

## 오이 흰가루병의 경제적 피해 허용수준 설정

김진영\* · 홍순성 · 이진구 · 박경열 · 김흥기<sup>1</sup> · 김진원<sup>2</sup>경기도농업기술원, <sup>1</sup>충남대학교 농생물학과, <sup>2</sup>서울시립대학교 환경원예학과

## Determinants of Economic Threshold for Powdery Mildew on Cucumber

Jin-Young Kim\*, Soon-Sung Hong, Jin-Gu Lee, Kyeong-Yeol Park,  
Hong-Gi Kim<sup>1</sup> and Jin-Won Kim<sup>2</sup>

Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwasung 445-972, Korea

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea<sup>2</sup>Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

(Received on October 28, 2006)

The influences of powdery mildew caused by *Sphaerotheca fusca* were assessed on cucumber to verify the economic injury level and yield response. Based on the relation of disease severity and yield response, economic threshold was determined by grading the disease severity of powdery mildew. Yield loss simulation due to damage of powdery mildew was conducted by defoliation of lower cucumber leaves in two seasons. The minimum number of leaves was 10 in spring season and 13 in autumn season which made no distinct difference on cucumber yield. The whole yields of cucumber was reduced as the disease severity was increased. Therefore occurrence of powdery mildew have a negative effect on cucumber yield. The regression equation between disease severity and yield loss showed  $Y = -57.237x + 6143.1$ ,  $R^2 = 0.9628$ . This equation suggests the disease severity of economic threshold is 17.6%, which is 3% reduction point of yield based on yield and economic relations. These results suggest that application of fungicide should be needed when 1 or 2 leaves of cucumber are infected by powdery mildew in the growing season.

**Keywords :** Cucumber, Economic injury level, Economic threshold, Powdery mildew

오이 재배에서 흰가루병(*Sphaerotheca fusca* L.)은 노균병과 더불어 가장 피해를 주는 병으로서(박 등, 1996) 작물을 직접적으로 죽이지는 않지만 기주의 영양을 이용하고 광합성을 감소시키며, 호흡과 증산을 증가시켜 생장을 감소시킴으로 농가에서는 흰가루병 방제를 위해 농약 사용량이 증가하고 있는 실정이다. 하지만 농약의 남용으로 인한 약제 내성균의 증가(O'Brien 등, 1988)와 농약 잔류에 의한 식품안전의 위협으로 농약 사용량을 절감하고 최소한의 방제로도 고품질을 생산할 수 있는 친환경 병방제기술 수요가 점차 증가하고 있는 실정이다.

요방제 수준의 개념은 Stern 등(1959)에 의해 해충 방제 방법으로 경제적 피해 허용 수준(economic threshold)

의 개념을 도입하였다. 즉 병해충 방제에 투입되는 비용을 감안하여 경제적으로 작물에 피해를 줄 수 있는 가장 낮은 해충 밀도(economic injury level, EIL)의 개념으로 정립하여 대상작물에 실제 방제를 시작해야 하는 시점으로 가장 널리 알려져 있다.

본 연구는 시설 오이 재배에 있어서 흰가루병 발병도가 수량에 미치는 영향을 구명하고 최적의 방제시기를 결정하는 경제적 피해 허용수준을 설정하기 위하여 수행하였다.

## 재료 및 방법

**오이 잎 제거에 의한 흰가루병 수량 감소 시뮬레이션.** 오이 잎에 발생하여 피해를 주는 흰가루병의 수량 감소에 미치는 영향을 간접적으로 분석하기 위해 오이 재배 기간 중 하엽을 순차적으로 제거하여 흰가루병에 의한 피해를 시뮬레이션 하였다. 시험품종인 '싱싱백다다기' 오

\*Corresponding author

Phone) +82-31-229-5832, Fax) +82-31-229-5964

E-mail) kgy5122@gg.go.kr

이를 봄재배는 3월 28일, 가을재배는 8월 19일에 정식하였다. 또한 오이 잎을 적엽하여 전체 잎수를 7매, 10매, 13매, 16매 수준으로 유지하여, 수량에 영향이 없는 적정 오이 잎수를 구명하고자 하였다. 병 피해도 분석은 흰가루병을 10일 간격으로 방제하는 표준방제구와 무방제구의 수량을 각각 잎 제거 수준별 처리구의 수량과 상호 비교하였다.

**오이 흰가루병 발병도 조절에 의한 회귀식 설정.** 흰가루병의 발병도를 조절한 후 수량에 미치는 영향을 구명하여 경제적 피해허용수준을 설정하고자 경기도농업기술원 비닐하우스에서 2004년부터 2005년까지 2년간 시험을 수행하였다. 시험품종은 일반적으로 재배되는 품종인 '싱싱백다다기' 오이 접목묘를 구입하여, 3월 28일 하우스에 정식하였다. 정식 후 온풍기를 설치하여 5월까지 간헐적으로 가동, 보온 및 습도를 조절하여 흰가루병 발병을 유도하였다. 흰가루병 발병도는 살균제 처리 간격을 가감하여 병 발생정도를 네 가지 수준으로 조절하였으며(Table 1) 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(농촌진흥청, 1995)에 의거하여 수량을 상품성 수량과 비상품성 수량으로 나누어 조사하였다. 조사된 수량자료는 각각 병 발생량과의 관계식으로 도출하였고, 발병도와 수량과의 회귀식으로 산출하였다. 발병도 조사기준은 주당 10엽에 대한 병반면적율을 기준하여 0.1%~20% : D, 20.1%~30% : C, 30.1%~50% : B, 50.1%~100% : A의 4등급으로 분류하여 다음과 같은 식으로 발병도를 산출하였다(백 등, 1996).

$$\text{발병도}(\%) = (4A + 3B + 2C + D) / (4 \times \text{총조사잎수}) \times 100$$

오이 흰가루병 방제용으로 사용한 농약은 현재 방제 약제로 등록되어 있는 약제 중 웨나리몰 유제, 디페노코나졸 수화제, 아족시스트로빈 액상수화제, 사프롤 유제를 7~13일 간격으로 교호살포하였다.

또한 오이 수량 감소 비율에 따른 손실액을 비교하기 위하여 2004년 지역별 농산물 소득자료집(농촌진흥청, 2004)을 기준으로 하여 흰가루병 방제에 소요되는 경영비와 수량 감소에 따른 손실액을 산출하여 경제적 피해허용 수준(McGrath와 Stainszewska, 1996)을 설정하였다.

**Table 1.** Adjustment of disease severity by treatment interval of chemicals for powdery mildew

Treatment	Disease severity (%)	Interval for chemical treatment (day)
I	15.0 <	7
II	15.1~30.0	10
III	30.1~50.0	13
IV	> 50.1.	-

또한 방제비용 경영분석은 각각 투입한 농약비, 노력비, 대농상각비를 분석하여 시설오이 반축성 경기도 재배 기준으로 산정하였다.

## 결과 및 고찰

### 오이 잎 제거 수준별 흰가루병 수량 감소 시뮬레이션.

오이 잎 위치별 흰가루병 병반면적율은 흰가루병의 발병 특성상 하엽부터 발생하기 시작하여 점차 병반이 상부로 진전하는 특성을 나타냈다. 따라서 수량에 영향이 없는 적정 오이 잎수에 관한 정보를 얻고자 오이 잎을 아래잎부터 제거한 결과 봄작기에서는 전체잎수를 16매 유지하고 흰가루병을 표준방제한 처리구의 수량이 7,293 kg으로 가장 높았으며 잎수 제거가 가장 많은 7매 유지 처리구의 수량이 흰가루병 무방제구 5,979 kg보다 더 낮은 4,887 kg을 나타내 수량 감소비율이 33%로 가장 높았다(Table 2). 그러나, 오이 잎수를 10매, 13매, 16매 유지시 수량은 표준 방제보다는 낮았으나 처리간 통계적 유의성이 없어 봄작기 때는 10매 정도만 유지해도 수량의 감소폭이 크지 않다고 생각된다.

가을작기에서는 표준방제구가 6,738 kg으로 가장 높았으며 오이잎을 가장 많이 제거하여 전체 잎수가 7매만 유지한 처리구가 2,469 kg으로 수량감소폭이 가장 높아 봄작기와 유사한 결과를 나타내었다(Table 3). 그러나 13매와 16매 유지 처리구에서는 각각 6,260 kg, 6,640 kg으로 표준방제구와 통계적인 유의성이 없어 가을작기에는 13매만 유지하여도 수량에 큰 문제가 없다고 판단되었다. 또한 봄작기와 가을작기에서 오이 잎 제거시 수량의 감

**Table 2.** Yield response of cucumber depending on leaf removal in spring season

No. of cucumber leaves <sup>b</sup>	Yield (kg/10a)			Average <sup>a</sup> (kg)	Yield loss (%)
	Rep. A	Rep. B	Rep. C		
7	4,649	5,231	4,781	4,887 <sup>d</sup>	33.0
10	6,112	7,026	6,887	6,675 <sup>b</sup>	8.5
13	6,092	6,511	6,890	6,498 <sup>bc</sup>	10.9
16	5,650	7,070	7,287	6,669 <sup>b</sup>	8.6
Calendar spray <sup>c</sup>	6,326	7,625	7,928	7,293 <sup>a</sup>	-
Control	5,385	6,187	6,364	5,979 <sup>c</sup>	18.0

<sup>a</sup>Means followed by the same letter within column are not significantly different by the Duncan's multiple range test 5% level.

<sup>b</sup>No. of leaves were maintained with standard no. of leaves and lower leaves were removed when they have more than standard no. of leaves.

<sup>c</sup>Calendar spray was treated each 10 day interval and number of leaves was maintained 16 leaves.

**Table 3.** Yield response of cucumber depending on leaf removal in autumn season

No. of cucumber leaves <sup>b</sup>	Yield (kg/10a)			Average <sup>a</sup> (kg)	Yield loss (%)
	Rep. A	Rep. B	Rep. C		
7	1,835	3,055	2,517	2,469 <sup>c</sup>	63.4
10	3,273	5,163	4,813	4,416 <sup>b</sup>	34.5
13	4,789	7,151	6,839	6,260 <sup>a</sup>	7.1
16	7,544	6,219	6,157	6,640 <sup>a</sup>	1.5
Calendar spray	6,243	6,477	7,494	6,738 <sup>a</sup>	-
Nontreated	5,884	7,513	6,473	6,623 <sup>a</sup>	1.7

<sup>a</sup>Means followed by the same letter within column are not significantly different by the Duncan's multiple range test 5% level.

소폭이 크고 더 많은 잎수를 요구하는 원인은 봄작기에 비해 가을작기에는 기온이 낮아지고 오이의 생육이 봄에 비해 왕성하지 않기 때문인 것으로 추정된다. 일반적으로 오이 과실당 필요한 잎수는 일사량과 온도에 따라 다르지만 보통 1과당 3잎~5잎 정도가 적당하다고 하였다(농촌진흥청, 2001). 이와 같은 적정 오이 잎 수에 관한 시뮬레이션 결과로 추론하면 오이 생육에 필요한 최소 잎수는 10매에서 13매 정도를 필요로 하며, 그 이상의 잎에서 흰가루병 발생시 방제 시작 시점으로 생각할 수 있다. 그리고 오이 과실이 비대하기 위해서는 광합성 기관인 잎이 생산성과 직결된다고 할 수 있으며, 추후 병 발생으로 인한 수량감소와의 관련성을 더 구명하여야 할 것이다.

**오이 흰가루병 발병도와 수량과의 관계.** 오이 흰가루병 발병도 조절에 의한 수량을 비교한 결과(Table 4) 발병도가 증가할수록 전체수량 및 상품수량이 점차 감소하는 경향이였다. 특히 상품성 수량의 감소폭은 발병도 25%에서 4,797 kg, 발병도 45%에서 3,281 kg으로 감소폭이 1,516 kg으로 가장 컸으며, 상품성 수량의 감소폭은 전체수량 감소폭인 919 kg보다 더 커서 흰가루병 발병도가 증가할수록 전체 수량보다 상품성 수량에 더 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

**Table 4.** Yield response of cucumber against powdery mildew

Disease severity <sup>a</sup> (%)	Total yield (kg)		Marketable yield (kg)		Low grade yield (kg)	
	Average yield (per plant)	Yield (10a)	Average yield (per plant)	Yield (10a)	Average yield (per plant)	Yield (10a)
15	2.92	7,346	2.26	5,292	0.65	1,968
25	2.64	6,164	2.05	4,797	0.58	1,756
45	2.24	5,245	1.40	3,281	0.70	2,091
55	2.24	5,247	1.36	3,188	0.88	2,642

<sup>a</sup>Disease severity was determined by the fomula as following ;

Disease severity (%) = [(4a + 3b + 2c + d) / (4(a + b + c + d))] × 100, where 0.1%~20% : d, 20.1%~30% : c, 30.1%~50% : b, 50.1%~100% : a.

**Table 5.** Disease and yield loss relationships for damage of powdery mildew (1 year cropping per 10a)

Yield loss (%)	Yield <sup>a</sup> (kg)	Gross income (₩)	Amount of loss (₩)
Standard income	8,543	9,909,880	0
3% loss	8,287	9,612,584	297,396
5% loss	8,116	9,414,386	495,494
10% loss	7,651	8,874,928	1,034,952
20% loss	6,759	7,839,976	2,069,904

<sup>a</sup>2004 Regional income data of agricultural product (R.D.A), cucumber price was determined as 1,160 won per kg.

**Table 6.** Cost analysis<sup>c</sup> for damage due to powdery mildew

Agricultural chemicals	Labor cost <sup>a</sup>	Depreciation for a farm machinery	Sum
172,692 <sup>b</sup>	109,568	13,317	295,577

<sup>a</sup>Family labour (men 10.1 hr, women 6.7 hour), hired labor (men 0.4 hr, woman 0.9 hr).

<sup>b</sup>Unite : won (₩).

<sup>c</sup>1 cropping per 10a.

**오이 흰가루병 발병도와 수량과의 관계 회귀 분석.** 오이 흰가루병 발병도(x)와 수량(Y)과의 관계를 상관분석한 결과 회귀식은  $Y = -57.237x + 6143.1$ ,  $R^2 = 0.9628$ 로 발병도와 상품성 수량은 고도의 부의 상관관계가 인정되었다. 흰가루병 요방제 수준을 설정하기 위하여 병해충 방제에 투입되는 방제비용이 흰가루병을 방제하지 않음으로써 발생하는 손실액을 초과하는 시점을 분석한 결과 수량감소 3% 시점인 295,577원으로 비용을 산정하였다(Table 5). 방제 비용의 손익분기 경영은 병 방제에 투입되는 농약비, 노력비, 대농상각비의 합으로 구하였다(Table 6). 따라서 오이 흰가루병 요방제수준은 수량이 3% 감소(5,133.2 kg)하는 시점으로 설정하여 위의 회귀식에 대입한 결과 17.6%가 설정되었다. 이와같이 설정한 발병도 17.6%는 흰가루병의 경제적 피해 허용 수준으로, 농업인이 방제

의사 결정시 10잎을 조사하여 흰가루병이 50% 이상 감염된 오이 잎이 1~2장일 때 방제를 시작해야 하는 시점으로 생각된다.

일반적으로 농가에서 오이 재배시 잎수가 15매 내외임을 감안할 때 관계식에서 추정된 최소 방제 시점인 1~2개의 잎이 50% 이상 감염한 시기부터 방제를 시작해야 하는 시기와 시뮬레이션을 통한 적정 잎수에 관한 모의 시험은 유사한 결과를 나타냈다.

## 요 약

오이 흰가루병(*Sphaerotheca fusca*)이 수량에 미치는 영향을 구명하고자 오이 잎 제거를 통한 시뮬레이션으로 적정 잎수에 관한 모의시험 및 발병도 조절에 따른 흰가루병이 수량에 미치는 영향과 경제적 피해허용수준을 검토하였다. 오이 잎 제거 수준과 수량과의 시뮬레이션 결과 봄작기에서는 오이 잎 수를 10매, 가을작기에서는 13매 정도를 유지하면 표준방제구와 큰 차이가 없었다. 오이 흰가루병 발병도가 증가할수록 수량이 감소하였으며, 특히 상품성 수량의 감소폭이 전체 수량의 감소폭보다 더 커서 상품성 수량에 큰 영향을 미쳤다. 오이 흰가루병 발병도와 수량과의 회귀식은  $Y = -57.237x + 6143.1$ ,  $R^2 = 0.9628$ 로 방제비용을 감안하여 수량 3% 지점의 발병도 17.6%를 경제적 피해 허용 수준으로 설정하였다. 오이 흰가루병 방제적기는 경제적 피해 허용수준과 시뮬레이션 결과를 종합할 때 흰가루병으로 발병된 잎이 1~2장일 때

방제를 시작해야 하는 시점으로 생각된다.

## 참고문헌

- 이용환, 서중분, 최경주, 박인모, 양원모. 2004. 잎 절편을 이용한 오이 흰가루병에 대한 내병성 검정법. 식물병연구 10: 78-81.
- 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.
- 농촌진흥청. 2001. 표준영농교본(오이재배). 61 pp.
- 농촌진흥청. 2004. 2004 지역별농산물 소득 자료. 33 pp.
- 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구 조사기준. 324-325 pp.
- O'Brien, R. G., Vawdrey, L. L. and Glass, R. J. 1988. Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) and its effect on field control. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28: 417-423.
- 박소득, 권태영, 임양숙, 정기채, 최부술. 1996. 연작연수에 따른 시설재배 참외, 수박 및 오이의 병해 발생 양상. 한국식물병리학회지 12: 428-431.
- 백수봉, 경석현, 김종진, 오연선. 1996. 대황에서 추출한 생리 활성물질의 오이 흰가루병 방제 효과. 한국식물병리학회지 12: 85-90.
- Stern, V. M. 1973. Economic thresholds. *Ann. Rev. Entomol.* 18: 259-280.
- Stern, V. M., Smith, R. F., van den Bosch, R. and Hagen, K. S. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81-101.