

栽培稻 (*Oryza sativa*) 與野生稻 (*O. australiensis*) 導入系統之建立及其產量相關性狀之表現¹

李長沛^{2,5} 古新梅³ 胡澤寬³ 陳治官⁴ 賴明信⁴ 曾清山² 陳哲仁² 曾東海²

摘 要

李長沛、古新梅、胡澤寬、陳治官、賴明信、曾清山、陳哲仁、曾東海。2009。栽培稻 (*Oryza sativa*) 與野生稻 (*O. australiensis*) 導入系統之建立及其產量相關性狀之表現。台灣農業研究 58:219–233。

利用野生稻建立的導入系統 (introgression lines; ILs) 為育種增進及遺傳分析的良好材料, 本試驗擬在梗稻背景下, 測試栽培稻與澳洲野生稻 (*Oryza australiensis*) 導入系統的可行性。以 5 個梗型栽培品種 (*O. sativa*) 與從 IRRI 引進之 3 個 *O. australiensis* 系統 (IRGC100882、101379、101410) 進行雜交並行胚拯救培養, 依雜交組合的不同, 雜交可稔性 (seed set) 介於 2.3–54.6% 之間, 胚拯救培養成活率則為 0 至 83.3%。調查台農 67 號 (TNG67) 與 3 個野生稻系統的雜種 F_1 , 除 TNG67 × IRGC101410 表現出雜種弱勢, 其餘兩雜交組合 F_1 可正常生長, 但均不具稔性。經回交後僅 TNG67 × IRGC100882 可獲得回交種子, 所得 BC_1F_1 植株均不稔, 但於 BC_2F_1 則可獲得部分可稔植株, 第 1 次和第 2 次回交的成功率均低 (< 0.98%), 經第 3 次回交的成功率平均達 46%。評估多次回交之 F_1 及 F_2 世代的表現, 發現於 BC_2F_2 和 BC_3F_1 可得正常稔實植株, 而且各性狀的變異大, 可作為選拔之適期。成立的系統經外表型選拔固定至 BC_3F_7 , 獲得 111 個系統, 有 8 個 (7%) 系統產量較輪迴親本 TNG67 增產 10% 以上, 最高達 23%。在其他產量相關性狀上, 各性狀表現最佳的系統與輪迴親相比, 增加幅度從千粒重的 15.7% 至每穗粒數的 78%。這些經由多次回交建立的種間雜交導入系統, 可做為中間親本並將進一步分析其遺傳組成。

關鍵詞：栽培稻、野生稻、種間雜交、回交、胚拯救培養、導入系統、產量性狀。

前 言

稻屬包括兩栽培種 (*Oryza sativa* 及 *O. glaberrima*) 和 22 個野生稻種, 依彼此間雜交

親和性及染色體配對的表現可分為 10 種染色體組 (AA、BB、BBCC、CC、CCDD、EE、FF、GG、HHJJ 及 HHKK), 大多數野生稻種具有改進栽培品種對環境逆境、生物逆境甚至提

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2369 號。接受日期：98 年 9 月 15 日。
2. 本所生物技術組助理研究員、助理研究員、聘用助理研究員、副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 國立中興大學農藝系助理教授、教授。台灣 台中市。
4. 本所作物組副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
5. 通訊作者, 電子郵件：charngpei@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

高產量的潛力 (Brar 2005)。在種源的利用上, Khush (1997) 根據 Harlan & de Wet (1971) 提出的基因庫概念, 將容易與栽培稻雜交成功, 透過傳統育種方法就可加以利用的各類 AA 染色體組的栽培種及野生稻種, 歸類為第一級基因庫; 與栽培稻可以雜交, 但必須借助胚培養等特殊方式才能獲得雜種, 且雜種具有高度的不稔性, 回交成功率也低, 歸類為第二級基因庫, 主要有 *O. officinalis complex* (包括 BB、BBCC、CC、CCDD、EE、FF 野生稻種); 其他更遠緣的稻種則被歸為第三級基因庫。

栽培稻與相同染色體組 (AA) 的近緣野生稻種, 透過傳統雜交及回交育種方式, 已有許多將野生稻潛在優良特性 (Khush & Ling 1974; Lin & Yuan 1980; Huang *et al.* 1985; Khush *et al.* 1990) 成功導入栽培稻的實例。而屬於第二級基因庫的遠緣野生稻種雜交之後, 雖子代經常有胚存活不易、胚乳容易退化的現象 (Chang 1978; Suputtitada 2000; Fu *et al.* 2009), 但經由胚拯救培養且可獲得雜種 F₁ 植株 (Sitch *et al.* 1989), 並可以透過連續回交的方式, 建立異源單價染色體增加系統 (Monosomic alien addition lines; MAALs) (Jena & Khush 1989; Kobayashi *et al.* 1992; Yasui *et al.* 1995; Jin *et al.* 2006; Li *et al.* 2008), 進而育成導入系統 (introgression line; ILs) 以利於進行目標性狀的分析或當作中間親本再利用。目前已有從這些遠緣的野生稻種中成功地導入抗病蟲害特性至栽培稻中的報告 (Jena & Kush 1990; Ye & Saxena 1990; Amante-Bordeos *et al.* 1992; Ishii *et al.* 1994; Mariam *et al.* 1996; Hirabayashi *et al.* 1998; Hirabayashi *et al.* 1999; Huang *et al.* 2001; Renganayaki *et al.* 2002; Yang *et al.* 2002)。

野生種源除在抗病、抗蟲特性廣受育種者利用外, 在產量性狀的應用雖然常受限於雜種族群的分離異常、雜種 F₂ 不稔性或是野生種原不良狀的強烈的連鎖, Tanksely *et al.* (1996) 認為經由多次回交建立的種間回交族群, 雖然大

多數系統的數量性狀表現不如輪迴親, 但在少數系統中, 由野生種而來的基因可以改善栽培種的數量性狀。Xiao *et al.* (1996) 證實由野生稻 *O. rufipogon* 可獲得增進雜種水稻產量的基因。越來越多的證據也顯示, 種間雜交組合經多次回交栽培稻育成 ILs 為數量性狀分析的良好材料, 並從中獲得許多與產量有關性狀的數量基因 (Xiao *et al.* 1998; Moncada *et al.* 2001; Masumoto *et al.* 2004; Tian *et al.* 2006; Tan *et al.* 2007; Masumizu *et al.* 2007; Rangel *et al.* 2008)。

野生稻 *O. australiensis* 為澳洲的原生稻種, 主要分布在澳洲本島北部各州, 具有 EE 染色體組, 染色體組約為一般二倍體栽培稻種 (*O. sativa*) 的 2 倍 (Ohmido *et al.* 2005; Piegu *et al.* 2006), 育種利用上也因與栽培稻雜交困難, 所得雜種高度不稔被歸類在第二級基因庫。菲律賓國際稻米研究所曾利用多倍體化的栽培稻 (AAAA) 與 *O. australiensis* 雜交, 再回交二倍體栽培稻獲得回交植株, 於 BC₂F₁ 之後代, 經褐飛蝨及白葉枯病檢定, 並以分子標誌確認其抗性來自 *O. australiensis* 的第 12 對染色體 (Multani *et al.* 1994), 並從中獲得褐飛蝨抗性連鎖的分子標誌 (Ishii *et al.* 1994; Jena *et al.* 2006)。

為擴大台灣水稻栽培品種遺傳歧異度, 增進野生稻種原的利用性, 故本試驗就國內育成之日本型品種與野生稻 *O. australiensis* 系統雜交, 探討栽培品種與 *O. australiensis* 雜交親和性, 並試著建立回交族群, 探討回交族群及經選拔所得系統在產量及產量相關性狀的表現, 提供栽培稻與遠緣野生稻種間 ILs 材料作為將來進一步利用及研究。

材料與方法

為探討種間雜交的親和性本試驗以 5 個日本型品種高雄 141 號 (KH141)、台中 65 號 (TC65)、台中糯 70 號 (TCW70)、台梗 1 號 (TK1) 及台農 67 號 (TNG67) 等 5 個栽培稻為母本,

國際稻米研究所 (International Rice Research Institute; IRRI) 引進 EE 染色體組野生稻種 *Oryza australiensis* 系統 (IRGC100882, IRGC101397, IRGC101410) 為父本, 栽培稻分 3 批種植於田間, 野生稻種植於溫室, 野生稻 *O. australiensis* 在台灣台中的開花時間在下午 3–4 點 (Li *et al.* 1994), 因此雜交進行流程是於早上經除雄後之栽培稻親本, 留至下午再行授粉, 於授粉後 7–10 天計算雜交可稔率 (seed set %), 取雜交成功之種子經次氯酸鈉消毒 10 分鐘, 於立體顯微鏡下挑出幼胚進行培養。培養基以 N6 無機鹽類及 MS 有機成分, 添加 0.2 mg/L NAA、1 mg/L kinetin、3% 蔗糖, 1% 瓊脂, 500 mg/L 水解酪蛋白 (casein hydrolysate), pH = 5.7 (Lo *et al.* 1997)。

經胚培養及健化存活植株移植至田間, 所得 F₁ 植株再回交栽培稻, 但均未能獲得回交種子, 其中僅 TNG67 × IRGC100882 組合, 其雜種植株於宿根兩年四期作之後, 再行回交終於可得到回交後代。進一步探討該組合各回交可稔率, 也以 1% IKI (Iodine Potassium Iodide) 浸染雜種及回交株之花藥, 於顯微鏡下觀察花粉活性。並取幼穗觀察花粉母細胞觀察染色體配對情形, 染色體觀察沿用 Chen & Wu (1982) 之方法。用以回交的植株則留宿根收取 F₂ 種子或再行回交獲得多量的 BC_nF₁ 種子, 進而同時繁殖 BC₂F₂、BC₃F₁、BC₃F₂ 及 BC₄F₁ 世代, 各族群種植株數分別為 183、402、259 及 112 株, 於成熟期調查株高並單株分別取樣進行考種, 其中由 BC₃F₁ 收穫之單株成立系統, 經 3 年 6 個期作的外表型選拔與固定, 於 BC₃F₇ 選出 111 個系統進行產量試驗及農藝性狀之評估。產量試驗每系統種植 60 株, 以輪迴親本 TNG67 為對照, 逢機排列, 各兩重複, 多本植, 成熟後每重覆取 3 株進行考種, 其餘株數混合收割評估產量並換算成公頃產量。

田間試驗栽種行株距均為 28 cm × 16 cm, 收穫考種方式均秤總重、稔實率重、計算稔實與不稔實粒數、穗數並量穗長, 最後換算成稔實率 (稔實粒數 ÷ 總粒數 × 100%)、千粒重 (稔實粒重 ÷ 稔實粒數 × 1000)、每穗粒數 (總粒數 ÷ 穗數) 及穗著粒密度 (每穗粒數 ÷ 穗長)。

結 果

種間雜交及回交親合性

栽培稻 5 個品種與野生稻 *O. australiensis* 3 個系統共進行 15 個雜交組合, 得到雜交可稔率如表 1 所示, 結果因栽培品種與野生稻系統之不同有很大差異, 最低組合為 TCW70 × IRGC100882 之 2.3%, 最高為 TNG67 × IRGC101379 之 54.6%, 而雜交成功獲得雜交種子的 15 個組合中, 經胚拯救培養計有 12 個組合可獲得雜種 F₁ 植株, 發芽成活率因不同組合有很大的差異, 變異為 0–83.3%。

雜交成功經胚培養存活的組合中, 調查 TNG67 與 3 個野生稻所得雜種 F₁ 植株的農藝性狀表現 (表 2), TNG67 × IRGC100882 和 TNG67 × IRGC101379 兩組合 F₁ 生育正常, 雜種 F₁ 株高、分蘗及穗長的表現介於兩親本之間。TNG67 × IRGC100882 雜種 F₁ 葉長度較兩親本短但較兩親寬, TNG67 × IRGC101379 雜種 F₁ 葉長偏向野生稻親本, 葉寬則介於兩親之間。IRGC101410 為 *O. australiensis* 株型較矮分蘗多的系統, 但與 TNG67 雜種 F₁ 的株高偏向野生稻親本, 分蘗數明顯較兩親少, 穗出現退化之現象, 有明顯的雜種弱勢表現。另外, TNG67 × IRGC100882 和 TNG67 × IRGC101379 兩組合 F₁ 雜種花藥發育正常但花粉均不具活性 (圖 1a), 因此均無法獲得 F₂ 種子。

經回交 TNG67 後發現 TNG67 × IRGC100882 可以獲得 BC₁F₁ 種子, 雜種 F₁ 授粉後部份穎花也呈現子房膨大, 但均無內容物, 其雜

表 1. 栽培稻與野生稻雜交之可稔率與胚拯救培養成功率

Table 1. The percentage of crossability and embryo rescue between various *O. sativa* and *O. australiensis* cross combinations

Cross combination		Crossability			Embryo rescue culture		
Female (Cultivars)	Male (IRGC Acc. no.)	Pollination florets	Detached embryos	Seed set (%)	No. of embryo	No. of germination	Survival rate (%)
KH141	100882	81	6	7.4	2	1	50.0
TC65	100882	135	37	27.4	10	5	50.0
TCW70	100882	310	7	2.3	- ^z		
TK1	100882	89	4	4.5	4	3	75.0
TNG67	100882	491	79	16.1	43	27	62.8
Average				11.5			59.4
KH141	101379	103	5	4.9	-		
TC65	101379	43	6	14.0	6	5	83.3
TCW70	101379	175	9	5.1	-		
TK1	101379	144	29	20.1	27	7	25.9
TNG67	101379	262	143	54.6	37	28	75.7
Average				19.7			61.6
KH141	101410	92	10	10.9	5	0	0.0
TC65	101410	157	34	21.7	25	6	24.0
TCW70	101410	174	48	27.6	27	3	11.1
TK1	101410	226	41	18.1	8	2	25.0
TNG67	101410	422	95	22.5	24	8	33.3
Average				20.2			18.7

^z Not recorded.

表 2. 栽培稻 TNG67 × 野生稻 *Oryza australiensis* 雜種及其親本之植株性狀

Table 2. Characteristics of the F₁ hybrids from cultivated rice (Japonica type cv. TNG67) and *Oryza australiensis* strains

Parents/Hybrids	Plant height (cm)	Tiller number	Panicle length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Awing length (cm)
TNG67	101	15	20.8	38.5	1.3	Awnless
IRGC100882	117	5	34.0	50.0	1.5	3.8
TNG67 × IRGC100882	112	12	26.8	36.0	1.6	5.6
IRGC101397	114	10	32.0	47.0	1.5	3.7
TNG67 × IRGC101379	112	14	29.0	46.4	1.4	7.1
IRGC101410	60	21	16.0	36.0	1.5	3.1
TNG67 × IRGC101410	63	7	- ^z	34.6	0.8	Awnless

^z No panicle produced.

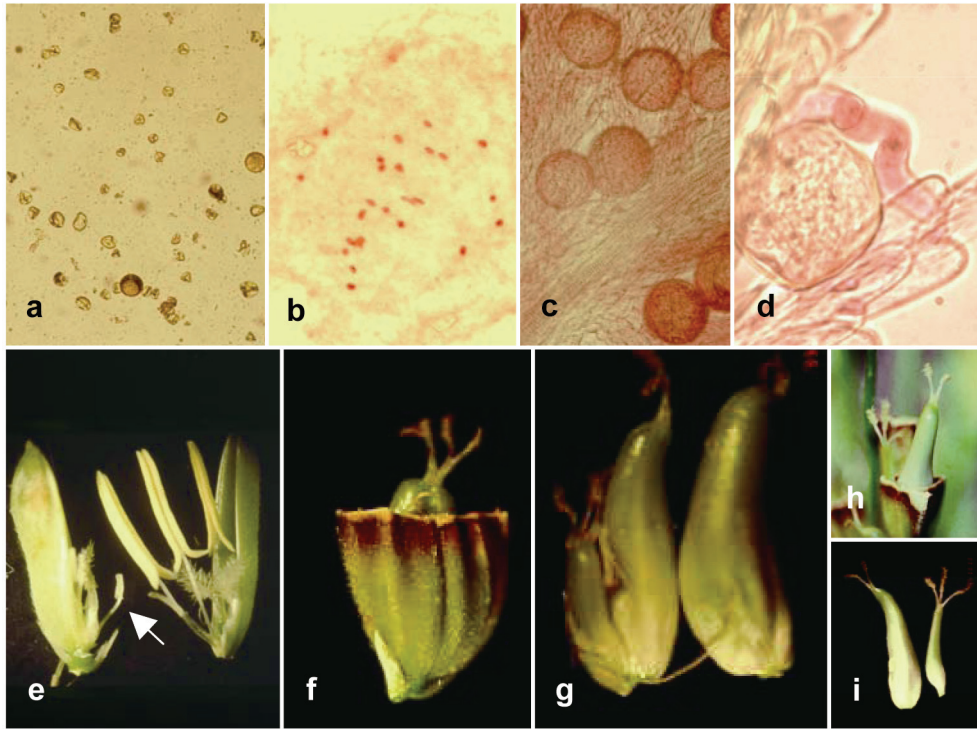


圖 1. 栽培稻 TNG67 × 野生稻 *O. australiensis* (IRGC100882) 雜交及回交後代異常之表現。(a) 雜種 F₁ 花粉發育現象；(b) 雜種 F₁ 花粉母細胞減數分裂後期 (meiotic anaphase) 配對不正常 (4 II + 16 I)；(c) 輪迴親花粉粒於雜種 F₁ 柱頭不發芽；(d) 輪迴親花粉粒於雜種 F₁ 柱頭發芽後伸長受阻；(e) BC₂F₁ 花藥發育不完全 (箭頭處)；(f-i) BC₂F₁ 授粉後種子發育異常。

Fig. 1. The abnormal phenomena were observed in the hybrids and backcross generation from the combination of *Oryza sativa* (cv. TNG67) × *O. australiensis* (IRGC100882). (a) Pollen abortion in F₁ hybrid; (b) Meiotic anaphase showing the 4 bivalents and 16 univalents in F₁ hybrids; (c) Fail of germination in the F₁ stigma when pollinating with TNG67 pollens; (d) The growth of pollen tubes was inhibited in the F₁ stigma; (e) Immature of BC₂F₁ anther (arrow); (f-i) anomalistic growth of BC₂F₁ seeds when pollinating with TNG67 pollens.

交可稔率僅 0.08% (表 3)，BC₁F₁ 植株也均不稔，觀察花粉母細胞減數分裂中期 metaphase I 發現染色體配對不完全之現象 (圖 1b)。第二次回交的結果也僅 0.98% (表 3)，但於 BC₂F₁ 可獲得部分可稔植株，有多數株型均呈現異常，如株高變矮、株型緊湊、葉片厚且濃綠、劍葉長或短、穗長、粒短圓；中高株高、葉色淡細長而下垂、穗型散 (圖 2)；甚至有花器構造異常之現象，如花藥發育不完全 (圖 1e)，柱頭異常 (呈三叉狀) 等植株 (圖 1 f-h)，而使得 BC₂F₁

植株授粉後，種子發育表現異常之現象如穎花內有雙子情形 (圖 1g)，雖然 BC₂F₁ 在株型上表現與兩親本有明顯差異，且大部分植株仍呈現不稔性，但已可獲得部份可稔植株，最高可達 44%，平均 5.8%。經第三次回交終於可獲得較多 BC₃F₁ 種子，雜交可稔率達 45.95% (表 3)。

回交後裔族群之建立及性狀表現

經回交之 BC₂F₁、BC₃F₁ 植株已有部分可稔株可供成立回交族群之用，因此留宿根及收穫

表 3. 栽培稻 TNG67 × 野生稻 *O. australiensis* (IRGC100882) 雜種回交之可稔率

Table. The crossability data from the backcross generation of TNG67 × *O. australiensis* (IRGC100882) cross combination

Generation	No. of pollination forest	No. of detached embryos	Seed set (%)
BC ₁ F ₁	30,859	26	0.08
BC ₂ F ₁	23,370	230	0.98
BC ₃ F ₁	803	369	45.95

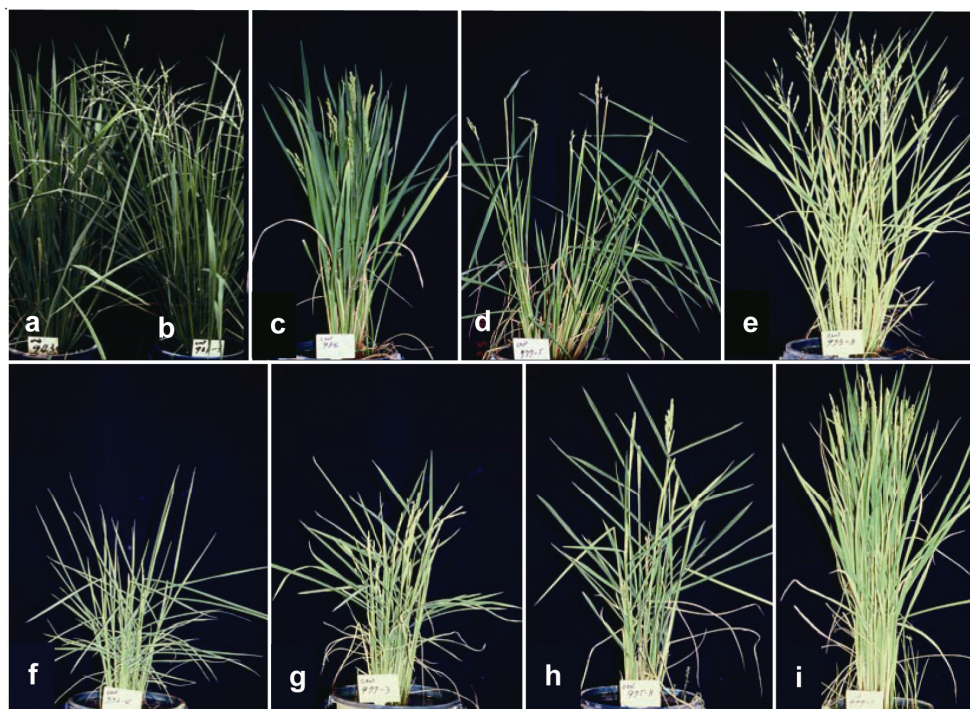


圖 2. 栽培稻 TNG67 × 野生稻 *Oryza australiensis* (IRGC100882) 之雜種及回交植株。(a) F₁；(b) BC₁F₁；(c-i) BC₂F₁。

Fig. 2. The phenotypes of *Oryza sativa* (cv. TNG67) × *O. australiensis* (IRGC100882) cross combination. (a) F₁; (b) BC₁F₁; (c-i) BC₂F₁.

更多之 F₂ 種子，或回交獲得 BC₃F₁、BC₄F₁，並同時繁殖 BC₂F₂、BC₃F₂、BC₃F₁、BC₄F₁ 各多次回交族群以探討稔實率及各項農藝性狀之表現。其中稔實率的高低常做為判斷兩雜交組合親和性的標準，也是遠緣雜交育種過程中選拔的重要依據，圖 3 顯示各族群的平均稔實率均低於輪迴親本，於 BC₂F₂、BC₃F₁ 變異最大，有

多數植株稔實率低於 50%，也有少數稔實率低於 5% 的自交不稔株出現。於 BC₃F₂、BC₄F₁ 分別明顯集中於輪迴親附近，但於 BC₃F₂ 仍有少數植株低於 50%，BC₄F₁ 族群分布較為集中介於 60–90% 之間。說明栽培稻與 EE 染色體組野生稻的雜交組合，於 BC₂F₂ 已可獲得正常可稔植株。

在其他產量構成要素中，各世代平均每株穗數均低於輪迴親本 TNG67 (13.7 穗) (圖 3)，且各族群中均有低於 5 穗的植株。各族群中以 BC₂F₂ 的變異最高，最少只有 2 穗最多可達 46 穗。BC₃F₂、BC₄F₁ 大多數植株介於 5–15 穗之間，平均分別為 10.5、9.8 穗，結果也顯示各族群於第 3、4 次回交族群中，已可找到完全恢復輪迴親穗數的特性。

在每穗粒數方面，各世代每穗平均粒數均多於輪迴親本 (105 粒) (圖 3)，而於 BC₂F₂ 及 BC₃F₁ 仍有異常或弱勢植株因此變異均高，兩族群中每穗粒數平均最少分別為 2.3 粒、1.5 粒，最高分別為 182.2 粒、178.8 粒，BC₃F₂、BC₄F₁ 大多數植株介於 85–135 粒之間，明顯看出有多數植株具有超越輪迴親之表現。

在千粒重的表現 (圖 3)，各族群都有較輪

迴親 TNG67 (25.6 g) 重的植株出現，變異性以 BC₃F₁ 變異較高且變域最大由 12.6–28.6 g，平均 24.3 g，各族群分布的高峰均在 23–25 g 之間，以 BC₃F₂ 最重，平均千粒重為 25.2 g。

在影響穗型態的穗長上 (圖 4)，各族群的平均穗長均大於輪迴親本 TNG67，以 BC₃F₁ 最長為 19.1 cm，變異也最大，由 11.7–23 cm，BC₂F₂ 族群分布在 13.9–21.7 cm 之間，BC₃F₂、BC₄F₁ 大都數植株介於 17–19 cm 之間。在著粒密度方面 (圖 4)，以 BC₂F₂ 的變異最大介於 0.1–11.1 粒，族群平均與輪迴親本相同均為 5.9 粒；BC₃F₂、BC₄F₁ 大都數植株介於 5.5–9.5 cm 之間，平均多於輪迴親本。在穗重的表現 (圖 4)，於各世代均有穗重少於 1.5 g 的植株，以 BC₂F₂ 及 BC₃F₁ 族群的比例較高，且變異較大，兩族群平均穗重都低於輪迴親本，於 BC₃F₂、

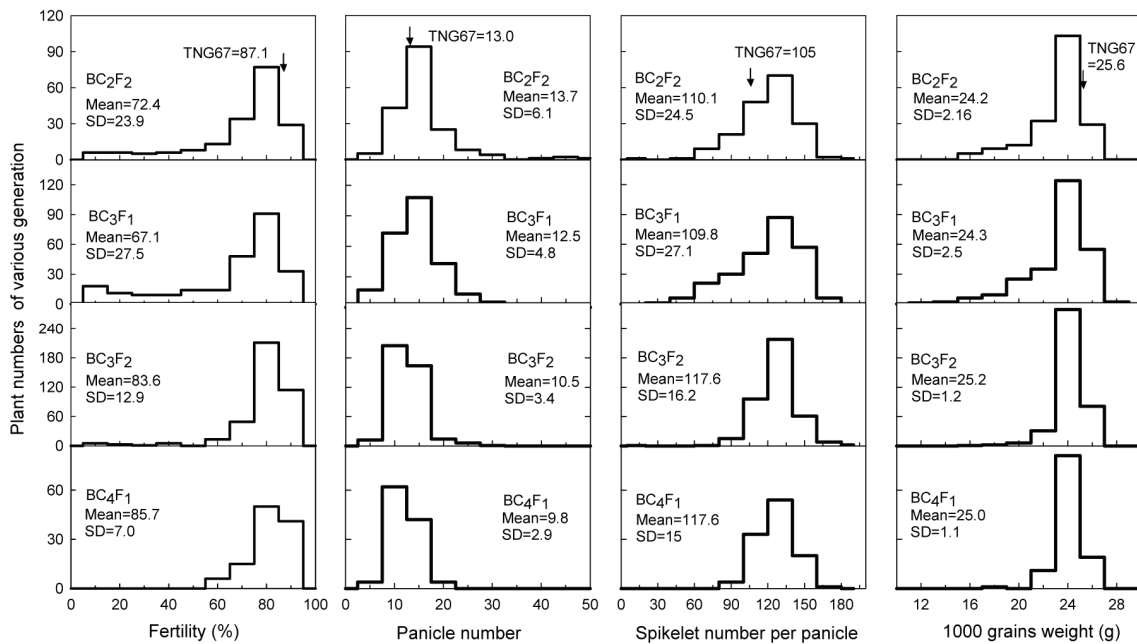


圖 3. 栽培稻 TNG67 × 野生稻 *O. australiensis* (IRGC100882) 雜交及回交各 F₁ 及 F₂ 族群稔實率、穗數、每穗粒數及千粒重之頻度分佈。

Fig. 3. Frequency distribution of fertility, panicle number, spikelet numbers per panicle, and 1000 grains weight for the population of various backcross generations from *Oryza sativa* (cv. TNG67) × *O. australiensis* (IRGC100882), which the TNG67 is recurrent parent. SD: Standard deviation. Arrows indicate the means of TNG67.

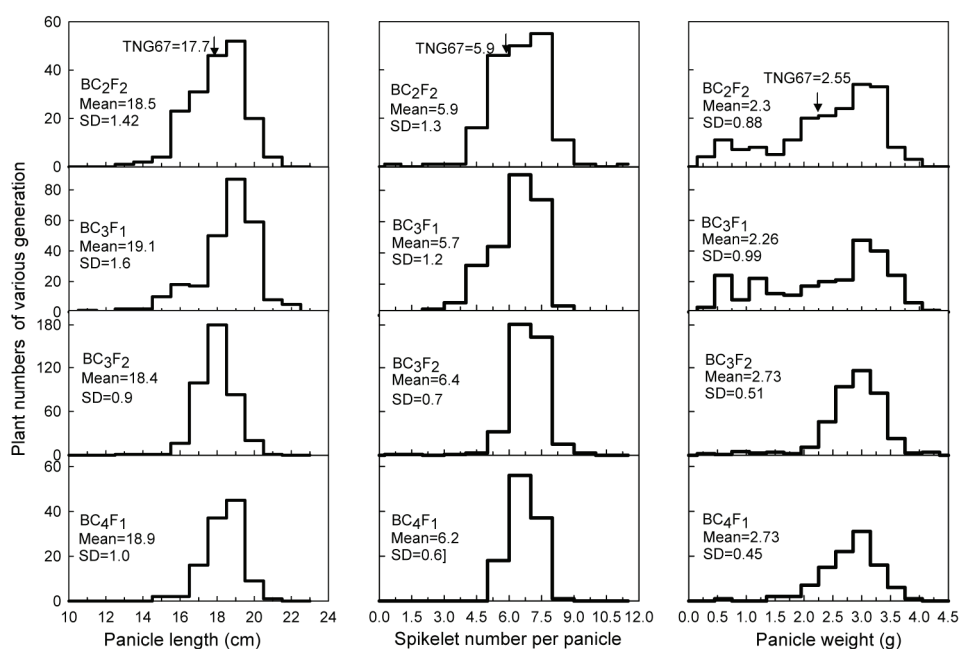


圖 4. 栽培稻 TNG67 × 野生稻 *O. australiensis* (IRGC100882) 雜交及回交各 F₁ 及 F₂ 族群穗長、穗著粒密度及穗重之頻度分佈。

Fig. 4. Frequency distribution of panicle length, spikelet numbers per cm panicle, and panicle weight for the population of various backcross generations from *Oryza sativa* (cv. TNG67) × *O. australiensis* (IRGC100882), which the TNG67 is recurrent parent. SD: Standard deviation. Arrows indicate the means of TNG67.

BC₄F₁ 族群的平均穗重均超越輪迴親本。可看出各族群中在穗型的表現，有多數植株偏向野生稻穗長的特性，也有穗重型及著粒密度高密穗型重組合植株。

綜合以上各回交族群性狀之表現，因用於建構 BC₂F₂ 族群之 BC₂F₁ 植株需正常且具稔性之植株，異常不稔植株，無法獲得種子進行繁殖評估，但 BC₂F₁ 的異常（不稔）植株經回交卻可獲得種子用以建構 BC₃F₁ 族群，也因此各回交族群變異性表現，往往 BC₃F₁ 有高於 BC₂F₂ 之趨勢。另外於 BC₂F₂ 及 BC₃F₁ 族群中雖然都有少數弱勢植株影響族群的分佈，但超親分離的植株也於這兩世代中為最明顯，如分蘖數、株高、穗長及每穗粒數等。就各族群的平均而言，於稔實率、每株穗數

及千粒重均低於輪迴親 TNG67，但每穗粒數及穗長則都大於輪迴親 TNG67，顯示 TNG67 × IRGC100882 的組合中，野生稻穗長的特性配合輪迴親高產特性可以組合出每穗粒數較輪迴親更多的植株。

回交後裔高級世代產量評估

栽培稻 TNG67 × *O. australiensis* (IRGC 100882) 經回交 3 次之 BC₃F₁，經 3 年 6 個期作的外表型評估，於 BC₃F₇ 選出 111 個系統進行產量及產量有關性狀之評估，所得結果如圖 5 所示，各系統經由外表型的選拔其產量仍表現出極大的差異，介於 3528–6558 kg/ha 之間，平均 5006 kg/ha；大多數系統產量低於輪迴親本 TNG67 (5334 kg/ha)，但有 8 個 (7%) 系統比 TNG67 增加 10% 以上，最高增產達 23%。

在產量構成要素中，各系統的每株穗數介於 7–20 穗，平均 12.4 穗，少於輪迴親；每穗粒數平均為 104 粒，各系統分布在 67.8–174.1 粒，最高比輪迴親增加 78.4%；在稔實率方面，TNG67 為 74.3%，而種間雜交各系統的分布介於 52–91.4% 之間，最高比輪迴親增加 23.1%，平均 72.2%，有超過半數系統稔實率高於輪迴親本，也有少數系統 (12 個) 稔實率仍低於 60%；各系統千粒重的分布在 17.5–28.8 g 之間，大多數系統介於 22–25 g，有半數以上的系統千粒重明顯低於輪迴親 TNG67 (24.9 g)，最高比輪迴親增加 15.7%。由以上結果可知，來自回交族群中的產量性狀表現如穗數少、每穗粒數多、稔實率低或超越親本的特性，已被固定於這些高級世代的系統中。

由前述可知回交後裔之 F_1 、 F_2 中有大穗及著粒密的穗型出現，由圖 6 中可以明顯看出，穗型的特性也出現在這些高級系統中，其穗重及穗長上均有多數系統超越輪迴親本表現 (圖 5)，各系統的穗重分布在 1.26–2.74 g 之間，有半數系統介於 2–2.2 g 之間，最佳的系統較輪迴親增加 38.4%；穗長的分布在 15.4–23.2 cm 之間，平均 19.1 cm，大於輪迴親本 (18.4 cm)，增加幅度最多達 26.2%，說明部分系統已具有野生稻 *O. australiensis* 穗長的特性。就穗的著粒密度而言，各系統每公分穗的平均著粒數分布在 3.71–8.09 粒之間，多數的系統介於 5–6 粒之間，有多數系統多於輪迴親本的 5.27 粒，顯示種間雜交於回交族群中所重組合出的特殊性狀也被固定下來。

綜合這些高級世代各系統的表現，就各系統產量與各性狀相關性而言 (表 4)，產量與各性狀的相關性均低；在產量的構成要素中的每穗粒數與穗長、穗重及著粒密度呈極顯著正相關；在穗型態上，顯然由野生稻而來的穗長特性對產量並無直接的貢獻，雖然穗長增加每穗粒數有增加的趨勢，卻也因稔實率降低而使得

產量受到限制。

討 論

種間雜交通常存在著受精前與受精後的繁殖障礙。Sitch (1990) 綜論以往稻屬種間雜交的結果，栽培稻與染色體組 BB、BBCC、CC、CCDD、EE、FF 的野生稻種間雜交之稔實率為 0–30.0%。其中栽培稻與 *O. australiensis* (EE) 的雜交所得的可稔率均未達 1% (Li *et al.* 1963; Multani *et al.* 1994)，一般也認為雜交可稔率在栽培稻或野生稻種及同種內系統的差異存有極大的變異，如不同栽培稻與同一野生稻種雜交，有些雜交組合可得到雜交種子，但有些則無法得到 (Sitch *et al.* 1989; Naredo *et al.* 1997)。本試驗以 5 個栽培品種與具 EE 染色體組野生稻 *O. australiensis* 3 個系統雜交，所得雜交可稔率從 0.8–54.6%，也顯示出因不同品種與同一野生稻系統雜交或同一品種與不同野生稻系統雜交均有所差異。

雖然有些報告指出，栽培稻與非 AA 染色體組野生稻種雜交，授粉後常有胚或乳退化的現象，例如栽培稻與野生稻種 *O. officinalis* 雜交 F_1 種子於授粉後 8–10 日除胚發育成形外，胚乳完全退化 (Chang 1978)。然而 Jena & Khush (1984) 也發現栽培稻與野生稻 *O. officinalis* 及 *O. australiensis* 其雜種 F_1 種子於授粉後二週胚乳退化，利用未熟胚培養成功率在 80% 左右的結果。本試驗的胚拯救培養成功率部分組合雖有明顯偏低之現象，但仍然可獲得其後代。然而試驗中透過胚拯救培養得到的雜種植株，由於染色體的配對異常，雜種植株完全不稔。Ho & Li (1966) 研究指出栽培稻與 *O. australiensis* 的雜種 F_1 的花粉稔性僅 2.02%，而回交 2000 個穎花也僅得到 2 粒，可稔率為 0.1%。而 Multani *et al.* (1994) 發現即使回交 20,234 穎花也均無法獲得具活力之種子。本試驗中 TNG67 × *O. australiensis* (IRGC100882)

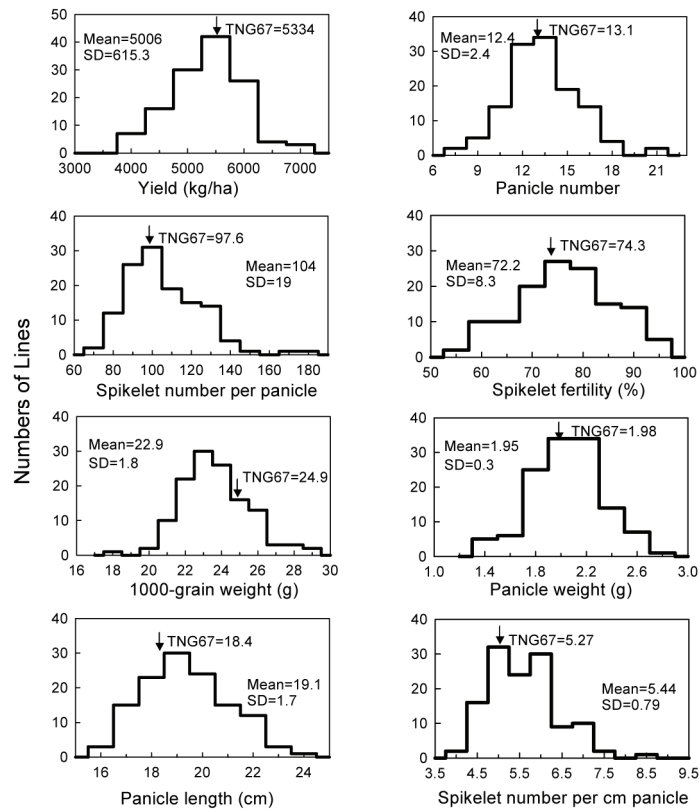


圖 5. 栽培稻 TNG67 × 野生稻 *O. australiensis* (IRGC100882) 之 BC₃F₇ 產量及各項農藝性狀頻度分布。

Fig. 5. Frequency distribution of yield and agronomic characteristics in BC₃F₇ progenies from *Oryza sativa* (cv. TNG67) × *O. australiensis* (IRGC100882) backcross population. SD: Standard deviation; Arrows show the means of TNG67.



圖 6. 栽培稻 TNG67 × 野生稻 *O. australiensis* (IRGC100882) 導入系統穗型之變異。

Fig. 6. Different panicle types in the introgression lines from *Oryza sativa* (cv. TNG67) × *O. australiensis* (IRGC100882) cross combination.

表 4. 台農 67 號與野生稻 *O. australiensis* (IRGC100882) 導入系統間的外表型相關Table 4. The phenotypic correlations of introgression lines from *O. australiensis*

Character ^z	Yd	PN	PG	FER	GW	PW	PL
PN	0.17						
PG	0.01	-0.29**					
FER	0.32**	-0.10	-0.43**				
GW	0.27**	-0.02	-0.38**	0.26**			
PW	0.29**	-0.40**	0.71**	0.19*	0.18		
PL	-0.16	-0.16	0.57**	-0.48**	-0.18	0.34**	
PD	0.11	-0.27**	0.86**	-0.21*	-0.34	0.66**	0.07

** , * denote significance at 1% and 5% level, respectively.

^z Yd: Yield; PN: panicle number; PG: spikelet numbers per panicle; FER: spikelet fertility; GW: 1000-grain weight; PW: panicle weight; PL: panicle length; PD: spikelet numbers per cm panicle.

雜種 F₁ 授以輪迴親花粉，因花粉粒不發芽或花粉管伸長受阻，因此回交的成功率很低 (< 0.89%)，但於 BC₂F₁ 已可獲得部分可稔植株，經第三次回交，可稔率恢復可達 45.95%。顯示栽培稻與 *O. australiensis* 野生稻雜交，除雜交時兩親本的親和性外，導入野生稻有用性狀的最大限制來自於雜種植株的繁殖（回交）障礙。

在以往的育種經驗中認為野生稻具有容易落粒、易倒伏、品質及產量差等不良性狀，因此在育種利用上主要針對野生稻特有的抗病、抗蟲特性之導入，在數量性狀如產量、品質的研究則相對減少。進行種間雜交除兩親間之親和性障礙、雜種 F₁ 弱勢及 F₂ 族群建立不易外，也常因均質性不高、F₂ 的不稔與不良性狀強烈連鎖，即使獲得標誌的材料卻未能有效被利用。雖然與栽培稻親緣較近的野生稻種 *O. rufipogon* 在數量性狀的研究與利用上頗多，但野生稻 *O. australiensis* 被歸類為第二級基因庫，受限於雜交親和性及其選拔族群的建立，育種利用上主要針對其抗病及抗蟲等特性的導入 (Multani *et al.* 1994; Ishii *et al.* 1994)，尚未針對栽培稻與 *O. australiensis* 育成的導入系統在數量性狀之表現進行廣泛討論。本試驗經由多次回交，於 BC₂F₂ 及 BC₃F₁ 各性狀均有較高

的變異性，且在回交初級 (BCnF₁、BCnF₂) 世代產量及各性狀均有超越輪迴親的系統出現，認為於 BC₂F₂ 及 BC₃F₁ 進行選拔的有效性。Fujimaki (1978) 也認為回交過程中針對輪迴親本具有的有利基因選拔，在回交族群初期世代以變異大選拔較具效果。Tan *et al.* (2007) 於建立 *O. rufipogon* 的 ILs 過程中也認為配合分子標誌及外表型選拔於 BC₃ 可以建立涵蓋野生稻整套基因組的 ILs。針對本試驗中回交高級系統的產量及其相關性狀的評估，有 7% 的系統較輪迴親增產 10% 以上，也發現重組合中有新的性狀出現，如穗長有長於輪迴親偏向野生稻的系統或異於兩親的密穗系統。本試驗於成立的高級系統中發現增加穗長及每穗穎花數，因有效穗數及稔實率降低而對產量並無增進的效果。目前在野生稻 *O. rufipogon* 的 ILs 中獲得對產量具有增加效應的相關性狀中，主要來自每穗有效粒數、單株產量及穗數等性狀 (Xiao *et al.* 1996, 1998; Tian *et al.* 2006; Tan *et al.* 2007)，顯示由野生稻 *O. australiensis* 而來的 ILs 其增產的效應有別於由 *O. rufipogon* 所獲得的效應，值得進一步加以探討。另外，在建立的系統中有多數的株高偏高，分蘖變少，可確定野生稻 *O. australiensis* 的性狀被導入栽培稻中，但經多次回交及多次自交後代仍表現出偏

向野生稻的現象，意味著這些野生稻的性狀具有強烈的連鎖作用，或帶有較多的野生稻基因所致，而許多學者認為帶有野生稻基因越多的 ILs 產量超越輪迴親的優勢越低；反之，則有越高的表現 (Tian *et al.* 2006; Rangel *et al.* 2008)。也有學者認為種間雜交後代 ILs 中不僅是染色體片段的置換，包含著基因的重組或是基因的交感作用 (上位性作用) (Ishii *et al.* 1994; Tian *et al.* 2006; Tan *et al.* 2007)，則可用來解釋試驗中高產系統的表現或是異於兩親密穗型的表現。多數學者指出育成的 ILs 可以進一步的建立 QTL-NIL (QTL-near isogenies line) 或第二次 F₂ 族群，針對目標性狀進行更詳盡的分析 (Tanksley & Nelson 1996; Tian *et al.* 2006; Tan *et al.* 2007)。Rangel *et al.* (2008) 則直接從栽培稻與野生稻 *O. glumaepatula* (AA 染色體組) 所建立的 ILs 中選出優質高產品系進行命名及推廣，而本試驗中由 *O. australiensis* 而來的導入系統或許未來也有可能選出優良系統，則有待進一步的試驗。

引用文獻 (Literature cited)

- Amante-Bordeos A., L. A. Sitch, R. Nelson, R. D. Dalmacio, N. P. Oliva, H. Aswidinnoor, and H. Leung. 1992. Transfer of bacterial blight and blast resistance from the tetraploid wild rice *Oryza minuta* to cultivated rice, *Oryza sativa*. *Theor. Appl. Genet.* 84:345–354.
- Brar, D. S. 2005. Broadening the gene pool of rice through introgression from wild species. p.157–159. *in*: Rice is Life: Scientific Perspectives for the 21st Century. (Toriyama, K., K. L. Heong, and B. Hardy, eds) Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, and Tsukuba (Japan): Japan International Research Center for Agricultural Sciences.
- Chang, T. M. 1978. Studies on embryo and endosperm development following interspecific cross in rice. *J. Agric. Res. China* 27:259–266. (in Chinese with English abstract)
- Chen, Y. J. and H. K. Wu. 1982. A comparison of karyotypes among six *Oryza* species. *Bot. Bull. Acad. Sinica* 23:163–183. (in Chinese with English abstract)
- Fu, X. L., Y. G. Lu, X. D. Liu, and J. Q. Li. 2009. Crossability barriers in the interspecific hybridization between *Oryza sativa* and *O. meyeriana*. *J. Integrat. Plant Biol.* 51:21–28.
- Fujimaki, H. 1978. Genetical studies on improvement of backcross technique in rice breeding. *J. Cent. Agric. Exp. Stn.* 27:187–246.
- Harlan, J. R. and J. M. J. de Wet. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon* 20: 509–517.
- Hirabayashi, H., E. R. Angeles, R. Kaji, T. Ogawa, D. S. Brar, and G. S. Khush. 1998. Identification of brown planthopper resistance gene derived from *O. officinalis* using molecular markers in rice. *Breed. Sci. Suppl.* 48:82. (in Japanese with English abstract)
- Hirabayashi H., R. Kaji, E. R. Angeles, T. Ogawa, D. S. Brar, and G. S. Khush. 1999. RFLP analysis of a new gene for resistance to brown planthopper derived from *O. officinalis* on rice chromosome 4. *Breed. Sci. Suppl.* 49:48. (in Japanese with English abstract)
- Huang, Z., G. He, L. Shu, X. Li, and Q. Zhang. 2001. Identification and mapping of two brown planthopper resistance genes in rice. *Theor. Appl. Genet.* 102:929–934.
- Huang, C. S., R. H. Buu, C. C. Chen, and C. H. Cheng. 1985. Development of rice variety Tainung 69. *J. Agric. Res. China* 34:125–134. (in Chinese with English abstract)
- Ho, K. C. and H. W. Li. 1966. Cytogenetical studies of *Oryza sativa* L. and its related species. 10. Study on meiosis and unreduced gametes formation of the hybrid *O. sativa* L. × *O. australiensis* Domin. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 7:13–35.
- Ishii, T., D. S. Brar, D. S. Multani, and G. S. Khush. 1994. Molecular tagging of genes for brown planthopper resistance and earliness introgressed from *Oryza australiensis* into cultivated rice, *O. sativa*. *Genome* 37:217–221.
- Jena, K. K. and G. S. Kush. 1984. Embryo rescue of interspecific and its scope in rice improvement. *Rice Genet. Newsl.* 1:133–134.
- Jena, K. K. and G. S. Khush. 1989. Monosomic alien addition lines of rice: production, morphology, cytology, and breeding behavior. *Genome* 32: 449–455.

- Jena K. K., J. U. Jeung, J. H. Lee, H. C. Choi, and D. S. Brar. 2006. High-resolution mapping of a new brown planthopper (BPH) resistance gene, *Bph18(t)*, and marker-assisted selection for BPH resistance in rice (*Oryza sativa* L.) Theor. Appl. Genet. 112:1192–1194.
- Jena K. K. and G. S. Khush. 1990. Introgression of genes from *Oryza officinalis* Well ex Watt to cultivated rice, *O. sativa* L. Theor. Appl. Genet. 80:737–745.
- Jin H., G. Tan, D. S. Brar, M Tang, G. Li, L. Zhu, and G. He. 2006. Molecular and cytogenetic characterization of an *Oryza officinalis*-*O. Sativa* chromosome 4 addition line and its progenies. Plant Mol. Biol. 62:769–777.
- Kobayashi, N., R. Ikeda, G. S. Kush, and D. S. Brar. 1992. Resistance to rice tungro spherical virus in monosomic alien addition lines (MAALs) of *Oryza officinalis*. Rice Genet. Newsl. 9:37–38.
- Khush G. S. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. Plant Mol. Biol. 35:25–34.
- Khush, G. S., E. Bacalanco, and T. Ogawa. 1990. A new gene for resistance to bacterial blight from *O. longistaminata*. Rice Genet. Newsl. 7:121–122.
- Kush, G. S. and K. C. Ling. 1974. Inheritance of resistance to grassy stunt virus and its vector in rice. J. Hered. 65:134–136.
- Li, C. P., Y. H. Chen, C. G. Chern, T. H. Tseng, C. C. Chen, M. S. Lai, and Y. C. Kou. 1994. Broadening genetic diversity of cultivated rice through interspecific hybridization within Genus *Oryzaeae* I. Evaluation of agronomic characteristics of introduced wild rice species. J. Agric. Res. China. 43:261–274. (in Chinese with English abstract)
- Li, G., W. Hu, R. Qin, H. Jin, G. Tan, L. Zhu, and G. He. 2008. Simple sequence repeat analysis of interspecific hybrids and MAALs of *Oryza officinalis* and *Oryza sativa*. Genetica 134:169–180.
- Li, H. W., C. C. Chen, T. S. Weng, and K. D. Wu. 1963. Cytogenetical studies of *Oryza sativa* L. and its related species 4. Interspecific crosses involving *O. australiensis* with *O. sativa* and *O. minuta*. Bot. Bull. Acad. 4:65–74.
- Lin, S. C. and L. P. Yuan. 1980. Hybrid rice breeding in China. p.35–51. in: Innovative Approaches to Rice Breeding Manila (Philippines). International Rice Research Institute (IRRI) Los Baños, Philippines.
- Lo, S. F., Y. S. Chen, C. C. Li, and H. S. Tsay. 1997. *In vitro* culture of immature F1 embryos of *Oryza sativa* × *O. officinalis*. J. Agric. Res. China 46: 207–215. (in Chinese with English abstract)
- Mariam, A., A. H. Zakri, M. C. Mahani, and M. N. Normah. 1996. Interspecific hybridization of cultivated rice, *Oryza sativa* L. with the wild rice, *O. minuta*. Theor. Appl. Genet. 93:664–671.
- Masumoto C., T. Ishii, S. Kataoka, T. Hatanaka, and N. Uchida. 2004. Enhancement of rice leaf photosynthesis by crossing between cultivated rice, *Oryza sativa* and *O. rufipogon*. Plant Prod. Sci. 7:252–259.
- Moncada P., C. P. Martinez, J. Borrero, M. Chatel, J. H. Gauch, E. Guimaraes, J. Tohme, and S. R. McCouch. 2001. Quantitative trait loci for yield and yield component s in an *Oryza sativa* × *Oryza rufipogon* BC₂F₂ population evaluated in an upland environment. Theor. Appl. Genet. 102: 41–52.
- Multani, D. S, K. K. Jena, D. S. Brar, B. C. delos Reyes, E. R. Angeles, and G. S. Khush. 1994. Development of monosomic alien addition lines and introgression of genes from *Oryza australiensis* Domin. to cultivated rice *O. sativa* L. Theor. Appl. Genet. 88:102–109.
- Naredo, Ma. E. B., A. B. Juliano, B. R. Lu, and M. T. Jackson. 1997. Hybridization of AA genome rice species from Asia and Australia. I. Crosses and development of hybrids. Genet. Resour. Crop Evol. 44:17–23.
- Ohmido N., K. Fukui, and T. Kinoshita. 2005. Advances in rice chromosomes research. Proc. Jpn. Acad. 81:382–392.
- Piegu, B., R. Guyot, N. Picault, A. Roulin, A. Saniyal, H. Kim, K. Collura, D. S. Brar, S. Jackson, R. A. Wing, and O. Panaud. 2006. Doubling genome size without polyploidization: Dynamics of retrotransposition-driven genomic expansions in *Oryza australiensis*, a wild relative of rice. Genome Res. 16:1262–1269.
- Rangel, P. N., R. P. V. Brondani, P. H. N. Rangel, and C. Brondani. 2008. Agronomic and molecular characterization of introgression lines from the interspecific cross *Oryza sativa* (BG90-2) × *Oryza glumaepatula* (RS-16). Genet. Mol. Res. 7: 184–195.
- Renganayaki, K., A. K. Fritz, S. Sadasivam, S. Pammi, S. E. Harington, S. R. McCouch, S. M. Kumar, and A. S. Reddy. 2002. Mapping and progress toward

- map-based cloning of brown planthopper biotype-4 resistance gene introgressed from *Oryza officinalis* into cultivated rice *O. sativa*. *Crop Sci.* 42:2112–2117.
- Sitch, L. A., R. D. Dalmacio, and G. O. Romero. 1989. Crossability of wild *Oryza* species and their potential use for improvement of cultivated rice. *Rice Genet. Newsl.* 6:58–60.
- Sitch, L. A. 1990. Incompatibility barriers operating in crosses of *Oryza sativa* with related species and genera. p.77–94. *in: Genetic Manipulation in Plant Improvement II.* (Gustafson, J. P., ed.) Plenum Press. New York.
- Suputtitida, S., T. Adachi, P. Pontongkam, S. Peyachoknagul, S. Apisitwanich, and J. Thongpradistha. 2000. Breeding barriers in the interspecific cross of *Oryza sativa* L. and *Oryza minuta* Presl. *Breed. Sci.* 50:29–35.
- Tan, L., F. Liu, W. Xue, G. Wang, S. Ye, Z. Zhu, Y. Fu, X. Wang, and C. Sun. 2007. Development of *Oryza rufipogon* and *O. sativa* introgression lines and assessment for yield-related quantitative trait loci. *J. Integrat. Plant Biol.* 49:871–884.
- Tanksley, S. D. and J. C. Nelson. 1996. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTL from unadapted germplasm into elite breeding lines. *Theor. Appl. Genet.* 92:191–203.
- Tanksley, S. D., S. Grandillo, T. M. Fulton, D. Zamir, Y. Petiard, J. Lopez, and T. Beck-unn. 1996. Advanced backcross QTL analysis in a cross between an elite processing line of tomato and its wild relative *L. pimpinellifolium*. *Theor. Appl. Genet.* 92:213–224.
- Tian F., D. J. Li, Q. Fu, Z. F. Zhu, Y. C. Fu, X. K. Wang, and C. Q. Sun. 2006. Construction of introgression lines carrying wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) segments in cultivated rice (*Oryza sativa* L.) background and characterization of introgressed segments associated with yield-related traits. *Theor. Appl. Genet.* 112:570–580.
- Xiao, J., S. Grandillo, S. N. Ahn, S. R. McCouch, S. D. Tanksley, J. Li, and L. Yuan. 1996. Genes from wild rice improve yield. *Nature* 384:223–224.
- Xiao J, J. Li, S. Grandillo, A. Sang-Nag, L. Yuan, S. D. Tanksley, and S. R. McCouch. 1998. Identification of trait-improving quantitative trait loci alleles from a wild rice relative, *Oryza rufipogon*. *Genetics* 150:899–909.
- Yang, H., X. Ren, Q. Weng, L. Zhu, and G. He. 2002. Detection and analysis of QTL for resistance to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal), in rice (*Oryza sativa* L.), using backcross inbred lines. *Hereditas* 136:39–43.
- Yasui, H., K. I. Nonomura, and N. Iwata. 1995. Identification of *Oryza punctata* chromosomes transferred to monosomic alien addition lines of *O. sativa* fluorescence *in situ* hybridization. *Rice Genet. Newsl.* 11:76–77.
- Yasui, H. and N. Iwata. 1991. Production of monosomic alien addition lines of *Oryza sativa* having a single *O. punctata* chromosome. *Rice Genet. Newsl.* 2:147–155.
- Ye, Z. H. and R. C. Saxena. 1990. Resistance to white-backed planthopper in elite lines of cultivated × wild rice crosses. *Crop Sci.* 30:1178–1182.

Construction of Introgression Lines from Wild Rice (*Oryza australiensis* Domin) and Assessment of Yield-Related Traits¹

Charng-Pei Li^{2,5}, Hsin-Mei Ku³, Tzer-Kuan Hu³, Chyr-Guan Chern⁴, Ming-Hsing Lai⁴,
Ching-Shan Tseng⁴, Jen-Ren Chen², and Tung-Hi Tseng²

Abstract

Li, C. H., H. M. Ku, T. K. Hu, C. G. Chern, M. H. Lai, C. S. Tseng, J. R. Chen, and T. H. Tseng. 2009. Construction of introgression lines from wild rice (*Oryza australiensis* Domin) and assessment of yield-related traits. *J. Taiwan Agric. Res.* 58:219–233.

To develop introgression lines (ILs) from wild rice, five Japonica varieties cultivated rice (*Oryza sativa*) were crossed with three accessions of wild rice *O. australiensis*, obtained from International Rice Research Institute (IRRI). The percentage of seed set and germination in embryo rescue culture varied with crosses, ranging from 2.3 to 54.6% for seed sets and 0 to 83.3% for seed germination. Among the three crosses, Tainung 67 (TNG67) × IRGC100882, TNG67 × IRGC101397, and TNG67 × IRGC101410, F₁ weakness was observed in TNG67 × IRGC101410, whereas all of the three crosses failed to produce F₂ seeds. Backcross was successful only for the hybrid TNG67 × IRGC100882, using TNG67 as the recipient, and the production of seeds from this hybrid was low (< 0.98%) in the first and second generations of backcross but raised to 46% in the third generation of backcross. To evaluate yield-related traits in multiple generations backcross populations, wide ranges of variations in BC₂F₂ and BC₃F₁ were observed, suggesting that they are the best generations for selection in the breeding procedure. To assess yield-related traits, 111 lines BC₃F₇ were selected from BC₃F₁. Eight lines were showed more than 10% higher grain yield than TNG67. The others trait-enhancing lines best over TNG67 were from 15.7% in 1000-grains weight to 78% in panicle length. These ILs will be useful as a source of valuable traits for the rice improvement and for detecting favorable genes of wild rice *O. australiensis*.

Key words: *Oryza sativa*, *Oryza australiensis*, Interspecific hybridization, Backcross, Embryo rescue culture, Introgression lines, Yield related traits.

-
1. Contribution No.2369 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: September 15, 2009.
 2. Respectively, Assistant Researcher, Assistant Researcher, Assistant Researcher, and Associate Researcher, Biotechnology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Respectively, Assistant Professor and Professor, Department of Agronomy, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Associate Researcher, Crop Science Division TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 5. Corresponder author, e-mail: charngpei@tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.