

설폰닐우레아계 제초제 저항성 잡초에 대한 신규 제초제 Tefuryltrione 합제의 약효 및 선택성

박민식*, 김세민, 박용석, 이근식, 우 정

Herbicidal Activity of Newly Rice Herbicide Tefuryltrione Mixture against Sulfonylurea Resistant Weeds in Korea

Min Sik Park*, Se Min Kim, Yong Seog Park, Kun Sik Lee and Jung Woo

ABSTRACT This study was conducted to investigate the herbicidal activity against resistant biotype on sulfonylurea (SU) herbicides such as *Scirpus juncooides* and *Monochoria vaginalis* at the glasshouse and paddy rice cultivation area. In order to investigate resistance breakability against SU-resistant annual weeds, new rice herbicides containing tefuryltrione [p-hydrophenyl pyruvate dioxygenase (HPPD) inhibitor] were tested. In both lab test and field experiment, tefuryltrione mixture, 4-HPPD inhibitor had shown excellent efficacy with a bleaching on the leaves of resistant annual weeds at early time after treatment and showed excellent persistence. Especially, tefuryltrione mixture had shown excellent controlling effect on annual and perennial SU-resistant *S. juncooides* in the regional field experiment. In phytotoxicity test, this tefuryltrione mixture had shown good selectivity to common rice species.

Key words: tefuryltrione; mefenacet+tefuryltrione; resistant; bleaching; *Scirpus juncooides*.

서 언

1990년대 이후 국내 수도용 제초제 시장에서는 저 약량의 처리로도 잡초에 대해 탁월한 방제력과 함께 벼에 대해 높은 선택성을 보이는 sulfonylurea(SU)계 통의 약제들이 널리 사용되어져왔다. 세계적으로 일본 과 한국에서 그 개발(약 80%)과 판매가 집중된 SU계 통의 제초제는 1999년 충남 서산 간척지 답에서 SU계

저항성 물옥잠(*Monochoria korsakowii*)이 처음 보고된 이래(Park 등 1999) 물달개비(*Monochoria vaginalis*) (Kwon 등 2000)와 올챙이고랭이(*Scirpus juncooides*) (Kuk 등 2002) 등이 보고되었다. 그리고 최근에는 전 남지역을 중심으로 많이 발생되고 있는 쇠털골(Kwon 등 2009), 서해안 지역과 전북지역을 중심으로 확산되고 있는 물피(Im 등 2009)와 강피(Park 등 2010)까지 총 11종의 잡초종이 제초제 저항성 잡초로 보고되었다.

바이엘 크롭사이언스 연구소, 451-864 경기도 평택시 진위면 동천리 532-6(Bayer CropScience Ltd. Development Center, Pyeongtaek 451-864, Korea).

* 연락저자(Corresponding author) : Phone) +82-31-610-7773, Fax) +82-31-611-8802, E-mail) minsik.park@bayer.com

(Received June 11, 2012; Examined June 14, 2012; Accepted June 26, 2012)

이러한 배경으로 인해 국내 수도용 제초제 개발은 SU계 제초제 저항성 초종들로 인해 급변하고 있는 실정이다. 특히, SU계 저항성 올챙이 고랭이가 호남지역을 중심으로 발생되다가 전국적으로 급속히 확산되어 benzobicyclon, bromobutide 등의 비SU계 제초제 합제의 개발과 보급이 증가되고 있는 상황이다. 이에 바이엘크롭사이언스(주)는 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase 효소(HPPDase)의 활성을 억제하여 plastoquinone의 생합성을 저해하는 살초 기작을 가진 tefuryltrione을 개발하였다. 이 제초제는 저항성 잡초로 문제가 되고 있는 올챙이 고랭이와 물달개비 등에 대해서 뛰어난 약효와 잔효력이 있어 현재 전국적으로 문제시되고 있는 SU계 제초제 저항성 잡초들의 방제에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

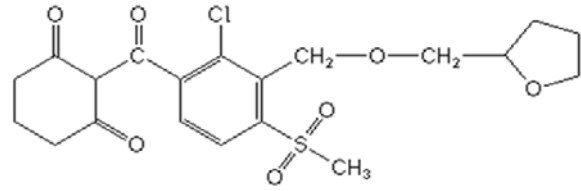
따라서 본 연구는 tefuryltrione의 SU계 제초제 저항성 논잡초에 대한 실내 및 야외 포장에서의 약효와 비에 대한 선택성을 확인한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 연구는 경기도 평택에 위치한 바이엘크롭사이언스(주) 기술 연구소의 유리 온실과 실험 포장, 전남 나주에 위치한 시험 포장에서 수행되었다. 실험 해당 지역의 잡초 우점 정도, 사용 약제 이력 및 방제 정도를 조사하여 저항성 잡초의 발생 정도를 파악하였다. 실내 시험에서 사용된 SU계 제초제 저항성 잡초인 올챙이 고랭이의 종자는 전북 김제 포장에서 종자를 채종하였고 또한 연구소 포장에 접종하여 다년간 생육한 올챙이 고랭이 유묘를 이용하였다.

공시 제초제

4-HPPD(4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase) 저해제인 tefuryltrione(그림 1)은 200g ai ha⁻¹ 입제 단제와 대표적인 피 방제제인 VLCFAE(Very long chain fatty acid elongation) 계통의 mefenacet와의 합제인 mefenacet+tefuryltrione 1000+210g ai ha⁻¹ 액상수화제를 사용하였다. 대조약제로는 제초제 등록 시험 공시 제초제인 pyriminobac-methyl+pyrazosulfuron-ethyl 21+30g ai ha⁻¹ 입제와 국내에서 이미 저항성 잡초 전문약제로 많이 사용되고 있는 4-HPPD 저해제인 benzobicyclon



Developed by BayerCropScience

Benzoylcyclohexanedione class novel herbicide

HPPD inhibitor, causing bleaching effect on weeds

Fig. 1. Chemical structure of new rice herbicide active ingredient, tefuryltrione.

을 함유한 benzobicyclon+imazosulfuron+penoxulam 175+75+21g ai ha⁻¹ 액상수화제를 사용하였다.

올챙이 고랭이에 대한 살초효과

사초과 잡초로 SU계 제초제 저항성으로 보고된 올챙이 고랭이에 대한 살초 효과는 바이엘크롭사이언스(주) 기술연구소 유리온실에서 실시하였다. 0.12×0.24m² 크기의 사각 플라스틱 포트에 일년생의 저항성 올챙이 고랭이 종자를 파종, 생육시킨 후 외부 포장에서 채취한 다년생 올챙이 고랭이를 이식, 올챙이 고랭이 3엽기때 약제를 처리하였다.

토양 처리형 제초제의 살초효과

본 시험은 경기도 평택 소재 바이엘크롭사이언스(주) 기술 연구소내 실험포장(평택 1), 경기도 평택 마산리에 위치한 실험 포장(평택 2)과 전남 나주에 위치한 시험포장에서 각각 실시하였다. 이때에 약제 처리 일자, 시험구의 크기, 각 포장의 토성 등은 표 1과 같다. 각각의 처리 시기에 담수심을 5cm 상태로 유지하고 tefuryltrione 200g ai ha⁻¹ 입제, mefenacet+tefuryltrione 1000+210g ai ha⁻¹ 액상수화제와 대조약제 등을 처리하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하고 시험을 수행하였으며, 제초제 처리 후 수심은 5cm 이상으로 20일 동안 유지하였다. 잡초방제효과는 약제처리 후 20일과 40일에 달관조사하였으며, 조사 방법은 농약등록·시험담당자 교육교재(농촌진흥청 2010)를 참조하여 조사하였다.

Table 1. Situation of each test locations and application timing.

Test location	Gyeong-gi (Pyeongtaek 1)	Gyeong-gi (Pyeongtaek 2)	Jeon-nam (Naju)
Main weeds ¹⁾	ECHSS, SCPJU, MOOVA, LUDPR, ROTIN, BIDTR	ECHSS, SCPJU, MOOVA, BIDTR, AESIN, LUDPR	ECHSS, MOOVA, SCPJU, CYPDI, ROTIN, LIDDU
Soil type	Sandy loam	Silty loam	Silty loam
Water leakage	2cm/day	1cm/day	1cm/day
Application timing	12DAT ²⁾	15DAT	10DAT

¹⁾ECHSS : *Echinochloa crus-galli*, SCPJU : *Scirpus juncoides*, MOOVA : *Monochoria vaginalis*, LUDPR : *Ludwigia prostrata*, ROTIN : *Rotala indica*, LIDDU : *Lindernia dubia*, BIDTR : *Bidens tripartita*, AESIN : *Aeschynomene indica*, CYPDI : *Cyperus difformis*.

²⁾Days after transplanting.

벼에 대한 약해 정도 비교

야외 시험에서의 약해에 대한 반응은 농약 등록·시험담당자 교육 교재를 참조하여 공시 약제인 pyriminobac-methyl+pyrazosulfuron-ethyl 21+30g ai ha⁻¹ 입제와 무처리구, 손제초구를 바탕으로 실시하였다. 온실에서 실시한 시험의 주요 품종은 추청벼이며, 0.12×0.24m²의 사각 플라스틱 포트에 10일모를 이양하여 처리 약량에 따른 벼에 대한 약해 발현 정도를 비교하였다. 처리 약량은 mefenacet+tefuryltrione 합제는 기준량(1000+210g ai ha⁻¹), 배량(2000+420g ai ha⁻¹)과 4배량(4000+840g ai ha⁻¹)으로 이양 후 5일과 10일에 처리한 후 10일, 20일, 30일과 40일에 달관으로 평가하였다.

결과 및 고찰

온실 조건에서 저항성 올챙이고랭이에 대한 살초 효과

올챙이고랭이 3엽기를 대상으로 실시한 온실 조사에서 mefenacet+tefuryltrione SC를 처리 20일 후에 확인한 결과, 올챙이고랭이는 일년생과 다년생 초종 모두 백화현상을 보이며 완전 고사하는 우수한 약효를 보였다(그림 2). 2005년도에 실시한 바이엘크롭사이언스(주)의 자체 예비 시험에서도 저항성 올챙이고랭이 3엽기에 대해서 tefuryltrione의 약량 200g ai ha⁻¹ 수준까지도 우수한 약효를 확인한 바가 있었으며, 많은 반

복을 두고 진행한 이 시험에서도 같은 결과를 얻었다.

포장 조건에서 SU계 제초제 저항성 잡초에 대한 약제 반응

경기도 평택시 소재 바이엘크롭사이언스(주) 기술 연구소 포장(평택 1), 경기도 평택시 마산리 실험 포장(평택 2), 전남 나주 시험포장에서 각 처리시기에 약제를 처리하였다. 3포장에서 공통적으로 발생한 제초제 저항성 올챙이고랭이, 물달개비, 피 등에 대해서 40일 후에 달관조사 한 결과는 표 2와 같다. Tefuryltrione 단제는 올챙이고랭이, 물달개비 등의 일년생 저항성잡초에 대해서 매우 우수한 약효를 보인 반면, 화본과 잡초인 피에 대해서는 다소 부족한 약효를 보였으나, mefenacet과의 합제의 경우, 화본과 잡초인 피에 대해서도 매우 효과적인 반응을 보였다. 대조약제인 pyriminobac-methyl+pyrazosulfuron-ethyl 입제의 경우에는 저항성 올챙이고랭이 및 물달개비에 대해서 현격히 떨어지는 약효를 확인할 수 있었다. Benzobicyclon+imazosulfuron+penoxulam 액상수화제는 이 두 초종 중 광엽 잡초인 물달개비에 대해서 약효와 잔효력 면에서 mefenacet+tefuryltrione 액상수화제보다는 조금 떨어지지만 우수한 약효를 보였다. 이 3가지 초종 이외에도 대표적인 제초제 저항성 초종인 미국외풀, 알방동사니, 마디꽃 등과 가막사리, 사마귀풀, 여뀌바늘 등에 대해서도 mefenacet+tefuryltrione 액상수화제는 우수한 약효를 가진 것을 확인하였다. 이러한 제초제 저항

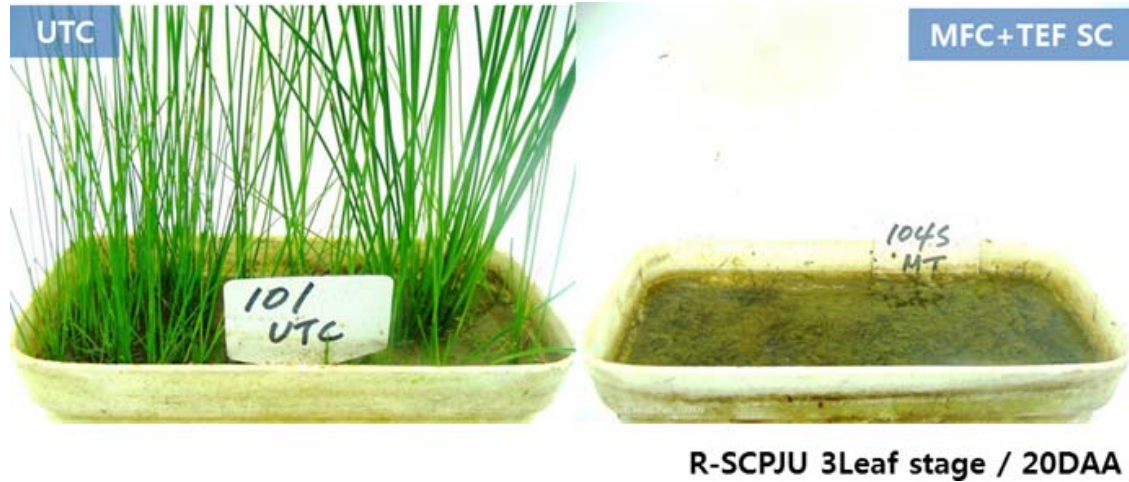


Fig. 2. Excellent efficacy of tefuryltrione mixture standard dosage with mefenacet against annual and perennial *Scirpus juncoides* 3 leaf stage in indoor test. UTC : untreated control, MFC+TEF : mefenacet+tefuryltrione 1000+210g a.i. ha⁻¹ SC, DA : Days after application.

Table 2. Control effect of main weeds on 40days after application applied with post-emergent application herbicides at 10~15 days after transplanting.

Application		Herbicidal activity (0~9) ²⁾		
Herbicide ¹⁾	Dosage (g a.i. ha ⁻¹)	ECHSS ³⁾	R-SCPJU	R-MOOVA
MFC+TEF SC	1000+210	9	9	9
Tefuryltrione GR	200	3	9	9
BBC+IMS+PNX SC	175+75+21	9	9	8
PMM+PSE GR	21+30	9	6	3

¹⁾MFC+TEF : mefenacet+tefuryltrione 1000+210g a.i. ha⁻¹ SC, BBC+IMS+PNX : benzobicyclone+imazosulfuron+penoxulam 175+75+21g a.i. ha⁻¹ SC, PMM+PSE : pyriminobac-methyl+pyrazosulfuron-ethyl 21+30g a.i. ha⁻¹ GR.

²⁾Herbicidal efficacy : 9(excellent), 8(good), 7(satisfactory), 6(marginal), 3(insufficient), 0(no activity)

³⁾ECHSS : *Echinochloa crus-galli*, SCPJU : *Scirpus juncoides*, MOOVA : *Monochoria vaginalis*.

성 잡초를 포함한 일년생 잡초에 대해 우수한 약효를 확인하였으나, 지하 괴경으로 번식하는 대표적인 다년생 사초과 잡초인 올방개와 매자기 등에 대해서 중기에 처리하였을 때 그 결과가 반복간, 밀도간에 많은 차이를 보였다. 따라서 올방개, 매자기 등의 다년생 잡초에 대해서 다양한 요인별 시험이 필요할 것으로 생각된다.

벼에 대한 약해 발현 정도 비교 시험

경기도 평택시 마산리 시험 포장(평택 2)에서의 10

일 간격 총 40일의 초장 조사(그림 3) 및 각 처리구의 수량 조사(그림 4)에서 mefenacet+tefuryltrione 액상수화제는 공시 대조약제인 pyriminobac-methyl+pyrazosulfuron-ethyl 입체에 비해 벼에 대한 선택성에서 별다른 차이점을 발견하지 못하였다. 경기도 평택 시험 포장(평택 1)과 전라남도 나주 시험 포장에서 추청벼와 동진벼를 대상에서 초기에는 약해가 약간 발생하였으나, 약 10여일 후 모두 회복이 되었다. 온실에서 일반 벼인 추청벼 품종을 이용하여 수행된 mefenacet+tefuryltrione 액상수화제의 처리 약량별 약해 비교 실

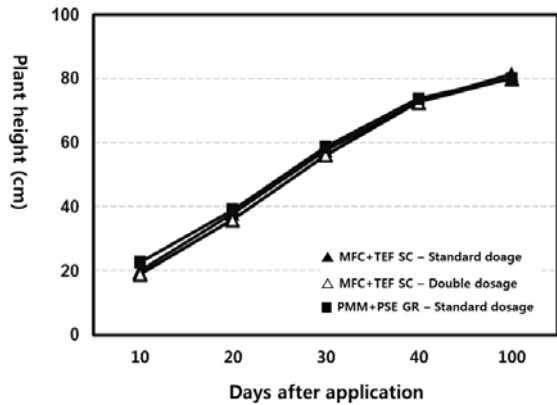


Fig. 3. Phytotoxicity test by measurement the plant height on 10, 20, 30 and 40 days after application on outdoor test. MFC+TEF SC : mefenacet+tefuryltrione 1000+210g a.i. ha⁻¹ SC, PMM+PSE : pyriminobac-methyl+pyrazosulfuron-ethyl 21+30g a.i. ha⁻¹ GR.

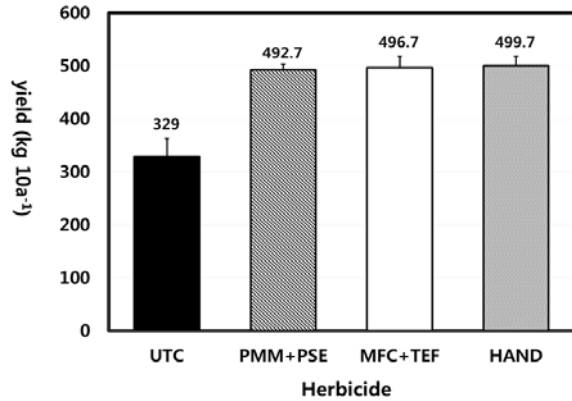


Fig. 4. Comparison of the yield in each plot treated by each products. UTC : Untreated control, MFC+TEF SC : mefenacet+tefuryltrione 1000+210g a.i. ha⁻¹ SC, PMM+PSE : pyriminobac-methyl+pyrazosulfuron-ethyl 21+30g a.i. ha⁻¹ GR.

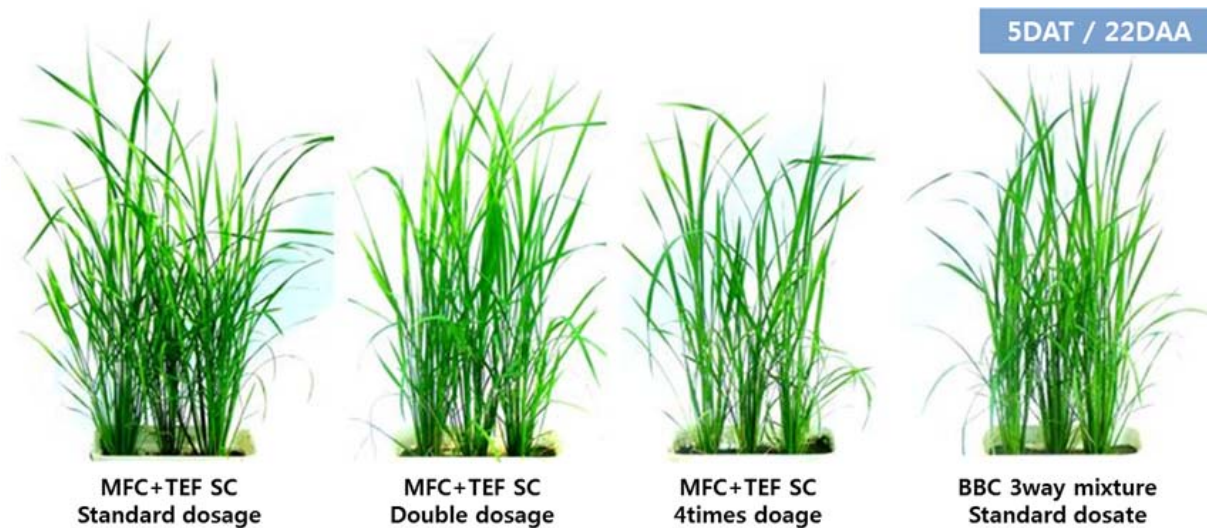


Fig. 5. Phytotoxicity of mefenacet+tefuryltrione SC from standard dosage to 4 times dosage rate compare with benzobicyclone 3 way mixture on 5 days after application against common rice variety. MFC+TEF SC : mefenacet+tefuryltrione 1000+210g a.i. ha⁻¹ SC, BBC 3way mixture : benzobicyclone+imazosulfuron+penoxulam 175+75+21g a.i. ha⁻¹ SC, DAT : Days after transplanting, DAA : Days after application.

험에서 약제처리 후 초기에 약간의 생육억제를 보이지만 회복되어 처리 후 20일 이후에는 배량에서도 Benzobicyclone 3종 합제의 기준량보다 벼에 대한 선택성이 우수한 것을 확인할 수 있었다(그림 5). 온실에서 약제 처리 시기인 이앙 5일 후와 이앙 10일 후의 각각 기준량, 배량과 4배량의 처리에서도 마찬가지로 약량에 따라 초기 약해 증상이 보이지만 20여일 후부

터는 회복이 되어 일반벼 품종인 추청벼에 대해서는 선택성이 우수한 것을 확인할 수 있었다(그림 6). 추후에는 기존의 저항성 잡초 전문약제로 사용되고 있는 benzobicyclone, mesotrione 등과 벼 품종별 약해시험이 필요할 것으로 생각된다.

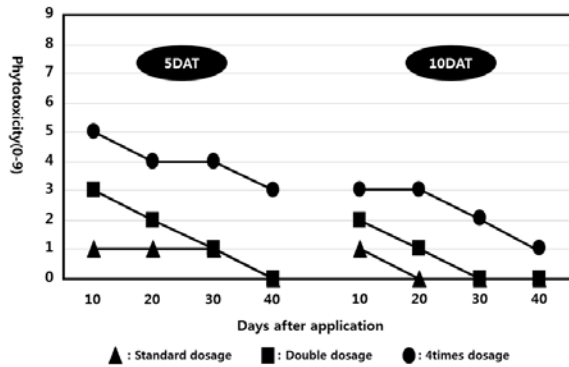


Fig. 6. Phytotoxicity rate (0~9) of mefenacet+tefuryltrione SC from standard dosage to 4times dosage rate against common rice variety on 5DAT and 10DAT.

요 약

본 시험은 SU계 제초제 저항성 잡초의 발생이 전국적으로 문제가 되면서 새로운 작용기작을 가지는 4-HPPD 저해제인 tefuryltrione의 SU계 제초제 저항성 논잡초에 대한 야외 포장에서의 약효와 벼에 대한 선택성을 확인하고자 수행되었다. Tefuryltrione 단제로 이앙 10~15일 후에 처리하였을 때 피에 대해서는 약효가 미흡하였으나, mefenacet과의 합제에서는 피뿐만 아니라 올챙이고랭이와 물달개비에 대해서 매우 우수한 약효를 보였다. 특히, 일년생 뿐 아니라 지하부로도 월동을 하는 다년생 올챙이고랭이에 대해서도 우수한 약효가 있는 것을 확인할 수 있었다. 경기도 평택의 바이엘크롭사이언스(주) 기술연구소 시험 포장 등 3개 시험 포장에서 제초제 저항성 초종인 미국외풀, 알방동사니, 마디꽃 등과 가막사리, 사마귀풀, 여뀌바늘 등에 대해서도 mefenacet+tefuryltrione 합제는 매우 우수한 약효를 보였다. 일반 벼 품종인 추청벼와 동진벼를 대상으로 시험한 결과 초기에 약간의 생육억제를 보이지만 회복되어 처리 후 20일 이후에는 별다른 문제가 없었다.

인 용 문 헌

- Im S. H., 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.
- Kwon O. D., S. J. Koo, J. S. Kim, D. J. Lee, T. S. Park, H. J. Lee, Y. I. Kuk, and J. O. Guh. 2000. Herbicidal response and control of sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria vaginalis* in paddy fields in Chonman province, Korea. *Korean J. Weed Sci.* 20(1):46-62.
- Kwon O. D., Y. I. Kuk, S. H. Cho, and H. R. Shin. 2009. Alternative herbicide for *Eleocharis acicularis* resistant to sulfonylurea in Jeonnam, Korea. *Korean J. Weed Sci.* 29(3):251-260.
- Kuk Y. I. O. D. Kwon, and I. B. Im. 2002. Sulfonylurea herbicide-resistant *Scirpus juncooides* Roxb. in Korea rice culture. *Korean J. Weed Sci.* 22(3): 296-305.
- Park T. S., C. S. Kim, J. E. Park, Y. K. Oh, and K. U. Kim. 1999. Sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria kosakowii* in reclaimed paddy fields in Seosan, Korea. *Korean J. Weed Sci.* 19:340-344.
- 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 herbicide. *Korean J. Weed Sci.* 30(3):291-299.
- 농촌진흥청. 2010. 농약등록·시험 담당자 교육교재. pp. 421-456.