

## 출수기 기상환경이 세균성 벼알마름병 발생에 미치는 영향

차광홍\* · 이용환 · 고숙주 · 박서기<sup>1</sup> · 박인진

전남농업기술원 식물환경연구과, <sup>1</sup>순천대학교 농과대학 응용생물원예학부

### Influence of Weather Condition at Heading Period on the Development of Rice Bacterial Grain Rot Caused by *Burkholderia glumae*

Kwang-Hong Cha\*, Yong-Hwan Lee, Sook-Joo Ko, Seur-Kee Park<sup>1</sup> and In-Jin Park

Jeonnam Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Korea

<sup>1</sup>Faculty of Applied Biology and Horticulture, College of Agriculture,

Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea

(Received on October 4, 2001)

The relationships between the weather conditions and the occurrence of rice bacterial grain rot caused by *Burkholderia glumae* during the rice heading period, were examined by analyzing the data accumulated from 1992 through 2000 and by conducting greenhouse and field experiment to develop a model for forecasting the disease. The disease severely occurred in 1994, 1995, 1998, and 2000, when it was high in temperature and rainfall during the heading period of middle-late rice varieties. While it occurred weakly in 1993 was high in rainfall and low temperature and it was reversely in 1997. When treated under wetting condition (above the 24-hour) after inoculation at heading period, the infection rate increased as the inculum concentration increased, it was 86.1% at 10<sup>8</sup> cfu/ml. When under drying condition, the disease of 12.5% occurred only at 10<sup>8</sup> cfu/ml. On the other hand, 1,000 grain weight and the percentage of ripened grains remarkably decreased as the infection rate increased.

**Keywords :** bacterial grain rot, *Burkholderia glumae*, heading period, rice, weather condition

세균성벼알마름병은 1955년 일본 후쿠오카현(福岡縣)에서 최초로 발생이 확인되었고, 동남아시아의 미작지대인 태국에서는 1972년, 말레이시아에서는 1975년, 스리랑카에서는 1986년에 발생되었다(茂木, 1987). 우리나라에서는 1986년 수원, 이천, 이리, 김제, 담양, 나주, 밀양 등 8개 지역에서 확인되었는데(茂木·金, 1987), 최초의 포장 발병율은 10~20% 정도로 크게 문제되지 않았지만, 1990년 전남 서해안 지대에서 270 ha 정도 발생하였고, 1994년에는 전국에서 8,549 ha, 1998년에는 5,152 ha가 발생하여 문제 병해로 대두되게 되었다(농촌진흥청, 1992~2000).

우리나라에서는 茂木·金(1987)에 의해 전국적인 발생이 확인된 이후, 車 등(1988, 1994, 1995)에 의하여 전남 지방을 중심으로 이 병에 대한 발생상태와 기상환경에 대하여 연구되었다. 또한 이 등(1999)에 의하여 생육시기별

식물체내의 세균 증식과 발병률 및 저항성 정도와 약제 방제 효과에 대한 시험이 수행되었으나, 이 병의 중요도에 비하면 연구결과가 미흡한 실정이다.

이 연구는 출수기의 기상환경에 따른 발생상태를 분석하여 기상예찰의 기초자료로 활용코자 1992년부터 2000년까지 벼 출수기의 기상 조건과 세균성벼알마름병 발생과의 관계를 검토하였다. 또한 온실과 포장에서 접종 시험을 통해 병원균 농도와 기상 조건과의 관계를 구명하였다.

### 재료 및 방법

**연차간 출수기의 기상과 세균성벼알마름병 발생에 관한 자료분석.** 농작물 병해충 예찰방제보고서(농촌진흥청)를 참조하여 1992년부터 2000년까지 세균성벼알마름병 발생면적을 조사하였고, 벼의 출수기인 7월 하순부터 9월 중순까지 기상월보(기상청)를 참조하여 평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량 등을 5일 간격(반순)으로 정리

\*Corresponding author

Phone) +82-61-330-2683, Fax) +82-61-336-4076

E-mail)chakh@chonnam.rda.go.kr

하여, 연도별로 병 발생이 많은 해와 적은 해의 기상환경을 비교 분석하였다.

**병원세균의 배양.** 농업과학기술원 식물병리과에서 분양받은 *Burkholderia glumae* SL 947 균주를 peptone sucrose agar(PSA : peptone 20 g, sucrose 20 g, agar 15 g per liter) 평판배지에서 27°C, 48시간 배양한 후 멸균수로 현탁, 접종원으로 사용하였다. 접종원은 실험 목적에 따라 멸균수에 단계별로 희석하여 농도를 조정, 사용하였고, 균주는 4°C 보존하면서 이용하였다.

**세균접종 농도 및 습실처리 시간에 따른 세균성벼알마름병의 발생과 수량 조사.** 대산벼를 2000년 6월 9일 pot당 3주를 심어 유리온실 내에서 전남 표준재배 조건으로 관리한 후, 병원균 접종농도를 0, 10<sup>2</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup>, 10<sup>8</sup> cfu/m로 하여 처리 당 5 pot씩 출수기인 8월 24일에 분무접종하였다. 접종 pot는 120 cm(H)×120 cm(W)×200 cm(L) 규모로 제작된 간이 습실상에 옮기고, 비닐과 흑색 차광망으로 멀칭하여 습도를 유지하고 고온 상승을 예방하였다. 습실처리는 0, 24, 48시간으로 하고, 습실처리 후에는 pot를 다시 유리온실로 옮겨 관리하면서 이삭의 발병 정도를 접종 후 3주까지 조사하였다. 발병지수는 아래와 같은 방법으로 조사하였다.

$$\text{발병도} = \frac{4A+3B+2C+D}{\text{조사이삭수} \times 4} \times 100$$

- A : 이삭 당 발병벼알이 61% 이상 이삭수
- B : 이삭 당 발병 벼알이 31~60% 이삭수
- C : 이삭 당 발병 벼알이 11~30% 이삭수
- D : 이삭 당 발병 벼알이 10% 이하 이삭수
- E(0) : 무발병 이삭수

수량구성요소는 접종 농도 및 습실처리 시간별로 3주

씩 취하여 이삭수, 이삭알수, 천립중 및 등숙율을 조사하여 비교 분석하였다. TR-72 온습도계(Japan)를 이용하여 유리온실과 습실상의 온습도를 측정하였다.

**출수기 기상조건과 세균성벼알마름병의 발생정도 조사.** 출수기를 다르게 하기 위하여 일미벼를 2000년 5월 30일과 6월 15일에 전남농업기술원 시험 포장에 이앙하였다. 각각의 출수기인 8월 19일과 8월 23일에 2수준(10<sup>6</sup>과 10<sup>8</sup> cfu/ml)의 세균현탁액을 일몰 이후에 분무접종하고 자연 방치한 후 접종 2주 후에 처리 당 20주씩 앞의 방법과 동일하게 발병정도를 조사하였다. 기상 조건은 시험 포장에 설치되어 있는 자동기상관측장비(Campbell, USA)를 이용하여 조사하였다.

## 결 과

**자료분석을 통한 연차간 출수기의 기상 조건과 세균성벼알마름병 발생간의 상관성.** 병 발생과 기상요인간의 상관성을 분석하기 위하여 1992~2000년까지 9개년 동안의 7~9월중 기온과 강수량을 반순별로 정리한 후 연도별 발생면적과 비교하였다. 많이 발생했던 해는 '94, '95, '98년, 2000년이었고 적게 발생한 해는 '93, '97년이였다(Table 1). 많이 발생한 해의 기상요인을 보면 중생종과 중만생종의 출수기인 8월 1일부터 8월 20일(1, 2, 3, 4반순)까지의 최저기온이 22~26°C로 고온으로 경과되었고 강우가 많은 경향이였다. 적게 발생한 해인 '97년도에는 8월 11일부터 8월 25일(3, 4, 5반순)까지의 최저온도는 22~25°C 내외를 유지하였으나 강우가 적은 경향이였고, '93년도에는 출수기에 강수량과 강우일수는 많았으나 최저온도가 22°C이하로 경과되었다(Fig. 1).

연차별 조, 중, 중만생종의 재배면적비율과 병 발생면

**Table 1.** Changes of diseased areas of rice bacterial grain rot and percentage of planting area rice varieties from 1992 to 2000 in Korea

Year	Diseased areas (ha)	Areas cultivated with varieties (%)		
		Early <sup>a</sup> ripened	Middle <sup>b</sup> ripened	Middle late <sup>c</sup> ripened
92	1,634	1.0	12.5	86.5
93	349	1.0	10.0	89.0
94	8,547	2.0	11.0	87.0
95	5,603	2.0	21.0	77.0
96	1,320	1.0	22.0	77.0
97	463	1.0	32.0	67.0
98	5,435	1.3	40.5	58.2
99	3,340	0.5	10.7	88.8
2000	16,609	1.0	13.4	85.6

<sup>a</sup>Early ripened varieties include Sobibyeo, Unbongbyeo, Geurobyeo, Samchonbyeo, Keumbyeo, Odaebyeo.

<sup>b</sup>Middle ripened varieties include Hwaseongbyeo, Hwayoungbyeo, Gancheokbyeo, Hwabongbyeo, Shinseonchalbyeo.

<sup>c</sup>Middle late ripened varieties include Dongjinbyeo, Tamjinbyeo, Kyehwabyeo, Mankeumbyeo, Ilmibyeo, Donganbyeo, Daesanbyeo.

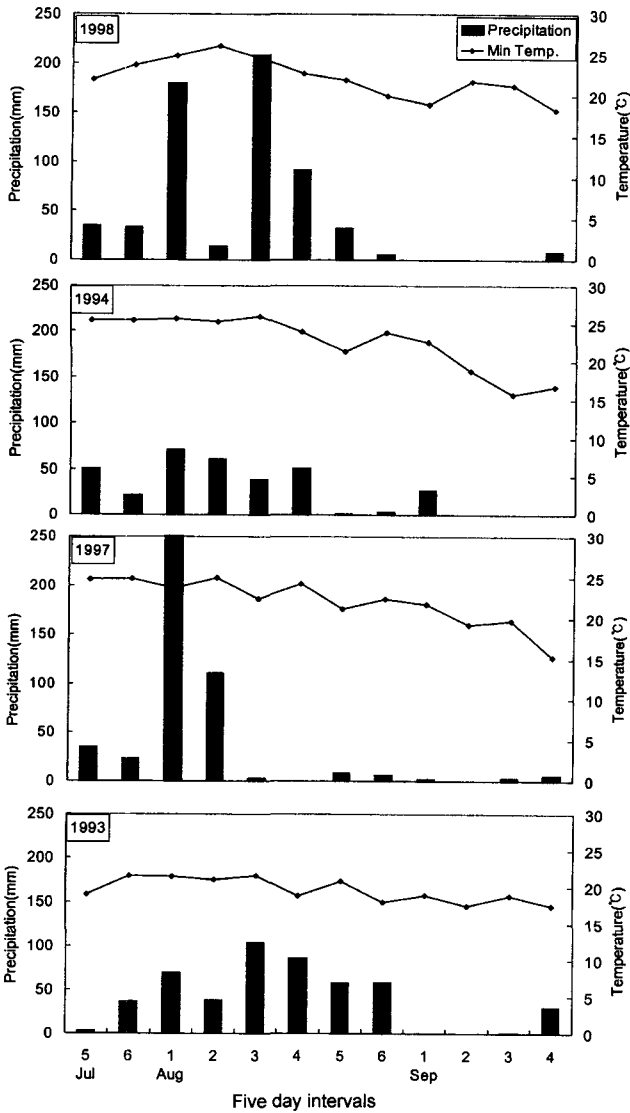


Fig. 1. Minimum temperatures and precipitations during the rice heading periods in 1994 and 1998, when rice bacterial grain rot occurred severely, and 1993 and 1997, when it occurred weakly.

적을 비교 분석한 결과, 많이 발생한 해인 '98년에는 중생종의 재배면적이 40.5%, '94년도에는 11%이었고, 적게 발생한 해인 '97년에는 32.0%, '93년에는 10.0%로서 조·중·만생종의 재배면적 비율과 병 발생면적과는 일정한 경향치를 보이지 않았다(Table 1).

**출수기의 균점종 농도 및 기상조건에 따른 세균성벼알마름병의 발생.** 출수기의 균점종 농도 및 습실처리시간에 따른 발병정도 및 수량구성요소를 조사하였다. 습실처리를 한 경우에는 접종 농도에 관계없이 접종 4일 후부터 발병하기 시작하였고, 농도가 높을수록 발병정도도 심해져, 10<sup>8</sup> cfu/ml 접종구의 경우 접종 후 18일에 80%

이상 증가하였다. 하지만 24시간과 48시간의 습실처리시간 사이에는 발병정도에 큰 차이를 보여주지 않았다. 반면, 습실 처리를 하지 않은 경우에는 10<sup>8</sup> cfu/ml에서만 12.5%의 발병도를 보였고 그 외 농도에서는 전혀 발생하지 않았다. 이들 처리에 따른 수량구성요소를 보면 발병도가 증가할수록 이삭 및 이삭알수는 큰 차이를 보이지 않았던 반면 천립중과 등숙율이 현저히 감소했는데, 특히 습실처리구의 10<sup>8</sup> cfu/ml 농도에서 등숙률은 10% 내외로 무처리 89.8%에 비해 매우 낮았다(Table 2).

출수기의 기상조건에 따른 발병정도를 구명하기 위하여 출수기가 서로 다른 8월 19일과 8월 23일 일미비에 10<sup>6</sup>과 10<sup>8</sup> cfu/ml 농도로 접종한 결과, 8월 19일에 접종했을 경우 10<sup>6</sup> cfu/ml 농도에서 53.2%, 10<sup>8</sup> cfu/ml 농도에서 92.9%로, 8월 23일에 접종한 8.2%와 49.2%보다 높게 발생하였다(Table 3). 한편, 접종 당일인 8월 19일에는 최저온도가 23.2°C로 8월 23일의 17.6°C 보다 월등히 높았지만, 접종 후 6일까지의 최저온도는 8월 23일 접종구에서 오히려 높은 경향이였다. 강수량의 경우, 8월 19일에는 2.7 mm로 8월 23일의 0.1 mm 보다 많았지만, 접종 후 6일까지는 8월 23일 접종구에서 오히려 많았다(Table 4).

## 고찰

세균성벼알마름병은 출수기 기상조건과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 고토(後藤, 1983)는 출수 개화기의 고온, 특히 최저기온이 높고 강우일수가 많으며 병원세균을 전파시킬 수 있는 약한 강우와 바람이 병 발생을 조장한다고 보고하였다. 모기·쓰시마(茂木·對馬, 1984)는 벼 생육 후반기의 최저기온이 22~23°C 이상 장기간 지속될 때 발생이 많았다고 했다. 또 요코야마·나카야마(横山·中山, 1986)은 포장 시험결과, 출수기 전후 5일간의 최저기온의 평균치가 23°C에서 강수일수가 많을 때 발병이삭율이 높았으며, 이 경우 강수량은 1일 5 mm 이상 30 mm까지는 발병이삭율이 높았으나 30 mm를 넘었을 때는 낮았다고 했다. 이상의 결과와 마찬가지로 본 논문에서도 병 발생이 많았던 '94, '98년의 출수기 기상이 고온 다습한 경향이였고, 특히 출수기(8월 중·하순)의 지속적인 고온이 이 병의 다발생을 조장하는 것으로 생각되었다. 또한 조, 중, 중만생종의 재배면적과 연차간의 발생면적을 비교 분석한 결과 일정한 경향치는 없었으며, 포장저항성의 강약은 출수시의 환경조건에 의해 발병이 좌우되며 고온 하에서는 어떠한 품종에서도 발병한다는 茂木과 對馬(1984)의 보고와 일치하는 경향이였다.

Tsushima 등(1985, 1986)은 24°C의 습실처리 4시간 이

**Table 2.** Effect of inoculum concentrations of *Burkholderia glumae* and wetting times on the disease occurrence and the rice yield components<sup>a</sup>

Wetting times (hr)	Inoculation concentration	Diseased index <sup>b</sup> (%)	No. of Investigated panicles	No. of spikelets/ panicle	1000 grains weight (g)	Ripened grains (%)
0	0	0	26	60.8	24.7	89.8
	10 <sup>2</sup>	0	22	56.8	23.2	89.7
	10 <sup>4</sup>	0	22	78.8	26.5	93.3
	10 <sup>6</sup>	0	16	77.6	24.2	87.5
	10 <sup>8</sup>	12.5	19	68.7	22.3	86.3
24	0	0	20	70.1	24.7	89.8
	10 <sup>2</sup>	36.1	19	78.2	13.1	28.5
	10 <sup>4</sup>	38.8	22	69.3	11.4	22.5
	10 <sup>6</sup>	69.4	17	63.2	8.6	8.7
	10 <sup>8</sup>	86.1	19	52.8	9.2	11.3
48	0	0	28	61.6	24.2	87.5
	10 <sup>2</sup>	24.1	18	61.8	19.4	61.0
	10 <sup>4</sup>	36.8	24	70.4	13.4	19.9
	10 <sup>6</sup>	67.2	19	77.1	11.1	16.4
	10 <sup>8</sup>	91.1	26	56.0	8.7	4.4

<sup>a</sup>Daesan cv was inoculated on August 24 and investigated on September 11.

$$^b\text{Diseased index}(\%) = \frac{4A + 3B + 2C + D}{\text{Investigated panicles} \times 4} \times 100$$

A: No. of panicles more than 61% diseased grains per a panicle, B: No. of panicles of 31~60% diseased grains per a panicle, C: No. of panicles of 11~30% diseased grains per a panicle, D: No. of panicles less than 10% diseased grains per a panicle, E: non diseased grains.

**Table 3.** Rice bacterial grain rot occurrence by inoculum concentrations of *Burkholderia glumae* at different heading times in the field

Heading periods (Inoculation date)	Inoculum concentrations (cfu/ml)		
	0	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>
8. 19 <sup>a</sup>	0 <sup>c</sup>	53.2	92.9
8. 23 <sup>b</sup>	0	8.2	49.2

<sup>a</sup>It planted at May 30. <sup>b</sup>It planted at June 15. <sup>c</sup>Diseased index was investigated 2 weeks after inoculation.

상 조건에서 접종농도가 10<sup>6</sup> cfu/ml 이상일 때 발병이 심하였고, 28°C에서는 10<sup>4</sup> cfu/ml에서도 발병하지만 10<sup>8</sup> cfu/ml에 비하여 50% 수준이었다고 하였다. 본 시험에서도 습실처리를 하였을 경우, 습실처리시간(24시간과 48시간)에 따른 차이 없이 10<sup>4</sup> cfu/ml에서는 10<sup>8</sup> cfu/ml처리에 비

하여 50% 이하의 수준이었지만, 10<sup>2</sup> cfu/ml에서도 발생하여 접종 1주일 후에는 10<sup>4</sup> cfu/ml 처리와 거의 비슷한 수준으로 증가하였다. 습실처리를 하지 않은 경우에는 10<sup>8</sup> cfu/ml 처리에서 접종 2주일 후에 12.5%의 발병도를 보였지만, 습실처리를 하였을 경우에 비하면 매우 낮았다.

또한, 포장상태에서 출수기를 다르게 하여 병원세균을 접종한 후 발병정도와 기상 환경과의 관계를 조사한 결과, 8월 19일 처리에서는 8월 23일 처리에서보다 발병도가 2배 이상 높게 나타났으며, 접종농도별로도 동일한 경향을 보였다. 전자의 경우에는 접종 당일 최저온도가 23.2°C, 후자는 17.6°C이었는데, 그 이후의 적산온도는 후자가 오히려 높았고, 강수량의 경우에도 접종당일에는 전자에서 더 많았지만, 그 이후에는 후자에서 더 많았다. 이상의 pot 및 포장시험 결과들과 비교해 볼 때, 접종 이후 보다 접종 당일의 온·습도가 병 발생에 더 중요한 역할을 한

**Table 4.** Minimum temperature and precipitation for 7 days after inoculation of *Burkholderia glumae* in the field

	Inoculation date	Days after inoculation							Total
		0	1	2	3	4	5	6	
Min. temp. (°C)	8. 19	23.2	22.0	20.8	19.3	17.6	22.6	21.4	146.9
	8. 23	17.6	22.6	21.4	21.1	23.7	22.7	20.6	149.7
Precipitation (mm)	8. 19	2.7	32.2	0.4	0	0.1	64.1	95.9	195.4
	8. 23	0.1	64.1	95.9	34.1	19.4	0	0	213.6

다는 것을 나타낸다.

Tsushima(1995)는 이 병이 출수 후 개화기에만 감염된다고 보고하였고, 출수 2, 3주 내에 발병 정도가 결정되기 때문에 일단 병징이 나타난 후에는 방제가 거의 불가능하다. 따라서 앞으로 이 병의 효과적인 방제를 위해서는 정확한 예찰이 필수적이고, 이를 위해서는 출수 전에 벼 식물체내의 병원균 밀도를 간편하고 신속하게 측정할 수 있는 방법을 개발하고, 식물체내 병원균 밀도와 기상 조건과의 상호 관계를 구명해야 할 것으로 생각된다.

## 요 약

세균성벼알마름병의 발생 예측 모델을 만들기 위하여 출수기의 기상 환경과 병 발생과의 관계를 자료분석(1992~2000)과 온실 및 포장시험을 통해 조사하였다. 세균성벼알마름병의 발생이 많은 해는 '94, '95, '98, 2000년 이었고, 중만생종 출수기인 8월 상·중순에 고온이 지속되면서 연속강우가 많았다. 반면 병 발생이 적었던 '93년은 강우량과 강우일수는 많았으나 저온이었고, '97년에는 온도는 높았으나 강우가 적은 경향이었다. 출수기에 집중 후 습실처리 하였을 때(24시간 이상)  $10^2$  cfu/ml에서부터 발병하기 시작하여 접종농도가 높을수록 발병도가 높아져  $10^8$  cfu/ml에서는 86.1%의 발병도를 보였다. 습실처리를 하지 않은 경우에는  $10^8$  cfu/ml에서만 12.5% 발병하였다. 또한 발병도가 증가함에 따라 친립중과 등숙률이 현저히 감소하였다.

## 참고문헌

- 後藤孝雄. 1983. 이네모미枯細菌病의 발생生態と研究の現状. 植物防疫 37: 31-35.
- 横山威, 中山武則. 1986. 이네모미枯細菌病의 발생에影響する出穗期前後의 氣象要因. 日植病報 52: 107.
- 차광홍. 1995. 세균성벼알마름병의 발병요인과 방제대책. 식물병과 농업 1: 14-18.
- 차광홍. 1988. 벼에發生하는 細菌病의 發生과 防除에 대하여. 植物保護와 調節 3: 48-55.
- 차광홍, 김영옥, 박인진. 1994. 세균성벼알마름병의 발병환경과 방제연구. 植物保護研究 8: 23-31.
- 이두구, 심형권, 이용훈. 1999. 세균성벼알마름병 전염경로 구명. 호남농업시험장 시험연구보고서. pp. 249-253.
- 十河和博. 1983. 이네모미枯細菌病菌의 圃場ごの越冬と 이네への傳染. 今月の農薬 27: 75-78.
- 茂木静夫. 1987. 이네모미枯細菌病의 發生分布. 今月の農業 31: 32-37.
- 茂木静夫, 對馬誠也. 1984. 最近의 이네모미枯細菌病 多發生と生態. 九州農試研報 47-53.
- 茂木静夫, 金章圭. 1987. 韓國における 이네모미枯細菌病의 發生分布. 日植病報 53: 402.
- 對馬誠也. 1988. 이네모미枯細菌病의 選擇培地. 植物防疫 42: 85-87.
- 농촌진흥청. 1992-1999. 농작물 병해충 예찰방제 보고서.
- 吉村彰治, 久原重松, 田上義也. 1985. 稻稈枯性細菌病의 圃場における發生經過について. 日植病報(講要) 23: 8.
- 기상청. 1992-2000. 기상월보.
- Tsushima, S., Naito, H. and Koitabashi, M. 1995. Change in panicle susceptibility associated with flowering rate of spikelets in bacterial grain rot of rice caused by *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopath. Soc. Jpn.* 61: 109-113.
- Tsushima, S., Mogi, S. and Saito, H. 1986. Effect of temperature on the growth of *Pseudomonas glumae* and the development of rice bacterial grain rot. *Pro. Assoc. Pl. Prot. Kyushu.* 32: 14-16.
- Tsushima, S., Mogi, S. and Saito, H. 1985. Effects of inoculum density, inoculation temperature and incubation period on the development of rice bacterial grain rot. *Pro. Assoc. Pl. Prot. Kyushu.* 31: 11-12.