

水稻秧苗期耐鹽性之篩選技術¹

卓緯玄² 陳治官^{2,5} 賴明信² 顏信沐² 曾東海³ 顏宏真⁴

摘 要

卓緯玄、陳治官、賴明信、顏信沐、曾東海、顏宏真。2008。水稻秧苗期耐鹽性之篩選技術。台灣農業研究 57:193–204。

本試驗以水稻台農 67 號經疊氮化鈉化學誘變純化之突變庫中之品系為材料，以 1/2 改良式木村氏水耕液外加 150 mM NaCl 進行秧苗期耐鹽性篩選；試驗結果顯示，大部份品系在鹽分逆境處理後 5–7 天與第 11–14 天間產生兩個劇烈轉折變化，鹽害指數由原先較低的情形快速昇高，顯示此兩個時間點對於大部份參試品系耐鹽性具有重要影響。本試驗除成功建立水稻秧苗期對於鹽分逆境傷害反應基礎資料及篩選程序外，並發現台農 67 號突變庫不同品系之秧苗期耐鹽性表現變異度很大，選取秧苗期對於鹽分逆器具耐、感性的水稻突變品系各 8 個進行農藝性狀調查結果顯示，所篩選耐鹽性突變品系之農藝性狀均有較佳表現，顯示此種篩選技術可適用於育種程序中後代品系選拔，成功建立後代快速篩選技術，將可應用於耐鹽性水稻品種改良。

關鍵詞：水稻、秧苗期、耐鹽性、台農 67 號突變品系。

前 言

作物在生產過程中，一些生物性逆境或非生物性逆境等外在環境因子常影響其正常的生長與發育而降低產量或品質，其中鹽害與乾旱的影響是最主要的非生物性逆境因素。土壤鹽害通常是由於自然或人為的影響，使得累積在土壤中的鹽分溶解至土壤水分中進而影響作物生長發育；現有耕地中由於環境變化及人為因素，導致鹽害的影響日益增加 (Oldeman *et al.* 1991; Flowers & Flowers 2005)。

作物耐鹽性是一種複雜的特性，牽涉多種生理和代謝途徑 (Ashraf & Harris 2004; Menezes-Benavente *et al.* 2004)，鹽害一般認為是由於離子、滲透潛勢和細胞體內水分平衡的破壞，作物生長在鹽化土壤環境中通常會受到高鹽分含量及水分缺乏的限制；然而不同作物品種 (系)

-
1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2327 號。接受日期：97 年 8 月 19 日。
 2. 本所作物組助理研究員、副研究員、副研究員、助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
 3. 本所生物技術組副研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
 4. 國立中興大學生命科學院生命科學系教授。台灣 台中市。
 5. 通訊作者，電子郵件：cgchern@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23399544。

對於鹽分逆境的反應不一，在鹽害土地生長的作物品種大多同時具有適應乾旱和鹽分逆境的特性，以達成充分利用土壤中有限水分的目的。近來有許多學者利用各種方法選育出耐鹽作物品種 (Al-Khatib *et al.* 1993; Ashraf 2002; Chinnusamy *et al.* 2005)，作物的耐鹽性在農藝上的特徵表現包含了作物本身耐鹽生理機制和環境的交感效應，因而典型的耐鹽性農藝篩選指標如產量 (Zeng & Shannon 2000)、存活率、株高 (Noble & Rogers 1992)、葉面積 (Franco *et al.* 1993)、葉片傷害指數 (leaf injury, Munns 1993)、相對生長速率 (relative growth rate, Munns & Termaat 1986) 及相對生長減少量 (relative growth reduction, He & Cramer 1992) 等，均各有其重要性，且對應不同生長階段的耐鹽性。產量作為耐鹽性篩選指標雖有助於品種 (系) 的直接利用，但往往需耗費時間和大量人力，且僅應對於生殖生長階段的耐鹽性；株高、葉面積、相對生長速率及相對生長減少量等指標也需繁雜的調查程序及耗費更多的人力；若欲增進育種效率，亟需一套簡便且易行的篩選方式；由於作物在逆境下會產生傷害，因此目測判別植株傷害性指數在多種逆境反應中曾被廣泛應用，若再配合標準化指數定義可有效區分出不同的傷害等級 (Munns 1993; IRR 2002)。

水稻 (*Oryza sativa* L.) 為世界上主要的糧食作物之一，隨著人類不斷的開發和利用土地的同時，土壤次生鹽漬化也在不斷發展 (Oldeman *et al.* 1991)，導致鹽化地面積逐漸擴大，對糧食生產帶來嚴重威脅。而靠土壤改良、種子處理等措施已不能滿足其生產要求，因此，提高水稻品種的耐鹽性是推動鹽化土壤地區水稻生產穩定發展最有效的措施之一。台灣地區水稻育種技術發達，長久以來已育成許多優良抗病、抗蟲、高產且品質優良之水稻品種，然而目前所育成的水稻推廣品種，對於鹽分逆境均非常敏感；復因以往的育種程序均未針對耐鹽特性進行選拔評估，至今尚無適合於鹽分地栽培之品種育成。隨著未來農用水資源分配減少的影響，水田因缺乏大量農業用水的沖洗，土壤次生鹽漬化面積將面臨增加之趨勢，因此建立台灣地區水稻耐鹽性之基礎資料與選拔技術為值得重視之工作。本研究以水稻台農 67 號 (Tainung 67, TNG 67) 經疊氮化鈉 (Sodium azide, NaN_3) 誘變，並以譜系法選拔純化 10 代 (M 10) 以上之突變品系及若干栽培品種為材料進行試驗，建立水稻耐鹽性快速篩選系統，並進行水稻台農 67 號突變品系耐鹽性之篩選，期能篩選出若干對於鹽分逆境反應具有差異的水稻突變品系。

材料與方法

耐鹽性突變品系之篩選

試驗採用水稻 TNG 67 與其經疊氮化鈉誘變處理並以譜系法選拔純化 10 代上之 465 個突變品系，以及 IR 20、IR 28、IR 30、IR 34、IR 44、IR 52、OS 4、KELE RATA 1-24、Doddabyranellu、Omachi、Nona Bokra、Norin 12、T(N) 1、TC 65 及 TK 8 等 15 個國內外栽培品種，合計 480 品種 (系) 為材料，其中 Nona Bokra 為耐鹽性對照品種、IR 28 為感鹽性對照品種。所有材料栽培於農業試驗所之試驗田，依一般慣行法進行田間管理，並於成熟期收穫完熟水稻種子，置於精密通風式烘箱中以 40°C 烘乾至穀粒含水量為 13–14%，再以重力式風選機風選充實飽滿之種子，儲存於 4°C 冷藏庫中，做為試驗使用之材料。

試驗秧苗之培育採水耕方法進行，參試品種 (系) 之種子經浸種、消毒及催芽後，每品種 (系) 選取剛萌芽露白種子 5–10 粒播種於自行設計之水耕栽培盤孔上，置於簡易網室內，以 1/2 改良

式木村氏 B 培養液 (Kimura B solution) (Yoshida *et al.* 1976) 培育秧苗，其組成分為 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 172 μM 、 KNO_3 92 μM 、 MgSO_4 134 μM 、 KH_2PO_4 91 μM 、Fe-citrate 31 μM 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 127 μM 、 H_3BO_3 2.5 μM 、 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.201 μM 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.201 μM 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.052 μM 、 H_2MoO_4 0.044 μM 。種子播種、水耕培育 14 天後 (秧苗約達 3-4 葉齡時)，添加 150 mM NaCl 於培養液中進行鹽分逆境處理，於鹽處理後第 1、3、5、7、9、11、14 及 21 天，參考修改國際水稻研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 之水稻標準評估系統手冊 (Standard Evaluation System for rice, SES) (IRRI, 2002) 所定鹽害分級標準，依植株葉片捲曲及乾枯白化程度區分為 0、1、3、5、7 及 9 等 6 個等級 (圖 1) 進行目視調查並紀錄其鹽害指數。試驗期間依照水耕液電導度添加逆滲透水調整培養液濃度，篩選試驗之水稻參試品種 (系) 採順序排列，重複三次，調查所得資料計算其平均值。

分析篩選所獲得之資料，選取敏感性品系及耐受性品系，分別添加 125 mM NaCl 處理進行感鹽性突變品系之重複篩選，另以 150 mM NaCl 處理進行耐鹽性突變品系之重複篩選。處理期間依照水耕液電導度添加逆滲透水調整培養液濃度，並於處理後調查其鹽害指數，水稻參試品種 (系) 採順序排列，重複三次，調查所得資料計算其平均值。

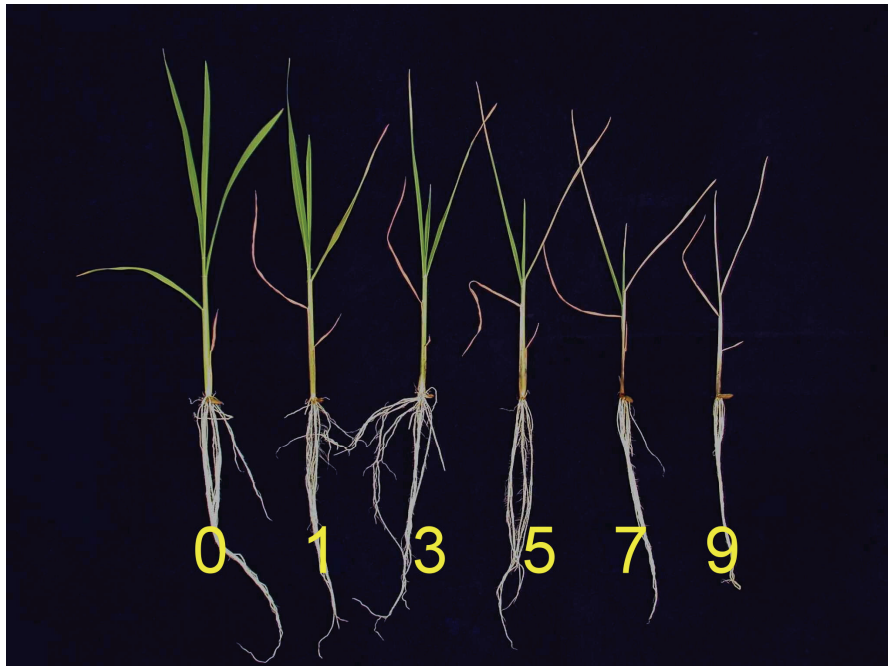


圖 1. 水稻秧苗耐鹽性調查標準 (鹽害指數)。0：植株生長正常。1：植株葉片捲曲或下位葉黃化。3：植株葉片先端乾枯白化。5：植株葉片約 1/2 乾枯白化。7：植株葉片大部份 (約 2/3) 乾枯白化。9：植株完全白化枯死。

Fig. 1. Standard investigation scales for salt injury (Salt injury score) in rice seedlings. 0: Growth nearly normal. 1: Some leaves rolled or discolored. 3: Some leaves tip drying. 5: Some leaves (about 1/2 of plant) drying. 7: Most leaves (about 2/3 of plant) drying. 9: Almost all plants dead and drying.

耐、感鹽性突變品系基本農藝性狀調查

根據前述耐、感鹽性重複篩選結果，分別選取 8 個感鹽性突變品系、8 個耐鹽性突變品系，以及誘變親本 TNG 67 (感鹽性)、耐鹽性品種 Nona Bokra 及感鹽性品種 IR 28 等三個對照品種，共 19 個品種 (系) 為材料，進行基本農藝性狀調查。供試品種 (系) 經育苗後，採單本植，栽培於農業試驗所之試驗田中，每品種 (系) 種植 6 行，每行 40 株，行株距 30 × 15 cm，依一般慣行法管理。生育期間調查抽穗期，成熟期調查株高後每品種 (系) 逢機取樣 20 個單株進行考種，調查穗長、穗數、穗重、實粒數、虛粒數、實粒重及虛粒重，再計算一穗穎花數、稔實率、千粒重等產量構成要素及單株產量。

結 果

耐鹽性突變品系之大量篩選

本試驗所採用之主要材料為 TNG 67 經疊氮化鈉誘變所建立之突變品系，採用 150 mM NaCl 做為試驗篩選濃度，在簡易網室中進行連續三星期的鹽害指數調查。結果顯示隨著鹽分處理時間的增加，秧苗受到鹽分逆境之傷害愈趨嚴重；以傷害性指數為基礎進行目測判別參試品種 (系) 的鹽害指數，統計結果列於圖 2。由傷害性指數變化發現，部份品系在鹽分處理早期即有較高的鹽害指數表現，顯示其受鹽分逆境之傷害反應較為迅速，但隨後則產生適應的情形，以致於後期調查之傷害程度並非參試品系最高者；而部份品系則表現出相反的情形，早期表現出較低之鹽害指數，一段

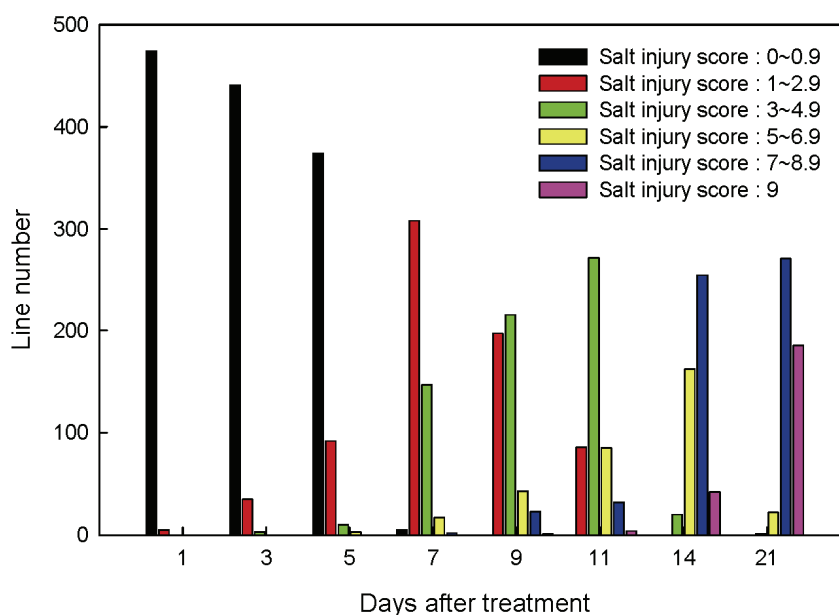


圖 2. 水稻供試品種 (系) 以 150 mM NaCl 進行秧苗期耐鹽性篩選，在不同調查時間之平均鹽害指數頻度分布變化。

Fig. 2. Changes in the average salt injury score on rice seedlings under 150 mM NaCl treatment.

時間後即迅速死亡，顯示水稻不同品種(系)對於鹽分逆境之反應不甚一致。試驗中大部份品系在鹽分逆境處理第 5-7 天與第 11-14 天間產生兩個劇烈轉折變化，鹽害指數由原先較低的情形快速升高，顯示此兩個時間點對於參試之大部份品系具有重要之影響。統計參試品種(系)在不同調查時期依鹽害指數分級之頻度分布，結果顯示在 150 mM NaCl 篩選濃度下，處理 14 天後仍有 20 個品系表現出較佳耐鹽性，其平均鹽害指數介於 3.0-4.9 間；有 42 個品系表現出較敏感的情形，其平均鹽害指數均已達 9.0，亦即已完全死亡。分析資料頻度分布型態，發現在處理後第 11 或 14 天之資料較接近常態分布，因此，下一階段重複篩選係以鹽分逆境處理後 11-14 天調查之鹽害指數資料為基礎進行分析排序，選取敏感性品系及耐受性品系進行試驗。

耐鹽性突變品系之重複篩選

植物之耐鹽性表現易受環境因素影響，因此，為降低環境因素的干擾，本試驗利用多次重複性篩選方式，確認已正確篩選出真正的感鹽及耐鹽品系。經由大量篩選所獲得的初步資料中顯示，參試品系對於鹽分逆境在不同調查時間所產生之反應並非為單一模式，因此，選出第 11 天鹽害指數在 7.0 以上或第 14 天鹽害指數在 9.0 之 30 個品系做為鹽敏感性重覆篩選之供試品系；另外選出 14 天鹽害指數在 5.0 以下之 30 個品系做為鹽耐受性重覆篩選之供試品系。重複篩選時，採用較低的鹽分逆境處理濃度 (125 mM NaCl) 進行感鹽性品種(系)之篩選，由表 1 結果顯示，處理 5 天後 SA 0413、SA 0593、SA 0611.1 及 SA 0901 等 4 個參試品系之平均鹽害指數達 7.0，顯示這 4 個參試品系對於鹽分逆境非常敏感；處理 7 天後大部份供試品系均呈現高度的傷害，鹽害指數均已達 5.0 以上，其中有 15 個參試品系已接近枯死狀態，鹽害指數高達 7.0 以上，感鹽性對照品種 IR 28 在處理 7 天後鹽害指數亦達 7.0。耐鹽性品種(系)之重複篩選採用 150 mM NaCl 處理進行，結果如表 2 所示，在處理後第 14 天 SA 0646.1、SA 0758、SA 1737、SA 1739、SA 1443 及 SA 1445 等 6 個參試品系之平均鹽害指數均在 4.0 以下，耐鹽性對照品種 Nona Bokra 之平均鹽害指數為 2.3，另一耐鹽性對照品種 KR 1-24 之平均鹽害指數則為 4.3，均高於 SA 0646.1 等 6 個參試品系；誘變親本 TNG 67 在鹽分處理後第 14 天之平均鹽害指數則為 7.0，顯示 TNG 67 之秧苗期的耐鹽性不佳。

耐、感鹽性突變品系之農藝性狀

本試驗於秧苗期篩選時發現部份感鹽性品系之秧苗生長勢極差，故在重複篩選中剔除秧苗生長勢差之品系，其餘品系依一般慣行法種植於行政院農業委員會農業試驗所試驗田，觀察其田間生長勢，調查其農藝性狀及產量構成要素。調查結果如表 3、表 4 所示，8 個耐鹽性突變品系及 2 個感鹽性品系 SA 0497 和 SA 0604 之株高均高於誘變親本 TNG 67，而 SA 0414、SA 0593 和 SA 0717 則略矮於 TNG 67。單株產量以耐鹽品系 SA 1737、SA 1443 及 SA 1445 明顯高於 TNG 67，其他參試品系均低於 TNG 67，其中又以 SA 1739、SA 0414、SA 0593 及 SA 0717 之單株產量均低於 10 g。插秧至抽穗之生育期 SA 0414 和 SA 0497 明顯較 TNG 67 晚熟，SA 0604 則屬早熟性品種，插秧至抽穗僅 54 天，與感鹽性對照品種 IR 28 之 58 天較為相近。穗重則以 SA 1443 最重，SA 0717 最輕。穎花數 SA 1739 最多，SA 0717 最少；SA 1739 和 SA 0717 之稔實率均低於 35%。千粒重以 SA 0435 最低，僅約 17 g。綜合上述可知，耐鹽性突變品系以 SA 1733、SA 1737、SA 1443 及 SA 1445 之一般農藝性狀較佳，具有大粒、高產、穗穀粒著粒較疏、分蘗數適中及稔實率高等優良特性；感鹽性突變品系則僅有 SA 0604 和 SA 0497 之表現稍佳。

表 1. 水稻台農 67 號感鹽性突變品系經 125 mM NaCl 處理後不同時間之平均鹽害指數變化

Table 1. Changes in the average salt injury score at different time after 125 mM NaCl treatment for the salt-sensitive mutant lines of Tainung 67 rice

Line or variety	Salt injury score							
	1 day ^z	3 day	5 day	7 day	9 day	11 day	14 day	21 day
IR 28	0.0 ^y	3.7	6.3	7.0	8.3	8.3	9.0	9.0
SA 0412	0.0	1.0	3.7	6.3	7.7	7.7	9.0	9.0
SA 0413	0.0	4.3	7.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
SA 0414	0.0	1.0	3.7	7.0	9.0	9.0	9.0	9.0
SA 0420	0.0	1.0	3.0	6.3	7.0	7.7	8.3	9.0
SA 0421	0.0	1.0	3.0	5.0	7.0	7.7	8.3	9.0
SA 0429	0.0	1.0	6.3	7.0	8.3	9.0	9.0	9.0
SA 0429.1	0.0	1.0	4.3	7.0	7.0	7.0	9.0	9.0
SA 0435	0.0	1.0	4.3	6.3	7.7	8.3	9.0	9.0
SA 0496	0.0	0.7	3.0	6.3	8.3	8.3	9.0	9.0
SA 0497	0.0	0.7	3.0	6.3	7.7	7.7	9.0	9.0
SA 0497(2)	0.0	1.0	3.0	6.3	7.0	7.0	9.0	9.0
SA 0593	0.0	3.0	7.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
SA 0604	0.0	3.0	5.7	7.0	8.3	8.3	9.0	9.0
SA 0604.1	0.0	3.0	5.7	7.0	8.3	9.0	9.0	9.0
SA 0611.1	0.0	1.7	7.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
SA 0612.1	0.0	1.7	6.3	8.3	9.0	9.0	9.0	9.0
SA 0679.1	0.0	1.0	3.0	6.3	8.3	8.3	9.0	9.0
SA 0686.1	0.0	1.0	3.0	5.0	7.0	7.0	9.0	9.0
SA 0716	0.0	1.0	5.0	7.7	9.0	9.0	9.0	9.0
SA 0717	0.0	1.0	4.3	7.0	8.3	9.0	9.0	9.0
SA 0804.1	0.0	1.0	5.0	7.0	7.7	8.3	9.0	9.0
SA 0877	0.0	0.0	3.0	5.0	7.0	7.0	9.0	9.0
SA 0901	0.0	1.0	7.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
SA 0912	0.0	1.7	5.7	8.3	8.3	8.3	8.3	9.0
SA 1039.1	0.0	0.7	3.7	5.0	8.3	8.3	9.0	9.0
SA 1049.1	0.0	0.3	4.3	5.0	7.7	7.7	9.0	9.0
SA 1050	0.0	1.0	3.0	5.0	7.0	7.0	9.0	9.0
SA 1082	0.0	1.7	5.7	7.7	9.0	9.0	9.0	9.0
SA 1363	0.0	1.0	3.0	6.3	7.0	7.7	9.0	9.0

^z Days after treatment in 125 mM NaCl solution.

^y Average of three independent experiments.

表 2. 水稻台農 67 號耐鹽性突變品系經 150 mM NaCl 處理後不同時間之平均鹽害指數變化

Table 2. Changes in the average salt injury score at different time after 150 mM NaCl treatment for the salt-tolerant mutant lines of Tainung 67 rice

Line or variety	Salt injury score							
	1 day ^z	3 day	5 day	7 day	9 day	11 day	14 day	21 day
TNG 67	0.0 ^y	0.0	1.0	3.0	5.0	5.7	7.0	9.0
Nona Bokra	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.7	2.3	5.0
KR 1-24	0.0	0.0	1.0	2.3	3.0	4.3	4.3	8.3
SA 0418	0.0	0.0	1.0	3.0	5.0	6.3	7.0	9.0
SA 0503.13	0.0	0.0	1.0	3.0	4.3	5.0	5.7	8.3
SA 0503.14	0.0	0.3	1.0	3.0	4.3	5.0	6.3	8.3
SA 0571	0.0	0.0	1.0	1.7	3.7	4.3	5.0	9.0
SA 0572	0.0	0.0	1.0	1.7	3.7	3.7	5.0	7.7
SA 0573.11	0.0	0.0	1.0	2.3	4.3	4.3	5.0	9.0
SA 0587.21	0.0	0.0	1.0	1.7	4.3	4.3	6.3	8.3
SA 0587.22	0.0	0.0	1.0	1.7	3.0	4.3	5.0	7.7
SA 0642	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	3.7	5.0	7.7
SA 0646	0.0	0.0	1.0	1.0	3.7	4.3	5.0	7.7
SA 0646.1	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	7.0
SA 0672.02	0.0	0.7	1.0	2.3	4.3	4.3	6.3	9.0
SA 0677	0.0	1.0	1.0	3.0	5.7	5.7	7.7	9.0
SA 0756.11	0.0	0.0	1.0	2.3	5.0	5.7	7.7	9.0
SA 0758	0.0	0.0	1.0	1.0	1.7	1.7	3.0	7.0
SA 0791	0.0	0.0	1.0	5.0	7.0	7.0	8.3	9.0
SA 0801.1	0.0	0.0	1.0	1.0	3.7	3.0	4.3	8.3
SA 0802	0.0	0.0	1.0	1.7	3.7	3.7	5.0	9.0
SA 0881	0.0	0.0	1.0	1.0	3.0	3.0	5.0	7.0
SA 0925.1	0.0	0.0	1.0	3.0	5.7	5.7	6.3	9.0
SA 1036	0.0	0.0	1.0	3.0	5.0	5.0	6.3	9.0
SA 1678	0.0	0.0	1.0	3.0	6.3	7.0	7.7	9.0
SA 1733	0.0	0.0	1.0	1.7	3.0	3.0	4.3	7.7
SA 1737	0.0	0.0	1.0	1.7	3.0	3.0	3.0	7.0
SA 1739	0.0	0.0	1.0	2.3	3.0	3.0	3.0	6.3
SA 1443	0.0	0.0	1.0	2.3	2.3	3.0	3.7	7.7
SA 1445	0.0	0.0	1.0	1.0	2.3	2.3	3.0	7.0

^z Days after treatment in 150 mM NaCl solution.

^y Average of three independent experiments.

表 3. 水稻台農 67 號及其耐、感鹽突變品系之農藝性狀

Table 3. Agronomic characteristics of salt-tolerant and salt-sensitive lines in the mutants of Tainung 67 rice

Line or variety	Salt response ^z	Growth duration (day) ^y	Plant height (cm)	Panicle length (cm)	Panicle weight (g)	Grain yield (g / plant)
Nona Bokra	R	88	158.4	21.4±0.2 ^x	2.3±0.10	16.4±1.8
SA 0646.1	R	61	106.4	19.2±0.3	1.3±0.05	11.2±1.0
SA 0758	R	65	122.6	22.8±0.2	1.7±0.03	13.4±0.4
SA 801.1	R	63	111.9	18.9±0.2	1.3±0.05	14.1±1.4
SA 1733	R	75	100.8	23.7±0.2	2.7±0.06	22.3±1.4
SA 1737	R	75	100.5	23.6±0.1	2.8±0.07	27.3±1.8
SA 1739	R	69	95.1	26.1±0.2	1.6±0.06	9.4±0.5
SA 1443	R	75	102.3	23.3±0.2	2.8±0.08	33.0±1.4
SA 1445	R	75	105.2	22.9±0.1	2.7±0.06	26.5±1.3
TNG 67	S	72	92.9	18.9±0.2	2.3±0.05	24.3±1.1
IR 28	S	58	89.2	21.5±0.2	1.8±0.05	23.5±1.2
SA 0414	S	91	80.2	16.4±0.2	1.1±0.05	5.3±0.2
SA 0435	S	79	91.7	18.1±0.2	1.6±0.06	14.0±0.8
SA 0496	S	79	107.6	23.1±0.3	2.1±0.09	12.6±1.3
SA 0497	S	91	108.1	27.2±0.4	2.3±0.15	17.8±1.5
SA 0593	S	79	80.1	17.3±0.2	1.3±0.05	8.7±0.6
SA 0604	S	54	110.2	20.2±0.1	1.6±0.04	20.4±1.0
SA 0717	S	79	78.9	17.5±0.3	0.7±0.04	4.8±0.5
SA 1082	S	79	90.8	17.9±0.2	1.4±0.04	14.5±0.9

^z R: salt-tolerant; S: salt-sensitive.

^y Growth duration: The days from transplant to heading.

^x Each value represents the mean±S. E.

討 論

鹽分逆境初期水稻之生長會受到抑制，缺水造成葉片捲曲，接下來由於鹽類離子的累積而產生離子毒害現象，最終導致水稻植體組織受到傷害而壞死，針對這樣的傷害程序發展，可以發展出一套以傷害性指標為基礎的目測判別方式，用於篩選不同耐鹽性品種之反應；國際水稻研究所 (IRRI) 即據此發展出評估水稻耐鹽性之目測標準，在 IRRI 水稻標準評估系統手冊中將水稻遭遇到鹽分逆境所表現之反應，依葉片乾枯白化程度區分為 1、3、5、7 及 9 等 5 個等級，應用於分蘖盛期田間之耐鹽性品系篩選。本試驗為建立一個早期的秧苗期耐鹽性篩選系統，以及瞭解鹽分逆境下水稻不同品種 (系) 秧苗所產生傷害性之時間序列是否具有相似之曲線關係，經由多次預備試驗觀察，結果發現水稻秧苗植株對於鹽分逆境的反應首先是葉片的捲曲，隨後下位葉產生黃化，接下來是葉尖開始乾枯白化，然後擴展至葉片全部，最終導致植株死亡；據此將判別標準略加修改，將傷害等級區分為 0、1、3、5、7 及 9 六個等級 (圖 1)，由表 1 及表 2 的結果顯示此種分級方式的確可以有效區分秧苗耐鹽程度。

表 4. 水稻台農 67 號及其耐、感鹽突變品系之產量構成要素表現

Table 4. Performance of yield components of salt-tolerant and salt-sensitive lines in the mutants of Tainung 67 rice

Line or variety	Salt response ^z	Panicle number (number/plant)	Spikelet number (number/panicle)	Fertility (%)	1000-grain weight (g)
Nona Bokra	R	8.1±0.4 ^y	111.4±2.6	71.2±2.5	24.8±0.6
SA 0646.1	R	11.5±1.0	73.2±3.3	48.4±2.2	27.7±0.8
SA 0758	R	10.8±0.4	135.0±3.3	40.8±1.4	22.9±0.1
SA 801.1	R	13.3±1.2	92.5±3.2	52.3±2.0	21.9±0.2
SA 1733	R	9.3±0.5	108.6±2.4	84.5±1.3	26.0±0.2
SA 1737	R	10.9±0.6	118.1±2.1	82.7±1.5	25.4±0.1
SA 1739	R	9.4±0.6	162.4±4.2	30.8±1.8	21.0±0.2
SA 1443	R	13.2±0.5	117.1±2.6	85.1±1.3	25.1±0.1
SA 1445	R	10.7±0.5	113.1±2.1	86.2±1.4	25.5±0.1
TNG 67	S	12.2±0.6	119.9±3.7	79.9±2.2	21.2±0.2
IR 28	S	15.5±0.7	86.8±2.0	76.0±1.3	23.2±0.1
SA 0414	S	6.4±0.3	86.5±4.3	52.3±1.4	18.8±0.2
SA 0435	S	10.2±0.5	115.2±3.2	71.6±1.5	16.8±0.3
SA 0496	S	7.6±0.7	91.9±3.0	65.9±1.6	27.0±0.2
SA 0497	S	10.1±0.8	97.9±9.8	66.6±2.8	29.3±0.4
SA 0593	S	8.0±0.5	78.5±2.7	69.8±1.5	20.1±0.1
SA 0604	S	14.8±0.6	100.3±2.0	66.6±1.0	20.6±0.1
SA 0717	S	10.7±0.7	62.7±2.5	34.7±2.1	19.9±0.3
SA 1082	S	12.8±0.7	86.1±2.5	70.1±1.4	19.0±0.2

^z R: salt-tolerant; S: salt-sensitive.

^y Each value represents the mean ± S. E.

本試驗使用 150 mM NaCl 針對水稻台農 67 號突變品系等共計 480 個品種 (系) 進行耐鹽性篩選，結果發現 (資料未列) 在時間變動的鹽害指數調查中，並非所有的品種均有相同的鹽分傷害發展曲線，經初步歸類參試品系大致可區分為耐受型品系、早期耐受型之感鹽性品系、早期敏感型之耐鹽性品系及敏感型品系四大類群。因此，若僅採用單一調查時間點做為品種 (系) 間之耐鹽能力依據時，將影響調查資料之代表性；大部份品系在鹽分逆境處理第 5-7 天與第 11-14 天間產生兩個劇烈轉折變化，鹽害指數由原先較低的情形快速升高，顯示此兩個時間點對於參試之大部份品系具有重要之影響。經由調查數百品種 (系) 對高鹽的反應，得知水稻對高鹽的反應是非常複雜，不同品種 (系) 間之耐鹽性均須個別分析，不可概括而論。

在試驗過程亦發現部份所篩選之感鹽性品系之秧苗生長勢較差，雖試驗中無法針對所有品系所有特性進行調查分析，但這些生理特性最終將反應到該品系之農藝特性上。為了解在所選獲不同耐

鹽性突變品系農藝特性差異，進一步調查其一般農藝特性，試驗同時挑選多個不同耐感、鹽性突變品系進行農藝特性調查，根據表 3 及表 4 結果顯示，利用此種水耕秧苗耐鹽性篩選方法所選獲耐鹽性突變品系之農藝性狀均有較佳之表現，顯示此種篩選方法可適用於育種程序中後代品系之選拔，成功建立後代快速篩選系統，未來將可應用於耐鹽性水稻品種改良。

水稻耐鹽性篩選與評估方法是選育耐鹽性品種，展開其他相關理論研究的重要基礎。本試驗以傷害性指數為基礎，建立了秧苗期耐鹽性快速篩選系統，獲得水稻秧苗期對於鹽分逆境之傷害反應基礎資料，並成功篩選出 SA 0646.1、SA 0758、SA 0801.1、SA 1733、SA 1737、SA 1739、SA 1443 及 SA 1445 等 8 個秧苗期對鹽分逆境具耐、感性的水稻突變品系，其中 SA 1733、SA 1737、SA 1443 及 SA 1445 等 4 個品系之農藝性狀優良，未來將進一步探討其生理特性反應及分子機制。

引用文獻 (Literature cited)

- Al-Khatib, M., T. McNeilly, and J. C. Collins. 1993. The potential of selection and breeding for improved salt tolerance in lucerne (*Medicago sativa* L.). *Euphytica* 65:43–51.
- Ashraf, M. 2002. Salt tolerance of cotton: Some new advances. *Critical Reviews in Plant Sci.* 21:1–30.
- Ashraf, M. and P. J. C. Harris. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.* 166:3–16.
- Chinnusamy, V., A. Jagendorf, and J. K. Zhu. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.* 45:437–448.
- Flowers, T. J. and S. A. Flowers. 2005. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agric. Water Manage.* 78:15–24.
- Franco, J. A., C. Esteban, and C. Rodriguez. 1993. Effects of salinity on various growth stages of muskmelon cv. revigal. *J. Hortic. Sci.* 68:899–904.
- He, T. and G. R. Cramer. 1992. Growth and mineral nutrition of six rapid-cycling Brassica species in response to seawater salinity. *Plant Soil* 139:285–294.
- IRRI. 2002. Standard Evaluation System for Rice. International Rice Research Institute, Philippine. 56 pp.
- Menezes-Benavente, L., F. K. Teixeira, C. L. A. Kamei, and M. Margis-Pinheiro. 2004. Salt stress induces altered expression of genes encoding antioxidant enzymes in seedlings of a Brazilian indica rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Sci.* 166:323–331.
- Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: Some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.* 16:15–24.
- Munns, R. and A. Termaat. 1986. Whole-plant responses to salinity. *Aus. J. Plant Physiol.* 13:143–160.
- Noble, C. L. and M. E. Rogers. 1992. Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant Soil* 146:99–107.

- Oldeman, L. R., R. T. A. Hakkeling, and W. G. Sombroek. 1991. World map of the status of human-induced soil degradation. International Soil Reference and Information Center (ISRIC) (2nd eds), Wageningen. 35 pp.
- Yoshida, S. 1976. Routine procedure for growing rice plants in culture solution. p.61–66. *in*: Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. (Yoshida S., D. A. Forno, J. H. Cook, and K. A. Gomez, eds.) International Rice Research Institute, Manilla, Philippines.
- Zeng, L. and M. C. Shannon. 2000. Salinity effects on seedling growth and yield components of rice. *Crop Sci.* 40:996–1003.

Screening Technique for Salt Tolerance in the Rice Seedling Stage ¹

Woei-Shyuan Jwo², Chyr-Guan Chern^{2,5}, Ming-Hsin Lai², Hsin-Mu Yen²,
Tung-Hai Tseng³, and Hungchen Emilie Yen⁴

Abstract

Jwo, W. S., C. G. Chern, M. H. Lai, H. M. Yen, T. H. Tseng and H. E. Yen. 2008. Screening technique for salt tolerance in the rice seedling stage. *J. Taiwan Agric. Res.* 57:193–204.

Seedlings obtained from a chemical mutagenized Tainung 67 mutant population were conducted for the salt-tolerance in a hydroponic system containing 150 mM NaCl. The effect of salinity was recorded by salt injury score according to the severity of damage after salt treatment. Most of the mutant lines exhibited two drastic increases in salt injury score at day 5 to 7 days and 11 to 14 days that indicated these two time periods having critical influence on the plant's response to salt. In this study, we developed an effective technique for screening salt-tolerant mutants and obtained manifold fundamental data for salt responses at seedling stage. A high degree of variation in salt response was found among the Tainung 67 mutant lines. Agronomic characteristics of eight salt-tolerant and eight salt-sensitive lines were further investigated. The results showed that salt-tolerant lines had better agronomic performance than those salt-sensitive lines. This revealed that the rapid screening system is valid. This technique will be useful for the application of breeding salt-tolerant rice.

Key words: Rice, Seedling stage, Salt tolerance, Mutant lines.

-
1. Contribution NO. 2327 from Agricultural Research Institute, Council of Agricultural. Accepted: August 19, 2007.
 2. Respectively, Assistant Researcher, Associate Researcher, Associate Researcher, Assistant Researcher, Crop Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Associate Researcher, Biotechnology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Professor, Department of Life Sciences, NCHU, Taichung, Taiwan, ROC.
 5. Corresponding author, e-mail: cgchern@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.