

2009 至 2014 年台灣水稻新育成品種 (系) 對於 稻熱病罹病反應之研究

周思儀¹ 廖大經^{1,*}

摘要

周思儀、廖大經。2018。2009 至 2014 年台灣水稻新育成品種 (系) 對於稻熱病罹病反應之研究。台灣農業研究 67(1):82–93。

本研究為瞭解歷年台灣水稻新育成品種 (系) 對於稻熱病抗感性之數量變化趨勢，以作為育種研究人員未來擬定育種策略的參考，乃將 2009–2014 年期間 9 個台灣之農業試驗改良機關所育成之 1195 個水稻品種 (系)，於行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所稻熱病檢定病圃進行稻熱病特性檢定。感病對照品種 'Lomello' 及抗病對照品種「台農 70 號」於歷年檢定期間，其罹病反應均穩定表現出感病及抗病反應，顯示病圃發病條件一致，檢定結果可靠。粳型稻有 1,021 個品種 (系) 參加檢定試驗，在水田式病圃抗葉稻熱病與穗稻熱病之品種 (系) 比率各為 65.23% 及 43.39%；在旱田式病圃第一期作與第二期作抗葉稻熱病之品種 (系) 比率各為 48.58% 及 49.27%。秈型稻參試品種 (系) 有 174 個，在水田式病圃抗葉稻熱病及穗稻熱病之品種 (系) 比率各為 96.55% 及 90.23%；在旱田式病圃第一期作與第二期作抗葉稻熱病之品種 (系) 比率各為 95.98% 及 96.55%。進一步分析發現，部分粳型稻品種 (系) 對於葉稻熱病及穗稻熱病之抗性反應不一致，約有 22% 的品種 (系) 在水田式病圃表現抗葉稻熱病而對穗稻熱病呈現感病反應，因此新品系進入高級產量比較試驗後須檢定穗稻熱病罹病反應以免誤判。相同品種 (系) 在旱田式病圃之罹病反應較水田式病圃嚴重，可於育種初級世代利用旱田病圃進行大量淘汰感病材料，以提高育種效率。另分析結果顯示，粳型稻品種 (系) 在旱田式病圃之期作效應表現不一致，秈型稻之期作效應均未達顯著水準。

關鍵詞：水稻、稻熱病、稻熱病病圃。

前言

水稻係台灣目前栽培面積最大的單一糧食作物，稻米則仍是國人主要糧食及農民生計來源之一。近年來由於社會經濟進步及飲食習慣的改變，稻米每人年均消費量逐年減少，同時加上國際稻米開放進口的壓力，因此水稻的育種目標不再以追求高產為主，轉而開發米質優良或具有其他機能作用之新品種。然而，台灣多數糧食或飼料均須仰賴進口，目前因氣候變遷導致極端天氣發生頻率增加，對於世界糧食生產造成極度影響。因此，如何適度維持台灣稻米穩定生產，實屬攸關國家安全及社會民生

安定的戰略議題。

稻熱病是由 *Magnaporthe grisea* 所引起的水稻主要病害，在台灣已經成為風土病，每年都會發生。水稻在任何生長時期與部位都有可能罹患稻熱病，而氣象因子對於稻熱病罹病與擴散程度影響很大。稻熱病主要區分為最高分蘖期罹患之葉稻熱病，以及抽穗期罹患之穗稻熱病。某些品種植株雖然感染葉稻熱病，但有部分恢復生長能力。若感染穗稻熱病導致稻穗白化不稔，對稻米產量及品質均造成難以彌補的損失。稻熱病防治有藥劑防治與種植抗病品種等兩種方式，其中又以種植抗病品種所花費

投稿日期：2017 年 6 月 10 日；接受日期：2017 年 9 月 1 日。

* 通訊作者：djliao@dns.caes.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系助理研究員。台灣 嘉義市。

防治成本最少，對環境也最為友善。設置稻熱病病圃針對新育成品種 (系) 進行罹病反應檢定，是開發抗病品種之育種計畫中最为關鍵且不可或缺的步驟。病圃所處環境位置是否適於發病、田區規劃是否合理及發病狀況是否穩定一致，對於檢定結果的可靠度都有相當影響。

天然病圃之稻熱病感染屬於多次循環感染，病圃內菌株生理小種之組成複雜而多變，同一品種 (系) 在不同年度或期作亦可能因田區微氣象因子改變造成前後檢定結果不一致。稻熱病病圃特性檢定結果，除提供育種人員作為選汰品系的參考依據外，長期資料的彙整分析，更可發現許多深具價值的流行病學資訊。例如，台灣稻熱病流行與期作間的相關性，早期研究認為稈型稻在第 1 期作較第 2 期作容易罹病，秈型稻在期作間的罹病反應模式則與稈型稻相反 (Chen 1990)。後來，又發現秈型稻罹病反應的期作效應表現不一致 (Chen *et al.* 2004)，近來則發現稈型稻罹病反應的期作效應表現也變得一致 (Liao & Chen 2011)。另在抗病育種實務上，品種 (系) 之葉稻熱病罹病反應是否可作為評估穗稻熱病抗性的先期指標，以節省部分育種人力與時間，一般認為是

可行的 (Chen *et al.* 2006)，或者至少可在育種品系初級世代作為選拔抗病品系的參考 (Chen 1990; Chen *et al.* 2004)。

本試驗係將 2009–2014 年共 6 年 12 個期作，由台灣 9 個稻作試驗改良機關所提供之參試水稻品種 (系)，在嘉義農業試驗分所 (以下簡稱本分所) 病圃之稻熱病檢定結果做一彙整分析，以期進一步瞭解歷年台灣水稻新育成品種 (系) 對於稻熱病抗感性之數量變化趨勢，期以作為提供稻作抗病育種人員未來擬定育種策略之參考。

材料與方法

參試水稻品種 (系)

本研究收集於 2009–2014 年期間由農業試驗所與本分所，以及桃園、苗栗、台中、台南、高雄、花蓮及台東區等 9 個農業改良場選育之品種 (系)，包括區域試驗品系、高級產量比較試驗品系及主要推廣良質品種之參試水稻品種 (系)，共計 1,195 個進行試驗 (表 1)。

稻熱病病圃設置

參試品種 (系) 於 2009–2014 年種植於本

表 1. 2009–2014 年參加稻熱病檢定之水稻品種 (系) 數量。

Table 1. The number of rice varieties/lines tested for rice blast test in Chiayi, Taiwan in 2009–2014.

Breeding agency ^z	2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	Jap ^y	Ind	Jap	Ind	Jap	Ind	Jap	Ind	Jap	Ind	Jap	Ind
TARI	24	0	24	0	25	0	33	0	34	0	37	0
CAES	24	2	23	2	19	2	23	6	22	10	14	20
TYDARES	23	0	21	0	22	0	22	0	19	0	21	0
MLDARES	6	0	8	0	6	0	8	0	8	0	8	0
TCDARES	17	19	17	19	17	19	19	20	16	19	21	23
TNDARES	25	0	23	0	23	0	27	0	22	0	25	3
KHDARES	17	3	15	3	19	3	24	0	21	0	22	1
HLDARES	16	0	17	0	15	0	15	0	17	0	19	0
TTDARES	12	0	13	0	13	0	13	0	11	0	16	0
Total	164	24	161	24	159	24	184	26	170	29	183	47

^z TARI: Taiwan Agricultural Research Institute; CAES: Chiayi Agricultural Experiment Station; TYDARES: Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station; MLDARES: Miaoli District Agricultural Research and Extension Station; TCDARES: Taichung District Agricultural Research and Extension Station; TNDARES: Tainan District Agricultural Research and Extension Station; KHDARES: Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station; HLDARES: Hualien District Agricultural Research and Extension Station; TTDARES: Taitung District Agricultural Research and Extension Station.

^y Jap: japonica rice; Ind: indica rice.

分所稻熱病病圃(經度 120°28'03"E, 緯度 23°29'05"N), 稻熱病病圃分為水田式及旱田式兩類, 茲分別說明設置方法如下。

水田式病圃: 每個年度之第 1 期作設置水田式病圃, 參試水稻品種(系) 育苗至 3-5 葉齡時, 移植於水田式病圃。種植採順序排列, 重複 2 次, 每品種(系) 種植 2 行, 行株距 25 cm × 20 cm, 每行 7 叢, 多本植, 每叢 3-5 支苗。每行前後及每間隔 2 個品種(系) 均種植感病品種 'Lomello' 作為感病源以促進發病, 另每間隔 10 個品種(系) 種植 1 行抗病品種「台農 70 號」作為對照品種。肥料施用量每公頃氮素 (N) 320 kg、磷酐 (P₂O₅) 54 kg 及氧化鉀 (K₂O) 60 kg。其中, 氮肥 1/5 量及磷、鉀肥全量用做基肥, 其餘氮肥分別在插秧後 15、25、35 d 及抽穗前 25 d 施用。水稻植株進入最高分蘗期後將田水排乾, 並於每日早晨及黃昏噴灑水霧各 1 次, 盡量使其葉面保持水滴以促進發病及擴大病勢蔓延, 至葉稻熱病調查結束後 1 wk 停止噴灑。其他栽培管理則依照一般慣行方式實施, 並加強稻熱病以外之病蟲害防治, 以免影響檢定結果。

旱田式病圃: 每個年度之第一及第二期作均設置旱田式病圃, 參試水稻品種(系) 以種子條播方式種植。種植採順序排列, 重複 2 次, 每品種(系) 種植 1 行, 每行播種約 5 g 種子, 行長 50 cm, 行距 10 cm, 每行前後及每間隔 10 行均種植感病品種 'Lomello' 做為感病源以促進發病, 同時中間夾播 1 行抗病品種「台農 70 號」做為對照品種。肥料施用量每公頃氮素 (N) 240 kg、磷酐 (P₂O₅) 36 kg 及氧化鉀 (K₂O) 48 kg。整地時氮肥 1/4 量及磷、鉀肥全量用做基肥與土壤混合均勻, 剩餘氮肥分別在播種後 15、25、35 d 作為追肥施用。稻種發芽後, 每日在葉面上噴灑水霧數次, 以維持葉面適當濕度促進發病。

稻熱病調查方法及標準

葉稻熱病: 依據國際水稻研究所 (International Rice Research Institute; IRRI) 訂定之葉稻熱病罹病度評估方法及標準 (IRRI 2002), 以目測方式於發病初期、中期及末期各調查 1

次。每品種(系) 調查 10 叢, 統計平均罹病等級, 最後以 3 次調查、各 2 重複之評估結果中最嚴重之等級, 作為該品種(系) 當年度罹病程度之代表。罹病等級分為 0-9 級記載, 罹病等級對應至罹病反應, 可分為 0 級: 極抗 (HR); 1-3 級: 抗 (R); 4-5 級: 中抗 (MR); 6 級: 中感 (MS); 7-8 級: 感 (S); 9 級: 極感 (HS)。

穗稻熱病: 依據 IRRI (2002) 訂定之穗稻熱病罹病度評估方法及標準, 於水稻抽穗後 30 d 調查 1 次, 調查罹病穗數。若 1 穗中有 3 枝梗以上罹病者則視之為罹病穗, 每叢罹病率計算公式如下:

$$\text{罹病率 (\%)} = (\text{罹病穗數} / \text{全穗數}) \times 100\%$$

每品種(系) 調查 10 叢, 統計平均罹病等級, 以 2 重複之評估結果中最嚴重之等級, 作為該品種(系) 當年度罹病程度之代表。罹病等級分為 0-9 級記載, 罹病等級對應至罹病反應, 可分為 0 級: 極抗 (HR); 1 級: 抗 (R); 3 級: 中抗 (MR); 5 級: 中感 (MS); 7 級: 感 (S); 9 級: 極感 (HS)。

統計分析

本研究比較歷年參試品種(系) 對於不同類型稻熱病(葉稻熱病 vs. 穗稻熱病)、不同病圃(水田式病圃 vs. 旱田式病圃) 及不同期作間(第 1 期作 vs. 第 2 期作) 之罹病反應比率是否有顯著差異, 由於每參試品種(系) 同時接受兩種處理因子, 因此屬於類別資料成對比較 (paired comparison)。我們將罹病反應為抗級 (R) 與中抗級 (MR) 合併歸類為抗級, 中感級 (MS)、感級 (S) 及極感級 (HS) 合併歸類為感級以便於比較分析, 罹病反應比率的計算方式如下: 假設某年度參試品種(系) 總數 n , 在處理 A (例如水田式病圃) 與處理 B (例如旱田式病圃) 中均為抗級的有 a 個參試品種(系); 在處理 A 為感級而處理 B 為抗級者有 b 個; 在處理 A 為抗級而處理 B 為感級者有 c 個; 在處理 A 與處理 B 中均為感級有 d 個, 則處理 A 之抗級反應比率為 $(a + c) / n$, 處理 B 之抗級反應比率為 $(a + b) / n$ 。採用 McNemar test 進行不同

處理罹病反應比率之成對比較，並使用程式語言“R version 3.3.3”內建套件“stats”之 `mcnemar.test` 函數完成計算分析工作。

結果

對照品種對於稻熱病之罹病反應

對照品種 ‘Lomello’ 及「台農 70 號」在本分所稻熱病病圃之罹病反應如表 2 所示，在水田式病圃中抗病品種「台農 70 號」對於葉稻熱病罹病反應歷年表現均一致為抗級反應，穗稻熱病則表現中抗至抗級反應；感病品種 ‘Lomello’ 對於葉稻熱病罹病反應歷年表現為中感至極感級，穗稻熱病表現為感級至極感級。在旱田式病圃中抗病品種「台農 70 號」對於葉稻熱病罹病反應歷年期作表現為中抗至抗級；感病品種 ‘Lomello’ 對於葉稻熱病罹病反應除 2014 年第 1 期作為中感級外，其他年度期作則表現感級至極感級。以上結果顯示抗病及感病對照品種在稻熱病圃自然發病情況下，其罹病反應表現穩定，因此本病圃檢定結果有相當的可靠度。

參試品種 (系) 對稻熱病罹病反應檢定結果

水田式病圃：2009–2014 年參試品種 (系) 對於稻熱病罹病反應的檢定結果如表 3，其中稈型稻參試品種 (系) 共計 1,021 個，葉稻熱病罹病反應表現為抗級與中抗級者合計有 666

個，占全部參試品種 (系) 之 65.23%，罹病反應表現為中感、感與極感級者合計有 355 個，占全部參試品種 (系) 之 34.77%；穗稻熱病罹病反應表現為抗級與中抗級者合計有 443 個，占全部參試品種 (系) 之 43.39%，罹病反應表現為中感、感與極感級者合計有 576 個，占全部參試品種 (系) 之 56.42%。

籼型稻參試品種 (系) 共計 174 個，葉稻熱病罹病反應表現為抗級與中抗級者合計有 168 個，占全部參試品種 (系) 之 96.55%，罹病反應表現為中感、感與極感級者合計有 6 個，占全部參試品種 (系) 之 3.45%；穗稻熱病罹病反應表現為抗級與中抗級者合計有 157 個，占全部參試品種 (系) 之 90.23%，罹病反應表現為中感、感與極感級者合計有 17 個，占全部參試品種 (系) 之 9.77%。

旱田式病圃：2009–2014 年參試品種 (系) 在旱田式病圃對於葉稻熱病罹病反應的檢定結果如表 4，其中稈型稻參試品種 (系) 共計 1,021 個，第 1 期作罹病反應表現為抗級與中抗級者合計有 496 個，占全部參試品種 (系) 之 48.58%，罹病反應表現為中感、感與極感級者合計有 524 個，占全部參試品種 (系) 之 51.32%；第 2 期作罹病反應表現為抗級與中抗級者合計有 503 個，占全部參試品種 (系) 之 49.27%，罹病反應表現為中感、感與極感級者合計有 518 個，占全部參試品種 (系) 之 50.73%。

表 2. 2009–2014 年對照品種「台農 70 號」及 ‘Lomello’ 在本分所稻熱病病圃之稻熱病檢定結果。

Table 2. Evaluation of rice varieties ‘Tainung 70’ and ‘Lomello’ for resistance to leaf and panicle blast in the paddy and the upland nurseries in 2009–2014.

Year	Tainung 70				Lomello			
	Paddy nursery		Upland nursery		Paddy nursery		Upland nursery	
	LB ²	PB	1st crop season	2nd crop season	LB	PB	1st crop season	2nd crop season
2009	MR ³	MR	R	R	S	HS	HS	HS
2010	R	R	R	R	HS	HS	HS	HS
2011	R	R	MR	R	S	HS	HS	HS
2012	R	R	R	R	MS	HS	HS	HS
2013	R	-	MR	MR	S	S	HS	S
2014	R	MR	MR	R	MS	S	MS	HS

² LB: leaf blast; PB: panicle blast.

³ R: resistant; MR: moderate resistant; MS: moderate susceptible; S: susceptible; HS: highly susceptible.

表 3. 2009–2014 年參試品種 (系) 在水田式病圃之稻熱病檢定結果。
Table 3. Evaluation of rice varieties/lines for resistance to leaf and panicle blast in the paddy nursery in 2009–2014.

Year	No. of entries tested	Resistant						Moderate resistant						Moderate susceptible						Susceptible						Highly susceptible					
		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries			
		LB ^z	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB	LB	PB		
Japonica rice																															
2009	164	29	12	17.68	7.32	80	63	48.78	38.41	23	14	14.02	8.54	27	14	16.46	8.54	5	59	3.05	35.98										
2010	161	50	30	31.06	18.63	36	40	22.36	24.84	9	6	5.59	3.73	40	7	24.84	4.35	26	78	16.15	48.45										
2011	159	59	26	37.11	16.35	42	49	26.42	30.82	12	11	7.55	6.92	31	11	19.50	6.92	15	62	9.43	38.99										
2012	184	54	91	29.35	49.46	72	4	39.13	2.17	14	32	7.61	17.39	30	39	16.30	21.20	14	18	7.61	9.78										
2013	170	33	62	19.41	36.47	60	9	35.29	5.29	14	10	8.24	5.88	34	62	20.00	36.47	29	27	17.06	15.88										
2014	183	61	10	33.33	5.46	90	47	49.18	25.68	27	43	14.75	23.50	5	27	2.73	14.75	0	56	0.00	30.60										
Total	1,021	286	231	28.01	22.62	380	212	37.22	20.76	99	116	9.70	11.36	167	160	16.36	15.67	89	300	8.72	29.38										
Indica rice																															
2009	24	21	8	87.50	33.33	2	14	8.33	58.33	0	1	0.00	4.17	1	0	4.17	0.00	0	1	0.00	4.17										
2010	24	20	16	83.33	66.67	3	4	12.50	16.67	0	2	0.00	8.33	0	0	0.00	0.00	1	2	4.17	8.33										
2011	24	20	17	83.33	70.83	3	4	12.50	16.67	0	1	0.00	4.17	1	1	4.17	4.17	0	1	0.00	4.17										
2012	26	18	25	69.23	96.15	7	0	26.92	0.00	1	0	3.85	0.00	0	0	0.00	0.00	0	1	0.00	3.85										
2013	29	20	26	68.97	89.66	8	1	27.59	3.45	0	1	0.00	3.45	1	1	3.45	3.45	0	0	0.00	0.00										
2014	47	42	25	89.36	53.19	4	17	8.51	36.17	1	4	2.13	8.51	0	1	0.00	2.13	0	0	0.00	0.00										
Total	174	141	117	81.03	67.24	27	40	15.52	22.99	2	9	1.15	5.17	3	3	1.72	1.72	1	5	0.57	2.87										

^z LB: leaf blast; PB: panicle blast.

表 4. 2009–2014 年參試品種 (系) 在旱田式病圃之稻熱病檢定結果。
Table 4. Evaluation of rice varieties/lines for resistance to leaf blast in the upland nursery during 2009–2014.

Year	No. of entries tested	Resistant				Moderate resistant				Moderate susceptible				Susceptible				Highly susceptible			
		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries		No. of entries		% of entries	
		I ¹	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Japonica rice																					
2009	164	45	48	27.44	29.27	36	44	21.95	26.83	6	6	3.66	3.66	6	32	3.66	19.51	71	34	43.29	20.73
2010	161	27	42	16.77	26.09	44	28	27.33	17.39	6	12	3.73	7.45	12	30	7.45	18.63	72	49	44.72	30.43
2011	159	10	8	6.29	5.03	73	56	45.91	35.22	9	10	5.66	6.29	21	21	13.21	13.21	46	64	28.93	40.25
2012	184	36	40	19.57	21.74	60	68	32.61	36.96	7	21	3.80	11.41	19	14	10.33	7.61	62	41	33.70	22.28
2013	170	8	1	4.71	0.59	58	68	34.12	40.00	16	24	9.41	14.12	35	33	20.59	19.41	52	44	30.59	25.88
2014	183	17	24	9.29	13.11	82	76	44.81	41.53	20	13	10.93	7.10	29	22	15.85	12.02	35	48	19.13	26.23
Total	1,021	143	163	14.01	15.96	353	340	34.57	33.30	64	86	6.27	8.42	122	152	11.95	14.89	338	280	33.10	27.42
Indica rice																					
2009	24	10	5	41.67	20.83	13	18	54.17	75.00	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	1	1	4.17	4.17
2010	24	11	10	45.83	41.67	12	13	50.00	54.17	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	1	1	4.17	4.17
2011	24	16	14	66.67	58.33	7	9	29.17	37.50	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	1	1	4.17	4.17
2012	26	12	6	46.15	23.08	13	19	50.00	73.08	0	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	1	1	3.85	3.85
2013	29	4	2	13.79	6.90	24	26	82.76	89.66	0	0	0.00	0.00	0	1	0.00	3.45	1	0	3.45	0.00
2014	47	25	25	53.19	53.19	20	21	42.55	44.68	1	0	2.13	0.00	0	0	0.00	0.00	1	1	2.13	2.13
Total	174	78	62	44.83	35.63	89	106	51.15	60.92	1	0	0.57	0.00	0	1	0.00	0.57	6	5	3.45	2.87

¹ I: 1st crop season; II: 2nd crop season.

秈型稻參試品種(系)共計 174 個,第 1 期作罹病反應表現為抗級與中抗級者合計有 167 個,占全部參試品種(系)之 95.98%,罹病反應表現為中感、感與極感級者合計有 7 個,占全部參試品種(系)之 4.02%;第 2 期作罹病反應表現為抗級與中抗級者合計有 168 個,占全部參試品種(系)之 96.55%,罹病反應表現為中感、感與極感級者合計有 6 個,占全部參試品種(系)之 3.45%。

參試品種(系)對於葉稻熱病及穗稻熱病罹病反應之比較

分析 2009–2014 年參試品種(系)在水田式病圃中對於葉稻熱病及穗稻熱病罹病反應比較如表 5 所示,歷年粳型稻品種(系)對於葉稻熱病罹病反應為抗級之比率均顯著高於穗稻熱病。總計 2009–2014 年粳型稻品種(系)對於葉及穗稻熱病之罹病反應同樣表現抗級有 439 個,占稈稻全部參試數量之 43.00%,對於兩類稻熱病同樣呈感病反應品種(系)數量有 349 個,占稈稻全部參試數量之 34.18%,合計對於兩類稻熱病罹病反應表現一致之品種(系)共計 788 個,占稈稻全部參試數量之 77.18%。

至於對葉稻熱病表現抗性而穗稻熱病呈感病反應之品種(系)則共有 227 個,占稈稻全部參試數量之 22.23%。歷年秈型稻品種(系)對於葉稻熱病與穗稻熱病之罹病反應為抗級的比率均無顯著差異,總計 2009–2014 年秈型稻品種(系)對於葉及穗稻熱病之罹病反應同樣表現抗級有 157 個,占秈稻全部參試數量之 90.23%,對於兩類稻熱病同樣呈感病反應品種(系)數量有 6 個,占秈稻全部參試數量之 3.45%,對葉稻熱病表現抗性而穗稻熱病呈感病反應之品種(系)則共有 11 個,占稈稻全部參試數量之 6.32%。

參試品種(系)在水田式及旱田式病圃中對於葉稻熱病罹病反應之比較

分析 2009–2014 年參試品種(系)在水田式病圃及旱田式病圃中對於葉稻熱病罹病反應比較如表 6 所示,歷年粳型稻品種(系)在水田式病圃中葉稻熱病罹病反應為抗級之比率均顯著高於旱田式病圃。總計 2009–2014 年粳型稻品種(系)在水田式及旱田式病圃均表現抗葉稻熱病反應有 485 個,占稈稻全部參試數量之 47.50%,在兩病圃中同樣呈感病反應品

表 5. 水稻品種(系)對於葉稻熱病及穗稻熱病罹病反應之比較。

Table 5. Comparison of rice varieties/lines for resistance to leaf blast and panicle blast in the paddy nursery, 2009–2014^z.

Year	Leaf blast	No. of entries in japonica rice			No. of entries in indica rice		
		Panicle blast		P value	Panicle blast		P value
		Resistant	Susceptible		Resistant	Susceptible	
2009	Resistant	74	35	< 0.0001	22	1	1.0000
	Susceptible	1	52		0	1	
2010	Resistant	69	17	0.000407	20	3	0.2482
	Susceptible	1	74		0	1	
2011	Resistant	75	26	< 0.0001	21	2	0.4795
	Susceptible	0	58		0	1	
2012	Resistant	94	32	< 0.0001	25	0	-
	Susceptible	1	57		0	1	
2013	Resistant	71	22	< 0.0001	27	1	1.0000
	Susceptible	0	77		0	1	
2014	Resistant	56	95	< 0.0001	42	4	0.1336
	Susceptible	1	31		0	1	

^z The proportion of resistance to leaf blast and panicle blast was analyzed by McNemar test.

表 6. 2009–2014 年育成水稻品種(系)對於水田式與旱田式病圃葉稻熱病罹病反應之比較。

Table 6. Comparison of rice varieties/lines for resistance to leaf blast between the paddy and upland nurseries in 2009–2014².

Year	Paddy nursery	No. of entries in japonica rice			No. of entries in indica rice		
		Upland nursery		P value	Upland nursery		P value
		Resistant	Susceptible		Resistant	Susceptible	
2009	Resistant	79	30	< 0.0001	23	0	-
	Susceptible	2	53		0	1	
2010	Resistant	70	16	0.0006850	23	0	-
	Susceptible	1	74		0	1	
2011	Resistant	79	22	0.0008561	23	0	-
	Susceptible	4	54		0	1	
2012	Resistant	95	31	< 0.0001	25	0	-
	Susceptible	1	57		0	1	
2013	Resistant	64	29	< 0.0001	28	0	-
	Susceptible	2	74		0	1	
2014	Resistant	98	53	< 0.0001	45	1	1.0000
	Susceptible	1	31		0	1	

² The proportion of resistance to leaf blast between the paddy and upland nurseries was analyzed by McNemar test.

種(系)數量有 343 個，占稈稻全部參試數量之 33.59%，合計在兩病圃罹病反應表現一致之品種(系)共計 828 個，占稈稻全部參試數量之 81.10%。至於在水田式病圃表現抗性而旱田式病圃呈感病反應之品種(系)則共有 181 個，占稈稻全部參試數量之 17.73%。歷年秈型稻品種(系)在水田式病圃與旱田式病圃中對於葉稻熱病罹病反應為抗級之比率均無顯著差異，總計 2009–2014 年秈型稻品種(系)在水田式及旱田式病圃之罹病反應同樣表現抗級有 167 個，占秈稻全部參試數量之 95.98%，對於兩病圃同樣呈感病反應品種(系)數量有 6 個，占秈稻全部參試數量之 3.45%，對在水田式病圃表現抗性而旱田式病圃呈感病反應之品種(系)則僅有 1 個，占稈稻全部參試數量之 0.57%。

參試品種(系)在不同期作間對於葉稻熱病罹病反應之比較

分析 2009–2014 年參試品種(系)在第 1 期作及第 2 期作中對於葉稻熱病罹病反應比較如表 7 所示，總計 2009–2014 年秈型稻品種(系)在第 1 期作及第 2 期作均表現抗葉稻熱病反應者有 455 個，占稈稻全部參試數量

之 44.56%，在兩期作中對於葉稻熱病均表現為感病反應之品種(系)數量為 476 個，占稈稻全部參試數量之 46.62%，合計兩期作之罹病反應表現一致之品種(系)共計 931 個，占稈稻全部參試數量之 91.19%。至於在第 1 期作表現抗性而第 2 期作呈感病反應之品種(系)則共有 41 個，占稈稻全部參試數量之 4.02%，在第 1 期作表現感病反應而第 2 期作呈抗病反應之品種(系)有 48 個，占稈稻全部參試數量之 4.70%。但各年度在兩期作中對於葉稻熱病罹病反應為抗級之比率差異表現不一致，其中 2009、2011 及 2012 年有顯著之差異表現，除 2011 年第 1 期作抗病比率為 52.20% 高於第 2 期作之 40.25% 外，2009 及 2012 年均以第 2 期作之抗病比率較高；其他 3 個年度則無顯著差異。歷年秈型稻品種(系)在第 1 期作與第 2 期作對於葉稻熱病罹病反應為抗級之比率均無顯著差異，總計 2009–2014 年秈型稻品種(系)在第 1 期作及第 2 期作均表現抗葉稻熱病反應者有 167 個，占稈稻全部參試數量之 95.98%，在兩期作中對於葉稻熱病均表現為感病反應之品種(系)數量為 6 個，占稈稻全部參試數量之 3.45%，合計兩期作之罹病反應表

表 7. 2009–2014 年育成水稻品種(系)對於第一期作與第二期作葉稻熱病罹病反應之比較。

Table 7. Comparison of rice varieties/lines for resistance to leaf blast between the first and the second crop seasons in 2009–2014².

Year	1st crop season	No. of entries in japonica rice			No. of entries in indica rice		
		2nd crop season		P value	2nd crop season		P value
		Resistant	Susceptible		Resistant	Susceptible	
2009	Resistant	80	1	0.005546	23	0	-
	Susceptible	12	71		0	1	
2010	Resistant	62	9	1.000000	23	0	-
	Susceptible	8	82		0	1	
2011	Resistant	64	19	< 0.0001	23	0	-
	Susceptible	0	76		0	1	
2012	Resistant	94	2	0.005960	25	0	-
	Susceptible	14	74		0	1	
2013	Resistant	62	4	0.546500	28	0	-
	Susceptible	7	96		0	1	
2014	Resistant	93	6	1.000000	45	0	1.0000
	Susceptible	7	77		1	1	

² The proportion of resistance to leaf blast between first and second crop seasons was analyzed by McNemar test.

現一致之品種(系)共計 173 個，占梗稻全部參試數量之 99.43%。

討論

回顧過去二十餘年來水稻稻熱病檢定結果發現，梗型稻新育成品種(系)抗稻熱病比率似乎有減少的趨勢。在 1990–2002 年，梗型稻新育成品種(系)抗葉稻熱病及穗稻熱病比率平均為 83.4% 與 60.6% (Chen *et al.* 2004)，2003–2008 年減少為 58.8% 與 42.9% (Liao & Chen 2011)，2009–2014 年則回升為 65.2% 與 43.4% [表 3，將抗級與中抗級品種(系)數量加總後計算平均]。其中，葉稻熱病抗病比率於 1997 年達 99.0% 為最高峰，該年度之後抗病比率最高亦不超過 85%，2006 及 2007 年抗病比率僅 45.0% 與 42.5%。穗稻熱病抗病比率於 1990 年之 81.4% 為最高，往後亦大致呈下滑走勢，2014 年最低僅 31.1%。造成新品種(系)抗病比率減少的原因，可能在於台灣以往水稻雜交育種之抗病親本遺傳背景過於接近，以致對於病圃中不同病原菌生理小種的抗性幅度狹窄 (Chen *et al.* 2004)。為解決現今水稻

抗病育種所面臨的問題，由台灣各農業試驗改良機關稻作研究人員所組成之水稻推動小組，於 2012 年自 IRRI 引進帶不同單一抗病基因之 'LTH' 與 'CO39' 遺傳背景的 IRBL 系列判別品系 (Tsunematsu *et al.* 2000; Kobayashi *et al.* 2007)。本分所目前已針對在台灣具有穩定抗性之不同抗病基因，如 *Piz-5*、*Pib*、*Pil2(t)*、*Pita2*、*Pik* 與 *Pikh* 等 (Liao *et al.* 2016)，經由雜交後連續回交的方式導入失去抗性的栽培品種中，並且利用分子標誌輔助選拔帶有抗病基因的回交後代，再堆疊不同抗病基因，進而選育出具有多重抗病來源的水稻新品種(系)。

水稻新育成品種(系)對於葉稻熱病與穗稻熱病抗性反應的相關性是值得關注的問題，Chen *et al.* (2004) 指出梗型稻品種(系)若抗葉稻熱病，則通常對於穗稻熱病也有抗性。Ma *et al.* (2005) 利用天然病圃輔以人工接種檢定 12,151 個水稻品種(系)對於葉及穗稻熱病之罹病反應，結果葉及穗稻熱病之罹病反應一致者有 74.35%，屬於抗葉稻熱病而穗稻熱病感病者有 15.90%。Chen *et al.* (2006) 的研究結果顯示，雖然天然病圃中葉稻熱病與穗稻熱病之抗病比率呈顯著正相關，但兩者相關係數

為 0.6322，僅為中度相關性。本研究平均約有 22% 之稈型稻品種 (系) 在水田式病圃對葉稻熱病反應表現抗性，卻對於穗稻熱病呈現感病反應 (表 5)。綜合 Ma *et al.* (2005)、Chen *et al.* (2006) 及本研究中關於同品種 (系) 之葉及穗稻熱病抗性反應表現結果顯示，對葉稻熱病表現抗病但對於穗稻熱病感病之品種 (系) 所占比率不可謂低。若育種人員僅參考葉稻熱病檢定結果即逕予推廣種植，將來可能有相當的風險會發生穗稻熱病流行。鑑於穗稻熱病對於稻米產量及品質所造成的損失較葉稻熱病更為直接且嚴重 (Goto 1965; Fujii & Hayano-Saito 2007)，因此建議新育成品系進入高級產量比較試驗或者區域試驗時，仍須進行穗稻熱病檢定，以降低誤判風險。

水稻品種 (系) 在水田式病圃中之葉稻熱病抗性反應比率較旱田式病圃為高 (Chen 1990; Chen *et al.* 2004)，比較本試驗稈型稻品種 (系) 在水田及旱田式病圃中抗性反應比率的差異，同樣符合上述情形，平均約有 18% 的品種 (系) 在水田式病圃表現抗病反應，但在旱田式病圃中表現出感病反應。Yang (1967) 指出旱田式病圃較水田式病圃易於發病之原因，可能與土壤乾旱影響水稻生理狀態有關。由於旱田式病圃的篩選強度大於水田式病圃，因此稻作育種之初級品系可於幼苗期在旱田式病圃針對葉稻熱病抗性進行大量選汰，以提高育種效率。

水稻對於不同期作間之稻熱病罹病反應是否有期作效應，過去的研究指出，稻熱病在第 1 期作為害嚴重程度高於第二期作 (Chien 1979)，原因可能與第 2 期作之氣候條件不利於稻熱病傳播有關。台灣水稻第二期作 7-9 月間為颱風侵襲高峰時期，平日上午高溫炎熱，田間稻株露水易蒸發，午後則常有瞬間強雷陣雨。根據本分所氣象站資料統計顯示，2009-2014 年第一期作 4-6 月之平均月降雨日數與時降雨量，4 月為 9.3 d 及 1.96 mm hr⁻¹，5 月為 11 d 及 3.52 mm hr⁻¹，6 月為 13 d 及 4.14 mm hr⁻¹；第二期作 7-9 月平均月降雨日數與時降雨量，7 月為 14.3 d 及 5.36 mm hr⁻¹，8 月為 19.8 d 及 6.42 mm hr⁻¹，9 月為 11.2 d 及 5.87 mm hr⁻¹，因此第二期作之平均月降雨日

數與時降雨量均高於第二期作。雖然降雨日數多有利於稻熱病發生，然而 Tsai (1977) 研究指出，時雨量 3.5 mm hr⁻¹ 以上則減少孢子釋放，大雨可將田間稻熱病菌孢子洗去，進而降低傳染機會。本研究稈型稻品種 (系) 各年度之期作效應較無一致表現，6 個年度裏有 3 個年度無顯著期作效應，亦即兩期作罹病反應表現抗性之品種 (系) 比率無顯著差異。本分所旱田式病圃設有透光遮雨屋頂，較全露天式田區不易受大雨影響，故而期作間氣象因子對於品種 (系) 罹病反應的影響程度有限。

本研究稈型稻品種 (系) 無論在葉稻熱病與穗稻熱病、水田式病圃與旱田式病圃及第一、二期作間之抗性比率比較分析，均未達顯著差異水準。實際上參試稈型稻品種 (系)，除了作為感病源的對照品種 'Lomello' 外，其他品種 (系) 無論在任何處理條件下，幾乎全數表現抗病反應。現今台灣水稻栽培以稈型稻品種為主，稈型稻品種數量及栽培面積均不大，因此病圃中致病生理小種可能以感染稈型稻為主要目標，稈型稻發生感染的機會減少，從而表現出抗病反應。

誌謝

本研究承行政院農業委員會動植物防疫檢疫局經費補助 [103 管理-3.1-植防-2(1)]，試驗調查工作及資料整理承本分所農藝系陳隆澤前研究員、羅俊欽、廖偉盛及賴佳鴻等同仁協助，特此誌謝。

引用文獻

- Chen, F., H. Ruan, X. Yang, S. Lin, Q. Fang, and Y. Yan. 2006. The correlation in seedling blasts, leaf blasts and neck blasts of rice. *Chinese Agric. Sci. Bull.* 22:440-443. (in Chinese with English abstract)
- Chen, L. C. 1990. Reaction of rice varieties and selections to blast in the uniform blast nurseries. *J. Agric. Res. China* 39:303-314. (in Chinese with English abstract)
- Chen, L. C., Y. S. Chen, and Y. H. Cheng. 2004. Test of rice varieties and strains resistant to rice blast in blast nurseries during 1990-2002. *J. Agric. Res. China.* 53:269-283. (in Chinese with English abstract)

- Chien, C. C. 1979. Occurrence and influence of rice diseases on yield in the first and second rice crops in Taiwan. p.177–189. *in*: The Causes of Low Yield of the Second Crop Rice in Taiwan and the Measures for Improvement. June 7–8, 1978. Taichung, Taiwan. National Science Council, Taipei, Taiwan. (in Chinese with English abstract)
- Fujii, K. and Hayano-Saito, Y. 2007. Genetics of durable resistance to rice panicle blast derived from an indica rice variety Modan. *Jpn. J. Plant Sci.* 1:69–76.
- Goto, K. 1965. Estimating losses from rice blast in Japan. p.195–202. *in*: The Rice Blast Disease: Proceedings of a Symposium at the International Rice Research Institute, July, 1963. (International Rice Research Institute, ed.) Johns Hopkins Press. Baltimore, MD. 507 pp.
- International Rice Research Institute. 2002. Standard Evaluation System for Rice. International Rice Research Institute. Manila, Philippines. 56 pp.
- Kobayashi, N., M. J. Telebanco-Yanoria, H. Tsunematsu, H. Kato, T. Imbe, and Y. Fukuta. 2007. Development of new sets of international standard differential varieties for blast resistance in rice (*Oryza sativa* L.). *Jpn. Agric. Res. Q.* 41:31–37.
- Liao, D. J. and L. C. Chen. 2011. Field evaluation of rice varieties and lines from Taiwan for resistance to leaf and panicle blasts caused by *Magnaporthe grisea* during 2003–2008. *J. Taiwan Agric. Res.* 60:279–292. (in Chinese with English abstract)
- Liao, D. J., L. C. Chen, C. W. Wu, and C. L. Chung. 2016. Response of rice varieties ‘LTH’ monogenic lines and ‘CO 39’ near-isogenic lines to rice blast. *J. Taiwan Agric. Res.* 65:8–17. (in Chinese with English abstract)
- Ma, B. T., L. Yang, L. X. Wang, T. Z. Yang, X. Y. Zhao, X. G. Gao, S. G. Li, X. D. Wang, and P. Li. 2005. Resistance evaluation and breeding of rice varieties (lines) to rice blast in nursery. *Chinese Agric. Sci. Bull.* 21:263–267. (in Chinese with English abstract)
- Tsai, W. H. 1977. Occurrence of rice blast and meteorological conditions in an upland nursery. *J. Agric. Res. China.* 26:290–296. (in Chinese with English abstract)
- Tsunematsu, H., M. J. T. Yanoria, L. A. Ebron, N. Hayashi, I. Ando, H. Kato, T. Imbe, and G. S. Khush. 2000. Development of monogenic lines of rice for blast resistance. *Breed. Sci.* 50:229–234.
- Yang, S. C. 1967. The use of non-irrigated nursery for breeding blast resistance of rice. *J. Agric. Res. China.* 16:1–7. (in Chinese with English abstract)

Field Evaluation of Blast for Rice Varieties (Lines) Developed from 2009 to 2014 in Taiwan

Szu-Yi Chou¹ and Dah-Jing Liao^{1,*}

Abstract

Chou, S. Y. and D. J. Liao. 2018. Field evaluation of blast for rice varieties (lines) developed from 2009 to 2014 in Taiwan. *J. Taiwan Agric. Res.* 67(1):82–93.

The present study was to analyze the changing trends of blast resistance and its relationship among rice cultivars/lines developed in 2009–2014. The information can be provided as a reference for breeders in planning breeding strategy in the future. The experimental materials included 1,195 rice cultivars/lines provided by the local 9 agricultural experimental agencies, and were examined for their responses to both leaf and panicle blast in the upland and the paddy nurseries located at Chiayi Agricultural Experimental Station of Taiwan Agricultural Research Institute. A susceptible cultivar ‘Lomello’ and a resistant cultivar ‘TNG70’ were used for reference checks, and were found stable to the responses of blast during the period of experiment, indicating that the conditions of nursery and results of examination were stable and reliable. There were 1,021 cultivars/lines of japonica type rice included in the experiment, and the ratio of expressing resistance to leaf and panicle blast in the paddy nursery were 65.23% and 43.39%, respectively. In the upland nursery, the ratio of expressing resistance to leaf blast in the first and the second cropping season were 48.58% and 49.27%, respectively. The other 174 cultivars/lines of indica type rice were also examined for their resistance performance to blast. It showed that ratio of expressing resistance to leaf and panicle blast in the paddy nursery were 96.55% and 90.23%, respectively. In the upland nursery, the ratio of expressing resistance to leaf blast in the first and the second cropping season were 95.98% and 96.55%, respectively. By further analyzing the experimental results, it showed that some cultivars/lines of japonica type rice varied in the responses to leaf and panicle blast. Among the cultivars/lines, about 22% were resistance to leaf blast while were infected by panicle blast. These cultivars/lines required further studied in the advanced field examination for their resistance to panicle blast. Since the susceptibility of a cultivar/line to blast will be more serious in upland nursery than in paddy condition, we suggest that upland nursery can be used for selection of blast resistance in the early stage of a breeding program so as to improve breeding efficiency. Results also showed that japonica type rice cultivars/lines perform differently in the upland nursery between the first and the second cropping seasons, while indica type rice cultivars/line have a consistent performance in both crop seasons.

Key words: Rice, Blast, Disease nursery.

Received: June 10, 2017; Accepted: September 1, 2017.

* Corresponding author, e-mail: djliao@dns.caes.gov.tw

¹ Assistant Research Fellows, Agronomy Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.