

오이 흰가루병 방제 효과가 우수한 계면활성제

유주현^{1*} · 최경자¹ · 임희경¹ · 김흥태²

¹한국화학연구원, ²충북대학교

Surfactants Effective to the Control of Cucumber Powdery Mildew

Ju-Hyun Yu^{1*}, Gyung-Ja Choi¹, He-Kyoung Lim¹, and Heung-Tae Kim²

¹Chemical Biotechnology Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 305-600, Korea

²Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Chungju 361-763, Korea

Received September 24, 2009; Accepted October 15, 2009

To select antifungal surfactants, control efficacy of various nonionic and anionic surfactants on cucumber powdery mildew was evaluated under greenhouse conditions. Among 14 surfactants, pentaethylene glycol monododecyl ether (C₁₂E₅), mixture of heptaethylene glycol monododecyl ether and heptaethylene monododecyl ether, and heptaethylene glycol mono-9-octadecenyl ether effectively reduced the development of powdery mildew on cucumber plants. Among the surfactants, C₁₂E₅ gave the best control efficacy on the disease and did not show phytotoxic response in cucumber plants. Whereas, fenarimol at a recommended rate (31.3 mg/L) showed less control activity than the surfactant (1,000 mg/L). In addition, mixtures of the surfactant and DBEDC, a protective fungicide, showed high control efficacies against powdery mildews of cucumber and strawberry by additive effect in greenhouse tests.

Key words: control efficacy, cucumber powdery mildew, DBEDC, pentaethylene glycol monododecyl ether, surfactant

서 론

흰가루병은 장미, 사과, 오이, 딸기, 호박 및 감 등 다양한 작물에서 발생하며, 기주 식물의 광합성을 억제하여 생산량 감소와 상품의 질 저하로 큰 경제적 피해를 주고 있다. 흰가루병을 방제하기 위하여 효과가 우수한 스테롤 생합성 저해제(sterol biosynthesis inhibitor), strobilurin 계 호흡저해제 등 많은 살균제가 개발되었으나 저항성의 발생으로 농민들은 방제에 어려움을 겪고 있다. 살균제 저항성 유발을 억제하기 위해서는 서로 다른 작용기작을 가지는 살균제를 교차적으로 사용하는 것이 요구된다. 따라서 SBI 살균제나 strobilurin 계 살균제와 다른 작용기작을 가지는 흰가루병 방제제가 요구되고 있다.

계면활성제는 유화제, 분산제 등 다양한 목적으로 이미 농약

의 제조에 있어서 필수 불가결한 성분으로 되어 있다[Valkenburg, 1998]. 이러한 계면활성제는 최근 약효 증진제로서 농약 제형 중에 첨가되거나 농약을 희석할 때 혼용되기도 한다. 계면활성제가 스스로 잡초나 병해충에 대하여 어느 정도 방제 효과를 가지는 경우도 있으나[Tomlinson, 1987; Stanghellini, 1996] 계면활성제만으로 우수한 농약의 역할을 할 수 있는 경우는 거의 없다.

하지만 Clifford 등[1975]은 여러 가지 계면활성제가 각각 다른 수준으로 사과 흰가루병에 방제 효과를 나타내는데, 시험한 계면활성제 중 Ethylan CP(polyoxyethylene alkylphenyl ether) 등이 방제 효과가 가장 좋다고 보고하였다. 또한 polyoxyethylene oleyl ether와 polyoxyethylene cetyl ether 복합체가 장미의 흰가루병에 대하여 방제 효과가 가장 우수한 방제효과를 나타낸다는 보고도 있다[Evans 등, 1970].

본 연구에서는 현재 산업적으로 여러 가지 용도로 사용되고 있는 계면활성제 중에서 오이 흰가루병 방제에 효과적인 계면활성제를 선별하고 이를 이용하여 새로운 흰가루병 방제제를 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료. 오이 흰가루병 방제 시험용 비이온성 계면활성제는 모두 지방족 알콜 혹은 지방산을 친유기로 가지면서 친수기

*Corresponding author

Phone: +82-42-860-7438; Fax: +82-42-861-4913

E-mail: jhyu@kriect.re.kr

Abbreviations: AI, active ingredient; DBEDC, dodecylbenzene-sulfonate bis-ethylenediamine copper (II) complex salts; EO, ethylene oxide; NMP, N-methyl pyrrolidone; PGME, propylene glycol monomethyl ether; PNS, polyoxyethylene nonylphenyl sulfonate; SBI, steroid biosynthesis inhibitor

Table 1. Materials tested by aqueous solution

Chemicals	Code	Mean molar EO content (m)
Primary alcohol ethoxylates		
Pentaethylene glycol mono-octyl ether	C ₈ E ₅	5
Polyethylene glycol C10-12 alkyl ether	C ₁₀₋₁₂ E _m	5, 7
Polyethylene glycol monododecyl ether	C ₁₂ E _m	5, 10, 25
Heptaethylene glycol monotridecyl ether	C ₁₃ E ₇	7
Polyethylene glycol monohexadecyl ether	C ₁₆ E ₁₂	12
Polyethylene glycol monooctadecyl ether	C ₁₈ E ₁₀	10
Polyethylene glycol mono-9-octadecenyl ether	C ₁₈₋₉ E _m	5, 7, 10, 20
Hexadecaethylene glycol castor oil	COE ₁₇	17
Fatty acid ethoxylates		
Nonaethylene glycol monododecanoic ester	C _{12A} E ₉	9
Nonaethylene glycol monooctadecanoic ester	C _{18A} E ₉	9
Nonaethylene glycol mono-9-octadecenoic ester	C _{18-9A} E ₉	9
Nonaethylene glycol cocofatty acid ester	CFAE ₉	9
Other surfactants		
Sodium dioctylsulfosuccinate	SDSS	
Sodium dodecylbenzenesulfonate	NaDBS	

polyoxyethylene이 평균 ethylene oxide(EO) 중합도를 중심으로 보다 크거나 작은 물수의 ethylene oxide 중합물로 이루어진 polydisperse surfactant이며, 제제용 용매로 사용한 propylene glycol monomethyl ether(이하 'PGME'로 약함), N-methyl-2-pyrrolidone(이하 'NMP'로 약함), Kococol 200®(methyl-naphthalene계 용매) 및 methanol 등과 함께 한농화성(군산, 한국)으로부터 분양 받았다(Table 1). 음이온성 계면활성제는 동경화성 제품(Tokyo, 일본)을 구입하여 사용하였다. 대조 농약으로서 웨나리몰 유제(상표명 웨나리, 동양화학공업(주)제품, 서울, 한국)와 DBEDC 유제(dodecylbenzenesulfonate bisethylene-diamine copper(II) complex salts, 상표명 산요루, ai 20%, 한국삼공(주)제품, 서울, 한국)를 시중에서 구입하여 사용하였다.

오이와 딸기의 재배. 오이 종자[백미백다다기, 동부한농종묘(주) 제품, 서울, 한국]를 부농상토 5호[(주)부농 제품, 경주, 한국]에 파종하여 1엽기까지 재배하였다. 유묘를 부농상토 5호가 담겨 있는 와그너 포트(1/5,000 아이르용)에 1엽기 오이를 옮겨 심고 온실(온도 20-40°C, 자연광과 자연습도, 수돗물 분무 관수)에서 6엽기까지 재배하면서 흰가루병을 자연 발병시켰다. 딸기는 어린 러너를 화분(내경 105 mm, 높이 95 mm)에 심고, 과실이 달린 채 흰가루병이 자연발병할 때까지 온실에서 재배하였다. 식물은 화분에 심겨진 그대로 실험에 사용하였다.

오이와 딸기의 흰가루병 방제 효과 측정. 비이온성 혹은 음이온성 계면활성제를 물에 희석하여 250, 500, 및 1,000 mg/L의 계면활성제 수용액을 조제하였다. 또한 대조 농약으로서 웨나리몰 유제를 물에 희석하여 관용 농도인 31.3 mg/L 용액을 조제하고 이를 다시 물로 희석하여 15.6 mg/L 및 7.8 mg/L의 분무용 용액을 조제하였다. 이미 1 내지 2엽에 흰가루병이 발생하기 시작한 6엽기 오이에 손 분무기를 사용하여 계면활성제 수용액과 대조 농약 용액을 흘려내릴 정도로 분무하였다. 일주일 간격으로 2회 살포하고, 최초 처리일로부터 14일 후에 병 발생 정도를 달관 조사한 다음 병 방제 효과를 식 (1)에 의해서 산출하였다.

먼저 소수기의 종류가 각기 다른 비이온성 계면활성제와 음이온성 계면활성제를 대상으로 오이 흰가루병 방제 효과가 우수한 물질을 선발하는 1차 스크리닝을 실시하였다. 여기에서 선발된 계면활성제의 친수기 polyoxyethylene의 ethylene oxide 부가물수가 다른 물질을 대상으로 하여 오이 흰가루병 방제효과를 측정함으로써 병방제 효과가 가장 우수한 것을 선발하는 2차 스크리닝을 수행하였다.

딸기에 자연적으로 흰가루병이 발생하였을 때 DBEDC 유제 희석액에 pentaethylene glycol monododecyl ether(C₁₂E₅)를 첨가하여 분무용 용액을 조제하고 잎에 약액이 흘러내릴 정도로 살포하였다. 일주일 간격으로 2회 살포하고 최초 약제 처리일로부터 2주 후에 딸기 과실에 발생한 흰가루병을 조사하여 방제율을 산출하였다.

방제율(%)=

$$(1 - \frac{\text{처리구의 병반면적}}{\text{무처리구의 병반면적}}) \times 100 \quad (1)$$

모든 실험은 5반복으로 수행하였으며, 결과는 평균값과 표준오차로 표시하였다. SigmaPlot 2000(SPSS Inc., Chicago, IL)의 최소사승법에 의한 회귀계산 기능을 이용하여 직선회귀식을 산출하고 이 식으로부터 병을 50% 억제하는 약제의 농도(EC₅₀)를 산출하였다.

흰가루병 방제용 계면활성제의 제제화. 오이와 딸기의 흰가루병 방제에 효과적인 것으로 밝혀진 C₁₂E₅를 시료병에 5g 달아 넣고 용매용 담체를 5g 첨가하고 혼합하여 흰가루병 방제용 계면활성제 액상제제를 조제하였다. 또한 C₁₂E₅ 5g을 Tix-O-sil 34M[합성실리카 분말, (주)한불화학 제품, 수원, 한국] 4g에 흡착시키고 분쇄하여 다시 분말화하였다. 분산제로서 polyoxyethylene nonylphenyl sulfonate(이하 'PNS'로 약함) 5g을 Tix-O-sil 34M 5g에 흡착시키고 분쇄하여 분말화하였다. 이 계면활성제 흡착 분말 9g과 분산제 분말 1g을 혼합하여 흰가루병 방제용 계면활성제 수화제를 조제하였다. 수돗물에 계면활성제 제제 1g/L의 농도로 희석한 다음 상태를 눈으로 관찰하

여 제제의 이화확성을 측정하여 안정한 제제를 선발한 다음 상온에서 실내에 보관하면서 제제 안정성을 관찰하였다.

결과 및 고찰

오이 흰가루병 방제용 계면활성제의 선발. 현재 여러 가지 목적으로 산업적 생산에 사용되고 있는 계면활성제는 종류가 다양하지만 양이온성 계면활성제는 작물에 대한 약해가 심한 것으로 알려져 있으므로 이를 배제하고, 비이온성과 음이온성 계면활성제 중에서 농약의 제제 혹은 세제 등에 자주 사용되고 있는 계면활성제로 그 범위를 한정하였다. 이러한 계면활성제는 Table 1과 같이 polyoxyethylene를 친수기로 가지면서 친유기가 지방족 알콜 혹은 지방산, triacyl glycerol 등으로 이루어진 비이온성 계면활성제가 주종을 이루었다.

경엽처리를 통한 약해시험에서 본 연구에 사용한 계면활성제는 1 g/L 이하의 농도에서 오이에 약해를 유발하지 않거나 생육에 전혀 지장이 없을 정도의 경미한 약해만을 유발하였다[Yu, 2009]. 특히 0.1 g/L 미만의 농도에서는 시험한 모든 계면활성제가 전혀 약해를 유발하지 않았다. 반면에 딸기 잎은 계면활성제에 따라 오이보다 약해 유발이 현저하여 보다 다양한 조건에서 약해를 조사할 필요가 있었다(데이터 미제시).

오이의 흰가루병 방제에는 많은 종류의 농약들이 사용되고 있지만 본 연구에서는 예방효과와 치료효과가 우수하여 널리 사용되고 있는 휘나리몰 유제와 유기동제로 특히 딸기 흰가루병 방제 효과가 우수한 것으로 알려져 있는 DBEDC를 각각 대조약제와 계면활성제와의 혼합처리에 사용하였다.

계면활성제의 이화학적 성질은 친유기를 이루고 있는 지방족 알콜의 종류와 친수기를 이루고 있는 polyoxyethylene 사슬의 ethylene oxide의 부가물수에 따라 달라지므로 먼저 중간 정도의 친수성을 보이는 계면활성제들은 선택하여 수용액을 조제하

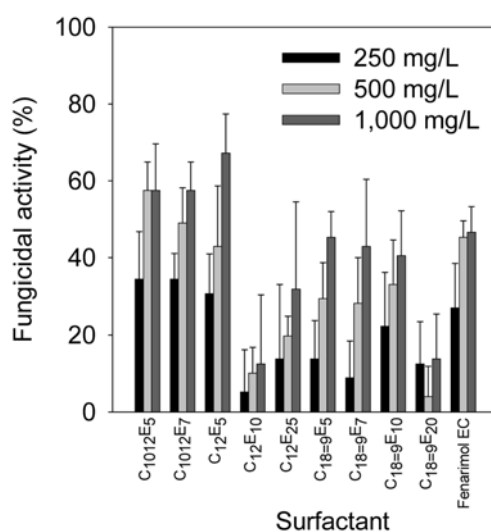


Fig. 1. Effect of the length of polyoxyethylene chain of nonionic surfactants on their fungicidal activity against cucumber powdery mildew. The AI concentration of aqueous fenarimol spray solutions were 7.8, 15.6 and 31.3 mg/L, respectively.

고 오이 흰가루병에 대한 방제 효과를 측정하였다. 대부분의 계면활성제가 온실에서 자연발병한 오이 흰가루병에 대하여 병방제 효과를 보였으며, 그중 병 방제효과가 상대적으로 우수한 것으로 먼저 선발된 계면활성제는 Table 2와 같이 병을 50% 억제하는 농도인 EC₅₀를 산출할 수 있었던 heptaethylene glycol C10-12 alkyl ether(C₁₀₁₂E₇), pentaethylene glycol monododecyl ether(C₁₂E₅) 및 heptaethylene glycol mono-9-octadecenyl ether(C₁₈₋₉E₇) 등이었다. 대조약제로 사용한 휘나리몰의 병 방제효과는 추천 사용농도인 31.3 mg/L에서도 50%에 미치지 못한 반면에 pentaethylene glycol monododecyl ether는 이보다 우수하였다.

선발된 계면활성제와 친유기는 같지만 친수기의 ethylene

Table 2. Control activity of surfactants against cucumber powdery mildew

Surfactants	Control value (%)			
	250 mg/L	500 mg/L	1,000 mg/L	EC ₅₀ (mg/L) ^a
Pentaethylene glycol mono-octyl ether	11±3	11±2	16±1	>2,000
Heptaethylene glycol C10-12 alkyl ether	20±4	42±6	47±7	985
Pentaethylene glycol monododecyl ether	30±2	54±4	64±3	611
Nonaethylene glycol monododecanoic ester	9±2	11±4	20±6	>2,000
Heptaethylene glycol monotridecyl ether	15±2	16±4	20±10	>2,000
Dodecaethylene glycol monohexadecyl ether	18±3	22±1	28±14	>2,000
Decaethylene glycol monooctadecyl ether	10±1	16±6	12±4	>2,000
Nonaethylene glycol monooctadecanoic ester	2±3	11±3	9±2	>2,000
Heptaethylene glycol mono-9-octadecenyl ether	13±2	20±2	39±6	1,304
Nonaethylene glycol mono-9-octadecenoic ester	10±2	24±4	24±3	>2,000
Heptadecaethylene glycol caster oil	0	15±9	2±3	>2,000
Nonaethylene glycol cocofatty acid ester	2±2	6±1	11±1	>2,000
Sodium dioctylsulfosuccinate	19±2	22±8	28±1	>2,000
Sodium dodecylbenzene sulfonate	5±7	19±7	30±11	1,591
	7.8 mg/L	15.6 mg/L	31.3 mg/L	EC ₅₀ (mg/L) ^b
Fenarimol EC	31±2	46±3	47±4	32.1

^aEC₅₀: median effective concentration

^bTherapeutic activities of Fenarimol EC at 7.8, 15.6, and 31.25 mg/L, respectively

Table 3. Control efficacy of mixtures of aqueous pentaethylene glycol monododecyl ether and DBEDC on cucumber powdery mildew in greenhouse trial

C ₁₂ E ₅ (mg/L)	DBEDC (mg/L)					
	0	25	50	100	200	400
0	0 ^a	0	19±3	27±2	40±3	45±3
125	0	14±9	39±2	40±2	44±3	52±9
250	14±12	23±13	39±11	45±3	54±3	68±3
500	28±5	37±8	39±7	53±4	60±3	61±6
1000	24±8	33±13	35±9	46±4	61±3	71±3

^aControl value (%)

oxide 부가물수가 다른 비이온성 계면활성제를 이용한 2차 스크리닝에서 pentaethylene glycol C10-12 alkyl ether(C₁₀₁₂E₅)와 pentaethylene glycol monododecyl ether(C₁₂E₅)는 유사하게 우수한 방제효과를 보여주었다. 하지만 polyoxyethylene mono-9-octadecenyl ether(C₁₈₋₉E_m)는 모두 방제가가 약간 낮게 나타났다. 대조약제인 웨나리몰 유제의 방제효과는 1차 스크리닝에서와 같이 50% 이하로 시험한 농도에서 계면활성제의 효과에 미치지 못하였다(Fig. 1).

Pentaethylene glycol C10-12 alkyl ether(C₁₀₁₂E₅)는 decanol과 dodecanol의 혼합물을 원료로 제조된 것이므로 pentaethylene glycol monododecyl ether(C₁₂E₅)와 여러 가지 성질이 매우 유사하다. 따라서 본 연구에서는 오이 흰가루병 방제에 가장 효과적인 비이온성 계면활성제로 pentaethylene glycol monododecyl ether(C₁₂E₅)를 최종 선발할 수 있었다.

흰가루병 방제용 계면활성제와 DBEDC의 혼합처리. Pentaethylene glycol monododecyl ether(C₁₂E₅)는 두 번의 온실 스크리닝 시험에서 웨나리몰 유제보다 약간 더 우수한 방제효과를 나타내었지만 그 방제가가 70%에 미치지 못하였다. 또한 고농도의 계면활성제는 작물의 재배환경에 따라 악해를 유발할 가능성을 배제할 수 없으므로 보다 낮은 농도에서 사용하는 것이 바람직한 것으로 사료되었다. DBEDC는 오이 흰가루병의 방제에 탁월한 효과를 보이고 특히 예방효과가 뛰어난 것으로 알려져 있으므로 예방효과보다 치료효과가 우세한 것으로 추정되는 pentaethylene glycol monododecyl ether(C₁₂E₅)와 혼합처리할 때 우수한 방제효과를 보일 수 있을 것으로 예상되었다.

Pentaethylene glycol monododecyl ether(C₁₂E₅) 혹은 DBEDC를 각각 살포하였을 때는 오이 흰가루병 방제 효과가 24%와 45%에 불과하였다(Table 3). 이렇게 방제효과가 낮게 나타난 것은 약제 살포 직전 병 발생이 과도하였기 때문으로 추정되었다. 하지만 두 약제를 혼합처리하였을 때에는 흰가루병 방제 효과가 보다 안정적으로 높게 나타났으며, 종합적인 방제가는 대체로 서로 상가적이었다. 이로써 비이온성 계면활성제 C₁₂E₅는 병 발

Table 4. Control of strawberry powdery mildew by aqueous pentaethylene glycol monododecyl ether formulations containing DBEDC

Treatment	Application (mg/L)	Control value (%)
DBEDC	400	65±4
C ₁₂ E ₅	1,000	59±2
DBEDC+C ₁₂ E ₅	100+500	71±5

생이 과도하지 않을 경우 단독으로 처리하여도 오이 흰가루병에 대한 방제효과가 기존의 농약과 비교해 떨어지지 않으며, 다른 약제와 혼합처리할 경우 방제 효과를 더 높일 수 있었다.

딸기의 잎과 과실에 자연발병한 흰가루병에 대하여 추천사용농도인 400 mg/mL로 처리한 DBEDC 처리구와 1,000 mg/mL의 농도로 처리한 C₁₂E₅ 처리구의 방제가는 60% 내외로 거의 대등하게 나타났다(Table 4). 그러나 DBEDC 100 mg/mL과 C₁₂E₅ 500 mg/mL를 혼합처리하였을 때 가장 방제가가 높게 나타나서 합제로서의 가능성을 강력하게 시사하였다.

흰가루병 방제용 약제로써 pentaethylene glycol monododecyl ether의 제제화. Pentaethylene glycol monododecyl ether(C₁₂E₅)는 임계미셀농도가 0.1% 미만이므로 고농도에서는 물에 혼화되지 않고 액상이 분리되지만, propylene glycol monomethyl ether(PGME)와 같은 수혼화성 용매나 Kocosol 200과 같은 극성용매와는 잘 혼화되는 특성을 가지고 있다. 따라서 이러한 용매에 녹여 50% 농도의 단순한 제제를 조제하고, 상온에 보관하면서 제제의 물리적 안정성과 희석액의 상태를 관찰하였다. 또한 흡유가가 높은 합성실리카 분말에 흡수시키고 분산제를 소량 첨가함으로써 분말제제로의 제제화를 시도하였다.

PGME, N-methyl-2-pyrrolidone 및 methanol에 각각 녹여 만든 50% 제제는 오래 동안 용해된 상태를 유지하였지만 서서히 액상이 분리되는 경향을 보였다(Table 5). 하지만 흔들어 주었을 때 쉽게 혼화됨으로써 희석 사용에는 지장이 없을 것으로 판단되었다. 극성용매인 Kocosol 200에 녹인 제제는 유화 상태

Table 5. Test formulations of pentaethylene glycol monododecyl ether

Component	Composition for C ₁₂ E ₅ formulation (%)				
	LQ 1	LQ 2	LQ 3	LQ 4	WP 1
C ₁₂ E ₅	50	50	50	50	50
Dispersant	-	-	-	-	5 (PNS)
Carrier	50 (Kocosol 200)	50 (PGME)	50 (NMP)	50 (Methanol)	45 (Tix-O-sil)

를 유지하다가 서서히 액상이 분리되는 경향을 보였지만 역시 희석 사용에는 지장이 없었다. 합성실리카에 흡수시켜 분말화한 제제는 물에 희석할 때 분산성이 좋지 않았지만, 가벼운 교반으로 균일한 희석액을 얻을 수 있었다. 이상의 제제 실험에서 pentaethylene glycol monododecyl ether의 제제에는 용제로써 PGME 혹은 Kocosol 200이 적합하며 제제의 물리적 안정성 면에서는 개선이 필요한 것으로 사료되었다.

오이 흰가루병 방제 실험에서 병 발생이 과도한 오이에 대하여 pentaethylene glycol monododecyl ether 등의 계면활성제가 나타내는 치료 효과는 매우 우수하지만 그후 발생하는 병에 대한 예방 효과 혹은 약효 지속성은 크지 않았다(데이터 미제시). 이러한 현상은 계면활성제의 잎표면 잔류량과 깊은 관련이 있는 것으로 추정된다. 즉, pentaethylene glycol monododecyl ether와 같은 비이온성 계면활성제는 식물잎 표면에서 내부로 신속하게 침투해 들어갈 수 있기 때문에[Stevens 등, 1987; Stock 등, 1992] 잔효성에 의한 병 예방효과를 기대하기 어렵다. 이러한 관점에서 볼 때 흰가루병에 대한 비이온성 계면활성제의 방제 효과는 병균의 포자 혹은 균사체 표면에서 내부로 침투해 들어가면서 초래되는 생체막 구조의 변형 혹은 기능의 교란 등에 기인할 가능성을 시사한다. 이러한 계면활성제의 작용기작에 접근하는 다각적인 연구가 이루어질 경우 여러 가지 식물병에 대해 방제효과가 우수한 각종 계면활성제 제제의 개발도 가능할 것으로 사료된다.

요 약

현재 산업적으로 여러 가지 용도로 사용되고 있는 계면활성제 중에서 임의로 선택한 비이온성 계면활성제와 음이온성 계면활성제 수용액을 온실 내에서 자연적으로 흰가루병 발생을 유도한 성체 오이에 분무 살포한 후 병 방제효과를 측정함으로써 약해 유발이 없으면서 병 방제 효과가 우수한 계면활성제를 선발하였다. 이 계면활성제 수용액을 DBEDC 희석액과 혼합처리하여 흰가루병에 대한 방제력의 변화를 조사함으로써 합제 개발의 가능성을 시험하였다. 시험한 20종의 계면활성제 중에서 pentaethylene glycol monododecyl ether, pentaethylene glycol monodecyl ether와 pentaethylene monododecyl ether의

혼합물 및 pentaethylene glycol mono-9-octadecenyl ether 등이 약해를 거의 유발하지 않으면서 흰가루병에 대한 높은 방제 효과를 보였는데, 그 효과는 fenarimol 유제보다 우수하거나 대등한 것으로 나타났다. 이중 pentaethylene glycol monododecyl ether는 예방효과가 우수한 DBEDC와 혼합처리 하였을 때 서로 상가적으로 작용하여 현저하게 높은 방제 효과를 나타내었다.

Key words: 방제효과, 오이 흰가루병, DBEDC, pentaethylene glycol monododecyl ether, 계면활성제

참고문헌

Clifford DR and Hislop EC (1975) Surfactants for the control of apple mildew. *Pestic Sci* **6**, 409-4180.

Evans E, Marshall J, Couzens BJ, and Runham RL (1970) The curative activity of nonionic surface-active agents against some powdery mildew diseases. *Ann Appl Biol* **65**, 473-480.

Stanghellini ME (1996) Control root rot of peppers caused by *Phytophthora capsici* with a nonionic surfactant. *Plant Dis* **80**, 1113-1116.

Stevens PJG and Bukovac MJ (1987) Studies on octylphenoxy surfactants. Part 2: Effects on foliar uptake and translocation. *Pestic Sci* **20**, 37-52.

Stock D, Edgerton BM, Gaskin RE, and Holloway PJ (1992) Surfactant-inhanced foliar uptake of some organic compounds: Interractions with two model polyoxyethylene alipatic alcohols. *Pestic Sci* **34**, 233-242.

Tomlin CDS (2000) In *The Pesticide Manual*, (12th ed.), British Crop Protection Council, Surrey, UK.

Tomlinson JA (1987) Inhibitory and lytic effects of a nonionic surfactant on various asexual stages in the life cycle of *Pythium* and *Phytophthora* species. *Phytopathology* **77**, 112-114.

Valkenburg WV (1998) In *Pesticide Formulation: Recent Developments and Their Applications in Developing Countries*. New Age International (P) Limited, Publishers, New Delhi, India.

Yu JH (2009) Effect of additives in aqueous formulation on the foliar uptake of dimethomorph by cucumbers. *Pest Manag Sci* **65**, 426-432.