



시설 가지 흰가루병 발생정도에 따른 수량변화와 경제적 방제수준 설정

김주희* · 이기권 · 임주락 · 김 주 · 최인영 · 장수지 · 김진호 · 송영주

전북농업기술원 기후변화대응과

Yield Loss Assessment and Determination of Control Thresholds for Powdery Mildew of Eggplant (*Solanum melongena*)

Ju-Hee Kim*, Ki-Kwon Lee, Ju-Rak Yim, Ju Kim, In-Young Choi, Su-Ji Jang, Jin-Ho Kim and Young-Ju Song

Division of Climate Change, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704, Korea

(Received on March 9, 2016. Revised on May 25, 2016. Accepted on June 17, 2016)

Abstract This study was carried out to develop the economic thresholds for powdery mildew on eggplant. To investigate the relationship between powdery mildew incidence degree and yield, experimental plots with ten treatments as the initial disease degree were established. Disease severity exhibited negative and significant correlation with fruit weight and number of fruit. There existed close correlation between rate of diseased leaf area and yields in the greenhouse (control with fungicide $Y = -36.5X + 2938.5$ $R^2 = 0.91$ $r = -0.913^*$, no fungicide: $Y = -29.57X + 2574.4$ $R^2 = 0.73$ $r = -0.858^*$). There existed close correlation between rate of diseased leaf area and yield loss in the greenhouse ($Y = 1.27X - 2.4$ $R^2 = 0.88$ $r = 0.91^*$). The economic thresholds for powdery mildew on eggplant was below 14.7% rate of diseased leaf area per plant in the greenhouse.

Key words economic threshold, eggplant, powdery mildew

서 론

가지(*Solanum melongena*)는 재배 중에 풋마름병 등 23종의 병해가 발생하여 생산에 영향을 미치는 것으로 보고되어 있으나(The Korean society of plant pathology, 2009), 시설에서 재배하는 경우 다른 작물과 마찬가지로 흰가루병의 발생이 많은 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2002; Kwon et al., 1998). 가지의 잎에 주로 발생하는 흰가루병은 심한 경우 잎자루에도 발생하는데 하엽에서 발생하기 시작하여 상위엽으로 진전되고 발생이 심한 잎은 황화되어 낙엽이 되기도 한다(Lee et al., 2002). 흰가루병에 감염된 농작물은 급격하게 고사되지는 않지만 잎에 병반이 확대되면서 광합성을 저해하므로(Nam et al., 2012) 낙엽화시켜 수량감소를 초래할 수 있다(Kim et al., 2015). 또한 박과류에 발생하는 흰가루병은 과실의 크기와 수확과수에 영향을 미쳐 수량이 감소할 뿐만 아니라 당도가 낮아지는 등 상품성을 저하시키기

도 하였다(Chang et al., 2001; Kang, 2014). 따라서 흰가루병을 방제하기 위하여 중복기생균을 이용한 방제(Lee et al., 2007), 길항균을 이용한 생물적 방제(Kim et al., 2012; Kang et al., 2015) 저항성품종의 선발(Kim et al., 2014; Park et al., 2008), 친환경 자재를 활용한 방제(Lee et al., 2010; Kim et al., 2015), 화학적 방제(Nam et al., 2005; Yu 2008) 등 다양한 연구가 진행되어 왔다. 특히 화학적 방제는 효과가 신속하고 정확하여 대부분의 농가들은 일반적인 방제방법으로 활용하고 있는데, 지속적인 약제사용에 의한 노력과 경비가 많이 들 뿐만 아니라(Lee et al., 2001) 동일 품목의 농약을 연속적으로 사용하면 약제저항성 등을 유발하여 약효가 저하되기도 한다(Asari and Nakazawa, 1994). 흰가루병은 적기에 방제를 하면 피해를 미치지 않을 정도로 약제효과가 좋은 편이나 방제적기를 놓치면 약효가 저조하여 수량 감소 등 피해가 증가한다. 시설에서 재배되는 고추(*Capsicum annuum*)에서 흰가루병이 발생하였을 때 적기 방제를 하지 않으면 70% 이상 발생이 증가하고 과중, 과경, 주당 숙과수를 감소시켜 결국 수량을 감소시키는 결과를 초래한다(Kim et al., 2015).

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

따라서 시설 가지에 발생하는 흰가루병을 효율적으로 방제하기 위해서는 적기에 살포하여야 하므로 이를 위한 방제 적기 설정이 필요하다. 그러나 가지 흰가루병에 대한 방제 적기 연구는 미흡한 실정이므로, 농약사용을 최소화하면서 친환경적으로 가지를 생산할 수 있는 대책이 요구되고 있다. 그러므로 가지 흰가루병의 피해를 최소화하여 농가소득을 향상시킬 수 있는 경제적 방제 수준을 설정하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 시험포장

가지 흰가루병의 발병정도 및 수량변화를 조사하기 위하여 전라북도 농업기술원(익산) 시설하우스 포장에서 시험을 실시하였다. 가지는 정지작업 후 90일 육묘된 흑미(축양) 품종을 재식거리 75×45 cm 간격으로 농촌진흥청 표준재배법(Rural Development Administration, 2002) 따라 5월 상순에 정식하여 9월 하순까지 재배하였다.

흰가루병 초기발병 처리수준

흰가루병의 발생수준은 자연발생된 포장에서 발병정도에 따라 8수준(병반면적률 기준, 병반면적률 = 병든 잎의 면적 합/조사된 전체 잎의 면적의 합*100%)으로 조절하였으며 시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 처리하였다. 병발생수준은 각 주당 병반면적률을 조사하여 8수준으로 구분하고 각 수준의 0.1-2%의 범위에서 평균값으로 나타냈다. 단 10% 이하의 수준에서는 가장 근사치에 해당하는 포기를 대상으로 평균값을 구하여 수준을 선정하였다. 시험포장의 각 처리구의 면적은 10 m²로 15주씩 구획하였다. 초기발병수준은 자연발생된 상태에서 수준별로 구분하였으며 흰가루병 발생정도는 방제구는 병반면적률 0, 4.9, 8.3, 13.0, 17.4, 21.8, 26.5, 33.5%로 무방제구는 0, 5.5, 8.2, 12.3, 16.7, 21.7, 27.2, 31.1%의 8수준으로 구분하여 구획하였다. 방제구는 초기발병수준 조절 후 아족시스트로빈 액상수화제 등 적용약제를 발병 초부터 7일 간격으로 3회 살포하여 발병수준을 조절하였다. 시험은 5월 상순에 정식하여 9월 하순까지 수행하였다.

과실특성 및 수량조사

가지 흰가루병 발병정도가 열매의 특성 및 수량의 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하기 위하여 각 처리구에서 수확된 과실의 전수를 대상으로 숙과중, 상품성 있는 수확과수, 수량을 조사하였다. 수확된 과실의 조사는 수확할 때마다 시험구 당 수확된 전수를 대상으로 조사하여 조사과수에 대한 평균을 구하였다. 또한 시험구 당 전체수확과수, 수량, 상품과율을 조사하였다. 조사방법은 농촌진흥청 표준 조

사방법에 준하였다(Rural Development Administration, 2003).

흰가루병 발생정도 조사

초기발병수준별 흰가루병 발생정도 조사는 초기발병수준 구획 후 20일 간격으로 발생소장을 조사하였으며 조사방법은 농촌진흥청 병해충 조사기준(Rural Development Administration, 2003)을 참고로 하여 각 처리구의 전수 잎의 병반면적을 조사하여 병반면적률을 계산하였다.

방제수준 설정

흰가루병 발생정도에 따른 수량은 SAS 프로그램으로 분산분석(ANOVA)을 실시하여 Duncan의 다중검정방법으로 유의성을 검정하였으며 이들 초기와 후기의 발병수준과 상호요인 간의 상관을 구한 다음 병반면적률과 상관이 높은 요인들에 대하여 회귀분석법을 이용하여 회귀식을 구하였다. 회귀식은 병반면적률을 독립변수(X)로 하고 수량을 종속변수(Y)로 하여 단순직선회귀식을 구하였으며 Fisher test로 회귀모델의 유의성을 검정하고 결정계수(R²)를 구하였다. 도출된 회귀식을 통하여 수량손실 20% 손실을 허용한 범위의 경제적 개념을 고려하여 방제적기를 설정하였다(Kim et al., 2006; National Academy of Agricultural Science, 2003). 흰가루병 경제적 피해수준 수식은 Pedigo (1986)가 제시한 식을 이용하여 경제적 방제수준을 도출하였다. 조사된 데이터는 결과에 대한 이해를 돕고 농가에서 쉽게 활용이 가능하도록 국내에서 밭 단위로 사용되는 10a를 기준으로 환산하여 표기하였다.

결과 및 고찰

초기 발병수준에 따른 가지 흰가루병 발생정도

초기발병수준에 따라 시험구를 구획한 후 20일, 40일, 60일이 경과함에 따라 흰가루병의 발생이 점차 증가하였으나 초기발병수준 조절 후 7일 간격으로 3회 방제를 실시한 시험구가 방제하지 않은 무방제구에 비해 후기발병정도가 낮고 진전속도도 완만하였다. 또한 초기발병수준이 높을수록 병발생 진전 속도가 빨랐고 후기 병발생 정도가 심하였다. 초기발병수준은 착과되어 열매가 성숙하면서 급격히 증가하는 것으로 조사되어 7월 중순경에 조절하였으며 방제시작시기에 따라 병발생 정도가 다른 것으로 조사되었다. 초기 병반면적률 8.3% 이하에서 방제를 시작한 경우 60일 이후에 발병진전도가 완만하여 10.1% 이하의 발병을 보인 반면 무방제구는 40.2-50.9%의 발병을 보여 방제여부에 따라 후기 발병이 차이가 큰 것으로 조사되었다. 그러나 발병이 21.8% 이상 진행된 후 방제를 시작하는 경우에는 이후 주기적으로 방제를 하더라도 36.3-53.8% 발병을 하였고, 무방제구는 70.6% 이상으로 발병하여 적기 방제가 필요한 것으로 판단

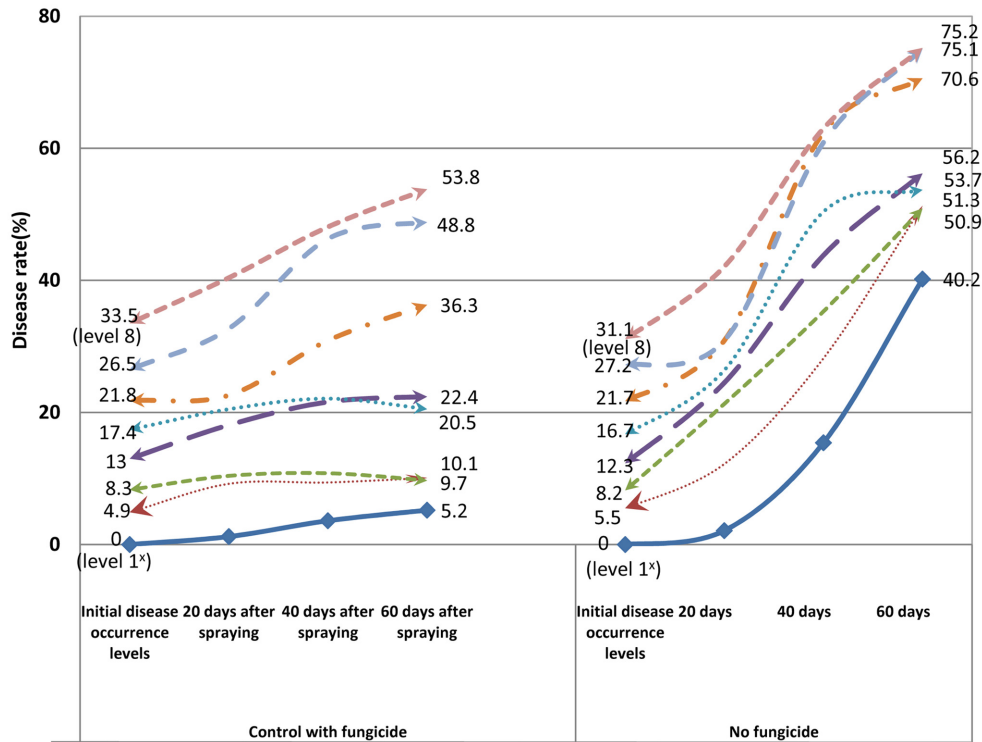


Fig. 1. Occurrence pattern of powdery mildew on eggplant after the initial disease occurrence level adjustment. *Level 1 : initial diseased leaf area levels of powdery mildew on eggplant.

되었다(Fig. 1). 이 등(2012)은 자두나무(*Prunus salicina*)에 살균제를 살포하지 않는 과수원에서는 흰가루병 발생에 의한 피해가 발생하였으나 방제를 하고 있는 과원에서는 병발생이 되지 않았으므로 방제여부에 따라 병발생정도가 달라지는 결과를 얻을 수 있었다. 또한 남 등(2005)은 흰가루병이 30% 이상 발병하여 딸기(*Fragaria ananassa*) 생산에 막대한 피해를 초래하는데 적기에 방제를 하는 경우 병 발생률이 3.5%로 감소하여 무방제구에 비해 발생이 감소하는 것으로 보고된 결과와 마찬가지로 본 연구에서도 방제여부에 따라 병발생의 차이를 보인 것으로 판단된다.

초기발병수준과 후기발생정도에 따른 과실 특성과 수량변화

가지 흰가루병의 발병수준별로 조절된 처리구별 숙과중을 조사한 결과 초기발병수준이 증가함에 따라 숙과중과 과중은 약간 감소하는 경향을 보였으며, 수량은 초기발병수준이 증가할수록 감소하였다. 방제구의 경우 초기발병수준이 13% 이하인 시험구에서는 수량의 차이가 없었으나 17.4% 이상일 때 수량이 감소하기 시작하는 것으로 조사되었다. 초기발병수준 26.5%와 33.5% 시험구에서는 수량이 현저히 감소하는 것으로 조사되었다(Fig. 2). 무방제 시험구의 대부분은 초기발병수준에 비해 후기에 발병이 급격히 증가하였으며, 초기발병수준 8.2%에서 수량감소가 시작되기 시작하여 초기발병수준 16.7% 이상에서는 현저히 감소하는 것으로

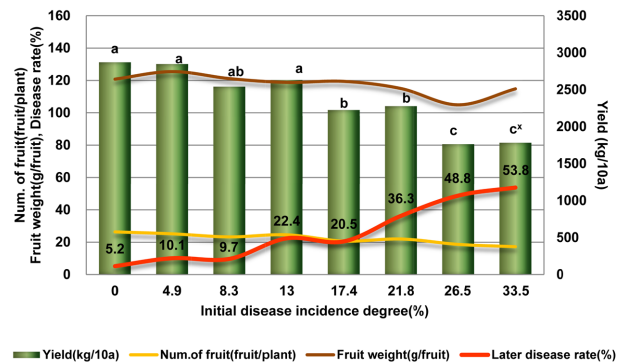


Fig. 2. Fruit weight, number of fruit and yield with initial diseased leaf area degree of powdery mildew of eggplant with sprayed fungicide in the greenhouse. *The same letters over the bars indicated not significantly difference among the means (Duncan's multiple range test, $P < 0.05$).

조사되었다(Fig. 3). 김 등(2012)은 흰가루병 발생이 심한 품종은 과실의 수량과 크기가 감소하였으며 발병이 적은 경우보다 발병이 심한 경우에 더욱 뚜렷하게 나타나는 것으로 보고한 바 있다. 흰가루병은 주로 잎에 발생하기 때문에 잎에 나타난 병반이 확대되어 조기 낙엽되거나 식물 세력이 약화되어 광합성과 수량감소를 초래하고(Lee et al., 2001) 광합성과 호흡 저해로 동화작용과 증산작용을 감소시켜 생육과 품질을 저하시키기도 한다(Edward and Allen, 1965; Magyarosy, 1976). 따라서 가지 흰가루병의 초기발병수준

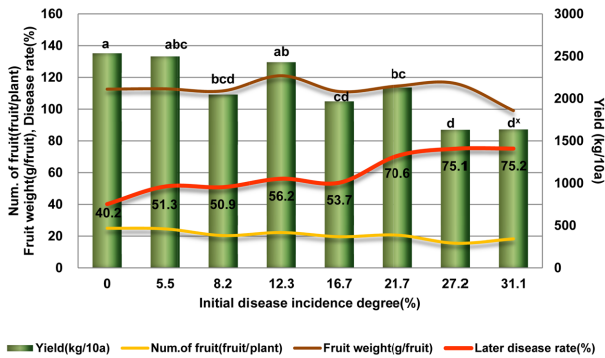


Fig. 3. Fruit weight, number of fruit and yield with initial diseased leaf area degree of powdery mildew of eggplant with no sprayed fungicide in the greenhouse. *The same letters over the bars indicated not significantly difference among the means (Duncan’s multiple range test, $P < 0.05$).

16.7-17.4% 이상 수준부터는 가지의 정상 생육에 영향을 미쳐 병발생이 증가할수록 수량이 감소한 것으로 판단된다.

초기발병수준별 발병과율과 과중, 수확과수 등 각 요인과의 상관과 수량변화 관계

초기발병수준별로 조사된 요인들 간의 상관관계는 초기발병수준과 초기발병수준 조절 후 60일이 경과한 뒤의 후기발생률은 방제구, 무방제구 각각 $r = 0.97^{**}$, $r = 0.97^{**}$ 로 0.01% 수준에서 고도의 유의한 상관관계가 있었으며 방제구의 수량, 주당수확과수, 과중은 초기발병수준과 $r = -0.913^*$, $r = -0.909^*$, $r = -0.745^*$ 으로 0.05% 수준에서 유의한 부의 상관관계가 있었다. 또한 후기 발생정도와의 상관도 $r = -0.880^*$, $r = -0.869^*$, $r = -0.736^*$ 으로 0.05% 수준에서 유의한 부의 상관관계가 있었다(Table 1). 무방제구의 수량, 주당수확과수는 초기발병수준과 $r = -0.858^*$, $r = -0.843^*$ 으로 0.05% 수

에서 유의한 부의 상관관계가 있었으나 과중은 $r = -0.398^{ns}$ 으로 유의적인 상관관계가 인정되지 않았다. 또한 후기 발생 정도와의 상관도 $r = -0.769^*$, $r = -0.780^*$ 으로 0.05% 수준에서 유의한 부의 상관관계가 있었으나 과중은, $r = -0.268^{ns}$ 으로 상관관계가 없는 것으로 조사되었다(Table 1). 강 등(2014)의 보고에 의하면 수박(*Citrullus vulgaris*)은 전 생육기간 동안 주당 한 개의 상품과를 생산하고 있어 모든 잎이 수량과 품질에 결정적인 영향을 미칠 수 있음을 제시하였고, 김 등(2015)은 고추 흰가루병이 발생하면 전체적인 수량이 감소하는 것으로 보고한 바 있다. Deep과 Moly (2002)는 녹두(*Phaseolus radiatus*)에 흰가루병이 발생하면 수량을 구성하는 수확과수, 무게 등에 영향을 미쳐 수량을 감소시키는 결과를 얻은 것과 일치하는 결과로 가지 흰가루병의 발생과 수량이 부의 상관관계를 나타낸 것으로 판단된다.

각 요인간의 상관관계를 분석한 결과는 가지 흰가루병의 발병이 증가할수록 수량을 감소시키는 결과를 초래하는 것으로 판단할 수 있으므로 상관분석 결과를 이용하여 가지 흰가루병 발생정도가 수량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 병반면적률을 독립변수(X)로 하고 수확과수, 주당 수확과수와 수량을 각각의 종속변수(Y)로 하여 단순직선회귀식을 구하였다. 그 결과 구획된 초기발병수준에 방제를 시작한 방제구는 $Y = -0.4X + 123.9$, $R^2 = 0.56$, $Y = -0.27X + 26.5$, $R^2 = 0.9$, $Y = -36.5X + 2938.5$, $R^2 = 0.91$ 회귀식을 얻었다(Table 1). 초기발병수준과 후기발생정도를 회귀분석한 결과 초기발병수준이 증가할수록 후기 발생정도도 증가하여 방제구, 무방제구 각각 $Y = 1.58X + 1.03$, $R^2 = 0.92$, $Y = 1.14X + 41.58$, $R^2 = 0.92$ 회귀식을 얻을 수 있었고, 초기발병수준과 후기발생 정도에 따른 수량을 회귀분석한 결과 초기발병수준이나 후기발생정도가 증가할수록 수량은 감소하여 방제구는 $Y = -36.5X + 2938.5$, $R^2 = 0.91$, $Y = -20.38X + 2868.8$, $R^2 = 0.78$

Table 1. Correlation and regression of the change in yield, number of fruit and fruit weight according to the rate of diseased leaf area levels

	Disease rate (%)	Yield (kg/10a)	Number of fruit (no./plant)	Fruit weight (g/fruit)	
Control with fungicide	Initial Diseased leaf area rate (%)	0.970** $R^2 = 0.92$ $Y = 1.58X + 1.03$	-0.913* $R^2 = 0.91$ $Y = -36.5X + 2938.5$	-0.909* $R^2 = 0.90$ $Y = -0.27X + 26.5$	-0.745* $R^2 = 0.56$ $Y = -0.4X + 123.9$
	Later diseased leaf area rate (%)		-0.880* $R^2 = 0.78$ $Y = -20.38X + 2868.8$	-0.869* $R^2 = 0.76$ $Y = -0.15X + 26.04$	-0.736* $R^2 = 0.54$ $Y = -0.238X + 123$
	Initial Diseased leaf area rate (%)	0.970** $R^2 = 0.92$ $Y = 1.14X + 41.58$	-0.858* $R^2 = 0.73$ $Y = -29.57X + 2574.4$	-0.843* $R^2 = 0.71$ $Y = -0.25X + 24.8$	-0.398 ^{ns} $R^2 = 0.15$ $Y = -0.2X + 114.9$
	Later diseased leaf area rate (%)		-0.769* $R^2 = 0.59$ $Y = -22.2X + 3436.2$	-0.780* $R^2 = 0.61$ $Y = -0.199X + 32.8$	-0.268 ^{ns} $R^2 = 0.07$ $Y = -0.115X + 118.7$

Table 2. Economic injury level of powdery mildew on eggplant

Control cost (won/10a)	Price (won/kg)	Gain threshold (GT)(kg/10a) =control cost/price	Economic injury level (EIL)(kg/10a) =GT/a (coefficient of damage)	Economic threshold (ET)(%) =EIL(GT/a) × 0.8
117,430	5,044	23.3	18.3	14.7

회귀식을 얻을 수 있었으며, 무방제구의 경우 $Y = -29.57X + 2574.4$, $R^2 = 0.73$, $Y = -22.2X + 3436.2$, $R^2 = 0.59$ 회귀식을 얻을 수 있었다(Table 1). 얻어진 직선 회귀식에 의하면 가지 흰가루병 병반면적률이 증가할수록 수량이 감소하는 것을 설명할 수 있는 것으로 판단된다.

가지 흰가루병 방제 수준 설정

초기 병반면적률 처리수준에 따른 수량을 분석해서 얻어진 회귀식을 활용하여 경제적 피해수준을 설정하였다. 경제적 피해수준은 단위면적당, 단위작물당 또는 단위샘플당 병반면적률을 말하는 것으로(National academy of agricultural science, 2003) 가지 흰가루병에 이러한 개념을 도입하여 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 이러한 자료를 근거로 하여 방제비용과 시장가격은 2008 농축산물소득자료(Rural development administration, 2009)를 근거로 하여 산출하여 면적당 방제비용 동가수량을 조사한 결과 면적당 방제비용 동가수량은 23.3 kg/10a로 산출되었다. 따라서 경제적 피해수준을 산출하기 위하여 병반면적률 증가에 따른 수량 손실률을 회귀분석한 결과 방제구의 경우 $Y = 1.27X - 2.4$, $R^2 = 0.88$ 로 얻어진 회귀식(Fig. 4)을 통해 면적당 방제비용 동가수량을 피해계수로 나누면 18.3 kg/10a의 경제적 피해를 일으킬 수 있는 최저 수준의 병반면적률인 경제적 피해수준이 설정되었다. 그러므로 경제적 방제수준은 경제적 피해수준의 80%일 때이므로(Rural development administration, 2003) 경제적 방제수준은 14.7%로 설정 되었다(Table 2). 김 등(2015)은 고추 흰가루병은 병반면적률 3.8-6.2% 일 때를 경제적 방제수준으로 설정하였는데 이는 가지의 잎이 고추보다 크고 잎 두께가 두꺼워 흰가루병 발생에 덜 민감한 것으로 판단된다. 오이(*Cucumis sativus*)의 경우도 잎이 넓은 작물인데 Verhaar 등(1993)은 흰가루병 병반면적률이 20% 일 때 경제적 손실이 시작되는 것으로 보고하였고 김 등(2006)은 17.6%일 때부터 경제적 손실이 시작되는 것으로 보고한 바 있어 작물의 종류에 따라 흰가루병의 경제적 손실이 시작되는 발병률이 달라지는 것으로 판단된다. 뿐만 아니라 작물과 발생 병해의 종류에 따라 경제적 손실을 초래하는 병발생 정도가 달라서 고추 탄저병의 경우 0.9%가 경제적 방제수준으로 설정된 바 있다(Kim et al., 2015). 이상의 결과에 의하면 시설가지 흰가루병을 방제하기 위해서는 재배포장의 가지 잎의 병반면적률이 14.7% 이하에서 방제를 시작해야 한다. 흰가루병은 발생초기에 적용약제를 이용하여 방제하면 효과가 우수하여 수량에 영향을 적게 미치

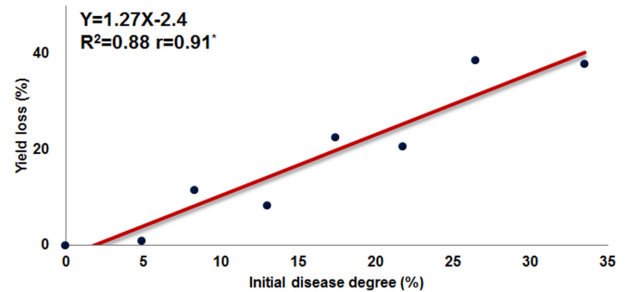


Fig. 4. Relationship between diseased leaf area degree of powdery mildew on eggplant and yield loss in greenhouse.

나 병발생이 진행된 다음 방제를 시작하게 되면 방제효과가 낮아 낙엽이 심해지므로 수량감소를 초래하게 된다. 따라서 가지 흰가루병을 적기에 방제하면 방제횟수가 줄어들어 농약오남용에 의한 환경오염을 방지할 수 있고, 농약의 연속적 사용으로 인한 약제저항성균 출현 등의 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 어젠다 사업(과제번호 PJ006875) 지원에 의해서 수행되었습니다.

Literature Cited

Asari, H. H. and Nakazawa, Y. (1994) Current status in sensitivity of *Sphaerotheca fuliginea* to DMIs in Kanto-Tosan District, Japan. Proceedings of the Kanto Tosan Plant Protection 69-75.

Chang, S. W., S. K. Kim and H. D. Kim (2001) Chemical control of powdery mildew of sweet pumpkin in Korea. Res. Plant Dis. 7(1):31-36.

Deep, R. S. and Moly, S. (2002) Influence of fungicidal spray on powdery mildew epidemics and major yield attributing characters of mung bean. Plant Pathol. J. 18(2):68-73.

Edwards, H. H. and Allen, P. J. (1965) Distribution of the products of photosynthesis between powdery mildew and barely. Plant Physiol. 41:683-688.

Kang, H. J., Y. S. Kim, B. T. Han, T. I. Kim, J. W. Noh, Y. G. Kim and H. D. Shin (2014) Alternative fungicide spraying for the control of powdery mildew caused by *Sphaerotheca fusca* on greenhouse watermelon (*Citrullus lanatus*). Res. Plant Dis. 20(1):31-36.

- Kang, H. J., Y. S. Kim, T. I. Kim, T. K. Jeong, C. U. Han, S. Y. Nam and I. J. Kim (2015) Suppression of powdery mildew using the water extract of *Xylogone ganodermophthora* and potassium phosphorate solution on watermelon under greenhouse conditions. Res. Plant Dis. 21(4):309-314.
- Kim, J. H., S. S. Cheong, K. K. Lee, J.R. Lim, H. S. Shim and W. H. Lee (2015) Yield loss assessment and determination of control thresholds for powdery mildew of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). Korean J. Pestic. Sci. 19(2):113-118.
- Kim, J. H., S. S. Cheong, K. K. Lee, J.R. Lim, S. W. Choi and W. H. Lee (2015) Yield loss assessment and determination of control thresholds for anthracnose on red pepper. Res. Plant Dis. 21(1):6-11.
- Kim, J. Y., S. S. Hong, J. K. Lee, K. Y. Park, H. K. Kim and J. W. Kim (2006) Determinants economic threshold for powdery mildew on cucumber. Res. in Plant Dis. 12:231-234.
- Kim, M. J., C. K. Shim, Y. K. Kim, S. J. Hong, J. H. Park, E. J. Han, H. J. Jee, J. H. Kwon and S. C. Kim (2015) Control of powdery mildew by foliar application of a suspension of cheonggukjang. Res. Plant Dis. 21(2):58-66.
- Kim, S. G., N. Y. Ro, O. S. Hur, J. G. Gwag, Y. C. Huh, J. H. Rhee, J. S. Sung, H. G. Jung, T. R. Kwon and H. J. Baek (2014) Evaluation of powdery mildew resistance in *Cucurbita* spp. Korean J. Int. Agri. 26(4):544-549.
- Kim, S. H., J. E. Shin, K. J. Lee, S. J. Xu and B. S. Kim (2012) Evaluation of disease resistance of cucurbit cultivars powdery mildew and root-knot nematode. Res. Plant Dis 18(1):29-34.
- Kim, Y. K., S. J. Hong, C. K. Shin, M. J. Kim, E. J. Choi, M. H. Lee, J. H. Park, E. J. Han, N. H. An and H. J. Jee (2012) Functional analysis of *Bacillus subtilis* isolates and biological control of red pepper powdery mildew using *Bacillus subtilis* R2-1. Res. Plant Dis. 18(3):201-209.
- Kwon, J. H., S. W. Kang, D. J. Cho, and H. K. Kim (1998) Occurrence of powdery mildew on eggplant caused by *Leveillula taurica* Arnaud. Kor. J. Plant Pathol. 14:186-187.
- Lee, J. H., K. S. Han, D. W. Bae, Y. S. Kwon, D. K. Kim, K. Y. Kang and H. K. Kim (2010) Emulsification characters of COY (cooking oil and egg yolk mixture) and mixing application with sulfur wettable powder for enhancing the control efficacies against paprika powdery mildew. Res. Plant Dis. 16(1):74-80.
- Lee, O. H., H. S. Hwang, J. Y. Kim, J. H. Han, Y. S. Yoo and B. S. Kim (2001) Selecting materials resistant to powdery mildew in capsicum pepper. Kor. J. of Horti. Sci. & Tech. 19(1):7-11.
- Lee, S. C., K. S. Han, S. E. Cho, J. H. Park and H. D. Shin (2012) Occurrence of powdery mildew of Japanese plum caused by *Podosphaera tridactyla* in Korea. Res. Plant Dis. 18(1):49-53.
- Lee, S. Y., S. J. Hwang and S. B. Lee (2002) Occurrence of powdery mildew on eggplant in Korea. Res. Plant Dis. 8(3):171-174.
- Lee, S. Y., Y. K. Kim, H. G. Kim and H. D. Shin (2007) New hosts of *Ampelomyces quisqualis* hyperparasite to powdery mildew in Korea. Res. Plant Dis. 13(3):183-190.
- Magyarosy, A. C., Schurmann, P. and Buchanan, B. B. (1976) Effect of powdery mildew infection on photosynthesis by leaves and chloroplasts of sugar beets. Plant Physiol. 57:486-489.
- Nam, M. H., Y. N. Jeon, H. C. Lee, H. D. Lee and H. K. Kang (2012) Comparative analysis between healthy and powdery mildew-infected plants of strawberry cultivar Seolhyang. Res. Plant Dis. 18(2):80-85.
- Nam, M. H., S. K. Jung, C. S. Jang, J. Y. Song and H. G. Kim (2005) Efficacy by application schedule of fungicides before harvest stage for control of strawberry powdery mildew. Res. Plant Dis. 11(1):39-42.
- National Academy of Agricultural Science (2003) Determinant of economic injury level workshop. National Academy of Agricultural Science. Suwon, Korea. 39pp.
- Park, J. C., C. S. Park, M. J. Kim, Y. K. Kim, M. J. Lee, K. H. Park and T. H. Noh (2008) An easy seedling method to screen resistance of powdery mildew of barley and wheat. Res. Plant Dis. 14(3):153-158.
- Pedigo, L. P. (1996) General models of economic thresholds, pp. 41-57. In L.G. Higley and L. P. Pedigo (eds.), Economic thresholds for integrated pest management. University of Nebraska Press, Lincoln.
- Rural Development Administration (2002) Eggplant cultivation method. Rural Development Administration. Suwon, Korea. 261pp.
- Rural Development Administration (2003) Research and survey guideline of agricultural science technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea. 838pp.
- Rural Development Administration (2009) Report on Agricultural and livestock production for agricultural management improvement 2004. Rural Development Administration. Suwon, Korea. 161pp.
- The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of plant diseases in Korea(5th). 853pp.
- Verhaar, M. A. and Hijwegen, T. (1993) Efficient production of phialoconidia of *Verticillium lecanii* for biocontrol of cucumber powdery mildew *Sphaerotheca fuliginea*. Neth. J. Pathol. 99:101-103.
- Yu, J. H., G. J. Choi and H. T. Kim (2008) Effect of foliar uptake of azoxystrobin and kresoxim-methyl on fungicidal activity against cucumber powdery mildew. J. Korean Soc. Biol. Chem. 51(2):108-113.

시설 가지 흰가루병 발생정도에 따른 수량변화와 경제적 방제수준 설정

김주희* · 이기권 · 임주락 · 김 주 · 최인영 · 장수지 · 김진호 · 송영주

전북농업기술원 기후변화대응과

요 약 시설 가지 흰가루병이 수량에 미치는 영향을 조사하여 경제적 방제수준을 설정하고자 시험을 수행하였다. 가지 흰가루병의 발병 정도에 따른 수량의 변화에 대한 분석은 병발생을 8단계 수준으로 구분하여 시험을 실시하였다. 흰가루병 발생수준과 과중과 수확과수는 부의 상관관계를 형성하였으며, 발생이 증가함에 따라 수량이 감소하여 유의한 부의 상관관계가 형성되었다. 시설 가지 흰가루병 발생정도와 수량과의 회귀식은 방제구와 무방제구에서 각각 $Y = -36.5X + 2938.5$ $R^2 = 0.91$ $r = -0.913^*$, $Y = -29.57X + 2574.4$ $R^2 = 0.73$ $r = -0.858^*$ 로 성립되었으며, 시설 가지 흰가루병 발생 정도와 수량 손실률과의 회귀식은 $Y = 1.27X - 2.4$ $R^2 = 0.88$ $r = 0.91^*$ 이 성립되었다. 성립된 회귀식에 대입하여 경제적 방제수준을 설정한 결과 시설 가지 흰가루병 발생 정도가 14.7% 이하 일 때 방제를 시작하면 방제횟수를 절감 하면서 효율적인 방제를 할 수 있다.

색인어 경제적 방제수준, 가지, 흰가루병