

## 신규 quinolinylloxadiazole 유도체의 생물활성

황인택 · 최정섭 · 홍경식 · 이병희 · 김진석 · 유응걸 · 조광연

한국화학연구소

**요약** : 1,2,4-oxadiazole기를 가진 quinolinylloxadiazole 화합물 KSC-16960을 피 전문 제초제로서 개발하기 위하여 처리시기별 피 방제효과, 직파 및 이앙벼에 대한 안전성, 혼합처리 효과 및 후작물에 대한 특성 등을 조사하였다. 신규 화합물 KSC-16960은 6.25 g/ha 처리량에서도 2엽기의 피를 95% 이상, 3엽기의 피를 90% 이상 방제하였으며, 4엽기 및 5엽기의 피를 90% 이상 방제하는데 요구되는 처리량은 각각 50, 100 g/ha이었다. KSC-16960과 quinclorac의 벼-피간 선택성 폭은 4엽기의 피와 1엽기의 직파벼를 대상으로 할 경우 각각 83, 42배 이었으며, 5엽기의 피와 1엽기의 직파벼를 대상으로 할 경우 각각 44, 23배 이었다. KSC-16960+bentazone 혼합처리에서는 상가적, quinclorac+bentazone 혼합처리에서는 길항적인 상호작용을 나타내었으며, KSC-16960 또는 quinclorac과 pyrazosulfuron-ethyl의 혼합처리에서는 모두 상가적으로 나타났다. 온실조건에서 KSC-16960의 후작물 토마토에 대한 약해 발생 가능성은 quinclorac에 비하여 1/4로 감소되었다.(1998년 6월 22일, 1998년 12월 1일 수리)

**Key words** : additive effect, antagonistic effect, barnyardgrass, quinolinylloxadiazole, residual activity, succeeding vegetable plants, selectivity index.

### 서 언

우리 나라의 주된 식량작물은 벼로서 농업소득의 49.6%를 차지하고 있으며(연 등, 1991), 노동 생산성 향상을 위하여 기계화, 우량 품종의 육종, 재배방법의 개선 등이 추진되어 왔다. 특히 농업인구의 급격한 감소와 노령화 추세를 극복하는 생력화 방법의 일환으로 직파 재배법이 추천되어 왔다. 그러나 잡초방제는 직파재배에서 벼 수량에 가장 크게 영향을 미치는 문제점이었고, 이앙 재배 또는 직파재배 등의 작부방식, 사용하는 제초제의 종류에 따라 우점하는 잡초의 양상이 변화되었음에도 불구하고 논피는 계속적으로 문제잡초로 보고(연 등, 1991; 임 등, 1993; 구 등, 1993; 최 등, 1995)되어 왔다. 제초제 사용의 시작단계에 있었던 1970년대에는 마디꽃, 물달개비 등의 일년생 잡초와 다년생 잡초인 쇠털골이 우점하였지만, 일년생 잡초를 대상으로 개발되었던 제초제의 연용으로 1980년대에는 다년생 잡초가 우점하게 되었다(김, 1992). 그후 다년생 잡초를 대상으로 개발된

sulfonylurea계 제초제가 널리 사용되면서 1990년대에는 또 다시 발생하는 논피와 다년생 잡초를 동시에 방제하기 위하여 2종 또는 3종의 원제가 혼합된 혼합제가 보편화 되었다. 그러나 논피 방제용 제초제가 대부분 초기 토양처리제로 개발되어 왔기 때문에 처리시기는 논피가 1.0~1.5엽기 이내일 수 밖에 없었지만(권 등, 1985), quinclorac (3,7-dichloro-8-quinolinecarboxylic acid)의 개발(BASF AG., 1986) 이후 2.5~3엽기 이후의 논피에 대한 방제효과를 기대하게 되었다. Quinclorac은 화본과 잡초 특히 논피 전문 제초제로 최근에 개발되어 sulfonylurea계 제초제와 혼합 처리함으로써 잡초의 방제폭을 넓힐 수 있는 가능성이 시사되었다(Kibler 등, 1987; Peudpaichit 등, 1987; Beck 등, 1989; Zoschke 등, 1989).

한편 작용기작에 대해서는 정확하게 밝혀지지 않았지만 쌍자엽 식물에 대해서는 auxin형 제초제와 유사한 증상을 보이지만(Berghaus와 Wuerzer, 1987) 바랭이와 논피 등에 대해서는 auxin형 제초제와 다소 다른 증상으로 식물체를 고사시키는 것으로 보고 되어 있다(Koo et al., 1991). 그러나 quinclorac은 수종의 원예채소에 대한 후작물 잔류문제가 야기되어 피 방제효과에 대한 quinclorac

\*연락처자

의 우수성이 방치되어 버리는 아쉬움을 낳게 되었다. 이에 대하여 처리량을 축소시키거나(구 등, 1993), 타 제초제와의 혼합처리, 토양개량제 등을 이용하여 후작물에 대한 약해 발생을 억제시키려는 연구(국 등, 1992a, b)가 진행되었으며, 추청벼 외 88품종과 지역별로 수집한 30종의 피에 대하여 벼-피간의 속간 선택성이 조사(홍 등, 1993)되기도 하였다. 그러나 근본적으로 quinclorac이 지니고 있는 물질적인 특성을 변화시키지 못하였다.

한국화학연구소 제초제연구팀에서는 기존의 논피 전문 제초제로 개발되어 우리 나라에서는 단제 또는 혼합제로서 사용되어 왔던 quinclorac의 단점을 보완하기 위하여 신규 제초제의 합성 및 스크리닝을 수행하여 왔다. 지금까지 알려진 quinclorac의 구조 유사체에서 8번 위치의 carboxylic acid기가 제초활성을 발현하는 필수적인 요소로 보고(Wuerzler와 Berghaus, 1985)되어 왔지만, carboxylic acid기 대신에 biostereoisomer로 치환된 quinolinyloxadiazole 유도체는 quinclorac과 유사한 잡초방제력을 가질 뿐만 아니라 적파벼에 대하여 더욱 안전하

였다고 보고되었다(김 등, 1994). 한편 적파벼와 논피에 대한 탁월한 선택성을 보유하면서, 토양에 잔류하여 후작물에 대한 약해를 유발하지 않는 화합물을 얻기 위하여 다양한 quinolinyloxadiazole 유도체(그림 1)를 합성하고 스크리닝하였는데, 이들 중에서 기존의 quinclorac을 대치하는 논피 전문 제초제로서 화합물 KSC-16960을 개발하기 위하여 처리시기별 논피 방제효과, 적파 및 이앙벼에 대한 안전성, 혼합처리 효과 및 후작물에 대한 영향 등을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 피에 대한 생육시기별 방제효과

500 ml 스티로폼 포트에 곤죽된 토양을 채우고 휴면 타파된 피(*Echinochloa crus-galli*) 종자를 파종하여 2, 3, 4, 5엽기에 달하였을 때 약제를 유제형태로 담수 표면에 점적 처리하였다. KSC-13654, -16960, -17008, quinclorac을 100 g/ha부터 1/2씩 감량하여 5농도로 처리하고 약제

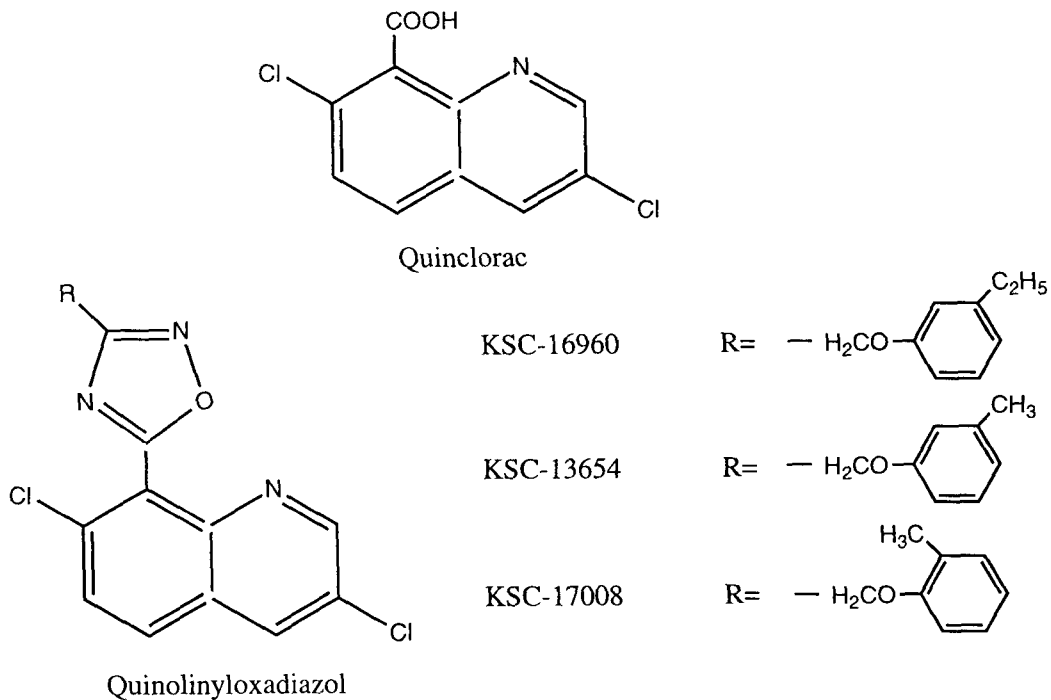


Fig. 1. Structures of quinclorac and quinolinyloxadiazols used in this study.

처리 3주 후 방제효과를 달관(0~100)으로 조사하여 3반복 평균값으로 나타내었다.

### 벼에 대한 처리시기별 약해

직파벼의 경우 500 ml 스티로폼 포트에 곤죽된 토양을 채우고 표면에 최아시킨 범씨(동진벼)를 5립씩 파종하여 3 cm로 담수시켜 온실에 두었다. 파종 2일 후 및 1, 2엽기에 도달하였을 때 약제를 수화제형태로 담수표면에 점적 처리하였다. 한편 이앙벼의 경우 2엽기의 어린 모를 각 포트에 1주 3본씩 이앙하고 이앙 2일 후 또는 3엽기에 도달하였을 때 약제를 직파벼와 동일한 방법으로 처리하였다. 처리한 약제는 KSC-13654, -16960, -17008, quinclorac으로서 4 kg/ha부터 1/2씩 감량하여 3농도로 처리하였다. 약해 평가는 약제처리 3주 후 초장과 생체중을 측정하여 3반복의 평균값으로 비교하였다.

### 혼합제의 잡초방제효과

표면적 150 cm<sup>2</sup>의 플라스틱 포트에 곤죽된 토양을 채우고 일년생 잡초인 피, 올챙이고랭이, 물달개비를 토양 표면에 파종, 혼합시켰다. 여기에 다년생 잡초인 울미와 너도방동사니의 괴경을 이식하였다. 이 포트를 온실에 두고 3cm의 깊이로 담수시켜 1주일 후 약제를 수면에 점적 처리하였다. 혼합처리는 KSC-16960 + bentazone (600 + 3,000 g/ha), quinclorac + bentazone (300 + 3,000 g/ha), KSC-16960 + pyrazosulfuron-ethyl (600 + 20 g/ha) 및 quinclorac + pyrazosulfuron-ethyl (300 + 20 g/ha)을 기준량으로 하여 1/2씩 감소시켜 4농도로 처리하였다. 제초효과는 약제 처리 3주 후 달관(0~100)으로 조사하여 3반복 평균값으로 나타내었다.

### 후작물 약해 실험

**생물검정용 작물 종의 선발:** 표면적 1,000 cm<sup>2</sup>의 사각 플라스틱 포트에 비료를 섞은 논 토양을 담고 벼농사 後作 가능 작물로서 십자화과(배추, 무, 유채)를 가지과(토마토, 고추, 피망), 박과(오이, 수박, 참외) 그리고 기타 당근, 상추, 완두 등 12종을 파종하고 복토하였다. 파종 다음날 KSC-16960(추천량 600 g/ha)과 quinclorac(추천량 300 g/ha) 원제를 이용하여 기준량부터 1/2씩 감소시켜 1/128까지 토양 표면에 분무 처리하였다. 처리가 끝난 포트를 온실에서 6주간 생육시킨 후 지상부 생체

중을 측정하여 무처리와 비교하였다.

**후작 토마토에 대한 약해:** 생물검정용 작물 종의 선발시험에서 선정된 토마토를 약제처리 후 45, 143일된 토양에 파종하여 온실에서 각각 52, 93일간 생육시키고 달관조사(0~100) 및 생체중을 측정하여 무처리와 비교하여 약해 발생정도를 조사하였다.

## 결 과

### 벼와 피간 선택성 비교

온실조건에서 생육시킨 피를 대상으로 제초효과를 조사한 결과는 표 1에 나타내었다. 실험에 사용한 모든 약제가 6.25 g/ha에서도 2엽기의 피를 95% 이상, 3엽기의 피를 90% 이상 방제하였다. 4엽기의 피에 대한 방제효과를 비교하면 대조약제로 사용하였던 quinclorac이 25 g/ha의 처리량에서도 95% 이상의 방제효과를 보여 후보약제 중 제초활성이 가장 높았던 KSC-16960의 50 g/ha보다 2배 강한 활성을 나타내었다. 또한 quinclorac처리는 50 g/ha에서 100%의 방제효과를 보였지만 KSC-16960은 100 g/ha이 요구되어 4엽기의 피에 대한 제초활성은 quinclorac이 KSC-16960보다 2배 정도 강한 제초활성을 나타내었다. 이러한 경향은 5엽기의 피를 대상으로 한 실험 결과에서도 유사하였다. 즉, 5엽기의 피를 97% 방제하는데 요구되는 처리량은 KSC-16960의 경우 100 g/ha이었지만 quinclorac은 50 g/ha로 나타났다. 따라서 quinclorac이 모든 처리시기에서 가장 우수하게 피를 방제하였으며 다음으로는 KSC-16960이었다.

직파벼에 대하여 3개의 후보약제와 quinclorac을 1, 2, 4 kg/ha로 처리한 결과는 표 2에 정리하였다. 대조약제인 quinclorac을 파종 2일 후(2 days after seeding, DAS)에 처리하면 1 kg/ha에서도 잎이 말리면서 휘어지는 증상을 보이며 초장 및 생체중이 감소되었지만, KSC-13654와 17008은 4 kg/ha에서도 전혀 약해가 발생되지 않았다. 그러나 2 DAS 처리시 후보약제 중에서 피 방제활성이 가장 강하게 나타났던 KSC-16960이 1 kg/ha에서 20%, 2 kg/ha에서 31%, 4 kg/ha에서는 31%의 초장 감소를 보였다.

KSC-16960은 직파벼의 파종 후 초기 생장에 영향을 미치는 것으로 나타났지만 2 DAS 처리시 직파벼에 대

Table 1. Control values of KSC-13654, -16960, -17008 and quinclorac treated at different leaf stages of barnyardgrass grown under submerged paddy condition in the greenhouse

Compound	Rate (g/ha)	Control value <sup>a)</sup>			
		2LS <sup>b)</sup>	3LS	4LS	5LS
KSC-13654	100	100	95	85	40
	50	100	95	73	30
	25	100	95	67	10
	12.5	100	95	63	0
	6.25	95	90	40	0
KSC-16960	100	100	100	100	97
	50	100	100	95	77
	25	100	98	77	55
	12.5	100	93	70	37
	6.25	100	90	40	30
KSC-17008	100	100	95	97	60
	50	100	95	85	30
	25	100	90	75	10
	12.5	100	90	60	0
	6.25	100	90	40	0
Quinclorac	100	100	100	100	100
	50	100	100	100	97
	25	100	100	95	80
	12.5	100	95	80	63
	6.25	100	90	60	40

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

<sup>b)</sup>Leaf stage.

한 안전성이 대조약제인 quinclorac보다 우수하였다. 직파벼의 생장이 1엽기에 도달하였을 때 약제를 처리하면 2 DAS 처리시보다 약해가 감소되었다. KSC-16960은 4 kg/ha 처리에서만 초장 및 생체중에서 각각 9%와 24%의 감소를 보여 안전하였고, 2 DAS 처리시 생체중의 감소를 보였던 KSC-17008도 4 kg/ha 처리에서만 19%의 생체중 감소를 보여 안전한 것으로 나타났다. 그러나 대조약제인 quinclorac은 2엽기의 직파벼에 대해서도 여전히 약해가 발생하여 1 kg/ha의 처리에서 생체중 감소율 37%, 2 kg/ha 처리에서 초장 및 생체중 감소율 14% 와 45%, 4 kg/ha 처리에서 초장 및 생체중 감소율 35%와 59%를 나타내었다. 따라서 대조약제 quinclorac을 직파벼 1엽기에 처리하면 1 kg/ha에서도 생체중을 30%이상 감소시키고, 2 kg/ha 이상에서는 초장 및 생체중에 대한 약해가 모두 발생되어 처리시기를 늦추지 않으면 안될 것으로 생각되었다. 2엽기의 직파벼를 대상으로 수행한 실험결과는 1엽기의 직파벼에 대한 실험결과보다 모든 약제의 벼에 대한 약해가 감소되었지만 화합물별 약해 발생 경

향은 동일하였다. 즉, 대조약제인 quinclorac의 경우에는 아직도 1 kg/ha에서도 초장 및 생체중 감소율 9%와 28%를 보여 안전하게 사용할 수 없을 것으로 판단되었다. 구 등(1992)은 quinclorac 처리시 작부양식의 차이에 따라 벼에 대한 최대 허용량을 조사하였는데 직파재배의 경우 파종 당일 기준 처리량인 300 g/ha에서도 약해가 발생하거나 600g/ha 미만의 약량에서도 파종 후 약제의 처리시기가 빠를수록 약해가 크게 발생되어 초장이나 생체중의 유의적인 감소가 야기될 수 있다고 하여 본 연구결과와 유사하게 나타났다.

2.5엽기의 이앙벼에 대한 약해 실험결과(표 3)는 직파벼에 대한 실험결과보다 비교적 안전한 것으로 나타났다. 이앙 2일 후에 처리하면 후보약제 중 KSC-16960은 1, 2, 4 kg/ha의 처리에서 초장 감소율 9, 12, 15%를 나타내었지만 생체중의 감소는 없었다. 그러나 대조약제 quinclorac을 1, 2, 4 kg/ha으로 이앙 2일 후에 처리하면 초장 감소율이 25, 38, 51%이었고, 생체중 감소율도 32, 47, 69% 등으로 이앙벼의 생장을 크게 억제하였다. 이앙

후 3엽기에 후보약제를 처리하면 모두 이앙벼의 생장에 영향을 미치지 않았지만, 대조약제 quinclorac은 1, 2, 4 kg/ha 처리에서 초장 감소율 0, 11, 22%, 생체중 감소율 0, 21, 32%를 보여 2 kg/ha 이하에서만 안전하였다.

이상의 결과를 통하여 대조약제인 quinclorac과 KSC-16960에 대하여 피에 대한 방제효과와 직파벼에 대한 약해 발생 결과를 요약하면 표 4, 5, 6과 같다. 즉, 4엽기의 피와 1엽기의 직파벼를 기준으로 하였을 경우 quinclorac은 피에 대한 95% 방제농도가 24 g/ha, 약해 30% 유발 농도가 1 kg/ha로서 선택성의 폭은 42배로 나타났으며, KSC-16960은 피에 대한 95% 방제농도가 48 g/ha, 약해 유발농도가 4 kg/ha로서 선택성의 폭은 84배로 나타났다. 5엽기의 피와 1엽기의 직파벼를 기준으로 하였을 경우 quinclorac은 피에 대한 95% 방제농도가 44 g/ha, 약해 30% 유발 농도가 1 kg/ha로서 선택성의 폭은 23배로 나타났으며, KSC-16960은 피에 대한 95% 방제농도가 90 g/ha, 약해 30% 유발농도가 4 kg/ha 이상으로서 선택성의 폭은 44배 이상이었다.

#### 혼합 처리 효과

KSC-16960을 600 g/ha로 단독 처리하면 피를 제외한 일년생 및 다년생 잡초에 대한 방제효과는 전혀 나타나지 않았고, 75 g/ha까지 피는 완전히 고사되었다(표 7). 또한 quinclorac을 300 g/ha로 처리하였을 때에도 물달개

비와 너도방동사니에 대한 억제효과를 보였을 뿐 600 g/ha의 KSC-16960처리와 비슷한 제초효과를 보였으나 피에 대한 방제효과는 37.5 g/ha의 처리에서도 완전히 고사되었다. Bentazone을 단제로 처리하면 3 kg/ha에서 올챙이고랭이, 물달개비 및 너도방동사니를 완전히 방제하였고, 올미의 생장을 80%정도 억제하였다. 또한 1.5 kg/ha의 bentazone 처리시에도 물달개비와 너도방동사니가 완전 고사되었으며, 올챙이고랭이와 올미의 생장을 80%정도 억제하였다.

혼합처리 효과를 조사한 결과 600 g/ha의 KSC-16960과 3 kg/ha의 bentazone을 혼합한 기준량에서는 대상초종 모두가 완전히 고사되었다. 기준량의 1/2에서도 피, 올챙이고랭이, 물달개비 등은 완전히 고사되었고, 너도방동사니와 올미의 생장이 각각 90%, 70%억제되었다. 피에 대해서는 기준량의 1/8까지 완전 방제되었는데 이는 KSC-16960의 살초력과 bentazone의 살초력이 상가적으로 나타난 것으로 판단되며 혼합처리시 발생할 수 있는 상승효과 또는 길항효과는 나타나지 않았다. 즉, 피에 대한 방제력은 KSC-16960에 의한 것이며, 올챙이고랭이를 포함한 4종의 잡초에 대한 방제력은 bentazone이 지배적으로 작용한 것으로 판단되는데 다소나마 상승된 것은 KSC-16960에 의한 것으로 생각된다.

Quinclorac과 bentazone의 혼합처리에서는 길항적인 효과를 보였다. 즉, 300 g/ha의 quinclorac과 3 kg/ha의

Table 2. Effects of KSC-13654, -17008 and quinclorac treated at different growth stage of direct seeded rice grown under submerged paddy condition in the greenhouse

Compound	Rate (kg/ha)	Plant height(cm)			Fresh weight(g)		
		2DAS <sup>a)</sup>	1LS <sup>b)</sup>	2LS	2DAS	1LS	2LS
Control	0	39.7	42.7	50.7	3.3	6.3	8.5
	1	39.7	42.7	49.7	2.8*	6.2	8.3
	2	38.7	43.0	49.3	2.7*	6.0	8.0
KSC-13654	4	37.1	43.3	49.0	2.8*	5.7*	7.2*
	1	37.1*	41.3	51.2	1.5*	6.0	8.3
	2	27.3*	41.3	50.3	1.2*	5.9	8.1
KSC-16960	4	27.3*	38.7*	46.7*	1.2*	4.8*	7.2*
	1	37.5	42.3	48.7	2.4*	6.2	6.5*
	2	38.3	40.0	46.7*	2.7*	6.1	6.5*
KSC-17008	4	38.0	39.7*	48.3	2.5*	5.1*	7.1*
	1	28.3*	40.0	46.0*	1.2*	4.0*	6.1*
	2	21.7*	36.7*	42.7*	1.0*	3.5*	4.7*
Quinclorac	4	13.7**	27.7*	41.0*	0.5**	2.6*	5.5*
	LSD <sup>c)</sup> .05	3.2	2.8	3.9	0.4	0.4	0.9

<sup>a)</sup>Days after seeding, <sup>b)</sup>Leaf stage, <sup>c)</sup>Least significant difference.

\*Significant at 5% level, \*\*Significant at 1% level.

**Table 3. Effects of KSC-13654, -17008 and quinclorac treated at different growth stages of transplanted rice grown under submerged paddy condition in the greenhouse**

Compound	Rate (kg/ha)	Plant height(cm)		Fresh weight(g)	
		2DAS <sup>a)</sup>	3LS <sup>b)</sup>	2DAS	3LS
Control	0	49.2	50.3	6.2	9.5
	1	47.7	53.7	6.6	9.3
KSC-13654	2	48.3	55.3	6.6	9.6
	4	45.7	56.3	5.9	9.5
KSC-16960	1	44.7*	49.3	5.1	9.2
	2	43.3*	49.0	4.7	9.3
KSC-17008	4	41.7*	48.7	5.0	9.0
	1	44.0*	53.7	4.7	9.5
Quinclorac	2	47.1	51.7	5.7	9.1
	4	46.8	53.0	5.2	9.3
Quinclorac	1	36.7*	51.7	4.2*	8.9
	2	30.7*	45.0*	3.3*	7.5*
Quinclorac	4	24.3**	39.3*	1.9**	6.4*
	LSD <sup>c)</sup> .05		4.1	4.8	1.7

<sup>a)</sup>Days after seeding, <sup>b)</sup>Leaf stage, <sup>c)</sup>Least significant difference.

\*Significant at 5% level, \*\*Significant at 1% level.

**Table 4. Comparison of dosages required to inhibit 95% growth of barnyardgrass treated at different leaf stages with KSC-16960 and quinclorac**

Growth stage of barnyardgrass	I <sub>95</sub> (g/ha) <sup>a)</sup>		A/B
	KSC-16960(A)	Quinclorac(B)	
2 LS <sup>b)</sup>	<6.3	<6.3	1.0
3 LS	18.7	12.5	1.5
4 LS	48.0	24.2	2.0
5 LS	90.0	44.2	2.1

<sup>a)</sup>Dosage required to inhibit 95% growth of barnyardgrass.

<sup>b)</sup>Leaf stage.

**Table 5. Growth inhibition of KSC-16960 and quinclorac on direct seeded rice and transplanted seedlings at different application time**

Treatment time	Quinclorac	KSC-16960
<b>Direct seeded rice</b>		
2 DAS <sup>a)</sup>	30% growth inhibition at 1.89 kg/ha	30% growth inhibition at 0.95 kg/ha
1 LS <sup>b)</sup>	No phytotoxicity at 2 kg/ha	37% FW <sup>c)</sup> reduction at 1 kg/ha
	24% FW reduction at 4 kg/ha	60% FW reduction at 4 kg/ha
2 LS	No phytotoxicity at 2 kg/ha	29% FW reduction at 1 kg/ha
	24% FW reduction at 4 kg/ha	45% FW reduction at 1 kg/ha
<b>Transplanted rice</b>		
2 DAS <sup>d)</sup>	16% PH <sup>e)</sup> reduction at 4 kg/ha	27% PH <sup>e)</sup> reduction at 1 kg/ha
3 LS	No phytotoxicity at 4 kg/ha	21% FW reduction at 2 kg/ha
		33% FW reduction at 4 kg/ha

<sup>a)</sup>Days after seeding, <sup>b)</sup>Leaf stage, <sup>c)</sup>Fresh weight, <sup>d)</sup>Days after transplanting, <sup>e)</sup>Plant height.

Table 6. Summary of selectivity between different growth stage of direct seeded rice and barnyardgrass treated with KSC-16960 or quinclorac

Compound	I <sub>30</sub> <sup>a)</sup> of rice(A)	I <sub>95</sub> of barnyardgrass(B)	Selectivity index(A/B) <sup>d)</sup>
<b>2 DAS<sup>b)</sup>-directed seeded rice vs. 2 LS<sup>c)</sup>-barnyardgrass</b>			
KSC-16960	1.89 kg/ha	<6.25 g/ha	>302
Quinclorac	0.95 kg/ha	<6.25 g/ha	>152
<b>2 DAS-directed seeded rice vs. 5 LS-barnyardgrass</b>			
KSC-16960	1.89 kg/ha	90 g/ha	21
Quinclorac	0.95 kg/ha	44 g/ha	21
<b>1 LS-directed seeded rice vs. 4 LS-barnyardgrass</b>			
KSC-16960	4 kg/ha	48 g/ha	83
Quinclorac	1 kg/ha	24 g/ha	42
<b>1 LS-directed seeded rice vs. 5 LS-barnyardgrass</b>			
KSC-16960	4 kg/ha	90 g/ha	44
Quinclorac	1 kg/ha	44 g/ha	23

<sup>a)</sup>I<sub>30</sub> and I<sub>95</sub> represent doses required to inhibit plant growth by 30 and 95%, respectively.

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

<sup>c)</sup>Leaf stage at treatment.

<sup>d)</sup>Selectivity indices of other leaf stage of direct seeded and transplanted rice vs. barnyardgrass were higher than 21 of 1 LS-direct seeded rice vs. 5 LS-barnyardgrass.

Table 7. Effects of KSC-16960 or quinclorac alone and mixtures with bentazone or pyrazosulfuron-ethyl on the control of several weed species under submerged paddy condition in the greenhouse

Compound	Rate(g/ha)	Weed species				
		Barnyardgrass	Bulrush	Monochoria	Flat-sedge	Arrow head
KSC-16960	600	100	30	30	0	0
	300	100	0	30	0	0
	150	100	0	0	0	0
	75	100	0	0	0	0
KSC-16960 + Bentazone	600+3,000	100	100	100	100	100
	300+1,500	100	100	100	90	70
	150+750	100	30	80	70	30
	75+375	100	0	30	20	0
KSC-16960 + Pyrazosulfuron-ethyl	600+20	100	80	90	90	70
	300+10	100	70	80	90	90
	150+5	100	70	90	80	60
	75+2.5	95	30	60	70	60
Quinclorac	300	100	0	60	40	0
	150	100	0	20	0	0
	75	100	0	0	0	0
	37.5	100	0	0	0	0
Quinclorac + Bentazone	300+3,000	100	60	100	100	80
	150+1,500	100	30	90	100	70
	75+750	100	0	70	60	30
	37.5+375	90	0	20	20	0
Quinclorac + Pyrazosulfuron-ethyl	300+20	100	90	90	80	80
	150+10	100	80	80	80	70
	75+5	100	70	90	80	70
	37.5+2.5	100	30	60	70	70
Bentazone	3,000	0	100	100	100	80
	1,500	0	80	100	100	80
	750	0	70	40	70	30
	375	0	0	0	20	0
Pyrazosulfuron-ethyl	20	60	100	60	95	80
	10	40	60	50	80	80
	5	30	60	60	70	80
	2.5	20	0	0	70	40

bentazone을 혼합한 기준량에서 피와 물달개비 및 너도방동사니가 완전히 고사되었지만, 올챙이고랭이에 대한 방제 효과는 bentazone 단제처리 효과보다 감소되어 나타났다. 또한 기준량의 1/2에서도 올챙이고랭이와 물달개비 등에서 bentazone 단제처리 효과보다 혼합처리 효과가 낮게 나타났다. 피에 대한 방제 효과도 quinclorac 단제처리시 기준량의 1/8까지 완전하게 방제하였지만, 혼합처리시 기준량의 1/8에서는 완전히 방제하지 못하였다. 따라서 KSC-16960과 bentazone의 혼합처리에서는 상가적인 효과를 나타내었지만 quinclorac과 bentazone의 혼합처리에서는 약한 길항적인 효과를 나타내었다.

한편 KSC-16960 또는 quinclorac과 pyrazosulfuron-ethyl을 혼합처리 할 때는 모두 상가적인 경향을 보였다. 각 혼합처리시의 잡초방제 효과는 단제처리 효과에 비하여 초종별로 다소간의 증감을 보였는데, 올챙이고랭이와 너도방동사니에 대해서는 혼합 처리시 pyrazosulfuron-ethyl 단제처리 효과보다 낮게 나타났지만, 물달개비에 대해서

는 혼합처리에서 높게 나타나는 경향이였다. 즉, 피에 대한 방제효과는 KSC-16960 또는 quinclorac을 단제로 처리한 결과와 동일하였고, 기타의 잡초에 대한 방제효과는 pyrazosulfuron-ethyl의 단제 효과와 유사하여 두 약제의 혼합처리에서는 상호 보완적으로 작용하는 것으로 판단되었다.

**후작물에 대한 영향**

기존의 제초제 quinclorac이 우리 나라에서 사용금지된 이유 중 하나는 후작물에 대한 약해 발생이였기 때문에 이의 유도체인 KSC-16960의 후작물에 대한 약해 발생 여부를 조사하였다. 먼저 12가지의 작물에 대한 반응성을 조사한 결과 당근, 상추, 토마토 등이 비교적 두 약제 모두에 대하여 약해가 크게 나타났으며, 처리된 약량에 따른 반응이 나타났다. 따라서 이들 중에서 토마토를 후작물 영향 평가실험의 검정초종으로 선발하였다.

이 등(1991)은 bensulfuron + quinclorac 혼합제를 처리

**Table 8. Effect of preemergence application of KSC-16960 and quinclorac on growth inhibition(%) of several crops in the greenhouse**

Compound	Rate(×recommended dosage)							
	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128
<b>KSC-16960(600 g/ha)</b>								
Carrot	100	100	100	65	41	71	0	0
Leaf lettuce	100	100	100	91	51	63	29	11
Tomato	97	96	89	91	51	35	18	11
Cucumber	91	87	86	36	0	12	4	0
Oriental melon	94	80	79	0	8	2	0	0
Pea	91	75	51	33	17	4	11	13
Water melon	79	80	28	0	0	0	0	0
Red pepper	60	40	35	0	0	0	0	0
Sweet pepper	54	29	17	0	0	0	0	0
Chinese cabbage	10	14	10	0	0	0	0	0
Radish	0	0	0	0	0	0	3	0
Rapeseed	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Quinclorac(300 g/ha)</b>								
Carrot	100	100	100	100	59	65	35	12
Leaf lettuce	100	100	100	100	94	71	43	37
Tomato	100	96	93	70	28	50	16	12
Cucumber	100	95	69	34	20	8	7	0
Oriental melon	100	93	57	35	20	12	23	19
Pea	98	97	95	85	59	38	0	0
Water melon	98	89	88	54	16	6	6	0
Red pepper	70	65	50	35	10	25	5	0
Sweet pepper	63	0	0	4	13	4	0	0
Chinese cabbage	17	0	0	26	2	19	17	13
Radish	0	0	0	0	22	12	14	14
Rapeseed	0	0	0	0	0	11	0	1



한 후 129일된 토양에서 여러 종류의 채소작물을 재배 하였을 때 당근, 상추, 토마토의 약해가 가장 심하였고 그 다음으로는 가지, 고추, 오이 등이라고 하였는데 본 실험의 결과도 이와 유사하였다.

약제를 처리한 토양을 온실에서 45일 동안 자연 분해 시키고 토마토를 파종하여 약해를 달관으로 조사한 결과 KSC-16960 처리토양은 600 g/ha 기준량의 1/16까지, quinclorac 처리토양은 300 g/ha 기준량의 1/32까지 약해 증상이 관찰되었다.

그러나 생체중의 감소는 이보다 작아서 KSC-16960 처리토양에서는 600 g/ha 기준량의 1/4까지, quinclorac 처리 토양은 300 g/ha 기준량의 1/16까지 감소되었다. 생체중 감소가 인정되지 않는 약량에서도 전형적인 약해 증상이 관찰되므로 본 약제의 토마토에 대한 약해 평가는 생체중을 측정하는 것보다 달관평가가 효과적인 평가방법으로 생각되었다(표 8).

이상의 결과에서 45일 후 KSC-16960을 처리한 토양에서는 600 g/ha 기준량의 1/16까지 약해가 발생되어 처리

량을 기준으로 하면 37.5 g/ha에 해당하며, quinclorac을 처리한 토양은 300 g/ha 기준량의 1/32까지 약해증상이 관찰되었기 때문에 9.4 g/ha에 해당하는 것이다(그림 2).

따라서 두 약제의 토양중 분해속도가 동일하다고 가정할 경우 약해 발생 가능성은 KSC-16960이 quinclorac보다 1/4로 감소된 것이라 할 수 있다.

KSC-16960의 토마토에 대한 약해 발생 가능성이 quinclorac보다 1/4로 감소되었지만 처리량이 2배로 증가한 점을 감안하면 결과적으로 후작물에 대한 약해 발생 가능성은 1/2로 감소된 것으로 판단된다.

## 고 찰

이양 또는 직파재배 등 작부방식의 변화에도 불구하고 고 주곡인 벼 재배에서 가장 문제시되는 잡초는 피이며(임 등, 1993; 구 등, 1993; 최 등, 1995), 그 동안 사용된 피 전문 제초제의 대부분이 초기 토양처리제로 처리시키는 피 1.0~1.5엽기 이내이었다. 그러나 quinclorac의 개

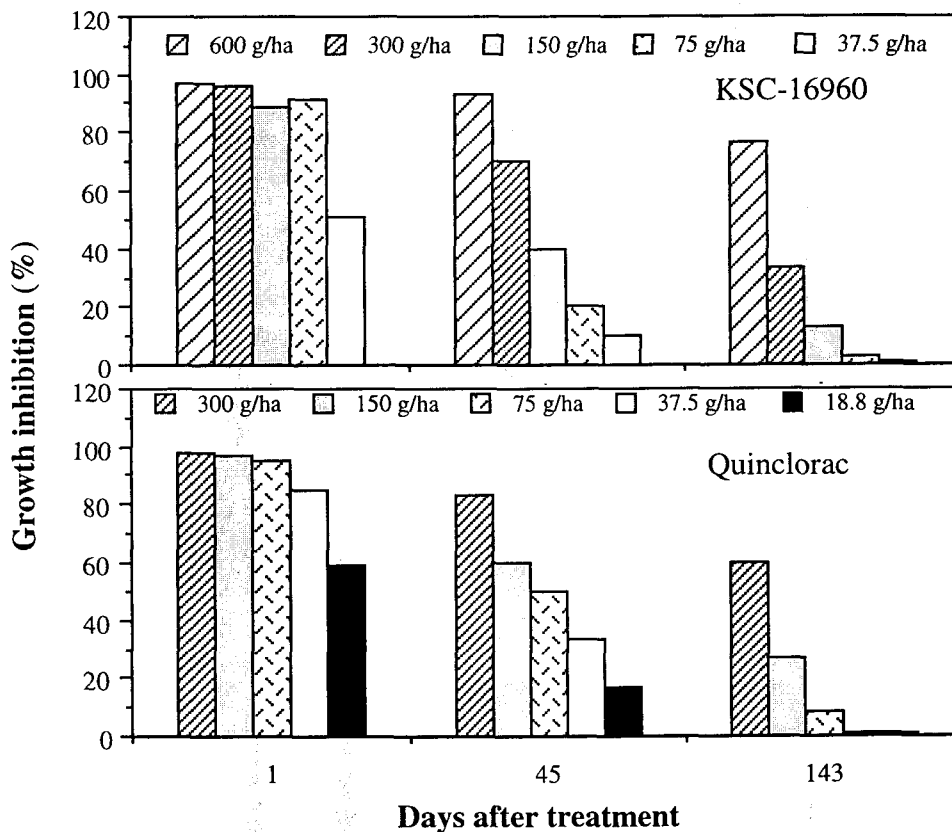


Fig. 2. Residual effect of KSC-16960 and quinclorac in growth of tomato plants which were sown at 1, 45 and 143 days after treatment of the compounds.

발(BASF AG., 1985)이후 2~3엽기 이후의 피에 대해서도 우수한 방제효과를 기대하게 되었다. 그러나 우리나라와 같이 벼 농사 이후 채소작물을 재배하는 경우 후작물에 대한 잔류독성의 문제가 야기되어 quinclorac의 피 방제력 우수성에도 불구하고 사용이 금지되는 아쉬움을 남게 되었다. 이에 대하여 quinclorac의 후작물에 대한 잔류독성을 개선하기 위하여 처리량 축소, 혼합처리, 토양개량제 등을 이용한 여러가지 방법이 연구되었지만 근본적으로 지니고 있는 물질적인 특성을 변화시키지 못하였다. 이에 대하여 1,2,4-oxadiazole기를 가진 quinolinoloxadiazole계 화합물 KSC-16960은 2~3엽기의 피는 물론 4~5엽기의 피까지 각각 6.25 g/ha 또는 50~100 g/ha의 처리량으로 95% 이상의 방제효과를 나타내어 기존의 quinclorac보다는 약하지만 피에 대한 우수한 방제력을 나타내었다. 또한 직파벼 파종 2일 후에 quinclorac을 1 kg/ha로 처리하면 잎이 말리면서 휘어지는 증상으로 초장 및 생체중이 크게 감소되지만, KSC-16960은 4 kg/ha에서도 약해가 크지 않아서 대조약제인 quinclorac보다 벼에 대한 안전성이 매우 높은 것으로 나타났다. 또한 KSC-16960은 직파벼가 1엽기에 도달하였을 때 처리하면 4 kg/ha 이상의 처리 농도에서 생체중이 약간 감소되지만 quinclorac은 2엽기의 직파벼에 대해서도 여전히 약해를 보여 KSC-16960은 quinclorac보다 벼와 피에 대한 선택성 폭이 크게 증가되었음을 알 수 있었다. 이러한 벼와 피간의 선택성 지수(벼 30% 약해 발생 농도/피 95% 방제 농도)로 비교하게 되면 4엽기의 피와 1엽기의 직파벼에 대하여 84로 quinclorac의 42보다 2배나 높고, 5엽기의 피와 1엽기의 직파벼를 기준으로 하였을 경우에도 quinclorac은 23, KSC-16960은 44 이상이었다. 또한 KSC-16960은 직파벼에 대해서 보다 2.5엽기의 이앙벼에 대해서는 더욱 안전하여 이앙과 동시에 처리할 수도 있을 것으로 판단되었다. 이와 같이 우리나라에서 벼의 재배시 가장 문제가 되는 피를 발생초기부터 4~5엽기의 성숙한 피까지 토양처리에 의해 방제할 수 있다는 점과 더불어 벼-피간의 속간 선택성이 높은 것은 이앙벼 재배지는 물론 노동 생산성 향상을 위하여 추진되어온 직파 재배지까지 범용적으로 사용할 수 있는 대단한 장점으로 생각된다. 따라서 KSC-16960과 같은 후보화합물은 국내에서 절실하게 필요로 하는 피 전문 제초제로서 아주 바람직한 특성을 지니고 있다고 하

겠다. 그러나 후보약제 KSC-16960은 피와 벼에 대한 속간선택성을 가지고 있지만 피를 제외한 기타 잡초에 대한 방제력이 미약하거나 나타나지 않기 때문에 타 약제와의 혼합처리로 눈에 발생하는 대부분의 잡초를 방제할 수 있도록 해야된다. 혼합효과를 조사한 결과 bentazone 또는 pyrazosulfuron-ethyl과의 혼합처리에서 상가적인 상호작용을 보여 이상적인 혼합제의 파트너로 생각되었다.

토양중에서의 제초제 잔효성은 흡착, 분해, 소실과정을 거치면서 이루어지는 결과적 현상이지만, 이들 각 과정의 진전속도나 과정은 제초제의 이화학적 특성, 토양환경(토양의 종류, 구조, 유기물 함량 및 pH 등), 그리고 기상환경(온도, 수분 및 광 등)에 의하여 달라질 수 있다 (Rahman, 1977; Walker, 1977; Savage, 1978; Klingman과 Ashton, 1982; Robert, 1982; Kaufman과 Edward, 1983; 양 등, 1991). 이와 같은 요인들은 쉽게 조절되지 않는 성질을 띤다. 후작물에의 영향은 기본적으로 제초제의 잔류성에 기인하는 것이지만, 실제로는 잔류량보다 후작물의 식물적 속성에 기인하는 특성이 강하다. 즉, 어떤 제초제라도 잔류성이 장기적이거나 잔류량 자체가 아주 높았다면 후작물의 영향을 배제할 수 없다. 그러나 사용량과 방법을 지키게 되는 일상적인 경우에는 이런 염려를 할 필요가 없겠으나, 비록 토양환경 내에서의 반감기가 극히 짧더라도 약제성분에 대하여 고도로 민감한 식물종이 있다면 토양중의 극미량 잔류에 의해서도 감수적인 반응을 나타내게 된다. Quinclorac의 토양중 반감기는 포장상태에서 13~30일, 온실조건에서는 80~135일로 보고(농약공업협회, 1992)되어 있기 때문에 토양 잔류성은 환경적인 조건에 따라 크게 좌우됨을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 quinclorac의 화학구조적 변화를 통하여 벼와 피간의 속간선택성을 유지하면서 후작물에 대한 약해를 유발하지 않는 신규 화합물을 합성하고자 하였는데, 후보 화합물 KSC-16960은 후작물에 대한 약해 발생 가능성이 quinclorac에 비하여 1/2로 감소되었고, 실제 상황에서는 5월 중순에 약제를 처리하였을 경우 벼 수확을 마치고 후작물을 재배하는 시기까지 4~5개월이 경과하기 때문에 후작물에 대한 약해 발생 가능성은 더욱 감소될 것으로 예측할 수 있다.

이러한 후보약제의 개선작업이 지속된다면 조만간 훌륭한 제초제로 개발될 수 있을 것이며, 국내 농약산업

의 활성화와 함께 식량자급에 기여하는 바가 클 것으로 예측된다.

### 인용문헌

- BASF (1986) BAS 514H, selective experimental herbicide for control of *Echinochloa*, *Ceschnomene*, *Sesbania*, and *Denanthe* in rice, BASF AF, Limburgerhof, FRG.
- Beck, J., M. Ito, and S. Kashibuchi (1989) Quinclorac (BAS 514) and its herbicide combinations in transplanted rice in Japan, The 12th APWSS Conf. 235~244.
- Berghaus, R. and B. Wuerzer (1987) The mode of action of the new experimental herbicide quinclorac (BAS 514H), The 11th APWSS Conf. 81~87.
- Kaufman, D. D. and D. F. Edward (1983) Pesticide chemistry, Vol. 4: p.177. (ed. J. Miyamoto and P. C. Kemey), Pergamon press, USA.
- Kibler, E., B. H. Menck, and H. Rosebrock (1987) Quinclorac - A new *Echinochloa*-herbicide for rice and an excellent partner for broad spectrum rice herbicides, The 11th APWSS Conf. 89~97.
- Kim, J. N., H. R. Kim, J. H. Song, K. H. Chung, and E. K. Ryu (1994) Synthesis and herbicidal activity of novel quinolinoyloxadiazole derivatives, Korean J. of Med. Chem. 76~79.
- Klingman, G. C. and F. M. Ashton (1982) Weed science principles & practices, John Wiley & Sons Inc., USA.
- Koo, S. J., Y. W. Kwon, and K. Y. Cho (1991) Differences in herbicidal activity, phytotoxic symptom and auxin activity of quinclorac among plant species compared with 2,4-D, Weed Res. Japan 36(4):311~317.
- Rahman, A (1977) Persistence of terbacil and trifluralin under different soil and climatic conditions, Weed Res. 17(2):145~152.
- Peudpaichit, S., P. Tongchairawewat, and M. Strmagrai (1987) Londax®+BAS 514 H: A broad spectrum weed control treatment in rice, The 11th APWSS Conf. 437~448.
- Savage, K. E (1978) Persistence of several dinitroaniline herbicides as affected by soil moisture, Weed Sci. 26(5): 471~475.
- Walker, A (1978) Simulation of the persistence of eight soil applied herbicides, Weed Res. 18(5):305~313.
- Wuerzer, B. and R. Berghaus (1985) Substituted quinoline-carboxylic acids - New elements in herbicide synthesis, The 10th APWSS Conf. 177~184.
- Zoschke, A., S. K. Yun, and U. Kiessling (1989) CGA 142,464 plus BAS 514, A new timing-flexible herbicide combination (*Oryza sativa* L.) in South Korea, The 12th APWSS Conf. 235~253.
- 구연충, 박광호, 오윤진 (1993) 벼 건답직파에 따른 잡초 군락의 변화, 한국잡초학회지 13(2):159~163.
- 구자옥, 임완혁, 한성욱, 국용인 (1992) 벼 작부양식의 차이에 따른 제초제 quinclorac의 선택활성 변동, 한국잡초학회지 12(2):124~131.
- 구자옥, 한성욱, 천상욱 (1993) Quinclorac 함량감소를 위한 혼합처방의 가능성 연구, 한국잡초학회지 13(1): 14~18.
- 국용인, 노상언, 구자옥 (1992a) 답후작의 quinclorac 내성 및 감수성 비교연구, 한국잡초학회지 12(4):380~386.
- 국용인, 한성욱, 구자옥 (1992b) 답후작의 quinclorac 잔류 피해에 대한 경감대책 연구, 한국잡초학회지 12(4): 387~392.
- 권용웅, 성노영, 소창호 (1985) Pyrazol계와 chloroacetamide계 제초제들의 혼합처리가 피(*Echinochloa crus-galli*)의 살초효과에 미치는 상호작용, 한국잡초학회지 5(2): 155~163.
- 김순철 (1992) 우리나라 농경지의 주요 잡초분포 현황, 한국잡초학회지 12(4):317~334.
- 농약공업협회 (1992) Quinclorac의 종합평가조사, p.294.
- 이은용 (1997) 세계 식량위기 우리는 안전지대인가, 농약정보(4):2~3.
- 이한규, 류갑희, 이인용, 최주연, 박영선 (1991) 벤실플론-퀸크로락 사용답에서의 벼후작 체소작물의 생육, 한국잡초학회지 11(별):29~30.
- 임일빈, 구자옥, 오윤진 (1993) 수도재배 양식별 잡초발생 양상과 경합 특성, 한국잡초학회지 13(2):114~121.
- 양환승, 문영희, 최은석, 장문수, 이진하 (1991) 주요 菜蔬用 제초제의 토양중에서의 잔효와 후작물에 미치는 영향, 제1보 越冬作物에 처리한 제초제의 약효와 후작물에 미치는 영향, 제2보 春夏作物에 처리한 제초제의

- 잔효와 후작물에의 영향, 한국잡초학회지 11(1):32~59.
- 연구보, 김길웅, 신동현, 이인중, 정종우, 김학기 (1991) 벼 직파재배의 잡초와 작물간의 경합 및 방제, 한국잡초학회지 11(3):178~186.
- 최충돈, 문병철, 김순철, 오윤진 (1995) 직파재배답에서의 잡초 및 적미 발생생태, 한국잡초학회지 15(1):39~45.
- 홍석영, 이인중, 김길웅, 신동현, 이정노 (1993) Quinclorac의 작용성에 대한 연구, 한국잡초학회지 13(1):62~70.

**Biological activities of novel quinolinylloxadiazoles**

In Taek Hwang\*, Jung Sub Choi, Kyung Sik Hong, Byung Hoe Lee, Jin-Seog Kim, Eung Kul Ryu, Kwang Yun Cho(Korea Research Institute of Chemical Technology, 305-606, Jang-dong 100, Yusong, Taejon, Korea)

**Abstract :** A novel quinolineoxadiazoles, substituted the carboxylic acid group with 1,2,4-oxadiazole radicle, of KSC-16960 and related compounds were evaluated to examine the herbicidal activity, crop injury and residual effect of after-vegetable crops compared with those of quinclorac (3,7-dichloro-8-quinolinecarboxylic acid), of which use is now banned because of its residual activity to some succeeding vegetable crops. KSC-16960 showed 2- and 3-leaf stages of barnyardgrasses effectively controlled by more than 95 and 90%, respectively, at a rate of 6.25 g/ha. The dose of KSC-16960 controlled 4- and 5-leaf stages of barnyardgrasses by more than 90% were found to be 50 g and 100 g/ha, respectively. The selectivity of KSC-16960 between direct-seeded rice and barnyardgrass was approximately 2-fold higher than that of quinclorac when they were treated to the soil. The selectivity indices of KSC-16960 and of quinclorac between 1-leaf stage of direct seeded rice and 5-leaf stage of barnyardgrass were 44 and 23, respectively, and those between 1-leaf stage of direct seeded rice and 4-leaf stage of barnyardgrass were almost 2-fold higher. Application of KSC-16960 with bentazone exhibited an additive controlling effect on several weed species, but that of quinclorac exhibited an antagonistic effect. With pyrazosulfuron-ethyl, on the other hand, both application of KSC-16960 and quinclorac showed additive interactions. Under a greenhouse condition, the residual activity of KSC-16960 to succeeding tomato plants was approximately 4-fold lower compared to that of quinclorac. KSC-16960 could be substituted for quinclorac, if it will be made some more improvement for reducing residual activity.

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