

## 제초제 저항성 논잡초 발생동향

이인용<sup>1\*</sup>, 박중수<sup>2</sup>, 서영호<sup>3</sup>, 김은정<sup>4</sup>, 이순계<sup>5</sup>, 조승현<sup>6</sup>, 권오도<sup>7</sup>, 김상국<sup>8</sup>  
정완규<sup>9</sup>, 박태선<sup>10</sup>, 김창석<sup>1</sup>, 이정란<sup>1</sup>, 문병철<sup>1</sup>, 강충길<sup>1</sup>, 박재읍<sup>1</sup>

## Occurrence Trends of Herbicide Resistant Weeds in Paddy Fields in Korea

Lee In-Yong<sup>1\*</sup>, Jung-Soo Park<sup>2</sup>, Young-Ho Seo<sup>3</sup>, Eun-Jung Kim<sup>4</sup>, Sun-Gye Lee<sup>5</sup>  
Seng-Hyun Cho<sup>6</sup>, Oh-Do Kwon<sup>7</sup>, Sang-Kuk Kim<sup>8</sup>, Wan-Gyu Chung<sup>9</sup>, Tae-Seon Park<sup>10</sup>  
Chang-Seok Kim<sup>1</sup>, Jeongran Lee<sup>1</sup>, Byung-Chul Moon<sup>1</sup>, Chung Kil Kang<sup>1</sup> and Jae-Eup Park<sup>1</sup>

**ABSTRACT** National Academy of Agricultural Science and eight province Agricultural Research & Extension Services investigated the occurring area of herbicide resistant weeds in paddy field of Korea. In order to estimate the occurring areas of herbicide resistant weeds, we collected paddy soils on August, 2011 and treated 30kg ha<sup>-1</sup> of pyrazosulfuron-ethyl+pyriminobac-methyl GR. 167,081ha, approximately 20.9% of cultivated area excluding organic and eco-friendly cultivated area, was estimated to be infested by SU-herbicide resistant paddy field weeds. It was increased by 60,130ha compared with investigation

<sup>1</sup> 국립농업과학원 농산물안전성부, 441-707 경기도 수원시 권선구 수인로 126(Department of Agro-Food Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea).

<sup>2</sup> 경기도 농업기술원, 445-784 경기도 화성시 기산로 31-22(Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwaseong 445-784, Korea).

<sup>3</sup> 강원도 농업기술원, 200-150 강원도 춘천시 충렬로 217(Gangwon-do Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 200-150, Korea).

<sup>4</sup> 충청북도 농업기술원, 363-883 충북 청원군 오창읍 가곡길 46(Chungchengkuk-do Agricultural Research & Extension Services, Chengwon 363-883, Korea).

<sup>5</sup> 충청남도 농업기술원, 340-861 충남 예산군 신암면 추사로 167(Chungchengnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan 340-861, Korea).

<sup>6</sup> 전라북도 농업기술원, 570-704 전북 익산시 서동로 413(Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Services, Iksan 570-704, Korea).

<sup>7</sup> 전라남도 농업기술원, 520-715 전남 나주시 산포면 세남로 1508(Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services, Naju 520-715, Korea).

<sup>8</sup> 경상북도 농업기술원, 702-708, 대구광역시 북구 칠곡중앙대로 136길 47(Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Daegu 702-708, Korea).

<sup>9</sup> 경상남도 농업기술원, 660-985 경남 진주시 대신로 570(Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Jinju 660-985, Korea).

<sup>10</sup> 국립식량과학원, 441-857 경기도 권선구 수인로 125(National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea).

\* 연락처자(Corresponding author) : Phone) +82-31-290-0418, Fax) +82-31-291-0503, E-mail) leeinyong@korea.kr

(Received June 1, 2012; Examined June 8, 2012; Accepted June 11, 2012)

of 2008. It was occurred at Chungchungnam-do by 47.6%, followed by 36.9% at Jeonranam-do, 25.7% at Chungchungbuk-do, 20.5% at Gangwon do, and 13.0% at Gyeonggi-do, respectively. *Monochoria vaginalis* showed the highest with 65,313ha, 39.1% followed by *Scirpus juncooides*, and *Cyperus difformis*, respectively. These three species were evenly distributed and the most problematic weeds in the country. *Lindernia dubia* occurred at 13,964ha (8.4%) and *Echinochloa oryzicola* was 5.1%, respectively.

**Key words:** herbicide resistance; paddy field weeds; sulfonylurea herbicides.

## 서 언

우리나라에서 농경지에 사용하는 제초제에 대한 식물의 저항성 문제를 Kim(1984)이 처음으로 제기한 이후 실제로 논에서 설포닐우레아(SU)계 제초제에 대해 저항성을 보인 잡초로는 1999년에 보고된 물옥잠이 최초이다(Park 등 1999).

1999년 충남 서산 간척지에서 설포닐우레아계 제초제 저항성 물옥잠이 발생된 이후 물달개비, 알방동사니, 올챙이고랭이 등이 계속적으로 보고되었다(Im 등 2003; Kwon 등 2002; Kwon 등 2009; Park 등 2002, 2009, 2001). 이 뿐만 아니라 2010년에는 전북 김제에서 화분과잡초 방제용인 ACCase 제초제에 저항성을 나타내는 강피가 출현하여 제초제 저항성잡초의 발생 양상이 다양해졌다(Im 2009; Lim 등 2010, 2009; Park 등 2010). 현재(2012년 6월)까지 학계를 통하여 우리나라에 정식으로 보고된 제초제 저항성 논잡초는 11초종이다.

제초제 저항성 논잡초의 발생은 여러 가지 문제를 유발시키고 있는데, 첫째는 제초제 약효에 대한 농업인들의 불신이 확대되고 있다는 것이다. 실제로 많은 농업인들은 제초제의 유효성분 함량이 부족하다거나 유효기간이 지난 제품을 재포장하여 판매하는 것이라는 등의 의견을 제시하기도 한다(개인적인 면담). 두 번째로는 저항성 논잡초는 벼 생육에 많은 영향을 주어 쌀 수량을 감소시키기도 하며, 세 번째로는 1회 처리로 이들 저항성 논잡초를 방제할 수 없으므로 2~3회 추가 살포하여 잡초관리비용이 증가되어 농가경영비 상승의 하나의 원인이 되고 있다. 그리고 네 번째로는 제초제 저항성과 감수성과의 외부 형태적 차이가 없어 일부에서는 무분별하게 제초제가 살포되어 약해 발생 우려 및 환경에 대한 부담이 가중될 가능성을 배

제할 수 없는 상황이다.

이들 제초제 저항성 논잡초의 발생조사는 2008년 농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 잡초관리과에서 조사된 이후(106,951ha) 어느 기관에서도 조사 및 보고된 바가 없어 지역별, 초종별로 어느 정도 발생이 진행되었는지 확인할 수 없었다. 농촌진흥청에서는 2010년 8개 도 농업기술원과 공동으로 제초제 저항성 잡초 발생 모니터링 프로젝트를 긴급히 수행하였다. 따라서 본 연구는 이들 제초제 저항성 논잡초의 발생 면적을 보고하여, 효율적인 방제의 기초자료로 이용하고자 조사한 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 논토양 채취

제초제 저항성잡초 발생조사는 2011년 7월부터 9월까지 농촌진흥청 국립농업과학원과 8개 도 농업기술원(경기, 강원, 충남북, 전남북, 경남북)에서 실시하였다. 각 도별로 8개 지역을 임의로 나누고 각 지역별로 최소 50필지에서 논토양 채취 후 제초제 저항성 여부를 검증하였다. 즉 도별 최소 400지점에서 논토양을 채취하였다. 논토양 채취 방법은 지점당 논흙 2~3kg을 표토 0~20cm의 흙을 3~4군데에서 일정량씩 채취한 후 혼합하였으며, 이 논흙은 각 도농업기술원의 온실에서 검정시험을 실시하였다.

### 제초제 저항성잡초 검정

채취한 논토양은 각 도농업기술원별로 와그너 포트(1/5,000a) 또는 4각 포트(40×50×10cm)에 넣고 물로 진탕한 다음, 10일 후에 설포닐우레아계 제초제인 피라조선틸퓨론에틸·피리미노박메틸입제를 30kg ha<sup>-1</sup> 처

리하였다. 약제처리 후 20일에 생존한 잡초를 지점별로 확인하여 제초제 저항성잡초 발생면적으로 환산하였다.

### 결과 및 고찰

#### 지역별 제초제 저항성 잡초 발생현황

도별 제초제 저항성잡초 발생면적을 보면, 표 1과 같이 전국 벼 재배면적(유기 및 친환경농업 벼 재배면적 제외)의 20.9%인 167,081ha로 확인되었다. 2008년도 조사에서는 발생면적이 106,951ha이었으나(Park 등 2011), 3년만에 60,130ha가 늘어났다. 1999년도에서 2008년까지 약 10년간에 걸쳐 106,951ha 즉 1년에 약 10,000ha 정도 발생하던 것이 3년 후에는 60,130ha가 증가하여 연 20,000ha씩 거의 두 배정도 증가하였다. 이것은 이제는 제초제 저항성잡초의 발생이 본격화된

것을 암시하며 이러한 암시는 앞으로 그 증가속도가 더욱 확대될 것으로 미루어 짐작된다. 이렇게 급격히 증가한 원인으로는 SU계 제초제에 저항성잡초의 확산과 ACCase 저해제에 저항성을 보이는 피의 발생면적이 늘어났기 때문으로 사료된다.

발생비율을 보면, 충청남도가 논 면적의 47.6%로 제일 많이 발생되었고, 그 다음으로는 전라남도로 36.9%, 충청북도 25.7%, 강원도 20.3%, 경기도 13.0% 순이었다. 그러나 경상북도 6.0%, 경상남도 1.0%는 상대적으로 낮게 발생된 것은 토양채취에서 나타날 수 있는 잡초 불균일에 의한 원인일 것으로 사료된다. 이들 제초제 저항성 잡초의 발생현황은 그림 1과 같이 서해안과 인접한 충남, 전북, 전남지역에서 저항성 잡초의 발생이 높았다. 즉 서해안은 간척지와 담수직파논이 많고 이들 지역에서 벼에 상대적으로 안전한 설폰닐우레아(SU)계를 선호하고 연용한 관계로 이들 제초제에 대하여 저항성잡초의 발생이 높았던 것으로 판단된다.

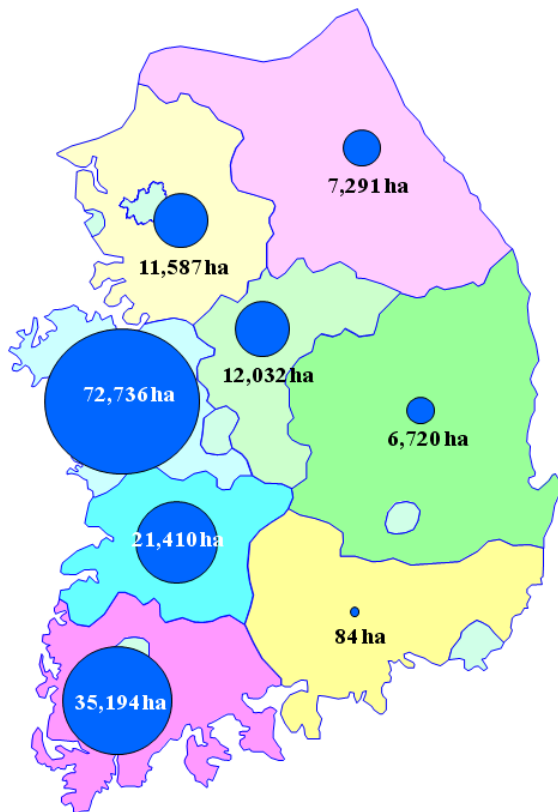


Fig. 1. Provincial occurrence of sulfonyleurea herbicide resistant weeds in Korea surveyed by 2011.

#### 제초제 저항성 초종별 발생현황

제초제 저항성 잡초의 초종별 발생면적은 표 2와 같다. 발생면적이 가장 넓은 초종은 물달개비로서 65,313ha로 전체 저항성 잡초의 39.1%를 차지하였으며, 그 다음으로 올챙이고랭이, 알방동사니 순이었다. 이들 3초종은 전국적으로 고르게 발생하여 제일 문제되는 잡초들이다. 그리고 미국외풀 13,964ha (8.4%), 강피 5.1%이었다. 아직 공식적으로 학계에 보고는 안되었지만, 충북, 충남, 전남지역에서만 발생되어 SU계 제초제 저항성 잡초 추정은 되나, ALS 저해 제초제에 대한 농도별 확인시험이 필요한 잡초로는 갯드렁새, 발뚧외풀, 여뀌바늘, 등애풀 등이 있다. 그러나 발뚧외풀, 여뀌바늘은 이미 다른 나라에서 저항성잡초로 보고된 바가 있어(Miyahara 등 1998) 우리나라에서도 이미 저항성화되었을 것으로 판단된다.

2008년 조사결과와 비교하면, 물달개비는 약간 발생면적이 늘어난 반면에 알방동사니, 올챙이고랭이, 미국외풀, 마디꽃, 올미, 강피 등은 적게는 2배에서 많게는 500배정도 발생면적이 늘어났다. 즉 알방동사니와 올챙이고랭이는 각각 10,274ha와 17,336ha가 증가하여 1.7배와 2.4배 확산되어 전국적으로 발생되었다. 강피, 미국외풀, 올미, 마디꽃은 100배이상 발생하는 것으로 조사되어 인근지역으로 점차 확산되는 경향을

**Table 1.** Occurrence rate of sulfonylurea herbicide resistant weeds by province.

Province	Area of Cultivated rice (ha)*	Ratio of occurred herbicide resistant weeds (%)	Area of herbicide resistant weeds (ha)
Gyeonggi-do	89,132	13.0	11,587
Gangwon-do	35,914	20.3	7,291
Chungchengbuk-do	46,758	25.7	12,032
Chungchengnam-do	152,861	47.6	72,763
Jeollabuk-do	130,549	16.4	21,410
Jeollanam-do	95,377	36.9	35,194
Gyeongsangbuk-do	112,006	6.0	6,720
Gyeongsangnam-do	84,017	1.0	84
Total	746,614	20.9	167,081

\* Rice cultivated acreage (854,000ha) except acreage of organic and environment-friendly farming (107,386ha).

보였다.

학계에 보고된 11초종 중 물옥잠, 매자기(새섬매자기), 올챙이자리는 발생여부의 확인이 안 되었으나, 토양을 발취하는 과정에서 종자나 괴경이 포함되지 않은 것에 기인된 것으로 판단되며, 여기에 대해서는 추후 면밀한 검토가 요망된다. 실제로 물옥잠과 매자기는 서산 간척지를 비롯하여 많은 지역에서 문제가 되고 있는 대표적인 제초제 저항성 논잡초들이다.

#### 제초제 저항성잡초의 지역별 초종별 발생상황

전국 8개 도 농업기술원의 조사결과에 따르면, 초종별 발생현황에서도 지역에 따라 많은 차이가 있음을 보여주고 있다. 즉 표 3과 같이 전라남도에서는 13종이 발생된 반면에 경상남도는 1초종, 강원도는 2초종만 발생되어 지역간 편차가 큼을 알 수 있었다. 8개 지역에서 공통적으로 발생된 저항성 논잡초는 물달개비이고 그 다음으로는 올챙이고랭이와 알방동사니이다.

**Table 2.** Occurrence area of sulfonylurea herbicides resistant weeds in rice paddy filed of Korea.

Weed	Occurrence area (ha)			
	2004	2006	2008	2011
<i>Monochoria korsakowi</i>	10,000	10,000	10,000	-
<i>Monochoria vaginalis</i>	34,327	42,012	62,560	65,313(39.1%)
<i>Cyperus difformis</i>	12,800	13,171	14,230	24,504(14.7%)
<i>Scirpus juncooides</i>	494	906	12,060	29,396(17.6%)
<i>Scirpus maritimus</i>	4,000	6,000	8,000	-
<i>Lindernia dubia</i>	32	33	33	13,964( 8.4%)
<i>Rotala indica</i>	5	5	5	723( 0.4%)
<i>Sagittaria pygmaea</i>	-	17	17	3,910( 2.3%)
<i>Eleocharis acicularis</i>	-	5	27	241( 0.1%)
<i>Biyxa aubertii</i>	-	2	2	-
<i>Echinochloa oryzicola</i>	-	-	17	8,487( 5.1%)
<i>Diplachne fusca</i> (assumed)	-	-	-	482( 0.3%)
<i>Lindernia procumbens</i> (assumed)	-	-	-	10,876( 6.5%)
<i>Ludwigia prostrata</i> (assumed)	-	-	-	8,944( 5.4%)
<i>Dopatrium junceum</i> (assumed)	-	-	-	241( 0.1%)
Total	61,658	72,241	106,951	167,081(100%)

**Table 3.** Ranking and occurred area of sulfonylurea herbicide resistant weeds by province.

Province <sup>1)</sup>	Ranking and occurred area of sulfonylurea herbicide resistant weeds by region(ha) <sup>2)</sup>											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GG	MONVA (6,756)	SCIJU (3,279)	CYPDI (776)	LINDU (776)	-	-	-	-	-	-	-	-
GW	SCIJU (2,348)	MONVA (2,348)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CB	MONVA (4,375)	SCIJU (3,692)	LINDU (1,276)	ECHOR (1,139)	LINPR (1,094)	LUDPR (319)	CYPDI (137)	-	-	-	-	-
CN	MONVA (27,973)	CYPDI (14,980)	LINDU (9,019)	SCIJU (7,032)	LINPR (4,892)	SAGPY (3,669)	ECHOR (2,599)	LUDPR (2,599)	-	-	-	-
JB	SCIJU (8,928)	MONVA (6,594)	ECHOR (3,062)	CYPDI (2,826)	-	-	-	-	-	-	-	-
JN	MONVA (13,258)	LUDPR (6,026)	CYPDI (5,785)	LINDU (2,893)	LINPR (2,562)	ECHOR (1,687)	SCIJU (964)	ROTIN (723)	DIPFU (482)	ELEAC (241)	SAGPY (241)	DOPJU (241)
GB	MONVA (3,924)	LINPR (2,238)	SCIJU (558)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GN	MONVA (84)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1)</sup>GG : Gyeonggi-do, GW : Gangwon-do, CB : Chungchengbuk-do, CN : Chungchengnam-do, JB : Jeollabuk-do, JN : Jeollanam-do, GB : Gyeongsangbuk-do, GN : Gyeongsangnam-do.

<sup>2)</sup>MONVA : *Monochoria vaginalis*, SCIJU : *Scirpus juncooides*, CYPDI : *Cyperus difformis*, LINDU : *Lindernia dubia*, SAGPY : *Sagittaria pygmaea*, ECHOR : *Echinochloa oryzicola*, LINPR : *Lindernia procumbens*, LUDPR : *Ludwigia prostrata*, ROTIN : *Rotala indica*, DIPFU : *Diplachne fusca*, ELEAC : *Eleocharis acicularis*, DOPJU : *Dopatrium junceum*.

이들 3초종은 표 2에서 본 바와 같이 전국적으로 발생되는 양상을 보여주고 있다.

**요 약**

제초제 저항성 논잡초 발생면적은 농촌진흥청 국립농업과학원과 전국 8개 도 농업기술원과 공동으로 조사하였다. 8개 도 농업기술원에서 2011년 8월에 논토양을 채취하여 피라조선틸펜톤에틸·피리미노박메틸입제를 30kg ha<sup>-1</sup> 처리하여 설포닐우레아(SU)계 제초제 저항성 논잡초의 발생면적을 추산하였다. 전국 벼 재배면적(유기 및 친환경농업 벼 재배면적 제외)의 20.9%인 167,081ha에서 SU계 저항성 논잡초가 발생되고 있음을 확인하였다. 2008년과 대비하여 본 결과 60,130ha

가 늘어났다. 발생비율을 보면, 충청남도가 논 면적의 47.6%로 제일 많이 발생되었고, 그 다음으로는 전라남도 36.9%, 충청북도 25.7%, 강원도 20.3%, 경기도 13.0% 순이었다. 제초제 저항성 논잡초 중 발생면적이 가장 넓은 초종은 물달개비로서 65,313ha로 전체 39.1%를 차지하였으며, 그 다음으로 올챙이고랭이, 알방동사니 순이었다. 이들 3초종은 전국적으로 고르게 발생하여 제일 문제되는 잡초들이다. 그리고 미국외풀 13,964ha(8.4%), 강피 5.1%이었다.

**감사의 글**

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ0077982012)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

## 인용문헌

- Im, I. B. 2009. Control and emergence of herbicides resistant *Echinochloa oryzicola* in paddy field of Korea. Korean J. Weed Sci. 29 (Supp. 2):103-104.
- Im, I. B. 2010. Control and emergence of sulfonylurea herbicides resistant *Lemna paucicostata* in paddy field of Korea. Korean J. Weed Sci. 30 (Supp. 1): 60-61.
- Im, I. B., S. Kim, J. G. Kang, and S. Y. Na. 2003. Weed control of small flatsedge (*Cyperus difformis* L.) with resistant response to sulfonylurea herbicides in the paddy of Korea. Korean J. Weed Sci. 23(1):63-70.
- Kwon, O. D., Y. I. Kuk, D. J. Lee, H. R. Shin, I. J. Park, E. B. Kim, and J. O. Guh. 2002. Growth and yield of rice as affected by competitive period of resistant *Monochoria vaginalis* biotypes to sulfonylurea herbicides. Korean J. Weed Sci. 22(2): 147-153.
- Kwon, O. D., Y. I. Kuk, S. H. Cho, and H. R. Shin. 2009. Control of sulfonylurea-resistant biotype of *Eleocharis acicularis* in paddy fields in Jeonnam province, Korea. Korean J. Weed Sci. 29 (Supp. 1):32-34.
- Kim, K. U. 1984. Resistance of plants to herbicide. Korean J. Weed Sci. 4(1):96-106.
- Lim, S. H., J. S. Song, C. Zhang, and D. S. Kim. 2010. ACCase inhibitor cyhalofop-butyl resistance in *Echinochloa oryzicola* collected in Chungnam and Jeonbuk province, Korea. Korean J. Weed Sci. 30 (Supp. 1):45-46.
- Lim S. U., M. W. Park, M. J. Yook, and D. S. Kim. 2009. Resistance to ACCase inhibitor cyhalofop-butyl in *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* collected in Seosan, Korea. Korean J. Weed Sci. 29(2):178-184.
- Miyahara M., J. O. Guh, and D. J. Lee. 1998. Occurrence of resistant weeds to sulfonylurea herbicides in Japan. Korean J. Weed Sci. 18(3):268-279.
- Park, T. S., B. I. Ku, S. K. Kang, M. K. Choi, H. K. Park, K. B. Lee, and J. K. Ko. 2010. Response of the resistant biotype of *Echinochloa oryzoides* to ACCase and ALS inhibitors, and effect of alternative herbicides. Korean J. Weed Sci. 30(3): 291-299.
- Park, T. S., B. C. Moon, S. M. Oh, and K. U. Kim. 2002. Whole plant response and Acetolactate synthase activity of sulfonylurea-resistant *Monochoria korsakowii* occurred in paddy fields of Korea. Korean J. Weed Sci. 22(4):359-367.
- Park, T. S., C. K. Kang, J. E. Park, B. I. Ku, H. K. Park, M. G. Choi, W. Y. Choi, Y. D. Kim, and J. K. Ko. 2009. Identification and management of sulfonylurea-resistant biotype of *Scirpus planiculmis* in reclaimed paddy fields, Korea. Korean J. Weed Sci. 29 (Supp. 1):35-37.
- 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 areas of Korea. Korean J. Weed Sci. 21(1):33-41.
- 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. Korean J. Weed Sci. 19(4):340-344.
- Park, T. S., I. Y. Lee, K. Y. Seong, H. S. Cho, H. K. Park, J. K. Ko, and U. G. Kang. 2011. Status and prospect of herbicide resistant weeds in rice field of Korea. Korean J. Weed Sci. 31(2):119-133.