

## 벼 이삭마름병 발병시기와 정도가 수량 및 품질에 미치는 영향

심홍식\* · 홍성준<sup>1</sup> · 홍성기 · 김용기 · 예완해 · 성재모<sup>2</sup>

농업과학기술원 식물병리과, <sup>1</sup>작물과학원 영남농업연구소 식물환경과, <sup>2</sup>강원대학교 농생물학과

### Effects of Development Time and Severity of Rice Ear Blight on Rice Yield and Quality

Hong-Sik Shim\*, Sung-Jun Hong<sup>1</sup>, Sung-Gi Hong, Yong-Ki Kim, Wan-hae Ye and Jae-Mo Sung<sup>2</sup>

Plant Pathology Div., National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

<sup>1</sup>Plant Environment Div., Yeongnam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Milyang 627-803, Korea

<sup>2</sup>Division of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

(Received on November 9, 2005)

Grain discoloration, caused by several microorganisms, is a minor disease, but it is gaining importance in almost all rice growing areas of the world in recent years. Such grains are of low market value and consumption appeal in addition to their abnormal performance as seed of source of nutrient value. When the casual agents were inoculated on rice plant, 'Ilmi-byeo' (at right before heading time and on heading time), the incidence of rice ear blight caused by *Alternaria alternata* and *Nigrospora oryzae* was higher in a plot inoculated at right before heading time than (in a plot inoculated) on heading time. Meanwhile, the incidence of rice ear blight caused by *Bipolaris oryzae* and *Curvularia lunata* was higher in a plot inoculated on heading time than in a plot inoculated at right before heading time. In rice quality, the ratio of imperfect grains was increased at right before heading time or on heading time by *Nigrospora oryzae* or *Alternaria alternata*, respectively. As discoloration rate of rice grains increased on 'Ilmi-byeo', the percentage of perfect grains decreased proportionally and the percentage of damaged rice grains increased remarkably.

**Keywords** : Rice ear blight, Rice quality, Yield loss

벼에 발생하는 병해로 생육기 중에 피해가 심각하여 수량 감소를 야기하는 것은 주로 도열병, 잎집무늬마름병, 흰잎마름병, 세균성벼알마름병 등이 알려져 있다. 그러나 최근 기상조건이 양호하고 병해 방제가 철저히 이루어짐에 따라 도열병 등의 발생이 적어진 반면 이삭마름병의 발생이 증가하고 있다. 이삭마름병은 출수 이후부터 수확기까지도 다양한 병원균들에 의하여 벼 이삭 및 벼 알을 변색시키거나 등숙 불량의 원인 및 원전마을을 저하시켜 품질이 떨어지게 하는 경우가 많다(Cofelice 등, 2002; Ngala, 1983; Suzuki와 Yamaguchi, 1972).

Pucci 등(1999)은 *Alternaria padwickii*가 벼에 24% 정도 발병율을 보였으며, 벼 잎에 반점형의 병반을 형성한다고 하였다. Khan 등(1997)은 1996년과 1998년 북부 이

탈리아에서 *A. padwickii*의 발병으로 *Bipolaris oryzae*와 같이 정조 수량 감소 및 품질을 저하하는 것으로 보고하였다.

이삭마름병은 최근 출수기 이후 고온화 현상과 더불어 피해가 증가하기 시작하였으나 국내의 연구는 매우 미진한 상태이다. 일본에서는 佐藤 등(1969)이 벼 알에서 *Helminthosporium* sp.외 10종의 균을 분리하였고, 이삭마름병을 일으키는 병원균들이 벼 알까지 침입할 경우 반점미, 갈색미 등과 같이 쌀을 변색시킴으로 품질을 저하시키는 것으로 보고하였으나, 국내에서는 아직 이러한 구체적인 연구가 없는 실정이다. 심 등(2005)은 2001년부터 2003년까지 전국 28지역에서 이삭마름병에 관여하는 것으로 알려진 진균을 일미벼에서 23종, 대산벼에서 13종의 진균을 분리 동정하였다. 이 중에서 *Alternaria alternata*, *A. padwickii*, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Nigrospora oryzae* 등 5종이 분리빈도가 가장 높았으며, 이삭마름병에도 크게 관여하는 것으로 보고하였다. 본 연

\*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0152, Fax) +82-31-290-0105

E-mail) hsshim@rda.go.kr, shim2385@paran.com

구에서는 이들 5종의 진균을 대상으로 온실시험을 통하여 발병시기 및 발병정도가 벼 수량과 품질에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

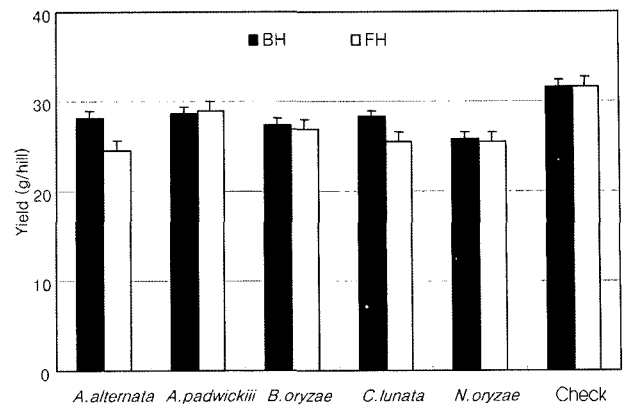
**사용균주 및 벼 재배 방법.** 발병시기와 발병정도에 따른 수량과 품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 본 시험에는 2001년부터 2003년까지 분리한 균주 중 분리빈도가 높고 병원성이 있는 *A. alternata*, *A. padwickii*, *B. oryzae*, *C. lunata*, *N. oryzae* 등 5종을 사용하였다. 병원균 접종을 위하여 '일미벼'를 사용하였으며, 1/5000a 와 그너 포트를 사용하여 재배하면서 기비로 포트당 요소 0.80 g, 용과린 2.50 g, 염화加里 0.58 g을 사용하고 분얼비로 포트당 요소 0.65 g을 사용하였으며, 이삭거름으로 포트당 요소 0.65 g과 염화加里 0.25 g을 각각 사용하여 재배하였다.

**이삭마름병 발병시기가 수량과 품질에 미치는 영향.** 발병시기를 출수 직전과 출수시로 구분하고 준비된 병원균은 포자농도를  $1 \times 10^4$ 개/ml로 희석하여 Tween 20(10%)을 첨가한 후 벼 포기당 20 ml씩을 분무접종하고 25°C 접종상에 24시간 치상한 다음 온실로 이동하여 병발생을 관찰하였으며, 수확기에 이르러 일시에 수확하여 일주일 동안 실내에서 음건한 후 포기당 무게를 측정하였다. 품질 조사는 수량조사 후 각각의 벼를 10 g씩 취하여 간이 현미기를 이용하여 도정하여 형태가 완전한 쌀을 완전미로, 쌀의 형태가 변형되거나 변색된 것은 피해미, 완전히 등숙되지 않아 녹색을 띠는 쌀은 청미, 도정시 쌀이 깨진 것은 쇠미로 구분하여 조사하였다.

**이삭마름병 발병정도가 수량과 품질에 미치는 영향.** 발병정도가 수량과 품질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 재배중인 일미벼가 완전히 출수한 다음 *A. alternata*와 *C. lunata* 2종의 병원균의 포자농도를  $1 \times 10^3$ 개/ml과  $1 \times 10^5$ 개/ml로 희석하여 Tween 20(10%)을 첨가한 후 벼 포기당 20 ml씩을 분무접종하고 25°C 접종상에 24시간 치상한 다음 온실로 이동하여 병발생을 관찰하였으며, 수확기에 이르러 일시에 수확하였다. 수량과 품질조사는 상기 방법과 동일하게 조사하였다.

## 결과 및 고찰

**이삭마름병 발병시기가 수량과 품질에 미치는 영향.** *A. alternata*, *A. padwickii*, *B. oryzae*, *C. lunata*, *N. oryzae* 5종(심 등, 2005)을 대상으로 각각의 균을 단독으로 배양

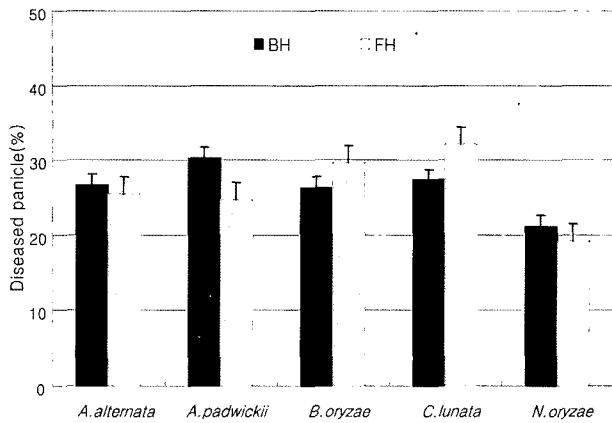


**Fig. 1.** Yield of rice inoculated with spore suspensions of five pathogenic fungi at before heading time and at full heading time in the green house. BH: Before heading, FH: Full heading. Check: No inoculation. Significant at ( $P < 0.05$ ).

하여 온실에서 일미벼를 재배하여 출수 직전과 출수시에 분무접종하여 수량과 품질에 미치는 영향을 분석하였다. 출수 직전에 병원균을 접종한 경우 무발병구의 주당 수량이 31.6 g이었으며, *A. padwickii*는 28.6 g, *C. lunata*는 28.2 g, *A. alternata*는 28.1 g, *B. oryzae*는 27.3 g이었고, *N. oryzae*는 25.8 g으로 수량이 가장 적었다(Fig. 1). 출수시에 접종한 경우에는 병원균이 직접 벼 알을 침해하게 되므로 출수 직전에 접종한 경우보다 수량에 미치는 영향은 더 크게 나타났는데, 접종구별 수량은 *A. alternata*는 24.5 g, *C. lunata*는 25.4 g, *N. oryzae*는 25.5 g, *B. oryzae*는 26.9 g, *A. padwickii*는 28.9 g이었다. 시험에 사용한 5종의 병원균 중에서 *A. padwickii*은 출수 직전이나 출수시에 접종시 비교적 수량에 피해를 적게 미치고, *C. lunata*는 수량감소가 심한 것을 알 수 있었으며, *N. oryzae*는 접종시기와 관계없이 무처리에 비하여 수량 감소가 크게 나타나 시험한 병원균 중 가장 피해가 큰 것으로 생각된다.

출수 직전에 병원균을 접종한 경우 병 발생정도를 비교한 결과 *A. padwickii*가 이병수율 30.3%로 병발생이 가장 많았고, *N. oryzae* 21.2%, *B. oryzae* 26.3%, *A. alternata* 26.7%, *C. lunata* 27.3% 순이었으며, 출수시에 접종한 경우에는 *C. lunata*가 이병수율 32.2%로 병 발생이 가장 심하였으며, 다음으로 *B. oryzae* 29.7%, *A. alternata* 25.5%, *A. padwickii* 24.7%, *N. oryzae* 19.2% 순으로 발병에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Fig. 2). 이삭마름 증상을 일으키는 병해는 대부분이 출수 이후 기상조건에 따라 달라지기는 하지만 출수 후 벼알에 병원균이 침입하여 발병을 일으키기 때문에 출수 후의 발병이 중요한 역할을 하게 된다.

본 연구의 결과 *B. oryzae*와 *C. lunata*는 다른 병원균에



**Fig. 2.** Incidence of ear blight on rice inoculated with spore suspensions of pathogenic fungi at before heading time and at full heading time in the green house. **BH:** Before heading, **FH:** Full heading.

비하여 출수시에 접종한 경우 심하게 발병되므로 이 두 종의 병원균의 발생을 억제하는 것이 이삭마름 증상을 관리하는 중요한 관건이라 하겠다. 이상의 결과를 종합해 보면 이삭마름병의 가장 중요한 병원균은 *B. oryzae*와 *C. lunata*라고 할 수 있겠다. 권 등(1985)은 종자 변색에 관여하는 *C. lunata* 등 7가지 균을 접종한 결과 대조구에 비하여 천립중이 낮고, 7가지 균을 혼합하여 접종한 경우에도 천립중과 등숙율이 대조구보다 저하되었다고 하였는데 본 연구에서는 5개 균을 각각 접종한 경우 출수 직전 보다는 출수시에 접종한 경우가 대조구보다 수량이 저하됨을 알 수 있었다. 이는 이삭마름병이 출수전 보다는 출수 후에 발병하여 수량에 영향을 미친다는 것임을 알 수 있다.

또한 5종의 병원균을 일미벼를 대상으로 출수 직전과 출수시에 접종하여 수확기까지 온실에서 재배한 후 수확하여 현미로 도정 후 병원균 별로 현미의 품질을 조사하였다. 출수 직전에 접종한 시험구의 현미품질을 분석한 결과 5종의 병원균 접종구 중 *C. lunata*를 접종한 벼는 완전미율이 82.6%, *A. alternata*와 *B. oryzae*를 접종한 벼는 완전미율이 81.4%이었고, *A. padwickii*를 접종한 벼는 완전미율이 79.3%이었으며, *N. oryzae*를 접종한 벼는 완전미율이 77.2%로 가장 낮았으나 통계적 유의성이 없었다. 그러나 피해미 발생율은 *A. alternata* 11.1%, *A. padwickii* 13.7%, *B. oryzae* 13.3%, *C. lunata* 14.4%, *N. oryzae* 19.9%로 균주간에 차이가 있음을 알 수 있었다(Table 1).

또한 출수시에 접종한 시험구에서의 완전미율은 *A. alternata* 73.5%, *N. oryzae* 76.7%, *A. padwickii* 80.1%, *C. lunata* 82.7%, *B. oryzae* 82.8% 순으로 완전미 형성에 지장을 주는 것으로 나타났으며, 피해미 발생율은 *A. alternata* 24.8%, *A. padwickii* 19.8%, *B. oryzae* 17.0%,

**Table 1.** Percentage of healthy, damaged, broken and green grains of rice inoculated with spore suspensions of pathogenic fungi at before heading time in the green house

Pathogen	Percentage of rice quality <sup>a</sup>			
	Healthy rice	Damaged rice	Broken rice	Green rice
<i>A. alternata</i>	81.4a	11.1b	0.3	7.2
<i>A. padwickii</i>	79.3a	13.7ab	0.2	6.8
<i>B. oryzae</i>	81.4a	13.3b	0.1	5.2
<i>C. lunata</i>	82.6a	14.4ab	0.2	2.8
<i>N. oryzae</i>	77.2a	19.9a	0.1	2.8

<sup>a</sup>Quality was estimated with five grams of rice hulled by mini hull machine.

<sup>b</sup>In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

**Table 2.** Percentage of healthy, damaged, broken and green grains of rice inoculated with spore suspensions of pathogenic fungi at full heading time in the green house

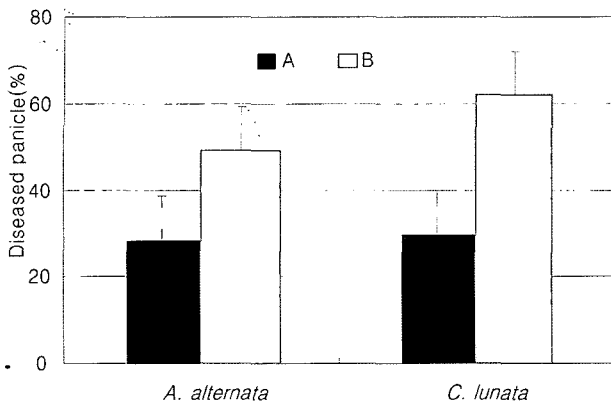
Pathogen	Percentage of rice quality <sup>a</sup>			
	Healthy rice	Damaged rice	Broken rice	Green rice
<i>A. alternata</i>	73.5b	24.8a	0.4	1.3
<i>A. padwickii</i>	80.1ab	19.8ab	0.1	0.0
<i>B. oryzae</i>	82.8a	17.0b	0.1	0.1
<i>C. lunata</i>	82.7a	17.1b	0.2	0.0
<i>N. oryzae</i>	76.7ab	22.5a	0.3	0.5

<sup>a</sup>Quality was estimated with five grams of rice hulled by mini hull machine.

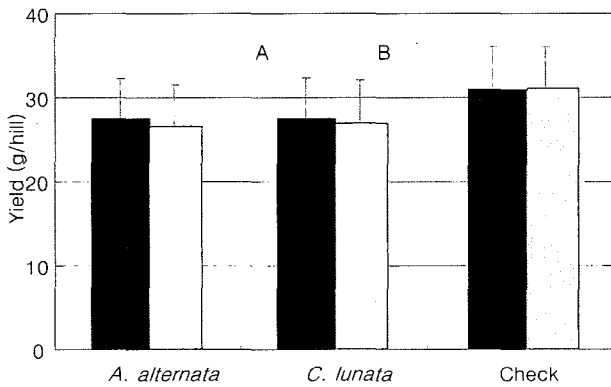
<sup>b</sup>In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

*C. lunata* 17.1%, *N. oryzae* 22.5%로 균주간에 통계적 유의성이 인정되었다(Table 2). 출수 전·후의 발병으로 인한 완전미를 차이는 크기 않았으나 피해미 발생율은 출수 직전 보다 출수시에 발병할 경우 피해가 증가할 것으로 생각된다. 그러나 이러한 결과들은 온실조건에서 얻어진 경우로 실제 야외 포장의 경우는 다양한 병원균들이 복합 감염될 수 있고, 기상환경 등의 조건이 달라질 수 있으므로 실제 포장에서의 발병 상황에 따른 피해해석이 필요하다고 생각된다. 강 등(1972)은 이삭마름병의 방제 시기 시험에서 출수 개화기 약제 살포가 유숙기 살포보다 방제 효과가 우수하다 하였는데, 본 시험에서도 출수시에 접종한 시험구가 수량과 품질이 출수 직전에 접종한 시험구보다 저하되는 것으로 보아 이 시기에 이삭마름병이 발병되면 피해가 클 것으로 생각된다.

**이삭마름병 발병정도가 수량 및 품질에 미치는 영향.** 이삭마름병의 발병정도가 수량에 미치는 영향을 분석하

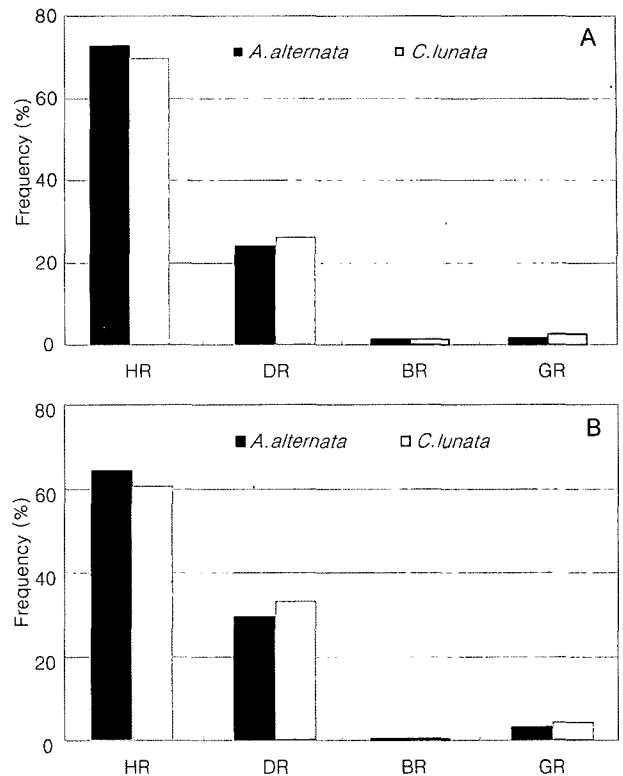


**Fig. 3.** Incidence of ear blight on rice inoculated with spore suspension of pathogenic fungi at before heading time in the greenhouse experiment. **A:**  $1.0 \times 10^3$  spores/ml, **B:**  $1.0 \times 10^5$  spores/ml.



**Fig. 4.** Yield of rice inoculated with spore suspensions of pathogenic fungi at before heading time in the greenhouse. Inoculation concentration: **A:**  $1.0 \times 10^3$  spores/ml, **B:**  $1.0 \times 10^5$  spores/ml.

기 위하여 온실에서 일미벼를 재배하여 *A. alternata*와 *C. lunata*를 출수 직전에 병원균의 농도를  $1.0 \times 10^3$  spores/ml 과  $1.0 \times 10^5$  spores/ml로 조정하여 분무 접종하였다. 그 결과 발병정도는 병원균 농도가 높을수록 발병율이 높았으나(Fig. 3) 수량에 있어서는 차이가 없었다(Fig. 4). 그러나 현미 품질에 있어서는 병원균의 농도를  $1.0 \times 10^3$  spores/ml로 접종하였을 때 완전미율이 70% 정도였으나 병원균의 농도를  $1.0 \times 10^5$  spores/ml로 접종하였을 때 완전미율이 60% 정도로 감소하였다(Fig. 5). 이삭도열병의 발병이 심할수록 완전미율이 낮아지듯이(심 등, 2003) 이삭마름병균의 접종농도를 달리 할 경우 발병이 심한 구에서 완전미율이 감소하는 것으로 보아 고품질 쌀 생산을 위해서는 이삭마름병의 관리가 필요하다고 하겠다. 또한 이러한 원인은 병원균의 벼 알까지 침해하여 피해미 발생을 증가시킨 것으로 추정되는데 이삭마름병을 일으키는 병



**Fig. 5.** Percentage of healthy, damaged, broken and green grains of rice inoculated at the concentration of  $1 \times 10^3$  spores/ml (**A**) and  $1 \times 10^5$  spores/ml (**B**) of spore suspension at before heading time in the greenhouse. **HR:** Healthy rice, **DR:** Damaged rice, **BR:** Broken rice, **GR:** Green rice.

원균들은 벼를 침해하여 조식을 직접적으로 파괴하는 것이 아니라 쌀의 변색을 야기하여 품질을 저하시키는 것으로 생각된다(Cofelice 등, 2002).

## 적 요

일미벼는 착색정도가 심할수록 완전미 비율이 낮아지고, 변색미, 사미, 청미, 쇠미의 비율이 높아지며, 착색정도가 심할수록 현미의 진균 오염정도가 높았으며, 진균 종류도 다양하였으며, 출수 직전과 출수시 병원균을 접종한 결과 주당 수량은 무처리 대비 큰 차이는 없었으며, *A. alternata*, *A. padwickii*, *N. oryzae*는 출수 직전에, *B. oryzae*와 *C. lunata*는 출수시 접종할 경우 발병이 높았다. 출수 직전 병원균 접종시 *N. oryzae*가 현미의 완전미 형성에 가장 크게 영향을 주었으며, 출수시 병원균 접종시에는 *A. alternata*가 현미 품질에 가장 크게 영향을 주었으며, 발병정도가 수량에 미치는 영향은 적은 편이나, 병원균 접종량이 많아질수록 발병율은 매우 높아지고 품질도 저하되었다.

## 참고문헌

- Cofelice, G., Conca, G., Infantino, A., Riccioni, L., Porta-Puglia, A. and Russo, S. 2002. Observations on paddy mycoflora and discoloration of rice kernels. *Informatore Fitopatologico* (Italy) 52: 58-63.
- 강창식, 김장규. 1972. 벼 이삭마름병해에 관여하는 균류에 관한 연구. *한국식물보호학회지* 11: 101-107.
- Khan, S. A. J., Jalaluddin, M. and Ghaffar, A. 1997. Detection of *Alternaria padwickii* the case of stack burn diseases of rice. *Pakistan Journal of Botany* 29: 359-361.
- 권진숙, 박종성, 유승현. 1985. 벼 이삭마름병해에 관여하는 균류의 검출과 검출된 균류가 종자 변색 및 수량에 미치는 영향. *충남대 농업기술연구보고* 12: 199-203.
- Ngala, G. N. 1983. *Sarocladium attenuatum* as one of the causes of rice grain spotting in Nigeria. *Plant Pathology* 32: 289-293.
- Pucci, N., Di Giambattista, G., Infantino, A., Porta Puglia, A. and Russo, S. 1999. *Alternaria padwickii* on rice in Italy. *Sementi Elette* (Italy) 45: 29-31.
- 심홍식, 홍성기, 홍성준, 김용기, 예완해, 성재모. 2005. 벼 이삭마름병에 관여하는 진균의 검출. *식물병연구* 11: 93-97.
- Suzuki, H. and Yamaguchi, T. 1972. Causal fungi of rice ear blighting and the factors of its occurrence. *Bull. Hokuriku Agric. Exp. Sta.* 14: 63-90.
- Umehara, Y. Teranishi, T. and Yamamoto, K. 1981. Severe occurrence of false smut of rice in Toyma Prefecture in 1980. *Proc. Associat. Plant Prot. Hokuriku* 29: 25-31.
- 佐藤徹, 西澤正洋. 1969. 九州おけるイネ變色穂からの分離菌について. *日植病報* 35: 100.