식물병연구
Res. Plant Dis. 14(3) : 171-175 (2008)

Research in Plant Disease
©The Korean Society of Plant Pathology

벼 흰잎마름병 저항성 차이에 따른 병 발생정도와 수량 및 미질의 비교

노태환 · 김기영 · 이두구 · 심형권 · 강미형 · 박종철*
농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부

Disease Incidence, Yield and Quality Comparisons among Rice Varieties with Different Resistance to Bacterial Leaf Blight

Tae Hwan Noh, Ki Young Kim, Du Ku Lee, Hyeong Kwon Shim, Mi Hyung Kang and Jong-Chul Park*
Department of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, RDA, Korea
(Received on October 13, 2008)

The influence of rice bacterial leaf blight (BLB) disease incidence on yield and quality of Nampyung, Gangbaek and Iksan493 was investigated in three areas, Gimje, Yeongam and Jangheung, frequently found BLB infested rice. The infection rate of Nampyung, susceptible to BLB disease, was higher (23~93%) than Gangbaek (2~15%) and Iksan493 (2~6%), have resistant gene *Xa7* and *xa5*, respectively. BLB disease incidence was severely found in Gimj and then yield of Nampyung was reduced 65% (352 kg/10a) compared to Iksan493 (540 kg/10a) due to the decrease in the ripen grain filling, brown/rough ratio and 1,000 grain weight. There was no difference of rice yield among Nampyung, Gangbaek and Iksan493 in Yeongam and Jangheung. The occurrence time of disease in Yeongam and Jangheung was later than Gimje and BLB disease was less infected in these areas. BLB infected rice grain showed inferior grain appearance and taste index to sound grain. independent of rice with resistant gene. In Yeongam and Jangheung, Gangbaek and Iksan493 cultivated showed lower ratio of white color to belly than Nampyung. Iksan493 showed better grain appearance and lower ratio of white core to belly than Gangbaek. In protein content of rice grain, the range of Gangbaek and Iksan493 was 6.9~9.8%, but Nampyung showed unstable ranged from undetermined to 9.0%.

Keywords **: Quality, Resistant gene, Rice bacterial leaf blight, Yield**

벼 흰잎마름병은 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*에 의해 발생하는 벼의 세균성 병해로 우리나라를 비롯하여 일본, 대만, 필리핀, 인도, 인도네시아 등 동남아의 벼 재배지에서 가장 큰 문제가 되고 있다(Mizukami와 Wakimoto, 1969; Mew, 1989). 병의 감염과 발생은 벼 잎의 기공, 수공이나 상처를 통해 이루어지기 때문에 태풍에 의한 바람과 집중호우시 침관수가 있는 곳에서 많이 발생되는 특징을 보인다(Mizukami와 Wakimoto, 1969). 이 같은 발생원인으로 인해 국내에서는 주로 전라남북도, 경남지역를 중심으로한 남부지방 및 해안지역이 발생 상습지역으로 알려져 있다(Lee, 1975; Cho, 1978; Yun 등, 1985). 흰잎마름병의 감염 증상은 주로 벼의 잎에 발생되지만, 도관부의 병원균 증식으로 인하여 광합성 작용이 저해되는 피해를 입게된다. 또한 잎의 피해는 종실의 임실율 및 등숙율의 저하로 쌀 수량 감소 및 미질에 큰 피해를 주게 되는 것으로 보고되어 있다(Ezuka와 Kaku, 2000; Ou, 1985; Rao와 Kauffma, 1977; Reddy 등, 1979; Shin 등, 1992). 벼의 수량과 품질의 피해 정도는 생육시기 및 발병정도에 따라 다르게 나타나며(Noh 등, 2007), 벼 재배시 질소비료의 과용이 병 발생을 증가시키게 된다(Reddy 등, 1979).

작물 병해 방제에 있어 저항성 품종의 육성과 이용이 가장 효과적인 것으로 알려져 있다(Cha 등, 1982; Bonman 등, 1992; Rola와 Widawsky, 1998). 또한 환경 오염이나 작물 생산물의 안정성에 대한 관심과 요구도가 높아지고 있는 현재에 저항성 품종의 개발과 이용은 필수적이라 하겠다.

*Corresponding author
Phone) +82-63-582-2181, Fax) +82-63-583-8850
E-mail) pacc43@rda.go.kr

벼 흰잎마름병의 저항성 품종 개발과 보급은 1980년대 이후 현재까지는 주로 *Xa1*과 *Xa3* 저항성 유전자를 이용하였다. *Xa1*과 *Xa3* 유전자 도입은 'Zensho 26'과 'Waseaikoku 3'으로부터, *xa5*는 DV 85를 이용하여 국내 품종에 대해 도입하게 되었다(Kim 등, 2008). 그러나 최근 *Xa3* 저항성유전자를 보유한 '화영벼', '주남벼', '동진1호'(Kim 등, 2005) 등의 육성 품종들이 이병화 되어가고 있으며, 발생면적 또한 급속히 증가하고 있는 상황이다. 국내에서 흰잎마름병 저항성 관련 연구는 주로 레이스별 유전자 반응 등의 품종 육성에 대해서만 이루어져 왔다(Shin 등, 1992). 또한 최근 육성된 품종이나 보유 유전자의 수량 및 피해에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 시험은 각각 다른 저항성 유전자를 보유한 품종을 이용하여 각각의 유전자에 따른 발병정도 및 이에 따른 벼 수량과 미질의 피해 양상을 조사하였다.

재료 및 방법

시험품종 및 재배. 품종별 저항성 정도에 따른 피해를 조사하기 위해 저항성 유전자를 보유하지 않은 것으로 알려진 '남평벼'를 감수성 대조 품종으로 이용하였다. 저항성으로는 *xa5*과 *Xa3+xa5*를 가지고 있는 '강백벼'와 '익산493호'를 각각 선정하였다. 이들 품종은 최근 3년간의 조사에서 벼 흰잎마름병 발병상습지로 알려진(농촌진흥청, 2007) 전북 김제와 전남의 영암과 장흥 등 3곳에서 2007년에 이앙 재배하여 시험을 수행하였다. 이앙방법은 6월 1일에 3본씩 30×15 cm로 이앙하였으며, 벼 재배방법은 농촌진흥청 표준재배법(농촌진흥청, 2007)에 준하였다.

병 발생조사. 병 발생조사는 각 시험지역의 포장에서 자연 발병된 벼 잎에서 나타나는 흰잎마름병 증상을 달관으로 조사하였다. 발병조사 시기는 초발병일과 유숙기 2회에 지역별 및 품종별 발생정도를 조사하였다. 초발병 조사는 각각의 품종별로 병징이 처음 나타나는 시기를 조사하였다. 병 발생 정도는 병반 면적율을 기준으로 하였으며, 면적율은 지엽부터 3엽까지에서 나타난 병반 면적을 전체 조사하였다. 각각의 시험구에서 30 cm 간격으로 10주씩을 2반복으로 조사하였다.

수량조사 및 통계분석. 벼 수량은 100주를 지역별로 품종 당 3반복으로 수확하여 천립중, 등숙률, 현미비율, 백미 수량 등은 농촌진흥청 조사기준(농촌진흥청, 2007)에 따라 조사하였다. 미질은 백미중의 완전립 비율, 손상립율, 단백질과 아밀로스 함량 등을 Cervitec 1625 Grain Inspector(Foss)를 이용하여 조사하였다. 위 조사 성적은 SAS Enterprise 3.0을 이용하여 통계 처리하여 품종 및 발병정도에 따른 수량 및 미질 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

지역별 품종 저항성에 따른 발병조사. 벼 흰잎마름병 발병 상습지인 전북 김제, 전남 영암, 장흥에서 감수성인 '남평벼', 저항성인 '강백벼'(*xa5*)와 '익산493호'(*Xa3+xa5*)를 이앙하여 저항성 정도에 따른 병 발생 정도를 조사하였다. 병반 면적율을 조사한 결과 세 지역 평균 발생율은 '남평벼'가 49%로 가장 높은 감수성을 보인 반면, 강백벼와 '익산493호'는 각각 7%와 4%로 저항성을 보였다(Table 1). 지역별 발생율에서 김제지역이 병 발생이 가장 심하게 나타났다. 품종별로는 '남평벼'는 김제 98%, 영암 23%, 장흥에서 27%의 가장 높은 발병율을 보였다(Fig. 1). 반면, 저항성 품종인 '강백벼'는 김제 15%, 영암 4%, 장흥 2%를 보였고, '익산493호'는 김제 6%, 영암 3%, 장흥 2%의 발병율로 가장 높은 저항성 반응을 나타내었다.

지역별 병 발생 시기가 다르게 나타났는데 김제 지역

Table 1. Milled rice yield and yield component in three disease occurred regions

Region	Variety	Disease infection leaf area ratio (%)	Ripened grain filling ratio (%)	Brown/Rough ratio (%)	1,000 grain weight (g)	Milled rice yield (kg/10a)
Jeonbuk Gimje	Nampyeong	98a	61	77	18.2	352e
	Gangbaek	15c	74	81	18.0	488b
	Iksan 493	6d	87	82	19.6	540a
Jeonnam Yeongam	Nampyeong	23b	75	81	20.2	411d
	Gangbaek	4d	75	81	19.4	451bcd
	Iksan 493	3d	85	82	19.7	466bc
Jeonnam Jangheong	Nampyeong	27b	82	81	20.1	431dc
	Gangbaek	2d	78	80	19.3	415d
	Iksan 493	2d	83	81	19.5	429cd
LSD (0.05)		4.6				43.7

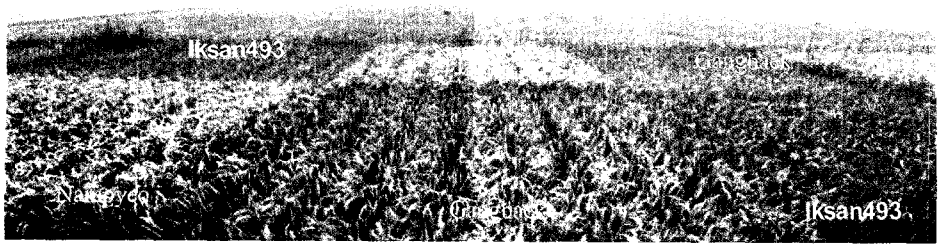

Fig. 1. The resistance reaction of bacterial leaf blight resistance varieties in BLB disease occurred region in Gimje.

Table 2. Comparison of the first disease occurrence date of bacterial leaf blight in different region and variety

Region		Variety	First disease occurrence date
Jeounbuk	Kimje	Nampyeong	Early of July
		Kangbaek	Early of July
		Iksan 493	Middle of August
Jeonnam	Yeongam	Nampyeong	Early of August
		Kangbaek	Last of August
		Iksan 493	Last of August
	Jangheong	Nampyeong	Early of August
		Kangbaek	Last of August
		Iksan 493	Last of August

은 7월부터 전남 지역은 8월부터 나타나 전남북간에 한 달 정도 차이를 보였다(Table 2). 품종별 초기 병 발생 시기도 차이를 보였다. 감수성인 '남평벼'에서 모든 시험 지역에서 가장 빠르게 나타났다. 김제 지역의 경우 *xa5*를 보유한 '강백벼'에서도 7월초의 빠른 초 발병시기를 보여 김제 지역이 다른 시험 지역에 비해 병 발생시기가 빠른 것으로 나타났다. 그러나 '강백벼'는 이후 병반 진전율이 억제되어 저항성으로 나타났다. 흰잎마름병에 대한 저항성 유전자의 저항성 기작은 정확히 구명되어 있지 않지만 일반적으로 저항성 품종 선발시 병반장의 길이를 기준으로 하고 있다(Shin 등, 1994). 따라서 본 시험 결과로 볼 때도 감염 후 병반 억제가 저항성 유전자의 발현에 의한 것으로 생각된다. 한편 이들 지역별로 발병시기의 차이가 기상조건이나 병원균 밀도에 의한 것인지 등에 관한 원인 구명에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

국내의 흰잎마름병 방제는 1980년대 이후 *Xa1*과 *Xa3*를 보유한 품종을 이용하여 이루어져 왔다(Shin 등, 1994: Shin 등, 1998; Shin 등, 2000). 그러나 최근 이들 저항성 유전자가 이병화 되는 보고(Noh 등, 2002)가 나오면서 새로운 병원균의 레이스 분화와 가능성 확인과 이에 대한 저항성 유전자 탐색 연구가 이루어져 왔다(Shin 등, 2002, Jeung 등, 2006). 본 시험에서도 *Xa1*과 *Xa3*가 이병화 되는 지역에서 이들과 다른 저항성 유전자가 효과를 보이는 것은 이들 지역에서도 병원균의 레이스 분화가 이루어지고 있음을 보여주는 것으로 확인되었다. 한편 *Xa1*과 *Xa3*가 이병화 되는 지역에서는 *xa5*를 보유한 품종의 재배가 병 방제에 효과를 보이는 것으로 나타났다. 국내 흰잎마름병 레이스 변화는 K1이 우점하였으나 최근 K3가 나타나면서 이에 따라 저항성 유전자도 각각의 레이스에 저항성인 *Xa1*에서 *Xa3*로 변하고 있다(Shin 등, 1998). *xa5*는 현재까지 모든 레이스에 대해 저항성으로 나타나고 있다(Noh 등, 2007). 본 시험에서는 최근 주로 보급되고 있는 *Xa3* 보유 품종에 비해 *xa5*와 *Xa3+xa5*가 저항성 효과가 크게 나타났다. 따라서 이들 결과는 앞으로 병원균의 레이스 분화에 대한 탐색과 저항성 유전자의 집적 관련 연구에 기초 자료를 제공할 수 있을 것이다.

저항성 정도에 따른 수량 피해. 저항성 차이에 따른 벼의 쌀 수량 및 미질의 피해 양상을 비교하였다. 지역별 쌀 수량은 발병율이 가장 높은 전북 김제지역에서만 발병정도에 따라 유의성 있는 차이를 보였다(Table 1). 쌀 수량은 감수성인 '남평벼'가 352 kg/10a이었으며 저항성인 '익산493호'는 540 kg/10a로 65%의 차이를 보였다. 이 결과는 흰잎마름병의 병반면적률에 따라 수량이 영향을 받게 된다는 보고(Cha 등, 1982; Noh 등, 2007)와 같은 경향 이었다. 김제지역에서 품종간 수량 차이는 등숙율의 차이에 의해 나타난 것으로 조사되었다. 따라서 흰잎마름병의 발생이 벼의 등숙율을 저하시키고 이에 따라 수량이 감소된 것으로 나타났다. 한편 감수성인 품종에서는 천립중과 현미비율도 낮아져 수량 감소 폭이 더 커지는 것으로 확인되었다(Cha 등, 1982; Rao와 Kauffman, 1977; Reddy 등, 1979; Noh 등, 2007). 발병율이 김제에 비해 낮았던 전남 영암과 장흥의 경우는 감수성인 '남평벼'에서도 등숙율이나 천립중등이 저항성 품종들과 비슷하게 나타나 수량 구성요소에는 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 본 시험의 흰잎마름병 발생 시기와 수량 감소 결과는 Noh 등(2007)의 보고에서와 같이 빠른 초 발병시기는 잎의 고사율을 증가시켜 벼 수량과 미질에 영향을 미

Table 3. Milled rice quality and characteristics of milled rice in three disease occurred regions

Region	Variety	Milled rice quality (%)					Protein content (%)	Amylrose content (%)
		Head rice	White core and belly	Broken rice	Damaged grain	Crack rice		
Jeonbuk Kimje	Nampyeong	37.5	53.5	4.3	2.9	2.0	Undetermined	17.9
	Gangbaek	45.5	26.1	8.6	11.9	7.9	9.2	18.0
	Iksan 493	73.0	11.2	6.1	5.1	4.6	6.9	18.7
Jeonnam Yeongam	Nampyeong	64.9	22.2	6.8	3.9	2.4	9.0	18.5
	Gangbaek	51	16.9	17.5	4.7	10.1	9.6	18.9
	Iksan 493	75.4	6.6	8.2	4.7	5.3	8.0	18.6
Jeonnam Jangheong	Nampyeong	64.9	24.3	4.8	4.0	2.0	8.8	18.3
	Gangbaek	52.9	18.0	15.4	5.2	8.5	8.6	18.2
	Iksan 493	76.7	7.7	9.1	3.6	2.9	7.7	18.7

치게 되는 반면 한달 정도 늦은 발병은 직접적인 수량 감소에는 영향을 미치지 않은 것과 같게 나타났다. 또한 이 결과는 병의 발생 시기와 발병정도에 따라 수량 차이가 있다는 보고(Cha 등, 1982; Rao와 Kauffman, 1977; Reddy 등, 1979)와도 같은 경향이었다. 이로 보아 초발병이 8월 초이면서 발병율 20% 정도에서는 흰잎마름병에 의한 수량감소는 영향이 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 흰잎마름병에 발생이 적은 지역에서는 벼 품종의 유전적, 환경적인 적응성이 수량에 더 크게 영향을 미치는 것으로 생각된다.

저항성 정도에 따른 미질의 피해. 품종별 저항성 정도에 따른 쌀 미질의 피해 양상을 조사하였다(Table 3). 발병이 가장 심했던 김제지역에서 품종간 차이를 조사한 결과 감수성인 '남평벼'에서 완전립율이 37.5%로 저항성 두 품종에 비해 8~36% 낮았고, 심복백 비율은 27~42%나 높아 외관상 미질이 낮은 것으로 조사되었다. 특히 밥맛에 큰 영향을 주는 단백질 함량은 '남평벼'에서는 너무 낮아 기계적 판정이 불가능하였으나 저항성 품종들에서는 6.9~9.8%로 좋은 경향이었다.

발병율이 비교적 낮았던 전남 두 지역에서는 감수성인 '남평벼'와 *xa5*을 보유한 '강백벼'는 완전립율에서는 품종의 저항성과는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 그러나 심복백 비율이 저항성 품종들에서 6.6~18.0%인 것에 비해 '남평벼'는 22.2~24.3%로 높게 나타났다. 쌀의 심복백 비율은 외관상의 품질을 결정하는 외관상 중요한 요인으로 비율이 낮을 수록 좋은 품질로 간주된다. 벼알의 심복백은 등숙기간중 일시적인 영양 공급 중단으로 벼알내의 영양 불균형에 영향을 받는 것으로 보고(Tashiro와 Ebata, 1975) 되어 있다. 이로 보아 본 시험 결과는 흰잎마름병에 의한 잎의 고사와 영양분의 이동 차이에 의해 저항성과 감수성에서 심복백 비율이 차이를 보이지 않았나 생각된다. 그러나 병 발생과 심복백 비율 차이에 대해서는 더욱 정밀한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 한편 이 두 지역에서 *Xa3+xa5*를 보유한 '익산493호'는 완전립율, 심복백 비율등이 *xa5*을 가진 '강백벼'에 비해서도 좋은 결과를 보여 발병율이 낮은 두 지역에서도 가장 유용한 저항성 유전자로 나타났다. *xa5* 저항성 유전자가 발병율이 높은 지역에 비해 낮은 지역에서는 심복백 비율에서만 차이를 보인 것에 대한 원인이 품종의 지역적 적응성의 문제인지 또는 발병정도에 따른 제한적인 억제 효과인지에 대해서는 앞으로 더 정밀한 조사가 필요하다고 생각된다. 식미와 관련된 단백질과 아밀로스 함량에서도 위의 외관상 미질 결과와 비슷한 결과를 보였다. *Xa3+xa5*를 가진 '익산493호'가 단백질과 아밀로스 함량에서 가장 좋은 결과를 나타내었다. 그러나 '남평벼'와 '강백벼' 사이에는 큰 차이를 보이지 않았다. 벼 흰잎마름병 발생이 현미천립중, 심복백 등에 영향을 주고 완전립 비율이 낮아지고 청미와 사미가 많아진다고 보고(Noh 등, 2007; Shin 등, 1992; Ou, 1985)되어 있다. 본 시험의 결과에서도 병 발생이 수량이나 외관상 또는 식미와 관련된 미질에도 영향을 주고 있음이 확인되었다. 특히 병 발생이 심한 지역에서는 저항성 차이에 따라 수량과 미질이 큰 피해를 받는 것으로 나타났다. 그러나 병발생이 비교적 낮은 경우 본 시험의 *xa5*과 *Xa3+xa5* 저항성 유전자는 수량에 대한 방지 효과보다는 미질 향상에 더 크게 작용하는 것으로 조사되었다. 특히 병발생이 낮은 전남 지역의 경우 *xa5* 유전자에 비해 *Xa3+xa5* 유전자가 흰잎마름병의 방제에 더 효율적이며 그에 따라 병 발생에 따른 수량이나 미질의 피해 방지에 더욱 좋은 것으로 나타났다.

요 약

벼 흰잎마름병 발병 상습지인 전북 김제, 전남 영암, 장흥에서 감수성인 '남평벼', 저항성인 '강백벼'(*xa5*)와 '익

산493호'(*Xa3+xa5*)에 대해 병 발생과 수량 및 미질의 피해 양상을 조사하였다. 병 발생율은 김제지역이 병 발생이 가장 심한 반면 전남 두 지역은 초발병 시기가 늦어 비교적 낮은 발병율을 보였다. '남평벼'가 98~23%로 전 지역에서 가장 감수성을 보였다. 반면, '강백벼'와 '익산493호'는 각각 2~15%, 2~6%의 저항성을 나타내었다. 쌀 수량은 발병율이 가장 높은 전북 김제지역에서만 발병정도에 따라 유의성 있는 차이를 보였다. 감수성인 '남평벼'가 352 kg/10a인 반면 저항성인 '익산493호'는 540 kg/10a로 65%의 차이를 보였다. 쌀 미질은 발병정도에 관계없이 완전립율과 심복백 비율등의 외관상 미질에 영향을 주는 것으로 조사되었다.

발병율이 낮았던 지역에서는 *Xa3+xa5*를 보유한 '익산493호'는 완전립율, 심복백 비율등이 *xa5*을 가진 '강백벼'에 비해서도 좋은 결과를 보였다. 특히 밥맛에 큰 영향을 주는 단백질 함량은 '남평벼'에서는 발병정도에 따라 불안정한 결과를 보였으나 저항성 품종들에서는 6.9~9.8%로 균일하게 나타났다.

참고문헌

Bonman J. M., Khush G. S. and Nelson R. J. 1992. Breeding rice for resistance to pest. *Ann. Rev. Phytopathol.* 30: 507-528.

Cha H. H., Kim Y. S., Kim D. K., Lee D. K. and Kim M. S. 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. Prot.* 21: 216-221.

Cho Yong Sup. 1978. Problems and prospect of bacterial leaf blight of rice in Korea. *Seoul Nat'l Univ. of Agric. Bull.* 3: 65-74.

Ezuka, A. and Kaku, H. 2000. A historical review of bacterial blight of rice. *Bull. Natl. Inst. Agrobiol. Resour. (Japan)*. 15: 1-207.

Jeung, J. U., Heu, S. G., Shin, M. S., Vera Cruz, C. M., and Jean, K. K. 2006. Dynamics of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* populations in Korea and their relationship to known bacterial blight resistance genes. *Phytopathology* 96: 867-875.

Kim, B. K., Shin, H. T., Lee, J. G., Ko, J. K., Shin, M. S., Ko, J. C., Choung, J. I., Ha, K. Y., Kim, Y. D., Nam, J. K., Kim, Y. G. and Kim, S. C. 2005. A new high yielding, good quality and wet-direct seeding adaptable rice variety, "Dongjin 1". *Korean J. Breed.* 37: 247-248.

Kim, K. Y., Shin, M. S., Shin, S. H., Noh, T. H., Ko, J. C., Kim, W. J., Kim, B. K. and Kim J. G. 2008. Development of Japonica rice "Iksan493" conferring *Xa3* and *xa5* Genes resistant to Bacterial Blight of New Race, K3a. 한국육종 학회 40권 별책 1: 64p.

Lee, K. H. 1975. Studies on the epidemiology and control of bacterial leaf blight of rice in Korea. *Korean J. Plant Protection* 14: 111-131

Mew, T. W. 1989. An overview of the world bacterial blight situation. In : *Bacterial Blight of Rice. IRRI.* 154-166.

Mizukami T. and Wakimoto S. 1969. Epidemiology and control of bacterial leaf blight of rice. *Ann. Rev. Phytopathol.* 7: 51-72.

Noh, T. H., Lee, D. K., Kang, M. H., Shin, M. S. and Na, S. Y. 2003. Identification of new race of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) in Korea. *Phytopathology* 93(suppl.): S66 (Abstr.).

Noh, T. H., Lee, D. K., Park, J. C., Shim, H. K., Choi, M. Y., Kang, M. H. and Kim, J. D.. 2007. Effect of bacterial leaf blight occurrence on rice yield and grain quality in different roce growth stage. *Research in Plant Disease* 13: 20-23.

농촌진흥청. 2007. 2006년도 농작물 병해충 예찰 방제 보고서. 83-85.

농촌진흥청 작물과학원 호남농업연구소. 2007. 2007년도 시험연구사업 연구계획서. 1-10.

Ou, S. H. 1985. Rice diseases (2nd ed.). Commonwelth. *Mycological Institute* 63-64.

Rao, P. S. and Kauffman, H. E. 1977. Potential yield losses in dwarf rice varieties due to bacterial blight in India. *Phytopath. Z.* 90: 281-284.

Reddy, A. P. K., Katyal, J. C., Rouse, D, I. and Mackenzie, D. R. 1979. Realionship between nitrogen fertilization, bacterial leaf blight severity, and Yield of rice. *Phytopathology* 69: 970-973.

Reddy, A. P. K., Mackenzie, D. R., Rouse, D, I. and Rao, A. V. 1979. Relationship of bacterial leaf blight severity to grain yield of rice. *Phytopathology* 69: 967-969.

Rola, A. C. and Widawsky. 1998. Pest, pesticides and Interrelated pest management in rice. *Impact of Rice Research IRRI and TDRI* 135-158.

Shin, M. S., Shin, H. T., Jun, B. T. and Choi, B. S. 1992. Effects of inoculation of compatible and incompatible bacterial blight races on grain yield and quality of two rice cultivars. *Korean J. Breed.* 24: 264-267.

Shin, H. T., Shin, M. S. and Cho, S. Y. 1998. Breeding of near-isogenic lines for resistance to bacterial blight in rice. *Korean J. Breed.* 30: 185-191.

Shin, M. S., Park S. Z., Shin, H. T. and Lee S. Y. 1994. Breeding of near-isogenic lines for resistance to bacterial blight, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, in rice. *Korean J. Breed.* 26: 238-242.

Tashiro, T and Ebata, M. 1975. Studies on white belly rice kernel. III. Effect of ripening conditions on occurrence of white belly kernel. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 44: 86-92.

Yun, M. S., Lee, E. J., and Cho, Y. S. 1985. Pathogenic specialization of the rice bacterial leaf blight pathogen, *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*: Race classification based on reactions of Korean differential varieties. *Korean J. Plant Prot.* 24: 1-7.