

# 水稻種子萌芽至秧苗耐淹性篩選之研究

繆韋瀚<sup>1</sup>、郭介煒<sup>2</sup>、張素貞<sup>3</sup>

<sup>1</sup>外交部約聘農業專家/國立嘉義大學農藝系 碩士畢業生

<sup>2</sup>國立嘉義大學農藝系 助理教授

<sup>3</sup>行政院農業委員會苗栗區農業改良場 研究員

## 摘 要

為建立水稻耐淹性及直播稻育種之研發系統，針對臺灣水稻育種種原進行耐淹性之篩選，期得到適合的雜交親本。試驗選定臺中區農業改良場及臺南區農業改良場之水稻育種種原進行篩選材料，以乾穀浸淹篩選158個品種（系）與濕穀浸淹篩選200個品種（系），分別浸淹30公分水深7天~14天後，調查苗高並計算其相對生長速率。試驗結果在乾穀浸淹與濕穀浸淹萌芽稻種尚有存活株分別為17個及15個品種（系），依其不同浸淹時間之相對生長速率達50%以上，再篩除苗高過高或過矮之品種（系），最後選出乾穀浸淹之臺梗14號 (Taikeng 14)、朝紫 (Ari Pupura)、Milyang 103、低腳敏黨 (Dee Geo Ming Dong)、紅腳糯 (Red Waxy Feet)、Kapanto、菊仔 (Ju Tsai)、臺梗9號 (Taikeng 9)、及LLADD等9個，及濕穀浸淹之關東188 (Kanto 188)、宮香 (Miyakaori)、祝賀 (Iwaka)、臺東育73號 (Taitung yu 73)、櫪木酒14 (Tochigi sake 14)、佐賀1號 (Sagagou 1)等6個，可為未來耐淹性或直播稻育種的種原。

**關鍵詞：**水稻、直播、耐淹

## 前 言

水稻直播近幾年來在亞洲地區越來越盛行，主要在於其栽培成本可降低15~20%及操作簡易（邱，1995；許，2012）。在臺灣直播技術分為旱田直播及水田直播，旱田直播稻種為乾穀方式

播種，水田直播則以浸水萌芽的濕穀播種（許，2012）。在東南亞直播稻方式主要有三種：乾穀直播 (dry seeding)、濕穀直播 (wet seeding)、及深水直播 (water seeding)，其中乾穀直播為最早先的方法 (Farooq *et al.*, 2011; Pandey and Velasco, 2005)。韓國、日本及東南亞，因季風氣

\*論文聯繫人

e-mail: sujein@mdais.gov.tw

候，大多採用水田直播法 (Balasubramanian and Hill, 2002)，在雨季過後或是引水灌溉，在耕地呈現泥濘狀時將稻穀灑於田中，省去了農民購買秧苗及租用插秧機的成本，如在勞力方面由種植到收穫前每公頃的勞力使用較移植栽培節省約 25~68% 的勞力支出 (許，2012；Pandey and Velasco, 1999, 2002; Pandey *et al.*, 1998)。以往臺灣推廣水稻直播栽培成效不佳之原因在於植株分布不均、生育初期無法集中精密管理等因素，因而易受風害、寒害以及鳥害影響，另與田間雜草的競爭力不足，造成缺株或早夭使產量受到影響而難以被農民所接受 (許及宋，1994)。近年來日本與韓國針對直播水稻的栽培管理皆採取隨著稻種生長階段採取不同田間水位栽培管理的湛水直播法，可以達到保溫、抑制雜草生長及減少被鳥類啄食的機率，加上水稻直播機的研發成功能有效對於直播水稻進行田間栽培管理。因此直播栽培所採用的水稻品種，其在萌芽期與秧苗期對於湛水環境必須要有良好的萌芽率及生長分蘖能力。Yamauchi *et al.* (1993) 以 256 個水稻種原篩選耐淹性，發現較耐者來自印度北方及巴基斯坦等地，因為該等地區多屬深水田或看天低窪田。本研究是針對臺灣現有水稻育種種原分濕穀及乾穀耐淹性進行篩選，期能夠選出合適作為水稻直播育種的雜交親本。

## 材料與方法

本試驗材料計有行政院農業委員會臺中區農業改良場 (臺中場) 及臺南區農業改良場 (臺南場) 育種種原等，該

等種原是分別由提供區改良場在同地點同時間 (2007年) 種植材料，共計 358 個品種，重要的品種 (系) 列如表一。於2008年以種子浸淹方式分乾穀試驗與濕穀試驗，濕穀係經過事先種子在25°C 浸種4天且每天換水後，方開始試驗。耐淹性試驗系統是將兩個試驗稻穀材料固定於育苗海綿育苗片 (由96個2 cm × 2 cm × 2 cm 海綿小塊連成的)，將之置入橘色塑膠桶 (長度：25 cm，寬度：35 cm，高度：50 cm，天鷹工業有限公司製造) 內，以鋼條固定防止海棉片漂浮，並注入地下水至桶內。本系統實驗設施置於室溫，以日光燈照明 (2700 lux)，每日上午 8:00 至下午 5:00 給予照光，與塑膠桶相距約 2 m。試驗期間保持水面上無雜質及水位至 30 cm 深，模擬直播稻深水管理的模式。不論乾穀或濕穀的種子皆置於育苗海綿，每試驗 3 重複，每品種 (系) 每重複至少 6~10 粒以上，總粒數超過 30 粒為原則。分為浸淹 7~8 天與浸淹 12~14 天，當處理到達目標浸淹天數後，乾穀試驗調查存活品種 (系) 之萌芽率 (%) 及苗高 (cm)，濕穀試驗則僅調查苗高。依據 7~8 天及 12~14 天浸淹的苗高數據換算成在浸淹狀況下的相對生長速率，為耐淹性評估的標準，計算方式如為浸淹 7 天數之苗高 ( $S_{14}$ - $S_7$ ) 差除以浸淹 7 天苗高 ( $S_7$ ) 乘以 100 得之，即  $RGR \% = (S_{14}-S_7)/S_7 \times 100$ 。資料分析以 SAS EG 4.0 版進行常態分佈 (normal distribution)、平均 (mean) 與標準誤差 (standard error) 及變異係數，並以 Fisher's Least Significant Difference (LSD) 比較品種 (系) 之差異。另以繪圖軟體 Sigmaplot

8.0版進行圖的繪製。

## 結果與討論

### 一、乾穀浸淹篩選

係以臺中場育種種原之158個品種（系）進行乾穀浸淹試驗，經7天及14天浸淹後，萌芽率僅調查浸淹14天處理組，在其處理第7天、10天及14天調查萌芽率。在第7天調查時，有27個品種（系）未萌芽，第10天及第14天則皆為12個未萌芽。萌芽率由0%~78%，除去萌芽率低於10%者，得71個品種（系）進行苗高頻度分佈表示如圖一，再分別以常態分佈適合性檢定之，檢定結果如表二，得知以Kolmogorov-Smirnov (D)、Cramer-von Mises (W-Sq)、Anderson-Darling (A-Sq) 3種不同檢定結果，顯著性機率值均大於0.05，表示本試驗樣本取樣符合常態性的假說。繼而選出萌芽率在20%以上者，其中在7天浸淹時，Milyang 103 (H) 萌芽率已達77.8%，為所有參試品種（系）中最高，而以CITA960564 (C) 與臺稈9號 (L) 的5.5%最低，浸淹14天仍以Milyang 103 (H) 77.8%最高，CICA-8 (B) 22.2%最低（圖二）。表三為圖二之17個品種（系）經由7天及14天浸淹處理後之苗高與其變異係數 (coefficient of variation, C. V.) 及相對生長速率。結果顯示品種間苗高差異很大，均達5%顯著差異性；變異係數在7天浸淹處理中最高者為IR70756 70.7%，最低為Dular 14.8%；在14天浸淹處理中，IR70756品種為53.9%最高，

CITA960564 品種4.4%最小。就苗高結果知，臺稈14號(Taikeng 14)在不同天數浸淹中皆為最低，7天與14天浸淹處理分別為3.66 cm (C.V. 52.8%)與5.79 cm (C.V. 27.3%)，在不同天數浸淹中最高者為Pegonil，7天與14天浸淹處理分別為9.6 cm (C.V. 43.6%)與19.67 cm (C.V. 48.5%)。17個品種（系）之相對生長速率由-22.5~217.9%，達50%以上者有10個品種（系）。本部份以乾穀浸淹158個品種（系）試驗結果，在14天之萌芽率在20%以上有17個品種（系）（圖二）；再依其不同浸淹時間之相對生長速率達50%以上，最後以浸淹14天時苗高平均加減標準偏差為篩除過高或過矮之品種（系）適當苗高（5.35~19.56 cm）之準則，篩選出臺稈14號 (Taikeng 14)、朝紫 (Ari Pupura)、Milyang 103、低腳敏黨 (Dee Geo Ming Dong)、紅腳糯 (Red Waxy Feet)、Kapanto、菊仔 (Ju Tsai)、臺稈9號 (Taikeng 9)、及LLADD等9個（表三）。

### 二、濕穀浸淹篩選

本部份試驗材料為臺南區農業改良場嘉義分場水稻種原200個，表四所列品種（系）選取依據為浸淹後12天，作者觀察摒除徒長、枯萎黃化莖葉組織受損嚴重之185個品種（系）後，所初步篩選出15個品種（系），詳如表四經由8天及12天浸淹處理後之苗高與其變異係數 (coefficient of variation, C. V.) 及相對生長速率。結果顯示品種間苗高差異很大，均達5%顯著差異性；變異係數在8天浸

淹處理中最高者為韓國捧 (Korean Feng) 34.7%，最低為 SAHEL 201 3.2%；在 12 天浸淹處理中，北陸 100 (Hokuriku 100) 53.9% 最高，櫪木酒 14 (Tochigi sake 14) 2.2% 最小。就苗高結果知，以吐魯番種 (Turpan species) 最高 9.73 cm，宮香 (Miyakaori) 6.0 cm 最矮小。浸淹 12 天後，平均苗高最高者為臺東育 73 號 (Taitung yu 73)，高度為 16.1 cm，但存活株數 2；北陸 100 (Hokuriku 100) 平均苗高較浸淹 8 天矮小，相對生長速率為負值。15 個品種 (系) 之相對生長速率由 -68.5~105.8%。綜合濕穀浸淹 200 個品種 (系) 8 天及 12 天後，結果在 12 天之濕穀浸淹尚有存活株品種 (系) 數為 15 個，依其不同浸淹時間之相對生長速率達 50% 以上，為 6 個品種 (系)；再以浸淹 12 天苗高平均加減標準偏差為篩除過高或過矮之品種 (系) 以適當苗高 (11.13~22.52 cm) 之準則，6 個品種 (系) 詳為關東 188 (Kanto 188)、宮香 (Miyakaori)、祝賀 (Iwaka)、臺東育 73 號 (Taitung yu 73)、櫪木酒 14 (Tochigi sake 14)、佐賀 1 號 (Sagagou 1) 等均被選出 (表四)。

在不同國家的直播技術中均有乾穀直播 (dry seeding) 及濕穀直播 (wet seeding) 方式 (許, 2012; Farooq *et al.*, 2011; Pandey and Velasco, 2005)，因此，本研究以種子萌芽至秧苗期耐淹性試驗，亦包括兩者。在乾穀浸淹進行苗期篩選主要目的是節省篩選時浸種程序或尋找作為乾穀直播的種原，但試驗結果乾穀浸淹萌芽率在表現較佳的種原最低為 22.2% (CICA-8)，最高為 77.8% (

Milyang 103)，其可能會影響篩選結果，雖可節省篩選時浸種程序，但造成篩選耐淹偏性。就尋找作為乾穀直播的種原，本研究乾穀方法需修正加入不浸淹萌芽率對照組，確認萌芽率低真正主因是種子品質或浸淹所造成，才可選出以乾穀直接撒種作業方式的真正耐淹種原。另，乾穀浸淹在各品種單株之間苗高變異係數很大，所以並不宜為種子苗期耐淹篩選的模式。濕穀浸淹各品種單株之間苗高變異係數在種子萌芽至秧苗期耐淹性試驗，就 Septiningsih *et al.* (2009) 篩選耐淹 Sub1 基因品系方法係將 14~21 天秧苗浸淹約 14 天左右，以不耐淹品種對照品種 IR42 達 50% 以上受傷為決定浸淹時間長短，並於浸淹過排除水後 10~21 天紀錄存活率在 50% 以上者認定具有 Sub1 基因表現。因本試驗為種原篩選，並未加入不耐淹品種對照品種，且是以種子為浸淹起始點，而非 14~21 天秧苗，所以僅以其相對生長速率評估之。利用濕穀播種進行耐淹篩選除了萌芽率試項因素，總計 200 個受試品種在浸淹 14 天處理下僅有 15 個品種還保有外觀良好之秧苗且存活株數不多變異係數大小不一，因此無法斷言該品種萌芽期耐淹性是否真的良好，另外部份種原在乾穀與濕穀試驗中皆有被逢機選入進行試驗，但未有品種在兩試驗表現皆良好，此可能係因本研究浸淹水深為 30 cm 過深所致，但試驗假設是考量深水下直播稻雜草管理的作業，因此針對乾濕穀兩種處理的浸淹試驗需得進一步利用本研究篩選流程的標準，進行重複試驗以及模擬田間實際情形，來尋找最合適的篩選處理與方式。

水稻栽培體系中不同的生育時期所需要的耐淹特性有所不同，穀粒萌芽時期需要胚軸具有快速生長突破浸淹表面的能力，而進入分蘖期後則是必須減少因逆境反應造成的株高抽長現象（繆等，2012），然而在本研究水稻萌芽期間試驗結果發現，乾穀播種的低萌芽率以及濕穀播種的高死亡率似乎是萌芽期間問題癥結所在，最近Wang *et al.* (2016) 提出利用種子萌芽前處理硒 (selenium) 或水楊酸 (salicylic acid) 可以提高萌芽率及促進稻苗的生長，未來可就本研究篩選種原進行品種（系）萌前處理之評估，進而為直播稻生產體系建立完整的作業程序。

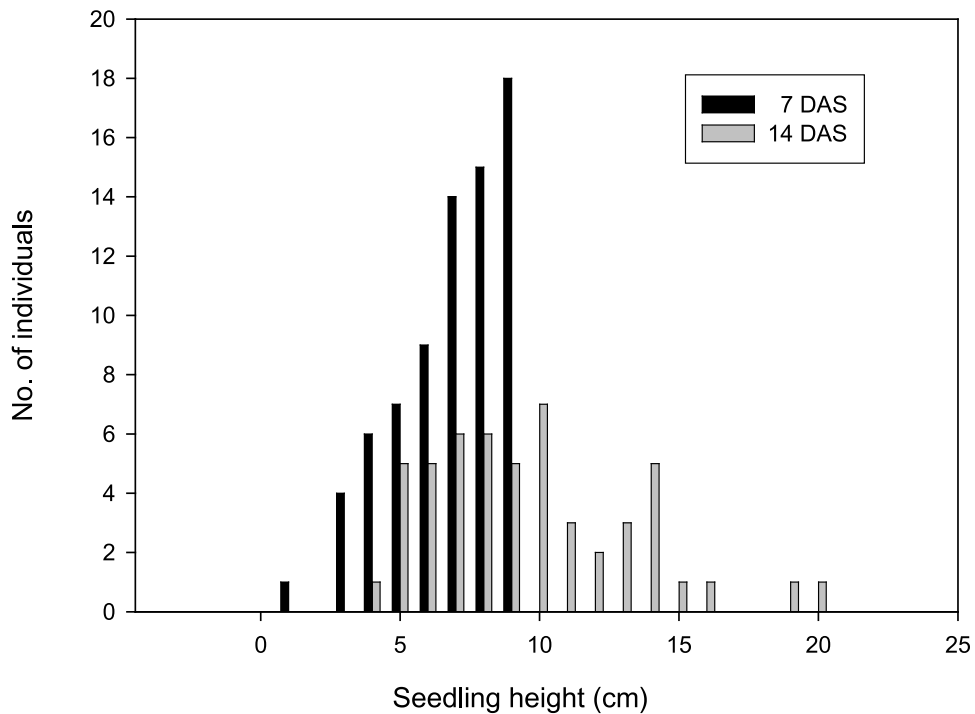
## 結 論

本研究篩選種子萌芽至秧苗耐淹性，所採用的篩選指標為相對生長速率及苗高，篩選種原由臺中場及臺南場提供，分乾穀試驗及濕穀試驗。乾穀試驗變異係數7天與14天浸淹處理分別14.8%~70.7%及4.4%~53.9%，表示若以乾穀進行耐淹篩選，浸淹時間以14天所得資料的變異小於7天。在篩選過程中，雖然種子由提供臺中場在同地點同時間種植之材料，理論上品質趨向一致性，但經乾穀在30 cm水深萌芽，僅71個品種（系）成功發芽生長，就其中選出萌芽率高於20%者，則僅剩下17個，就17個中之相對生長速率(> 50%)及浸淹14天時適當苗高(5.35~19.56 cm)，選出9個品種（系）。濕穀試驗變異係數8天與12天浸淹處理分別3.2%~34.7%及2.2%~53.9%，

表示若以濕穀進行耐淹篩選，浸淹時間以8天所得資料的變異小於12天。在篩選過程中，在30 cm水深萌芽僅15個品種（系）生長較優，就15個中之相對生長速率(>50%)及浸淹12天時適當苗高(5.35~19.56 cm)，選出6個品種（系）。

表一 臺中場及臺南場主要育種種原測試品種（系）名稱中英對應表  
 Table 1. The list of variety name from Taichung District Agricultural Research and  
 Extention Station (DARES) and Tainan DARES in English and Chinese,  
 respectively

Taichung DARES		Tainan DARES	
English	Chinese	English	Chinese
B6467	B6467	Rasi	RASI
CICA-8	CICA-8	Sahel 201	SAHEL 201
CITA960564	CITA960564	WAB 56-50	WAB 56-50
Dular	DULAR	Haenuki 45	山形 45
IR70756	IR70756	Hokuriku 100	北陸 100
Kapanto	KAPANTO	Toyonishiki	豐錦
LLADD	LLADD	Nanishiki	南錦
Milyang103	MILYANG103	Turpan species	吐魯番種
Pegonil	PEGONIL	Miyakaori	宮香
Yongjubyeo	YONGJUBYEO	Iwaka	祝賀
Taikeng 14	臺稞 14 號	Taitung yu 73	臺東育 73
Taikeng 9	臺稞 9 號	Mirenishiki 188	關東 188
Dee Chew Ming Dong	低腳敏黨	Korean Feng	韓國捧
Glutinous Red Chew	紅腳糯	Tochigi sake 14	樞木酒 14
Ari Pupura	朝紫	Sagagou 1	佐賀 1 號
Ju Tsai	菊仔		
Point 8	點 8		

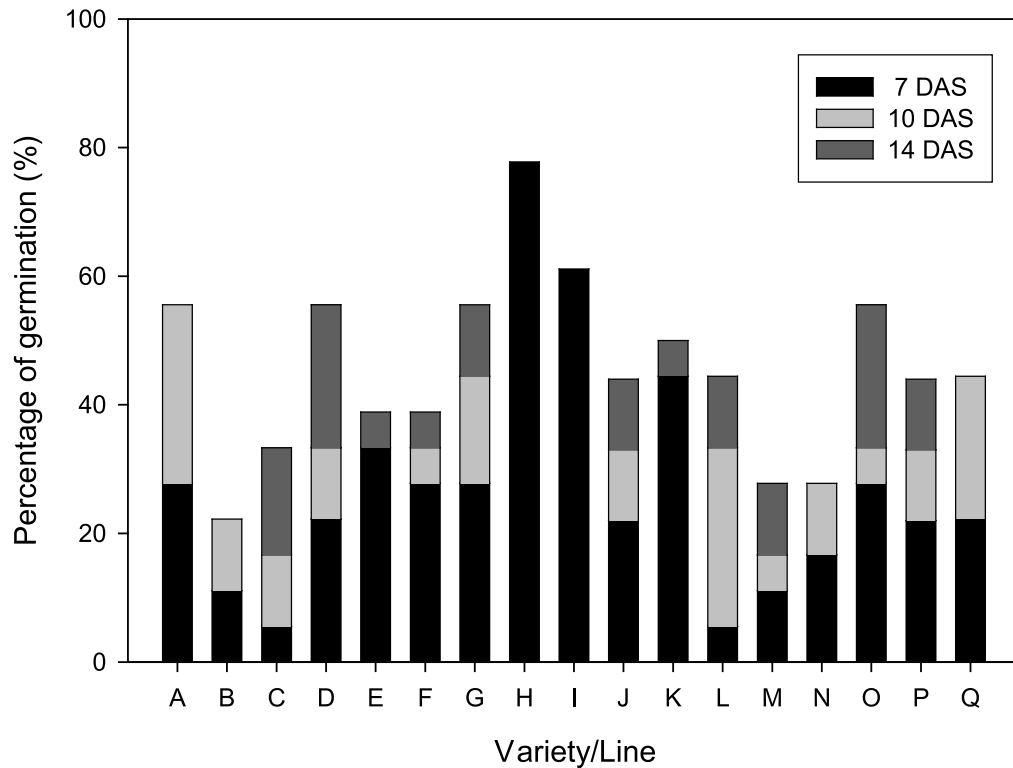


圖一 71個品種（系）進行乾穀浸淹試驗7天及14天調查苗高之頻度分佈圖。  
 Fig. 1. The frequency distribution on seedling height of 71 entries at 7 days and 14 days after submergence from genetic resource of Taichung DARES in rice breeding program, respectively.

表二 水稻種原品種（系）之乾穀浸淹試驗7天及14天調查苗高之常態分佈適合性檢定結果

Table 2. Statistic and P values of goodness of fit test for normal distribution in seedling height of 158 entries from genetic resource of Taichung in rice breeding program

Goodness of fit test	Days after soaking			
	7 days		14 days	
	Statistics	P value	Statistics	P value
Kolmogorov-Smirnov (D)	0.077	0.15	0.073	0.15
Cramer-von Mises (W-Sq)	0.075	0.24	0.059	0.25
Anderson-Darling (A-Sq)	0.498	0.21	0.395	0.25



圖二 17個品種（系）在乾穀浸淹試驗7天、10天及14天調查之萌芽率。A：B6467、B：CICA-8、C：CITA960564、D：Dular、E：IR70756、F：Kapanto、G：LLADD、H：Milyang 103、I：Pegonil、J：Yongjubyeo、K：臺稈14號、L：臺稈9號、M：低腳敏黨、N：紅腳糯、O：朝紫、P：菊仔、Q：點8。

Fig. 2. The germinate rate at 7 days, 10 days, and 14 days after submergence among 17 varieties (lines) in dry seed experiment. A: B6467, B: CICA-8, C: CITA960564, D: Dular, E: IR70756, F: Kapanto, G: LLADD, H: Milyang 103, I: Pegonil, J: Yongjubyeo, K: Taikeng 14, L: Taikeng 9, M: Dee Geo Ming Dang, N: Red Waxy Feet, O: Ari Pupura, P: Ju Tsai, and Q: Point 8.



表三 乾穀浸淹處理後存活率較高品種（系）在浸淹7天及14天苗高表現及其變異係數  
 Table 3. The performance of seedling height and its relative growth rate after submergence among the dry seeds of selected entries from genetic resource in rice breeding program, respectively

Variety /line	Days after submergence				Relative growth rate (%)
	7 days		14 days		
	Seedling height (cm)	C. V. <sup>1</sup> (%)	Seedling height (cm)	C. V. (%)	
Taikeng 14	3.66 ± 1.93	52.8	5.79 ± 1.58	27.3	58.2
Ari Pupura	3.80 ± 1.87	49.1	6.67 ± 1.32	19.8	75.5
Milyang103	5.05 ± 1.71	33.9	7.92 ± 1.81	22.9	56.8
Dee Geo Ming Dang	5.25 ± 1.06	20.2	8.17 ± 3.33	40.8	55.6
Red Waxy Feet	6.36 ± 2.45	38.6	10.00 ± 4.80	48.0	57.2
Kapanto	6.41 ± 2.38	37.1	10.67 ± 4.90	45.9	66.5
Ju Tsai	8.70 ± 2.76	31.1	13.81 ± 5.84	42.3	58.7
Taikeng 9	5.03 ± 2.24	44.4	14.63 ± 4.83	33.0	190.9
LLADD	5.19 ± 1.17	22.6	16.50 ± 5.20	31.5	217.9
Pegonil	9.63 ± 4.20	43.6	19.67 ± 9.55	48.6	104.3
CICA-8	5.93 ± 1.51	25.5	8.67 ± 2.52	29.0	46.2
IR70756	6.50 ± 4.60	70.7	9.50 ± 5.13	53.9	46.2
CITA960564	7.73 ± 1.28	16.6	10.88 ± 0.48	4.4	40.8
Yongjubyeo	5.40 ± 2.10	38.9	7.29 ± 2.40	32.9	35
Point 8	4.27 ± 1.31	30.8	4.00 ± 1.22	30.6	-6.3
B6467	9.14 ± 2.15	23.5	8.43 ± 1.90	22.6	-7.8
Dular	9.30 ± 1.38	14.8	7.21 ± 2.23	31.0	-22.5
LSD <sub>0.05</sub>	4.78*		6.38*		

<sup>1</sup>C. V.: coefficient of variance.

表四 濕穀浸淹處理後存活率較高品種（系）在浸淹8天及12天苗高表現及其變異係數  
 Table 4. The performance of seedling height and its relative growth rate at 8 days and 12 days after submergence among the germinated seeds of selected entries from genetic resource in rice breeding program, respectively

Variety /line	Days after submergence				Relativ growth rate (%)
	8 days		12 days		
	Seedling height (cm)	C. V. <sup>1</sup> (%)	Seedling height(cm)	C. V. (%)	
Kanto 188	7.78 ± 1.48	24.6	16.00 ± .	0.0	105.8
Miyakaori	6.00 ± .	4.7	11.83 ± 9.36	7.2	97.2
Iwaka	6.17 ± 0.29	21.5	12.00 ± 0.87	39.8	94.6
Taitung yu 73	8.96 ± 1.93	19.1	16.10 ± 6.41	0.0	79.7
Tochigi sake 14	7.95 ± 2.76	20.2	14.00 ± 1.41	2.9	76.1
Sagagou 1	7.00 ± 1.41	27.2	12.25 ± 0.35	56.8	75.0
Rasi	9.03 ± 0.76	8.5	13.00 ± 1.22	9.4	43.9
Haenuki 45	9.59 ± 0.88	9.2	13.00 ± .	0.0	35.6
Korean Feng	7.75 ± 1.91	34.7	10.00 ± .	10.1	29.0
Toyonishiki	8.93 ± 0.93	10.4	11.33 ± 2.25	19.9	26.9
Turpan species	9.73 ± 0.73	7.5	12.33 ± 4.04	32.8	26.8
WAB 56-50	7.25 ± 0.59	8.2	9.10 ± 5.50	60.5	25.5
Sahel 201	8.20 ± 0.27	3.3	9.75 ± 4.60	47.1	18.9
Nanishiki	8.40 ± 0.94	11.2	9.13 ± 2.78	30.5	8.6
Hokuriku 100	6.35 ± 0.35	5.6	2.00 ± .	141.4	-68.5
LSD <sub>0.05</sub>	2.82*		4.54*		

<sup>1</sup> C. V.: coefficient of variance.

## 誌 謝

感謝嘉義大學農藝系蘇向豪、蔡承翰、黃迦鐸同學及行政院農業委員會苗栗區農業改良場作物改良課王技佐志瑄日文翻譯、劉雲霖先生及羅宇秀小姐協助實驗操作及資料調查。資料統計分析承蒙苗栗場呂場長秀英（行政院農委會霧峰農業試驗所前副所長）指導，在此一併誌謝。

## 引用文獻

- 邱運全。1995。水稻直播方法介紹。高雄區農業專訊 11：8-9。
- 許志聖、宋勳。水稻直播栽培。1994。臺中區農業專訊 第7期：18-24。
- 許志聖。2012。水稻直播栽培的探討。臺中區農業改良場101年~專題討論專集，p. 43-49。
- 繆韋瀚、郭介煒、張素貞。2012。分蘖期稻株生長對淹水之反應作物。作物、環境與生物資訊 9:184-192。
- Balasubramanian, V. and J. E. Hill.** 2002. Direct seeding of rice in Asia: emerging issues and strategic 15 research needs for the 21st century. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T. P., Lopes, K., Hardy, B. (Eds.), Direct Seeding: Research Strategies and Opportunities. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp. 15 - 42.
- Farooq, M., H. Kadambot, M. Siddique, H. Rehman, T. Aziz, D. J. Lee, and A. Wahid.** 2011. Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. Soil & Tillage Research 111: 87 - 98.
- Langi, N. T., N. T. Phuoc, P. T. T. Ha, T. B. Toan, B. C. Buu, R. Reinke, A. M. Ismail, and R. Wassmann.** 2015. Development of submergence tolerant breeding lines for Vietman. SABRAO Journal of Breeding and Genetics 47: 448 - 459.
- Pandey, S. and L. Velasco.** 2005. Trends in crop establishment methods in Asia and research issues. In: Rice is Life: Scientific Perspectives for the 21st Century, Proceedings of the World Rice Research Conference, 4-7 November 2004, Tsukuba, Japan, pp. 178 - 181.
- Pandey, S. and L. Velasco.** 2002. Economics of direct seeding in Asia: patterns of adoption and research priorities. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T.P., Lopes, K., Hardy, B. (Eds.), Direct Seeding: Research Strategies and Opportunities. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp. 3 - 14.
- Septiningsih, E. M., A. M. Pamplona, D. L. Sanchez, C. N. Neeraja, G. V. Vergara, S. Heuer, A. M. Ismail, and D. J. Mackill.** 2009. Development of submergence-tolerant rice cultivars:

the Sub1 locus and beyond. *Annals of Botany* 103: 151 - 160.

**Wang, W., Q. Chen, S. Hussain, J. Mei, H. Dong, S. Peng, J. Huang, K. Cui, and L. Nie.** 2016. Pre-sowing seed treatments in direct-seeded early rice: consequences for emergence, seedling growth and associated metabolic events under chilling stress. *Sci. Rep.* 6: 19637.

**Yamauchi, M, A. M. Aguilar, D. A. Vaughan, and D. V. Seshu.** 1993. Rice (*Oryza sativa* L.) germplasm suitable for direct sowing under flooded soil surface. *Euphytica* 67: 177 - 184.

# Study on selection of tolerance to submergence from germination to seedlings in rice (*Oryza sativa* L.)

Wei-Han Miao<sup>1</sup>, Chei-Wei Kuo<sup>2</sup>, Su-Jein Chang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Specialist, Ministry of Foreign Affairs/Graduated student, Department of Agronomy National Chiayi University.

<sup>2</sup>Assistant professor, Department of Agronomy, National Chiayi University.

<sup>3</sup>Miaoli District Agricultural research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan.

## ABSTRACT

In order to find the genetic resources of tolerance to submergence from germination to seedlings for direct-seeding breeding, several Taiwanese rice breeding genetic resources were from Taichung District Agricultural Research and Extension Stations (DARES) and Tainan DARES tested in this study. The dry seed experiment of 158 varieties from Taichung DARES and the germinated seed experiment of 200 varieties from Tainan DARES were conducted under 30 cm depth of submergence condition for 7~14 days, respectively. The seedling height and its relative growth rate at 7~8 days and 12~14 days after submergence were investigated, respectively. There were 17 varieties in the dry seed experiment and 15 varieties in the germinated experiment shown better survival rate. The first selection index was the relative growth rate which should be more than 50% and the second index was considered the seedling height to discard too high or too short ones. There were nine varieties selected as Taikeng 14, Ari Pupura, Milyang 103, Dee Geo Ming Dong, Red Waxy Feet, Kapanto, Ju Tsai, Taikeng 9, and LLADD in the dry seed experiment and Kanto 188, Miyakaori, Iwaka, Taitung yu 73, Tochigi sake 14, and Sagagou 1 in the germinated experiment in this study, respectively. They would be recommended as genetic resources for submergence or direct-seed breeding program in the future.

**Key words:** rice (*Oryza sativa* L.), submergence, germination