

규산질 비료의 참외 흰가루병 발생 억제 효과

류나현 · 최미영 · 류연주 · 조현종¹⁾ · 이용세 · 이영득¹⁾ · 정종배^{1)*}

대구대학교 생명자원학부, ¹⁾대구대학교 생명환경학부

(2003년 11월 5일 접수, 2003년 12월 3일 수리)

Suppression of Powdery Mildew Development in Oriental Melon by Silicate Fertilizer

Na-Hyun Ryu, Mi-Young Choi, Youn-Ju Ryu, Hyun-Jong Cho¹⁾, Yong-Se Lee, Young-Deuk Lee¹⁾ and Jong-Bae Chung^{1)*} (Department of Agronomy and ¹⁾Agricultural Chemistry, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea)

ABSTRACT : Silicon is known to accumulate in plants and results in greater resistance to diseases and insect pests. In this study, we investigated the effect of silicate fertilizer applied in soil on the development of powdery mildew of oriental melon. Oriental melon seedlings of four-leaf stage were transplanted and grown in a plastic film house. Silicate fertilizer was applied to maintain soil available SiO₂ level of 200 mg/kg one week before transplanting. Fungicide triflumizol was sprayed three times; one, two, and three weeks after transplanting. *Sphaerotheca fuliginea* was inoculated 2 weeks after transplanting. The number of infected leaf and the number of fungal colony in leaves were measured one, two, and three weeks after the inoculation. Three weeks after the fungal inoculation, in the treatment of fungicide triflumizol, infected leaf numbers and number of colony per leaf were reduced by 10 and 58%, respectively. In the silicate fertilizer treatment, infected leaf numbers and numbers of colony per infected leaf were suppressed only by 6 and 16%, respectively, and the efficacy was lower than that of the fungicide triflumizol. The combined treatment of silicate fertilizer and the fungicide suppressed powdery mildew more effectively, and infected leaf numbers and numbers of colony per leaf were reduced by 31 and 80%, respectively. These results indicate that although silicate fertilizer itself is not much effective in the suppression of powdery mildew, it can significantly enhance the efficacy of the fungicide.

Key words: oriental melon, powdery mildew, silicate fertilizer, silicon, *Sphaerotheca fuliginea*, triflumizol.

서 론

벼와 같은 수생 화분과 식물의 경우 규소가 필수원소로 인정되고 있다. 즉, 벼의 경우 규소가 부족하면 성장이 완료된 잎에서 괴사현상이나 위조현상이 나타나고 영양생장이 저해되며 결과적으로 수량이 크게 감소한다¹⁾. 그리고 토마토와 오이 등의 작물에서도 규소가 일부 필수원소로 밝혀지고 있는데^{2,3)}, 토마토의 경우 개화기까지는 규소의 영향을 거의 받지 않으나, 개화기 이후 규소가 부족하면 잎의 발생이 정상적이지 못하고 수분작용에 지장이 초래되며 심할 경우에는 결실이 불량해지기도 한다. 그러나 이러한 작물의 생식생장에 대한 규소의 정확한 작용 기작은 아직 잘 밝혀져 있지 않다.

현재까지 알려진 규소의 역할 중에서 가장 중요하게 인식되고 있는 것은 잎이나 줄기의 피층 세포에 축적된 규소가

조직의 물리적 강도를 높여 줄 수 있다는 사실이다. 이러한 작용을 통하여 벼, 밀, 보리 등 밀식 재배되는 곡류작물의 경우 규소는 직접적으로 또는 간접적으로 생육과 수량을 증가시키는 작용을 하는데, 잎이 직립함으로써 잎의 빛 흡수가 좋아져 광합성 효율이 높아지며 도복과 병원균의 감염이 방지되고 충해를 경감시킬 수 있기 때문이다⁴⁾. 특히 질소 사용량이 많은 경우 이들 작물의 도복현상이나 균의 감염이 심해지는데, 이때 규소를 사용하면 크게 효과를 볼 수 있다⁵⁾. 규산질 비료는 벼에서 도열병, 깨씨무늬병, 뿌리썩음병과 바이러스성, 세균성 병해 및 이화명충 등의 충해를 줄여 줄 수 있는 것으로 잘 알려져 있다^{6,9)}. 규질화된 잎 세포는 병원균의 침입을 막아줄 뿐만 아니라 병원균이 침입한 후에도 식물체 내에서의 생장과 증식을 억제시키는 작용까지 하므로 병 발생을 크게 억제시키는 것으로 알려져 있다¹⁰⁾. 이러한 규소의 작용은 특히 엽면시비를 통하여 여러 작물에 대하여 다수의 연구자들에 의해 검증되었다¹¹⁻¹⁵⁾.

우리나라에서 현재까지 규소의 작용과 효과가 대부분 벼를 대상으로 연구되었으며 발작물에 대한 규산질 비료의 시

*연락처:

Tel: +82-53-850-6755 Fax: +82-53-850-6759
E-mail: jbchung@daegu.ac.kr

용은 아직 권장되지 않고 있는 실정이다. 그러나 오이, 수박, 참외, 호박 등의 경우 규산질 비료를 사용하면 벼에서와 같이 병충해 방제와 증수 효과가 있는 것으로 농가 현장에서 알려지고 있다. 우리나라에서 발작물에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이지만, 규산질 비료 사용에 따른 병충해 방제 효과는 정도의 차이는 있을 수 있으나 모든 작물에 공통적으로 적용될 수 있는 것으로 판단된다. 오이의 흰가루병에 대한 규산의 방제 효과를 수용성 규산의 엽면살포와 양액을 통한 공급으로 조사한 연구가 수행되었으며, 규산 처리 농도가 증가함에 따라서 잎당 병반수, 병반 면적 또는 분생포자의 발아율 등이 감소하는 것으로 나타났다¹⁵⁻¹⁷⁾.

비닐하우스에서 재배되고 있는 참외의 경우 흰가루병에 의한 피해가 매우 심각하지만 방제용 약제에 대한 내성균주의 출현이 빠르기 때문에 농가에서는 방제에 어려움을 겪고 있다. 현재 참외 재배농가에서 일부 규산질 비료를 사용하고 있으므로, 참외의 흰가루병이 토양에 사용된 규산질 비료에 의해 억제될 수 있는지가 구명되어야 할 것이며, 나아가 흰가루병을 억제할 수 있는 규산질 비료의 사용 수준 등도 검토되어야 할 필요가 있는 것이다. 본 연구에서는 토양에 사용한 규산의 참외 흰가루병에 대한 직접적인 억제 효과와 살균제의 방제 효과를 증진시킬 수 있는 보조효과를 조사하였다.

재료 및 방법

공시 비료, 약제 및 식물

규산질 비료는 가용성 SiO₂ 25%의 입상 제품이었으며, 흰가루병 방제용 약제 triflumizol (30% a.i., WP)은 한국바스프 아그로(주)로부터 분양 받았다. 참외 품종은 국내 농가에서 가장 많이 재배되고 있는 금싸라기 은천 계통 (*Cucumis melo* var. *makuwa* cv. Eunchun)을 사용하였다.

참외 흰가루병 균

본 실험에 사용한 흰가루병 균은 *Sphaerotheca fuliginea*이었으며, 경북 경산시 남산면 소재 시설참외 재배농가에서 흰가루병이 자연 발생한 잎으로부터 채집하였다. 흰가루병 균은 본엽이 6매 정도 자란 건전 참외 묘에 인위 접종하여 10일 간격의 계대배양을 통하여 증식 및 보존하였다.

규산질 비료 및 약제의 처리

비닐하우스에서 참외 흰가루병에 대한 규산질 비료 사용

효과를 검증하기 위하여 규산질 비료 처리구, 방제용 약제 처리구, 규산질 비료 및 약제 처리구를 두었으며, 규산질 비료와 약제의 자세한 처리 내용은 다음 Table 1과 같았다. 대조구를 포함한 4가지의 시험구는 완전임의배치법으로 배치하였으며, 각 처리구당 3주씩 3반복으로 하였다.

참외 재배 및 흰가루병 균 접종

규산질 비료의 참외 흰가루병 억제 효과를 검증하기 위해 대구대학교 부속농장 비닐하우스에서 시험을 수행하였다. 비닐하우스 환경은 일반 농가의 관행 비닐하우스와 동일하게 만들었으며, 원활한 관수를 위해 멀칭 전 집적관수 설비를 하였으며, 포장 습도와 지온 관리를 위해 지상부를 흑색 필름으로 1차 피복 후 백색 필름으로 2차 피복하였다.

참외 종자는 2003년 7월 9일에 육묘용 상토를 채운 지름 12 cm 포트에 파종하였고, 파종 후 육묘 온실의 주간 온도는 25~30℃, 야간 온도는 18~20℃로 유지하였으며 수분공급은 1일 2~3회 정도하여 적정 수분을 유지시켰다. 2003년 7월 30일에 본엽이 4매인 유묘를 비닐하우스에 재식거리 120×40 cm로 정식 하였으며, 약제 처리와 병해 조사 편의성을 위해 유인재배를 하였다.

참외 흰가루병 균의 접종은 2003년 8월 14일에 하였다. 이병 잎의 포자를 붓으로 털어 증류수에 10⁶ spores/L 농도로 현탁액을 만들고 계면활성제 Tween-20을 한 방울 혼합한 후 주당 100 mL 씩 분무기로 살포하였다.

규산질 비료는 정식 1주일 전에 유효규산 함량이 200 mg/kg 수준이 되도록 표토 20 cm 깊이까지 잘 혼합하여 처리하였으며, triflumizol은 Table 1과 같은 농도로 2003년 8월 7일 1차 살포하였고, 8월 14일 흰가루병 균 접종 2시간 전에 2차 살포하였으며, 이후 7일 간격으로 8월 21일과 8월 28일에 2차례 더 살포하였다. 참외 생육시 발생하는 각종 생리 장애와 해충 방제를 위해 식물종합영양제와 살충제를 적절히 살포하였다.

흰가루병 발생 조사

처리별 흰가루병의 발생 정도는 참외 한 주당 선발된 하나의 아들가지 중에서 3개의 손자가지를 선발하여 총 잎 수에 대한 발병잎 수의 비율, 이병잎당 균총 수, 그리고 이병잎의 단위 면적당 균총 수로 조사하였다. 병 발생 정도는 균 접종 후 1주일 간격으로 3차례 조사하였다. 처리별 흰가루병 발생 억제율은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{억제율 (\%)} = \frac{\text{무처리구 발병율 (\%)} - \text{처리구 발병율 (\%)}}{\text{무처리구 발병율 (\%)}} \times 100$$

흰가루병 균의 생장 관찰

흰가루병 발생 조사와는 별도로 무처리구 및 규산질 비료 처리구의 참외 잎에 흰가루병 균의 분생포자를 접종 후 7일

Table 1. Treatments included in the experiment

Treatment	Application rate	
	Si-fertilizer	Triflumizol
Control	-	-
Si-fertilizer	200 mg/kg soil	-
Si-fertilizer+Triflumizol	200 mg/kg soil	75 g a.i./ha (4,000×)
Triflumizol	-	75 g a.i./ha (4,000×)

체에 채취한 잎에서 균사의 생장과 분생포자 형성을 관찰하였으며, 또한 무처리구 및 규산질 비료 처리구의 참외 잎에 흰가루병 균의 분생포자를 접종 후 균사 생장이 활발한 4일째에 triflumizol을 살포한 다음 3일 후에 균사 생장을 관찰하였다. 잎 시료는 Wolf and Fric의 방법으로 염색하였다¹⁸⁾. 참외 잎을 탈색용액 (750 mL ethanol + 250 mL chloroform + 1.5 g TCA)에 24시간 동안 침지하여 엽록소를 탈색시켰다. 잎이 투명한 상태로 완전히 탈색될 수 있도록 탈색용액을 2~3회 바꿔주었으며, 탈색 후 염색용액 (600 mg Coomassie brilliant blue R250 + 100 mL methanol + 100 mL 15% TCA)에 10~15분 동안 침지시켜 균사 및 분생포자를 염색하였다. 염색 후 보존용액 (200 mL glycerin + 50 mL acetic acid + 750 mL distilled water)에 2~3회 세척한 다음 보관하면서 현미경으로 관찰하였다.

규산 함량 분석

참외 잎 중의 규산 함량은 Elliott and Snyder의 방법으로 분석하였다¹⁹⁾. 참외 잎 시료 100 mg을 50 mL polyethylene tube에 넣고 50% H₂O₂ 2 mL와 50% NaOH 4.5 mL를 첨가한 후 autoclave (HS-60 Model, Hanshin Medical Co., Bucheon, Korea)에서 126°C로 1시간동안 분해하여 Whatman No. 2 여과지로 여과하였다. 여액 1 mL에 1 N H₂SO₄ 5 mL와 0.3 M ammonium molybdate 5 mL를 가하고, 2분 후 20% tartaric acid 2.5 mL와 1-amino-2-naphthol-4-sulfonic acid 0.5 mL를 가하여 잘 혼든 다음 30분간 발색시켰다. 규산 함량은 spectrophotometer (HP 8452A Model, Hewlett Packard, Germany)로 820 nm에서 흡광도를 측정하여 조사하였다.

결과 및 고찰

규산질 비료의 흰가루병 억제 효과

규산질 비료의 처리에 따른 참외 잎 중의 규소 함량은 Table 2에 나타내었으며, 규산질 비료를 처리한 시험구에서 그 함량이 높게 나타났다. 벚지 중의 규소 함량은 건물 기준으로 대개 40~50 g SiO₂/kg 수준인데, 이에 비하면 참외 잎 중의 규소 함량은 상대적으로 낮은 편이었다.

규산질 비료 및 흰가루병 방제용 약제인 triflumizol의 처리에 따른 흰가루병의 발생 억제 효과는 총 잎 수에 대한 발병잎 수의 비율, 이병잎당 균총 수, 그리고 이병잎의 단위

Table 2. Concentration of silicate in oriental melon leaf

Treatment	Aug. 21 Aug. 28 Sep. 4		
	— mg SiO ₂ /kg FW —		
Control	1115	1042	1149
Si-fertilizer	1453	1507	1511
Si-fertilizer+Triflumizol	1528	1547	1538
Triflumizol	1062	998	1173

면적당 균총 수로 조사하여 Table 3, Table 4 및 Table 5에 각각 나타내었다. 균 접종 후 시간이 경과함에 따라서 흰가루병의 발생은 증가하였으며, 3주째에 대조구에서 50% 이상의 잎에서 흰가루병이 발생하여 규산질 비료 및 triflumizol의 처리 효과를 조사하기에 충분하였다.

총 잎 수에 대한 발병잎 수의 비율을 보면 (Table 3), 규산질 비료 처리구에서는 1~2주째 조사 결과에서는 억제 효과가 나타나지 않았으나 3주째에 대조구에 비하여 평균값으로 약 6% 정도의 억제 효과를 보였다. Triflumizol은 조사기간 동안 약 10% 내외의 억제 효과를 보였다. 그러나 이러한 규산질 비료 및 약제의 단독 처리는 뚜렷한 흰가루병 방제 효과를 보일 수 없는 것으로 판단되었다. 규산질 비료와 약제를 동시에 처리한 경우에는 단독 처리에 비하여 현저히 높은 흰가루병 발생 억제 효과를 보였는데, 3주째에 대조구에 비교한 억제율은 30% 이상으로 나타났다.

잎당 평균 균총 수로 조사한 각 처리의 효과도 총 잎 수에 대한 발병잎 수의 비율로 조사한 효과와 동일한 경향으로 나타났다 (Table 4). 규산질 비료 처리구에서 잎당 평균 균총 수가 대조구에 비하여 적었으나 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지는 않았다. Triflumizol 처리구에서는 규산질 비료 처리구에 비하여 잎당 평균 균총 수가 훨씬 적었으며 대조구

Table 3. Efficacy of silicate fertilizer and triflumizol treatments on the infection of powdery mildew in oriental melon leaf measured by infected leaf ratio

Treatment	Infected leaf ratio ^{a)}		
	Aug. 21	Aug. 28	Sep. 4
	%		
Control	34.6±7.5	44.0±3.7	57.4± 5.4
Si-fertilizer	34.8±2.8 (0.0)	44.1±1.5 (0.0)	54.0± 7.7 (5.9)
Si-fertilizer +Triflumizol	26.5±5.9 (22.2)	34.2±6.9 (22.3)	39.5± 8.7 (31.2)
Triflumizol	30.2±7.7 (12.7)	42.4±7.9 (3.6)	51.6±10.1 (10.1)

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

Table 4. Efficacy of silicate fertilizer and triflumizol treatments on the infection of powdery mildew in oriental melon leaf measured by number of colony per infected leaf

Treatment	Number of colony/infected leaf ^{a)}		
	Aug. 21	Aug. 28	Sep. 4
Control	9.1±3.7	24.4±12.7	51.0±18.6
Si-fertilizer	6.8±3.8 (25.3)	22.2± 4.7 (9.0)	43.0± 4.3 (15.7)
Si-fertilizer +Triflumizol	1.9±0.8 (79.1)	7.1± 0.8 (70.9)	10.2± 4.1 (80.0)
Triflumizol	2.9±1.4 (68.1)	11.7± 4.6 (52.0)	21.5±13.8 (57.8)

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

에 비하여 뚜렷한 억제 효과를 보였다. 규산질 비료와 약제를 동시에 처리한 경우에는 각각의 단독 처리에 비하여 잎당 평균 균총 수가 현저히 적었으며, 3주째에 조사된 결과를 보면 대조구에 비하여 약 80% 정도의 억제 효과를 나타내었다. 각 처리별 참외 잎에서의 균총 발생 정도는 Fig. 1에도 나타내었다.

Table 5에는 각 처리별 이병잎의 단위면적당 균총 수를 조사한 결과를 나타내었다. 각 처리별 효과는 Table 4에 나타난 잎당 평균 균총 수에 미치는 효과와 동일한 경향으로 나타났으며, 규산질 비료 단독 처리의 경우에는 평균값으로 비교하여 일부 억제 효과를 나타내었으나, 규산질 비료와 triflumizol을 동시에 처리한 경우에는 균총 발생을 현저히 억제 할 수 있는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 보면 규산질 비료의 처리 단독으로 참외의 흰가루병의 발생을 일부 억제할 수 있는 것으로 나타났으나 효과적인 억제책이 될 수 없는 것으로 판단된다. 이러한 토양 시비에 의한 규소의 흰가루병 억제 효과는 Cho 등이 조사한 수용성 규산의 엽면 살포에 의한 오이 흰가루병 억제 효과에 비하여 매우 낮은 결과이다¹⁵⁾. 규산(monosilicic acid)의 물에 대한 용해도는 120 mg SiO₂/L 정도이며, xylem을 통한 식물체내 이동이 제한되어 있으며 성숙된 잎에 주로 축

적되고 어린잎에 그 농도가 낮다¹⁾. 따라서 어린잎에서의 감염이 제대로 억제되지 못하면 규소의 토양 시비 효과가 엽면시비에 비하여 낮게 나타날 수밖에 없다.

다만 규산질 비료의 처리는 약제의 흰가루병 방제 효과를 증진시켜줄 수 있는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 농가 현장에서 밝혀지고 있는 규산질 비료의 참외 병해 발생 억제 효과를 일부 구체적으로 확인시켜주는 것이다. 본 연구에서 사용된 흰가루병 방제용 약제 triflumizol은 Table 3에 나타난 것과 같이 대조구에 비교하여 그 효과가 통계적으로 유의성이 없는 정도로 미약했는데, 보다 효과적인 방제용 약제와 함께 규산질 비료를 사용하면 참외의 흰가루병을 효율적으로 방제할 수 있을 것으로 판단된다. 오이에 대한 수용성 규산의 엽면시비와 양액을 통한 공급은 흰가루병을 억제할 수 있는 것으로 조사되었으며, 이러한 억제 효과는 규산의 처리 농도에 따라서 달리 나타났다^{15,16)}. 따라서 본 연구에서는 규산질 비료 처리 한 수준으로만 하였으므로 차후 시비 수준을 더욱 높였을 때 그 억제 효과가 어떻게 나타날 수 있을 것인가 또는 병해 발생 억제에 필요한 참외 잎 중의 적정 규소 함량에 대한 검토가 필요할 것으로 보인다.

참외 잎에 감염된 흰가루병 균의 생장

규소의 식물 병해 발생 억제 기작은 주로 잎 세포의 규질화를 통해 이루어진다. 세포의 규질화로 균의 침입을 막을 수 있으며 또한 규소는 침입한 균의 체내 증식을 억제시키는 작용까지 하므로 병 발생을 크게 억제시킬 수 있는 것으로 알려져 있다¹⁰⁾. 식물체의 조직이 균에 의해 감염되었을 때 polyphenol이나 lignin의 합성과 축적이 촉진되는 현상과 동일하게 규소의 침적이 촉진되는 현상도 알려져 있다²⁰⁾. 본 연구의 결과로 나타난 규산질 비료와 triflumizol의 처리에 따른 흰가루병 발생 억제 효과의 기작을 일부 검토하기 위하여 참외 잎에 감염된 흰가루병 균의 생장 현상을 현미경으로 관찰하였다 (Fig. 2).

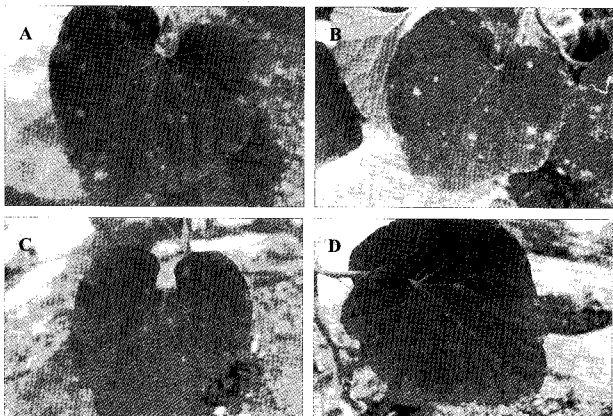


Fig. 1. Effect of silicate fertilizer and fungicide triflumizol on the development of powdery mildew of oriental melon. (A) control, (B) silicate fertilizer, (C) triflumizol, and (D) silicate fertilizer and triflumizol.

Table 5. Efficacy of silicate fertilizer and triflumizol treatments on the infection of powdery mildew in oriental melon plant measured by number of colony per unit leaf area

Treatment	Number of colony/cm ² infected leaf ^{a)}	
	Aug. 28	Sep. 4
Control	0.114±0.040	0.131±0.038
Si-fertilizer	0.106±0.048 (7.0)	0.123±0.087 (6.1)
Si-fertilizer+Triflumizol	0.037±0.046 (67.5)	0.040±0.020 (69.5)
Triflumizol	0.063±0.010 (44.7)	0.078±0.023 (40.5)

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

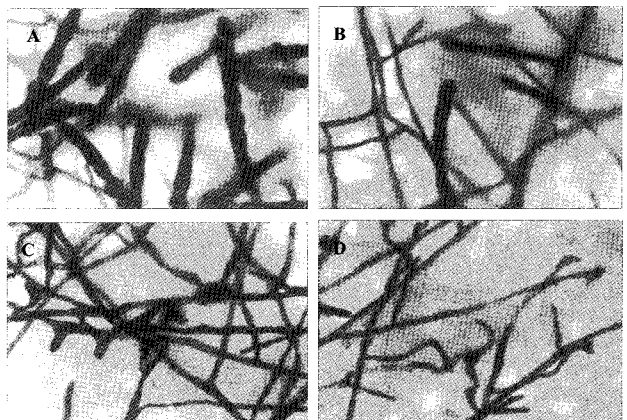


Fig. 2. Effect of silicate fertilizer and fungicide triflumizol on the growth of *Sphaerotheca fuliginea* in oriental melon leaves. (A) control, (B) silicate fertilizer, (C) triflumizol, and (D) silicate fertilizer and triflumizol.

무처리구의 참외 잎에 흰가루병 균의 분생포자를 접종 후 7일째에 채취한 잎에서는 정상적인 균사의 생장과 분생포자가 다량 형성되는 것을 관찰할 수 있었으나, 대조구에 비해 일부 흰가루병의 발생이 억제된 규산질 비료 처리구의 잎에서는 균사 생장과 분생포자 형성 정도가 무처리 대조구에 비해 억제됨을 관찰할 수 있었다. 감염이 이루어지고 균사 생장이 활발한 접종 4일 후에 triflumizol을 살포한 다음 3일 후에 균사 생장을 관찰한 결과 triflumizol 처리구에서는 생장 중이던 균사가 일부 용해되는 것이 관찰되었으며, 분생포자의 형성은 관찰되지 않았다. Triflumizol에 의한 균사의 용해 현상은 규산질 비료 처리구에서 더 많이 관찰되었으며, 이는 규산 처리구에 triflumizol을 처리하였을 때 흰가루병 방제 효과가 가장 높은 결과와 일치하는 경향이였다.

요 약

토양에 사용한 규산의 참외 흰가루병에 대한 직접적인 억제 효과와 살균제의 방제 효과를 증진시킬 수 있는 보조효과를 조사하였다. 규산질 비료의 처리는 흰가루병 균에 의해 감염된 참외 잎에서 균사의 생장과 분생포자의 형성을 억제함으로써 흰가루병 발생을 일부 억제할 수 있는 것으로 조사되었다. 물론 규산질 비료 자체만의 흰가루병 발생 억제 효과는 매우 미약한 수준이었으나 살균제의 흰가루병 방제 효과를 크게 증진시켜줄 수 있는 것으로 나타났다.

따라서 현재 농가 현장에서 밝혀지고 있는 규산질 비료의 참외 병해 발생 억제 효과는 주로 이러한 살균제의 효과를 증진시킬 수 있는 규산의 보조적인 작용에 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 토양에 대한 적절한 수준의 규산질 비료의 사용은 살균제의 방제 효과 증진을 통하여 과다한 약제의 사용과 그에 따른 부작용을 경감시킬 수 있을 것으로 보인다. 규산질 비료의 흰가루병 발생 억제 효과를 증진시키기 위해서는 앞으로 병의 발생을 최대로 억제할 수 있는 참외 잎 중의 적정 규소 함량에 대한 검토 등의 추가적인 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단 지정 대구대학교 농산물저장·가공 및 산업화연구센터의 지원과 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어졌음.

참 고 문 헌

1. Lewin, J. and Reimann, B. E. F. (1969) Silicon and plant growth, *Annu. Rev. Plant Physiol.* 20, 289-304.
2. Miyake, Y. and Takahashi, E. (1978) Silicon deficiency of tomato plant, *Soil Sci. Plant Nutr.* 24, 175-189.

3. Miyake, Y. and Takahashi, E. (1983) Effect of silicon on the growth of solution cultured cucumber plant, *Soil Sci. Plant Nutr.* 29, 71-83.
4. Parry, D. W. and Smithson, F. (1964) Types of opaline silica deposition in the leaves of British grasses, *Ann. Bot.* 28, 169-185.
5. Idris, M., Hossain, M. M. and Choudhury, F. A. (1975) The effect of silicon on lodging of rice in presence of added nitrogen, *Plant Soil* 43, 691-695.
6. Deren, C. W., Datnoff, L. E., Snyder, G. H. and Martin, F. G. (1994) Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic Histosols, *Crop Sci.* 34, 733-737.
7. Ito, K. and Chiba, K. (1994) Relationship between silicate fertility of soil and irrigation water and the occurrence of rice blast disease, *Tohoku Agric. Res.* 47, 7-8.
8. Saigusa, M., Yamamoto, A. and Shibuya, K. (2000) Agricultural use of porous hydrated calcium silicate, *Plant Prod. Sci.* 3, 51-54.
9. Volk, R. J., Kahn, R. P. and Weintraub, R. L. (1958) Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance to infection by the blast fungus, *Piricularia oryzae*, *Phytopathol.* 48, 179-184.
10. Sherwood, R. T. and Vance, C. P. (1980) Resistance to fungal penetration in Gramineae, *Phytopathol.* 70, 273-279.
11. Belanger, R. R., Browen, P. A., Ehert, D. L. and Menzies, J. G. (1995) Soluble silicon. Its role in crop and disease management of greenhouse crops, *Plant Dis.* 79, 329-336.
12. Menzies, J., Bowen, P., Ehert, D. and Glass, A. D. M. (1992) Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117, 902-905.
13. Bowen, P., Menzies, J., Ehert, D., Samuels, L. and Glass, A. D. M. (1992) Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117, 906-912.
14. Menzies, J. G., Ehert, D. L., Glass, A. D. M., Helmer, T., Koch, C. and Seywerd, F. (1991) Effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativus*, *Phytopathol.* 81, 84-88.
15. Cho, I. C., Lee, S. H. and Cha, B. J. (1998) effects of soluble silicon and several surfactants on the development of powdery mildew of cucumber, *Korean J. Environ. Agric.* 17, 306-311.
16. Lee J. S. and Yiem, M. S. (2000) Effects of soluble silicon on development of powdery mildew (*Sphaerotheca*

- fuliginea*) in cucumber plants, *Korean J. Pestic. Sci.* 4, 37-43.
17. Dik, A. J., Verhaar, M. A. and Belanger, R. R. (1998) Comparison of three biological control agents against cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in semi commercial scale glasshouse trials, *Eur. J. Plant Pathol.* 104, 413-423.
18. Wolf, G. and Fric, F. (1981) A rapid staining method for *Erysiphe graminis* f. sp. hordei in and whole barley leaves with a protein-specific dye, *Phytopathol.* 71:596-598.
19. Elliot, C. L. and Snyder, G. H. (1991) Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw, *J. Agric. Food Chem.* 39, 1118-1119
20. Heath, M. C. (1979) Partial characterization of the electron-opaque deposits formed in the non-host plant, French bean, after cowpea rust infection, *Physiol. Plant Pathol.* 15, 141-148.