

〈Original article〉

## 약제교호살포에 따른 시설재배 오이 흰가루병 (*Podosphaera xanthii*) 방제효과

박세근 · 박부용 · 정인홍 · 전성욱 · 류현주 · 이상범\*

국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과

### Control Effect of Alternative Fungicide Spraying System on Powdery Mildew Caused by *Podosphaera xanthii* on Greenhouse Cucumber

Se-Keun Park, Bue-yong Park, In-Hong Jeong, Sung-wook Jeon, Hyun-ju Ryu and Sang-bum Lee\*

Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

**Abstract** - Powdery mildew caused by *Podosphaera xanthii* is a disease in cucurbit crops especially in green house. The objective of this study was to determine the effect of alternative fungicide spraying system for control of powdery mildew disease. We selected four fungicides with different mode of action and made three treatment combinations of each fungicide in 2017. Pyraclostrobin-flutriptych treatment showed the highest control value (87%) while, pyraclostrobin-pyraclostrobin-pyraclostrobin treatment showed the lowest control value (32.5%). So it seemed like the treatment was not suitable for control of powdery mildew. In 2018, pyraclostrobin of pyraclostrobin-flutriptych was replaced to contact fungicide called iminoctadine-tris-albesilate and compared control effect of two treatments. Two of the treatments showed similar control value (87.0% for pyraclostrobin, 89.0% for iminoctadine-tris-albesilate). These two tests in 2017 and 2018 indicated that alternative treatment of different fungicides is essential for controlling of powdery mildew and inhibiting development of fungicide resistance.

**Keywords** : powdery mildew, fungicide resistance, alternative spraying system, disease severity index, image analysis

## 서 론

우리나라에서 재배하는 오이는 2017년 기준으로 총 4,918 ha가 재배되고 있으며, 이 중 시설을 이용한 재배가 약 77.3%로 총 시설재배 비율이 높은 작물이다(KOSIS 2018). 시설재배지 오이에서 발생하는 주요 병해는 잿빛곰팡이병, 노균병, 흰가루병 등이 있으며, 그 중 흰가루병은 오이에 연중 발생

하여 지속적인 피해를 입히는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.* 2008). 흰가루병은 시설재배지에서 분생포자 형태로 공기를 통해 전염되는 특성이 있어 발생초기에 적절한 대비를 하지 못하면 급속히 확산되어 작물에 큰 피해를 초래할 수 있다(Lee *et al.* 2007; Kim *et al.* 2008). 1997년에 친환경농업 육성법이 제정된 이후 작물 재배 시 화학 비료 및 농약의 사용을 최소화하기 위해 유기농 자재를 활용한 식물 병해충 방제연구가 다양하게 진행되고 있으며(Hong *et al.* 2014) 흰가루병을 방제하기 위한 유기농 자재에는 우유, 전해수, 중박기

\* Corresponding author: Sang-bum Lee, Tel. 063-238-3310,  
Fax. 063-238-3838, E-mail. psgbabo@korea.kr

생균, 난황유, 아인산염 등(Lee *et al.* 2000; Nam *et al.* 2007; Jee *et al.* 2008; Kang *et al.* 2016)의 방제효과가 연구되어 있다. 이외에도 토마토 흰가루병 발생시 유향화합물 처리에 따른 방제연구가 수행되었고(Sim *et al.* 2014), 대항 추출물은 5,000배로 희석하였을 때의 오이 흰가루병 방제효과가 검증되고 250배 희석농도에서 약해가 없음이 확인되어(Paik *et al.* 1996) 제품화까지 이루어졌으나, 이들 두 유기농자재의 교차살포에 따른 방제연구는 아직까지 수행된 바 없다.

흰가루병 방제 약제에는 트리azole계, 스트로빌루린계, 카바메이트계 등 다양한 계통의 약제가 등록되어 사용되고 있지만, 우리나라에서는 트리azole계와 스트로빌루린계 약제의 비율이 높다. 이 두 계통의 약제는 각각 약제저항성 중 위험군과 고위험군으로 분류되어 있고(FRAC 2018), 흰가루병은 약제에 대한 저항성이 쉽게 발달하는 특성을 가지고 있어(McGrath 2001), 동일한 계통의 약제를 지속적으로 사용할 경우 약제저항성균의 출현으로 방제효과가 급격히 감소할 수 있다. 국내에서는 오이 및 수박에 발생하는 흰가루병에서 azoxystrobin에 대한 저항성이 보고된 바 있으며(Kim *et al.* 2008; Kang *et al.* 2016), 외국에서도 동일한 계통의 약제에 대한 저항성이 보고되었다(Ortuno *et al.* 2006; Sedlaikova *et al.* 2008). 따라서 약제저항성 발달에 의한 방제효과 감소 및 약제 오남용에 따른 피해를 예방하기 위한 연구가 필요하지만, 국내에서는 고추, 수박 등 일부 작목에서만 약제교호살포 연구가 부분적으로 수행되어 왔다(Hong *et al.* 2014; Kang *et al.* 2016). 수박 흰가루병 방제 연구에서는 같은 계통의 약제를 연속해서 처리하는 것보다 서로 다른 계통의 약제를 적절히 조합한 처리구에서 방제효과가 더 우수하게 나타나는 등(Kang *et al.* 2016), 흰가루병 방제 시 약제 교호살포 처리의 중요성이 잘 나타나 있으며 고추 흰가루병 방제 연구에서는 화학 농약과 미생물 농약의 교호처리에 따른 방제 가능성을 시사하여(Hong *et al.* 2014) 친환경 자재의 활용을 통해 화학농약 사용 절감 방법을 제시하였다.

본 연구는 국내 시설재배 오이 주산지인 천안지역에서 채집한 흰가루병을 이용하여 살균제 4종과 유기농 자재 2종의 처리조합별 방제효과를 분석하고 화학 농약의 사용을 줄이면서 실제 영농현장에 적용할 수 있는 효과적인 약제교호살포 방법을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험구 조성

살균제 시험은 국립농업과학원 내 작물보호과 시설재배

포장에서 실시하였다. 시험에 사용한 작물은 ‘은성 백다다기’ 품종으로 25~35°C의 유리온실에서 플라스틱 원형 포트( $\Phi$  8×7.5 cm<sup>2</sup>)안에 원예용 상토(바로커, 서울바이오)를 채운 뒤 오이를 파종하고 본 잎이 2~3장이 된 후 40 cm 간격으로 시험구에 정식하였다. 시험구의 구획은 완전임의배치법을 이용하였고, 시험 당 3반복으로 수행하였다. 반복 당 시험구 내 오이는 5주를 기준으로 하고 시험구 양쪽 가장자리의 2주는 완충지역으로 설정하여 약제 처리 시 비산에 따른 간섭을 최소화하였다.

### 2. 흰가루병 접종

충청남도 천안시 동남구 병천면 동원리 600-7 소재 시설 오이 재배농가에 자연 발생한 흰가루병을 채집한 후 작물보호과 내 무가온 유리온실에서 오이 모종에 인공적으로 접종, 증식시켰다. 2주 뒤 이병엽을 채집하고 Tween 80 (0.5%) 용액을 이용해  $1.2 \times 10^5$  spores · mL<sup>-1</sup> 농도의 포자현탁액을 조제한 후 30분 이내에 핸드스프레이를 이용하여 분무접종하였다.

### 3. 시험약제 및 약제 처리 조합

흰가루병의 방제효과를 검증하기 위해 사용한 살균제와 유기농자재는 현재 시판 중인 Pyraclostrobin EC (Pyr, a.i. 22.9%), Hexaconazole SC (Hex, a.i. 2%), Flutianil EC (Flu, a.i. 5%), Penthiopyrad EC (Pen, a.i. 20%), Iminoctadine-tris-albesilate EC (Imi, a.i. 30%), 대항 추출물(O1), 법제유향(O2)이었다(Table 1). 시험에 사용한 약제 5종 및 유기농자재 2종의 추천농도는 Pyraclostrobin EC (250  $\mu$ L · L<sup>-1</sup>), Hexaconazole SC (500  $\mu$ L · L<sup>-1</sup>), Flutianil EC (200  $\mu$ L · L<sup>-1</sup>), Penthiopyrad EC (250  $\mu$ L · L<sup>-1</sup>), Iminoctadine-tris-albesilate EC (500  $\mu$ L · L<sup>-1</sup>), 법제유향 (1,000  $\mu$ L · L<sup>-1</sup>), 대항추출물 (2,000  $\mu$ L · L<sup>-1</sup>)이며 각각 3회 살포를 기준, 무작위적으로

Table 1. Fungicides spraying system in 2017

Fungicide sprayed	Date
Pyr → Pyr → Pyr <sup>a</sup>	Oct 1, Oct 11, Oct 21
Flu → Flu → Flu	Oct 1, Oct 11, Oct 21
Pen → Pen → Pen	Oct 1, Oct 11, Oct 21
Hex → Hex → Hex	Oct 1, Oct 11, Oct 21
Hex → Flu → Pyr	Oct 1, Oct 11, Oct 21
Pen → Pyr → Hex	Oct 1, Oct 11, Oct 21
Flu → Pen → Hex	Oct 1, Oct 11, Oct 21
Pyr → Flu → Pen	Oct 1, Oct 11, Oct 21
No treatment	Oct 1, Oct 11, Oct 21

<sup>a</sup>: Pyr (Pyraclostrobin, EC), Flu (Flutianil, SC), Hex (Hexaconazole, SC), Pen (Penthiopyrad, EC)

조합하여 처리하였다. 2017년에는 단일약제 연속처리 및 3가지 약제 조합처리, 무처리 등 총 9가지의 조합으로 시험하였고, 2018년에는 전년도에 처리 조합에서 방제효과가 우수한 조합, 최초 살포 약제를 보호용 살균제로 변경한 조합, 유기농자재 2종 조합으로 시험하였다(Table 2). 2회의 시험 모두 최초 약제처리 시기는 흰가루병을 집중하고 병반 발생을 확인한 후 약제 처리를 시작하였고, 약제 및 유기농자재의 안전사용기준을 준수하여 살균제의 경우 10일, 유기농자재의 경우 7일 간격으로 처리하였으며 각각 추천농도로 희석하여 살포하였다.

**Table 2.** Fungicides and organic material spraying system in 2018

Organic material and fungicides sprayed	Date
O <sub>1</sub> → O <sub>2</sub> → O <sub>1</sub> <sup>a</sup>	July 3, July 10, July 17
Imi → Flu → Pen	July 3, July 13, July 23
Pyr → Flu → Pen	July 3, July 13, July 23
Pyr → Pyr → Pyr	July 3, July 13, July 23
No treatment	July 3, July 13, July 23

<sup>a</sup>: O<sub>1</sub> (extract of rhubarb), O<sub>2</sub> (Legal sulfur), Imi (Iminoctadine-tris-albesilate, SC)

#### 4. 발병도 조사

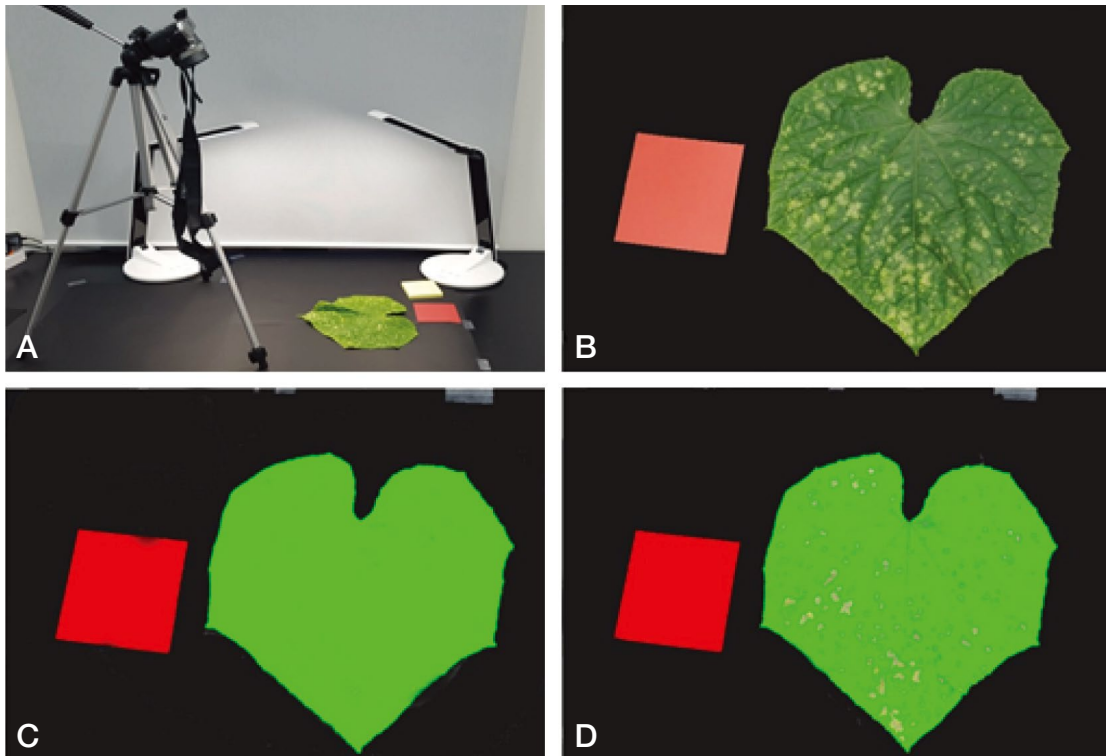
최종 약제 처리 종료 7일 후에 각 처리 조합별 발병도(Disease severity index; DSI)를 조사하여 방제가를 산출하였다. 처리구 반복당 6~9개의 잎을 채집하여 디지털카메라(a-6000, SONY, Japan)로 병반 영상을 촬영하고, 해당 이미지를 컴퓨터에서 Easy Leaf Area (Plant Image Analysis, USA) 프로그램을 이용하여 병반면적률을 계산하였다(Fig. 1). 발병도 조사는 수박 흰가루병 방제시험에서 사용한 방법을 이용하였다(Kang *et al.* 2016). 발병도 및 방제가 계산은 아래와 같다.

$$\text{발병도 (DSI)}: \frac{\sum \{(\text{발병계수} \times \text{발병엽수}) / (4 \times \text{조사엽수})\}}{\times 100} \quad (1)$$

방제가(control value, %):

$$\frac{(\text{DSI of notreatment} - \text{DSI of treatment}) \times 100}{\text{DSI of notreatment}} \quad (2)$$

여기서, 발병계수는 병반면적율에 따라 다음과 같이 산정



**Fig. 1.** Image analysis of the diseased leaf using Easy leaf area program. A. obtaining leaf image using a digital camera, B. original image of diseased leaf, C. full leaf area analysis (fluorescent), D. healthy area of leaf (fluorescent). Comparing the value of c and d, diseased area ratio (%) was calculated.

**Table 3.** Control effect of eight spraying system for powdery mildew in cucumber greenhouse in 2017

Treatments	Disease severity index				Control value <sup>b</sup> (%)
	Rep <sup>a</sup> 1	Rep2	Rep3	Mean	
Pyr → Pyr → Pyr	33.3	25.0	25.0	27.8	32.5a
Flu → Flu → Flu	25.0	25.0	20.8	23.6	42.7ab
Pen → Pen → Pen	8.3	8.3	0	5.6	86.4d
Hex → Hex → Hex	16.7	33.3	20.8	23.6	42.7ab
Hex → Flu → Pyr	16.7	16.7	16.7	16.7	59.4bc
Pen → Pyr → Hex	8.3	4.2	8.3	6.9	83.2cd
Flu → Pen → Hex	8.3	8.3	4.2	6.9	83.2cd
Pyr → Flu → Pen	4.2	8.3	4.2	5.6	86.4d
No treatment	50.4	29.2	40.2	41.2	—

<sup>a</sup>: Replications of each treatment.

<sup>b</sup>: Values followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$  based on DMRT test.

하였다; 발병계수: 0 (병반면적율 0%), 1 (0% < 병반면적율 ≤ 5%), 2 (5% < 병반면적율 ≤ 20%), 3 (20% < 병반면적율 ≤ 40%), 4 (40% < 병반면적율).

## 5. 통계분석

오이 흰가루병 발병도 및 방제가는 통계프로그램 R을 이용하여 독립적인 분산분석(ANOVA; Analysis of variance)을 통해 평균값 간 통계적 유의성( $\alpha = 0.05$ )을 확인하였고, 이후 던컨다중검정(DMRT; Duncan's multiple range test)을 이용하여 처리구간별 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 약제별 처리조합에 따른 방제효과 비교분석

2017년에 시험한 8개의 살균제 처리 조합에서 Pen이 포함된 처리구들의 방제가는 83.2%, 86.4%로 다른 처리구들에 비해 높은 방제가를 보였으며, Pyr를 연속 3회 처리한 시험구의 방제가는 32.5%로 가장 낮았다(Table 3). 반면 Pen을 3회 연속 처리한 시험구의 방제가는 86.4%로 Pyr 3회 연속 처리구와는 다른 결과를 보였다. 경기지역 오이재배농가의 흰가루병에 대한 약제반응조사 결과 Azoxystrobin의 최소저지농도(MIC)는  $1,000 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  이상으로 매우 높게 나타났으며(Kim *et al.* 2008), 수박 흰가루병 방제실험에서는 Azoxystrobin 연속 3회 처리구의 방제가가 15.0% 이하로 매우 낮게 나타나는(Kang *et al.* 2016) 등, 해당 약제에 대한 약제저항성 발달을 시사하는 연구결과들이 국내 발표된 바 있다. FRAC (Fungicide Resistance Action Committee 2018)에 따르면 Strobilurin 계통(FRAC Code 11)에 속하는 약제들의

**Table 4.** Control effect of four spraying system including organic material for powdery mildew in cucumber greenhouse in 2018

Treatments	Disease severity index				Control value <sup>b</sup> (%)
	Rep <sup>a</sup> 1	Rep2	Rep3	Mean	
O <sub>1</sub> → O <sub>2</sub> → O <sub>1</sub>	33.3	25.0	32.1	30.1	66.3b
Imi → Flu → Pen	13.9	6.3	9.4	9.8	89.0c
Pyr → Flu → Pen	21.4	6.3	7.1	11.6	87.0c
Pyr → Pyr → Pyr	31.3	46.4	42.9	40.2	55.1a
No treatment	79.2	92.9	96.4	89.5	—

<sup>a</sup>: Replications of each treatment.

<sup>b</sup>: Values followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$  based on DMRT test.

교차저항성이 보고되어 있다. 즉, 본 실험에서 Pyr 연속 처리 시 방제효과가 낮게 나타난 것은 병원균을 채집한 포장에서 해당 계통의 약제에 대한 저항성균이 이미 출현했기 때문으로 판단된다. 따라서 천안 병천면 동원리 일대의 시설오이 재배농가에서는 흰가루병 방제에 있어 Strobilurin 계통 약제의 사용을 지양해야 할 것이다. 한편 Pen 연속 3회 처리와 Pyr-Flu-Pen 교호살포 처리 모두 86.4%의 높은 방제효과를 나타냈지만 Pen은 약제저항성 중~고 위험군으로 분류되고 있는 계통의 약제(FRAC 2018)로 연속해서 처리할 경우 포장 내 약제저항성 발달로 방제효과가 감소될 우려가 있기 때문에, 3 약제 모두 다른 작용기작(FRAC code 11, U13, 7)을 가진 Pyr-Flu-Pen 처리 방법이 약제저항성균의 출현을 방지함과 동시에 실제포장에서 사용될 수 있는 효과적인 살균제 처리 방법으로 생각된다.

### 2. 보호용 살균제 및 유기농 자재 교호처리에 따른 방제효과

전년도 방제효과가 우수한 조합(Pyr-Flu-Pen)과 최초 처리 약제를 보호용 살균제 Iminoctadine-tris-albesilate (Imi., FRAC code M07)로 변경한 조합, 유기농자재 2종의 교호살포 조합의 방제효과를 비교 분석하였다(Table 4). 전년도에 방제효과가 가장 높았던 조합(Pyr-Flu-Pen)은 87.0%로 우수한 결과를 보였고, Pyr-Flu-Pen에서 최초 처리약제인 Pyr를 Imi로 대체한 Imi-Flu-Pen 조합은 89.0%의 방제가를 나타내 Pyr-Flu-Pen 처리보다 높은 방제효율을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

하지만 포장에 발생한 후 무성생식단계인 분생포자를 생산하여 포장 내 만연하게 비산하는 흰가루병의 생활사 특성을 고려해 보았을 때 흰가루병이 발생하기 전 예방약제인 Iminoctadine-tris-albesilate를 미리 처리함으로써 오이 흰가루병에 의한 피해를 사전에 억제하는 것이 보다 효과적인

방제방법이라 생각된다. 한편, Pyr 연속 3회 처리구는 전년도와 비교해 보았을 때 방제가가 22.6% 높아졌지만 다른 처리구 대비 여전히 낮은 방제가를 나타내어 채집 포장 내 해당 계통의 약제에 대한 저항성균이 출현하여 유지되고 있는 것으로 추정된다. 또한 법제유황(O<sub>2</sub>)과 대황추출물(O<sub>1</sub>) 2종의 유기농자재 교호처리의 방제가는 66.3%로 무처리구 발병도와 비교하였을 때 유의성이 있었으며 Pyr 연속 3회 처리(55.1%) 보다 높은 방제가를 나타내어 친환경 재배 시 활용될 수 있는 효과적인 병해 관리방법으로 사료된다.

본 연구에서 수행한 2번의 시험 모두 흰가루병 발생 확인 후 약제처리에 따른 방제효과를 조사한 것이고 이는 살균제 및 유기농 자재의 치료효과를 분석한 것이기에 실제 포장에 적용되기에는 어느 정도의 한계가 있다고 생각된다. 따라서 향후 실제 포장에서 보다 정확한 적용을 위해서는 병이 발생하기 전 약제처리를 통한 살균제 및 유기농 자재의 예방효과를 분석하고 살균제와 유기농 자재 처리 시 상호 간섭효과가 있는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 뿐만 아니라, 약제 교호살포처리 조합에서 모든 약제 처리조합에 따른 방제효과 분석이 이루어지지 않았기에 추후 연구에서는 오이 흰가루병에 등록된 모든 약제들을 대상으로 처리 조합을 생성한 후 조합별 약제처리 순서에 따른 방제효과 분석도 필요하다고 생각된다.

살균제의 방제효율을 측정하기 위한 생물검정은 주로 인공배지에서의 균사생장 억제율, 포자발아율 측정 등의 방식이지만 인공배지에서 배양되지 않는 절대기생체인 흰가루병에 대한 살균제의 방제가 검정은 약제를 처리한 잎절편(Lebeda 1984; McGrath 2001; B Sedlaikova *et al.* 2008) 및 잎(Kim *et al.* 2006; Kang *et al.* 2016)에서의 발병 면적을 비교를 통해 이루어진다. 일반적인 경우 육안 검정을 통해 대략적인 비율을 측정하거나 엽면적 분석 기계를 이용하여 방제가를 산출한다. 하지만 전자의 경우 다른 방식에 비해 그 객관성이 떨어지며 후자의 경우 기기의 가격이 높아 분석 효율성이 낮아질 수 있다. 이 연구에서 사용한 방식은 약제처리 및 발병이 완료된 잎의 영상을 카메라로 촬영한 후 오픈소스 프로그램을 이용하여 분석하기 때문에 분석 시 객관성이 확보되며 기기를 사용하는 것보다 접근성 및 사용법이 용이한 것으로 생각된다. 따라서 오이뿐 아니라 다른 작물에 발생하는 흰가루병, 노균병 등 절대기생체에 대한 살균제의 방제효과 분석 및 약제저항성 검정 시 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

## 적 요

흰가루병은 시설 재배 박과류 작물에 광범위하게 발생하

여 큰 경제적 피해를 유발하는 병으로서 흰가루병에 의한 피해를 예방하기 위해 실제 현장에서 사용할 수 있는 효과적인 방제체계의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 시설오이 재배지의 흰가루병에 대해 오이흰가루병에 등록된 서로 다른 계통의 4개 약제와 2종의 유기농 자재의 약제 교호살포 체계별 방제효과를 조사하였다. Pyraclostrobin EC (Pyr, a.i. 22.9%), Hexaconazole SC (Hex, a.i. 2%), Flutianil EC (Flu, a.i. 5%), Penthiopyrad EC (Pen, a.i. 20%) 등 4종의 화학약제를 단일약제 반복처리 및 조합처리 방식으로 총 3회 처리한 결과 Pyr → Flu → Pen 처리구는 87%의 높은 방제가를 나타낸 반면, Pyr 연속 3회 처리구는 32.5%의 낮은 방제가를 나타내어 해당 약제에 대한 저항성이 있음을 확인하였다. Pyr → Flu → Pen 처리구와 보호용 살균제인 Iminoctadine-tris-albesilate SC (Imi)를 처리한 구 그리고 유기농 자재 2종의 교호살포 처리구의 방제가를 조사한 결과 Imi → Flu → Pen 처리구의 방제가는 89%로 가장 높게 나타났으며, 유기농자재 교차살포 처리구의 방제가는 66.3%로 나타났다. 시험 결과를 바탕으로 Pyr → Flu → Pen, Imi → Flu → Pen 처리구는 시설 오이 재배지 내 발생하는 흰가루병 피해를 최소화할 수 있는 효과적인 약제교호살포체계로 생각된다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 기관고유연구사업(과제번호 PJ01181201)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

- FRAC. 2018. FRAC Code List 2018: Fungicide sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). Fungicide Resistance Action Committee. [www.frac.info/publications/downloads](http://www.frac.info/publications/downloads). Accessed on 10 May 2018.
- Hong SJ, JH Kim, YK Kim, HJ Jee, CK Shim, MJ Kim, JH Park, EJ Han, HJ Goo and KY Choi. 2014. Control efficacy of mixed application of microbial and chemical fungicides against powdery mildew of red-pepper. *Korean J. Pestic. Sci.* 18:409-416.
- Jee HJ, KY Ryu, JH Park, DH Choi, GH Ryu, JG Ryu and SS Shen. 2008. Effect of COY (cooking oil and yolk mixture) and ACF (air-circulation fan) on the control of powdery mildew and production of organic lettuce. *Res. Plant Dis.* 14:51-56.
- Kang HJ, YS Kim, BT Han, TI Kim, JW Noh, YG Kim and

- HD Shin. 2014. Alternative fungicide spraying for the control of powdery mildew caused by *Sphaerotheca fusca* on greenhouse watermelon (*Citrullus lanatus*). Res. Plant Dis. 20:31–36.
- Kim JY, SS Hong, JW Lim, KY Park and H Kim. 2008. Screening of fungicide resistance of cucumber powdery mildew pathogen *Sphaerotheca fusca* in Gyeonggi Province. Res. Plant Dis. 14:95–101.
- KOSIS. 2018. Korean Statistical Information Service. <https://kosis.kr>. Accessed on 17 September 2018.
- Lebeda A. 1984. Screening of wild *Cucumis* species for resistance to cucumber powdery mildew (*Erysiphe cichoracearum* and *Sphaerotheca fuliginea*). Sci. Hortic. 24: 241–249.
- Lee SY, YK Kim and YK Lee. 2007. Cause and control of lettuce powdery mildew caused by *Podosphaera fusca*. Kor. J. Mycol. 35:115–120.
- Lee YH, KH Cha, SJ Ko, IJ Park, BI Park and KY Seong. 2000. Evaluation of electrolyzed oxidizing water as a control agent of cucumber powdery mildew. Plant Pathol. J. 16:206–210.
- McGrath MT. 2001. Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: Experiences and challenges. Plant Dis. 85:236–245.
- Nam MH, WK Lee, SS Lee, NG Kim and HG Kim. 2005. Control efficacy of milk concentration against powdery mildew of strawberry. Plant Pathol. J. 21:270–274.
- Ortuno F, A Perez-Garcia, F Lopez-Ruiz, D Romero, A Vicente and JA Tores. 2006. Occurrence and distribution of resistance to QoI fungicides in populations of *Podosphaera fusca* in south central Spain. Eur. J. Plant Pathol. 115:215–222.
- Paik SB, SH Kim, JJ Kim and YS Oh. 1996. Effect of bioactive substance extracted from *Rheum undulatum* on control of cucumber powdery mildew. Plant Pathol. J. 12:85–90.
- Sedláková B and A Lebeda. 2008. Fungicide resistance in Czech populations of cucurbit powdery mildews. Phytoparasitica 36:272–289.
- Shim CK, MJ Kim, YK Kim, SJ Hong and SC Kim. 2014. Reducing phytotoxic by adjusted pH and control effect of loess-sulfur complex as organic farming material against powdery mildew in tomato. Korean J. Pestic. Sci. 18:376–382.

Received: 7 November 2018

Revised: 26 November 2018

Revision accepted: 27 November 2018