

## 벼 유기재배에서 석회보르도액을 이용한 벼 잎도열병 방제 효과

강범용\* · 김선곤 · 김도익 · 이용환<sup>1</sup> · 최경주<sup>2</sup> · 최용수<sup>3</sup>

전남농업기술원 친환경연구소, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원,

<sup>2</sup>농촌진흥청 현장기술지원과, <sup>3</sup>전남과학대학 화훼원예과

## Effect of Bordeaux Mixture on Control of Rice Leaf Blast

Beom Ryong Kang\*, Seon-Gon Kim, Do-Ik Kim, Yong Hwan Lee<sup>1</sup>,  
Kyong-Ju Choi<sup>2</sup> and Yong-Soo Choi<sup>3</sup>

Environment-Friendly Agricultural Research Institute, JARES, Naju 520-715, Korea

<sup>1</sup>National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

<sup>2</sup>Crop Extension Service Division, RDA, Suwon 441-857, Korea

<sup>3</sup>Department of Floriculture, Chunnam Techno College, Jeonnam 516-911, Korea

(Received on October 28, 2008)

Recently organic farming practice of rice has been emerged in Korea, but one of the major limiting factor is the no effective environmental-friendly agro-materials to control major plant diseases. Bordeaux mixture has been used effectively as a preventive agro-chemical. The aim of this study was to investigate efficacy of Bordeaux mixture on control of rice blast caused by *Magnaporthe grisea* which is one of the disruptive rice diseases in world-wide. In greenhouse experiment, pre-treatment of 6-6 type of Bordeaux mixture before inoculation of spore suspension of *M. grisea* showed 71% of control value. In field experiment, preventive applications of 4-8 and 6-6 types of Bordeaux mixture showed over 71% of the control value. Chemical injury on rice leaves were not found in the application concentrations of all types of Bordeaux mixture, but observed in applications of Bordeaux mixtures between 30 and 100 diluted concentrations. This results indicate Bordeaux mixture can be used as an effective environmental-friendly agro-chemical to control rice blast disease in the field.

**Keywords :** Bordeaux mixture, Chemical injury, Control, Rice leaf blast

벼 도열병은 발생부위에 따라 잎도열병, 이삭도열병, 이삭가지도열병, 벼알도열병, 마디도열병 등으로 나누고 어린모에 발생되면 모도열병으로 다양하게 불리나 잎도열병과 이삭도열병의 피해가 가장 심하다(Ou, 1980).

도열병에 의한 피해는 우리나라 뿐만 아니라 벼를 재배하고 있는 세계의 모든 지역에서 발생하는데, 수량 감소와 쌀 품질 저하 외에 약제방제에 따른 경영비 증가로 인한 경제적 손실, 잔류독성 등의 환경오염 등을 감안하면 피해는 상당하다(노 등, 1998). 벼의 전 생육기간에 걸쳐 발생하는 잎도열병은 *Magnaporthe grisea*에 의해 발

생되는데 최근의 이상기후에 의한 잦은 강우와 일조부족으로 인하여 저온 다습한 기상이 조장되고 이로 인한 토양의 온도가 낮게 유지되는 등의 환경적인 요인과 밀식 재배로 인한 통기 불량과 이앙기가 늦어지는 등의 재배적인 요인에 의해 벼 도열병의 발생을 조장된다(Agrios, 2005). 하지만 이러한 벼 도열병의 방제는 주로 작물보호제를 이용한 화학적인 방제 방법에 의해 주로 이루어지고 있다. 최근에는 고품질 안전농산물을 생산하여 농가의 소득을 증가시키려는 시도가 이루어지고 있으며, 친환경 농업을 위한 생명식품생산 5개년 계획 추진으로 친환경 농산물 인증 면적 확대 및 화학비료, 농약 사용량이 매년 감축되고 있다. 또한 벼 친환경재배지에서 주요 문제 병해인 도열병 방제 미흡으로 수량감소를 초래할 뿐만 아니라 벼 친환경농업의 단지화로 도열병 감수성인 고품질

\*Corresponding author

Phone) +82-61-330-2515, Fax) +82-61-336-4076

E-mail) brkang@jeonnam.go.kr

위주의 제배품종 선정으로 도열병의 대발생이 우려되고 있다. 하지만 도열병에 대한 효과적인 환경친화적 방제제가 충분치 않다는 것이 가장 큰 제약요인이다.

석회보르도액은 구리황산염과 과산화칼슘(석회)의 반응생산물로 세계에서 처음으로 개발되어 지금까지 가장 널리 사용되고 있는 구리함유 살균제이다(Li 등, 2005). 보르도액은 1885년 Millardet에 의해 황산구리와 석회수화제를 섞어 살포하면 포도의 노균병을 효과적으로 방제할 수 있다는 사실을 발견한 이래 현재까지 여러 작물에 광범위하게 사용되고 있는 중요한 보호 살균제이다 (Agrios, 2005, 김 등, 2001; Fry, 1982). 이 보르도액의 발견은 식물병을 화학적으로 방제할 수 있다는 사실을 증명하는 계기가 되었고 식물병의 방제에 대한 연구가 활발하게 이루어지게 된 계기가 되었다.

광범위한 보호형 살균제인 석회보르도액이 과수에 발생하는 병해에 대해 연구가 많이 이루어져 있지만 식량작물인 벼에서의 연구와 적용 사례가 없었고, 또한 친환경농업의 확대로 작물보호제인 석회보르도액의 사용이 증가하고 있지만 살포 후 발생하는 약해에 대한 연구가 미비하였다. 따라서 본 연구에서는 벼에 가장 피해가 큰 벼 잎도열병에 대한 석회보르도액의 효능과 살포 후 발생하는 약해를 조사하였다. 본 실험 결과 석회보르도액은 친환경 벼 제배 포장에서 효율적으로 경제적 피해 수준 이하로 벼 도열병을 방제할 수 있는 방제제로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

## 재료 및 방법

**석회보르도액의 조제.** 석회보르도액의 벼 잎도열병 방제 효과 시험을 위하여 황산구리(Kanto Chemical Co., Inc., Japan,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 98.5%)와 생석회(Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd., Japan,  $\text{CaO}$ , 90%)의 조합비에 따라 각각의 살포농도로 조제하였다. 본 시험에서 사용된 석회보르도액은 금속제가 아닌 플라스틱통 두 개를 준비하여 한 통에는 황산구리를 넣어 전 소요량의 80~90%의 물에 녹여서 붉은 황산구리액을 만들고, 또 한 개의 통에는 생석회를 넣어 소량의 물로 녹인 후, 나머지 10~20%의 물에 넣어 석회유를 만들었다. 완전히 냉각된 석회유를 잘 저으면서 여기에 황산구리용액을 조금씩 넣어 주어 섞은 후 즉시 사용하였다. 물 1 l 중에 함유되는 황산구리와 생석회의 양(g)에 따라 4-8식, 4-14식, 6-6식 보르도액을 제조하여 사용하였다(전남농업기술원, 2006).

**석회보르도액을 이용한 벼 잎도열병 온실 방제효과 검증.** 온실유묘검정은 ‘호평벼’ 종자를 표면살균하기 위하

여 1% 차아염소산나트륨( $\text{NaOCl}$ ) 용액에서 1분간 표면살균하고 멸균수로 3회 세척 후 여과지를 이용하여 물기를 제거하였다. 표면살균한 ‘호평벼’ 종자를 풋트(1/5,000 와 그너풋트)에 파종하여 6주간 자란 벼에 석회보르도액을 7일 간격으로 2회 처리한 후 도열병균 포자 현탁액을 접종한 후 온실에서 발병을 유인하여 유묘검정시험을 수행하였다. 벼 도열병균(KACC 40436, KJ 401)의 포자형성을 위해 균주를 Oat meal agar 배지에서 배양한 후 배지 표면의 균사를 긁어 내고 형광등 조명하에 48~72시간 동안(25~28°C) 배양한 후 형성된 분생포자를 멸균수로 씻어내 얻었다. 포자농도는 hemacytometer를 이용하여  $10^5$  conidia/ml로 맞추어 사용하였다. 도열병균의 접종은 수동식 분무기를 이용하여 접종액이 벼 전체 잎표면을 흘러 내리기 직전까지 분무하였다. 그리고 병반면적율은 농촌진흥청에서 정한 “농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)”의 발병을 조사 방법에 준하여 조사하였다.

**석회보르도액을 이용한 벼 잎도열병 포장 방제효과 검증.** 석회보르도액의 벼 도열병 예방 및 방제효과 시험을 위하여 2006년과 2007년 전라남도농업기술원 논포장에서 본 시험을 수행하였다. 포장검정은 전라남도농업기술원 논포장에서 상자육묘 35일 후(5월 31일) 본답에 30×15 cm 간격으로 ‘호평벼’를 기계이앙 한 후 잎도열병의 자연발생을 관찰하면서 검정하였다. 조제된 각각의 석회보르도액을 본답 이앙 25일 후부터 10일 간격 3회 처리하였다. 최종약제처리 10일 후에 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)에 따라 포기당 잎도열병 병반면적율을 조사하였다. 대조약제로는 IC-66D[(주)한국삼공, 시험 수행 중 벼 잎도열병으로 등록되어 있는 친환경자재와 석회보르도액이 없었기에 일본 Inoue Calcium 회사에서 수입된 완제품을 석회보르도 대조약제로 사용함]를 사용하였다. 벼 재배관리에 관련된 사항은 농촌진흥청 표준경종법에 준하여 포장시험을 수행하였다. 시험구 배치는 기계이앙 후 난괴법 3반복으로 구획하였으며, 각각의 처리당 시험구 크기는 5×10 m로 배치하였다.

**조합별 석회보르도액의 약해조사.** 석회보르도액의 제조 조합별로 벼의 약해조사를 농도별로 온실과 포장에서 수행하였다. 온실에서는 파종 후 6주간 자란 묘를 사용하였고 포장에서는 본답 이앙 후 25일 후의 묘에 황산구리와 생석회의 비율별로 제조한 석회보르도액을 각 농도별로 벼에 처리한 후 3일 간격으로 15일 동안 외관상 나타나는 율문형태의 반점, 황변 또는 잎이 타는 증상 여부, 경엽의 위조 및 위축현상, 기타 생육 상태 등의 약해유무를 조사하였다. 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)과 농약공업협회(농약공업협회, 2003) 기준을

**Table 1.** Effect of Bordeaux mixture on control of rice leaf blast in greenhouse

Treatment	Dilution (folds)	DLA (%) <sup>b*</sup>	Control value (%) <sup>c</sup>
Type 6-6	100	1.9 a	70.8
	200	2.5 a	61.5
IC-66D <sup>a</sup>	100	2.2 a	66.2
	200	3.0 a	53.8
Water		6.5 b	-

<sup>a</sup> IC-66D(Hankooksamkong Co., Ltd.).

<sup>b</sup> DLA means Index of diseased leaf area for total leaves.

<sup>c</sup> The control value (%) was calculated by the following equation: [(disease severity of untreated plants - disease severity of treated plants) / disease of untreated plants] × 100.

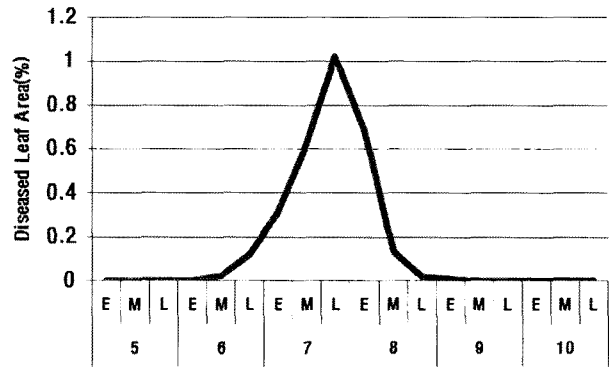
\*Means followed by the same letter are not significantly different from one another according to DMRT at 5% level.

근거로 하여 구당 30주(3반복)를 선정하여 발생 상태별 발생지수를 조사하였다.

**통계처리.** 보르도액 처리별 벼 도열병 방제 효과는 SAS(SAS Institute, Inc., 1989, Cary, NC)를 이용하여 ANOVA분석하였다. 처리 평균간 비교를 위하여 Duncan 다중검정(DMRT, P=0.05)을 실시하였다. 벼 도열병 발생율은 3번의 독립적인 반복에 의해 얻어진 평균값과 약해 발생율은 최고값을 나타내었다.

### 결과 및 고찰

**온실 유표에서의 벼 잎도열병 방제효과.** 6-6식 석회보르도액의 처리농도별 벼 잎도열병 방제효과를 온실유표 검정을 통하여 조사하여 본 결과(Table 1), 100배 처리구에서 병반면적율이 1.9%로 70.8%의 방제효과를 나타낸 반면, 200배 처리구에서는 방제가가 61.5%로 감소하였다. 대조구로 사용한 시판 중인 석회보르도액(IC-66D) 처리구에서도 53.8~66.2%의 방제효과를 나타내었다. 석회보르도액은 황산구리와 생석회의 혼합으로 염기성의 황산구리석회가 벼의 엽면에 살포되어 얇은 막을 형성하여 벼도열병에 방제 효과를 나타낸 것으로 추정된다. 기존의 연구에 의하면, 석회보르도액의 염기성황산구리석회가 공기 중의 이산화탄소나 탄산을 함유한 이슬 또는 균의 식물침투 분비액 등에 의하여 가용상태의 구리염으로 되어 병원균과 접하게 되고, 일부는 세포 내에 침투되어 세포막 또는 세포 내의 단백질과 결합된 정상적 세포 내의 탈수소화소의 SH기와 결합하여 균의 생리작용을 저해시키거나 구리이온에 의한 세포 내에서의 과도한 산화촉진 등에 의하여 세포의 생리작용을 교란시켜 살균작용을 일으



**Fig. 1.** Seasonal fluctuation of rice leaf blast in the field (2006~2007, Jeonnam, Republic of Korea).

**Table 2.** Effect of Bordeaux mixture in application of 100 diluted concentrations on control of rice leaf blast in the field

Treatment	DLA (%) <sup>b*</sup>	Control value (%) <sup>c</sup>
Type 4-8	0.27 a	73.6
Type 4-14	0.40 a	60.6
Type 6-6	0.29 a	71.0
Control A <sup>a</sup>	0.26 a	74.4
Water	1.01 b	-

<sup>a</sup> IC-66D(Hankooksamkong Co., Ltd.).

<sup>b</sup> DLA means percent of diseased leaf area.

<sup>c</sup> The control value (%) was calculated by the following equation: [(disease severity of untreated plants - disease severity of treated plants) / disease of untreated plants] × 100.

\*Means followed by the same letter are not significantly different from one another according to DMRT at 5% level.

키게 된다고 보고되었다(Fry, 1982; Ware, 1991).

**포장에서 석회보르도액의 벼 잎도열병 방제효과.** 포장에서 ‘호평벼’를 시험품종으로 하여 벼 잎도열병의 발생상태를 조사하고(Fig. 1), 이 병에 대한 석회보르도액의 포장방제효과 시험을 수행한 결과(Table 2) 황산구리와 생석회의 조합별로 4-8식, 4-14식, 6-6식 조제 석회보르도액과 IC-66D를 100배 농도로 잎도열병 발병직전 10일 간격으로 3회 처리한 후 포기당 병반면적율을 조사하였다. 4-14식 보르도액 처리구에서는 60.6%의 방제가를 보인 반면, 4-4식, 6-6식과 IC-66D 처리구에서는 잎도열병에 대해 71% 이상의 높은 방제효과를 나타냈다(Table 2). 석회보르도액의 병원균에 유해한 작용을 하는 유일한 성분은 구리인 반면에 석회는 1차적으로 식물체에 약해경감제의 역할을 한다(Thomson, 1993). 따라서 황산구리와 생석회의 유효성분 조합비에 따른 석회보르도액 처리구에서 4-14식은 살균효과가 있는 황산구리의 함유량이 생석회의 양보다 적었기 때문에 다른 처리구의 조제 석회보르도액

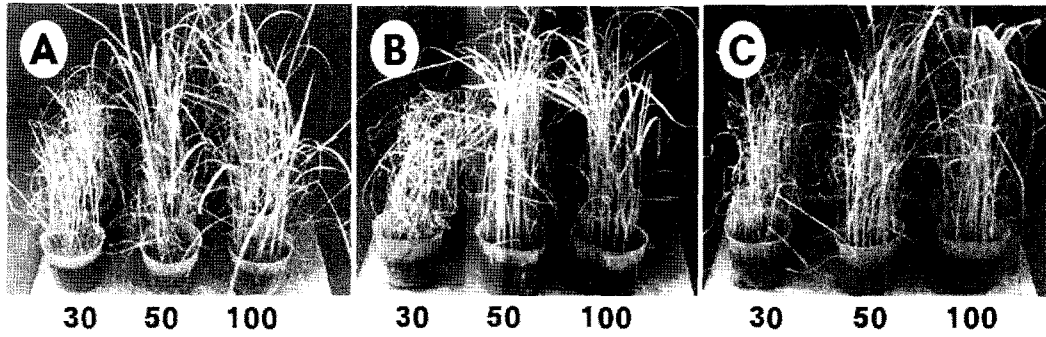


Fig. 2. Chemical injury on leaves of rice observed after application with Type 4-8 (A), Type 4-14 (B) and Type 6-6 (C) Bordeaux mixture in greenhouse. 30, 50, 100 Dilution (folds).

Table 3. Chemical injury of treatment with different dose of self-preparation bordeaux mixture for rice leaf blast in the field

Dilution (folds)	Chemical injury (Index)		
	Type 4-8 <sup>a</sup>	Type 4-14	Type 6-6
30	2 <sup>b</sup>	2	2
50	1	1	1
100	1	1	1
200	0	0	0
300	0	0	0
500	0	0	0

<sup>a</sup>Types of Bordeaux mixture

<sup>b</sup>Chemical injury index : 0, no injury; 1, slight injury; 2, partial injury; 3, injury of about 50% degree, 4, severe injury; 5, complete death.

보다 방제효율이 유의한 차이로 나타났다고 생각된다. 또한 석회보르도액은 식물의 표면에 얇은 피막을 형성하여 작물 표면에 부착한 병원균의 포자가 발아하는 것을 저지하는 작용(전남농업기술원, 2006)을 갖고 있으므로 병 발생 후의 치료효과보다는 발병 전 예방제로 사용되어야 한다고 사료된다.

**유묘에서 석회보르도액의 약해 검정.** 유묘검정 시 보르도액의 희석 배수가 낮을수록 방제효율은 증가하였지만(Table 1), 석회보르도액의 사용농도가 높을수록 약해가 증가하였다(Fig. 2, Table 3). 유묘에서 나타난 약해를 근거로 하여 황산구리와 생석회의 조합비에 따라 4-8식, 4-14식, 6-6식의 석회보르도액을 30배에서 500배의 농도로 포장에 살포하여 약해를 조사한 결과 30배까지 약해정도 2달 보였다(Table 3). 석회보르도액을 비 오기 직전이나 직후의 저온 다습한 날씨에 살포하였을 때 잎이 타버리는 증상이 나타난 것처럼 유묘에 고농도로 석회보르도액을 살포했을 때 유묘 잎의 끝부분을 중심으로 마르면서 뽕뽕 말리는 증상의 약해를 보였다. 일반적으로 복숭아, 매실, 배추 등은 보르도액을 살포할 경우 약해가 발생한다고 알려져 있다(정과 박, 1990; 김 등, 2001). 하지만 김

등(2001)에 의하면 보르도액에 약해가 발생한다고 알려진 복숭아의 경우 복숭아 수확 후 보르도액을 살포하여 복숭아 세균성 구멍병 방제효과를 얻었다. 또한 보르도액을 복숭아에 살포할 때도 약해는 6-6식 보르도액에서 약해를 나타냈지만, 4-12식 및 4-8식 보르도액에서는 약해가 없었다고 보고하였다(김 등, 2001). 벼에서는 보르도액의 종류별로 약해 차이가 없이 100배 처리구에서 미미한 약해를 나타내었으나, 200배 이상을 살포하였을 때는 약해가 없었다.

최근에 벼 도열병 방제제 개발에 대한 다양한 연구가 수행되어 제초제의 일종인 pierophos처리는 벼 도열병균의 포자발아를 억제하여 예방 효과는 뛰어났지만, 치료효과와 침투이행효과는 거의 보이지 않아, 보르도액과 같이 벼 도열병 예방제로서 가능성이 제시되었다(김 등, 1998). 또한 isoprothiolane과 tricyclazole, probenazole을 벼 육묘에 처리하여 본 답에서 probenazole을 처리한 구에서는 벼 도열병 방제효과가 뛰어나 벼의 육묘상 처리에 의해 포장에서의 도열병 방제에 가능성을 제시하였다(강 등, 2004). 또한 식물생장조절제인 2,4-D를 경엽처리 하였을 때 뛰어난 벼 도열병 방제 효과를 보였고, 토양 관주 시 2,4-D, indole butyric acid, triiodobenzoic acid가 벼 도열병 방제에 효과적이라는 보고도 있다(김 등, 2007). 본 연구에 의해서 친환경자재로서 사용가능한 석회보르도액을 처리하였을 때 벼 도열병 방제능력은 상기의 화학물질에 비해 높지 않지만, 유기농업이나 무농약 벼 재배 단지에서 효율적으로 벼 도열병을 예방 및 방제하는데 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

석회보르도액의 병원균에 대한 살균효과는 이미 과수에서 입증되어있지만 수도의 병해에 대한 방제효과와 관련 연구들이 이루어져 있지 않았다. 가장 고전적인 병 방제제이면서 살균력이 뛰어나고 효과가 좋은 석회보르도액이지만 실제 포장에서 조제 농도별 사용되는 양에 따른 약해의 문제 해결도 시급하다. 또한 벼의 생육시기별

에 따른 석회보르도액 농도의 방제효과와 약해조사 또한 연구과제로 남아 있다.

## 요 약

최근 벼 유기재배에서 식물병 방제를 위한 친환경농자재가 없는 것이 주요한 제한요인으로 제기되고 있다. 식물병 방제를 위해 보르도액은 효과적인 예방 농자재로 사용되어져 왔다. 본 연구에서는 석회보르도액의 벼 잎도열병 방제효과를 조사하였다. 온실검정결과 6-6식 석회보르도액 100배액을 발병초에 살포한 결과 70.8%의 방제효과를 나타냈다. 포장검정에서는 4-8식과 6-6식 석회보르도액을 살포한 결과 잎도열병에 대한 방제효과가 73.6%와 71%를 나타냈다. 각각 조제한 석회보르도액의 30배와 50배 처리농도에서는 약해가 발생하였으나, 200배액 살포농도에서는 약해가 나타나지 않았다. 따라서 유기재배 및 무농약 재배포장에서 벼 잎도열병 방제를 위한 효과적인 친환경농자재로서 석회보르도액이 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Academic Press. 922 pp.
- 전남농업기술원. 2006. 친환경 농자재 올바른 사용법.
- 정수호, 박영선. 1990. 농약학. 전국농업기술자협회. 150-154.
- Fry, W. E. 1982. Principles of plant disease management. Academic Press, New York.
- 강범관, 민지영, 김윤식, Nguyen Van Bach, 정해연, 조인준, 김홍태. 2004. 살균제의 벼 육묘상 처리에 의한 도열병 방제 효과. 식물병연구 10: 69-72.
- 김홍태, 장경수, 서영식, 민지영, 홍경식, 조광연. 1998. 식물병에 대한 제초제의 살균활성 및 piperophos의 벼도열병 방제 효과. 한국식물병리학회지 14: 28-33.
- 김홍태, 홍경식, 최경자, 장경수, 류충민. 2007. 벼 도열병에 대한 indole butyric acid (IBA)의 방제 효과. 농약과학회지 11: 313-319.
- 김산영, 권태영, 김임수, 최성용, 최충돈, 엄재열. 2001. 복숭아 수확후 보르도액 살포에 의한 세균성구멍병 방제효과. 식물병연구 7: 37-41.
- Li, W., Zhang M., Shu H. 2005. Distribution and fractionation of copper in soils of apple orchards. *Environ. Sci. and Pollut. Res. Int.* 12(3): 168-172.
- 노재환, 안상원, 김을호, 김명기, 임대준, 김진기. 1998. 수도 잎도열병 반응에 따른 품종 및 검정지역 분류. 작물보호논문집 40: 1-9.
- 농촌진흥청·농약공업협회, 2003. 농약등록시험담당자교육교재. 농업과학기술원. 2003. 연구조사분석기준. 농촌진흥청.
- Ou, S. H. 1980. Alook at worldwide rice blast disease control. *Plant Dis.* 64: 439-445.
- Thomson, W. T. 1993. Agricultural chemicals, Book :Fungicides, 1993-1994 Revision. Thomson, Fresno, California.
- Ware, G. W. 1991. Fundamentals of pesticides: A self-instruction guide. 3rd Ed. Thomson, Fresno, California.