

[※ 본 논문은 2005년 한국잡초학회 춘계학술발표 특강으로 발표되었으며 학회기술상을 수상하였음.]

신제초제 Pyribenzoxim의 개발*

구석진^{1*}, 임재석, 조군호, 김도순, 황기환, 이종남

Development of the New Herbicide Pyribenzoxim[※]

Suk Jin Koo^{1*}, Jae Suk Lim, Goon Ho Joe, Do-Soon Kim
Ki Hwan Hwang and Jong Nam Lee

ABSTRACT Pyribenzoxim {benzophenone *O*-[2,6-bis[(4,6-dimethoxy-2-pyrimidinyl)oxy]benzoyl] oxime} is a new rice herbicide discovered and developed by LG Life Sciences Ltd., Korea. This paper summarizes the published literature and other technical information on biological properties, mode of action, selectivity, toxicology, and metabolism etc. of pyribenzoxim and updates the current status of global development.

Key words: pyribenzoxim.

발명 및 합성법

제초제 피리벤족심(Pyribenzoxim)은 피리미딘일 옥시 벤조산계통에 속하는 화합물로, 1993년 국내의 에 물질특허를 출원하였다(Hur 등 1996). LG생명과학(당시 럭키)에서는 이 계통에서 기존에 알려진 물질들이 작물 선택성이 충분치 못함에 착안하여 벼에 대한 안전성을 현저히 개선할 목적으로 구조를 변형하여 선발 피리벤족심(code 명 : LGC-40863)을 발명하게 되었다. 피리벤족심은 동 계통에서 먼저 개발된 비스피리박 소듐(bispyribac-sodium) 등 선행물질에 비해 벼에 대한 선택성이 현저히 개선된 점이 가장 돋보이는 진보성이다(아래 참고). 1996년에 미국 등 여러나라에 물질특허를 획득하였으며, 2013년까지 보호되어 있다. 피리벤족심의 합성 과정은 그림 1

에 나타난 경로로 이루어진다(강 등 2000).

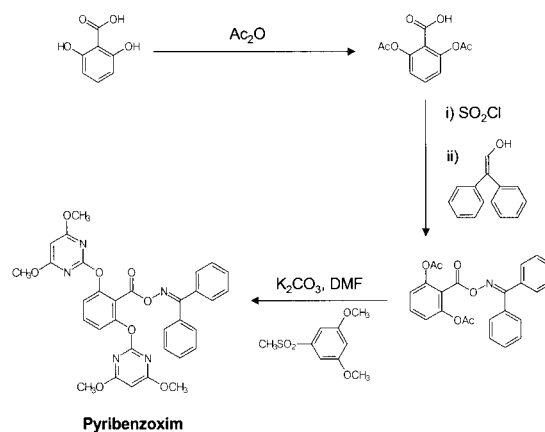


Fig. 1. Structure and synthesis of pyribenzoxim (Koo et al. 1997).

¹ LG생명과학기술원, 305-380 대전광역시 유성구 문지동 104-1, 유성우체국 사서함 61(LG Life Sciences Ltd., Research Park, 104-1 Moonji-dong, Yuseong, Daejeon 305-380, Korea).

* 연락저자(corresponding author) : Phone) 042-866-2338, Fax) 042-863-0239, E-mail) sjkoo@lgls.co.kr

(Received November 30, 2005; Accepted December 5, 2005)

제품 특성

이화학적 특성

피리벤족심의 원제는 표 1에 요약한 바와 같이 백색분말상이며 수용해도가 낮은 지용성 물질이다.

Table 1. Physicochemical properties of pyribenzoxim technical ingredient.

Molecular weight	609.59	
Appearance, color, state	Odorless white powder	
Melting point	114.5°C	
Vapor pressure	0.917 mPa at 25°C	
Density	0.6053 g/cm ³ at 25°C	
Octanol partition coefficient	LogP=1.50 at 20°C	
pH	6.04 at 20°C	
Solubility in	Water	0.16 mg/L
	Acetone	7.3 g/L
	Methanol	2.15 g/L

기초 생물활성

온실스크리닝에서, 피리벤족심은 발아 후 처리(파종 후 10~20일)로 벼, 밀, 한국들잔디에 안전성을 가지며, 콩, 목화, 옥수수 등에는 심한 약해를 유발하여 선택성이 없었다. 잡초 스펙트럼에서는 약량 20~30g ha⁻¹ 수준에서 독새풀, 피 등 화분과 잡초와 자귀풀, 개비름, 가막사리, 엉겅퀴, 갈퀴덩굴 등 다양한 광엽잡초를 방제하는 특성을 보였다(Koo 등 1997).

발아전(pre-emergence) 처리에서는 잡초, 작물 불문 거의 효과가 인정되지 않아, 피리벤족심은 발아후 경엽처리에 의해서만 활성을 보이는 제초제였다.

Application window

발아 후 경엽처리에 의한 제초효과만 있었으므로 처리 가능 시기를 피를 이용하여 알아 본 결과 2.5엽기에서는 5g ha⁻¹에서도 90%의 방제력을 보였고, 피의 생육기가 진전됨에 따라 소요되는 약량이 높아지지만 30g ha⁻¹ 약량에서는 분얼기의 피도 방제가 되어 피리벤족심은 처리가능시기 폭이 매우 넓은 것을 확인하였다(Koo 등 1997).

Table 2. Herbicidal activity of pyribenzoxim by post-emergence application in a greenhouse condition (Koo et al. 1997).

Species	Rate (g ha ⁻¹)						
	2.5	5	10	15	20	30	40
(%) ^a							
Crops							
<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	0	20	30	70	80	80	90
<i>Gossipium hirsutum</i> L.	0	0	10	20	40	40	50
<i>Oryza sativa</i> L.	0	0	0	0	0	0	10
<i>Triticum aestivum</i> L.	0	0	0	0	0	0	10
<i>Zea mays</i> L.	0	0	30	50	70	90	90
<i>Zoysia japonica</i> Steud.	0	0	0	0	0	0	0
Grass Weeds							
<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds.	0	0	20	70	80	100	100
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	30	50	30	50	50	70	70
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	0	0	40	60	60	90	100
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	10	50	90	90	100	100	100
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	40	60	70	100	100	100	100
<i>Poa annua</i> L.	0	0	0	20	40	40	80
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	0	0	0	20	60	60	70

Table 2. continued.

Species	Rate (g ha ⁻¹)						
	2.5	5	10	15	20	30	40
(%) ^a							
Broadleaf Weeds							
<i>Abutilon theophrasti</i> Medicus	0	0	10	10	40	50	60
<i>Aeschynomene indica</i> L.	10	30	80	80	100	100	100
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	10	30	80	80	100	100	100
<i>Bidens frondosa</i> L.	0	10	30	80	90	90	100
<i>Cassia obtusifolia</i> L.	0	30	50	50	60	70	80
<i>Chenopodium album</i> L.	0	0	0	20	20	40	40
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	60	70	70	80	90	100	100
<i>Convolvus arvensis</i> L.	0	0	40	40	50	60	60
<i>Galium aparine</i> L.	20	40	30	60	80	100	100
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	0	0	0	20	20	50	50
<i>Polygonum hydropiper</i> L.	0	20	60	70	80	90	100
<i>Portulaca oleracea</i> L.	0	30	30	40	50	60	70
<i>Rumex japonicus</i> Houtt.	0	0	40	60	60	90	100
<i>Sesbania exaltata</i> (Raf.) Rydb. ex A. W. Hill	0	20	30	50	80	100	100
<i>Sida spinosa</i> L.	0	0	0	30	40	40	50
<i>Solanum nigrum</i> L.	10	40	90	90	100	100	100
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	0	40	80	100	100	100	100
<i>Taraxacum officinale</i> Webber and Wiggers	0	20	30	30	50	60	60
<i>Viola tricolor</i> L.	0	0	0	20	20	60	60
<i>Xanthium strumarium</i> L.	40	60	80	80	90	90	90

^aVisual rating at four weeks after treatment, where 0 indicates no visible effect and 100 indicates complete death of plants.

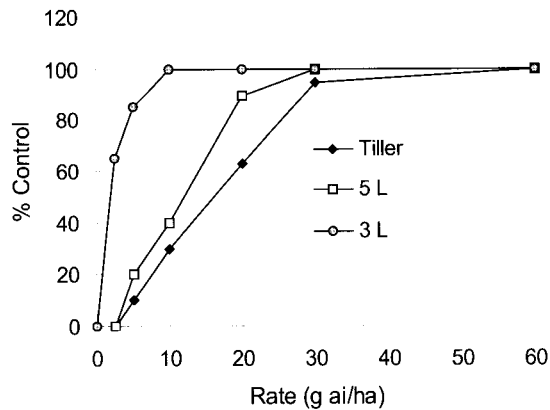


Fig. 2. Control of barnyardgrass by pyribenzoxim at various growth stages (Koo et al. 1997).

적용성

이러한 기초적 생물활성 특성에 따라 실제 적용장면을 검토해본 결과, 벼의 경우는 직파재배에 피 2~4

엽기 경엽처리, 또는 직파, 이앙벼 포함하여 후기 경엽처리제로 사용하였을 때 높은 적용성이 있었고, 잔디의 경우는 한국들잔디(*Zoysia japonica*) 뿐만 아니라 금잔디(*Zoysia matrella*), bentgrass, perennial ryegrass 등에서도 안전성이 높았고, 방제가 어려운 새포아풀(*Poa annua*)에 대한 효과도 높은 것이 확인되었다. 한편, 밀, 보리 등에서는 실제 포장에서 효과 및 작물 안전성이 지역에 따라 편차가 심하여 적용이 불가능하지는 않으나 안정적이지 못하였다.

작용기작 및 선택성 기작

피리벤족심이 속하는 피리미딘일 벤조산계통은 설폰닐우레아, 이미다졸리논 등과 마찬가지로 식물의 ALS을 저해하는 것으로 알려져 있다(Takahashi 등 1991; Hanai 등 1993). 피와 벼에서 추출한 ALS의 *in vitro*

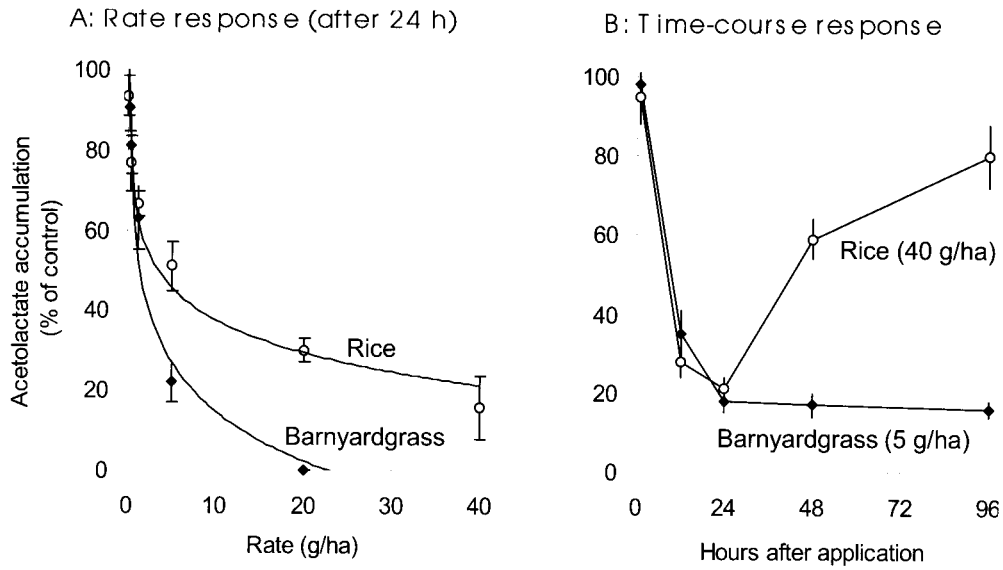


Fig. 3. *In vivo* inhibition of acetolactate synthase by pyribenzoxim in rice and barnyardgrass (Lim et al. 1997a). Each data point represents mean±SD of 4 replicates.

assay에서 피리벤족심은 설폰닐우레아인 chlorosulfuron 과 유사하게 non-competitive형의 저해를 보였으며, I_{50} 값은 imidazolinone계의 imazapyr와 유사한 $14\sim 16\mu\text{M}$ 수준이었다. 벼와 피의 ALS 간에는 민감도의 차이가 거의 없어 선택성은 target site와 무관한 것으로 보였다(구 2002; 배 등 1997).

한편, *in vivo* 상에서 벼와 피의 ALS 저해양상을 조사해본 결과 벼와 피 간에는 상당한 정도의 약량반응 차이가 인정되었다(그림 3A). 그러나 실제약량인 $20\sim 30\text{g ha}^{-1}$ 수준에서 벼에서도 저해수준이 70% 정도나 되었으므로 이 차이가 벼에 대한 안전성을 설명한다고 하기 어려웠다. 이러한 ALS 저해반응을 경시적으로 살펴본 바, 벼와 피에서 공히 처리 후 24시간 내에 빠른 저해가 일어나지만, 벼에서는 이후 약 96시간(4일)에 걸쳐 점차 회복되어 정상이 되었고, 피에서는 이러한 회복이 전혀 일어나지 않았다(그림 3B). 특히 벼에서의 회복은 40g ha^{-1} 수준에서 일어나는데, 피에서는 5g ha^{-1} 에서도 일어나지 않아 선택성을 잘 설명하고 있다. 따라서 벼의 안전성은 1차 ALS가 저해되었다가 이후 회복에 의한 것을 알 수 있었다(Lim 등 1997a). 회복작용에 관여하는 생화학적 기작은 자세히 밝혀지지 않았다.

피리벤족심을 처리한 후 식물에서 나타나는 외관

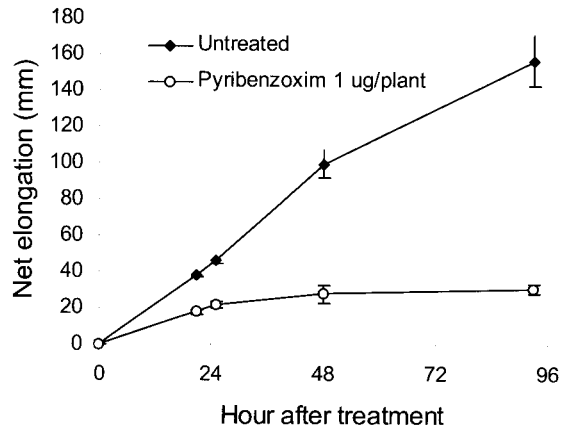


Fig. 4. Time-course elongation of newly-elongating leaf (the 4th) of barnyardgrass with or without pyribenzoxim application. Topical herbicide application was made by syringe on the 3rd leaf, and the net growth of the 4th leaf was measured. Each data point represents mean±SD of 10 single-plant replicates.

반응으로는 빠른 생육저해와 뒤 이은 황화현상이다. 피의 경우 피리벤족심을 처리하면 신엽 추출이 빠른 속도로 저해되는데, 이 반응은 처리후 24시간 내에 측정된다(그림 4). 황화현상은 국부적인 피사없이 식물체가 전체적으로 서서히 색이 얼어지는 양상이며 약제처리 후 3~5일 경에 확인해진다. 이후는 식물체가 서서히 죽어가는 과정인데 온도와 수분조건에 따

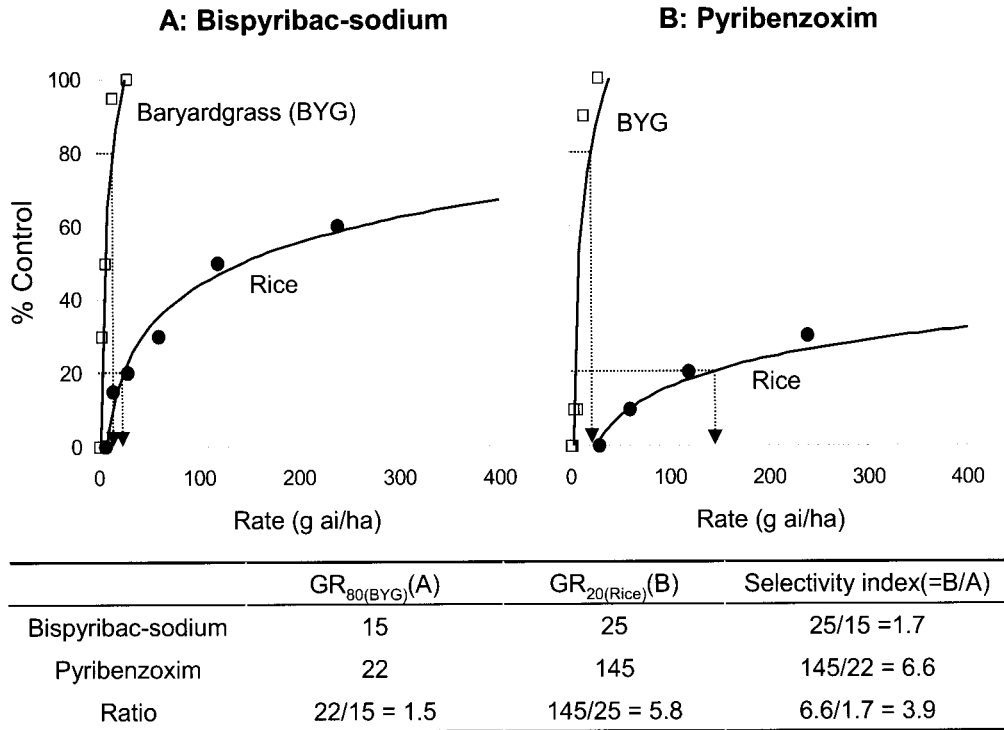


Fig. 5. Rate responses of rice and barnyardgrass to pyribenzoxim and bispyribac-sodium. Technical ingredients were dissolved in N-methyl pyrrolidone (20%, v/v), acetone (30%, v/v), and water (50%, v/v) containing 0.1% Tween 20, and sprayed with a track sprayer. Spray volume was 300L ha⁻¹. Plant growth stages were between 3 and 4 leaf for both plants. Rice cultivar used was *Ilpoom*, a Japonica type. Plant fresh weight was measured 2 weeks after application. Data were transformed to percent control value relative to the untreated plants. Each data point represents mean percent control value±SD of 4 replicates.

라 달라지며 완전고사에 이르는데 1~2주일이 소요된다. 온도는 고온조건은 효과를 더 빠르게 하며 높이는 경향이다. 수분조건에 있어서는 직파벼의 경우처럼 제초제를 살포한 후 관개를 하여 담수상태가 되는 조건에서는 효과의 발현이 빠르고 안정적이다. 그러나 토양이 건조하면 완전고사에 시간이 더 길게 걸리고 잡초가 재생하는 경우도 발생한다.

벼, 피 간 선택성

위에서 기술한 바와 같이 피리벤족심은 동 계열에 속하는 기준물질에 비해 벼, 피 간 선택성이 뛰어난 점이 진보성인데, 약제의 선택성 지수(SI)을 작물에 20%의 생육저해를 일으키는 약량(GR_{20작물})을 잡초의 생육을 80% 저해하는 약량(GR_{80잡초})로 정의하였을 때, 피리벤족심의 선택성 지수는 6.6으로 선택성이 충분하였고, 비스피리박-소듐의 선택성에 비해서 4배 정도

향상된 것이었다(그림 5).

흡수, 이행, 대사

피리벤족심의 흡수, 이행에 관해서는 Lim 등(1997a) 구 등(2000), 노 등(2001)에서 보고되어 있는데, 피리벤족심은 대체로 흡수속도가 느려 처리 후 처리 후 1일에 33%, 4일까지 계속 증가하여 처리량의 60% 정도가 흡수되고, 이행은 처리 후 1일에 흡수량의 약 8%, 4일 후엔 12% 정도가 처리부위로부터 처리되지 않은 부위로 이행되었다(표 3).

강우실험에서 피리벤족심은 처리 후 6시간 이내에 비가 올 경우 효력이 감소하며(Lim 등 1997b), 국부 처리 후 처리엽을 경시적으로 절단하였을 때 처리 후 5일 이전에는 효력이 감소하는데(Koo 등 2000), 이는 흡수실험에서 나타난 결과와 연관시켜 해석할 수 있는 결과로, 피리벤족심은 흡수가 매우 느린 물질이

Table 3. Foliar absorption and translocation of [¹⁴C]pyribenzoxim in barnyardgrass seedling (Koo et al. 2000).

Measurement time (h)	Absorption	Radiolabel distribution				Translocation ^b
		2L	3L	4L ^a	5L	
	(% of applied)	----- (% of absorbed) -----				
24	33.61	1.16	4.24	92.12	2.48	8.88
48	32.22	1.76	5.61	89.01	3.62	10.99
96	59.90	1.96	6.43	87.99	3.62	12.01
LSD (0.05)	6.48	0.25	0.86	1.93	0.85	1.93

^a[¹⁴C]pyribenzoxim-treated leaf, which was the most recently expanded at the time of treatment.

^bTotal radiolabel measured in the second, third, and fifth leaves, which were not applied with [¹⁴C]pyribenzoxim.

라 할 수 있고, 이는 높은 분자량(MW=609.59)과 낮은 수용해도에 기인하는 것으로 추측된다. 또한 피리벤족심의 효과 발현에는 정상적인 이행이 필수적이고 이행을 저해하면 효력이 크게 떨어지는데, 이는 propanil에 의한 효력 길항작용 원인 구명연구에서 밝혀졌다(Koo 등 2000).

식물에서의 대사경로는 옥심결합이 분해되어 알려진 제초성 물질인 BPB(Metabolite 1)로 분해되고, 추가적으로 피리미디닐이 떨어져 나간 HDB(Metabolite 2)로

분해되며(그림 6A) 여러 가지 다수의 소량 수용성 및 bound-residue도 검출되었다(LG화학기술원, 1997). 경시적으로는 처리 후 1, 14, 30일까지 피리벤족심 모화합물로 91, 43, 8.8%로 남아 있고, Metabolite 1으로 1.5, 13.4, 11.3%로 검출되었으며, 수확기인 처리후 122일에는 벼짚에서 bound residue로 1.8% 검출되었으며, 곡물이나 왕겨 등에서의 잔류는 없었다(그림 6B).

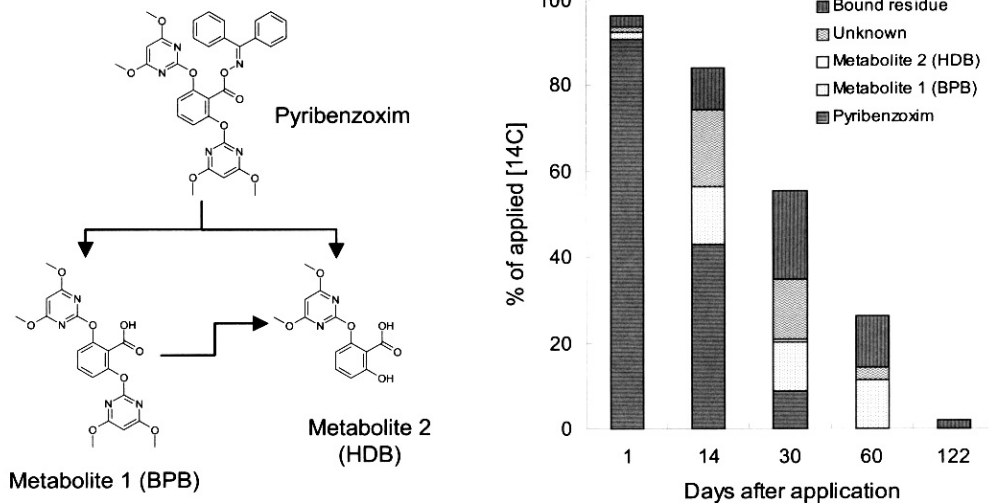


Fig. 6. Plant metabolism of pyribenzoxim in rice (LG Chemical Ltd. 1997).

독성, 환경독성

표 4는 피리벤족심의 독성 및 환경독성시험 결과를 요약한 것이다. 피리벤족심은 피리벤족심은 급성, 아 급성, 만성, 발암성, 생식독성, 각종 환경독성 등 전반에 걸쳐 거의 무독한 수준으로 판명되어 저독성(IV 급)으로 등록되어 있다(농약공업협회 2004).

동물 대사

피리벤족심의 동물대사에 대해서는 많은 연구가 이루어졌다. 우선 쥐를 이용한 약물동태학(pharmacokinetics)상 피리벤족심을 경구로 위장에서 투입했을 때 48시간 이후 대부분(88.6%)이 대변으로 배출되었고 일부 소변으로도 배출되었으며, 168시간 이후

에는 체내 잔류량이 거의 없었다(그림 7A).

또한, 대변과 소변 중에 나오는 주요 대사 물질과 대사경로도 그림 7B에 나타난 바와 같이 밝혀졌다(Liu 등 2005).

국내외 개발

국내에서는 90년대 중반 벼시장 개방에 대한 대책으로써 생산비를 절감할 목적으로 직파재배, 특히 건답직파재배를 권장한 시기가 있었는데, 당시에 건답직파 보급에 가장 큰 제약요소는 적합한 제초제가 마땅치 않았다는 것이다. 피안커는 건답직파에 잘 적용될 수 있는 제초제였으므로(권 등 1996; 문 등 1996, 1998, 1999) 농촌진흥청 직권 등록시험으로, 1997년 출시(상품명 : 피안커)할 수 있었는데, 이는 신물질

Table 4. Toxicology and ecotoxicology of pyribenzoxim technical.

Study	Animal/test name	Result
Acute oral	Rat	LD ₅₀ >5,000mg/kg
Acute dermal	Rat	LD ₅₀ >2,000mg/kg
Acute inhalation	Rat	LC ₅₀ >21mg/L
Skin irritation	Rabbit	Moderately irritant
Eye irritation	Rabbit	Non-irritant
Teratology	Rat	NOAEL >2,000mg/kg
	Rabbit	NOAEL >1,000mg/kg
Sub-chronic oral	Rat (13weeks)	NOAEL >2,000mg/kg bw/day
Chronic	Dog	NOAEL = 683mg/kg bw/day
	Rat	NOAEL >1265mg/kg bw/day
Reproduction	Rat	NOEL = 552mg/kg bw/day for parents (P, F1) NOEL >111.2mg/kg bw/day for litters (F1, F2)
Carcinogenicity	Rat	NOAEL >1265mg/kg bw/day
	Reverse mutation test	Negative
	Chromosome aberration test	Negative
Genotoxicity	Chromosome aberration test	Negative
	Micronucleus test	Negative
Fish acute	Carp	LC ₅₀ (96h) >100mg/L
<i>Daphnia</i> acute		EC ₅₀ (48h) = 39.74mg/L
Earth worm acute		LC ₅₀ (14days) >6185mg/kg dry soil
Avian acute	Japanese quail	LD ₅₀ >2,000mg/kg
Bee acute		LD ₅₀ (48h) >100 µg/bee

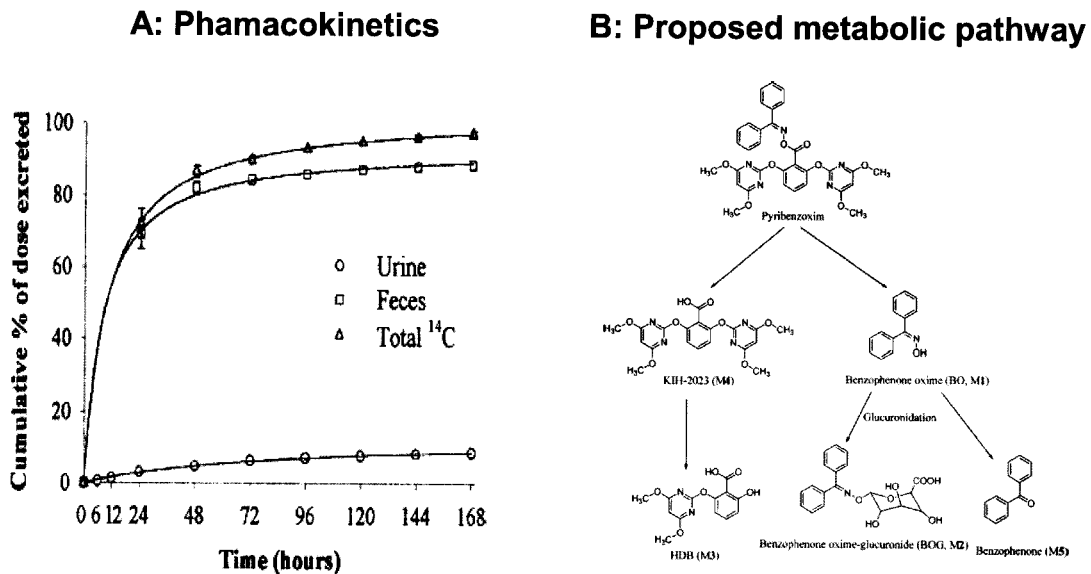


Fig. 7. Animal metabolism of pyribenzoxim in rats (Liu et al. 2000, 2005).

연구개발 사상 최초로 제품화 성공 사례였다.

그러나, 피안커는 이양답용으로 사용되는 토양처리 용 입제와 비교하였을 때, 살포법이 까다롭고 효력변동에 노출될 위험이 크며(구 등 1998), 효력발현도 느린 등 기술적 이유로 초기 정착에 큰 난관에 봉착하였을 뿐 아니라, 98년 이후 봄철의 잦은 강우 정책변화로 건담직파가 급감하여 국내에서 널리 사용되지 못하였다.

최근 직파재배가 다시 증가 추세에 있고, 그동안 피

리벤족심이 사마귀풀, 자귀풀, 깨풀 등 다른 경엽처리제의 의해 잘 방제되지 않는 잡초를 잘 방제한다는 장점과 효과 발현속도 등 작용특성, 살포요령 등에 대해서도 알려져, 중요도가 재인식되고 있으며, 초기제형(1% 유제)의 기술적 문제(구 등 1998)를 개선한 3% 유제(상품명 : 크린샷)가 05년 새로 출시되게 되어 국내에서도 향후 중요한 약제로 자리매김할 것으로 기대된다.

세계의 벼 재배면적은 약 1억 5천만 ha이며, 재배

Table 5. Major countries in rice harvest area and herbicide market.

Cultivation ^a		Rice herbicide market ^b		
Country	Harvest area (1,000 ha)	Country	Harvest area (1,000 ha)	Market value (1,000 USD)
India	42,300	Japan	1,701	385
China	28,327	USA	1,345	157
Indonesia	11,908	China	28,327	95
Bangladesh	11,000	Brazil	3,730	86
Thailand	9,800	Korea	1,001	76
Viet Nam	7,443	Europe	581	42
Myanmar	6,000	India	42,300	21
Others	34,278	Others	72,073	8
World total	151,058	World total	151,058	999

^aSource : FAO Statistics 2004, <http://faostat.fao.org/>

^bSource : Cropnosis 2000.

면적 면에서는 인도, 중국, 인도네시아 등이 절대적인 위치를 차지하고 있으나, 벼 제초제 시장면에서는 일본, 미국, 한국 등 재배면적 면에서 작은 선진국 지역이 주 시장을 형성하고 있다(표 5). 벼 제초제 시장은 동북아의 토양처리제 지역과 미주/유럽, 동남아의 경엽처리제 지역으로 크게 대별된다. 피안커는 후자의 경엽처리제 지역에 적합한 약제로, 이들 지역은 전통적으로 propanil이 절대적인 위치를 차지하고 있었다. 피안커는 이들 경엽처리제 지역에서는 매우 강력한 경쟁력을 가지고 있어 시장에서 좋은 반응을 보이며 정착되어 가고 있다. 2000년 중국을 시작으로 베트남(2001), 태국(2003), 스리랑카(2004), 파나마(2002), 코스타리카(2004), 에쿠아도르(2004), 말레이시아(2005) 등에서 등록을 획득하였으며, 현재 10여개국에서 등록이 진행 중이다. 2005~07년 기간에 이들 국가에서 모두 등록이 완결될 전망이다.

개발과정 회고 및 향후 전망

국내의 신물질 연구 역사는 거의 20년에 이른다. 초기에 효력이 뛰어난 신물질을 발명하기만 하면 모든 것이 다 끝나는 것으로 생각되던 시절이 있었으나, 피리벤족심의 개발과정은 신물질은 발명도 어렵지만 개발과정과 시장에서 성공하는 것이 얼마나 어렵고 오랜 세월이 걸리는 것인가를 잘 보여준 예라 할 수 있다.

피리벤족심은 물질의 발명 이래 어언 13이나 되는 긴 시간을 경과하여 현시점에 도달하였다. 피리벤족심은 국내 1호 신물질 상품화 사례로써 모든 과정이 처음 겪는 일이었으며 그 과정 하나하나를 공부하면서 해결하다 보니 어느 하나도 쉬운 것이 없었다. 신물질의 개발은 합성, 효력 평가, 안전성 평가, 대사, 잔류, 환경독성, 합성공정, 제제, 제품 개발 및 사업전략 등 어느 한 곳에서도 문제가 발생하지 않아야 하며, 이들 여러 분야를 잘 연결시켜 전체적인 개발 일정을 주도면밀하게 관리하는 매우 복잡한 일이다. 최소 5년 이상의 시간과 많은 투자비가 소요되며 다양한 network을 총체적으로 가동하면서 진행하는 고난

도의 project 관리이므로, 고도의 관리능력과 전문지식이 필요하다. 저자들의 연구팀에서는 피리벤족심의 개발로 이러한 전과정을 경험할 수 있었으며, 신물질 살균제 Ethaboxam과 2호 신제초제 Flucetosulfuron을 연달아 개발할 수 있는 토대가 되었다.

모든 일에 첫 단추를 꿰는 일은 큰 의미를 갖는다. 피안커는 이제 세계시장을 상대로 개발의 막바지에 도달하였으며, 그 과정에서 얻은 개발 경험 및 각종 know-how는 우리나라가 지속적으로 신물질을 개발하는데 큰 밑거름이 될 것이다.

감사의 글

피리벤족심의 발명 및 개발에 관여한 (주)럭키, (주)LG화학, (주)LG생명과학 연구 개발진과 연구원 지원해주신 경영진에 감사드립니다. 국내 등록을 위해 직권시험을 추진해주신 영남농업기술원 오윤진 전 장장님, 김순철 당시 수도과장님과 등록 심사업무에 수고해주신 농촌진흥청 및 농업과학기술원 실무자께 감사드립니다. 제품개발에 힘써 주신 당시 전진산업 전광술 사장님 이하 개발부 및 영업부 직원들께 감사드립니다.

인 용 문 헌

- 강창모, 김건태, 배재순, 사종신, 안세창, 이병배, 이성민, 조군호, 조진호. 2000. '2,6-디(4,6-디메톡시피리미딘-2-일)' 옥시벤조산옥시메스테르 유도체의 제조방법. Canadian Patent 1, 194,08.
- 구석진. 2002. 제초제 pyribenzoxim의 *in vitro* ALS 저해실험에 관련된 기술적 문제. 한잡초지 22(2): 185-186.
- 구석진, 김정수, 이재환. 1998. Pyribenzoxim 1% 乳劑의 莖葉附着量과 藥效, 藥害의 關係. 한잡초지 18(4):304-313.
- 권오도, 신해룡, 박태동, 구자옥, 임재석. 1996. 벼 무경운재배에 있어서 효과적인 사마귀풀(*Aneilema*

- keisak* Hassk) 방제. 한잡초지 16(2):100-107.
- 노석원, 박인철, 구석진, 변종영. 2001. 벼와 피에서 pyribenzoxim의 흡수, 이행, 대사와 acetolactate synthase 활성. 한잡초지 21:349-356.
- 농약공업협회. 2004. 농약사용지침서. 857 p.
- 문병철, 박성태, 김상열, 김순철, 오윤진. 1998. 벼 건답직파시 중후기 경엽처리용 제초제의 처리시기 별 잡초방제효과. 한잡초지 18(1):28-35.
- 문병철, 박성태, 김순철, 오윤진. 1996. 벼 건답직파담에서 사마귀풀 발생양상과 방제체계. 한잡초지 16(2):108-113.
- 문병철, 박성태, 손양, 황동용, 김순철. 1999. 벼 요철 풀 각과재배담에서의 효과적인 잡초방제체계. 한잡초지 19(3):236-243.
- LG화학기술원. 1997. 신규제초제 LGC-40863의 벼 대사시험 보고서.
- Bae, Y. T., J. S. Lim, J. H. Lee and S. J. Koo. 1997. *In vitro* acetolactate synthase inhibition of LGC-40863 in rice and barnyardgrass. Kor. J. Weed Sci. 17 (1):66-70.
- Hur, C. U., Cho, J. H., Hong, S. M., Kim, H. W., Lim, Y. H., Rim, J. S., Kim, J. S. and Chae, S. H. (Lucky Ltd). 1996. Herbicidal pyrimidine derivatives, process for the preparation thereof and their use as herbicide. US Patent 5, 521, 146.
- Hanai, R., K. Kawano., S. Shigematsu and M. Tamura. 1993. KIH-6127, a new herbicide to control barnyardgrass in rice. Proc. Brighton Crop Protection Conf.-Weed Vol. 1:47-52.
- Koo, S. J, S. C. Ahn., J. S. Lim., S. H. Chae., J. S. Kim, J. H. Lee and J. H. Cho. 1997. Biological activity of the new herbicide LGC-40863. Pestic. Sci. 51:109-11.
- Lim, J. S., Y. T. Bae., J. H. Lee and S. J. Koo. 1997a. Mode of acetolactate synthase inhibition and selectivity of the new herbicide LGC-40863. WSSA Abstracts 37:6.
- Lim, J. S., S. H. Chae., J. H. Lee., J. S. Kim and S. J. Koo. 1997b. Effects of field variables on the efficacy of the new herbicide LGC-40863. Proc. 14th Asian Pacific Weed Sci. Soc. Conf. 107-110.
- Liu, K. -H., J. -K. Moon., H. J. Sung., S. H. Kang., S. J. Koo., H. S. Lee and J.-H. Kim. 2001. *In vivo* pharmacokinetics of pyribenzoxim in rats. Pest Manag. Sci. 57:1155-1160.
- Liu, J. -H., J. -K. Moon., H. J. Sung., S. H. Kang., S. J. Koo., H. S. Lee and J. -H. Kim. 2005. Identification of rat urinary and fecal metabolites of a new herbicide, pyribenzoxim. J. Agric. Food Chem. 53:6713-6717.
- Takahashi, S., S. Shigematsu., A. Morita., M. Nezu., J. S. Claus and C. S. Williams. 1991. KIH-2031, a new herbicide for cotton. Proc. Brighton Crop Protection Conf.-Weed Vol. 1:57-62.