

수용성 규소와 몇 가지 계면활성제의 오이 흰가루병 억제 효과

조일찬 · 이성희 · 차병진
충북대학교 농과대학 농생물학과

Effects of Soluble Silicon and Several surfactants on the Development of Powdery Mildew of Cucumber
Il-Chan Cho, Sung-Hee Lee, and Byeongjin Cha (Dept. of Agricultural Biology, Chungbuk National University)

Abstract : Effects of soluble silicon and surfactants on the development of powdery mildew of cucumber were tested for environmentally safe powdery mildew control. Tested soluble silicon was potassium silicate(K_2SiO_3) and tested commercial surfactants were Jeonchakje, Silhouette, Kaba, and Tween 20. Tested concentrations were 2, 4, 8, 16mM for the soluble silicon, 0.5 and 1.0% for Tween 20, 0.05 and 0.1% for both Jeonchakje and Kaba, and 0.03 and 0.07% for Silhouette. Water dilutions of tested materials were sprayed on cucumber (*Cucumis sativus*) leaves once a week for 4 weeks. From 3 days after the second spray, the diseased area and the numbers of fungal colony were measured from the treated leaves for 6 times at 3-4 days interval. Powdery mildew was less severe on treated cucumber compared to distilled water-treated cucumber (check). In all treatments, diseased area index was proportional to the number of the fungal colony. At the end of investigation, there was severe powdery mildew on check cucumbers. Average 30% of a leaf was colonized by powdery mildew fungus and the average number of the fungal colony per leaf reached to more than 70. On the other hand, none of the treated cucumber suffered severe powdery mildew. The treatments including 8 and 16mM of soluble silicon, doubled concentration of Kaba, and 0.5 and 1.0% of Tween 20 showed more than 80% of control effect compared to water-treated cucumber. In addition, no phytotoxicity was found. Potassium silicate and Tween 20 showed the possibility to replace chemical pesticides for the control of powdery mildew.

Key words : cucumber, powdery mildew, soluble silicon, surfactants, plant disease control

서 론

오이는 특히 시설재배에서 잿빛곰팡이병, 노균병, 흰가루병 등의 발생이 매우 심각하여 농약 없이는 재배가 불가능한 경우도 적지 않다. 그러나, 최근 들어 이러한 화학합성 농약의 과다사용이 사람들의 건강을 위협함은 물론, 우리의 농업생태계에도 나쁜 영향을 끼치고 있다는 사실이 잘 알려지면서, 농약사용에 대한 일반인들의 거부감은 점점 더 커지고 있다. 따라서, 병원체의 침입 또는 생육을 억제하는 길항미생물의 선발 및 적용과, 사람에게는 무해하며 병의 발생을 줄일 수 있는 물질의 사용이 많은 관심을 끌고 있다^{1,2,3,4}.

흰가루병균의 균사들은 대부분이 잎의 표면에 존재하며, 균사의 일부만이 오이 잎의 각피를 직접 뚫고 침입하므로,

잎을 둘러싼 각피의 물리적 견고성과 발병률과는 반비례 관계에 있다고 할 수 있다. 따라서, 오이 잎의 각피에 어떠한 물리적인 장벽을 만들어 주면 병 발생을 줄일 수 있다. 이러한 점에 착안하여 최근에 몇몇 연구팀들이 식물체의 표면에 수용성 규소를 처리하여 병의 발생을 막기 위한 시도를 하고 있다⁵. 그 중 가장 괄목할 만한 것은 Richard R. Belanger 연구팀⁶이 1995년도에 발표한 '온실재배에서의 규소를 이용한 식물병의 방제'로서, 이들은 오이에 수용성 규소를 처리하여 흰가루병과 시들음병의 발생을 거의 완벽하게 방제하였다고 보고하였다. 또한, 부착성을 향상시켜 살균제의 효과를 증진시키는 등 여러 가지 목적으로 이용되고 있는 계면활성제의 병 억제 효과도 여러 차례 보고된 바 있다^{7,8,9}. 계면활성제는 단독으로 사용하거나^{7,8} 또는 염소 등 다른 물질들과 같이 사용⁹하였을 때에도 사과와 배

에서 몇 가지 병을 성공적으로 방제한다는 사실이 확인되었다. 이러한 연구들로부터 합성농약을 사용하지 않고서도 흰가루병을 방제할 수 있는 방법의 개발 가능성이 강하게 부각되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 오이 잎 표면에 막을 만들어 줄 수 있는 수용성 규소와 계면활성제 처리에 따른 오이 흰가루병의 발생량 변화를 조사하여 환경보전형 방제법의 개발에 응용할 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 식물

시중의 종묘상에서 구입한 농우종묘의 '백봉다다기'와 서울종묘의 '입추반백오이'의 씨앗을 필요에 따라서 수시로 25공 연결포트에서 발아시켰으며 본잎이 2장정도 나왔을 때 45x30x20cm의 사각 고무트레이 또는 지름 12cm의 원형 포트에 옮겨 심어 재배하며 실험에 사용하였다. 식물체는 온도가 자동으로 조절되는 유리온실에서 키웠으며, 실험에 관련된 처리 이외에 시판 중인 원예용 액비를 일주일에 한번씩 적당량 공급하였고, 물은 필요에 따라서 수시로 주었다.

실험에 사용한 곰팡이

흰가루병을 일으키는 곰팡이는 1996년에 충북 음성군 소재 찬마루영농조합의 유리온실에서 자연 감염된 오이 잎에서 채집하여, 본 실험실에서 본잎이 3-4장 나있는 오이에 계속 접종해가며 계대배양한 것을 사용하였다. 곰팡이는 현미경 관찰 결과 오이 흰가루병균인 *Sphaerotheca fuliginea*와 같은 특성들¹⁰⁾을 보여 그 곰팡이로 동정하였다.

실험에 사용한 수용성 규소와 계면활성제

Menzies 등¹¹⁾의 방법에 따라서 potassium silicate (K_2SiO_3 , Junsei:Tokyo)를 2, 4, 8, 16mM의 농도로 증류수에 희석한 뒤 phosphoric acid로 최종 pH를 5.5로 맞추어 사용하였다. 계면활성제는 일반 농업용으로 사용하고 있는 실루엣(siloxane 30%), 전착제(polyoxy ethylene alkyl aryl ether 10%, sodiumlingo sulfonate 20%), 카바(blend of alkylaryl polyethoxylate and sodium salt of alkylsulfonated alkylate 60%)를 시중 농약상에서 구입하여 사용설명서의 권장량에 따라 기준량과 배량으로, 즉 전착제와 카바는 0.05%와 0.1%로, 그리고 실루엣은 0.03%와 0.07%로 오이 잎에 처리하였다. Tween 20은 일반시약용을 0.5%와 1.0%로 희석하여 처리하였다. 농도조절에는 모두 증류수를 사용하였다.

처리 방법

처리의 종류에 관계없이 모두 일주일 간격으로 오이의 잎에 4회 분무 처리하였다. 오이는 격리 재배하여 흰가루병의 증상이 전혀 없으며, 잎의 수도 비슷한 것들만을 실험에 사용하였으며, 각 처리별로 수동식 분무기를 사용하여 물방울이 맺혀 일부는 흘러내릴 정도까지 충분한 양의 식물체 전체 표면에 골고루 분무하였다. 대조구에는 같은 방법으로 증류수를 처리하여 물에 의한 흰가루병의 발생을 변화와 비교하고자 하였다. 각 처리는 3반복으로 수행하였다.

병 발생을 균일하게 유도하기 위하여 인위적으로 흰가루병균의 분생포자를 털어 접종하였는데, 접종원으로는 심하게 발병한 오이 잎을 털어 내어 늙은 분생포자를 제거한 뒤 2일 후에 그 오이 잎에 새로 만들어진 분생포자들을 수확하여 사용하였다.

각 처리의 흰가루병 억제효과 조사

각 처리물질의 2회째 처리가 끝난 3일 뒤부터 마지막 처리가 끝나고 일주일 뒤까지 3-4일 간격으로 일주일에 두 번씩 처리구의 오이 잎 전체에 대하여 병반면적과 균총 수 등 병 발생상황을 조사하였다. 병 발생 정도는 오이 잎의 윗면에 나타난 흰가루병균 균총의 수와 잎에서의 균총의 면적률(병반면적률) 등 두 가지 면에서 조사하였는데, 병반면적은 일반 농약 효과검정 기준¹²⁾에 따라 육안관찰로 0에서 5까지 6단계의 지수로 구분(무발병은 0, 면적률로 5% 이하는 1, 20% 이하는 2, 40% 이하는 3, 60% 이하는 4, 그리고 60% 이상은 5)하여 수치화 하였다. 균총 수는 조금이라도 군사가 자란 것이 보이는 것만을 대상으로 하여 조사하였다. 한편, 모든 처리구에서 처리에 따른 형태상의 약해 발생유무도 육안으로 관찰하였다.

결과

모든 처리구에서 흰가루병이 발생하여 시간이 지남에 따라 증가하였으며, 특히 증류수처리 대조구에서 병이 심하게 발생하여 조사를 마칠 때는 20% 이상의 병반면적률을 보였으므로 처리구의 효과를 조사하기에 충분하였다. 한편, 조사를 마치고까지 각 식물체 당 오이 잎의 수는 거의 같았지만, 식물체에 따라서 1-2장 정도의 차이를 보이는 것도 있었다. 따라서, 흰가루병균 균총의 수와 병반면적률을 잎당 평균치로 환산하여 비교하였다.

수용성 규소의 흰가루병 억제효과

병반면적률과 균총 수 모두 시간이 흐름에 따라 모든 처리구에서 꾸준히 증가하였으나 처리구에서는 대조구에 비하여 증가율이 완만하였다.

잎당 평균 병반면적지수는 흰가루병균 접종 후 처음 조사할 때부터 약간의 차이가 났으며, 시간이 흐를수록 차이가 나기 시작하여 3회 처리 이후부터는 일부 처리구와 증

류수처리구(대조구) 간에 뚜렷한 차이가 나기 시작하였다 (Fig. 1:A,D). 병반면적지수는 던칸다중검정 결과 처리 17 일 후 첫 조사 때부터 증류수 처리 대조구와 차이가 있었으며, 이러한 경향은 조사를 마칠 때까지 계속되었다. 조사 초기에는 potassium silicate의 농도와 병반면적지수 사이에 일관된 경향이 없었으나, 시간이 지날수록 potassium silicate의 처리 농도가 높을수록 병발생률은 낮았으며, 병 발생 증가율도 상대적으로 낮았다. 처리 종료 1주 후 마지막 조사를 하였을 때는 대조구의 병반면적지수가 2.5였던 데 비해 potassium silicate는 가장 효과가 낮았던 2mM 처리구에서도 병반면적지수 1.7로 대조구 대비 68% 수준에 머물렀다. 특히 8mM 처리구에서는 0.7, 16mM 처리구에서는 0.4로 매우 낮은 병반면적지수를 보였다(Fig. 2). 각 처리구의 병반면적지수 표준편차는 0.1-0.2 범위로서 매우 안정된 결과를 얻을 수 있었다.

잎당 평균 균총수도 병반면적지수와 비슷한 경향을 보였다. 평균 균총 수는 시간이 흐를수록 차이가 커졌으며, 3회 처리 이후부터는 일부 처리구와 대조구간에 뚜렷한 차이가 나기 시작하였다. Potassium silicate는 처리 농도가 높을수록 균총의 형성도 억제하는 경향을 보였다. 처리 종료 1주 후 마지막 조사를 하였을 때 대조구에서는 잎 하나당 약 75개의 흰가루병균 균총이 자라고 있었으나 가장 효과가 낮았던 2mM 처리구의 잎 하나당 균총 수는 약 38개로 대조구 대비 50% 정도에 머물렀다. 특히 8mM 처리구에서는 11개, 16mM 처리구에서는 3개 미만이어서 대조구와 비교할 때 각각 15%와 4% 미만으로 매우 낮은 균총 수를 보이고 있었다(Table 1). 또한, 각 처리구의 잎당 평균 균총 수 표준편차도 매우 작아 안정된 경향을 볼 수 있었다.

Potassium silicate는 모든 처리구에서 형태적 이상을 일으키지 않았고 대조구와 똑같은 성장을 보였으며, 아무런 phytotoxicity도 나타나지 않았다.

계면활성제의 흰가루병 억제효과

오이 잎에 계면활성제만을 처리하였을 때, 잎에 나타나는 평균 병반면적지수는 흰가루병균 접종 후 처음 조사할 때부터 뚜렷하게 차이가 나기 시작하여(Fig. 1:B-D) 3회 조사 때부터는 모든 처리구의 병반면적지수가 대조구의 절반 이하 수준에 머물렀으며, 던칸다중검정에서도 대조구와 처리구 간에 유의차가 있었다. 처리 종료 1주 후 마지막 조사를 하였을 때는 처리구 중 가장 높은 병반면적지수를 보인 실루엣 기준량이 1.3으로서, 2.6을 보인 대조구의 발병지수에 비해 약 1/2 수준이었다. 다른 전착제들도 모두 높은 억제율을 보였는데, 특히 Tween 20이 기준량과 배량에서 각각 0.6과 0.3의 병반면적지수를 보였다. 실루엣과 전착제는 모두 기준량과 배량의 병반면적지수 차이가 없었던 반면(각각 1.3과 1.1, 1.1과 1.1), 카바는 기준량은 1.0이

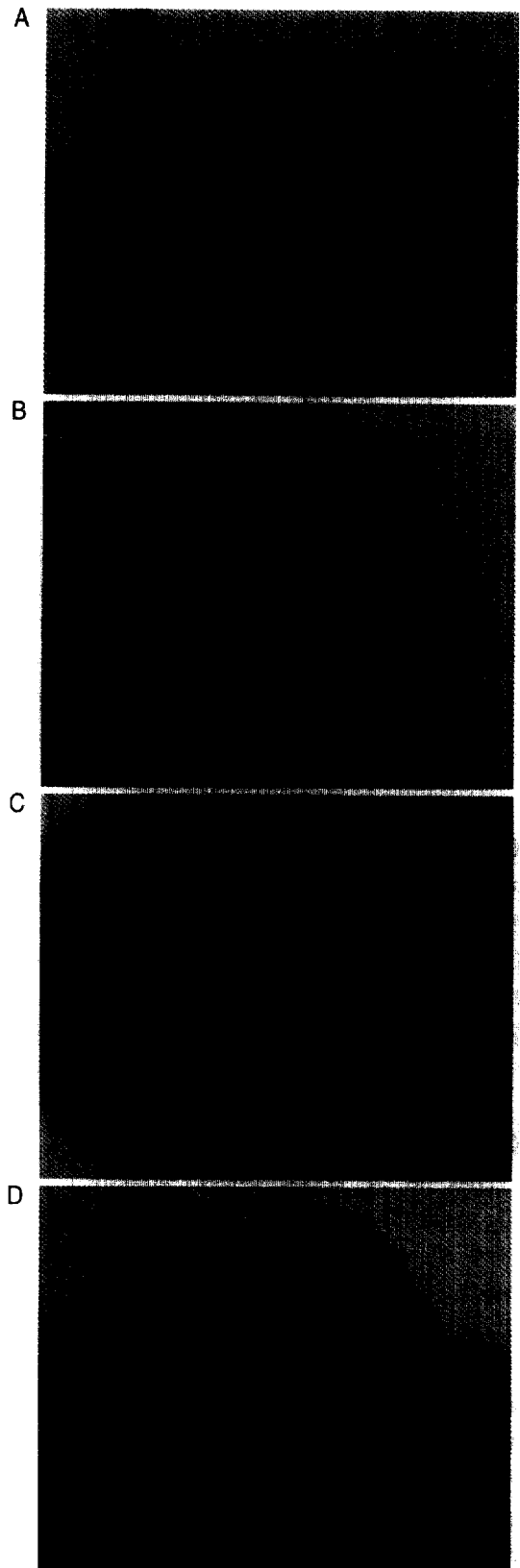


Fig. 1. Effect of 16mM potassium silicate (A), 0.1% Kaba (B), 1% Tween 20 (C), and distilled water-treated check (D) on the development of powdery mildew of cucumber. Cucumber leaves were examined 10 days after foliar spray of each treatment.

Table 1. Changes in the number of fungal colony per cucumber leaf over time by weekly foliar spray of potassium silicate.

Concentration (mM)	Days after the first application					
	10	14	17	21	24	28
2	2.9 (3.3) ^{b*}	6.2 (6.1) ^b	11.8 (14.6) ^b	17.0 (8.4) ^b	26.5 (7.8) ^b	37.7 (5.1) ^b
4	5.2 (3.5) ^b	5.7 (4.1) ^b	9.8 (15.9) ^b	12.2 (0.8) ^b	17.6 (1.9) ^{ca}	24.9 (3.1) ^c
8	3.0 (1.6) ^b	4.9 (0.1) ^b	8.2 (18.2) ^b	9.5 (3.5) ^{bc}	10.2 (4.4) ^c	10.7 (5.0) ^c
16	0.6 (0.5) ^b	0.9 (0.7) ^b	1.0 (2.1) ^b	1.3 (1.3) ^c	2.2 (1.6) ^d	2.7 (1.5) ^e
check (H ₂ O)	11.6 (5.9) ^a	18.2 (2.4) ^a	39.0 (10.1) ^a	58.6 (9.9) ^a	65.7 (3.6) ^a	75.2 (6.1) ^a

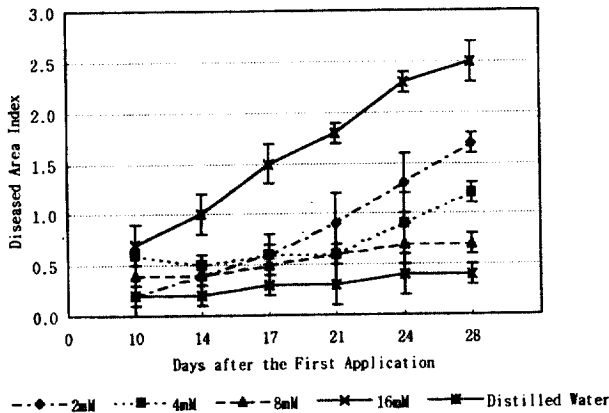


Fig. 2. Changes in diseased area index of cucumber leaf over time by weekly foliar spray of potassium silicate. Treatment application date: 0, 7, 14, 21.

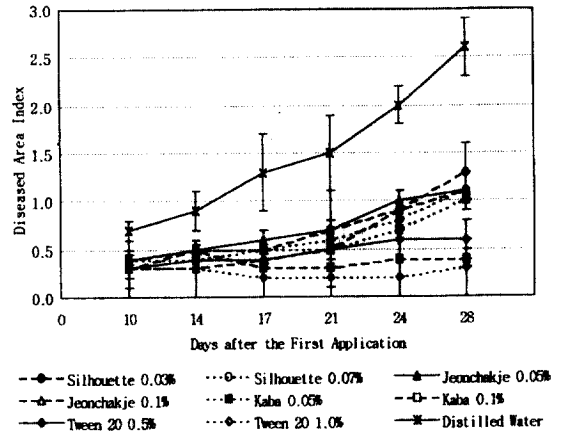


Fig. 3. Changes in diseased area index of cucumber leaf over time by weekly foliar spray of surfactants. Treatment application date: 0, 7, 14, 21.

었으나 배양에서는 0.4로 억제효과가 상승하였다(Fig. 3).

일당 평균 균총 수는 접종 후 처음 조사할 때부터 전착제 처리구와 대조구 사이에 뚜렷한 차이를 보였으며, 시간이 흐를수록 차이가 더 커졌다. 3회 조사할 때는 이미 모든 처리구의 평균 균총수가 무처리구의 절반 이하에 머무르고 있었다. 처리 종료 1주 후 마지막 조사를 하였을 때 전착제 처리구들은 평균 균총수에 있어서 두 개의 그룹으로 나뉘었다. 실루엣과 전착제는 일당 약 20개 정도인 반면, Tween 20은 10개 미만이었다. 카바는 예외적으로 기준

량에서는 20여개인 반면 배양에서는 6개 정도로 매우 낮았다. 대조구에서는 일 하나당 약 78개의 흰가루병균 균총이 자라고 있었던 것을 고려할 때, 카바 배양과 Tween 20의 균총 수는 약 10% 미만이었다. 실루엣과 전착제는 기준량과 배양 사이에 억제효과 차이를 볼 수 없었다(Table 2).

모든 처리구에서 오이의 생육은 대조구와 비교하여 전혀 차이가 없어 phytotoxicity를 발견할 수 없었다.

Table 2. Changes in the number of fungal colony per cucumber leaf over time by weekly foliar spray of surfactants.

Treatment (%)	Days after the first application					
	10	14	17	21	24	28
Silhouette 0.03	4.9(2.9) ^{ab}	8.8(1.5) ^b	8.8(4.3) ^b	12.9(9.1) ^b	19.1(15.9) ^b	28.4(25.3) ^b
Silhouette 0.07	3.6(1.3) ^b	7.6(3.2) ^b	7.6(1.3) ^b	9.8(1.6) ^b	14.2(17.7) ^{bc}	21.6(28.2) ^{bc}
Jeonchakje 0.05	3.8(1.1) ^b	5.9(2.3) ^b	8.6(2.8) ^b	10.7(1.7) ^b	15.7(13.2) ^{bc}	20.9(21.7) ^{bc}
Jeonchakje 0.1	2.0(0.7) ^b	3.6(2.0) ^b	6.3(4.1) ^b	9.1(5.6) ^b	15.1(13.9) ^{bc}	21.2(22.9) ^{bc}
Kaba 0.05	2.3(1.4) ^b	4.0(2.2) ^b	7.6(2.4) ^b	8.8(2.1) ^b	11.9(14.8) ^{bc}	20.5(24.3) ^{bc}
Kaba 0.1	2.8(2.1) ^b	4.2(1.3) ^b	3.5(0.6) ^b	4.6(0.9) ^b	5.8(16.0) ^c	6.2(26.1) ^{cd}
Tween20 0.5	2.4(2.3) ^b	3.6(2.4) ^b	5.0(3.1) ^b	6.0(4.0) ^b	6.8(12.8) ^c	9.4(21.2) ^{cd}
Tween20 1.0	2.1(2.5) ^b	2.5(2.9) ^b	2.7(3.3) ^b	6.0(3.2) ^b	3.2(14.0) ^c	3.5(23.0) ^c
check (H ₂ O)	8.6(3.7) ^a	15.0(6.1) ^a	25.2(8.5) ^a	34.7(13.5) ^a	46.2(13.8) ^a	77.9(13.9) ^a

*: The number in parenthesis is standard deviation and the numbers followed by the same letter are not significantly different in Duncan's Multiple Range Test($\rho=0.05$).

고 찰

규소가 식물의 생육에 도움을 준다는 것은 이미 오래 전부터 알려져 왔기 때문에 많은 사람들이 규소에 관심을 가지고 연구해 왔다⁵⁾. 비교적 최근에는 potassium silicate를 잎에 분무하면 흰가루병의 발생을 억제한다는 사실이 호박¹¹⁾을 비롯하여 여러 가지 작물에서 이미 여러 번 보고된 바 있다^{4,13,14)}. 특히 Miyake와 Takahashi^{15,16)}는 오이의 양액 재배와 노지재배에서 양액이나 토양에 potassium silicate를 처리하였을 때 흰가루병의 발생이 줄어드는 것을 관찰하였다. 본 실험에서도 potassium silicate를 증류수에 희석하여 오이의 잎에 분무 처리하였을 때 potassium silicate의 농도 증가에 따라서 흰가루병의 발생이 줄어든다는 사실을 확인할 수 있었다. Potassium silicate를 처리한 오이 잎에서 균총의 수가 줄어드는 현상은 흰가루병균의 포자가 오이 잎을 감염하는 것이 저지된다는 것을 뜻한다고 볼 수 있다. 또한, 처리한 오이 잎에서 병반면적지수가 줄어든다는 것은 흰가루병균이 감염한 이후에 제대로 자라지 못하여 생긴 결과일 수도 있고, 한편으로는 상대적으로 균총 수가 적기 때문에 나타나는 현상일 수도 있다. 본 연구의 선행 연구(미발표)에서 potassium silicate는 흰가루병균의 포자 발아에는 아무런 효과가 없는 것으로 나타났으며, 이미 발표된 논문들에서 potassium silicate의 효과는 잎의 표면에 물리적인 막을 만들어 병원균의 침입을 억제하는 것이라고 보고하듯이¹³⁾, potassium silicate는 균 자체의 생리에는 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 보이기 때문에 균총 당 병반면적은 potassium silicate 처리구와 무처리구 사이에 큰 차이가 없을 수도 있을 것으로 생각한다. 하지만, 이미 침입하여 자라고 있는 균이 오이 잎의 표면으로 균사를 뻗고 자라면서 새로운 세포들에 흡기를 집어넣으려고 할 때 잎 표면의 potassium silicate 피막이 침입을 저지할 수도 있기 때문에, 이러한 가정의 확인을 위해서는 흰가루병균 균총당 병반의 크기에 대하여 정확한 조사를 하여야 할 것이다.

처리 농도에 관계없이 potassium silicate 처리구에서는 흰가루병 발생이 감소하였으나, 처리 농도가 8mM 이상이어야 발생률이 30% 이하인 사실을 고려할 때 흰가루병의 효과적인 방제를 위해서는 10mM 이상 농도로 처리하여야 할 것이다. Potassium silicate 처리구에서는 아무런 phytotoxicity도 나타나지 않았기 때문에 실용적인 흰가루병 방제법으로서의 가능성은 충분하다고 생각하지만, 실제로 농가에 보급하기 위해서는 potassium silicate 처리에 따른 생리적인 변화 유무, 특히 광합성 량의 변화 등에 대해서도 좀 더 본격적인 연구가 이루어져야 한다고 생각하며, 현재 본 연구팀에서 이러한 부분에 대한 연구를 수행 중이다. 또한, 벼에 대한 실험에서 규소의 효과는 기주식물의 품종에 따라서 차이가 컸다는 보고⁹⁾를 참고할 때, 오이에

있어서도 품종간에 potassium silicate의 효과가 다르게 나타날 수도 있을 것이다. 따라서, potassium silicate가 각각의 오이 품종에서 나타내는 흰가루병 방제효과와 아울러 약해 유발여부 검정도 potassium silicate 처리의 실용화를 위해서는 반드시 거쳐야 할 과정이라고 생각한다.

한편, Tween 20과 몇 종류의 농업용 계면활성제를 오이 잎에 분무하였을 때도 흰가루병의 발생이 억제되었다. 계면활성제들은 살균제와 섞어서 사용하면 살균제의 효과를 상승시키는 작용^{17,18)}이 있기 때문에 일부에서 꾸준히 사용해 왔다. 최근에는 특정 세균이 생산하는 계면활성제가 유주자를 만드는 곰팡이병의 억제에 큰 효과가 있다는 사실이 확인되기도 하였다¹⁹⁾. 또한, 계면활성제만을 처리하였을 때도 벼의 잎집무늬마름병이나 보리 흰가루병을 억제하는 효과가 있다는 보고도 있었다^{18,20)}.

본 실험에서는 처리하였던 계면활성제들 중 병반면적지수로나 균총 수로나 80% 이상의 병 억제효과를 보일 것을 기대할 수 있는 것은 Tween 20과 농업용 계면활성제인 카바뿐이었다.

Tween 20은 0.5%와 1.0% 모두에서 높은 병 억제력을 보였으며, 카바는 권장 농도의 배량에서만 높은 효과를 보였다. 특히, 본 실험에 사용한 Tween 20은 1% 수용액으로서 비교적 높은 농도이긴 하지만, Tween 20이 식품에도 사용이 허가되어 있는 계면활성제라는 것을 감안할 때 이 정도의 처리가 사람들에게 문제를 일으킬 소지는 없을 것으로 생각한다. 따라서, Tween 20은 오이 흰가루병의 환경보전형 방제제로서 큰 가능성을 지닌 화합물이라고 생각하며, 몇 가지 면에서 좀 더 정밀한 연구가 이루어진다면 실용적인 환경보전형 방제제로 개발할 가능성이 매우 크다고 할 수 있다.

Tween 20이 다른 전착제들에 비하여 높은 억제효과를 보인 것은 아마도 농업용 계면활성제들은 오이를 비롯하여 식물에 처리하는 농도가 제시되어 있기 때문에 그 농도로 처리한 반면, Tween 20은 식물에 대한 처리 농도가 제시되어 있지 않기 때문에 상대적으로 많은 량을 처리하였기 때문일 수도 있다. 식물에 전착제를 사용할 때 가장 문제가 되는 것 중의 하나는 처리 농도가 높을 때 나타나는 phytotoxicity라고 할 수 있다. 하지만, 본 실험에서 농업용 전착제는 물론 Tween 20도 전혀 phytotoxicity를 일으키지 않았으므로 Tween 20 1%도 식물에 처리 가능한 농도라고 여겨지지만, phytotoxicity는 환경의 변화 등에 따라서 변이가 심한 경우도 있으므로 0.5%를 사용하는 것이 안전할 것으로 생각한다.

그리고, 계면활성제 사용의 실용화와 좀 더 나은 계면활성제 선발 등을 위해서, 아직까지 확실히 밝혀지지 않은 부분인 Tween 20이나 카바 등 계면활성제의 오이 흰가루병균 억제기작과 계면활성제 처리가 식물 생리에 미치는

영향 등을 밝히는 것이 앞으로의 과제라 하겠다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 충북대학교 첨단원예기술개발연구센터의 연구비 지원(과제번호: 96-15-11-99-A-3)에 의하여 수행된 결과의 일부입니다. 연구비를 지원해 주신 과학재단과 첨단원예센터에 감사드립니다.

인용 문헌

- Kim, H. J and Oh, S. H.(1985). Biological control of soil-borne fungal diseases. *Ginseng Res.* 4:162-167.
- Nam, C.G., Jee, H.J., and Kim, C. H.(1988). Studies on biological control of phytophthora blight of red-pepper I. Enhancement of antagonistic activity by soil amendment with organic materials. *Korean J. Plant Pathol.* 4:313-318.
- Pack, C. S. (1989). The need and strategy of biological control for plant diseases. Proc of Agric. Sci Symposium. *Korean Agric Sci. Asso.* pp.7-20.
- Blakeman, J. P. and Fokkeman, N. J. (1982). Potential for biological control of plant diseases on the phylloplane. *Ann. Rev. Phytopathol.* 20:167-192.
- Epstein, E. (1994). The anomaly of silicon in plant biology. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 91:11-17.
- Belanger, R. R., Bowen, 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.
- Burchill, R. T. and Swait, A. A. J. (1977). Eradication of the perithecial stage of apple scab with surfactants. *Ann. Appl. Biol.* 87:229-231.
- Clifford, D. R. and Hislop, E. C. (1975). Surfactants for the control of apple mildew. *Pestic. Sci.* 6:409-418.
- Spotts, R. A. and Peters, B. B. (1982). Use of surfactants with chlorine to improve pear decay control. *Plant Dis.* 66:725-727.
- Shin, H. D. (1988). *Erysiphaceae of Korea*. Ph.D. thesis. Seoul National University, Seoul, Korea. 305pp.
- 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.
- Agricultural chemicals Industrial Association. (1988) Test Guideling for Pesticide Registration pp 55-82
- Bowen, P., Meazies, 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.
- 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*. *Phytopathology* 81:84-88.
- Miyake, Y. and Takahashi, E. (1983). Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 29:71-83.
- Miyake, Y. and Takahashi, E. (1983). Effect of silicon on the growth of cucumber plant in soil culture. *Soil Sci. Plant Nutr.* 29:463-471.
- Watanabe, R., Ogasawara, N., Tanaka, H., and Uchiyama, T. (1988). Effects of fungal lytic enzymes and non-ionic detergents on the actions of some fungicides against *Pyricularia oryzae*. *Agric. Biol. Chem.* 52:895-901.
- Chang, K. S., Kim, H. T., Min, J. Y., and Cho, K. Y.(1998). Effect of surfactants on barley powdery mildew and the effect of fungicides. *Abstract of The Korean soc of Pesticides Sic.* spring meeting at chuncheon. P45
- Stanghellini, M. E. and Miller, R. M. (1997). Biosurfactants - Their identity and potential efficacy in the biological control of zoospore plant pathogens. *Plant Dis.* 81:4-12.
- Lee, J. K., H. T., and cho, K. Y.(1993). Effects of surfactants and fungicides on rice sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*. *Korean J. Plant Pathol.* 9:218-225