

轉殖植酸酵素基因水稻之農藝性狀及田間生物安全性評估¹

曾清山² 吳明哲² 黃鴻章² 賴明信³ 陳治官^{3,4}

摘 要

曾清山、吳明哲、黃鴻章、賴明信、陳治官。2008。轉殖植酸酵素基因水稻之農藝性狀及田間生物安全性評估。台灣農業研究 57:175-182。

轉殖植酸酵素基因水稻品系，是由水稻台農 67 號品種轉殖植酸酵素基因 (phytase-gene) 所產生的基因轉殖水稻，本研究目的在評估轉殖植酸酵素基因水稻的田間生物安全，以確保在自然環境中，對目前已有農作物耕種及環境無不良影響。本試驗於農業試驗所隔離田進行，結果顯示轉殖植酸酵素基因水稻的株高、穗長、穗重及產量顯著低於對照受體品種台農 67 號。轉殖植酸酵素基因水稻每公頃平均產量為 4,608 kg，遠低於台農 67 號的 7,040 kg。無論是轉殖植酸酵素基因水稻或是台農 67 號，其發芽勢及發芽率均受低溫影響，在低溫 15°C 環境下，轉殖植酸酵素基因水稻發芽勢低於台農 67 號，而發芽率則高於台農 67 號，二者之間有顯著的差異。幼苗生長勢試驗除了 93 年第一期作轉殖植酸酵素基因水稻在 25°C 下的根長度為 6.26 cm 低於台農 67 號的 8.97 cm，且達顯著水準外，其餘水稻幼苗性狀表現結果均未達顯著水準。轉殖植酸酵素基因水稻之發芽率及幼苗生長勢與台農 67 號差異不顯著，且後代生殖率顯著較低 (單位面積稻穀產量)，其轉殖之基因亦不具抗除草劑之能力，推論其演變成有害植物之可能性與台農 67 號沒有差異。

關鍵詞：水稻、基因轉殖作物、植酸酵素基因、農藝性狀。

前 言

自古以來人類就不斷對農作物進行品種改良，以獲取最大經濟效益。隨著基因轉殖技術日漸成熟，近年來應用基因轉殖技術所培育出之基因轉殖作物，其種類及栽培面積逐年上升。根據 International Service for the Acquisition Agri-Biotech Application 統計 (James 2007)，全球基因轉殖作物商業栽培面積在 2007 年已達到 11,430 萬 ha，較 1996 年的 170 萬 ha 增加 67 倍，其增長速度可謂極為快速，成為近代歷史上發展最快的作物生產技術，基因轉殖作物產業化已成為不可阻擋的態勢。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2325 號。接受日期：97 年 8 月 1 日。

2. 本所生物技術組助理研究員、研究員兼組長、客座研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。

3. 本所作物組副研究員、副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。

4. 通訊作者，電子郵件：cgchern@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23339544。

基因轉殖作物帶來可觀的經濟效益和社會效益，同時也存在潛在的環境和食用安全風險。人們對於異於傳統育種方法而產生的基因轉殖作物釋入環境後到底會發生什麼問題充滿疑慮。基因轉殖作物對生態環境影響的安全性評估主要從三個方向加以考量。第一、基因轉殖作物演變成有害植物之可能性。目前商業化之基因轉殖作物，主要改良性狀包括抗病、抗蟲、耐除草劑、延遲老化及軟化、營養成分改變等等。基因轉殖作物在獲得這些新的基因後，其生存競爭力有可能會改變。如果其生長勢、田間自然競爭力、越冬能力或種子產量等方面比非基因轉殖植株強許多，就可能演化成雜草，進而改變自然的生物種群，打破生態平衡。第二、基因轉殖作物其基因流佈 (gene flow) 到近緣野生種的可能。即在自然生態條件下，有些作物會和周圍生長近緣野生種發生天然雜交，從而將自身所帶的外源基因轉入野生種。如果所轉殖的是一個耐除草劑基因，就會使野生雜草獲得抗性，增加了雜草控制的難度，特別是多個抗除草劑基因同時轉入一個野生種時，將會帶來無法預期的後果。第三、對自然生物族群的影響。通常所轉殖的基因大都與抗病或抗蟲有關，對標的或非標的生物皆可能造成影響，如大面積和長時期使用，將可能破壞生態平衡及生物多樣性。

水稻是世界上最主要的糧食作物之一，全球有 50% 以上的人口以稻米為主要糧食，在台灣水稻的栽培面積達 26 萬 ha (2005–2006 年平均)，是種植面積最廣的作物，過去數十年利用傳統育種方式已培育出許多優良的水稻品種，近年來利用基因轉殖技術培育而成的基因轉殖水稻越來越多，包括轉殖植酸酵素 (phytase) 水稻、轉殖澱粉普魯糖 (amylpullulanase) 水稻及轉殖豬乳鐵蛋白 (lactoferrin) 水稻，未來將會有更多的基因轉殖水稻育成。為防範基因轉殖植物可能對生態環境造成衝擊，政府於 2002 年著手進行修正植物品種及種苗法，並於 2004 年公告規定凡由國外引進或國內培育之基因轉殖植物，應申請辦理隔離田間觀察試驗，經審議核准後方得於田間栽培。本研究目的在評估轉殖植酸酵素基因水稻大規模商業化種植之前，進行田間生物安全評估試驗，以確保在自然環境中，對目前已有農作物耕種及環境無不良影響。

材料與方法

試驗地點及其環境設施管理

本試驗實施地點為農委會農業試驗所之「基因轉移植物隔離試驗田」園區內實施。該園區之設立符合農委會公告之「基因轉移植物田間試驗管理規範」之規定，設有基因轉殖作物試驗觀察專用之試驗田、網室、灌溉與道路系統等設施。整個園區共約 5 ha，形成完整而獨立之區域，四周有鐵網和綠籬與外界嚴密隔離，並嚴格管制人員、材料及之進出。試驗後之材料與器具均在園區內就地銷毀或消毒。

供試材料

由國際基因公司提供之轉殖植酸酵素基因水稻品系 (以下簡稱 AAN)，與其受體品種台農 67 號 (實際轉殖之受體株系) 為對照 (以下簡稱 TNG 67)，於 2003 年 8–12 月及 2004 年 2–6 月連續種植二期作。試驗田區採逢機完全區集設計，三重複，多本植，每小區種植 20 行，每行種植 50 株，行株距為 28 × 16 cm。每公頃 N、P₂O₅、K₂O 施用量分別為 120、72 及 48 kg，硫酸銨為氮肥 (N) 的來源，過磷酸鈣及氯化鉀分別為磷肥 (P₂O₅) 及鉀肥 (K₂O) 的來源，田間管理依一般慣行法進行。

生物安全評估調查項目

農藝性狀調查：試驗材料於生育期間，調查各小區之株高、分蘗數及抽穗期，其他性狀於收穫調製後進行。各性狀參照國際稻米研究所 (IRRI, 1996) 訂定之標準或作部份之修改進行調查，說

明如下：株高 (plant height, cm)：測量成熟時稻株主莖地上部之高度。抽穗期 (heading days, 天)：每株自移植日起至第一穗抽穗止之日數為生育日數。穗長 (panicle length, cm)：測量每一株中各穗由穗頸至穗尖的長度，取平均值。穗重 (panicle weight, g)：測量單株所有穗數的總重量，除以穗數。容重 (g/L)：測量每公升稻穀之重量。脫粒率 (% of shattering)：就調查穗長之材料，每次取稻穗 4 穗，置於長 100 cm，寬 30 cm，且一邊高為 8 cm 之斜木板 2/3 處，再以 1.3 kg 重，25 cm 長之圓筒鐵棒，自上端滾下三次，計算脫粒種子與全部種子數目之比率。

產量構成要素性狀調查：穗數 (panicle numbers)：調查每一單株可抽穗之穗數。每穗粒數 (spikelet no/panicle)：計算各單株中結實粒數與空穎粒數，合計為總粒數，再除以穗數。稔實率 (spikelet fertility, %)：計算各單株中結實粒數與空穎粒數，合計為總粒數，再計算結實粒數與總粒數的比率。千粒重 (1000-grain weight, g)：測量結實粒數，除以結實粒數，再換算成 1,000 粒重。公頃產量 (grain yield, kg/ha)：100 株水稻穀粒經脫粒烘乾調整水分含量至 13%，並風選後所得穀粒重換算成每公頃之穀粒重量。

演變成有害植物 (如雜草等) 可能性之評估

種子發芽勢與發芽率試驗：利用紙上法將隨機取得之 100 粒種子置於內鋪一層濾紙之 5 cm 培養皿中，加蒸餾水 5 c.c. 至濕潤程度，分別置於 15°C、25°C、35°C、設定光照時間為 12 hrs 的生長箱內。每處理四重複、每天調查記錄一次發芽率，當樣品在發芽後期連續達 3 天以上無發芽時，即停止記錄。試驗結束後依據 Ellis & Roberts (1981) 方法分別計算最終發芽率 (final germination percentage, %) 及平均發芽時間 (mean germination time, 天)。平均發芽時間 = $\Sigma fd/N$ ，式中 f 表示種子從播種試驗開始第 d 天發芽幼苗數，d 為播種後的天數，N 為至試驗結束止之總發芽數。

幼苗生長勢試驗：水稻種子浸種 3 天後，將已發芽之種子以 0.5 cm 之距離播種於濕潤的吸水紙上，吸水紙係附著在同等大小的壓克力板上，所有種子胚部均保持在同一水平線上，並以吸水紙覆蓋以固定種子，然後將每一片以 67° 的水平仰角斜插在固定架上，固定架上的每一片距離為 2 cm，每一個固定架放 10 片，其中最前面一片不播種子。然後將固定架置於 30 × 22 × 6 (cm) 的塑膠盆內。塑膠盆內加水至一定高度 (水深 3 cm)，使吸水紙一直維持濕潤狀態。將塑膠盆置於三種不同溫度 (15°C、25°C、35°C) 設定光照時間為 12 hrs 的生長箱內，每處理三重複、10 天後調查幼苗高度、根長度、幼苗乾重及根乾重。幼苗高度 (seedling height, cm)：測量自種子至葉尖的長度。根長度 (root length, cm)：測量自種子至根尖的長度。幼苗乾重 (seedling dry weight, mg)：將地上部取出，經 45°C、72 hrs 烘乾後，測量其重量。根乾重 (root dry weight, mg)：將地下部取出，經 45°C、72 hrs 烘乾後，測量其重量。

幼苗生長競爭能力之評估：將 AAN 轉殖系與 TNG 67 水稻種子浸種 3 天後，將已發芽之種子相臨種植，株距 2 cm，兩方彼此包圍，比較兩者競爭力的差異。每處理三重複、14 天後調查幼苗高度、根長度、幼苗乾重及根乾重。

結 果

農藝性狀及產量性狀之評估

進行為期一年二期作的農藝及產量性狀評估，由表 1 結果顯示，92 年第二期作 AAN 轉殖系水稻其株高、分蘗數、穗長、穗重及脫粒率低於對照 TNG 67，其中株高、穗長及穗重有達顯著水準。

另外 AAN 轉殖系容重為 537.8 g 高於 TNG 67 的 522.3 g 且達到顯著差異。同樣地在 93 年第一期作農藝性狀評估結果顯示，AAN 轉殖系水稻其株高、分蘗數、抽穗期、穗長、穗重、容重及脫粒率均低於對照品種 TNG 67，其中只有穗重達到顯著水準。在產量構成要素性狀方面，由表 2 結果顯示，92 年第二期作 AAN 轉殖系其穗數及每穗粒數低於 TNG 67，千粒重及稔實率則高於 TNG 67，AAN 轉殖系每公頃產量為 4,585.6 kg，低於 TNG 67 的 7,533.6 kg，且二者之間達顯著水準。而在 93 年第一期作產量構成要素性狀評估中，AAN 轉殖系其穗數、每穗粒數及稔實率均低於 TNG 67，AAN 轉殖系每公頃產量為 4,630.3 kg，亦低於 TNG 67 的 6,546.3 kg，同樣地達顯著水準。

演變成有害植物 (如雜草等) 可能性之評估

種子發芽勢與發芽率試驗結果：由表 3 結果顯示，92 年第二期作與 93 年第一期作 AAN 轉殖系與對照品種 TNG 67 在 15°C、25°C 及 35°C 下之發芽率均達 90% 以上，其中 92 年第二期作在 15°C 時 AAN 轉殖系發芽率達 95.5%，高於 TNG 67 的 90.5%，二者之間有顯著的差異。種子平均發芽時間無論是 AAN 轉殖系或 TNG 67 一般呈溫度升高而縮短發芽天數之趨勢，顯示低溫可延緩水稻種子發芽。無論是在 15°C、25°C 或 35°C，AAN 轉殖系平均發芽時間均高於 TNG 67，且在 15°C 達顯著差異，顯示 TNG 67 種子活力高於 AAN 轉殖系。AAN 轉殖系在 15°C 時平均發芽時間為 6.8 天，25°C 時降為 3.1 天，至 35°C 時發芽時間則縮短為 2.6 天。對照品種 TNG 67 在 15°C、25°C 及 35°C 之平均發芽時間分別為 6.1、3.0 及 2.6 天。

幼苗生長勢試驗：表 4 為 92 年第二期作及 93 年第一期作 AAN 轉殖系與其受體品種 TNG 67 在 15°C、25°C 及 35°C 下水稻幼苗性狀之表現結果，主要評估水稻幼苗在遭受溫度逆境下的忍受能力。由結果顯示，除了在 15°C 下 AAN 轉殖系的莖乾重高於 TNG 67 外，其餘在 15°C、25°C 及 35°C 下轉殖水稻的莖長度、根長度及根乾重等性狀皆低於 TNG 67。另外除了 93 年第一期作 AAN 在 25°C 下的根長度為 6.26 cm 低於 TNG 67 的 8.97 cm，且達顯著水準外，其餘水稻幼苗性狀表現結果均未達顯著水準。

幼苗生長競爭能力之評估：由表 5 結果顯示，92 年第二期作 AAN 轉殖系的鬚根數及根部乾重高於 TNG 67，而莖長度、根長度及莖乾重則低於 TNG 67，但其差異均未達顯著水準。93 年第一期作 AAN 轉殖系的鬚根數為 4.04 支，低於 TNG 67 的 5.06 支，二者達顯著水準。而 AAN 轉殖系的根長度及根部乾重均高於 TNG 67，同樣地亦達顯著水準。地上部的莖長度及莖部乾重則未達顯著水準。

討 論

基因轉殖作物農藝性狀表現的好壞，一直是育種家非常關心的問題，也是決定基因轉殖作物能否直接應用的關鍵之一。經由一年二期作的試驗得知，AAN 轉殖系水稻的農藝性狀及產量性狀 (表 1、2) 與原受體品種 TNG 67 相比，普遍表現較差。除千粒重高於 TNG 67 外，其餘生育表現皆略遜於 TNG 67。此與許多研究報告結果相似，外源基因的插入，不可避免引起一些性狀的變異。Cui *et al.* (1998) 研究基因轉殖水稻在一般試驗田生長的條件下，其株高、穗長、單株產量和千粒重皆明顯比受體品種低。He *et al.* (2002) 對多個基因轉殖水稻後代的觀察顯示基因轉殖水稻植株的主要農藝性狀都發生了一定的變異，其變化方向和幅度並不確定，在同一品種的不同轉殖株系或同一品種的同一轉殖株系中農藝性狀變化均可能是相同或相異的。Lynch *et al.* (1995) 於田間及溫室觀察 R₂ 世代的基因轉殖水稻發現其植株變小、花期延遲、稔實率降低等現象，對於導致基因轉殖水稻

後代農藝性狀變化的原因，作者推測可能是外源基因的插入造成或是在轉殖過程中的組織培養階段產生的變異，而轉殖基因的表達亦可能導致轉殖株農藝性狀改變。

檢測轉殖水稻種子發芽率能近似地反映出苗率，平均發芽時間則為種子活力之表現因子，因此，檢測發芽率及平均發芽時間是評估基因轉殖水稻變成有害植物之重要指標。因此，種子在萌發過程中各種酶及種胚活性物質的代謝作用均會受溫度所影響。溫度是影響種子發芽的主要因素之一。由表 3 之結果顯示，AAN 轉殖系與 TNG 67 在 15°C、25°C 及 35°C 下之最終發芽率均達 90% 以上，其發芽率並未受到影響，但平均發芽時間在 15°C 下 AAN 轉殖系和 TNG 67 都受到抑制，且達顯著差異，顯示在 15°C AAN 轉殖系的種子活力明顯低於對照品種 TNG 67。其變成有害植物可能性之風險低於 TNG 67。幼苗生長勢試驗中無論是 AAN 轉殖系或 TNG 67 其莖長度、根長度、莖乾重及根乾重均受低溫處理所抑制，除了在 15°C 下，AAN 轉殖系的莖乾重高於 TNG 67 外，其餘性狀皆低於 TNG 67 (表 4)，顯示 AAN 轉殖系植株根系活力低於 TNG 67，使其在低溫生長受到抑制。在幼苗生長競爭能力之評估試驗中 (表 5)，AAN 轉殖系平均幼苗乾重及根乾重明顯高於 TNG 67，顯示若在同一生長環境下 AAN 轉殖系競爭能力高於 TNG 67。

基因轉殖水稻演變成有害植物風險因子主要為水稻作物本身及自然雜交後代，Hancock & Hokanson (2001) 認為基因轉殖植物多半僅改變已熟知植物之單一或少數基因，故基因轉殖植物之環境影響評估遠較入侵種者為單純且可靠。Chiang & Yuan (2005) 亦認為基因轉殖植物大多僅涉

表 1. 92 年第二期作與 93 年第一期作植酸酵素基因轉殖系與對照品種農藝性狀之評估

Table 1. Evaluation of agronomic traits of AAN (phytase-transgenic) and TNG 67 (non-transgenic) rice in two crop seasons

Planting season	Variety	Plant height (cm)	Tillering no. (plant)	Heading days (days)	Panicle length (cm)	Panicle weight (g)	Grain volume weight (g/L)	Grain shattering percentage (%)
92II (2003)	AAN	95.4 b ^z	12.6 a	73.7 a	18.0 b	2.0 b	537.8 a	37.3 a
	TNG67	104.3 a	12.7 a	73.3 a	19.5 a	2.2 a	522.3 b	43.0 a
93I (2004)	AAN	86.6 a	11.7 a	83.7 a	17.6 a	2.2 b	550.1 a	10.7 a
	TNG67	97.6 a	13.9 a	85.0 a	17.9 a	2.5 a	550.7 a	19.7 a

^z Means within each column followed by the same letter are not significantly different ($P > 5\%$) according to LSD test.

表 2. 92 年第二期作與 93 年第一期作植酸酵素基因轉殖系與對照品種產量性狀之評估

Table 2. Seed yield and yield components of AAN (phytase-transgenic) and TNG 67 (non-transgenic) rice in two crop seasons

Planting Season	Variety	Panicle Number (no.)	Spikelet/ panicle (no.)	1000-grain weight (g)	Seed set (%)	Yield (kg/ha)
92II (2003)	AAN	12.0 a ^z	88.6 b	25.3 a	78.1 a	4585.6 b
	TNG67	12.6 a	109.8 a	23.6 a	72.7 b	7533.6 a
93I (2004)	AAN	12.3 a	80.3 b	28.1 a	87.0 a	4630.3 b
	TNG67	13.1 a	103.1 a	26.2 b	87.4 a	6546.3 a

^z Means within each column followed by the same letter are not significantly different ($P > 5\%$) according to LSD test.

表 3. 92 年第二期作與 93 年第一期作植酸酵素基因轉殖系與對照品種在 15°C、25°C 及 35°C 下種子發芽之評估

Table 3. Comparison of seed germination of AAN (phytase-transgenic) and TNG 67 (non-transgenic) rice at 15°C, 25°C and 35°C harvested in two crop seasons

Planting season	Variety	Final germination percentage (%)	Mean germination time (days)
92II			
15°C	AAN	95.5 a ^z	7.0 a
	TNG 67	90.5 b	6.4 b
25°C	AAN	93.8 a	3.6 a
	TNG 67	93.8 a	3.3 a
35°C	AAN	94.8 a	3.2 a
	TNG 67	95.0 a	3.1 a
93I			
15°C	AAN	94.0 a	6.6 a
	TNG 67	94.3 a	5.8 b
25°C	AAN	95.8 a	2.5 a
	TNG 67	94.5 a	2.6 a
35°C	AAN	94.8 a	2.1 a
	TNG 67	96.3 a	2.2 a

^z Means within each column followed by the same letter are not significantly different ($P > 5\%$) according to LSD test.

表 4. 92 年第二期作與 93 年第一期作植酸酵素基因轉殖系與對照品種在 15°C、25°C 及 35°C 下水稻幼苗性狀之表現

Table 4. Comparison of seedling traits of AAN (phytase-transgenic) and TNG 67 (non-transgenic) rice grown at 15°C, 25°C and 35°C in two crop seasons

Planting season	Variety	Seedling height (cm)	Root length (cm)	Seedling dry weight (mg)	Root dry weight (mg)
92II					
15°C	AAN	1.73 a ^z	4.00 a	1.37 a	0.80 a
	TNG 67	2.00 a	4.23 a	1.30 a	0.87 a
25°C	AAN	11.67 a	13.07 a	6.97 a	2.73 a
	TNG 67	11.73 a	13.72 a	7.63 a	3.72 a
35°C	AAN	11.32 a	12.48 a	7.13 a	2.10 a
	TNG 67	13.27 a	17.12 a	8.13 a	2.50 a
93I					
15°C	AAN	1.52 a	2.99 a	1.53 a	0.88 a
	TNG 67	1.65 a	3.24 a	1.12 a	1.04 a
25°C	AAN	3.62 a	6.26 b	2.66 a	1.43 a
	TNG 67	3.96 a	8.97 a	2.89 a	3.31 a
35°C	AAN	7.58 a	13.38 a	5.58 a	3.50 a
	TNG 67	8.54 a	15.31 a	6.21 a	4.40 a

^z Means within each column followed by the same letter are not significantly different ($P > 5\%$) according to LSD test.

及單一或少數基因之改變，其對環境可能影響遠低於可將全部基因引入環境之外來入侵植物，且台灣目前研發之基因轉殖植物多屬高度馴化或野生力弱之種類，與外來入侵植物相較之下，基因轉殖植物之雜草風險即顯得微不足道。本項評估 AAN 轉殖系雜草化試驗項目，已進行種子生產量、不同溫度下種子最終發芽率與平均發芽時間、室內不同溫控下之幼苗生長勢及田間環境下之幼苗生長勢比較，目前所得數據未顯示基因轉殖系 AAN 有較強之雜草化趨勢。

表 5. 92 年第二期作與 93 年第一期作植酸酵素基因轉殖系與對照品種移植 14 天後之幼苗性狀

Table 5. Comparison of seedling traits of AAN (phytase-transgenic) and TNG 67 (non-transgenic) rice after 14 days transplanted in two crop seasons

Planting season	Variety	Fibrous root no.	Seedling height (cm)	Root length (cm)	Seedling dry weight (mg)	Root dry weight (mg)
92II	AAN	4.22 a ^z	12.46 a	7.99 a	8.26 a	1.97 a
	TNG 67	3.25 a	13.70 a	8.66 a	8.27 a	1.75 a
93I	AAN	4.04 b	13.28 a	11.40 a	10.27 a	2.24 a
	TNG 67	5.06 a	13.44 a	8.79 b	9.88 a	1.94 b

^z Means within each column followed by the same letter are not significantly different ($P > 5\%$) according to LSD test.

引用文獻 (Literature cited)

- Chiang, M. Y. and C. I. Yuan. 2005. Weed risk of transgenic plants: Research and assessment. p.65–85. *in* the Proceeding of Symposium on Biosafety Assessment of Transgenic Plants. Agric. Res. Inst. Pub. No.120. 226 pp. (in Chinese with English abstract)
- James, C. 2007. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007. ISAAA Briefs 37. ISAAA: Ithaca, NY.
- Cui, H. R., Q. Y. Shu, and Y. B. Xiang. 1998. Field performances of transgenic rice with a cry1 Ab gene. p.810–815. *in*: Eploration and Investigation on Life Sciences. (Zhu, M. Y. and Y. N. Li, eds.) Hangzhou Univ., Hangzhou. 815 pp.
- Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9:373–409.
- Hancock, J. E. and L. E. Hokanson. 2001. Invasiveness of transgenic vs. exotic plant species: How useful is the analogy ? p.187–192. *in* the Proceeding of the First International Symposium on Ecological and Societal Aspects of Transgenic Plantations. College of Forestry, Oregon State Univ. 238 pp.
- He, L. F., S. Q. Wei, and S. A. Lu. 2002. Studies on the variations of agronomic characteristic from rice transformed with SCK gene progeny. *J. Guangxi Agric. Biol. Sci.* 21:73–77. (in Chinese)
- IRRI. 1996. Standard Evaluation System for Rice. IRRI press, Los Banos, Laguna, Philippines. 52 pp.
- Lynch, P. T., J. Jones, and N. W. Blackhall. 1995. The phenotypic characterization of R₂ generation transgenic rice plants under field and glasshouse conditions. *Euphytica* 85:395–401.

Field Assessment of Agronomic Performance and Biosafety of Phytase-gene Transformed Rice¹

Ching-Shan Tseng², Min-Tze Wu², Hung-Chang Huang², Ming-Hsing Lai³,
and Chyr-Guan Chern^{3,4}

Abstract

Tseng, C. S., M. T. Wu, H. C. Huang, M. H. Lai, and C. G. Chern. 2008. Field assessment of agronomic performance and biosafety of phytase-gene transformed rice. *J. Taiwan Agric. Res.* 57:175–182.

A field study was conducted to assess performance and biosafety of the phytase-gene transformed rice (*Oryza sativa* L.), strain AAN, originated from the cultivar Tainung 67. Seedlings of phytase-transgenic and non-transgenic (control) rice were transplanted into an isolation field at the Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, and compared for plant growth and yield. There were two experiments in this study with the first experiment was carried out during the second crop season, from August to December, 2003 and the second experiment was carried out during the first crop season, from February to June, 2004. Results showed that plant height, panicle length, panicle weight and seed yield of phytase-transgenic rice were significantly lower ($P < 0.05$) than those of non-transgenic rice. Compared to the temperatures of 25°C and 30°C, seed germination rate and germination speed were reduced in both transgenic and non-transgenic rice under the temperature of 15°C. However, compared to the non-transgenic rice at 15°C, seeds of phytase-transgenic rice had a significantly lower rate of germination but a significantly higher speed of germination. There was no significant difference ($P > 0.05$) in growth vigor of rice seedlings between phytase-transgenic and non-transgenic plants except for root length which was shorter in transgenic plants (6.5 cm) but longer in non-transgenic plants (8.97 cm) for the test at 25°C in the experiment of Spring of 2004.

Key words: Rice, Genetically modified crops, Phytase-gene, Agronomic traits.

-
1. Contribution No.2325 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: August 1, 2008.
 2. Respectively, Assistant researcher, Researcher and Head, Visiting scientist, Biotechnology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Associate researcher, Associate researcher, Crop Science Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Corresponding author, e-mail: cgchern@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23339544.