

벼 잎도열병 피해해석에 의한 경제적 방제수준 설정

예완해* · 박홍현¹ · 남영주 · 김설아 · 이정희 · 심홍식 · 김용기 · 이용환 · 이영훈농업과학기술원 농업생물부 식물병리과, ¹농업과학기술원 농업생물부 농업해충과Establishment of Economic Threshold by Evaluation of Yield Component and Yield Damages Caused by Rice Leaf Blast (*Magnaporthe grisea*)Wan-Hae Yeh*, Hong-Hyun Park¹, Young-Ju Nam, Seol-A Kim, Jeong-Hee Lee,
Hong-Sik Shim, Yong-Ki Kim, Yong-Hwan Lee and Yeong-Hoon LeePlant Pathology Division, Agricultural Biology Department, National Institute of Agricultural Science and Technology,
Suweon 441-707, Korea¹Applied Entomology Division, Agricultural Biology Department, National Institute of Agricultural Science and
Technology, Suweon 441-707, Korea

(Received on March 14, 2008)

This study was conducted to decide disease incidence level of rice leaf blast required for reasonable fungicide application in paddy field. We induced the disease development by inoculating rice blast pathogens on rice seedlings (Jinmibyeo) in the greenhouse and transplanting the infected seedlings in the field two weeks after rice plants were transplanted. We scored the disease incidence, grouped and marked according to degree of percentage of diseased leaf area at maximum stage of disease development. The percent diseased leaf area (PDLA) had negative correlations with panicle number per hill, ripened grain (%), and total yield; their correlation coefficients (r), -0.97**, -1.00** and -0.96**, respectively. However, it had positive correlations with spikelets per panicle and thousand grain weight; their correlation coefficients (r), 0.98** and 0.98**, respectively. Gain threshold (GT) calculated based on control cost and market price was estimated to be 8.35. Economic injury level (EIL) obtained based on GT and coefficient of damage of regression equation between disease incidence and the different yield components; panicle number per hill, spikelets per panicle, ripened grain(%), thousand grain weight and yield were 41.8, 9.7, 19.1, 291.1 and 3.4%, respectively. Economic threshold (ET) for yield was 2.7% (3.4%(EIL) × 0.8) on PDLA. These results suggest that application of fungicide is necessary when two under leaves are almost covered with lesions or contained more than twenty large lesions under leaves at maximum tillering stage.

Keywords : Economic threshold, Fungicide application, Leaf blast, PDLA, Rice

벼 도열병 방제는 다른 병과 마찬가지로 품종저항성의 이용, 시비법 등 재배법 개선을 통한 경종적방제, 살균제에 의한 화학적 방제 등이 사용되지만 국내에서는 주로 화학적 방제에 의존하고 있는 실정이다. 화학적 방제는 단기간에 큰 효과를 볼 수 있는 장점이 있으나 방제비용 뿐만 아니라 인축에 대한 독성이나 농생산물에 남아있는 잔류독성, 토양 및 관개수 오염 등 환경보호 측면에서 많

은 문제점도 내포하고 있다.

농약 사용으로 인한 부작용을 최소화하기 위하여는 먼저 정밀 예찰기술 개발과 함께 경제적 피해수준 설정이 선행되어야 할 것이다. 경제적 피해수준 설정은 병해충 종합관리에 있어서 방제의사 결정을 하는 과정에서 고려해야 할 가장 중요한 요소로서(Allen과 Rajotte, 1990; Stern 등, 1959) 세계적으로 많은 작물에서 그 기준들이 설정되어 해충방제에 약제사용을 줄이는데 상당히 기여하고 있다(Whalon과 Croft, 1984). 그러나 병방제에 있어서 경제적 방제수준의 개념은 극히 초보적인 단계에 있으며(김 등, 2006) 도열병에 대해 경제적 피해수준에 관한 연

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0429, Fax) +82-31-290-0406

E-mail) why0626@rda.go.kr

구가 거의 이루어져 있지 않아(예 등, 2006) 예방위주의 방제로 인한 농약의 오남용이 증가되는 추세이다.

본 연구는 포장에서 벼 잎도열병에 의한 수량구성요소와 수량감소를 분석하고 경제적 피해수준과 경제적 방제수준을 설정하기 위하여 시험을 수행하였다.

경제적 방제 수준을 설정하기 위하여 발병정도와 수량구성요소 및 수량과의 회귀식을 구하고, 수익역치(GT)를 산정하고, GT 값과 피해계수를 근거로 한 경제적 피해수준을 설정하고, 마지막으로 경제적 피해수준의 80% 수준에서 경제적 방제수준을 설정하였다(Stone과 Pedigo, 1972; Chen과 Cheng, 1978).

재료 및 방법

시험포장 설정. 벼 잎 도열병 경제적 방제수준 설정 시험을 위하여 농업과학기술원 이천시험지 논포장에서 본 시험을 수행하였다. 진미벼를 시험품종으로 상자 육묘(60×30 cm, 상자당 130 g 파종) 35일 후에 본답에 30×15 cm 간격으로 기계이앙하였다. 육묘, 시비 등 벼재배관리에 관련된 사항은 농촌진흥청 표준경종법에 준하여 실시하였다. 도열병 발생을 유인하기 위하여 질소비료만 배량으로 처리하였고, 발병을 고정하기 전에는 방제 약제를 살포하지 않았다. 시험구 배치는 기계이앙 후 난피법 3반복으로 구획하였으며, 처리당 시험구의 크기는 30.6×5.6 m로 하였다.

발병유인. 도열병의 발병 정도를 조절하기 위하여 온실에서 파종하여 3주간 자란 묘를 1/5,000a Wagner pot에 이앙하여 4주간 자란 벼에 도열병균(2×10⁵ spores/m)을 접종한 후, 온실에서 5일간 발병을 유인하여 줄사이 180×포기사이 60 cm, 줄사이 180×포기사이 120 cm 간격으로 포장에 접종된 벼(Spreader)을 옮겨 심었다. 무발병과 낮은 수준의 발병을 위하여 Spreader 무이식구를 두었다.

발병정도별 식물체 선별 지정 및 고정. 발병정도가 균일한 벼 포기를 플라스틱 막대기로 표식을 하고 병반면적을 표기한 라벨을 완전 임의로 3반복을 선별지정하였다. 발병정도별 선별지정이 완료되면 선별지정된 벼를 포함하여 전 포장은 트리싸이클라졸·수화제를 살포하여 병이 더 이상 진전되지 않도록 하였다.

시료채취 및 시료정선. 발병정도를 표식한 벼는 출수 45일 후에 발병정도별로 선별된 벼 포기를 채취하여 건조 후 주당이삭수, 이삭당입수를 조사하였으며, 등숙율은 소금으로 물 비중을 1.13으로 조절하여 전체 입수에 대한 가라앉은 입수를 백분율로 하였다. 천립중은 완전립의

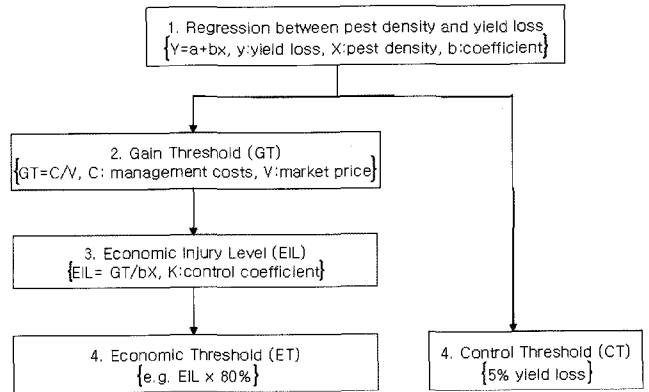


Fig. 1. General procedures in determining economic threshold (ET) and control threshold (CT).

1,000립에 대한 무게를 평량하여 구하였다. 수량은 10a 당 정조로 환산하였으며, 수분함량 14%로 환산하였다.

자료분석. 발병정도별 수량구성요소(주당이삭수, 이삭당입수, 등숙율, 천립중)와 수량은 던칸 다중 검정하였고, 이들 상호 요인간의 상관관계를 구하였으며, 발병정도와 수량구성요소 및 수량에 대하여 직선회귀식을 구하였다. 다음으로는 Fig. 1(박 등, 2007)을 근거로 하여, 수익역치(Gain threshold)를 산정(총방제비용을 농산물가격으로 나눈 값)하고, 경제적 피해수준과 경제적 방제수준(MaGrat와 Stainszewska, 1996)을 설정하였다.

결과 및 고찰

도열병 발병 정도에 따른 수량구성요소와 수량의 감소 정도. 경제적 방제수준 설정을 위하여 포장에서 진미벼를 공시하여 잎도열병 발병을 유도하고 발병정도별 수량구성요소인 주당이삭수, 이삭당입수, 등숙율, 천립중과 수량을 조사하였다(Table 1), 최소발병 병반면적을 7.5%에서 주당이삭수는 최소 24.0개였으나 병반면적을 30%에서 21.4개로 유의한 차이로 감소하였으며, 병반면적을 60%는 14.4개로 30%의 21.4개에 비하여 유의한 차이로 감소되었다. 이는 도열병 감염으로 인하여 유효분얼기에 분얼을 정상적으로 하지 못한데 기인한 것으로 생각된다. 이삭당입수에 있어서는 병반면적이 증가될수록 현저하게 증가하였는데 병반면적을 7.5%는 58.9립인데 비하여 병반면적을 22.5%는 66.3립으로 유의한 차이로 증가되었으며, 병반면적을 60%는 103.1립으로 병반면적을 30%의 70.58립에 비하여 유의한 차이로 증가되었다. 이는 병반면적이 증가될수록 주당이삭수가 감소함에 따라 이삭당입수가 증가되었는데 이들 두 요인간에는 1% 수준에서 -0.99의 고도의 상관관계를 갖는 것으로 생각된다(Table 2).

Table 1. Effect of percent diseased leaf area of rice blast on the yield components and yield of rice^a

Percent of diseased leaf area	Yield component				Yield (kg/10a)
	Panicle number per hill	Spikelets per panicle	Ripened grain (%)	Thousand grain weight (g)	
7.5	24.0a	58.94d	57.00a	22.95d	698.95a
15.0	24.5a	63.14cd	52.83a	23.32c	690.41a
22.5	23.5a	66.31bc	49.00a	23.61bc	672.58a
30.0	21.4b	70.58b	46.33a	23.92b	678.58a
60.0	14.4c	103.09a	33.50b	24.51a	570.52b

^aNumber in each column followed by the same letter are not significantly different by duncan's multiple rang test (P=0.05).

Table 2. Correlation of percent diseased leaf area of rice blast and between components and yield of rice^a

	Panicle number per hill	Spikelets per panicle	Ripened grain (%)	Thousand grain weight (g)	Yield (kg/10a)
Percent of diseased leaf area	-0.97**	0.98**	-1.00**	0.98**	-0.96**
Panicle number per hill		-0.99**	0.96*	-0.90*	0.97**
Spikelets per panicle			-0.97**	0.92*	-0.99**
Ripened grain (%)				-0.98**	0.95*
Thousand grain weight (g)					-0.88**

** , Significant at 5% level; ** , significant at 1% level.

병반면적을 7.5%에서는 등숙율이 57.0%인데 비하여 병반면적이 증가될수록 등숙율은 감소하였고 병반면적을 60%에서는 등숙율이 33.5%로 유의한 차이로 감소함을 알 수 있었다. 이는 병반면적이 높을수록 도체의 세력이 약화되었거나, 새로운 분얼경의 벼알이 충분히 등숙하는데 필요한 시간이 부족함에 기인한 것으로 사료된다. 천립중은 병반면적이 증가할수록 증가하였는데, 병반면적을 7.5%에서는 22.95 g인데 비하여 병반면적을 15.0%는 23.32 g으로 유의한 차이로 증가하였으며, 병반면적을 30%는 23.92 g으로 병반면적을 15.0%의 23.32 g에 비하여 유의한 차이로 증가하였고, 병반면적을 60%는 24.51 g으로 병반면적을 30%의 23.92 g에 비하여 유의한 차이로 증가하였는데, 이는 병반면적이 증가할수록 주당이삭수가 적고 등숙율이 낮음으로 인하여, 합성된 동화양분이 세력이 우수한 벼알에만 집적되는데 기인한 것으로 생각된다.

병반면적과 수량구성요소인 주당이삭수, 이삭당입수, 등숙율, 천립중과 수량과의 상관에 있어서는 주당이삭수, 등숙율 그리고 수량과는 1% 수준에서 각각 -0.97, -1.00, -0.96의 부의 상관이 있었으며, 병반면적이 증가될수록 상기의 요인들은 감소함을 알 수 있었다. 이삭당입수와 천립중과는 1% 수준에서 공히 0.98의 정의 상관이 인정되어 병반면적이 증가될수록 전자의 요인들이 감소함에 따라 역작용으로 증가 되는 것을 알 수 있었다.

잎도열병 병반면적과 수량구성요소 및 수량과의 관

계 회귀분석. 잎도열병 병반면적과 수량구성요소인 주당이삭수, 수당입수, 등숙율, 천립중 및 수량과의 회귀식은 각각 $y = -0.1999x + 26.958$ ($R^2 = 0.9424$), $y = 0.8574x + 49.262$ ($R^2 = 0.9666$), $y = -0.4393x + 59.592$ ($R^2 = 0.9965$), $y = 0.0286x + 22.89$ ($R^2 = 0.9515$), $y = -2.4892x + 729.25$ ($R^2 = 0.9266$)로 나타났다(Fig. 2, 6).

박 등(2007)에 의하면 도열병 1회 방제시 10a당 방제비용은 12,295원이므로 kg당 정조가격 1471.08원으로 계산하면 수익역치(GT) 값은 8.35가 된다. GT 값 8.35에다 각 회귀식의 기울기 값인 피해계수 0.1999, 0.8574, 0.4393, 0.0286, 2.4892로 나누면 경제적 피해허용수준은 각각 41.77%, 9.74%, 19.01%, 291.06%, 3.36%가 된다(Table 3).

방제를 위해 소요되는 시간과 손실을 최소화하기 위하여 80% 수준에서 방제하는 것이 합리적이므로 각각의 경제적 피해수준에 0.8을 곱하게 되면 경제적 방제 수준이 산출(박 등, 2007; Pedigo 등, 1986)됨으로 주당이삭수에 있어서는 병반면적을 33.42%, 이삭당입수에서는 7.79%,

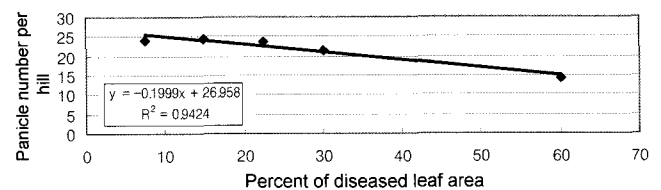


Fig. 2. Linear regression between panicle number per hill and percent diseased leaf area of rice blast.

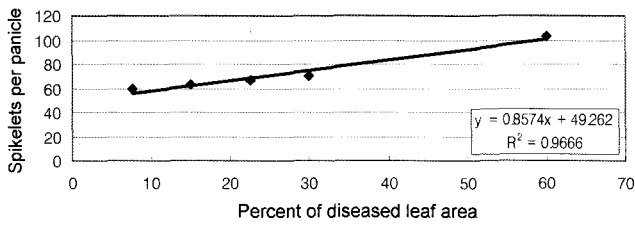


Fig. 3. Linear regression between spikelets per panicle and percent diseased leaf area of rice blast.

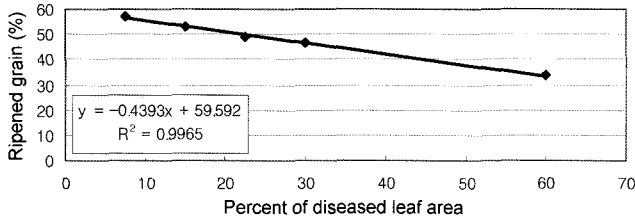


Fig. 4. Linear regression between ripened grain (%) and percent diseased leaf area of rice blast.

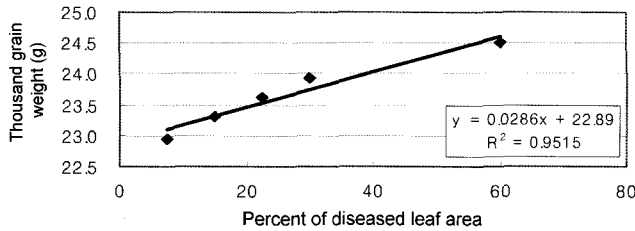


Fig. 5. Linear regression between thousand grain weight and percent diseased leaf area of rice blast.

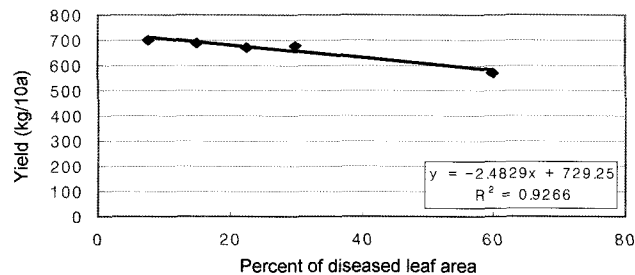


Fig. 6. Linear regression between yield and percent diseased leaf area of rice blast.

등숙율에서는 15.21%일 때가 각각 경제적 방제수준이 되며, 천립중에서는 233.57%가 됨으로 방제를 하지 않아도 된다는 결과를 얻었으나 이는 전자에서 언급한 바와 같이 주당이삭수와 등숙율이 저하됨으로 나타난 결과로 회귀식에서 범할 수 있는 오류라 생각된다. 수량에 있어서는 병반면적을 2.7%(벼 식물체 하부의 2개 잎이 병무늬로 거의 덮이거나 대형병무늬 20개 정도가 하부에 산재)에서 방제를 하는 것으로 나타나서 잎도열병 피해가 수량구성요소 보다도 수량에 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 국내에서는 서구의 대규모 농업이나 인건비가 낮은 저개발국에 비해 곡류값이 상대적으로 비싸고 방제비용이 상대적으로 적기 때문에 병발생 초기에 병방제를 하여야 할 것으로 나타났다.

그러므로 우리나라와 여건이 비슷한 일본에서는 해충들에 대하여 요방제수준(Control threshold)을 설정한 경우에 벼의 수량감소를 5%를 고정적으로 적용하여 박 등(2007)의 아시아지역에서 평균수량 감소율 보다 5배 정도 높은 수준에서 설정되었다(Kawamura 등, 1998).

Ye와 Zhu(1999)는 GT를 포함하여 최종적으로 계산한 EIL에 2정도의 변수를 곱하여 인위적으로 EIL를 높이는 방법을 사용하여 왔다.

요 약

본 연구는 잎도열병에 대한 합리적 약제방제수준을 설정하기 위하여 수행하였다.

발병은 온실에서 도열병균을 접종하여 발병시킨 전과 식물을 시험식물 이앙 2주 후에 이식하여 발병을 유도하였다. 발병정도 설정은 병 발생 최성기에 병반면적율에 따라 수준을 설정하고 표식하였다.

병반면적율에 따라 주당이삭수, 이삭당립수, 등숙율, 천립중 그리고 수량에 대한 상관관계를 분석한 결과 주당이삭수, 등숙율, 수량과는 1% 수준에서 -0.97, -1.00, -0.96의

Table 3. Economic threshold and regression equation between yield components and yield with percent diseased leaf area of rice blast on cultivar Jinmibyeo

Yield component	Regression equation	Control cost (won/10a)	Price (won/kg)	Gain threshold (GT) = Management cost/market price (won/kg)	Economic injury level (EIL) = GT/x (coefficient of damage)	Economic threshold (ET) = EIL×0.8%
No. of panicle spike per hill	y=-0.1999x+26.96	12,295	1471.08	8.35	41.77	33.42
No. of grain per panicle spike	y=0.8574x+49.26	12,295	1471.08	8.35	9.74	7.79
Percent ripened grain	y=-0.4393x+59.59	12,295	1471.08	8.35	19.01	15.21
Thousand grain weight (g)	y=0.0286x+22.89	12,295	1471.08	8.35	291.06	233.57
Yield (kg/10a)	y=-2.4829x+729.25	12,295	1471.08	8.35	3.36	2.69

부의 상관성이 있었으며, 이삭당입수와 천립중은 1% 수준에서 공히 0.98의 정의 상관성이 있었다.

수익역치(GT) 값은 방제비용을 쌀 시장가격으로 나누어 8.35가 되며, 경제적 피해수준(EIL)은 수익역치값을 희귀식의 피해계수로 나눈 값이 된다. 경제적 방제수준(ET)은 EIL 값에다 80%를 곱한 값이 된다.

본 시험에서의 경제적 피해허용 수준은 주당 이삭수, 이삭당입수, 등숙율, 천립중, 수량에서 각각 병반면적을 41.77%, 9.74%, 19.01%, 291.06%, 3.36%가 된다.

수량에 대한 경제적 방제수준은 2.7%가 된다(3.36(EIL) × 0.8). 수량에서의 경제적 방제수준은 하위 2엽이 거의 병반으로 덮여 있거나 20개 이상의 대형병반이 하위엽에 발생하였을 때 방제하는 시점으로 나타났다.

참고문헌

- Allen, W. A. and Rajotte, E. G. 1990. The Changing role of extension entomology in the IPM area. *Ann. Rev. Entomol.* 35: 379-397.
- Chen, C. N. and Cheng, C. C. 1978. The population levels of *Nilaparvata lugens*(Stal) in relation to the yield loss of rice. 1. *Plant prot. Bull.(Taiwan)* 20: 197-209.
- Kawamura, T. and Izumi, K. 1998. Control threshold of the rice leaf roller moth, *Cnaphlocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera : Pyralidae) using leaf color and adult density. *Bull. Yamaguchi Agri. Expt. Stn.* 49: 25-31 (In Japanese).
- 김진영, 홍순성, 이진구, 박경열, 김홍기, 김진원. 2006. 오이 흰가루병의 경제적 피해허용수준 설정. *식물병연구* 12: 231-234.
- McGrath, M. T. and Staniszevska, H. 1996. Management of powdery mildew in summer squash with host resistance, disease threshold-based fungicide programs, or an integrated program. *Plant Dis.* 80: 1044-1052.
- 박홍현, 예완해, 박형만. 2007. 주요 작물 및 가지 병해충에 대한 수익역치 추정. *한국응용곤충학회* 46: 63-69.
- Pedigo, L. P., Hutchins, S. H. and Higley, L. G. 1986. Economic injury level in theory and Practice. *Ann. Rev. Entomol.* 31: 341-368.
- Stern, V. M., Smith, R. F., Van den Bosch, R. and Hagen, K. S. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia.* 28: 81-101.
- Stone, J. D. and Pedigo, L. P. 1972. Development and economic injury level of the green clover worm on soybean in Iowa. *J. Econ. Entom.* 65: 197-201.
- Whalon, M. E. and Croft, B. A. 1984. Apple IPM implementation in North America. *Ann. Rev. Entomol.* 29: 435-470.
- Ye, C. F. and Zhu, Y. Q. 1999. The economic threshold of *Scotinophara lurida* in seedling stage of rice. *Ecological Knowledge.* 36: 132-134 (In Chinese).
- 예완해, 이정희, 김철아, 심홍식, 김용기. 2006. 잎도열병 피해해석에 의한 요방제수준 설정 연구. 2005 농업생물연구(농업과학기술원), 1227 pp.