

# *Xylogone ganodermophthora* 배양체 추출물 및 아인산칼륨 수용액을 이용한 시설수박 흰가루병 발생 억제효과

## Suppression of Powdery Mildew Using the Water Extract of *Xylogone ganodermophthora* and Aqueous Potassium Phosphonate Solution on Watermelon under Greenhouse Conditions

강효중\* · 김영상 · 김태일 · 정택구 · 한중우 · 남상영 · 김익제

충청북도농업기술원

**\*Corresponding author**

Tel : +82-43-220-5862

Fax: +82-43-220-5859

E-mail: pine86@korea.kr

**Hyo-Jung Kang\*, Youngsang Kim, Taeil Kim, Taek Ku Jeong, Chong U Han, Sang Young Nam and Ik-Jei Kim**

Watermelon Research Institute, Division of Research and Development, Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Eumsung 369-824, Korea

*Xylogone ganodermophthora* (Xg) is an ascomycetous fungus that causes yellow rot on cultivated *Ganoderma lucidum*. Previously, we reported *in vitro* antifungal activities of a Xg culture extract against several watermelon pathogens. In 2014, we conducted greenhouse experiments to evaluate the control efficacy of a water extract of cultured Xg on watermelon powdery mildew (WPM). The test material (stock solution, ca. 4,000 µg/ml) was prepared by an autoclaved Xg culture in water at a ratio of 800 g of culture per 6 liter of water, and then filtering it through filter paper. Six foliar applications of the solutions (diluted 100- and 1,000-fold) significantly suppressed the formation of conidiophores and conidia. The inhibitory effect of aqueous potassium phosphonate solution on the disease and its phytotoxicity was tested. Phytotoxicity on watermelon plants was observed at concentrations of 1,000 and 2,000 µg/ml as irregular brownish spots. The control efficacies against WPM were 91.9% at 2,000 µg/ml, 64.9% at 1,000 µg/ml, and 62.2% at 500 µg/ml.

**Keywords :** Control, Fungicide, Powdery mildew, Watermelon, *Xylogone ganodermophthora*

Received August 11, 2015

Revised September 15, 2015

Accepted September 30, 2015

### 서 론

국내에서 재배하는 수박에서 발생하는 흰가루병은 *Podosphaera xanthii* 1종에 의해서 발생하고 있다(Shin, 2000). 이와는 달리 유럽과 북미 등에서는 *Golovinomyces orontii* 등이 함께 발생하고 있으며, 최근에 일본에서는 *G. orontii* 발생이 보고된 바 있고, 중국에서는 우리나라와 마찬가지로 *P. xanthii* 1종이 발견되

고 있다(Liu 등, 2011; Uchida 등, 2009). 우리나라에서 *P. xanthii* (= *Sphaerotheca fusca*=*S. fuliginea*)는 오이, 참외, 호박 등에 발생하는 흰가루병균과 동일한 종으로 알려져 있으나(Shin, 2000), 수박의 경우 전체 생육기간 동안 주당 한 개의 상품과만을 생산하고 있어 흰가루병 발생으로 인한 경제적 피해가 다른 박과류 작물에 비하여 상대적으로 크다(Kim 등, 2008). 특히 수박 흰가루병균은 살균제에 대한 약제 저항성이 쉽게 발현되는 것으로 알려져 있으며(Kim 등, 2008; McGrath, 2001) 국내에서는 오이(Kim 등, 2008), 참외(Lee 등, 2010) 등에서 보고된 바 있고, 국외에서는 수박 흰가루병 저항성 품종 개발을 위한 연구도 이루어지고 있다(Davis 등, 2006). 이를 극복하기 위하여 농가에

**Research in Plant Disease**

©The Korean Society of Plant Pathology

pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

서는 살균제 교차 살포뿐 아니라 유황, 미생물제제, 식물성 오일류 등을 주성분으로 하는 유기농업자재 등을 적극 활용하고 있다(Jee 등, 2008; Lee 등, 2007; Nam 등, 2005).

*Xylogone ganodermorphthora*는 영지버섯의 병원균으로 보고된 자낭균의 일종으로(Kang 등, 2010), 배양체 추출물의 몇 가지 식물병원균에 대한 항균활성이 확인되어 이 연구에 사용하였다(미발표 자료). 아인산칼륨 수용액은 아인산을 물에 녹여 만든 수용액에 수산화칼륨으로 중화하여 조제하여 사용하고 있는 농자재로써, 아인산 음이온이 다양한 작용기작을 통하여 식물병 방제에 기여하고 있는 것으로 보고되고 있으며, 흔히 아인산 또는 아인산염이라는 명칭으로 통용되고 있고, 상추, 토마토, 장미 등 다양한 작물에서 역병과 흰가루병 방제를 위하여 널리 사용되고 있다(Jee 등, 2002). 따라서 이 연구에서는 흰가루병 방제를 위한 유기합성농약의 사용량을 절감하고 살균제 저항성 발생 위험을 경감하기 위한 방안으로서 미생물 배양체 추출물과 아인산칼륨 수용액의 이용 가능성을 검토하고자, 유묘를 이용한 포트재배 실험을 수행하였다. 또한, 시설재배의 작과기 무렵 성체식물에 아인산칼륨 수용액을 처리하였을 때 나타나는 식물체 피해 증상(약해, phytotoxicity)과 흰가루병 발생 억제효과를 조사하였으며, 이를 바탕으로 농가 포장조건에서 적용을 통한 현장 활용 가능성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

**시험균주 및 배양체 추출물 조제.** 자낭균의 일종으로 영지버섯에 노랑병을 일으키는 것으로 알려진 *X. ganodermorphthora* KACC93082P 균주(Xg)를 감자한천평판배지에 접종하고 28°C에서 7일간 배양한 후 배지를 포함한 균사 조각을 약 2×2 cm 정도의 크기로 잘라 살균한 톱밥배지에 접종하였다. 톱밥배지는 참나무 톱밥과 미강을 8:2(v/v)로 혼합하고 수분을 약 70% (w/w) 함유하도록 물을 첨가한 후 고압멸균기를 이용하여 121°C, 15 psi에서 90분간 살균한 후 상온에서 하루 방치한 후 동일한 조건에서 2차 살균을 하였다. 살균을 마친 톱밥배지에 균주를 접종하고 28°C, 암조건에서 약 50일간 배양하였다. 배양이 완료된 후 배지를 포함하는 배양체 800 g을 취하여 증류수 6l를 첨가하는 비율로 혼합하여 살균한 후 여과하고 그 여과액을 물 추출물 원액(XgW, 최종농도 4,000 µg/ml)으로 하여 시험을 수행하였다.

**물 추출물(XgW)의 수박 흰가루병 억제효과 시험.** 물 추출물(XgW)을 처리 농도별로 희석하여 식물생육상을 이용하여 어린 수박식물체와 포장시험을 수행하였다. 식물 생육상을 이용한 유묘 시험은 2013년 9월 17일에 파종하고 시험물질을 2회(10월 24일, 11월 1일) 경엽 분무 처리하고, 최종 처리 10일 후(11월 11일) 흰가루병 발생여부를 식물체 표면의 분생자병 또는 분생포자 등의 형성 여부를 육안으로 관찰하여 판단하였다.

흰가루병 접종은 Conviron™ Plant growth chamber에서 온도 20±1°C, 상대습도 60±5%를 유지하면서 흰가루병이 심하게 발생한 식물체를 유지하면서 공기 흐름에 의한 감염을 유도하였다. 포장시험은 2014년 충청북도 음성군 대소면에 위치한 수박연구소 시험포장(비닐하우스)에서 수행하였다. 2기작 재배작형에서 시험을 수행하였으며, 접목재배한 삼복꿀수박 유묘를 정식하고 재배하면서 흰가루병이 자연발병하였을 때 시험물질을 살포하기 시작하였다. 시험물질은 물 추출물 100배액(XgW 10<sup>-2</sup>), 1,000배액(XgW 10<sup>-3</sup>), 실록세인액제(실루엣, 6.7 ml/20 l, Si), 물추출물 100배액과 실루엣 혼합제(XgW 10<sup>-2</sup>+Si), 미생물 농약 탐시드(2 ml/20 l, T), 지하수(W)를 사용하였으며 대조구로 무방제구(CK)를 두고 시험하였다. 시험물질은 발병초부터 6회(8월 21일, 8월 28일, 9월 4일, 9월 12일, 9월 18일, 9월 25일) 배부식 20 l 분무기를 이용하여 약액이 엽면을 충분히 흐를 정도로 경엽 분무 처리 하였다. 병조사는 3회(9월 17일, 9월 25일, 10월 7일) 시험구당 전체 엽면적에 대한 병반면적율(%)을 조사하였다. 1, 2회 병조사는 흰가루병 표징으로 조사하였으며, 3회 조사는 시험구당 전체의 고사한 엽면적으로 조사하였다. 시험구배치는 난괴법 2반복으로 수행하였으며 시험구당 7주의 식물체를 처리하였으며, 물 추출물(XgW)은 최종농도 4,000 µg/ml을 원액으로 하여 시험을 수행하였다.

**재배방법.** 수박에 대한 아인산칼륨 수용액의 약해 발생 여부를 확인하기 위하여 유묘 포트 시험을 수행하였다. 포트 재배는 접목재배 수박묘(품종: 삼복꿀, 대목: 불로장생, 줄기당 분엽 3매 전개)를 화분에 정식하고 비닐하우스내 멀칭 비닐위에 배치하여 시험처리를 하였다(Fig. 2). 아인산칼륨 수용액에 대한 약효 약해시험을 위한 수박 재배는 충청북도 음성군 대소면에 위치한 수박연구소내 시험 포장(무가온 비닐하우스)를 이용하여 삼복꿀수박(대목:불로장생)을 45×125 cm의 재식밀도로 2010년 4월 5일에 정식하고 7월 7일에 수확하는 반촉성 재배작형을 이용하였다. 포기당 3줄기를 유인하여 1과를 착과하는 재배 방법을 사용하였으며, 5월 하순경에 꿀벌을 이용하여 수분을 하였다. 농가 실증 시험은 진천군 이월면 장양리에 위치한 농가 포장(무가온 비닐하우스)에서 동일한 품종과 대목을 이용하여 7월 6일 정식, 7월 31일에 꿀벌을 이용하여 수분, 9월 16일에 수확하는 재배 작형에서 수행하였다.

**아인산칼륨 수용액 조제 및 약제처리.** 아인산칼륨 수용액은 지하수에 아인산(Phosphorous acid, 98%, H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>, Acros Organic)을 첨가하여 2,000 µg/ml 수용액(P2000)을 조제하고 수산화칼륨(Potassium Hydroxide, 순도 86% 이상, KOH, Ciga-Reagent)을 첨가하면서 산도 측정기(pH Meter, handylab 11, Schott)를 이용하여 최종 pH를 6.5–7.0에 맞추어 조제하였고, 이 수용액을 희석하여 1,000 µg/ml(1000P), 500 µg/ml(500P), 및 300 µg/ml(300P) 수용액으로 사용하였다. 수박유묘 포트 재

배를 이용한 약해 시험에서는 정식 직후 약제를 살포하였다. 수박연구소내 비닐하우스에서 수행된 약효 약해시험에서 아인산칼륨 수용액의 처리는 수박 잎에 흰가루병 발생이 관찰된 직후부터 7일 간격으로 5회(5월 17일, 5월 24일, 5월 31일, 6월 7일, 6월 14일) 잎과 줄기 등에 골고루 살포하였다. 농가실증시험의 약제 처리는 하우스 1동(약 400주) 가운데 1/4의 면적(100주)대 하여 201 배부식 분무기를 이용하여 아인산칼륨 300 µg/ml 수용액을 4회(8월 2일, 8월 12일, 8월 25일, 9월 2일) 살포하였으며, 휴반과 인접한 관행방제 처리구(살균제 4회 살포 베노밀수화제 - 산요류유제 - 영일바이오수화제 - 오티바수화제, 100주)와 비교하였다.

**약해 및 흰가루병 조사.** 수박 유묘 포트 재배를 이용한 약해 시험에서 약해는 약제 살포 1일 후에 조사하였다. 수박연구소내 반촉성 재배 작형 비닐하우스에서 아인산칼륨 수용액을 7일 간격 5회 살포한 시험에서, 약해는 2-5차 처리 직전에 4회 관찰하고, 잎에 나타난 반점의 개수와 크기 등을 관찰하여 약해 없음(-), 잎당 1-2개 반점 형성(+), 잎당 3개 이상 반점 형성(++) 등으로 조사하였다. 흰가루병 발생은 자연 발병으로 유도하였으며 고랑에 관수하고 야간에 측창을 닫아 두어 발병을 조장하였다. 시험구 배치는 난교법 5반복으로 하여 시험을 수행하였다. 시험구당 4포기를 심고 양쪽 가장자리 2포기를 제외한 2포기에 대하여 약제를 살포하고 최종 약제 처리 7일 후 (6월 21일)에 병조사를 하였다. 병조사는 시험구당 50엽에 대하여 이병엽율(%), 병반면적율(%), 발병도 등을 다음과 같이 조사하였다.

- 이병엽율(%) = 이병엽수/조사엽수 × 100
- 병반면적율(%) = 병반면적/엽면적 × 100
- 발병도 =  $\sum(\text{발병계수} \times \text{발병엽수}) / (4 \times \text{조사엽수}) \times 100$
- 0: 발병 없음, 1: 병반면적율 1-5%, 2: 병반면적율 5.1-20%, 3: 병반면적율 20.1-40%, 4: 병반면적율 40% 이상

농가실증시험에서 병조사는 처리당 5포기에 대하여 포기당 10엽씩 모두 50엽에 대하여 위와 같은 방법으로 9월 13일에 이병엽율과 병반면적율을 조사하였다.

**통계분석.** 흰가루병 발병율 조사 자료에 대하여 분산분석을 수행하고, 처리 평균에 대한 Duncan's multiple range test를 이용하여 처리 평균간 비교를 하였다.

### 결과 및 고찰

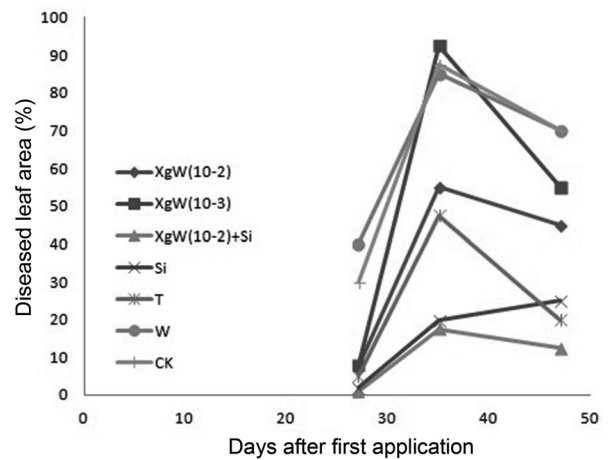
**X. ganodermophthora 물 추출물 처리에 의한 흰가루병 발생 억제 효과.** 흰가루병이 만연된 식물생육상에서 배양체 물 추출물(XgW) 10배, 100배, 1,000배액을 어린 수박 식물체에 경엽 살포 처리를 하였을 때, 추출물 처리에서는 흰가루병이 발생

**Table 1.** Inhibitory effect of *X. ganodermophthora* water extract on watermelon powdery mildew in plant growth chamber<sup>a</sup>

Treatment (µg/ml) <sup>b</sup>	Formation of conidiophores and conidia on the stem
XgW10 <sup>-1</sup> (400)	absent
XgW10 <sup>-2</sup> (40)	absent
XgW10 <sup>-3</sup> (4)	absent
D.W.	Present

<sup>a</sup>The experiment was conducted in plant growth chamber (Conviron<sup>TM</sup>) heavily infested with WPM. The Sambokkool seeds were sown on September 17 in 2013. The temperature was 20±1°C and relative humidity was 60±5%. Foliar application of extract was performed on each one young watermelon plant.

<sup>b</sup>Each material was sprayed twice (October 24<sup>th</sup> and November 1<sup>st</sup>). The disease was evaluated 10 days after treatment.



**Fig. 1.** Changes in diseased leaf area over time after XgW spray. Each test material was applied six times from the disease onset (Aug. 21 and 28; Sep. 4, 12, 18, and 25). The disease was examined on Sep. 17, Sep 25 and Oct. 7. In the first and second examinations, disease was rated using the area with distinct white mycelia, conidiophores or conidia. For the final rating, the diseased leaf area was evaluated with dead leaf area.

하지 않았으나 증류수 처리에서만 흰가루병 발생이 관찰되었다(Table 1). 또한 흰가루병이 자연 발병한 수박 2기작 비닐하우스 재배에서 발병초부터 Xg 배양체 물 추출물 100배액, 1,000배액 등을 처리한 결과 1차 처리 27일 후 병조사에서 Xg 100배액 처리의 병반면적율이 7.5%로 나타나, 무처리 30%, 물 처리 40%에 비하여 낮은 발병율을 나타냈다(Fig. 1). 그러나 1차 처리 35일 후 병조사에서는 발병이 크게 증가하여 발병압력이 높아지는 상황에서는 흰가루병 발생 억제효과가 크게 감소하는 것으로 나타났다. 추출물 처리에 의한 식물체 피해는 관찰되지 않았다.

**아인산칼륨 수용액 처리에 따른 약해 증상.** 아인산칼륨 수용액을 경엽살포 후 수박 잎에서 나타나는 약해 증상은 성체 식물(줄기당 본엽 20매 전개, 비닐하우스 정식 42일 후부터 7일

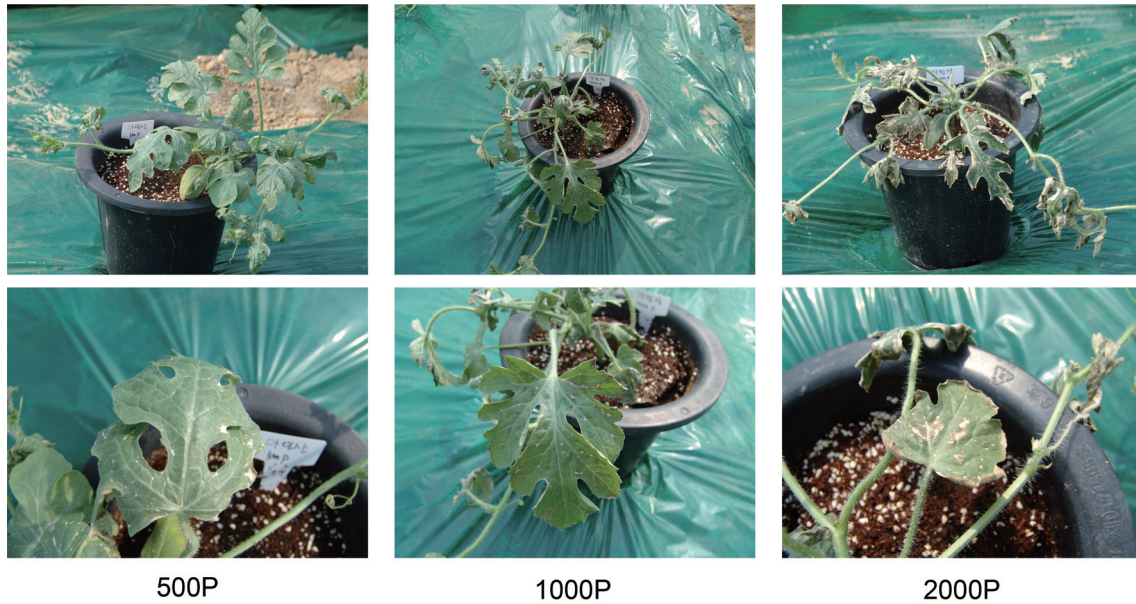


Fig. 2. Phytotoxicity of phosphonate solutions on young watermelon plants. From the left, 500P (500  $\mu\text{g/ml}$ ), 1000P (1,000  $\mu\text{g/ml}$ ), 2000P (2,000  $\mu\text{g/ml}$ ) phosphonate solution was applied, respectively. The phytotoxicity was examined one day after treatment.

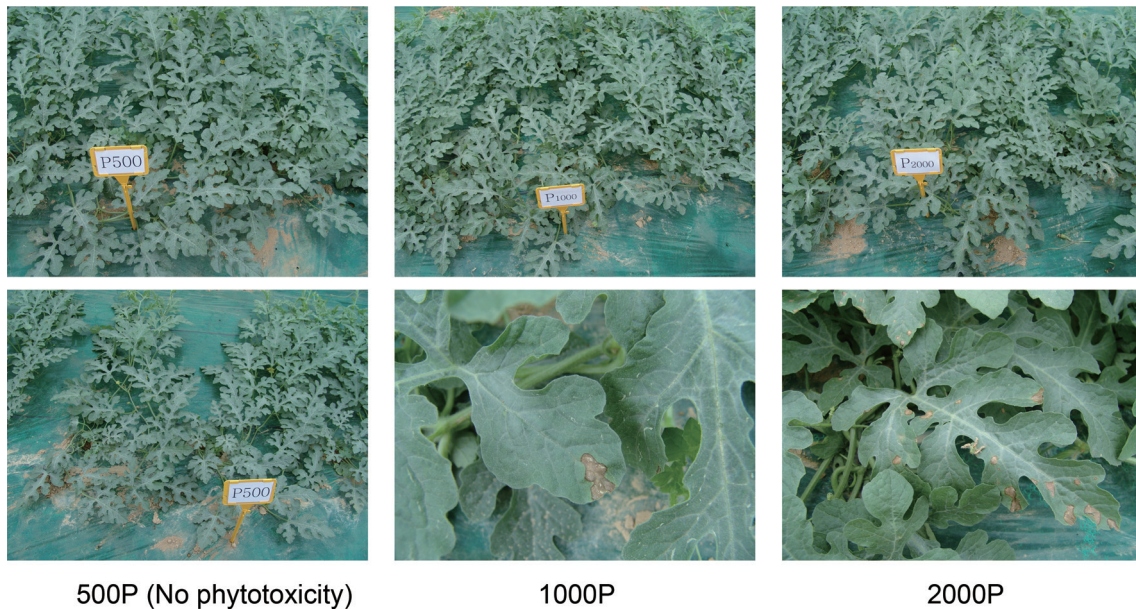


Fig. 3. Phytotoxicity of phosphonate solutions on watermelon leaves under greenhouse conditions. From the left, 500P (500  $\mu\text{g/ml}$ ), 1000P (1,000  $\mu\text{g/ml}$ ), 2000P (2,000  $\mu\text{g/ml}$ ) phosphonate solution was applied, respectively. The phytotoxicity was examined one day after treatment.

간격 4회 처리)보다 어린 식물(줄기당 본엽 3매 전개, 화분에 옮겨 심은 직후 약제 1회 처리) 처리에서 심하게 나타났다(Fig. 2, Fig. 3). 이러한 결과는 수박 잎의 조직이 덜 비후된 상태에서 약제와 접촉함으로써 나타난 현상으로 보인다. 또한 어린 식물체를 화분에 이식한 직후 약제를 처리함으로써 뿌리 활착이 완전하게 이루어지지 않은 상태에서 잎이 약제에 노출됨으로써 약해 증상이 보다 심하게 나타난 것으로 추정된다. 한편 성체 식물에 처리하였을 때에는 2,000  $\mu\text{g/ml}$  처리에서 가장 심한 약해

증상을 보였으며, 1,000  $\mu\text{g/ml}$  처리에서는 보다 경감된 약해 증상을 나타냈고, 500  $\mu\text{g/ml}$  처리에서는 약해 증상이 관찰되지 않았다(Table 2, Fig. 3). 약해 증상은 성엽에서 원형 내지 부정형의 담갈색 또는 갈색의 반점으로 나타났으며, 모든 잎에서 고르게 나타나지 않고 불균일하게 분포하였다(Fig. 3). 이러한 형태의 약해 증상은 아인산칼륨 수용액 살포 후 약액의 일부가 잎 표면의 특정 부분에 응집되고 약액이 건조되면서 농도가 증가하여 수박 잎의 조직에 영향을 준 것으로 추정된다. 약해로 인

**Table 2.** Phytotoxicity of watermelon leaves after phosphonate treatment under greenhouse conditions

Concentration ( $\mu\text{g/ml}$ )	Phytotoxicity <sup>a</sup> after phosphonate treatment			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>
500	-	-	-	-
1,000	+	+	+	-
2,000	++	++	++	++

<sup>a</sup>The phytotoxicity was scored as follows: -, no phytotoxicity; +, 1-2 spots per leaf; ++, more than 3 spots per leaf.

**Table 3.** Watermelon powdery mildew occurrence after phosphonate application

Treatment ( $\mu\text{g/ml}$ )	Disease incidence <sup>a</sup>	Diseased leaf area (%)	Disease severity	Control value (%)
500	79.2 <sup>b</sup> c	3.0 <sup>b</sup> c	23.3b	62.2
1,000	49.3b	3.1b	21.7b	64.9
2,000	2.8a	0.1a	5.0a	91.9
Control	86.0c	33.7c	61.7c	-

<sup>a</sup>The percentage of the diseased leaves per 50 leaves was used as the disease incidence.

<sup>b</sup>Each figure represents the average of five replicates. Fifty leaves (c.v. Sambokkool) per each plot were rated.

<sup>c</sup>The values with the same letter are not significantly different at  $P=0.05$ .

한 반점 증상은 2,000  $\mu\text{g/ml}$  처리에서는 1차 처리부터 관찰되었으며 4차 처리 이후까지도 매 처리 후 지속적으로 관찰되었다. 이와는 달리 1,000  $\mu\text{g/ml}$  처리의 약해 증상은 4차 처리에서는 관찰되지 않아(Table 2), 수박에서 아인산칼륨 수용액 처리 따른 약해 증상이 처리 농도, 식물체 생육 상태, 재배 환경 등의 요인에 따라 다양하게 나타나고 있음을 보여주고 있다. 영농현장에서는 다양한 작물에서 아인산칼륨 수용액을 사용하고 있으나 농가에서는 직접 조제하여 사용하는 과정에서 pH 조절에 실패하여 약해를 입는 사례가 보고된 바 있으며(미 발표자료), 이 시험에서는 pH가 정밀하게 조정되었음에도 1,000-2,000  $\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서 약해가 발생하여 자가 조제 사용시 pH 뿐 아니라 조제액의 농도에도 특별한 주의가 요망된다. 한편 다른 과수, 화훼, 채소 등의 작물과 달리 수박에 처리하였을 때 1,000-2,000  $\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서 약해가 발생한 것은 수박 잎 표면의 구조적 특성, 착과 이후 나타나는 생리적 변화 및 하우스 내부의 고온과 강한 일사량 등 환경적 요인이 복합적으로 작용하였기 때문으로 추정된다. 따라서 시설수박 재배 농가에서 수박 흰가루병 방제를 위하여 아인산칼륨 수용액을 경엽살포 하고자 할 때에는 정식 직후 수박 식물체가 어린 상태에는 사용하지 않는 것이 바람직하며, 500  $\mu\text{g/ml}$  이하의 농도에서 사용하는 것이 약해 발생을 최소화 할 수 있는 안전한 방법으로 생각된다.

**아인산칼륨 수용액 처리의 수박 흰가루병 발생 억제 효과.**  
아인산칼륨 수용액 경엽살포 처리에 따른 수박 흰가루병 발생

억제 효과는 처리 농도가 높을수록 우수하였다(Table 3). 2,000  $\mu\text{g/ml}$  처리에서 흰가루병 발병율이 이병엽율 2.8%, 병반면적율 0.1%로 가장 낮았으며, 1,000  $\mu\text{g/ml}$  처리에서는 이병엽율 49.3%, 병반면적율 3.1%로 무처리에 비해 낮게 나타났다. P500 처리에서는 이병엽율 79.2%로서 무처리와 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 병반면적율에서는 3%로서 무처리에 비하여 낮게 나타났다.

**아인산칼륨 수용액 경엽살포에 의한 수박 흰가루병 방제 농가실증시험.** 아인산칼륨의 흰가루병 방제효과 검증을 위하여 2기작 수박 재배 농가 포장에서 실증시험을 수행하였다. 농가 포장에서는 아인산칼륨 처리로 인한 약해 발생의 위험성을 보다 경감시키기 위하여, 처리 농도를 약해가 발생하지 않았던 농도인 500  $\mu\text{g/ml}$  보다 낮은 300  $\mu\text{g/ml}$ 으로 시험을 수행하였다. 인접한 농가의 수박 재배하우스로의 흰가루병 전파 가능성 때문에 별도의 무처리구는 두지 않았다. 시험 결과 300  $\mu\text{g/ml}$  처리의 흰가루병 발병율은 이병엽율 100%, 병반면적율 27.6%로 살균제를 살포한 농가 관행처리에 비해 높았으나 상품과 수량에서는 큰 차이를 보이지 않았다(Table 4, Table 5). 따라서 약해 증상과 흰가루병 방제 효과 등을 고려해 볼 때, 중부지방 시설재배 에서 수박 흰가루병 방제를 위하여 아인산칼륨을 사용

**Table 4.** Effect of the application of potassium phosphonate solution on the production of marketable watermelon fruits to control watermelon powdery mildew under greenhouse conditions

Treatment	No. of treated plants	No. of total harvested fruits	No. of marketable fruits	% marketable fruits
Fungicides <sup>a</sup>	100	97	80	82.5
Potassium phosphate (300 $\mu\text{g/ml}$ ) <sup>b</sup>	100	96	80	83.3

<sup>a</sup>Four types of fungicides were sprayed: Berate WP (Benomyl 50%, Syngenta), Sanyoru EC (DBEDC 20%, Hankook Samkong), YoungilBio WP (Pilyoxin D zinc salt 2.25%, NH chemical), Otiba SC (Aoxoxystrobin 21.7%, Syngenta).

<sup>b</sup>Aqueous potassium phosphonate solution (300  $\mu\text{g/ml}$ ) was sprayed four times from the disease onset (Aug. 2, Aug. 12, Aug. 25 and Sep. 2).

**Table 5.** Watermelon powdery mildew occurrence after 300  $\mu\text{g/ml}$  phosphonate application

Treatment	Disease incidence (%)	Diseased leaf area (%) <sup>c</sup>	Phytotoxicity
Fungicides <sup>a</sup>	46	0.1	No
Potassium phosphate (300 $\mu\text{g/ml}$ ) <sup>b</sup>	100	27.6	No

<sup>a</sup>Four types of fungicides were sprayed: Berate WP (Benomyl 50%, Syngenta), Sanyoru EC (DBEDC 20%, Hankook Samkong), YoungilBio WP (Pilyoxin D zinc salt 2.25%, NH chemical), Otiba SC (Aoxoxystrobin 21.7%, Syngenta).

<sup>b</sup>Aqueous potassium phosphonate solution (300  $\mu\text{g/ml}$ ) was sprayed four times after disease onset (Aug. 2, Aug. 12, Aug. 25 and Sep. 2).

<sup>c</sup>The diseased leaf area was examined by 50 leaves per plot.

하고자 할 때에는 300–500 µg/ml의 농도로 사용하는 것이 적절할 것으로 사료된다. 한편 300 µg/ml 처리 또는 500 µg/ml 처리에서 약해 발생은 없었으나 이병엽율이 높게 나타남으로써, 흐리고 강우가 지속되며 습도가 높게 유지되는 등 수박 흰가루병 발생에 유리한 기상환경이 지속되는 조건에서는 아인산칼륨 수용액에만 의존하여 흰가루병을 방제하는 것은 병 발생으로 인한 경제적 피해가 우려되므로, 수박 흰가루병에 등록된 살균제와 교차 살포하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

자일로곤 가노데르모프소라는 자낭균의 일종으로 영지버섯에 노랑병을 일으키는 곰팡이다. 선행 연구에서 저자들은 이 곰팡이의 배양체 추출물이 배양기상에서 몇 가지 수박 병원균에 대하여 항진균활성을 나타낸다고 보고한 바 있다. 흰가루병에 대한 방제효과를 평가하기 위하여 2014년에 비닐하우스에서 시험을 수행하였다. 시험물질(원액 약 4,000 µg/ml)은 배양체 800 g을 증류수 6 liter를 첨가하여 멸균할 후 여과하여 조제하였다. 추출물 100배액과 1,000배액 등을 6회 살포하였을 때 흰가루병 발생이 크게 억제되었으며 약해는 관찰되지 않았다. 아인산칼륨 수용액의 수박 흰가루병에 대한 발생 억제 효과와 약해 발생 등을 검토하고자 약효약해 시험을 수행하였다. 약해는 1,000 µg/ml과 2,000 µg/ml 처리에서 발생하였으며, 갈색의 원형 내지 부정형의 반점으로 나타났다. 방제효과는 2,000 µg/ml 처리에서 91.9%, 1,000 µg/ml 처리에서 64.9%, 500 µg/ml 처리에서 62.2%를 나타냈다.

## Acknowledgements

This research was supported by a grant from “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ007281 and PJ009282)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

Davis, A. R., Levi, A., Wehner, T. C. and Pitrat, M. 2006. PI 525088-pmr, a melon race 1 powdery mildew-resistant watermelon line.

*Hortscience* 47: 1527–1528.

- Jee, H. J., Cho, W. D. and Kim, C. H. 2002. Effect of potassium phosphonate on the control of *Phytophthora* root rot of lettuce in hydroponics. *Plant Pathology J.* 18: 142–146.
- Jee, H. J., Ryu, K. Y., Park, J. H., Choi, D. H., Ryu, G. H., Ryu, J. G. and Shen, S. S. 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. (In Korean)
- Kang, H. J., Sigler, Lee, J. K., Gibas, C. C., Yun, S. H. and Lee, Y. W. 2010. *Xylogone ganodermorphthora* sp. nov., an ascomycetous pathogen causing yellow rot on cultivated mushroom *Ganoderma lucidum* in Korea. *Mycologia*. 102: 1167–1184.
- Kim, J. Y., Hong, S. S., Lim, J. W., Park, K. Y. and Kim, H. K. 2008. Screening of fungicide resistance of cucumber powdery mildew pathogen, *Sphaerotheca fusca* in Gyeonggi province. *Res. Plant Dis.* 14: 95–101. (In Korean)
- Lee, J. H., Park, W. S., Park, E. S. and Han, B. S. 2010. The preventive and curative effects of fluthianil against powdery mildew caused by *Sphaerotheca fuliginea* on oriental melon. *Res. Plant Dis.* 16: 354–355. (Abstract)
- Lee, S. Y., Kim, Y. G. and Kim, H. G. 2007. Mass cultivation of a hyperparasite, *Ampelomyces quisqualis* 94013 for biological control of powdery mildew. *Res. Plant Dis.* 13: 191–196. (In Korean)
- Lee, Y. H., Cha, K. H., Ko, S. J., Park, I. J., Park, B. I. and Seong, K. Y. 2000. Evaluation of electrolyzed oxidizing water as a control agent of cucumber powdery mildew. *Plant Pathol. J.* 16: 206–210.
- Liu, S. Y., Wang, L. L., Jiang, W. T., Li, Y. and Liu, Y. Y. 2011. Morphological and molecular characterizations of powdery mildew, *Podosphaera xanthii* occurring on cucurbits in Changchun Agri-Expo Garden, China. *Mycosystema* 30: 702–712.
- McGrath, M. T. 2001. Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: experiences and challenges. *Plant Dis.* 85: 236–245.
- Nam, M. H., Lee, W. K., Lee, S. S., Kim, N. G. and Kim, H. G. 2005. Control efficacy of milk concentration against powdery mildew of strawberry. *Plant Pathol. J.* 21: 270–274.
- Shin, H. D. 2000. Erysiphaceae of Korea. In: Plant pathogens of Korea I. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea. 320 pp.
- Uchida, K., Takamatsu, S., Matsuda, S., So, K. and Sato, Y. 2009. Morphological and molecular characterization of *Oidium* subgenus *Reticuloidium* (powdery mildew) newly occurred on cucumber in Japan. *J. Gen. Plant Pathol.* 75: 92–100.