

Thifluzamide 제제의 경엽 침투성과 부착량 증진이 벼 잎집무늬마름병 방제 효과에 미치는 영향

유주현* · 최경자

한국화학연구원 산업바이오화학연구센터

(2010년 12월 10일 접수, 2011년 1월 31일 수리)

Enhancement of Foliar Uptake and Leaf Deposit of Thifluzamide Formulation and Fungicidal Activity Against Rice Sheath Blight

Ju-Hyun Yu* and Gyung Ja Choi

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

Abstract

In order to enhance the fungicidal activity of the thifluzamide formulation against rice sheath blight, the surfactants which was able to facilitate the foliar uptake or increase the leaf deposit of thifluzamide on rice plants were selected, and the formulations containing the surfactants were tested to compare the fungicidal efficacy against the rice sheath blight with a control WP formulation. The WP suspension containing dodecaethylene glycol monohexadecyl ether as an activator increased the foliar uptake of thifluzamide on rice plants, but its fungicidal efficacy against rice sheath blight was decreased. The addition of the combined surfactants with either heptaethylene glycol monoisododecyl ether or heptaethylene glycol monotridecyl ether and sodium dioctylsulfosuccinate to WP suspension increased the leaf deposition of thifluzamide at around 5 times of that without a spreader-sticker that median control concentrations of thifluzamide against rice sheath blight were decreased to 4.4 mg L^{-1} and 3.4 mg L^{-1} , respectively.

Key words Protective effect, Rice, Sheath blight, Surfactant, Thifluzamide

서 론

Thifluzamide(MON 24000, 2',6'-dibromo-2-methyl-4'-trifluoromethoxy-4-trifluoromethyl-1,3-thiazole-5-carboxanilide, Fig. 1)는 Monsanto Company에서 개발된 thiazole carboxanilide계 살균제로, 벼 잎집무늬마름병(sheath blight), 땅콩의 줄기부패병(stem rot), *Agaricus bisporus* 등에 발생하는 버섯병, 오크라의 종자병 등에 방제 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Grichar, 1995; Abosriwil과 Clancy, 1999; Anitha

와 Tripathi, 2001). 이 살균제는 TCA cycle에서 succinate dehydrogenase를 저해하는 호흡저해제로 경엽처리와 종자처리제로 주로 쓰인다(O Reilly 등, 1992). 국내에서는 액상수화제와 입제로 벼 잎집무늬마름병의 방제에 사용되고 있다.

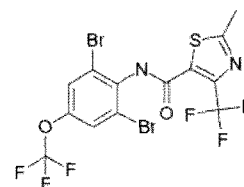


Fig. 1. Chemical structure of thifluzamide.

*연락처 : Tel. +82-42-860-7438, Fax. +82-42-861-4913

E-mail: jhyu@kriict.re.kr

벼 잎집무늬마름병이 주로 발생하는 여름철 고온기에는 밀식 상태의 벼가 우거져서 병의 예방을 위해 농약을 분무하여도 잎에 주로 부착되고 병이 먼저 발생하는 줄기에 부착되는 양은 많지 않다. 그러므로 flutolanil과 같이 침투이행될 수 있는 살균제가 병 방제에 유리한 것으로 알려져 있다.

Thifluzamide는 밀 잎의 국소처리 실험에서 약한 침투이행성이 관찰되었으며, 시간이 지날수록 축적량도 많아지지만 그 절대량은 매우 적은 것으로 보고되었다(Klittich 등, 2008).

본 연구에서는 침투성 증진제 혹은 전착제로서 계면활성제를 사용하여 벼 경엽을 통한 thifluzamide의 침투이행성을 강화하거나 벼 부착량을 증진함으로써 벼의 줄기에 주로 발생하는 잎집무늬마름병에 대한 방제 효과를 증진할 수 있는지 조사하였다.

재료 및 방법

공시재료

Thifluzamide 원제(순도 94.0%)는 (주)경농 중앙연구소(경주, 한국)에서 분양받았으며, Congo Red(97%)는 Sigma-

Aldrich Korea(서울, 한국), 음이온성 계면활성제는 Tokyo Kasei(도쿄, 일본)로부터 구입하였다. 비이온성 계면활성제는 한농화학(서울, 한국)에서 분양 받았다(Table 1). 전착제로서 카바액제(동방아그로 제품, 서울, 한국)는 시중 농약상에서 구입하였다.

작물의 재배

어린 낙동벼를 화분(직경 66 mm, 높이 66 mm)에 3주씩 옮겨 심고 온실에서 4엽기까지 재배한 다음 생육상태가 균일한 시료만을 골라서 thifluzamide의 엽면 침투율과 부착량 측정 실험에 사용하였다.

약제의 조제, 농약의 엽면 침투율 및 엽면 부착량 측정

Thifluzamide 원제를 미분쇄된 탈크와 납석 혼합분말(1:1, w/w, 평균입경 10미크론)과 혼합하고 분산제(polyoxyethylene nonylphenyl sulfonate+polyoxyethylene nonylphenyl ether, 3+2)를 첨가하여 유효성분이 20%이고 분산제가 5%인 수화제를 조제하였다. 농약의 벼 잎에 대한 침투율과 부착량 측정에는 Congo Red 방법을 사용하였다(Yu, 2009). Thifluzamide 수

Table 1. Materials tested with aqueous formulations of fungicide

Chemicals	Trade name	Code	Mean molar EO content
Primary alcohol ethoxylates			
	Koremul ^a		
Triethylene glycol monobutyl ether	BE	C ₄ E ₃	3
Pentaethylene glycol mono-octyl ether	OT	C ₈ E ₅	5
Heptaethylene glycol C10-12 alkyl ether	NDE	C ₁₀₁₂ E ₇	7
Polyethylene glycol monododecyl ether	LE	C ₁₂ E _m	5, 9
Heptaethylene glycol monoisododecyl ether	Softanol-70	iC ₁₂ E ₇	7
Heptaethylene glycol monotridecyl ether	TDE	C ₁₃ E ₇	7
Polyethylene glycol monohexadecyl ether	CE	C ₁₆ E ₁₂	12
Polyethylene glycol monooctadecyl ether	SE	C ₁₈ E ₁₄	14
Polyethylene glycol mono-9-octadecenyl ether	OE	C ₁₈₋₉ E ₇	7
Hexadecaethylene glycol castor oil	CO	COE ₁₇	17
Fatty acid ethoxylates			
Nonaethylene glycol monododecanoic ester		C _{12A} E ₉	9
Nonaethylene glycol mono-octadecanoic 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			
Polyethylene glycol trisiloxane ether		Silwet L-77	
Sodium dioctylsulfosuccinate		SDSS	
Sodium dodecylbenzenesulfonate		NaDBS	

^aPrefix of trade names of Hannong Chemicals Inc.'s products.

화제를 물에 희석하고 침투성 증진물질로 dodecaethylene glycol monohexadecyl ether(C₁₆E₁₂), 추적물질로 Congo Red를 첨가하여 유효성분 100 mg L⁻¹, Congo Red 50 mg L⁻¹ 및 C₁₆E₁₂ 0 내지 2,000 mg L⁻¹인 수화제 현탁액을 조제하였다. 벼 10포인트를 spray booth(Model SB-6, 8001VS 수입노즐, R & D Sprayers Inc., 미국)에 넣고 상기 thifluzamide 현탁액을 250 L ha⁻¹의 수준으로 분무하였다. 분무 직후 4포인트의 벼 지상부를 각각 취하여 시험관(내경 30 mm, 길이 200 mm)에 넣고 acetonitrile+물(5+5, v/v) 11.5 ml를 가하였다. 마개를 막고 60회/분의 속도로 2분간 도립 진탕하여 세척액을 얻었다. 나머지 벼 4포인트는 온도와 습도가 각각 23-24°C, 74-78%로 조절되는 암소에 보관하였다가 24시간 후에 동일한 방법으로 세척한 후 분석용 시료로 사용하였다.

Thifluzamide 수화제를 물로 희석하고 벼 잎 부착량 증진용 계면활성제와 Congo Red를 첨가하여 유효성분 50 mg L⁻¹ 계면활성제 500 mg L⁻¹ 및 Congo Red 50 mg L⁻¹인 분무용 현탁액을 조제하였다. 농약의 엽면 침투율 측정시와 같은 방법으로 spray booth를 이용하여 이 농약 현탁액을 벼에 살포하고 살포 직후 지상부를 acetonitrile 수용액으로 씻어내어 세척액을 얻은 다음 벼 잎 부착량 측정용 시료로 사용하였다.

기기분석에 의한 농약 침투율과 부착량 지수의 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 컬럼은 Nova-Pak[®] C₁₈ 3.9×300 mm, 이동상은 아세토니트릴/물=60/40(v/v), 유속은 1.5 ml/min, 검출파장은 Congo Red 497 nm, thifluzamide 254 nm이었다. Congo Red와 thifluzamide peak의 면적을 조사한 다음 (식 (1))에 의해 침투율을 산출하였다.

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

^tA_{pp}: t시간 후 벼 지상부 세척액 중 thifluzamide의 peak 면적

^tA_{pc}: t시간 후 벼 지상부 세척액 중 Congo Red의 peak 면적

⁰A_{pp}: 분무 직후 벼 지상부 세척액 중 thifluzamide의 peak 면적

⁰A_{pc}: 분무 직후 벼 지상부 세척액 중 Congo Red의 peak 면적

벼 지상부에 부착된 thifluzamide의 양은 세척액 중의 Congo Red 농도를 수화제 현탁액 처리구와 비교함으로써 상대적인 부착량 지수를 산출하였다.

침투성이 증진된 제제의 벼 잎집무늬마름병에 대한 방제 효과 측정

일회용 포트(직경 45 mm)에 수도용 상토((주)부농 제품, 경주, 한국)를 넣고 낙동벼 종자 4개를 파종하여 25±5°C의 온실에서 4주간 재배하였다. 벼 유묘가 3-4엽기까지 자랐을 때 벼 잎집무늬마름병에 대한 검정을 수행하였다. Thifluzamide 수화제를 물에 희석하고 전착제(카바)와 C₁₆E₁₂를 첨가하여 유효성분 250 mg L⁻¹, 전착제 500 mg L⁻¹ 및 C₁₆E₁₂ 1,000 mg L⁻¹인 농약 현탁액을 조제하였다. 이것을 다시 전착제 500 mg L⁻¹과 C₁₆E₁₂ 1,000 mg L⁻¹을 함유하는 수용액으로 희석하여 유효성분이 50, 10 및 2 mg L⁻¹인 분무용 농약 희석액을 조제하였다. 대조구용 약제로는 thifluzamide 수화제를 물에 희석하고 전착제만 첨가하여 유효성분 250 mg L⁻¹와 전착제 500 mg L⁻¹인 농약 현탁액을 조제한 다음 다시 전착제 500 mg L⁻¹ 수용액으로 희석하여 50, 10 및 2 mg L⁻¹인 분무용 농약 희석액을 조제하였다. 벼 포인트를 spray booth에 5개씩 넣고 1,000 L ha⁻¹로 분무한 다음 온실에 두어 1일 동안 풍건 하였다.

밀기를 배지에 배양한 *Rhizoctonia solani* AG-1 균의 균사덩어리를 잘게 마쇄하여 약제 처리한 벼 포트에 고르게 접종하였다. 습실상(25°C)에서 3일간 배양한 후 꺼내어 상대습도 80% 이상인 항온항습실에서 4일간 둔 뒤에 잎집무늬마름병 발생을 조사하였다. 발병도는 벼의 잎집에 형성된 병반의 높이에 따라 0부터 10까지 11단계로 조사하였으며, 방제기는 다음과 같은 식에 따라 계산하였다.

$$\text{방제기(\%)} = (1 - \text{처리구 발병도/무처리구 발병도}) \times 100$$

경엽 부착성이 증진된 제제의 벼 잎집무늬마름병에 대한 방제 효과 측정

Thifluzamide 수화제를 물에 희석하고 비이온성 계면활성제로 heptaethylene glycol monoisododecyl ether(iC₁₂E₇)와 heptaethylene glycol monotridecyl ether(C₁₃E₇)를 음이온성 계면활성제 sodium dioctylsulfosuccinate(SDSS)와 각각 1:1의 비율로 첨가하고 혼합하여 유효성분 250 mg L⁻¹, 계면활성제 500 mg L⁻¹인 농약 현탁액을 조제하였다. 이것을 다시 계면활성제 수용액(500 mg L⁻¹)으로 희석하여 유효성분이 50, 10, 2 및 0.4 mg L⁻¹인 분무용 농약 희석액을 조제하였다. 대조구용 약제로는 thifluzamide 수화제를 물에 희석하여 50, 10, 2 및 0.4 mg L⁻¹인 분무용 농약 희석액을 조제하였다. 벼 포인트를 spray booth에 5개씩 넣고 1,000 L ha⁻¹로 분무한 다음 온실에 두어 1일 동안 풍건 하였다. 병원균 접종

에 의한 방제효과 측정은 전술한 바와 같았다.

결과 및 고찰

Thifluzamide는 Pesticide Manual에 침투이행성 약제로 분류되어 있으며, 경엽에 액상으로 분무함으로써 벼 잎집무늬마름병을 예방하는 것으로 농약사용지침서에 기술되어 있다. 벼 잎집무늬마름병은 벼의 생육이 왕성한 여름철에 줄기에 주로 발생하는데 벼의 생육이 진전될수록 경엽에 살포되는 약액이 줄기에 부착될 확률은 점차 낮아질 것으로 예상된다. 이에 주로 부착된 thifluzamide가 침투이행되어 줄기로 이동하거나, 분무량과 전착력을 증대하여 농약이 흘러내리게 함으로써 줄기를 적실 수 있다면 병 방제효과를 증대하는 동시에 농약 사용량을 절감할 수 있을 것이다. 따라서 thifluzamide의 침투성 증대와 부착량 증진이 벼 잎집무늬마름병의 예방효과에 미치는 영향을 조사하였다.

Thifluzamide 수화제의 침투성 증진과 병 방제효과

시험용 thifluzamide 수화제 현탁액(100 mg L⁻¹)을 벼 잎에 분무하였을 때 thifluzamide는 처리 24시간 후에 벼 지상부에서 전량(100±7.1%) 회수되어 침투성이 거의 없는 것으로 나타났다(Fig. 2). 반면에 오이, 토마토 및 밀 등 여러 가지 작물에 dimethomorph, azoxystrobin 및 KNF-1001 등 여러 가지 살균제의 엽면 침투성을 증진하는 계면활성제 dodecaethylene glycol monohexadecyl ether(C₁₆E₁₂)(Yu 등, 2001; 유와 최, 2009; 유 등, 2010)를 250 mg L⁻¹ 내지 2,000 mg L⁻¹로 가용하였을 때 벼 지상부에 대한 thifluzamide의 침투율이 C₁₆E₁₂의 농도에 비례하여 증가하였다. 그러나 C₁₆E₁₂에 의한 약해가 유발되기 시작하는 농도 1,000 mg L⁻¹에서도 24

시간 후 thifluzamide 침투율이 16.7±6.2% 이하여서 침투성 증대효과가 크지는 않았다.

침투성 증진 물질로 C₁₆E₁₂를 thifluzamide 수화제 현탁액에 가용하여 유효성분의 벼 침투이행성을 높일 경우 벼의 줄기에 발생하는 벼 잎집무늬마름병에 대한 예방 효과가 증진될 수 있는지 알아보기 위해서 전착제(카바)와 C₁₆E₁₂를 함유하는 thifluzamide 수화제 현탁액을 벼의 잎 부분에 분무처리하고 벼 잎집무늬마름병에 대한 예방 효과를 측정한 결과는 Table 2와 같았다. 수화제 현탁액에 전착제만 가용한 시험구는 10 mg L⁻¹ 이하에서 벼 잎집무늬마름병에 대한 예방효과가 조금씩 감소하였지만 2 mg L⁻¹에서도 50%의 방제기를 유지하였다. 그러나 침투성 증진용 계면활성제를 가용한 시험구에서는 10 mg L⁻¹의 농도 이하에서 병 예방효과가 오히

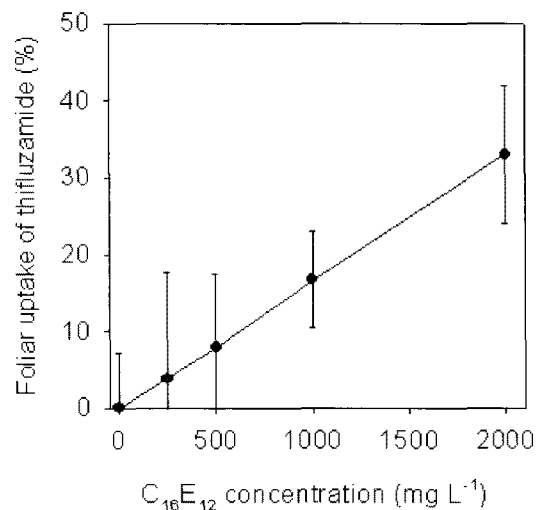


Fig. 2. Effect of C₁₆E₁₂ concentration in spray solution on foliar uptake of thifluzamide into rice plant 24 h after spraying with aqueous WP suspension containing 100 mg AI L⁻¹.

Table 2. Protective effect of the thifluzamide formulations containing an activator against rice sheath blight

Formulation (mg L ⁻¹)	Thifluzamide (mg L ⁻¹)	Disease severity (%)	Control value (%)
Cover ^a (500 mg L ⁻¹)	-	8.4	-
	250	0	100
Thifluzamide	50	0	100
+ Cover (500 mg L ⁻¹)	10	2±1	76±12
	2	4.2±1	50±13
	250	0	100
Thifluzamide	50	0	100
+ Cover (500 mg L ⁻¹)	10	6.6±2	8±18
+ C ₁₆ E ₁₂ (500 mg L ⁻¹)	2	7.4±1	0±7

^aA commercial spreader-sticker

려 급속하게 감소하였으며, 2 mg L⁻¹에서는 약효를 전혀 보이지 않았다.

이러한 현상이 농약의 침투성 증진에 의해 일어났으므로, 잎에 떨어진 유효성분이 침투성 증진용 계면활성제에 의해 쉽게 조직 내로 흡수되더라도 줄기부위로 이행되지는 않으며, 오히려 줄기 표면에 소량 부착된 유효성분이 빠른 시간 내에 조직 내로 침투함으로써 표면에 잔류하는 농약량의 감소로 인한 예방효과의 감소가 더 현저하게 나타나는 것으로 추정되었다. 또한 Klittich 등의 보고(2008)에서 보리잎을 통하여 침투한 thifluzamide가 처리부위로부터 다른 부위로 이동하기는 하지만 그 양이 극히 적었다는 사실과 관련지어 볼 때 침투성 증진제에 의해 유효성분의 잎 조직 내 침투량이 증가하여도 이행력이 약하여 병이 발생하는 줄기부위에서 병 방제에 유효한 농도에 이를 수 없을 가능성도 생각할 수 있었다.

Thifluzamide의 경엽 부착량 증진과 병 방제효과

분산제 용도로 수화제에 첨가되는 계면활성제는 일반적으로 그 양이 매우 적을 뿐만 아니라 물에 희석되었을 때 식물 잎에 대한 부착력과 전착력이 매우 약하다. 따라서 벼 잎과 같이 직립성이면서 표면이 매우 소수성인 작물 표면에는 잘 부착되지 않으며, 또한 이미 부착된 물방울도 잘 확산되지 않는다. 따라서 thifluzamide 수화제 현탁액의 벼 잎에 대한 부착력과 전착력을 증진하여 일부가 줄기까지 흘러내리게 함으로써 약효를 증진할 수 있는지 알아보기 위해서는 먼저 부착량을 극대화할 수 있는 계면활성제의 선발이 요구되었다.

시험용 thifluzamide 수화제를 물에 희석하고 부착력 증진

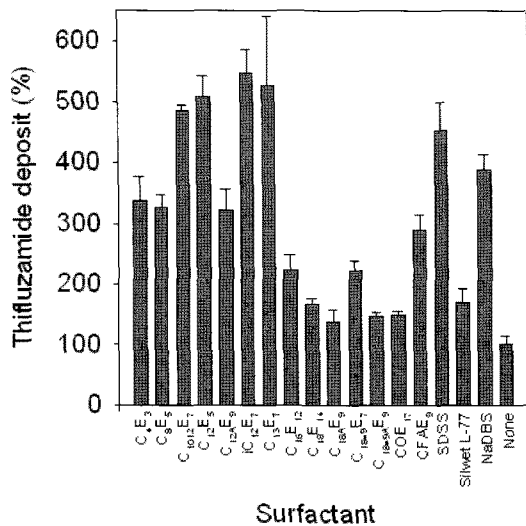


Fig. 3. Effect of surfactant on thifluzamide deposition to rice plant by spraying with aqueous WP suspension containing 50 mg AI L⁻¹ and surfactant 500 mg L⁻¹.

용 계면활성제를 500 mg L⁻¹ 첨가하여 분무용 현탁액을 조제한 다음 낙동벼에 분무하고 부착량을 측정하였을 때 C₁₆E₁₂, tetradecaethylene glycol mono-octadecyl ether(C₁₈E₁₄) 및 heptaethylene glycol mono-octadecyl ether(C₁₈₋₉E₇) 등 농약의 침투성 증진에 효과적인 지방족 알콜계 polyoxyethylene 비이온성 계면활성제에 의한 부착량이 계면활성제 무첨가구의 2배 내외로 작았다. 반면에 heptaethylene glycol mono-isododecyl ether(iC₁₂E₇) 등 C₁₃ 이하의 지방족 알콜을 소수기로 가지는 polyoxyethylene계 비이온성 계면활성제와 sodium dioctylsulfosuccinate(SDSS) 등 음이온성 계면활성제는 부착량 증진에 매우 효과적이어서 thifluzamide 부착량이 무첨가구에 비해 최고 5.5배까지 증가하였다(Fig. 3).

또한 부착량이 가장 많은 비이온성 계면활성제와 음이온성 계면활성제를 혼합하여 thifluzamide 수화제 현탁액에 첨가한 후 벼에 대한 부착량을 측정하였을 때 비이온성 계면활성제나 음이온성 계면활성제를 단독으로 첨가하였을 때보다 부착량이 조금 더 증가하였으며, 그 중 iC₁₂E₇과 SDSS의 혼합물, heptaethylene glycol monotridecyl ether(C₁₃E₇)와 SDSS의 혼합물이 조금더 부착량이 많았다(Fig. 4). 따라서 각각의 계면활성제를 동량씩 혼합하고 수화제 현탁액에 첨가하여 벼잎집무늬마름병에 대한 예방 효과를 측정하는 다음 무처리구와 비교하였다(Table 3).

수화제 현탁액으로 처리된 thifluzamide는 250 mg L⁻¹에서 벼 잎집무늬마름병을 완전히 예방하는 효과가 있었지만 그 이하의 농도에서는 점차 예방효과가 감소하였으며, 약제 농도를 자연로그로 변환한 후 회귀계산하였을 때 병을 50%

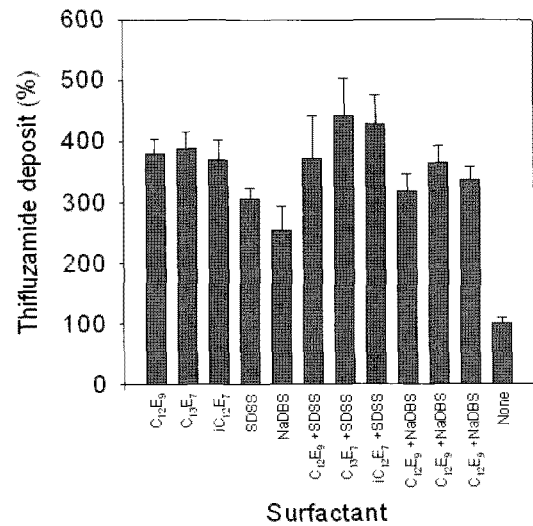


Fig. 4. Effect of the mixed surfactants on thifluzamide deposition to rice plant after spraying with aqueous WP suspension containing 50 mg AI L⁻¹ and surfactant 500 mg L⁻¹.

Table 3. Fungicidal effect of thifluzamide formulations containing spreader-sticker against rice sheath blight

Formulation (mg L ⁻¹)	Thifluzamide (mg L ⁻¹)	Disease severity (%)	Control value (%)	EC ₅₀ ^a (mg/L ⁻¹)
	0	10	-	
Thifluzamide	0.4	9±0.7	10±7	5.8
	2	7.2±1.5	28±15	
	10	4.6±1.7	54±17	
	50	0.9±0.7	91±7	
	250	0.1±0.2	99±2	
Thifluzamide + iC ₁₂ E ₇ (250 mg L ⁻¹) + SDSS (250 mg L ⁻¹)	0	9.8±0.4	2±5	4.4
	0.4	9.2±1.3	8±13	
	2	6.6±1.7	34±17	
	10	3±1.4	70±14	
	50	0.6±0.4	94±4	
Thifluzamide + C ₁₃ E ₇ (250 mg L ⁻¹) + SDSS (250 mg L ⁻¹)	0	10	0	3.4
	0.4	9.6±0.5	4±6	
	2	5.6±2.4	44±24	
	10	2.4±2.4	76±24	
	50	0.3±0.2	97±2	
	250	0	100	

^aMedian effective concentration

예방하는 유효성분 농도 EC₅₀가 5.8 mg L⁻¹인 것으로 나타났다. 전착제 용도로 비이온성 계면활성제와 음이온성 계면활성제 혼합물이 첨가된 thifluzamide 수화제 현탁액은 1,000 L ha⁻¹ 수준으로 지면에 대하여 수직방향으로 벼 잎에 살포되었을 때 잎을 모두 적시고 여분의 농약용액이 줄기를 타고 흘러내리는 모습을 보여 주었다. 그러나 줄기 전체에 고루 퍼지기 보다는 대부분 불특정한 부위만을 경유하는 것으로 보였다. 벼 잎집무늬마름병에 대한 예방효과를 측정하였을 때 전착제 첨가구가 전착제 무처리구보다 방제가가 약간 증가하여 EC₅₀가 각각 4.4 mg L⁻¹과 3.4 mg L⁻¹으로 나타나서 수화제 처리구보다 감소하였으나 큰 차이를 보이지는 않았다.

수화제 현탁액에 전착제를 첨가하여 벼 경엽에 대한 부착량이 4 내지 5배 증가하였지만 농약이 부착된 벼의 부위는 대부분 잎이며, 부착된 농약용액 중 일부분이 줄기를 경유하여 흘러내렸다 하더라도 농약용액에 직접적으로 접촉한 부위는 면적이 작을 것으로 추정되었다. 또한 전착력 증진을 위해 첨가한 계면활성제도 침투성 증진용으로 첨가하였던 dodecaethylene glycol monohexadecyl ether와 유사한 물질이므로 유효성분이 벼 조직 내로 침투하는 것을 촉진하였을 것으로 추정되는데, 줄기부위에서의 부착량이 다소 증진되었다 하더라도 의도하지 않은 침투성 증대가 thifluzamide의 예방효과 증진에

역으로 작용했을 가능성도 배제할 수 없었다.

이와 같이 thifluzamide의 벼 잎집무늬마름병 예방효과를 증진하기 위해서 계면활성제를 가용하여 침투성을 증진하거나 전착제를 가용하여 경엽에 대한 부착량을 증대하는 방법은 큰 효과를 거두지 못하였다. 그 원인으로 thifluzamide의 침투성 증진이 오히려 벼 잎집무늬마름병의 예방효과를 저해하였다는 것과, 잎에 대한 농약의 부착량을 증대하더라도 줄기에 대한 영향은 한정적일 수 있다는 것을 들 수 있다. 다른 한 가지 가능성으로는 과습조건에서 벼 잎집무늬마름병의 발생과 진전이 줄기 외피에서 주로 이루어지므로, 직접 벼 줄기에 농약을 분무하는 조작 이외에 벼 조직을 통한 농약의 이행과 같은 간접적인 농약의 살포효과는 병 방제에 덜 효과적일 수 있다는 것이다. 따라서 병리학적인 연구를 통하여 효과적인 농약 처리 기술을 연구하는 것이 보다 바람직한 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과입니다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

- Aborsriwil, S. O. and K. J. Clacy (1999) Evaluation of the effects of two novel fungicides on *trichoderma* spp. and *Agaricus bisporus*. Tests Agrochem. Cultiv. 20:18~19.
- Anitha, K. and N. N. Tripathi (2001) Screening of fungicides against seedling mortality of okra caused by *Rhizoctonia solani* and *Pythium aphanidermatum*. Pl. Dis. Res. 16:52~56.
- Grichar, W. J. (1995) Management of stem rot of peanuts (*Arachis hypogaea*) caused by *Sclerotium rolfsii* with fungicides. Crop Prot. 14:111~115.
- Klittich, C. JR., F. R. Green III, J. M. Ruiz, T. Weglarz and B. A. Blakeslee (2008) Assessment of fungicide systemicity in wheat using LC-MS/MS. Pest Manag Sci 64:1267~1277.
- O Reilly, P. S. Kobayash, S. Yaman, W. G. Phillips, P. Raymond and B. Castanho (1992) MON 24000: a novel fungicide with broad spectrum disease control. In: Proceedings of Brighton Crop Protection Conference-Pests and Diseases 1, pp. 427~434.
- Yu, J. H. (2009) Effect of additives in aqueous formulation on the foliar uptake of dimethomorph by cucumbers. Pest Manag Sci. 65:426~432.
- Yu, J. H., G. J. Choi, H. K. Lim, J. H. Kim and K. Y. Cho (2001) Influence of surfactants on foliar uptake of dimethomorph into cucumber plant and fungicidal activity against cucumber downy mildew. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 44:109~115.
- 유주현, 최경자 (2010) KNF-1002의 경엽 침투성과 부착량 증진에 의한 보리 흰가루병 방제 효과. The Korean Journal of Pesticide Science 14:272~279.
- 유주현, 최경자, 김홍태 (2008) Azoxystrobin과 kresoxim-methyl의 오이 엽면 침투성과 오이 흰가루병 방제 효과. 한국응용생명화학회지 51(2):108~113.

Thifluzamide 제제의 경엽 침투성과 부착량 증진이 벼 잎집무늬마름병 방제 효과에 미치는 영향

유주현* · 최경자

한국화학연구원 산업바이오화학연구센터

요 약 벼의 줄기에 주로 발생하는 잎집무늬마름병에 대한 thifluzamide의 방제 효과를 증진하기 위하여 벼 경엽을 통한 thifluzamide의 침투성을 강화하거나 벼 부착량을 증진할 수 있는 계면활성제를 선발하고 이를 함유하는 제제의 병 방제 효과를 측정하였다. 수화제 현탁액에 dodecaethylene glycol monohehexadecyl ether를 첨가함으로써 벼 잎에 대한 thifluzamide의 침투성을 증진할 수 있었으나 병 예방효과는 오히려 감소하였다. 비이온성 계면활성제와 음이온성 계면활성제를 혼합하여 수화제 현탁액에 첨가하였을 때 유효성분 부착량이 약 5배 증대되었으나 잎집무늬마름병 예방효과는 약간 증가하여 EC₅₀가 5.8 mg L⁻¹에서 각각 4.4 mg L⁻¹와 3.4 mg L⁻¹로 감소하였다.

색인어 계면활성제, 벼, 예방효과, 잎집무늬마름병, thifluzamide