韓雜草誌 17(1) : 24~30 Kor. J. Weed Sci. 17(1) : 24~30(1997)

直播 벼의 除草劑 藥害 要因과 回復 硏究

2. 營養 條件에 따른 藥害

任日彬* · 臼井健二**

Factors and Recovery of Herbicide Phytotoxicity on Direct-seeded Rice

2. Phytotoxicity of Herbicide with Nutrient Condition

Im Il-Bin* and K. Usui**

ABSTRACT

The influence of nutrients on the phytotoxicity of herbicides (bensulfuron-methyl, pyrazosulfuron-ethyl, imazosulfuron, dimepiperate, and molinate) was investigated in controlled-environment growth chamber with direct-seeded rice (*Oryza sativa* L. cv. Dongjin).

The phytotoxicity of bensulfuron-methyl, pyrazosulfuron-ethyl, and imazosulfuron for rice was greater in nutrient culture than in no-nutrient condition. The root growth of rice applied with these herbicides was more inhibited than the shoot growth. The most severe inhibition was obtained with pyrazosulfuron-ethyl application. The growth inhibition of rice applied by dimepiperate was increased under no-nutrient culture condition. Dimepiperate suppressed more remarkably shoot growth than root. Especially the shoot elongation was much more inhibited than the others. The shoot growth inhibition in rice applied by molinate was severer than the root. The shoot growth was reduced under nutrient culture condition, while the root growth was reduced under no-nutrient culture.

Key words : rice, herbicide. phytotoxicity, nutrient,

緖 言

벼의 省力 재배는 우리 농촌의 당면 과제이며 직파 재배는 省力 재배의 진일보한 기술로서 판단되고 있다. 따라서 농가에서 벼 직파 재배는 실시되고 있지만 이에 따른 기술 보완은 그 속도가 완만한 편이다. 직파의 초기에 큰 장애 요인은 입모의 불안정과 잡초방제이다. 표면 담수직파에서는 제초제 처리시 묘가 어리고 뿌리가 노출되어 있으며 莖葉部의 수면 접촉면이 넓기 때문에 제초제 처리시 약해의 우려가 많다. 특히 최근 담수직파 논에 많이 사용하고 있는 sulfonylurea계 제초제들은 주

* 湖南農業試驗場, National Honam Agricultural Experiment Station, Iksan 570-080, Korea.
** 筑波大學 Institute of Applied Biochemistry, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki. 305, Japan.

〈1996. 11. 12 접수〉

요 흡수 부위가 근부이며[10,15], 또한 根部, 莖葉部 모두 침지되었을 경우는 흡수율이 20~30% 증가된다고 했으나, 이들은 莖葉部보다 根部에서 代謝量이 훨씬 적어 축적될 경우 根部의 생장을 억제시키는 것으로 알려져 있다.[15] 우리 나라의 직파 논에 재배되고 있는 대부분의 품종이 일반형 품종인데 특히 sulfonylurea계통의 제초제는 일반형 벼에 감수성인 것으로 보고되고 있어[4,6,11] 더욱 이들의 약해가 우려되고 있는 실정이다. 또한 제초제의 약해는 여러 요인에 의해서 발생되나, sulfonylurea계는 저온, 淺植, 낮은 pH, 深水, 減水深이 큰 토양 등에 따라서 약해가 유발된다고 했다[2,9,10,14]. 그러나 이러한 제초제들에 의한 약해의 유발 빈도는 높은데 비하여 작물에 대한 제초제 약해의 심도있는 연구 결과는 적으며 또한 제초제간에 약해의 유발 요인이 차이가 있을 것으로 판단되나, 아직 잘 認知하고 있지 못하여 담수직파 벼에서 제초제의 약해가 유발했을 경우 회복에 대한 처방이 극히 미진한 편이다. 따라서 본 연구는 담수직파 논에 비료를 많이 사용하고 있는 점을 감안하여 현재 많이 사용하고 있는 주요 제초제들에 대하여 營養 조건에 따른 약해의 유발 요인을 탐색하여 벼 담수직파 논에서 안전한 잡초방제 및 재배법 확립에 기여하고자 실시하였다.

材料 및 方法

본 실험은 인위적으로 조절된 환경 조건하에서 주로 실시하였으며, 온도는 주간 24°C(13시간), 야간 17°C(11시간), 광은 1.4~1.6Klux, 습도는 50~60%였다. 벼 품종은 동진벼였으며, 종자는 1mm 정도 최아 종자를 제초제 용액이 희석된 수경액 위에 표면 파종하였다. 공시된 제초제와 농도는 bensulfuron-methyl(2-[[[[[[4.6-dimethoxypyrimidin-2-yl] amino] carbonyl] amino] sulfonyl]methyl]benzoate) 10^{-7}M, 2×10^{-7}M, 5×10^{-7}M, 7.5×10^{-7}M 및 10^{-6}M, Pyrazosulfuron-ethyl (ethyl 5-(3-(4.6-dimethoxy primidin-2-yl) ureidosulfonyl)-1-methylpyrazole-4-carboxylate) 10^{-7}M, 2×10^{-7}M, 3×10^{-7}M, 4×10^{-7}M 및 5×10^{-7}M, 그리고 dimepiperate(S-1-methyl-1-phenylethyl, piperidine-1-carbothioate) 및 molinate(S-ethylhexahydro-1H-azepine-1-carbothioate), (10^{-5}M, 2×10^{-5}M, 3×10^{-5}M, 4×10^{-5}M 및 6×10^{-5}M)였으며 이들 제초제들에 대한 營養 有無에 따른 벼의 약해 반응을 검토하기 위하여 無營養(증류수) 조건과 營養 조건에서 검토하였으며 營養液의 성분은 질소($(NH_4)_2SO_4$와 $NaNO_3$,) 10ppm, 인산($Na_2HPO_4\cdot12H_2O$) 40ppm, 칼리(KCl) 40ppm, 마그네슘($MgSO_4\cdot7H_2O$) 10ppm, 칼슘($CaCl_2\cdot2H_2O$)40ppm, 철(EDTA-Fe) 3.5ppm이었으며, 미량 요소는 망간($MnCl_2\cdot4H_2O$) 0.5ppm, 붕소(H_3BO_3) 0.05ppm, 몰리브덴 {$(NH_4)_6\cdot Mo_7O_{24}\cdot4H_2O$} 0.05ppm, ($CuSO_4\cdot5H_2O$) 0.002ppm 그리고 아연($ZnSO_4\cdot7H_2O$) 0.05ppm이었으며 pH는 5.5-6.0으로 조절하였다. 전 시험은 3반복으로 실시하였으며 파종후 11일에 초장, 最長根長, 莖葉 생체중 및 뿌리의 생체중을 조사하였으며 모두 무처리를 대비하여 생장 抑制率을 환산하였다.

結 果

1. Bensulfuron-methyl

無營養 조건과 營養 조건하에서 bensulfuron-methyl의 직파 벼에 대한 영향을 보면, 無營養 재배에서 초장은 5×10^{-7}M 이상의 농도에서 억제된 경향을 보였으나, 莖葉 생체중은 7.5×10^{-7}M 이하의 농도에서는 무처리와 차이가 없었다. 그러나 처리 전체 농도에서 지하 根部의 생육을 크게 억제시켰는데 근장은 저농도인 10^{-7}M에서 71%에서부터 고농도 10^{-6}M에서는 82%까지 抑制率을 나타냈으며 근 생체중은 46~64% 정도 억제되었다. 營養液 재배에서는 초장 21%~65%, 경엽 생체중 18%~51%, 근장 72%~86% 그리고 뿌리 생육량은 63%~87%까지의 抑制率을 보였다. Bensulfuron-methyl은 莖葉部보다 근부의 생육을 크게 억제시키고, 특히 근장에 가장 큰 영향을 주었으며 無營養 조건보다는 營養이 충분한 조건에서 莖葉部, 根部 모두 큰 抑制率을 보였으며 根部는 절대

Table 1. Effect of bensulfuron-methyl for growth inhibition of direct-seeded rice under nutrient culture conditions.

Concentration	Growth inhibition rate(%)							
	Plant height*		Root length		Shoot weight		Root weight	
	non-NT**	NT	non-NT	NT	non-NT	NT	non-NT	NT
1.0×10^{-7}M	4	21	71	72	-1	18	46	63
2.5×10^{-7}M	2	39	75	79	-2	29	45	73
5.0×10^{-7}M	14	50	77	82	-2	36	53	80
7.5×10^{-7}M	22	65	82	84	3	51	60	84
1.0×10^{-6}M	23	65	82	86	6	51	64	87

* 11 days after seeding,
** Abbreviation of non-nutrient(non-NT) and nutrient(NT) culture

Table 2. Effect of pyrazosulfuron-ethyl for growth inhibition of direct-seeded rice under nutrient culture conditions.

Concentration	Growth inhibition rate(%)							
	Plant height*		Root length		Shoot weight		Root weight	
	non-NT**	NT	non-NT	NT	non-NT	NT	non-NT	NT
1×10^{-7}M	2	21	51	69	-5	23	17	46
2×10^{-7}M	4	59	67	80	-6	52	34	72
3×10^{-7}M	5	79	70	84	-7	65	38	86
4×10^{-7}M	4	81	74	83	-13	73	43	90
5×10^{-7}M	16	84	76	84	-7	77	46	92

* 11 days after seeding,
** Abbreviation of non-nutrient(non-NT) and nutrient(NT) culture

적인 생육량도 현저히 낮았다(표 1).

2. Pyrazosulfuron-ethyl

營養 有無에 따른 pyrazosulfuron-ethyl의 직파 벼의 생육에 대한 영향을 보면, 無營養 조건에서 초장은 시험된 농도에서 2%~16% 정도의 낮은 抑制率을 보였으며, 경엽 생체중은 오히려 무처리보다 증가된 경향이었다. 그러나 근장은 51~76%의 높은 抑制率을 보였으며, 根部의 생체중은 17~46% 정도 억제되었다. 營養 조건에서 재배된 벼는 전체 생육이 無營養 조건에서 재배된 벼보다 높은 억제 현상을 보였다. 초장은 21~84%, 경엽 생체중은 23~77%, 근장은 69~84% 그리고 근중은 46~92%까지 억제시켜 저농도에서도 근부의 억제 현상은 높은 경향이었다. 營養과 無營養 조건에서 생육의 抑制率의 차이를 보면 莖葉部 생장량에 있어서 초장은 19~77%, 생체중은 28~86%로 그 차이가 컸으며, 根部의 생장량에 있어서 근장은 8~18% 근 생체중은 29~48% 정도였다(표 2).

3. Imazosulfuron

營養 有無의 재배 조건에서 벼 직파시 제초제 imazosulfuron이 초기 벼 생육에 미치는 영향을 보면 전체적으로 무처리 대비 생육 抑制率은 營養 재배 조건에서 無營養 재배에서 보다 높았으며 특히 根部의 抑制率이 현저히 높은 경향이었다. 두 營養 재배 조건에서 imazosulfuron의 농도에 대한 영향을 보면 無營養 재배 조건에서 초장은 9~56%, 경엽 생체중은 2~35%의 抑制率을 보인 반면 根部는 근장의 51~90%, 근 생체중의 23~83%로 보다 높은 抑制率을 보였다. 營養 재배 조건에서는 莖葉部는 초장 17~95%, 경엽 생체중 17~83%의 抑制率을 보인 반면, 根部는 근장 56~96%, 근 생체중 32~95%로 莖葉部보다 높은 抑制率을 나타냈다. 따라서 imazosulfuron은 벼의 莖葉部보다

Table 3. Effect of imazosulfuron for growth inhibition of direct-seeded rice under nutrient culture conditions.

Concentration	Growth inhibition rate(%)							
	Plant height*		Root length		Shoot weight		Root weight	
	non-NT**	NT	non-NT	NT	non-NT	NT	non-NT	NT
1.0×10^{-7}M	9	17	51	56	2	17	23	32
5.0×10^{-7}M	14	65	78	89	1	57	45	84
1.0×10^{-6}M	39	80	81	95	15	72	64	94
5.0×10^{-6}M	46	91	86	96	32	76	74	95
1.0×10^{-5}M	56	95	90	96	35	83	83	95

* 10 days after seeding,

** Abbreviation of non-nutrient(non-NT) and nutrient(NT) culture

Table 4. Effect of dimepiperate for growth inhibition of direct-seeded rice under nutrient culture conditions.

Concentration	Growth inhibition rate(%)							
	Plant height*		Root length		Shoot weight		Root weight	
	non-NT**	NT	non-NT	NT	non-NT	NT	non-NT	NT
1.0×10^{-5}M	13	10	8	-5	-2	-1	5	-7
2.0×10^{-5}M	43	26	11	-18	9	7	6	-7
3.0×10^{-5}M	55	44	9	-24	23	15	17	-9
4.0×10^{-5}M	79	53	11	-29	40	25	21	-8
6.0×10^{-5}M	91	75	15	-38	57	46	25	-8

* 11 days after seeding,

** Abbreviation of non-nutrient(non-NT) and nutrient(NT) culture

根部 또한 營養이 충분한 조건에서 무처리에 비해 생육 억제 정도가 큰 경향이었다. 營養 有無 조건에서 벼 생육 抑制率의 차이는 莖葉部의 초장이 8~51%, 생체중이 15~57%로 根部의 근장 5~14%, 근중의 9~39% 보다 현저히 컸다(표 3).

4. Dimepiperate

營養 有無 조건의 벼 직파시 Thiocarbamate계 제초제인 dimepiperate처리시 벼 생육에 미치는 영향을 보면 재배 조건의 營養 有無에 따라서 莖葉部 및 根部의 생육에 큰 차이를 보였다. 전체적으로 莖葉部 및 根部의 생육 모두 無營養 재배 조건에서 생육 저해 정도가 큰 경향이었으며, 특히 根部보다 莖葉部의 생육, 그 중에서도 초장 신장이 크게 억제되는 경향이었다. 無營養 조건에서 초장은 3×10^{-5}M 이하에서 50% 이상 억제를 보인 반면, 경엽 생체중은 6×10^{-5}M 이하에서 50% 이상 억제를 나타냈으나 根部는 고농도에서도 抑制率은 낮았으며 처리된 농도 범위내에서 근장은 8~15%, 근중은 5~25% 정도 억제되는 경향이었다. 營養 조건에서 재배된 경우는 근부의 생장은 농도가 높을수록 증가되는 경향으로 처리된 농도에서 근장은 5~38%, 근중은 7~9% 정도 생육량이 증가되는 현상이었으나, 莖葉部는 초장이 10~75%, 경엽중이 7~46% 정도 억제되었다. 따라서 dimepiperate의 벼에 대한 약해는 莖葉部에서 크게 발현되는 것으로 생각되며, 특히 營養이 불충분한 조건에서 더욱 심하게 나타나는 것으로 인지되었다. 營養과 無營養 조건간의 생육 抑制率의 차이는 莖葉部의 초장이 3-26%, 생체중이 1~15% 정도인데 비하여 根部의 근장은 13~53%, 근 생체중은 12~33%로 根部에서 현저히 컸다(표 4).

5. Molinate

벼 직파시 營養 有無 조건에서 molinate처리시 초기 벼 생육의 억제 정도를 보면(표 5) 저농도에서는 營養과 無營養 조건에서 생육 억

Table 5. Effect of molinate for growth inhibition of direct-seeded rice ounder nutrient culture conditions.

Concentration	Growth inhibition rate(%)							
	Plant height*		Root length		Shoot weight		Root weight	
	non-NT**	NT	non-NT	NT	non-NT	NT	non-NT	NT
1.0×10^{-5}M	11	7	7	0	1	5	2	5
2.0×10^{-5}M	34	34	7	-2	13	17	7	13
3.0×10^{-5}M	69	87	17	0	42	65	29	18
4.0×10^{-5}M	93	93	19	4	58	76	36	30
6.0×10^{-5}M	93	96	25	7	61	82	50	37

* 11 days after seeding,

** Abbreviation of non-nutrient(non-NT) and nutrient(NT) culture

제의 차이가 적은 경향이었으나, 고농도에서 根部는 無營養 조건에서, 莖葉部는 營養 조건에서 높은 경향으로 dimepiperate와 차이가 있었으며, 특히 두 조건 모두 4×10^{-5}M 이상 농도에서는 莖葉部 생육이 초장의 경우 93~96% 정도 억제되는 극히 부진한 경향이었다. 재배조건별 농도에 따른 생육 抑制率의 차이는 無營養 재배에서 초장은 11~93%로 차이가 컸으나 근장은 7~25%로 보다 낮은 편이었다. 또한 營養 재배에서는 초장은 7~96%로 생육 抑制率의 편차가 매우 컸으나 근장은 0~7% 정도 억제로 무처리와 생육차가 별로 없었다.

考 察

본 시험은 수경액의 표면에 벼 종자를 파종하여 제초제를 根部에서만 흡수되도록 하여 莖葉部에서의 흡수를 배제시키고 營養 조건과 無營養 조건하에서 각 제초제가 벼의 초기 생육에 미치는 영향을 검토하여 제초제의 약해 요인을 추적하고자 수행되었다. 전체적으로 공시된 sulfonylurea의 3약제는 주로 벼의 根部의 생육을, thiocarbamate의 두 약제는 벼의 莖葉部를 크게 억제시킨 경향이었다. Sulfonylurea 제초제의 작용 기작은 분기 아미노산 생합성의 초기 단계 酵素인 ALS(Acetolactate synthase) 합성을 저해하는 것에 의해서 분기 아미노산인 varine, isoleucine 및 leucine의 합성을 저해함으로서 식물 생육을 저해시킨다고 하였다[8]. 또한 pyrazosulfuron-ethyl의 주요 흡수 부위는 根部라고 하였으며[10] bensulfuron-methyl도 흡수는 根部에서 많고 대사는 根部에서 莖葉部보다 적다고 하여 고농도 흡수시는 根部의 생육을 크게 억제시킨다고 하였다[15]. 따라서 본 시험에서 sulfonylurea계 3약제의 처리에서 벼의 根部 생육 억제는 뿌리에서 이들 약제의 대사가 적어 아미노산의 합성을 크게 저해했기 때문으로 판단되며, 벼 포장에 처리된 bensulfuron-methyl의 유리수에 의해서 토마토 뿌리 생장을 크게 억제시켰다고 하여[1], sulfonylurea계 제초제는 식물 뿌리에 민감하게 작용하는 것으로 판단된다. Sulfonylurea 제초제 처리로 營養 조건에서 생육 抑制率이 높은 것은 주로 營養액의 질소요인에 의한 것으로 판단되며, 밀 재배시 sulfonylurea계 제초제인 chlorsulfuron 처리시 질소공급이 많을수록 생육의 抑制率이 컸다고 하여 營養요소와 sulfonylurea 제초제와의 상호관계가 있음을 시사한 바 있다[7]. 營養 조건과 無營養 조건에서 공시된 sulfonylurea계 3약제의 처리에 의한 벼 재배시 생육 저해율의 차이는 bensulfuron-methyl의 경우 초장 35%, 근장 3%, 경엽 생체중 37% 및 근중이 24%이었으며, pyrazosulfuron-ethyl은 초장 59%, 근장 12%, 경엽 생체중 66% 및 근중이 42% 그리고 imazosulfuron은 초장 37%, 근장 9%, 경엽 생체중 44% 및 근중이 22% 정도 차이를 보여 생육형질로서 營養 有無에 따른 차이는 초장이나 근장의 신장 생장보다는 양적인 생장인 경엽 생체중 및 근중에서 抑制率의 차이가 컸고, 약제간에는 pyrazosulfuron-ethyl이 營養 有無에 따라

가장 민감한 반응을 보였으며, imazosulfuron, bensulfuron-methyl 순으로 bensulfuron-methyl은 비교적 營養 有無에 둔감한 편이었다.

Thiocarbamate 계의 제초의 작용 機作은 각기 차이가 있는데 dimepiperate는 일반적으로 根部나 莖葉部에 흡수되어 급속히 上方으로 이동되어 莖葉部의 形成이나 伸張을 저해시키는 것으로 알려져 있어[3,12,13] 본 시험에서도 dimepiperate의 처리에서 莖葉部의 생장을 크게 억제시켰던 것으로 생각되며 특히 營養이 불충분한 조건에서는 莖葉部의 생장을 약제와 상보적으로 저해시키기 때문에 생육 억제가 큰 것으로 사료된다. 이의 作用点은 지질 生合成 저해에 의한 것으로 알려져 있으며[5] Molinate는 幼芽部나 根部에서 흡수되어 체내에 이동하여 단백질 합성에 관계가 있는 리보핵산의 생성을 저해함으로서 細胞分裂 및 신장을 저해시키는 것으로 알려져 있다. 또한 營養 조건 재배하에서 dimepiperate의 농도가 높을수록 뿌리의 생육량이 무처리에 비해 높은 것은 더욱 검토가 요구되며, molinate 처리에서 근장은 無營養 재배에서 抑制率이 높았으나 근 생체중은 저 농도에서는 營養 재배, 고농도에서는 無營養 재배에서 抑制率이 높았다. 초장은 두 조건에서 큰 차이가 없었으나, 경엽 생체중은 營養 재배에서 抑制率이 높았는데 이는 절대적인 생육량이 현저히 컸기 때문으로 생각된다. 또한 두 약제의 營養 有無에 따른 생육 억제 반응차이를 보면 초장, 근장 및 근 생체중에 있어서 dimepiperate처리에서 민감한 반응을 보였으며, 莖葉部 생육량은 molinate처리에서 보다 큰 반응을 보였다. 이는 종자가 표면에 파종되어 dimepiperate의 처리에서 초장 신장에 보다 적은 영향을 주었기 때문으로 생각되며, 생장점에 작용된 전보의 경우 莖葉部 생장을 못했던 것을 고려해 보면 莖葉部는 dimepiperate처리가 根部는 molinate처리에서 민감한 반응을 보인 것으로 판단된다.

摘 要

담수 직파 벼에서 최근 많이 사용하고 있는 제초제들의 營養 有無에 따른 약해 반응을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. Bensulfuron-methyl, pyrazosulfuron-ethyl 및 imazosulfuron의 처리는 莖葉部보다 根部의 생육을 크게 억제시켰으며 營養 조건 재배에서 無營養 조건의 재배에서보다 생육 억제 정도가 컸다. 또한 營養 재배와 無營養 재배에서 벼 생육 抑制率의 차이는 pyrazosulfuron-ethyl의 처리에서 가장 컸다.
2. Dimepiperate의 처리는 莖葉部 根部 모두 無營養 조건에서 생육 저해 정도가 컸으며, 根部보다 莖葉部의 생육을 크게 억제시켰으며, 특히 초장신장이 크게 억제되었다.
3. Molinate처리는 莖葉部의 抑制率이 根部보다 컸으며 莖葉部는 營養조건에서, 根部는 無營養 조건에서 생육 抑制率이 큰 경향이었다.

引 用 文 獻

1. Diego, G.D.B., E. Lorenzo, E.A. Carbonell, B. Cases and N. Munoz. 1993. Use of tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedlings to detect bensulfuron and quinclorac residues in water. Weed Technology. 7 : 376-381.
2. Elenicotoula, S., I.G. Eleftherohorinos, A.A. Gagianas and A.G. Sticas. 1993. Phytotoxicity and persistence of chlorsulfuron, metsulfuron-methyl, triasulfuron and tribenuron-methyl in three soils. Weed Research 33 : 355-367.
3. 池田芳. 1982. チオ-ルカ-バメ-ット系除草劑 MY-93の除草特性. 植物の化學調節 17(2) : 163-169.
4. Kobayashi, K., Y. Yogo and H. Sugiyama. 1995. Differential growth response of rice cultivars to pyrazosulfuron-ethyl. Weed Research, Japan. 40(2) : 104-109.

5. Matsumoto, H., S. Nishi and K. Ishizuka. 1991. Action of thiocarbamate herbicide dimepiperate on plant metabolism. Weed Research. Japan 36(3) : 257-265.
6. Ohno, A., J.Y. Pyon. K. Ishizuka and H. Matsumoto 1991. Selective mode of action of bensulfuron-methyl among rice cultivars. Weed Research. Japan 36 : 27-35.
7. Osborne, L.D. and A.D. Robson. 1993. What is the significance of herbicide-nutrient interactions on wheat ? . Plant and Soil 155/156 : 529-532.
8. Ray, T.B. 1984. Site of action of chlorsulfuron : Inhibition of varine and isoleucine biosynthesis in plants. Plant Physiology. 75 : 827-831.
9. 白井雄太・若山健二・鈴木廣一. 1992. ピラゾスルフロンエチル混合濟に關する研究, エスプロカルブとの混合. 雜草研究(別) : 46-47.
10. Suzuki, Ko. T. Nawamaki and S. Watanabe. 1994. The effect of environmental factors on the herbicidal activity of phyrazosulfuron-ethyl under paddy conditions, Weed Research, Japan. 39 : 46-51.
11. Takeda, S., D.L. Erbes, P.B. Swetser, J.V. Hay and T. Yuyama. 1986. Mode of action and selective active of DPX-F5384 between rice and weed, Weed Research. Japan 31(2) : 157 -163.
12. Tanaka, M, K. Konno, and K. Ikeda, 1985, Herbicidal properties of dimepiperate. Proceeding 10th APWSS Conference. 133-143.
13. Tanaka, T. 1984, Dimepiperate(Yukamate, MY -93) a new herbicide for rice. Japan Pesticide Information No 45 : 18-20.
14. Walker, A., E.G. Cotterill and S.J. Welch. 1989. Adsorption and degradation of chlorsulfuron and metsulfuron-methyl in soils from different depths. Weed Research 29 : 281-287.
15. Yuyana, T., R.C. Ackerson and S. Takeda. 1987. Uptake and distribution of bensulfuron-methyl(DPX. F5384) in rice. Weed Research, Japan 32(3) : 173-179.