

제형의 차이가 제초제 Cyhalofop-butyl의 생물활성에 미치는 영향

노안성^{1*} · 한강완² · 조재영²

¹(주) 코셀, ²전북대학교 농화학과

초록 : 제초제 Cyhalofop-butyl을 유효성분으로한 유제, microemulsion, 수화제 및 입제를 제조하여 수도에 대한 약해, 피에 대한 제초효과, 피의 경엽에 대한 부착력 및 흡수량을 측정된 결과는 다음과 같았다. 수화제에서는 원제를 액상화할 수 있는 보조제가 첨가되었을때 피에 대한 살초효과가 증가하였으며, 이는 경엽에의 흡수량 증가와 일치하였다. 그러나 수화제 살포 수용액의 피에 대한 부착력과 흡수량은 정확히 일치하지는 않았다. 유제는 수화제 보다 높은 살초 효과와 엽면 흡수량을 보였다. Microemulsion에서는 높은 부착력과 함께 엽면에 대한 흡수량도 가장 높게 나타났다. 또한 본 원제에 대해서 입제의 적용성을 검증한 결과 유효성분 부상성 입제의 가능성도 확인할 수 있었으며, 피에 대한 살초 효과도 높게 나타났다(1995년 8월 11일 접수, 1995년 9월 28일 수리).

서 론

농약의 개발은 신규화합물의 합성을 시작으로 생물검정, 제제검토, 적용성 검정을 거쳐 실용화된다. 농약의 제제 목적은 유효성분의 정확한 효력발휘와 작물에 대한 안전성의 확보 및 인축에 대한 독성경감, 살포노력과 시간의 절약을 들 수 있다.¹⁾ 최근에는 약제의 살포노력과 시간을 단축시킬 수 있는 직접처리형 제초제가 각광을 받고 있으며, 기존의 입제와 더불어 액상수화제등의 개발이 진행되고 있다.^{2,3)}

제초제 제형에 대한 연구는 주로 경엽처리용 제초제와 계면활성제의 상호관련성을 중심으로 연구되어 왔다. 中村⁴⁾는 비이온 계면활성제와 트리아진계 제초제 혼합시 수용해도가 낮은 simazine, atrazine에 대해 첨가 효과가 있었다고 보고하였으며, Biswas⁵⁾ 등은 트리아진계 제초제와 비이온계면활성제 혼합시 수용액 상태에서 트리아진계 제초제 고유의 물에 대한 용해도가 증가하여 살초효과가 상승되었다고 보고하였다. 본 실험은 cyhalofop-butyl의 생물활성을 증가시키기 위하여 제형 조제시 보조제를 사용하였으며, 각 제형의 생물활성차이를 확인하여 여러가지 제형중에서 생물효과가 가장 우수한 제형을 선발하고자 하였다. 또한 살포수용액의 피에 대한 접촉각, 부착력 및 경엽흡수량을 측정하여 흡수량과 부착력을 검토하였으며, 입제의 제제 가능성도 검토하였다.

재료 및 방법

실험 재료

(1) 원 제

본 실험에 사용된 농약 원제 cyhalofop-butyl은 Dow

Elanco에서 분양 받았고, 그의 화학명은 n-butyl-(R)-2-[4-(2-fluoro-4-cyanophenoxy)phenoxy]propionate(MW : 357), 20℃에서 물에 대한 용해도는 0.7 ppm, 융점은 48.7℃, 주된 자외선 흡수파장은 210, 230, 250 nm이고, 20℃에서 옥탄올-물 분배계수는 Log P=3.3158이다.

(2) 보조제

수화제(wettable powder; WP) 제제에 사용한 보조제는 di-tridecyl phthalate와 epoxidized soybean oil을, 증량제로서 white carbon과 kaoline을 사용하였다.

유제(emulsifiable concentrate; EC), 미탁제(microemulsion; ME) 조제에는 비이온 계면활성제와 시판 계면활성제를 사용하였다. 비이온 계면활성제는 (주)한농화학 제품의 polyoxyethylene nonyl phenyl ether 계열인 NP-4 [ethylene oxide(E.O.); 4 mole, hydrophilic lipophilic balance(HLB)6; 8.9], NP-10(E.O.; 10 mole, HLB; 13.3), NP-20(E.O.; 20 mole, HLB; 16)이었고, 시판 계면활성제는 (주)코셀 제품인 NK-FT2[®] (polyoxyethylene alkyl ether, calcium alkyl benzene sulfonate의 혼합물), 유기용매로는 Exxon Chemical 제품의 공업용 methyl naphthalene과 methyl carbitol을 사용하였다. 입제(granule; Gr)조제를 위한 dextrin, talc, bentonite 등은 농약회사에서 일반적으로 사용하는 것을 사용하였다.

실험 방법

제형의 조제

(1) 수화제

조제과정은 원제를 보조제에 녹인후 흡유가가 높은 white carbon에 흡착시키고 증량제 및 계면활성제를 첨가한 후 혼합하고, 분쇄하여 입도가 44 μm(325 mesh)

찾는말 : Cyhalofop-butyl, HLB, 수화제, 보조제, 비이온 계면활성제
*연락처자

Table 1. Recipes of cyhalofop-butyl wettable powder

Material	Chemical Name	No Adjuvant	Adjuvant 10%	Adjuvant 20%	Adjuvant 30%	Adjuvant 10%	Adjuvant 20%	Adjuvant 20%
Cyhalofopbutyl	(R)-butyl 2-(4-(4-cyano-2-fluoro phenoxy)phenoxy)-propionate	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
NK-NX250L*	polyoxyethylene alkyl aryl sulfate, Modified aromatic sulfonate	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Adjuvant	Di-tridecyl phthalate	—	10.0	20.0	30.0	—	—	—
Adjuvant	Epoxidized soybean oil	—	—	—	—	10.0	20.0	30.0
Diluent	Silicate(white carbon)	—	10.0	15.0	20.0	10.0	15.0	20.0
Carrier	Kaoline	89.0	69.0	54.0	39.0	69.0	54.0	39.0

NK-NX250L: Commercial mixture surfactant.

Table 2. Recipes of cyhalofop-butyl emulsifiable concentrates and microemulsion

Materials	Chemical Name	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5	EC 6	microemulsion
Cyhalofopbutyl	(R)-butyl 2-(4-(4-cyano-2-fluoro phenoxy)phenoxy)-propionate	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
NP4	Polyoxylethylene(E.O 4mole) Nonyl phenyl ether	7.0	—	—	—	—	—	—
NP10	Polyoxylethylene(E.O 10 mole) Nonyl phenyl ether	—	7.0	—	—	—	—	10.0
NP20	Polyoxylethylene(E.O 20 mole) Nonyl phenyl ether	—	—	7.0	—	—	—	—
NK-FT2*	Polyoxylethylene alkyl ether, alkyl benzenesulfonate	=	=	=	1.0	2.0	10.0	—
Solvent	Methyl naphthalene	88.0	88.0	88.0	94.0	93.0	85.0	1.9
Solvent	Methyl carbitol	—	—	—	—	—	—	40.0
Water		—	—	—	—	—	—	33.1

NK-FT2: Commercial mixture surfactant.

이하가 되도록 조제하였다. 보조제는 di-tridecyl phthalate와 epoxidized soybean oil을 사용하였으며, 본 실험에 사용된 수화제의 제조처방은 표 1과 같았다.

(2) 유제 및 microemulsion

유제는 비이온 계면활성제들의 HLB값과 시판 계면활성제(NK-FT2*)의 사용량을 변화시켜 제조하였으며, 비이온 계면활성제의 HLB에 따른 살초효과를 비교하고자 하였다. 유화성이 시판계면활성제에 비하여 떨어져 유화입자의 크기가 균일하지 않은 문제점이 발생할 수 있으므로 살포직전 강한 교반으로 강제유화시켜 사용하였다. Microemulsion은 물에 가용성인 용제와 다량의 계면활성제를 첨가하여 표 2와 같이 제조하였다.

(3) 입제

입제는 일반적인 입제 처방과 여기에 두가지 보조제(ditridecyl phthalate, methyl naphthalene)를 첨가하여 조제하였다. 두가지 보조제를 첨가한 입제는 유효성분이 보조제와 함께 방출되어 수표면에 부상하여 약효를 나타낼 수 있도록 조제하였다. 원제를 di-tridecyl phthalate에 녹이고 증량제, 계면활성제를 혼합, 분쇄하였다. 증류수를 전체의 20% 수준으로 첨가하여 반죽한 다음 조립기에 넣어 0.7 mm의 입경으로 압출시켰다. 압출된 가닥은 다시 60~70°C에서 건조시킨 다음 정립하여 입

Table 3. Recipes of cyhalofop-butyl granule

Material	Chemical Name	Conventional Gr. 0.6%	Oil Gr. 0.6%
Cyhalofopbutyl	n-Butyl-(R)-2-[4-(2-fluoro-4-cyano-phenoxy)phenoxy]propionate	0.6	0.6
Adjuvant	Di-tridecyl phthalate	—	9.0
Adjuvant	Methyl naphthalene	—	3.0
Surfactant 1	Polyoxyethylene alkyl phenol ether sulfate ammonium salt	1.0	1.0
Surfactant 2	Maleic acid polymer	—	3.0
Surfactant 3	Acrylic acid homopolymer sodium salt	—	1.0
Binder	Dextrin	3.0	3.0
Diluent	Talc	30.0	30.0
Diluent	Bentonite	Rest	Rest

NK-FT2: Commercial mixture surfactant.

제를 제조하였으며 제조처방은 표 3과 같았다.

제제의 생물검정

피와 벼에 대한 약해실험은 온실 조건하에서 실시하

였다. 플라스틱 pot(표면적 346 cm², 높이 25 cm)에 일정량의 식양토인 논 토양 2 kg을 채우고 1~2 cm 담수심을 유지시켰다. 휴면 각성시킨 물피 종자를 30°C에서 1일간 수침시킨 후 pot에 파종하고, 발아 후 pot당 2~3 본이 되도록 조절하였다.

약제 처리는 분무기를 이용하여 약액이 흐르지 않을 정도로 엽면에 균일하게 살포하였으며, 처리구당 3반복으로 수행하였다.

약해 조사는 약제 처리 후 무처리구와 건물중으로 비교하여 백분율로 나타내었다. 유제, 수화제, microemulsion은 cyhalofop-butyl 유효성분량으로 10a당 3, 5, 8, 12, 20 g 수준으로 처리하였고, 입제는 유효성분량으로 10a당 24, 36, 48 g 수준으로 처리하였다.

제제의 부착력

(1) 표면장력의 측정

상기 수화제, 유제, microemulsion의 처리 수준과 같은 농도로 희석하여 100 ml 비이커에 담아 표면장력 측정기(Rigo-Dunouy tensiometer, Model No.194)⁸를 이용하여 3반복 측정하여 평균치를 dyne/cm로 표시하였다.

(2) 접촉각 측정

접촉각은 정⁷이 측정된 방법 즉, slide glass에 접착 테이프를 이용하여 4엽기의 피 엽을 부착시키고 10 μ 소형 주사기로 제제 희석액(80 ppm) 2 μ를 엽표면에 적하시킨 후 2분 뒤에 접사렌스가 부착된 카메라를 이용하여 수평 촬영하였다. 접촉각 측정은 3반복 평균치를 각도로 표시하였다.

(3) 부착력의 계산

접촉각과 표면장력을 이용하여 피에 대한 각 제제의 부착력⁸을 아래의 공식에 따라 계산하여 erg/cm²로 표시하였다.

$$W_a = \gamma l \times \cos\theta$$

(W_a: 부착력, γl: 표면장력, θ: 접촉각)

제형별 피의 엽면 흡수량

수화제, 유제 및 microemulsion의 피 엽표면에 대한 원제 흡수량은 2시간동안 흡수된 양을 측정하였으며,

수세량과 흡수량의 합을 경엽에 대한 전체부착량으로 가정하고 단위면적당(cm²) 부착량에 대한 흡수량을 구하였다. 피(4엽기) 3~4엽을 자동엽면적측정기(Square centimeters Model LI-3000)로 엽면적을 측정후, 이 엽면에 수화제, 유제, microemulsion의 희석액(80 ppm)을 분무기로 10 ml씩 균일하게 살포하고, 30°C에서 2시간 방치하여 엽면에 부착된 살포액을 건조시켰다. 건조된 피의 잎을 증류수 100 ml가 들어 있는 250 ml 삼각 플라스크에 넣고 10분간 진탕한 다음 이 용액 5 ml를 취하여 20 ml n-hexane으로 추출하였다. n-Hexane 층을 감압농축 건고 후 다시 methanol 5 ml로 녹여 유효성분의 엽면부착량 측정시료를 조제하였다. HPLC는 Waters Model 441, Column은 ODS 2 type(4.6 mm×25 cm), 이동상은 acetonitrile : methanol : Water(45 : 20 : 35, v/v)로, 254 nm에서 UV Detector를 이용하여 시료중 유효성분농도를 측정하였으며, 이때 유속은 1 ml/min이었다.

엽면부착량 측정에 사용하였던 엽의 수분을 제거하고, 100 ml acetone이 들어 있는 삼각 플라스크에 넣어 냉암소에서 2일간 방치하였다. 삼각 플라스크내의 acetone을 분액여두에 넣고 증류수 50 ml, n-hexane 50 ml를 가하여 추출한 후 상정액을 감압농축 건고하여 10 ml n-hexane으로 용해시켰다. 활성 florasil (60~100 mesh) 10 g이 들어 있는 유리 컬럼(φ2 cm×30 cm)에 농축 시료를 넣어 20 ml의 n-hexane을 통과시켰다. n-Hexane : ethyl ether (80 : 20, v/v) 혼합액 50 ml로 용출시킨 다음 시료를 감압건고하고, 2 ml의 methanol에 녹여서 유효성분 흡착량 측정시료를 조제하였다. HPLC로 시료중 유효성분함량을 측정하였다.

결과 및 고찰

제제의 생물검정

(1) 벼에 대한 약해

Cyhalofop-butyl은 벼와 피에 대해서 선택성을 가지는 약제로 알려져 있으며,⁹ 제형에 따른 제제의 벼에 대한 약해반응을 조사하였다. 수화제, 유제, 액제는 5, 8, 12, 20 g ai/10a을 처리하였고, 입제는 24, 36, 48 g ai/10a을 처리하여 각각 벼에 대한 약해정도를 조사한 결과 mi-

Table 4. Effect of cyhalofop-butyl application rate of ME, WP, EC and Gr on rice injury in the pot test

Applications (g ai/10a)	Microemulsion (ME)	Wettable powder (WP)				Emulsifiable concentrate (EC)						Granule (Gr)
		No adjuvant	Adj 10%	Adj 20%	Adj 30%	NP4 7%	NP10 7%	NP20 7%	NK-FT2 1%	NK-FT2 2%	NK-FT2 10%	
5	0.2*	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
8	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	
12	0.2	0.5	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	
20	1.0	0.5	0.3	0.6	0.5	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	
24												0.1
36												0.2
48												0.5

*Rice injury(% of control)

Table 5. Effect of cyhalofop-butyl application rate and adjuvant rate of W.P. on the growth inhibition *Echinochloa crus-galli* at 3 leaf stage.

Applications (g ai/10a)	NO adjuvant	Di-tridecyl phthalate			Epoxidized soybean oil		
		Adj 10%	Adj 20%	Adj 30%	Adj 10%	Adj 20%	Adj 30%
3	45	68	75	80	75	80	90
5	60	72	75	90	80	100	100
8	70	80	85	100	100	100	100
12	96	100	100	100	100	100	100

Table 6. Effect of cyhalofop-butyl application rate and adjuvant rate of W.P on the growth inhibition *Echinochloa crus-galli* at 5 leaf stage.

Applications (g ai/10a)	NO adjuvant	Di-tridecyl phthalate			Epoxidized soybean oil		
		Adj 10%	Adj 20%	Adj 30%	Adj 10%	Adj 20%	Adj 30%
3	50	75	85	85	80	80	90
5	75	95	95	85	95	95	100
8	75	100	90	95	90	100	100
12	80	100	100	100	100	100	100

Table 7. Effect of cyhalofop-butyl E.C, M.E, Gr on the growth inhibition of *Echino chloa crus-galli* at 2 leaf stage

Application (g ai/10a)	Micro emulsion	Emulsifiable concentration						Granule	
		NP 4	NP 10	NP 20	NK-FT2 1%	NK-FT2 2%	NK-FT2 10%	Conv.Gr	Oil Gr
3	80	70	75	80	80	90	80		
5	100	80	85	75	80	100	90		
8	100	100	100	100	100	100	100		
12	100	100	100	100	100	100	100		
24								0	75
36								1	78
48								1	90

NP 4:HLB 8.9 NP 10:HLB 13.3 NP 20:HLB 16

croemulsion은 20g ai/10a의 처리에서 약간의 생육피해를 보였고, 처리량이 많은 입제는 40g ai/10a 처리구에서도 벼에 대한 약해가 거의 나타나지 않았다.

수화제에서는 보조제의 종류와 양이 벼에 대한 약해에 영향을 미치지 않았으며, 유제에서도 20g ai/10a의 고농도 수준에서만 초기생육을 경미하게 저해하였다. 이들 초기 약해반응도 시간이 경과함에 따라 신속하게 회복되어 제제에 사용되는 보조제 및 제형의 종류에 관계없이 cyhalofop-butyl은 벼에 대하여 매우 선택성이 우수한 약제로 판명되었다(표 4).

(2) 피에 대한 약효

1) 수화제

보조제를 첨가하지 않은 제제와 원제를 용해시킬 수 있는 보조제의 양과 종류를 달리한 7가지의 제제를 사용하여 피에 대한 약효를 비교 실험하였다. 피 3엽기 처리에서 보조제는 3, 5, 8g ai/10a 농도 수준에서 살초효과를 강화하는 결과를 나타내었다. 보조제를 첨가하지 않은 수화제의 처리에서 최저 농도인 3g ai/10a에서 약 40%의 제초력을 보였지만, 보조제를 첨가함에

따라 80%까지 살초효과가 증가하였다. 또한 보조제로 사용한 di-tridecyl phthalate와 epoxidized soybean oil의 효과를 비교해 본 결과 epoxidized soybean oil에 의한 살초효과의 증가가 더 크게 나타났다(표 5).

피 5엽기의 처리에서는 보조제의 함량에 따라 전체적으로 살초효과가 증가하였으며, 각 처리 농도 수준에서 보조제를 첨가함에 따라 고살율이 80%~100%까지 증가하였다(표 6). 원제가 결정체 형태의 제초제는 엽면살포시 물과 용제가 휘산되고, 엽표면에 남은 제초제 원제는 결정화되기 쉬운데 이로 인하여 일반적으로 액상인 상태보다 흡수가 적게 일어난다는 Hess 등의¹⁰⁻¹²⁾ 결과와 일치하였다.

2) 유제 및 microemulsion

유제에 사용되는 시판 계면활성제의 양적 차이와 비이온계면활성제의 HLB 차이에 따른 피의 살초 효과를 검정하였다. 유제를 살포하여 HLB에 따른 살초력의 변화를 무처리구와 비교하여 백분율로 나타낸 바, 3g ai/10a의 저농도에서 nonylphenol의 E.O. mole수가 증가함에 따라 피 2엽기와 3엽기에서 살초효과가 증가하는

Table 8. Effect of cyhalofop-butyl E.C, M.E, Gr on the growth inhibition of *Echino chloa crus-galli* at 3 leaf stage

Application (g ai/10a)	Micro emulsion	Emulsifiable concentration						Granule	
		NP 4	NP 10	NP 20	NK-FT2 1%	NK-FT2 2%	NK-FT2 10%	Conv.Gr	Oil Gr
3	80	80	80	90	80	65	80		
5	85	80	90	85	85	80	85		
8	100	85	100	100	90	80	80		
12	100	100	100	100	90	80	85		
24								2	85
36								2	88
48								3	98

NP 4:HLB 8.9 NP 10:HLB 13.3 NP 20:HLB 16

Table 9. Changes in contact angle and adhesional force of difference formulation of cyhalofop-butyl

Formulation type	Adjuvant/surfactant	Surface tension(dyne/cm)	Contact angle(°)	Adhesional force(erg/cm ²)
Wettable powder	No adjuvant	63.1	100.5	-11.50
	Adjuvant ¹⁾ 10%	62.2	99.0	- 9.73
	Adjuvant 20%	63.2	103.5	-14.75
	Adjuvant 30%	60.5	98.5	- 8.94
	Adjuvant ²⁾ 10%	56.4	105.5	-15.07
	Adjuvant 20%	58.7	107.5	-17.65
Emulsifiable concentrate	NP4 7%	52.5	119.0	-25.45
	NP10 7%	51.8	112.0	-17.72
	NP20 7%	55.1	116.5	-24.59
	SAA ³⁾ 1%	60.3	96.5	- 6.84
	SAA 2%	50.7	71.5	16.09
Microemulsion	SAA 10%	45.9	67.0	17.93
		55.2	58.0	29.25
	Distilled water	72.0	121.0	-37.08

¹⁾ Adjuvant 1: Ditridecyl phthalate ²⁾ Adjuvant 2: Epoxidized soybean oil ³⁾ SAA(Surface active agent):NK-FT2 (commercial mixture)

경향을 나타냈다. 처리수준 5 g ai/10a의 비교적 고농도의 살포량에서는 피 2엽기와 3엽기 모두 100%에 가까운 살초효과를 나타냈다. 유제의 경우 3 g ai/10a의 저농도에서도 피의 엽기에 무관하게 80% 이상의 높은 살초효과를 보였다. 이것은 수화제 처리구보다 살초효과가 더 큰 것으로, 유제 제조시 사용한 용제에 의하여 피의 체내 흡수이행량이 증가한데에 원인이 있는 것으로 추론되었다.¹⁰⁾ 또한 시판 계면활성제의 양을 변화시킨 제제를 살포하여 비교한 결과 피의 살초효과 차이를 관찰하기는 어려웠으나 2엽기의 피에 처리한 5 g ai/10a 수준에서 계면활성제를 1% 첨가시 살초효과가 계면활성제를 다량 사용한 microemulsion제제에 비하여 저조하였다(표 7). 그리고 피 3엽기 처리에서 microemulsion제제의 효과는 8, 12 g ai/10a의 농도에서 100%의 살초효과를 나타내었으며, 시판 계면활성제의 변화를 주어 제조한 유제보다 살초효과가 우수하였다(표 8).

(3) 입제

유효성분이 토양 표면에서 흡착되어 처리층을 형성

함으로써 여기에 발생하는 잡초의 생육을 억제시키는 기존입제에서 피에 대해 살초효과를 나타내지 못한 것으로 보아 토양처리에 의한 근부흡수효과를 나타내지 못하는 것으로 생각된다. 반면에 실험에 사용된 약제가 피에 대하여 생리적 선택성이 높고, 낮은 약량으로 높은 살초효과를 보이는 점을 이용하여 유효성분이 수면층에 용출된 후 피의 엽신으로 흡수되어 약효를 발휘할 수 있는 입제를 제조하여 실험한 결과 제조효과가 우수하여 입제 제제의 가능성을 시사해 주었다(표 7, 8).

제형별 cyhalofop-butyl의 피에 대한 부착성

피 엽면에 대한 살포액의 부착성과 살초효과와의 상호 관련성을 비교하기 위하여 살포액중에서 피에 대한 살초효과가 뛰어난 8 g ai/10a의 처리수준에서 표면장력 및 접촉각을 측정하고 부착력을 계산하였다.

수화제에서는 보조제의 함량과 살포액의 표면장력사에 관련성이 없는 것으로 나타났다(표 9). 반면에 유제에서는 계면활성제의 양에 따라 표면장력의 변화가 있었으며, 피 엽면에 대한 접촉각의 차이는 수화제보다 유제나 microemulsion에서 비교적 크게 나타났다. 유제에서 접촉각과 표면장력의 차이는 주로 수용액의 유화 정도와 계면활성제의 양에 따른 효과라고 생각할 수 있으며, 시판 계면활성제를 첨가한 제제에서 높은 부착력을 나타냈다. 또한 낮은 표면장력과 접촉각을 나타낸 microemulsion에서 엽면에 대한 부착력이 가장 우수하였다.

제형별 피의 엽면 흡수량

본 실험에서 제형별 차이에 따라 생물효과와 살포액의 부착력 차이가 확인되었으므로, 실제 제조제의 약효발현에 중요한 요인이 되는 경엽흡수량을 조사하여 제형별 엽면 흡수율을 조사하였다. 수화제 처리에서 흡수율은 0.3~0.5%까지 변화가 있었으며 보조제의 증가에 따라서 흡수율이 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 보조제에 의한 고착성의 증대와 액상 형태에 따른 접촉면의 증가로 인하여 엽면 흡수율이 증가한 것으로 생각되었다.¹³⁻¹⁵⁾ 유제에서는 수화제 처리보다 높은 흡수율을 나타내었는데, 시판 계면활성제를 사용하여 유화상태가 양호한

Table 10. Effect of formulations and adjuvants on deposit amount of cyhalofop-butyl on *Echinochloa crus-galli* at 4 leaf stage

Formulation type	Adjuvant/surfactant	Cyhalofop-butyl deposit on leaf surface (ng/cm ²)		
		Water washable	Non washable	Total(%)
Wettable powder	No adjuvant	1719.70(99.73)	4.59(0.27)	1724.29(100)
	Adjuvant ¹⁾ 10%	2217.29(99.68)	7.10(0.32)	2224.39(100)
	Adjuvant 20%	1589.69(99.64)	5.75(0.36)	1586.44(100)
	Adjuvant 30%	1995.65(99.53)	9.43(0.47)	2005.08(100)
	Adjuvant ²⁾ 10%	1458.43(99.71)	4.21(0.29)	1462.64(100)
	Adjuvant 20%	2845.19(99.65)	10.04(0.35)	2855.23(100)
	Adjuvant 30%	1342.28(99.48)	6.98(0.52)	1349.26(100)
Emulsifiable concentrate	NP 4 7%	1017.64(98.71)	13.12(1.29)	1030.76(100)
	NP10 7%	870.61(98.90)	9.58(1.10)	880.19(100)
	NP20 7%	797.72(98.33)	13.54(1.67)	811.26(100)
	SAA ³⁾ 1%	1123.60(99.32)	7.64(0.68)	1131.24(100)
	SAA 2%	1084.34(98.20)	20.24(1.80)	1104.58(100)
	SAA 10%	1171.43(99.47)	5.71(0.53)	1077.14(100)
	Microemulsion		971.23(98.04)	19.42(1.96)

¹⁾ Adjuvant 1: Ditridecyl phthalate ²⁾ Adjuvant 2: Epoxidized soybean oil ³⁾ SAA(Surface active agent): NK-FT2 (commercial mixture)

제제에서 흡수율이 높았으며, 부착력이 가장 우수하였던 microemulsion에서는 1.96%의 높은 흡수율을 보여 주었다(표 10).

참 고 문 헌

1. 近内誠登 (1971) 除草劑의名稱劑形と效果. 雜草研究 **12**, 7-13.
2. Kozo Tsuji (1989) 農藥의新しい製劑に關する研究. 日本農藥學會誌. **14**, 245-257.
3. Makoto Konnai. (1993) New formulation of herbicides and technology of their application.
4. 中村 拓. (1967) S-トリアジン系除草劑の作用力に及ぼす界面活性劑の效果. 雜草研究 **6**, 4.
5. Biswas, Prosanto, and Kumar. (1964) Absorption, diffusion and translocation of C14-labeled trazine herbicides by peanut leaves. *Weeds* **12**(1), 31-33.
6. Takemoto Oil and Fat Co., Ltd. 表面張力デユヌイ法. TIS-T 0302-2.
7. 鄭奉眞 (1988) 벼葉 表面 wax의 形態特性, 化學的 組成 및 그의 品種간 差異와 主要 非이온性 界面活性劑 系列들의 葉 表面에서의 濕展性. 서울大學校 博士學位論文.
8. 北原文雄, 早野茂夫, 原一郎 (1982) 界面活性劑の分析と試驗法. 講談社サイエンティフィック. p. 3-12, 24-28.
9. The pesticide manual, Tenth edition. Crop protection Publications. p. 405.
10. Hess. F. D., and Richard H. F (1990) Herbicide deposits on leaf surfaces. *Weed Sci.* **38**, 280.
11. Hess. F. D., D. E. Bayer, and R. h. Falk (1981) Herbicide dispersal patterns III. As a function of formulation. *Weed Sci.* **29**, 224-229.
12. Jay. G. Varshney, and H. G. Singh (1990) Effect of adjuvants on herbicide efficacy in controlling weeds in wheat. *Weed Sci.* **38**, 229-236.
13. Kenneth A. Hassall (1982) Physicochemical aspects of pesticide formulation and application. The Macmillan Press Ltd., p. 22-45.
14. Price. C. E., and N. H. Anderson (1985) Uptake of chemicals from foliar deposits. Effects of plant species and molecular structure. *Pestic. Sci.* **16**, 369-377.
15. 杉村順夫, 川鳥和夫, 竹野恒之 (1981) 界面活性劑の植物に及ぼす影響. 植物の化學調節 **19**(1), 34.
16. Bayer, D. E., and J. M. Lumb. (1973) Penetration and translocation of herbicide. p. 387-439 in W. Van Valkenburg, ed. Pesticide Formulation. Marcel Dekker, Inc. New York.
17. Bower, and Bates (1955) Clark and Lubs solutions. *J. Res. Natn. Bur. Stand.* **55**, p. 197.
18. Cantliffe, D. J., and G. E. Wilcox (1972) Effect of surfactant on iron penetration through leaf wax and a wax model. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **97**(3), 360-363.
19. Chwedoruk, and H. Domanska (1980) The influence of oil additives on the effectiveness of herbicides. *Acta Agrobot.* **33**, 131-137.
20. Smith. L. W., C. L. Foy. and D. E. Bayer (1967) Herbicidal enhancement by certain new biodegradable surfactants. *Weeds* **15**(1), 87-89.
21. 杉村順夫, 川鳥和夫, 竹野恒之 (1981) 界面活性劑の植物に及ぼす影響. 植物の化學調節. **19**(1), 34.
22. T. Fujimoto. (1985) New introduction to surface active agent. Sanyo chemical industries, Ltd. p. 127-133.

Effect of Different Formulations on the Biological Activity of Herbicide Cyhalofop-Butyl

Ann-Sung Ro^{1*}, Kang-Wan Han², Jae-Young Cho² (¹Coseal Co., 493-2, Soryong-dong, Kunsan 573-400; ²Department of Agricultural Chemistry, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea)

Abstract: In order to select the proper formulation of newly developed herbicide Cyhalofop-butyl{n-butyl-(R)-2-[4-(2-fluoro-4-cyanophenoxy)phenoxy]propionate} to *Echinochloa crus-galli*(L)P. Beauv. several formulations were made and tested by biological assay. Weed control of wettable powder formulated with two adjuvants on *E. crus-galli* showed higher effect as compared with the formulation made without adjuvants. Higher concentration of adjuvants resulted in higher absorption and higher weed control on *E. crus-galli*. However, adhesional force of wettable powder applied to leaf surface was not positively correlated to the amount of herbicide absorption. The weeding effect and amount of herbicide absorbed on *E. crus-galli* were higher by emulsifiable concentrate formulations with different HLB and non ionic surfactants as compared with wettable powder formulations. The higher adhesional force and higher absorption of herbicide on *E. crus-galli* were obtained from microemulsion than the others. Granulization of the herbicide with appropriate adjuvants in a form of resurfacing on the submerged water gave rise to a good weeding effect and believed to be a possible promising formulation.

*Corresponding author