과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
중장기 Code		RIMS Code			
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
주요 병해충·잡초 경제적 방제수준 설정 및 피해해석에 관한 연구		작물보호 LS0603	'08～'09	국립농업과학원	심홍식
호박 흰가루병 요방제 수준 설정		〃	'08～'09	환경농업연구과	문윤기
색인용어	호박, 흰가루병, 발병도, 요방제 수준				

ABSTRACT

This study was carried out to establish the economic thresholds for powdery mildew on pumpkin. Powdery mildew on pumpkin was initiated the first July and disease severity was increased untill the first August and thereafter decreased. Adequate Initial control time was estimated around the last ten days of June. To assess the relationship between powdery mildew disease severity and yield, No. of fruit, fruit weight and rate of commodity fruit of pumpkin were analyzed. The whole yields of pumpkin was reduced as the disease severity was increased. Therefore occurrence of powdery mildew had a negative effect on pumpkin yield.

The relationship between powdery mildew disease severity and yield was well described by a linear regression $Y=-10.399X+6607.5$, $R^2=0.97$. Based on the relationship, the Economic injury level(EIL) was estimated to be 21.6% and the Economic threshold(ET) which can cause 5% loss of yield was estimated to be 17.3% rate of infected leaf area per plant. This equation suggests the disease severity of economic threshold is 6.5%, which is 0% reduction point of yield based on yield and economic relations. There existed close negative correlation between rate of infected leaf area and yield. These results suggest that application of fungicide should be needed when 1 or 2 leaves of pumpkin were over 50% rate of infected leaf area by powdery mildew in the growing season.

Keywords : Pumpkin, Powdery mildew, Economic injury level, Economic threshold

1. 연구목표

박과류에 흰가루병을 일으키는 병원균은 세계적으로 *Sphaertheca fuliginea*(Schlechtend. : Fr) Poll.와 *Erysiphe cichoracerum* DC.가 보고되어 있는데(Zitter et al., '96), 국내에서는 주로 *S. fuliginea*에 의한 것임이 보고되어 있다(Shin, '00). 흰가루병은 시설과 노지재배에서 많이 발생하며 주로 잎에 발생하여(차 등, '80) 병반이 형성된 잎이 후에 낙엽으로 진전되면서 초세가 약화되고 수량이 감소한다(이 등, '01).

흰가루병을 방제하는 방법은 매우 다양한데 농약사용(MacGrath, '91, MacGrath, '92, 장 등, '01)과, 중복기생균 등을 이용하거나(Shin and Kyeung, '94, 이 등, '05) 그리고 식물성 오일의 이용(MacGrath and Staniszewska, '96) 및 저항성 품종을 이용(조 등, '04)하는 등의 방법이 있으며 주로 농약에 의해 방제가 가장 많이 이루어지고 있지만 약제의 연용으로 약제 저항성 등을 유발하여 약효가 저하되며, 주기적인 약제 살포로 노력과 비용이 많이 소요된다고 하였다(이 등, '01). 그러나 아직 흰가루병 방제 적정시기 선정의 어려움으로 피해가 증가하고 있는 경향이며, 초기 방제시기를 놓치면 방제효과가 저조하여 과실의 착생과 비대가 불량해져서 수량이 감소하기도 한다(이 등, '01). 연구보고에 의하면 오이 흰가루병은 병반 면적률이 20%일 때 경제적 손실이 시작되며(Verhaar 등, '93), 50%이상일 때 수량이 35% 감소(Beloanger 등, '98)되며, 경제적 피해허용수준은 17.6%로 설정된 바 있다.(김 등, '06). 그러나 호박 흰가루병에 대한 방제적기 연구는 미흡한 실정이어서 호박 흰가루병에 대한 보다 효율적인 방제방법이 시급하며, 최근 친환경적이고 안전한 농산물을 선호하는 소비자의 요구를 충족시키면서 환경을 보전하고, 농업인의 소득 증대를 위하여 호박 흰가루병의 발생소장을 조사하고 초기 방제적기, 경제적 방제수준 등을 설정하고자 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 재료 및 방법

1) 시험재료 및 시험포장

시험은 강원도 춘천의 농업기술원포장에서 2008년, 2009년 2년간 수행하였고 시험재료는 호반애호박 품종을 이용하였으며. 시험포장내에 시설하우스 파이프를 설치하여 그 위에 유인망을 설치하였고, 미리 3월 하순에 온실에서 육묘한 후에 5월 14일에 정식하였는데 이때 시험구는 20㎡/시험구 6처리로 난괴법 3반복으로 하였고 기타 관리는 표준재배법(농촌진흥청, 2001)에 준해 실시하였다.

2) 흰가루병 초기발병 처리수준

흰가루병 발생정도를 조사하기 위하여 병반면적률 5%이하, 6~10, 11~20%, 21~40%, 41%이상, 무처리의 6수준으로 조절하였고 초기발병 수준은 자연발생으로 조절하였다. 초기발병수준 조절 후 테트라코나졸 유탁제 등 적용약제를 발병 초부터 7일 간격으로 살포하여 발병수준을 조절하였다.

3) 과실, 수량 및 특성조사

호박 흰가루병에 의한 호박 과실의 수량 및 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 시험구에서 수확된 과실을 대상으로 과중, 수확과수, 수량, 상품과율을 조사하였다(농촌진흥청, '03).

4) 흰가루병 발생정도 조사

초기발병수준별 조사방법은 농촌진흥청 병해충 조사기준(농촌진흥청, '03)을 참고로 하여 조사 잎에 대한 병반면적을 조사하여 병반 면적률을 판단하였다.

5) 요방제수준 및 경제적 방제 수준 설정

처리별 흰가루병 병반면적률과 수량, 수확과수, 과중, 상품과율 등을 SAS로 통계분석하여 유의성검정을 하였으며 회귀식을 산출하였다. 도출된 회귀식을 통하여 수량이 전혀 감소하지 않는 범위의 요방제수준과 경제적 개념을 고려한 경제적 방제수준을 도출하였다. 흰가루병 경제적 방제수준 수식은 Pedigo 등('96)이 제시한 식을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 흰가루병 발생소장

호박 흰가루병의 발생은 정식 60일경인 7월 상순에 시작되었고 7월 하순~8월 상순에 걸쳐 다발생 하였고, 30℃이상의 고온기인 8월 하순부터는 병 발생이 감소하는 경향을 보였다. 발병수준을 조절한 후 시일이 경과함에 따라 흰가루병 발병은 점차 증가하였고, 발병수준이 높을수록 병 발생 진전 속도가 빨랐다. 호박 흰가루병의 방제적기는 병 발생이 시작하는 6월 중하순으로 생각되었다(Fig 1).

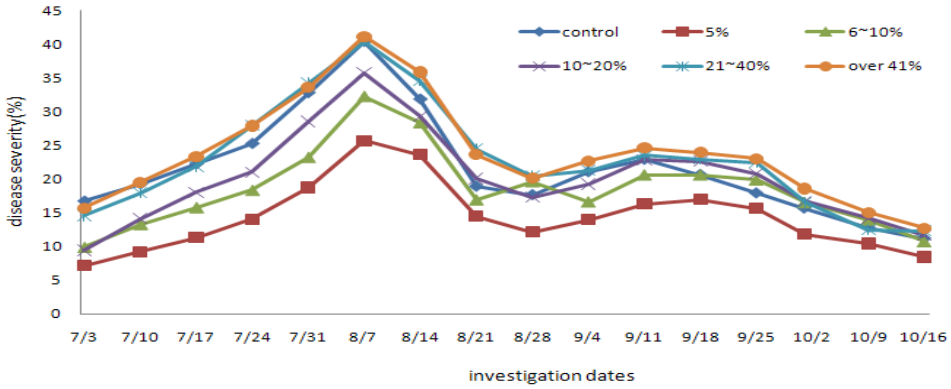

그림 1. 호박 흰가루병 발생소장

2) 호박 흰가루병 발병수준과 과실 특성과 수량과의 관계

호박 흰가루병 발병수준에 따른 수확과실의 특성을 보면 과중, 과수를 조사한 결과, 발병

수준이 증가함에 따라 과수가 감소하는 경향을 보였다(표 1). 발병수준별 수량은 발병도가 증가 할수록 감소하는 경향을 보였다. 이는 흰가루병이 주로 잎에 발생하여 잎에 형성된 병반이 융합되어 후기 낙엽으로 진전되고 초세가 약화되면서 수량이 감소될 뿐 아니라(이 등 '01) 병원균의 균사와 포자가 잎 표면을 하얗게 덮기 때문에 광합성과 호흡을 저해하여 동화작용과 증산작용을 감소시켜 생육과 품질도 저하되며(Weight 등, '90) 따라서 호박 흰가루병의 발생이 증가하면 수량도 감소되는 것으로 판단되었다(그림 2)

표 1. 호박 흰가루병 발병도에 따른 수확과실의 특성

발병도(%)*	수확과수(ea/10a)	과중(g)	상품과율(%)	수량(kg/10a)
5%이하	15,578	419.8	88.6	6,540.2
6~10%	15,561	418.6	88.3	6,514.5
11~20%	15,615	417.3	87.6	6,545.4
21~40%	15,112	417.0	87.9	6,298.2
41%이상	14,876	415.2	87.1	6,173.0
무처리	14,655	415.4	87.6	6,085.3

* 발병도(%) = [(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,

그림 2. 호박 흰가루병 병징, 분생포자(16×19㎛) ,(Bar=18㎛)

3) 호박 흰가루병 병반면적률에 따른 발병도와 과실특성, 수량 등 각 요인과의 상관

발병도별로 조사된 요인들간의 상관관계는 발병도와 수확과수, 과중, 수량사이에 부의 상관이 있었고, 수확과수와 수량은 고도의 정의 상관이었으며, 과중과 상품과율은 정의 상관이었다(표 2). 호박 흰가루병 발병도에 따른 호박 수량 감소의 추정 회귀식은 Y=-10.399X + 6607.5이고, 결정계수는 R^2=0.97이며, 상관계수는 0.98이었다(그림 3).

표 2. 호박 흰가루병 발병도와 각 요인간의 상관분석

	발병도(%)	수확과수(ea/10a)	과중(g)	상품과율(%)	수량(kg/10a)
발병도(%)	1				
수확과수(ea/10a)	-0.9715*	1			
과중(g)	-0.9419*	0.8549*	1		
상품과율(%)	-0.7874*	0.6670ns	0.9398*	1	
수량(kg/10a)	-0.9849*	0.9972**	0.8914*	0.7184*	1

*:유의수준 5%, **: 유의수준 1%, ns: 유의하지 않음

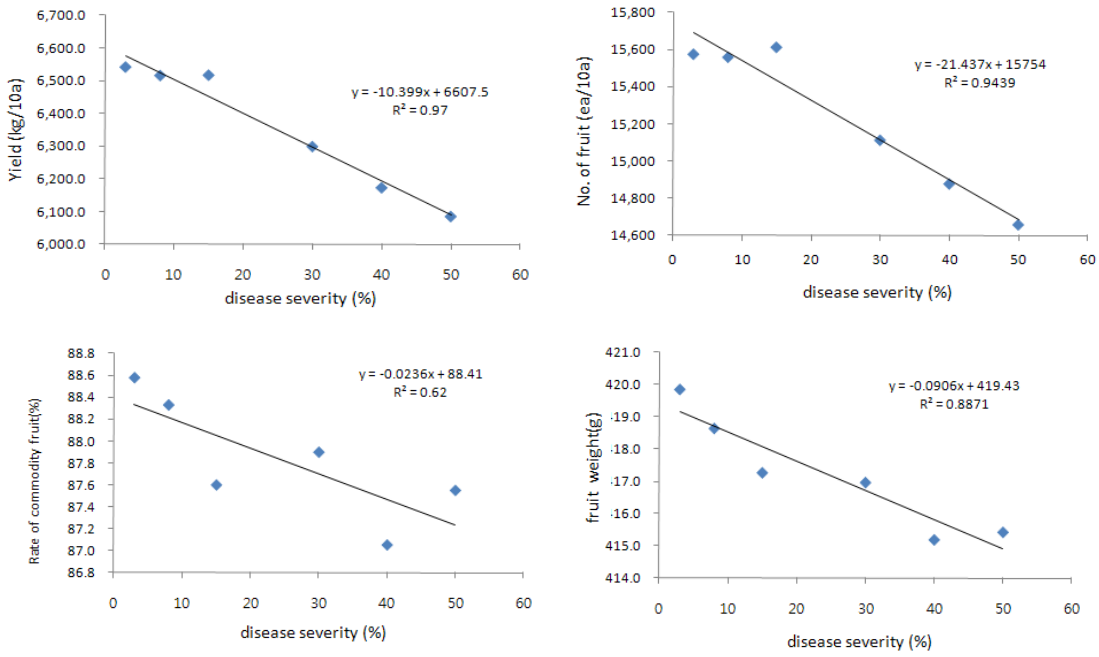

그림 3. 호박 흰가루병 발병도와 수량, 수확과수, 과중, 상품과율과 회귀분석

표 3. 호박 흰가루병 발병도와 각 요인간의 추정 회귀식 적합도 검정

구 분	발병도(%)		
	회귀식	분석(F)	유의한 F
수확과수(ea/10a)	Y= -21.437X+15754	67.29**	0.001
과중(g)	Y= -0.0906X+419.43	31.44**	0.004
상품과율(%)	Y= -0.0224X+88.41	6.52ns	0.063
수량(kg/10a)	Y= -10.399X+6607.5	129.27**	0.0003

4) 경제적피해수준 산정 및 요방제수준 설정

호박 흰가루병에 의해 수량이 감소하지 않는 범위의 요방제 수준은 6.5% 병반면적률이었고, 호박 흰가루병의 경제적 피해수준은 21.6%였으며, 경제적 방제수준은 17.3% 병반면적률로 설정되었다(표 4, 5). 호박 흰가루병으로 수량이 감소하지 않는 요방제 수준은 6.5% 병반면적률로 수량이 감소하지 않는 방제 수준으로 농업인이 방제여부 결정시 10장의 잎을 조사하여 흰가루병이 50%이상 감염된 호박잎이 1장이 되면 방제를 시작해야 하는 것으로 판단된다.

표 4. 호박 흰가루병 발병도와 수량사이의 회귀식과 요방제 수준

구 분	수량과의 관계식	관계식	요방제수준 (수량 0% 감소)
발병도(%)	Y= -10.399X+6607.5 R^2=0.97 r=0.98	Y=10.399X-67.3 R^2=0.97 r=0.98	6.5

표 5. 호박 흰가루병 발병도에 따른 경제적피해수준과 경제적 방제수준

방제비용 (원/10a)	가격 (원/kg)	면적당방제비용동가수량 GT (Grain Threshold) (kg/10a)	경제적 피해수준 (EIL : Economic injury level) (kg/10a)	경제적 방제수준 (ET : Economic threshold) (%) (수량 5% 감소)
205,855	916	=비용/가격	=GT/a(피해계수)	=EIL(GT/a)×0.8
		224.7	224.7/10.399=21.6	21.6×80%=17.3%

* 2008 지역별 농산물 소득자료(농촌진흥청), 경기, 시설호박 단가 916원/kg

* 방제비용(농약=19,800원/10a×7회+노력비(남 6,966원/hr×1hr ×7회 + 대농상각비18,493원))

4. 적 요

1) 호박 흰가루병의 발생은 정식 60일경인 7월 상순에 시작되었고 7월 하순~8월 상순에 많이 발생하였고, 8월 하순부터 병 발생이 감소하는 경향을 보였다.
2) 호박 흰가루병의 방제적기는 병 발생이 시작하는 6월 하순으로 나타났다.
3) 발병수준과 수확과수, 과중, 수량이 부의 상관이 있었고, 수확과수와 수량이 고도의 정의 상관이 있었으며, 과중과 상품과율이 정의 상관이 있었다.
4) 호박 흰가루병 발병수준에 따른 호박 수량 감소의 추정 회귀식은 Y=-10.399X + 6607.5 이고, 결정계수는 R^2=0.97이고, 상관계수는 0.98로 부의 상관이 있었다.
5) 호박 흰가루병에 의해 수량이 감소하지 않는 범위의 요방제 수준은 6.5% 병반면적률이었다.
6) 호박 흰가루병의 경제적 피해수준은 21.6%였으며, 경제적 방제수준은 17.3% 병반면적률로 설정되었다.
7) 호박 흰가루병으로 수량이 감소하지 않는 요방제 수준은 6.5% 병반면적률로 수량이 감소하지 않는 방제 수준으로 농업인이 방제여부 결정시 10잎을 조사하여 흰가루병 병반면적이 50%이상 감염된 호박잎이 1~2장 일 때 방제를 시작해야 하는 시점이다.

5. 인용문헌

농촌진흥청. 2001. 표준영농교본(호박재배)

농촌진흥청. 2008. 2008 지역별농산물 소득자료

조명철, 엄영현, 김대현, 허윤찬, 김정수, 박효근. 2005. 흰가루병 저항성 동양종 호박 품종 육성. 식물병연구 11(2):106-114.

김진영, 홍순성, 이진구, 박경열, 김홍기, 김진원. 2006. 오이 흰가루병의 경제적 피해 허용 수준 설정. 식물병연구 12:231-234.

농업과학기술원. 2003. 경제적 피해수준 설정 workshop. 39pp.

농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사 분석기준

이상엽, 류재당, 김홍기. 2005. *Ampelomyces quisqualis* 94013의 오이 흰가루병균 기생에 영향을 미치는 환경조건과 기주범위. 식물병연구 11(2):167-172.

이용환, 서종분, 최경주, 박인모, 양원모. 2004. 잎절편을 이용한 오이 흰가루병에 대한 내병성 검정법. 식물병연구 10:78-81.

임주락, 최선우, 김주희, 문형철, 이기권, 김대향, 류정, 이상구, 황창연. 2008. 시설 가지에서 점박이응애의 경제적피해수준. 한국응용곤충학회지 47(4):395-400.

조명철, 엄영현, 허윤찬, 김정수, 박효근. 2004. 호박의 흰가루병 저항성, 쓴맛, 과피 경도 및 과형의 유전. 한국육종학회지 36(5):271-275.

장석원, 김성기, 김희동. 2001. 단호박 흰가루병의 약제방제. 식물병 연구 7(1):31-36.

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.

Stone and Pedigo. 1972. Development and economic injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. J. Econ. Entomol. 65:197-201

Zitter, T. A., Hopkins, D. L. and Thomas, C. E. 1996. Compendium of Cucurbit Diseases. APS Press, St. Paul, MN, USA. 87pp

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2009(2년차)	영농활용	○ 호박 흰가루병 요방제 수준

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도	
					'08	'09
책 임 자	환경농업연구과	농업연구사	문윤기	세부과제 총괄	○	○
공동연구자	〃	〃	최준근	조사업무 지원	○	○
〃	〃	〃	김성일	조사업무 지원	○	○
〃	〃	농업연구관	강안석	분석업무 지원	○	○
〃	〃	연구보조원	황미란	생육관리 지원	○	○