

Azoxystrobin과 kresoxim-methyl의 오이 엽면 침투성과 오이 흰가루병 방제 효과

유주현* · 최경자 · 김흥태¹

한국화학연구원 바이오정밀화학연구센터, ¹충북대학교 식물 의학과

Effect of Foliar Uptake of Azoxystrobin and Kresoxim-methyl on Fungicidal Activity against Cucumber Powdery Mildew

Ju Hyun Yu*, Gyung Ja Choi, and Heung Tae Kim¹

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

¹Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Chungju 361-763, Korea

Received March 12, 2008; Accepted May 7, 2008

Azoxystrobin applied by aqueous WP suspension 50 mg/l was slightly absorbed into cucumber leaf in the absence of activator surfactant 24 h after spraying, but was increased to 25.7% by adding polyoxyethylene monohexadecyl ether (12 moles of ethylene oxide, CE-12) 500 mg/l. Only 4.1% of kresoxim-methyl WDG 100 mg/l in the absence of surfactant was absorbed into cucumber leaf 24 h after spraying, but was increased to 58.0% by adding polyoxyethylene monooctadecyl ether (14 moles of ethylene oxide, SE-14) 1,000 mg/l. The effect of CE-12 500 mg/l on foliar uptake of kresoxim-methyl at 50 mg/l was twice bigger than on azoxystrobin. Fungicidal activity of azoxystrobin WP against cucumber powdery mildew was marginally increased by adding surfactants to facilitate foliar uptake of azoxystrobin, so that the further increase of azoxystrobin uptake into cucumber plant by the addition of adjuvant was not a practical mean for enhancing the formulation efficacy in view of fungicidal activity. It was not possible for kresoxim-methyl to assess the adjuvant effect on the fungicidal activity in a greenhouse trial due to the vapor effect of active ingredient.

Key words: azoxystrobin, cucumber, foliar uptake, kresoxim-methyl, powdery mildew, surfactant

서 론

Azoxystrobin(methyl (E)-2-{2-[6-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-yloxy]phenyl}-3-methoxyacrylate, 분자량 403.4)은 strobilurin계 약제로 전자전달을 막아 미토콘드리아에서의 호흡을 저해하는 약제이며, 여러 가지 식물병에 대한 예방 효과와 치료 효과를 나타내고, 침달성과 침투 이행성이 있는 것으로 알려져 있다.¹⁾ 특히 오이 흰가루병 등 많은 종류의 식물병에 대해 방제 효과가 우수하고 국내에서는 아미스타라는 상표명으로 판매되고 있다. 이 농약은 액상수화제로 포도잎에 살포하였을 때 24 시간 동안 보통 1 내지 3%가 침투하지만, 제제 중에 습윤제가 함유되어 있을 경우 바나나 잎에 25%가 침투되는 등 제형, 첨가제, 다른 농약과의 혼용 여부, 작물의 상태 및 분무 입자의 건조 속도에 영향을 미칠 수 있는 환경적인 요인 등에 의해 침투성이 크게 달라질 수 있다.²⁾

Kresoxim-methyl(methyl (E)-methoxyimino[2-(o-tolyloxymethyl)phenyl]acetate, 분자량 313.4) 또한 strobilurin계 살균제로 오이와 참외의 흰가루병과 노균병 등 많은 작물의 식물병에 대한 예방 효과가 우수하다.¹⁾ 그러나 azoxystrobin과 같은 침투이행성은 없는 대신 증기에 의한 병 방제 효과가 있는 것으로 보고되었다.³⁾

이 두 약제는 에너지 대사를 붕괴시키는 작용기작에 의해 포자 발아와 유주자운동을 가장 잘 저해할 수 있으므로 예방효과가 우수할 뿐만 아니라^{4,5)} 식물병에 이미 감염되어 있지만 증상이 아직 보이지 않을 정도인 식물병에 대해서는 치료 효과도 나타낸다.⁶⁾

이미 보고된 바와 같이 이 두 약제는 식물 잎에 대한 침투성이 크지 않으므로 오이 흰가루병에 대한 방제 효과에 있어서도 치료 효과의 기여도는 크지 않을 것으로 예상되었다. 반면에 침투성이 많은 요인들에 의해서 변화될 수 있는 것으로 보아 침투성 증진제의 제제 내 첨가에 의해 식물잎에 대한 침투성을 증진시키는 것은 용이할 것으로 추측되었다. 따라서 본 연구에서는 오이를 대상 작물로 하여 엽면 침투성을 증진시킬 수

*Corresponding author
Phone: 82-42-860-7438; Fax: 82-42-861-4913
E-mail: jhyu@kriict.re.kr

있는 계면활성제를 선별하고 증진된 침투성이 오이 흰가루병 방제 효과에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

공시재료. Azoxystrobin 수화제[상표명: 아미스타, 유효성분 함량 10%, 신젠타코리아(주) 제품]와 kresoxim-methyl 입상수화제(상표명: 해비치, 유효성분 함량47%, 성보화학(주) 제품)는 시중에서 구입하였다. Congo Red(97%)는 Aldrich(미국)로부터 구입하였다. 침투성 증진용 비이온성 계면활성제는 모두 지방족 알콜 혹은 지방산을 친유기로 가지면서 친수기 polyoxyethylene 이 평균 ethylene oxide(EO) 중합도를 중심으로 보다 크거나 작은 몰수의 ethylene oxide 중합물로 이루어진 polydisperse surfactant이며 한농화성(한국)으로부터 분양 받았다. 음이온성 계면활성제는 TCI(Tokyo Chemical Industry Co., LTD, 일본) 제품을 구입하여 사용하였다(Table 1).

오이 재배. 오이 종자[백미 백다다기, 동부한농종묘(주) 제품]를 부농상토 5호(부농산업사 제품)에 파종하여 1엽기까지 재배하였다. 유묘를 부농상토 5호가 담겨 있는 1회용 수지컵(내경 66 mm, 높이 66 mm)에 옮겨 심고, 온실 조건에서 수돗물을 분무 관수하여 4 내지 5엽기까지 재배하였다. 오이는 컵에 심겨진 그대로 실험에 사용하였으며, 농약의 오이 엽면 침투율 측정에는 성숙한 오이 잎의 모양을 가장 먼저 나타내는 제 2엽을 사용하였다.

농약의 엽면 침투율 측정을 위한 분무용 농약 현탁액의 조제. 농약의 오이잎에 대한 침투율 측정에는 Congo Red 방법을 사용하였다.^{7,8)} 계면활성제와 Congo Red를 증류수에 녹여서 각각 5,000 mg/l, 500 mg/l 수용액을 조제하였다. Azoxystrobin 원제의 대용품으로 시중에서 구입한 azoxystrobin 수화제를 물에

현탁시켜서 500 mg/l(유효성분 기준)의 현탁액을 조제하였다. Kresoxim-methyl의 경우 입상수화제 형태의 시판 제품을 물에 희석하여 1,000 mg/l 현탁액을 조제하였다. 이렇게 조제한 각 성분의 수용액을 혼합하여 엽면 침투율 측정을 위한 분무용 농약 현탁액을 조제하였는데, 이때 azoxystrobin은 유효성분, Congo Red 및 침투성 증진제 후보물질의 농도가 50 mg/l, 50 mg/l 및 500 mg/l이었으며, kresoxim-methyl은 100 mg/l, 50 mg/l 및 1,000 mg/l이었다.

Azoxystrobin과 kresoxim-methyl의 오이 엽면 침투성을 상호 비교하기 위한 실험에서는 분무용 농약 현탁액 중의 유효성분과 Congo Red의 농도는 모두 50 mg/l로 하되 polyoxyethylene monohexadecyl ether(CE-12, 에틸렌 옥사이드 평균 중합도 12 몰)를 각각 500 및 1,000 mg/l 되게 하였다.

오이 엽면 침투율 측정. 오이 8주를 spray booth(Model SB-6, 8001VS 수압노즐, R & D Sprayers Inc., USA)에 넣고 상기의 농약 현탁액을 오이 제 2엽에 100 l/ha의 수준으로 분무하였다. 분무 직후 오이 5주의 잎을 각각 취하여 시험관(내경 32 mm, 길이 200 mm)에 넣고 아세토니트릴 수용액(60%, v/v) 11.5 ml를 가한 후 마개를 막고 60회/분의 속도로 2분간 도립진탕하였다. 나머지 오이 4주는 온도 21~26°C, 상대습도 70~90%로 조절된 암소에 보관하면서 24시간 후에 동일한 방법으로 세척한 후 분석용 시료로 사용하였다.

농약 유효성분의 기기분석과 침투율의 산출. 잎 세척액 중의 농약 유효성분과 Congo Red의 농도를 HPLC[검출기: Waters (USA) Model 2487 Dual λ Absorbance Detector, 주입기: Waters 717_{plus} Autosampler, 펌프: Waters 510]로 측정하였다. 이때 azoxystrobin의 경우 컬럼은 μ Bondapak[®] C₁₈ 3.9×300 mm, 이동상은 아세토니트릴/물=37/63(v/v), 유속은 3.0 ml/min, 검출파장은 Congo Red 497 nm, azoxystrobin 224 nm이었으며, kresoxim-methyl의 경우에 컬럼은 Nova-Pak[®] C₁₈ 3.9×300 mm, 이동상은 아세토니트릴/물 = 48/52(v/v), 유속은 1.7 ml/min, 검출파장은 Congo Red 497 nm, kresoxim-methyl 214 nm이었다. Congo Red와 살균제 peak의 면적을 조사한 다음 식(1)에 의해 침투율을 산출하고, 이로부터 평균치와 표준편차를 산출하였다.

$$\text{농약의 엽면 침투율(\%)} = \{1 - [(A_{pp}/A_{pc}) / ({}^0A_{pp}/{}^0A_{pc})]\} \times 100 \quad (1)$$

A_{pp} : t시간 후 오이 잎 세척액 중 농약의 peak 면적

A_{pc} : t시간 후 오이 잎 세척액 중 Congo Red의 peak 면적

${}^0A_{pp}$: 분무 직후 오이 잎 세척액 중 농약의 peak 면적

${}^0A_{pc}$: 분무 직후 오이 잎 세척액 중 Congo Red의 peak 면적

오이 흰가루병 방제 효과의 측정. 와그너 풋트(1/5,000a)에 1엽기 오이를 심고 온실에서 6엽기까지 재배하면서 흰가루병이 만연한 성체 오이를 주변에 두어 흰가루병을 자연 발병시켰다. 이중 병 발생 정도가 유사한 오이 시료를 골라내어 식물시료로 사용하였다. 침투성 증진제를 함유하는 농약제제에 의한 오이 흰가루병 방제 효과를 조사하기 위해서 각 제품을 물에 희석하고 침투성 증진용 계면활성제로서 CE-12와 polyoxyethylene monooctadecyl ether(SE-20, 에틸렌 옥사이드 평균 중합도 20몰)

Table 1. Materials tested with aqueous formulation of fungicides

Chemicals	Code	Mean molar EO content
Primary alcohol ethoxylates		
Polyoxyethylene monobutyl ether	BE	3
Polyoxyethylene monoethyl ether	OCE	5
Polyoxyethylene C ₁₀ -C ₁₂ alkyl ether	C1012	7
Polyoxyethylene monododecyl ether	LE	5, 7, 9, 20
Polyoxyethylene monoisdodecyl ether	IDE	7
Polyoxyethylene monotridecyl ether	TDE	7
Polyoxyethylene monohexadecyl ether	CE	7, 12, 20
Polyoxyethylene monoctadecyl ether	SE	7, 10, 14, 20
Polyoxyethylene mono-9-octadecenyl ether	OE	6, 7, 10, 20
Polyoxyethylene castor oil	CO	17
Fatty acid ethoxylates		
Polyoxyethylene monododecanoic ester	LA	9
Polyoxyethylene monoctadecanoic ester	SA	9
Polyoxyethylene mono-9-octadecenoic ester	OA	9
Polyoxyethylene cocofatty acid ester	CFA	9
Other surfactants		
Polyethylene glycol trisiloxane ether	Silwet L-77	
Sodium dioctylsulfosuccinate	SDSS	
Sodium dodecylbenzenesulfonate	NaDBS	

를 수용액으로 각각 첨가하여 농약 유효성분이 100 mg/l, CE-12가 800 mg/l(혹은 SE-20 400 mg/l)인 농약 현탁액을 조제하였다. 이것을 다시 물로 희석하여 이보다 낮은 농도의 농약 현탁액을 조제하였다. 대조약제 용액은 단지 각각의 제품을 물에 희석하여 조제하였다. 흰가루병이 자연 발생한 4주의 오이 잎에 손 분무기를 사용하여 농약 용액을 흘러내릴 정도로 분무하였다. 일주일 간격으로 2회 살포하고, 최초 처리일로부터 14일 후에 병 발생 정도를 달관 조사하였다. 병 방제 효과는 식 (2)에 의해 산출하였다. 방제가로부터 평균치와 표준편차를 구하고, 최소자승법에 의한 회귀식으로부터 병을 80% 방제할 수 있는 농도(EC₈₀, 단위 mg/l)를 산출하였다.

$$\text{방제가(\%)} = (1 - \text{처리구에서의 병반면적} / \text{무처리구에서의 병반면적}) \times 100 \quad (2)$$

결과 및 고찰

Azoxystrobin의 오이 엽면 침투성. 분무된 농약이 있을 통하여 식물체 내부로 침투하는 데에는 농약의 수용해도, octanol/water 분배계수(K_{ow} = Log P_{ow}), cuticle/water 분배계수(K_{cw}) 등 유효성분의 이화학적 특성이 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.⁹⁾ Azoxystrobin은 수용해도가 6 mg/l이고 옥타놀/물 분배계수(K_{ow})는 2.5로 크지 않다. 또한 수화제 현탁액으로 살포되므로 잎의 표면으로부터 분자상태로 확산되어 내부로 침투해 들어갈 수 있는 양은 매우 적을 것으로 예측되었다.¹⁰⁾

시판 제품의 현탁액으로 분무처리한 azoxystrobin은 처리 24시간 후에 오이 잎에서 전량 회수되어 거의 침투되지 않은 것으로 나타났다(Fig. 1). 그러나 수화제 현탁액에 여러 가지 계면활성제를 각각 500 mg/l 혼합하여 처리하였을 때는 침투율이 크게 증가하였으며, 그 크기는 계면활성제의 종류에 따라 매우

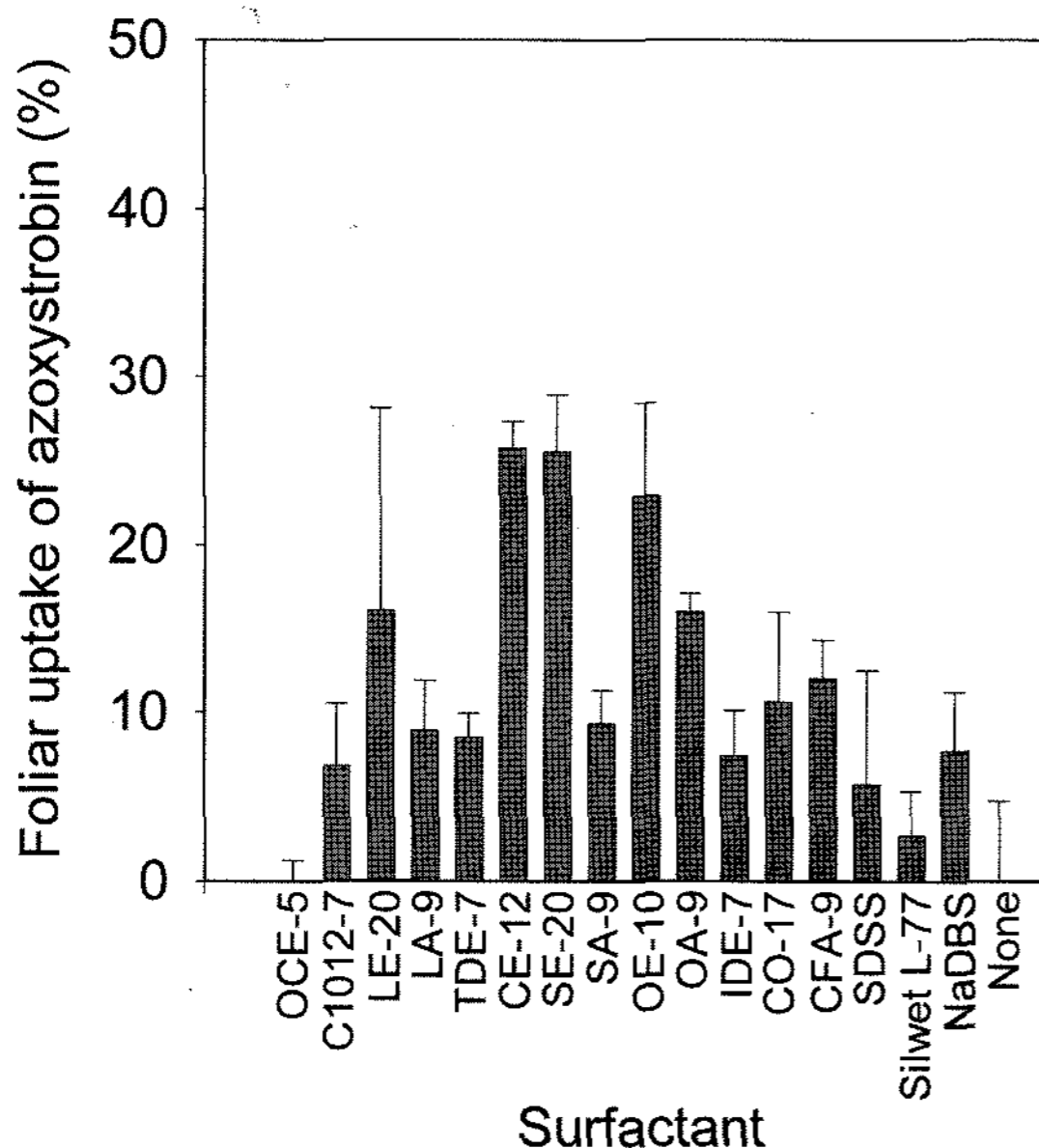


Fig. 1. Effect of surfactant on foliar uptake of azoxystrobin into cucumber plant 24 h after spraying with aqueous WP suspension containing 50 mgAI/l, surfactant 500 mg/l (Temp. 24-26°C, RH 85-90%).

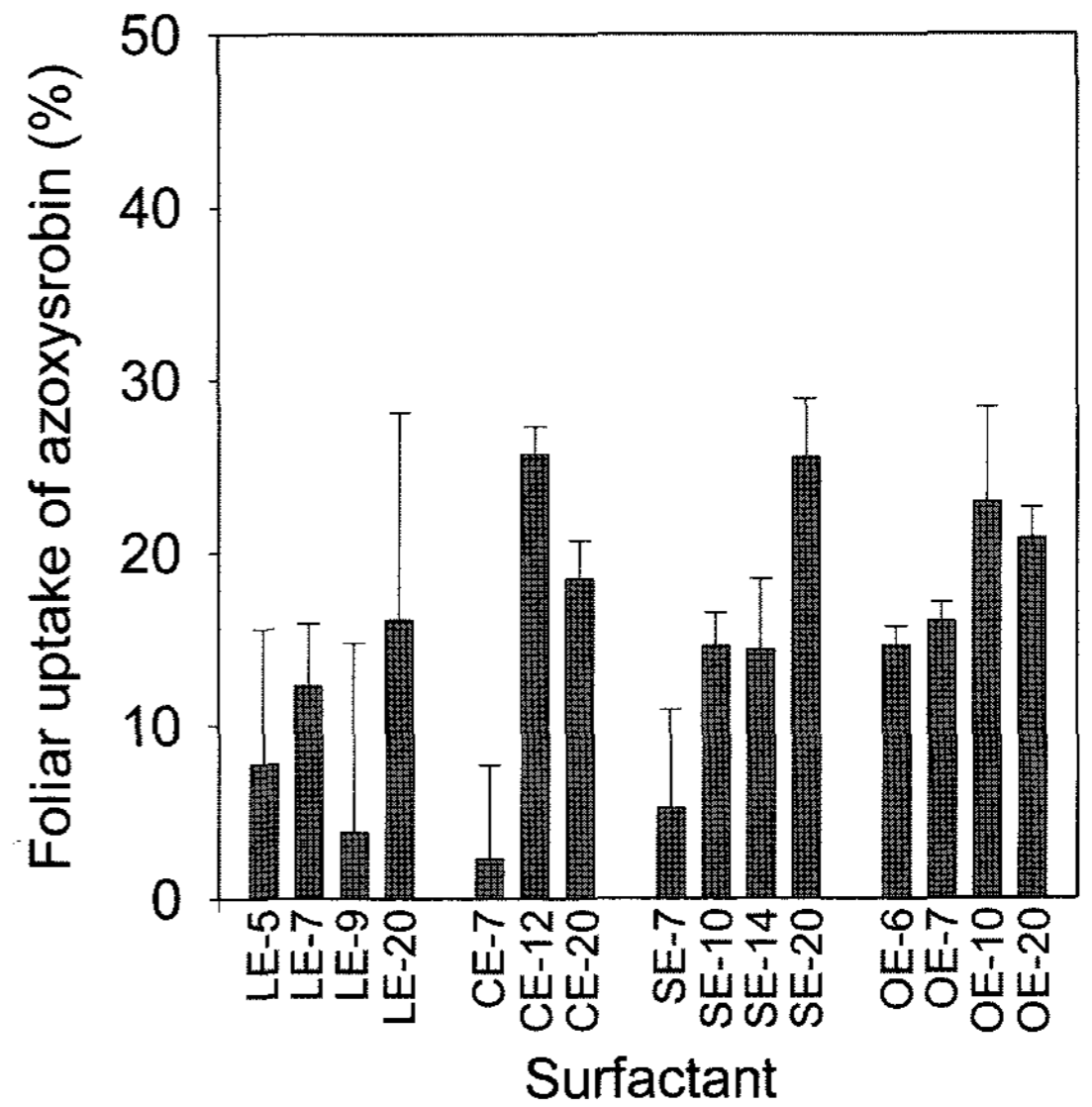


Fig. 2. Effect of EO content of surfactant on foliar uptake of azoxystrobin into cucumber plant 24 h after spraying with aqueous WP suspension containing 50 mgAI/l, surfactant 500 mg/l (Temp. 24-26°C, RH 85-90%).

달랐다. 친유기(lipophilic group)의 크기가 가장 작은 OCE-5 (polyoxyethylene mono-octyl ether, 에틸렌 옥사이드 평균중합도 5몰)는 azoxystrobin의 침투성 증진에 전혀 기여하지 못하였다. 반면에 친유기의 크기가 증가할수록 침투성 증진 효과는 증가하는 경향을 보여 주었고, 친유성 알킬기의 탄소수가 16개 이상인 CE-12와 SE-20이 첨가되었을 때는 각각 25.7%, 25.5%의 거의 동등한 침투율을 나타내어 가장 침투성 증진 효과가 큰 것으로 나타났다. 그 뒤를 이어 OE-10(polyoxyethylene mono-octadecenyl ether, 에틸렌 옥사이드 평균중합도 10몰)과 LE-20(polyoxyethylene monododecyl ether, 에틸렌 옥사이드 평균중합도 20몰)이 azoxystrobin의 침투성을 크게 증진시켰다. 친수기 polyoxyethylene의 에틸렌 옥사이드 중합도는 이들 모두에서 10몰 내지 20몰이 azoxystrobin의 침투성 증진에 보다 효과적이었다(Fig. 2). 친유기가 지방산인 LA-9(polyoxyethylene monododecanoic ester, 에틸렌 옥사이드 평균중합도 9몰), SA-9(polyoxyethylene mono-octadecanoic ester, 에틸렌 옥사이드 평균중합도 9몰), OA-9(polyoxyethylene mono-octadecenoic ester, 에틸렌 옥사이드 평균중합도 9몰), CFA-9(polyoxyethylene cocofatty acid ester, 에틸렌 옥사이드 평균중합도 9몰) 등의 첨가 제제는 9 내지 16%의 침투율을 보여주어 탄소수가 16개 이상인 지방족 알콜을 친유기로 가지는 계면활성제보다 침투성 증진효과가 크지 않았다. 잎의 기공을 통하여 농약을 침투시킬 수 있는 것으로 알려져 있는 실리콘계 계면활성제인 Silwet L-77은 침투성 증진 효과가 매우 낮았다. 또한 SDSS(sodium dioctylsulfosuccinate)와 NaDBS(sodium dodecylbenzenesulfonate) 등 음이온성 계면활성제들은 유 등의 연구¹¹⁾에서와 같이 비이온성 계면활성제보다 덜 효과적이었다.

Kresoxim-methyl의 오이 엽면 침투성. 입상수화제 현탁액으로 분무 살포한 kresoxim-methyl은 24시간 후에 오이 잎으로부터 96.2%가 회수되어 3.8%의 손실율을 나타내었다. Kresoxim-

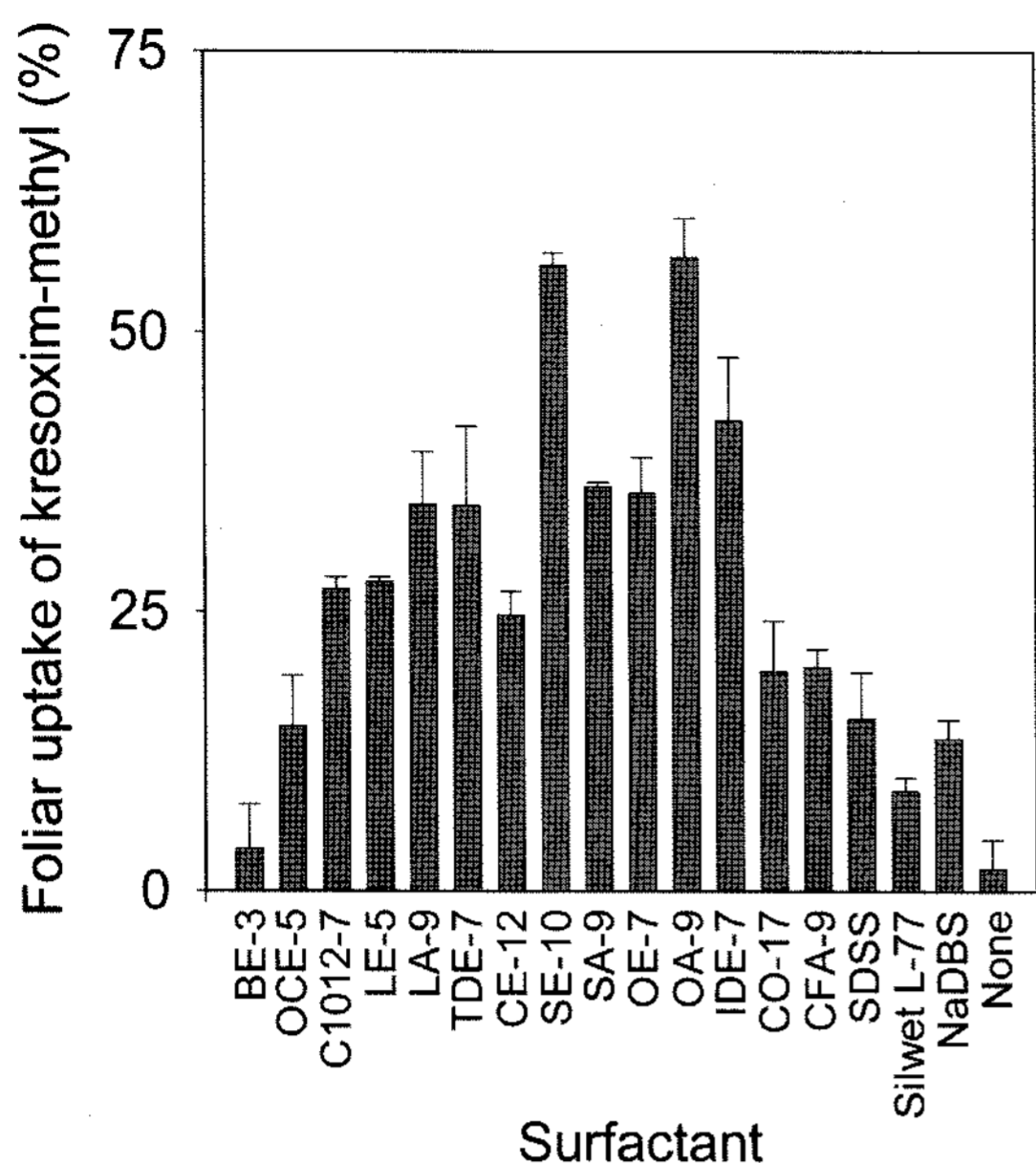


Fig. 3. Effect of surfactant on foliar uptake of kresoxim-methyl into cucumber plant 24 h after spraying with aqueous WP suspension containing 100 mgAI/l and surfactant 1,000 mg/l (Temp. 22-25°C, RH 71-83%).

methyl은 증기압이 비교적 높은 것으로 알려져 있지만(2.3×10^{-3} mPa, 20°C),²⁾ 미립자가 물에 현탁된 상태로 살포되었으므로 휘발에 의한 손실은 매우 작을 것이다. 따라서 위의 손실을 중 일부가 휘발에 의한 손실분이라 가정하더라도 azoxystrobin보다 침투성이 더 큰 것은 분명하였다. 침투성을 증진시킬 목적으로 첨가한 대부분의 계면활성제들은 kresoxim-methyl의 침투성을 증진하여 침투율이 최고 58.0%에 달하였다. 그중 친유기가 C16 이상인 primary alcohol ethoxylate와 fatty acid ethoxylate들이 침투성 증진 효과가 더 큰 것으로 나타났다. LA-9, SA-9 및 OA-9 등 azoxystrobin의 침투성을 증진하는데 덜 효과적이었던 fatty acid ethoxylate들도 kresoxim-methyl의 침투성을 크게 증진시켜서 kresoxim-methyl의 침투성 조절은 azoxystrobin보다 용이한 것으로 나타났다.

Kresoxim-methyl은 수용해도(2 mg/l)가 azoxystrobin(6 mg/l)보다 약간 작지만, octanol/water 분배계수(K_{ow})가 3.4로 azoxystrobin의 K_{ow} 2.5보다 상대적으로 크고 또한 분자량이 더 작아서 오이 잎에 대한 침투성이 더 클 것으로 예측되었다.⁹⁾ 이 두 약제 고유의 오이잎에 대한 침투성과 침투성 증진용 계면활성제의 첨가에 의한 침투성 증진 효과를 상호 비교하기 위한 실험에서 azoxystrobin은 오이 잎에 거의 침투되지 않는 것으로 나타난 반면에 kresoxim-methyl은 4.1% 침투된 것으로 나타났으며, 계면활성제 CE-12(500 mg/l)에 의한 침투성 증진 효과 또한 2배 이상이었다.

Azoxystrobin의 침투성 증진과 오이 흰가루병 방제 효과. 온실 내에서 오이 유묘를 재배하면서 흰가루병을 자연 발병시키고 병 발생 정도가 균일한 시료만을 선발하여 실시한 오이 흰가루병 방제 실험에서 시판 제품인 azoxystrobin 수화제는 20 mg/l 이상의 수준에서 80% 이상의 우수한 방제효과를 보여주었다. 그보다 농도가 낮아지더라도 방제 효과는 급속히 줄지 않

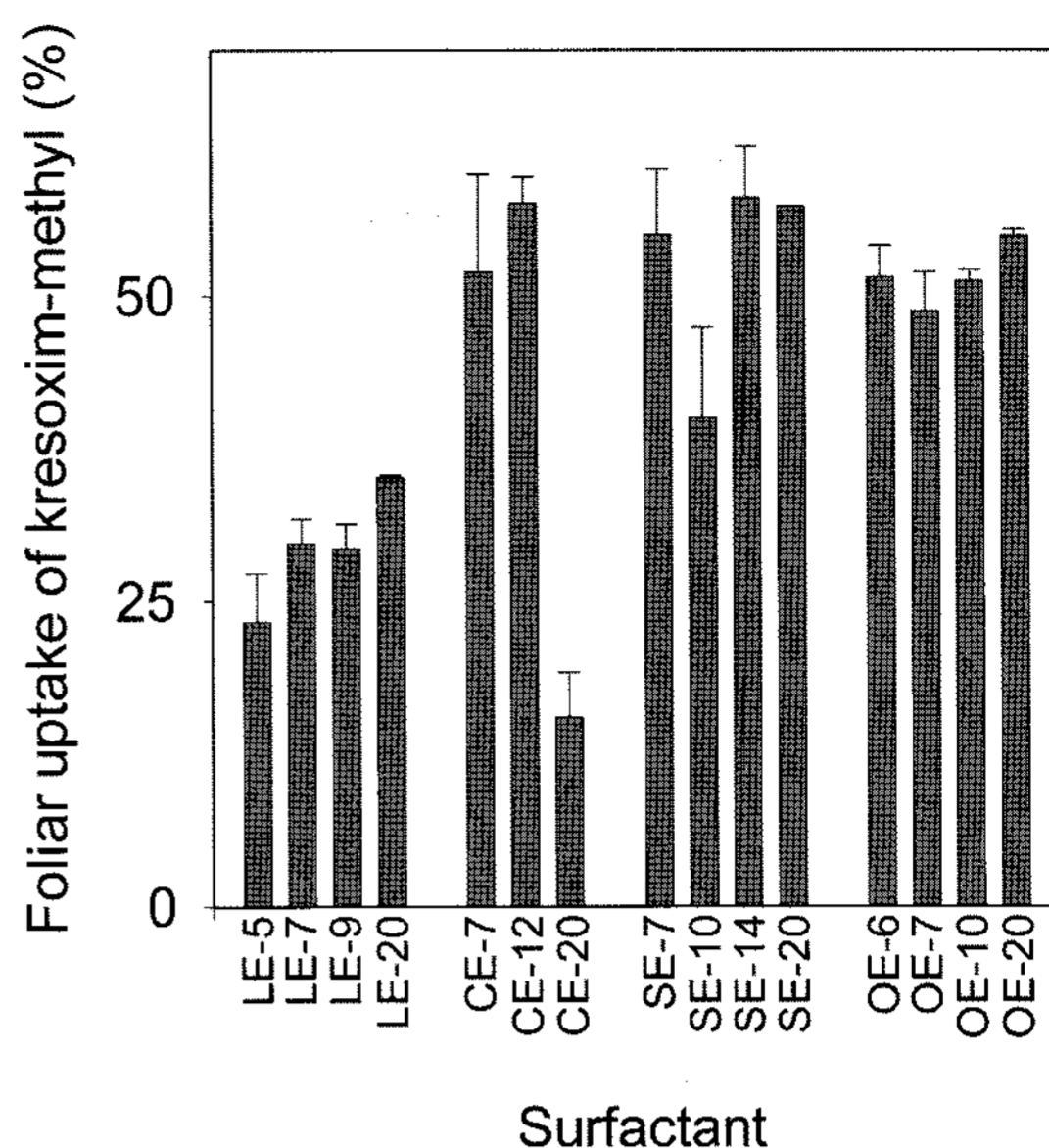


Fig. 4. Effect of EO content of surfactant on foliar uptake of kresoxim-methyl into cucumber plant 24 h after spraying with aqueous WP suspension containing 100 mgAI/l and surfactant 1,000 mg/l (Temp. 21-24°C, RH 70-89%).

는 대신 훨씬 높은 농도에서도 방제 효과가 두드러지게 높아지는 않았다. 이러한 결과로부터 azoxystrobin의 오이 흰가루병에 대한 방제 효과는 주로 예방 효과에 기인하는 것으로 추정되었다.

시판 제품 현탁액에 침투성 증진용 계면활성제를 첨가하여 수행한 오이 흰가루병 방제 실험에서는 침투성 증진제 첨가구들이 모두 수화제 대조구보다 약간 더 높은 방제 효과를 보여주어 azoxystrobin의 오이 엽면 침투성 증진이 병 방제력 증진에 기여할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 침투성 증진제로 CE-12를 사용하였을 때 유효성분과 CE-12의 비율 1:4에서 azoxystrobin의 EC_{80} (병을 80% 방제할 수 있는 유효성분 농도)이 가장 낮아서 효과가 가장 좋은 것으로 나타났으며, 이보다 계면활성제 첨가 비율이 더 작거나 커도 방제효과가 조금씩 감소하였다. 이는 침투성 증진제로 CE-12를 사용할 경우 유효성분에 CE-12를 4배의 비율로 첨가함으로써 병 방제에 가장 효과적인 오이 엽면 침투성을 부여할 수 있으며, 이보다 비율이 작은 경우 치료 효과를 충분히 발휘하기에는 침투율이 작게 되고, 그 반대의 경우에는 침투성이 과다하여 오히려 잔효성을 떨어뜨리는 결과를 초래하는 것으로 해석된다. Azoxystrobin의 오이 엽면 침투율 측정 실험에서 CE-12와 거의 동등한 침투성 증진 효과를 나타내었던 SE-20을 침투성 증진제로 사용한 실험구는 역시 수화제 대조구보다 방제효과가 높게 나타났지만 CE-12 첨가구보다 떨어지는 것으로 나타났는데, 이는 SE-20이 CE-12보다 친수성이 더 커서 분무 살포에 의한 농약 부착량이 다소 감소한 데에 그 원인이 있을 것으로 추정되었다.

이와 같이 azoxystrobin은 침투성을 증진하여도 오이 흰가루병에 대한 방제 효과가 크게 증가하지는 않았다. 이는 오이 잎이 이미 흰가루병에 감염되어 균사가 왕성하게 성장하고 있는 시기에는 azoxystrobin의 방제 효과에서 치료 효과가 차지하는

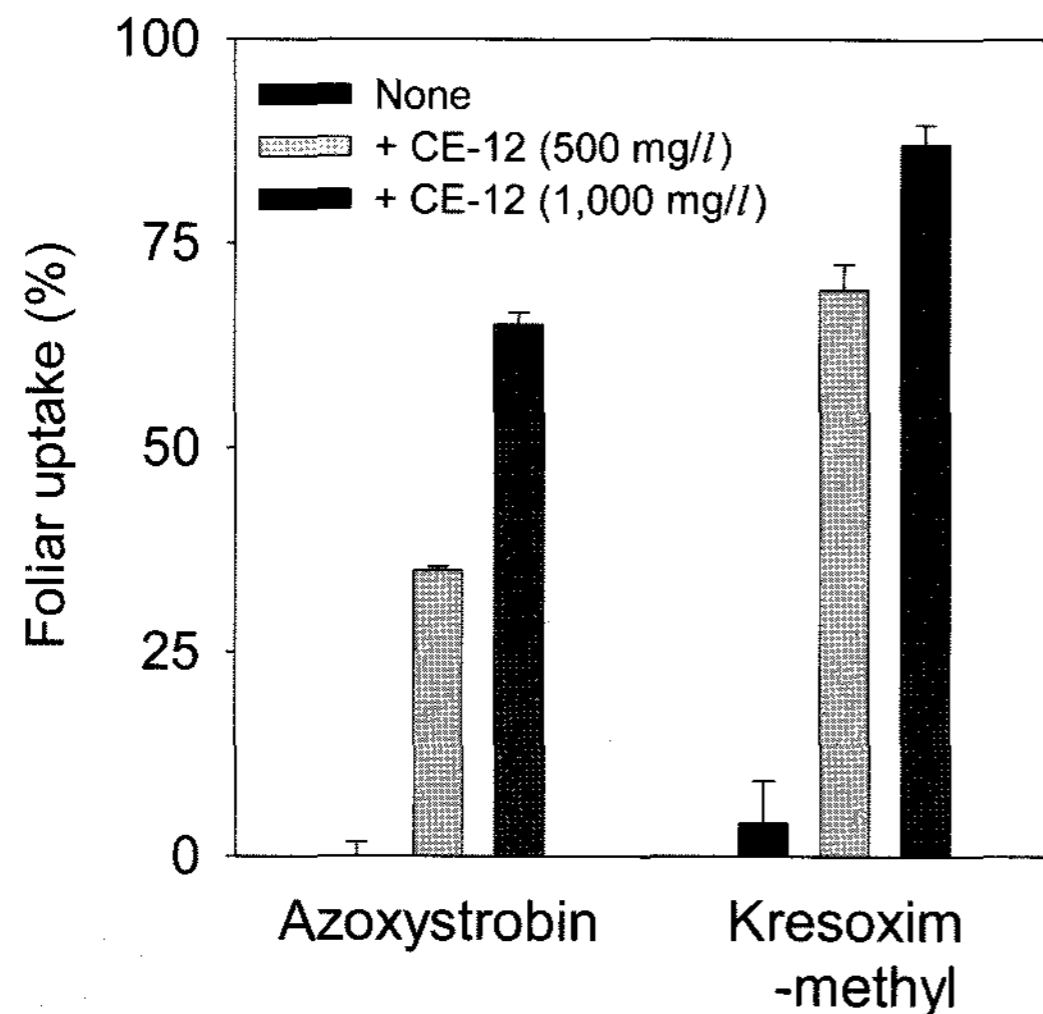


Fig. 5. Effect of adjuvant on foliar uptake of strobilurins into cucumber plant 24 h after spraying with aqueous WP suspension containing 50 mg a.i./l.

비중은 매우 작다는 것을 의미하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 실험 결과는 azoxystrobin과 같은 strobilurin계 농약이 포자 발아와 유주자 운동 등 대사가 왕성하게 일어나는 시기에 가장 효과적으로 에너지 대사를 교란한다는 독특한 작용기작⁶⁾과 잘 연관되는 것으로 보인다.

Kresoxim-methyl의 침투성 증진과 오이 흰가루병 방제 효과. Kresoxim-methyl 입상수화제 현탁액에 여러 가지 침투성 증진용 계면활성제를 첨가하고 azoxystrobin 수화제의 경우와 유사한 방법으로 수행한 온실 내 오이 흰가루병 방제 실험에서는 농약을 살포하지 않은 시험구에서도 시간이 지남에 따라 병증이 약화되었고, 농약 처리구는 유효성분 농도에 관계없이 변화가 심한 방제 효과가 나오는 현상이 발생하여 침투성 증진용 계면활성제의 첨가에 따른 약효 변화를 판별할 수 있는 실험결과를 얻을 수 없었다. 이는 kresoxim-methyl의 높은 증기압에 의해 오이 잎에 분무 살포된 유효성분이 휘발하여 동절기의 밀폐된 온실 내에 고르게 퍼짐으로써 초래된 현상으로 추정되었다.³⁾ 이러한 kresoxim-methyl의 휘발성을 고려한다면 환기가 잘 되는 환경 하에서 시험이 수행되어야 할 것으로 판단되었다.

이상의 연구에 의하면 azoxystrobin의 오이 흰가루병에 대한

방제 효과를 보다 더 증진시키기 위해서는 오이 잎에 대한 침투성을 높이는 것보다 치료 효과가 우수한 농약과 혼용하는 것이 더 바람직할 것으로 판단되었다.

초 록

Azoxystrobin과 kresoxim-methyl의 오이 흰가루병 방제 효과를 증진시키기 위하여 오이 잎에서 유효성분의 침투성을 증진시킬 수 있는 계면활성제를 선별하고 이를 함유하는 제제의 오이 흰가루병에 대한 방제효과를 측정하였다. 수화제 현탁액으로 살포한 azoxystrobin은 오이 잎에 거의 침투되지 않았으나 polyoxyethylene monohexadecyl ether(CE-12, 에틸렌옥사이드 12몰 중합물)를 500 mg/l 첨가함으로써 침투성이 분무 24시간 후에 25.7%까지 증가하였다. 수화성 입제를 물에 희석하여 100 mg/l의 농도로 처리한 kresoxim-methyl은 4.1%만이 오이 잎에 침투되었지만 polyoxyethylene monoctadecyl ether(에틸렌옥사이드 14몰 중합물)를 1,000 mg/l 첨가하였을 때 침투율이 58.0%까지 증가하였다. 계면활성제 CE-12(500 mg/l)에 의한 오이 엽면 침투율은 같은 유효성분 농도(50 mg/l)에서 kresoxim-methyl이 azoxystrobin보다 2배 이상 높았다. 침투성 증진용 계면활성제를 첨가한 azoxystrobin 수화제 현탁액은 수화제 처리 대조구보다 온실 내 오이 흰가루병 방제 효과를 증가시켰지만 그 차이는 크지 않았다. 그러므로 azoxystrobin의 경우에는 침투성 증진이 오이 흰가루병에 대한 방제 효과를 크게 높일 수 있는 실용적인 방법은 아니었다. 반면에 kresoxim-methyl은 유효성분의 높은 증기압 때문에 동절기 밀폐된 온실 내에서는 침투성 증진에 따른 오이 흰가루병 방제 효과 변화를 측정할 수 없었다.

Key words: azoxystrobin, kresoxim-methyl, 오이, 계면활성제, 침투성, 흰가루병

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과입니다.

Table 2. Effect of surfactant on fungicidal activity of azoxystrobin against cucumber powdery mildew

Azoxystrobin (mg/l)	Control value±SD (%)				
	AI : CE-12 ¹⁾ (1:8)	AI : CE-12 ¹⁾ (1:4)	AI : CE-12 ¹⁾ (1:2)	AI : SE-20 ²⁾ (1:4)	WP
100	91±3.5	86±5.2	89±3.6	88±5.0	87±5.2
20	84±4.0	84±6.7	82±5.0	85±3.5	84±3.1
4	79±6.3	84±3.1	79±3.7	82±4.7	78±4.1
0.8	65±7.9	72±12	67±9.7	62±9.4	56±11
EC ₈₀	9.4	5.0	10.6	10.4	16.4

¹⁾Composition of spray suspension was 100 mg a.i./l of WP and polyoxyethylene monohexadecyl ether (12 moles ethylene oxide) in water. The ratios of active ingredient to CE-12 in suspension were 1:8, 1:4, and 1:2. An aliquot of this suspension was diluted by adding water for preparing specified suspensions.

²⁾Polyoxyethylene monoctadecyl ether (20 moles ethylene oxide)

참고문헌

1. Tomlin, C. D. S. (2000) In 'The Pesticide Manual' Twelfth Ed., British Crop Protection Council, Surrey, UK.
2. Dave, W. B., John, M. C., Jeremy, G. G., Alison, A. H., Mick, H. and Bob, P-D. (2002) The strobilurin. *Pest Manag. Sci.* **58**, 649-662.
3. Ypema, H. L. and Gold R. E. (1999) Kresoxim-methyl-modification of a naturally occurring compound to produce a new fungicide. *Plant Disease* **83**, 4-19.
4. Godwin, J. R., Young, J. E. and Hart, C. E. (1994) ICIA5504: Effects on development of cereal pathogens, in *Proc Brighton Crop Protect Conf-Pests and Diseases*, BCPC, Farnham, Surrey, UK, pp 259-264.
5. Leinhos, G. M. E., Gold R. E., Duggelin, M. and Guggenheim, R. (1997) Development and morphology of *Uncinula necator* following treatment with the fungicides kresoxim-methyl and penconazole. *Mycol. Res.* **101**, 1033-1046.
6. Wong, F. P. and Wilcox, W. F. (2001) Comparative physical modes of action of azoxystrobin, mancozeb, and metalaxyl against *Plasmopara viticola*. *Plant Disease* **85**, 649-656.
7. Cho, K. Y., Yu, J. H., Lim, H. K., Choi, G. J. and Kim, J. H. (1999) Composition and method for measuring the foliar uptake of agrochemicals. Patent Application PCT/KR 99/00342.
8. Yu, J. H., Lim, H. K., Choi, G. J., Cho, K. Y. and Kim, J. H. (2001) A new method for assessing foliar uptake of fungicides using Congo Red as a tracer. *Pest Manag. Sci.* **57**, 564-569.
9. Stock, D., Holloway, P. J. (1993) Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. *Pestic. Sci.* **38**, 165-177.
10. Bauer, P., Grayson, B. T. and Schonherr, J. (1997) Polydispersed ethoxylated fatty alcohol surfactants as accelerators of cuticular penetration. 1. Effect of ethoxy chain length and size of penetrants. *Pestic. Sci.* **51**, 131-152.
11. Yu, J. H. (2000) Evaluation of Foliar Uptake of Pesticide: Method Development and Application, Ph.D. Thesis, Seoul National University, School of Agricultural Biotechnology, Suwon, Korea.