

수도용 제초제 생산과 잡초발생 양상

- 국내 제초제 사용 40년을 뒤돌아보며 -

오세문^{1*}, 이인용², 문병철¹, 박재읍¹

Herbicide Production (1964 to 2007) for Paddy Field and Aspects of Weed Occurrence

Oh, Se Mun^{1*}, In-Yong Lee², Byeong-Chul Moon¹ and Jae-Eup Park¹

서 언

우리나라는 1970년대 초반까지 농촌노동력이 풍부하여 농작업 중에서 노동력이 가장 많이 소요되는 제초작업(김매기)을 인력에 의존하여 오다가, 1970년대 중반 이후 경제성장과 더불어 농촌 노동력이 도시 산업화지대로 대거 유출되면서 제초작업의 생력화가 절실하게 되었다. 특히 우리나라 국민의 주곡인 벼 재배에서 제초작업의 생력화는 농림수산식품부나 농촌진흥청과 같이 농업을 지도 관리하는 정부 부처에서는 무엇보다도 시급을 요하는 일이 아닐 수 없다.

국내에서 제초제를 처음 사용하기 시작한 것은 정확하게는 알 수 없으나 농약연보에 따르면(농약공업협회 1965), 1964년 2품목이 출하된 것으로 볼 때 이때부터 공식적으로 제초제의 사용이 시작되었음을 알 수 있다. 그러나 이때에는 사실 농민들이 제초제의 필요성을 느끼지 못하여 1970년대 초반까지는 연간 출하량이 10,000여톤 미만이었으나 1979년부터 급격히 증가하기 시작하여 최근에는 연간 출하량이

40,000~44,000톤에 이르게 되어 벼 재배면적 대비 제초제 소요량의 115~144%를 사용하고 있다(농약공업협회/작물보호협회 1965~2008).

이와 같이 우리나라 논에 제초제가 사용된 지 40년이 지나는 동안 수도용 제초제의 생산현황과 논 잡초의 발생양상에 많은 변화가 있었을 것으로 추측됨에 따라, 이러한 정보를 분석하고 정리하면서, 앞으로 제초제 개발 방향에 대하여 간단하게 기술하고자 한다.

제초제 출하 현황

연도별 출하량과 단위면적당 사용량 비교

우리나라 수도용 제초제의 최초 출하는 1964년 2,4-D 액제와 MCP제(풀안나) 2품목으로 이들 제초제는 각각 27톤과 12톤이 출하되었고, 1960년대 말까지 겨우 1,000톤 정도의 출하량을 보였다. 이 시기에는 실제로 농촌의 노동력이 풍부하여 농민들이 제초제의 필요성을 느끼지 못하다가, 1970년대에 시작된 산업화로 인해 농촌 노동력이 도시 산업화지대로

¹ 국립농업과학원 농산물안전성부, 441-707 경기도 수원시 권선구 수인로 150(Department of Crop Life Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA., Suwon 441-707, Korea).

² 국립농업과학원 농업생물부, 441-707 경기도 수원시 권선구 수인로 150(Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, RDA., Suwon 441-707, Korea).

* 연락처자(Corresponding author) : Phone) +82-31-290-0582, Fax) +82-31-290-0508, E-mail) smoh530@hanmail.net

(Received June 9, 2011; Examined June 20, 2011; Accepted June 23, 2011)

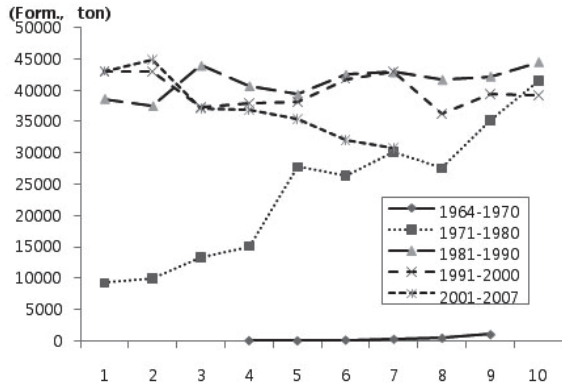


그림 1. 수도용 제초제의 출하량 비교(농약연보).

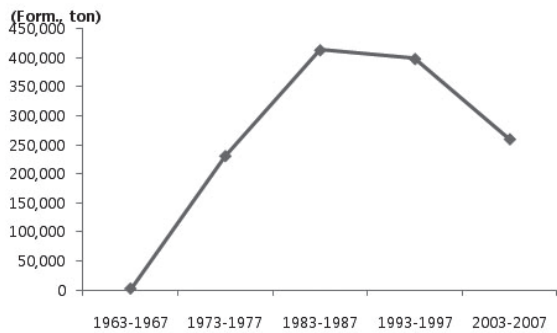


그림 2. 연대별 수도용 제초제의 출하량 변화(농약연보).

유출되는 1970년대 중반부터 제초제의 출하량이 크게 늘기 시작하였다. 즉 1977년 30,000톤에서 1980년도에는 41,500톤이 출하되고, 1980년대 초부터 1990년대 말까지는 37,000~44,500톤 사이에서 지속적으로 출하되다가 2002년도에 44,900톤을 기점으로 하여 2003년부터 출하량이 줄기 시작하여 2007년도에는 30,800톤으로 출하량이 크게 줄었다(그림 1, 2).

이와 같은 원인으로는 표 1에서 보는 바와 같이 우리나라 연도별 벼 재배면적은 1987년 1,262,000ha에서 2007년 942,200ha로 20년 동안 25.3%가 감소하였다. 이는 제초제의 출하량도 1987년에 비하여 28.2%가 감소하여 비슷한 경향으로 볼 때 벼 재배면적 감소에 의한 제초제의 출하량 감소원인으로 분석할 수 있다. 한편 1987년 벼 재배면적에 대한 제초제 소요량은 37,860톤 정도(10a당 3kg 사용량으로 추정)가 필요한데 실제로는 42,923톤이 출하된 것으로 볼 때, 우리나라는 1980년대 중반부터 벼농사에 있어서 제초제를 모두 사용하여 왔음을 추측할 수 있다.

수도용 제초제의 단위면적당 사용량은 1987년 34.0kg ha⁻¹이던 것이 1996년부터 사용량이 크게 증

표 1. 벼 재배면적과 수도용 제초제 소요량 및 출하량 비교(농림수산통계연보, 농약연보).

연도	벼 재배면적 (1,000ha)		소요량(ton) (A)	출하량(kg) (B)		B/A (%)
	당 년	증감율(%) ¹⁾		당 년	증감율(%) ¹⁾	
1987	1,262.0	-	37,860	42,923,479	-	113
1995	1,055.3	△16.4	31,659	38,191,603	△11.0	120
1996	1,049.0	△0.6	31,470	41,812,075	9.5	133
1997	1,051.7	0.3	31,551	43,034,139	2.9	136
1998	1,056.5	0.5	31,695	36,249,860	△16.0	114
1999	1,058.6	0.2	31,758	39,377,758	8.6	124
2000	1,055.0	0.3	31,650	39,267,734	△0.3	124
2001	1,055.8	0.03	31,647	43,078,194	9.7	136
2002	1,038.6	△1.6	31,158	44,926,101	4.3	144
2003	1,001.5	△3.6	30,045	37,064,452	△18.5	123
2004	983.6	△1.8	29,508	36,832,389	△0.6	125
2005	979.7	△0.4	29,391	35,368,337	△4.0	120
2006	945.4	△3.5	28,362	32,073,295	△9.3	113
2007	942.2	△0.3	28,266	30,828,265	△3.9	109
감소율 ²⁾		△25.3%			△28.2%	

¹⁾전년대비 증감율; ²⁾20년동안의 감소율(1987년 대비).

표 2. 연도별 제초제 출하 품목수(농약연보).

연 도	'64~'70	71~'80	'81~'90	'91~'00	'01~'07
품목수	2~7	8~16	17~35	37~100	111~169

가하기 시작하여 2002년 43.3kg ha⁻¹을 기점으로 하여 그 이후 서서히 줄기 시작하여 2007년에는 32.7kg ha⁻¹까지 떨어졌다(그림 3, 4). 1990년대 중반 이후 사용량이 늘어난 원인으로는 1980년대 중반 활성이 높으면서 약효가 우수하고 약해에 비교적 안전한 설폰닐우레아계(SU계) 제초제가 보급되었다. 이에 농가에서는 SU계 제초제들을 선호하여 동일계통의 제초제를 연용하여 1996년부터 제초제 저항성잡초가 유발되었다. 그 후 SU계 제초제 저항성잡초가 빠르게 확산되면서 저항성 잡초에 대한 방제체계가 확립되지 못하여 제초제의 사용량이 늘어났던 것으로 추측된다.

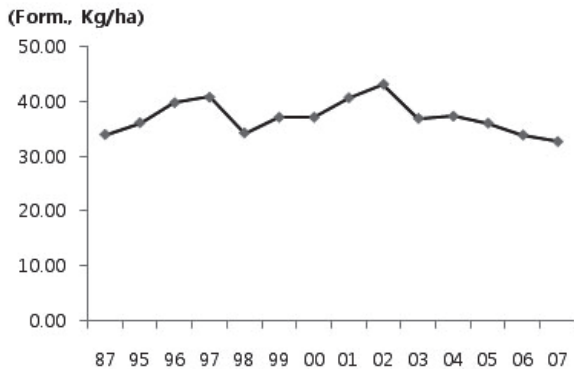


그림 3. 수도용 제초제 사용량(제품) 변화(농약연보).

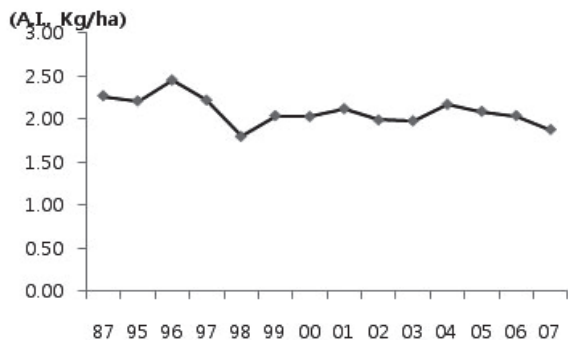


그림 4. 수도용 제초제의 사용량(유효성분) 변화(농약연보).

품목수 및 유효성분 함량

수도용 제초제의 출하 품목수는 실제 등록 품목수와 다소 차이는 있겠으나 1964년 2,4-D 액제 등 2품목에서 1969년 스템(스템에프-34) 유제¹⁾ 등 7품목, 1980년 하이탁크 입제 등 16품목으로 늘기 시작하여 1990년에는 부타벤설 입제 등 35품목, 2000년에는 100품목으로 크게 증가하여, 2007년도에는 169품목의 수도용 제초제가 생산 출하되었다(표 2).

최근 OECD, FAO 등 국제기구에서는 화학제품의 사용을 규제하는 목소리가 높아지고 있어, 농약의 사용도 예외가 될 수 없다. 이러한 추세로 우리나라도 OECD 국가로 농약의 사용량을 줄이는 것은 당연한 사실이므로 잡초방제를 위한 제초제의 사용량 감소 방법을 생각하지 않을 수 없다.

제초제는 실제로 투하되는 유효성분 함량이 중요한데 성분함량이 낮으면서 효과가 우수한 제초제는 요즘과 같은 시대에 농약사용량을 줄일 수 있는 좋은 방법이다. 다행히도 국내에도 '80년대 후반부터 고효성의 제초제가 개발은 되었으나 대부분 기존의 유효성분 함량이 높은 약제와 혼합제로 개발되어 등록되었던 관계로 실제 눈에 제초제 투하량을 낮추는 데는 크게 기여하지 못하였다. 그러다가 2000년 이후부터 단위 면적당 투여량이 적은 제초제가 많이 늘면서 혼합제의 파트너도 성분 함량이 낮은 약제끼리 혼합제로 개발되어 유효성분이 낮은 제초제가 많이 늘어나고 있다. 실제 사용량이 10a당 유효성분량으로 10g 이하인 제초제도 41개 품목이나 되고 있으며, 사용량이 10~50g 10a⁻¹ 사이의 제초제도 54개 품목이나 되어 앞으로 이들 제초제의 사용으로 실제 사용량을 많이 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다(그림 5, 6).

1) 농약연보에 수록된 품목명을 표기하였음. 이하 제초제 품목명도 같은 범주에서 취급하였음.

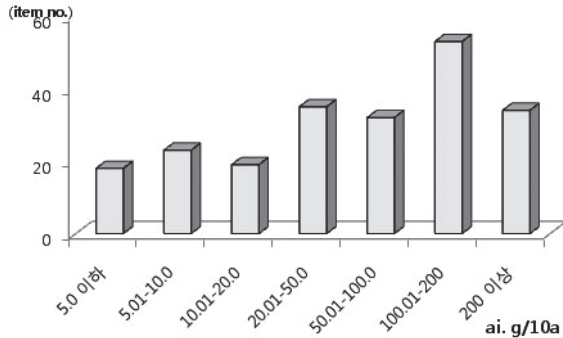


그림 5. 유효성분 함량별 품목수(농약연보).

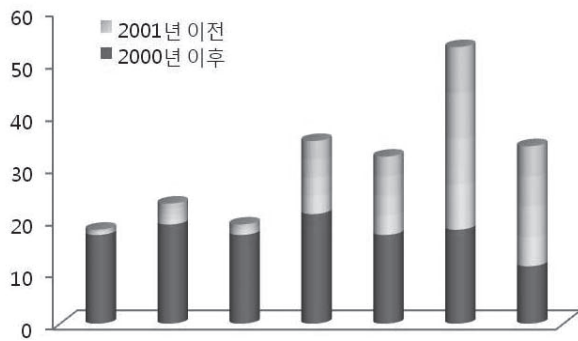


그림 6. 유효성분 함량별 품목수 비교(2000년 전후)(농약 연보).

논 잡초의 발생과 제초제의 개발

'70년대 문제 잡초 가래(*Potamogeton distinctus*) 방제

논 잡초의 발생 양상은 1970년대에는 일년생잡초 마디꽃, 물달개비, 알방동사니, 피 등과 다년생잡초 가래가 문제가 되었다(표 3, Park 등 2002). 우리나라는 '70년대 초에는 일년생잡초를 방제하는 우수 제초제의 보급과 손제초를 병행하여 일년생잡초는 크게 문제가 되지 않았으나, 다년생잡초인 가래는 인경이 땅속 깊이 위치하고 손으로 뿌리까지 제거하기가 어려워 전국적으로 문제가 되었던 잡초이다. 그래서 1970년대 초·중반에 개발된 제초제가 dimethametryn/piperophos(품목명: 피페린, 상표명: 아비로산) 입제이다. 이 제초제는 국내 최초 혼합제로 1976년부터 보급되기 시작하여 현재까지도 생산 출하되고 있다(그림 7). 트리아진계의 dimethametryn은 광합성 저해제이면서 가래에 효과가 탁월한 반면에 화분과잡

초에 대해서는 방제효과가 낮아 화분과 및 사초과잡초를 동시에 방제할 수 있는 유기인계인 piperophos를 혼합하여 개발한 약제로 다년생 문제 잡초인 가래 방제에 크게 공헌을 하였다.

'80년대 문제 잡초 올미, 너도방동사니, 올챙이고랭이 방제

'80년대로 들어서면서 논 잡초의 발생 양상이 크게 변하여 다년생잡초 올미, 너도방동사니, 올챙이고랭이가 문제 잡초로 나타나기 시작하였다(표 3). 당시 국내 생산 출하되는 대부분의 제초제가 일년생잡초만을 방제 대상으로 하는 약제였기 때문에 다년생잡초인 올미, 너도방동사니, 올챙이고랭이 등은 방제하지 못하므로 이들 잡초의 발생이 증가하게 된 것이다.

여기서 이들 다년생 문제 잡초의 생태적 특성을 보면 택사과 올미(*Sagittaria pygmaea* Miq.)는 괴경과 종자로 번식을 하는데 괴경의 형성량이 많아 한번 발생하면 확산 속도가 빠르고, 그 당시의 제초제로는 방제가 되지 않아 남부지방으로부터 전국적으로 문제가 되었던 잡초이다. 사초과 너도방동사니(*Cyperus serotinus* Rottb.)는 주로 지하경으로 번식하며 지하경은 낮게 위치하고, 물 빠짐이 심한 논이나 사질토양에 많이 발생하고, 키가 벼와 같이 자라므로 방제를 하지 않으면 벼와 경합력이 높아 피해가 큰 잡초이다. 올챙이고랭이(*Scirpus juncooides* Roxb.)는 사초과잡초로 생태학적으로는 일년생잡초이다. 그러나 이 잡초가 일년생을 대상으로 하는 제초제로는 방제가 되지 않으므로 '80년대초 논 제초제를 고시할 때 일년생잡초와 다년생잡초를 구분하여야 하므로 이때부터 올챙이고랭이를 다년생으로 구분하기 시작하였다. 올챙이고랭이는 주로 종자로 번식을 하는데 종자 생산량이 매우 많아 확산 속도가 빠르고, 중남부지역에서 그루터기가 일부 월동을 하여 재생하기도 한다.

이와 같은 잡초들을 방제하기 위하여 '80년대 초 중반에 혼합 제초제의 개발이 활발해져 thiobencarb/naproanilide(품목명: 벤나프, 상표명: 그라노크)입제, butachlor/chlomethoxyfen(품목명: 부로트, 상표명: 노노플) 입제, butachlor/pyrazolate(품목명: 부타줄, 상표명: 푸마시, 풀하얀) 입제, butachlor/

표 3. 논 잡초발생 및 우점도(Park 등 2002).

순위	년대별 우점 초종(우점도,%)			
	1971년	1981년	1991년	2001년
1	마디꽃(40.7)	물달개비(22.2)	올방개(19.6)	물달개비(12.7)
2	쇠털골(11.8)	올 미(17.5)	올 미(15.6)	올방개(9.5)
3	물달개비(11.3)	벗 풀(9.0)	벗 풀(13.2)	피(9.4)
4	알방동사니(7.8)	가 래(9.0)	피(12.2)	벗 풀(9.1)
5	피(7.1)	너도방동사니(8.5)	물달개비(11.2)	가막사리(5.8)
6	가 래(3.5)	마디꽃(6.0)	올챙이고랭이(6.0)	여뀌바늘(4.9)
7	발톱외풀(3.4)	사마귀풀(4.4)	너도방동사니(4.6)	사마귀풀(4.4)
8	사마귀풀(2.5)	발톱외풀(3.9)	가 래(3.3)	발톱외풀(4.0)
9	올방개(2.2)	올방개(3.4)	여뀌바늘(2.6)	올챙이고랭이(3.8)
10	여뀌(1.9)	여뀌바늘(3.0)	사마귀풀(2.5)	여뀌(3.1)

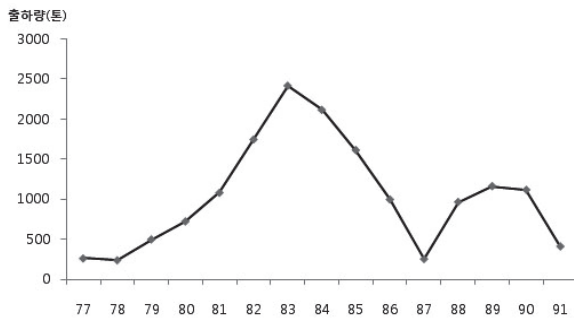


그림 7. 디메타메트린/피페로포스 출하량(농약연보).

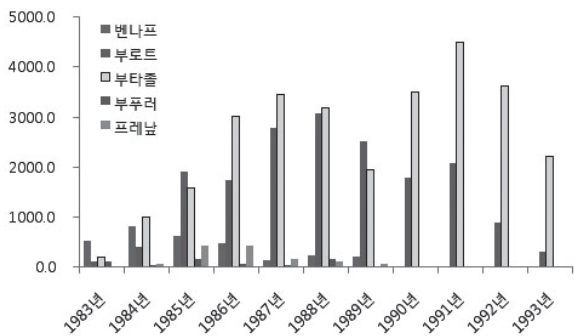


그림 8. '80년대 다년생잡초 방제 제초제 출하량(농약연보).

naproanilide(품목명 : 부푸러, 상표명 : 싱그란) 입제 등 3품목은 1983년부터 보급되기 시작하였다. Pretilachlor/naproanilide(품목명 : 프레납, 상표명 : 풀자비) 입제는 1984년부터 보급되어 문제 잡초인 올미, 너도방동사니, 올챙이고랭이를 방제하는데 나름대로 기여하였다. 그러나 butachlor/pyrazolate 1품목만 현재까지 생산·출하되고 있으나, 다른 4품목은 1993년과

1995년 그리고 2000년을 끝으로 생산·출하를 마쳤다. 이들 제초제가 오래가지 못한 것은 '80년대 후반부터 고효성이면서 안전한 SU계 신규 제초제가 대거 등장하였기 때문으로 사료된다.

'80년대 후기 본답 중·후기 피 방제

'80년대 중반 우리나라 논 대부분이 제초제를 사용하여 잡초를 방제하였지만, 본답 후기에 피 이삭으로 마치 피 농사를 지은 것과 같은 느낌을 주는 논이 많았다. 이 당시만해도 논바닥에 잡초 한포기 없이 깨끗해야만 농사를 잘 지은 것으로 알던 때인지라 늦여름에 피 이삭이 나와 벼 위로 올라오면 피를 뽑아 주는 농민도 대다수 있었다. 이는 피 종자가 떨어지지 않도록 하여 다음해에 피 발생을 막기 위한 예방 차원에서 제거하는 것이다. 그래서 본답에서 피를 방제하기 위하여 본답 생육기에 피를 효과적으로 방제할 수 있는 약제를 선별하여 1989년 bensulfuron-methyl/quinclorac(상표명 : 포졸) 입제, quinclorac/bentazone(상표명 : 풀-타) 입제와 quinclorac/bentazone(상표명 : 밧사그란피) 수화제 등 3품목과 1990년 pyrazosulfuron-ethyl/quinclorac(상표 : 도마타) 입제 등 4품목이 생산 출하되었다. 피 방제에 획기적인 제초제로 농가에서 선호도가 막 오를 때쯤 '92년부터 벼 후작물로 재배하는 가지과, 박과 작물 등에 토양잔류에 의한 약해가 발생하여 결국은 이들 약제는 '94년부터 생산 중단되었다. 이런 일련의 사건을 계기로 수도용 제초제로 신

규 등록을 할 때에는 반드시 후작물에 대한 약해시험을 실시하도록 ‘농약등록시험기준과 방법’을 개정 고시하여 현재까지 이르고 있다.

SU계 제초제의 등장과 저항성잡초 발생

1985년 고효성이면서 성분함량이 아주 낮은 SU계 제초제인 bensulfuron-methyl이 개발되었고, 1987년에는 pyrazosulfuron-ethyl과 cinosulfuron이 농약시장에 첫선을 보였다. 그 후 이들 3성분이외에 추가로 개발된 SU계 제초제를 모체로 한 많은 혼합 제초제들이 각 농업계에 마다 서로 다투어 개발됨에 따라 '08년에는 국내 수도용 제초제 211품목 중 80%가 SU계 성분이 포함되었다(작물보호협회 2008).

1988년부터 보급되는 SU계 제초제는 약효가 우수하고 벼에 안전하여 농민들의 선호도가 높았다. 특히, 서산 간척지의 현대농장과 같은 대면적의 논에서는 직파재배를 하면서 이들 약제를 연용하게 되어 사용한지 10여년지나 1997년경부터 물옥잠과 물달개비에 대한 SU계 제초제 저항성잡초가 발생하기 시작하여(Park 등 1999) 급기야는 벼 담수직파재배에서 다시 이양재배로 전환해야만 하는 일이 발생하였다.

이러한 저항성잡초는 종류가 점점 다양하여 물달개비, 미국외풀, 마디꽃, 올챙이고랭이, 알방동사니 등 10여종이 보고되어 있으며(Im 등 2003, 2005; Kwon 2000; Park 등 1999, 2001, 2004), 발생지역도 서산뿐만 아니라 서해안과 호남을 비롯해서 최근에는 전국에 걸쳐 발생하고 있다. 그러나 저항성잡초는 제초제를 체계적으로 잘 처리하면 문제가 되지 않는다. 즉 SU계가 아닌 이양전 또는 초기처리 제초제를 1차 처리하고 잡초 발생상황에 따라 본답 중·후기에 발생한 잡초에 적합한 제초제를 선택하여 2차 처리하면 방제가 가능하다

맺는 말

우리나라에서 제초제를 사용한 40년 동안 벼 재배용 제초제의 생산과 출하량을 정리하면서 나름대로 국내 제초제 사용에 관한 정보를 알 수 있게 되었다.

제초제가 보급되면서 벼 재배의 생력화는 누구도 부인할 수 없을 것이다. 벼 재배용 제초제의 생산 및 출하량은 현 수준에서 늘지 않을 것으로 추정되며, 앞으로 어떻게 친환경적으로 잡초를 방제할 것인가라는 관점에서 볼 때, 앞에서 언급한 바와 같이 신규 제초제를 개발할 때 유효성분이 낮은 고효성의 안전한 제초제를 선별하는 것이 무엇보다도 중요하다. 그리고 현재 등록된 제초제 중에도 성분량이 낮은 제품을 확대 보급하여 제초제의 투여량을 줄이도록 노력하여야 할 것이며, 성분함량이 높으면서 독성이 강한 제품은 서서히 교체되어야 한다. 또 농업인들은 제초제 저항성잡초가 발생하지 않도록 같은 계열의 약제만을 연용하지 말고 계열이 다른 약제를 교체하여 사용하여야 한다. 이미 저항성잡초가 발생하는 포장에서는 빠른 기간 내에 근절될 수 있도록 제초제를 체계적으로 잘 사용하여 제초제 저항성잡초가 확산되지 않도록 하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ0063402011)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

인용 문헌

- Im, Il Bin, Jong-Gook Kang, Sun Kim, Seung Yong Na and Yong In Kuk. 2003. Weed control of sulfonylurea resistant Japanese bulrush (*Scirpus juncooides*) in paddy of Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 23(2):92-99.
- Im, Il Bin, Yong In Kuk, Jong-Gook Kang, Sun Kim and Jae Bok Hwang 2005. Resistance to sulfonylurea herbicide of *Sagittaria pigmaea* Miq. collected in paddy field of Korea and its control. *Kor. J. Weed Sci.* 25(1):28-32.
- Korea Agrochemical Industry Association (KAIA).

- 1968-2005. Agrochemical Year Book. Seoul. MoonSun Press.
- Korea Crop Protection Association (KCPA). 2006-2008. Agrochemical Year Book. Seoul. MoonSun Press.
- Kwon, O. D. S. J. Koo, J. S. Kim, D. J. Lee, H. J. Lee, T. S. Park, Y. I. Kuk and J. O. Guh. 2000. Herbicide response and control of sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria vaginalis* in paddy fields in Chonnam Province, Korea. Kor. J. Weed Sci. 20(1):46-52.
- Ministry of Agriculture Forestry & Fisheries (MAFF). 1988-1996. Statistical yearbook of agriculture forestry and fisheries. Seoul.
- Ministry of Agriculture & Forestry (MAF). 1997-2007. Agricultural & forestry statistical yearbook. Seoul.
- Ministry of for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2008. Food, agriculture, forestry and fisheries statistical yearbook. Seoul.
- Park, Jae Eup, In Yong Lee, Byeong Chul Moon, Chang Suk Kim, Tae Seon Park, Soon Taek Lim, Jeong Rae Cho, Se Mun Oh, Yeun Chung Ku, Il Bin Im and Jae Bok Hwang. 2002. Occurrence characteristics and dynamics of weed flora in paddy rice field. Kor. J. Weed Sci. 22(3):272-279.
- Park, T. S., C. S. Kim, J. E. Park, Y. K. Oh and K. U. Kim. 1999. Sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria korsakowii* in reclaimed paddy fields in Seosan, Korea. Kor. J. Weed Sci. 19(4):340-344.
- Park, T. S., C. S. Kim, B. C. Moon, I. Y. Lee, S. T. Lim, J. E. Park and K. U. Kim. 2001. Occurrence and control of *Lindernia dubia*(L.) Pennell var. *dubia*, Sulfonylurea resistant biotype in paddy fields in southern area of Korea. Kor. J. Weed Sci. 21(1):33-41.
- Park, T. S. 2004. Identification of sulfonylurea-resistant biotype of *Scirpus planiculmis*. Pesticide Sci.(Korean). 8(4):332-337.