

## 신규 benzenesulfonylurea계 화합물 KSC-13906의 제초활성

황인택\* · 최정섭 · 고영관 · 최용석<sup>1</sup> · 김만호<sup>1</sup> · 김대황 · 조광연

\*한국화학연구소, <sup>1</sup>(주) 경농 경주연구소

**요약** : 유망한 신규 합성 제초제 후보화합물 KSC-13906의 제초 활성과 특성을 온실 시험과 야외 풋트 및 포장 시험을 통하여 조사한 결과, KSC의 살초 스펙트럼은 넓어 사마귀풀과 발톱외풀을 제외한 7초중(피, 올챙이고랭이, 물달개비, 너도방동사나, 올미, 올방개, 가래, 벼풀)에 대하여 2.5~5 g ai/ha의 처리량에서도 90% 이상 방제하였다. 또한 기존의 sulfonylurea계 제초제들과는 달리 특이적으로 3엽기까지의 피에 대한 방제효과가 우수하였다. 벼에 대한 약해시험 결과 직파벼 3엽기 이후, 벼 이앙 10일 이후 처리하는 것이 바람직하였다. 야외 풋트 시험결과 3~5 g ai/ha로 5 DAT에 처리하였을 때 발생초종을 완전히 방제하였으며, 포장시험에서는 3 g ai/ha의 KSC-13906을 이앙 후 5, 10, 15일에 처리하여도 잡초방제효과는 모두 90% 이상으로 우수하였다. 특히 피에 대한 방제효과는 100%로 나타났으며, 대조약제 PYR의 21 g ai/ha와 유사한 잡초방제효과를 나타내었다. 다년생 잡초종에서 올방개에 대한 살초효과는 처리시기에 관계없이 탁월하였다. KSC-13906을 직파벼에 사용하고자 할 경우에는 제제형태를 변화시키거나 약해경감제를 사용하여 직파벼에 대한 안전성을 제고시키지 않으면 안될 것으로 판단되었다. 신규 시험화합물 KSC-13906의 직파벼에 대한 약해를 제거시킬 수 있다면 처리 폭이 넓은 강력한 신규 논제초제로 개발될 수 있을 것으로 생각된다.(1998년 10월 24일 접수, 1999년 4월 30일 수리)

**Key words** : barnyardgrass, benzenesulfonylurea, direct-seeded rice, mefenacet, pyrazosulfuron-ethyl, selective herbicide, transplanted rice.

### 서 론

우리 나라의 벼농사는 전체 국민소득의 8%에 불과하지만 우리 국민의 주곡생산이라는 차원에서의 중요성은 또 다른 관점에서 고려되고 평가되어야 할 것이다. 따라서 작물의 생산성 향상 및 식량 자급을 위한 우리의 노력이 중시되지 않을 경우 건강한 미래를 기약할 수 없을 것이다. 그 동안 농약은 식량 생산성 확보 및 증산을 위하여 잡초 및 병해충 방제에 크게 기여하였는데, 2,4-D로 시작한 제초제의 역사는 살초 스펙트럼 (대상 잡초의 초종)이 넓은 것, 안정된 효과가 있는 것, 사용 적기의 폭이 넓은 것 등 사용자의 요구에 부응하여 특징 있는 약제가 개발되어 왔다. 제초제에 의한 잡초 방제의 역사는 40여년에 불과하

지만 최근 15년 사이에 등장한 새로운 제초제의 발전은 특이할 만하다. 이들 중에서 sulfonylurea계 제초제의 개발은 (Levitt, 1991) 단순히 제초 노동력의 경감에서뿐만 아니라 인축에 대한 독성은 물론 환경에 대한 친화성면에서도 경탄할 일이었다. 이러한 새로운 제초제의 등장은 작금의 무경운재배, 직파재배, 기계이앙재배 등이 쉽게 이루어질 수 있도록 기여하기도 하였다. 이제는 농약이라고 하기보다는 중요한 농업 자재로서 자리잡고 있는 것이다. 그 동안 구조적으로 다양한 계열의 화합물들이 제초제로 개발되어 왔는데, 이들은 모두 재배하는 작물과 지역 및 시대적인 요구 조건을 충족시켜야만 했다. 따라서 새롭게 개발하고자 하는 제초제 역시 사용 현장의 요구에 따라 이루어져야 하므로 대상으로 하는 잡초의 종류와 변천에 관심을 가져야만 할 것이다.

제초제로 합성하고자 하는 기본 골격은 상용화된

\*연락처

제초제, 천연 추출물 등이 이용되거나 또는 유전 공학적 접근 등이 추진되어 왔으며, 최근에는 동물의 체내에 존재하지 않으면서 식물에만 특이적으로 존재하는 대사 과정을 저해하는 제초제의 개발이 전세계적으로 관심의 대상이 되고 있다. 이 중에서 필수 아미노산 생합성 과정을 저해하는 제초제의 개발이 대표적인 하나의 분야로서 sulfonylurea계 제초제들이 이에 해당된다 (Kishore와 Shah, 1988; Shaner, 1989; Pillmoor, 1989; Huppertz와 McFadden, 1990). 실질적으로 이들은 인축에 대한 독성이 낮고, 매우 적은 처리량에서도 탁월한 잡초방제력과 선택성을 지니고 있음이 보고 (Levitt, 1991a; 1991b)되어 있다. 그러나 수도용으로 개발된 sulfonylurea계 제초제는 모두 다년생 잡초의 방제력은 탁월하지만 피 방제력이 약하여 (Takeda 등, 1985; Suzuki 등, 1988) 피 전문 제초제와 함께 혼합 제형으로 사용되고 있다 (Peudpaichit 등, 1987). 따라서 벼농사에서 가장 많이 발생하는 피를 다년생 잡초와 함께 동시에 방제한다는 것은 잡초 방제의 생력화에 크게 이바지 할 것으로 생각된다.

그 동안 한국화학연구소에서는 우리 나라의 영농 방식에 적합하면서 세계시장을 목표로 하는 신규 제초제를 개발하기 위하여 많은 구조의 화합물을 합성-스크리닝하였다. 이들 중 sulfonylurea계의 화학 구조를 모체로 하여 만든 화합물 중에서 KSC-13906을 포함한 몇 가지 화합물들은 (Kim 등, 1995; Kim 등, 1996) 기존의 sulfonylurea계 화합물과 달리 다년생 잡초 방제력은 물론 피를 포함한 일년생 잡초 방제력이 우수하였다.

따라서 본 논문은 신규 합성한 benzenesulfonylurea계 화합물 KSC-13906의 다년생 및 일년생 잡초에 대한 방제력, 벼에 대한 선택성을 조사하기 위하여 온실과 시험 포장에서 수행한 일련의 시험 결과로서 신규 제초제의 개발을 위한 기초 자료로 사용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 살초 스펙트럼 조사

표면적 500 cm<sup>2</sup>의 플라스틱 포트에 논 토양을 충전하고 피, 물달개비, 올챙이고랭이, 너도방동사니, 올미, 벼풀, 올방개, 가래 등의 잡초 종자와 괴경을 파

종 또는 이식하였다. 7일 후 한국화학연구소 제초제 연구실에서 합성한 KSC-13906 (KSC) 원제를 acetone (50%, v/v)으로 용해시켜 3, 6, 9, 12, 18 g ai/ha로 담수 표면에 점적처리하고 3 cm 담수 상태로 온실에서 생육시켰다. 약제처리 21일 후 달관 (건전한 식물체 0, 완전 고사 100)으로 방제효과를 조사하였다. 대조 약제로 pyrazosulfuron-ethyl (PYR), bensulfuron-methyl (BEN), cinosulfuron (CIN)을 동일한 방법으로 각각 5, 10, 20, 40, 80 g ai/ha씩 처리하였다. 실험에 사용한 대조약제는 한국화학연구소에서 합성하여 사용하였고, 이들의 화학 구조는 그림 1과 같다.

### 피에 대한 처리 시기별 방제력 및 혼합 처리 효과 조사

표면적 60 cm<sup>2</sup>의 스티로폼 포트에 최아된 피를 12립씩 파종하고 3일 후와 1, 2, 3, 5엽기에 도달했을 때 생육단계가 균일한 10개체를 선별하여 KSC의 원제를 acetone(50%, v/v)으로 용해시켜 담수 표면에 점적처리 하였다. 약제처리는 1.25, 2.5, 5, 10 g ai/ha의 농도로 처리한 후 담수심은 3 cm로 유지시켰으며, 25일 후에 초장 및 지상부 생체중을 측정하여 이들의 평균치를 무처리구와 비교하였다. 또한 피 2.5엽기를 대상으로 100, 200, 400, 800 g ai/ha의 mefenacet와 1.25, 2.5, 5, 10 g ai/ha의 KSC를 혼합처리 하였다. 약제처리 22일 후 지상부 생체중을 측정하여 무처리와 비교하였다.

### 처리 시기별 다년생 잡초 방제력 검증

최아된 다년생 잡초 올미, 너도방동사니, 벼풀, 올방개, 가래의 영양번식체를 포트당 3개씩 3 cm 깊이로 이식하고 4, 10일 후에 KSC 원제를 acetone (50%, v/v)으로 용해시켜 1.25, 2.5, 5, 10, 20 g ai/ha의 농도로 담수 표면에 점적처리 하였다. 약제처리 후 담수심을 3 cm로 유지하였고 약제처리 30일 후에 생존체의 생체중을 측정하여 무처리구와 비교하였다. 대조 약제로 PYR을 사용하였다.

### 처리 시기별 약해 조사

표면적 150 cm<sup>2</sup> 플라스틱 포트에 논 토양을 충전하고 동진벼를 사용하여 직파벼는 최아된 종자를 표면

에 파종하고, 이앙비는 2, 4엽기의 어린 모를 표면으로부터 3 cm 깊이로 이식하였다.

처리 시기는 직파재배, 어린모 이앙재배, 중모 이앙재배 등의 재배 방식에 기초를 두고 조정하였다. 직파비는 최아된 종자를 파종한 후 1엽기 (파종 7일 후), 2엽기 (파종 10일 후), 3엽기 (파종 13일 후)에 처리하였고, 이앙비는 2엽기 (8일 묘)와 4엽기의 모를 이식하여 2엽기의 모가 3엽기 (이앙 7일 후), 4엽기 (이앙 10일 후), 5엽기 (이앙 15일 후)에 도달하거나, 4엽기의 모가 5엽기 (이앙 9일 후), 6엽기 (이앙 12일 후) 및 7엽기 (이앙 22일 후)에 도달하였을 때 각각 약제를 처리하였다. 약제처리는 KSC 원제를 acetone (50%, v/v)으로 용해시켜 5, 10, 20, 40 g ai/ha의 농도로 담수 표면에 점적처리 하였다. 조사는 약제를 처리하고 35일 후에 지상부 생체중을 측정하였고, 실험은 3반복으로 온실에서 수행하였다. 대조 약제는 PYR과 butachlor (BUT)의 혼합제를 사용하였다.

**야외 풋트 및 포장 시험**

약효 시험은 사양토와 복합비료(18-18-18) 5 g을 마쇄 교반하여 플라스틱 풋트(22×22×25 cm)에, 약해 시험은 사양토와 복합비료 3 g을 마쇄 교반한 후 1/5,000 a, Wagner 풋트에 충전하였다. 약효 시험에 사용한 잡초는 냉장고(5℃)에서 수침 상태로 보관하던 종자와 영양번식체를 사용하였는데, 피 (10립), 물달개비 (10립), 올챙이고랭이 (10립), 올방개 (5개), 가래 (5개), 벧풀 (5개), 올미 (3개)를 각 풋트에 파종하였다.

약해 시험에는 추청벼 8일 모 (2엽기, 초장 10.4 cm)를 풋트당 2주 2본씩 이앙하였다. 처리 약제는 (주)경농에서 조제한 KSC 0.01% 입제를 3, 5, 10 g ai/ha로 담수 표면에 수면처리 하였다. 포장 시험은 경주 인근 일반 농가 포장에서 수행하였으며, 3반복 난괴법으로 배치한 면적 10 m<sup>2</sup> 구획에 동진벼를 기계 이앙하였다.

발생 대상초종은 피, 올방개, 벧풀, 가래 등이었다.

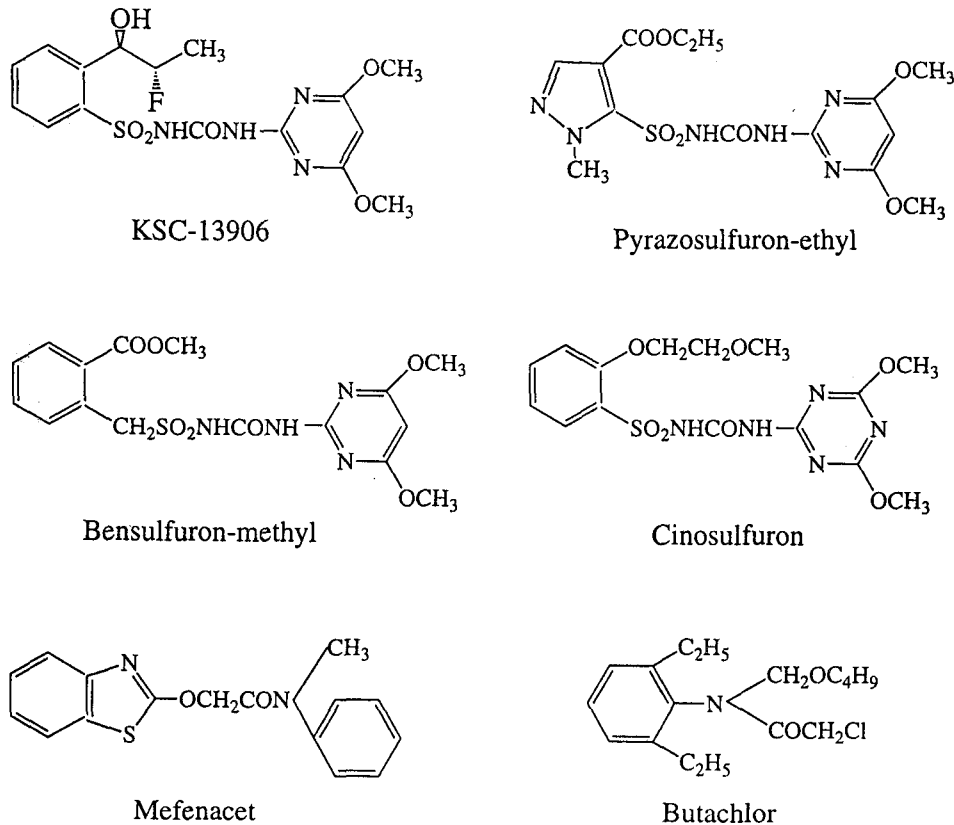


Fig. 1. Chemical structures of the herbicides used in this study.

Table 1. Herbicidal spectrum of KSC-13906 and several sulfonylurea herbicides treated 7 days after seeding under paddy condition in the greenhouse

Compounds	Rate (g/ha)	Herbicidal activity(%) <sup>a)</sup>								
		ECHOR <sup>b)</sup>	SCPJU	MOOVA	ANEKE	CYPSE	SAGPY	ELEKU	POTDI	SAGTR
KSC-13906	3	67	90	96	0	63	90	87	98	80
	6	100	100	98	10	100	95	90	98	97
	9	100	100	100	0	93	97	95	95	93
	12	100	100	100	30	100	95	100	100	100
	18	100	100	100	40	100	95	95	100	100
Pyrazosulfuronethyl	5	30	70	100	0	90	90	90	85	90
	10	50	85	100	0	90	90	90	90	90
	20	65	90	100	20	90	90	90	95	90
	40	70	90	100	30	95	90	90	95	90
	80	85	90	100	70	100	95	90	100	95
Bensulfuronmethyl	5	0	0	63	0	25	0	0	0	0
	10	0	20	90	0	80	53	53	40	33
	20	0	75	100	0	93	80	80	73	70
	40	33	90	100	10	95	90	90	90	90
	80	67	95	100	30	100	90	90	90	90
Cinosulfuron	5	0	30	30	0	0	0	0	40	60
	10	0	70	90	0	30	80	80	60	90
	20	20	80	100	30	90	90	90	90	90
	40	70	90	100	30	95	90	90	90	95
	80	80	95	100	40	100	90	90	95	100

<sup>a)</sup>Visual rating based on a scale of 0 to 100%, 0=no control and 100%=complete control.

<sup>b)</sup>ECHOR; *Echinochloa crus-galli*, SCPJU; *Scirpus juncoides*, MOOVA; *Monochoria vaginalis*, ANEKE; *Aneilema keisak*, CYPSE; *Cyperus serotinus*, SAGPY; *Sagittaria pygmaea*, ELEKU; *Eleocharis kuroguwai*, POTDI; *Potamogeton distinctus*, SAGTR; *Sagittaria trifolia*.

처리 약제는 (주)경농에서 조제한 입제를 사용하여 3, 6, 12 g ai/ha로 처리하였다. 처리 10, 20일 후 달관조사로 약해를 평가하였고, 생육상태는 초장과 경수를 손제초구와 비교하였다.

제초 효과는 약제처리 40~45일 후 달관 조사하였고 기타 사항은 일반 관행법에 준하였다.

## 결과 및 고찰

### 살초스펙트럼

발아전 담수처리로 파종 7일 후에 KSC를 6 g ai/ha 처리하면 사마귀풀과 다년생 잡초 중 가래를 제외한 대상 잡초 모두에 대하여 90% 이상 방제하였다 (표 1). 또한 3 g ai/ha에서도 피를 67% 방제하면서 기타

초종에 대해서도 강력한 억제 효과를 보였다. 특히 다년생 잡초 너도방동사니와 올미, 벼풀에 대해서는 완전히 고사시키지 못했지만, 3 g ai/ha에서도 생장이 크게 억제되어 정상적으로 회생할 수 없다고 판단되었다. 대상 잡초에 대한 살초 증상은 처리된 식물체의 잎이 농축화되면서 생장이 억제되고, 잎끝이 괴사되는 기존의 sulfonylurea (SU)계 제초제의 전형적인 증상이었다. 한편, 대조 약제로 처리하였던 PYR, BEN 및 CIN의 경우 초종과 제초제에 따라 다소간의 차이는 보였지만 세 약제 모두 피에 대한 방제효과가 저조하였고, 사마귀풀에 대한 방제효과는 거의 나타나지 않았다. 피에 대한 방제효과를 비교할 때 PYR 80 g ai/ha에서도 무처리에 비하여 85%정도 생장을 억제하였을 뿐 완전히 고사시키지는 못하였으나 CIN과

BEN보다 우수하였고, 특히 BEN은 80 g ai/ha 처리에서도 67% 정도의 생장 억제 증상만을 보였다.

다년생 잡초에 대한 방제력은 6 g ai/ha의 KSC 처리가 너도방동사니, 올미, 올방개, 벚풀 등을 완전히 고사되어 90% 이상의 방제효과를 보였는데 이는 6 g ai/ha의 PYR과 유사하여 BEN과 CIN보다 다년생 잡초에 대한 방제력이 우수하였다.

그 동안 논에서 발생하는 잡초의 양상과 이를 방제하기 위하여 사용되는 제초제는 상호간에 약점을 보완하면서 변화되어 왔다. 이는 작물에 안전하면서 발생하는 일년생과 다년생의 모든 잡초를 방제하여야 하는 두 가지 목적을 동시에 만족시키는 제초제가 없었기 때문이라 추측된다. 최근에는 다년생 잡초를 방제하기 위하여 SU계 제초제들이 널리 사용되어 왔는데, 대부분의 제초제들이 피에 대한 방제효과가 약하기 때문에 기존의 일년생 잡초를 대상으로 개발되었던 제초제와 2원 또는 3원합제로 개발되었다 (Takeda 등, 1985; Peudpaichit 등, 1987; Suzuki 등, 1988). 그 이유는 한 번 처리하여 모든 초종을 방제하는 것을 목표로 하는 일발처리제의 적용을 위한 것이다. 이러한 측면에서 KSC는 저약량에서도 피를 포함한 일년생 잡초는 물론 다년생 잡초를 방제할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 따라서 벼에 대한 안전성이 확보되어 선택성의 폭이 확대되면 가장 바람직한 논제초제로서 개발될 수 있는 가능성을 보였다.

**처리시기별 피에 대한 방제력**

신규 시험화합물 KSC의 피에 대한 처리시기별 방제효과는 (그림 2) 우수하였다. 즉, 5 g ai/ha 이하에서도 발아전처리부터 3엽기의 피까지 90% 이상 방제가 가능하였다.

그러나 엽기가 진전되어 5엽기에 도달하면 18 g ai/ha를 처리하였을 때 완전 방제되었다. 따라서 벼에 대한 약해를 유발하지 않는 농도에서 KSC를 처리하여 피를 방제할 수 있는 시기는 2~3엽기 이내 이었다. 이상의 결과는 기존의 피 전문제초제의 처리 시기는 대부분이 1~2엽기로 알려져 있는 것과 비교한다면 KSC의 처리 적기의 폭이 기존 제초제들 보다 확대된 것이며, SU계 제초제 중에서는 피에 대한 방제력이 가장 우수한 것으로 판단된다.

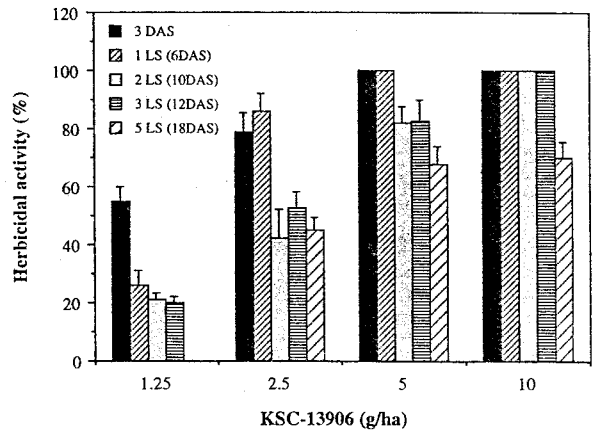


Fig. 2. Herbicidal activity of KSC-13906 to barnyardgrass applied at different growth stages.

한편, SU계 제초제의 약점인 피에 대한 방제효과를 증진시키기 위하여 혼용되는 약제 중에서 mefenacet (MEF)와의 상호작용성을 PYR을 대조 약제로 하여 조사하였다. 먼저 KSC+MEF의 혼합 처리 결과 (그림 3) 5~10 g ai/ha의 KSC에 MEF을 100, 200, 400, 800 g ai/ha로 혼합 처리하여도 첨가한 MEF의 도움을 받지 못하였고, 2.5 g ai/ha에서는 KSC 단제의 효과보다 MEF를 첨가에 의한 방제효과가 오히려 감소되었다. 따라서 피를 대상으로 KSC+MEF 혼합제는 방제폭의 확장, 약량의 감소 등의 혼합처리효과를 얻을 수 없을 것으로 판단되었다.

한편 대조 약제로 사용한 PYR+MEF의 혼합 처리 결과에서는 상호 길항적 효과를 보였다. 즉, 2.5 g ai/ha의 PYR 단제는 56%라는 방제효과를 나타내었지만 MEF을 각각 100, 200 g ai/ha씩 혼합 처리하였을 경우 31, 13%로 감소되었고, 5 g ai/ha의 PYR 단제는 64%라는 방제효과를 나타내었지만 MEF을 각각 100, 200 g ai/ha씩 혼합 처리하였을 경우 50, 37% 등으로 감소되었다. 또한 10 g ai/ha PYR 단제의 피 방제효과가 76%이었지만 MEF 첨가량이 증가되면서 제초 효과가 감소되어 10+800 g ai/ha의 PYR+MEF의 방제효과는 35%로 나타났다. 반대로 200 g ai/ha의 MEF 단제의 경우 89%의 방제효과를 보였지만 1.25, 2.5 g ai/ha의 PYR을 혼합하면 각각 12, 13%로 감소되었고, MEF 400 g ai/ha의 단제 처리에서는 90%의 방제효과를 보였지만 10 g ai/ha의 PYR을 첨가하면 50%의 방

Table 2. Herbicidal activity<sup>a)</sup> of KSC-13906 and pyrazosulfuron-ethyl to perennial weeds<sup>b)</sup> applied at different growth stages in the greenhouse

App. Time (DAS) <sup>c)</sup>	Rate (g/ha)	Herbicidal activity(%)									
		CYPSE		SAGPY		ELOKU		PTM D I		SAGTR	
		KSC <sup>d)</sup>	PYR	KSC	PYR	KSC	PYR	KSC	PYR	KSC	PYR
4	1.25	91	97	90	72	72	96	86	89	91	80
	2.5	96	96	91	87	96	98	93	87	96	95
	5	97	98	87	85	98	97	100	89	96	97
	10	97	100	88	94	98	99	100	92	96	98
	20	100	100	90	91	98	99	100	95	97	98
10	1.25	55	96	58	76	40	64	52	74	61	70
	2.5	89	99	79	93	53	87	75	87	83	87
	5	98	100	88	90	84	100	89	94	89	84
	10	96	96	91	90	90	100	90	100	93	91
	20	100	100	93	93	91	100	95	100	100	94

<sup>a)</sup>Data recorded at 30 days after treatment and values represented an average for three replications of % inhibitions compared with fresh weight of the untreated control.

<sup>b)</sup>CYPSE: *Cyperus serotinus*, SAGPY: *Sagittaria pygmaea*, ELOKU: *Eleocharis kuroguwai*, PTMDI: *Potamogeton distinctus*, SAGTR: *Sagittaria trifolia*

<sup>c)</sup>Days after seeding.

<sup>d)</sup>KSC and PYR represent KSC-13906 and pyrazosulfuron-ethyl, respectively.

제효과만을 보여 두 약제는 상호 길항적으로 작용하였다.

농약사용지침서(1998)에는 혼합제의 경우 MEF는 750~1,050 g ai/ha을, PYR은 21 g ai/ha을 기준량으로 사용하도록 되어 있으며 이들은 2엽기 이전의 피를 대상으로 사용하도록 되어 있다. 그러나 본 시험에서 나타난 길항효과는 실제 농가에 사용하도록 추천된 처리 약량보다 적은 조건이었고, 2.5엽기의 피를 대상으로 조사되었다.

따라서 추천약량의 조합과 2엽기 이전의 피를 대상으로 조사한다면 실험결과가 서로 상이하게 나타날 수 있으며, 제제형태에 따른 활성발현의 상이성 등을 고려한다면 이에 대해서는 재검토가 필요할 것이다.

#### 처리 시기별 다년생 잡초 방제력

파종 4일 후 2.5 g ai/ha의 KSC 처리에서 5가지 다년생 잡초를 모두 90% 이상 억제하였다 (표 2). 처리 농도가 증가되면서 억제력도 증가되었지만 처리 시기가 늦어지면서 억제력은 감소하는 경향을 보였다. 또한 대조약제 PYR의 경우에도 KSC와 비등한 억제 효

과를 보였다. 파종 10일 후의 처리 에서는 다년생 잡초의 생육이 진전되어 상대적으로 각 약제들의 방제 효과가 크게 감소되는 경향이었으며, PYR의 방제력이 KSC보다 강하게 나타났지만, 대체적으로 두 약제 모두 10 g ai/ha 이상의 처리구에서 90% 이상의 억제력을 보여주었다.

그러나 약제 처리 2개월 후 까지도 90% 이상 억제된 다년생 잡초들이 완전히 고사하지 않았고, 약제처리 후의 억제된 상태로 남아 있었다.

완전히 고사하지 않은 다년생 잡초들은 시간이 경과하여 처리 토양 내에서 분해 소실되어 약효가 감소되면서 새로운 측아가 신장하거나 재생하여 단기간 내에 많은 번식체를 형성한다는 신 등(1994)의 보고에서와 같이 이들의 재생 가능성을 조사할 필요가 있다고 생각되었다.

최근에 우리나라 논에 발생하는 주요 다년생 잡초는 올방개와 벼풀이며(김 등, 1997) 이들을 효과적으로 방제하는 제초제가 요구되고 있는데, KSC는 올방개에 대한 방제효과가 다른 SU계 제초제들보다 우수한 것으로 판단되어 또 하나의 장점으로 생각되었다.

Table 3. Effect of KSC-13906 applied to directed seeded rice at different growth stages on fresh weight and percent injury observed 5 weeks after treatment in the greenhouse

Compound	Rate (%)	Fresh weight(g) <sup>a)</sup>			Injury (%)		
		1LS <sup>b)</sup>	2LS	3LS	1LS	2LS	3LS
KSC-13906	0	6.3 a	6.9 a	7.5 a	-	-	-
	5	4.7 b	6.2 a	6.7 a	25	10	11
	10	4.0 b	4.8 b	5.2 b	37	30	31
	20	3.1 c	3.2 c	4.7 c	51	54	37
PYR+BUTA <sup>c)</sup>	5+187	4.1 b	6.2 a	6.8 a	35	10	9
	10+375	3.0 c	6.0 a	6.9 a	52	13	8
	20+750	1.3 d	3.4ac	5.3 b	79	51	29
	40+1500	0.6 e	1.9 d	4.1 c	90	72	45

<sup>a)</sup>Means within a column followed by the same letter are not different according to the LSD 0.05 test.

<sup>b)</sup>Leaf stage of rice plant. <sup>c)</sup>Pyrazosulfuron-ethyl+Butachlor.

**벼에 대한 처리 시기별 약해**

현행 우리나라의 주된 벼 재배 방식에는 직파재배, 8일묘 이앙재배, 중모이앙 재배 등으로 구분할 수 있는데 각 재배 방식에 기초를 두고 KSC의 처리시기별 약해발생 여부를 조사하였다. 직파벼의 생육이 1엽, 2엽 및 3엽기에 도달했을 때 약제를 처리한 결과 (표 3) 처리량에 관계없이 처리시기가 늦어질수록 약해가 감소되어 초장 및 생체중이 증가되었다. 파종한 종자가 출아하여 착근하는 시기인 1엽 및 2엽기에 처리하

였을 경우에는 대부분의 제초제들이 벼에 대한 약해를 크게 발생한다. 마찬가지로 KSC의 약해발생 가능성도 1엽기 처리시 매우 높아 5, 10, 20 g ai/ha의 KSC 처리에서 25, 37, 51%의 약해가 발생하였고, 2엽기 처리시에도 10, 30, 54%의 약해를 발생하였다. 3엽기 처리시에도 여전히 11, 31, 37%의 약해를 나타냈기 때문에 KSC를 직파벼에 사용하고자 하면 5 g ai/ha 수준에서 3엽기 이후에야 안전할 것으로 생각되었다. 대조약제 PYR+BUT도 직파벼에 대해서는 안전

Table 4. Effect of KSC-13906 applied to transplanted rice at different growth stages on percent injury observed 5 weeks after treatment in the greenhouse

Compound	Rate (g/ha)	Fresh weight(g) <sup>a)</sup>					
		2LS transplanted <sup>b)</sup>			4LS transplanted <sup>c)</sup>		
		3LS	4LS	5LS	5LS	6LS	7LS
KSC-13906	0	5.2 a	5.5 a	5.6 a	9.2 a	9.9 a	12.2 a
	5	1.7 b	2.6 b	4.5 b	5.9 b	6.5 b	12.6 a
	10	1.3 b	2.5 b	4.5 b	5.7 b	6.5 b	13.1 a
	20	1.0 bc	2.2 b	3.5 bc	4.5 c	4.9 bc	12.9 a
	40	0.9 c	2.2 b	3.4 bc	4.8 c	3.8 c	10.7 a
PYR+BUTA <sup>c)</sup>	5+187	2.8 b	3.8 b	5.3 a	7.0 b	8.3 a	12.9 a
	10+375	3.2 b	3.5 b	5.5 a	6.2 b	7.9 a	13.9 a
	20+750	2.2 bc	3.4 b	4.8 b	6.5 b	7.8 a	12.6 a
	40+1500	1.3 c	2.2 c	4.9 b	6.0 b	5.6 b	12.0 a

<sup>a)</sup>Means within a column followed by the same letter are not different according to the LSD 0.05 test.

<sup>b)</sup>Rice seedlings at 2- and 4-leaf stage(LS) were transplanted and applied with herbicides at 3, 4, 5 and 5, 6, 7 LS of the rice plants, respectively.

<sup>c)</sup>Pyrazosulfuron-ethyl+Butachlor.

하지 못하였다. 즉, 1엽, 2엽 및 3엽기에 20+750 g ai/ha의 PYR+BUT를 처리하면 약해가 크게 발생되어 무처리 대비 79, 51, 29%의 생체중 감소를 유발하였다. 또한 20+750 g ai/ha를 기준량으로 할 경우 1/4, 1/2 처리에서도 1엽기 처리시에는 각각 35, 52%의 약해를 나타내었다.

이앙벼에 대한 처리시기별 약해발생 가능성을 두가지로 방법으로 조사하였는데 (표 4) 2엽기의 어린모를 이앙하고 3엽, 4엽 및 5엽기에 처리하면 대체적으로 직파벼보다 안전하였지만 여전히 약해를 유발시켰다. 대조약제 PYR+BUT의 경우에도 기준량에서 2엽기의 어린모를 이앙하고 3엽, 4엽 및 5엽기에 처리하면 여전히 약해를 유발시켰다. 4엽기의 모를 이앙하고 5엽, 6엽 및 7엽기에 KSC를 5 g ai/ha로 처리하게 되면 5, 6엽기까지는 작지만 여전히 약해를 유발하였고, 7엽기 이후에서야 약해를 피할 수 있었다. 그러나 대조약제 PYR+BUT의 기준량에서 4엽기의 모를 이앙할 경우 6엽기 이후 처리시 약해를 피할 수 있었다.

최근 담수직파 논에 많이 사용하고 있는 SU계 제초제들은 주요 흡수부위가 근부이며(Yuyama 등, 1987; Suzuki 등, 1994) 통일계 품종보다 일반계 품종이 감수성이라고 보고(Ohno 등, 1991; Kobayashi 등,

1995)되어 있다. 일반적으로 SU계 제초제에 의한 약해발생 요인은 저온, 천식, 낮은 pH, 심수, 감수심이 큰 토양이라고 하였다(Elenicotoula 등, 1993).

따라서 이상의 결과로부터 시험화합물 KSC의 직파벼에 대한 안전성은 처리시기를 조절한다 하여도 약해발생 가능성이 높았고, 이앙벼에 대해서는 10~20%의 생체중 감소를 유발하지만 대체로 안전하였다. 그러나 KSC의 약해발생 가능성을 제거시키기 위해서는 제형연구(유 등, 1994), 약해경감제 및 혼합처리 등(최 등, 1992; 황 등, 1996; Hwang 등, 1997)을 고려하는 것이 바람직하리라고 생각된다.

#### 야외 풋트 및 포장시험

야외 풋트시험으로 조사한 KSC의 벼에 대한 약해시험을 수행한 결과 KSC는 처리량, 처리시기 및 조사시기에 따라 약해발생 양상이 다르게 나타났다 (표 5). 처리량에 관계없이 이앙과 동시에 약제를 처리하면 모든 처리 구에서 초장의 감소보다는 분얼이 심하게 억제되었다. 그러나 이앙 5일 이후에 처리할 경우 약해가 크게 감소되었다. 먼저 3 g ai/ha의 KSC를 이앙 후 0, 5, 10, 15일에 처리하고 10, 20 DAA 및 41 DAT에 초장과 분얼수를 조사한 결과에서 이앙과 동

Table 5. Variation in plant height and number of tillers per hill of rice at 10 and 20 days after application with KSC-13906<sup>a)</sup> at different application times in the pot trial

KSC-13906 (g ai/ha)	Treatment (DAT) <sup>b)</sup>	Plant height (% of control)			Tiller/Hill (% of control)		
		10 DAA <sup>c)</sup>	20 DAA	41 DAT	10 DAA	20 DAA	41 DAT
3	0	76	57	68	0	0	39
	5	84	91	83	100	82	79
	10	98	93	85	100	100	73
	15	86	79	79	76	91	90
5	0	68	36	0	0	0	0
	5	85	89	81	100	82	63
	10	97	90	85	94	90	77
	15	91	90	83	94	92	89
10	0	55	39	0	0	0	0
	5	76	86	65	63	67	50
	10	89	79	73	100	88	73
	15	91	80	76	82	70	79

<sup>a)</sup>0.01% granules.

<sup>b)</sup>Days after transplanting.

<sup>c)</sup>Days after application.



Table 6. Weeding effect of KSC-13906<sup>a)</sup> treated at different application times after transplanting in the pot trial

Rate (g ai/ha)	Treatment (DAT) <sup>b)</sup>	Weeding effect (%) <sup>c)</sup>						
		ECHOR	SCPJU	MOOVA	SAGPY	ELEKU	POTDI	SAGTR
3	5	100	100	100	100	100	100	100
	10	95	80	60	90	100	100	100
	15	90	60	0	40	90	80	100
5	5	100	100	100	100	100	100	100
	10	100	80	60	100	100	100	100
	15	95	80	60	70	100	80	100
10	5	100	100	100	100	100	100	100
	10	100	100	90	100	100	100	100
	15	100	100	100	80	80	90	100

<sup>a)</sup>0.01% granules.

<sup>b)</sup>Days after transplanting.

<sup>c)</sup>Data recorded at 35 days after treatment and values represented an average for three replications of % inhibitions compared with the untreated control. Visual rating based on a scale of 0 to 100, 0=no control and 100=complete control. ECHOR:*Echinochloa crus-galli*, SCPJU:*Scirpus juncoides*, MOOVA:*Monochoria vaginalis*, SAGPY:*Sagittaria pygmaea*, ELEKU:*Eleocharis kuroguwai*, PTMDI:*Potamogeton distinctus*, SAGTR:*Sagittaria trifolia*.

시에 처리할 경우, 분얼수가 크게 억제되었다. 이양 후 처리 시기가 5일 이후로 늦어지거나 조사 시기가 늦어지면 약해가 크게 감소되었지만 기본적으로 10~20% 내외의 약해는 유발되었다. 처리량을 증가시켜 5 g ai/ha로 처리한 결과에서도 이양과 동시에 처리하면 분얼이 심하게 억제되었고, 처리시기가 늦어지면 조사 시기에 따라 다르지만 20~30% 정도의 약해를 유발하였다. 10 g ai/ha로 처리한 결과도 동일한 경향으로 약해가 30~40% 정도로 나타났다.

야외 포트 시험으로 잡초 방제력을 조사한 결과 (표 6), 시험에서 처리한 3, 5, 10 g ai/ha에서 모두 우수한 잡초 방제력을 나타내었다. 처리 시기가 이양 후 5, 10, 15일로 늦어지면서 모든 처리에서 공통적으로 잡초의 생장이 진전되어 상대적으로 방제효과가 감소되었다. 5 DAT에 처리하였을 때에는 3~5 g ai/ha의 KSC로 대상초종을 완전하게 방제하였으나, 사마귀풀에 대한 방제효과는 기대할 수 없었다. 15 DAT 처리에서는 물달개비와 올미에 대한 방제효과가 크게 감소되어 3 g ai/ha로 처리할 경우 물달개비를 방제하지 못하였고, 올미에 대해서도 40%의 방제효과를 보였다.

경주 지역의 포장에서 수행된 시험에서(표 7) KSC 입제를 3, 6, 12 g ai/ha로 처리하였을 경우 초기약해는 2~6사이로 나타났지만 20일 후의 2차 조사시에는 대부분이 회복되는 경향으로 나타났다. 3 g ai/ha로 이양 후 5, 10, 15일에 처리한 경우에는 경미한 약해를 보여 대체적으로 안전한 것으로 나타났다. 6 g ai/ha처리에서는 초기에 다소간의 약해를 보였지만 20일이 경과되면서 정상적인 생장으로 회복되었다. 그러나 12 g ai/ha로 처리한 경우에는 초기의 약해가 지속되어 약제처리 20일 후에도 여전히 심한 약해를 보여 주었다. 약해는 지상부 초장 감소보다 경수의 감소에서 크게 나타났고, 증상은 약제처리 20일 이후에 엽맥을 따라 황화 현상이 나타나거나, 초장단축, 분얼 감소, 개장현상, 세엽화 및 엽육이 진록색으로 변하면서 뺨뺨해지는 형태가 보이기도 하였다.

포장시험을 통하여 KSC의 제초효과를 조사한 결과는 온실시험과 유사하게 3 g ai/ha에서도 우수한 방제효과를 나타내었다. 또한 6 g ai/ha에서는 처리 시기를 이양 후 5, 10, 15일로 다르게 하여도 모든 경우에 잡초 방제효과는 모두 90% 이상으로 우수하였다. 특히 피에 대한 방제효과는 100%로 나타났으며, 대조

Table 7. Effect of KSC-13906 granule treated at different application times on the phytotoxicity and growth of rice plants in the field trial

Compound <sup>a)</sup>	Rate (g ai/ha)	Treatment (DAT) <sup>b)</sup>	Phytotoxicity <sup>c)</sup>		Growth(% of control) <sup>d)</sup>			
			1st	2nd	P.H.		N>S>	
					1st	2nd	1st	2nd
KSC-13906 (0.01 G)	3	5	2	1	99	99	93	96
		10	2	1	91	93	92	95
		15	2	1	91	93	88	97
	6	5	3	2	100	89	75	81
		10	5	4	85	84	69	83
		15	4	2	94	86	87	85
	12	5	5	5	92	75	74	63
		10	6	6	78	72	50	59
		15	4	5	89	75	64	60
PYR (0.07 G)	21	10	2	1	100	95	74	90

<sup>a)</sup>0.01% and 0.07% granule.

<sup>b)</sup>Days after transplanting.

<sup>c)</sup>Visual phytotoxicity observed two times 10(1st), 20(2nd) days after transplanting. Values based on a scale of 0 to 10(0=normal and 10=complete death).

<sup>d)</sup>Growth recorded two times 10(1st), 20(2nd) days after transplanting and p.h. and n.s. represent plant height(cm) and number of stems, respectively.

약제 PYR의 21 g ai/ha와 동일한 잡초 방제효과를 나타내었다. 한편 다년생 잡초 중에서 올방개에 대한 살초효과는 처리시기에 관계없이 탁월한 것으로 생각된다.

이상의 결과로부터 신규 합성 화합물 KSC는 적은 처리량에서도 높은 제초효과와 넓은 스펙트럼을 가지고 있었으며, 기존의 SU계가 방제하지 못하는 피에 대하여 우수한 방제효과를 가지고 있었다. 이양벼에

Table 8. Herbicidal activity of KSC-13906 granule treated at different application times in the field trial

Compound <sup>a)</sup>	Rate (g ai/ha)	Treatment (DAT) <sup>b)</sup>	ECHOR <sup>c)</sup>	SAGTR	ELOKU	PTMDI
KSC-13906 (0.01 G)	3	5	100	100	85	100
		10	100	100	97	100
		15	100	100	85	100
	6	5	100	100	100	100
		10	100	100	95	100
		15	100	100	95	100
	12	5	100	100	95	100
		10	100	100	95	100
		15	100	100	95	100
PYR (0.07 G)	21	10	100	100	95	100

<sup>a)</sup>0.01% and 0.07% granules, respectively.

<sup>b)</sup>Days after transplanting.

<sup>c)</sup>ECHOR:*Echinochloa crus-galli*, SAGTR:*Sagittaria trifolia*, ELOKU:*Eleocharis kuroguwai*, PTMDI:*Potamogeton distinctus*. Visual rating based on a scale 0 to 100, 0=no control and 100=complete control.

대해서는 처리 시기를 다소간 늦추면 안전할 것으로 생각되지만, 직파벼에 대한 약해 발생 가능성이 높기 때문에 이를 해결하기 위한 제제형태의 변화, 약해 경감제와의 혼용 및 혼합제를 이용한 처리량의 감소 등을 강구하여야 할 것으로 판단된다.

그동안 구조적으로 다양한 계열의 화합물들이 제초제로 개발되었지만, 대부분의 제초제들이 작물에 대한 선택성 폭이 좁거나 없다. 따라서 여러 가지 작물에 범용적으로 사용되면서 새로운 기작을 가지는 제초제의 개발이 절실히 요구되고 있지만, 고등식물인 작물과 잡초중에서 잡초만을 선택적으로 방제하여야 하는 제초제는 본질적으로 작물에 대한 약해를 수반하게 된다(Fedtko, 1982; Kreuz, 1993). 따라서 여러 가지 방법으로 약해를 경감시켜 작물과 잡초간의 선택성을 증대시키기 위한 노력이 경주되어 왔다. 따라서 신규 합성한 시험 화합물 KSC가 현재 사용되는 SU계 제초제들보다 적은량에서도 높은 제초효과와 넓은 살초스펙트럼을 지니고 있지만, 직파벼에 대하여 약해 발생 가능성을 지니고 있기 때문에 약해를 경감시키는 방법을 강구한다면 아주 우수한 신규 제초제로 개발될 수 있을 것으로 판단된다.

### 인용문헌

Elenicotoula, S., I. G. Eleftherohorinos, A. A. Gagianas and A.G. Sticas (1993) Phytotoxicity and persistence of chlorosulfuron, metsulfuron-methyl, triasulfuron and tribenuron-methyl in three soils. *Weed Research* 33: 355~367.

Fedtko, C. (1982) "Biochemistry and physiology of herbicide action." Springer-Verlag, Berlin and New York.

Huppatz, J. L. and H. G. McFadden (1990) Herbicide Research: A Dynamic Interface Between Chemistry and Biology. *Chem. Aust.*, 43:350~352.

Hwang, I. T., H. J. Lee, K. Y. Choi and J. C. Chun (1997) Safening effects of 1,8-Naphthalic anhydride in corn plants treated with bensulfuron-methyl and imazaquin. *J. Pesticide Sci.* 22:6~11.

Kim, D. W., Ko, Y. K., Kim, J. S. and Koo, D. W.

(1995) Benzenesulfonylurea derivatives US Patent 5,461,025.

Kim, D. W., Ko, Y. K., Chang, H. S., Ryu, J. W., Cho, I. H., Kim, J. S., Woo, J. C. and Koo, D. W. (1996) Herbicidal sulfonylurea derivatives PCT/WO/96/12708.

Kishore, G. M. and D. M. Shah (1988) Amino Acid Biosynthesis Inhibitors as Herbicides. *Ann. Rev. Biochem.* 57:627~663.

Kobayashi, K., Y. Yogo and H. Sugiyama (1995) Differential growth response of rice cultivars to pyrazosulfuron-ethyl. *Weed Research, Japan.* 40(2):104~109.

Kreuz, K. (1993) Herbicide safeners : Recent advances and biochemical aspects of their mode of action. Brighton Crop Protection Conference(Weeds) 9A-1: 1249~1258.

Levitt, G. (1991a) Discovery of the sulfonylurea herbicides. *ACS Symp. Ser.* 443 (Synth. Chem. Agrochem., 2:16~31).

Levitt, G. (1991b) Sulfonylureas: New high potency herbicides. In "Pesticide Chemistry : Human welfare and the environment" (J. Miyamoto and P.C. Kerney, Eds.), Vol. 1. pp.243~250, Pergamon, Oxford, UK.

Ohno, A., J.Y. Pyon, K. Ishizuka and H. Matsumoto (1991) Selective mode of action of bensulfuron-methyl among rice cultivars. *Weed Research, Japan.* 36:27~35.

Peudpaichit, S., P. Tongchairawewat and M. Simagrai (1987) Londax<sup>R</sup>+BAS 514-H : A broadspectrum weed control treatment. Proc. 11th Conf. APWSS. 2: 437~448. Taipei, ROC.

Pillmoor, J. B. (1989) Amino acid biosynthesis-an aladin's cave of new pesticide targets? Brighton Crop Protection Conference (Weeds), MONO., 42:23~30.

Shaner D. L. (1989) Sites of action of herbicides in amino acid metabolism : primary and secondary physiological effects. *Recent Adv. Phytochem.* 23 (Plant Nitrogen Metab.). pp.227~261.

Suzuki, K., T. Nawamaki, S. Watanabe and T. Ikai

- (1988) NC311, a new sulfonylurea herbicide in rice. Proc. 11th Conf. APWSS. 2:461~468. Taipei, ROC.
- Suzuki, K., T. Nawamaki and S. Watanabe (1994) The effect of environmental factors on the herbicidal activity of pyrazosulfuron-ethyl under paddy conditions. Weed Research, Japan. 39:46~51.
- Takeda, S., T. Yuyama, R. C. Ackerson, R. C. Weigel, R. F. Sauers, W. Neal, D. G. Gibian and P. K. Teseng (1985) Herbicidal activity of a new rice herbicide DPX-F5384. Weed Research, Japan. 30:30~35.
- Yuyama, T., R. C. Ackerson and S. Takeda (1987) Uptake and distribution of bensulfuron-methyl (DPX-F5384) in rice. Weed Research, Japan. 32(3):173~179.
- 김희동, 박중수, 서광기, 문미화, 조영철, 박경열, 최영진, 유창재, 심상우, 노영득 (1997) 경기지역의 논 잡초 분포 및 군락변화에 관한 연구. 한잡초지 17(1):1~9.
- 농약사용지침서 (1998) 농약공업협회.
- 신현승, 박재읍, 이한규, 유갑희, 이정운, 전재철 (1994) Sulfonylurea계와 pyrazol계 제초제의 벼풀에 대한 살초기작. 한잡초지 14(2):112~119.
- 유갑희, 박재읍, 이인용, 이한규, 이정운, 박영선, 신현승 (1994) Bensulfuron-methyl 혼합 액상수화제의 사용법 개발연구. 한잡초지 14(1):28~33.
- 최용석, 김길웅, 신동현 (1992) Cinosulfuron과 Dymron의 혼합처리가 수도 (*Oryza sativa* L.)의 초기생육에 미치는 영향. 한잡초지 12(2):110~123.
- 황인택, 최정섭, 김진석, 조광연 (1996) Pyrazosulfuron-ethyl과 Imazaquin의 살초작용 비교. 한잡초지 16(4):317~326.

#### Herbicidal activity of a new benzenesulfonylurea compound, KSC-13906

Hwang, I. T.,\* J. S. Choi, Y. K. Ko, Y. S. Choi<sup>1</sup>, M. H. Kim<sup>1</sup>, D. W. Kim, and K. Y. Cho(Korea Research Institute of Chemical Technology, Jang-dong 100, Yusong, Taejon 305-606, Korea, and <sup>1</sup>Kyung Ju Research Institute, Kyung Nong Corporation 780-110, Korea)

**Abstract :** Herbicidal activities of newly synthesized experimental compound, KSC-13906 [Erythro N-((4,6-dimethoxy pyrimidin-2-yl)aminocarbonyl)-2-(2-fluoro-1-hydroxy-n-propyl)benzenesulfonamide, US Patent 5,461,025], were investigated in greenhouse and field for development as a paddy herbicide. KSC-13906 exhibited excellent weeding effects and selectivity to rice under submerged paddy condition in greenhouse. At the application rate of 2.5~5 g ai/ha treated on surface of water, KSC-13906 effectively controlled three annual weeds such as *Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola*, *Scirpus juncooides*, and *Monochoria vaginalis* as well as five perennial weeds such as *Cyperus serotinus*, *Sagittaria pygmaea*, *Eleocharis kuroguwai*, *Potamogeton distinctus*, and *S. trifolia*. However, there was no effect on *Aneilema keisak* and *Lindernia procumbens*. Especially, KSC-13906 effectively controlled *Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola* at growth stages ranging from pre-emergence to 3-leaf stage. Antagonistic interaction was found between pyrazosulfuron-ethyl and mefenacet, but not between KSC-13906 and mefenacet. KSC-13906 had high selectivity to transplanted rice, but caused phytotoxic effect on direct-seeded rice when treated before 3-leaf stage. Herbicidal activity of KSC-13906 on the *Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola* was 7-folds greater than that of pyrazosulfuron-ethyl in terms of relative dose ratio of the herbicides. These results suggest that KSC-13906 possesses selective herbicidal potency in rice.

\*Corresponding author (Fax:+82-42-861-4913, E-mail:ithwang@pado.kriict.re.kr)