

한국, 일본, IRRI 판별품종에 의한 국내의 벼 흰잎마름병균의 균형 분류

최재을* · 강희경¹ · 이두구²

충남대학교 농과대학, ¹공주대학교 산업과학대학, ²호남농업시험장

Classification of Korean Isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* on the Basis of Their Virulence to Korean, Japanese and IRRI Differential Varieties

Jae Eul Choi*, Hee Kyoung Kang¹ and Doo Gu Lee²

College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea
¹College of Industrial Science, Kongju National University, Yesan 340-800, Korea
²National Honam Agricultural Experiment Station, Iri 570-080, Korea

ABSTRACT : The isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* collected from Jeonnam, Jeonbuk, Kyungnam and Kyungbuk provinces during 1986 to 1992 were examined for the quantitative virulence to four Korean differential rice varieties. Of the 66 isolates tested, 44 (66.7%) were classified as pathotype K1, 2 (3.0%) as pathotype K2, and 18 (27.3%) as pathotype K3. No isolate belonging to pathotype K4 was found, and 2 isolates could not be classified by Korean differential varieties. These three pathotypes were divided into 19 subgroups on the virulence to five Korean varieties of Japonica type. Forty-two (63.6%) and 38 (57.6%) isolates could not be classified into Japanese or IRRI pathotypes on the basis of their virulence to near-isogenic lines (NIL) with the same genes of Japanese and IRRI differential varieties, respectively. It appears that the virulence of many Korean isolates was not comparable to any pathotypes of Japan and IRRI.

Key words : *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, pathotype, classification.

벼 흰잎마름병은 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*에 의해 발병되는 세균병으로서 우리 나라는 물론 대부분의 벼 재배지역에서 발생되고 있으며, 특히 동남아시아의 수도작 지역에서 피해가 매우 심한 병으로 알려져 있다(11, 17). 국내에서는 1930년에 본 병이 전남 해남에서 최초로 발견된 이후(12) 주로 남부지역에서만 발병하였으나 1965년에는 전남지방의 극심한 피해와 함께 전국적으로 발생하였으며(8) 1971년에는 수도 재배면적의 약 4%가 이 병으로 피해를 받게 됨으로서 수도 주요 병해의 하나가 되었다(9).

본 병의 병원성 분화에 관한 최초의 기록은 일본에서 1952년 Sasaki 등(19)이 보고한 이래, Ogawa(16)에 의하여 기존의 I, III군군을 각각 IA, IB와 IIIA, IIIB군군으로 세분하였고, Noda와 Ohuchi(15)는 밀양 23호

와 IR8의 병원성에 따라 VII군군을 새로 명명하여 9개 균형으로 분류하고 있다. 필리핀에서는 Mew와 Vera Cruz(10)가 IR8, IR40, IR1545-339, Cempo selak을 판별품종으로 필리핀의 벼 흰잎마름병균을 4개 균형으로 구분하였고, Taura 등(19)은 IR8, IR20, Cas 209, IR1545-339, DV85에 TN1을 추가하여 필리핀의 균주를 6개 race로, Vera Cruz와 Mew(20)는 이병성 판별품종이었던 IR8 대신 IR24를 새로운 판별품종으로 선정하여 현재까지 사용하고 있다.

우리 나라에서는 최 등(2)이 일본 판별체계에 따라 I, II, III, IV 및 V군군으로 분류하였고, 1985년 윤 등(21)은 국내 육성 품종인 밀양 23호, 청청벼, 풍산벼, 한강찰벼, 밀양 42호를 새로운 판별품종으로 선발하고 균형을 K1, K2, K3, K4, K5로 분류하였다. 이 등(7)은 호남지역에서 수집한 719균주를 새로운 국내 판별 체계로 분류한 결과 K1, K2, K3, K4 균형은 분리

*Corresponding author.

되었으나 K5 균형은 분리되지 않았다고 하였고, 하(6)는 호남지역의 균형분포를 조사한 결과 균형분포 비율은 K1 균형은 점차 감소하고 K2와 K3 균형은 증가하는 경향이라고 하였으며, 최(5)는 저항성 품종의 재배는 새로운 균형분화에 적어도 2~3년 후에 영향을 주고 있다고 보고하였다.

벼 흰잎마름병 저항성 유전 분석은 일본과 IRRI를 중심으로 이루어졌으며, 균형이나 저항성에 관한 연구는 각 나라별로 판별품종이 달라 상호 비교 검토가 곤란하므로, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 일본과 IRRI의 공동으로 저항성유전자를 1개씩 갖고 있는 near-isogenic lines(준동질유전자 계통)을 육성하여 국제판별품종으로 이용할 수 있게 됨에 따라 국제적인 비교가 가능하게 되었다.

본 연구는 ① 최근에 국내에서 수집한 벼 흰잎마름병균의 균형을 분류하고, ② 일반계 수도품종에 대한 저항성 반응 따른 균형 분류, ③ 일본 및 IRRI 판별품종과 동일한 저항성을 갖고 있는 near-genic lines에 의한 국내 균주의 균형을 판별하여 국내균주의 병원성에 관한 새로운 정보를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시 균주. 공시 균주는 호남농업시험장에서 1986년부터 1992년까지 전라남북도와 경상남북도로부터 수집한 66균주를 액체 파라핀 중층법으로 보관하여 사용하였다.

공시 품종. 한국 판별품종인 밀양 23호, 밀양 30호, 풍산벼, 한강찰벼와 일반계 품종인 동진벼, 섬진벼, 청청벼, 화영벼, 안중벼, Toyonishiki는 호남농업시험장에서 분양 받았고, 벼 흰잎마름병 저항성 near-isogenic lines(NIL)인 IR-BB 101, IR-BB 102, IR-BB

103, IR-BB 111, IR-BB 211, IR-BB 204, IR-BB 210, IR-BB 205과 IR-BB 207는 IRRI에서 분양받아 공시하였다(Table 1).

재배법. 본 실험은 1993년 충남 예산군 오가면에 위치한 공주대학교 산업과학대학 부속농장에서 실시하였다. 판별품종은 4월 20일 파종 육묘하여 5월 25일 재식거리 15×30 cm로 1주 1본씩 3반복으로 본답에 이양하였고 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 15-9-11 kg/10a 수준으로 사용하였으며 이양후 관리는 표준 재배법에 준하였다.

균주 배양, 접종법 및 조사 방법. 균주 배양은 Wakimoto's 감자 반합성 고체 배지에 28°C에서 4일간 균을 배양한 다음, 멸균수로 균의 농도를 약 10⁸ cell/ml로 희석하여 접종원으로 사용하였다. 균접종은 7월 15일에 판별품종의 상위 5~6엽을 가위로 절엽 접종하였고, 병반조사는 접종 14일 후 각 주당 3개의 병반장을 평균하였으며 저항성 판정은 병반장 3.0 cm를 기준으로 저항성과 이병성으로 구분하였으며, 14일 이후에도 계속하여 병반이 신장하는 경우에는 이병성으로 정정하였다.

결과 및 고찰

국내 판별 품종에 의한 균형 분류. 국내에서 수집한 66균주를 밀양 23호, 밀양 30호, 풍산벼, 한강찰벼에 접종하여 이들의 반응에 따라 분류한 결과는 Table 2와 같다. 공시 균주의 66.7%인 44균주가 K1, 27.7%인 18균주가 K3 균형으로 구분되었으며 K2는 2균주, 한강찰벼를 침해할 수 있는 K4 균형은 분리되지 않았다. 균형 분류가 곤란한 2균주는 1990년 전남 강진에서 수집된 균주로 밀양 30호는 침해하지 못하나 풍산벼는 침해하는 균주였다.

Table 1. Near-isogenic lines for resistance to the bacterial blight of rice developed in 1987 under Japan-IRRI collaboration

R-gene	Designation	Generation	Cross	Heading date
<i>Xa-1</i> (<i>Xa-12</i>) ^a	IR-BB101	BC ₄ F ₄	Toyonishiki*5/Kogyoku	Aug. 6
<i>Xa-2</i> (<i>Xa-1</i>) ^a	IR-BB102	BC ₄ F ₅	Toyonishiki*5/Te-tep	Aug. 16
<i>Xa-3</i>	IR-BB103	BC ₄ F ₆	Toyonishiki*5/Chugoku-45	Aug. 19
<i>Xa-4</i>	IR-BB204	BC ₄ F ₆	Milyang 23*5/IR20	Aug. 22
<i>Xa-5</i>	IR-BB205	BC ₄ F ₅	Milyang 23*5/IR1545-339	Aug. 16
<i>Xa-7</i>	IR-BB207	BC ₄ F ₅	Milyang 23*5/DV85	Aug. 16
<i>Xa-10</i>	IR-BB210	BC ₄ F ₆	Milyang 23*5/CAS209	Aug. 15
<i>Xa-11</i>	IR-BB111	BC ₄ F ₄	Toyonishiki*5/IR8	Aug. 7
	IR-BB211	BC ₄ F ₄	Milyang 23*5/IR8	Aug. 21

^a Not segregated.

1985년 이후 새로운 국내 판별품종으로 호남 지역에서 수집한 균주의 K2의 비율이 1980~1984년 16.1% (7)와 1983-1985년 16.0%(6)로 본 연구 결과와 매우 달랐다. 본 실험에서 66균주 중 K2 균형이 2균주만이 분리된 이유는 사용된 균주수가 적어 정확한 해석은 어려우나, 그 동안 일반계 품종의 재배 면적이 1982년 67.2%에서 1992년 99.9%로 꾸준히 확대되어 왔고 최근에는 통일계 품종이 거의 재배되지 않았던 것과 무관하지 않을 것으로 생각된다.

한국 일반계 품종에 의한 균형의 세분류. 국내 판

별품종에 의해 K1, K2 및 K3으로 분류된 균주를 이병성품종인 동진벼와 저항성품종인 섬진벼, 대청벼, 화영벼와 안중벼에 대한 저항성 반응을 기초로 균형을 세분한 결과는 Table 3과 같다.

K1에 속하는 44균주는 7개 group으로 세분류 되었으며, 이병성 품종인 동진벼를 침해할 수 없는 균주가 13균주, 섬진벼를 침해하는 균주도 2균주 존재하였다. 대청벼는 K1에 속한 모든 균주가 침해할 수 없어 섬진벼보다 저항성이 강한 특성을 나타내었다. K2에 속하는 2균주는 섬진벼를 침해할 수 없는 1균주와 섬진

Table 2. Classification of Korean isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* on the basis of reaction to Korean differential varieties at maximum tillering stage

Race	Reaction of varieties				No. of isolates	Ratio (%)
	Milyang 23	Milyang 30	Pungsan	Hangang		
K1	S ^a	R	R	R	44	66.7
K2	S	S	R	R	2	3.0
K3	S	S	S	R	18	27.3
K4	S	S	S	S	0	0
Unknown	S	R	S	R	2	3.0

^a S : Susceptible, R : Resistant.

Table 3. Subdivisions of Korean isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* on the basis of reaction to 5 Japonica type rice varieties at maximum tillering stage

Race	Reaction of varieties					No. of isolates
	Dongjin	Hwayeong	Seomjin	Daecheong	Anjung	
K1-1	R ^a	R	R	R	R	10
-2	R	S	R	R	R	3
-3	S	R	R	R	R	13
-4	S	R	R	R	S	2
-5	S	S	R	R	R	8
-6	S	S	R	R	S	6
-7	S	S	S	R	R	2
K2-1	S	R	R	R	R	1
-2	S	R	S	R	R	2
K3-1	R	R	R	R	R	1
-2	R	R	S	R	R	1
-3	S	R	R	R	R	3
-4	S	R	S	R	S	1
-5	S	R	S	R	R	3
-6	S	R	S	S	R	2
-7	S	S	R	R	R	1
-8	S	S	S	R	R	1
-9	S	S	S	R	S	1
-10	S	S	S	S	R	3
Unknown	S	S	R	R	R	2

^a S : Susceptible, R : Resistant.

벼와 대청벼 모두를 침해하지 못하는 1군주로 구분되었다. K3에 속하는 18군주는 10개 group으로 세분류되었으며, 그 중에 동진벼를 침해하지 못하는 군주가 2군주, 심진벼를 침해하지 못하는 군주가 5군주, 대청벼를 침해하지 못하는 군주가 13군주 존재하였다.

이상과 같이 현재의 품종 분류상 같은 품종군에 속하는 품종들도 군주에 따라 저항성 반응이 다양하게 나타나 저항성 품종의 분류에 어려움이 예상된다. 이러한 현상은 현재의 국내 판별품종이 모두 통일계 품종으로 이들은 이미 재배되지 않고 있으며, 또한 이들의 저항성 유전자를 갖고 있는 품종도 재배되지 않고 있기 때문이라 사료된다. 따라서 현재의 판별품종에 의한 균형의 분류나 이들 군주에 의한 품종의 분류는 많은 혼란이 예상되므로 새로운 판별체계의 확립이 절실히 요구된다.

일본 판별 품종에 의한 균형 분류. 일본 판별품종과 동일한 유전자를 갖고 있는 NIL에 의한 수집군주의 균형 분류 결과는 Table 4와 같다. 일본 판별품종으로 균형 분류가 가능한 24군주는 IA군이 4군주, IB

군이 9군주로 I군에 속하는 군주가 13군주, II군이 6군주, IIIA군이 1군주, IV군이 2군주, V군이 2군주로 구분되었으나, IIIB군은 분류되지 않았다. 또한 일본 판별품종으로 균형 분류가 되지 않는 군주가 42군주로 전체군주의 63.6%를 차지하였다.

1982년도 전남 지방 수집군주를 일본 판별품종에 따라 군주분류한 결과(4) I군군이 26.3%, II군군이 18.4%, III군군이 13.1%, IV군군이 2.7% 그리고 V군군이 15.8% 였으며 미동정 군주도 9군주 발견되었다. 본 실험에서는 군주 수집 장소가 전남 지방에 국한되지 않았지만 IIIA, IIIB군군과 V군군의 분포 비율이 매우 낮았으며 미동정 군주의 분포 비율이 매우 높은 것이 특징이었다.

일본 균형 체계에 포함되지 않는 미동정 군주들이 63.6%나 발견된 것은 현재 거의 전지역이 일만계 벼를 재배하고 있지만, 그 동안 국내에서 육성되어 재배된 통일계 품종의 벼 흰잎마름병 저항성 유전자가 일본의 저항성 품종의 저항성 유전자와 다른데 그 원인이 있는 것으로 사료되며 국내 군주와 일본 군주간에

Table 4. Classification of Korean isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* on the basis of reaction to Japanese differential varieties at maximum tillering stage

Pathotype	Reaction of varieties					No. of isolates	Ratio (%)
	Toyo ^a	IR-BR101	IR-BB102	IR-BB103	IR-BB111		
IA	S ^b	R	R	R	S	4	6.1
IB	S	R	R	R	R	9	13.6
II	S	S	R	R	R	6	9.1
IIIA	S	S	S	R	R	1	1.5
IIIB	S	S	S	R	S	0	0
IV	S	S	S	S	S	2	3.0
V	S	R	R	S	R	2	3.0
Unknown	R, S	R,S	R,S	R,S	R,S	42	63.6

^aToyo : Toyonishiki. ^bS : Susceptible, R : Resistant.

Table 5. Classification of Korean isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* on the basis of reaction to IRRI differential varieties at maximum tillering stage

Pathotype	Reaction of varieties					No. of isolates	Ratio (%)
	IR-BB211	IR-BB204	IR-BB210	IR-BB205	IR-BB207		
1	S ^a	R	S	R	R	20	30.3
2	S	S	R	R	R	0	0
3	S	S	S	R	R	6	9.1
4	S	R	S	S	R	1	1.5
5	S	R	R	R	R	0	0
6	S	S	S	S	S	1	1.5
Unknown	R,S	R,S	R,S	R,S	R,S	38	57.6

^aS : Susceptible, R : Resistant.

는 병원성의 차이가 큰 것으로 나타났다.

IRRI 판별 품종에 의한 균형 분류. IRRI 판별품종의 저항성 유전자를 갖고 있는 NIL에 의한 국내 수집 균주의 분류는 Table 5와 같다. IRRI 판별품종에 의해 분류가 가능한 28균주 중 20균주가 pathotype 1로 판정되었으며, pathotype 2와 pathotype 5는 발견되지 않았고, IRRI의 전 판별품종을 침해하는 pathotype 6의 균주도 1균주 발견되었다. 또한 일본 판별품종에 의한 분류에서와 같이 어느 균주에도 포함되지 않는 균주가 38균주로 전체균주의 57.6%나 되어 한국과 필리핀에 분포하는 균주간에는 병원성의 차이가 큰 것으로 나타났다.

그 동안 국내에서는 일본의 판별체계에 따라 균형 분류를 오래 지속하였기 때문에 IRRI의 판별체계에 의한 국내 수집균주의 분류는 그 보고가 거의 없어 본 실험 결과와 상호 비교하기는 어렵다. 그러나 그 동안 소수 균주의 검정 내용을 종합하면 IRRI 판별품종의 국내균주에 대한 반응이 국내균형에 따라 일치하지는 않지만 대체로 Cas209는 K1, K2, K3에 모두 이병성을, IR8은 K2, K3에는 이병성을 K1에는 저항성 또는 이병성을 나타내고, IR20, IR1545-339 및 DV85는 K1, K2, K3에 대부분 저항성 내지 중도저항성을 나타내었다(3, 5, 6). 이들을 본 실험 결과와 비교하면 국내 수집균주가 IRRI 판별체계에 의해 pathotype 2와 5에

1균주도 분류가 안된 것은 Cas209와 IR8의 국내균주에 대한 이병성 반응과 관계가 깊으며, pathotype 1에 20균주가 분류된 것은 IR20, IR1545-339, DV85의 국내균주에 대한 저항성 반응과 관련된다. 또한 국내 다수계품종중 통일벼를 비롯한 많은 품종이 IR8을 모본으로 사용하였거나 IR8을 모본으로 사용된 품종과 교배하여 육성한 품종이고(1, 14), 국내 벼 흰잎마름병 저항성 품종중 IR20이 갖고 있는 *Xa-4* 저항성 유전자와 동일한 TKM6과 IR1545-339에서 유래한 저항성 품종이 많이 존재함을 고려하면(1), 국내 수집균주중 상당수가 pathotype 1로 분류된 것과 이들 품종의 재배와는 상호 밀접한 관계가 있을 것으로 사료된다.

한국, 일본, IRRI 판별 품종에 의한 균형 비교. 국내 수집 66균주를 국내외 판별품종으로 분류하고 상호 비교한 결과 국내 균형을 일본 판별체계로 분류하였을 때(Table 6) 국내균주 K1에 속하는 44균주 중 18균주가 일본균군 IA, IB, II, V군으로 나뉘어 분류되었고, 26균주는 일본 판별품종으로 균형이 구분되지 않았다. K2에 속하는 2균주 중 1균주는 일본균군 II군으로 분류되었으며, K3에 속하는 18균주 중 5균주만 IA, II, IIIA, IV군군으로 분류되었고 그 중 일본 판별품종을 전부 침해하는 IV군군에 2균주가 분류되어, 한국 판별품종에 의한 균형 분류가 일본 판별품종에 의한 것과는 유사성이 인정되지 않았다.

Table 6. Comparison of Korean and Japanese pathotypes of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* according to two differential systems

Korean pathotype	No. of isolates tested	Japanese pathotypes							
		IA	IB	II	IIIA	IIIB	IV	V	Unknown
K1	44	3	9	4				2	26
K2	2			1					1
K3	18	1		1	1		2		13
Unknown	2								2
Total	66	4	9	6	1	0	2	2	42

Table 7. Comparison of Korean and IRRI pathotypes of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* according to two differential systems

Korean pathotype	No. of isolates tested	IRRI pathotypes						
		1	2	3	4	5	6	Unknown
K1	44	11		2				31
K2	2	1			1			0
K3	18	8		4			1	5
Unknown	2							2
Total	66	20	0	6	1	0	1	38

하(6)는 저항성 유전분석을 위한 균주선정에서 K1로 선정된 4균주가 일본 판별품종에 모두 동일한 반응을 나타냈으나, K2로 선정된 5균주와 K3로 선정된 9균주의 일본 판별품종에 대한 반응은 서로 일치되지 못한 반응을 보였다고 하였고, 최(5)는 K1에서도 일본 판별품종에 대한 반응이 일치하지 않음을 보고하였다. 본 실험결과에서는 국내 K1은 일본균군에 분류된 18균주중 12균주가 I균군(IA, IB)에 포함되었으나, K3으로 분류된 5균주가 4개의 일본균군에 나뉘어 분포되어 그 경향은 유사하였지만 분류 불가능한 균주가 너무 많아 일본 균군과의 유사성을 논할 수 없었다. 이것은 현재의 국내 판별체계로는 분류 가능한 5가지 균형중 거의 발견되지 않는 K4와 K5를 제외한 3개 균형으로 국내균주를 분류하기 때문에 균계의 분화가 다양하게 이루어져도 이것을 구별할 수가 없으므로, 현재 9개 균형으로 구분되는 일본의 판별 체계와 우리나라의 균형 비교는 곤란할 것으로 생각된다.

국내 균군을 IRRI 판별체계에 의한 분류 결과는 Table 7과 같다. K1에 속하는 44균주중 11균주가 IRRI pathotype 1에 속하였고 K2에 속하는 2균주는 각각 pathotype 1과 4에 포함되었으며 K3에 속하는 18균주 중 8균주가 pathotype 1에 포함되었다. 하(6)는 국내 K1, K2, K3으로 선정된 균주들의 IRRI 판별품종에 대한 반응은 일정하지 않았다고 보고하였는데 본 실험에서도 어떤 일치된 결론을 얻을 수가 없었다. 그러나 IRRI 판별 품종들의 국내균주에 대한 반응으로 미루어 보아 국내균주들과 IRRI pathotype 2, 5와는 전혀 병원성이 다르며 pathotype 1과는 유사점이 많은 것으로 사료된다.

이상과 같이 일본과 IRRI 판별품종에 의한 국내 균주의 균형분류가 곤란한 것은 이들 나라의 판별품종과 국내판별품종의 유전적인 차이에서 온 것으로 사료된다.

본 실험에서 국내 균주를 일본, IRRI 판별품종으로 분류하였을 때 각각 63.6% 및 57.6%의 균주가 균형이 분류되지 않았다. 이는 각 나라마다 분포하는 균주의 병원성이 다른데 그 원인이 있겠지만 현재의 획일화된 판별체계에서는 균형의 상호 비교가 불가능하다. 따라서 현재 재배되지 않는 통일계 품종으로 되어 있는 판별품종을 일반계 품종으로 교체되어야 할 것이다.

이상의 결과로 미루어보아 현재의 판별체계로는 균형의 상호비교가 불가능하고 저항성품종의 비교도 곤란하기 때문에 NIL 등을 이용한 새로운 판별품종의 확립이 요구된다.

요 약

1986년부터 1992년까지 전라남북도와 경상남북도에서 수집된 벼 흰잎마름병균 66균주를 국내의 4 판별품종에 대한 병원성을 조사한 결과, K1 균형이 44(66.7%) 균주, K2 균형이 2(3.0%) 균주, K3 균형이 18(27.3%) 균주가 분리되었다. 그러나 K4는 발견되지 않았으며 2균주는 균형을 분류할 수 없었다. 이들 3균형은 5종류의 일반계 품종에 대한 병원성에 따라 19종류의 group으로 세분되었다. 국내 벼 흰잎마름병균주는 일본이나 IRRI 판별품종과 동일한 유전자를 갖는 NIL로 균형이 분류되지 않는 균주가 각각 63.6%, 57.6%나 되어, 국내 벼 흰잎마름병균은 일본 및 IRRI 균형과 비교하기가 곤란하였다.

참고문헌

1. 최재을, 박석홍, 배성호. 1983. 우리나라 수도 주요 품종의 백엽고병 저항성에 관하여. 농시보고 25(작물): 134-143.
2. 최용철, 이순구, 정봉조, 조용섭. 1979. 벼 흰잎마름병균의 균군분포에 관한 연구. 한국식물보호학회지 18(1): 23-27.
3. 최용철. 1982. 백엽고병에 관한 연구. 농사시험연구총설, pp. 165-180. 농촌진흥청.
4. 최용수, 우홍두, 김기청, 박순직. 1986. 전남지방의 수도 백엽고병 균형과 그의 지역별 및 품종별 분포. 전남대 농어촌개발연구지 21(1): 35-41.
5. 최용수. 1990. 벼 흰잎마름병균 균계간의 병원력 비교와 한국 판별품종의 저항성 유전분석. 전남대 박사학위논문. 97pp.
6. 하기용. 1986. 수도 백엽고병의 호남지역 균계분포 및 품종 저항성 유전분석. 전남대 박사학위논문. 45pp.
7. 이두구, 서재환, 최재을, 박건호, 배성호. 1986. 호남 지역에 분포하는 벼흰잎마름병균의 균형. 한국식물병리학회지 2(2): 102-106.
8. 이경휘, 정하원, 이웅권, 이시중, 김영섭. 1965. 전남 지방에 있어서의 수도백엽고병 발생실태조사. 한국식물보호학회지 4: 33-38.
9. 이경휘. 1975. 한국에 있어서의 벼흰잎마름병균의 발생생태와 방제에 관한 연구. 한국식물보호학회지 14(3): 111-131.
10. Mew, T. W. and Vera Cruz, C. M. 1979. Variability of *Xanthomonas oryzae*: Specificity in infection of rice differentials. *Phytopathology* 69(2): 152-155.
11. Mew, T. W. 1989. An overview of the world bacterial blight situation. In: *Bacterial Blight of Rice*, pp. 154-166. IRRI.
12. 武内晴好. 1930. 水稻 白葉枯病の發生. 總督府農試

- 彙報 5(1) : 62-64.
13. 농림수산주요통계. 1993. 농림수산부. 387pp.
 14. 농촌진흥청. 1992. 주요농작물 품종해설집. 1065pp.
 15. Noda, T. and Ohuchi, A. 1989. A new pathogenic race of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* and inheritance of resistance of differential rice variety, Te-tep to it. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 55 : 201-207.
 16. Ogawa, T. 1983. Pathogenetic specialization in bacterial groups I and III of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* in Japan. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 49 : 69-72.
 17. Ou, S. H. 1985. *Rice Diseases (second edition)*, pp. 61-96. Commonwealth Mycological Institute.
 18. Ogawa, T., Yamamoto, T., Khush, G. S., Mew, T. W. and Kaku, H. 1988. Near-isogenic lines as international differential for resistance to bacterial blight of rice. *Rice Genet. Newsletter* 5 : 106-107.
 19. Sasaki, S. and Ishii. 1952. Studies on the introduction of rice varieties resistant to bacterial leaf blight (preliminary report) (Abstr.). *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 17 : 42.
 20. Taura, S., Ogawa, T., Tabien, R. E., Khush, G. S., Yoshimura, A. and Omura, T. 1987. The specific reaction of Taichung 1 to Philippine races of bacterial blight and inheritance of resistance to race 5(PX0112). *RGN* 4 : 101-102.
 21. Vera Cruz, C. M. and Mew, T. W. 1989. How variable is *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*? In : *Bacterial Blight of Rice*, pp. 154-166. IRRI.
 22. 윤명수, 이은중, 조용섭. 1985. 벼 흰잎마름병균(백엽고병균)의 병원성 분화에 관한 연구: 한국판별품종의 반응에 의한 레이스 분류. *한국식물보호학회지* 24(2) : 97-101.