

# 矽酸爐渣對水稻白葉枯病抵抗性之影響

張素貞\*<sup>1</sup> 楊嘉凌<sup>2</sup> 李成章<sup>3</sup> 曾德賜<sup>4</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會苗栗區農業改良場 <sup>2</sup>行政院農業委員會臺中區農業改良場

<sup>3</sup>國立中興大學農藝系退休已故教授 <sup>4</sup>國立中興大學植物病理學系

## 摘 要

本研究期以施用矽酸爐渣來降低白葉枯病害對水稻的危害，結果顯示施用矽酸爐渣處理可降低白葉枯病斑的發展，第1期作及第2期作施用矽酸爐渣處理可明顯降低白葉枯病斑的發展，其分別降低40.2%及13.7%，且兩期作施用矽酸爐渣處理之平均病斑長度均降至罹病程度屬中度感病等級，對照處理平均病斑則屬感病級。為進一步瞭解矽酸爐渣不同施用量於水田中對水稻白葉枯病影響之情形，以矽酸爐渣每公頃2公噸及4公噸與對照處理差異顯著，就各品種在施用矽酸爐渣後所降低百分例來比較，在4 tons/ha之處理之下白葉枯病病斑長度明顯減少的現象，臺中私10號減少19.1%，臺稈9號為10.8%，臺農67號為5.5%，尤其是臺中私10號2公噸處理無法降低病斑長度，但在4公噸施用時則明顯地加強稻株對白葉枯病的抵抗性。綜合本研究結果顯示施用矽酸爐渣於稻田中可降低白葉枯病對水稻之危害，但在用量上須要依栽種品種而異，方可達到施用矽酸爐渣的效應。

**關鍵詞：**矽酸爐渣、水稻、白葉枯病抵抗性。

## 前 言

水稻為世界上重要的穀類作物之一，依據2015年行政院農業委員會統計書刊資料，臺灣水稻栽培的面積每年約為25萬公頃（主要農產品種植面積），

約佔總農作物耕地（農耕土地、林地及魚塭面積；2015年796,618公頃）的32%（<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>）。臺灣稻米生產自從加入世界貿易組織後，因生產成本過高，與國外產品競爭之下，水稻生產頗受衝

\*論文聯繫人

e-mail: sujein@mdais.gov.tw

擊；但因稻米是主要的糧食作物，是人民生活上不可或缺，且水田對臺灣生活環境生態功能性是不可忽視的，如涵養水源及淨化空氣功能上頗為重要（陳，1995；陳等，2006）。為繼續水稻栽培又要面對與外國產品競爭壓力，除降低生產成本外，提升稻米品質的改進更是急為迫切的課題。尤其近年國民消費水準日益提高，對稻米品質的要求日與益增，唯有生產優質的稻米迎合消費者的需求，方為上上之策。影響稻米品質因素除品種、栽培與環境等外（盧等，1985），另目前頗值得注意的是若水稻栽培後期若感染白葉枯病(bacterial blight)，其對稻米品質影響極鉅(Singh *et al.*, 1975)。水稻因白葉枯病的危害而導致稻米品質的變化，除青米與劣敗米的比率增加外（林，1990；Cha *et al.*, 1977），白米外觀之透明度降低與化學成分蛋白質含量提高，亦均可導致稻米品質的低落（林，1990）；危害嚴重時，甚至造成當期作良質米栽培功虧一匱之隱憂。

水稻白葉枯病是由細菌性 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* 所引起（Goto, 1964; Hashioka, 1951; Liao and Chien, 1982），其對臺灣稻米生產所造成的威脅已是一個不可爭的事實，如何降低此病的發生與危害，是有關此方面研究學者責無旁殆之要務。目前已知防治此病的方法中，葯劑因對環境破壞性強，且其效果不盡理想應儘量避免使用（Devadath, 1989）。由營養要素調控或可減少此病危害的程度，且罹病率的降低可能與植體內某些化學成份變動有關

（張，1955；Song *et al.*, 2016）。在水稻病害方面已知矽酸爐渣可降低水稻稻熱病及胡麻葉枯病的危害（李等，1978；黃及楊，1993），就白葉枯病病害而言，張(1995)雖曾指出矽可降低此病罹病率，至於在田間實際利用情形則需進一步試驗證明之（Chang 1997; Chang 2001）。本試驗主要在探討田間施用矽酸爐渣對水稻白葉枯病之影響程度，以及葉片矽含量與罹病情形之關係，期藉由此方面研究的瞭解，來評估此營養要素在此病害管理上實際應用的可行性。

## 材料與方法

### 一、供試水稻品種及矽酸爐渣處理方式

本研究於1996年第1期作及第2期作，採用臺灣現行良質米推廣品種台中秈10號及臺梗9號為試驗材料。矽酸爐渣處理方式採施用（2 tons/ha）與不施用兩個處理，所使用之矽酸爐渣的氧化矽成份為23%，於耕犁之際攪入田中。田間設計採裂區設計逢機完全區集法，矽酸爐渣處理為主試因，品種為副試因，計5重複。1997年第1期作在相同地點進行試驗，採用對白葉枯病極感品種台中在來1號及中感品種台中秈10號，與稈型稻中感品種臺梗9號及感級品種臺農67號為供試水稻品種，共計4個品種；矽酸爐渣處理方式採用三種施用量（0, 2, 4 tons/ha），田間設計同前，重複數為4。田間肥料施用量 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=120:60:60(Kg/ha)，1996年第1期作整地前加施石灰（300 Kg/ha），灌溉排水依慣

## 二、植體矽酸含量與稻米產量及品質

接種之前與之後14天取樣稻株，每小區各2株，分析其植株內葉片，稻稈(包括葉鞘)，及穗部矽與其它要素的含量。按Gaines與Mitchell(1979)之植物體營養分析實驗法步驟，0.1 g 樣品先以三酸( $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4:\text{H}_2\text{SO}_4 = 4:1:1$ )消化處理，經Whatman No.1濾紙過濾後的濾紙，置於已知重量的坩鍋中，先添加少量酒精燃燒之，再於500 °C 高溫爐中將其灰化後，稱取坩鍋重量以決定矽的含量。水稻特性調查記錄抽穗日期，成熟期測量農藝性狀如生育日數及株高穗數等、稻穀產量，與稻米容重量、碾米率、白米外觀等品質特性則依宋氏(1986)所採用之方法測定。

## 三、白葉枯病病菌培養、接種及調查

試驗接種所用白葉枯病菌 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* 之 XM42 菌系為臺灣省農林廳農業試驗所(今行政院農業委員會農業試驗所)植物病理系提供。將菌株移至Wakimoto斜面培養基在 25°C 下培養 48~72 小(Wakimoto and Mukoo, 1963)，俟菌落形成後再取出一移殖環之菌量置含 50 ml 523 培養液之三角瓶(125 ml)內(Kado and Heskett, 1970)，在室溫以 100 rpm 振盪培養(Orbital shaker, Model SK-302A, Sun Kuan Instrument Co.) 24~48 小時，俟供試菌達對數生長期(log phase，此時菌液之  $A_{620}$  值約在 1.4~1.8 間)，以無菌水稀釋菌液至

$A_{620}$  為 1.0，即得濃度約為  $10^9$  cfu/ml 之接種源，以剪葉法接種(Kauffman *et al.*, 1973)。於分蘗期(第1期作約為插秧後 50 天，2期作則為 40 天)接種，接種後 14 或 28 天調查病斑長度，以 cm 表示；每小區取 5 株調查病斑長度。依病斑長度 < 3 cm、3-6 cm、6-9 cm、> 9 cm，分抗、中抗、中感及感等級(Lin *et al.*, 1996)。

## 結果與討論

### 一、施用矽酸爐渣後土壤及水稻植體內矽含量之變化

施用矽酸爐渣後稻田土壤電導度及大部份主要營養元素含量的變化情形如表一，以鈣及矽含量變較為明顯，第1期作平均約 380 ppm，第2期作則降為 165 ppm 左右，此可能因為第1期作基肥每公頃增施石灰 300 公頃所致。矽酸之含量在第2期分析結果施用矽酸爐渣處理之值(136 ppm)遠超過未施的對照處理(89 ppm)。然電導度並不高均在 0.5 (mmhos/cm) 以下。酸鹼度在第1期作施用矽酸爐渣處理之值比未施對照處理相比較低 0.11 單位，依彭氏(1984)報告指出長期連用矽酸爐渣對紅壤稻田酸性問題有所改善，提高酸鹼度；而本試驗地之土壤性質係屬於砂壤土酸鹼度為 7.7 左右，施用矽酸爐渣後土壤酸鹼度降為 7.64，與彭氏(1984)結果有出入。

由表二第2期作水稻分蘗盛期(插秧

後45天)取樣稻葉及稻桿(包括葉鞘)經烘乾灰化後所測得之不同部位的矽含量可見,施用矽酸爐渣於稻田,對水稻植體內矽含量之影響並不明顯,但品種之間差異甚為明顯(表二)。臺稈9號葉片(8.09%)及桿部(8.18%)的矽含量均高於臺中秈10號;但插秧後80天(約為孕穗期)臺中秈10號的矽含量(11.21%)反而高於臺稈9號(表二)。施用矽酸爐渣處理可提高植體矽之含量,尤其在插秧後80天臺中秈10號達12.40%,高出對照處理為1.19%。反觀臺稈9號在矽酸爐渣處理之下植體內矽之含量雖稍有增加但變化不大,無矽酸爐渣處理者在孕穗期則有降低的趨勢。

## 二、施用矽酸爐渣對水稻農藝特性及稻穀產量之影響

水稻種植後,矽酸爐渣處理與對照處理間之生育情形並無明顯的差別,至成熟期調查水稻農藝特性及稻穀產量的結果列於表三。臺稈9號或台中秈10號不同品種稻穀產量在矽酸爐渣處理與對照處理之間並無明顯之差異,主要農藝性狀的表現,第1期作株高以施用矽酸爐渣者較高,約高出5 cm,一穗穎花數亦較多,多約10個;單穗重及千粒重反以施用矽酸爐渣處理較低,約低0.2 g。其他的特性如穗數、穗長、稔實率在矽酸爐渣處理與對照處理之間並無明顯之差異;第2期作主要的農藝特性在矽酸爐渣處理與對照處理之間並無明顯之差異。在稻米品質方面,碾米品質除臺中秈10號在施用矽酸爐渣後,其第1期作完整

米率約高出對照處理5%,其他碾米特性在兩處理間差異不大(表四)。至於各品種之直鏈澱粉及粗蛋白質含量,白米外觀品種在兩處理之比較結果列於表五,除第1期作臺中秈10號之直鏈澱粉在施用矽酸爐渣後,約高出對照處理2%,白米外觀在兩處理的表現相同。矽肥可增進稻米品質之相關報告指出,在食味方面也會相對提升(Uchimura, 2000),本研究未進行食味值測定為一缺失。

## 三、施用矽酸爐渣對水稻白葉枯病之影響

矽是地球表面物質含量第二豐富的元素,此元素與植物生長有關,尤其是單子葉植物(Lewin and Reimann, 1969),除此之外,其尚與作物抵抗病害的能力有關,特別是真菌的病害,例如水稻稻熱病,大麥、胡瓜之白粉病(Aleshin *et al.*, 1986; Jiang *et al.*, 1989; Menzies *et al.*, 1991b)。在本試驗首先在1996年第1期作及第2期作以施用與不施用兩個處理進行矽酸爐渣對水稻白葉枯病影響,除矽酸爐渣對水稻白葉枯病會有影響外(F值達5%顯著水準),不同品種之間有明顯的差異。由表六得知,第1期作及第2期作施用矽酸爐渣處理可明顯降低白葉枯病斑的發展,其分別可降低40.2%及13.7%,且依Lin *et al.* (1996)分級方式(病斑長度< 3 cm 屬抗病級、3-6 cm 中抗病級、6-9 cm 中感病級、> 9 cm 感病級),兩期作施用矽酸爐渣處理之平均病斑長度均降至中抗級程度,對照處理平均病斑則第1期作

為感病等級，第2期作為中感病等級。至於品種之間，臺稉9號之病斑長度較臺中秈10號為短，除第2期作臺稉9號屬中抗以外，餘者均屬於中感至感病等級之表現。將病斑長度與稻植體矽酸含量進行相關分析，結果顯示病斑長度與接種前葉片內或桿內的矽酸含量呈顯著的負相關，尤其是與葉片內矽酸含量呈極顯著的負相關( $r = -0.995$ )。為進一步瞭解矽酸爐渣不同施用量於水田中對水稻白葉枯病影響之情形，以200 kg/a 及400 kg/a 施用。發現兩處理平均病斑分別為4.13 cm 及3.62 cm，兩者之間並無顯著的差異(表七)，但施用4 tons/ha 矽酸爐渣與對照處理之間差異顯著，尤其是臺中秈10號甚為明顯。就表七各品種在施用矽酸爐渣後所降低百分例來比較，除台中在來1號在不同施用量均為20%以上外，其餘品種僅以施用4 tons/ha 之處理有下降的現象，臺中秈10號減少19.1%，臺稉9號為10.8%，臺農67號為5.5%。矽酸爐渣可提高作物對病害的抵抗能力，在不同作物早有研究報告證明之(Aleshin *et al.*, 1986; Jiang *et al.*, 1989; Menzies *et al.*, 1991b)，近年來Datnoff *et al.*(1991, 1992)再度指出矽可降低水稻稻熱病及胡麻葉枯病的危害。有關水稻白葉枯病之研究在國內外頗少，張(1995)利用水耕栽培方式結果，顯示矽可降低白葉枯病之危害，後Song *et al.* (2016)以盆栽之水耕或土壤探討矽施用加強抗白葉枯病性之主要原因，為可溶性酚類及多酚產生相關酵素

活性的增加。本研究係在田間施用矽酸爐渣，結果顯示若施用矽酸爐渣於稻田中可降低白葉枯病對水稻之危害，與前人非田間試驗結果雷同，但在用量上須要加強，方可達到施用矽酸爐渣的效應。

## 誌 謝

本試驗承蒙余玉賢先生研究獎專題研究獎勵及行政院農業委員會經費補助(計畫編號：科技88-1.0-糧-06(2E))，試驗期間承台中區農業改良場稻作研究室及稻米品質研究室同仁鼎力協助，營養成份分析由朱桂芬小姐協助完成，田間管理由戴炳南先生協助，及土壤分析結果由蔡宜峰博士提供，謹此一併致謝。在此特別紀念國立中興大學農藝學研究所博士指導老師故李成章教授，在水稻研究領域的指引。

表一 施用矽酸爐渣對土壤酸鹼性質及其有效性成分之影響

Table 1. The influence of silicate application on pH, E. C., and elements in the paddy field

Crop season	Treatment	pH	Elements in soil									E. C. <sup>x</sup> (mmhos/cm)
			%		ppm							
			P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	SiO <sub>2</sub>	
First	Silicate	7.64	34	53	3575	233	183	156	10	9	226	0.43
	Non-silicate	7.73	23	45	4376	329	135	251	9	8	154	0.37
Second	Silicate	7.54	17	58	1688	133	290	113	7	10	136	0.37
	Non-silicate	7.54	16	53	1791	132	271	140	7	10	89	0.36

<sup>x</sup> Ion exchange value

表二 施用矽酸爐渣對不同水稻品種植體矽酸含量之變化情形

Table 2. The influence of silicate application on silicon content in rice plants in the second crop season of 1996

Variety	Treatment	Tillering stage (%)			t Value <sup>x</sup>	Booting stage <sup>y</sup> (%)
		Leaf	Stem			
Tai-keng 9	Silicate	8.12 ± 0.83	8.18 ± 1.17	-0.09	8.63 ± 0.57	
	Non-silicate	8.07 ± 0.78	8.17 ± 0.28	-0.27	7.60 ± 0.86	
	t value <sup>z</sup>	0.10	0.02		2.23*	
Taichung sen 10	Silicate	6.82 ± 0.36	7.56 ± 1.16	-1.36	12.40 ± 1.43	
	Non-silicate	6.38 ± 0.66	6.94 ± 0.49	-1.52	11.21 ± 0.98	
	t value	1.31	1.10		1.53	

<sup>x</sup> Unpaired t-value between the means in the front of the two columns.

<sup>y</sup> Including leaf and stem at booting stage.

<sup>z</sup> Unpaired t-value between the means above the two rows.

表三 不同期作施用矽酸爐渣對不同水稻品種碾米品質之影響

Table 3. The influence of silicate application on milling quality in the first and second crop season of 1996

Crop season	Variety	Treatment	Milling quality		
			Brown rice	Milled rice	Head rice
First	Tai-keng 9	Silicate	81.84 ± 0.11	71.96 ± 0.28	57.68 ± 0.11
		Non-silicate	81.92 ± 0.23	71.64 ± 0.96	57.36 ± 0.79
		t value	-0.70 <sup>x</sup>	0.72	0.90
	Taichung sen 10	Silicate	77.64 ± 0.17	69.20 ± 0.11	55.72 ± 0.17
		Non-silicate	77.68 ± 0.23	69.36 ± 0.23	50.20 ± 0.4
		t value	-0.31	-1.40	28.40**
Second	Tai-keng 9	Silicate	81.12 ± 0.23	73.44 ± 0.11	67.12 ± 0.23
		Non-silicate	81.36 ± 0.23	73.92 ± 0.09	67.44 ± 0.34
		t value	-1.65	-7.55**	-1.74
	Taichung sen 10	Silicate	77.40 ± 0.17	70.40 ± 0.11	67.96 ± 0.28
		Non-silicate	77.44 ± 0.11	70.32 ± 0.11	66.88 ± 0.45
		t value	-0.44	1.15	4.56**

<sup>x</sup> Unpaired t-value between the means above the two rows, \*, \*\* represent as 5% and 1% significant level, respectively.

表四 不同期作施用矽酸爐渣對不同水稻品種稻米理化特性及白米外觀之影響

Table 4. The influence of silicate application on rice quality in the first and second crop seasons of 1996

Season crop	Variety	Treatment	Rice quality			
			Amylose content	Crude protein	Translucency	Chalkiness
First crop	Tai-keng 9	Silicate	16.1 ± 0.07	6.71 ± 0.12	4	2
		Non-silicate	15.9 ± 0	6.59 ± 0.13	4	2
		t value	6.39** <sup>x</sup>	1.52		
	Taichung sen 10	Silicate	15.5 ± 0.2	6.32 ± 0.12	3.5	0
		Non-silicate	13.5 ± 0.3	6.81 ± 0.24	3.5	0
		t value	12.40**	-4.08**		
Second crop	Tai-keng 9	Silicate	19.7 ± 0.8	7.4 ± 0.71	3	0
		Non-silicate	20.75 ± 0.7	7.36 ± 0.45	3	0
		t value	-2.21*	0.11		
	Taichung sen 10	Silicate	21.8 ± 0.7	8.36 ± 0.81	3	0
		Non-silicate	21.7 ± 0.6	8.61 ± 0.62	3	0
		t value	0.24	-0.55		

<sup>x</sup> Unpaired t-value between the means above the two rows, \*, \*\* represent as 5% and 1% significant level, respectively.

表五 不同期作施用矽酸爐渣對不同水稻品種農藝特性及稻穀產量之影響  
 Table 5. Effect of silicate application on agronomic characteristics and yield performance of rice in 1996

Agronomic characteristics	Tai-keng 9		t value <sup>x</sup>	Taichung sen 10		Value of t-test
	Silicate	Non-silicate		Silicate	Non-silicate	
First crop						
Plant height (cm)	107.1 ± 2.0	101.1 ± 3.0	3.7 **	116.2 ± 2.4	111.8 ± 2.2	3.02 **
Panicle no.	16.2 ± 0.7	14.9 ± 1.2	2.1 *	14.4 ± 2.1	13.0 ± 1.4	1.24
Panicle length (cm)	17.5 ± 0.6	17.5 ± 1.1	0.0	25.1 ± 1.1	23.4 ± 0.9	2.67 *
Panicle weight (g)	2.2 ± 0.2	2.3 ± 0.2	-0.9	3.4 ± 0.4	2.8 ± 0.2	3.13 **
Grain no./panicle	91.6 ± 0.5	92.6 ± 6.2	-0.4	127.9 ± 4.4	103.6 ± 6.0	7.30 **
Seed-setting (%)	92.7 ± 2.4	94.2 ± 1.0	-1.3	89.9 ± 1.9	90.8 ± 1.7	-0.81
1000 grain weight (g)	24.0 ± 0.3	24.6 ± 0.3	-3.0 **	25.9 ± 0.5	26.7 ± 0.4	-2.78 **
Grain yield (kg/ha)	7492 ± 160.0	7151 ± 351	2.0 *	8478 ± 433	8879 ± 415	-1.50
Second crop						
Plant height (cm)	98.0 ± 2.6	99.7 ± 1.9	-1.2	99.2 ± 1.5	100.0 ± 2.8	-0.56
Panicle no.	13.7 ± 1.2	14.1 ± 0.9	-0.6	16.0 ± 1.7	16.8 ± 1.4	-0.81
Panicle length (cm)	20.2 ± 1.1	19.7 ± 1.1	0.7	22.5 ± 1.0	23.4 ± 0.9	-1.50
Panicle weight (g)	2.8 ± 0.2	2.6 ± 0.4	1.1	2.5 ± 0.2	2.6 ± 0.0	-0.64
Grain no./panicle	117.0 ± 6.7	115.0 ± 13.6	0.3	106.0 ± 6.5	107.0 ± 3.0	-0.31
Seed-setting (%)	84.8 ± 6.5	81.1 ± 3.7	1.1	88.3 ± 2.5	89.2 ± 0.8	-0.77
1000 grain weight (g)	26.0 ± 0.6	25.2 ± 0.5	2.3 *	24.5 ± 0.4	24.9 ± 0.3	-1.80
Grain yield(kg/ha)	6989 ± 590	6373.0 ± 627	1.6	6889 ± 534	6557 ± 635	0.89

<sup>x</sup>Unpaired t-value between the means of the two columns, \*,\*\* represent as 5% and 1% significant level, respectively.



表六 施用矽酸爐渣對不同水稻品種白葉枯病抵抗力影響之比較

Table 6. The lesion length (cm) of rice leaves inoculated by *Xanthomona oryzae* pv. *oryzae* isolate XM42 between silicate and non-silicate application in the first and second crops of 1996

Season crop	Treatment		Cultivar	
	Silicate	Non-silicate	Tai-keng 9	Taichung sen 10
First crop	5.88 b <sup>x</sup>	9.83 a	6.26 b	9.84 a
Second crop	5.63 b	6.52 a	5.08 b	7.46 a

<sup>x</sup>means with the same letter(s) within row in treatment or cultivar are not significantly different at 5% level by LSD test.

表七 不同矽酸爐渣施用量對不同水稻品種白葉枯病抵抗力之影響

Table 7. The lesion length (cm) of rice leaves inoculated with *Xanthomona oryzae* pv. *oryzae* isolate XM42 among the different silicate slag application and rice cultivars after 14-day inoculation in the first crop season of 1997

Applied silicate ton/ha	Indica type		Japonica	type
	Taichung native 1	Taichung sen 10	Tai-keng 9	Tainung 67
4	6.31 b <sup>x</sup> (-22.1) <sup>y</sup>	4.20 b (-19.1)	1.73 b (-10.8)	2.22 a (-5.5)
2	6.23 b (-23.1)	5.24 a ( 1.0)	2.30 a ( 18.6)	2.61 a ( 11.1)
0	8.10 a	5.19 a	1.94 ab	2.35 a

<sup>x</sup>Means with the same letter(s) within column are not significantly different at 5% level by LSD test.

<sup>y</sup>Decreasing percentage of lesion length when the different silicate application compared to check (0 ton/ha), respectively.

## 引用文獻

- 宋勳。1986。稻米品質分級與改良。pp.109-128四十年來臺灣地區稻作生產改進專輯，黃正華先生農學講學金基金會出版，257pp。臺北。
- 林再發。1990。白葉枯病對水稻產量與米質之影響及抗病品系之育成。台中區農業改良場研究彙報 29:29-38。
- 張素貞。1995。水稻抗白葉枯病生理及遺傳之研究。中興大學博士論文。272pp 台中。
- 陳明健。1995。水田涵養水資源的非市場效應。臺灣土地金融季刊 32(3):91-107。
- 陳凱俐、林雲雀、謝明修、陳琬琪、江佳玲、李家豪。2006。水田經濟效益評估宜蘭大學生物資源學刊，3(1):1-14。
- 彭達民。1984。紅壤稻田長期連用矽酸爐渣對水稻之肥效及殘效研究與示範推廣土壤肥料試驗報告 (72):135-152
- 黃益田、楊相國。1993育苗箱及田間施用矽酸爐渣對稻熱病與水稻收量之效應桃園區農業改良場研究報告(12):21-26
- 盧訓、宋勳、吳淑靜。1988栽培環境與品種對稻米碾品質與理化性質影響之研究，pp.189-198。稻米品質，台中區農業改良場宋勳、洪梅珠編印，379pp。彰化。
- Aleshin, N. E., E. R. Avakyan, S. A. Dyakun Chak, E. P. Aleshin, V. P. Baryshok, and M. G. Vorokov.** 1986. Role of silicon in resistance of rice to blast. Dokl. Akad. Nauk. SSSR 291:499-502.
- Cha, K. H., Y. S. Kim, H. J. Kim, D. K. Lee, and M. S. Kim.** 1982. Effects of application levels of fertilizer on the susceptibility to bacterial leaf blight, yield and quality of grains in nineteen rice cultivars in Jeonnam region. Korean J. Plant Proct. 21:216-221.
- Chang, S. J., Dean D. S. Tzeng and C. C. Li.** 1997. Nutrition and genetical studies on resistance bacterial blight of rice in Taiwan. in the 8<sup>th</sup> SABRAO General Congress and the Annual Meeting of the Korean Breeding Society. Sept. 24~28, 1997. Seoul, Korea.
- Chang, S. J., Dean D. S. Tzeng, and C. C. Li.** 2001. Effects of nitrogen, calcium, and silicon nutrients on bacterial blight resistance in rice (*Oryza sativa* L.). in Peng S. Hardy B. editors. 2001. Rice research for food security and poverty alleviation. Proceedings of the International Rice

- Research Conference. 31 March-3 April 2000. Los Banos. Philippines. Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute. 629pp.
- Datnoff, L. E., R. N. Raid, G. H. Snyder, and D. B. Jones.** 1991. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Dis.* 75:729-732.
- Datnoff, L. E., G. H. Snyder, and C. W. Deren.** 1992. Influence of silicon fertilizer grades on blast and brown spot development and on rice yields. *Plant Dis.* 76:1011-1013.
- Devadath, S.** 1989. Chemical control of bacterial blight of rice. pp.89-99 in: *Bacterial Blight of Rice. Proceedings of the International Workshop on Bacterial Blight of Rice. 14-18 March 1988. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.* 235pp.
- Fang, C. D., Z. G. Xu, C. J. Guo, S. Z. Yin, S. Z. Wu, X. M. Xu, and Q. Zhang.** 1990. Studies on pathotypes of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* in China. *Acta Phytopathologica Sinica* 20(2): 81-88.
- Gaines, T. P. and G. A. Mitchell.** 1979. Chemical methods for soil and plant analysis. pp.79-82 in: *Agronomy Handbook No. 1. Univ. Georgia Coastal Plain Exp. Station. Tifton, Georgia, USA.*
- Hashioka, Y.** 1951. Bacterial blight of rice and its control. *Agr. & Hort. Tokyo* 26:644-648.
- Goto, M.** 1964. "Kresek" and pale yellow leaf, symptoms of bacterial blight of rice caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Uyeda & Ishiyama) Dowson. *Plant Dis. Rep.* 48: 858-861.
- Huber, D. M.** 1980. The role of mineral nutrition in defense disease resistance in plants. pp.381-406 in: *Plant Disease: An advanced treatise V. How plants defend themselves.* J. G. Horsfall and E. B. Cowling (eds). Academic Press, Inc. New York. 534pp.
- Jiang, D., R. J. Zeyen, and V. Russo.** 1989. Silicon enhances resistance of barley to powder mildew. *Phytopathology* 79:1198.
- Kado, C. H. and M. G. Heskett.** 1970. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, and *Xanthomonas*. *Phytopathology* 60: 969-976.

- Kauffman, H. E., A. P. K. Reddy, S. P. Y. Hsieh, and S. D. Merca.** 1973. An improved technique for evaluating resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae*. *Plant Dis.* 57:537-541.
- Lewin, J. and B. E. F. Reimann.** 1969. Silicon and plant growth. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 20: 289-304.
- Liao, Y. M. and C. C. Chen.** 1982. Pathotypes of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Taiwan. *J. Agric. Res. China* 31(4): 321-333. (in Chinese with English abstract)
- Lin, X. H., D. P. Zhang, Y. F. Xie, H. P. Gao, and Q. Zhang.** 1996. Identifying and mapping a new gene for bacterial blight resistance in rice based on RFLP markers. *Phytopathology* 86:1156-1159.
- Menzies, J. G., D. L. Ehret, A. D. M. Glass, and A. L. Samuels.** 1991a. The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 39: 403-413.
- Menzies, J. G., D. L. Ehret, A. D. M. Glass, T. Helmer, C. Koch, and F. Seywerd.** 1991b. The effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*. *Phytopathology* 81:84-88.
- Singh, D. P. and J. S. Nanda.** 1975. Inheritance of resistance to bacterial leaf blight (*Xanthomonas oryzae*) in rice. *J. Hered.* 66:384-386.
- Song, A., G. F. Xue, P. Y. Cui, F. L. Fan, H. F. Liu, C. Yin, W. C. Sun, and Y. C. Liang.** 2016. The role of silicon in enhancing resistance to bacterial blight of hydroponic- and soil-cultured rice. *Sci Rep.* 6: 24640. (doi: 10.1038/srep24640)
- Uchimura, Y.** 2000. Effects of silicate application on lodging, yield and palatability of rice grown by direct sowing culture. *Japanese J. Crop Sci.* 69: 487-492.
- Wakimoto, S. and H. Mukoo.** 1963. Natural occurrences of streptomycin resistant *Xanthomonas oryzae*, the causal bacterial leaf blight of rice. *APSJ* 28:153-158.

# Effects of silicate slag on resistance to bacterial blight in rice

Su-Jein Chang<sup>1</sup>, Jia-Ling Yang<sup>2</sup>, Cheng-Chang Li<sup>3</sup>, and Dean Der-Syh Tzeng<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R. O. C.

<sup>2</sup>Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan Changhua, Taiwan, R. O. C.

<sup>3</sup>Department of Agronomy, National Chung Hsing University, Taiwan, R. O. C.

<sup>4</sup>Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taiwan, R. O. C.

## ABSTRACT

The main objectives of this study were to investigate the effect of silicate slag on resistance to bacterial blight in rice. Firstly, two treatments were constructed to understand the difference between the effects of the silicate slag and non-silicate slag on disease severity of bacterial blight in rice. The inhibition of rice diseases by silicate slag was found in this experiment, especially on bacterial blight, the decreasing percentage up to 40.2% and 13.7% in the first crop and second crop seasons, respectively. Secondly, the experiment was designed with application of three amounts of silicate slag, 0, 2, 4 ton/ha among four varieties, Taichung sen 10, Taichung native 1, Tainung 67, and Tai-keng 9, in the paddy field. There was significantly different in disease severity among the amounts of silicate slag or rice varieties. The results showed that the reduction of disease severity was decreased 19.1% of Taichung sen 10, 10.8% of Tai-keng 9, and 5.5% of Tainung 67 under 4 tons/ha silicate slag application. However, the application of 2 tons/ha silicate slag for Taichung sen 10 did not reduce the severity of rice bacterial blight, suggesting higher of application for Taichung sen 10 would be recommended. There is no effect of silicate slag on the bacterial blight resistance in highly susceptible variety, such as Taichung native 1. In conclusion, application of silicate slag on rice could increase resistance to bacterial blight.

**Key words:** silicate slag, rice (*Oryza sativa* L.), bacterial blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*), resistance