

참외 흰가루병에 대한 살균제의 예방 및 치료효과 검정

장태현¹⁾ · 류연주 · 임혜정 · 임수진 · 최미영 · 정병룡 · 김철웅²⁾ · 이용세*

¹⁾상주대학교 식물자원학과, ²⁾한국바스프아그로주식회사, *대구대학교 생명환경대학 생명환경학부
(2006년 1월 18일 접수, 2006년 3월 24일 수리)

Evaluation of Fungicides for Preventive and Curative Effects against Powdery Mildew on Oriental Melon

Tae-Hyun Chang¹⁾, Yeon-Ju Ryu, Hye-Jung Lim, Su-Jin Lim, Mi-Young Choi, Byeong-Ryong Jeong, Cheol-Woong Kim²⁾, and Yong-Se Lee* (¹⁾Department of plant resources, Sangju National University, Sangju, Gyeongbuk 741-711, Korea, ²⁾BASF Company Ltd., Taepyeongno 1-ga, Jung-gu, Seoul, 100-768, Korea, Division of Life and Environmental Sciences, Daegu University, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Korea)

ABSTRACT: Fungicides including keroxym-methyl (strobilurin fungicide), fenarimol and triflumizole (DMI), boscalid (anilide) and metrafenone (benzophenone) were evaluated for preventive and curative efficacies against powdery mildew on oriental melon. The fungicides were applied preventatively at 7 days, 3 days and 3 hours before inoculation. Curative applications were made by applying fungicides three times at the interval of one week when infected leaves by powdery mildew were about 16% or 30%. Then preventative and curative efficacies were evaluated one week after inoculation and final application, respectively. Boscalid and metrafenone showed preventive efficacies of 74.3 and 68.3% against powdery mildew development, respectively, when treated at 7 days before inoculation. They showed 89.4 and 87.2% efficacies when treated at 3 days before inoculation and 98.5 and 93.2% at 3 hours before inoculation, respectively. However, there were no preventive efficacies in kresoxym-methyl, triflumizole and fenarimol (DMI fungicides) when treated at both 7 and 3 days before inoculation. At the preventive treatment 3 hours before inoculation, they indicated 59.0, 42.5, and 37.2% efficacies, respectively. When leaves were infected about 30% by powdery mildew, curative application of boscalid and metrafenone showed 85.9 and 74.0% of efficacies, respectively. Curative efficacies of kresoxym-methyl, triflumizole and fenarimol were 5.5, 23.0 and 46.7%, respectively. When leaves were infected about 16%, curative application of boscalid and metrafenone showed 100 and 97.5% of efficacies, respectively. However, the triflumizole and fenarimol showed relatively low curative efficacies of 30.8 and 51.6%, respectively. Microscopic observation of mycelial growth and conidia formation after detection of powdery mildew disease indicated lysis of mycelium and these lysis suppression of conidia formation showed tendency in accordance with curative efficacies of fungicides.

Key Words: oriental melon, powdery mildew, *Sphaerotheca fuliginea*, keroxym-methyl, fenarimol, triflumizole, boscalid, metrafenone

서 론

참외는 다른 시설원에 작물에 비해 수익성이 높기 때문에 많은 농가에서 주로 시설 재배되고 있다. 참외에 발생하는 주요 병해는 흰가루병, 덩굴마름병, 덩굴쪼김병, 역병, 노균병, 세균성점무늬병, 탄저병, 잘록병 등이 있다. 이들 중 *Sphaerotheca fuliginea*에 의한 흰가루병, *Pseudoperonospora cubensis*에 의

한 노균병, *Didymella bryoniae*에 의한 덩굴마름병, *Phytophthora capsici*에 의한 역병 등은 방제를 필요로 하는 주요 병해로서 병원균이 침입하기 좋은 고온 다습한 조건이 일정기간 지속 되면 다량으로 발생한다¹⁾.

참외 흰가루병균(*Sphaerotheca fuliginea* (Shlechtendahl) Pollacci)은 자낭균문에 속하는 순환물기생균으로서 참외를 비롯한 오이, 호박, 수박 등 박과류 작물에 잘 감염되며, 재배 중 수시로 발병한다. 참외 흰가루병의 발생은 주로 하위엽 부터 시작되어 위쪽으로 진행되며, 초기 병징은 잎과 줄기표면에 밀가루를 뿌려 놓은 듯한 병반이 보이는데, 병세가 더욱 진전되면 잎 전체에 포자가 백색으로 뒤덮힌 후 하엽부터 황

*연락처:

Tel: +82-53-850-6763 Fax: +82-53-850-6769

E-mail: yslee@daegu.ac.kr

변하여 고사한다. 흰가루병은 보통 저온기에는 발생이 적고 고온기에 발생이 많으며, 시설재배에서는 고온건조하며, 환기가 불량하고 잎이 많으며 노화했을 때 많이 발생한다. 이러한 조건에서 발병될 경우 빠른 시간 내에 만연이 되는데, 발병 초기에는 증상이 약해서 분무기에 깨끗한 물을 넣어서 강하게 분무만 해주어도 효과가 있지만, 중기에 접어들면 약제를 살포해야 방제가 가능하며 방제를 소홀히 할 경우 과실을 수확하지 못할 정도로 피해가 큰 병이다.

흰가루병은 전 세계적으로 맥류를 비롯한 여러 작물과 복숭아, 포도 및 사과 등의 과수에도 발생하여 큰 피해를 주는 병해로서 이를 방제하기 위해 1960년대 이전까지는 주로 보호용 살균제가 사용되었다. 그 후 침투성 살균제가 개발되면서 benzimidazole 계인 benomyl 등이 사용되었으나²⁾, 고도의 저항성 진균의 출현이 보고되었다^{3,4)}. 1980년대 이후에는 저약량으로도 방제효과가 높고 적용범위가 넓은 스테롤 생합성 저해제(sterol biosynthesis inhibitors, DMI)가 개발되어 사용되고 있다⁵⁾.

Fenarimol과 triflumizole은 DMI 살균제로서 benzimidazole 살균제 보다 저약량으로도 방제효과가 높기 때문에 저항성 균주의 선발압이 낮은 것으로 알려지면서 1970년대 후반부터 작물 및 과수에 발생하는 병을 방제하기 위해 사용되기 시작하였다⁶⁾. 1980년대에 들어서서 유럽과 미국에서 맥류의 흰가루병을 방제하기 위해 DMI 살균제를 집중적으로 사용한 결과 DMI 살균제에 대한 저항성 균주의 출현 빈도가 높아졌으며, 흰가루병에 대한 방제효과가 저하되었을 뿐만 아니라^{7,9)}, 포도, 사과 및 복숭아 등의 병원균에서도 저항성 균주의 출현이 보고되었다¹⁰⁻¹²⁾.

흰가루병의 방제에 관한 연구는 화학적 방제^{13,14)}, 계면 활성제, 천연화합물 및 미량요소 등의 방제효과¹⁵⁻¹⁸⁾와 길항미생물을 이용한 생물학적 방제^{19,20)} 등이 수행되어 왔으나, 현재 흰가루병의 방제는 살균제 사용에 의한 화학적 방제에 크게 의존하고 있는 실정이다.

국내에서 참외 흰가루병 방제 약제로 등록된 제품은 피리미딘계, 트리아졸계, 아닐라이드계, 스트로빌루린계, 구아니딘계, 퀴나졸린트리아졸계와 혼합계제 등 10여 종이 있으나, 효과적으로 흰가루병을 예방 및 방제할 수 있는 방법이 확립되어 있지 않으며, 참외재배 농가에서는 흰가루병 방제에 어려움을 겪고 있다.

본 실험에서는 현재 국내에서 흰가루병 방제에 많이 사용

되고 있는 strobilurin계인 kresoxym-methyl과 스테롤 생합성 저해 살균제인 fenarimol 및 triflumizole, 그리고 잣빛곰팡이병과 흰가루병 방제용 살균제로 등록되어 사용되고 있는 anilide계인 boscalid와 국내에서 흰가루병 방제용 살균제로 미등록되어 있으나, 유럽에서 흰가루병 방제용 살균제로 사용되고 있는 benzophenon계인 metrafenone의 참외 흰가루병에 대한 예방 및 치료효과를 검증하였다.

재료 및 방법

공시 살균제 및 작물

시험에 공시한 흰가루병 방제용 약제는 Table 1과 같으며, 한국 바스프아그로 (주)로부터 분양 받았다. 참외 품종은 국내 농가에서 가장 많이 재배되고 있는 금싸라기 은천 계통 (*Cucumis melo* var. *makuwa* cv Eunchun)을 사용하였다.

참외 흰가루병균

본 실험에 사용한 흰가루병균(*Sphaerotheca fuliginea*)은 경북 경산시 남산면 소재 시설 참외 재배농가에서 흰가루병이 자연 발생한 잎으로부터 채집하였다. 흰가루병균은 본엽이 6매 정도 자란 건전 참외의 묘에 인위 접종하여 10일 간격의 계대배양을 통하여 증식 및 보존하였다.

살균제 처리

비닐하우스에서 참외 흰가루병에 대한 방제효과를 검증하기 위하여 Table 1과 같이 살균제를 처리하였다. 살균제의 예방적 처리는 흰가루병균 접종 7일, 3일 및 3시간 전에 각각 하였으며, 치료적 처리는 흰가루병이 약 30% 및 16% 정도의 발병율로 발생했을 때부터 1주일 간격으로 3회 하였다. 대조구를 포함한 각 시험구는 완전임의배치법으로 배치 하였으며, 각 처리구당 6주씩 3반복으로 하였다.

참외 재배 및 흰가루병균 접종

대구대학교 부속농장 비닐하우스에서 시험을 수행하였다. 비닐하우스 환경은 일반 농가의 관행 비닐하우스와 동일하게 만들었으며, 포장 습도와 지온 관리를 위해 지상부를 흑색 필름으로 1차 피복 후 백색 필름으로 2차 피복하였다.

Table 1. Fungicides tested for preventive and curative effects against powdery mildew on oriental melon

Treatment	Chemical group	A.I. (%)*	Formulation	Dilution	g a.i./ha
Control					
Kresoxym-methyl	Strobilurin	25	EC	1,000	252
Boscalid	Anilide	50	WG	1,500	333
Metrafenone	Benzophenon	30	SC	1,500	200
Triflumizole	Triazole	30	WP	4,000	75
Fenarimol	Pyrimidine	12.5	EC	3,000	42

*a.i. : active ingredient.

참외 종자를 육묘용 상토를 채운 지름 12 cm 포트에 파종하였고, 파종 후 육묘 온실의 주간온도는 25~30°C, 야간 온도는 18~20°C로 유지하였다. 수분공급은 1일 2~3회 점적관수하여 적정 수분을 유지시켰다. 본엽이 4매인 육묘를 비닐하우스에 재식거리 120×40 cm로 정식 하였으며, 약제 처리와 병해 조사의 편의성을 위해 유인재배 하였다. 참외 흰가루병균의 접종은 병든 잎에서 분생포자를 붓으로 털어 증류수에 10⁶ spore/L 농도로 현탁액을 만들고 계면활성제 Tween-20을 1 ml 혼합한 후 분무기로 살포하여 하였다. 시험은 두동의 비닐 온실과 한동의 유리 온실을 사용하면서 2004년 4월부터 9월 까지 2회에 걸쳐 수행하였다. 참외 육묘는 유리 온실에서 하였으며, 예방효과 및 치료효과 검정은 일반 참외재배 농가와 동일한 조건의 비닐온실에서 수행하였다. 1차 시험은 8월 5일 까지 수행하였으며, 조사가 끝난 후 병든 참외를 완전히 제거한 다음 정지작업을 하고 유리온실에서 육묘한 본엽이 6매 정도 자란 건전 참외묘를 이식하여 2차 시험을 9월 5일 까지 수행하였다. 참외 생육시 발생하는 각종 생리 장애와 해충 방제를 위해 식물 종합영양제(나르젠, 대유)와 살충제(코니도, 미성)를 2~3회 살포하였다.

흰가루병 발생 조사

처리별 흰가루병의 발생 정도는 참외 한 주당 선발된 하

나의 아들가지 중에서 3개의 손자가지를 선발하여 총 잎 수에 대한 발병잎 수의 비율, 이병잎 당 균총 수로 조사하였다. 병 발생 정도는 균 접종 후 1주일 간격으로 조사하였으며, 처리별 흰가루병 발생 억제율은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{억제율(\%)} = \frac{\text{무처리구발병율(\%)} - \text{처리구발병율(\%)}}{\text{무처리구발병율(\%)}} \times 100$$

흰가루병균의 생장 관찰

공시 살균제의 치료적 처리가 참외 흰가루병의 균사 생장 및 분생포자 형성에 미치는 영향을 조사하기 위해 건전 참외에 흰가루병 균의 분생포자를 접종한 다음 5일 후에 공시 살균제를 처리하였다. 살균제 처리 48시간 후에 잎을 채취하여 Wolf와 Fric²¹⁾의 방법으로 염색한 다음 광학현미경으로 균사생장 및 분생포자 형성을 관찰하였다.

결 과

공시 살균제의 참외 흰가루병에 대한 예방효과

공시 약제의 참외 흰가루병에 대한 예방효과를 검정하기 위해 공시 약제를 각각 건전 참외에 분무기를 사용하여 엽면 살포하였다. 약제를 살포한 후 7일, 3일 및 3시간이 경과된

Table 2. Preventive efficacy of foliar applications of some selected fungicides on infection of the powdery mildew in oriental melon leaf measured by infected leaf ratio (%)

Treatment	Exp.	7 days ^{a)}	3 days	3 hours
	I II	27 June 7 Agust	1 July 11 Agust	4 July 14 Agust
Control	I	27.6 ^{b)} ± 13.5 a ^{c)}	24.0 ± 8.4 a	19.4 ± 7.8 a
	II	29.3 ± 10.5 a	31.0 ± 6.6 a	33.6 ± 15.5 a
	Mean	28.4 ± 11.8 a	27.3 ± 8.2 a	26.5 ± 13.4 a
Kresoxym-merhyl	I	25.0 ± 11.6 a (9.4)	22.2 ± 13.3 a (7.5)	9.2 ± 6.8 b (52.6)
	II	25.4 ± 12.2 a (13.3)	22.6 ± 8.9 b (27.1)	12.9 ± 8.3 cd (61.6)
	Mean	25.2 ± 11.4 a (11.3)	22.4 ± 11.1 a (17.9)	11.2 ± 7.8 b (59.0)
Boscalid	I	4.2 ± 3.7 b (84.8)	3.2 ± 2.3 b (86.7)	0.6 ± 0.6 c (96.9)
	II	10.9 ± 4.4 b (62.8)	2.5 ± 2.6 c (91.9)	0.2 ± 0.3 e (99.4)
	Mean	7.3 ± 5.3 b (74.3)	2.9 ± 2.5 b (89.4)	0.4 ± 0.6 c (98.5)
Metrafenone	I	5.7 ± 5.3 b (79.3)	3.4 ± 2.0 b (85.8)	1.2 ± 1.4 c (93.8)
	II	13.5 ± 7.1 b (53.9)	3.5 ± 2.8 c (88.7)	2.6 ± 4.5 de (92.3)
	Mean	9.0 ± 7.2 b (68.3)	3.5 ± 2.3 b (87.2)	1.8 ± 3.2 c (93.2)
Triflumizole	I	29.9 ± 5.2 a (0.0)	26.3 ± 9.8 a (0.0)	10.1 ± 7.6 b (47.9)
	II	28.4 ± 11.7 a (3.7)	27.4 ± 6.0 ab (11.6)	20.4 ± 14.5 bc (39.3)
	Mean	29.2 ± 8.5 a (4.2)	26.9 ± 8.0 a (1.4)	15.3 ± 13.5 b (42.5)
Fenarimol	I	27.3 ± 15.8 a (1.1)	23.6 ± 8.5 a (1.7)	7.9 ± 8.3 b (59.3)
	II	27.1 ± 10.0 a (7.5)	25.7 ± 9.6 ab (17.1)	26.6 ± 13.2 ab (20.8)
	Mean	27.2 ± 8.6 a (4.2)	24.8 ± 8.8 a (9.2)	16.7 ± 11.2 b (37.2)

Experiment I; *Sphaerotheca fuliginea* was inoculated at 4 July and assessed 11 July.

Experiment II; *S. fuliginea* was inoculated at 14 August and assessed 21 August.

^{a)}Time of foliar application of various fungicides. Various fungicides were applied on plants leaves prior inoculation with *S. fuliginea*. Check plants were treated with water.

^{b)}Data are mean±standard deviation and data in parenthesis are % suppression.

^{c)}Means within columns followed by different letters are significantly (p=0.05) different according to Duncan's Multiple Range Test.

참외에 흰가루병균을 접종하고 7일 후(1차 시험, 7월 11일; 2차 시험, 8월 21일) 조사한 각 처리구별 발병엽율은 Table 2와 같다. 물을 처리한 대조구에서는 접종 약 5일 후부터 균총이 관찰되기 시작하였으며, 접종 7일 후, 1차 시험에서는 평균 23.7%, 2차 시험에서는 31.3%의 발병엽율을 보였다.

Boscalid과 metrafenone은 접종 7일 전 처리한 시험구의 경우 각각 7.3% 및 9.0%의 이병엽율을 보여 28.4%의 이병엽율을 보인 대조구와 비교해 74.3% 및 68.3%의 흰가루병 발생에 대한 예방효과를 보였다. 접종 3일 전 처리에서는 각각 2.9% 및 3.5%의 이병엽율을 보여 89.4%와 87.2%의 예방효과를 보였으며, 접종 3시간 전 처리에서는 각각 0.4% 및 1.8%의 이병엽율을 보여 98.5% 및 93.2%의 높은 예방효과를 보였다.

Strobilurin계인 kresoxym-methyl과 DMI 살균제인 triflumizole 및 fenarimol은 접종 7일 전과 3일 전 처리에서는 예방효과가 없었다. 접종 3일 전 처리에서도 각각 22.4%, 26.9% 및 24.8%의 이병엽율을 보여 27.3%의 이병엽율을 보인 대조구와 비교하였을 때 17.9%, 1.4% 및 9.2%의 병발생 억제효과가 있었으나, 대조구와 통계적인 유의성(0.05%)이 있는 차이가 없었다. 그러나 접종 3시간 전 처리에서는 각각

10.9%, 15.3% 및 16.7%의 이병엽율을 보여 59.0%, 42.5% 및 37.2%의 예방효과가 있었다.

공시 약제를 처리한 다음 3시간 후에 흰가루병균을 접종하고 1주일 후에 발병엽율을 조사하여 흰가루병 발생에 대한 예방효과를 검증한 참외에 동일한 약제를 7일 간격으로 처리하면서 병 진전을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 약제 처리 7일 후(7월 18일, 8월 28일) 조사한 결과 무처리 대조구와 비교하여 boscalid와 metrafenone 처리구의 이병엽율은 각각 0.3% 및 1.9%의 이병엽율을 보여 계속 90% 이상 병 발생이 억제되었으며, 처리 간 통계적인 유의차(0.05%)는 없는 것으로 나타났다. Kresoxym-methyl은 1차 시험에서 29.6%의 이병엽율을 보여 32.5%의 이병엽율을 보인 대조구와 비교하여 효과가 없는 것으로 나타났으나, 2차 시험에서는 12.7%의 이병엽율을 보여 44.1%의 이병엽율을 보인 대조구와 비교하여 71.2% 병 발생이 억제된 것으로 관찰되었다. 예방효과가 낮았던 triflumizole과 fenarimol 처리구에서는 1, 2차 시험에서 모두 대조구에 비하여 19.2~35.1%의 병 발생 억제효과를 보였으나, 7월 11일 및 8월 21일에 조사한 이병엽율에 비하여 다소 높은 이병엽율을 보여 약제 처리의 효과가 미약한 것으로 나타났다.

Table 3. Efficacy of foliar applications of some selected fungicides on powdery mildew in oriental melon leaf measured by infected leaf ratio (%)

Treatment	Exp.	Infected leaf ratio (%) ^{a)}		
		11 July 21 August	18 July 28 August	25 July 4 September
Control	I	19.4 ± 7.8 a ^{b)}	32.5±11.1 a	44.6±15.0 a
	II	33.6 ± 15.5 a	44.1± 5.2 a	57.7±15.8 a
	Mean	26.5 ± 13.4 a	38.6± 9.9 a	51.7±15.7 a
Kresoxym-merhyl	I	9.2 ± 6.8 b (52.6)	29.6±16.6 a (8.9)	40.8±23.8 a (8.5)
	II	12.9 ± 8.3 cd (61.6)	12.7±10.2 c (71.2)	25.3±13.2 c (56.2)
	Mean	11.2 ± 7.8 b (59.0)	20.5±15.6 b (46.9)	32.5±19.7 b (37.1)
Boscalid	I	0.6 ± 0.6 c (96.9)	0.7± 0.7 b (97.8)	0.6± 0.6 b (98.7)
	II	0.2 ± 0.3 e (99.4)	0.0± 0.0 d (100.0)	0.0± 0.0 d (100.0)
	Mean	0.4 ± 0.6 c (98.5)	0.3± 0.6 c (99.2)	0.3± 0.5 c (99.4)
Metrafenone	I	1.2 ± 1.4 c (93.8)	1.9± 2.0 b (94.2)	1.4± 1.6 b (96.9)
	II	2.6 ± 4.5 de (92.3)	2.4± 4.2 d (94.6)	1.6± 2.7 d (97.2)
	Mean	1.8 ± 3.2 c (93.2)	2.2± 3.2 c (94.3)	1.5± 2.2 c (97.1)
Triflumizole	I	10.1 ± 7.6 b (47.9)	19.2± 9.8 a (40.9)	30.9±17.4 a (30.7)
	II	20.4 ± 14.5 bc (39.3)	30.1±14.1 b (31.7)	37.6±14.6 bc (34.8)
	Mean	15.3 ± 13.5 b (42.5)	25.0±13.1 b (35.2)	34.5±15.6 b (33.3)
Fenarimol	I	7.9 ± 8.3 b (59.3)	22.8±14.4 a (29.8)	28.3±21.5 a (36.5)
	II	26.6 ± 13.2 ab (20.8)	35.1±10.3 ab (20.4)	39.8±14.5 b (31.0)
	Mean	16.7 ± 11.2 b (37.2)	29.4±13.4 b (23.8)	34.5±18.2 b (33.3)

Experiment I; *Sphaerotheca fuliginea* was inoculated at 4 July and various fungicides were applied on plants leaves 4 July, 11 July and 18 July. Powdery mildew infected leaf was assessed 11 July, 18 July and 25 July.

Experiment II; *S. fuliginea* was inoculated at 14 August and various fungicides were applied on plants leaves 14 August, 21 August and 28 August. Powdery mildew infected leaf was assessed 21 August, 28 August and 4 September.

^{a)}Data are mean±standard deviation and data in parenthesis are % suppression.

^{b)}Means within columns followed by different letters are significantly (p=0.05) different according to Duncan's Multiple Range Test.

공시 약제를 다시 동일하게 처리한 다음 1주일 후(7월 25일, 9월 4일)에 조사한 결과에서도 유사한 경향을 보였다. Kresoxym-methyl은 1차 시험에서는 40.8%의 이병엽율을 보여 대조구에 비해 효과가 없는 것으로 나타났으나, 2차 시험에서는 25.3%의 이병엽율을 보여 56.2% 병발생이 억제된 것으로 관찰되었다. Triflumizole과 fenarimol은 33.3%의 병발생억제 효과를 보여 1차 처리 후 보다는 효과가 있는 것으로 나타났으나, 7월 11일과 8월 21일 및 7월 18일과 8월 28일에 조사한 이병엽율에 비하여 다소 높은 이병엽율을 보여 약제 처리의 효과가 미약한 것으로 나타났다. Boscalid와 metrafenone 처리구의 이병엽율은 각각 0.3% 및 1.5%의 이병엽율을 보여 99.4% 및 97.1% 병 발생이 억제되었으며, 처리간 통계적인 유의차(0.05%)는 없는 것으로 나타났다.

공시약제의 참외 흰가루병에 대한 치료효과

공시 살균제의 참외 흰가루병에 대한 치료효과를 검증하기 위해 건전 참외묘에 참외 흰가루병균의 분생포자 현탁액을 접종한 다음 병이 발생한 7일 후에 각 공시살균제를 7일 간격으로 처리하면서 조사한 결과는 Table 4와 같다. 1차 시험에서는 접종 7일 후 약 30%의 발병엽율을 보였으며, 4주

일 후에 무처리 대조구는 89.9%의 발병엽율을 보였다. 2차 시험에서는 약 16%의 발병엽율을 보였으며, 4주일 후에는 60.5%의 발병엽율을 보였다.

초기 이병엽율이 약 30%에 달했을 때 살균제를 처리한 1차 시험에서는 각 공시 약제 모두 1주일 후에 조사한 결과 이병엽율은 오히려 증가하였으며, 대조구와 비교한 방제가는 boscalid와 metrafenone이 가장 높은 46.6% 및 46.4%로 나타났다. Kresoxym-methyl은 9.9%의 낮은 방제가를 보여 효과가 없는 것으로 나타났다. 2차 처리 1주일 후(7월 19일)에서 kresoxym-methyl, triflumizole 및 fenarimol의 처리구는 오히려 처리전보다 높은 이병엽율을 보여 방제효과가 낮은 것으로 나타났다. 3회 처리 1주일 후(7월 25일) 조사한 결과에서는 각 공시 약제 처리 사이에 뚜렷한 차이를 보였으며, boscalid와 metrafenone은 각각 85.9% 및 74.0%의 방제가를 보였으나, kresoxym-methyl, triflumizole 및 fenarimol은 각각 5.5%, 23.0% 및 46.7%의 방제가를 보였다.

초기 이병엽율이 약 16% 정도였을 때 살균제를 처리한 2차 시험에서도 kresoxym-methyl, triflumizole 및 fenarimol의 방제가가 다른 살균제에 비하여 낮았다. 살균제를 1회 처리 후에 조사한 결과 boscalid와 metrafenone의 처리구에서는

Table 4. Curative efficacy of foliar applications of some selected fungicides on the powdery mildew in oriental melon leaf measured by infected leaf ratio (%)

Treatment	Exp.	Infected leaf ratio (%) ^{a)}			
		I II	5 July 13 August	12 July 20 August	19 July 27 August
Control	I	29.8±13.5 a ^{b)}	70.9±13.6 a	84.7±12.3 a	89.9±12.4 a
	II	16.2± 5.6 a	33.1± 9.9 a	38.2± 9.0 a	60.5±11.2 a
	Mean	22.5±11.9 a	50.5±22.6 a	59.7±26.2 a	74.1±18.9 a
Kresoxym-merhyl	I	28.2±12.3 a	63.9± 8.2 a (9.9)	83.3±11.6 a (1.7)	85.0±25.0 a (5.5)
	II	15.9± 6.7 a	5.4± 5.2 bc (83.7)	5.7± 6.5 c (85.1)	12.3± 5.6 d (79.7)
	Mean	21.6±11.2 a	32.4±31.0 ab (36.0)	41.5±41.2 ab (31.0)	45.8±41.2 b (39.0)
Boscalid	I	29.2±10.4 a	37.9±11.3 b (46.6)	25.9±13.4 c (69.4)	12.7± 5.8 c (85.9)
	II	17.0± 7.9 a	1.4± 2.6 c (95.8)	0.0± 0.0 c (100.0)	0.0± 0.0 e (100.0)
	Mean	22.6±10.8 a	18.2±20.4 b (64.0)	12.0±16.0 d (80.0)	5.8± 7.5 c (93.0)
Metrafenone	I	31.1±15.0 a	38.0±17.0 b (46.4)	31.4±16.9 c (62.9)	24.0±17.6 c (74.0)
	II	17.0± 8.8 a	3.6± 3.2 bc (89.1)	2.7± 2.8 c (92.9)	1.5± 2.7 e (97.5)
	Mean	23.5±13.6 a	19.5±21.1 b (62.0)	15.9±18.5 cd (74.0)	11.9±16.4 c (84.0)
Triflumizole	I	33.8± 8.5 a	44.9± 9.7 b (36.7)	61.9±18.9 b (26.9)	69.2±17.8 a (23.0)
	II	15.9± 6.1 a	11.6±11.5 b (65.0)	16.1± 6.2 b (57.9)	42.0±14.2 b (30.8)
	Mean	24.2±11.6 a	27.0±20.1 b (47.0)	37.3±27.1 bc (38.0)	54.5±20.8 b (27.0)
Fenarimol	I	28.1± 4.7 a	45.4±16.8 b (36.0)	49.0±14.3 b (42.2)	47.9±21.0 b (46.7)
	II	15.5± 7.1 a	24.9± 9.2 a (24.8)	19.6±12.3 b (48.7)	29.3±12.8 c (51.6)
	Mean	21.3± 8.8 a	34.4±16.5 ab (32.0)	33.2±19.8 bc (45.0)	37.8±18.9 b (49.0)

Experiment I; *Sphaerotheca fuliginea* was inoculated at 28 June and various fungicides were applied on plants leaves 5 July, 12 July and 19 July. Powdery mildew infected leaf was assessed 5 July, 12 July, 19 July and 25 July.

Experiment II; *S. fuliginea* was inoculated at 6 August and various fungicides were applied on plants leaves 13 August, 20 August and 27 August. Powdery mildew infected leaf was assessed 13 August, 20 August, 27 August and 3 September.

^{a)}Data are mean±standard deviation and data in parenthesis are % suppression.

^{b)}Means within columns followed by different letters are significantly (p=0.05) different according to Duncan's Multiple Range Test.

각각 95.8% 및 89.1%의 방제가를 보였다. 1차 시험에서는 효과가 없는 것으로 나타났던 kresoxym-methyl의 처리구에서도 83.7%의 방제가를 보여 약제 처리시 발병정도가 방제효과에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 3차 처리 1주일 후에 조사한 결과 boscalid의 처리구는 0%의 이병엽율을 보여 흰가루병이 완전히 방제된 결과를 보였고, BAS 560 처리구에서는 1.5%의 이병엽율을 보여 97.5%의 방제가를 보였다. 그러나 triflumizole 및 fenarimol은 비교적 낮은 30.8% 및 51.6%의 방제가를 보였다.

참외 잎에 감염된 흰가루병 균의 생장

공시약제를 흰가루병이 발생한 다음 처리한 후 발병엽을 염색하여 흰가루병균의 균사생장과 포자형성 등을 관찰한 결과 균사가 용균되는 것을 볼 수 있었으며, 균사의 용균정도와 분생포자형성 억제 정도는 병 방제효과와 일치하는 경향을 보였다.

무처리구의 참외 잎에서는 정상적인 균사의 생장과 분생포자가 다량 형성되는 것을 관찰할 수 있었으나(Fig. 1, D), 치료 효과가 높았던 boscalid와 metrafenone 처리구의 잎에서는 균사가 용균되었으며, 분생포자 형성이 억제되었다(Fig. 1, A). 치료 효과가 낮았던 kresoxym-methyl(Fig. 1, B), triflumizole 및 fenarimol(Fig. 1, C)를 처리한 이병엽에서는 균사의 용균 정도가 약했으며, 분생포자의 생성이 억제되었으나, 그 정도가 치료효과가 높았던 처리구의 잎에서 관찰되는 것보다는 약하였다.

고찰

본 시험에서 fenarimol과 triflumizole은 참외 흰가루병에 대해 예방 및 치료효과가 매우 낮게 나타나 시험에 사용한 흰가루병균이 경산지역의 참외재배단지에서 채집한 것으로 이들 살균제에 대해 저항성을 갖고 있는 것으로 추정되었다. Kresoxym-methyl의 예방효과는 접종 3시간 전 처리에서 약 59% 정도 있었으나, 접종 3일 및 7일 전 처리에서는 없었다(Table 2). 치료효과는 평균 39% 정도로 매우 낮았으며, 초기 발병정도에 따라 큰 차이가 있었다(Table 4). Boscalid와 metrafenone은 참외 흰가루병에 대해 가장 높은 예방효과 및 치료효과를 보였으며, 두 약제 간에 통계적인 유의차(0.05%)는 없었다. 또한 이들 살균제를 치료적으로 살포하였을 때 감염된 참외 잎에서 흰가루병균의 균사 용균정도가 높았으며, 분생포자 형성이 완전히 억제되는 것으로 보아 활성이 매우 높은 것을 알 수 있었다.

흰가루병에 대한 공시 살균제의 치료효과는 초기 발병정도에 따라 차이가 있었다(Table 4). Kresoxym-methyl은 초기 이병엽율이 약 30%일 때 1주일 간격으로 3회 살포한 결과 5.5%의 치료효과가 있었으나, 초기 이병엽율이 15% 정도였을 때 처리한 결과 79.7%의 방제효과가 있었다. 이러한 경향은 다른 공시 살균제에서도 유사하였다. 따라서 흰가루병을 효과적으로 방제하기 위해서는 예방적 처리가 중요하며 발병 초기에 살균제를 처리하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

본 시험 결과 스테롤 생합성 저해제와 kresoxym-methyl

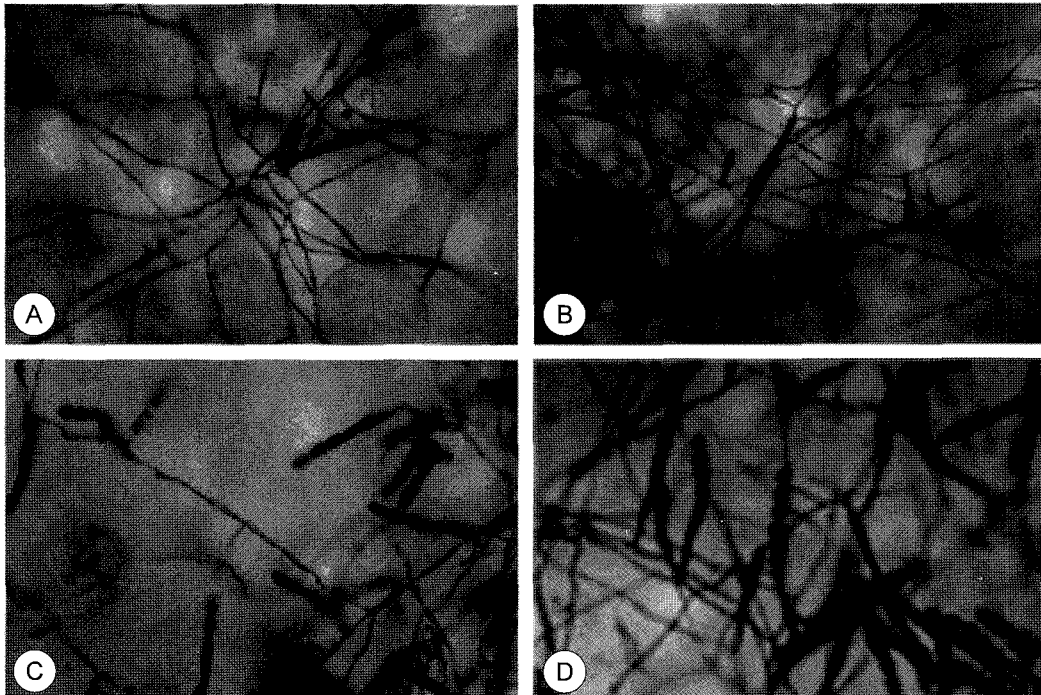


Fig. 1. Effect of foliar applications of various fungicides on the growth of *Sphaerotheca fuliginea* in oriental melon leaves. (A) Boscalid, (B) Kresoxym-methyl, (C) Triflumizole, and (D) Control.

은 참외 흰가루병 방제에 효과가 낮은 것으로 나타났으나 boscalid와 metrafenone은 높은 예방 및 치료효과를 보였다. 참외 흰가루병을 방제하기 위해 boscalid와 metrafenone을 집중적으로 사용한다면 저항성 균주의 출현을 예상할 수 있으므로 이를 예방 또는 지연시킬 수 있는 방향으로 이들 살균제를 사용해야 할 것으로 판단된다.

요 약

Strobilurin계 살균제인 kresoxym-methyl과 DMI 살균제인 fenarimol 및 triflumizole, 그리고 anilide계 살균제인 boscalid와 benzophenon계 살균제인 metrafenone의 참외 흰가루병에 대한 예방 및 치료효과를 검증하였다. 살균제의 예방적 처리는 흰가루병균 접종 7일, 3일 및 3시간 전에 각각 하였으며, 치료적 처리는 흰가루병이 약 30% 및 16% 정도의 이병엽율로 발생했을 때부터 1주일 간격으로 3회 하였다. 예방효과는 흰가루병 접종 1주일 후에, 치료효과는 최종 살균제 처리 1주일 후에 검증하였다. Boscalid과 metrafenone은 접종 7일 전 처리에서 각각 74.3% 및 68.3%의 흰가루병 발생에 대한 예방효과를 보였다. 접종 3일 전 처리에서는 각각 89.4%와 87.2%의 예방효과를 보였으며, 접종 3시간 전 처리에서는 각각 98.5% 및 93.2%의 높은 예방효과를 보였다. Kresoxym-methyl과 DMI 살균제인 triflumizole 및 fenarimol은 접종 7일 전과 3일 전 처리에서는 예방효과가 없었다. 접종 3일전 처리에서도 각각 17.9%, 1.4% 및 9.2%의 병발생 억제효과가 있었으나, 대조구와 통계적인 유의성(0.05%)이 있는 차이가 없었다. 그러나 접종 3시간 전 처리에서는 각각 59.0%, 42.5% 및 37.2%의 예방효과가 있었다. 초기 이병엽율이 약 30%에 달했을 때 1주일 간격으로 약제를 3회 처리한 다음 1주일 후에 조사한 결과 boscalid와 metrafenone은 각각 85.9% 및 74.0%의 방제가를 보였으나, kresoxym-methyl, Triflumizole 및 Fenarimol은 각각 5.5%, 23.0% 및 46.7%의 방제가를 보였다. 초기 이병엽율이 약 16% 정도였을 때 공시약제를 처리한 결과 boscalid와 metrafenone 처리구는 각각 100% 및 97.5%의 방제가를 보였다. 그러나 triflumizole 및 fenarimol은 비교적 낮은 30.8% 및 51.6%의 방제가를 보였다. 공시약제를 흰가루병이 발생한 다음 처리한 후 이병엽을 염색하여 흰가루병균의 균사생장과 포자형성 등을 관찰한 결과 균사가 용균되는 것을 볼 수 있었으며, 균사의 용균정도와 분생포자형성 억제 정도는 병 방제효과와 일치하는 경향을 보였다.

참고문헌

1. Park, S. D., Kwon, T. Y., Lim, Y. S., Jung, K. C., and Choi, B. S. (1996) Disease survey in melon, watermelon, and cucumber with different successive cropping periods under vinylhouse conditions. *Korena J. Plant Pathol.* 12:428-431.

2. Uesugi, Y. (1998) Fungicidal classes; chemistry, uses and mode of action. pp.23-26. In *Fungicidal activity; chemical and biological approaches to plant protection* (ed. Hutson D. and J. Miyamoto), John Wiley & Sons Ltd, New York.

3. King, J. E. and Griffin, M. J. (1985) Survey of benomyl resistance in *Pseudocercospora herpotrichoides* on winter wheat and barley in England and Wales in 1983. *Plant. Pathol.* 34:272-283.

4. Schroeder, W. T. and Provvidenti, R. (1969) Resistance to benomyl in powdery mildew of cucurbits. *Plant Dis. Rep.* 53:271-275.

5. Tsuda, M., Itoh, H., and Kato, S. (2004) Evaluation of the systemic activity of simeconazole in comparison with that of other DMI fungicides. *Pest Management Science* 60:875-880.

6. Martin, T. J. and Morris, D. B. (1979) The development of the systemic fungicide, Bayleton, for control of foliar disease in spring and winter barley in the UK. *Pfl.-Nachr. Bayer* 32:31-39.

7. McGrath, M. T. (1996) Increased resistance to triadimefon and to benomyl in *Sphaerotheca fuliginea* populations following fungicide usage over one season. *Plant Dis.* 80:633-639.

8. Staub, T. (1991) Fungicide resistance: practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. *Ann. Rev. Phytopathol.* 29:421-442.

9. Ypema, H. L., Ypema, M., and Gubler, W. D. (1997) Sensitivity of *Uncinula necator* to benomyl, triadimefon, myclobutanil, and fenarimol in California. *Plant Dis.* 81:293-297.

10. Christophe, D., Frederic, L., and Marie-France C.-C. (1997) New tools for studying epidemiology and resistance of grape powdery mildew to DMI fungicides. *Pestic. Sci.* 51:309-314.

11. Gubler, W. D., Ypema, H. L., Ouimette, D. G., and Bettiga, L. J. (1996) Occurrence of resistance in *Uncinula necator* to triadimefon, myclobutanil, and fenarimol in California grapevines. *Plant Dis.* 80:902-909.

12. Tomita, Y. and Ishii, H. (1998) Reduced sensitivity of fenarimol in Japanese field strains of *Venturia nashicola*. *Pestic. Sci.* 54:150-156.

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

14. Keinath, A. P. and DuBose, V. B. (2004). Evaluation of fungicides for prevention and management of

- powdery mildew on watermelon. *Crop Protection* 23:35-42.
15. Ryu, N. H., Choi, M. Y., Ryu, Y. J., Cho, H. J., Lee, Y. S., Lee, Y. D., and Chung, J. B. (2003) Suppression of powdery mildew development in oriental melon by silicate fertilizer. *Korean J. Envir. Agri.* 22:255-260.
 16. Menzies, J., Bowen, P. Ehert, D. L., and Glass, A. D. M. (1992) Foliar application of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117:902-905.
 17. Reuveni, R., Dor, G., Raviv, M., Reuveni, M., and Tuzum, S. (2000) Systemic resistance against *Sphaerotheca fuliginea* in cucumber plant exposed to phosphate in hydroponics systemic, and its control by foliar spray of mono- potassium phosphate. *Crop Protection* 19:355-361.
 18. Reuveni, M., Cohen, M., and Itach, N. (2005) Occurrence of powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa*) in Japanese plum in Northern Israel and its control. *Crop Protection* (in press).
 19. Elad, Y., Kirshner, B., Yehuda, N., and Szejnberg, A. (1998) Management of powdery mildew and gray mold of cucumber by *Trichoderma harzianum* T39 and *Ampelomyces quisqualis* AQ10. *Bio. Control.* 43:241-251.
 20. Verhaar, M. A., Hijwegen, T., and Zadoks, J. C. (1999) Improvement of the efficacy of *Verticillium lecanii* used in biocontrol of *Sphaerotheca fuliginea* by addition of oil formulations. *Bio. Control.* 44:73-87.
 21. Wolf, G. and Fric, F. (1981) A rapid staining method for *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* and whole barley leaves with a protein-specific dye. *Phytopathology* 71:596-598.
-