

## 우리나라 벼 주요 품종들의 흰잎마름병 변이균 레이스 K3a에 대한 반응

신문식<sup>†</sup> · 노태환 · 김기영 · 신서호 · 고재권 · 이재길

작물과학원 호남농업연구소

### Reaction of Korean Rice Varieties to New Bacterial Blight Race, K3a

Mun-Sik Shin<sup>†</sup>, Tae-Hwan Noh, Ki-Young Kim, Seo-Ho Shin, Jae-Kweon Ko, and Jae-Kil Lee

Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

**ABSTRACT :** This study was carried out to get information for diversifying of resistant genes to bacterial blight (BB) in Japonica cultivar breeding programs. Two hundred nine rice varieties were tested for qualitative resistance to four races of BB; HB9101 isolate for race K1, HB9102 isolate for race K2, HB9103 isolate for race K3, and HB01001 isolate for race K3a. Two hundred nine rice varieties were divided into five groups according to their race reaction. Fourteen Tongil-type varieties and ninety-seven Japonica varieties showed susceptible reaction to four races; K1, K2, K3 and K3a. Thirteen Tongil-type varieties and thirty-one Japonica varieties were resistant to only one race; K1. Nine Tongil-type varieties and one Japonica variety were resistant to two races; K1 and K2. One Tongil-type variety and twenty-eight Japonica varieties were resistant to the three races; K1, K2, and K3. Fourteen Tongil-type varieties and one Japonica variety were resistant to four races; K1, K2, K3, and K3a. A number of Tongil-type varieties showed broad spectrum resistance to four races, while a number of Japonica varieties showed broad spectrum resistance to three races; K1, K2, and K3.

**Keywords:** rice, bacterial blight, Tongil-type variety, Japonica variety, broad spectrum resistance

**Xanthomonas oryzae** pv. *oryzae* (Xoo)에 의해 유발되는 벼흰잎마름병은 전세계 벼를 재배하는 대부분의 나라에서 발생하여 많은 피해를 주는 병중의 하나이다. 우리나라에 있어서는 남서해안, 남부평야지 뿐만 아니라 중부평야지에서도 발생하여 수량감소는 물론 미질을 저하시킨다(Shim *et al.*, 1992). 벼흰잎마름병 방제용으로 몇가지 화학약제가 개발되어 사용되고 있지만 예방과 치료 효과는 매우 낮다. 따라서 가장 효과적인 방제 수단은 저항성 품종 이용이다. 우리나라에서 벼

흰잎마름병에 대한 저항성 품종 육종은 1965년에 시작되어 1972년에 통일형인 통일이 육성되었고 1982년에는 자포니카형인 섬진벼가 육성되었다. 이들 품종들의 육성을 시발점으로 하여 그동안 수많은 저항성 품종들이 육성 보급되어 우리나라 쌀 생산에 중요한 역할을 해왔다(Shin unpublished)

병에 대한 단일 저항성 유전자를 가진 품종이 특정 지역의 넓은 면적에 장기적으로 재배되었을 때 병원균 분포 양상도 달라진다 즉 그 유전자에 대한 비친화적 레이스는 줄어들고 친화적 레이스는 증가하여 결국 품종의 저항성은 무너진다(Mew *et al.*, 1992; Noda *et al.*, 1990) 우리나라에서도 최근 품질 고급화를 위하여 동일한 저항성 유전자를 가진 품종들이 확대 재배됨으로써 이 유전자를 붕괴시키는 변이 레이스 K3a가 출현(Noh *et al.*, 2003), 침해하므로써 커다란 문제가 되고 있다 따라서 병원균 집단의 안정화와 품종 저항성 수명 연장을 위해서는 다계혼합품종(multiline) 육성 보급이 효과적이나 그렇지 못할 경우에는 각기 서로 다른 저항성 유전자를 가진 품종의 재배로 병에 의한 역학을 방지할 수 있다.

이 연구는 육성품종의 저항성을 증진하고 유전자의 다양화를 위해 통일형과 자포니카형 주요 품종들의 흰잎마름병균에 대한 반응을 검토한 것이다.

### 재료 및 방법

시험 재료는 통일형 51품종, 자포니카형 158품종을 2004년 4월 26일에 파종하여 5월 27일에 재식거리 30×15 cm로 주당 1본식 이앙하였다. 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O를 110-45-57 kg/ha로 하였고 질소는 기비·분얼비·수비를 40-40-20%, 염화가리는 70-0-30%로 분시하였고 인산은 전량 기비로 사용하였다. 기타 재배 관리는 호남지역의 표준 재배법에 준하였다.

흰잎마름병 접종 균주는 HB9101(레이스 K1), HB9102(레이스 K2), HB9103(레이스 K3) 및 HB01001(레이스 K3a)을 사용하였다 이들 균주들은 10% sterile glycerol을 사용 -80 °C에 보존된 것을 peptone sucrose agar(PSA) 배지로 활력을

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-63-8410-2151 (E-mail) shinms@rda.go.kr <Received October 18, 2004>

회복시켰다. 회복된 균은 bacto nutrient broth 분말 가루를 증류수 1 l에 8 g씩 녹인 용액을 250 cc 짜리 삼각플라스크에 150 cc씩 분주하여 고압멸균 후 병원균을 28 °C에서 진탕배양하였다 배양된 병원균은  $10^8$ - $10^9$  cells/ml 농도로 조정하여 최고분얼기와 수잉기 사이인 7월 29일에 각 균주별로 품종당 4 개체의 엽선단 약 5 cm 부위를 가위절엽 접종하였다. 접종 3 주 후에 4개체 각각에서 가장 긴 병반을 가진 두개 엽의 병반장을 측정하여 그 값을 평균하였는데 균주간 혼합 감염은 관찰되지 않았다 질적저항성 구분은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(2003)에 따라 병반장 5 cm 이하는 저항성, 5.1 cm 이상은 이병성으로 하였다

## 결 과

육성 년대별로 레이스 반응에 따라 품종을 분류하였다 (Tables 1, 2). 통일형 품종은 51개 품종을 대상으로 검정하였고, 자포니카형 품종은 158개 품종을 검정하였다(Table 1) 먼저 통일형 품종의 반응을 보면, 1970년대에 육성된 24품종 중에서 조생통일 등 12품종은 4개 레이스 모두에 이병성 반응을 보였다 밀양30호 등 3품종은 레이스 K1에 저항성 반응을, 통일 등 4품종은 레이스 K1과 K2에 저항성 반응을, 밀양 42호 등 5품종은 4개의 모든 레이스에 저항성 반응을 보였다 1980년대에 육성된 16품종 중에서 광명버는 4개 레이스

**Table 1.** A list of Tongil-type varieties to bacterial blight released from 1970s to 2000s

Reaction to race				Period			
K1	K2	K3	K3a	1972-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2004
S	S	S	S	Josaengtongil Youngnamjosaeng Tongilchal Hwanggeum Milyang21 Milyang22 Milyang23 Saesbyeol, Nopung Honamjosaeng Manseok, Naegyeong (12)	Kwangmyeong (1)	- (0)	Namil (1)
R	S	S	S	Milyang30 Palkwang Cheongcheong (3)	Sujeong Weonpung Chilseong Youngju Jangseong (5)	Hyangmibyeo 1 Hyangmibyeo 2 Dasan (3)	Hanareum Milyang202 (2)
R	R	S	S	Tongil Yushin Geumkang Samseong (4)	Nampung Gaya Yeongpung Jungweon (4)	Anda (1)	- (0)
R	R	R	S	- (0)	- (0)	- (0)	Suwon490 (1)
R	R	R	R	Milyang42 Taebaeg Seokwang Hangangchal Baegunchal (5)	Baegyang Pungsan Samgang Sinkwang Youngmun Namyong (6)	Namcheon Areum (2)	Suwon499 (1)
Total (51)				24	16	6	5

( ) : Number of cultivars.

**Table 2.** A list of Japonica varieties to bacterial blight released from 1970s to 2000s.

Reaction to race				Period			
K1	K2	K3	K3a	1972-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2004
S	S	S	S	Nagdong Jinju Kwanag Seolag Dobong	Dongjin, Samnam Sangpung, Chuag Odae, Sinseonchal Sobaeg, Kiho Seonam, Daeseong Namyang, Cheonma Baegam, Unbong Kwangmyeong Hwaseong, Palgong Yeongdeog, Geumo Daekwan, Seohae Donghae, Namweon Sangnambaedbyeol Jinmi, Jangan Cheongmyeong Jangan, Obong Ipum, Seon Jinbuchal	Mangeum, Sinunbong Junbu, Jnbuolbyeol Gancheog, Dunnae Joryeong, Singeumo Hwajung, Daeribbyeol Nongan, Sangsan Sambaeg, Hwanam Hwadong, Unjang Juan, Samcheon Ansan, Geumobyeol Junghwa, Dongan Seojin, Daesan, Jungan Geumobyeol2, Inweol Nampyeong, Kwangan Guru, Heugjinju, Jinpum Arangyangchal Sangjuchal, Hoan Dongjunchal, Undu Nongho, Manan, Sangmi Saechucheong, Jimbong Anseong, Munchang Manpung, Heughyang Taebong, Jeogjinju Jungsan, Goami	Manchu, Seolgaeng Baegjinju, Manho Saesangju, Taeseong Goami2, Manmi Joan, Heugkwang
				(5)	(32)	(50)	(10)
R	S	S	S	-	Seomjin Daechong Tamjin Yeongsan Hwacheong Hwajin Gyehwa	Yeongnam, Yangjo Daeya, Hwaseonchal Daeam, Geumnam Ilmi, Naepung Hwamyong, Sura Daejin, Namgang Hyangnam, Heugnam Mihyang, Weonhwang Sujin, Seolhyangchal	Geuman Daepyong Hopyeong Jongnam Hwabong Iksan466
				(0)	(7)	(18)	(6)
R	R	S	S	-	-	Hwasin (1)	-
R	R	R	S	-	-	Hwayeong, Anjung Hwasam, Yeonghae Sobi, Sindongjin Sampyeong, Hwaan Haepyeong, Hojin Junam	Seogyeong, Yeongan Saegyewa, Manweol Dongjin 1, Sangok Seogan, Samdeog Samkwang, Hwarang Seopyeong, Pyeongan Suwon479, Iksan462 Iksan467, Milyang189 Unbong30
				(0)	(0)	(11)	(17)
R	R	R	R	-	-	-	Iksan478 (1)
Total (158)				5	39	80	34

( ) : Number of cultivars.

모두에 이병성 반응을 보였다. 수정벼 등 5품종은 레이스 K1에 저항성 반응을, 남풍벼 등 4품종은 레이스 K1과 K2에 저항성 반응을, 백양벼 등 6품종은 4개 레이스 모두에 저항성 반응을 보였다. 1990년대에 육성된 6품종 중에서 향미벼1호 등 3품종은 레이스 K1에 저항성 반응을, 안다벼는 레이스 K1과 K2에 저항성 반응을, 남천과 아름답는 4개 레이스 모두에 저항성 반응을 보였다. 2000년대에 육성된 5품종 중 남일벼는 4개 레이스 모두에 이병성 반응을 보였다. 한이름과 밀양202호는 레이스 K1에 저항성 반응을, 수원490호는 레이스 K1, K2 및 K3에 저항성 반응을, 수원499호는 4개 레이스 모두에 저항성 반응을 보였다. 육성년대에 관계없이 밀양42호 등 14개 품종이 레이스 K3a에 저항성 반응을 보였고 수원490호는 지금까지 통일형 품종에는 없던 레이스 K1, K2 및 K3에 저항성이면서 레이스 K3a에만 이병성을 보인 새로운 양상을 보였다.

자포니카형은 158개 품종을 대상으로 검정한 결과를 보면 (Table 2), 1970년대에 육성된 5품종 중에서 흰잎마름병에 저항성인 품종은 없었다. 1980년대에 육성된 39품종 중에서 동진벼 등 32품종은 4개 레이스 모두에 이병성 반응을 보였고, 섬진벼 등 7품종은 레이스 K1에 저항성 반응을 보였다. 1990년대에 육성된 80품종 중에서 만금벼 등 50품종은 4개 레이스에 모두 이병성 반응을 보였다. 영남벼 등 18품종은 레이스 K1에 저항성 반응을, 화신벼는 레이스 K1과 K2에 저항성 반응을, 화영벼 등 11품종은 레이스 K1, K2 및 K3에 저항성 반응을 보였다. 2000년대에 육성된 34품종 중에서 만주 등 10품종은 4개 레이스에 모두 이병성 반응을 보였다. 금남벼 등 6품종은 레이스 K1에 저항성 반응을, 석정 등 17품종은 레이스 K1, K2 및 K3에 저항성 반응을 보였다. 익산478호는 4개 레이스 모두에 저항성 반응을 보여 K3a에 유일한 저항원으로 나타났다.

## 고 찰

우리나라에 있어서 흰잎마름병균 분포는 1977년과 1978년에는 K1, K2, K3, K5의 4개 레이스가 분포하였고(Choi *et al.*, 1979), 1979년부터 1983년까지는 K1, K2, K3, K4 및 K5의 5개 레이스가 분포하였다(Yun *et al.*, 1984). Lee *et al.* (1986)은 1980년부터 1984년까지 호남지역에는 K1, K2, K3 및 K4의 4개 레이스가 분포하였음을 보고하였고, Choi *et al.* (1996)은 1986년부터 1992년까지 전남북과 경남북에는 K1, K2 및 K3의 3개 레이스만이 분포함을 보고하였다. 1970년대 말과 1980년대 초에는 병원균의 우점도가 K1>K2>K3 순이었고 비교적 기주 범위가 넓은 레이스 K4와 K5는 남서해안 극히 일부 한정된 지역에 분포하였다. 1990년대 초부터 국민소득의 향상과 더불어 소비자들의 양질미 선호에 따라 1993년을 기점으로 통일형 품종의 재배면적은 사라지고 전면적 자포

니카형 품종으로 대체되어 레이스 K4와 K5는 기주와 더불어 사라졌던 것으로 추정할 수 있다. 그러나 2001년에 전남 나주 지방에서 기존의 레이스 K1, K2, 및 K3 모두에 저항성이었던 화영벼 등의 이병엽에서 5개 균주를 분리하여 한국의 판별품종에 대한 병원성을 검정한 결과 기존의 K3 보다는 병원성이 강하지만 K4보다는 병원성이 약하면서 레이스 K1, K2 및 K3에 저항성이었던 화영벼 등을 침해하여 Noh *et al.* (2003)은 K3a로 분류하였다. 이와 같이 변이균이 출현한 것은 흰잎마름병에 이병성 품종, 레이스 K1에 저항성인 품종의 재배면적은 줄어든 반면 레이스 K1, K2 및 K3에 저항성인 주남벼, 동진1호 등의 재배면적이 급속히 확대되면서 이들에 친화성균주가 새로이 출현하고 그 분포가 급격히 증가된 것으로 그 원인을 분석할 수 있다. 식재된 벼 품종들에 반응한 병원균집단 변화의 예는 여러 경우가 세계적으로 보고된 바 있는데 흰잎마름병균의 레이스 빈도 변화는 우리나라 뿐만 아니라 일본과 필리핀에서도 보고된 바 있다(Choi *et al.*, 1984; Mew *et al.*, 1992; Noda *et al.*, 1990).

벼흰잎마름병균에 대한 벼품종이 가지고 있는 저항성 유전자는 전 세계적으로 30여개가 밝혀져 있지만(Kinoshita, 1986, Lee *et al.*, 2003), 우리나라에서 벼품종의 저항성 유전자 동정은 극히 제한적으로 이루어졌다(Park *et al.*, 1998; Shim *et al.*, 1990; Shim *et al.*, 1995; Shim *et al.*, 1998; Shim *et al.*, 2003) 특히 통일형 품종 중에서는 장성벼의 저항성 유전자가 *Xa1* 유전자와 동일한 염색체상의 유전자좌에 위치하고 있음이 밝혀졌을 뿐(Shim *et al.*, 1998) 그 나머지 품종들에 대한 유전자 동정은 이루어진 바 없다. 자포니카 품종 중에서는 1982년에 레이스 K1에 저항성인 섬진벼가 육성되었는데 이 품종은 *Xa1* 유전자 (Sakaguchi, 1967)를 가지고 있으며 1982년 이후 육성된 대부분의 저항성 품종 육성에 기여하였다. 화명벼는 Calrose에서 유래된 *Xa22* 유전자(Shim *et al.*, 1995)를 가지고 있으며, 레이스 K1과 K2 각각에 저항성인 화신벼에 대해서는 아직 연구된 바 없다. 레이스 K1, K2 및 K3 각각에 저항성인 화영벼는 1991년에 육성되었고 유전자는 WaseAikoku 3에서 유래된 *Xa3*으로써 이 유전자는 병원성이 서로 다른 여러개의 레이스에 광범위 저항성을 보이고 있다(Ezuka *et al.*, 1974). 레이스 K1, K2, K3 및 K3a 모두에 저항성인 익산478호는 인디카품종인 DV85 (Sidhu *et al.*, 1978)의 유전자 *Xa7* (Shim *et al.*, 2004)을 가진 우리나라 최초의 자포니카 품종으로 앞으로 자포니카 품종의 저항성 유전자 다양화에 기여가 클것으로 여겨진다. Choi *et al.* (2003)은 *Xa7* 유전자는 10년 동안 수집된 우리나라 균주에 대해 저항성을 보임으로써 이 저항성 유전자에 이병성 반응을 일으킬 병원성을 가진 균계가 분포하지 않으며 이 유전자를 침해하기 위해서는 병원균의 비병원성 유전자 *avrXa7*에 변이가 일어나야 한다고 보고하였다. 따라서 우리나라에 있어서 *Xa7* 유전자는 안정 지속성이 높을 것이라고 하였다.

## 적 요

1970년대 이후 육성된 우리나라 벼품종들에 대하여 벼흰잎마름병 레이스 K1, K2, K3 및 K3a에 대한 반응을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 통일형인 51품종의 저항성 정도를 검정한 결과, 레이스 K1에 저항성 13품종, 레이스 K1과 K2에 저항성 9품종, 레이스 K1, K2, 및 K3에 저항성 1품종, 레이스 K1, K2, K3 및 K3a 모두에 저항성을 보인 것은 14품종이었다.

2. 자포니카형인 158품종의 저항성 반응을 살펴 본 결과, 레이스 K1에 저항성 31품종, 레이스 K1과 K2에 저항성 1품종, 레이스 K1, K2 및 K3에 저항성 28품종, 레이스 K1, K2, K3 및 K3a 모두에 저항성 1품종이었다.

3. 레이스 K1, K2, K3 및 K3a에 저항성인 품종은 통일형 품종이 자포니카형 품종 보다 훨씬 많았다.

## 인 용 문 헌

- Choi, J. E., H. K. Kang, and D. G. Lee. 1996. Classification of Korean isolate of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* on the basis of their virulence to Korean, Japanese and IRRRI differential varieties. Korean J. Plant Pathol. 12(2) : 202-208
- Choi, S. H., S. W. Lee, S. S. Han, D. K. Lee, and T. H. Noh. 2003. Identification of durable resistance genes against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Korea. Korean J. Breed. 35(5) : 283-288.
- Choi, Y. C., S. G. Lee, B. J. Chung, and Y. S. Cho. 1979. Aerial distribution of bacterial groups of *Xanthomonas oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson. Korean J. Pl. Prot. 18(1) : 23-27
- Choi, Y. C., M. S. Yun, and J. K. Sohn. 1984. Susceptibility of tongil type rice cultivar Milyang30 previously resistant to *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*. Korean J. Pl. Prot. 23(1) : 1-6
- Ezuka, A., O. Horino, K. Toriyama, H. Shinoda, and T. Morinaka. 1974. Inheritance of resistance of rice variety WaseAikoku3 to *Xanthomonas oryzae*. Bull. Tokai-kinki, Nat. Agr. Exp. Sta. 28. 124-130
- Kinoshita, T. 1986. Report of the committee on gene symbolization, nomenclature and linkage groups. Rice Genetics Newsletter 3 : 4-5
- Lee, D. K., J. H. Seo, J. E. Choi, K. H. Park, and S. H. Bae. 1986. Pathotypes of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Honam district, Korea. Korean J. Plant Pathol. 2(2) : 102-106
- Lee, K. S., S. Rasabandith, E. R. Angeles, and G. S. Khush. 2003. Inheritance of resistance to bacterial blight in 21 cultivars of rice. Phytopathology 93 : 147-152.
- Mew, T. W., C. M. Vera Cruz, and E. S. Medalla. 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., O. Horino, and A. Ohuchi. 1990. Variability of pathogenicity in races of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* in Japan. JARQ 23(3) : 182-189.
- Noh, T. H., D. K. Lee, M. H. Kang, M. S. Shin, H. K. Shim, and S. Y. Na. 2003. Identification of new race of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) in Korea. Phytopathology 93 : s66
- Park, N. B., S. J. Lim, H. Y. Kim, H. G. Hwang, B. T. Jun, and M. S. Ko. 1998. Genetic analysis of resistance to bacterial blight in Korea Japonica rices. Korean J. Breed. 30(4) : 369-377.
- Rural Development Administration. 2003. Standard Evaluation System for Agricultural Science Technology. pp. 279-280.
- Sakaguchi, S. 1967. Linkage studies on the resistance to bacterial leaf blight, *Xanthomonas oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson, in rice. Bull. Nat. Inst. Agri. Sci. D(16) : 1-18
- Shin, M. S., Y. M. Lee, and H. T. Shin. 1990. Inheritance of resistance to bacterial blight in several rice cultivars. Korean J. Breed. 22(2) : 148-159
- Shin, M. S., H. T. Shin, B. T. Jun, and B. S. Choi. 1992. Effects of inoculation of compatible and incompatible bacterial blight races on grain yield and quality of two rice cultivars. Korean J. Breed. 24(3) : 264-267.20
- Shin, M. S., H. T. Shin, and S. Y. Lee. 1995. A new dominant gene closely linked with *Xa-1* for resistance to bacterial blight, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, in rice. Korean J. Breed. 27(4) : 367-371.
- Shin, M. S., T. H. Noh, J. K. Lee, H. T. Shin, and S. Y. Cho. 1998. Inheritance of resistance to bacterial blight in Tongil type rice cultivar "Changseongbyeon". Korean J. Crop Sci. 43(2) : 64-65
- Shin, M. S., M. K. Oh, K. Y. Kim, B. K. Kim, J. K. Ko, Y. G. Kim, J. K. Lee, and Y. C. Cho. 2003. Inheritance of resistance to bacterial blight in Korean landrace and weedy rice. Korean J. Breed. 35(2) : 92-95.
- Shin, M. S., M. K. Oh, T. H. Noh, K. Y. Kim, B. K. Kim, J. K. Ko, and J. K. Lee. 2004. Development of japonica rice "Iksan478" carrying *Xa7* resistant gene to bacterial blight. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia. p.286
- Sidhu, G. S., G. S. Khush, and T. W. Mew. 1978. Genetic analysis of bacterial blight resistance in seventy-four cultivars of rice, *Oryza sativa* L. Theor. Appl. Genet. 53 : 105-111
- Yun, M. S., Y. S. Cho, M. S. Han, E. J. Lee, and Y. S. Cho. 1984. Distribution of pathogenic groups of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*, bacterial leaf blight of rice, in Korea. Korean J. Plant Pathol. 23(3) : 147-152