

การประเมินความต้านทานของโรคใบไหม้ของข้าวเหนียวดำ ในระยะแตกกอหลังการปลูกเชื้อ 7 และ 14 วัน

Leaf blast screening in tillering stage of black glutinous rice at 7 and 14 days after inoculations

เจษฎากร หลวงมณี¹, ปรมศ บรรเทิง^{1,2*} และ อนันต์ วงเจริญ¹

Jetsadakorn Luangmanee¹, Poramate Banterng^{1,2*} and Anan Wongcharoen¹

บทคัดย่อ: ปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลผลิตข้าวทั่วโลกลดลง 10-30% คือโรคใบไหม้ วิธีการประเมินความต้านทานต่อโรคใบไหม้ที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ต้านทานให้ถูกต้องและแม่นยำ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของการเกิดโรคใบไหม้ของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ต่างๆ และข้าวพันธุ์ตรวจสอบหลังจากปลูกเชื้อไปแล้ว 7 และ 14 วัน ในระยะแตกกอ โดยประเมินการเกิดโรคใบไหม้ในพันธุ์ตรวจสอบ 2 พันธุ์ และข้าวเหนียวดำ 10 สายพันธุ์ ในระยะแตกกอ ในปี 2557 ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ระดับของความรุนแรงของโรคในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ของการเกิดโรคในการประเมินที่อายุ 7 และ 14 วัน หลังการปลูกเชื้อ ($r=0.49$) แต่ระดับความสัมพันธ์ดังกล่าวยังต่ำ ดังนั้นการประเมินการเกิดโรคเพียงครั้งเดียวเมื่ออายุ 7 วัน หลังการปลูกเชื้อ อาจจะไม่เพียงพอสำหรับการประเมินการเกิดโรคใบไหม้

คำสำคัญ: *Pyricularia oryzae*, การปรับปรุงพันธุ์พืช, ความต้านทานโรค

ABSTRACT: Blast disease is a major problem in reducing 10-30% of global rice yield. The appropriate screening method is importance for selecting the accurate blast resistance genotypes. This study aimed to evaluate the association of rice blast disease symptoms at 7 and 14 days after inoculation for black glutinous rice and check genotypes in tillering stage. Blast disease symptoms for 10 black glutinous rice genotypes and 2 check cultivars were observed at 7 and 14 days after inoculation in the seedling stage in 2014 at Khon Kaen University. The results indicated that there were different severity index levels among genotypes. The correlation between blast disease symptoms at 7 and 14 days after inoculation ($r = 0.49$) was highly significance. However, this correlation value is still low. Therefore, the rice blast screening only once at 7 days after inoculation might be not enough for disease evaluation.

Keywords: *Pyriculariaoryzae*, Plant breeding, Disease resistance

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002
Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University,
Khon Kaen 40002

² ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
Plant Breeding Research Center for Sustainable Agriculture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University,
Khon Kaen 40002

* Corresponding author: bporam@kku.ac.th

บทนำ

ข้าวเหนียวดำมีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ในเมล็ดสูงกว่าข้าวขาวเช่น สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และสารแกมมาออไรซานอลสูง (gamma oryzanol) ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ทำให้ได้รับความสนใจในการบริโภคมากขึ้น จากกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ (นาริรัตน์ และคณะ, 2551; Ryu et al., 1998; Cicero and Gaddi, 2001) ข้าวเหนียวดำที่ได้รับความนิยมในการบริโภคส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งเป็นแหล่งพันธุกรรมของความต้านทานโรค สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความต้านทานต่อโรค โดยเฉพาะโรคใบไหม้ที่เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลผลิตข้าวทั่วโลกลดลง 10-30% โดยมีเชื้อราสาเหตุคือ *Pyricularia oryzae* (Spyridonet al., 2009) ในประเทศไทยพบโรคใบไหม้ระบาดมากในนาข้าวในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่เป็นแหล่งปลูกข้าวขนาดใหญ่ของประเทศ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2550)

โรคใบไหม้ในข้าวสามารถการป้องกันได้หลายวิธี เช่น การใช้สารเคมีในการควบคุมโรค ลดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน จัดการแปลงข้าวให้ไม่หนาแน่น (Teng, 1994) การปลูกพันธุ์ต้านทานต่อโรคใบไหม้ (Cécile et al., 2008) การใช้เชื้อปฏิปักษ์ *Bacillus licheniformis* (Tendulkar et al., 2007) แต่วิธีการใช้สารเคมีในการควบคุมโรค หรือการใช้เชื้อปฏิปักษ์แม้จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคที่ดี แต่ล้วนใช้ต้นทุนสูง และปฏิบัติได้ยาก ดังนั้นการปลูกพันธุ์ข้าวที่ต้านทานโรคใบไหม้ จึงเป็นวิธีทางเลือกที่ช่วยลดต้นทุนในการใช้สารเคมี สามารถหาพันธุ์ได้ไม่ยาก และยังคงสารพิษตกค้างในสภาพแวดล้อม ซึ่งการศึกษาด้านชีววิทยาของโรคใบไหม้ และการปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่อง จะนำไปสู่การพัฒนาวิธีการควบคุมโรคใบไหม้ และการพัฒนาข้าวสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่จะใช้ในการป้องกันและควบคุมโรคใบไหม้

โรคใบไหม้สามารถเกิดขึ้นได้ในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตมากหากระบาด

ในช่วงที่ข้าวมีการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น การประเมินความต้านทานต่อโรคใบไหม้ทำได้ง่าย แต่เมื่ออายุของใบที่เพิ่มขึ้นทำให้ความต้านทานเพิ่มขึ้นตาม (Roumen et al., 1992) โดยในช่วงแรกจะเกิดแผลขึ้นจำนวนมาก แล้วจึงค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ (Kato et al., 1969) เมื่อเชื้อสัมผัสกับเซลล์ของใบข้าวจะใช้เวลา 2-6 วัน ในการเข้าทำลาย และเจริญเติบโต โดยอาการของโรคใบไหม้จะเริ่มแสดงให้เห็นหลังจากเชื้อสัมผัสกับเซลล์ของใบข้าวแล้ว 6 วันเป็นต้นไป จากนั้นเชื้อจะใช้เวลาในช่วง 6 - 15 วัน หลังจากสัมผัสกับเซลล์ของใบข้าวในการสร้างสปอร์เพื่อขยายพันธุ์ และเริ่มวงจรการแพร่ระบาดของเชื้อใหม่อีกครั้งใน 15 วันหลังจากที่เชื้อสัมผัสกับเซลล์ของใบข้าว (Cécile et al., 2008) แสดงให้เห็นว่า ช่วงเวลาที่โรคแสดงอาการจะอยู่ในช่วง 7 ถึง 14 วัน หลังจากปลูกเชื้อ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของการเกิดโรคใบไหม้ของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ต่างๆ และข้าวพันธุ์ตรวจสอบ หลังจากปลูกเชื้อไปแล้ว 7 และ 14 วัน ในระยะแตกกอ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการประเมินความต้านทานต่อโรคใบไหม้ และจะเป็นข้อมูลเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกพันธุ์อีกทั้งยังทราบถึงระดับความต้านทานต่อโรคใบไหม้ของข้าวพันธุ์ต่างๆ ซึ่งจะเป็นฐานข้อมูลทางพันธุกรรมเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวดำที่ต้านทานต่อโรคใบไหม้ต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

ประเมินความต้านทานโรคต่อเชื้อรา *Pyricularia oryzae* ของข้าวเหนียวขาว 2 พันธุ์ ซึ่งใช้เป็นพันธุ์ตรวจสอบ และข้าวเหนียวดำ 10 สายพันธุ์ (Table 3) โดยใช้แผนการทดลอง Completely Randomized Design (CRD) มี 3 ซ้ำ ทำการประเมินความต้านทานใน 2 ช่วง คือ 7 และ 14 วัน หลังปลูกเชื้อ ดำเนินการในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2557 ณ หนองพิสัย วนเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ก่อนปลูก

ข้าวทำการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 12 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน น้ำเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นทำการเพาะเมล็ดข้าวใน กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จำนวน 3 กระถางต่อซ้ำ และทำทั้งหมด 3 ซ้ำ เมื่อต้นกล้าอายุ 7 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือ 3 ต้น/กระถาง เมื่อข้าว อายุ 63 วันหลังปลูกข้าว ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ (0.42 กรัม/กระถาง) เพื่อกระตุ้นให้ข้าวอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคไปให้ก่อนการปลูกเชื้อ

เตรียมเชื้อรา *Pyricularia oryzae* โดยการแยกเชื้อ มาจากตัวอย่างข้าวที่แสดงอาการของโรคใบไหม้ ซึ่งทำการเก็บพื้นมาจากพื้นที่ปลูกข้าวในอำเภอกอสุ่มพิสัย จังหวัดมหาสารคาม โดยเลี้ยงในอาหารสูตรร่า (RPA: rice polish agar) ในตู้บ่มเชื้อ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7-14 วัน จากนั้นชักนำให้สร้างสปอร์ของเชื้อราโดยการกดเส้นใยของเชื้อรา (mycelium) ให้แบนบนอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยแท่งแก้ว จากนั้นนำไปชักนำให้เชื้อสร้างสปอร์โดยให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent tube) 72 ชั่วโมง ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ Mackill and Bonman (1986) หลังจากการเชื้อสร้างสปอร์แล้ว เตรียมเชื้อ (inoculum) ที่ใช้ในการทดลองโดยเตรียม สารละลายสปอร์ (conidia) ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 5×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร โดยทำการขูดเชื้อราด้วยแท่งแก้วแล้วละลายในน้ำกลั่นจากนั้นนำไปนับจำนวนสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้วทำการเจือจางสารละลายสปอร์ ให้ได้ตามที่ต้องการ จากนั้นเติมสารจับใบ (Tween 20) 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปรับให้ได้ปริมาตร 1500 มิลลิลิตร

ทำการปลูกเชื้อเมื่อข้าวอายุ 70 วันหลังปลูก ใน เดือนกันยายนที่มีความชื้นสูงทำการพ่นสารละลายของ เชื้อด้วยระบบ airbrush spray พ่นสารละลายสปอร์ให้ทั่วกระถางจากนั้นเก็บรักษาต้นกล้าไว้ในโรงเรือนที่ควบคุมความชื้น ให้น้ำแบบฝอยด้วยระบบสปริงเกอร์ และทำการประเมินการเกิดโรค 7 และ 14 วันหลังการปลูกเชื้อ โดยวิธีการให้คะแนนการเกิดโรค ซึ่งมีระดับคะแนน 0 ถึง 9 คะแนน ตามลักษณะอาการ และความรุนแรงที่พบ (Table 1)

วิเคราะห์ค่าดัชนีความรุนแรงของการเข้าทำลายของเชื้อตามวิธีการของ Pattama (1998) ดังนี้ $SI = [\sum (Ni \times Vi) / (V \times N)] \times 100$ โดยที่ Ni = จำนวนต้นในแต่ละระดับ, Vi = คะแนนระดับต่างๆ ที่ได้จากการประเมินแบบรายต้น, V = คะแนนสูงสุดที่ใช้ในการประเมิน และ N = จำนวนต้นที่ใช้ในการทดสอบ เมื่อได้ค่า SI แล้วนำมาแปรเป็นระดับความต้านทาน โดยกำหนดค่า SI ในแต่ละระดับ ดังต่อไปนี้ 0 = Very resistance (VR) 1-20% = Resistance (R) 21-40% = Moderate resistance (MR) 41-60% = Moderate susceptible (MS) 61-81% = Susceptible (S) และ 81-100% = Very susceptible (VS)

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล ตามแผนการทดลอง CRD โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติแบบสำเร็จรูป MSTAT-C (Freed et al., 1991) และประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficients, r) ของค่าดัชนีความรุนแรงของการเกิดโรค (severity index) ระหว่าง 7 และ 14 วันหลังปลูกเชื้อ

Table 1 Scores of lesion type for blast disease (IRRI, 1996).

Scores	Predominant lesion type
0	No lesions observed
1	Small brown speck of pinpoint size or larger (0.5 mm), brown specks without sporulating center
3	Small, roundish to slightly elongated necrotic sporulating spots, about 1-2 mm in diameter with a distinct brown margin or yellow halo
5	Narrow or slightly elliptical lesion, 1-2 mm in breadth, more than 3mm long with a brown margin
7	Broad spindle-shaped lesion with yellow, brown, or purple margin
9	Rapidly coalescing small, whitish, grayish, or bluish lesions without distinct margins

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากผลการศึกษาใน Table 2 พบว่า ระดับความรุนแรงของการเกิดโรคของข้าวเหนียวขาว 2 พันธุ์ และข้าวเหนียวดำ 10 สายพันธุ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความแปรปรวนของทั้ง 12 พันธุ์/สายพันธุ์ มีค่าสูงเท่ากับ 39.64% นอกจากนั้นช่วงเวลาที่ทำการประเมินความต้านทานต่อโรคไหม้ที่ 7 และ 14 วันหลังทำการปลูกเชื้อ ส่งผลให้ความรุนแรงของการเกิดโรคมีความแตกต่างอย่างมีนัยทางสถิติเช่นกัน แต่ช่วงเวลาที่ทำการประเมินหลังการปลูกเชื้อทั้ง 2 ช่วงเวลานี้ มีความแปรปรวนค่อนข้างต่ำ (6.27%) แม้ว่าการประเมินความต้านทานที่ 7 วัน และ 14 วันหลังปลูกเชื้อ จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมี

นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ระดับของความสัมพันธ์ยังอยู่ในระดับต่ำ ($r = 0.49$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจำนวนและความหลากหลายของพันธุ์/สายพันธุ์ที่นำมาศึกษา ยังมีน้อย อย่างไรก็ตามจากผลในการศึกษาค้างนี้ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ต้องการลดขั้นตอนในการประเมินโรคใบไหม้ โดยทำการประเมินเพียงครั้งเดียวที่ 7 วันหลังปลูกเชื้อในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานต่อโรคใบไหม้ ซึ่งผลจากการประเมินความต้านทานต่อโรคใบไหม้เพียงครั้งเดียวเมื่ออายุ 7 วันหลังการปลูกเชื้อ อาจจะไม่เพียงพอ ระดับของความต้านทานสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ขึ้นอยู่กับศักยภาพของพันธุ์ที่ทำการประเมิน จึงควรมีการประเมินการเกิดโรคซ้ำอีกครั้งเมื่ออายุ 14 วันด้วย

Table 2 Statistic analysis of variance for severity index of tested rice genotypes in different evaluation dates.

Source of variation	df	Mean squares		Sum squares (%)
Genotype	11	294.185	**	39.64
Evaluation date	1	512.160	**	6.27
Genotype x Evaluation date	11	118.694	ns	15.99
Error	48	64.799		38,10
Total	71			
C.V. (%)		20.53%		
Correlation (r) between 7 and 14 days after inoculation (DAI)		0.489**		

ns, *, and ** = non-significance, significant difference at 0.05, and significant difference at 0.01, respectively.

Table 3 Response of the tested genotypes to blast in different evaluation dates.

Genotype	Source	7 days after inoculation		14 days after inoculation	
		%SI	Resistance level	%SI	Resistance level
Niawdam Gs.no.00621	KKU	39.743	MR	49.323	MS
Niawdam Gs.no.21427	KKU	40.690	MS	38.783	MR
Niawdam Gs.no.21629	KKU	38.273	MR	33.627	MR
Khaokam Gs.no.88084	KKU	39.610	MR	17.180	R
Khaokam Gs.no.87090	KKU	45.473	MS	32.663	MR
KKU-GL-BL-05-001	KKU	37.627	MR	25.750	MR
KKU-GL-BL-05-006	KKU	45.677	MS	51.027	MS
KKU-GL-BL-06-041	KKU	44.387	MS	39.270	MR
KKU-GL-BL-06-050	KKU	38.097	MR	40.680	MS
KKU-GI-BI-11-001	KKU	51.183	MS	42.593	MS
RD6 ¹	RD	52.623	MS	40.487	MS
HY 71 ²	RD	29.117	MR	27.107	MR

1 = Susceptible genotype, 2 = Resistant genotype, KKU = Khon Kaen University, RD = Rice department, R = Resistant, MR = Moderate resistance, MS = Moderate susceptible and S = Susceptible

จากการกำหนดให้พันธุ์หางยี 71 (HY 71) เป็นพันธุ์ด้านทานมาตรฐาน และพันธุ์ กข6 (RD6) เป็นพันธุ์อ่อนแอมาตรฐาน เมื่อทำการประเมินทั้ง 7 และ 14 วัน หลังปลูกเชื้อ พบว่า พันธุ์หางยี 71 จัดเป็นพันธุ์ค่อนข้างต้านทาน (MR) ทั้ง 7 วัน (29.117) และ 14 วัน (27.107) หลังปลูกเชื้อ ขณะที่พันธุ์ กข6 ก็จัดเป็นพันธุ์ค่อนข้างอ่อนแอ (MS) ทั้ง 7 วัน (52.623) และ 14 วัน (40.487) หลังปลูกเชื้อ แสดงให้เห็นว่าการประเมินครั้งนี้ให้ผลที่สอดคล้องกับการประเมินความต้านทานต่อโรคก่อนหน้านั้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นถึงความหลากหลายของการแสดงออกต่อความต้านทานของโรคใบไหม้ ข้อมูลจาก Table 3 แสดงให้เห็นว่าข้าวเหนียวดำแต่ละสายพันธุ์ มีระดับความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน กล่าวคือพันธุ์กรรมที่แตกต่างกันในข้าวแต่ละสายพันธุ์ ส่งผลให้ข้าวมีความต้านทานต่อโรคใบไหม้แตกต่างกัน สายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคใบไหม้เมื่อทำการประเมินที่ 7 และ 14 วันหลังปลูกเชื้อ ได้แก่ Niawdam Gs.no.21629 Khaokam Gs. no.88084 และ KGU-GL-BL-05-001 ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้จึงเป็นกลุ่มสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคใบไหม้ที่ดี และสามารถต้านทานได้อย่างต่อเนื่องจนจบรอบวงจรการเกิดโรค ดังนั้นสายพันธุ์เหล่านี้จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อพันธุ์กรรม เพื่อปรับปรุงพันธุ์ด้านทานต่อโรคใบไหม้ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน และสาขาพืชไร่ภาควิชาพืชศาสตร์ และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นารินทร์ แสนเมืองชิน, ปรมศบรเทิง, และอัญชลี ขาวนา. 2551. การประเมินข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมือง. แก่นเกษตร. 36 (ฉบับพิเศษ): 56-64.

- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2550. โรคข้าว และการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. แหล่งข้อมูล: <http://goo.gl/nkGZul>. ค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2556.
- Cicero, A.F.G., and A. Gaddi. 2001. Rice bran oil and γ -oryzanol in the treatment of hyperlipoproteinemias and other conditions. *Phytother. Res.* 15: 277-289.
- Cécile, R., H. Judith, B. Sandrine, T. Didier, N. Jean-Loup, L. Marc-Henri, and M. Jean-Benoit. 2008. Susceptibility of rice to the blast fungus, *Magnaporthe grisea*. *Journal of Plant Physiology.* 165(1): 114-124
- Freed R., S.P. Eisensmith, S. Goetz, D. Reicosky, V.W. Smail, and P. Wolberg. 1991. User's Guide to MSTATC. A Software Program for the Design, Management and Analysis of Agronomic Research Experiments. East Lansing, MI: Michigan State University, USA.
- IRRI. 1996. Standard evaluation system for rice. International Rice Research Institute. Available: <http://goo.gl/zGvCVh>. Accessed Feb. 19, 2012.
- Kato, H., T. Sasaki, and Y. Koshimizu. 1969. Potential for conidium formation of *Piricularia oryzae* in lesions on leaves and panicles of rice. *Phytopathology.* 60: 608-612.
- Mackill, D.J., and J.M. Bonman. 1986. New host of *Piricularia oryzae*. *Plant Disease.* 70: 125-127.
- Pattama, S. 1998. Mapping gene controlling blast resistance in rice (*Oryza sativa* L.). Ph.D. Thesis. Kasetsart University.
- Roumen, E. C., J.M. Bonman, and J. E. Parlevliet. 1992. Leaf age related partial resistance to *Piricularia oryzae* in tropical lowland rice cultivars as measured by the number of sporulating lesions. *Phytopathology.* 82: 1414-1417.
- Ryu, S.N., S.Z. Park, and C.T. Ho. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *J. Food Drug Anal.* 6: 729-736.
- Spyridon, D.K., K. Dimitrios, A.N. Dimitrios, and L. Elisabetta. 2009. Blast disease influence on agronomic and quality traits of rice varieties under mediterranean conditions. *Turk J Agric.* 33: 487-49
- Tendulkar, S., Y.K. Saikumari, V. Patel, S. Raghotama, T.K. Munshi, P. Balaram, and B.B. Chattoo. 2007. Isolation, purification and characterization of an antifungal molecule produced by *Bacillus licheniformis* BC98, and its effect on phytopathogen *Magnaporthe grisea*. *Appl. Microbiol.* 1: 2331-2339.
- Teng, P.S. 1994. The epidemiological basis for blast management. *Rice Blast Disease*. CAB International. Manila and Linden Drive, pp. 409-433.