

계면활성제를 이용한 역병과 오이 노균병 방제

최경자* · 유주현 · 장경수 · 김흥태 · 김진철 · 조광연

한국화학연구원 생물기능연구팀

(2004년 6월 16일 접수, 2004년 8월 6일 수리)

음이온성 계면활성제인 sodium dioctyl sulfosuccinate(SDSS), sodium dodecylbenzene sulfonate(NaDBS) 및 비이온성 계면활성제인 polyoxyethylene oleyl ether(OE-7)를 선발하여 토마토 역병, 고추 역병 및 오이 노균병에 대한 예방효과, 치료효과 및 약효 지속성을 조사하였다. 이들 계면활성제는 토마토 역병, 고추 역병 그리고 오이 노균병에 대하여 우수한 1일전 예방효과를 보였다. 이들 중에 NaDBS는 가장 높은 살균 활성을 보였으며, 500 µg/ml 처리에서도 토마토 역병, 고추 역병 및 오이 노균병에 대해 각각 99%, 100% 및 85%의 방제기를 나타냈다. 그러나 세 계면활성제는 접종 1일 후의 약제처리에 의해서는 낮은 치료효과를 보였다. SDSS와 NaDBS는 토마토 역병과 고추 역병에 대하여 우수한 약효 지속성을 보였으며, 특히 NaDBS(500 µg/ml)는 접종 7일 전 약제처리구에서 토마토 역병과 고추 역병에 88% 이상의 방제기를 보였다. 이상의 결과로부터 SDSS와 NaDBS는 고추 역병, 토마토 역병 및 오이 노균병에 대하여 포장에서도 우수한 방제효과를 보일 것으로 판단되었다.

Key words: 계면활성제, 살균 활성, *Phytophthora infestans*, *Phytophthora capsici*, *Pseudoperonospora cubensis*

서 론

미생물의 생활환 중에 유주자(zoopore)를 형성하는 미생물(zooporic plant pathogens)은 *Albugo*, *Peronophythora*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Plasmopara*, *Pseudoperonospora*, *Sclerospora*, *Aphanomyces* 등의 난균강(Oomycetes), *Olpidium*, *Physoderma*, *Synchytrium* 등의 병꼴균강(Chytridiomycetes), *Plasmodiophora*, *Polymyxa*, *Spongospora* 등의 Plasmodiophoromycetes에 속하는 143종이 보고 되어 있다. 이들은 생활환에 공통적으로 유주자를 가지며, 유주자는 한 개 혹은 두 개의 편모를 가져 운동성이 있으며 단세포이다. 유주자는 다른 생육시기인 포낭(encyst), 균사 및 유주자낭 등과 달리 세포벽이 없는 원형질막으로 구성되어 있다. 유주자균류 중에 대표적인 식물 병원균은 감자·토마토 역병균(*Phytophthora infestans*)과 포도 노균병균(*Plasmopara viticola*)으로 보고 되어 있다.¹⁾

계면활성제는 습윤, 분산, 유화, 가용화, 세정, 살균작용 등 다양한 작용을 가지고 있다. 그러므로 농약 제제에는 흔히 약제의 유화, 분산, 현탁, 붕괴 및 확산 등의 여러 목적을 위하여 계면활성제가 첨가된다.²⁾ 이러한 계면활성제들은 농약과의 협력작용에 의하여 방제효과를 상승시키거나 그 자체만으로도 살균 활성을 보이기 때문에 각종 식물의 흰가루병, *Penicillium* 저장병 및 무사마귀병 등에 대한 방제제로 개발하려는 시도가 있었다.^{3,6)}

계면활성제를 이용한 유주자균류의 방제는 Tomlinson와 Faithfull에⁷⁻⁸⁾ 의하여 처음 시도되었다. 이들은 benzimidazole 살균제가 상추 big vein 바이러스병 방제에 효과가 있다는 것을

발견하고 원인 물질을 규명한 결과, 상추 big vein 바이러스병은 *Olpidium brassicae*가 매개하고 이 살균제에 포함된 계면활성제가 *Olpidium*을 죽임으로써 바이러스병이 방제됨을 규명하였다. 이후 다양한 계면활성제의 살균 활성을 측정하였는데, 음이온성 계면활성제인 Manoxol O/T, Marasperde CB, sodium lauryl sulfate, 비이온성 계면활성제인 Agral, Ethylan CPX, Spreadite, Triton X-100, 양이온성 계면활성제인 Cetrimide, Deciquam 222, Hyamine 1622는 *O. brassicae*에 살균효과가 있으며, 이들의 종류와 농도에 따라 살균 활성이 다름을 보고하였다.⁷⁾ 그리고 이들 중 비이온성 계면활성제인 Agral 90® (polyoxyethylene nonylphenol ether)을 선발하고 상추의 순환식 수경재배에 적용한 결과, 병을 방제할 수 있다고 보고하였다.^{8,9)} 그 후 Stanghellini 등은 비이온성 계면활성제인 polyoxyethylene nonylphenol ether를 순환식 수경재배에 적용하여 오이에서 *Pythium aphanidermatum*, 고추에서 *Phytophthora capsici*, 상추에서 *Plasmopara lactuca-radialis*를 방제할 수 있었다.^{10,12)}

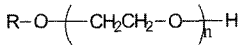
따라서 유주자균류에 살균 활성이 있는 계면활성제를 확인하여 농업에 이용할 수 있다면 그 자체로 무농약 재배에 기여할 수 있고, 또한 기타 살균제와 혼합하여 사용함으로써 살균제 사용량을 크게 줄일 수 있어 농약의 과다 사용에 따른 문제점을 감소할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 Stanghellini 등이 보고한 polyoxyethylene nonylphenol ether는 최근에 환경호르몬으로 규정되어 우리나라에서도 1990년대 후반부터 농약 제제에 사용이 금지되었다. 따라서 유주자균류에 대하여 살균 활성이 우수한 다른 계면활성제의 발굴이 절실히 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 독성학적으로 안전한 여러 가지 계면활성제의 *in vivo* 살균 활성 결과로부터 선발된 음이온성 계면활성제인 sodium dioctyl sulfosuccinate(SDSS), sodium dodecylbenzene sulfonate(NaDBS) 및 비이온성 계면활성제인 polyoxyethylene oleyl ether(OE-7)의 유주자균류에 대한 살균제

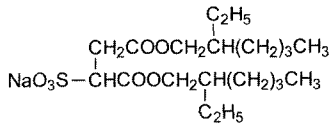
*연락처

Phone: 82-42-860-7434; Fax: 82-42-861-4913

E-mail: kjchoi@kriac.re.kr



Polyoxyethylene oleyl ether (OE-7: R=C₁₈H₃₅, n=7)



Sodium dioctyl sulfosuccinate (SDSS)



Sodium dodecylbenzene sulfonate (NaDBS)

Fig. 1. Chemical structures of polyoxyethylene oleyl ether, sodium dioctyl sulfosuccinate, and sodium dodecylbenzene sulfonate.

로서의 가능성을 조사하였다.¹³⁾

재료 및 방법

계면활성제 및 처리. 음이온성 계면활성제인 sodium dioctyl sulfosuccinate(SDSS), sodium dodecylbenzene sulfonate(NaDBS) 및 비이온성 계면활성제인 polyoxyethylene oleyl ether(OE-7, ethylene oxide 부가중합도: 평균 7 M)는 동경화성(일본)으로부터 구입하였다(Fig. 1). 계면활성제는 증류수에 녹여 사용하였으며, 무처리구는 계면활성제 없이 증류수만을 처리하였다. 계면활성제 처리는 식물을 turn table 위에 놓고 회전시키면서 계면활성제 수용액이 식물체에서 흘러내리기 직전까지 spray gun (1 kg/cm²)을 사용하여 고르게 살포하였다.

식물의 육묘 및 병원균 접종. 원예용 상토를 넣은 일회용 포트(직경 8 cm)에 토마토[서광토마토, 흥농종묘(주)], 고추[향촌, 동부한농화학(주)] 그리고 오이[하우스백다다기, 동부한농화학(주)] 종자를 파종하여 25±5°C의 온실에서 재배하였다. 토마토는 4~5엽기, 고추는 첫 분지시기, 오이는 3엽기의 식물을 실험에 사용하였다.

토마토 역병균(*Phytophthora infestans* PIT)의 균사조각을 오트밀배지에 올려놓고 암상태의 항온기(20°C)에서 1주일 동안 배양한 다음, 하루에 16시간 동안 광처리 하면서 3일 동안 배양하여 포자(유주자낭)를 형성시켰다. 오트밀배지에 형성된 유주자낭을 살균수로 수확하고 이를 3겹의 가제로 거른 후에, 광학현미경 하에서 혈구계로 유주자낭 농도를 조사하고 살균수를 첨가하여 실험하고자 하는 포자 농도로 조정하였다. 이와 같이 준비한 포자현탁액은 4°C에서 1시간 동안 저온처리 하여 유주자를 유출시킨 후에 식물체에 분무접종 하였다. 접종된 식물은 20°C의 습실상에서 1일 동안 배양하고, 20°C의 항온항습실(상대습도 70%)에서 2~3일 동안 발병을 유도하여 무처리구에서 70% 이상 발병되었을 때 병반면적율을 조사하였다.

고추 역병균(*P. capsici* CY6225)의 균사조각을 오트밀배지에 올려놓고 암상태의 항온기(25°C)에서 1주일 동안 배양한 후에 균층 표면의 공중균사를 제거하고 1일 동안 광처리하여 유주자낭을 형성시켰다. 토마토 역병균과 유사한 방법으로 배지로부터 유주자낭을 수확하고 저온처리하여 유주자를 유출시킨 후에 실험하고자 하는 포자농도의 접종원을 준비하였다. 준비한 접종원을 고추 식물에 분무접종하고 습실상(25°C, 상대습도 95% 이상)에서 20시간 동안 배양한 후에 25±5°C의 온실에 두어 발병시켰다. 무처리구 식물에서 90% 이상의 마름 병징을 보일 때 병반면적율을 조사하였다.

살균제를 처리하지 않은 오이 노균병 발생 포장에서 노균병에 감염된 오이 잎을 채집하여 습실처리한 후, 병반에 형성된 오이 노균병균(*Pseudoperonospora cubensis*)의 유주자낭을 실험에 사용하였다. 포자가 형성된 오이 잎을 살균수가 담긴 통에 넣고 붓으로 씻어낸 다음 2겹의 거즈로 걸러 불순물을 제거하여 유주자낭을 수확하였다. 토마토, 고추의 경우와 유사하게 포자현탁액을 저온처리 하여 유주자를 유출시키고 이를 접종원으로 사용하였다. 유주자낭 농도를 기준으로 준비된 유주자 현탁액을 3엽기 오이에 분무접종하고 습실상(25°C)에서 20시간 동안 배양한 다음 온실(25±5°C)에 두어 발병시킨 후에 2엽의 병반면적율을 조사하였다. 상기의 모든 실험은 3반복으로 하였으며, 조사한 병반면적율은 다음과 같은 식에 따라 방제가를 계산하였다.

$$\text{방제가(\%)} = (1 - \text{처리구의 병반면적율} / \text{무처리구의 병반면적율}) \times 100$$

예방 및 치료효과. 온실에서 재배한 토마토, 고추 및 오이 식물에 OE-7, SDSS 및 NaDBS의 250, 500, 1,000 µg/ml 농도로 준비한 계면활성제 수용액을 살포하였다. 이를 온실에 1일 동안 두어 풍건시킨 후, 토마토 역병균(*P. infestans*, 5×10⁴ sporangia/ml), 고추 역병균(*P. capsici*, 5×10⁴ zoospores/ml), 오이 노균병균(*P. cubensis*, 1×10⁴ sporangia/ml)의 유주자 현탁액을 각각 접종하고 습실처리 하여 발병시킨 후에 병조사하여 예방효과를 산출하였다.

포장에서 접종원 농도가 증가한 경우에도 역병을 방제할 수 있는지 알아보기 위하여 SDSS와 NaDBS의 250, 500, 1,000 µg/ml 용액을 고추에 살포하고 1일 후에 고추 역병균을 접종하였다. 고추 역병균의 유주자 현탁액의 농도는 3×10⁴, 1×10⁵, 3×10⁵ zoospores/ml가 되도록 조정한 후에 분무접종 하여 접종원 농도에 따른 예방효과를 실험하였다.

치료효과는 예방효과와 반대로 약제처리 1일 전에 토마토, 고추, 오이 식물에 위와 같이 각 병원균을 접종하고 20시간 동안 습실 처리한 다음 온실에서 풍건하여 식물 표면의 수분을 제거하였다. 이 식물에 미리 준비한 OE-7, SDSS 및 NaDBS의 수용액(1,000 µg/ml)을 처리하고 항온항습실에서 발병시킨 후 병반면적율을 조사하여 치료효과를 산출하였다.

약효 지속성. 토마토 식물과 고추 식물에 병원균을 접종하기 1일, 4일 그리고 7일 전에, 온실에서 재배한 4~5엽기 토마토와 첫 분지기의 고추에 SDSS와 NaDBS 각각 500 µg/ml과 1,000 µg/ml 수용액을 살포하고 온실에서 저면관수하면서 재배

Table 1. *In vivo* control of zoospore plant pathogens with protective spray applications of three surfactants

Conc. ($\mu\text{g/ml}$)	<i>Phytophthora infestans</i>			<i>Phytophthora capsici</i>			<i>Pseudoperonospora cubensis</i>		
	OE-7 ^a	SDSS	NaDBS	OE-7	SDSS	NaDBS	OE-7	SDSS	NaDBS
250	10 \pm 5.8 ^b	54 \pm 17	93 \pm 3.9	23 \pm 14	35 \pm 24	89 \pm 10	8 \pm 5.0	50 \pm 7.1	74 \pm 4.2
500	25 \pm 7.1	93 \pm 2.9	99 \pm 1.0	30 \pm 14	88 \pm 10	100	16 \pm 7.3	68 \pm 11	85 \pm 5.0
1000	31 \pm 8.5	100	100	53 \pm 25	97 \pm 4.6	100	25 \pm 5.8	95 \pm 3.8	92 \pm 2.7

^aOE-7: polyoxyethylene oleyl ether; SDSS: sodium dioctyl sulfosuccinate; NaDBS: sodium dodecylbenzene sulfonate^bControl value (%)Table 2. *In vivo* control of *Phytophthora capsici* with protective spray applications of two surfactants

Conc. ($\mu\text{g/ml}$)	Zoospore concentration ($\times 10^4$ spores/ml)					
	SDSS ^a			NaDBS		
	3	10	30	3	10	30
250	99 \pm 2.5 ^b	91 \pm 8.5	79 \pm 12	100	98 \pm 2.9	79 \pm 14
500	100	98 \pm 2.9	92 \pm 4.5	100	100	94 \pm 6.3
1000	100	100	96 \pm 4.8	100	100	99 \pm 2.5

^aSDSS: sodium dioctyl sulfosuccinate; NaDBS: sodium dodecylbenzene sulfonate^bControl value (%)Table 3. *In vivo* control of zoospore plant pathogens with curative spray applications of three surfactants

Pathogen	Host	Surfactant (1,000 $\mu\text{g/ml}$)		
		OE-7 ^a	SDSS	NaDBS
<i>Phytophthora infestans</i>	Tomato	17 \pm 13 ^b	59 \pm 15	38 \pm 8.5
<i>Phytophthora capsici</i>	Red pepper	8.0 \pm 4.1	22 \pm 7.8	9.2 \pm 11
<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Cucumber	5.1 \pm 8.4	63 \pm 6.4	39 \pm 11

^aOE-7: polyoxyethylene oleyl ether; SDSS: sodium dioctyl sulfosuccinate; NaDBS: sodium dodecylbenzene sulfonate^bControl value (%)

하였다. 계면활성제를 처리한 토마토와 고추 식물에 *P. infestans*(5×10^4 sporangia/ml)와 *P. capsici*(5×10^4 zoospores/ml)의 유주자 현탁액을 각각 접종하고 발병시킨 후 병조사 하였다. 이 때 약제의 침투이행에 의한 상위 엽에서의 방제효과를 배제하기 위하여 약제가 처리된 잎만을 대상으로 병조사 하였다. 또한 무처리구도 같은 방법으로 병조사와 이로부터 방제가를 계산하였다.

결과 및 고찰

예방효과. 온실에서 재배한 토마토(4~5엽기), 고추(첫 분지기) 및 오이(3엽기)에 음이온성 계면활성제인 sodium dioctyl sulfosuccinate(SDSS), sodium dodecylbenzene sulfonate(NaDBS) 및 비이온성 계면활성제인 polyoxyethylene oleyl ether(OE-7) 수용액을 살포하고, 1일 후에 접종하여 예방효과를 실험한 결과, 이들 계면활성제는 토마토 역병, 고추 역병 및 오이 노균병에 대하여 방제효과가 있었으며(Table 1), 농도가 증가함에 따라 방제효과도 증가하는 정의 상관관계를 보였으므로 이러한 방제효과는 계면활성제에 의한 것임을 확인할 수 있었다.

또한 3종 계면활성제는 오이 노균병보다 토마토 역병과 고추 역병에 대하여 더 높은 방제효과를 보였다. 토마토와 고추 역병의 병원균은 *Phytophthora*속이고 오이 노균병 병원균은 *Pseudoperonospora*속이다. 따라서 *Phytophthora*속이 *Pseudoperonospora*

속보다 세 계면활성제에 대해 더 감수성인 것으로 추정되었다. 그러나 이를 보다 정확히 규명하기 위해서는 이들 균에 대한 *in vitro* 살균활성 실험을 추가적으로 수행할 필요가 있다.

음이온성 계면활성제 SDSS와 NaDBS는 토마토 역병, 고추 역병 및 오이 노균병 모두에 대하여 비이온성 계면활성제인 OE-7보다 월등히 높은 방제효과를 보였다. 특히 NaDBS는 두 역병과 노균병 모두에 대하여 SDSS보다 높은 방제효과를 보였으며, 250 $\mu\text{g/ml}$ 처리에서도 토마토 역병에 93%, 고추 역병에 89%, 오이 노균병에 74%의 방제가를 보여 우수한 *in vivo* 살균 활성을 나타냈다. 비이온성 계면활성제인 OE-7은 토마토 역병 등 3종 유주자병균 병해에 대하여 낮은 방제효과를 보였으나, 고추 역병에 대한 방제효과가 토마토 역병과 오이 노균병보다 다소 높았다.

포장에서 접종원 농도가 증가한 경우에도 역병을 효과적으로 방제할 수 있는지 알아보기 위하여 접종원농도에 따른 예방효과를 실험한 결과, SDSS와 NaDBS의 500 $\mu\text{g/ml}$ 과 1,000 $\mu\text{g/ml}$ 처리구는 접종원 농도가 증가하여도 방제효과에 거의 영향이 없었으나, 250 $\mu\text{g/ml}$ 처리는 포자농도가 증가함에 따라 두 계면활성제 모두 방제효과가 약간 감소하였다(Table 2).

치료효과. 토마토(4~5엽기), 고추(첫 분지기) 및 오이(3엽기)에 각각 *P. infestans*, *P. capsici*, *P. cubensis*의 유주자를 분무 접종하고 20시간 동안 습실처리한 후에 계면활성제 수용액을 살포하여 치료효과를 실험한 결과, 전체적으로 예방효과에 비

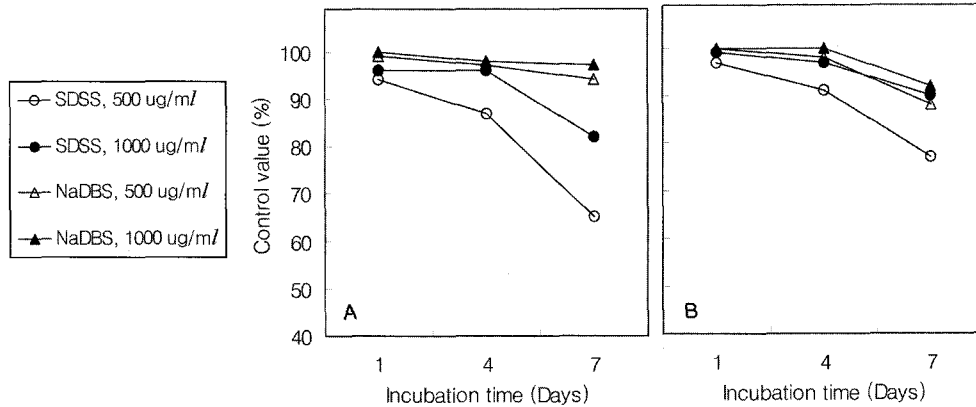


Fig. 2. Persistence activity of sodium dioctyl sulfosuccinate (SDSS) and sodium dodecylbenzene sulfonate (NaDBS) against tomato late blight (A) and red pepper blight (B).

하여 약한 치료효과를 보였으며, 그 중에서 음이온성 계면활성제 SDSS와 NaDBS는 비이온 계면활성제 OE-7보다 다소 높은 치료효과를 나타냈다(Table 3).

Stanghellini와 Tomlinson은¹⁴⁾ *Pythium* spp. 4균주와 *Phytophthora parasitica* 1균주에 대한 Agral®의 *in vitro* 살균 활성, 즉 균사 생장, 유주자 발아, 포낭 발아, 유주자 억제효과를 실험하였는데, 유주자를 제외한 다른 생육시기의 모든 균에 대해서는 25 µg/ml 농도에서도 살균 활성이 전혀 없었으나, 유주자에 처리하였을 때에는 20 µg/ml 농도에서 1분 이내에 운동성을 상실하고 죽었다. 즉, Agral®은 원형질막만을 가지는 유주자에 대하여는 살균 활성을 나타내나, 세포벽을 가지는 다른 생육시기에는 살균효과가 없다고 보고하였다. 그러므로 본 연구 결과는 이들의 실험 결과와 잘 일치하였다. 정도의 차이는 있으나 일반적으로 많은 계면활성제는 식물 잎에 대하여 침투성을 나타낸다.¹⁵⁻¹⁷⁾ 본 실험의 3종 계면활성제도 식물체의 왁스층을 통과하여 식물체 내부에 있는 균체에 도달하게 된다. 그러나 접종 20 시간 후의 균은 이미 발아하여 세포벽을 가지는 시기이다. 따라서 이 때 식물체 표면에 처리한 계면활성제는 식물체 내로 침투하여도 균사 생장에 대한 억제효과가 유주자보다 낮으므로 예방효과보다 치료효과가 낮은 것으로 사료된다.

세 계면활성제는 고추 역병보다 토마토 역병과 오이 노균병에 더 높은 치료효과를 보였으며, 이것은 식물 종류에 따라 잎에서의 계면활성제 침투성이 다름에 기인한 결과라 판단된다. 따라서 토마토 역병과 오이 노균병보다 고추 역병에서 치료효과가 낮은 것은 고추에서 계면활성제의 침투성이 떨어지기 때문이라 사료된다. 참고적으로 오이와 토마토에 비하여 고추 잎의 단위면적 당 wax 함량은 10배로 많다는 미발표 실험결과도 이를 뒷받침하고 있는 것으로 판단된다(유주현, personal communication).

약효 지속성. 토마토 식물과 고추 식물에 각 역병균을 접종하기 1일, 4일 그리고 7일 전에, SDSS와 NaDBS를 살포하고 온실에서 재배한 후에 병원균을 접종하여 약효 지속성을 실험한 결과, SDSS와 NaDBS는 약제처리 후 배양시간이 증가함에 따라 약제 방제효과는 점차 감소하였으나 감소 정도는 기존 살균제와 유사하였다(Fig. 2).¹⁸⁾

Kondoh 등¹⁹⁾은 토양에 처리한 biosurfactant인 surfactin이 3일

후에는 21%, 14일 후에는 75%가 감소하여 2주일 후에는 대부분이 분해 된다고 보고하였다. 본 실험에서 NaDBS는 토마토와 고추 역병 모두에 대하여 SDSS보다 우수한 약효 지속성을 보여 500 µg/ml 농도로 처리하고 1주일 후에 접종하였을 때에도 토마토 역병과 고추 역병에 대하여 약 90%의 방제효과를 보였다(Fig. 2). 이것은 NaDBS보다는 SDSS가 식물에서 침투성이 높아서 식물에 처리한 SDSS는 보다 쉽게 잎 내부로 침투하여 잎 표면에 남아있는 양이 감소하게 되고 이에 따라 예방효과로 실험한 약효 지속성 실험에서 낮은 방제효과를 나타낸 것으로 판단되었다.

이상의 결과로부터 음이온계면활성제인 SDSS와 NaDBS는 토마토 역병, 고추 역병 및 오이 노균병에 대하여 우수한 방제효과를 나타내어 살균제 대체제로 가능하다고 판단되었다.

참고문헌

1. Stanghellini, M. E. and Miller, R. M. (1997) Their identity and potential efficacy in the biological control of zoospore plant pathogens. *Plant Dis.* **81**, 4-12.
2. Watanabe, T. (1982) Surfactants for pesticide formulation. *J. Pesticide Sci.* **7**, 203-210.
3. Clifford, D. R. and Hislop, E. C. (1975) Surfactants for the control of apple mildew. *Pestic. Sci.* **6**, 409-418.
4. Kajikawa, A., Watanabe, T., Akutsu, K., Ko, K. and Misato, T. (1984) Effect of cationic surfactants on powdery mildew of cucumber. *J. Pesticide Sci.* **9**, 763-768.
5. Hildebrand, P. D. and McRae, K. B. (1998) Control of clubroot caused by *Plasmodiophora brassicae* with nonionic surfactants. *Can. J. Plant Pathol.* **20**, 1-11.
6. Stange, R. R. Tr. and Eckert, J. W. (1994) Influence of postharvest handling and surfactants on control of green mold of lemons by curing. *Phytopathology* **84**, 612-616.
7. Tomlinson, J. A. and Faithfull, E. M. (1980a) Effects of fungicides and surfactants on the zoospores of *Olpidium brassicae*. *Ann. Appl. Biol.* **93**, 13-19.
8. Tomlinson, J. A. and Faithfull, E. M. (1980b) Studies on the control of lettuce big-vein disease in recirculated nutrient solutions. *Acta Hort.* **98**, 325-331.
9. Tomlinson, J. A. and Thomas, B. J. (1986) Studies on melon

- necrotic spot virus disease of cucumber and on the control of the fungus vector (*Olpidium radicale*). *Ann. Appl. Biol.* **108**, 71-80.
10. Stanghellini, M. E., Kim, D. H., Rasmussen, S. L. and Rorabaugh, P. A. (1996a) Control of root rot of peppers caused by *Phytophthora capsici* with a nonionic surfactant. *Plant Dis.* **80**, 1113-1116.
 11. Stanghellini, M. E. and Rasmussen, S. L. (1994) Hydroponics: A solution for zoospore pathogens. *Plant Dis.* **78**, 1129-1138.
 12. Stanghellini, M. E., Rasmussen, S. L., Kim, D. H. and Rorabaugh, P. A. (1996b) Efficacy of nonionic surfactants in the control of zoospore spread of *Pythium aphanidermatum* in a recirculating hydroponic system. *Plant Dis.* **80**, 422-428.
 13. Choi, G. J., Yu, J. H. and Cho, K. Y. (2003) Surfactant composition and method for protecting vegetables from plant diseases using same. KR Patent Application No. 2003-12270.
 14. Stanghellini, M. E. and Tomlinson, J. A. (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.
 15. Schreiber, L., Riederer, M. and Schorn, K. (1996) Mobilities of organic compounds in reconstituted cuticular wax of barley leaves: Effects of monodisperse alcohol ethoxylates on diffusion of pentachlorophenol and tetracosanoic acid. *Pestic. Sci.* **48**, 117-124.
 16. Stevens, P. J. G. and Bukovac, M. J. (1987) Studies on octylphenoxy surfactants. Part 2: Effects on foliar uptake and translocation. *Pestic. Sci.* **20**, 37-52.
 17. Stock, D., Edgerton, B. M., Gaskin, R. E. and Holloway, P. J. (1992) Surfactant-induced foliar uptake of some organic compounds: Interactions with two model polyoxyethylene aliphatic alcohols. *Pestic. Sci.* **34**, 233-242.
 18. Choi, G. J., Yon, G. H., Kim, H. T., Jang K. S., Kim, J.-C., Lee, S. W., Pak, C. S. and Cho, K. Y. (2003) Control effects of new triazolyl quinolines KSI-4315 and KSI-4317 against barley powdery mildew and wheat leaf rust. *Korean J. Pestic. Sci.* **7(4)**, 302-309.
 19. Kondoh, M., Hirai, M. and Shoda, M. (2001) Integrated biological and chemical control of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* using *Bacillus subtilis* RB14-C and flutolanil. *J. Biosci. Bioeng.* **91**, 173-177.

In Vivo Antifungal Activities of Surfactants against Tomato Late Blight, Red Pepper Blight, and Cucumber Downy Mildew

Gyung-Ja Choi*, Ju-Hyun Yu, Kyoung-Soo Jang, Heung-Tae Kim, Jin-Cheol Kim and Kwang-Yun Cho (*Biological Function Research Team, Korea Research Institute of Chemical Technology, P. O. Box 107, Yuseong, Daejeon 305-600, Korea*)

Abstract: Anionic surfactants such as sodium dioctyl sulfosuccinate (SDSS) and sodium dodecylbenzene sulfonate (NaDBS) and a nonionic surfactant, polyoxyethylene oleyl ether (OE-7) were tested for their protective, curative, and persistent activities on tomato late blight (TLB, *Phytophthora infestans*), red pepper blight (RPB, *P. capsici*), and cucumber downy mildew (CDM, *Pseudoperonospora cubensis*). They exhibited a strong protective activity on TLB, RPB, and CDM. Among them, NaDBS (500 µg/ml) showed the most *in vivo* antifungal activities (1-day protective activity) with control values of 99%, 100%, and 85% against TLB, RPB, and CDM, respectively. However, the three surfactants represented a weak disease controlling efficacy on TLB, RPB, and CDM in a 1-day curative application. SDSS and NaDBS exhibited a good persistent activities on TLB and RPB. Especially, NaDBS, at 500 µg/ml, showed control values of more than 88% on TLB and RPB in a 7-day protective application. The results indicate SDSS and NaDBS have a potential for the control of TLB, RPB, and CDM in the fields.

Key words: surfactant, antifungal activity, *Phytophthora infestans*, *Phytophthora capsici*, *Pseudoperonospora cubensis*

*Corresponding author