



## 세균성 벼알마름병의 연구동향

송원엽 · 김형무\*

전북대학교 생물자원과학부 및 농업과학기술연구소

## Current Status of Bacterial Grain Rot of Rice in Korea

Wan-Yeop Song and Hyung-Moo Kim\*

Faculty of Biological Resources Science and Institute of Agricultural Science and Technology, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea

The grain rot of rice caused by *Burkholderia glumae* was first reported in Japan in 1955 and then reported in other countries as well as in Korea in 1986. The pathogen causes both seedling and grain rot of rice but it cannot attack any other parts of adult rice plant. Bacterial colonies grow slowly, and are circular and greyish white. The causal bacterium is Gram-negative and rod shape with 1 - 3 polar flagella, and produce a diffusible yellow-greenish nonfluorescent pigment on King's medium B. Biochemical characteristics such as negative in arginine dehydrolase, oxidase reaction and nitrate reduction and positive in lecithinase, and the utilization of L-arginine and inositol are useful in differentiation of this from other nonfluorescent bacteria pathogenic to rice. This pathogenic bacterium had belonged to the genus *Pseudomonas* but recently was transferred to the new genus *Burkholderia* on the basis of physiological characteristics and DNA-DNA hybridization data. However, other characteristics such as colony heterogeneity or colonial variation after subcultures, phytotoxin, secreting antibiotics, and relationship between yellow greenish pigment production and pathogenicity need to be clarified more. To develop an effective control strategy for this disease, understanding of detailed life cycle of the disease and critical environmental factors affecting disease development is prerequisite. Although 5,435 ha of rice paddy in Korea was infested during 1998, there is no exact estimation of yield losses and distribution of the pathogen. This review will focus on recent progress on the understanding of the bacteriological and ecological characteristics of the causal bacterium and control means of the disease.

**Keywords :** biochemical characteristics, *Burkholderia glumae*, seedling and grain rot.

세균성 벼알마름병의 발생은 1955년 일본의 후쿠오카에서 처음으로 보고 된 후 주로 아시아지역의 일본, 한국, 대만, 태국, 말레이시아 및 스리랑카 등의 미작지대에서 보고되고 있다. 우리나라에서는 1986년 茂木과 숲에 의해서 이 병의 발생이 처음으로 보고된 이래 전국적으로 확산되어 발병하고 있다. 따라서 지금까지 보고된 본 병과 병원균에 대한 자료를 종합하여, 본 병의 병징과 발생, 병원균과 병원성, 병원균의 검정 및 방제 등에 대하여 기술코자한다.

세균성벼알마름병의 병징은 벼의 생육시기에 따라 다르게 나타난다. 주로 유평기와 출수기에 병징이 전형적으로 나타나며, 유평기에 어린 모가 정상적으로 성장하지 못하고 변색하며 부패하는 병징과 출수기 이후 벼알마름병징을 나타낸다. 본 병의 병원균은 *Burkholderia glumae*로 보고되었다.

병징. 이병증자의 병원균 감염정도에 따라 병징은 다르다. 감염정도가 심할 경우 대부분 증자는 발아하지 못하고 부패증상을 보이며, 감염정도가 경미할 경우 발아한 어린 모는 잎이 전개하지 못하거나 엽초가 갈변한다. 또 이병에 감염된 모는 잎이 쪼이기도 하며 갈색증상을 나타내며 생장이 불량하고 결국 고사한다. 모판에서 병징은 보통 처음 발병된 부위를 중심으로 퍼지며 결국 모판 일부 또는 전체가 고

\* Corresponding author  
Phone) +82-652-270-2527, Fax) +82-652-270-2531  
E-mail) me1258@moak.chonbuk.ac.kr



**Fig. 1.** Typical symptoms of seedling rot and grain rot according to the growing stages of rice by the causal pathogen, *Burkholderia glumae*, and morphological and cultural characteristics of the pathogen; 1, seedling rot on nursery box (a) and rotted seedlings turned to brown (b); 2, unevenly distributed infected spikelets in the affected panicle; 3, affected panicles standing erectly in the field; 4, dehulled discolored grains (a), hulled rotted grains (b) showing typical brown bands over the belly of the kernel and dehulled (c), and hulled healthy grains (d); 5, electron micrograph of a cell showing single polar flagellum, 170,000 X; 6, three colony types of the bacteria on PSA medium, R1 type (light yellow, translucent, irregular and larger), R2 (milky white to white, no glistening and small) and wild type S (white, circular, convex and glistening); 7, colony type A (A) and B (B) of *B. glumae* on S-PG selective medium; 8, typical blue and convex colonies of *B. glumae* on PG agar designed for selective detection of the bacteria from rice seeds.

사한다 (Fig. 1-1, a). 발병 중심부는 종자가 발아하지 않거나 썩는 경우도 볼 수 있는데, 심한 경우에는 악취가 난다 (Fig. 1-1, b).

이삭에 발병되면 변색된 벼알이 산재하며 (Fig. 1-2), 병이 진전되면 심하게 감염된 이삭은 고개를 숙이지 못하고 꼳꼳하게 서 있는 것을 볼 수 있다 (Fig. 1-3). 일찍 감염된 벼알은 배의 발육이 정지되고 쪽정이가 된다 (Fig. 1-4, a). 벼알은 기부부터 황백색으로 변색이 일어나며 점점 확대되어 벼알 전체가 변색된다 (Fig. 1-4, b). 이병에 감염된 현미는 건전미 (Fig. 1-4, d) 보다 작으며, 갈색의 줄무늬가 생겨 세균성벼알마름병의 특이한 진단방법으로 이용되기도 한다 (Fig. 1-4, c). 이와 같이 벼의 생장시기와 병원균의 감염정도에 따라 벼알에서 병징은 각각 다르게 나타난다. 벼이삭이 감염되면 이

**Table 1.** Occurrence of grain rot disease of rice in Korea

Year	Disease occurrence (ha)	
	Total	Grain rot (%)
1992	569,132	1,634(0.28)
1993	640,325	349(0.05)
1994	492,667	8,547(1.73)
1995	514,674	5,603(1.08)
1996	441,422	1,329(0.30)
1997	413,397	463(0.11)
1998	440,033	5,435(1.23)

삭 전체가 병원균의 침해를 받아 병징을 나타내기도 하지만 외견상으로 건전한 벼알도 볼 수 있다 (Fig. 1-2). 그러나 외견상으로 건전한 벼알도 병원균에 감염된 경우가 많다.

**발생.** 우리 나라에서 이 병의 발생은 1986년 일부 포장에서 확인 된 후 전국적으로 확산되고 있으며 연도별 발생 상황을 보면 1994년, 1995년, 1998년도에 이 병의 발생이 많아 전체 병해의 1% 이상을 차지하고 있다 (Table 1). 1997년 우리 나라에서 이 병의 발생은 0.1%~35%의 발병률을 보였는데 충북, 경북, 전남지방의 일부 포장에서는 12% 이상의 발병률을 보였다. 특히 포장에 따라 전남의 지역에서는 35%의 높은 발병률을 나타내는 포장도 있었다 (농촌진흥청, 1998). 우리 나라에서 본 병의 다발요인은 출수기의 고온과 연속된 강우라고 알려져 있다 (차, 1995; 차 등, 1994;李와 曠, 1998). 본 병의 병환은 Fig. 2와 같으며 이병종자나 보균종자 등이 전염원으로 알려져 있다. 이 병은 건전종자와 이병종자를 침종했을 때 본 병원균이 침종 한 물에서 검출되는 것으로 보아, 이때 전염되는 것으로 생각된다. 모판에서는 주로 고온 다습할 때 많이 발병되며 유묘부패현상이 일어난다. 어린 모에서는 주로 이병종자를 사용하였을 경우에 육묘상자 재배에서 많이 발생하며, 물못자리나 직파재배의 경우에는 발생이 적다. 모판에서 병의 진전을 보면 발병주를 중심으로 병이 진전되는 것으로 보아 모판에서도 감염이 일어난다. 그러나 포장에서 부적당한 환경에서는 발생이 중지되고 외견상으로 건전한 상태로 병원균이 잠복하는 경우도 있다. 出穗期때 고온조건이 조성되면 벼에 잠복한 병원균에 의해 병징이 나타나게 되는데, 이때 주로 포장에서 2차 감염을 일으킨다. 벼알마름 증상은 개화기를 중심으로 전후에 감염이 일어나며, 감염율은 큰 차이를 보인다고 보고하였다 (對馬와 丙藤, 1988; Tsushima 등, 1995). 출수기의 감염은 출수 2-3일에 가장 높았고 5-6일 부터는 저하하여 개화기를 기준으로 11일간이 감염시기이다. 개화기의 감염은 개화 2일전부터 일어나며, 개화 당일에 감염율이 가장 높고 개화 후 4일부터는 저하하기 시작하여 개화 후 6일까지 지속된다. 이 벼알마름증상은 登熟期에도 나타내

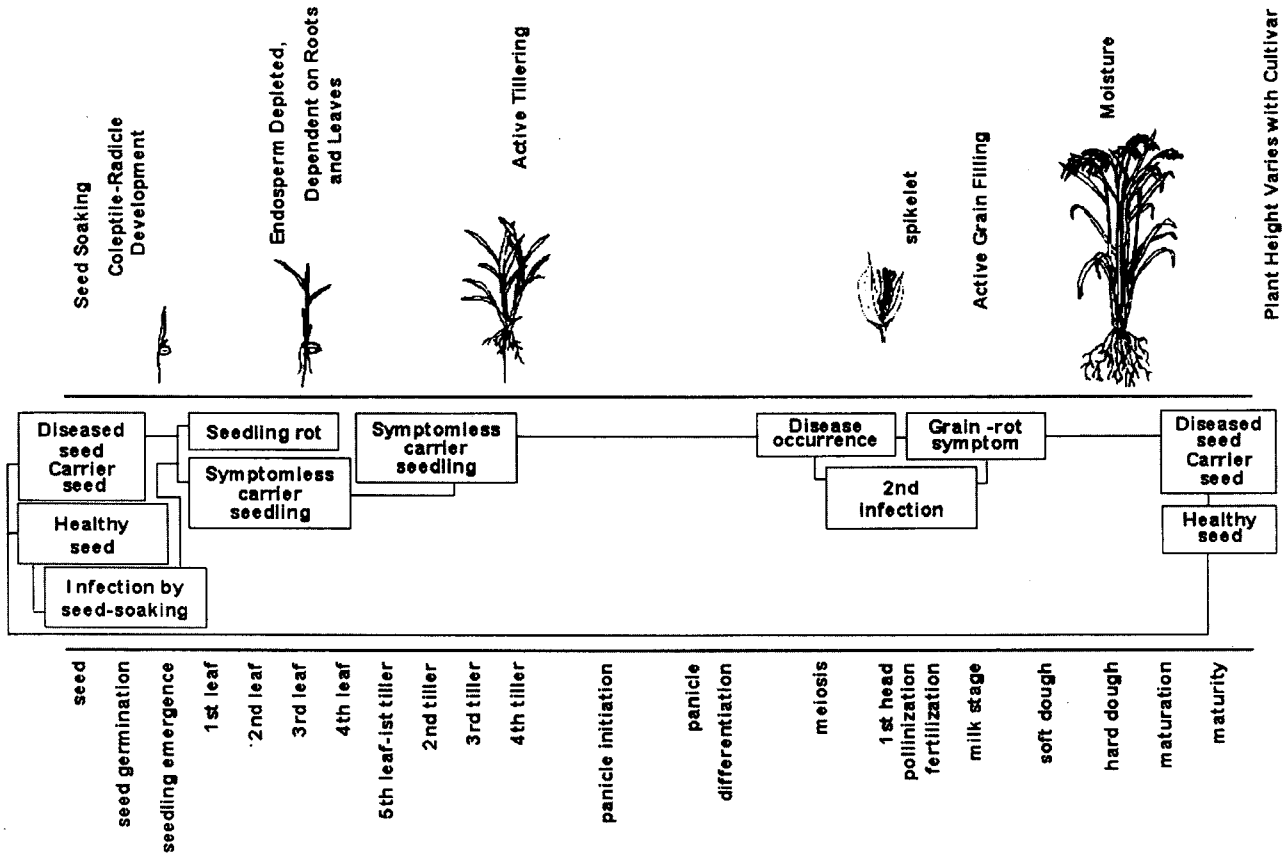


Fig. 2. Developmental stages of rice plant and transmission pathway of bacterial grain-rot pathogen, *Burkholderia glumae*, of rice.

며 收穫期 까지 지속된다.

*Burkholderia glumae*의 세균학적 특성. 본 병원균은 短桿狀으로 크기는 0.7×1.5 ~ 2.5 μm 정도이며, 短極毛를 1~3 개 가지고 있다 (Fig. 1-5). Gram 음성 세균으로서 일반배지 [King's medium B (KB), yeast extract-dextrose-calcium carbonate (YDC), potato-semisynthetic agar (PSA)]에서 황백색의 원형을 보이므로, 벼 관련 타 세균과의 구별이 용이하지는 않다. 벼에 다수 존재하는 비형광성 및 형광성의 병원성 유사세균들과는 집락의 형태 뿐만 아니라 생리생화학적으로도 유사하여 본 병원균의 분리 및 검정이 어렵다. 더욱이 종자검정 시에는 유묘 및 종자에서의 병징 출현 여부와 관련 없이 분리되어져 더욱 혼선을 초래한다. 특히 PSA 같은 일반배지에서 집락의 이형성을 보여 집락의 특성에 의한 분리 및 판별을 어렵게 한다. 또한 가끔 확산성의 황녹색 비형광성 색소를 YDC 또는 KB 배지에서 분비하기도 하여 형광성 pseudomonads와 유사한 특징을 보이기도 한다. Type strain은 NCPPB 2981 (NIAES 1169 ; ATCC33617) 이며, 자연상태의 기주로는 벼 (*Oryza sativa* L.)만이 알려져 있고, 유묘부패증상과 벼알마름병을 일으킨다.

생리생화학적 특성. 생리생화학적 특성의 구분만으로는 *Burkholderia* 속으로의 분류가 어려우나 본 병원균의 생리생화학적 특성은 Table 2와 같다.

그러나 lipid (tween 80) 가수분해, 담배 과민성 반응 (hypersensitivity on tobacco) 및 탄소원의 이용에 있어서 sucrose 이용 결과는 보고자 (Goto와 Ohatta, 1956; Urakami 등, 1994; Zeigler와 Alvarez, 1990)에 따라서 차이가 있었다. 비형광성의 벼병원성 유사세균과 구별이 용이한 표현형적 특성은 Table 3과 같다. *B. glumae*는 대표적인 종자변색 관련 세균인 *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* 및 *Pseudomonas fuscovaginae*와는 nitrate reduction과 sorbitol, inositol 및 trehalose 등의 이용성에서 차이가 있으며, 특히 inositol의 이용은 이들 세균과의 구별에 매우 용이하게 쓰인다. 그러나 nitrate reduction의 결과는 보고자에 따라서 차이가 있다 (Cottyn 등, 1996; Zeigler와 Alvarez, 1990).

분류학적 위치. *Pseudomonas glumae*는 De Vos 등 (1985)의 rRNA-DNA hybridization data에 근거하여, *Pseudomonas fluorescence* rRNA group으로부터 식물 관련 특성, 화학적 분류특성, DNA-DNA hybridization data, rRNA-DNA hybridiza-

**Table 2.** Bacteriological characteristics of *Burkholderia glumae* causing seedling and grain rot of rice

Characteristics	<i>Burkholderia glumae</i>
Gram stain	-
Flagellum	1-3 polar
Fluorescein	-
Gelatin hydrolysis	+
Milk coagulation	+
Litmus reduction	+
Nitrate reduction	+
Margarine & tween 80 hydrolysis	+
Catalase	+
Lecithinase	+
Starch hydrolysis	±
Arbutin & aesculin hydrolysis	-
Oxidase	-
Tyrosinase	-
Arginine dehydrolase	-
Phenylalanine deaminase	-
Acid production without gas from	
arabinose, fructose, galactose, glucose,	+
glycerol, mannitol, mannose, sorbitol,	
xylose	
lactose, raffinose	±
dextrin, inulin, maltose, rhamnose,	-
salicin, sucrose	
Growth inhibition :	
4% NaCl	+
5 µg/ml chloramphenicol	+
Maximum temperature for growth	above 42 °C
Minimum temperature for growth	10-15 °C
Optimum temperature for growth	30 °C

Abbreviations: +, positive; -, negative; and ±, variable depending upon the strain.

tion data 및 5S와 16S rRNA의 sequence 등에 근거하여 분리되어 나온 *Pseudomonas* rRNA group II에 포함되어져 있었으나, Yabuuchi 등 (1992)에 의해 *Pseudomonas* rRNA group II에 속하던 *P. cepacia*, *P. mallei*, *P. pseudomallei*, *P. caryophylli*, *P. gladioli*, *P. pickettii* 및 *P. solanacearum* 등의 7개 species가 새로운 속 (genus)인 *Burkholderia*로 재분류되어진 이후, Urakami 등(1994)에 의해서 *B. cepacia*, *B. gladioli*, *B. plantarii* 및 *B. caryophylli* 등과 생리학적 특성, ubiquinone systems, 세포성 지방산조성 및 수산화 지방산 조성은 동일했으나 표현형적 특성 및 화학적 분류특성 차이에 근거하여 *P. plantarii* 외에도 *P. glumae*가 *Burkholderia* spp.에 포함 되도록 제안되었다. 표준균주는 ATCC 33617 (=NIAES 1169) 이며 G + C 함량은 68.2% (Mol %), 전체 ubiquinone들 중에 Q-7은 2.0%, Q-8은 97.4%, Q-9은 0.6%이고, 전체 3-hydroxy fatty acid중에는 C<sub>12:0</sub> (1.3%), C<sub>14:0</sub> (81.9%) 및 C<sub>16:0</sub> (16.8%)의 3-

OH로 구성되어 있고, 2-hydroxy fatty acid는 C<sub>16:0</sub> (100%)의 2-OH로 구성되어 있으며, DNA-DNA 상동성은 *B. cepacia* ATCC 25416과는 27%, *B. gladioli* ATCC 10248과는 37%, 새로운 *Burkholderia*로 분류된 *B. vandii* VA1316과는 51%의 상동성을 가지고 있다 (Urakami 등, 1994).

유묘 및 벼알에서의 병원성. 육묘상에서, 유묘 부패병징 (Uematsu 등, 1976)을 일으키는 병원균이 *B. glumae*로 보고 되었으며, 벼 종자의 발아시기 및 유묘가 지상부로 출현할 때 30°C이면 발아되는 동안 어린 싹 (plumules)에서 세균이 현저하게 증식하게 되고 유묘 부패증상을 나타낸다 (Hikichi, 1993). *B. glumae*의 자연 감염 벼 종자의 육묘시에, 최아와 출아를 30°C의 고온에서 처리할때 최아시의 어린묘에 생존하는 *B. glumae*의 세균수가 현저하게 증가하여 유묘 부패병이 크게 증가하고, 그 시기에 어린 유묘에서 생존하는 *B. glumae*의 세포수의 증가와 발병은 상관관계가 있다. 그러나 일반적으로 벼알병징들의 발달은 잎집병징의 사전 출현에 크게 좌우되지는 않는다.

인위적증시의 병원성. 벼알의 灰變 (grayish discoloration; *glumae* blight)으로도 알려진 *B. glumae*에 의한 벼알마름병은 처음 일본에서 보고되었으며 후에 아시아의 다른 나라에서도 보고되고 있다 (Goto와 Ohatta, 1956). 종자수침점증 (se-ed-soak inoculation)후 파종시에 종자에 연부를 일으키고 잎집갈변 (sheath brown), 잎말림 (curled leaves)과 백화 (whitened) 되는 등의 병징들이 나타나, 세균성 줄무늬병원균인 *A. avenae* subsp. *avenae* 및 세균성 잎집갈색부패병원균인 *P. fuscovaginae*와는 구별되는 *B. glumae*에 의한 병징이다.

인위적증시에 최고분얼기 (maximum tillering stage)와 수잉기 (booting stage)에서 *B. glumae*와 *P. fuscovaginae*가 공히 잎집갈변 (sheath browning)을 일으키며, 변색된 종자를 *B. glumae*는 18.1-50.1% 까지, *P. fuscovaginae*는 17.8-64.9% 까지 나타내었다 (Cottyn 등, 1996).

*B. glumae*의 phytotoxin. *B. glumae*가 유묘 신장억제와 잎절편 (detached leaves)상에서 황화 (chlorosis)를 일으키는 toxoflavin과 fervenulin 및 형광성 색소를 생산한다고 보고되었으나, 이 phytotoxin들의 유묘에서 병발생에 대한 역할은 분명하지 않다. *B. glumae*로 부터 순화된 phytotoxin의 분자량은 193 이고 화학식은 C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>N<sub>5</sub>O<sub>2</sub>로 결정되었다. 이 phytotoxin은 PS broth로부터 뿐만 아니라 본 세균에 감염된 벼의 유묘에서도 분리 되어졌으며, 이 phytotoxin이 *B. glumae*의 병원성과 관련이 있는 것으로 보고 되었다 (Iiyama와 Furuya, 1994; Sato 등, 1988).

황녹색 색소형성 (yellow-greenish pigmentation)과 병원성 관계. 색소를 생산하는 모든 strain들은 유묘와 감자 괴경 절

편에 대해 독성을 나타내나, 색소를 생산하지 않는 strain들은 두 strain만을 제외하고는 무독성이었다. 색소를 생산하는 strain들은 생산하지 않는 균주보다 항생균 spectrum도 높고 활성도 강하였다. 그러나, 비생산 mutant의 경우에도 유묘에 독성을 보이기 때문에 괴사 (necrosis), 황화 (chlorosis), 변형 (deformation)과 유묘의 성장 및 억제 등 병징의 발달에서, *B. glumae*에 의해 생산된 색소와 그와 관계된 물질들이 어떤 역할을 하는지는 더 규명되어야 한다 (Wang 등, 1991).

계대 배양에 따른 집락형의 변이와 병원성. PSA media 상에서의 집락형의 변이가 있어 부정형의 R1 type (담황색, 반투명, 직경 6-8 mm), 표면 광택이 없는 R2 type (유백색-백색, 2-3 mm의 소형 원형) 및 표면 광택이 있는 야생형 S type (백색, 직경 3-6 mm, 원형, convex형)등이 출현하며 그 형태는 Fig. 1-6과 같다 (Tsushima 등, 1991). 6차 계대배양시에 R1 type은 4 개중에 3 분리주로부터 53.6-97.9%까지, R2 type은 4개중에 2개 분리주로부터 36.6-38.9% 빈도로 나타났다. 또한 계속적인 PSA 배지 상에서 계대배양에 의해서 유묘에 대한 독성은 급격히 쇠퇴하였다.

R1 type과 R2 type은 유묘 및 panicle에 대해 S type에 비해 독성이 약하며, R1 type의 분리주는 panicle에 대해 병원성이 없었으나, S type의 경우에는 6차 계대 후에도 병원성은 wild type과 같았다. 그러나 세균학적 특성은 R1, R2 및 S type 모두 같았다. 이는 PSA 배지상에서 배양된 R1 과 R2 type의 분리주들의 출현은 독성의 감소와 관련이 있다.

길항물질 생산과 병원성. *B. glumae*는 G(+) 및 G(-)에 대한 길항물질을 생산하는 것으로도 알려져 있으며, *Ralstonia solanacearum*에 대한 길항작용이 보고된바 있다 (Kushima 등, 1987). 길항작용도 색소의 분비와 관련이 있으며, 색소를 분비하는 strain들의 대부분은 *Agrobacterium tumefaciens*, *Clavibacter michiganese* pv. *michiganese*, *Pantoea herbicola*, *R. solanacearum*등에 억제효과가 있었으며, *Pseudomonas syringe* pv. *syringe*와 *Xanthomonas campestris* pv. *citri* 및

*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*등에는 특히 강한 억제 효과를 나타내었다 (Wang 등, 1991; Yabuuchi 등, 1992).

벼에는 같은 생태적 지위를 가지는 근연관계에 있는 epiphyte들 및 병원균이 다수 존재하여 분리 및 동정이 쉽지는 않다. 본 병원균의 동정 및 검정에 관한 보고들은 실제 포장에서의 피해의 심각성에 비하여 소수의 보고만 접할 수 있을 뿐이다. 주로 선택배지를 이용한 방법이 주류를 이루며 혈청학적 방법 및 분자생물학적 방법도 시도된바 있다.

일반 배지 상에서 집락의 특성. 일반배지 상에서는 유사한 특성을 보이는 비형광성의 근연세균들을 포함한 *P. fluorescence* 및 *Pseudomonas putida*등과 같은 비병원성의 epiphyte들의 유사집락 외에도, 본 병원균을 초과 발육하는 *Pantoea herbicola* 또는 비병원성의 *Xanthomonas* spp. 등에 의하여 배지 상의 출현세균의 분리 및 구분이 어렵고, 본 병원균 집락 자체의 이형성 (colony heterogenicity)은 *B. glumae*의 일반배지 상에서의 선별을 더욱 어렵게 한다.

선택배지. S-PG medium (Tsushima 등, 1986), potato-peptone-glucose agar (PPGA) medium, arginine differential medium (Zeigler와 Alvarez, 1990) 및 PG agar medium (김 등, 1993)등이 보고된 바 있다. Tsushima 등 (1986)에 의해서 *B. glumae*의 분리 및 동정을 위해 이용된 S-PG medium은 Mogi (1988)에 의하여 종자 검정에 이용된 바 있다. 본 배지 상에서의 *B. glumae* 집락의 이형성이 일반적으로 보고되고 있으며 적갈색 (reddish brown)을 띄는 type A와 乳白光의 자주색 (opalescent purple)을 띄는 type B가 있다 (Fig. 1-7). 그러나 S-PG에 탄소원으로 함유된 sorbitol의 경우에 균주간의 차이가 보고되어 있어 본 병원균의 최적 탄소원은 아닌 것으로 사료된다. 또한 본 배지상에서는 *A. avenae* subsp. *avenae*, *P. syringe*, *P. fuscovaginae* 등과 주요 종자 관련 세균이 모두 생장할 수 있어 추가적인 검정을 요한다 (Zeigler와 Alvarez, 1990). 특히 *A. avenae* subsp. *avenae*는 S-PG media 상에서 type B와 유사한 집락을 보이기 때문에, *B. glumae*로 추정되

**Table 3.** Phenotypic characteristics useful in differentiating *Burkholderia glumae* from other nonfluorescent bacteria pathogenic to rice <sup>a</sup>

Characteristics	<i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>avenae</i>	<i>Burkholderia plantarii</i>	<i>Burkholderia glumae</i>
Arginine dehydrolase	-	-	-
Oxidase reaction	+	+	-
Nitrate reduction	+	+	-
Starch hydrolysis	+	-	-
Lecithinase	-	+	+
Utilization of			
L-arginine	-	+	+
inositol	-	+	+

<sup>a</sup>Adapted from Azegami et al. (1987) and Zeigler and Alvarez (1990).

는 집락들은 추후 동정 과정을 요하며 Tsushima 등 (1986)은 혈청학적 방법과 병행해서 이용할 경우 자연시료에서 검출 가능하다고 보고한 바 있다.

CaCl<sub>2</sub>를 0.1% 함유하고 있는 PPGA 상에서 *B. glumae*는 calcium oxalate 결정을 생산하는 특성에 의해서 구별되어 질 수 있다고 보고된 바 있으나, 벼 잎집부패 (sheath rot)와 벼알 변색에 관련된 병원세균을 구분하는 진단적 방법에서 특이성은 낮은 것으로 보고되어 있다 (Zeigler와 Alvarez, 1990). Arginine의 이용성을 토대로 고안된 arginine differential medium 또한 제시된 결과와는 동일하지 않은 경우가 있어, 일반적인 검정방법에 본 배지를 이용하는 데는 무리가 있는 듯 하다 (Zeigler와 Alvarez, 1990). 벼종자에서 *B. glumae*의 분리를 위해 고안된 선별배지인 PG medium (김 등, 1993)의 경우 질소원으로는 ammonium tatrata와 탄소원으로는 galactose가 특이적 이용성으로 인하여 사용되었고, nitrofurantoin에 의한 타종자관련 세균의 선택적 억제와 methylene blue에 의한 초록색 집락이 본 배지상에서 *B. glumae*의 전형적인 특징이며, 일반배지인 KB에 비교하여 평균 86.4%의 회수율을 보였고 집락의 이형성은 없는 것으로 보고 되었다 (Fig. 1-8).

혈청학적인 방법에 의한 검출. 선별배지와 상호보완적인 이용이 추천된 바 있으며, 최 등 (1989)과 Wakimoto 등 (1987)에 의하여 본 병원균 관련 혈청학적 진단방법이 보고된 바 있으며, Waki-moto 등 (1987)의 항N7501 혈청은 타 유사세균과는 교차반응하지 않아 *B. glumae*에 대한 특이성이 있는 것으로 보고된 바 있다.

분자생물학적인 방법에 의한 검정. *B. glumae*의 특이적인 검정을 위하여 특이적인 probe를 이용하는 방법과 PCR을 이용하여 종자관련 세균을 구분하는 방법 등이 시도된 바 있다. 전자의 경우 PG2I (5.7-Kb *EcoRI* 절편)와 PG2I의 *KpnI* 절편인 PG2Ia의 경우에 주요 Gram 음성 세균에 대하여 hybridization 되지않아 *B. glumae*의 검정에 특이적인 probe로 보고된 바 있다 (Tsushima 등, 1994). 또한 16S/23S 사이의 rDNA intergenic spacer의 증폭을 통한 주요 종자관련 세균의 비교가 이루어졌으며, 이를 이용한 벼의 종자검정이 보고된 바 있고, *B. glumae*는 타 세균과는 다른 850 bp 크기의 증폭산물을 보였다 (Kim과 Song, 1996a; Kim과 Song, 1996b).

본 병의 방제수단으로는 경종적인 방제와 약제에 의한 방제로 구분할 수 있다. 경종적인 방제로는 건전종자의 채종, 건실한 최아 및 육묘의 관리, 종자의 염수선, 온탕 및 건열소독 등이 있다. 본 병은 종자전염성 병해로 종자에 의해서 전염되기 때문에 감염되지 않은 건전한 종자를 무발병 포장에서 채종하여 전염원을 차단하는 것이 가장 효과적이고 중요하다 (차, 1995). 본 병원균은 실내에서 3년 이상 생존력이 있으

로 종자 선택에 주의를 해야한다. 또 발병포장에서 채종한 종자는 외견상으로 건전한 것 같이 보이지만, 병원균에 오염될 경우가 많으므로 철저한 소독이 필요하다. 본 병원균의 생장 최적온도가 30-35°C 이므로, 최아 및 육묘의 온도 관리는 병원균의 최적 생장 온도를 피하여 관리해야 한다. 육묘 관리는 30°C 이하로 관리하면 발병을 줄일 수 있다. 염수선법에 의해서 본 병에 감염되어 불량한 종자를 제거할 수 있다. 염수선은 비중 1.13- 1.14에서 이병종자를 제거할 수 있으며 또 모판에서 부패를 억제시켰으나, 비중 1.18에서는 많은 종자가 부상하여 종자의 손실이 많았다고 하였다 (後藤, 1981; 吉田, 1985). 온탕처리는 55°C에서 60 분간 처리가 모 부패 억제에 대한 효과가 좋았고 종자의 발아에도 영향이 없었다 (吉田, 1985). 건열처리는 40°C에서 2 일 처리가 효과적이었다 (吉田, 1985). 이들 열처리에 의한 방법은 종자의 발아와 밀접한 관계가 있으므로 주의해야 한다.

약제방제로는 종자소독과 묘상 및 포장에 약제처리로 방제할 수 있으며, 품목고시 된 약제를 사용한다. 육묘용 상토를 준비할 때 약제와 혼합하여 처리하면 모 부패현상을 방제할 수 있다. 본 답에서는 출수기에 살포하는 것이 효과적이다. 약제 살포는 본답 초기에 베나솔을 10a당 41 Kg을 살포시 효과적인 방제가 있었으며, 가스가민 EC, 울타 WP를 2회 뿌려 목도멸병과 동시 방제하는 것이 효과적이라 하였다 (차광홍, 1995). 페놀성 화합물인 cinnamic acid, naringenin, phloretin 등이 본 병원균에 대한 억제력이 강한 것으로 밝혀져, 앞으로 방제 기초자료로 이용 가능성이 있다 (송 등, 1996). 일본에서는 세균성 벼알마름병의 방제로 종자소독 (Hikichi 등, 1995; 野田, 1996; 大田, 1996)과 모의 부패방제 (加藤 등, 1992; 大森, 1986)에 대하여 약제처리가 효과적이라는 보고도 있다.

본 병의 효과적인 방제를 위해서는 정확한 병원이 밝혀지고 발병환경이 규명되어야 한다. 특히 효과적인 방제약제의 개발 및 철저한 예찰을 통한 개화기 전후 약제 살포가 본 병에 의한 피해를 줄이는 효과적인 방법일 것이다.

## 참고문헌

- Azegami, K., Nishiyama, K., Watanabe, Y., Kadota, I., Ohuchi, A. and Fukazawa, C. 1987. *Pseudomonas plantarii* sp. nov., the causal agent of rice seedling blight. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 37:144-152.
- 차광홍. 1995. 세균성 벼알마름병의 발병요인과 방제대책. *식물병과 농업* 1:14-18.
- 차광홍, 김영옥, 박인진. 1994. 세균성 벼알마름병의 발병환경과 방제연구. *植物保護研究* 8:23-31.
- 최재을, 이주찬, 오세현. 1989. 세균성 벼알마름병의 혈청학적 진단. *한식병지* 5:146-150.
- Cottyn, B., Van Outryve, M. F., Cerez, M. T., De Cleene, M., Swings, J., and Mew, T. W. 1996. Bacterial disease of rice. II.

- Characterization of pathogenic bacteria associated with sheath rot complex and grain discoloration of rice in the Philippines. *Plant Dis.* 80:438-445.
- De Vos, P., Goor, M., Gillis, M. and De Ley, J. 1985. Ribosomal ribonucleic acid cistron similarities of phytopathogenic *Pseudomonas* species. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 35:169-184.
- Goto, K., and Ohatta, K. 1956. New bacterial disease of rice (brown stripe and grain rot). *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 21:46-47.
- 後藤孝雄. 1981. 이네모미枯細菌病菌による幼苗腐敗症の耕種的防除. 日植病報 47:397-398.
- Hikichi, Y. 1993. Mode of action of oxolinic acid against bacterial seedling rot of rice caused by *Pseudomonas glumae*. 1. Relationship between population dynamics of *P. glumae* on seedling of rice and disease severity of bacterial seedling rot of rice. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 59:441-446.
- Hikichi Y., Okuno T. and Furusawa I. 1995. Mode of action of oxolinic acid against bacterial seeding rot of rice caused by *Pseudomonas glumae*. III. Infection with *P. glumae* into plumules. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 61:134-136.
- Iiyama, K. and Furuya, N. 1994. Phytotoxin produced by *Pseudomonas glumae*. Kurita et Tabei, a causal bacterium of the grain and seedling rot of rice. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* 38:175-181.
- 加藤智弘, 田中孝, 藤田靖久. 1992. 數種藥劑の組合わせ處理によいネ苗立枯細菌病, ばか苗 病防除 1. 苗立枯細菌病に對する防除效果. 北日本病蟲研報 43:34-36.
- Kim, H. M. and Song, W. Y. 1996a. Characterization of ribosomal RNA intergenic spacer region of several seedborne bacterial pathogens of rice. *Seed Sci. & Technol.* 24:571-580.
- Kim, H. M. and Song, W. Y. 1996b. Difference of major rice-seedborne bacteria by PCR-amplified polymorphism of spacer region between 16S and 23S ribosomal DNA. *Korean J. Plant Pathol.* 12:11-20.
- 김형무, 송완엽, Schaad, N. W. 1993. 벼종자에서 *Pseudomonas glumae*의 분리를 위한 선택배지. *한식병지* 9:248-251.
- Kushima, Y., Hirayae, H., Matsuyama, N. and Wakimoto, S. 1987. Anti-*Pseudomonas solanacearum* substances produced by *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 53:412 (Abstr.).
- 李周燦, 横山威. 1988. 세균성 벼알마름병의 발병환경과 방제. *농시 논문집 (작물보호편)* 30:51-56.
- Mogi, S. 1988. Detection and diagnosis of pathogen for bacterial grain rot (*Pseudomonas glumae*) on rice. *Proceedings of the 5th Int. Congress of Plant Pathology*, Kyoto, Japan August 20-27, 1988, Section XIII, Abstract 3-3:403.
- 茂木静夫, 金章圭. 1987. 韓國におけるイネもみ枯細菌病の發生分布. 日植病報 53: 402.
- 野田聰. 1996. 이네바가 苗病, 이네모미枯細菌病および이네 シソガレヤンチュウ에對するチ ウラム・ペフラゾエ-トフロアブル劑의種子消毒 効果. 關東東山病害蟲研究會年報 43:45-47.
- 大森薫, 渡邊豊. 1986. S-(4-methylsulfonyloxyphenyl) N-methylthiocarbamate (Methasulfocarb)의 이네모미枯細菌病菌による 苗腐敗症에對する防除 効果. 日植病報 52:78-81.
- 太田光輝. 1996. 眞空浸漬法によるイネもみ枯細菌苗腐敗症の防除. *植物防疫* 50:157-160.
- 농촌진흥청. 1998. 농작물 병해충 예찰방제 보고서. p. 54.
- Sato, Z., K. Koiso, S. Iwasaki, I., Matsuda and Shirata, A. 1988. Toxins produced by *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 55:353-356.
- 송완엽, 김형무, 노태환, 이두구. 1996. Phenol성 화합물에 의한 벼종자전염성 세균의 억제. *전북대학교 농대논문집* 27:9-16.
- 對馬誠也, 内藤秀樹. 1988. 이네모미枯細菌病菌에對する 穂および群落單位での感染好適期 間の推定と本田での發病推移. 日植病報 54:383.
- Tsushima S., Naito H. and Koitashi M. 1995. Change in panicle susceptibility associated with flowering rate of spikeletes in bacterial grain rot of rice caused by *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 61:109-113.
- Tsushima, S., Naito, H., and Mogi, S. 1991. Reduction of virulence and colonial variation of *Pseudomonas glumae* cultured on PSA medium. *Bull. Kyushu Natl. Agric. Exp. Stn.* 26:361-379.
- Tsushima, S., Narimatsu, C., Mizuno, A. and Kimura, R. 1994. Cloned DNA probes for detection of *Pseudomonas glumae* causing bacterial grain rot of rice. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 60:576-584.
- Tsushima, S., Wakimoto, S. and Mogi, S. 1986. Selective medium for detecting *Pseudomonas glumae* Kurita et Tabei, the causal bacterium of grain rot of rice. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 52:253-259.
- Uematsu, T., Yoshimura, D., Nishiyama, K., Ibaraki, T. and Fujii, H. 1976. Occurrence of bacterial seedling rot in nursery flat, caused by grainrot bacterium *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 42:310-312.
- Urakami, T., Ito-Yoshida, C., Araki, H., Kijima, T., Suzuki, K. and Komagata, K. 1994. Transfer of *Pseudomonas plantarii* and *Pseudomonas glumae* to *Burkholderia* as *Burkholderia* spp. and description of *Burkholderia vandii* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 44:235-245.
- Wakimoto, S., Araki, M. and Tsuchiya, K. 1987. Serological specificity of *Pseudomonas glumae*, the pathogenic bacterium of grain rot disease of rice. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 53:150-158.
- Wang, Z., Yanagita, R., Tsuchiya, K., Matsuyama, N. and Wakimoto, S. 1991. Relationship between pigment productivity and some other bacteriological properties in the mutant strains of *Pseudomonas glumae* induced by nitrosoguanidine- treatment. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 57:219-224.
- Yabuuchi, E., Kosako, Y., Oyaizu, H., Yano, I., Hotta, H., Hashimoto, Y., Ezaki, T. and Arakawa, M. 1992. Proposal of *Burkholderia* gen. nov. and transfer of seven species of the genus *Pseudomonas* homology group II to the new genus, with the type species *Burkholderia cepacia* (Palleroni and Holmes 1981) Comb. nov. *Microbiol. Immunol.* 36:1251-1275.
- 吉田桂輔, 吉村大三郎. 1985. 이네모미枯細菌病의防除對策. *植物防疫* 39:410-415.
- Zeigler, R. S. and Alvarez, E. 1990. Characteristics of *Pseudomonas* spp. causing grain discoloration and sheath rot of rice, and associated pseudomonad epiphytes. *Plant Dis.* 74:917-922.