

친환경 육묘시 세 가지 박과채소의 흰가루병에 대한 친환경 제제의 방제효과

여경환^{1*} · 장윤아² · 김수² · 엄영철² · 이상규² · 이한철¹

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예시험장, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 채소과

Evaluation of Environment-friendly Control Agents for the Management of Powdery Mildew Infection during Seedling Stage of Three *Cucurbitaceae* Vegetables

Kyung-Hwan Yeo^{1*}, Yoon Ah Jang², Su Kim², Young Chul Um², Sang Gyu Lee², and Han Cheol Rhee¹

¹Protected Horticulture Research Station, National Institute of Horticultural and Herbal Sciences, RDA, Busan 618-800, Korea

²Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Sciences, RDA, Suwon 440-706, Korea

Abstract. The purpose of this study was to evaluate the control efficacy of major environment-friendly control agents against powdery mildew, as affected by the application condition such as disease-developing stage and micro-climate, as compared with the efficacy of pesticides in plug seedling of three *Cucurbitaceae* vegetables, including cucumber, melon, and oriental melon. Single or combined application of major six environment-friendly control agents was used in the experiment: two biofungicide (*Ampelomyces quisqualis* 94013 and *Bacillus subtilis* Y1336), two plant extracts (neem oil and extracts of *Rheum undulatum*), and two mineral materials (wetable sulfur powder and lime bordeaux mixture). These control agents were treated to the plug seedlings for preventing powdery mildew and curative applications for managing powdery mildew. In all treatments, the disease incidence declined as daily average temperatures increased to 30°C for consecutive 6~8 days with maximum temperature over 40°C. In preventative application, the control efficacy against powdery mildew was the highest in the treatment of wettable sulfur powder, and lowest in the *B. subtilis* Y1336, with values of 20~40%. In cucumber seedlings, the preventive single application of neem oil or wettable sulfur powder was more effective than curative application of fungicides, while the control efficacy of these agents was similar to those of fungicides in melon seedlings. The single application of *R. undulatum* extracts was also effective in preventing the disease for both cucumber and melon seedlings, showing a higher control efficacy than those of biofungicides during seedling stage. The treatment of water spray was not effective and showed a higher disease incidence than the untreated control plot in the oriental melon and melon seedlings. The curative application with environment friendly control agents, after powdery mildew was first detected, could not successfully controlled the disease at the middle stage (5~10% of disease incidence) of disease development. The curative combined application of [*R. undulatum* extracts (1st application) + wettable sulfur powder (2nd) + neem oil (3rd)] showed the highest control efficacy among the other treatments, with control value over 80% at the early stage (less than 1% of disease incidence) of disease development.

Additional key words : *Ampelomyces quisqualis* 94013, *Bacillus subtilis* Y1336, Neem oil, *Rheum undulatum*, wettable sulfur powder, Lime bordeaux mixture

서 론

최근 농산물에 관한 안전성이 부각되면서 친환경 재배에 대한 관심이 고조되어 유기합성농약보다 친환경제제

등 환경친화적인 방제법의 필요성이 증가되고 있다. 안전한 농산물 생산을 위한 무농약 재배가 일부 친환경 인증농가를 중심으로 실천되고 있으나, 묘 생산단계에서의 친환경 육묘기술 및 병해충 방제기술에 대한 연구 및 기술보급은 미비한 실정이다. 현재 흰가루병(powdery mildew)은 전세계적으로 11,800종의 다양한 기주식물과 흰가루병균이 보고되어 있으며(Koji, 1986), 우리나라에서는 *Sphaerotheca*, *Erysiphe*, *Leveillula*, *Phyllactinia*,

*Corresponding author: khyeo@korea.kr

Received September 15, 2013; Revised November 25, 2013;

Accepted November 27, 2013

Blumeria 등 13속의 병균에 의해 많은 작물에 발생하여 작물의 수량과 품질을 저하시키는 원인이 되고 있다. 박과채소에 흰가루병을 일으키는 병원균은 세계적으로 *Sphaerotheca fusca*(=*fuliginea*)와 *Erysiphe cichoracearum* 두 종류가 보고되어 있는데(Zitter 등, 1996), 국내에서는 주로 *S. fusca*에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다(Shin, 2000). 특히 작물의 집약적 재배가 이루어지는 시설재배에서 발생이 증가하여 오이, 호박, 참외, 멜론 등 박과작물의 정식 후 생육뿐만 아니라 육묘 시에도 큰 피해를 초래하고 있으며, 그에 따라 국내에서도 흰가루병의 친환경 방제를 위한 많은 제제가 개발되어 사용되고 있다. 그러나 친환경제제의 표준사용법의 미확립과 오남용에 따른 방제효과의 감소, 생산성 및 품질 저하 등의 문제점이 나타나고 있는 실정이다. 현재 흰가루병 방제를 위한 친환경 제제로 목록 고시된 종류로는 흰가루병균에 기생하는 유용 곰팡이 중복기생균류와 대황, 님, 해조류 등 천연식물에서 추출한 식물추출물류, 보르도, 유황, 규산염 등의 미네랄 제제류 등이 있으며 최근 이들을 이용한 친환경적 방제에 관한 연구가 발표된 바 있다(Jeong 등, 2012; Nam 등, 2003; Nam 등, 2010). 따라서 본 연구는 박과채소 3종에 대하여 친환경 육묘시 흰가루병의 친환경 방제를 위한 친환경 제제의 사용법에 따른 방제효과를 구명하고 기존 등록된 농약과 그 효과를 비교 평가함으로써 친환경 공정육묘시 병해 방제를 위한 기초자료로 활용하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 공시 작물 및 육묘

공시작물로서는 오이(조은백다다기, 흥농), 멜론(홈런스타, 신젠타종묘), 및 참외(오복꿀참외, 농우바이오)를 사용하였고, 상토는 시판중인 유기상토인 서울유기상토(서울바이오)와 웰빙상토(참그로)를 이용하였다. 각각의 실험작물들은 2012년 5월 7일부터 9월 19일까지 국립원예특작과학원(수원) 육묘용 온실에서 오이와 참외는 40공, 멜론은 32공 플러그 트레이에 2012년 5월 7일, 5월 24일, 6월 12일, 7월 13일, 8월 17일, 및 9월 19일 총 6회 파종하였다. 파종 후 3주간 추가 양분의 공급 없이 물만 공급하다가 이후 생육기동안은 구아노 분말(엔구아노, 누보, N-P₂O₅-K₂O(%)=17-13-3)을 0.2%로 조성한 후 액비로 사용하였다. 액비는 pH보정을 위해 목초액을 1L당 10ml로 희석하여 pH 6~7로 산도를 보정하였으며, 트레이당 1.5~2.0L로 주 1회 저면관수방식으로 공급하였다. 재배기간 동안 온도관리를 위해 천창과 측창 개방으로 자연환기 하였는데, 온실 내 일중 최저 평균온도는 15°C, 최고 평균온도는 35°C로 측정되었다. 온실내부의 광량은

퀀텀센서(#3668I, Spectrum Technologies, USA)를 이용하여 15분 간격으로 측정하였고, 광, 온도, 습도 등 기상환경은 데이터로거(WatchDog 1450, Spectrum Technologies, Inc.)를 이용하여 수집하였다.

2. 병원균 접종 및 공시 친환경제제

시험에 사용한 친환경 제제는 농촌진흥청에서 친환경 유기농자재로서 목록 고시한 제품을 이용하였으며, 처리 후 흰가루병에 대한 방제효과를 무처리, 물살포, 및 기존 등록된 화학농약과 대조하여 그 효과를 검증하였다. 병원균(*Sphaerotheca fusca*)의 접종은 흰가루병에 감염된 호박의 경엽을 잘라 망에 넣은 후, 동일한 환경조건하에서 육묘하여 본엽 1매가 완전히 전개한 건전한 묘 위에서 포자를 털어주는 타락법(Kim 등, 2009; Remigio 등, 2003)으로 접종하여 발병을 유도하였다.

친환경제제는 유효 미생물로서 *Ampelomyces quisqualis* 94013(AQ94013, 1.0 × 10⁷ cfu/g), *Bacillus subtilis* Y1336(BS Y1336, 1.0 × 10⁹ cfu/g), 식물추출물로서 님오일(Neem oil, azadirachtin 0.5%)과 대황추출물(extracts of *Rheum undulatum*, phycion 0.5%), 미네랄 제제는 황수화제(wettable sulfur powder, S 47%)와 석회보르도액(Lime Bordeaux mixture, copper sulfate 14.5% & calcium oxide 14.9%)을 사용하여 단용 또는 혼용처리 하였다. 각각의 제제는 약제 사용량을 준수하여 AQ94013, 님오일, 및 대황추출물은 1000배 희석, 황수화제는 2000배, BS Y1336은 600배, 석회보르도액은 45배 희석하여 사용하였다.

3. 처리방법 및 시험구 배치

친환경제제의 효과를 검증하기 위한 처리방법은 병발생전(흰가루병원균 접종전), 발생초기(접종 후 발병도가 1% 미만), 발병중기(발병도 5~10%로 구별하여 예방과 치료효과에 대하여 검증하고자 하였다. 친환경제제의 효과를 비교하기 위해 무처리, 물살포, 및 화학농약처리를 두었으며, 물살포구는 각각의 병발생 시기별로 작물체의 잎에 충분히 문도록 소형분무기를 사용하여 7일 간격으로 3회 엽면살포하였다. 대조 살균제로는 페나리몰 유제(동부한농, 한국)와 테트라코나졸(bayer CropScience, 한국)을 교호로 사용하였으며 친환경제제 처리와 마찬가지로 흰가루병 발생 전 또는 접종 후(병발생 후) 적용시기에 따라 7일 간격으로 약제를 분무하여 처리하였다.

친환경제제의 병발생전 처리를 위해서는 격리 육묘한 묘에 친환경제제를 처리하고 2일 후 병원균을 동일한 방법으로 접종하였다. 친환경 육묘시 발생초기에 친환경제제 혼용처리에 따른 방제효과를 조사하기 위해 대황추출물, 황수화제, 님오일, AQ94013, BS Y1336, 석회보르

Table 1. The treatment combination of environment-friendly control agents and fungicides, and their abbreviations in the curative combined application.

Treatments (Abbreviations)	1st week	2nd week	3rd week
F	Fenarimol	Tetraconazole	Fenarimol
RU + WSP + NO	Extracts of <i>R. undulatum</i> (RU)	Wettable sulfur powder (WSP)	Neem oil (NO)
WSP + NO + LB	Wettable sulfur powder (WSP)	Neem oil (NO)	Lime Bordeaux mixture (LB)
BS + RU + WSP	<i>B. subtilis</i> Y1336 (BS)	Extracts of <i>R. undulatum</i> (RU)	Wettable sulfur powder (WSP)
LB + AQ + BS	Lime Bordeaux mixture (LB)	<i>A. quisqualis</i> 94013(AQ)	<i>B. subtilis</i> Y1336 (BS)

도액을 4가지 조합으로 혼용하여 발병초기에 매주 1회, 총 3회 분무 처리하였다(Table 1): ['RU+WSP+NO': 대황추출물 (1 주차) + 황수화제 (2 주차) + 님오일 (3 주차), 'WSP + NO + LB': 황수화제(1주차) + 님오일(2주차) + 석회보르도(3주차), 'BS + RU + WSP': BS Y1336(1주차) + 대황추출물(2주차) + 황수화제(3주차), 'LB+AQ+BS': 석회보르도(1주차) + AQ94013(2주차) + BS Y1336(3주차)]. 시험구 배치는 임의배치 3반복으로 하였으며, 모든 처리구의 반복에는 30주 이상의 유묘를 사용하였다. 흰가루병의 발병조사는 적용시기(발생전, 발생후)에 따라 약제 처리 후 주 1회, 총 3~4회 시행하였으며, 흰가루병 발병 전 처리일 경우, 2회 약제처리 후부터 매주 1회 총 4회 시행하였다. 친환경 제제의 평가를 위해 오이, 참외 및 멜론 유묘의 전체 잎을 대상으로 잎에 발생한 흰가루병의 발병지수 및 이병엽율을 조사하였다. 발병지수는 Nam 등(2010)의 연구에서와 같이 흰가루병이 발병하지 않았을 때 0, 엽당 병반면적률이 1에서 5%일 때 발병지수를 1로 하고, 병반면적률이 5.1에서 25%일 때의 발병지수를 2, 25.1~50%일 경우 3, 50.1% 이상일 경우 4로 결정하였다. 조사한 묘 1주의 발병도는 아래 식을 이용하여 구하고 무처리구의 발병도와 비교하여 방제가를 계산하였으며, 약해유무는 달관조사하였다.

$$\begin{aligned} \text{이병엽율}(\%) &= (\text{발병엽수} / \text{전체엽수}) * 100 \\ \text{발병도}(\%) &= \sum(\text{발병지수} * \text{계수}) \\ & / 4 * \text{병반면적률을 조사한 엽수} * 100 \\ \text{방제가}(\%) &= (1 - \text{제제 처리구의 발병도} \\ & / \text{무처리구의 발병도}) * 100 \end{aligned}$$

결과 및 고찰

박과작물의 육묘시 흰가루병의 친환경 방제를 위해 AQ94013, BS Y1336, 님오일, 대황 추출물, 황수화제 및 석회보르도액을 사용하여 병발생전과 병이 발생하는 초기 및 중기에 처리하여 방제효과와 육묘온실내 적산일사량, 일평균 온도 및 상대습도의 변화를 조사하였다 (Fig. 1). 흰가루병의 발병도와 방제효과는 처리시기, 친

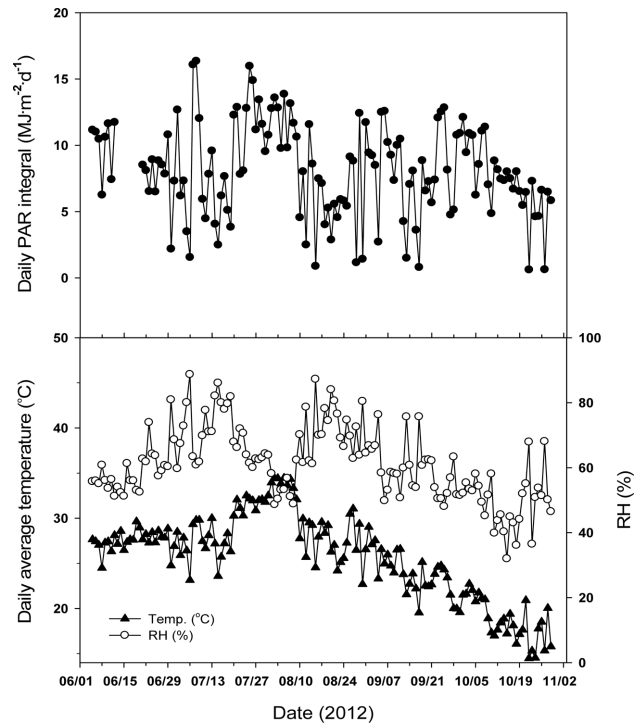


Fig. 1. Changes in daily PAR integral, daily average temperature (°C), and RH (%) in greenhouse during raising seedlings of *Cucurbitaceae* vegetables.

환경제제의 종류뿐만 아니라 온도, 습도 등의 환경조건 과도 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 모든 처리구에서 일평균 최고 적산일사량이 $8\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 이상, 시설 내 일평균 온도 30°C 이상(하루 중 최고기온이 $35\sim 40^\circ\text{C}$)으로서 일주일 이상 지속되는 7월 초순~8월 초순에는 유묘의 흰가루병 발병도가 감소하였고, 대조구의 발병도도 크게 감소되어 10% 미만으로 나타났다(Fig. 2). Elad 등(2007)은 단고추 흰가루병균(*Leveillula taurica*)의 발생과 기상조건과의 관계를 구명하였는데, 분생포자의 발아는 $10\sim 37^\circ\text{C}$ 로 20°C 의 온도와 75~85%의 상대습도 조건에서 최적으로, 생존율은 6시간 동안 40°C 의 온도조건에서 감소되었다고 보고하였다. 고추 흰가루병의 발생은 온도를 $15\sim 20^\circ\text{C}$ 로 낮게 습도를 85~95%로 높게 유지하는 것이 병 발생을 심화시킨다고 알려져 있으며(Elad

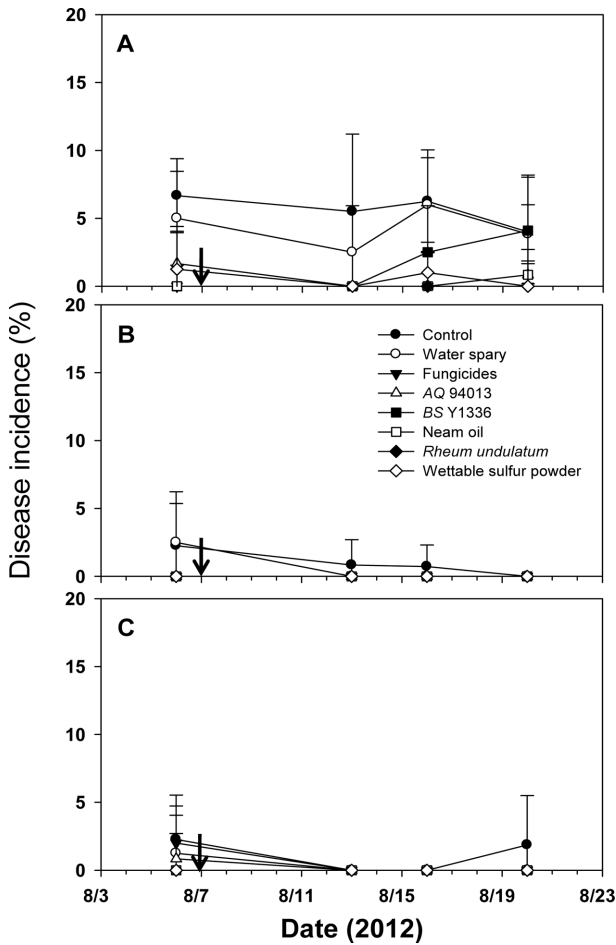


Fig. 2. Disease incidence (%) of powdery mildew on cucumber (A), oriental melon (B), and melon (C) seedlings in preventive application. The dropping inoculation of powdery mildew was performed on the second day after first application. The arrows indicate the last (3rd) application of environment friendly control agents and pesticides. Vertical bars indicate standard deviation of the mean values (n = 15).

등, 2007), Kim 등(2009)의 연구에서는 병징 발현을 위한 환경조건으로 성장상(향온처리, $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$, RH 40 ± 10%)보다는 온실(변온처리, 15~35°C, RH 40~70%)에서 높은 발병도를 보여 향온보다는 변온이 병 발생에 도움을 주었다고 하였다. 일반적으로 포자의 비산은 맑은 날, 고온건조 조건에서 활발하여 제2차 전염원이 되는 것으로 알려져 있다. 육묘기간 동안 온·습도 조건에 따른 방제효과를 볼 때, 병 발생 전후 처리에 상관없이 미생물 제제는 일 평균 온도 30°C 이상의 고온과 상대습도 60% 이하의 환경조건에서 방제효과가 크게 감소하였다 (Figs. 3, 4).

평균온도가 30°C 미만인 7월 초순 이전과 8월 중순 이후, 무처리구에서의 흰가루병의 발병도는 60~100%의 범위로서 친환경제제의 효과를 판단하기에 충분하였다.

Endo(1989)는 오이 흰가루병균(*Sphaerotheca fusca*)의 포자 발아온도는 15~30°C로 발아최적온도는 25°C이며, 35~99%의 습도범위에서 발아를 하지만 99%에서 최고의 발아율을 나타냈다고 하였다. 또한 80% 습도조건에서 흰가루병의 발병온도는 25°C에서 최적이었으며, 25°C에서 접종 5일 후에 습도 75% 이하에서 발병한다고 하였다.

처리시기에 따른 친환경제제의 방제효과를 조사하기 위해 각 시기의 무처리구의 발병도에 대한 방제가를 계산하였을 때, 친환경 제제의 처리시기(병 발생 전과 발생 초기)에 따른 방제효과는 큰 차이가 없었다(Figs. 3, 4). 흰가루병이 발생하기 전 처리에는 제제의 처리 후 시간이 경과함에 따라 방제효과의 감소로 인한 발병도는 증가하는 경향을 보여(Fig. 3) 황수화제를 제외한 나머지 친환경 제제 처리시 3차 처리 후 추가살포가 필요한 것으로 판단되었다. 발생 전 처리시 방제효과는 모든 작물에서 황수화제가 가장 높았고, BS Y1336는 방제가가 20~40%로서 가장 낮게 나타났다. 오이의 경우 발생 전 처리시 님오일과 황수화제 처리는 살균제보다 높은 방제효과를 보였으며, 멜론에서는 농약과 비슷한 방제가를 보였다(Fig. 3). 물살포구는 무처리구와 비슷한 발병도를 보여 방제효과가 없었고, 참외와 멜론에서 물살포 처리는 무처리보다 더 높은 발병도를 보였다.

병 발생 후 친환경제제 처리시 방제효과는 처리 시기가 늦어질수록 감소하여, 흰가루병의 발병도가 25% 이상인 발생중기 이후의 처리는 방제가가 30% 미만으로 낮게 나타났으며, 친환경제제뿐만 아니라 화학농약에 있어서도 병발생전 또는 발생초기에 처리하는 것이 효과적이었다. Keinath와 DuBose(2004)는 수박의 흰가루병 예방과 방제를 위해 여러 화학 살균제와 미생물제제인 *B. subtilis*의 효과를 평가하였는데, 병 발생 후 치료 목적의 살균제 처리는 병이 발생하기 전의 예방처리 보다 방제효과가 낮았고, 방제에 필요한 살균제의 양도 예방처리에 비해 많았음을 보고하였다.

미생물제제 중 *B. subtilis*는 작용범위가 넓어 다양한 식물병에 대한 생물적 방제제로 많이 사용이 되고 있으며, 식물병원성 곰팡이의 군사 생육과 포자발아를 억제하는 것으로 알려져 있다. 또한 흰가루병에 대하여 중복 기생균으로 알려진 AQ94013도 여러 작물의 흰가루병 방제를 위한 생물농약으로 그 가능성이 확인되었으며 *A. quisqualis*의 기생력에 영향을 미치는 환경조건, 기주범주 등에 대한 연구(Lee 등, 2005; Sundhein 등, 1982; Szejnberg and Mazar, 1985)가 이루어졌다. 본 실험에서 미생물제제가 다른 친환경제제에 비하여 방제효율이 낮게 나타난 것은 고온기에 실험이 수행되어 육묘기 동안 온실내 미생물의 포자발아, 군사 생장 및 흰가루병균 기생에 요구되는 적정 온·습도 수준에 부합하지 않았기

친환경 육묘시 세 가지 박과채소의 흰가루병에 대한 친환경 제제의 방제효과

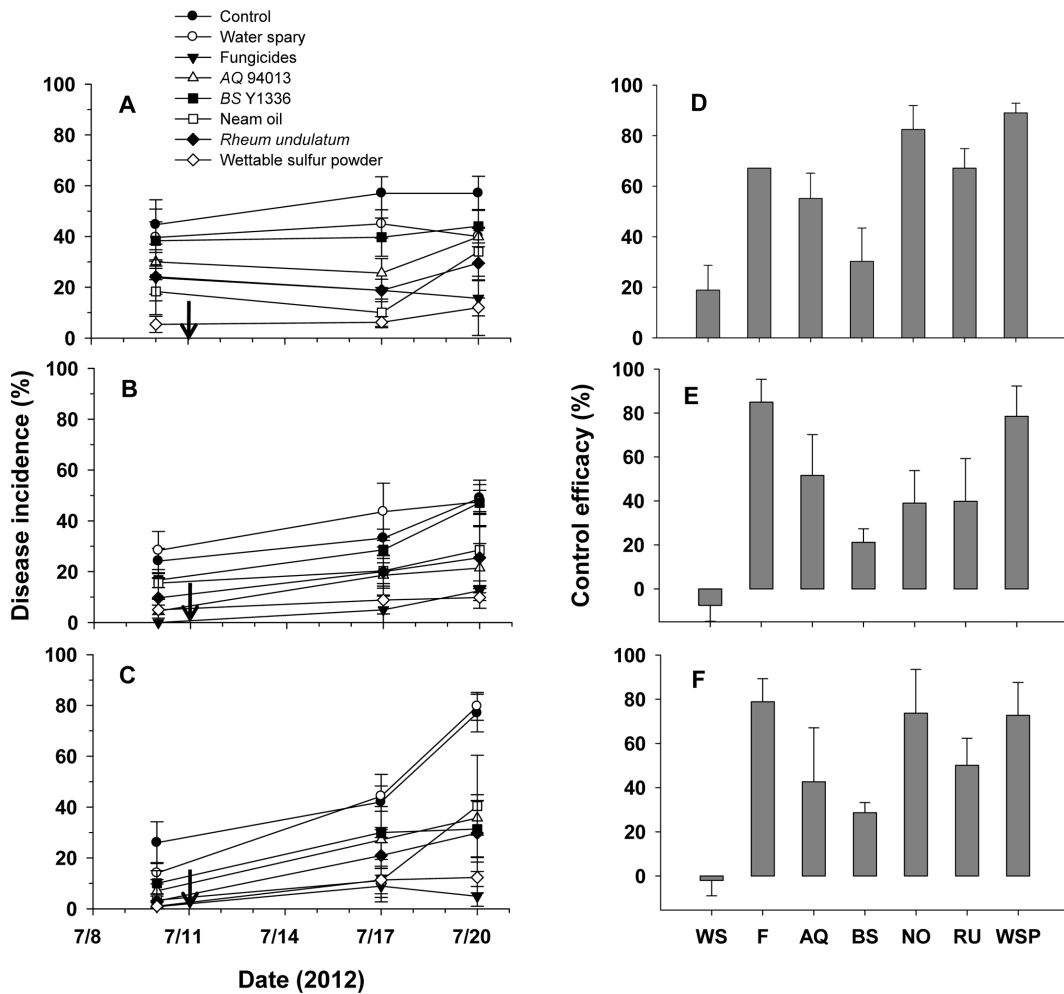


Fig. 3. Disease incidence (%) and control efficacy (%) against powdery mildew on cucumber (A, D), oriental melon (B, E), and melon (C, F) seedlings in the preventative application. The dropping inoculation of powdery mildew was performed on the second day after first application. The arrows indicate the last (3rd) application of environment friendly control agents and pesticides. Vertical bars indicate standard deviation of the mean values (n = 15).

때문으로 판단된다.

결과적으로, 흰가루병에 대한 방제기는 병발생 전후 처리에 상관없이 모든 작물에서 황수화제 처리에서 가장 높게 나타나(59~98%), 농약처리구의 방제가(52~97%)와 비슷한 수준을 나타내었다. 박과작물의 친환경 육묘시 식물성제제인 님오일과 대항추출물은 전 생육기 동안 미생물제제보다 높은 방제기를 나타내었고, 오이와 멜론작물에서 발생초기 처리시 효과가 우수하였으며, 발생전 처리시에는 오이에서 농약보다 높은 방제효과를 나타내었다.

발생초기 처리시 처리횟수에 따른 친환경 제제의 방제효과를 분석한 결과, 오이와 멜론의 경우 2회 이상 처리시 1회 처리보다 효과가 상승하는 경향이 뚜렷하였으나, 참외의 경우 황수화제와 님오일을 제외한 다른 제제 처리에서는 처리횟수 증가에 따른 방제효과의 증가는 나타

나지 않았다(Fig. 4).

친환경제제의 단용처리 뿐만 아니라, 혼용처리에 의한 방제효과를 조사하기 위해 대항추출물, 황수화제, 님오일, AQ94013, BS Y1336, 석회보르도액을 4가지 조합으로 혼용하여 처리한 결과, 흰가루병의 발병도 및 방제효과는 Table 2와 같다. 각 작물별 발병도 및 방제효과는 처리간에 고도로 유의하였으며, 대항추출물(1주차) + 황수화제(2주차) + 님오일(3주차)의 조합은 전 육묘기간 동안 오이에서 90% 이상의 방제효과를 보였으며, 참외에서도 평균 80% 이상의 방제효과를 나타내었다. BS Y1336(1주차) + 대항추출물(2주차) + 황수화제(3주차)의 조합의 경우, 처리 후 시간의 경과에 따라 방제효과는 증가하는 경향을 보여 처리 후 4일부터는 평균 80%의 방제기를 나타내었다. 반면 석회보르도액(1주차) + AQ94013(2주차) + BS Y1336(3주차)의 조합은 다른 처리에 비해서 처리 후

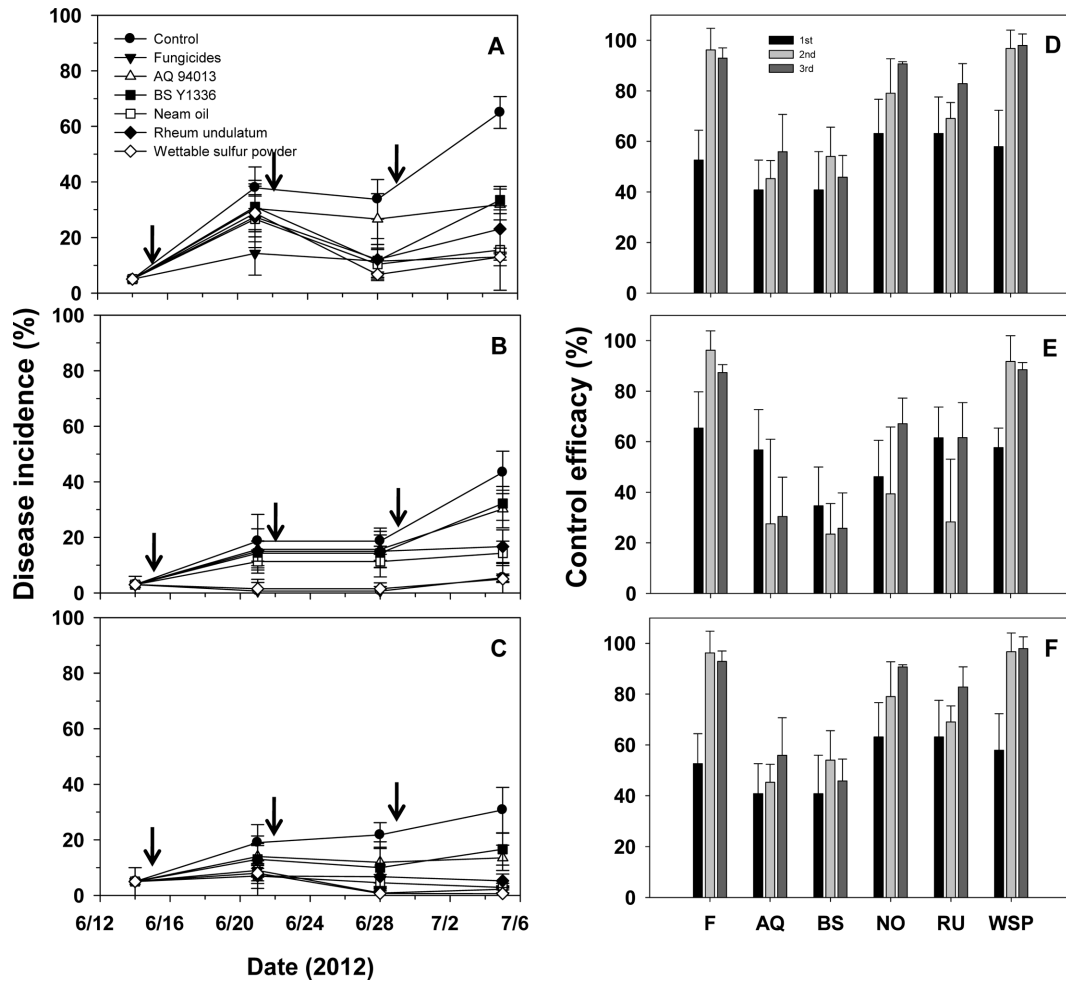


Fig. 4. Disease incidence (%) and control efficacy (%) against powdery mildew on cucumber (A, D), oriental melon (B, E), and melon (C, F) seedlings in the curative combined application. The dropping inoculation of powdery mildew was performed on the second day after first application. The arrows indicate the single applications of environment friendly control agents and pesticides. Vertical bars indicate standard deviation of the mean values (n = 15) [F: fungicides, AQ: *A. quisqualis* 94013, BS: *B. subtilis* Y1336, NO: neem oil, RU: Extracts of *R. undulatum*, WSP: wettable sulfur powder].

시간이 경과함에 따라 방제효율이 빠르게 감소되어 다른 처리에 비해 낮은 방제효과를 나타내었다. 육묘기간 동안의 화학 살균제 처리는 대체적으로 높은 방제기를 보였으나(86~100%), 오이의 육묘에서 지수 1 정도의 약해 현상이 나타나 육묘에 처리시 주의가 필요할 것으로 생각된다.

본 실험결과를 통해 박과채소의 친환경 육묘시 흰가루병에 대한 친환경제제의 방제효과는 단용처리 했을 때, 병발생 전후 처리에 상관없이 모든 작물에서 황수화제 처리가 가장 높게 나타났으며, 혼용처리 시에는 대항추출물(1차) + 황수화제(2차) + 님오일 (3차)의 조합이 가장 효과가 높은 것으로 나타났다. 친환경제제를 사용함에 있어서 육묘시기 동안 더욱 안정적이고 효율적인 사용을 위해서는 작물생육 시기에 따른 효과적인 온·습도 관리

와 적절한 사용방법이 필요할 것이다. 친환경제제를 사용한 방제법은 농산물의 안정성뿐만 아니라 대부분 수입에 의존하는 화학농약의 사용량을 줄이고, 농약 사용에 의한 토양, 수질 및 생태계환경 개선에 도움을 줄 수 있을 것이다.

적 요

본 실험은 박과류(오이, 참외, 멜론)를 공시작물로 하여 친환경 육묘시 친환경 제제와 사용조건에 따른 흰가루병의 방제효과를 구명하고 기존 등록된 농약과 대조하여 그 효과를 검증하기 위해 수행되었다. 친환경제제는 유효 미생물로서 *Ampelomyces quisqualis* 94013(AQ94013)과 *Bacillus subtilis* Y1336(BS Y1336), 식물추출물로서 님

Table 2. Disease incidence (DI, %) and control efficacy (CE, %) against powdery mildew on cucumber, oriental melon, and melon seedlings at the early stage of disease development in the curative combined application.

Crops	Treatments ^{zy}	0 DAT		4 DAT		7 DAT		10 DAT	
		DI (%)	CE (%)	DI (%)	CE (%)	DI (%)	CE (%)	DI (%)	CE (%)
Cucumber	Control	69.3	-	92.7	-	81.3	-	75.0	-
	F	9.4	86.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.0
	RU + WSP + NO	6.9	90.0	3.5	96.3	6.9	91.5	4.17	94.4
	WSP + NO + LB	27.8	59.9	6.9	92.5	0.0	100.0	0.00	100.0
	BS + RU + WSP	38.4	44.5	21.3	77.0	16.7	79.5	1.39	98.1
	LB + AQ + BS	40.3	41.9	31.6	65.9	47.6	41.5	56.3	29.2
Oriental melon	Control	68.9	-	79.1	-	74.9	-	99.0	-
	F	2.86	95.8	0.00	100.0	4.79	93.6	3.13	96.8
	RU + WSP + NO	7.22	89.5	14.1	78.5	6.02	92.0	23.4	76.3
	WSP + NO + LB	24.0	65.1	18.2	76.9	18.8	74.8	45.7	53.8
	BS + RU + WSP	24.2	64.9	13.5	82.9	17.4	76.7	7.44	92.5
	LB + AQ + BS	49.4	28.2	50.9	35.6	62.1	17.1	67.7	31.6
Melon	Control	53.7	-	77.1	-	86.1	-	83.3	-
	F	2.88	94.9	3.65	95.3	1.82	97.9	4.69	94.1
	RU + WSP + NO	14.1	74.9	8.45	91.3	10.5	88.1	36.5	53.9
	WSP + NO + LB	42.8	23.9	29.4	61.9	46.1	47.7	54.2	31.9
	BS + RU + WSP	16.3	55.1	16.3	78.9	18.1	85.9	15.1	80.9
	LB + AQ + BS	40.7	38.2	41.4	46.3	95.6	-8.61	80.6	5.26
Significance ^z									
Crops (C)		NS	NS	NS	*	***	***	***	***
Control agents (CA)		***	***	***	***	***	***	***	***
C × CA		*	NS	*	*	***	***	***	***

^zTreatments abbreviations: F (fungicides), AQ (*A. quisqualis* 94013), BS (*B. subtilis* Y1336), NO (neem oil), RU(Extracts of *R. undulatum*), WSP(wettable sulfur powder).

^yProbability of significant F values: NS, *, **, ***: non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

오일(Neem oil)과 대항(*Rheum undulatum*)추출물, 미네랄 제제는 황수화제와 석회보르도액(Lime Bordeaux mixture)을 단용 또는 혼용처리하여 병 발생시기(발생전, 초기, 중기)에 따라 처리하였다. 모든 처리구에서 시설내 일 평균온도 30°C 이상, 하루 중 최고기온이 40°C 이상의 조건이 일주일 이상 지속되는 기간 동안 육묘의 흰가루병의 발병도는 감소하였고, 대조구인 무처리구에서의 발병도도 크게 감소되어 10% 미만으로 나타났다. 발생 전 처리시 방제효과는 모든 작물에서 황수화제가 가장 높았고, BS Y1336는 방제가가 20~40%로서 가장 낮게 나타났다. 오이의 경우 발생전 처리시 님오일과 황수화제 처리는 살균제보다 높은 방제효과를 보였으며, 멜론에서는 농약과 비슷한 방제가를 보였다. 대항추출물은 전 생육 기간 동안 미생물제제보다 높은 방제가를 나타내었고, 오이와 멜론작물에서 발생초기 처리시 효과가 우수하였다. 물살포구는 무처리구와 비슷한 발병도를 보여 방제 효과가 없었고, 참외와 멜론에서 물살포 처리는 무처리보다 더 높은 발병도를 보였다. 병발생후 친환경제제 처리시 방제효과는 처리하는 시기가 늦어질수록 감소하였다. 친환경제제의 혼용처리에 의한 방제효과를 조사하였

을 때, 대항추출물(1주차) + 황수화제(2주차) + 님오일(3주차)의 조합으로 한 가지의 친환경제제를 주당 1회씩 총 3주 동안 혼용처리 했을 때, 전 육묘기간 동안 오이에서는 90% 이상, 모든 작물에서 평균 80% 이상의 방제가를 나타내어 다른 조합의 처리에 비해 높은 방제효과를 보였다. 본 실험결과를 통해 박과채소의 친환경 육묘시 흰가루병에 대한 친환경제제의 방제효과는 단용처리 했을 때, 병발생 전후 처리에 상관없이 모든 작물에서 황수화제 처리가 가장 높게 나타났으며, 혼용처리시에는 대항추출물(1주차) + 황수화제(2주차) + 님오일(3주차)의 조합이 가장 효과가 높은 것으로 나타났다.

추가 주제어 : *Ampelomyces quisqualis* AQ94013, *Bacillus subtilis* Y1336, 님오일, 대항추출물, 황수화제, 석회보르도액

사 사

본 연구는 2012년도 농촌진흥청 박사후연수과정지원 사업(과제번호: PJ0063452012)에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

- Elad, Y., Y. Messika, M. Brand, D.R. David, and A. Szejnberg. 2007. Effect of microclimate on *Leveillula taurica* powdery mildew of sweet pepper. The American Phytopathological Society 97(7):813-824.
- Endo, T. 1989. Studies on the life-cycle of cucurbit powdery mildew fungus *Sphaerotheca fuliginea* (schlecht) Poll. Spec. Bull. Fukushima Pref. Agr. Exp. Stn. 5:1-106.
- Jeong, K.J., Y.S. Chon, S.H. Ha, H.K. Kang, and J.G. Yun. 2012. Silicon application on standard chrysanthemum alleviates damages induced by disease and aphid insect. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30(1):21-26 (in Korean).
- Keinath, A.P. and V.B. DuBose. 2004. Evaluation of fungicides for prevention and management of powdery mildew on watermelon. Crop Prot. 23:35-42.
- Kim, D.H., J.H. Park, J.S. Lee, K.S. Han, Y.K. Han, and J.H. Hwang. 2009. Effect of temperature, relative humidity on germination and development of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on pepper and its inoculation method. Res. Plant Dis. 15(3):187-192 (in Korean).
- Koji, A. 1986. Host range and geographical distribution of the powdery mildew. Japan Societies Press, Tokyo, Japan.
- Lee, S.Y., J.D. Ryu, and G. Kim. 2005. Environmental factors affecting parasitism to cucumber powdery mildew fungus, *Sphaerotheca fusca* by *Ampelomyces quisqualis* 94013 and its host range. Res. Plant Dis. 11(2):167-172 (in Korean).
- Lee, O.H., H.S. Hwang, J.Y. Kim, J.H. Han, Y.S. Yoo, and B.S. Kim. 2001. A search for sources for sources of resistance to powdery mildew (*Leveillula taurica* (Lév.) Arn) in pepper (*Capsicum* spp.). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 19:7-11 (in Korean).
- Nam, M.H., S.K. Jung, S.W. Ra, and H.G. Kim. 2003. Control efficacy of sodium bicarbonate alone and in mixture with polyoxyethylene sorbitanmonolaurate on powdery mildew of strawberry. Kor. J. Hort. Sci. 21(2):98-101 (in Korean).
- Nam, M., J. Choi, H.J. Kim, J. Lee, K. Lim, Y.G. Kim, H.T. Kim, and Y.C. Jeun. 2010. Controlling activity of *Bacillus subtilis* KB-401 against cucumber powdery mildew caused by *Sphaerotheca fusca*. Kor. J. Pesticide Sci. 14(1):49-53 (in Korean).
- Remigio, A.G.P., R.M. Davis, and J.J. Marois. 2003. Effects of relative humidity and high temperature on spore germination and development of tomato powdery mildew (*Leveillula taurica*). Crop Protection 22(10):1157-1168.
- Shin, H.D. 2000. Erysiphaceae of Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea. p. 227-235.
- Sundheim, L. and J. Amunden. 1982. Fungicide tolerance in the hyperparasite *Ampelomyces quisqualis* and integrated control of cucumber powdery mildew. Acta Agri. Scand. 32:349-355.
- Szejnberg, A. and S. Mazar. 1985. Biocontrol of cucumber and carrot powdery mildew by *Ampelomyces quisqualis*. Phytopathology 75:1301-1302.
- Zitter, T.A., D. Hopkins, and C.E. Thomas. 1996. Compendium of Cucurbit Diseases. APS Press, ST. Paul, MN, USA. p. 87.