

# 일본에서 sulfonylurea계 제초제 저항성 잡초의 출현

미야하라 마사지\* · 구자옥\*\* · 이도진\*\*\*

## Occurrence of Resistant Weeds to Sulfonylurea Herbicides in Japan

Miyahara M.\*, J.O. Guh\*\* and D.J. Lee\*\*\*

### I. 서 언

Sulfonylurea(SU)계 제초제가 일본의 국공립 연구기관에서 취급되기 시작한 것은 1980년에 들어와 Dupont社의 제품이 수도작 제초제로서 시험되기 시작한 것이 처음이었다. 당시 공시되었던 약제는 실용화에 이르지 못했으나 1982년부터 시험된 Dupont社의 DPX-5384(bensulfuron methyl)는 피를 제외한 대부분의 논잡초에 대하여 유효하였으므로 피방제에 유효한 제초제와 혼합제를 만든다면 그 당시 시판되었던 일발처리제(One shot application herbicide)보다도 적용초종이 넓어져 새로운 일발처리제로 자리잡을 것이 확실시되었다. 또한 이 약제의 특징으로서 식물에는 대단히 활성이 높아 극소량으로도 충분한 효과를 발휘하지만 동물에 대해서는 안전성이 높기 때문에 신규제초제로 등록되었고 1987년부터 판매되기 시작하여 빠른 속도로 이용면적을 넓혀갔다. 그 후 日産化學의 pyrazosulfuron ethyl과 武田藥品의 imazosulfuron도 등록되어 현재 SU계 제초제가 일발처리제의 대부분을 점유하고 있으며 수도작 재배의 잡초방제에 있어서 중요한 역할을 담당하고 있다.

당하고 있다.

일본에서는 1950년부터 제초제에 의한 잡초 방제가 시작되었는데 특정 제초제의 연속사용으로 인해 방제 효과가 낮은 초종이 증가되었으므로 보다 효율적인 신규제초제의 개발이 요구되었다. 때마침 SU계 제초제와 피 방제에 효과가 뛰어난 다른 제초제와의 혼합제는 수도작재배지에서 대부분의 주요 잡초종에 대하여 유효하기 때문에 연용에 의해서도 특정 초종의 증가가 일어나기 어려운 것으로 간주되었으며 실제로 과거의 약제와는 달리 사용현장에서 별다른 문제를 야기시키지 않았다. 그러나 수도작 재배에 널리 연속적으로 사용되기에 이르러 농약의 연용에서 항상 문제로 제기되는 저항성 생물형의 출현에 대해서는 세심한 주의와 관찰이 필요하다고 판단되었다.

일본보다 먼저 SU계 제초제가 사용되었던 나라의 발작물 재배지에서는 재배기간중 여러 차례의 약제처리가 행해지므로 저항성 개체의 출현이 일찍부터 보고되기 시작하였고 더욱이 수도작재배의 경우에서도 사용을 시작한지 몇 년이 지나면서 저항성 잡초종의 보고가 현실화되기에 이르렀다. 그리하여 SU계 제초제의 저항성잡초에 대하여 광범위한 시험연구가 실시

\* 前일본 농림수산 항공협회(Former Japan Agricultural Aviation Association)

\*\* 전남대학교 응용식물학부(Faculty of Applied Plant Science, Chonnam National Univ., Kwangju, 500-757 Korea)

\*\*\* 前일본 농림수산성 농업연구센터(Former National Agriculture Research Center, MAFF, Japan)

순천대학교 농업교육과(Dept. of Agri. Education, Suncheon National Univ., Suncheon 540-742, Korea)

<'98. 5. 29 접수>

되었고 이러한 많은 연구결과는 1994년에 출판된 *Herbicide Resistance in Plants*<sup>17)</sup>에 실려 있다.

이와 같이 미국을 중심으로 한 여러 나라에서는 SU계 제초제가 사용되기 시작하여 비교적 짧은 시기에 제초제 저항성 잡초의 출현과 확인연구가 실시되었다. 그러나 일본에서는 1987년 *bensulfuron methyl*의 혼합제가 사용되기 시작하여 급속히 사용면적을 증가시키며 계속적으로 사용되었음에도 불구하고 2, 3년 전까지는 전혀 제초제 저항성 잡초에 관한 보고가 발견되지 않았다. 이처럼 다른 여러 나라와 달리 일본의 경우 제초제 저항성 잡초의 확인시기에 차이가 있었던 주요한 원인으로서 다른 나라에서는 SU계 제초제가 단독으로 사용되는 예가 많은 반면 일본은 수도작재배시 1회 사용으로 주요 잡초종에 효과를 나타내는 방법(일발처리)이 실시되는 SU계 제초제와 피방제 효과가 뛰어난 다른 제초제(종류에 따라서는 피외의 초종에도 효과를 나타냄)와의 혼합제로 사용되었던 이유 때문으로 추정된다. 또한 일발처리제가 사용되기 시작했을 당시에는 한랭지를 중심으로 이식전후의 토양처리제와 일발처리제를 조합하는 체계처리 사용법이 널리 행해졌던 원인도 관여되는 것으로 추정된다.

그러나 일본에서도 SU계 제초제를 사용하기 시작하여 몇 년이 경과한 1993년에 北海道 지역에서 물옥잠(*Monochoria korsakowii*)이 예전과는 달리 잔존한다는 보고가 있어 검정한 결과 저항성이라는 것이 밝혀졌으며 그 후 동북지방, 北海道, 관동지방에서 몇 개의 초종에서 SU계 제초제 효과의 저하가 확인되어 대부분이 저항성으로 판명되었고 방제대책 마련을 위한 시험연구가 실시되고 있다.

여기에서는 생산현장에서의 SU계 제초제 저항성잡초의 대책을 합리적으로 확립하기 위한 참고자료를 제공하기 위해 저항성잡초의 출현과 그 특성 및 방제대책에 대하여 일본 잡초학회에 보고된 내용을 중심으로 정리하였다.

저항성 잡초의 출현으로 표기한 것은 특정 제초제가 실용화되었던 초기에는 높은 방제효

과를 나타내었으나 일정 기간 연용한 후에 전혀 효과가 없어지는 잔존 초종이 갖는 의미이며 저항성의 판정에는 약제의 표준량 수준으로 검토하는 것을 기본으로 하고 있다. 더구나 사용당시부터 효과가 없었던 잡초종은 약제의 스펙트럼을 벗어나는 적용외의 초종이므로 여기에서의 저항성잡초의 출현과는 별도의 의미를 갖기 때문에 언급하지 않는다.

## II. 저항성 잡초의 출현 상황

### 1. 「물옥잠, *Monochoria korsakowii*」

古原 등<sup>15)</sup>은 北海道의 長沼町 惠庭市 등의 SU계 일발처리제를 연용했던 논에서 1993년부터 물옥잠이 특이적으로 잔존하는 문제가 발생되어 사용부주의에 의한 요인이 아닌 저항성이 관여하고 있는 것으로 판단하고 확인 시험을 실시한 결과 현재 사용되고 있는 3종류의 SU계 제초제를 표준량으로 사용할 경우 감수성(지금까지 SU계 제초제가 전혀 사용되지 않았던 곳으로부터 수집해 온 물옥잠)에 대해서는 완전한 방제효과를 나타내는데 비하여 長沼町에서 수집한 물옥잠에는 전혀 방제효과가 인정되지 않았기 때문에 저항성 생물형으로 판단하였다. 또한 北海道에 있는 5개 지청관내의 농업개량보급센터에서 물옥잠의 발생 현황을 조사한 결과 4개 지청관내에 발생이 확인되었다.

### 2. 「현삼과(*Scrophulariaceae*) 잡초」

伊藤 등<sup>11)</sup>은 1996년 동북지역내에서 SU계 일발처리제의 방제효과가 떨어지는 지역 5개소에 대하여 현황을 조사한 결과 동북지역과 니가타지역에서 현삼과의 미국발뚝외풀 C type(*Lindernia dubia* var. *major*, Cuneate type), 미국발뚝외풀 R type(*L. dubia* var. *dubia*, Roundate type), 발뚝외풀(*L. procumbens* Pennell), 논뚝외풀(*L. micrantha*), 구와말(*Limnophila sessiliflora*)의 4종 1아종이며 효과부족 때문에 문제되는 것으로 판단되었다. 잡초종별로 살펴보면 다음과 같다.

### 3. 「논뚝외풀, *Lindernia micrantha*」

伊藤 등<sup>8)</sup>은 동북지방의 山形縣 川西町에서 SU계 일발처리제를 연용한 논에 잔존하는 논뚝외풀과 秋田縣의 大曲市 휴경논에서 생육하는 논뚝외풀의 종자를 수집하여 포트에 파종하고 1엽기에 4종류의 SU계 제초제의 사용량을 단계별로 설정하여 약제를 살포한 뒤 조사한 결과 大曲産은 4약제 모두 표준량 시용에서 고사한 반면 川西町産은 4약제 모두 표준량의 시용에서는 전혀 고사하지 않아 저항성으로 판단되었다. 또한 伊藤 등(1997)<sup>9)</sup>은 山形縣 川西町의 광범위한 벼재배 논에 대하여 중간낙수기에 논뚝외풀의 발생량을 한 필지씩 조사하여 분포상황을 파악하였다. 그 결과 SU계 일발처리제를 연용했던 논일수록 발생량이 많았으며 지역내에서의 발생경향은 동일 소유자의 논으로 편중되어 있었으나 근처임에도 발생이 확인되지 않았던 곳은 제초제를 바뀐 가며 사용했던 논이라는 결론에 달하였다.

青木 등<sup>2)</sup>은 埼玉縣 加須市の 논뚝외풀 발생이 많은 논에서 잡초종자를 수집하여 imazosulfuron에 대한 감수성을 살펴본 결과 표준량에서는 거의 제초효과가 인정되지 않아 저항성 잡초의 출현으로 판단하였다.

### 4. 「외플류(*Lindernia* spp.)」

현재 일본에서 문제시되고 있는 외플류에는 3종류가 있는데 이전부터 알려져 있는 발뚝외풀과 명칭에 통일성이 없는 2초종인 미국발뚝외풀\*<sup>16)</sup> 또는 미국발뚝외풀 C type\*<sup>23)</sup>, 다케토발뚝외풀\*<sup>16)</sup> 또는 미국발뚝외풀 R type\*<sup>23)</sup>로 정리된다(\*의 초종명은 우리나라의 공식명칭이 아님). 이하의 내용은 森田 등<sup>16)</sup>의 분류에 준하였지만 각각의 연구보고에 기재된 내용을 기본으로 하여 정리하였다.

内野 등<sup>23)</sup>은 쓰쿠바産의 발뚝외풀, 미국발뚝외풀(C type, R type)에 대하여 bensulfuron methyl의 水中濃度(표준사용량이 2cm 수심에 녹아 있는 것으로 환산하여 표준농도와  $10^3$ 배 및  $10^4$ 배로 희석한 용액농도)에 대한 생육반응을 검토하였다. 일주일 후 생육억제에 영향이

있었던 뿌리생육(根長)에서의 효과는 발뚝외풀보다 미국발뚝외풀 R type에서 낮았으나 그 후 논에서 감수성차이를 비교한 결과 양자간의 차이는 그다지 크지 않았다.

内野 등<sup>22)</sup>은 외플류가 잔존하여 문제시되고 있는 현지 포장의 논토양을 채취하여 생육시킨 후 채종한 종자를 공시하여 SU계 제초제에 대한 감수성을 검토한 결과 山形縣 遊佐町の 미국발뚝외풀 R type는 bensulfuron methyl과 imazosulfuron에 대하여 저항성이었으며 같은 지역의 발뚝외풀 및 宮城縣 田尻町の 미국발뚝외풀 C type는 bensulfuron methyl에 대하여 저항성이 확인되었다.

伊藤 등<sup>6)</sup>은 외플류의 殘草가 문제화된 山形縣 遊佐町の 논 671 필지 250ha에 대하여 제초제를 살포한 후 2~3주일 째에 잔초량을 조사한 결과 잔존하고 있는 초종이 외플류뿐으로 한정되어 단일식생을 형성하고 있었고 다른 초종을 거의 확인할 수 없었기 때문에 제초제 사용 부주의에 의한 것이 아닌 저항성에 관련이 있는 것으로 추정하였다. 또한 외플류의 잔초량 정도가 농가에 따라 현저히 다른 점이나 담수지파에서 발생이 많은 것을 확인하고 그 원인을 특정 제초제의 연용과 관련성이 높은 것으로 추정하였다. 그리고 다른 논으로의 전파에는 주로 농기구에 부착되어 이동하는 것이 크게 관계하는 것으로 판단하였으며 생산조정(일본은 쌀의 과잉생산을 조절하기 위해 경작지 일부의 휴경을 정책적으로 권장함)을 위해 일부 농경지에 벼를 재배하지 않는 일시 휴경답이 저항성 잡초의 번식에 중요한 역할을 하고 있는 것으로 판단되었다.

清藤 등<sup>18)</sup>은 青森縣 藤崎町の 논에서 1994년 미국발뚝외풀 C type이 특이적으로 대량 잔존하여 그 후에도 殘草하는 면적이 확대되고 있었기 때문에 동일 지역의 藤越地區를 대상으로 1996년 8월에 23ha, 167필지, 경작자 54명의 논을 대상으로 미국발뚝외풀 C type의 잔초량과 과거의 제초제 사용내력에 대하여 조사를 실시하였다. 그 결과 殘草로 확인된 초종은 대부분이 미국발뚝외풀 C type였고 R type는 극

히 적은 몇 개체만이 확인되었다. 잔초량의 다소에는 제초제 사용내력과 밀접한 관련성을 보이고 있었으며 SU계 일발처리제를 몇 년 동안 연용한 뒤부터 잔존량이 눈에 띄게 증가하였다는 결론에 이르렀다. 그리고 조사시에 상기 초종의 잔존이 확인되지 않았던 논은 후기처리제를 사용하였거나 pretilachlor를 함유한 혼합제를 사용한 경우와 일발처리제를 사용했던 논이더라도 본래부터 발생량이 적었던 경우인 세 유형으로 정리할 수 있었다. 이상의 결과로부터 pretilachlor가 함유되지 않는 일발처리제의 연용에 의해 미국발톱외풀 C type의 잔초량이 증가되기 쉬운 것으로 판단되었다. 한편 현지의 논에서 발생되었던 미국발톱외풀 C type에 대하여 pot조건에서 3종류의 SU계 제초제에 의한 방제효과를 검토한 결과 추천량의 3배량에서도 생존하는 개체가 확인되었기 때문에 이러한 약제들만으로는 효율적인 방제효과를 기대하기 어려운 것으로 판단되었다.

畑 등<sup>4)</sup>은 埼玉縣에서 SU계 일발처리제를 사용한 후 잔존하는 초종들에 대하여 앙케이트 조사와 함께 잔초량이 많았던 지역인 加須市の 현지조사를 실시하고 잔초량이 많았던 논 토양을 채취하여 bensulfuron methyl에 대한 감수성 정도를 조사하였다. 그 결과 埼玉縣의 동부지역인 조기·조식재배지대에서 미국발톱외풀(C type와 R type)의 殘草量이 많은 것으로 확인되었으며 bensulfuron methyl에 대한 감수성의 결과는 埼玉縣의 동부지역내에서도 북부와 남부지역에서 저항성 잡초의 발생비율에 차이가 있어 북부지역은 높았고 남부지역은 낮아 저항성개체의 출현시기와 관계가 있는 것으로 추정되었다.

青木 등<sup>2)</sup>은 외풀류의 잔초량이 많았던 埼玉縣의 동부지역인 加須市에서 잔초종을 조사하고 잔초량이 많았던 논토양과 수집 종자를 함께 공시하여 imazosulfuron에 대한 감수성을 조사한 결과 논 토양에서 발생한 초종의 대부분이 외풀류로서 미국발톱외풀의 C type 및 R type의 단일초종이었다. 또한 물별과 논톱외풀의 발생도 확인되었고 이와 같이 많이 발생했

던 대부분의 초종은 imazosulfuron에 대하여 저항성이었으며 이러한 점이 현지 논포장에서 대량 발생한 원인과 관련성이 있는 것으로 판단되었다.

### 5. 「구와말, *Limnophila sessiliflora*」

Wang 등<sup>26)</sup>은 秋田縣의 仙北郡 仙南村의 일부의 논에서 구와말의 잔초량이 현저하게 많아 현지에서 채취한 종자와 大曲市産의 감수성으로 판단되는 종자를 pot에서 제1엽기에 4종류의 SU계 제초제를 처리하여 감수성 조사를 실시한 결과 약제간의 차이는 거의 인정되지 않고 감수성인 大曲産은 표준량 처리구에서 모두 고사한 반면 仙南村産은 배량처리에서도 고사 개체가 없었기 때문에 SU계 제초제 저항성 잡초인 것으로 판단되었다.

### 6. 「물별, *Elatine triandra var. pedicellata*」

畑 등<sup>5)</sup>은 埼玉縣에서 저항성 잡초 조사중에 물별이 다량 발생하는 3개 지역의 논을 발견하고 논토양을 채취하여 pot에서 2엽기에 4종류의 SU계 제초제를 표준량, 3배량, 5배량으로 처리하고 검토한 결과 물별과 함께 물달개비, 마디꽃 등이 혼재하여 발생한 久喜市産의 물별은 SU계 제초제의 표준량 처리구에서도 생존하는 개체가 없었기 때문에 감수성이라고 판단하였으나 물별 단독 혹은 미국발톱외풀 C type와 공존하여 발생했던 加須市産은 SU계 제초제간의 방제효과에는 차이가 있었으나 표준량 처리구에서 실용상의 방제효과가 인정되지 않아 저항성 잡초인 것으로 판단되었다.

### 7. 「울챙이고랭이, *Scirpus juncooides var. ohwianus*」

古原 등<sup>14)</sup>은 北海道 岩見市の SU계 일발처리제를 연용한 논에서 울챙이고랭이의 많은 잔존량을 확인하고 채취한 종자와 연구소내의 논포장에 발생한 1.5엽기의 울챙이고랭이를 pot에 이식한 후 5종류의 SU계 제초제의 약량 변화에 따른 방제효과를 검토하였다. 그 결과 현지 논포장에서 채취한 울챙이고랭이의 생존

울과 생육률이 연구소내의 논포장에서 발생한 것보다 양호하여 저항성 잡초인 것으로 판단되었다. 이 시험에서는 시험방법에 다소 문제를 내포하고 있으므로 저항성에 대한 재검토를 필요로 하여 동북시험장에서 확인시험을 실시하고 있다.

### 8. 「마디꽃, *Rotala indica* var. *uliginosa*」

伊藤 등<sup>7)</sup>은 秋田縣 大曲市の 논에서 마디꽃만이 대량으로 잔존하는 곳이 있어 조사한 결과 제초제 사용내력이 SU계 일발처리제의 연용인 점을 알아내고 저항성잡초로 추정하여 논토양을 채취한 뒤 큐슈농업시험장의 1992년 산인 마디꽃을 비교대상으로 200ml의 비이커에서 본엽이 나오기 시작한 시기에 pyrazosulfuron ethyl을 6단계 농도로 처리하였다. 그 결과 큐슈농업시험장장은 표준량의 1/3량에서도 방제효과가 인정되었으나 大曲市産은 표준량의 10배량에서도 40%정도가 잔존하였고 30배량에서도 다소의 잔존량이 관찰되어 저항성 잡초인 것으로 판단되었다.

### 9. 「물달개비, *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*」

小荒井<sup>12)</sup>은 각 지역종의 물달개비를 수집하여 bensulfuron methyl에 대한 감수성을 검토한 결과 발생후 처리에서는 지역종간의 감수성

차이가 인정되지 않았으나 토양처리 후 일정 기간 뒤에 파종한 처리에서는 지역종간에 감수성 차이가 인정되었다. 그러나 보다 뚜렷한 결과를 얻기 위해서는 실험 방법 등을 고려하여 정확한 재확인 실험이 요구된다.

### 10. 「명아주, *Chenopodium album*」

포장에서 제초제 저항성을 확인한 것은 아니지만 内田 등<sup>20,21)</sup>은 神奈川縣 平塚市産의 명아주를 공시하여 thifensulfuron methyl에 의한 인위적인 도태실험을 한 결과 도태한 실험개체군과 자연개체군간에 thifensulfuron methyl에 대한 감수성 차이(LD<sub>50</sub>)가 약 2~5배로 인정되었으나 논잡초의 저항성 정도와 비교하면 그 차이는 미소한 편이었다.

이상과 같이 SU계 제초제의 표준량 처리에서 방제효과가 저조하여 저항성 잡초로 인정되었던 잡초종과 출현지역에 대하여 정리하면 Table 1과 같으며 5과 9초종이 北海道, 東北 및 關東地方에서 확인되었다.

## Ⅲ. 저항성 잡초의 특성

### 1. 단일 생태적 특성

여러 초종중에서 저항성 잡초로 판명된 생물형에 대하여 단일 생태적 특성을 지금까지의 감수성 생물형과 비교하여 명확히 하는 것

Table 1. Resistant weeds to sulfonylurea herbicides in Japan

Korean name	Scientific name	Family name	Prefecture found
물옥잠	<i>Monochoria korsakowii</i>	물옥잠	北海道
논뚝외풀	<i>Lindernia micrantha</i>	현 삼	山形縣(東北地方), 埼玉縣(關東地方)
밭뚝외풀	<i>Lindernia procumbens</i>	현 삼	山形縣(東北地方)
미국밭뚝외풀 C type*	<i>Lindernia dubia</i> var. <i>major</i>	현 삼	山形縣, 秋田縣, 宮城縣, 青森縣(東北), 埼玉縣(關東地方)
미국밭뚝외풀 R type*	<i>Lindernia dubia</i> var. <i>dubia</i>	현 삼	山形縣(東北地方), 埼玉縣(關東地方)
구와말	<i>Limnophila sessiliflora</i>	현 삼	山形縣(東北地方)
물별	<i>Elatine triandra</i> var. <i>pedicellata</i>	물 별	埼玉縣(關東地方)
올챙이고랭이	<i>Scirpus juncoides</i> var. <i>ohwianus</i>	사 초	北海道
마디꽃	<i>Rotala indica</i> var. <i>uliginosa</i>	부처꽃	山形縣(東北地方)

\* 비공식적 명칭임(한국)

은 합리적인 방제법의 확립을 위해 필수적이며 특히 번식체의 토양중 존재상태의 추이, 발생, 번식체 생산량 등의 해명이 중요하다. 그러나 저항성 잡초는 최근 1~3년 사이에 확인된 것에 불과하므로 현재까지의 연구결과와 조사 보고된 내용들이 전부가 아니기 때문에 금후의 많은 연구가 필요하며 앞으로도 저항성 잡초종 출현의 보고는 계속될 것으로 추정된다. 현재까지의 보고 내용 중에는 저항성을 확인하기 위한 실험에서 발생과 생육에 대한 관찰 결과를 기재하고 있지만 그 중에서도 발생, 생육, 형태에 관해서는 저항성 잡초와 감수성 잡초사이에 별다른 차이를 발견할 수 없다는 것으로 알려져 있다.

## 2. 감수성 차이

저항성 생물형으로 확인된 것과 감수성 생물형과의 SU계 제초제에 대한 생육반응 차이에 관한 비교에서 처리량 단계를 설정하고 잡초의 생육억제 정도와 고사율 등을 지표로 하여 검토한 보고는 다음과 같다. 물옥잠에 대해서는 古原 등<sup>15)</sup>와 Wang 등<sup>25)</sup>, 논둑외풀에 대해서는 伊藤 등<sup>8)</sup>, 미국발톱외풀 R type에 대해서는 内野 등<sup>22)</sup>, 구와말에 대해서는 Wang 등<sup>26)</sup>의 보고가 있다.

이러한 보고 내용들을 살펴보면 감수성 생물형과 저항성 생물형 사이에 감수성 차이는 수십 배에서 수백 배에 이른다. 그러므로 이러한 잡초들의 방제대책으로서 약제 사용량의 증량에 의한 대응은 부적합한 것으로 판단할 수 있다.

이와 같이 감수성과 큰 차이가 있는 저항성 기구는 다른 나라의 연구에서도 밝혀져 있는 것처럼 대부분의 경우가 SU계 제초제의 작용점인 acetolactate synthase(ALS)의 감수성 저하에 기인되는 것으로 판단된다. 따라서 SU계 제초제 저항성 잡초의 방제는 ALS를 작용점으로 하지 않는 약제를 사용하는 것이 당연하다고 하겠다. 저항성 잡초로 판명된 것은 아니지만 thifensulfuron methyl 처리에서 도태된 명아주의 개체군이 약제처리후의 반응에서 초기에

는 현저한 생육억제가 관찰되지만 일정 기간 후부터 급속히 회복되는 점<sup>20,21)</sup>으로 보아 자연 개체군과의 감수성차이에 식물체내의 대사기능의 강약차이와 관련성이 있는 것으로 추측된다.

## 3. 저항성의 유전

Wang 등<sup>27)</sup>은 물옥잠의 저항성개체와 감수성개체를 여러 조합으로 교배한 F<sub>1</sub>에 대하여 표준량의 bensulfuron methyl을 1엽기에 처리한 결과 감수성 개체간의 교배만이 감수성으로 나타났으며 저항성간 또는 저항성과 감수성간의 교배에서는 어느 개체나 저항성으로 나타나 저항성 형질은 완전 우성인 것으로 판단되었다. 또한 60cm×60cm 크기의 콘크리트 포트에서 감수성개체와 저항성개체를 교배시킨 실험집단에서는 타식수정률이 10.4~67.7% 정도로 나타나 저항성은 타식수정에 의해 감수성 집단으로 번져나갈 가능성이 높음을 시사하고 있다. 이와 같은 유전적인 해명은 저항성 생물형의 증식현상을 해명하는데 긴요한 연구자료이므로 다른 초종에 대해서도 검토가 요망된다.

## 4. 저항성의 간이검정법

제초제 사용후의 잔존 잡초는 사용방법의 부주의에 의한 것인지 저항성 잡초의 출현인지를 정확히 판단하는 것은 방제대책 수립에는 필수적이라 할 수 있다. 지금까지는 잔존 잡초중에 특정 초종만이 단일군을 형성하여 왕성하게 생육하고 있으며 다른 초종이 발견되지 않는 경우에는 저항성잡초일 가능성이 높은 것으로 판단되어 2차휴면이 없는 초종에 대해서는 토양을 채취하여 발생원으로 하거나 식물체로부터 종자를 수집하여 SU계 제초제 처리에 대한 감수성의 차이를 검토하는 방식으로 결론에 도달하였다. 따라서 현지의 논토양을 채취하여 검정을 실시하는 경우나 채종하여 검토하는 경우에도 장시간이 요구되므로 정확한 대응책을 조속히 실시하고자 하는 경우에는 곤란한 점이 많이 있다. 이러한 문제해

결을 위하여 丙野 등(1998)<sup>24)</sup>은 Gerwick 등<sup>3)</sup>이 보고한 간이검정법을 이용하여 외폴류에 대한 적용성을 검토하였다. 미국발육외폴 R type를 재료로 ALS 활성에 의존하여 축적하는 aceto-lactate산을 比色分析하는 방법으로 저항성 검정에 의한 정확한 판단이 가능하다고 보고하고 있지만 보완이 필요할 것으로 생각된다. 이상과 같이 저항성 잡초의 특성에 있어서 출현 초종에는 차이가 있으나 여러 나라의 연구결과와 유사한 내용들이 많다.

#### IV. 저항성 잡초의 방제 대책

현재 수도작 재배의 잡초방제는 제초제 사용에 의해 생력적으로 수행되고 있으므로 저항성 잡초 방제에 대해서도 유효한 제초제를 선택하여 효율적인 대응책이 필요할 것으로 생각된다. 저항성 잡초의 다량 발생이 확인된 각 지역에서도 기존 제초제에 의한 대책 검토가 실시되고 있으므로 그 결과를 초종별로 정리해 보면 다음과 같다.

##### 1. 물옥잠

竹内 등<sup>19)</sup>은 SU계 제초제의 연용으로 잔초량이 문제화된 北海道의 長沼町에서 저항성 잡초로 판단된 물옥잠 종자를 휴면타파하여 같은 지역의 논토양(重埴土)을 pot에 충전하여 파종한 뒤 온실(神奈縣 厚木市)내에서 생육시켰다. 처리는 발생전과 0.5~1.0엽기의 두시기에 유효한 것으로 생각되는 여러 종류의 제초제를 공시한 결과 pretilachlor+benzofenap 플로우아불제와 bifenox 1kg 입제 및 pretilachlor+bifenox 유제의 발생전과 1엽기 처리에서 모두 높은 방제효과가 인정되었고 잔효기간은 42일로서 물옥잠 방제에 유효한 것으로 판단되었다. 현지의 포장실험 결과 pretilachlor+benzofenap 플로우아불제와 bifenox 1kg 입제는 수도 이식후(물옥잠 발생전)의 초기처리에서 물옥잠에 높은 방제효과가 인정되었으며 또한 다년생잡초 방제를 목적으로 하는 초중기 일발처리제(imazosulfuron+mefenacet+daimuron 1kg 입

제) 또는 중기처리제(simetryn+phenothiol+dimepiperate)와의 체계처리에서도 높은 제초효과가 인정되었다. 따라서 이러한 연구 결과들로부터 방제효과가 유효한 초기제를 체계처리에 이용한다면 잔초량이 문제되는 물옥잠의 방제는 가능할 것으로 판단되었다. 또한 상기 논에서 물옥잠의 발생시기와 엽령진전 상황을 조사한 결과 발생시기는 이식후 4일경(씨래질 후 12일경, 일반적으로 일본은 경업농가가 많아 주말단위로 논일을 하기 때문에 씨래질부터 이식까지의 기간이 긴 편임)으로 피에 비교하면 발생시기와 엽령진전 상태가 0.5~1.0엽기 정도 늦었다. 이것은 동북지방에서의 물달개비의 발생시기나 엽령진전과 거의 동일하였다. 이러한 점에서 앞에서 선정한 초기처리제는 적기 사용이 가능할 것으로 판단되었다.

古原<sup>13)</sup>은 물옥잠에 의한 잡초해로서 벼와의 광경합보다도 양분경합이 중요한 것으로 보고하고 있다. 양분경합으로 인한 피해로서 이삭 수에 영향이 컸으며 낱알수의 감소도 초래되는 결과가 인정되었으나 벼의 등숙률과 천립중에는 영향이 적었다고 한다.

北海道의 도립농업시험장<sup>13)</sup>의 논에서 5월 18일에 이식한 뒤 제초제 시험구내에 직경 15cm의 원통을 준비하여 長沼町의 논에서 채취한 SU계 저항성 물옥잠 종자를 함유한 토양을 2cm 정도로 충전한 다음 원통을 각 처리구에 3분씩 삽입하였다. 그리고 10종류의 제초제만을 처리한 경우와 molinate+simetryn+MCPB 3kg 입제를 이식후 20일에 체계처리 하였다. 처리한 결과 제초제의 효과는 pretilachlor, pyrazolate, thenylchlor, pentoxazone을 함유하는 제초제의 발생전처리에서 효과가 높았다. 또한 3종류의 SU계 일발처리제를 처리한 뒤 molinate+simetryn+MCPB 3kg 입제를 체계처리 결과에서는 모두 좋은 효과를 나타냈으나 일발처리제만의 경우에는 두 제초제에서만 양호한 효과가 인정되었다.

저항성 물옥잠이 문제화된 北海道에서 실시한 위의 두 연구보고에 의하면 SU계 저항성잡초 물옥잠에 대해서는 현재 사용 중에 있는

제초제중에도 유효한 약제가 있으므로 저항성 잡초를 포함한 전반적인 발생잡초에 효과적이며 생력적, 저코스트적인 제초제의 사용기술을 확립하는 것이 중요하다고 하겠다.

渡邊 등<sup>28)</sup>은 ethoxysulfuron에 pyrazolate 및 pretilachlor를 혼합한 제초제가 저항성 잡초인 물옥잠에 유효한 것으로 보고하고 있다. 또한 渡邊 등<sup>29)</sup>은 北海道 長沼町産의 저항성 물옥잠 종자를 이용하여 pot 실험으로 검토한 결과 pretilachlor의 단제 또는 혼합제 그리고 pentoxazone 단제에서 높은 방제효과가 인정되었다고 보고하고 있다.

## 2. 논뚝외풀

伊藤 등<sup>10)</sup>은 山形縣 川西町の 논뚝외풀이 많이 발생하는 8필지의 이식담을 대상으로 일발처리제 및 체계처리에 의한 여러 제초제의 효과를 검토한 결과 pretilachlor 입제와 thiobencarb + simetryn + MCPB 입제의 체계처리로 완전 방제가 가능하다고 하였으며 다른 약제를 처리한 시험구에서는 별도의 후기제의 처리가 필요하다고 보고하고 있다. 또한 川西町로부터 채종한 종자를 휴면타파하여 pot 실험으로 발생전과 1엽기에 여러 제초제를 한랭지의 표준량으로 처리하여 제초효과를 조사한 결과 발생전 처리에서 pretilachlor, cafenstrol 및 bifenox의 효과는 높았으나 mefenacet, esprocarb, dimepiperate, etobenzanid, benfuresate의 처리구에서는 제초효과가 거의 인정되지 않았다. 1엽기처리에서는 중기제의 thiobencarb + simetryn + MCPB 입제, phenothiol + simetryn 1kg 입제, cyhalofop butyl + bentazon 유제, pretilachlor, cafenstrol, naproanilide 입제에서 효과가 높았다. 한편 두 처리시기에 사용된 3종류의 새로운 SU계 제초제의 효과는 거의 인정되지 않았다고 보고하고 있다. 이상의 결과로부터 저항성 논뚝외풀에 대한 방제대책으로서는 적절한 초기제와 중기제와의 체계처리에 의해 가능할 것으로 판단되었으며 일발처리제인 SU계 이외의 약제 중에서도 유효한 성분이 있으므로 이러한 성분을 함유하는 제초제를 현지 포장에 적용시키

는 것이 중요하다.

## 3. 미국발뚝외풀 C type

青木 등<sup>2)</sup>은 埼玉縣 加須市産의 저항성 잡초인 미국 발뚝외풀 C type의 종자를 피종자와 함께 pot내에 파종하여 발생전 처리와 피 1.5엽기에 9종류의 제초제를 6농도로 처리하여 유효시용량을 검토하였다. 그 결과 1.5엽기 처리에서 imazosulfuron의 경우 유효시용량이 표준량의 16배 이상을 필요로 하였으나 두 처리시기 모두 표준량의 반량이하에서 효과를 나타냈던 약제는 bifenox, naproanilide, pretilachlor, cafenstrol, thenylchlor였으며 그 중에서도 bifenox의 유효시용량은 표준량의 1/16로서 가장 적은량을 필요로 하는 것으로 나타났다. 또한 저항성 잡초인 미국발뚝외풀 C type가 다량 발생하는 加須市の 논에서 1m<sup>2</sup>의 시험구를 설치하고 초기제는 이식후 3일, 초기일발처리제는 이식후 8일, 초중기 일발처리제는 이식후 15일째에 각각 처리하여 이식후 43일째에 방제효과를 조사하였다. 그 결과 초기제 및 非SU계의 일발처리제의 효과가 높았으며 SU계의 일발처리제 중에서도 피방제용 혼합제의 성질에 따라 효과 차이가 현저하게 나타나 cafenstrol이나 pretilachlor를 함유하는 약제에서 효과가 뛰어났다. 더욱이 加須市에서 저항성 잡초인 외풀류(3종)가 다량 발생하는 20~60a의 논에 일발처리제를 중심으로 7종류의 제초제를 처리하여 방제효과를 검토한 결과 非SU계의 일발처리제의 효과는 대단히 높았으며 저항성 잡초의 외풀류에 유효한 것으로 알려진 성분을 함유한 SU계의 일발처리제도 실용상 충분한 효과가 인정되었다. 초기제인 bifenox는 저항성 외풀류에 대하여 대단히 높은 효과를 나타냈으며 mefenacet + bensulfuron methyl 처리구에서 잔존했던 외풀류에 대하여 molinate + simetryn + MCPB의 체계처리로 효과가 뛰어났으나 처리후 20일경부터 재생하는 개체가 확인되었다.

이러한 결과들로부터 저항성 잡초인 미국발뚝외풀 C type의 방제대책으로서는 초기제와 중후기제의 체계처리, 非SU계의 일발처리 또



는 미국발뚝외풀 C type에 유효한 성분을 함유하는 SU계 일발처리제 등의 사용이 효과적이라고 판단된다.

渡邊 등<sup>29)</sup>은 저항성의 논뚝외풀, 발뚝외풀, 미국발뚝외풀 C type와 R type의 종자가 대량 혼재해 있는 토양을 이용하여 방제에 유효할 것으로 판단되는 여러 제초제의 효과에 대하여 pot 실험으로 검토한 결과 pretilachlor 및 pretilachlor와의 혼합제, pentoxazone, cafenstrol 과 각 약제와의 혼합제, 그리고 simetryn + phenothiol 처리에서 높은 방제효과를 나타냈다. 더욱이 저항성 잡초의 미국발뚝외풀 C type와 구와말이 다량 발생하는 秋田縣의 仙北郡 仙北 南村에서 벼를 재배한 논과 씨래질 후 나 지상태로 유지한 논에 일발처리제와 초기제 (pretilachlor 1kg 입제)를 처리한 뒤 중기제를 처리하는 체계처리구를 만들어 방제효과를 검토하였다. 그 결과 벼 재배논의 일발처리제구에서는 미국발뚝외풀과 구와말에 대하여 bensulfuron methyl+mefenacet 1kg 입제 처리구에서 전혀 효과가 인정되지 않았지만 esprocarb+dimethametryn+pyrazosufuron ethyl+pretilachlor 1kg 입제 처리구 및 bensulfuron methyl+thiobencarb+mefenacet 1kg 입제 처리구에서는 대단히 높은 방제효과가 인정되었다. 그러나 pot 시험에서는 효과가 높았던 cafenstrol을 함유하는 imazosulfuron+cafenstrol+daimuron 1kg 입제(자기확산형)의 처리구에서 잔효기간이 짧았고 방제효과가 떨어졌다(나지의 본 처리구의 효과가 높은 경우도 있었으므로 특별한 제형인 점을 감안한다면 방제효과에 관여하는 여러 요인을 고려하여 앞으로의 검토가 주목된다). 또한 각각의 체계처리구에서는 모두 높은 제초효과를 나타냈으며 나지에서 저항성 잡초는 미국발뚝외풀 C type가 대부분이었지만 중간 낙수가 이전까지는 효과가 높았던 처리구에서도 낙수가 되면서 불충분한 효과로 바뀌는 것이 대부분이었다.

#### 4. 미국발뚝외풀 R type

伊藤 등<sup>10)</sup>은 山形縣 遊佐町の 미국발뚝외풀

R type가 대량발생하는 논(담수적과재배가 대부분임)에서 여러 제초제의 조합처리 효과에 대하여 검토한 결과 담수적과재배에 사용되는 일발처리제중 저항성 미국발뚝외풀 R type에 유효한 약제는 없었다. 또한 같은 지역의 다발생 논토양을 이용하여 pot 실험으로 발생전과 1엽기에 여러 제초제를 공시하여 한랭지의 표준량 처리시 방제효과를 검토한 결과 발생전 처리에서는 pretilachlor, cafenstrol, bifenoxy의 효과가 높았지만 1엽기 처리에서는 naproanilide 및 thiobencarb+simetryn+MCPB 입제의 효과가 높았다. 한편 두 처리시기에 사용된 새로운 SU계 제초제 3약제의 처리구에서는 효과가 거의 인정되지 않았다. 이러한 결과들로부터 저항성 미국발뚝외풀 R type에 대해서는 적절한 초기제와 중기제와의 체계처리로 방제가 가능할 것으로 판단되었으며 또한 일발처리제인 SU계 이외에도 유효한 성분이 있으므로 이러한 것들을 함유하는 약제에 대해서는 저항성 잡초가 대량 발생하는 현지 포장에서 실질적인 방제효과 검토가 필요하다고 생각된다. 한편 pot 시험에서 발생한 병아리방동사니 (*Cyperus flaccidus*, 처음부터 SU계 제초제의 방제효과가 인정되지 않았던 초종)에 대해서도 함께 조사한 결과 새로운 SU계 제초제의 방제효과와 발생전 처리효과에서의 유효제초제는 미국발뚝외풀 R type의 경우와 유사하였지만 1엽기처리에서는 유효제초제가 서로 달랐다.

青木 등<sup>1)</sup>은 埼玉縣 加須市の 논에서 이식후 8일에 mefenacet+bensulfuron methyl+daimuron 입제를 처리한 뒤 많은 잔초를 보인 저항성 잡초 미국발뚝외풀 R type에 대하여 이식후 46일에 2,4-PA 및 bentazone을 살포한 결과 높은 방제효과를 얻었다.

#### 5. 구와말

渡邊 등<sup>29)</sup>의 보고에 대한 결과는 미국발뚝외풀 C type의 항목에서 간단히 언급하였으므로 생략한다.

이상은 현삼과의 저항성 잡초에 대한 방제 효과의 실험결과를 살펴보았는데 대응책으로

판단되는 것은 효과적인 제초제를 선정하여 초기와 중, 후기의 체계처리, 그리고 저항성에 유효한 제초제 성분을 함유하는 非SU계 및 SU계의 일발처리제의 사용으로 효율적인 방제가 가능할 것으로 사료된다. 그러나 일발처리제는 동북지방과 관동지방간의 방제효과에 차이가 있으므로 각 지역에 대응한 제초제의 개발과 함께 다른 초종의 방제를 포함한 생력적이고 저코스트적인 제초체계의 확립이 요망된다.

## 6. 물별

畑 등<sup>5)</sup>은 埼玉縣 加須市の 저항성 잡초인 물별이 대량 발생한 논에 초기제 4약제 및 일발처리제 10약제를 각각 적기에 처리하여 방제효과를 검토한 결과 초기제는 bifenox, pyrazolate, pentoxazone의 3약제에서 효과가 인정되었으며 pretilachlor 처리구에서는 방제효과가 인정되지 않았다. 일발처리제는 imazosulfuron + cyhalofop butyl + pretilachlor + dimethametryn, niproanilid + bromobutide + mfenacet, simetryn + pyrazoxyfen + pretilachlor, pyributicarb + bromobutide + benzoefenap, thenylchlor + pyrazoxyfen + bromobutide의 5약제에서 효과적이었다.

## 7. 올챙이고랭이

학회보고에서는 아직 유효한 제초제의 검토는 없었지만 현재 올챙이고랭이류에 대하여 유효한 제초제가 개발, 사용되고 있으므로 작용기구로부터 판단하여 SU계 제초제 저항성인 올챙이고랭이에도 효과가 있을 것으로 판단된다. 따라서 앞으로는 이러한 유효한 제초제를 어떻게 활용할 것인가에 관한 연구를 조속히 실시할 필요가 있다고 생각된다.

이상과 같이 일본의 생산현장을 중심으로 한 SU계 제초제 저항성 잡초의 출현과 특성 및 방제대책에 관하여 살펴보았다.

## V. 결 론

한국의 경우 아직까지 재배포장내에서 저항

성 잡초의 출현에 관한 보고가 특별히 발견되지 않고 있으나 그 원인으로서 몇 가지 요인들이 관여하고 있을 것으로 추측된다.

우선 일본의 경우와 유사한 내용으로서

- ① 서로 다른 스펙트럼을 가진 약제와의 혼합제 사용이 많기 때문이며,
- ② 이러한 혼합제의 사용으로 다년생, 일년생을 동시에 방제하는 일발처리제의 효과적인 사용으로 재배기간중 제초제의 사용회수가 적으며,
- ③ 담수상태에 처리하는 수도작 제초제가 중심으로 비교적 방제효과가 균일하게 발휘되도록 포장을 정비하는 등 제초제 사용기술의 고도화 등을 들 수가 있다.

그러나 일본의 경우와 다소 차이가 있는 것으로 사료되는 점은

- ① 썩어질한 후 이식까지의 기간이 짧은 관계로 제초제의 처리회수가 적고(일반적으로 일본의 경우는 썩어질한 후에 이식까지의 기간이 길어 이 기간동안에 발생하는 잡초를 억제하기 위해 이식전의 토양혼화처리제인 이식전처리 체계가 존재함),
- ② 보편성은 다소 떨어지나 생산자의 경영이나 영농방식과도 관계가 있는 것으로서 유효 제초제의 선정시 주변이나 판매측의 추천 또는 유도에 의존하는 경향이 높아 사용약제의 변경이 잦은 원인으로 잔존 잡초의 효율적인 방제가 가능한(일본의 경우<sup>8)</sup> 3~7년간 동일 제초제를 사용하기도 함) 점을 들 수 있다. 일본과 차이는
- ③ 재배상의 이유로서 우리 나라의 경우 벼의 영양생장 기간중, 특히 5, 6월의 기상(온도 등)이 양호하여 빠른 분얼과 왕성한 생육으로 이양한 벼와 벼 사이의 공간이 빨리 채워지므로 잡초의 생육 공간을 충분히 제공하지 않는, 공간경합에서 벼가 우위를 차지하기 때문에 잔존한 잡초의 재생육이 어려운 점과 관련이 있는 것으로 판단된다. 그러나 일본의 경우 현지포장에서의 저항성 잡초 출현에 관한 보고가 많은 北海道, 동북지방은 지역적으로 한냉지에 속하여 벼

의 생육이 늦으므로 한국의 경우와는 달리 잡초의 생육공간을 제공하기 때문에 생각된다. 또한 온난지에 속하는 관동지방(埼玉縣)의 경우에 있어서도 비교적 온도가 높은 시기인 보통기 재배에서는 한국과 마찬가지로 아직 저항성 잡초의 보고가 없으나 조기, 조식재배의 경우에서만 저항성 잡초의 출현이 보고되고 있는 것은 한랭지와 유사한 재배조건에 기인하는 것으로 판단된다.

따라서 이러한 기상조건과의 관계를 적용하였을 때 우리 나라에서 저항성 잡초의 출현 가능성이 높을 것으로 예상되는 지역은 강원도를 중심으로 한 중산간지대 및 고지대의 수도작지역으로 추정된다.

앞에서도 언급하였듯이 저항성 잡초의 출현에는 기상조건, 재배양식, 잡초, 약제, 기타요인 등이 단독 혹은 복합적으로 관여되기 때문에 단편적으로 단언하기는 곤란하나 인위적으로 제어가 가능한 면에 대해서는 저항성 잡초의 출현 방지나 지연의 방향으로 노력해야 할 것이다.

일본산의 저항성 잡초와 한국산의 잡초에 관하여 여러 특징과 약제에 대한 반응을 비교 검토하고 혼합제의 성질 차이에 따른 저항성 잡초의 출현 가능성에 대하여 검토 중에 있다.

## VI. 인용문헌

1. Aoki M., K. Hata, K. Otsuka and H. Kuramochi. 1998. Effect of several herbicides in *Lindernia dubia* resistant biotype to sulfonylurea herbicides and control of it in paddy fields. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 32-33.
2. Aoki M., H. Kuramochi, K. Hata and K. Otsuka. 1998. Distribution of weeds resistant biotype to sulfonylurea herbicides in Kazo city, Saitama Pref. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 34-35.
3. Gerwick B.C., L.C. Mireles and R.J. Eilers. 1993. Rapid diagnosis of ALS/AHAS-resistant Weeds.
4. Hata K., K. Otsuka, M. Aoki and K. Hukuda. 1998. Distribution of weeds resistant biotype to sulfonylurea herbicides in Saitama Pref. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 30-31.
5. Hata K., K. Otsuka, M. Aoki and H. Kuramochi. 1998. Occurrence of *Elatine triandra* Sckk., resistant to sulfonylurea herbicides. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 28-29.
6. Itoh K., A. Uchino, G.X. Wang and S. Yamakawa. 1997. Distribution of *Lindernia* spp. resistant biotype to sulfonylurea herbicides in Yuza Town, Yamagata Prefecture. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 22-23.
7. Itoh K., A. Uchino and H. Watanabe. 1998. A resistant biotype to sulfonylurea in *Rotala indica* Koehn in Omagari, Akita Pref. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 40-41.
8. Itoh K. and G.X. Wang. 1997. Occurrence of sulfonylurea resistant *Lindernia micrantha* D. Don. in Japan. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 16-17.
9. Itoh K., G.X. Wang and S. Oba. 1997. Distribution of *Lindernia micrantha* D. Don. resistant to sulfonylurea herbicides in Kawanishi Town, Yamagata Prefecture. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 18-19.
10. Itoh K., G.X. Wang, A. Uchino and M. Tachibana. 1997. Control of *Lindernia* weed resistant to sulfonylureas. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 24-25.
11. Itoh K., G.X. Wang and A. Uchino. 1997. Non-effective problems of *Lindernia* weeds to one-shot application herbicides including sulfonylureas in Tohoku area. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 12-13.
12. Koarai A. and H. Morita. 1996. Variation of susceptibility to bensulfuron methyl in *Monochoxia vaginalis* Presl var. *plantaginea* Solms-

- Laub. from different locations in Japan. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 41) 124-125.
13. Kohara H. 1997. Damage to rice plants due to *Monochoria korsakowii* Regel et Maack and effect of rice herbicides on the species in Hokkaido. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 162-163.
  14. Kohara H., K. Konno and M. Takekawa. 1998. Occurrence of sulfonylurea resistant *Scirpus juncooides* var. *juncooides* in Iwamizawa city, Hokkaido. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 36-37.
  15. Kohara H., H. Yamashida and N. Yamazaki. 1996. Resistance to sulfonyl urea herbicides in *Monochoria korsakowii* Regel et Maack in Hokkaido. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 41) 236-237.
  16. Morita A., T. Enomoto. 1992. Morphological characteristics of *Lindernia* spp. in Japan. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 37) 124-125.
  17. Sarri, L.L., J.C. Cotterman and D.C. Thill. 1994. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In S.B. Powles and J.A. M. Holtum, eds. Herbicide resistance in plant. CRC Press, Inc. pp.83-139.
  18. Seitoh F., F. Tazawa and M. Kawamura. 1997. Recent situation of remaining of *Lindernia dubia* var. *major* and past use records of herbicide in Aomori Pref.. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 166-167.
  19. Takeuchi T., M. Shimada, Y. Takahata and H. Yamamura. 1996. Control of *Monochoria korsakowii* with several herbicides. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 41) 106-107.
  20. Uchida S., J. Araki, R. Aoyama and S. Nishi. 1996. Susceptibility of *Chenopodium album* to thifensufuron methyl(I). J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 41) 182-183.
  21. Uchida S., J. Araki, R. Aoyama and S. Nishi. 1996. Susceptibility of *Chenopodium album* to thifensufuron methyl(II). J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 26-27.
  22. Uchino A., K. Itoh and G.X. Wang. 1997. Resistant biotypes to sulfonylurea herbicides in *Lindernia* spp. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 20-21.
  23. Uchino A., S. Nakayama and H. Morita. 1996. Differences in seasonal change of germination percentage and susceptibility to paddy herbicides among *Lindernia* species. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 41) 122-123.
  24. Uchino A., H. Watanabe, Wang G.X. and K. Itoh. 1998. Apply of rapid diagnosis of acetolactate synthase resistant weed to *Lindernia* spp. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 44-45.
  25. Wang G.X., K. Itoh, M. Tachibana, A. Uchino and H. Kohara. 1997. Response of *Monochoria korsakowii* Regel et Maack to several sulfonylurea herbicides. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 42) 14-15.
  26. Wang G.X., H. Watanabe, A. Uchino and K. Itoh. 1998. A biotype of *Limnophila sessiliflora* resistant to sulfonylurea herbicides. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 38-39.
  27. Wang G.X., H. Watanabe, A. Uchino and K. Itoh. 1998. Gene flow in an experimental population of sulfonylurea resistant *Monochoria korsakowii*. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 42-43.
  28. Watanabe S., K. Sugiura, J.S. Park and G. Schlegel. 1998. Herbicidal efficacy of ethoxysulfuron + pyrazolate + pretilachlor mixture against sulfonylurea resistant weeds. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 26-27.
  29. Watanabe H., G.X. Wang, A. Uchino and K. Itoh. 1998. Control effect of several herbicides on biotypes of *Lindernia* spp., *Limnophila sessiliflora* and *Monochoria korsakowii*, lowland broadleaved weeds, resistant to sulfonylurea herbicides. J. Weed Sci. and Tech. (Suppl. 43) 46-47.