度型品種,其耐旱等級第 1 等級,對乾旱的忍耐力較佳(Lin *et al.* 2006)。因此本試驗使用 IR 36 x 臺中 189 號(IR 36 x TC 189)及臺中 189 號 x 臺中秈 10 號(TC 189 x TCS 10)之 F<sub>2</sub> 雜交後代為材料。

親本及其雜交後代 F<sub>2</sub> 於 2001 年一期作在農委會桃園區農業改良場網室種植。採育苗箱育苗,俟第三葉展開後單本種植於塑膠盆(長:寬:高=90:70:45 cm),每盆種 12 株。每一組合親本種 3 盆, F<sub>2</sub> 種 18 盆。移植後 30 天進行斷水,土壤水分張力達 0.05 MPa,而後予以灌溉恢復生長,土壤水分以土壤水分張力計(Irrrometer Company, Inc., Riverside,

CA, USA)埋於土層 20 cm 下監測。肥料施用全量為 N:P<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:K<sub>2</sub>O = 12:7.2:7.2 g m<sup>-2</sup>,分移植前(全量之 30%)、移植後第 10 天(全量之 40%)及移植後第 20 天(全量之 30%)施用。水稻耐旱性以乾旱敏感指數(drought sensitivity index)表示,其評估方法參照 IRRI (1996)編印之「Standard Evaluation System for Rice」,屬 1 級者其葉片不受影響;屬 3 級者其葉片開始捲曲呈輕微 V 型;屬 5 級者其葉片捲曲呈較嚴重之 V 型;屬 7 級者其葉片捲曲呈 U 型;屬 9 級者其葉片邊緣捲曲互相接觸呈 O 型完全捲曲。植株成熟時調查其株高、分蘗數、穗重、稔實率、千粒重、一穗穎花數等農藝性狀及單株產量, IR36 x TC 189 共調查 F<sub>2</sub> 族群 194 株, TC 189 x TCS 10 調查 F<sub>2</sub> 族群 207 株,親本 10 株。各性狀調查皆以單株為單位,調查組合內每一性狀之平均值,進行變方及變積分析,以此數據進行各性狀遺傳率及相關係數值之估計,並以兩雜交組合農藝性狀之表現型相關,進行主成分因子分析,估算各因子之負荷量(factor loading),並經 varimax rotation,使各因子內不同性狀之負荷量間呈現最大的變異,以彰顯性狀間的相互關係(Johnson and Wichern 1988)。

## 結 果

### 一、各性狀之頻度分布及平均值

兩個雜交組合 F<sub>2</sub> 族群及其親本的農藝性狀變異列於 Figs. 1、2 及 Tables 1、2。兩組合 F<sub>2</sub> 族群之株高均呈常態分布, IR 36 x TC 189 有超越兩親本之分離,族群平均值偏近平均值較大之親本,而 TC 189 x TCS 10 則呈現偏向平均值較大之親本之超顯性。兩組合 F<sub>2</sub> 族群之分蘗數均呈右偏歪分布,且呈超越平均值較大之親本分離,兩組合之族群平均值均高於平均值較大之親本。兩組合 F<sub>2</sub> 族群之穗重均呈右偏分布,並有超越兩親本之分離; IR 36 x TC 189 之族群平均值低於平均值較小之親本,而 TC 189 x TCS 10 則偏近平均值較小之親本。IR 36 x TC 189 之稔實率呈右偏歪分

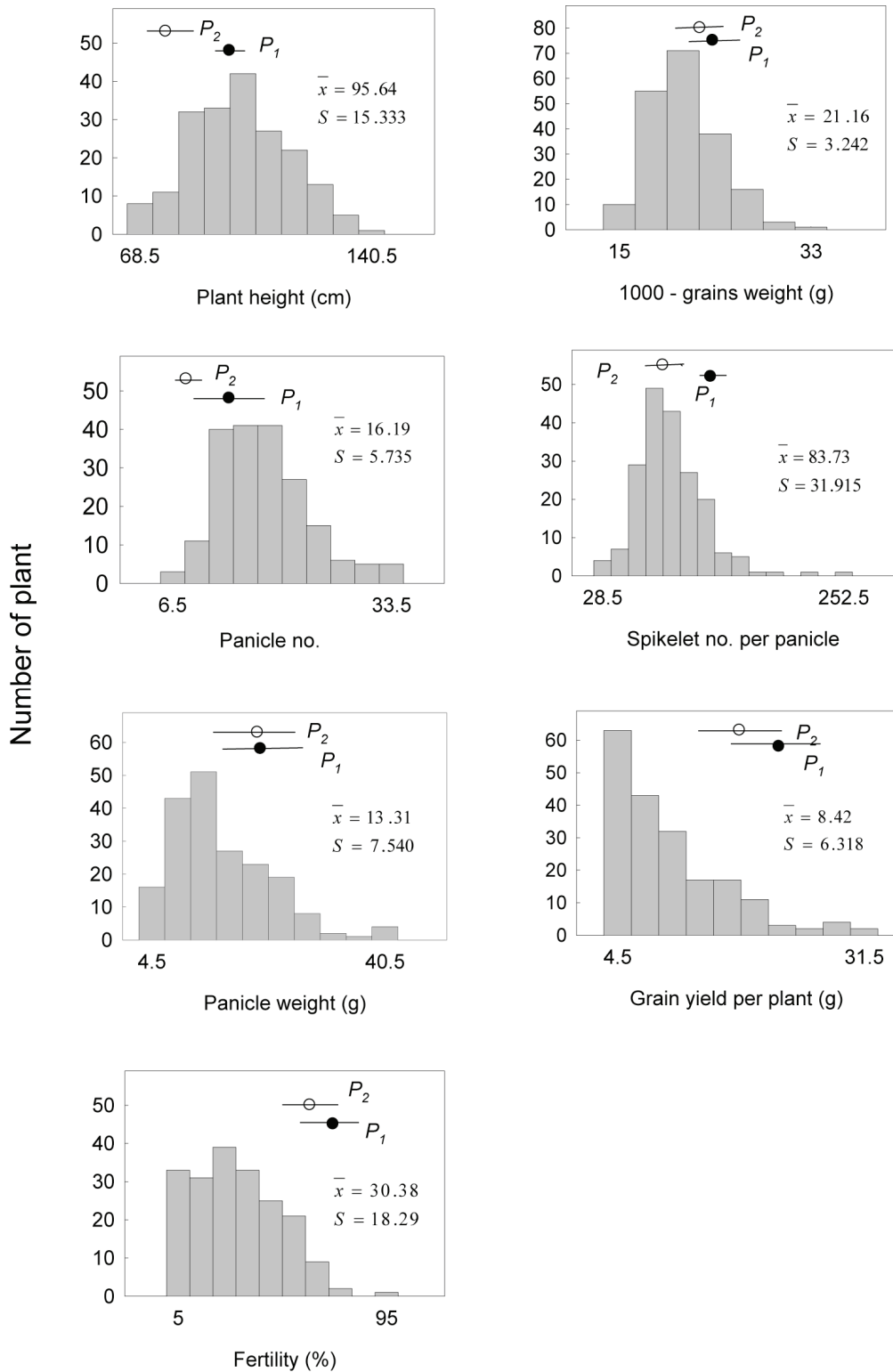


Fig. 1. Frequency distribution for seven characters in F<sub>2</sub> population of IR 36(P<sub>1</sub>) x TC 189(P<sub>2</sub>).

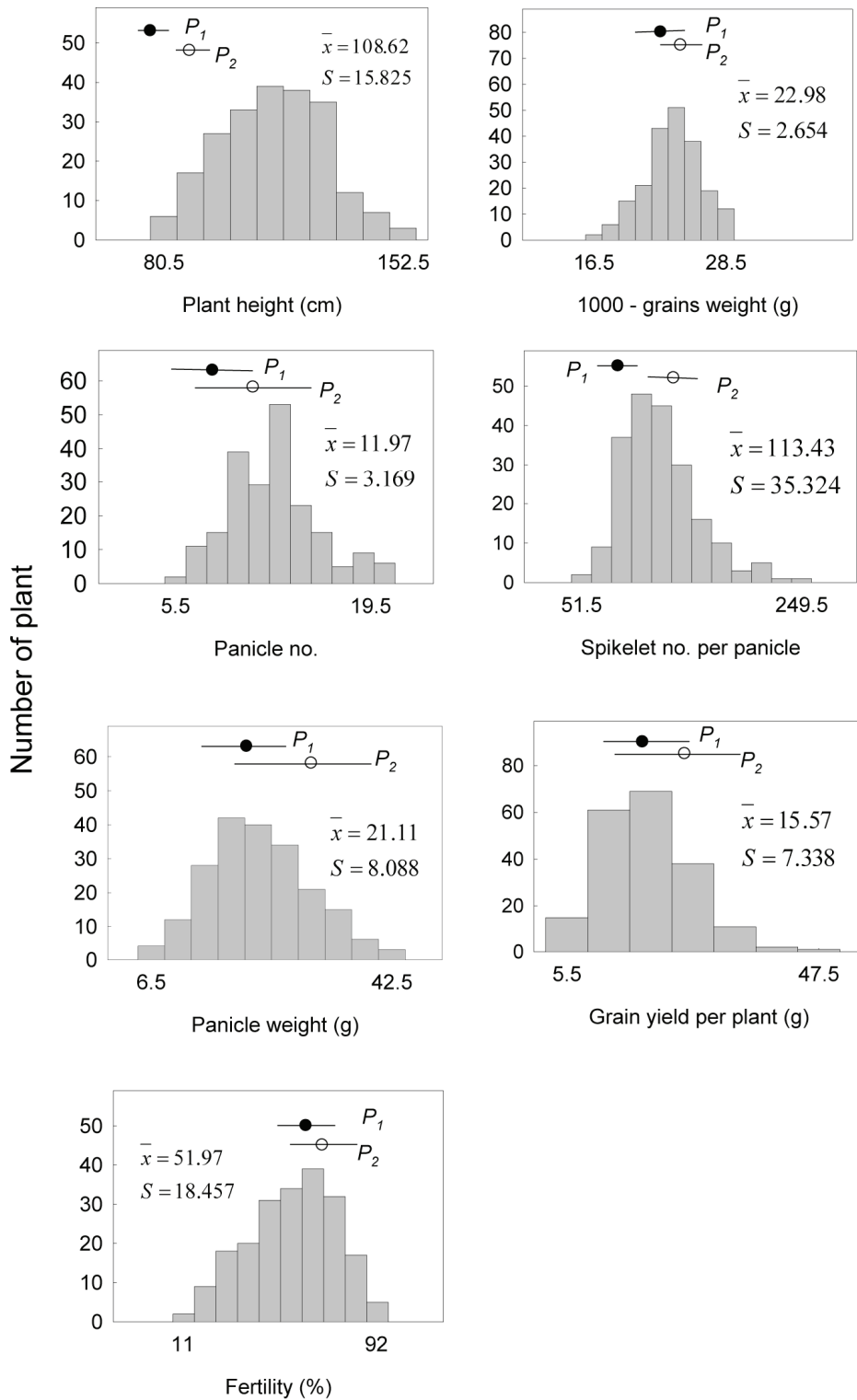


Fig. 2. Frequency distribution for seven characters in F<sub>2</sub> population of TC 189(P<sub>1</sub>) x TCS 10(P<sub>2</sub>).

Table 1. Means of the agronomic traits in the F<sub>2</sub> and their parents of cross IR 36 x TC 189 under water deficiency treatment.

Character	IR 36	TC 189	F <sub>2</sub>
Plant height (cm)	96.4 ± 2.8	76.6 ± 3.8	95.6 ± 15.3
Panicle no.	15.1 ± 3.1	10.5 ± 1.2	16.2 ± 5.7
Panicle weight (g)	21.3 ± 4.3	20.9 ± 3.8	13.3 ± 7.5
Fertility (%)	72.7 ± 8.6	62.8 ± 8.6	30.4 ± 18.2
1000-grain weight (g)	23.8 ± 1.4	22.6 ± 1.0	21.1 ± 3.2
Spikelet no. per panicle	129.1 ± 7.1	84.7 ± 10.5	83.7 ± 31.9
Grain yield per plant (g)	22.2 ± 3.2	17.9 ± 3.7	8.4 ± 6.3
Drought sensitivity index	1.2 ± 0.2	7.7 ± 0.3	7.0 ± 3.1

Table 2. Means of the agronomic traits in the F<sub>2</sub> and their parents of cross TC 189 x TCS 10 under water deficiency treatment.

Character	TC 189	TCS 10	F <sub>2</sub>
Plant height (cm)	76.6 ± 3.8	88.4 ± 2.6	108.6 ± 15.8
Panicle no.	10.5 ± 1.2	11.0 ± 2.3	12.0 ± 3.2
Panicle weight (g)	20.9 ± 3.8	30.5 ± 7.1	21.1 ± 8.1
Fertility (%)	62.8 ± 8.6	69.6 ± 7.4	52.0 ± 18.5
1000-grain weight (g)	22.6 ± 1.0	24.4 ± 1.0	23.0 ± 2.7
Spikelet no. per panicle	84.7 ± 10.5	134.8 ± 12.6	113.4 ± 35.3
Grain yield per plant (g)	17.9 ± 3.7	25.2 ± 6.5	15.6 ± 7.3
Drought sensitivity index	7.7 ± 0.3	1.7 ± 0.3	4.1 ± 3.3

布，有超越平均值較小之親本分離，而 TC 189 x TCS 10 近於常態分布，有超越兩親本之分離；兩組合之族群平均值均低於平均值較小之親本。IR 36 x TC 189 之千粒重呈右偏歪分布，呈超越兩親本之分離，且族群平均值均低於平均值較小之親本；而 TC 189 x TCS 10 呈常態分布，呈超越兩親本之分離，族群平均值介於兩親本間。兩組合 F<sub>2</sub> 族群之一穗穎花數均呈右偏分布，並有超越兩親本之分離；IR 36 x TC 189 平均值低於平均值較小之親本，而 TC 189 x TCS 10 平均值介於兩親本間，且偏近平均值較大之親本。兩組合 F<sub>2</sub> 族群之每株產量均呈右偏分布，並有超越兩親本之分離；兩組合之族群平均值均低於平均值較小之親本。

## 二、遺傳率

以變方成分之方法計算兩組合 F<sub>2</sub> 族群 7 個農藝性狀及乾旱敏感指數之變異係數及廣

義遺傳率，結果列於 Tables 3、4，7 個農藝性狀之表現型變異係數(PCV)與遺傳型變異係數(GCV)之大小順序大致相似，其中 IR 36 x TC 189 之單株產量具有高遺傳變異(GCV ≥ 50%)，分蘗數、穗重、稔實率、一穗穎花數等 4 個性狀具有中遺傳變異(50% > GCV ≥ 20%)，而株高及千粒重具有低遺傳變異(GCV < 20%)；乾旱敏感指數則具有中遺傳變異(43.5%)。

TC 189 x TCS 10 除株高及千粒重具有低遺傳變異外，其餘 5 個性狀具有中遺傳變異；而乾旱敏感指數則具有高遺傳變異(79.1%)。

7 個農藝性狀之廣義遺傳率，在 IR 36 x TC 189 有株高、分蘗數、千粒重、一穗穎花數之遺傳率高於 80%，而穗重、單株產量介於 60~80%，其餘稔實率低於 60%；而乾旱敏感指數之遺傳率為 99.4%。在 TC 189 x TCS

Table 3. Genotypic coefficient of variation (GCV), phenotypic coefficient of variation (PCV) and heritability ( $h^2$ ) estimates for agronomic characters of  $F_2$  (IR 36 x TC 189) population under water deficiency treatment.

Character	GCV (%)	PCV (%)	$h^2$ (%)
Plant height (cm)	15.61	15.99	95.19
Panicle no.	32.10	35.31	82.67
Panicle weight (g)	47.43	56.55	70.43
Fertility (%)	45.16	60.01	56.61
1000-grain weight (g)	14.05	15.25	84.88
Spikelet no. per panicle	44.89	47.78	88.27
Grain yield per plant (g)	62.12	75.02	68.58
Drought sensitivity index	43.48	43.62	99.38

Table 4. Genotypic (GCV), phenotypic coefficient (PCV) of variation and heritability estimate for agronomic characters of  $F_2$  (TC 189 x TCS 10) population under water deficiency treatment.

Character	GCV (%)	PCV (%)	$h^2$ (%)
Plant height (cm)	14.32	14.54	96.97
Panicle no.	21.37	26.35	65.75
Panicle weight (g)	29.42	40.09	53.84
Fertility (%)	31.85	35.42	80.88
1000-grain weight (g)	10.61	11.53	84.78
Spikelet no. per panicle	27.93	31.08	80.75
Grain yield per plant (g)	34.64	47.94	52.21
Drought sensitivity index	79.05	79.33	99.30

10 中遺傳率高於 80% 者有株高、稔實率、千粒重、一穗穎花數，介於 60~80% 者為分蘗數，低於 60% 者有穗重、單株產量；而乾旱敏感指數之遺傳率為 99.3%。

### 三、性狀間之相關關係

計算兩組合  $F_2$  族群 7 個農藝性狀及乾旱敏感指數間之表現型及遺傳型之相關係數，結果示於 Tables 5、6，兩組合之遺傳型相關值大體上均比表現型相關值為大。在 IR 36 x TC 189 中各性狀間達顯著正相關者有株高與穗重、稔實率、千粒重、一穗穎花數、單株產量，分蘗數與穗重，穗重與稔實率、千粒重、一穗穎花數、單株產量，稔實率與千粒重、單株產量，千粒重與一穗穎花數、單株產量，以及一穗穎花數與單株產量。而分蘗數與一穗穎花數及稔實率與乾旱敏感指數間，均呈顯著負相關。在 TC

189 x TCS 10 中各性狀間達顯著正相關者有株高與穗重、一穗穎花數，分蘗數與穗重、一穗穎花數、單株產量，穗重與稔實率、千粒重、一穗穎花數、單株產量，稔實率與千粒重、單株產量，千粒重與單株產量，以及一穗穎花數與單株產量。而乾旱敏感指數與穗重、稔實率、千粒重、單株產量間，均呈顯著負相關。

又估計乾旱敏感指數與單株產量相關及簡單回歸，其結果如 Figs. 3 及 4 所示，指標等級與單株產量之相關在 IR 36 x TC 189 組合為 0.077 ( $R^2 = 0.006$ )，未達顯著標準；在 TC 189 x TCS 10 組合為 0.282 ( $R^2 = 0.080^{**}$ )，則達顯著標準。

### 四、主成分因子分析

利用各組合  $F_2$  集團所調查的性狀之表現型相關，進行主成分因子分析，由 Table 7 可

知，IR 36 × TC 189 之第一主因子之特徵值為 2.570，可解釋的累加變異量為 74.7%，各性狀之成分係數除乾旱敏感指數外均為正值。第二主因子之特徵值為 0.784，前二因子可解釋的累加變異量達 97.5%，除分蘗數與稔實率之

成分係數為負值外，其餘性狀均為正值。將 8 個性狀以第一、二轉軸因子為座標作散布圖，來探討性狀間的綜合關係表現，與單株產量 (G) 關係最密切者為穗重 (C) 及稔實率 (D)。其次株高 (A)、千粒重 (E)、一穗穎花數 (F) 等性狀

Table 5. Phenotypic and genotypic correlation coefficients among agronomic characters of F<sub>2</sub> (IR 36 × TC 189) population under water deficiency treatment.

Character		PN	PW	FE	GW	SN	Y	DSI
PH <sup>x</sup>	r <sub>P</sub> <sup>y</sup>	-0.093	0.286**	0.164*	0.198**	0.312**	0.218**	0.065
	r <sub>G</sub> <sup>z</sup>	-0.088	0.325	0.172	0.172	0.353	0.226	0.066
PN	r <sub>P</sub>		0.239**	-0.139	0.035	-0.299**	0.091	-0.137
	r <sub>G</sub>		0.090	-0.397	0.162	-0.250	-0.123	-0.155
PW	r <sub>P</sub>			0.554**	0.312**	0.265**	0.846**	-0.084
	r <sub>G</sub>			0.791	0.486	0.347	0.797	-0.088
FE	r <sub>P</sub>				0.197*	0.065	0.696**	-0.147*
	r <sub>G</sub>				-0.076	-0.758*	0.495	-0.224
GW	r <sub>P</sub>					0.146*	0.344**	0.005
	r <sub>G</sub>					0.123	0.509	0.010
SN	r <sub>P</sub>						0.275**	0.114
	r <sub>G</sub>						0.452	0.159
Y	r <sub>P</sub>							-0.092
	r <sub>G</sub>							-0.0807

<sup>x</sup> PH: Plant height; PN: Productive tillers; PW: Panicle weight; FE: Fertility; GW: 1000-grain weight; SN: Spikelet No.; Y: Grain yield per plant; DSI: Drought sensitivity index.

<sup>y</sup> r<sub>P</sub>: Phenotypic correlation coefficient.

<sup>z</sup> r<sub>G</sub>: Genotypic correlation coefficient.

\*, \*\*: Significant difference at 5% and 1% levels, respectively.

Table 6. Phenotypic and genotypic correlation coefficients among agronomic characters of F<sub>2</sub> (TC 189 × TCS 10) population under water deficiency treatment.

Character		PN	PW	FE	GW	SN	Y	DSI
PH <sup>x</sup>	r <sub>P</sub>	-0.047	0.214**	-0.090	-0.091	0.361**	0.119	-0.054
	r <sub>G</sub>	-0.013	0.336	-0.137	-0.135	0.394	0.177	-0.055
PN	r <sub>P</sub>		0.330**	-0.077	0.075	-0.223**	0.242**	0.032
	r <sub>G</sub>		0.035	-0.034	0.149	-0.139	-0.084	0.082
PW	r <sub>P</sub>			0.463**	0.295**	0.461**	0.934**	-0.190**
	r <sub>G</sub>			0.603	0.350	0.581	0.886	-0.261
FE	r <sub>P</sub>				0.297**	-0.091	0.672**	-0.324**
	r <sub>G</sub>				0.177	-0.149	0.850	-0.368
GW	r <sub>P</sub>					-0.070	0.426**	-0.230**
	r <sub>G</sub>					-0.081	0.489	-0.246
SN	r <sub>P</sub>						0.335**	-0.051
	r <sub>G</sub>						0.377	-0.071
Y	r <sub>P</sub>							-0.282**
	r <sub>G</sub>							-0.403

<sup>x</sup> Descriptions of abbreviations are the same as show in Table 5.

\*, \*\*: Significant difference at 5% and 1% levels, respectively.

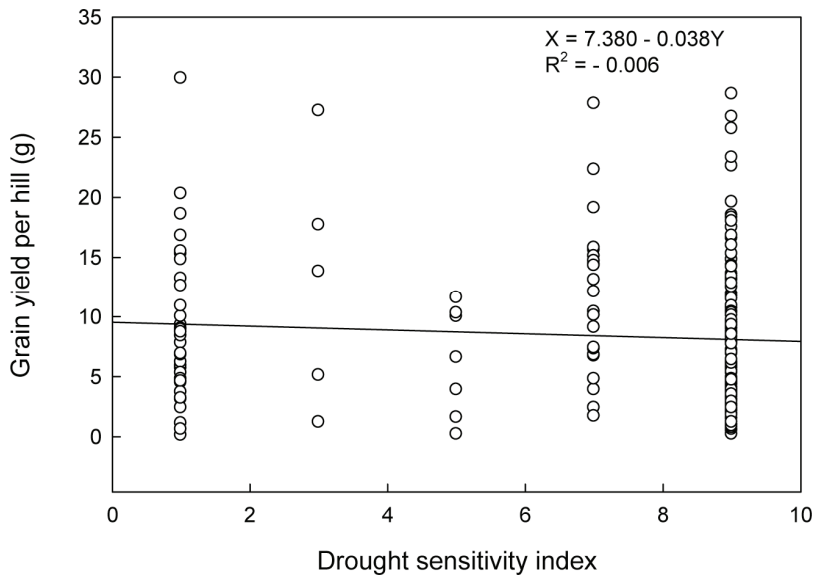


Fig. 3. Correlation of grain yield per hill (Y) and drought sensitivity index (X) in IR 36 x TC 189 cross.

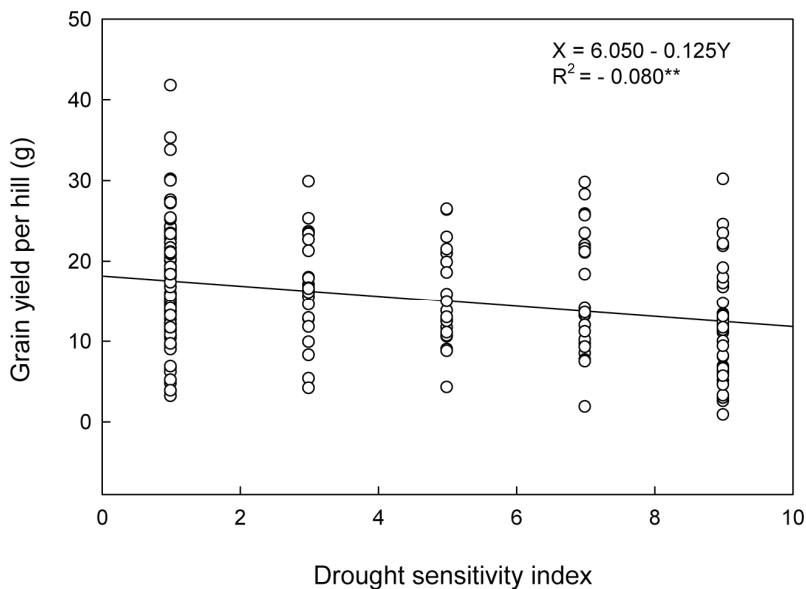


Fig. 4. Correlation of grain yield per hill (Y) and drought sensitivity index (X) in TC 189 x TCS 10 cross.

彼此間關係亦較密切，惟與產量雖有相關，但重要性較小；分蘗數(B)及乾旱敏感指數(H)則自成一羣(Fig. 5)。

TC 189 x TCS 10 之第一主因子之特徵值為 2.712，可解釋的累加變異量為 60.5%，各性狀之成分係數除株高、分蘗數及乾旱敏感指

數為負值外，其餘性狀均為正值。第二主因子之特徵值為 1.077，前二因子可解釋的累加變異量為 84.6%，除分蘗數、稔實率、千粒重及乾旱敏感指數之成分係數為負值外，其餘性狀均為正值(Table 7)。將 8 個性狀以第一、二轉軸因子為座標作散布圖，來探討性狀間的綜合



關係表現，與單株產量(G)關係最密切者為穗重(C)、稔實率(D)、千粒重(E)及乾旱敏感指數(H)；株高(A)、分蘗數(B)、一穗穎花數(F)介於兩者之間(Fig. 6)。

### 五、耐旱性之遺傳

乾旱敏感指數 1 級者為抗旱，指數 3 級者為耐旱，指數 5 級者為中感，指數 7 級者為不耐旱，指數 9 級者為極不耐旱。1~3 級者再恢復適當灌溉時，生長狀態易於恢復，可歸於具抗旱或耐旱性；而 5~9 級者再恢復適當灌溉時，生長狀態難於恢復，可歸於對乾旱具有不耐旱。

由 Table 8 結果可知，在 IR 36 x TC 189 之 F<sub>2</sub> 族群，耐旱(39 株)與不耐旱(155 株)之分離比經  $\chi^2$  適合度檢測，呈 1:3 之比率，不耐旱為顯性，耐旱性為隱性一對之基因控制。

TC 189 x TCS 10 之耐旱(117 株)與不耐旱(90 株)之分離比經  $\chi^2$  適合度檢測，則呈 9:

7 之比率，表示此組合有關耐旱性之遺傳因子至少有二對。

### 討 論

水稻(*Oryza sativa* L.)屬於淺根系統的作物，對吸收深層土壤水分的能力很有限(Puckridge and O'Toole 1981, Fukai and Inthapan 1988)，對缺乏土壤水分的環境非常敏感(Inthapan and Fukai 1988)，但是乾旱逆境卻威脅全球約 50% 的水稻耕作面積(Hanson *et al.* 1990)。因此，許多育種學家莫不針對此進行研究，希望能找出抗旱或耐旱特性以作為栽培及育種之參考。

雜交育種的目的是希望自雜交後裔族群中，選拔表現優異之個體，一般期望雜種族群分離之個體能超出兩親遺傳變異之範圍，除能選出較兩親為優之基因型外，並能擴大遺傳的變異性(Morishima 1984)。因此，雜種族群超

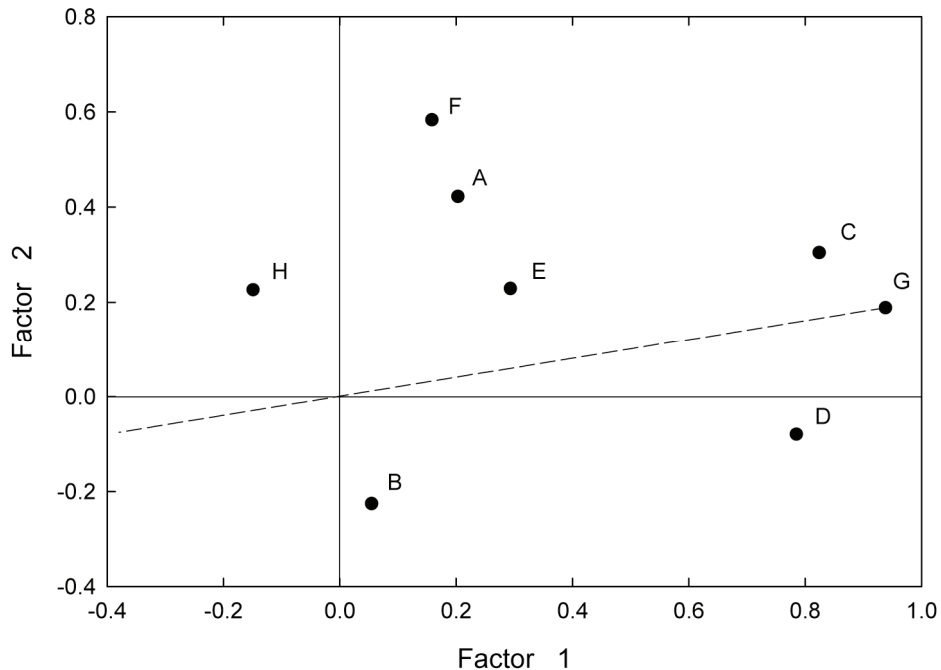
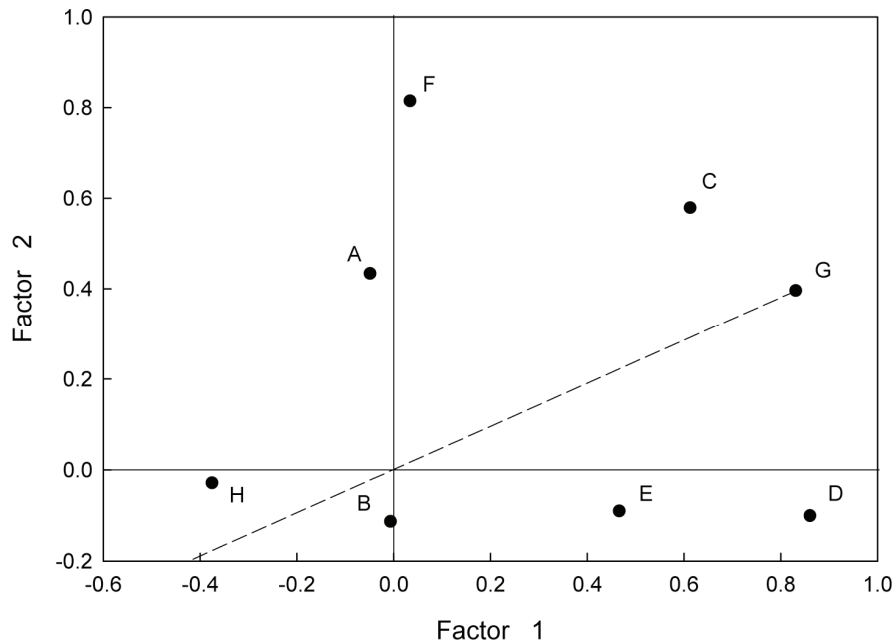


Fig. 5. Eight traits scattered in the plane defined by the first two rotated factors for F<sub>2</sub> population derived from the cross IR 36 x TC 189. A: Plant height; B: Panicle no.; C: Panicle weight; D: Fertility ; E: 1000 - grain weight; F: Spikelet no. per panicle; G: Grain yield per plant; H: Drought sensitivity index.



**Fig. 6. Eight traits scattered in the plane defined by the first two rotated factors for F<sub>2</sub> population derived from the cross TC 189 x TCS 10. Trait codes are same as Fig. 5.**

Table 7. The rotated factor loading for F<sub>2</sub> populations derived from IR 36 x TC189 and TC 189 x TCS 10.

Trait	IR 36 x TC 189		TC 189 x TCS 10	
	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2
Plant height	0.205	0.421	-0.047	0.432
Panicle no.	0.056	-0.227	-0.005	-0.115
Panicle weight	0.826	0.303	0.615	0.577
Fertility	0.787	-0.081	0.862	-0.102
1000-grain weight	0.295	0.227	0.468	-0.092
Spikelet no.	0.160	0.582	0.036	0.813
Grain yield	0.940	0.187	0.833	0.394
Drought sensitivity index	-0.147	0.225	-0.373	-0.03
Eigen value	2.570	0.784	2.712	1.077
Cumulative of variance explained	0.748	0.976	0.606	0.846

Table 8. Segregation for drought sensitivity index in F<sub>2</sub> populations of IR 36 x TC 189 and TC 189 x TCS 10

Cross	Drought sensitivity index					$\chi^2$	
	1	3	5	7	9	1 : 3	9 : 7
IR 36 x TC 189	34	5	7	23	125	2.226	
TC 189 x TCS 10	89	28	22	23	45	0.0001	

$$\chi^2_{(df=1,0.05)} = 3.841.$$

越兩親分離的變異，對育種選拔而言為一重要特性。在本試驗中兩個雜交組合 F<sub>2</sub> 集團在乾旱逆境下，部分性狀如株高、穗重、千粒重、一穗穎花數、單株產量等都具有超越兩親的分離，因此可作為特定性狀選拔之參考。

依 Tang (1967) 環境及遺傳與量的性狀關係中所述，分布的圖形由於顯性因子影響而會發生偏歪結果。就本試驗結果觀之，IR 36 x TC 189 F<sub>2</sub> 集團之部分性狀，如分蘗數、稔實率、千粒重、一穗穎花數、單株產量等和 TC 189 x TCS 10 的分蘗數、穗重、一穗穎花數、單株產量均呈右偏歪分布。故推測在兩組合中控制分蘗數、一穗穎花數性狀之數量因子群中，應存有因子間相對顯隱性關係，數多者對數少者為部分顯性；又分蘗數之分布圖雖偏歪但非極端，暗示此兩組合控制分蘗數性狀之因子群的數目可能不多，此與 Li and Chang (1970)、Li (1975)、Wu (1968) 之分蘗數多者對少者為部分顯性之結果相符，且分蘗數由 4 群以上之因子控制。而一穗穎花數之分布圖較右偏歪，暗示此兩組合控制一穗穎花數性狀之因子群的數目可能較多。一穗穎花數係由累加性因子及部分顯性所控制，其群數至少有 4 群以上之結果部分不同，考其原因應是氏等使用之材料多係同型間之雜交。

水稻在營養生長期間產生之乾物質，於生殖生長期間運輸分配至穀粒，而穀粒充實與否，最終將影響稔實率及千粒重的表現。水稻在乾旱逆境下，主要的反應是降低產生新的分蘗及葉片，而原有之葉片停止生長，續之產生捲曲現象，最後葉片枯乾(O'Toole and Cruz 1980, Hsiao *et al.* 1984, Turner *et al.* 1986)。尤其是葉片上之氣孔對乾旱特別敏感，將使葉片導度下降，並伴隨葉片水分潛勢的降低(Tomar and O'Toole 1982)，這些反應將降低光合作用有效幅射之截取，而使光合作用速率下降(Inthapan and Fukai 1988)。這連串反應將使穗梗無法完全自劍葉葉身抽出，而產生許多不稔粒，最後導致產量下降(O'Toole and Namuco 1983)。本試驗兩組合 F<sub>2</sub> 族群之稔實

率平均值均低於 50%，可能即由上述原因所影響。但 Ru and Kung (1963) 指出稔實率性狀不論選拔方向如何，其稔實率均向高稔實率方向逐代增進，選拔僅影響其增進程度而已，並認為 F<sub>2</sub> 行個體稔實率選拔無效，須俟 F<sub>3</sub> 以後選拔才有效。

目前有關千粒重方面的研究報告很多，Chandraratna and Sakai (1960) 首先指出粒重由 10 群以上因子控制，其分布為常態分布，並有細胞質或母系效應。Tseng (1977) 報告千粒重之遺傳變異主要由累加性遺傳變方所支配，有關遺傳因子群僅有一群，其中顯性因子數大於隱性因子數。Chang (1971) 則報告有母系效果，且控制千粒重之顯隱因子數可能相等。雖然千粒重為產量構成要素之一，但 Chang (1971, 1980)、Kuo and Chang (1981) 均指出粒重對單株穀產量之直接影響甚微，因此千粒重是選拔時較可忽視之產量因子。

作物表現型與遺傳型之關係，一般均以遺傳率大小作為探討。遺傳率較高之性狀，自然淘汰作用顯著，所需的期間也較短。在育種上，遺傳率之大小可以供育種選拔者推測族群中對某性狀在個體或系統上之選拔的難易，以及選拔之個體或系統能遺傳於後代之情形。水稻雜種族群之產量及其農藝性狀之遺傳率已經被許多學者所評估(Amirthadevarathinam 1983, Chowhan *et al.* 1993, Mehetre *et al.* 1994)，但因試驗、材料、栽培方式及估計方法之不同而有很多差異。本試驗所進行之雜交組合因親本之不同，遺傳率之差異或可視為不同親本所影響。一般而言，植物雜交組合親緣關係愈遠者，其後代性狀變異機會也愈大，遺傳率較高。雖然臺中秈 10 號屬印度型，但其親本來源與臺中 189 號(日本型)有部分相同，而 IR 36 (印度型)由菲律賓引進，因此 IR 36 與臺中 189 號在親緣關係上較遠，所以 IR 36 x TC 189 之 F<sub>2</sub> 集團之遺傳率除分蘗數外皆高於 TC 189 x TCS 10。

兩組合之株高、千粒重性狀均為低遺傳變異(GCV < 20%)，且與 PCV 值相近，顯示

此兩性狀受環境因子的影響最小(Patil *et al.* 1993)。兩組合中除 IR 36 x TC 189 之單株產量具有高遺傳變異( $GCV \geq 50\%$ )外,其餘性狀在兩組合均為中遺傳變異( $50\% > GCV \geq 20\%$ ),顯示 IR 36 x TC 189 產量有很廣的變異潛能,此結果與 Rao and Srivastar (1994) 相似。但乾旱敏感指數則呈相反的結果,雖乾旱敏感指數在兩組合中均有相當高的遺傳率(IR 36 x TC 189 為 99.3%, TC 189 x TCS 10 為 99.4%),但 TC 189 x TCS 10 具有高遺傳變異( $GCV 79.1\%$ ), IR 36 x TC 189 為中遺傳變異( $GCV 43.5\%$ ),顯示 TC 189 x TCS 10 之乾旱敏感指數具有較廣的變異潛能(Tables 3、4)。

育種過程若直接選拔,可能因目標性狀之遺傳變異狹小,導致選拔效應降低,則須利用一至數個與目的性狀遺傳相關高進行間接選拔,故必須進行性狀間相關係數值之估算。本試驗結果大體而言,遺傳型相關高於表現型相關,而遺傳型相關大於表現型相關者顯示關係比表現型相關密切,以遺傳型相關係數大的數量性狀當作選拔指標,可以提高選拔效果。尤其表現型相關達極顯著而其遺傳相關又更密切者更能獲得明顯效果,這與遺傳率值具有同一趨勢。

兩組合中各性狀與產量間呈顯著正相關者有稔實率、千粒重、一穗穎花數及穗重等性狀,且這些性狀間亦呈顯著正相關。分蘗數與一穗穎花數呈顯著負相關,表示穗數少則一穗粒數較多,可能與光合產物之分配與運轉有關(Hsieh 1979)。

乾旱敏感指數與農藝性狀間之相關性分析中, IR 36 x TC 189 的指數等級與稔實率呈顯著負相關,與其他性狀間之相關性並不明顯(Table 5),即乾旱敏感指數愈大(對乾旱敏感)稔實率則下降。雖與其他性狀間之相關性並不明顯,指出耐旱的系統中有可能是具優良性狀者,也有可能並非是優良的系統。TC 189 x TCS 10 的組合中除分蘗數及一穗穎花數兩性狀外,指數等級與其他性狀間均呈顯著負相關

(Table 6),意即在此組合中欲選拔耐旱的族群後代,可依穗重、稔實率、千粒重及產量的表現來選拔,而依分蘗數及一穗穎花數的表現似乎較難選到合乎吾人的期待。

根據 Walton (1972)、Bramel *et al.* (1984)、Brown (1991)等人的研究認為在相同主因子下,具有較大因子載荷量的性狀,表示彼此間有密切的關係,因此本試驗以因子分析法探討各組合 8 個性狀間的關係。在乾旱逆境下, IR 36 x TC 189 之穗重與產量及 TC 189 x TCS 10 之稔實率與產量在第一主因子同時具有大且正的因子載荷量,所以 IR 36 x TC 189 之穗重與產量應有明顯的關係,而觀察此二性狀間的相關係數的確呈極顯著的正相關。TC 189 x TCS 10 之稔實率與產量亦有相同的結果。因此利用因子分析來探討多個性狀間的相關性,將可得到較全面性的結果。

以轉軸因子為座標作散布圖來看(Figs. 5、6),兩組合各性狀間與產量有較密切關係者為穗重及稔實率等二性狀,或可提供吾人進行選拔時參考,即於在乾旱逆境下,在 IR 36 x TC 189 與 TC 189 x TCS 10 雜交後代中,欲進行產量選拔,應偏向具高稔實率之穗重型植株。Oka and Lu (1957)即指出以往水稻品種可區分為穗數型及穗重型,在缺乏灌溉時,產量與穗長的相關係數為 0.43,而與穗數的相關係數為 -0.30,主要原因是分蘗數少可降低蒸發散量。

有關控制水稻抗或耐旱性之遺傳因子,可因品種的不同或同一品種不同部位或因調查性狀不同,而有相當大的差異(Ekanayake *et al.* 1985b, Chang *et al.* 1986, Singh and Mackill 1991)。Tomar and Prasad (1996)以劍葉捲曲程度來判別 10 個雜交組合之  $F_2$  族群的分離比,推論 Brown Gora、Dular、Karanga Gora 及 N22 等品種具有一對顯性耐旱基因, Nanhi Gora、Chain Gora 及 Nawakani Gora 等品種具有一對隱性耐旱基因,而 Black Gora、PiDi Gora 及 Jaranga Gora 的耐旱性由二對顯性基因所控制。就本試驗觀之,在

IR 36 x TC 189 之 F<sub>2</sub> 族群呈 3(不抗) : 1(抗或耐)之比率, 表示此組合有關耐旱性之遺傳因子為一對隱性基因(Table 8)。在 TC 189 x TCS 10 中 F<sub>2</sub> 族群則呈 9 (抗或耐) : 7 (不抗)之比率, 表示此組合有關耐旱性之遺傳因子至少有二對。在育種選拔上, IR 36 x TC 189 可在早期世代即可迅速選拔到耐旱後代。而 TC 189 x TCS 10 需配合較多性狀的表現才較易選拔到耐旱的後代。因此有關水稻耐旱性的育種選拔, 將依親本的不同, 應用在後代選拔方式亦有差異。但從產量與乾旱敏感指數間的關係中可發現, 選拔到高產量的後代, 並不意謂其具有耐旱性。反之, 選拔具有耐旱性的後代亦可能不具有高產量的潛能。

### 引用文獻

- Amrithadevarathinam A (1983) Genetic variability correlations and path analysis of yield components in upland rice. **Madras Agric. J.** 70 : 781~785.
- Bramel PJ, PN Hinz, DE Green, RM Shibles (1984) Use of principal factor analysis in the study of three stem termination types of soybean. **Euphytica** 33:387~400.
- Brown JS (1991) Principal component and cluster analysis of cotton cultivar variability across the U.S. Cotton belt. **Crop Sci.** 31:915~922.
- Chandraratna MF, KI Sakai (1960) A biometrical analysis of matroclinous in heritance of grain weight in rice. **Heredity** 14: 365-373.
- Chang TM (1971) Studies on the quantitative inheritance of *Oryza sativa* L. I. Diallel cross of semi-dwarf rice. (in Chinese with English abstract) **J. Agric. Res.** 20:9-26.
- Chang TM (1980) Studies on the quantitative inheritance of rice (*Oryza sativa* L.) II. Diallel cross of *Japonica* and *Indica* varieties. (in Chinese with English abstract) **J. Agric. Res. China** 29:107-114.
- Chang TT, JL Armento-Soto, CX Mao, R Peiris, GC Loresto (1986) Genetic studies on the components of drought resistance in rice (*Oryza sativa* L.). Rice Genetics. p.387-398. In: Proceedings of Second International Rice Genetics Symposium. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Chowhan JS, VS Chauhan, M Nariar (1993) Genetic variation and character association in rainfed upland rice. **Oryza** 30 : 116~119.
- COA, CHADF (1995) Irrigation Water Saving Techniques. p.1. (in Chinese) COA Water Conservancy Series No.8. Published by COA and CHADF, Taiwan.
- Ehanayake IJ, D Garrity, T Massajo (1985a) Root pulling resistance in rice: inheritance and association with drought tolerance. **Euphytica** 34:905~913.
- Ehanayake IJ, JC O'Toole, D Garrity (1985b) Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. **Crop Sci.** 25:927~933.
- Fukai S, P Inthapan (1988) Growth and yield of rice cultivars under sprinkler irrigation in south-eastern Queensland. 3. Water extraction and plant water relations. **Aust. J. Exp. Agric.** 28:249-252.
- Hanson AD, WJ Peacock, LT Evans, CJ Arntzen, GS Khush (1990) Drought resistance in rice. **Nature** 345:26-27.
- Hsiao TC, JC O'Toole, EB Yambao, NC Turner (1984) Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice(*Oryza sativa* L.). **Plant Physiol.** 75:338-341.
- Hsieh SC (1979) Differences in performance of yield components and other characters between the first and second crop rices in Taiwan. p.49-59. (in Chinese with English abstract) In: The causes of low yield on the second crop rice in Taiwan and the measures for improvement. NSC Symposium Series No.2. Published by National Science Council Republic of China, Taiwan.
- Inthapan P, S Fukai (1988) Growth and yield of rice cultivars under sprinkler irrigation in south-eastern Queensland. 2. Comparison with maize and grain sorghum under wet and dry conditions. **Aust. J. Exp. Agric.** 28: 243-248.
- IRRI (1996) Drought sensitivity. p.37~38. In: Standard Evaluation System for Rice. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Johnson RA, DW Wichern (1988) Applied

- Multivariate Statistical Analysis. Prentice-Hall. Wisconsin.
- Kuo YC, TM Chang (1981) Genetical and breeding studies in the crosses between *indica* X *sinica* rices. I. Path coefficient analysis of single-plant grain yield. (in Chinese with English abstract) **J. Agric. Res. China** 30:219-226.
- Li CC (1975) Diallel analysis of yield and its component traits in rice (*Oryza sativa* L.). (in Chinese with English abstract) **J. Agric. Assoc. China (N.S.)** 92:41-56.
- Li CC, TT Chang (1970) Diallel analysis of agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.). **Bot. Bull. Acad. Sin.** 11:61-78.-10.
- Lin MH, HM Ku, FS Thseng, ST Wu (2006) Drought tolerance and variability of agronomic characters in rice (*Oryza sativa* L.). (in Chinese with English abstract) **Bullet. Taoyuan Dist. Agric. Res. Ext. Sta, COA.** 59 : 1-18.
- Mehetre SS, CR Mahston, PS Patil, SK Lad, PM Dhumal (1994) Variability, heritability, correlation, path analysis and genetic divergence studies in upland rice. **Intl. Rice Res. Notes** 19:8-10.
- Morishima H (1984) Wild plants and domestication. p.3-30. *In: Biology of Rice.* Tsunoda S and N Takahashi (Eds.) Elsevier, Tokyo.
- Oka HI, YC Lu (1957) The characteristic of drought resistance about rice variety. **Agric. Hort.** 32 : 851- 855.
- O'Toole JC, RT Cruz (1980) Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. **Plant Physiol.** 65:428-432.
- O'Toole JC, OS Namuco (1983) Role of panicle exertion in water stress induced sterility. **Crop Sci.** 23: 1093-1097.
- Patil PA, CR Mahajan, SS Mahetre, DM Hajare (1993) Analysis of variability and heritability in upland rice. **Oryza** 30:154-156.
- Puckridge DW, JC O'Toole (1981) Dry matter and grain production of rice, using a line source sprinkler in drought studies. **Field Crops Res.** 3:303-319.
- Rao SS, MN Shrivastav (1994) Genetic variation and correlation studies in rainfed upland rice. **Oryza** 31: 288-291.
- Ru SK, TS Kung (1963) Studies on the effects of individual selection for fertility and some agronomic characters in the progenies of rice hybrids between Indica and Japonica types. (in Chinese with English abstract) **J. Agric. Assoc. China (N.S.)** 42:1-12.
- Singh BN, DJ Mackill (1991) Genetics of leaf rolling under drought stress. II. Rice Genetics. *In: Proceedings of second international Rice Genetics Symposium.* IRRI. Los Banos, Phillipines.
- Tang WT (1967) Principles and Methods of Plant Breeding. (in Chinese) College of Agriculture, National Taiwan University Press, Taipei. 129pp.
- Tomar VS, JC O'Toole (1982) A field study on leaf water potential, transpiration and plant resistance to water flow in rice. **Crop Sci.** 22:5-10.
- Tomar JB, SC Prasad (1996) Relationship between inheritance and linkage for drought tolerance in upland rice(*Oryza sativa*)varieties. **Indian J. Agric. Sci.** 66:456~465.
- Tseng MT (1977) Diallel analysis of grain size, grain shape and other quantitative characters of rice varieties.(in Chinese with English abstract) **Memoirs of College of Agric., Natl. Taiwan Univ.** 17 : 78-90.
- Turner NC, JC O'Toole, RT Crus, OS Namuco, S Ahmad (1986) Response of seven diverse rice cultivars to water deficits. I. Stress development, canopy temperature, leaf rolling and growth. **Field Crops Res.** 13:257-271.
- Walton PD (1972) Factor analysis of yield in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Crop Sci.** 12:731~733.
- Wu HP (1968) Studies on the quantitative inheriyance of *Oryza sativa* L. II. Diallel analysis for panicle number, tiller number, panicle length, spikelet number and the number of primary branch in F<sub>1</sub> progeny. **Bot. Bull. Acad. Sin.** 9: 124-138.