

한국 도열병균 KI-409 race의 급격한 증가 현황과 원인 분석

한성숙* · 최성호 · 나동수 · 은무영¹
농업과학기술원 병리과, ¹농업과학기술원 세포유전과

Analysis of Rapid increase of Rice Blast Fungus Race KI-409 in Korea

Seong Sook Han*, Seong Ho Choi, Dong So Ra and Mu Young Eun¹
Plant Pathology Division, ¹Cytogenetics Division, National Institute of Agricultural
Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT: Temporal and spatial distribution of Korean rice blast fungus (*Pyricularia grisea*) race KI-409 that has been rapidly increased since 1993 and became predominant in 1995 in Korea were investigated. Varietal resistance of current commercial cultivars of rice to the race was also tested in this study. The race KI-409 was first isolated from rice cv. Namyangbyeon in 1985. Since 1985 the race had been isolated mainly from the rice cultivars having BL1 or BL7 pedigree as a resistance source. Distribution ratio of the race in 1995 was 23.7% in average and became a predominant in the *P. grisea* population in Korea. The race distributed widely and found in all the eight provinces in Korea. Many commercial cultivars such as Chucheongbyeon and Hwaseongbyeon as well as those with BL1 or BL7 as a genetic background were found to be susceptible to the race KI-409.

Key words: blast, *Pyricularia grisea*, race, resistance, rice.

도열병균(Anamorph: *Pyricularia grisea*, Sacc, Tele-morph: *Magnaporthe grisea*, Barr)에 의한 벼 품종의 이병화는 균의 생리형 분포도와 병원성 변이 정도에 따라 달라지는데, 대부분 생리형의 분포 및 변동 측정은 이미 병이 발생한 후에 이루어지므로 저항성 품종의 이병화에 대처하기란 쉬운 일이 아니다. 최근에는 저항성 유전자형이 다양화 됨에 따라 균의 생리형도 다양한 변이 경향을 보임과 동시에 새로이 육성되어 농가에 보급된 저항성 품종이 평균 2~3년 만에 이병화되는 현상이 나타나고 있다(21). 그러나, 교배육종에 의존하는 관행적 저항성 품종 육성 방법으로 병원균의 병원성 변이 속도를 따라가기는 매우 어려운 실정이다(2, 5, 6, 11, 14, 20, 24). 따라서, 저항성 품종 육성 방향 및 이용 방법도 병원균의 병원성 변이 압력이 상대적으로 강한 특정레이스에 대한 고도의 저항성 보다는 보다 광범위한 레이스에 대해 넓은 저항성을 갖는 지속적이고 안정적인 저항성 쪽으로의 접근과 시도가 절실하게 되었다(3). 그러나, 아직도 지속 저항성에 대한 정확한 평가방법과 유전적 조작이 실용화 수준까지 개발된 예는 거의 없으며, 앞으로도 상당한 기간 동안 주동유전자에 의한 저항성품종의 육성과 이용이 내병성 육종에서 주종을 이룰것으로 전망된다.

우리나라에서 새로운 레이스의 증가로 인해 저항성 품종이 이병화된 예는 *Pi-k*를 가진 관동51호 계통의 "관옥"을 침해하는 C-race의 증가(15, 16)와 1970년대 후반 통일 및 유신 등의 통일자매 품종들을 침해할 수 있는 레이스의 출현과 급격한 증가로 인한 도열병의 대발생(10, 16) 등을 들 수 있다. 1980년대에는 레이스 KI-300 균의 KI-315a, b, KI-307, KI-313 등의 새로운 레이스 출현 및 분포로 영풍벼, 가야벼, 풍산벼 등의 저항성이 무력화된 예가 보고된 바 있다(10, 28). 외국의 경우에도 저항성 품종을 침해하는 새로운 레이스의 출현이 적절한 환경하에서 도열병의 대발생을 가져온 경우가 많이 있는데(7, 12, 18, 20, 24), 이는 대부분 품종의 저항성이 한 개 또는 소수의 주동유전자에 의해 지배될 때 이를 침해할 수 있는 새로운 병원균 레이스의 급격한 증가에 의해서 발생하는 것으로 해석되고 있다(8, 13, 15).

우리나라에서는 새로운 한국 판별품종 체계가 갖추어진(17) 1981년부터 1990년대 중반까지 조사된 결과에 의하면 KJ-race와 KI-race가 혼재되어 분포하며, 레이스 별로는 판별품종 진흥과 낙동벼를 침해하는 KJ-301 레이스가 1981년부터 1993년까지 오랫동안 우점으로 존재하고 있는 것으로 보고되어 있다(10). 그러나, 1993년 이후부터 최근까지는 KJ-301 레이스보다는 판별품종의 유신과 농백도 침해할 수 있는 KI-409가 우점레이스로 판

*Corresponding author.

찰되었다(9). 최근에 농가에서 주로 재배되고 있는 고도양질미의 특성을 가진 품종은 대부분 KI-409 레이스에 이병성으로서 저항성 측면에서 상당히 취약하기 때문에 본 논문에서는 KI-409 레이스의 급격한 증가현황과 원인을 품종과의 유전적 상호작용 측면에서 분석하고, 그 중요성을 고찰하여 도열병 저항성품종 육성 및 이용에 대한 연구방향을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

병원균 수집 및 분리. 농업과학기술원 병리과에서 1985년부터 1995년도까지 전국의 농가포장 및 도열병 검정용 발못자리로부터 수집된 벼 잎, 목의 도열병 이병물로부터 2,893 균주를 분리하여 레이스를 검정하였다. 도열병 병반은 물한천(W.A.)배지, 26°C 항온기에서 1~2일간 습실처리하여 포자형성을 유도하였다. 단포자 분리를 위하여 20배 실체현미경 하에서 포자가 형성된 병반으로부터 가는 백금선 ring을 이용하여 포자를 채취하여 물한천 배지에 산포시킨 후 3일간 26°C 항온기에서 배양하였다. 배양하여 자란 균사 침단을 50배 해부현미경 하에서 채취한 후 Potato Dextrose Agar(PDA) tube에 옮겨 순수 분리한 접종원을 준비하였다.

판별품종 육묘. 이(17) 등의 방법에 따라 Tetep 등 8개 한국판별품종과 2개의 참고품종을 사용하여 레이스를 검정하였다. 각각의 벼 종자는 15×8×15 cm의 플라스틱 포트에 미리 발아시켜 5립씩 파종하였다. 비료수준은 유안-중과석-염화가리를 0.5 g-0.5 g-0.2 g씩 액비로 시비하여 온실에서 약 20일간 3~4엽기까지 육묘하였다. 접종 7일전에 유안 0.5% 수용액을 추비로 주었다.

분생포자 형성. 병원균 포자현탁액을 준비하기 위해 포자형성 배지인 쌀겨배지(rice polish agar: 쌀겨 20 g, 설탕 20 g, 한천 20 g, 증류수 1 L)를 약 40 ml씩 직경 9 cm 사레에 분주하여 굳힌 다음, PDA에서 10일 정도 자란 균총 절편을 2 ml의 살균증류수에 떼어 넣었다. 살균된 봉을 이용하여 균사절편을 마쇄한 후 현탁액을 쌀겨배지에 접종하여 26°C 항온기내에서 7일간 배양하였다. 균사가 사레에 가득 자라게한 후, 살균된 고무부러쉬를 이용하여 기중균사를 제거하고 사레뚜껑을 열어 형광등 50 cm 하단에 치상, 3일간 계속 빛을 조사하여 분생포자를 형성시켰다. 접종원은 쌀겨배지에 형성된 분생포자에 Tween 20, 5,000배액을 부어 살균 고무부러쉬를 이용하여 긁어낸 후, 포자현탁액 상태로 조제하였으며, 광학현미경 100배 시야당 10~15개로 조절하여 준비하였다.

접종 및 레이스 조사. 접종은 진공 콤퓨레샤를 이용한 스프레이로 포트 당 약 25 ml씩 판별품종의 잎이 흠뻑 젖을 정도로 분무하였다. 접종된 벼는 바로 26°C 포화습도 접종상에 넣어 24시간 처리하고 온실에 옮겨 7일간 정치

하여 발병시켰다. 조사는 최상위 엽에 형성된 병반수를 J. Bandong 등(19)의 조사기준에 따라 조사하였으며, 이 등(17)이 제안한 레이스 판별법에 따라 레이스를 분류하였다.

도열병균 레이스 분포 변동 분석. 도열병균 레이스의 분포 변동은 1985년도부터 1995년도까지의 KI-409 레이스 분포 상황을 우점레이스인 KJ-301과 비교하여 시간적, 공간적으로 분석하였으며, KI-409 레이스의 분리 품종도 아울러 분석되었다. 또한 분리품종의 저항성 유전자 추정에는 농촌진흥청 발행 "품종해설집"(19)을 참고하여 분석하였다.

주요품종에 대한 병원성 검정. 현재 재배되고 있는 주요품종들의 KI-409 및 KJ-301 레이스에 대한 저항성 정도 분석과 이병화 가능성을 진단해 보고자 일품벼 등 15개 장려, 준장려 품종의 저항성 검정을 실시하였다. 동일 레이스 이면서 균주간 반복을 위하여 각 레이스당 3개 균주씩 사용하였다. 검정 방법은 판별품종에 의한 레이스 검정 방법과 동일하게 사용하였으며, 각 품종별 레이스 반응을 병반형과 수에 의하여 저항성과 이병성으로 나누어 표시하였다.

결 과

KI-409 레이스의 시간적, 지리적 분포. 1981년부터 1995년까지 한국도열병균 판별품종(17)에 의하여 우리나라에서 분리, 동정된 29개 도열병균 레이스 중 KJ-301 레이스가 1993년까지 평균 15.6-47%의 분포비율을 보여 우점하고 있었으며 1993년도 이후에는 점차 감소되어 95년도에는 전국 평균 8.8%의 분포비율을 보이고 있었다(Fig. 1). 반면에 KI-409 레이스의 지리적 분포상황은 Table 1에서 보는 바와 같이 1985년 강원도에서 최초로 발견된 이후 제한된 지역에서만 분포되다가 1993년도에는 전남을 제외한 7개도에서 분리되면서 전국평균 12.2%의 분포비율로 급격한 증가를 보였다. 1995년도에는 전

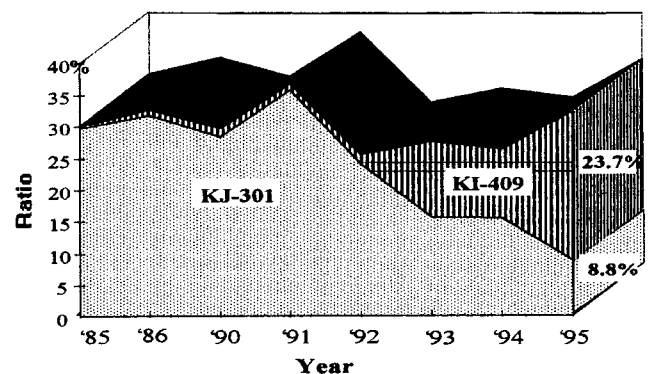


Fig. 1. Temporal shift of *Pyricularia grisea* population with rapid build-up of race KI-409.

국 8개도 모두에서 분리되어 전국평균 23.7%로 분리빈도가 가장 높아 새로이 우점 레이스가 된 것으로 나타났다(Fig. 1, Table 1).

레이스 KI-409의 분리 품종 분석. KI-409 레이스는 1985년에 남양벼에서 최초로 분리되었는데(Table 2), 남양벼는 Fuji280 X BL1 교배계통으로부터 육성되었으며 1983년부터 농가포장에 재배되기 시작하였다(19, 22). 1986년에는 남양벼의 자매계통인 서남벼에서, 1991년에는 같은 자매계통인 기호벼로부터 KI-409 레이스가 분리되었다(Table 2). 1992년에는 BL7을 모본으로 육성된 상주벼(19)에서도 새로이 KI-409 레이스가 분리되었으며, 1993년에는 남양벼를 포함한 일품벼, 화성벼 등 BL1을 모본으로 육성된 품종들과, 상주벼, 천마벼, 진주벼 등 BL7을 모본으로 육성된 품종(19)을 포함한 27개 품종들에서 광범위하게 KI-409 레이스가 분리되었으며, 분포비율도 전국평균 12.2%로 급격히 증가되었다(Table 2). 그러나, KI-409 레이스는 대성벼, 섬진벼, 추청벼 등 BL1이나 BL7을 모본으로 하지 않는 품종들에서도 분리가 되고 있었다(Table 2). 1994년도와 1995년도에는 이병화된 품종도 점차 확대되어 대부분의 한국재배 품종 및 도열병 검정용 발못자리 포장의 유망계통에서도 KI-409 레이스가 분리되었으며, 1995년에는 모두 47개 품종에서 분리되어 지역적으로는 물론 품종적으로도 매우 광범위하게 분포되어 있는 것으로 나타났다(Table 1, 2). 또한 실제적으로 BL1과 BL7을 저항성원으로 가진 품종의 재배 면적비율은

1991년도의 7.3%에서 17.5%까지 증가되었다(Table 3).

재배품종의 저항성 정도. 현재 재배되고 있는 품종 중 비교적 넓은 면적에서 재배되고 있는 품종들의 KJ-301 레이스와 KI-409 레이스에 대한 반응은 Table 4와 같다. KJ-301 레이스에 속하는 3개 균주들에 대해서 모두 저항성을 보이는 품종은 동진벼 등 8 종이었으며, 주안벼와 오대벼는 같은 레이스라도 균주간 반응이 저항성과 이병성으로 다르게 나타난 경우도 있었다. 반면 레이스 KI-409에 속하는 3개 균주에 대해서 모두 저항성을 보이는 품종은 15개 공시품종 중 화남벼와 화영벼 등 2종 뿐으로서 KI-409 레이스가 KJ-301 레이스에 비해 현 주요재배 품종에 대한 병원성이 강한 것으로 나타났다(Table 4).

Table 1. Temporal and spatial distribution of KI-409 race of *Pyricularia grisea* during from 1985 to 1995

Province	Year								
	1985	1986	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
Gyeonggi			1		1	24	20	2	
Gangweon	2	3			2	13	7	7	
Chungbuk						6	9	27	
Chungnam						11	8	14	
Jeonbuk						7	5	2	
Jeonnam							8	8	
Gyeongbuk						4	1	13	
Gyeongnam				1		1		13	
Sum	2	3	1	1	3	66	58	86	

Table 2. Temporal distribution of race KI-409 of *Pyricularia grisea* and genotypic varieties which were infected by KI-409 in Korea for 1985~1995

Year	Varieties	No. of identified isolates
1985	Namyangbyeo(BL1 ^a)	2(0.6% ^b)
1986	Daeseongbyeo Seonambyeo(BL1)	3(1.0)
1990	Seonambyeo(BL1)	1(1.5)
1991	Gihobyeo(BL1)	1(1.2)
1992	Namyangbyeo(BL1) Sangjubyeo(BL7) Seomjinbyeo	3(1.6)
1993	Ilpumbyeo(BL1) Namyangbyeo(BL1) Hwaseongbyeo(BL1) Seonambyeo(BL1) Gihobyeo(BL1) Jinmibyeco(BL7) Cheonmabyeo(BL7) Sangjubyeo(BL7) Chucheongbyeo and 18varieties	66(12.2)
1994	36varieties	58(11.2)
1995	47varieties	86(23.7)

^aBL1 and BL7 were introduced as resistant gene to rice blast disease in bredlines (RDA, 1990)

^b% in parenthesis indicate the distributed ratio of KI-409 race in total races.

Table 3. Cultivation ratio of varieties which include BL1 and BL7 as a resistance source to rice blast disease in Korea

Varieties	Cultivated area (ha)	
	1991	1995
Gihobyeo(BL1) Namyangbyeo(BL1) Ansanbyeo(BL1) Juanbyeo(BL1)	Seonambyeo(BL1) Ipumbyeo(BL1) Yangjobyeco(BL1) Jinmibyeco(BL7)	Hwaseongbyeo(BL1) Wunjangbyeo(BL1) Geumnambyeo(BL1) Cheonmabyeo(BL7)
Ratio (%)	7.3 (1208.5*)	17.5 (1055.9)

* Total rice area (ha), Data from Rural Development Administration (1991 and 1995)

Table 4. Pathogenic test of commercial cultivars with each other three isolates belong in race KJ-301 and KI-409 of *P. grisea* in Korea

Races and Isolates Cultivars	KJ-301			KI-409		
	88-004	97-057	97-053	97-213	96-013	96-008
Cucheongbyeo	S	S	S	S	S	S
Dongjinbyeo	R	R	R	M	S	M
Hwaseongbyeo	S	S	S	S	S	S
Ilpumbyeo	R	R	R	S	S	S
Hwashinbyeo	R	M	R	S	S	S
Heugnambyeo	S	S	S	S	S	S
Dasanbyeo	M	M	S	S	S	S
Hwanambyeo	R	R	R	R	R	R
Hwayoungbyeo	R	R	R	R	R	R
Juanbyeo	S	R	M	S	S	S
Younghaebyeo	R	R	R	S	S	S
Hwasambyeo	R	R	M	S	S	S
Odabyeo	R	S	S	M	R	R
Jinmibyeo	R	R	R	S	S	S
Palgongbyeo	S	S	S	S	S	S

고 찰

1993년 이후 KI-409 레이스의 급격한 증가와 지리적 분포정도가 조사되었고, 현 주요 재배품종들에 대한 병원성 검정과 교배모본 분석을 통해 KI-409 레이스의 우점현상이 갖는 역학적 중요성과 저항성 품종 육성 및 이용에 대한 고찰을 시도하였다.

레이스 KI-409는 1985년 남양벼에서 최초로 분리된 후 1992년까지는 분포비율이 매우 낮았으며, 1993년에는 전국평균 12.2%의 분포비율을 보일 정도로 급격히 증가되었다(Table 1). 이러한 현상은 KI-409 레이스와 특이적인 친화성을 갖는 품종이 이 시기에 많이 재배되었기 때문에 나타난 현상으로 추정된다. 실제로 KI-409 레이스에 이병성인 품종들은 1991년도에 전국평균 7.3%에서 재배되었으며, 이후 꾸준히 증가하여 1995년도에는 17.5%가 농가포장에서 재배되었다(Table 3). 그러나 추청벼와 같이 KJ-301 레이스에 이병성인 품종의 면적비율은 30%에서 22%로 감소하였으며(농진청 통계자료) 기존품종에 이미 안정적 친화관계가 설립되었으므로 병반 형성에 크게 기여하지 않는 것으로 추정된다. 이러한 현상이 1981년 이후 1993년까지 우리나라 도열병균 집단 우점 레이스였던 KJ-301 레이스의(23) 감소와 새로운 레이스인 KI-409 레이스의 급격한 증가를 초래한 가장 중요한 원인으로 생각된다.

새로운 레이스의 출현이라든지 소수로 존재하고 있던 기존 레이스의 증가로 육성, 보급된지 1~3년만에 저항성이 붕괴되는 사례가 빈번히 보고되고 있다(10). 그중 통일형의 경우에는 71년부터 보급, 재배를 시작하여 '77-

78년도에 대발생까지의 기간을 보면 비교적 오랫동안 저항성을 유지해왔음을 알 수 있었는데, 그 이외의 영풍 풍산벼, 천마벼, 일품. 진미벼의 경우에는 1~3년만에 저항성이 붕괴된 것으로 보고되었다(9, 10). KI-409 레이스에 이병된 남양벼의 경우에도 보급 3년만에 새로운 레이스에 의하여 침해되기 시작하였으며, 유사한 저항성원을 가진 품종의 재배면적의 증가에 의해 KI-409가 급격히 증가되기 시작하였다. 그러나 Table 3에서와 같이 재배면적 비율이 20% 이하였기 때문에 역학적 문제점이 발생하지 않은 것으로 해석된다. 통일벼의 경우와 같이 동일 저항성 유전자를 전경지 면적의 50%이상을 재배하였다면 충분히 특정 레이스에 의한 감수는 불가피했을 것으로 추정된다. 이는 일본의 *Pi-K* 유전자를 가진 중국계 품종 중 당시 고도 저항성을 가지고 있었던 관동 51-55호의 경우 C-레이스의 급격한 증가로 저항성 유전자가 붕괴된 경우와 일치한다고 하겠다(13, 16).

남양벼의 도열병 저항성원으로서 일본품종 BL1이 교배모본으로 도입되었는데(25), 이는 일본에서 저항성원으로 사용하기 위하여 일본 재래품종에 인도네시아 품종인 Tijina를 교배하고 다시 일본 재래품종인 Norin25를 여교배하여 만든 품종으로 도열병 저항성 유전자는 *Pi-b*를 가지고 있는 것으로 보고되어 있다(25). 또한 인도네시아 품종 Tijahaja로부터 저항성을 도입한 BL7은 *Pi-b*와 *Pi-i*외에 많은 유전자를 보유한 품종으로 동정되었다. BL7은 7개의 일본 도열병균 레이스에 저항성인 것으로 보고되어 있으나(25), 우리나라 도열병균 레이스에 대한 BL1과 BL7의 저항성 여부는 아직 보고된 바가 없다.

남양벼를 시초로 하여 BL1과 BL7은 우리나라의 고품질다수확 품종을 육성하는데 도열병 저항성원으로서 매우 광범위하게 사용되었으며 대표적인 품종으로는 BL1 계통으로 남양벼, 서남벼, 기호벼, 삼남벼, 화성벼, 일품벼 등이 있고, BL7 계통으로 상주벼, 진미벼, 천마벼, 백암벼 등이 있는데(22), 이들은 모두 KI-409 레이스에 이병성이다(Table 2, 4). Table 4의 경우 KI-409나 KJ-301의 경우 각각 3개의 균주를 공시하였는데 동일 레이스라도 균주에 따라 품종별 반응이 동일하지 않는 경우도 있었다. 즉 주안벼와 오대벼의 경우에 KJ-301에서 88-004 균주는 97년도 균주와 다르게 나타났는데 이는 레이스의 판별체계가 8개 품종의 반응으로만 선정된 것이므로 다른 품종들을 첨가하였을 경우에는 다른 반응을 보일 수 있음이 인정되었다.

BL1이나 BL7 계통이 아니면서도 농민들의 선호에 따라 많은 면적에서 재배되고 있는 추청벼, 화성벼 등도 KI-409 레이스에 대해서 이병성이다(Table 4). 이러한 사실은 현 주요재배 품종이 도열병균 생리형 중 우점 분포집단에 대해 이병될 수 있는 요인을 가지고 있으므로, 여름철 저온과 잦은 강우와 같은 발병에 호적한 기상환경

시 도열병의 대발생을 초래할 가능성을 보여주고 있다.

KI-409 레이스의 지리적 분포상황은 전국적으로 고루 분포하고 있어 강원도 지역에서만 과거 15년 동안 상대적으로 많이 분포하고 있는 레이스 KJ-201(10)과는 달리 전국적인 도열병의 격발을 초래할 가능성이 높다. 따라서, 도열병에 대한 우리나라의 현 상황은 품종의 저항성 측면에서 볼 때 매우 취약한 상태로서 우선적으로는 지속적인 병원균 집단의 동태 감시와 예찰을 통해 단기적인 방제대책을 철저히 수립해야 하며, 장기적인 측면에서는 KI-409 레이스에 대한 새로운 저항성 품종육성에 주력해야 할 것으로 생각한다.

요 약

1993년부터 급격히 증가되어 1955년 이후 부터는 우리나라 도열병균 집단에서 우점레이스로 분포하는 KI-409 레이스의 연도별, 지역별 분포상황과 분리품종 및 주요 재배품종들의 저항성 정도가 검정되었다. KI-409 레이스는 1985년 남양벌에서 처음 분리되어 도열병 저항성원인 BL1과 BL7을 모본으로 육성된 품종들에서 주로 분리되고 있었으며, 1995년도에는 47개 품종 및 계통에서 분리되었고, 전국평균 23.5%의 분포비율을 보여 우점레이스로 나타났다. KI-409 레이스는 전국적으로 고루 분포하고 있었으며, BL1과 BL7을 모본으로 육성된 품종들은 물론 추청벼, 화성벼와 같이 현재 광범위하게 재배되고 있는 주요 품종들도 본 레이스에 대해서 이병성인 것으로 나타났다.

REFERENCES

- Ahn, S. W. and Seshu D. V. 1991. Blast Reaction of durably resistance rice cultivar in multiflication trials (abst.). *Phytopathology* 81(10):1150.
- Ahn, S. W. and Ou S. H. 1982. Quantitative resistance of rice to blast diseases. *Phytopathology* 72:279-282.
- Ahn, S. W. 1998. Spatial and temporal stability of genetic resistance to rice blast. Rice blast disease. IRRI and CAB International Wallingford UK. (In press).
- Bandong, J. M. and Ou S. H. 1966. The physiologic races of *Pyricularia oryzae* Cav. in the Philippines. *Philipp. Agr.* 49:655-667.
- Bonman, J. M., Khush, G. S. and Nelson, R. J. 1992. Breeding rice for resistance to pests. *Annu. Rev. Phytopathology* 30:507-528.
- Bonmam, J. M. and Vergel De Dios, T. I., Bandong J. M. and Lee, E. J. 1987. Pathogenic variability of monoconidial isolates of *Pyricularia oryzae* in Korea and in the Philippines. *Plant Disease* 71:127-130.
- Giatsong, P. and Frederiksen, R. A. 1967. Variation in pathogenicity of *Pyricularia oryzae* Cav.. *Phytopathology* 57:460.
- Goto, K., Narita T., Ichigawa, H., Nakanishi, I. Kumamoto, Y. and Fujigawa, T. 1961. Joint work on the race of rice blast fungus, *Pyricularia oryzae* (Fascicle I). *Agr. For. Fish. Res. Com. Ministry Agri. Por.* Tokyo:1-89.
- Han, S. S., Ra, D. S. and Kim, C. K. 1995. Incidence of panicle blast, distribution of race and pathogenicity of new races of *Pyricularia grisea* during 1993-1994. *Korean J. Plant Pathol.* 11:238-244.
- Han, S. S. 1995. Transition of rice blast fungus (*Pyricularia grisea*) races in relation to differential varieties in Korea. *Plant Dis. & Agri.* 1(2):9-17.
- Iwano, M., Lee, J. L. Lee, C. Y. and Kong, P. 1990. Distribution of pathogenic races and changes in virulence of rice blast fungus, *Pyricularia oryzae* Cav., in Yunnan Province, China. *JARQ* 23:241-248.
- Iwano, M. and Yamada M. 1973. An Inquiry into the factors affecting distribution of races of rice blast fungus in fields. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Hokuriku.* 21:22-28.
- Iwata, K., Yaoita, T. and Endo, K. 1970. Severe outbreak in the highly resistant rice varieties with the genes of Chinese varieties and its factors in niigata prefecture. *Pro. Assoc. Pl. Prot. Hokuriku.* 18:21-28.
- Johnson, R. 1984. A critical analysis of durable resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 22:309-330.
- Lee, S. C. 1979. Rice blast and its control in Korea, In: lecture meeting on rice blast disease, ASPAC/FFTC and ORD, Suweon Korea. pp.5-39.
- Lee, E. J. 1978. Pathogenic specialization of the rice blast fungus, *Pyricularia oryzae* Cav., in Korea. Tokyo Uni. Doc. Thesis.
- Lee, E. J., Ryu, J. D., Yeh, W. H., Han, S. S. and Lee, Y. H. 1987. Proposal of a new method for differentiating pathogenic races of *Pyricularia oryzae* Cavara in Korea. *Res. Rept. R.D.A. (P.M.&U)* 29(1):206-213.
- Lee E. J., Joo, W. J. and Chung, B. J. 1975. Identification and annual change of races of *Pyricularia oryzae* in Korea. *Kor. J. Pl. Prot.* 14(4):199-204.
- 農村振興廳. 1992. 主要農作物 品種解説漢.
- Ou, S. H. 1980. Pathogen variability and host resistance in rice blast disease. *Annu. Rev. Phytopathology* 18:167-187.
- Park, N. K. 1993. Classification of rice cultivars by the rice leaf blast reaction and its utilization for breeding. Chungnam Natl. Uni. Doctor Thesis.
- RDA. 1990. Rice varietal improvement in Korea. Crop Experiment Station, Rural Development Administration.
- Ryu, J. D., Yeh, W. H., Han, S. S., Lee, Y. H. and Lee, E. J. 1987. Regional and annual fluctuation of races of *Pyricularia oryzae* During 1977-1985 in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 3(3):174-179.
- Teng, P. S. 1994. The epidemiological basis for blast management. Rice blast disease. IRRI and CAB International Wallingford UK. pp.409-433.
- 横尾政雄, 菊池文雄, 藤巻 宏, 永井卑太郎. イネの日印交雑から育成したいもち 病抵抗性の新系統BL1-BL7. 日本育種學雜誌. 28(4):359-385.

(Received December 14, 1998)