에스필과 수산화동 혼용에 의한 오이, 토마토, 고추 흰가루병의 친환경 방제 효과

Environment-Friendly Effects of Espil and Copper Hydroxide for Prevention of Powdery Mildew on Cucumber, Tomato, and Red Pepper

소재우^{1*} · 한경숙¹ · 이성찬¹ · 이중섭² · 박종한¹

¹국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²국립원예특작과학원 사과시험장

Jae-Woo Soh^{1*}, Kyung-Sook Han¹, Seong-Chan Lee¹, Jung-Sup Lee² and Jong-Han Park¹

¹Department of Horticultural Environment, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Suwon 440-706, Korea

²Apple Research Station, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Gunwei 716-812, Korea

*Corresponding author

Tel : +82-31-290-6243

Fax: +82-31-290-6259

E-mail: tipburn@gmail.com

This research was performed to examine the effects of mixed espil and copper hydroxide for powdery mildew prevention on cucumber, tomato and pepper. On prevention effect for powdery mildew on cucumber, results revealed that mixed espil and copper hydroxide with a ratio of 4 : 1, disease incidence rate was 18.9% and prevention effect was 69.9%. Another treatment with a ratio of 8 : 1 showed an disease incidence rate of 18.1% and prevention effect of 71.1%, thus, showed great effectiveness. For powdery mildew on tomato, espil and copper hydroxide were mixed using the ratio 4 : 1, results showed an disease incidence rate of 12.4% and prevention effect of 85.3%. Treatment using the ratio of 8 : 1, results showed an disease incidence rate of 14.3% and prevention effect of 83.0%, thus, showed great effectiveness. For powdery mildew on red-pepper, espil and copper hydroxide were mixed using the ratio of 4 : 1 with results showed disease incidence rate of 17.7% and prevention effect of 83.0%. From the results, this treatment is the most effective with the lowest attack rate and highest prevention effect. Deducing from the study, it was found out that using mixed espil and copper hydroxide using the ratios 4 : 1 or 8 : 1 are the most effective method for powdery mildew prevention. Mixed ratio of 4 : 1 or 8 : 1 was most effective for preventing powdery mildew on cucumber and tomato, while the espil and copper hydroxide ratio of 4 : 1 was the most effective method for powdery mildew prevention on pepper.

Keywords : Disease incidence on leaves, Mixed espil and copper hydroxide, Prevention effect

Received February 24, 2014

Revised May 21, 2014

Accepted May 26, 2014

서 론

오이(*Cucumis sativus*), 토마토(*Solanum lycopersicum*), 고추(*Capsicum annuum*)는 우리 나라에서 중요한 과채류 작물이다. 국내에서 이들 과채류 작물의 주요 병은 오이 18종, 토마토 26종, 고추 29종이 보고되어 있다(RDA-Genebank, 2014). 특히, 흰

가루병(powdery mildew)은 오이, 토마토, 고추를 재배하는 대부분의 시설원예에서 발생하여 피해를 주고 있다. 흰가루병 병원균은 세대 교번을 통해 다양하게 분포하지만 자낭균문의 절대 활물 기생하는 특성을 보이고, 주로 병든 식물체의 잔재물에서 자낭각으로 월동한 후 이듬해 1차 감염원이 되는데, 분생 포자로 공기 전염을 하는 것으로 알려져 있다(Agrios, 2008). *Sphaerotheca fuliginea*와 *S. fusca*에 의해 발생하는 오이 흰가루병은 노지 억제 재배나 건조한 조건의 시설 재배에서 큰 피해를 주고 있다(Jee 등, 2009). 처음에는 잎 표면에 소량의 흰가루가

밀생하다가 병이 진전되면서 흰가루가 잎 표면을 뒤덮게 된다. 또한 병반상에서 흰가루가 회백색의 자낭각을 형성하기도 하며 심한 경우 병든 잎은 고사하면서 전체적으로 생육이 매우 불량해진다(Agrios, 2008; Kim 등, 2011). 국내 토마토 흰가루병은 주로 *Erysiphe cichoracearum*과 *Oidiopsis taurica*에 의해 발생하는 것으로 보고되어 있는데(RDA-Genebank, 2014), 서늘한 봄과 가을에 주로 발생하며 다습한 조건보다는 건조한 시설 재배 조건에 심하게 발생한다. 가장 먼저 잎에서부터 불규칙하게 흰가루가 발생하다가 잎자루나 과경까지 확대되고, 병이 더욱 진전되면 황화되면서 고사한다(Agrios, 2008). *L. taurica*에 의해 발생하는 고추 흰가루병은 다른 작물의 흰가루병과 달리 잎 뒷면의 엽맥을 따라 포자가 밀생하여 발생한다. 병이 더 진행되면서 병반내 담황색 무늬가 생겨나고 더욱 진전되면 잎이 고사하거나 낙엽이 나타나 줄기 정단부의 신초만 남는다.

이들 원예작물의 흰가루병은 특히 노지 재배뿐만 아니라 시설 재배에서 큰 피해를 주고 있다. 노지 재배와 달리 시설 재배는 밀식에 따른 일조 부족, 환기 불량, 연작 재배, 고온 건조한 조건에 의해 흰가루병의 피해가 많다고 알려져 있다(Kim 등, 2011). 이로 인해 대부분의 농가에서 화학적 방제를 하고 있는데, 이들 작물의 단위 면적당 농약 사용량을 살펴보면 오이 6.996 kg/ha, 토마토 4.3 kg/ha, 고추 7.4 kg/ha으로 높은 수준으로 사용되고 있다(Oh 등, 2003). 따라서 친환경 방제에 대한 농가와 소비자의 관심은 날로 증가하고 있다. 현재까지 등록된 친환경 자재는 1202종에 이르고 있지만 병해충 방제용은 256종이 있으며 이 중 미생물 제제가 92종, 추출물 및 부산물이 147종, 유황제가 11종이 포함되어 고시되어 있다(RDA, 2014). 친환경 방제에 대한 관심이 증대되고 있는 것과 달리 이 중에서 흰가루병 방제 효과가 있는 약제는 10여 종에 불과하다(Kim 등, 2011). 하지만 이러한 친환경 자재는 화학 농약과 비교하여 방제효과가 낮은 것으로 알려져 있어 농가 활용에 문제가 있어 왔다(Thanh 등, 2009). 따라서 사용 방법과 국내 보급이 용이하고 약해가 발생하지 않는 친환경 방제 기술 개발이 시급하다. 본 연구는 에스필과 수산화동을 혼용하여 오이, 토마토, 고추에서 흰가루병 방제 효과를 검정함으로써 국내 주요 과채류의 흰가루병 친환경 방제 기술 개발과 현장에서 활용할 수 있는 방안을 구명하고자 한다.

재료 및 방법

시험 포장 및 시험구 배치. 흰가루병에 대한 친환경자재의 혼용 실험을 위해 오이는 ‘은성 백다가기(Eungsung Baekdadaki; Heungnong Seed Corp., Korea)’, 토마토는 ‘슈퍼도태랑(Super-dotaerang; Koregon Seed Corp., Korea)’, 고추는 ‘슈퍼마니파(Super-manitta; Nongwoo-bio Corp., Korea)’를 각각 750주씩 농촌진흥청 국립원예특작과학원 단동형 유리 하우스에 정식후 보통 재배하였다. 모든 처리구는 난괴법으로 하여 각

각의 처리구당 50주씩 3반복으로 설계하였다.

흰가루병 발병. 흰가루 병원균은 활물 기생체이기 때문에 인위 접종하기 어렵기 때문에 수 년간 연작을 통해 지속적으로 자연 발생한 시설 하우스에 오이, 토마토, 고추를 각각 750주씩 정식하였다. 자연 발생한 흰가루병의 균주는 기주 식물별로 수집하여 현미경 검정과 ITS 염기 서열 분석을 통해 동정하였다.

공시 약제 및 처리 방법. 친환경기능성자재인 pine oil + tea saponin (45% : 25%, v/v)의 혼합물 ‘에스필(Espil; KCP, Korea)’과 수산화동합제 ‘코사이드(Kocide; Dongbu-hitek, Korea)’를 공시하여, 대조구는 멸균수를 처리하였고, 에스필과 수산화동의 혼용 처리는 에스필 100% 처리구, 에스필과 수산화동 4:1 처리구(EK 4:1), 에스필과 수산화동 8:1 처리구(EK 8:1), 에스필과 수산화동 10:1 처리구(EK 10:1)로 수행하였다. 각각의 친환경자재의 혼용 처리는 공시 작물의 잎면에 흰가루병 포자가 완전히 발병한 후 공시 약제를 3일 간격으로 2회 살포하였다.

발병 조사. 에스필과 수산화동의 혼합제 처리에 따른 방제 효과를 검정하기 위한 오이, 토마토, 고추의 발병엽률은 공시작물의 전체 엽수와 이병엽수를 조사하여 백분율로 산출하였다. 방제 효과는 대조구와 대비하여 백분율로 산출하였고, 약해 조사는 약제 살포 후 2주일 동안 경엽 및 과실의 발생 여부를 육안 조사하였다.

통계 분석. 상기의 실험 결과의 각 처리 평균값 비교를 위해 SAS 9.02(statistical analysis system; SAS Institute, USA)를 이용하여 $P = 0.05$ 수준에서 Duncan 검정을 수행하였다.

결과 및 고찰

에스필과 수산화동 혼용 처리에 의한 오이 흰가루병에 대한 약제 효과를 검정하기 위해 포장 실험을 수행하였다(Fig. 1). 흰가루병의 포장 검사를 살펴보면, 멸균수만을 처리한 대조구와 EK 10:1 혼용 처리구는 흰가루병 포자가 잎 전체에 도포되어 심하게 발생하였다. 또한 흰가루병이 발생한 이병주의 개체수도 많아서 처리 효과가 없었다. 하지만 EK 4:1과 EK 8:1 처리구는 다른 처리구와 비교하여 피해 발병 면적과 이병주의 개체수가 현저하게 적었다. 상기의 포장 실험에서 오이 흰가루병의 발병엽률과 방제효과를 조사하였다(Table 1). 에스필과 수산화동 혼용 처리의 발병엽률을 보면, 대조구 62.7%, 에스필 처리구 37.1%, EK 4:1 처리구 18.9%, EK 8:1 처리구 18.1%, EK 10:1 처리구 48.4%로 나타났다. 앞서 육안 조사에서 EK 4:1과 EK 8:1 처리구가 흰가루병의 피해가 적었던 Fig. 1의 결과를 확인할 수 있었다. 이들의 대조구와 대비한 방제 효과를 보면, 에스필 처리구 40.8%, EK 4:1 처리구 69.9%, EK 8:1 처리구 71.1%, EK 10:

Fig. 1. Control effect on powdery mildew of cucumber by treating mixtures of espil and copper hydroxide. **A and D:** Control, **B:** Treatment of espil only, **C and E:** A mixture of espil and copper hydroxide in the ratio of four to one, **F:** A mixture of espil and copper hydroxide in the ratio of eight to one.

Table 1. Controlling effect on powder mildew by treating mixtures of espil and copper hydroxide on cucumber

Treatment	Ratio of diseased leaves (%)	Control efficacy (%)	Phytotoxicity
Control ^z	62.7a ^y	0.0d	0.0a
Espil only	37.1b	40.8b	0.0a
EK 4 : 1	18.9c	69.9a	0.0a
EK 8 : 1	18.1c	71.1a	0.0a
EK 10 : 1	48.4b	22.8c	0.0a

^zThe EK is a mixture according to the mixing ratio of each composition of espil and kocide.

^yThe different letters are significantly ($P < 0.05$) different according to Duncan's multiple test.

1 처리구 22.8%로 나타났다. 모든 처리구에서 약해는 발생하지 않았다. 따라서 에스필과 수산화동의 혼용 처리에 의한 토마토 흰가루병의 방제는 EK 4 : 1 또는 EK 8 : 1 처리가 가장 효과적인 것으로 나타났다. *Bacillus subtilis* 미생물 제제의 혼용을 이용한 오이 흰가루병 방제 연구에서 약효가 증진되고(Kim 등, 2011), 탁월한 효능으로 보고된 난황유 방제 기술은 다른 약제간의 혼용 살포하면 약효가 감소되거나 약해가 발생할 수 있다고 하였지만(Kwon 등, 2009) 본 실험에서는 약효가 증진되고 약해가 발생하지 않았다.

에스필과 수산화동 혼용 처리에 의한 토마토 흰가루병에 대한 약제 효과를 검정하기 위해 포장 실험을 수행하였다(Fig. 2). 토마토 흰가루병의 포장 검사를 보면, 멸균수만을 처리한 대조구와 EK 10 : 1 처리구는 이병엽 면적과 주수가 많아서 처리효

과가 없었다. 하지만 EK 4 : 1와 EK 8 : 1 처리구는 흰가루병 발생 피해와 이병 주수가 가장 적었다. 국내 토마토 흰가루병은 *E. cichoracearum*과 *O. taruica* 등에 의해 발생하지만 시설 재배에서는 *E. cichoracearum*에 의해 주로 발생한다(Kwon 등, 2009; RDA-Genbank, 2014). 특히 국내 시설 원예에서 흰가루병 피해는 온도가 서늘한 봄과 가을에 주로 발생하는데, 건조한 환경 특성에 때문에 피해가 커진다. 토마토에 발생하는 흰가루 병원균은 분생 포자나 균사로 병든 식물체 잔재물에서 월동한 후 1차 전염원이 되고, 분생 포자가 공기 전염을 통해 계속적으로 발생한다고 하였다(Vakalounakis, 1987). 상기의 포장 실험에서 토마토 흰가루병의 발병엽률과 방제 효과를 조사하였다(Table 2). 에스필과 수산화동 혼용 처리의 발병엽률을 보면, 대조구 84.2%, 에스필 처리구 71.2%, EK 4 : 1 처리구 12.4%, EK 8 : 1 처리구 14.3%, EK 10 : 1 처리구 84.9%로 나타났다. 앞서 육안 조사에서 EK 4 : 1과 EK 8 : 1 처리구가 흰가루병의 피해가 적었던 Fig. 2의 결과를 확인할 수 있었다. 이들의 대조구와 대비한 방제 효과를 보면, 에스필 처리구 15.4%, EK 4 : 1 처리구 85.3%, EK 8 : 1 처리구 83.0%, EK 10 : 1 처리구 -0.9%로 나타났다. 모든 처리구에서 약해는 발생하지 않았다. 따라서 에스필과 수산화동의 혼용 처리에 의한 토마토 흰가루병의 방제는 EK 4 : 1 또는 EK 8 : 1 처리가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

에스필과 수산화동 혼용 처리에 의한 고추 흰가루병에 대한 약제 효과를 검정하기 위해 포장 실험을 수행하였다(Fig. 3). 고추 흰가루병의 포장 검사를 보면, 멸균수만을 처리한 대조구와 EK 10 : 1 처리구는 이병엽 면적과 주수가 많아서 처리효과가 없었다. 하지만 EK 4 : 1 처리구가 흰가루병 발생 피해와 이병 주수가 가장 적었고 EK 8 : 1 처리구는 중간 수준의 이병율을 보였다.

Fig. 2. Control effect on powdery mildew of tomato by treating mixtures of espil and copper hydroxide. **A:** Control, **B:** Treatment of espil only, **C:** A mixture of espil and copper hydroxide in the ratio of four to one, **D:** A mixture of espil and copper hydroxide in the ratio of eight to one, **E:** A mixture of espil and copper hydroxide in the ratio of ten to one.

Table 2. Controlling effect on powder mildew by treating mixtures of espil and copper hydroxide on tomato

Treatment	Ratio of diseased leaves (%)	Control efficacy (%)	Phytotoxicity
Control ^z	84.2a ^y	0.0c	0.0a
Espil only	71.2b	15.4b	0.0a
EK 4 : 1	12.4c	85.3a	0.0a
EK 8 : 1	14.3c	83.0a	0.0a
EK 10 : 1	84.9a	-0.9c	0.0a

^zThe EK is a mixture according to the mixing ratio of each composition of espil and kocide.

^yThe different letters are significantly ($P < 0.05$) different according to Duncan's multiple test.

고추 흰가루병은 시설 재배하는 고추와 단고추에서 큰 피해를 주고 있는데, 잎 표면에 병징이 나타나기 이전에 내부에 많은 균사가 발달하여 서서히 엽록소가 파괴되고 잎이 황화되어 낙엽이 된다. 이는 *L. taurica*는 다른 흰가루병과 달리 내성 균사를 형성하여 내부 기생성을 가지기 때문이다(Correll 등, 1987). 상기의 포장 실험에서 고추 흰가루병의 발병엽률과 방제 효과를 조사하였다(Table 3). 에스필과 수산화동 혼용 처리의 발병엽률을 보면, 대조구 75.2%, 에스필 처리구 62.6%, EK 4 : 1 처리구 17.7%, EK 8 : 1 처리구 43.5%, EK 10 : 1 처리구 79.6%로 나타났다. 앞서 육안 조사에서 EK 4 : 1 처리구가 흰가루병의 피해가 적었던 Fig. 3의 결과가 확인되었다. 이들의 대조구 대비 방제 효과를 살펴보면, 에스필 처리구 16.8%, EK 4 : 1 처리구 76.4%, EK

Fig. 3. Control effect on powdery mildew of pepper by treating mixtures of espil and copper hydroxide. **A:** Control, **B:** Treatment of espil only, **C:** A mixture of espil and copper hydroxide in the ratio of four to one, **D:** A mixture of espil and copper hydroxide in the ratio of eight to one, **E:** A mixture of espil and copper hydroxide in the ratio of ten to one.

Table 3. Controlling effect on powder mildew by treating mixtures of espil and copper hydroxide on pepper

Treatment	Ratio of diseased leaves (%)	Control efficacy (%)	Phytotoxicity
Control ^z	75.2a ^y	0.0d	0.0a
Espil only	62.6b	16.8c	0.0a
EK 4 : 1	17.7d	76.4a	0.0a
EK 8 : 1	43.5c	42.1b	0.0a
EK 10 : 1	79.6a	-5.8d	0.0a

^zThe EK is a mixture according to the mixing ratio of each composition of espil and kocide.

^yThe different letters are significantly ($P < 0.05$) different according to Duncan's multiple test.

8 : 1 처리구 42.1%, EK 10 : 1 처리구 -5.8%로 나타났다. 이들 약제 처리에 의한 약해는 모든 처리구에서 발생하지 않았다. 따라서 에스필과 수산화동의 혼용 처리에 의한 토마토 흰가루병의 방제는 EK 4 : 1 처리가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

흰가루병에 대한 친환경 자재를 이용한 방제 기술은 *Bacillus* 속을 이용한 미생물 제제 혹은 이를 이용한 혼용 처리에 의한 방제 기술인데, 이들 친환경 자재들의 혼용 처리를 통해 보다 안정적인 약효 및 증진된다고 하였다(Kim 등, 2011; Nam 등, 2010). 흰가루병의 친환경 자재로 탁월한 효능이 있다고 보고

된 난황유를 이용한 방제 기술은 혼용시 방제 효과가 낮아지거나 약해 발생한다고 하였다(Kwon 등, 2009). 한편, 식물병 방제에 중탄산염, 인산염, 규산염, 염화물, 아인산염 등 34종의 무기 화합제가 살균제 대용으로 효과적이라고 보고되어 있다. 이러한 무기화합제는 식물체에 흡수되어 세포 조직내 축적되어 세포벽 강화 및 후벽화 또는 병원균에 대한 방어 기작 작동시킨다고 하였다(Deliopoulos 등, 2010). 따라서 무기화합제 중에서 식물체가 흡수하기 용이한 화합물의 형태나 종류의 규산, 수산화동, 가용성 황 등이 높은 방제 효과가 있다고 하였다(Park 등, 2012). 본 연구에서는 에스필과 수산화동의 혼용 처리에 의한 오이, 토마토, 고추의 흰가루병에 대한 방제 효과 실험에서 약해가 발생하지 않고 혼용에 의한 약효 증진을 확인되어 이를 통한 새로운 친환경 방제 기술의 하나로 현장에서 도입이 가능할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 에스필과 수산화동의 혼용에 의한 오이, 토마토, 고추의 흰가루병에 대한 방제 효과를 구명하고자 수행하였다. 오이 흰가루병에서 에스필과 수산화동의 혼용 처리는 4 : 1 혼용 처리구에서 발병엽률 18.9%와 방제효과 69.9%, 8 : 1 혼용 처리구에서 발병엽률 18.1%와 방제효과 71.1%로 가장 효과적이었 다. 토마토 흰가루병에서 에스필과 수산화동의 혼용 처리는

4 : 1 혼용 처리구에서 발병엽률 12.4%와 방제효과 85.3%, 8 : 1 혼용 처리구에서 발병엽률 14.3%와 방제효과 83.0%로 가장 효과적이었다. 고추 흰가루병에서 에스필과 수산화동의 혼용 처리는 4 : 1 혼용 처리구에서 발병엽률 17.7%와 방제효과 76.4%로 가장 효과적이었다. 이상의 결과를 종합할 때 에스필과 수산화동 혼용처리에 의한 오이와 토마토 흰가루병에 대한 방제 효과는 4 : 1 혹은 8 : 1 혼용 처리가 가장 효과적이고, 고추 흰가루병에서는 4 : 1 혼용 처리가 가장 효과적인 방제 방법으로 구명되었다.

References

- Agrios, G. N. 2008. Plant Pathology. Elsevier Academic Press. pp. 448–452.
- Correll, J. C., Gordon, T. R. and Elliott, V. J. 1987. Host specificity, and biometrical measurements of *Leveillula taurica* in California. *Plant Dis.* 71: 248–251.
- Deliopoulos, T., Kettlewell, P. S. and Hare, M. C. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. *Crop Prot.* 29: 1059–1075.
- Jee, H. J., Shim, C. K., Ryu, K. Y., Park, J. H., Lee, B. M., Choi, D. H. and Ryu, G. H. 2009. Control of powdery and downy mildews of cucumber by using cooking oils and yolk mixture. *Plant Pathology J.* 22: 28–285.
- Kim, G. H., Park, J. Y., Cha, J. H., Jeon, C. S., Hong, S. J., Kim, Y. H., Hur, J. S. and Koh, Y. J. 2011. Control effect of major fungal diseases of cucumber by mixing of biofungicides registered for control of powdery mildew with other control agents. *Korean J. Pestic. Sci.* 15: 323–328. (In Korean)
- Kwon, J. H., Shim, C. K., Jee, H. J. and Park, C. S. 2009. Control of powdery mildew on Solanaceous crops by using COY (Cooking Oil and Yolk Mixture) in the greenhouse. *Res. Plant Dis.* 15: 23–29. (In Korean)
- Nam, M. H., Choi, J. P., Kim, H. J., Lee, J. J., Lim, K. H., Kim, Y. G., Kim, H. T. and Jeun, Y. C. 2010. Controlling activity of *Bacillus subtilis* KB-401 against cucumber powdery mildew caused by *Sphaerotheca fusca*. *Korean J. Pestic. Sci.* 14: 49–53. (In Korean)
- Oh, K. S., Ihm, Y. B., Oh, H. K., Lee, B. N., Kyung, K. S., Kim, N. S., Kim, B. T., Kim, J. W. and Ryu, G. H. 2003. Survey on pesticide usage for the development of pesticide use indicator in fruit vegetables. *Korean J. Pestic. Sci.* 7: 66–73. (In Korean)
- Park, S. J., Kim, G. H., Kim, A. H., Lee, H. T., Gwon, H. W., Kim, J. H., Lee, K. H. and Kim, H. T. 2012. Controlling effect of agricultural organic materials on Phytophthora blight and anthracnose in red pepper. *Res. Plant Dis.* 18: 1–9. (In Korean)
- RDA. 2014. Information of agricultural materials. <http://www.rda.go.kr/matEnvofoodDetail.do>.
- RDA-Genbank. 2014. Directory finder of Korean plant pathology name. <http://www.genbank.go.kr>
- Thanh, D. T., Tam, L. T. T. and Hanh, N. T. 2009. Biological control of soilborne diseases on tomato, potato and black pepper by selected PGPR in the greenhouse and field in Vietnam. *Plant Pathology J.* 25: 263–269.