

## 신규 제초제 후보 화합물 EK-5439의 선택성 및 토양 중 행동특성

황인택\* · 홍경식 · 이병희 · 김형래 · 전동주 · 조광연

한국화학연구원 생물화학연구부, 대전광역시 유성구 장동 100

**요약** : 신규한 벼 제초제 후보화합물 EK-5439 [3-chloro-2-[4-chloro-2-fluoro-5-(5-methyl-3-phenyl-4,5-dihydroisoxazol-5-yl-methoxy)-phenyl]-4,5,6,7-tetrahydro-2H-indazole]의 실용화를 위한 선택성과 토양 중 행동특성을 조사하였다. 직파 벼와 피 간의 선택성은 파종 후 4일 이내에 처리할 경우에 높게 나타났으며, 처리 후 12시간이 경과되면 환수되어도 제초효과의 변동이 일어나지 않았다. EK-5439와 oxadiazon은 모두 토양 중 이동 폭이 5 cm/일의 누수 조건에서 1 cm 이내 이었다. EK-5439의 잔효 반감기는 6.1일 이었고, 동일 조건에서 oxadiazon은 9.6일 이었다. 토양 점토광물 bentonite에 의한 흡착은 oxadiazon에 비하여 상대적으로 큰 것으로 나타났으며 흡착력을 간단하게 평가하는 새로운 방법을 적용하였다. (2004년 7월 23일 접수, 2004년 9월 23일 수리)

### 서 론

제초제를 이용한 잡초방제의 역사 40여년 중에서 최근 15년 사이에 등장한 새로운 제초제의 발전은 특이할 만 하다. 2,4-D로 시작된 유기합성 제초제의 사용은 식량생산성 확보 및 증산에 크게 기여하였다. 그동안 농민들이 선호하는 제초제는 방제할 수 있는 잡초의 종류가 많은 것, 다양한 조건에서도 안정된 효과를 발휘하는 것, 사용 적기의 폭이 넓은 것 등에서 이제는 추가적으로 환경 친화형 제초제로 사용자의 요구가 변화되었다. 이러한 조건을 충족시키면서 재배작물의 종류와 처리방법 및 처리시기에 적합한 다양한 제초제가 개발되어 왔다(권 등, 1986; Lyga et al., 1991; Kearney and Kaufman, 1988; 황 등, 1998; Hay, 1999; Yogo, 2000; Troyer, 2001; Kudsk and Streibig, 2003).

신규 제초제의 개발은 먼저 Me-Too 방법에 의한 모델 화합물을 선정하고 유도체를 합성하여 치환기의 종류와 위치에 따른 제초활성 양상을 분석하게 된다(Henrie et al., 1993; Tamaru and Kimura, 1998; Hwang et al., 2000). 선발된 유망 화합물에 대해서는 적용 작물 선발, 처리시기, 처리량, 처리방법 등의 최적화 작업을

통하여 후보물질을 선발하게 된다. 이어서 제초제의 효력변동요인을 검토하게 되는데 경종적 요인과 환경적 요인으로 크게 구분된다. 예를 들어 묘령, 식부심, 처리시기, 시비량 및 시기, 작부체계 등이 경종적 요인에 해당된다면 환경적 요인에는 수심, 누수량, 토성, pH, 온도, 기후, 환수, 처리제형 등이 이에 해당된다. 때로는 처리된 제초제의 토양 중 행동특성이 제초제의 약해 및 약효 변동에 큰 영향을 주기도 한다. 그러나 다수의 후보물질에 대하여 직접 포장시험을 하기 어렵기 때문에 신규 제초제의 개발과정에서는 이러한 요인들을 인위적으로 조성하여 후보화합물의 특성을 파악하게 된다(Corbin et al., 1971; 임, 1977; Chun and Ma, 1996; Weller et al., 1993; 황 등, 2001; 진 등, 2001).

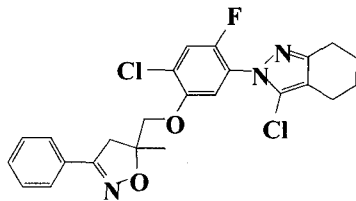
본 연구팀에서는 다양한 구조의 protoporphyrinogen IX oxidase (PPO) 저해제들 중에서 bicyclic pyrazole 유도체 후보화합물 EK-5439 (3-Chloro-2-[4-chloro-2-fluoro-5-(5-methyl-3-phenyl-4,5-dihydroisoxazol-5-ylmethoxy)-phenyl]-4,5,6,7-tetrahydro-2H-indazole (그림 1)을 발명하였다(Ryu et al., 2001). EK-5439는 잡초 발생 전 토양처리에 의해서 1년생 잡초 방제효과가 높고, 벼와 피에 대한 선택성이 매우 우수한 것을 확인하였는데 지금까지 개발된 PPO저해 제초제들 중에서는 보기 드물게 벼농사용 토양처리제로 개발할 수 있는 특성을 가지고 있었

\*연락저자

다. 지금까지 개발된 벼농사용 토양처리 제초제에는 bifenox, oxadiazon, flumioxazin, oxadiargyl 등이 있지만 대부분의 PPO 저해 제초제들은 벼농사용 토양처리제로 사용하는데 제한요소가 많았다(Duke et al. 1991; Hirai et al., 2002). 이들 중 oxadiazon은 국내에서 초기 처리제로 사용되고 있지만 oxadiargyl은 벼에 대한 약해가 너무 심하여 현재까지는 제품화되지 못하고 있는 실정이다.

그러나 안전성이 확인된 제초제의 경우에도 처리환경에 따라 효력이 변동될 수 있기 때문에(강과 변, 1995; 박과 오, 1988; 임 등, 1998), 선발된 후보물질에 대해서는 선택성, 살초스펙트럼, 작용기작, 토양 중 행동 특성, 환경요인에 의한 약효 및 약해변동요인 등 보다 구체적으로 실용적 최적화작업을 하게 된다. 이와 같이 토양 중 행동특성 시험을 수행하는 이유는 포장 시험과 실용화 과정에서의 성공 가능성을 높게 해주기 때문이다.

본 논문에서는 신규 제초제 후보화합물 EK-5439의 실용적 가치를 평가 하고자 토양 중 행동특성으로 환수실험, 토양 입자에 의한 제초제 원제의 흡착, 누수에 의한 유효성분의 용탈, 토양 중에서의 잔효반감기 등을 온실조건에서 기존 제초제 oxadiazon과 비교 조사한 결과를 보고하고자 하였다.



3-Chloro-2-[4-chloro-2-fluoro-5-(3-phenyl-5-methyl-4,5-dihydroisoxazol-5-ylmethoxy)-phenyl]-4,5,6,7-tetrahydro-2H-indazol (EK-5439)

Fig. 1. Chemical structure of EK-5439 tested in this study.

## 재료 및 방법

### 처리시기에 따른 직파 벼와 피 간의 선택성 조사

표면적 150 cm<sup>2</sup>의 플라스틱 포트에 곤죽 시킨 논토양을 담고, 표면에 휴면 각성된 피 종자를 20립씩 파종한 후 혼화되도록 다져주었다. 표면을 정지한 후 발아(1 mm)된 동진벼 종자를 포트 당 5립씩 0.5 cm 깊이로

파종하였다. 파종 후 1, 4, 7, 10일에 제초제를 3 cm 담수 상태에서 점적 처리하고 3주 후 생체중을 측정하여 무처리와 비교하였다. 모든 실험은 28-33°C(주간), 20-26°C(야간)의 온실에서 수행하였고 사용한 제초제 EK-5439 및 oxadiazon은 원제를 용매(아세톤)로 녹이고 tween-20을 0.1% 첨가시킨 증류수로 희석하여 처리농도를 조정하였다. 제초제 처리 용액에 함유된 아세톤의 최종 농도는 50% 이었다.

### 환수 시간별 선택성 변화조사

포트 표면에 피 종자를 20립씩 혼화시키고 표면을 정지한 후 발아(1 mm)된 동진벼 종자를 포트 당 5립씩 0.5 cm 깊이로 파종하였다. 파종 후 3 cm 담수 상태에서 제초제를 점적처리 하고 1, 6, 12, 24 시간 후 처리된 담수 층을 기우려 따라내고 새로운 물로 바꾸어 주었다. 제초효과 및 벼에 대한 약해는 2주 후 잔여 식물체의 생체중을 측정하여 무처리와 비교하였다.

### 점토광물에 의한 흡착과 피에 대한 제초활성 조사

포트 표면에 휴면 각성된 피 종자를 20립씩 혼화시키고 표면을 정지한 후 발아(1 mm)된 동진벼 종자를 포트 당 5립씩 0.5 cm 깊이로 파종하였다. 파종 1일 후 3 cm 담수상태에서 제초제를 처리하였는데, 담수 층을 부피로 환산하여 각 농도별 제초제와 점토광물을 함께 교반 시킨 후 상징액으로 교체하였다. 교체한 상징액은 제초제 원제를 용해시킨 후 bentonite와 함께 250 ml의 Erlenmeyer 플라스크에 넣고(0.05 g/ml) 1, 3, 6시간 동안 60 회/분으로 교반한 후 5,000 xg에서 10분 동안 원심분리 한 것이었다. 제초효과 및 직파 벼에 대한 약해는 제초제 처리 2주 후 달관(0-100)으로 조사하였다.

### 토양 중 수직 이동성 조사

직경 2 mm 토양체를 통과시킨 풍건토양을 1 cm씩 분할 할 수 있도록 자체 제작한 직경 10 cm, 길이 18 cm의 이동 실험용 column(황 등, 1990)에 충전 하고 5 cm의 저면관수 상태로 1일 동안 정치시켰다. 제초제를 담수표면에 점적처리하고 5 cm/day 속도로 1회 용탈시켰다. 토양 column을 해체하고 표층으로부터 1 cm 씩 분할 채토 하여 1회용 컵 포트에 옮겨 담고 표면을 고른 후 최아 시킨 피 종자를 10개씩 이식하였다. 파종 2주 후 이동 폭을 달관조사하고 사진으로 기록을 남겼다.

토양 중 잔효 반감기 조사

표면적 150 cm<sup>2</sup>의 플라스틱 포트에 곤죽 시킨 논토양을 담고 소정의 농도별 제초제를 처리한 후 온실에 정치하였다. 동일한 면적으로 분할한 구역에 순차적으로 발아(1 mm) 된 피 종자 10개를 2일 간격으로 이식하였다. 이식 2주 후 초장을 측정하고 Gerber법(1970)을 기준으로 잔효 반감기를 계산하였다.

결과 및 고찰

처리시기에 따른 직파 벼와 피 간의 선택성 조사

제초제의 효과는 토양 중 행동특성과 같은 환경적 요인은 물론 처리시기에 따라 다르게 나타나는데(김길웅, 1992; 마와 전, 1997; 임 등, 1998; 심 등, 2000), 직파 벼와 피의 생장 시기를 동일하게 한 조건에서 1, 4, 7, 10일 후 EK-5439를 처리한 결과(그림 2), 1일 후 및 4일 후 처리에서는 벼와 피 간의 선택성이 매우 높게 나타났다. 특히 1일 후 처리에서는 처리농도 12.5 g ai/ha에서 피를 완전방제 시키면서 벼에 대해서는 약해를 나타내지 않았지만, 처리 농도를 높여감에 따라 선택성의 폭은 감소되었다. 4일 후 처리에서도 비슷한 경향으로 선택성의 폭이 크게 나타났다. 그러나 7일 후부터는 처리농도 100 g ai/ha에서도 피를 방제하지 못하여 벼와 피 간의 선택성은 나타나지 않았다. 이러한 결과는 직

파 벼 재배지에서도 이용할 수 있음을 시사하며, 적정 처리 시기는 씨레질 및 파종 후 5일 이내로 잡초가 많이 자라지 않은 상태에서 처리하여야 할 것으로 생각되었다. 대조 약제로 사용하였던 oxadiazon의 경우에도 1일 후와 4일 후에 벼와 피 간의 선택성이 나타났지만 EK-5439에 비하여 선택성의 폭이 작게 나타났다. 생장 시기가 동일한 조건에서 벼와 피 간의 선택성을 나타내는 제초제는 많지 않다. 대표적인 예로 propanil을 들 수 있는데 선택성의 원인은 벼의 체내에 무독화 효소 arylacylamidase가 많이 존재하기 때문인 것으로 알려져 있다(Ashton and Crafts, 1981; Kearney and Kaufman, 1988; 이 등, 1996). 그러나 EK-5439처리 시 벼와 피 간의 선택성은 propanil과 같이 대사속도에 의해 나타나는 것이 아니라 처리 층과 종자의 위치 차이에서 나타나는 것으로 판단된다.

즉, 토양 표층에 혼화되어 있는 피는 발아 후 유아부가 처리 층을 뚫고 나오지만 벼는 종자의 크기가 피에 비하여 크기 때문에 처리층 위에 위치하거나 초엽에 의해 일정부분 보호 받기 때문인 것으로 판단된다(Hirai et al., 2002).

환수 시간별 선택성 변화조사

선진국에서 상품으로 개발된 제초제들도 처리환경에 따라 약해를 유발하거나 약효가 감소되는 경우가 있다

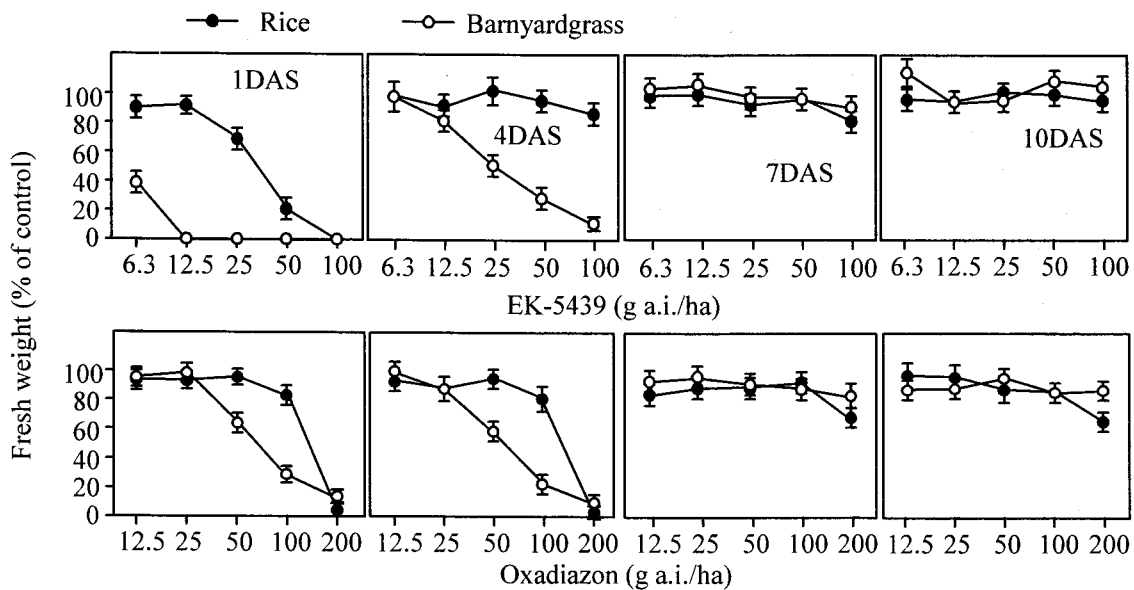


Fig. 2. Effect of application time on the selectivity between direct-seeded rice and barnyardgrass treated with EK-5439 and Oxadiazon. Data are means ± SE of 3 replications.

(강과 변, 1995; 박과 오, 1988; 임 등, 1998). 제초제를 처리한 후 강우나 물 관리사고 등에 의해서 담수 층이 범람할 경우 효력이 변동 될 수 있는데 이와 유사한 상황을 인위적으로 제공하였다. 즉, 온실 조건에서 풋트에 제초제를 처리하고 1, 6, 12, 24 시간 후 처리된 담수 층을 새로운 물로 교환 하였다. 교환하지 않은 대조구와 비교할 경우 제초제 처리 6시간 이내에 환수시키면 약효와 약해가 모두 감소되는 경향이였다(그림. 3). 즉, 환수 시키지 않은 EK-5439의 100 g ai/ha처리에서 벼와 피의 생체 중을 100% 저해하였지만 1시간, 6시간 후에 환수시키면 벼에 대한 약해는 물론 피에 대한 제초효과가 감소되었다. 즉, EK-5439의 100 g ai/ha처리에서 1시간, 6시간 후에 환수시키면 벼의 생육이 각각 40, 20%씩 성장하였다. 그러나 EK-5439의 100 g ai/ha처리에서 12시간 이후에 환수시키면 환수시키지 않은 무처리와 동일한 생물활성을 나타내었다.

한편, 대조 약제로 사용하였던 oxadiazon도 유사한 경향이였지만 12시간 이내에 환수시키면 벼에 대한 약해는 물론 피에 대한 제초효과가 감소되었다. 그러나 24시간 이후에 환수시키면 환수시키지 않은 무처리와 동일한 생물활성을 나타내었다.

이와 같이 EK-5439를 제초제로 처리한 후 안정된 제

초활성을 나타내는데 소요되는 시간이 12시간으로 짧다는 것은 제초제 처리 후 예상치 못할 환경변화에 적합하게 대처할 수 있다는 장점을 가지고 있는 것이다. 물론 제형화 과정을 거치면서 약점을 보완해서 효력을 더욱 증진 시킬 수 있겠지만(McKinlay et al., 1972; Derting, 1987; 문과 김, 1998) EK-5439는 실용화에 유리한 장점을 이미 보유하고 있다는 것을 의미하였다.

점토광물에 의한 흡착과 피에 대한 제초활성 조사

일반적으로 담수 상태의 토양에 처리된 제초제는 물에 용해되면서 여러 가지 요인에 의해 불활성화 되는데 그 요인으로는 광분해, 휘산, 용탈, 생물학적 화학적 분해 등이 있다. 증기압이 높거나 흡착력이 낮은 제초제는 휘산이나 용탈에 의한 소실 경향이 높으며 흡착 및 광분해가 쉬운 제초제는 토양표면에서 쉽게 분해될 수 있는데 약제가 토양에 흡착되면 광분해는 거의 일어나지 않는다(Goring and Hamaker, 1972; 이재구, 1974; Brown, 1978; Hance, 1980; Hartley and Graham-Bryce, 1980; 황 등, 2001). 이 때문에 농약 등록 시 우리나라에서는 토양 분해성 시험결과를 첨부하도록 되어 있으며 유럽의 대부분 국가에서는 이와 더불어 토양 중 흡착성 및 이동성의 결과도 첨부하도록 되어 있다. EK-5439

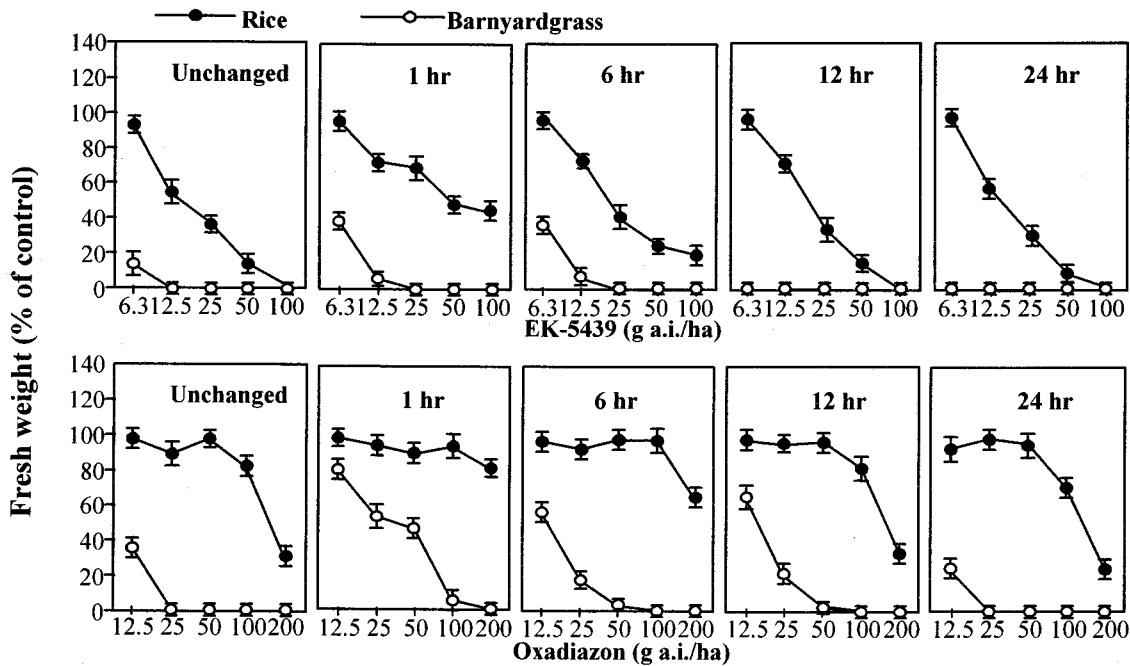


Fig. 3. Effect of standing-water exchanging on the selectivity between direct-seeded rice and barnyardgrass treated with EK-5439 and oxadiazon. The standing water was exchanged with same volume of fresh water at 1, 6, 12, 24 hrs after application. Data are means  $\pm$  SE of 3 replications.

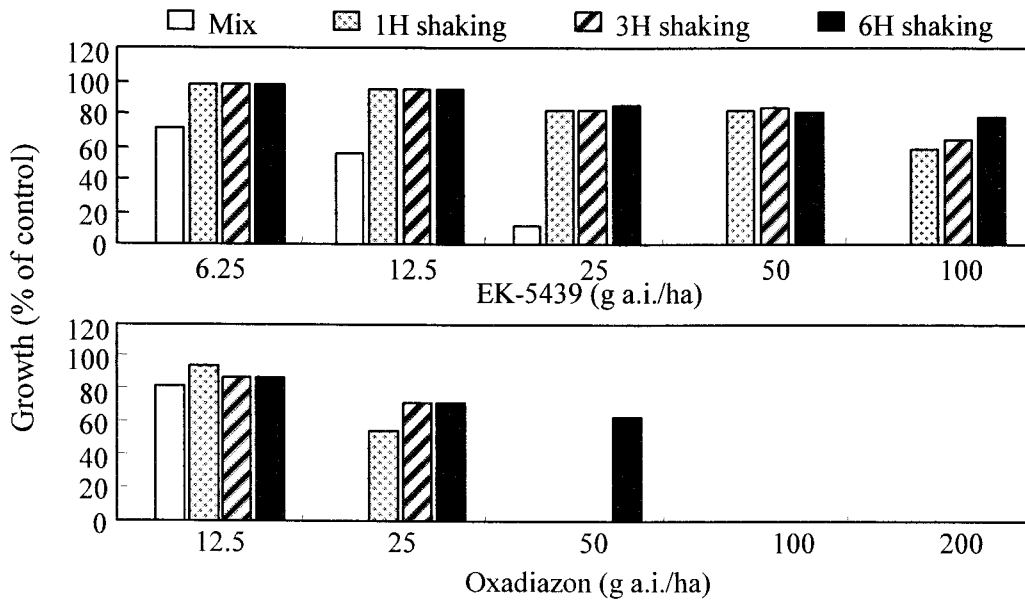


Fig. 4. Barnyardgrass control efficacy of EK-5439 and oxadiazon after shaking with bentonite.

의 토양 점토광물에 의한 흡착력을 조사하기 위하여 제초제 용액을 bentonite와 같은 점토광물과 함께 교반시킨 후 점토광물을 제거시키고 용액만을 처리하여 제초효과를 조사하였다. 피를 파종한 포트에 1시간 동안 bentonite와 함께 교반시킨 후 원심 분리한 상정액을 처리하였을 경우 제초효과는 크게 감소하였다(그림 4). EK-5439를 6.25~12.5 g ai/ha로 처리할 때 피에 대한 방제효과는 100%이었으나 bentonite와 함께 1시간만 교반하여도 흡착에 의한 불활성화로 인하여 EK-5439의 제초효과는 무처리와 유사하였다. 처리량 50 g ai/ha에서도 1시간의 교반 시에 무처리의 80% 정도까지 회복되었고, 처리량 100 g ai/ha에서 1, 3, 6시간으로 교반시간이 증가됨에 따라 흡착에 의한 불활성화가 현저하게 진행되어 각각 무처리의 60, 70, 80%까지 회복되었다. 그러나 oxadiazon은 EK-5439에 비하여 bentonite에 의한 약효감소가 적은 것으로 나타났다. 즉, 25 g ai/ha 처리 시 교반시간이 증가함에 따라 흡착 불활성화가 증가하여 무처리의 50~70% 수준의 성장을 보였으나 50 g ai/ha 처리에서 1~3시간동안 교반할 경우에는 교반하지 않은 경우와 같이 100% 수준의 방제효과를 보였으나 6시간 교반에서 무처리 60% 수준의 성장율을 보였다. 또한 100~200 g ai/ha 의 처리에서는 6시간의 교반 시에도 흡착에 의한 제초효과의 감소는 나타나지 않았다. 이러한 시험방법은 제초제의 토양 중 흡착에 의한 불활성화 정도를 간편하게 측정하는 좋은 방법으로 생각

되었다. 또한 필요에 따라 토양 점토광물의 종류를 다양하게 적용할 수 있으며, 원심분리기와 shaker만을 이용하기 때문에 복잡하지 않을 것이다. 본 시험방법에 의한 결과를 기기분석을 통한 흡착량과 연계하여 비교 분석한다면 보다 정확한 시험방법이 확립될 수 있을 것으로 생각된다.

#### 토양 중 수직 이동성

EK-5439와 oxadiazon의 이동성 시험을 5 cm/day 속도로 1회 용탈시키는 조건에서 비교한 결과 두 약제는 모두 표층부로부터 1 cm까지 이동되는 것으로 확인되었다(그림 5). 토양에 처리된 제초제의 대부분은 토양에 의해 흡착되지만 흡착되지 않은 유효성분은 토양수에 용해되어 집적유동(mass flow)을 한다(Dubach, 1971; Goring, 1972; Hamaker, 1976; Walker et al., 1996). 집적유동은 전후좌우의 횡적 이동에 의한 확산과 수직 방향의 이동인 용탈이 있다. 처리된 제초제의 토양 중 수직 이동성 즉 용탈은 확산과 함께 유효성분의 물리적 소실 요인으로 작용하게 되기 때문에 약효 및 약해 변동요인으로 중요한 역할을 한다. 따라서 신규 등록을 위한 지역적응시험은 물론 신규 제초제 개발을 위한 최적화 시험에서 필수적으로 수행하게 된다. 그러나 수직 이동성은 제초제의 물리화학적 성질은 물론 집적유동의 양과 속도에 크게 영향을 받는다. 즉, 일반적으로 제초제의 수직 이동 폭은 집적유동수의 양과 속도에

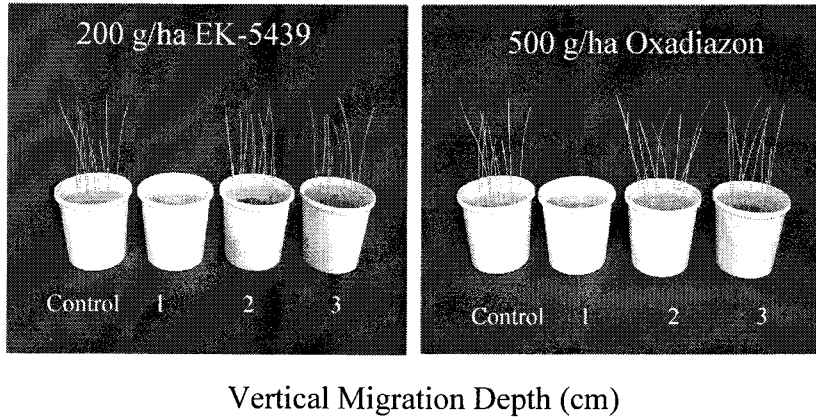


Fig. 5. Pictures showing the growth of barnyardgrass on the soil columns treated with EK-5439 and oxadiazon. The soil columns were segmented into a depth of 1cm after leaching the herbicides.

비례하지만 토양에 의한 흡착력에 반비례한다(Goring, 1972; Brown, 1978; Hance, 1980; Hartley and Graham-Bryce, 1980; 한 등, 1998). 따라서 지하수 오염에 대한 가능성과 대상 잡초의 발생부위를 고려할 때 수직 이동성은 목적에 따라 조절되어야 한다. 그러나 제초제 사용 장면을 인위적으로 조절할 수 없으며, 지역과 계절에 따라 다양하게 변화되기 때문에 표준 시험조건을 적용하여 상대적인 이동성을 측정하게 된다. 본 시험 결과 시험약제 EK-5439의 수직 이동 폭 1 cm는 1년생 잡초의 방제를 위하여 농밀한 처리층을 형성하는데 적합한 이동 특성을 지닌 것으로 생각되었다.

토양 중 잔효 반감기 조사

EK-5439의 잔효반감기는 6.1일이며 oxadiazon은 9.6일로 나타났다(그림 6). 처리된 제초제가 토양 중에서 점차 소멸되는 과정에서 대상 잡초를 방제할 수 있는 절대량이 부족하게 된다. 만일 처리한 제초제의 약효지속기간이 매우 길면 한번 처리로서도 작물 재배기간 동안 잡초를 지속적으로 방제할 수 있지만, 작물과 환경에 장기간 잔류할 가능성이 높아지게 된다. 반대로 약효지속기간이 너무나 짧으면 환경에 대한 영향이 감소되는 반면 효과적인 잡초방제를 기대할 수 없게 된다. 약효지속기간은 재배작물과 처리장면의 환경변화

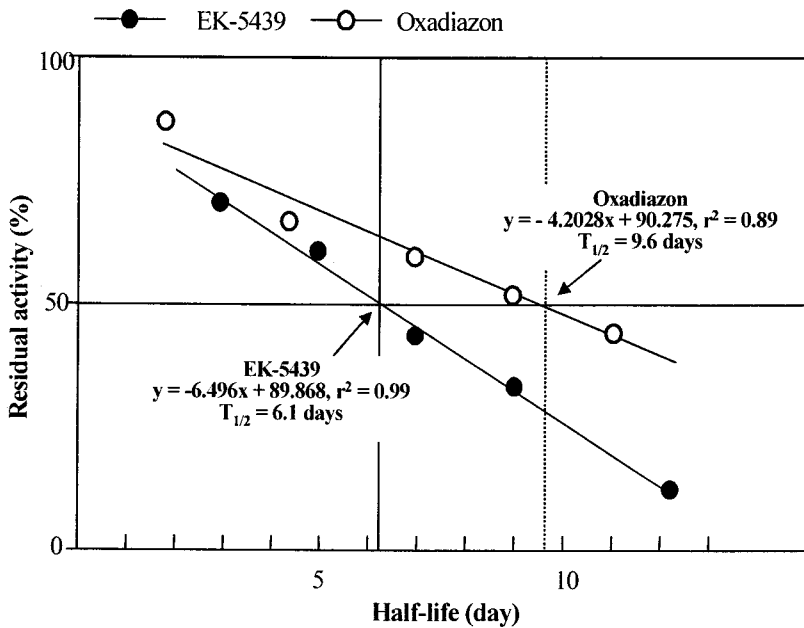


Fig. 6. Half-life for Herbicidal Efficacy of EK-5439 and Oxadiazon under Paddy Condition in a Glasshouse.

에 따라 다양하게 측정되기 때문에 잔효반감기를 표준으로 하고 있다(Brown, 1978; Hance, 1980; Hartley and Graham-Bryce, 1980). 즉, 처리한 제초제의 잔효반감기는 대상 잡초를 방제하는 능력이 1/2로 감소되는 기간을 의미하며 이때의 잔효반감기는 실제 장면의 다양성을 배제시키고 특정 조건에서 제초제의 능력만을 조사하는 것이기 때문에 이를 기준으로 실제 장면에 적합한 처리량을 적용시킬 수 있는 것이다.

본 실험 결과에서 나타난 바와 같이 EK-5439의 잔효반감기가 6.1일이며, 대상 잡초 피를 100% 방제할 수 있는 양이 6.25 g ai/ha라고 한다면 적합한 처리량과 방제 가능기간을 이론적으로 계산할 수 있다. 실험조건과 동일한 포장에서 100 g ai/ha로 처리할 경우 반감기 6일 후에는 50 g ai/ha의 처리효과를 발휘하며, 다시 6일 후에는 25 g ai/ha의 처리효과를 발휘하게 된다. 따라서 피를 100% 방제할 수 있는 6.25 g ai/ha의 처리효과를 발휘하게 되는 데에는 24일이 걸린다. 즉, EK-5439를 100 g ai/ha로 처리할 경우 이론적으로 24일 동안 피를 100% 방제할 수 있다는 것이다. 이와 같이 처리되는 양과 처리환경을 감안하면 포장에서의 잔효지속기간을 예측할 수 있는 것이다.

### 인용문헌

- Ashton, F.M. and A.S. Crafts (1981) Mode of action of herbicides. 2nd Ed. J. Wiley & Sons, New York. p.34.
- Bradford, M.M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248~53.
- Brown, A.W.A. (1978) Ecology of pesticides. J. Wiley and Sons, New York. p.325.
- Chun, J.C. and S.Y. Ma (1996) Herbicidal property and soil behaviour of a new herbicide azimsulfuron. *Korean J. Environ. Agric.*, 15(4):501~505.
- Corbin, F.T., R.P. Upchurch and F.L. Selman (1971) Influence of pH on the phytotoxicity of herbicides in soil. *Weed Sci.* 19:233~239.
- Derting, C.W. (1987) Wiper application. In "Methods of Applying Herbicides" C.G. McWhorter and M.R. Gebhardt(eds). *Weed Sci. Soc. of America Monograph No. 4. Champaign. IL.*
- Dubach, P. (1971) Dynamics of herbicides in the soil. CIBA-GEIGY, Ltd., Basle, Switzerland. p.20
- Duke S.O., J. Lydon, J.M. Becerril, T.D. Sherman, L.P. Lehen and H. Matsumoto (1991) Protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides, *Weed Sci.* 39:465~70.
- Gerber H.R., P. Ziegler and P. Dubach (1970) Leaching as a tool in the evaluation of herbicide. *Proc. 10th Br. Weed Conf.* 118 .
- Goring, C.A.I. and J.W. Hamaker (eds) (1972) Organic chemicals in the soil environment. Vol. I and II. M. Dekker, Inc., New York.
- Hamaker, J.W. (1976) Mathematical prediction of cumulative levels of pesticides in soil. pp.122~131. In "Organic pesticides in the environment." R.F. Gould (ed). *Adv. in Chem. Series 60. Amer. Chem. Soc., Washington, D.C.*
- Hance, R.J., (ed) (1980) Interactions between herbicides and soil. Academic Press, New York. p.349
- Hartley, B.S. and I.J. Graham-Bryce (1980) Physical principles of pesticide behavior. Vol. 2. Appendix 5. Academic Press, New York. p.93.
- Hay, J. V. (1999) Herbicide discovery in the 21st century - a look into the crystal ball. Special Publication - Royal Society of Chemistry, 233(Pesticide Chemistry and Bioscience):55~65.
- Henrie, R. N., M. J. Plummer, S. E. Smith, W. H. Yeager and D. A. Witkowski (1993) Discovery and optimization of a PSI electron-accepting 1,2,4-benzotriazine herbicide. *Quantitative Structure-Activity Relationships*, 12(1):27~37.
- Hirai, K., A. Uchida and R. Ohno (2002) Major synthetic routes for modern herbicide classes and agrochemical characteristics. pp.255~278, *In Herbicide classes in development* (ed. Böger, P. and Wakanayashi, K.), Springer, Berlin.
- Hwang, I.T., Y.K. Ko, T.J. Kim, D-W. Kim and K.Y. Cho (2000) Structure-Activity Relationships of Acetolactate Synthase Inhibition among New Benzene sulfuonylureas in Rice(*Oryza sativa*) and Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola*). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 68:166~172.
- Kearney, P.C. and D.D Kaufman (1988) *Herbicides.*

- Chemistry, degradation, and mode of action. 403p. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Kudsk, P. and J.C. Streibig (2003) Herbicides - a two-edged sword. *Weed Research*, 43(2):90~102.
- Lyga J.W., R.M. Patera, G. Theodoridis, B.P. Halling, F.W. Hotzman and M.J. Plummer (1991) Synthesis and quantitative structure-activity relationships of herbicidal N-(2-fluoro-5-methoxyphenyl)-3,4,5,6-tetrahydrophthalimides, *J. Agric Food Chem.* 39:1667~1673.
- McKinlay, K.S., S.A. Brandt, P. Morse and R. Ashford (1972) Droplet size and phytotoxicity of herbicides. *Weed Sci.* 20:450~452.
- Ryu, E.K., D.J. Jeon, J.H. Song, H.R. Kim, J.N. Lee, K.M. Kim and K.Y. Cho (2001) Herbicidal 2-(5-Isloxazolinemethoxyphenyl)-4,5,6,7-tetrahydro-2H-Indazole and Their Related Derivatives, Korean Pat. 0289470.
- Tamaru, M. and Y. Kimura (1998) Synthetic approach for discovery and development of novel rice herbicide, pyriminobac-methyl. *Yuki Gosei Kagaku Kyokaiishi*, 56(10):863~870.
- Troyer, J. R. (2001) In the beginning: the multiple discoveries of the first hormone herbicides. *Weed Science* 49(2):290~297.
- Walker, A., S.J. Welch, A. Melacini and Y.H. Moon (1996) Evaluation of three pesticide leaching models with experimental data for alachlor, atrazine, and metribuzin. *Weed Res.* 36:37~47.
- Weller, S.C., F.D. Hess, J.R. Abernathy, A.P. Appleby, G.F. Warren, J.H. Dawson, R. Liebl, J.L. Ahlrichs, T.N. Jordan, G.E. Van Scoyoc, G.E. Ruhl, D.I. Leap, H.A. Holt, C.S. Throssell, D.C. Thill, D.R. Griffith and P.A. Banks (1993) *Herbicide Action*. p.621. Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- Yogo, Y. (2000) Challenge to discovery of novel action site of herbicides. *Nippon Noyaku Gakkaishi*, 25(3):276~280.
- 강태구, 변종영 (1995) 벼와 잡초에서 온도조건에 따른 Bensulfuron의 흡수, 이행 및 대사. *한국잡초학회지*, 15(4):321~328.
- 권용웅, 조광연, 소창호, 이강휘, 조용섭 (1986) 제초제 연구동향과 신규 제초제 개발전망. *한국잡초학회지* 6(1):138~148.
- 김길웅 (1992) 제초제 약해발생 양상과 경감대책. *한국잡초학회지* 12(3):261~270.
- 마상용, 전재철 (1997) Fenoxaprop-ethyl의 초종별 제초 활성 변이를 유발하는 생리적 요인. *한국농약과학회지* 1:52~60.
- 문영희, 김영석 (1998) 토양중 제초제 Napropamide의 흡착 및 분해특성. *한국잡초학회지*, 18(3):257~261.
- 박영선, 오병열 (1988) 농약의 안전성과 합리적인 사용법. *식물보호와 조절* 3:3~27.
- 심상인, 정우식, 이상옥, 강병화 (2000) 수종 토양처리 제초제의 처리량과 약효간의 관계. *한국잡초학회지* 20(1):9~16.
- 양환승, 문영희, 최연철, 최은석 (1990) Dithiopyr (MON-7200)의 제초작용 특성에 관한 연구. 3. 토양 중에 있어서 Dithiopyr의 이동과 잔효. *한국잡초학회지* 10(1):37~40.
- 이재구 (1974) 모조환경조건하에서 치환 diphenyl ether 제초제의 광분해에 관한 연구. *한국농화학회지*, 17(3):149~125.
- 이희재, 황인택, 조광연 (1996) 제초제와 식물생리, 번역서, (주)서울외국서적 p.217
- 임일빈, 臼井健二, 조수연 (1998) 직파 벼의 제초제 약해 요인과 회복연구. 3. 비료 3요소에 따른 약해발생 특성. *한국잡초학회지* 18(1):12~19.
- 임선욱 (1977) 토양 중에서 농약의 동태에 관한 연구. *한국농화학회지*, 20(3): 310~315.
- 전동주, 박관용, 김영미, 김형래, 송종환, 황인택, 유용걸 (2001) 새로운 2-(5-Propargyloxyphenyl)-4,5,6,7-tetrahydro-2H-indazole의 합성과 제초활성. *한국농약과학회지* 5(4):68~71.
- 한수곤, 안병구, 문영희 (1998) 토양 중 fenoxaprop P-ethyl의 흡착성 및 이동성. *한국잡초학회지* 18(4):325~332.
- 황인택, 구석진, 홍경식, 조광연 (1990) 제초제의 토양 중 수직이동성 검정. *한국잡초학회지*, 10(1):30~36.
- 황인택, 문영희, 한성수, 전재철 (2001) 제초제와 환경. *한국잡초학회지* 21(2):146~166.
- 황인택, 최정섭, 홍경식, 유주현, 김진석, 조광연 (1998) Benzenesulfonylurea계 화합물 KSC-13906의 약해발생 요인 및 경감방법. *한국잡초학회지* 18(3):225~236.



---

**Selectivity and behaviour of EK-5439 in the soil as a candidate for rice herbicide**

Hwang I.T.<sup>\*</sup>, K.S. Hong, B.H. Lee, H.R. Kim, D.J. Jeon, K.Y. Cho(*Korea Research Institute of Chemical Technology, Yusong, Taejon 305-606, Korea*)

**Abstract :** The characteristics of the experimental compound EK-5439 [3-Chloro-2-[4-chloro-2-fluoro-5-(5-methyl-3-phenyl-4,5-dihydroisoxazol-5-yl-methoxy)-phenyl]-4,5,6,7-tetrahydro-2H-indazole] was investigated to characterize as a new herbicide to use in rice field. The selectivity between rice and barnyardgrass was very good when treated from 0 to 4 days after seeding under soil application. In the overflowing experiment, herbicidal efficacy of EK-5439 was stabilized 12 hrs after application. Vertical migrations in submerged paddy soil of EK-5439 and oxadiazon were equally observed below a soil depth of 1 cm under 5 cm/day leaching condition. Half-lives for herbicidal efficacy of EK-5439 and oxadiazon were 6.1, and 9.6 days, respectively, under submerged paddy condition. EK-5439 showed rapid adsorption to the soil clay, such as bentonite.

Key words : adsorption, behaviour, EK-5439, half-life, overflowing, vertical migration.

---

\*Corresponding author (Fax.; +82-42-860-7447, E-Mail : ithwang@kriect.re.kr)