

벼 흰잎마름병 저항성 유전자를 갖고 있는 준동질 계통을 이용한 벼 흰잎마름병균의 레이스 분류

최재을* · 김보라 · 한진수 · 강희경¹ · 허성기²

충남대학교 농업생명과학대학 식물자원학부, ¹공주대학교 농업생명과학대학 식물생산과학부,
²농촌진흥청 농업과학기술원

Race Classification of the Bacterial Blight Pathogen, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, by Rice NILs with Single Resistance Genes

Jae Eul Choi*, Bo Ra Kim, Jin Soo Han, Hee Kyoung Kang¹ and Seung Gi Hur²

Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

¹Kongju National University, Yesan 441-707, Korea

²National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

(Received on July 23, 2008)

One hundred and three isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Korea were evaluated for their virulence on four near-isogenic lines (NILs) containing a single resistance gene, and Korean differential varieties. The resistant gene backgrounds of Cheongcheongbyeo, Pungsanbyeo, Hangangchalbyeo, Milyang42 were not completely understood and they were not suited for the classification of *X. oryzae* pv. *oryzae*. Four NILs, IRBB101, IRBB103, IRBB105, and IRBB107 were difference for characterizing races of *X. oryzae* pv. *oryzae* because they have a single resistance gene. These NILs may be useful differential set in examining pathogenic races of *X. oryzae* pv. *oryzae* in Korea. Based on the virulence of 103 isolates to new differential varieties, they were classified into 3 races.

Keywords : Differential varieties, Race, Rice, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

Xanthomonas oryzae pv. *oryzae*에 의한 벼 흰잎마름병은 벼를 재배하는 동남아 지역에서 막대한 피해를 주는 주요 병해의 하나이다(Mew, 1987). 그러나 아직까지 효과가 우수한 방제 약제가 개발되지 않아 저항성 품종에 의한 방제에 의존하고 있는 실정이다.

최근까지 벼 흰잎마름병 저항성 유전자는 30개 이상이 동정되었으며(Ezuka와 Kaku, 2000; Khush 등, 1990; Noda 등, 1989; Ogawa 등, 1986, 1991b; Sun 등, 2004; Yoshimura, 1983), 앞으로도 새로운 유전자의 동정이 예측된다.

국내에서 육성 보급된 일반계 품종의 벼 흰잎마름병 저항성 유전자는 *Xa1*과 *Xa3*(Park 등, 1998; Ryuk 등, 2004; Shin 등, 1990, 1998, 2003)이며, 2001년에는 *Xa3*의 저항

성 유전자를 갖고 있는 '화영벼'를 이병화시키는 새로운 레이스가 전남 나주지방에서 출현(Noh 등, 2003)함에 따라 새로운 유전자를 이용한 저항성 품종의 육성이 요구되고 있다.

Kang 등(1996)에 의하면 International Rice Research Institute(IRRI)에서 육성한 *Xa3*, *xa5*, *Xa7* 유전자를 갖고 있는 근동질 계통은 대부분의 공시균주에 저항성으로 반응하였으며, Choi 등(2003)도 1980 및 1990년대 벼 흰잎마름병 균주에 대한 안전 지속성이 높은 유전자는 *xa5*와 *Xa7*라고 보고하여 새로운 저항성 품종 육성 방향을 제시하였다.

우리나라에서는 일본의 판별 품종인 'Kinmaze', 'Kogyoku', 'Rantai Emas', 'Wase Waikoku 3' 등을 이용하여 균형분포를 조사하였고(Choi 등, 1967), Japonica×Indica 계통이 육성 재배됨에 따라 '밀양23호', '유신벼', '통일벼' 품종군으로 분류하였으며(Yun 등, 1984), '밀양23호', '청청

*Corresponding author
Phone) +82-42-821-5729, Fax) +82-42-821-5729
E-mail) choije@cnu.ac.kr

벼', '풍산벼', '한강찰벼', '밀양42호'를 벼 흰잎마름병균의 새로운 판별 품종으로 제안하여(Yun 등, 1985) 현재까지 사용하고 있다.

Choi 등(1996)은 일반계 품종인 '동진벼', '대청벼', '안중벼', '화영벼' 등에 대한 반응에 따라 벼 흰잎마름병균의 분류를 K1-1, K1-2, K1-3, K2-1, K2-2, K3-1, K3-2, K3-3로, IRRI에서 육성한 근동질 계통의 반응에 따라 IA, IB, II, IIIA, IIIB, IV, V 등으로 세분할 수 있다고 하였다.

그러나 유전적 배경이 다양한 벼 흰잎마름병 저항성을 갖고 있는 Japonica×Indica 계통(Choi 등, 1983)의 재배가 중단되고, *Xal*과 *Xa3*의 유전자를 갖고 있는 일반계 품종이 오랫동안 재배되고 있으나 *Xal*과 *Xa3*의 유전자를 갖고 있는 품종으로 판별품종을 대치하지 못하고 있는 실정이다.

IRRI에서는 'IR24', '밀양23호', 'Toyonishiki'와 교배하여 벼 흰잎마름병 저항성 유전자를 갖는 준동질 계통을 육성하였으며(Ogawa 등, 1991a). 이러한 품종을 벼 흰잎마름병균의 판별품종으로 사용하려는 연구가 시도되어 왔다(Choi 등, 1996; Liu 등, 2007; Yang 등, 2006).

병해충에 대한 다양한 저항성 유전자를 갖는 근동질 유전자 계통은 새로운 저항성 유전자를 동정하는데 이용할 수 있을 뿐만 아니라 병해충의 레이스나 생태형을 동정하는데 매우 유용하다. 또한, 근동질 유전자 계통을 이용한 품종군의 분류는 저항성품종 육종을 위한 교배모본을 선발하는데 활용될 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 IRRI에서 육성한 1개의 벼 흰잎마름병 저항성 유전자를 갖는 근동질 계통과 국내의 벼 흰잎마름병균과의 상호반응을 비교하여 판별품종의 선발 및 저항성 품종육종 전략을 확립하는 기초로 활용하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

사용 품종. 벼 흰잎마름병 균주의 판별품종인 '밀양 23호', '청청벼', '풍산벼', '한강찰벼', '밀양 42호'는 작물과학원, 벼 흰잎마름병 저항성 유전자를 갖는 근동질 계통(near-isogenic line)은 IRRI에서 육성(Ogawa 등, 1991a)한 것을 분양받아 증식하여 충남대학교 농업생명과학대학 내병성육종학 실험실 보관 중인 종자를 사용하였다.

사용 균주. 본 연구에 공시한 균주는 1998-2002년에 전국에서 수집한 병반으로부터 분리하여 농촌진흥청 농업과학기술원 병리과에서 보관중인 균주를 분양받아 초저온냉장고에 보관하면서 필요시 증식하여 사용하였다.

재배법. 2007년 4월에 벼 종자를 48시간 침지하여 충

남대학교 부속농장 유리온실에서 육묘하였다. 6월 3일 재식거리 15×30 cm로 1주 1본씩 분담에 이앙하여 N-P₂O₅-K₂O를 15-9-11 kg/10a 비율로 시용하였으며 이앙 후 관리는 표준 재배법에 준하였다.

병원균의 접종 및 조사. 접종을 위한 균주 증식은 감자 반합성 고체배지(PSA배지: 감자 300 g 추출액, NaH₂PO₄·2H₂O 2 g, Ca(NO₃)₂·4H₂O 0.5 g, peptone 5 g, sucrose 15 g, agar 15 g, 증류수 1 l, pH 7.0)를 사용하여 27°C의 incubator에서 3일간 배양하였다. 배양된 병원균은 멸균수를 가하여 10⁸cell/ml 농도로 희석한 다음 접종원으로 사용하였다. 병원균 접종은 2006년 8월 1일에 주당 5~6개 잎을 5 cm 정도 잘라낸 후 접종원을 접종하였다(Kang 등, 1996).

병반조사는 접종 14일 후에 5개씩 접종부위로부터 진전된 병반의 길이를 조사하여 평균하였으며, 저항성 판정은 3 cm 이하를 저항성으로 하였으며 병반장이 짧은 것은 감수성 표준품종의 병반장을 기준으로 저항성과 감수성으로 판정하였다.

결과 및 고찰

국내 판별 품종에 의한 레이스 분류. 국내에서 분리한 벼 흰잎마름병균을 국내 판별품종인 '밀양23호', '청청벼', '풍산벼', '한강찰', '밀양42호'에 접종하여 저항성과 감수성의 반응에 따라 race를 분류한 결과는 Table 1과 같다. K1 80균주, K2 13균주, K3 6균주, K4 4균주로 구분되었으나 K5 균주는 분류되지 않았다.

NIL계통에 의한 균형 분류. 'Toyonishiki'에 단일저항성 유전자를 도입한 NIL계통에 의한 균형 분류는 Table 2와 같다. 동진벼에 감수성, 'IRBB101'(Xa1), 'IRBB103'(Xa3), 'IRBB105'(xa5), 'IRBB107'(Xa7)에 저항성 반응을 나타내는 88균주, 동진벼, 'IRBB101'에 감수성, 'IRBB103', 'IRBB105', 'IRBB107'에서 저항성 반응을 나타내는 11균주, 동진벼, 'IRBB101', 'IRBB103'에 감수성, 'IRBB105', 'IRBB107'에 저항성 반응을 나타내는 4균주로 분류되었다.

국내 판별품종과 NIL계통에 대한 벼 흰잎마름병 균주의 반응을 비교한 결과는 Table 3과 같다. '밀양23호'에만 감수성 반응을 하는 K1의 80균주는 '동진벼'에 감수성, 'IRBB101', 'IRBB103', 'IRBB105', 'IRBB107'에 모두 저항성으로 반응하였다. '밀양23호', '청청벼'에 감수성 반응을 하는 K2의 12균주 중에 26, 29 등 10균주는 동진벼에 감수성, 'IRBB101', 'IRBB103', 'IRBB105', 'IRBB107'에 모두 저항성으로 반응하였고, 84와 2033 균주 등은 '동진벼'와 'IRBB101'에는 감수성, 'IRBB103',

Table 1. Race classification of isolate of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* based on reactions to Korean differential rice varieties

Race	M23 ^a	CC	PS	HC	M42	Isolate	No. of isolate
K1	S ^f	R	R	R	R	6, 7, 7-1, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 40, 43, 45, 46, 49, 50, 55, 56, 62, 64, 66, 71, 76, 79, 760, 804, 806, 808, 809, 810, 811, 812, 814, 815, 817, 818, 819, 821, 822, 835, 837, 840, 846, 847, 858, 864, 866, 982, 983, 993, 997, 1000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2015, 2016, 2017, 2020, 2023, 2027, 2031, 2036, 2040, K-09, K-12, K-13, K-14, K-45, KXO720	80
K2	S	S	R	R	R	26, 29, 31, 32, 33, 37, 84, 93, 990, 2033, K-14, K2-49, KXO865	13
K3	S	S	S	R	R	26-1, 69, 2029, 2038, KXO82, KXO97	6
K4	S	S	S	S	R	14, 2034, K-7, KXO19	4

^aM23: Milyang 23, CC: Cheongcheongbeyo, PS: Pungsanbyeo, HC: Hangangchalbyeo, M42: Milyang 42.^bS: Susceptible, R: Resistant.**Table 2.** Classification of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* based on reactions to near-isogenic lines containing a single resistance gene in Toyonishiki

DJ ^a	IRBB101	IRBB103	IRBB105	IRBB107	Isolate	No. of isolate
S ^b	R	R	R	R	6, 7, 7-1, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 37, 40, 43, 45, 46, 49, 50, 55, 56, 62, 64, 66, 71, 76, 79, 93, 760, 804, 806, 808, 809, 810, 811, 812, 814, 815, 817, 818, 819, 821, 822, 835, 837, 840, 846, 847, 858, 864, 866, 982, 983, 990, 993, 997, 1000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2015, 2016, 2017, 2020, 2023, 2027, 2031, 2036, 2040, K-09, K-12, K-13, K-14, K-45, KXO720	88
S	S	R	R	R	26-1, 69, 84, 2029, 2033, 2038, K-13, K2-14, K2-49, KXO82, KXO97, KXO865	11
S	S	S	R	R	14, 2034, K-7, KXO19	4

^aDJ : Dongjinbyeo.^bS : Susceptible, R : Resistant.**Table 3.** Comparison of reactions of Korean differential rice varieties and near-isogenic rice lines to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

M23 ^a	CC	PS	HC	M42	IRBB101	IRBB103	IRBB105	IRBB107	Isolate	No. of isolate
S ^b	R	R	R	R	R	R	R	R	6, 7, 7-1, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 40, 43, 45, 46, 49, 50, 55, 56, 62, 64, 66, 71, 76, 79, 760, 804, 806, 808, 809, 810, 811, 812, 814, 815, 817, 818, 819, 821, 822, 835, 837, 840, 846, 847, 858, 864, 866, 982, 983, 993, 997, 1000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2015, 2016, 2017, 2020, 2023, 2027, 2031, 2036, 2040, K-09, K-12, K-13, K-14, K-45, KXO720	80
S	S	R	R	R	R	R	R	R	26, 29, 31, 32, 33, 37, 93, 990, K2-14, K2-49	10
S	S	S	R	R	S	R	R	R	84, 2033, KXO865	3
S	S	S	R	R	S	R	R	R	26-1, 69, 2029, 2038, KXO97, KXO82	6
S	S	S	S	R	S	S	R	R	14, 2034, K-7, KXO19	4

^aM23: Milyang 23, CC: Cheongcheongbeyo, PS: Pungsanbyeo, HC: Hangangchalbyeo, M42: Milyang 42, IR101: IRBB101.^bS: Susceptible, R: Resistant.

‘IRBB105’, ‘IRBB107’에 모두 저항은성으로 반응하여 Japonica×Indica 계 판별품종으로 분류된 group은 NILs의 반응으로 분류된 group과 일치하지 않았다. ‘밀양23호’, ‘청청벼’, ‘풍산벼’에 감수성 반응을 하는 K3의 7균주는

동진벼와 ‘IRBB101’에는 감수성, ‘IRBB103’, ‘IRBB105’, ‘IRBB107’에 모두 저항성으로 반응하였다. ‘밀양23호’, ‘청청벼’, ‘풍산벼’, ‘한강찰벼’에 감수성인 K4의 3균주는 ‘동진벼’, ‘IRBB101’, ‘IRBB103’에는 감수성, ‘IRBB105’,

‘IRBB107’에는 저항성으로 반응하였다.

이상과 같이 Japonica×Indica 계 판별품종에 의한 벼 흰잎마름병 균주의 분류가 1개의 저항성 유전자를 갖고 있는 NILs의 반응과 일치하지 않았다. 이러한 결과는 저항성 유전자의 배경이 확실하지 않은 Japonica×Indica 계 판별품종으로 분류된 레이스는 유전자의 분석이나 저항성 유전자의 동정 등에 적합하지 않을 것으로 생각된다.

새로운 판별체계의 제안. Japonica×Indica 계 판별품종의 문제점을 보완하기 위하여 새로운 벼 흰잎마름병균의 판별체계를 Table 4와 같이 제안한다. ‘동진벼’에는 감수성을 나타내고, ‘IRBB101’, ‘IRBB103’, ‘IRBB105’, ‘IRBB107’에 저항성을 나타내는 균주를 레이스 1로 분류하고, ‘동진벼’와 ‘IRBB101’에 감수성, 나머지 판별품종은 저항성 반응을 하는 균주를 레이스 2로, ‘IRBB101’, ‘IRBB103’에 감수성 반응을 나타내고, ‘IRBB105’, ‘IRBB107’에 저항성 반응을 나타내는 균형은 레이스 3, ‘IRBB107’

은 저항성 반응을 나타내고, 나머지 판별품종에서 감수성 반응을 나타내는 균형을 레이스 4로 분류하며, 모든 판별품종에 감수성 반응을 나타내는 균형을 레이스 5로 분류한다.

그러나 이러한 판별체계는 레이스의 명칭이나 판별체계는 단순하나 새로운 저항성 유전자를 갖는 저항성품종이 육성되고 새로운 레이스가 출현될 때마다 새로운 판별체계로 수정해야하는 경우가 발생하기 때문에 장기적으로는 불편할 것으로 생각된다. 또한, ‘IRBB101’에는 저항성, ‘IRBB103’은 감수성, IRBB101’에는 저항성 ‘IRBB105’ 감수성 등인 균주가 출현하면 레이스 1a, 레이스 2a, 또는 1-1, 2-1 등으로 명명해야하는 불편이 뒤 따른다.

다른 판별체계는 저항성 유전자의 명칭을 레이스 명으로 사용하는 방법이다(Table 5). 동진벼에는 감수성을 나타내고, ‘IRBB101’(Xa1), ‘IRBB101’(Xa3), ‘IRBB101’(xa5), ‘IRBB101’(Xa7)에 저항성을 나타내는 경우 즉 저항성 유전자가 없는 품종만 감수성으로 반응하는 균주를 레이스

Table 4. Race classification of isolate of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* based on reactions of near-isogenic lines containing a single resistance gene

‘Dongjinbyeo’	‘IRBB101’ (Xa1)	‘IRBB103’ (Xa3)	‘IRBB105’ (Xa5)	‘IRBB107’ (Xa7)	Race
S ^a	R	R	R	R	1
S	S	R	R	R	2
S	S	S	R	R	3
S	S	S	S	R	4
S	S	S	S	S	5

^aS: Susceptible, R: Resistant.

Table 5. Race classification of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* based on reactions of resistant genes

‘Dongjinbyeo’	Xa1 (‘IRBB101’)	Xa3 (‘IRBB103’)	Xa5 (‘IRBB105’)	Xa7 (‘IRBB107’)	Race
S ^a	R	R	R	R	0
S	S	R	R	R	1
S	R	S	R	R	3
S	R	R	S	R	5
S	R	R	R	S	7
S	S	S	S	R	1,3,5
S	S	S	S	R	1,3,5,7
S	R	S	S	R	3,5
S	R	S	R	S	3,7
S	R	S	S	S	3,5,7
S	R	R	S	S	5,7
S	S	R	S	R	1,5
S	S	R	S	S	1,5,7
S	S	R	R	S	1,7
S	S	S	R	S	1,3,7

^aS: Susceptible, R: Resistant.

0으로 분류하고, *Xa1* 유전자를 갖고 있는 'IRBB101'에는 감수성, 다른 유전자를 갖고 있는 품종은 저항성으로 반응하는 균주를 레이스 1, 'IRBB103'(*Xa3*)이 감수성이면 레이스 3, 'IRBB105'(*xas5*)가 감수성이면 레이스 5, 'IRBB107'(*Xa7*)이 감수성이면 레이스 7로 분류한다. 'IRBB101'(*Xa1*)과 'IRBB101'(*Xa3*) 두 종류이상의 유전자를 침입하여 감수성이면 침해되는 유전자의 종류에 따라 레이스1,3, 레이스1,3,5, 레이스1,3,5,7 등으로 세분할 수 있다. Noh 등 (2003)이 보고한 K3a는 본 판별체계에서는 레이스 3으로 명명되므로 기존의 K1, K2, K3 등과 구별하여 사용할 수 있으므로 새로운 판별체계와 혼동되지 않을 것이다.

유전자의 명칭을 레이스 명으로 사용하면 레이스로 감수성인 유전자를 알 수 있고, 레이스의 명칭도 단순할 것이다. 그러나 여러 종류의 저항성 유전자를 동시에 침입하면 레이스의 명칭이 길어질 것으로 예상되나 현재까지 여러 유전자를 동시에 침해하는 레이스가 보고되지 않아 이러한 문제점은 크게 예상되지 않을 것으로 생각된다.

이상과 같이 벼 흰잎마름병 저항성 유전자를 침해하는 유전자의 명칭을 레이스의 명칭으로 명명하면 레이스 분포만으로 저항성 품종의 선택을 쉽게 할 수 있어 영농지도에도 활용될 것이다. 또한, 새로운 벼 흰잎마름병 저항성 유전자가 동정되고 이 유전자를 이용하여 저항성 품종이 육성되더라도 동일한 유전자를 갖는 품종을 판별품종으로 추가하여 사용하면 기존의 레이스의 명칭이나 저항성 품종군의 수정 없이 저항성 유전자를 갖는 품종만 추가하면 가능할 것이다.

Mew 등(1992)과 다른 연구자(Mazzola 등, 1994; Adhikari 등, 1999; Jeung 등, 2006)들은 저항성 유전자가 포함된 NIL에 대한 벼 흰잎마름병 균주의 병원성 검정은 유전적인 측면에서 기주와 병원균의 레이스 간의 상호작용을 이해하는데 도움이 되며 저항성 품종의 육종에 중요한 정보를 준다고 하였다.

따라서 NIL에 대한 우리나라의 벼 흰잎마름병균의 반응은 새로운 판별체계의 확립은 물론 K3a 등 새로운 레이스의 출현에 대비하기 위한 육종적 대책을 강구하기 위한 정보로도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

국내에서 수집한 103 균주의 벼 흰잎마름병 균주를 한국 판별품종과 한 개의 저항성 유전자를 갖고 있는 4개의 준동질 계통에 병원성을 검정하였다. 청청벼, 풍산벼, 한강찰벼, 밀양42호는 저항성 유전자의 배경을 완전히 알 수 없어 벼 흰잎마름병균의 분류에 적합하지 않았다.

IRBB101, IRBB103, IRBB105, IRBB107의 계통은 1개의 저항성 유전자를 갖고 있어 벼 흰잎마름병 균주의 레이스를 구분할 수 있었다. 이 계통들은 우리나라 벼 흰잎마름병균의 분류하는 판별품종으로 유용할 것으로 생각된다. 우리나라 벼 흰잎마름병 균주는 4개의 NIL과의 반응에 따라 3개의 레이스로 분류하였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 Biogreen 21 사업(과제번호: 20070301-034-034-008-04-00)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

- Adhikari, T. B., Basnyat, R. C. and Mew, T. W. 1999. Virulence of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* on rice lines containing single resistance genes and gene combinations. *Plant Dis.* 83: 46-50.
- Choi, J. E., Kang, H. K. and Lee, D. G. 1996. Classification of Korean isolate of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* on the basis of their virulence to Korean, Japanese and IRRI differential varieties. *Korean J. Plant Pathol.* 12: 202-208.
- Choi, J. E., Park, S. H. K. and Bae, S. H. 1983. Resistance of rice varieties to bacterial leaf blight in Korea. *Res. Rept. ORD.* 25(C): 134-143.
- Choi, S. H., Lee, S. W., Han, S. S., Lee, D. K. and Noh, T. H. 2003. Identification of durable resistance genes against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Korea. *Korean J. Breed.* 35: 283-288.
- Choi, Y. C., Lee, S. K., Chung, B. J., Lee, K. H. and Cho, Y. S. 1967. Studies on the varietal trials of rice to the bacterial leaf [*Xanthomonas oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson] in Korea. *The Res. ORD* 20(E) : 93-100.
- Ezuka, A. and Kaku, H. 2000. A historical review of bacterial blight resistance. *Bull. Natl. Inst. Agrobiol. Resour.* 15: 1-207.
- Jeung, J. U., Heu, S. K., Shin, M. S., Vera Cruz, C. M. Jena, K. K. 2006. Dynamics of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* population in Korea and their relationship to known bacterial blight resistance genes. *Phytopathology* 96: 867-875.
- Kang, H. K., Choi, J. E. and Park, N. K. 1996. Reaction of near-isogenic lines for bacterial blight bred in IRRI to Korean isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Korean J. Breed.* 28: 247-254.
- Khush, G. S., Bacalanco, E. and Ogawa, T. 1990. A new genes for resistance to bacterial blight from *O. longistaminata*. *RGN* 7:121-122.
- Liu, H., Yang, W., Hu, B. and Liu, F. 2007. Virulence analysis and race classification of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in China. *J. Phytopathol.* 155: 129-135.

- Mazzola, M., Leach, J. E., Nelson, R. and White, F. F. 1994. Analysis of the interaction between *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* and the rice cultivars IR24 and IRBB21. *Phytopathology* 84: 359-382.
- Mew T. W. 1987. Current status and future prospects of research on bacterial blight of rice. *Ann. Rev. Phytopathol.* 25: 359-382.
- Mew, T. W., Vera Cruz, C. M. and Medalla, E. S. 1992. Changes in race frequency of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in response to rice cultivars planted in the Philippines. *Plant Dis.* 76: 1029-1032.
- 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.
- Noh, T. H., Lee, D. K., Kang, M. H., Shin, M. S., Shim, H. K. and Na, S. Y. 2003. Identification of new race of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*(Xoo) in Korea. *Phytopathology* 93: 66.
- Ogawa, T., Tabien, R. E., Busto, G. A., Khush, G. S. and Mew, T. M. 1986. The relationship between *Xa-3*, *Xa-4* and *Xa-4^b* for the resistance to rice bacterial blight. *RGN* 3: 83-84.
- Ogawa, T., Yamamoto, T, Khush, G. S. and Mew, T. W. 1991a. Breeding of near-isogenic lines of rice with single genes for resistance to bacterial blight pathogen (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*). *Japan. J. Breed.* 41: 523-529.
- Ogawa, T., Yamamoto, T., Khush, G. S. and Mew, T. M. 1991b. Resistance and its inheritance to bacterial blight of IR 8 rice cultivar group. *Japan. J. Breed.* 41: 211-221.
- Park, N B., Lim, S. J., Kim, H. Y., Hawang, H. G., Jun, B. T. and Ko, M. S. 1998. Genetic analysis of resistance to bacterial blight in Korea Japonica rices. *Korea J. Breed.* 30: 369-377.
- Ryuk, J. A., Choi, C. H., Kang, H. K. and Choi, J. E. 2004. Gene analysis of resistance to bacterial blight, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Korean six rice cultivars. *Korean J. Plant Pathol.* 10: 73-77.
- Shin, M. S., Lee, Y. M. and Shin, H. T. 1990. Inheritance of resistance to bacterial blight in several rice cultivars. *Korean J. Breed.* 22: 148-159.
- Shin, M. S., Oh, M. K., Kim, K. Y., Kim, B. K., Ko, J. K., Kim, Y. G., Lee, J. K. and Cho, Y. C. 2003. Inheritance of resistance to bacterial blight in Korean landrace and weed rice. *Korean J. Breed.* 35: 92-95.
- Shin, M. S., Noh, T. H., Lee, J. K., Shin, H. T. and Cho, S. Y. 1998. Inheritance of resistance to bacterial blight in Tongil type rice cultivar "Changseongbyeon" *Korean J. Crop Sci.* 43(2), 64-65.
- Sun, X. L., Cao, Y. L., Yang, Z. F., Xu, C. G., Li, X. H., Wang, S. P., Zhang, Q. F. 2004. *Xa26*, a gene conferring resistance to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in rice, encodes an LRR receptor kinase-like. Protein. *Plant J.* 37: 517-527.
- Yang, W. F., Liu, H. X., Hu, B. S., Xu, Z. G. and Liu, F. Q. 2006. Virulence variation of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* on rice near isogenic lines in China. *Acta Phytopathol. Sinica* 20: 84-92.
- Yoshimura, A., Mew, T. W., Khush, G. S. and Omura, T. 1983. Inheritance of resistance to bacterial blight in rice cultivar Cas 209. *Phytopathology* 73: 1409-1412.
- Yun, M. S., Choi, Y. C., Han, M. S. Lee, E. J. and Cho, Y. S. 1984. Distribution of pathogenic groups of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* of rice, in Korea. *Korean J. Plant Prot.* 23: 147-152.
- Yun, M. S., Lee, E. J., and Cho, Y. S. 1985. Pathogenic specialization of the rice bacterial leaf blight pathogen, *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* : Race classification based on reactions of Korean differential varieties. *Korean J. Pl. Prot.* 24: 97-101.