

벼 잎집무늬마름병의 발생정도에 따른 경제적 방제수준 설정

심홍식* · 최효원 · 예완해 · 이용환¹

농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과, ¹농촌진흥청 재해대응과

Establishment of Economic Threshold Caused by Rice Sheath Blight Disease severity

Hongsik Shim*, Hyo Won Choi, Wan-Hae Yeh and Yong-Hwan Lee¹

Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, Wanju 55365, Korea

¹Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea.

(Received on August 31, 2015. Revised on October 14, 2015. Accepted on November 9, 2015)

Abstract This research was performed to establish economic threshold (ET) for rice sheath blight disease with the cultivar Odeabyeo. Total yield and yield components, such as the panicle number per hill, the spikelet per panicle, the percent ripened grain and the thousand grain weight were evaluated depending on the disease severity of sheath blight on rice, respectively. Significant negative correlation between the percent of diseased hill (PDH) and total yield was observed ($r = -0.93$). Moreover, negative correlation coefficients were found between PDH and spikelet per panicle, and percent ripened grain ($r = -0.66$ and -0.77 , respectively). There were no correlations between PDH and the panical number per hill, and a thousand grain weight, respectively. In this study, economic threshold level on sheath blight disease on rice was established on 7.8% of PDH.

Key words rice, sheath blight, economic threshold level

서 론

벼 잎집무늬마름병(*Rhizoctonia solani*)은 벼를 재배하고 있는 열대, 온대지역에서 발생하여 극심한 피해를 주고 있는 병으로 도열병과 더불어 쌀 생산에 가장 큰 장애요인 중의 하나로 알려져 있다(Ou, 1973).

잎집무늬마름병에 의한 피해 해석에 관한 연구에서 병이 지엽까지 감염될 경우에는 20~25%의 감수를 초래한다고 하였다(Mizuta, 1956; Hori, 1969). 또한 발병주율이 5%일 때 약제방제를 할 경우에는 1.6%, 발병주율 50%일 때 약제방제 할 경우 6.4~7.1%, 발병주율 100%일 때 약제방제 할 경우는 8.9~10.1%의 수확량이 증가한다고 보고 하였다(Ou, 1973).

지금까지 우리나라와 일본의 경우는 다수확과 미질위주의 품종을 재배함에 따라 병 발생에 유리한 조건이 되었으며, 따라서 잎집무늬마름병의 방제를 위해서는 주로 약제 살포

에 의한 화학적 방제에 의존하고 있다. 이와 같은 약제 살포에 의한 방제법은 농약사용에 의해 야기되는 인축에 대한 독성이나 환경오염, 농업생산물에 남아있는 농약의 잔류독성, 토양 및 관개수의 오염 등에 관한 문제가 사회적 이슈가 되고 있는 실정이다. 이와 같은 농약사용으로 인한 부작용을 최소화하기 위한 방안 중 하나는 병 예찰 기술의 개발과 병 발생시 경제적 방제수준 설정이 가장 먼저 선행되어야 한다.

경제적 피해수준 설정은 병해충 종합관리에 있어서 방제 의사 결정을 하는 과정에서 고려하여야 할 가장 중요한 요소로서 세계적으로 많은 작물에서 그 기준들이 설정되어 있으며, 특히 해충 방제시 사용되는 약제를 줄이는데 기여하고 있다(Allen and Rajotte, 1990; Stern et al. 1959; Stone and Pedigo 1972; 吉澤榮治, 1996). 그러나 병 방제에 대한 경제적 방제수준의 개념은 아직까지 초보적인 단계에 있으며(McGrath and Staniszevska, 1996; Luo et al., 2003), 특히 벼 잎집무늬마름병에 대한 경제적 피해허용수준에 관한 연구는 거의 이루어져 있지 않았고, 이로 인해 예방위주의 방제로 인한 농약의 사용이 증가되는 추세이다.

*Corresponding author
E-mail: hsshim@korea.kr

따라서 본 연구에서는 포장에서 벼 잎집무늬마름병의 발병정도에 의한 수량 및 수량구성요소와의 관계를 분석하였고, 이를 토대로 국내 벼 잎집무늬마름병의 경제적 피해허용수준과 경제적 방제수준을 설정하였다.

재료 및 방법

벼 품종 및 시험구 배치

벼 잎집무늬마름병 적정 방제수준 설정 시험을 위하여 2005년부터 2007년까지 3년간 경기 이천시 부발읍 소재 국립농업과학원 이천시시험지에서 시험을 수행하였다.

시험품종은 오대벼를 사용하였고, 시험식물의 육묘는 상자 육묘를 하였다. 육묘 후 35일 후에 본답에 30 × 15 cm 간격으로 기계이앙 하였다. 시험구 배치는 기계이앙한 후 난괴법 3반복으로 구획하였으며, 처리 당 시험구의 크기는 30.6 × 5.6 m로 하였다(Yeh et al., 2008). 육묘, 시비 등 벼 재배관리에 관련된 사항은 농촌진흥청 표준경종법에 준하여 잎집무늬마름병 발생을 유인하기 위하여 질소만 배량(요소 22 kg/10a)으로 증시하였다(RDA, 2001). 방제약제는 잎집무늬마름병 발병을 유인하기 위하여 발병을 고정하기 전에는 살포하지 않았다.

발병유인

잎집무늬마름병 발병정도를 차등으로 조절하기 위하여 시험포장에서 포기간격과 줄간격을 60 × 180 cm, 120 × 180 cm 간격으로 하였고, 그 사이에 잎집무늬마름병균을 접종한 벼(Spreader)를 옮겨 심었다. Spreader는 온실에서 파종하여 1/5,000 Wagner pot에 이식한 후 6주간 자란 벼에 잎집무늬마름병균의 균사 절편을 접종하여 벼 줄기에 병반이 형성되도록 온실에서 20일간 재배한 후 시험포장에 옮겨 심었다.

발병정도별 식물체 선별 지정 및 고정

Table 1과 같이 발병주율 정도별로 벼 포기를 플라스틱 막대기로 표식을 하고 완전임의 3반복으로 선별지정 하였다. 발병정도별 선별지정이 완료되면 선별 지정된 식물체를 포함하여 전 포장을 잎집무늬마름병 방제약제인 펜사이큐론 액상수화제 2,000배액을 160 l/10a 기준으로 약액이 충분히 묻도록 골고루 살포하여 병을 방제하였다.

시료채취 및 시료정선

발병정도를 표식한 식물체는 출수 후 45일 경 발병정도별로 채취하였다. 채취한 시료는 실험실에서 포기당 이삭수를 조사하고, 이삭당 립수는 탈곡하여 조사하였다(Yeh et al. 2008). 수분이 14%가 되도록 60°C로 조정된 건조기(DS 80-1, 다솔과학)에서 60°C로 건조한 후 등숙율을 조사하였다. 천립중은 완전립 1,000립에 대한 무게를 평량하여 천립중을 구하였으며, 수량은 10a당 정조로 환산하여 계산하였다.

경제적방제수준 설정

발병정도별로 수량과 수량구성요소인 주당 이삭수, 이삭당 립수, 등숙율, 천립중과 수량간의 유의성은 Duncan's multiple range test를 통하여 검정하였다(SAS Instiyute Inc., 2004). 또한, 이들 상호 요인간의 상관계수를 구한 후 발병정도별 상관성이 높은 요인들의 직선 회귀식을 구하였다. 회귀식은 발병주율을 독립변수(x)로 하고 수량감소를 종속변수(y)로 하여 단순직선회귀식을 구하였으며 Fisher test로 회귀모델의 유의성을 검정하고 결정계수(R²)를 구하였다. 성립된 회귀식을 활용하여 수량이 전혀 감소하지 않는 범위의 방제적기를 설정하였다. 또한 도출된 회귀식을 통하여 수량 손실 20% 손실을 허용한 범위의 경제적 개념을 고려한 잎집무늬마름병 경제적 피해수준 수식은 Fig. 1과 같이 Pedigo

Table 1. The average values of rice yield components and yield compared with sheath blight diseased hill from 2005 to 2007

Percent of diseased hill (%)	Yield component				Yield (kg/10a)
	Panical number per hill	Spikelet per panical	Ripened grain (%)	Thousand grain weight (g)	
0	22.34 b ^a	68.28a	76.77a	25.96a	732.53ab
10	22.94ab	67.22abc	74.24abc	26.12a	735.19a
20	23.11ab	65.50abcd	75.01ab	25.39a	697.17abcde
30	22.66ab	66.44abcd	77.70a	26.19a	716.25abc
40	23.45ab	65.45abcd	72.63abc	25.97a	693.01abcde
50	24.17a	61.69 bcd	73.87abc	25.77a	704.96abcd
60	22.46ab	67.53ab	69.22 bc	26.42a	680.85 bcde
70	22.89ab	64.47abcd	69.86 bc	25.97a	670.69 cde
80	23.17ab	61.07 cd	72.26abc	26.18a	653.83 de
90	22.71ab	66.07abcd	68.39 c	26.99a	648.04 e
100	23.45ab	60.29 d	71.43abc	26.11a	663.85 cde

^aMeans followed by different letters within the column are significantly different at the 5% level by DMRT.

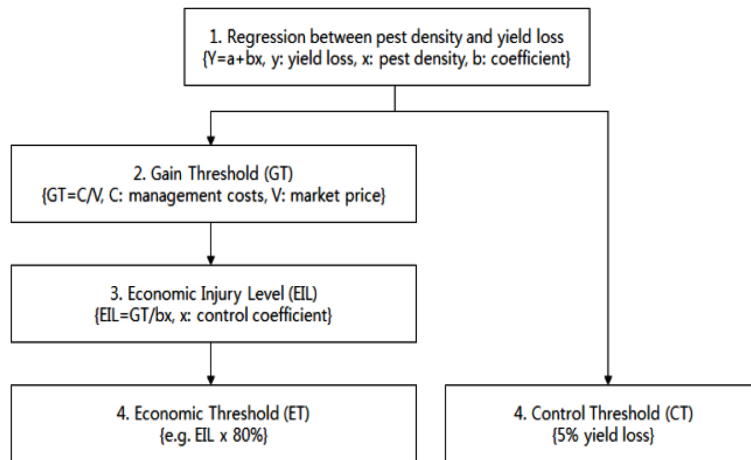


Fig. 1. General procedures in determining economic threshold (ET) and control threshold (CT).

Table 2. Correlation of average yield components and yield of rice in terms of the percent of diseased hill from 2005 to 2007

	Panical number per hill	Spikelet per panical	Ripened grain (%)	Thousand grain weight (g)	Yield (kg/10a)
Percent of diseased hill (%)	0.25ns	-0.66*	-0.77**	0.50ns	-0.93**
Panical number per hill		-0.75**	-0.01ns	-0.41ns	-0.12ns
Spikelet per panical			0.21ns	0.17ns	0.54ns
Ripened grain (%)				-0.56ns	0.80**
Thousand grain weight (g)					-0.45ns

a **: Significant at 1% level, *: significant at 5% level, ns: not significant.

(1986)가 제시한 식을 이용하여 경제적 방제수준을 도출하였다.

결과 및 고찰

잎집무늬마름병 발병정도에 따른 수량구성요소와 수량감소정도

벼 잎집무늬마름병의 경제적 방제수준 설정을 위하여 포장에서 오대벼의 발병정도별 수량과 수량 구성요소인 주당 이삭수, 이삭당 립수, 등숙율, 천립중을 조사하여 3년간의 평균값을 산출하였다. 3년간의 평균값을 분석한 결과 이삭당 립수, 등숙율, 수량에 있어서는 발병주율이 증가함에 따라 일정비율로 조금씩 감소하는 것을 알 수 있었다. 이삭당 립수는 무발병구에서는 68.28개 이었으나 50% 발병구는 61.69, 100% 발병구는 60.29개로 감소하였으며, 등숙율에 있어서는 무발병구에서 76.77% 이었으나, 50% 발병구에서는 73.87%, 100% 발병구에서는 71.43%로 감소하였다. 수확량에 있어서는 무발병구에서는 732.53 kg/10a이었으나 50% 발병구에서는 704.96 kg/10a, 100% 발병구에서는 663.85 kg/10a으로 감소하여 잎집무늬마름병의 발생은 이삭당 립수, 등숙율, 수량에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 그러나 주당 이삭 수와 천립중에서는 무발병구 대비 발병정도가 증

가함에 따라 일정하게 감소하는 경향이 없었다(Table 1).

잎집무늬마름병 발생수준에 따라 수량과 수량구성 요소간의 상관관계를 분석한 결과, 발병주율과 수량과는 $r = -0.93$, 이삭당 립수는 $r = -0.66$, 등숙율과는 $r = -0.77$ 로 5% 수준에서 유의성이 있었다. 그러나 발병주율과 주당 경수, 천립중은 유의성이 없는 것으로 나타났다(Table 2). 이러한 결과에서 잎집무늬마름병 발병정도에 따라 가장 피해를 받는 것은 수량이며, 발병이 심할수록 수량이 일정하게 감소하는 경향을 보였다(Table 1). 이는 1981년부터 1990년까지 농촌진흥청의 관찰포 조사에서 병해에 의한 평균 감수율 1.5% 중 80%인 1.2%가 잎집무늬마름병에 의한 것이라는 보고와 같이 잎집무늬마름병은 방제가 필요한 병해라 할 수 있다(RDA, 1997).

잎집무늬마름병 발병에 따른 경제적 방제수준 설정

잎집무늬마름병의 발병정도를 독립변수(x)로 하고 수량을 종속변수(y)로 하여 잎집무늬마름병 발병정도로 수량을 예측할 수 있는 단순 회귀식을 작성하였다. 그 결과 발병주율과 수량은 $y = -0.8412x + 732.64$, 발병주율과 이삭당 립수는 $y = 0.0543x + 67.624$, 발병주율과 등숙율은 $y = 0.0704x + 76.373$, 발병주율과 천립중과는 $y = 0.006x + 25.797$ 로 모델의 적합도가 가장 높은 것은 수량으로 결정계수 $R^2 = 0.862$ 이었으며,

이삭당립수는 $R^2=0.4347$, 등숙률은 $R^2=0.5994$, 천립중은 $R^2=0.2521$ 이었다(Table 3). 적합도가 가장 높은 발병주율과 수량과의 모델을 사용했을 때 잎집무늬마름병 발병으로 해석 가능한 수량의 변이는 86%로 이 관계식을 이용하여 잎집무늬병 발병에 따른 수량 예측이 가능하리라 생각된다.

경제적 피해수준은 단위면적당, 단위 작물 당 또는 단위 샘플 당 발병률을 말하는 것으로 우리나라와 여건이 비슷한 일본에서는 해충에 대하여 요방제 수준(Control threshold)을 설정한 경우에 Fig. 1과 같이 벼의 수량감소율을 5%로 고정하여 적용하고 있으며, Park 등(2007)은 아시아지역에서 설정한 평균 감소율 보다 5배 정도 높은 수준에서 설정하였고, Ye and Zhu (1999)는 피해허용수준(Grain threshold, GT)을 포함하여 최종적으로 계산한 경제적 피해허용수준(Economic Injury Level, EIL)에 2정도의 변수를 곱하여 인위적으로 EIL을 높이는 방법을 사용하여 왔다. 잎집무늬마름병에 있어서도 이러한 개념을 도입하여 응용할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 2007 농축산물소득 자료를(RDA,

2008) 근거로 하여 산출하면 면적당 방제비용 및 동가수량을 조사한 결과 면적당 방제비용 동가 수량은 8.0 kg/10a로 산출되었다(Table 4). 따라서 경제적 피해수준을 산출하기 위하여 발병주율 증가에 따른 수량 손실량을 회귀 분석하여 본 결과 $y=0.823x+1.2607$, $R^2=0.8656$ 이었으며, 얻어진 회귀식(Fig. 2)을 통해 면적당 방제비용 동가수량을 피해계수 0.823로 나누면 9.7%의 경제적 피해를 일으킬 수 있는 최저 수준의 발병주율인 경제적 피해수준(EIL)이 설정되었다(Table 4). 그러므로 경제적 피해수준에 도달하기 전인 경제적 방제수준(ET)은 경제적 피해수준의 80%일 때이므로 경제적 방제수준은 7.8%로 설정되었다(Table 4). 이러한 수준에서 방제 시점은 실제 포장에서 20주당 1~2주가 감염되면 방제하는 시점이 되며, 현재 농촌진흥청(RDA, 1997)이 방제적으로 추천하고 있는 20% 시점 보다 더욱 예방위주의 방제가 된다. 그러나 방제비용과 정조가격은 해마다 달라질 수 있으므로 방제시점은 당해 연도의 상황에 따라 변동하여 적용할 수 있다. 이러한 결과는 우리나라가 서구의 자본집약적인 대규모 농업이나, 인건비가 낮은 저개발국에 비해 곡류 값이 상대적으로 비싸고 방제비용은 낮기 때문에 초기에 병해 방제를 하여야 것을 의미한다(Yeh et al. 2008).

Table 3. Regression and correlation of yield components and yield according to percentage of diseased hill of rice sheath blight

Yield components	Percentage of diseased hill	
	Regression equation	Correlation
Yield (kg/10a)	$y=-0.8412x+732.64$	$R^2=0.862$
Spike per panicle	$y=0.0543x+67.624$	$R^2=0.4347$
Percent ripened grain	$y=0.0704x+76.373$	$R^2=0.5994$
Thousand grainweight (g)	$y=0.006x+25.797$	$R^2=0.2521$

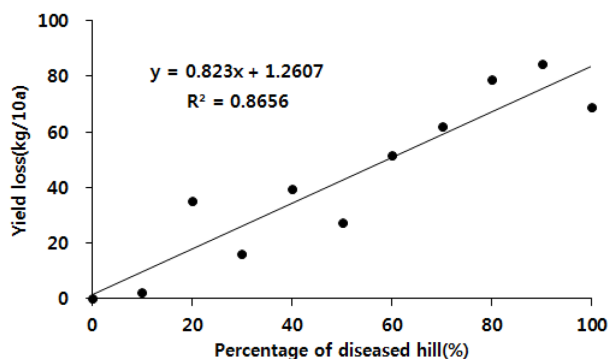


Fig. 2. Linear regression between yield loss and the percent of diseased hill of rice sheath blight at the trial paddy field.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ009891)의 지원에 의해 수행되었습니다.

Literature cited

- Allen, W. A. and E. G. Rajotte (1990) The changing role of extension entomology in the IPM area. *Ann. Rev. Entomol.* 35:379-97.
- Hori, M. (1969) On forecasting the damage due to sheath blight of rice plant and the critical point for judging the necessity of chemical control of the disease. *Rev. Plant Prot. Res.* 2:70-73.
- Luo, Y. and T. J. Michailides (2003) Threshold condition that lead latent infection to prune fruit rot caused by *Monilinia fructicola*. *Phytopathology* 93:102-111.
- McGrath, M. T. and H. Staniszevska (1996) Management of powdery mildew in summer squash with host resistance, disease threshold-based fungicide programs, or an integrated

Table 4. Economic threshold and regression of average yield with percent of diseased hill of rice sheath blight

Control cost (won/10a)	Price (won/kg)	Gain threshold (GT) ^a	Economic injury Level (EIL) ^b	Economic threshold (ET) ^c
11,770	1471.1	8.0	9.7	7.8

^aGT (Grain threshold) = Control cost/market price (won/kg)

^bEIL (Economic injury level) = GT/x (coefficient damage)

^cET (Economic threshold) = EIL × 0.8

- program. *Plant Dis.* 80:1044-1052.
- Mizuta, H. (1956) On the relation between yield and inoculation time of sheath-blight, *Corticium sasakii* in the earlier planted paddy rice. Association for plant protection, Kyushu 2:100-102.
- Ou, S. H. (1973) Breeding plants for disease resistance concepts and application, ed. R. R. Nelson, Pennsylvania State Uni. press, University Park and London pp. 91-109.
- Park, H. H., W. H. Yeh and H. M. Park (2007) Gain threshold estimation for some pests in major crops. *Korean J. Appl. Entomol.* 46:63-69.
- Pedigo, L. P., S. H. Hutchins and L. G. Higley (1986) Economic injury level in theory and Practice. *Ann. Rev. Entomol.* 31:341-368.
- Rural Development Administration (RDA). (1997) Compendium of rice pest control. 68-69.
- Rural Development Administration (RDA). (2008) Income analysis of agricultural products in 2007. pp. 161.
- Rural Development Administration (RDA) (2001) The technology of high quality rice production pp. 11-74.
- SAS Institute (2004) SAS user's. SAS Institute, Cary, N. C.
- Stern, V. M., R. F. Smith, R. Van den Bosch and K. S. Hagen (1959) The integrated control concept. *Hilgardia.* 28:81-101.
- Stone, J. D. and L. P. Pedigo (1972) Development and economic injury level of the green clover worm on soybean in Iowa. *J. Econ. Entomol.* 65:197-201.
- Ye, C. F. and Y. Q. Zhu (1999) The economic threshold of *Scotinophara lurida* in seedling stage of rice. *Ecological Knowledge.* 36:132-134 (In Chinese).
- Yeh, W. H., H. H. Park, Y. J. Nam, S. A. Kim, J. H. Lee, H. S. Shim, Y. K. Kim, Y. H. Lee and Y. H. Lee (2008) Establishment of economic threshold by evaluation of yield component and yield damages caused by rice leaf blast (*Magnaporthe grisea*) *Res. Plant Dis.* 14(1):21-25.
- 吉澤榮治. (1996) イチモンジセセリの被害解析および要防除密度. *植物防疫* 50(12):504-506.

벼 잎집무늬마름병의 발생정도에 따른 경제적 방제수준 설정

심홍식* · 최효원 · 예완해 · 이용환¹

농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과, ¹농촌진흥청 재해대응과

요약 본 연구는 잎집무늬마름병에 대한 약제방제수준을 설정하기 위하여 오대벼를 공시하여 시험을 수행하였다. 잎집무늬마름병 발병정도에 따라 수량에 미치는 관계를 분석하였으며, 수량 구성 요소인 주당 이삭수, 이삭당립수, 등숙률, 천립중과의 관계를 분석하였다. 그 결과 발병주율에 대한 수량과의 관계는 $r = -0.93$, 이삭당립수 $r = -0.66$, 등숙율은 $r = -0.77$ 로 고도의 유의성 있는 부의 상관이 있었으나, 주당 이삭수와 천립중은 유의한 상관이 인정되지 않았다. 따라서 본시험에서는 발병과 상관이 높은 수량에 대하여 경제적 방제수준은 발병주율 7.8%로 설정할 수 있었다.

색인어 벼, 잎집무늬마름병, 경제적 방제수준