

벼흰빛잎마름병 저항성 근동질유전자계통 혼합재배에서 이병정도

신문식*[†] · 오명규* · 남정권* · 김기영* · 이재길*

*호남농업시험장

Disease Severity of Bacterial Blight in Mixed Plantings of Rice Near-Isogenic Lines

Mun Sik Shin*[†], Myung Kyu Oh*, Jeong Kweon Nam*, Ki Young Kim*, and Jae Kil Lee*

*National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea

ABSTRACT : Disease severity, percent ripened grains, and yield were investigated in the seven mixtures by using near-isogenic lines having different resistant gene(s) to bacterial blight(BB) of rice. The seven mixtures including the four pure stands were inoculated with a 1:1:1 mixture of races K₁, K₂, and K₃ of BB. Among the seven mixtures-ML01, ML02, ML03, ML12, ML13, ML23 and ML0123-, disease severity, percent ripened grains, and yield of ML01 and ML12, respectively did not show significant difference with those of mean values of their components. But degree of disease severity of the other mixtures, respectively -ML02, ML03, ML13, ML23, and ML0123- was less than the mean of their components. Percent ripened grains and yield of them were higher than those of mean of their components. ML03, ML13, ML23 and ML0123 comprised of the equal amount of two or four components having different resistant gene, these mixtures appeared to be a desirable combination for delaying spread of the pathogen, stabilizing of the race structure of the pathogen population, and extending durability of a cultivar with monogenic resistance.

Keywords : rice, mixtures, near-isogenic lines, bacterial blight.

병원세균 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*(Xoo)에 의해 유발되는 벼흰빛잎마름병은 전세계 벼를 재배하는 국가에서 가장 흔한 병종의 하나이다. 우리나라에서는 남부평야지를 중심으로 매년 발생하여 피해를 주고 있다. 이병에 의한 수량감소는 8~14%이며 수량감소의 가장 큰 요인은 지엽이나 차엽의 감염에 의한 광합성 능력의 저하로 인한 불임립 증가이다(Shin *et al.*, 1992).

병방제에 있어서 가장 효과적인 방법은 저항성품종의 재배이나 저항성품종들은 대부분 단일유전자를 가지고 있어서 이

를 침해하는 균계가 만연할때는 이병화가 급격하게 나타나나 근동질유전자계통을 혼합(multiline)하여 재배하면 몇 개의 저항성유전자를 침해하는 균계가 나타나더라도 갑작스럽게 이병화 되지는 않는다.

자식성작물에서 병방제에 있어서 multiline의 이용이 귀리에서는 Jensen, 밀에서는 Borlaug에 의해 맨 처음 시도되었다(Fehr, 1987). 벼에 있어서 이병성과 저항성품종 혼합재배에 의해 도열병과 흰빛잎마름병의 발생이 억제되고 인접식물체로의 병전파가 제한되었다는 보고가 있고(Ahmed *et al.*, 1997; Asaga *et al.*, 1983; Kiyosawa, 1976; Koizumi, 1987, 1994; Nakajima *et al.*, 1993; Park *et al.*, 1982; Reddy and Nayak, 1984), Weerapat *et al.*(1977)은 저항성과 감수성품종 혼합재배에 의해 벼벼구에 의한 피해가 감소되었다고 보고하였다.

본 연구는 벼흰빛잎마름병 근동질유전자계통을 병방제를 위해 multiline으로 이용할 경우 가장 이상적인 이병성과 저항성 혼합 조합을 찾고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 호남농업시험장 포장에서 수행되었다. 밀양23호의 유전적배경을 가지면서 저항성 유전자만 서로 다른 벼흰빛잎마름병 저항성 근동질유전자 4계통(Shin *et al.*, 1994) 즉 밀양23호, HR11395, HR11396 및 HR11397계통이 혼합집단 구성에 사용되었다(Table 1). 우리나라 흰빛잎마름병원균에 대하여 유효한 저항성 유전자가 없는 밀양23호는 레이스 K₁, K₂ 및 K₃ 모두에 이병성이다. 한 개의 우성저항성 유전자 *Xa1*를 가지고 있는 HR11395계통은 레이스 K₁에는 저항성이나 레이스 K₂ 및 K₃에는 이병성이다. 서로 밀접히 연관된 두 개의 우성유전자 *Xa2*와 *Xa1*를 가진 HR11396계통은 레이스 K₁과 K₂에는 저항성이나 레이스 K₃에는 이병성이다. 한 개의 우성 저항성 유전자 *Xa3*를 가진 HR11397계통은 레이스 K₁, K₂ 및 K₃에 저항성이다. 이들 근동질유전자 계통들을 이용하여 7

[†]Corresponding author: (phone) +82-063-840-2151 (E-mail) shinms@rda.go.kr <Received July 24, 2002>

Table 1. Multilines of near-isogenic lines for resistance to BB of rice, their reaction to races of BB, ratio of seed mixture and the number of pure line components.

Lines	Ratio of seed mixture(%)				No. of components
	SSS [†]	RSS	RRS	RRR	
ML01	50	50	-	-	2
ML02	50	-	50	-	2
ML03	50	-	-	50	2
ML12	-	50	50	-	2
ML13	-	50	-	50	2
ML23	-	-	50	50	2
ML0123	25	25	25	25	4
Milyang23(No gene)	100	-	-	-	
HR11395(<i>Xa1</i>)	-	100	-	-	
HR11396(<i>Xa2</i>)	-	-	100	-	
HR11397(<i>Xa3</i>)	-	-	-	100	

[†]: Reaction to races K₁, K₂ and K₃ from left to right, respectively.

개 혼합집단을 만들었고 각 구성요소별 종자혼합 비율은 Table 1에서와 같다.

7개의 혼합집단과 4개의 근동질유전자 계통의 종자를 4월 28일에 파종하여 6월 5일에 재식거리 30×15 cm, 주당 1본식으로 이앙하였다. 시비량과 기타 재배관리는 호남농업시험장 표준재배법에 준하였다. 시험구 배치는 완전임의 2반복으로 하였고, 시험구 크기는 1.2×5.25 m였다.

접종에 사용된 균주는 레이스 K₁은 HB9101, 레이스 K₂는 HB9102, 및 레이스 K₃에는 HB9103이었다. 각각의 균주를 PSA배지 조성분에서 한천을 제외시킨 액체배지를 이용하여 28°C의 항온진탕기내에서 3일간 배양한 다음 증류수로 희석하여 spectrophotometer를 이용하여 10⁸ cells/ml로 조정하여 접종 직전에 K₁ : K₂ : K₃을 1:1:1의 비율로 희석하여 접종원으로 사용하였다.

군집중은 최고분얼기에 해당되는 7월 12일에 가위절엽 접종하였고 발병조사는 접종후 60일에 하였다. 각 구내에서 10개 식물체 각각에 대하여 Standard Evaluation System for Rice (IRRI, 1980)에 따라 0, 1, 3, 5, 7, 9 즉 6등급으로 조사하였다. 등숙비율은 100 g중의 총립에 대한 완전립의 백분율로 결정하였다. 수량은 구당 40주의 정조 수량을 ha당 쌀 수량으로 환산하였다.

결과 및 고찰

7개 혼합집단의 흰잎마름병 발병정도, 등숙비율 및 쌀 수량과 그들 구성요소인 근동질유전자 계통의 평균치를 Student의 T 검정을 이용하여 비교하였다(Table 2). 두 개의 근동질유전자 계통의 종자 혼합비율이 50% : 50%인 집단 ML01과 ML12 각각은 그들 구성요소인 근동질유전자 계통의 평균과

Table 2. Effect of mixed rice plantings against 1:1:1 mixed inoculation of races K₁, K₂ and K₃ of BB.

Line	Second infection (0-9)	Percent ripened grain (%)	Yield in milled rice (t/ha)
ML01	4.9	76.3	5.24
Av.of components	5.3	76.0	5.13
Difference	0.4 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.11 ^{ns}
ML02	3.9	77.3	5.41
Av.of components	5.1	76.6	5.20
Difference	1.2*	0.7*	0.21*
ML03	1.9	79.1	6.14
Av.of components	3.0	77.9	5.69
Difference	1.1*	1.2**	0.45**
ML12	4.7	77.3	5.20
Av.of components	4.7	77.2	5.28
Difference	0.0 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.08 ^{ns}
ML13	1.9	79.1	6.11
Av.of components	2.6	78.4	5.76
Difference	0.7*	0.7*	0.35**
ML23	1.9	79.8	6.08
Av.of components	2.5	79.1	5.84
Difference	0.6**	0.7*	0.24*
ML0123	2.9	78.4	6.11
Av.of components	3.9	77.5	5.49
Difference	1.0**	0.9*	0.62**
Milyang23(No gene)	5.6	75.5	5.05
HR11395(<i>Xa1</i>)	4.9	76.6	5.21
HR11396(<i>Xa2</i>)	4.5	77.8	5.35
HR11397(<i>Xa3</i>)	0.3	80.3	6.32

*, ** : Significant at 5% and 1% levels by T-test, respectively.

유의한 차이를 보이지 않았다. 한편, 두 개의 근동질유전자 계통의 종자 혼합비율이 50% : 50%인 집단 ML02, ML03, ML13 및 ML23 그리고 4개의 근동질유전자 계통의 종자 혼합비율이 25% : 25% : 25% : 25%인 집단 ML0123 각각에 있어서 발병정도는 그들 구성요소인 근동질유전자 계통의 평균보다 낮았고, 이들 혼합집단의 등숙비율과 쌀 수량은 그들 구성요소인 근동질유전자 계통의 평균보다 높았다. 대체적으로 혼합집단이 그들 구성요소 평균보다 병발생 정도는 낮고 등숙비율은 높았으며 쌀수량은 비슷하거나 높아서 혼합재배가 이병성품종 단독재배보다 효과가 있음이 인정되었다.

벼흰잎마름병원균 레이스 K₁, K₂ 및 K₃ 각각에 대해 비친화성인 *Xa3*유전자를 가진 HR11397계통이 0.3의 발병정도를 보였던 것은 이들 3개 레이스를 접종하였을 때 병반장이 3.2~3.6 cm 정도의 중도저항성 반응을 보이기 때문이다(Shin *et al.* 2002).

우리나라 레이스에 대해서 유효한 저항성유전자가 없는 밀양23호, *Xa1*유전자를 가진 HR11395계통, *Xa2*유전자를 가진

HR11396계통들의 친화성 레이스를 단독 접종하였을 때 발병 정도 6.9~8.1(authors, unpublished) 보다 낮은 4.5~5.6 정도로 나타났는데 이 결과는 병독성이 작은 균주와 병독성이 큰 균주를 혼합하여 접종하면 병독성이 큰 균주의 성장이 억제되는 세균 레이스간 상호작용에서 기인된 것으로 보인다(Readdy & Kauffman, 1974).

본 시험에 있어서 발병정도에 대한 혼합집단과 그들 구성요소 평균과 비교하였을 때 ML01 7.5%, ML02 23.5%, ML03 36.7%, ML12 0.0%, ML13 26.9%, ML23 24.0%, ML0123 25.6%정도 병발생이 줄어들었는데 이는 혼합집단의 병발생은 그들 구성요소의 평균과 일치하거나 평균보다 훨씬 줄어든다는 보고와 일치하고 있다(Wolfe, 1985). 쌀 수량에 있어서도 혼합집단과 그들 구성요소의 평균과 비슷하거나 높게 나타나 대상으로 하는 병이 발생하였을 경우 mixtures의 수량은 그들 구성요소 평균과 일치하거나 평균보다 높다는 보고와 일치되고 있다(Fehr, 1987; Wolfe, 1985). 대체로 *Xa3*를 가진 HR11397계통과 혼합된 집단 즉 ML03, ML13, ML23 및 ML0123이 병발생 감소 효과도 크고 수량성도 높은 것으로 보아 HR11397이 우수한 계통으로 보여진다. 따라서 병전파 지연, 병원균집단의 안정화 및 품종의 단인자 저항성 수명 연장을 위한 바람직한 혼합집단 모형은 본 시험 결과로는 ML03, ML13, ML23 및 ML0123이 이상적일 것으로 보여지나 보다 다양한 혼합집단에 대한 검토가 요구된다.

적 요

벼흰빛잎마름병 방제를 위해 multiline 품종을 이용할 경우 가장 이상적인 이병성과 저항성 혼합조합을 찾고자 저항성유전자가 서로 다른 근동질유전자 계통을 이용한 7개 혼합집단의 흰빛잎마름병 발병정도, 등숙비율 및 쌀수량에 대하여 그들 혼합집단을 구성하고 있는 요소의 평균과 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 7개 혼합집단 즉 ML01, ML02, ML03, ML12, ML13, ML23 및 ML0123 중에서 ML01과 ML02는 그들 구성 요소의 평균과 발병정도, 등숙비율 및 쌀수량에 있어서 차이를 보이지 않았다. 그러나, 그 나머지 혼합집단들은 그들 구성요소의 평균보다 발병정도는 낮았고 등숙비율과 쌀수량은 높았다.

2. *Xa3*를 가진 HR11397계통이 혼합된 집단 즉 ML03, ML13, ML23 및 ML0123이 발병정도도 낮고 쌀수량도 높아 HR11397이 우수한 계통으로 보여진다.

3. 병전파 지연, 병원균집단의 안정화 및 품종의 단인자 저항성 수명 연장을 위한 바람직한 혼합집단 모형은 ML03, ML13, ML23 및 ML0123이 우수한 것으로 보여진다.

인용문헌

- Ahmed, H. U., M. R. Finckh, R. F. Alfonso, and C. C. Mundt. 1997. Epidemiological effect of gene deployment strategies on bacterial blight of rice. *Phytopathology* 87 : 66-70.
- Asaga, K., K. Shindo, M. Iwano, and T. Nakajima. 1983. Effect of mixed plantings of resistant rice cultivars on rice blast epidemics. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 49(3) p. 371(Abstr.) in Japanese.
- Fehr, W. R. 1987. Principles of cultivar development. Volum 1. Theory and Technique. Macmillan Publishing Company. New York. 536p.
- IRRI. 1980. Standard evaluation system for rice. 2nd edition. Manila. Philippines. p44.
- Kiyosawa, S. 1976. A comparison by simulation of disease dispersal in pure and mixed stands of susceptible and resistant plants. *Japan. J. Breed.*, 26(2) : 137-145.
- Koizumi, S. 1987. Effect of mixed plantings of susceptible and resistant rice cultivars on leaf blast development. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 53 : 28-38.
- Koizumi, S. 1994. Effect of field resistance on leaf blast development in mixtures of susceptible and resistant rice cultivars. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 60 : 585-594.
- Nakajima, T., R. Sonoda, H. Saito, and H. Yaegashi. 1993. Some factors related to suppression of leaf blast disease occurrence in Sasanishiki multiline. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 59(1). p. 62(Abtract) in Japanese.
- Park, S. Z., M. H. Heu, E. W. Lee, and H. Y. Kim. 1982. Disease incidence of leaf blast in mixed populations of susceptible and resistant rice varieties. The memorial paper for the sixtieth birthday of Dr. Chan Ho Park : 125-131.
- Readdy, A. P. K., and H. E. Kauffman. 1974. Population studies of mixed inoculum of *Xanthomonas oryzae* in susceptible and resistant varieties of rice. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 40 : 93-97.
- Reddy, P. R., and P. Nayak. 1984. Progress of bacterial leaf blight disease in mixed population of resistant and susceptible rice cultivars. *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.* 19 : 285-290.
- 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.
- Shin, M. S., S. Z. Park, H. T. Shin, and S. Y. Lee. 1994. Breeding of near-isogenic lines for resistance to bacterial blight, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, in Rice. *Korean J. Breed.* 26(3) : 238-242.
- Shin, M. S., K. Y. Kim, B. K. Kim, J. C. Ko and J. K. Lee. 2002. Pyramiding of bacterial blight resistance genes in rice. *Korean J. Breed.* 34(1) : 22-26.
- Weerapat, P., W. Purivirojkul, and T. Chaturonrangsri. 1977. Mixing rice varieties to combat brown planthopper. *IRRI. Newsl.* 2 : 3.
- Wolfe, M. S. 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. *Ann. Rev. Phytopathol.* 23 : 251-273.