농약과학회지 제12권 제1호 (2008)
The Korean Journal of Pesticide Science Vol. 12, No. 1, pp. 1~8

총 설

논 제초제 저항성 잡초 발생에 따른 제초제 개발 현황과 방향

박태선*
농업과학기술원
(2008년 1월 9일 접수, 2008년 3월 8일 수리)

Statuses and Perspectives of Herbicides Development Against Herbicide-Resistant Weeds in Paddy Field of Korea

Tae Seon Park*
National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

Abstract

The widespread and diverse sulfonylurea (SU) resistance problem has found in Korea, where one-shot-treatment herbicides such as pyrazosulfuron/molinate and bensulfuron/molinate have been used continuously since 1989. The SU-resistant weeds of 7 annual weeds and 3 perennial weeds as of 2008 have confirmed in paddy fields in Korea. An effective management to SU-resistant weeds requires an integrated approach toward the weed control system, in particular, as to the drastic changes of herbicides development. Recent trend of new paddy herbicides in Japan has been developing to maximize the management of SU-resistant weeds. In the future, it is expected that the development of paddy herbicides in Korea is likely to be shifted toward the new "one-shot-treatment" included with herbicides of over 3-ways to maximize the control of resistant weeds. Bromobutide and carfentrazone are effective against sedges and broad-leaved weeds, respectively, and benzobicyclone and pyrimisulfam are effective against sedges and broad-leaved weeds.

Key words development, herbicide, resistance, sulfonylurea, weed

서 론

최근에 한국에서 농업적 환경 변화는 매우 빠른 속도로 변화하고 있다. 농업에 종사하는 농업인은 1990년에 약 666만 명이었으나 2006년에는 약 330만 명으로 10년 도안 50%정도 감소하였다. 농업인의 수가 감소하고 있는 반면 60세 이상의 고령 농업인은 해마다 증가하고 있고, 농업임금은 매년 높은 비율로 증가하고 있는 실정이다. 그리고 한국 전체 연도별 논 면적은 매년 감소하고 있으나 3 ha 이상 농가 수는 빠른 속도로 증가하고 있다. 우리나라와 농업환경이 매우 유사한 일본의 농업인 수는 1990년에 약 1,730만 명이었으나 2006년도에는 약 800만 명으로 약 52%나 감소하였을 뿐만 아니라 농가 가구당 경지면적, 농업임금 등의 농업적 환경이 매우 빠른 속도로 변화하고 있다. 그러나 한국과 일본 농업인의 농업소득 의존율은 현격한 차이를 보이고 있는데, 한국의 농가는 농업소득 의존율이 63%로 농가 소득 대부분을 농업에 의존하는 것으로 나타났다. 그러나 일본 농업인의 농업소득 의존율은 24%로 나타나 한국 농가에 비해 농업소득 의존율이 약 2.7배 낮게 나타났다(농림부; 2007).

농업적 환경의 급격한 변화는 벼 재배양식을 변화 시켰는데, 특히 농촌의 고령화로 인한 노동력의 양적 및 질적 저하는 생력 재배법이라고 할 수 있는 벼 직파 및 어린모기계이앙

*연락저자 : Tel. +82-31-290-8483, Fax. +82-31-290-0408
E-mail: jlpark@rda.go.kr

재배면적을 보급 확대 시켰다. 특히 1993~1996년 사이에는 벼 직파 및 어린모기계 이앙 재배 면적이 배 전체 재배면적 약 50%나 차지하였고, 특히 1995년도에는 벼 직파면적이 전체 벼 재배면적 중 11.1%로 증가하였다. 이러한 농촌의 노동력 변화에 따른 벼 재배양식의 변화는 약효의 선택성과 지속성이 매우 탁월한 sulfonylurea(SU)계 제초제들이 개발 보급됨으로서 가능하였다(농림부, 2007).

SU계 제초제들이 1980년대 후반부터 한국과 일본에 본격적으로 개발 및 보급되기 시작하였다. 초기에는 이들 SU계 제초제들에 잡초 초기 방제 제초제인 butachlor 등이 혼합된 제초제들이 보급되었다. 그러나 1990년대 초반부터 벼 담수직파와 어린모기계 이앙 재배면적이 급격히 증가하면서 SU계 제초제들과 피 중기 전용약제인 molinate와 mefenacet 등이 혼합된 일발 처리제(one-shot-treatment herbicide)가 급격히 증가하였다. 특히 한국에서는 SU계 제초제들과 molinate가 혼합된 일발 처리제들이 매우 광범위하게 보급 사용되었고, 일본에서는 SU계 제초제들과 mefenacet이 혼합된 일발 처리제들이 매우 광범위하게 사용되었다. 이와 같이 한국과 일본에서 광엽 및 방동사니과 잡초들에 탁월한 선택성과 약효 지속성을 가지고 있는 SU계 제초제들이 혼합된 일발 처리제들이 광범위하게 연용되어 짐에 따라 이들 SU계 제초제들에 민감한 잡초들이 저항성화 하기 시작하였다. 한국과 일본의 논에서 SU계 제초제들에 대한 저항성 물옥잠이 처음으로 확인된 이후 최근까지 이들 제초제들에 대한 저항성 초종과 발생면적은 급격하게 증가하고 있는 실정이다(일본식물조절협회, 2006). 이들 논 제초제 저항성 잡초들 중에서 한국에서는 물달개비(*Monochoria vaginalis*), 일본에서는 올챙이고랭이(*Scirpus juncoides*) 각각 가장 빠르게 확산하고 있다(Kohara 등, 1999). 논에서 SU계 제초제들에 대한 저항성 잡초 초종과 발생면적이 증가 함에 따라 기존의 SU계 제초제와 화본과 전용 약제인 molinate 등 2종 혼합제에서 제초제 저항성 전문 제초제들이 혼합된 3종의 혼합제들이 개발되고 있다. 특히 최근에는 제초제 저항성 잡초들이 농경지의 같은 필지에서 다수의 초종들이 복합적으로 발생하고 있기 때문에 일본의 경우 3종 혼합제 뿐만 아니라 4종, 5종 혼합제 위주로 개발되어 지고 있다. 그러나 한국에서는 아직까지 제초제 저항성 물달개비 전문약제 위주 3종 혼합제가 개발이 시작되어 지고 있는 실정이다(일본농약요람, 1980-2006). 따라서 본 논문에서는 최근 한국과 일본의 제초제 저항성 잡초 발생 현황 및 전망과 이들 제초제 저항성 잡초를 관리하기 위한 올바른 제초제 개발 방향을 밝히고자 한다.

농업환경 변화에 따른 제초제 개발현황

한국의 도시화 정도는 매우 빠른 속도로 진행되어 2007년도에 이미 80% 이상으로 선진국 보다 높고 개발도상국 보다는 20년 이상 높은 것으로 나타났다. 급격한 도시화의 진행은 농촌 인구의 급격한 유출을 의미하며, 이러한 농촌 인구의 도시 유입은 1980년 중반부터 1990년대 중반까지 급격하게 진행되었다. 1985년도에 국내 전체 농가 수는 약 1,926천 농가였으나 1995년도에는 약 1,510천 농가, 2007년도에는 1,2000천 농가로 나타나 약 20년 동안에 약 37%나 감소하였다(그림 1). 농촌 인구의 급격한 유출은 농촌의 노동력의 고령화 등으로 질적 및 양적인 저하를 의미한다(그림 2).

농촌의 유효 노동력의 급격한 유출과 농경지의 도시화는 전체 농경지 면적 및 가구당 경작 규모에도 많은 변화를 초래하였다. 한국의 전체 농경지 면적은 1998년에 약 191만 ha였으나 2007년에는 약 178만 ha로 줄었다. 특 논이 차지하는 면적도 빠른 속도로 감소하고 있는데, 1990년도에는 논 면적이 1,345천 ha였으나 1997년도에는 약 107만 ha로 약 20%나 감소하였다. 그러나 가구당 경지면적은 총 논 경지 면적의 감소에도 불구하고 농촌 가구 수 및 농업인구의 감소율이 상대적으로 높았기 때문에 계속 증가하여 왔고 앞으로 이러한 경향은 더욱 증가하게 될 것이다(그림 3).

우리나라 농가당 농업조수익면에서 보면 농작물에 의한

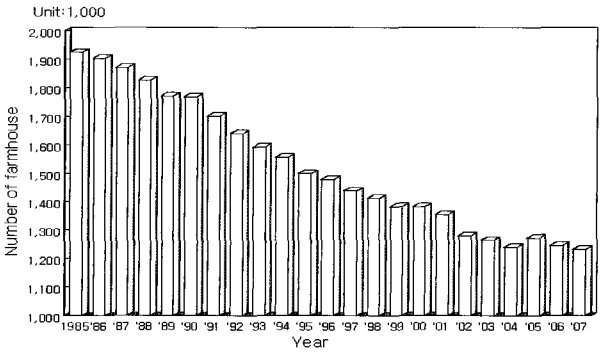

Fig. 1. Change of number of farmhouse by year in Korea.

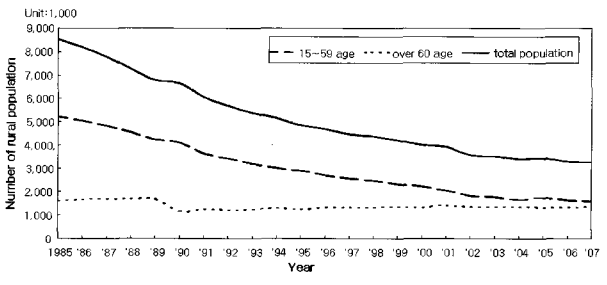

Fig. 2. Change of rural population by year in Korea.

수입이 2005년까지도 아직까지도 79.6%를 이르고 있으며 특히 미곡생산에 의한 수입이 41.1%나 차지하고 있다. 또한 농촌 노동력의 급격한 감소에 따른 노임상승은 계속증가하고 있는데, 1995년 남자 일당 임금이 약 33천원에서 2006년도에는 6만원으로 증가하여 약 45%나 증가하였다(그림 4).

농업적 환경의 급격한 변화는 벼 재배양식을 변화 시켰는데, 특히 농촌의 고령화로 인한 노동력의 양적 및 질적 저하는 생력 재배법이라고 할 수 있는 벼 직파 및 어린모기계이앙 재배면적을 보급 확대 시켰다. 특히 1993~1996년 사이에는 벼 직파 및 어린모기계 이앙 재배 면적이 배 전체 재배면적 약 50%나 차지하였고, 특히 1995년도에는 벼 직파면적이 전체 벼 재배면적 중 11.1%로 증가하였다(농림부, 2007). 이러한 농촌의 노동력 변화에 따른 벼 재배양식의 변화는 약효의 선택성과 지속성이 매우 탁월한 sulfonylurea(SU)계 제초제들이 개발 보급됨으로서 가능하였다. 1990년대 초반부터 개발되기 시작한 SU계 제초제들과 molinate, mefenacet 등 피 전용약제들이 혼합된 "일발처리제"가 빠른 속도로 개발되었으며, 이들 제초제들이 농업인들에게 주로 사용되어 졌다. 한국의 논제초제 166개 품목 중에서 122 품목, 일본은 378 품목 중에서 222개 품목이 SU계 제초제들이 혼합되었다(그림 5). 특히 이들 SU계 제초제들이 혼합되어진 화본과 전용 제초제들 중에서 한국에서는 molinate가 가장 선호되어 졌으며 다음으로 mefenacet, esprocarb 등이 주로 혼합되어 사용되어 졌다(한국작물보호협회, 2000-2007). 그러나 표 1과 같이 일본에서는 화본과 잡초와 광엽잡초 초기 방제가 가능한 carfenstrole, mefenacet이 매우 선호되어 졌다(일본농약요람, 1980-2006).

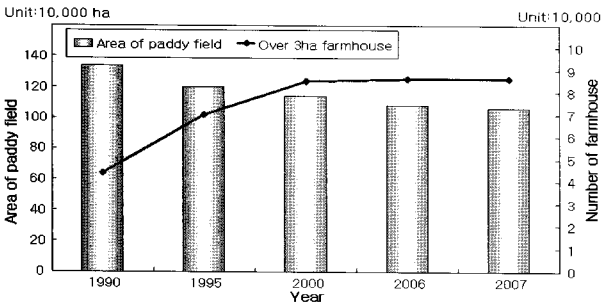

Fig. 3. The changes of total area of paddy field and number of over 3 ha farmhouse by year in Korea.

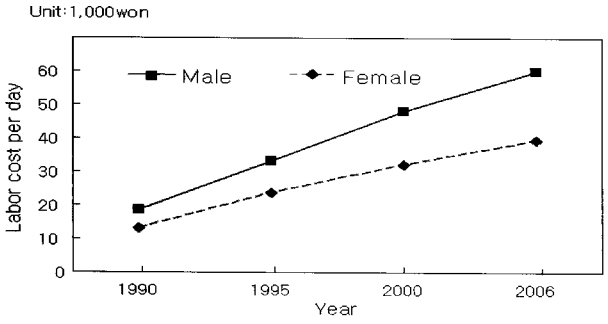

Fig. 4. Change of labor cost in urban district by year in Korea.

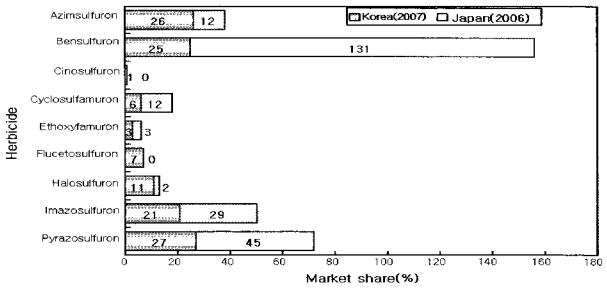

Fig. 5. Number of sulfonylurea-included herbicide in Korea and Japan

Table 1. The ranking of paddy herbicides preferred from farmers and Korea and Japan

Ranking	Korea (2003)	Japan (2001)
	Herbicide	Herbicide
1	Prazosulfuron+molinate 3 kg GR	Bensulfuron+carfenstrole+cyhalofop+dymuron SC
2	Bensulfuron+molinate 3 kg GR	Bensulfuron+carfenstrole+dymuron Jumbo
3	Bensulfuron+butachlor 3 kg GR	Bensulfuron+mefenacet+benthiocarb 1 kg GR
4	Pyrazosulfuron+mefenacet 3 kg GR	Bensulfuron+mefenacet+dymuron 1 kg GR
5	Azimsulfuron+molinate 3 kg GR	Pyrazosulfuron+esprocarb+pretilachlor+dimetametrine 1 kg GR
6	Pyrazosulfuron+esprocarb 3 kg GR	Pyrazosulfuron+mefenacet 1 kg GR
7	Imazosulfuron+mefenacet 3 kg GR	Imazosulfuron+pentoxazone+dymuron 500 ㎖ SC
8	Pyrazosulfuron+pyriminobac 3 kg GR	Imazosulfuron+pentoxazone+dymuron 500 ㎖ SC
9	Imazosulfuron+fentrazamide 3 kg GR	Bensulfuron+mefenacet+pyriminobac 1 kg GR
10	Imazosulfuron+fentrazamide 500 ㎖ SC	Pyrazosulfuron+pretilachlor+cyhalofop+dimethametrine 1 kg GR

제초제 저항성 잡초 발생 현황과 전망

농경지에서 발생하는 잡초군락은 여러 가지 환경 요인에 의하여 변화한다. 즉 농경지에서 잡초군락이 변화는 천이는 주로 사용되어지는 제초제에 의해서 변화한다고 볼 수 있다. 한국과 일본의 논에서는 1990년대 초반부터 SU계 제초제들과 화본과 전용 혼합제들인 "일발처리제"들이 다년간 농업인들에 의해 선호되어졌다. 이들 제초제들의 다년간 사용에 의하여 약효 지속성과 선택성이 탁월한 SU계 제초제들에 민감한 반응을 보일 뿐만 아니라 종자생산량과 발아율 등이 탁월한 물달개비와 올챙이고랭이 등과 같은 잡초들이 저항성화 되어 빠른 속도로 확산하고 있다(Park 등, 1999). 일본에서는 1996년도에 Hokkaido와 Tohoku에서 물옥잠(*Monochoria korsakowii*)이 SU계 제초제 저항성 잡초로 확인된 이후 현재까지 14초종이 발생 확인되었다(Yoshida 등, 1999). 한국 역시 충남 서산 간척지 논에서 1998년도에 물옥잠이 SU계 제초제 저항성 잡초로 확인 다음 현재까지 10초종이 발생확인 되었다. 한국에서는 광엽잡초인 물달개비가 제초제 저항성 잡초로 가장 광범위하게 확산하고 있으나 최근에는 사초과인 올챙이고랭이도 빠른 속도로 확산하고 있는 실정이다(박태선 등, 1999; 2001; 2003). 일본은 한국과 달리 제초제 저항성 올챙고랭이가 가장 광범위 하게 발생하고 있고, 최근에는 물달개비가 확산되고 있는 실정이다. 이와 같이 한국과 일본의 논에서 SU계 제초제에 대한 저항성 잡초 발생양상이 차이가 나타나는 것은 물론 제초제 사용 때문에다. 표 2에서 나타난 것처럼 한국에서는 물달개비 등 광엽잡초에 비효과적인 molinate가 SU계 제초제들과 혼합되어 매우 광범위하게 사용되어진 반면에 일본의 경우는 광엽잡초 초기에 어느 정도 효과적인 mefenacet이 혼합된 제초제들이 매우 광범위하게 사용되어 졌기 때문이다. 한국 논에서는 발생된 제초제 저항성 잡초 10초종 중에서 일년생 잡초가 물달개비, 올챙이고랭이 등 7초종, 다년생 잡초는 새섬매자기(*Scirpus planiculmis* Makino) 등 3초종이 확인되었고, 일본은 14초종 중에서 다년생 잡초는 벗풀(*Sagittaria trifolia*) 1초종이고, 나머지는 모두 일년생 잡초들이다(일본식물조절협회, 2006) 대부분의 현삼과 논 잡초들이 SU계 제초제 저항성 잡초들로 확인되었으나 한국에서는 미국외풀(*Lindernia dubia*) 1초종만 확인이 되었으나 밭뚝외풀(*Linderia procumbens*) 등 다른 현삼과 잡초들도 이미 저항성화 되었을 가능성이 매우 높은 것으로 추측된다.

한국과 일본의 논 농업은 미국이나 유럽의 선진국에 비해 매우 집약적이기 때문에 SU계 제초제들이 매우 광범위하게 연용 되어졌다. 그러나 현재까지도 SU계 제초제들을 대체할 수 있는 마땅한 제초제들이 개발되어지지 않았기 때문에 한국과 일본의 논에서 제초제 저항성 잡초들의 발생과 확산은 더욱 빠르게 진행될 것으로 추측된다. 특히 한국에서 최근 제초제 저항성 올챙이고랭이가 빠른 속도로 확산하고 있을 뿐만 아니라 괴경 및 종자 생산량이 매우 많은 올미, 벗풀, 새섬매자기 같은 다년생 잡초들이 문제될 가능성이 매우 높다.

논 제초제 저항성 잡초들의 저항성 정도 및 피해율

논에서 일단 제초제 저항성 잡초들이 발생하면 기존에 사용하고 있던 제초제들은 거의 효과가 없는 것으로 나타났다. 표 3에서 보는 바와 같이 한국 논에서 발생하고 있는 주요 저항성 잡초들의 생체중을 50% 억제하는 SU계 제초제들의

Table 2. Weed species that have developed to be resistant to sulfonylurea herbicides in rice fields of Korea and Japan

Korea		Japan	
Weed	Year	Weed	Year
Monochoria korsakowii	1998	*Monochoria korsakowii*	1996
Monochoria vaginalis	1999	*Lindernia* spp.[1)]	1997
Scirpus juncoides var. *owhianus*	2000	*Elatine triandra* var. *pedicellata*	1998
Lindernia dubia	2000	*Limnophila sessiliflora*	1998
Rotalia indica	2001	*Rotala indica*	1998
Cyperus difformis	2001	*Scirpus juncoides* var. *owhianus*	1998
Scirpus planiculmis Makino	2004	*Monochoria vaginalis*	2000
Scirpus pygmaea Miq.	2004	*Scirpus wallichii*	2001
Elecharis acicularis for. *longiseta T.*	2006	*Sagittaria trifolia*	2002
Blyxa aubertii L.C. Rich	2006	*Alopecurus aequalis* var. *amurensis*	2005

Lindernia spp.[1)] : *L. micrantha*, *L. procumbens*, *L. dubia* var. *major*, *L. dubia* var. *dubia*

Table 3. The resistant degree of main sulfonylurea-resistant weeds occurring in rice fields of Korea

Herbicide	GR_{50} Ratio of resistant bio-types to susceptible bio-types by Species				
	M. korsakowii[1)]	*M. vaginalis*	*L. dubia*	*S. juncoides*	*S. planiculmis*
Azimsulfuron	12	217	560	275	720
Bensulfuron	40	123	987	318	558
Cinosulfuron	42	215	620	234	549
Ethoxysulfuron	60	177	600	340	500
Imazosulfuron	36	159	545	237	412
Pyrazosulfuron	64	138	482	412	872

M. korsakowii[1)] : *Monochoria korsaokowii*, *M. vaginalis* : *Monochoria vaginalis*
L. dubia : *Lindernia dubia*, *S. juncoides* : *Scirpus juncoides*, *S. planiculmis* : *Scirpus planiculmis*

농도(GR_{50})를 감수성 잡초들과 비교한 결과 저항성 잡초들이 수십배에서 수백배 높은 것으로 나타났다. 따라서 현재까지 한국 논에서 SU계 제초제들이 발생하고 있을 때 특히 물달개비와 올챙이고랭이 등이 동시에 발생하고 있을 때는 현재 광범위하게 사용 중인 "일발처리제"로는 방제가 불가능하기 때문에 최소한 2회 이상 체계 처리가 필수적이다. 제초제 저항성 잡초 방제에 따른 제초제의 체계처리는 노동력 및 노동경비 추가 부담과 제초제 남용에 따른 농업생태계의 오염 문제가 따를 수가 있다. 논에서 발생하는 제초제 저항성 잡초들이 농업인들에 의하여 확인되었을 때는 이미 매우 높은 밀도로 우점되어 있는 상태이기 때문에 벼의 수량에 심한 영향을 미친다. 그림 6에서 보는바와 같이 SU계 제초제 저항성 물달개비 우점한 담수직파 및 기계이앙 논에서 파종과 이앙 후 경과 일수별 수량을 방제구와 비교한 결과 벼 수량에 심한 영향을 미쳤다. 벼 담수직파 논에서 제초제 저항성 물달개비를 방제하지 않을 경우 약 70%까지 억제되었으며, 기계이앙 논에서도 방제하지 않을 경우 약 50%까지 억제되었다(국 등, 2003). 제초제 저항성 물달개비에 대한 벼의 피해율뿐만 아니라 박 등(2006a)은 어린모기계이앙 논에서 SU계 제초제 저항성 올챙이고랭가 발생하여 추가 방제하지 않을 경우 수량이 약 60% 정도 억제되었으며, 새섬매자기의 경우는 약 80%까지 억제되었다고 발표하였다(2006b).

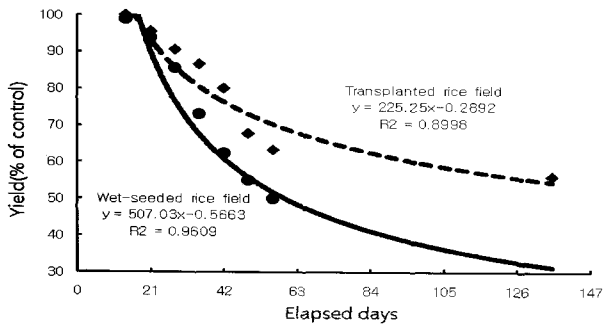

Fig. 6. Changes of yield by elapsed days in wet-seeded and transplanted rice fields dominated with sulfonylurea-resistant *Monochoria vaginalis*.

논 제초제 저항성 잡초 발생에 따른 제초제 개발 전망

위에서 언급한 바와 같이 현재까지 사용되어지고 있는 SU계 제초제들과 화본과 전용 제초제들인 "일발처리제"를 계속 연용 한다면 이들 제초제들에 대한 저항성 잡초들은 더욱 빠

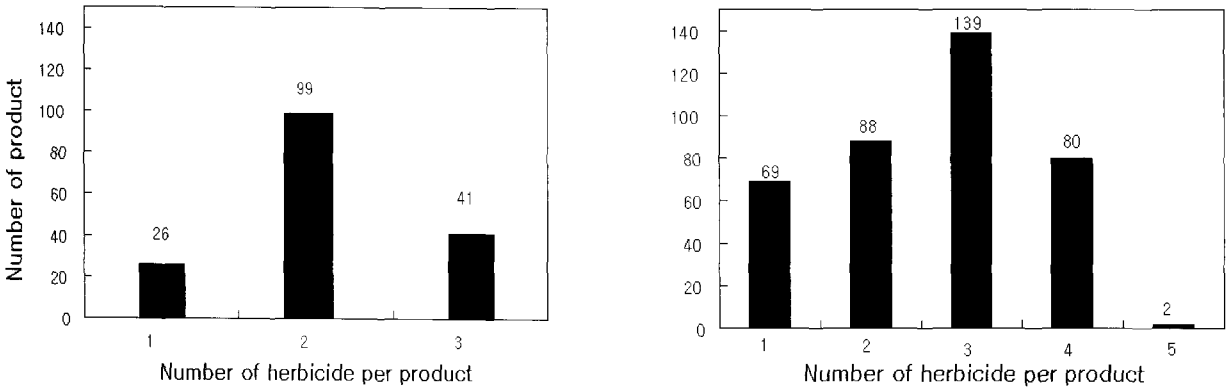

Fig. 7. Number of product according to number of herbicide per product in Korea (left) and Japan (right).

르게 확산할 것이다. 또한 논에서 발생하고 있는 제초제 저항성 잡초들은 모두 우점잡초들일뿐만 아니라 발생하여 방임할 경우 수량피해율이 매우 높아 제초제의 추가 처리가 불가피하다. 제초제의 추가 처리는 노동력 및 경제적 문제뿐만 아니라 농생태계의 오염문제 등 여러 가지 문제점들을 발생시킬 수가 있다. 그림 7과 8에서와 같이 제초제 저항성 잡초들의 빠른 확산에도 불구하고 아직까지 한국에서는 "일발처리제"를 포함한 체계 처리에 의존하고 있는 실정이나 한국과 농업적 환경이 매우 비슷한 일본의 경우는 제초제 전문약제들이 포함된 4종 혼합제들이 급격하게 증가하고 있는 추세일 뿐만 아니라 최근에는 5종 혼합제도 개발되어 지고 있는 실정이다.

그림 9에서 보는바와 같이 최근 일본에서는 제초제 저항성 잡초들 때문에 과거 SU계 제초제들과 혼합되어 사용되어온 mefenacet, benthiocarb, molinate 등은 급격하게 사용량이 빠르게 감소하고 있는 실정이다. 그러나 그림 10에서 나타남 것처럼 제초제 저항성 전문약제 특히 올챙이고랭이에 효과적인 bromobutide와 bezobicyclone의 사용량이 매우 빠르게 증가하고 있고 clomeprop는 다소 사용량이 줄어들고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 최근에는 제초제 저항성 잡초 전문 제초제들이 혼합된 새로운 "일발처리제"들이 급증하고 있으며 기존부터 사용되어 지고 있는 제초제들은 급격하게 줄어 들고 있는 실정이다(그림 11).

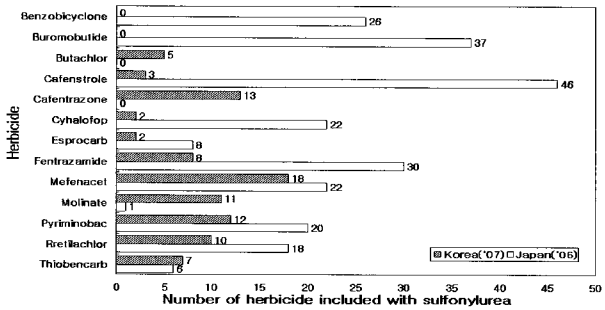

Fig. 8. Recent trend of main herbicides included with sulfonylurea herbicides in Korea and Japan.

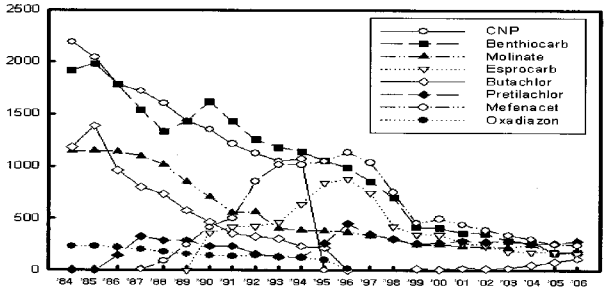

Fig. 9. Change to use of main nonsulfonylurea herbicides in paddy field of Japan

한국 역시 일본과 같이 제초제 저항성 잡초 발생과 확산에 따른 농업적 환경변화에 빠르게 적용할 수 있는 새로운 형태의 제초제 개발에 대한 인식전환과 법적인 변화가 조속히 전환되어야 한다. 농업인 역시 지금까지 사용되어온 "일발처리제" 개념에서 벗어나 3종 이상의 혼합제 사용의 불가피성에 따른 다소간의 제초제 가격에 대한 인식전환도 있어야한다. 표 4는 최근 한국 논에서 발생하고 있는 제초제 저항성 잡초를 방제하기 위하여 개발되어 지고 있거나 앞으로 제초제 저항성 잡초 방제를 위한 전문약제 개발을 위한 하나의 예를 제시한 것이라 할 수가 있다.

현재까지 한국 논에서 SU계와 화본과 전용 제초제 혼밥제형의 "일발처리제" 제초제들이 주로 사용되어지고 있기 때문에 저항성 잡초의 문제는 더욱 심각할 것으로 추측된다. 제초제 저항성 잡초 발생시 현재와 같은 2~3회 체계처리로 인한 경제적 및 환경적 문제를 벗어 나기위해서 저항성 전문약제가 혼합된 3종 이상의 약제들 개발이 이상적이라고 할 수가 있다. 또한 피와 다년생 잡초들 역시 여전히 문제가 된다고 가정할 때 앞으로 이상적인 제초제 혼합제들은 피 3엽기에

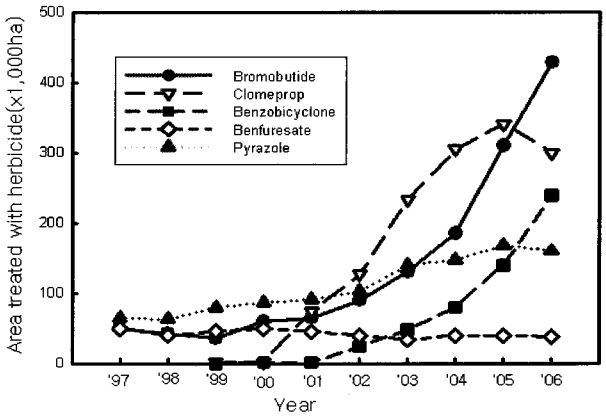

Fig. 10. Trend by year of effective herbicides to sulfonylure-resistant weeds in paddy field of Japan

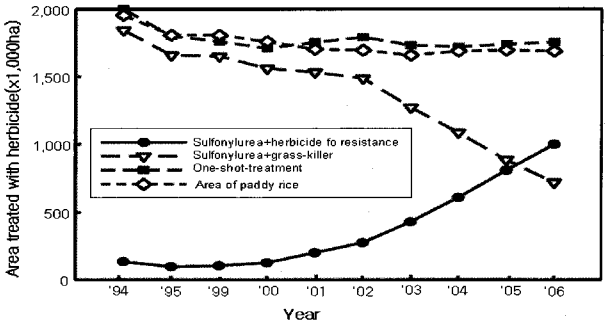

Fig. 11. Recent trend of new herbicide development in paddy field of Japan

Table 4. Recent trend and ideal model for new product development to control the sulfonylurea-resistant weeds in paddy field of Korea

Class	Pre-and early post-emergence	Herbicide for grass (3 leaves stage)	Herbicide for resistance	Sulfonylurea
Herbicide	Cafenstrole	Flucetosulfuron	Benzobicyclone	Azimsulfuron
	Esprocarb	Metamifop	Bromobutide	Bensulfuron
	Fentrazamide	Penoxsulam	Cafentrazone	Cyclosulfamuron
	Mefenacet	Pyriminobac	Pyrazolate	Flucetosulfuron
	Oxadiargyl	Pyrimisulfam	Pyrimisulfam	Halosulfuron
	Pretilachlor			Imazosulfuron
	Thiobencarb			Pyrazosulfuron

처리하였을 때 피 및 저항성 잡초, 그리고 다년생잡초들이 동시에 방제가 가능한 3종 이상의 제초제들의 개발이 이상적이라고 할 수가 있다. 특히 그동안 피전용 제초제인 molinate가 2008년도부터 생산이 중단됨에 따라 molinate를 대체할 수 있는 제초제들과 저항성 전문 제초제들과 SU계 제초제들이 혼합된 약제들로 전환될 것으로 예측되어 진다. 그러나 한국에서 발생하고 있는 제초제 저항성 잡초 초종별 발생 및 반응차이 정도를 고려할 때 제초제 개발은 앞으로 일본과 유사한 흐름을 보일 것으로 예측된다. 특히 최근에 제초제 저항성 전문약제들로 개발되어 지고 있는 대부분의 제초제들은 약효 지속성에 문제가 있는 것으로 나타났다. 또한 저항성 잡초 전문약제들은 저항성 잡초 초종별 뚜렷한 차이를 보였는데, bromobutide는 올챙이고랭이 등 사초과에 그리고 cafetrazone과 pyrazolate는 물달개비 등 광엽잡초에 효과적으로 나타났다. Benzobicyclone과 pyrmisulfam은 사초과 및 광엽잡초에 효과적이었다.

>> 참 / 고 / 문 / 헌

Kohara, H., K. Konno and M. Takekawa (1999) Occurrence of sulfonylurea-resistant biotypes of *Scripus juncodies* Roxb. var. *ohwianus* T. Koyama in paddy fields of Hokkaido perfecture, Japan. J. Weed Sci. &. Tech. 44(3):228-235.

Park, T. S., C. S. Kim, J. P. Park, Y. K. Oh and K. U. Kim (1999) Resistant biotype of *Monochoria korsakowii* against sulfonylurea herbicides in the reclaimed paddy fields in Korea. Proc. 17th APWSS Conf. 251-254, Bangkok.

Yoshida, S., K. Onodera, T. Soeda, Y. Takeda, S. Sasaki and H. Watanabe (1999) Occurrence of *Scirps juncodies* subsp. *ohwianus*, resistant to sulfonylurea herbicides in Miyagi Prefecture. J. Weed Sci. & Tech. 44 suppl. 70-71.

농림부 (2007) 농림수산통계. 농림부. http://www.maf.go.kr/index.jsp

국용인, 권오도, 신동영, 권병선, 정안기, 임일빈, 구자옥 (2003) Sulfonylurea계 제초제 저항성 및 감수성 물달개비, 미국외풀 및 마디꽃의 발아 및 생장 특성과 저항성 잡초종에 의한 벼의 수량 감소. 한국잡초학회지 23(2):143-152.

박태선, 권오도, 김창석, 박재읍, 김길웅 (1999) 한국 수도답에서 *sulfonylurea* 제초제에 대한 저항성 물달개비 출현. 한국잡초학회지(별) 19(2):71-73.

박태선, 김창석, 문병철, 이인용, 임순택, 박재읍, 김길웅 (2001) 한국 남부지방 논에서 sulfonylurea계 제초제에 대한 저항성 미국외풀 (*Lindernia dubia* (L.) Pennell var. *dubia*) 발생과 방제. 한국잡초학회지 21(1):33-41.

박태선, 이인용, 박재읍 (2003) 한국에서 제초제 저항성 잡초 발생 현황과 대책. 한국잡초학회지 23(1):1-10.

박태선, 문병철, 조정래, 강충길, 박재읍 (2006) 논에서 sulfonylurea계 제초제 저항성 올챙이고랭이(*Scirpus juncoides* Roxb.)의 관리와 경합특성. 한국잡초학회지 26(1):99-107.

박태선, 문병철, 강충길, 박재읍 (2006) 한국 간척지 논에서 sulfonylurea계 제초제 저항성 새섬매자기(*Scirpus*)의 관리와 경합특성. 한국잡초학회지 26(4):375-383.

일본식물조절협회 (2006) 식조40년사. p.125.

일본농약요람 (1980-2006) 사단법인일본식물방역협회.

한국작물보호협회 (2000-2007) 농약연보.

논 제초제 저항성 잡초 발생에 따른 제초제 개발 현황과 방향

박태선*

농업과학기술원

요 약 최근 한국 논에서는 1989년부터 pyrazosulfuron/molinate 및 bensulfuron/molinate와 같은 "일발처리제"의 광범위한 사용으로 설포닐우레아(SU)계 제초제 저항성 잡초들이 급증하고 있다. 2008년 현재까지 확인된 SU계 제초제 저항성 잡초들은 일년생 잡초 7초종과 다년생 잡초 3초종이 각각 확인되었다. 현재까지 개발 및 사용되어온 SU계 제초제들과 화본과 전용 제초제들이 혼합된 "일발처리제"로부터 제초제 저항성 잡초 방제를 위주로 한 새로운 제초제 개발이 요구된다. 최근 한국과 농업적 환경이 유사한 일본은 제초제 저항성 잡초를 방제하기 위한 시스템으로 제초제 개발이 급변하고 있다. 따라서 한국에서도 제초제 전문약제들이 혼합된 3종 이상의 새로운 "일발처리제" 개발로 전환되어 져야 한다. Benzobicyclone, bromobutide, cafentrazone, pyrimisulfam은 SU계 제초제 저항성 잡초에 효과적인 제초제들이다. 그러나 이들 제초제 전문약제들에 대한 제초제 저항성 잡초 초종별 반응은 서로 다르게 나타났는데, bromobutide와 cafentrazone은 각각 사초과와 광엽잡초에 효과적이나 benzobicyclone과 pyrimisulfam은 사초과와 광엽잡초에 모두 효과적이다.

색인어 설포닐우레아, 제초제, 저항성, 잡초, 개발