

## 直播벼의 除草劑 藥害 要因과 回復에 관한 研究

### 1. 藥害의 變動 要因

任日彬\* · 臼井健二\*\*

## Factors and Recovery of Herbicide Phytotoxicity on Direct-seeded Rice

### 1. Variation Factors of Phytotoxicity

Im, Il-Bin\* and K. Usui\*\*

### ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the factor of phytotoxicity for herbicides(bensulfuron methyl, pyrazosulfuron-ethyl, dimepiperate, molinate) on flood direct-seeded rice. The phytotoxicity of herbicides was evaluated under controlled environment condition. Bensulfuron methyl and pyrazosulfuron-ethyl reduced more rice growth, especially root growth on low temperature(20/11°C) than high temperature(30/22°C) cultivations. The phytotoxicity of bensulfuron methyl and pyrazosulfuron-ethyl were increased relatively by non-nutrient and nutrient solution cultivation, respectively. The rice applied bensulfuron methyl and pyrazosulfuron-ethyl with pH 3.5, 5.5, 7.5 and 9.5 solution became low growth rate on low pH of pH 3.5 and 5.5 solution cultivation. Bensulfuron methyl application with pH 5.5 and pH 7.5 solution, and pyrazosulfuron-ethyl application with pH 7.5 and 9.5 solution reduced rice growth inhibition. The root growth of rice seeded in 6cm depth of water solution applied herbicides was suppressed by bensulfuron methyl and pyrazosulfuron-ethyl, the growth of shoot was suppressed heavily by dimepiperate and molinate, in particular dimepiperate suppressed about the growth of 90%. The phytotoxicity of pyrazosulfuron-ethyl became high on light clay soil of non-fertilizer condition and sand loam soil of fertilizer condition, bensulfuron methyl became high on sand loam soil.

Key words ; herbicide, phytotoxicity, rice

\* 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)

<'96. 11. 12 접수>

## 緒 言

제초제는 잡초를 방제하기 위해서 논밭에 살포하고 있으며 이로 인하여 농업 생산을 안정화하는데 크게 기여하고 있다. 그러나 제초제 살포에 의하여 작물이 害作用을 받는 일이 있는데 이것을 일반적으로 제초제의 약해라고 부르며, 넓은 의미로는 제초제의 살포 결과 작물의 外觀, 생체적 기능, 품질 등이 나빠지거나 떨어지는 것을 말한다. 이런 제초제의 약해는 약제의 종류, 작물 품종 및 재배 조건, 토양 및 기상 환경 등에 의해 단독 또는 복합적으로 일어나고 있다.<sup>1,2,7,9,12,14,17,20</sup> 특히 Waker 등<sup>18)</sup>은 약제의 吸着과 토양 pH와 부의 상관성이 있음에 따라 높은 pH에서 약해가 증가한다고 하였으며, Fredrikson 등<sup>3)</sup>도 유사한 보고를 하였다. 또한 온도에 따라서 제초제의 활성 차이가 있으며,<sup>5,6,10,19</sup> Ohno 등<sup>15,20)</sup>은 bensulfuron methyl이 Kobayashi 등<sup>7)</sup>은 pyrazosulfuron-ethyl이 벼 품종 간에 감수성의 차이가 있다고 하였으며, 白井 등<sup>13)</sup>은 pyrazosulfuron-ethyl+esprocarb가 淺植, 저온, 深水 등에서 벼에 약해가 크다고 하여 여러 환경 요인 등이 제초제의 약해와 연관성 있음을 示唆해 주고 있다. 최근 벼 재배도 국내외의 여건으로 보아 생력 재배가 절실히 요구되고 있는 바 직파 재배의 면적이 증가되고 있다. 그러나 직파재배 벼는 이앙재배 벼보다도 분담재배 시기가 빠르고, 출아 시기가 잡초와 거의 비슷하기 때문에 잡초와의 경합에서 매우 불리하며 잡초의 발생량도 많다. 또한 제초제의 살포시 작물이 연약할 뿐만 아니라 담수 표면 직파의 경우는 根部의 노출 부분이 많기 때문에 稻體가 제초제를 吸收할 수 있는 기회가 많아 약해를 받을 위험성이 크다. 이에 따라 담수직파 벼는 이앙재배의 벼 보다 약해 발생 頻度가 높은데도 그 요인을 명확히 認知하지 못하고 있어 약해의 발생 이후 그에 대한 대책도 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 최근 담수직파 논에 많이 사용되고 있는 제초제를 중심으로 벼에서

제초제 사용시 약해 발생 요인을 탐색하고, 그 요인을 중심으로 연속적으로 발생하고 있는 문제점을 검토하여 벼의 담수직파시 안정적 재배 기술을 확립시키고자 실시하여 얻은 결과를 보고하는 바이다.

## 材料 및 方法

본 실험은 1995~96년에 걸쳐 일본의 쓰쿠바대학에서 실시하였으며 주로 환경이 조절된 조건에서 실시하였다. 실험의 공통적인 환경 조건은 온도는 주간 24°C(13시간), 야간 17°C(11시간), 광도는 1.4~1.6Klux, 그리고 습도는 50~60% 류 조절하였다. 동진벼(*Oryza sativa* L, japonica var, dongjin)를 공시하여 제초제 및 농도는 bensulfuron methyl(2-[[[[[4.6-dimethoxypyrimidin-2-yl]amino]carbonyl]amino]sulfonyl]methyl]benzoate) 2.5x10<sup>-7</sup>M, pyrazosulfuron-ethyl(ethyl 5-(3-4.6-dimethoxy pyrimidin-2-yl)ureidosulfonyl)-1-methylpyrazoe-4-carboxylate) 1.5x10<sup>-7</sup>M, dimepiperate(S-1-methyl-1-phenylethyl,piperidine-1-carbothioate) 2x10<sup>-5</sup>M, molinate(S-ethylhexa hydro-1H-azepine-1-carbothioate)2x10<sup>-5</sup>M, bensulfuron methyl+dimepiperate, 2.5x10<sup>-7</sup>M+2x10<sup>-5</sup>M, pyrazosulfuron-ethyl+molinate 1.5x10<sup>-7</sup>M+2x10<sup>-5</sup>M로 이들 농도는 일반적으로 추천된 농도이다. 토양 실험을 제외한 모든 실험은 無 營養 條件(중류수)과 營養 條件(수경액)에서 실시하였으며 수경액의 성분은 질소는 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 NaNO<sub>3</sub>로 10ppm, 인산은 Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 12H<sub>2</sub>O로 40ppm, 칼리는 KCl로 40ppm, 마그네슘은 MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O로 10ppm, 칼슘은 CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O로 40ppm, 철은 EDTA-Fe로 3.5ppm, 미량 요소는 망간 MnCl<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O로 0.5ppm, 붕소 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>로 0.05ppm, 몰리브덴 (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O로 0.05ppm, 구리는 CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O로 0.002ppm, 그리고 아연은 ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O로 0.05ppm으로 조절하였으며, pH5.5~6.0으로 조절하였다. 제초제는 원제를 아세톤을 사용하여 bensulfuron methyl과 pyrazosulfuron-ethyl은 10<sup>-3</sup>M 그리고 dimepiperate와 molinate는 10<sup>-1</sup>M 농도로 저장액을 만들어 처리시 희석하

여 사용하였다.

1. 온도 차이에 의한 약해 발생 : 고온 조건은 주간 30℃(12시간), 야간 22℃(12시간). 저온 조건은 주간 20℃(12시간), 야간 11℃(12시간)로 조절하였다.

2. pH조건에 의한 약해 발생 : 수경액의 pH를 3.5, 5.5, 7.5 및 9.5로 1N HCl과 1N NaOH를 이용 조절하여 표면에 파종하였다.

3. 심수 조건에 의한 약해 발생 : 수경액에 제초제를 처리하여 수심 6cm깊이에 파종하였다.

4. 토성 및 비료 조건에 의한 약해 발생 : 토양은 사양토와 식양토를 이용하여 1/10,000a와그너 pot에 충전하여, 무비료 및 질소, 인산, 칼리를 각각 6kg/10<sup>a</sup>씩 사용하여 표면에 종자를 파종하였으며, 파종후 10일에 제초제를 처리하고 누수는 시키지 않았다.

營養 有無에 따른 약해 발생 : 증류수와 營養液을 pH5.5로 조절하여 제초제를 처리후 파종하였다.

모든 실험은 3반복으로 실시하였으며 온도, pH, 심수조건의 시험은 제초제 처리 직후 파종하여 10~12일에, 토성 및 비료 조건은 처리후 10일에 각 식물체의 초장, 最長根長, 莖葉部와 根部의 생체중 및 신근장을 조사하였으며, 저온 시험은 파종후 23일에 조사하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 溫度에 의한 약해 발생

無 營養 條件에서 벼 직파시 생육 온도에 따른 제초제에 의한 생육의 阻害 정도를 보면 (표 1) Sulfonylurea계는 根部의 생육을, thiocarbamate계는 경엽부의 생육을 보다 억제시켰으며, bensulfuron methyl 및 pyrazosulfuron-ethyl 모두 저온에서 생육이 크게 억제된 경향이였다. 이는 낮은 온도에서 벼의 생장 속도는 낮은 반면 약제의 분해기간이 길어짐에 따라 벼 根部에서 흡수할 수 있는 기간이 길며 또한 벼 體內에서의 代謝 속도도 느리기 때문으로 판단되며, Suzuki 등<sup>14)</sup>은 pyrazosulfuron-ethyl이 20/15℃에서 25/20℃ 및 30/25℃의 고온에서보다 이양벼의 약해가 심하고 잡초 방제 효과가 높다고 하였으며, 白牛 등<sup>13)</sup>도 pyrazosulfuron-ethyl+esprocarb 혼합제에서도 저온에서 약해가 크다고 하여 본 실험 결과와 유사한 경향이였다. bensulfuron methyl+dimepiperate 및 pyrazosulfuron-ethyl+molinolate도 같은 경향이였으나 각각 單劑보다는 억제율이 낮았다. 無 營養 條件에서 Sulfonylurea 제초제는 bensulfuron methyl의 처리가 pyrazosulfuron-ethyl의 처리에서 보다 생육 억제 정도가 컸으며 특히 저온 처리의

Table 1. Effect of several herbicides for the growth of direct seeded rice on low and high temperature condition on non-nutrient culture

Herbicide*	Growth inhibition rate(%)							
	Plant height**		Root length		Shoot weight		Root weight	
	Low***	High****	Low	High	Low	High	Low	High
BSM	9	9	78	63	4	-2	64	12
PSE	12	5	50	37	5	-10	53	-2
DIM	15	23	-9	11	6	7	-2	-1
MOL	4	30	-2	23	4	8	0	23
BSM+DIM	12	20	62	45	4	-7	60	5
PSE+MOL	11	31	26	20	7	9	40	17

\* Abbreviations : BSM ; Bensulfuron methyl(2.5x10<sup>-7</sup>M), PSE ; Pyrazosulfuron-ethyl(1.5x10<sup>-7</sup>M), DIM ; Dimepiperate(2x10<sup>-5</sup>M), MOL ; Molinate(2x10<sup>-5</sup>M),

\*\* Checking times : 23 days after seeding

\*\*\* Low : Low temperature ; 20℃(day : 12 hours)-11℃(night : 12 hours)

\*\*\*\* High : High temperature ; 30℃(day : 12 hours)-22℃(night : 12 hours)

**Table 2.** Effect of several herbicides for the growth of direct seeded rice on low and high temperature condition on nutrient culture

Treatment*	Growth inhibition rate(%)							
	Plant height**		Root length		Shoot weight		Root weight	
	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High
BSM	33	21	81	67	31	21	70	23
PSE	40	60	79	68	36	45	71	31
DIM	16	20	-37	-23	11	1	-10	5
MOL	4	35	-11	-20	3	9	-2	7
BSM+DIM	19	34	66	65	13	15	62	31
PSE+MOL	26	52	71	60	23	39	63	22

\* Abbreviations : BSM ; Bensulfuron methyl( $2.5 \times 10^{-7}M$ ), PSE ; Pyrazosulfuron-ethyl( $1.5 \times 10^{-7}M$ ), DIM ; Dimepiperate( $2 \times 10^{-5}M$ ), MOL ; Molinate( $2 \times 10^{-5}M$ ),

\*\* Checking times : 23 days after seeding

\*\*\* Low : Low temperature ; 20°C(day : 12 hours)-11°C(night : 12 hours)

\*\*\*\* High : High temperature ; 30°C(day : 12 hours)-22°C(night : 12 hours)

지하부에서 현저한 경향이였다. Thiocarbamate 계의 제초제는 莖葉部 생육 억제 정도가 컸으며 특히 저온에서보다 고온에서 그 경향이 뚜렷하였다. 또한 약제간에는 저온에서는 dimepiperate, 고온에서는 molinate의 처리에서 억제 정도가 컸다.

영양액에서 벼 직파재배시 벼 생육 억제 정도를 보면(표 2) 저온에서 bensulfuron methyl의 처리로 莖葉部는 31%, 根部는 70~80% 정도 억제되었으며 pyrazosulfuron-ethyl의 처리로 莖葉部는 36~40%, 根部는 71~79%의 억제율을 나타냈다. 고온에서 bensulfuron methyl의 처리로 莖葉部는 21%, 根部는 23~67%, pyrazosulfuron-ethyl의 처리로 莖葉部는 45~60%, 根部는 31~68% 정도 억제되어 bensulfuron methyl은 저온하에서 전 생육의 억제율이 고온에서 보다 높았으며, pyrazosulfuron-ethyl의 처리에서는 莖葉部는 고온 하의 재배에서 根部는 저온 하의 재배에서 생육이 크게 억제되는 경향이였다. 반면 Thiocarbamate계의 dimepiperate 및 molinate은 대체로 莖葉部의 생육이 고온하의 재배에서 억제되는 경향이였으며, 약제간에는 저온에서는 dimepiperate가 molinate보다, 고온에서는 molinate가 dimepiperate보다 생육의 억제율이 높아, 특히 고온에서 molinate의 약해가 더욱 큰 것으로 사료된다. 이는 Thiocarbamate계통 제초제들이 유아부나 根部에서 흡수되어 식물

체 내에 이행하여 주로 莖葉部에서 리보핵산의 생성을 저해하고 단백질 합성을 저해하여, 세포분열 및 신장을 저해하는 작용 때문에 莖葉部の 생장을 크게 억제하는 것으로 생각되며, 특히 世古<sup>19)</sup> 등에 의하면 molinate를 벼 2.5엽기에 처리시 저온(20/10°C)에서는 약해가 없었으나 고온(32/22°C)에서는 약해가 심하다고 하였는 바 본 시험에서와 같이 직파인 경우는 그 정도가 더욱 큰 것으로 사료된다.

## 2. pH조건에 의한 약해 발생

벼 직파시 초기 제초제의 약해에 대한 pH의 영향을 검토하기 위하여 영양액과 무 영양액을 pH3.5에서 pH9.5까지 조절하여 bensulfuron methyl를 처리한 결과(표 3) 생육 억제는 무 영양액재배보다 영양액재배에서, 莖葉部보다 根部에서 컸다. 각 pH에서 절대적 생육 억제는 pH3.5>pH5.5>pH9.5>pH7.5 순이었으며, bensulfuron methyl의 무처리와 대비한 상대적인 생육 억제 정도는 무 영양액재배에서 莖葉部는 pH가 높을수록 컸으나, 지하부는 반대의 경향이였다. 영양 재배에서 생육 억제는 莖葉部는 pH 3.5>9.5>5.5>7.5 순으로 크고, 지하부의 근장은 큰 차이가 없었으나 근생체중은 莖葉部와 같은 경향으로 pH가 높거나 낮은 곳에서 컸다.

pyrazosulfuron-ethyl 처리의 경우를 표 4에서와 같이 보면 pH별 절대적인 생육의 차이는

**Table 3.** Effect of bensulfuron methyl( $3.0 \times 10^{-7}M$ ) for the growth on different pH solution culture of direct-seeded rice

Treatment	Plant height**		Root length		Shoot weight		Root weight		
	cm	%	cm	%	mg/plant	%	mg/plant	%	
DW*	pH3.5	3.3±0.1***	77	0.3±0.0	43	19.8±0.8	84	0.8±0.4	40
	pH5.5	6.3±0.3	76	3.1±0.2	24	28.2±0.4	85	13.5±0.8	63
	pH7.5	6.3±0.4	75	4.0±0.4	27	28.8±1.5	82	16.2±0.8	55
	pH9.5	5.6±0.3	69	3.7±0.3	23	27.1±0.1	80	15.0±1.0	48
NS	pH3.5	7.0±0.1	46	1.2±0.1	19	34.9±1.9	44	3.7±0.4	28
	pH5.5	8.8±0.1	56	1.4±0.1	18	42.6±2.1	50	6.0±0.5	31
	pH7.5	10.6±0.5	67	1.8±0.0	19	50.8±1.8	60	10.7±1.4	43
	pH9.5	8.8±0.2	55	2.0±0.0	18	45.6±1.0	50	8.8±0.6	29

\* Abbreviations : DW ; Distilled water, NS ; Nutrient solution,

\*\* Checking times : 13 days after seeding.

\*\*\* ± : Standard error

**Table 4.** Effect of pyrazosulfuron-ethyl( $2.0 \times 10^{-7}M$ ) for the growth on different pH solution culture of direct-seeded rice

Treatment	Plant height**		Root length		Shoot weight		Root weight		
	cm	%	cm	%	mg/plant	%	mg/plant	%	
DW*	pH3.5	4.2±0.3***	98	0.6±0.1	86	24.5±1.7	103	2.2±0.1	110
	pH5.5	6.7±0.5	81	4.7±0.2	36	29.1±0.9	87	16.2±0.7	75
	pH7.5	7.0±0.0	83	6.0±0.0	41	30.4±0.6	87	23.7±0.6	81
	pH9.5	6.5±0.2	80	6.2±0.2	39	29.2±0.6	86	24.6±0.6	78
NS	pH3.5	7.6±0.2	50	1.0±0.2	16	44.3±1.2	56	6.2±0.2	47
	pH5.5	8.0±0.2	57	1.8±0.3	23	53.8±1.4	63	10.5±0.8	54
	pH7.5	12.1±0.6	77	2.7±0.1	29	64.0±1.6	76	19.5±0.7	78
	pH9.5	11.2±0.6	70	2.9±0.2	26	56.3±1.6	65	19.6±0.3	64

\* Abbreviations : DW ; Distilled water, NS ; Nutrient solution,

\*\* Checking times : 12 days after seeding.

\*\*\* ± : Standard error

무 영양 재배에서 莖葉部는 bensulfuron methyl과 같은 경향으로 pH7.5를 기준으로 높거나 낮아질수록 생육이 저조하였으며, 영양 재배에서도 무 영양 재배와 같은 경향이였다. pyrazosulfuron-ethyl의 무처리와 대비한 상대적인 생육 억제 정도를 보면 무 영양 재배에서는 생육이 극히 저조한 pH3.5를 제외하고는 莖葉部는 큰 차이가 없었고, 根部에서는 pH5.5>9.5>7.5 순으로 생육 억제가 컸으며 영양 재배에서는 莖葉部, 지하부 모두 pH3.5>5.5>9.5>7.5 순으로 생육 억제가 컸다. 이들 생육요인 중 억제가 가장 큰 것은 근장이었으며 이는 sulfonylurea계 제초제의 특성이 지하부 생육을 크게 억제하는 일반적 특성<sup>1,2,9)</sup>과 일치하였다.

토양 pH와 제초제의 약해에 있어서 Sulfonylurea계인 chlorsulfuron과 metsulfuron-methyl의 경우 토양 pH와 약제의 흡착과 부의 상관관계를 보이고 있으며 이에 따라 높은 pH에서 약해가 증가한다고 하였으며<sup>2,18)</sup>, Fredrickson<sup>3)</sup>은 chlorsulfuron의 경우 pH5.9~7.5 사이에서는 pH 증가에 따라 약해가 감소한다고 하여 유사한 경향이였다. 따라서 pH와 이들 제초제와의 작물 생육과의 관계는 pH와 작물 생육 특성과 pH와 약제의 물리적 특성 등과 서로 밀접하게 연관되어 약해가 일어나는 것으로 思料된다.

### 3. 深水에 의한 약해 발생

수심 6cm의 糞養液의 침수조건에서 bensulfu-

**Table 5.** Effect of several herbicides for the growth of direct seeded rice on deep water condition of nutrient culture

Treatment*	Growth inhibition rate(%)			
	Plant height**	Root length	Shoot weight	Root weight
BSM	26	67	19	35
PSE	34	63	27	35
DIM	92	-31	89	8
MOL	55	9	31	8
BSM+DIM	94	67	91	62
PSE+MOL	68	67	47	60

\* Abbreviations : BSM ; Bensulfuron methyl ( $2.5 \times 10^{-7}M$ ), PSE ; Pyrazosulfuron-ethyl ( $1.5 \times 10^{-7}M$ ), DIM ; Dimepiperate( $2 \times 10^{-5}M$ ), MOL ; Molinate( $2 \times 10^{-5}M$ ),

\*\* Checking times : 12 days after seeding.

ron methyl, pyrazosulfuron-ethyl, dimepiperate, molinate, bensulfuron methyl+dimepiperate, 및 pyrazosulfuron-ethyl+molinate를 공시하여 직파벼의 생육 억제 반응을 검토한 결과(표 5), bensulfuron methyl 처리는 경엽부는 19~26%, 根部는 35~67%의 억제율을 보였으며, pyrazosulfuron-ethyl 처리는 경엽부 27~34%, 根部 35~63%의 억제율을 보여 pyrazosulfuron-ethyl 처리에서 경엽부 생육을 보다 억제시켰다. Thiocarbamate계인 dimepiperate와 molinate는 根部보다 莖葉部の 생육을 크게 억제시켰는데, 특히 dimepiperate 처리에서는 경엽부가 89~92% 정도 크게 억제되었다. 이는 dimepiperate은 根部와 莖葉部에서 흡수되어 상향으로 신속히 이동하여 주로 脂質 生合成을 저해하여 성장점의 분열조직을 약화시키는 것으로 알려져 있으며,<sup>8,16)</sup> 심수조건에서는 根部 및 莖葉部の 성장점이 용액에 露出되어 있어 약해가 큰 것으로 사료된다. molinate의 처리는 莖葉部가 31~55% 정도 억제되어 dimepiperate의 처리보다는 억제율이 낮아 심수조건에서 약해 정도의 차이는 작용점이 다르기 때문인 것으로 사료된다. bensulfuron methyl+dimepiperate의 처리는 莖葉部는 91~94% 정도, 根部는 62~67% 정도 억제되어 根部는 bensulfuron methyl, 莖葉部는 dimepiperate의 영향을 크게 받은 경향이였으며, pyrazo-

sulfuron-ethyl+molinate의 처리는 莖葉部 47~68%, 根部 60~67% 정도 억제되어 bensulfuron methyl+dimepiperate의 처리와 같은 경향으로 莖葉部는 molinate, 根部는 pyrazosulfuron-ethyl의 영향을 받은 경향이였으며, 특히 이들 혼합 처리의 경우 약해가 가중되었는데 이는 심수에 의한 약제 흡수 부위가 넓고 특히 莖葉部の 생장이 크게 억제된 것은 지질생합성이나 리보핵산의 생성을 阻害하여 분열조직 약화 또는 세포분열 阻止로 伸長을 억제시키는 역할을 하는 dimepiperate이나 molinate의 용액에 성장점이 노출되어 있어 莖葉部 생장이 크게 억제되어 sulfonylurea 제초제의 代謝 능력이 약화되었기 때문으로 사료된다.

#### 4. 土性 및 肥料에 의한 약해 발생

사양토와 식양토에서 무비와 시비구에 제초제를 처리시 직파벼의 약해에 미치는 영향을 검토한 결과(표 6), 사양토에서 초장은 제초제 처리에 의해 무처리에 비해 무비·시비구 모두 유의적으로 단축되었고 시비구에서 그 정도가 컸다. 특히 bensulfuron methyl이나 bensulfuron methyl+dimepiperate보다 pyrazosulfuron-ethyl이나 pyrazosulfuron-ethyl+molinate의 처리에서 그 정도가 현저하였다. 근장은 전체적으로 시비구에서 짧았으나, 시비 및 무비구 모두 제초제 처리에서 무처리와 유의차가 없었다. 지상부 생중은 초장과 유사하여 제초제 처리구에서 시비 및 무비구 모두 무처리구에 비해 유의적으로 낮았으며, 특히 시비구의 pyrazosulfuron-ethyl처리에서 현저하였다. 근중은 근장과 달리 제초제 처리구에서 무처리에 비해 낮은 경향이였으며, 특히 시비구에서 무비구에 비해 bensulfuron methyl과 pyrazosulfuron-ethyl의 처리에서 유의적으로 낮은 경향이였다. 처리후 10일에 신근장은 제초제처리에 의하여 현저히 낮았으며, 그 정도는 시비구의 pyrazosulfuron-ethyl처리에서 bensulfuron methyl처리보다 현저하였다. 식양토에서 약해의 차이를 표 7에서와 같이 보면 초장은 무처리에 비해 제초제처리에서 유의적으로 억제된 경향이였으나, bensul-

**Table 6.** Effect of several herbicides for the growth of direct-seeded rice on fertilizer amounts on sand loam soil

Treatment*	Plant height**		Root length		Shoot weight		Root weight		New Root height	
	cm	%	cm	%	mg/plant	%	mg/plant	%	cm	%
0-0-0***Control	22.8	100	21.5	100	29.2	100	13.8	100	5.0	100
BSM	19.4	85	21.5	100	20.7	71	10.4	75	0.5	10
PSE	20.0	88	21.5	100	23.5	80	10.8	78	0.5	10
BSM+DIM	19.0	83	21.5	100	21.2	73	10.1	73	0.5	10
PSE+MOL	19.0	83	22.0	102	22.1	76	10.4	75	0.5	10
6-6-6 Control	32.3	100	12.0	100	56.5	100	12.2	100	9.2	100
BSM	24.7	77	11.7	98	41.7	74	7.5	61	2.0	22
PSE	17.4	54	13.0	108	28.7	51	5.1	42	0.5	5
BSM+DIM	26.5	82	12.7	108	42.4	75	8.2	67	4.5	49
PSE+MOL	18.1	56	14.2	118	39.1	69	8.6	70	0.8	8
LSD(0.05)	2.2	-	2.7	-	3.2	-	1.7	-	21.3	
C. V(%)	4.5	-	7.0	-	4.5	-	8.0	-	1.1	

\* Abbreviations : BSM ; Bensulfuron methyl( $2.5 \times 10^{-7}$ M), PSE ; Pyrazosulfuron-ethyl( $1.5 \times 10^{-7}$ M), DIM ; Dimepiperate( $2 \times 10^{-5}$ M), MOL ; Molinate( $2 \times 10^{-5}$ M),

\*\* Checking times : 10 days after application(10 days after seeding)

\*\*\* N-P-K = kg/10a

**Table 7.** Effect of several herbicides for the growth of direct-seeded rice on fertilizer amounts on light clay soil

Treatment*	Plant height**		Root length		Shoot weight		Root weight		New Root height	
	cm	%	cm	%	mg/plant	%	mg/plant	%	cm	%
0-0-0***Control	27.8	100	21.0	100	42.2	100	13.2	100	6.0	100
BSM	25.0	90	19.3	92	33.3	79	9.7	73	0.8	13
PSE	24.2	87	18.7	89	30.7	73	9.6	73	0.7	12
BSM+DIM	23.3	84	18.2	87	31.0	74	10.0	76	1.3	22
PSE+MOL	23.7	85	19.0	90	32.9	78	10.8	82	1.0	17
6-6-6 Control	34.7	100	14.8	100	66.4	100	14.5	100	13.2	100
BSM	29.8	86	16.0	108	53.7	81	9.7	67	3.6	27
PSE	24.7	71	15.3	103	40.4	61	7.9	54	2.3	17
BSM+DIM	33.3	96	14.3	97	56.6	85	11.4	79	10.0	76
PSE+MOL	26.2	76	16.3	110	47.2	71	9.4	65	3.0	23
LSD(0.05)	1.6	-	2.5	-	5.2	-	1.7	-	28.7	
C. V(%)	2.6	-	6.4	-	5.4	-	7.2	-	2.8	

\* Abbreviations : BSM ; Bensulfuron methyl( $2.5 \times 10^{-7}$ M), PSE ; Pyrazosulfuron-ethyl( $1.5 \times 10^{-7}$ M), DIM ; Dimepiperate( $2 \times 10^{-5}$ M), MOL ; Molinate( $2 \times 10^{-5}$ M),

\*\* Checking times : 10 days after application(10 days after seeding)

\*\*\* N-P-K = kg/10a

furon methyl+dimepiperate의 처리는 유의차가 없었다. 특히 시비구의 pyrazosulfuron-ethyl이나 pyrazosulfuron-ethyl+molinate의 처리는 현저히 억제되었다. 근장은 제초제 처리에서 전체적으로

유의차가 없는 경향이었으나, 시비구에서 무비구에 비해 짧았다. 지상부 생장은 무비구 및 시비구 모두 제초제 처리구에서 낮았으며, 특히 시비구의 pyrazosulfuron-ethyl 처리에서 그

정도가 컸다. 근중은 근장과 달리 무비 및 시비구 모두 제초제 처리에 의하여 낮아 졌으며 그 정도는 시비구의 pyrazosulfuron-ethyl 및 pyrazosulfuron-ethyl+molinate 처리에서 현저하였다. 신근장은 시비 및 무비구 모두 제초제 처리에 의하여 현저히 낮은 생장율을 보였으며, 그 정도는 무비구에서 컸다. 혼합제의 약해 경감 효과는 무비구에서는 사양토 및 식양토 모두 대부분 인정할 수 없었으나, 시비구에서는 사양토에서 pyrazosulfuron-ethyl+molinate의 지상부 생장과 근중 및 bensulfuron methyl+dimepiperate의 신근장에서는 그 효과를 인정할 수 있었으며 식양토에서 bensulfuron methyl+dimepiperate 처리의 초장, 근중, 신근중 및 pyrazosulfuron-ethyl+molinate의 지상부 생중에서는 인정할 수 있었다.

土性 간에는 bensulfuron methyl 처리는 무비구 根部를 제외하고는 전반적으로 사양토에서 생육 저해가 컸으며, pyrazosulfuron-ethyl 처리구는 무비구는 식양토에서 시비구는 사양토 생육 저해 정도가 큰 경향이었다. Groves, Elenicotoula 등<sup>2,4)</sup>은 옥수수, 사탕수수, 해바라기 등에서 chlorsulfuron, triasulfuron의 약해에 있어서 토성 간에 큰 차이가 없다고 하였는데 이는 밭토양 조건에서는 논 토양 조건에서와 차이가 있는 것으로 사료된다.

## 摘 要

벼 담수직파시 제초제에 의한 약해의 원인을 구명하고자 온도, 용액의 pH, 수심, 토성 및 營養의 有無 등의 조건하에서 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. Bensulfuron methyl 및 pyrazosulfuron-ethyl 처리는 20/11℃에서 30/22℃에서보다 벼 생육 억제 정도가 컸으며, 특히 根部에서 현저히 컸다. Dimepiperate 및 molinate 처리는 저온(20/11℃) 고온(30/22℃)에서 생육억제 정도가 컸으며 莖葉部에서 현저하였다.
2. 無 營養 조건에서는 bensulfuron methyl 처리에서, 營養 조건에서는 pyrazosulfuron-ethyl의

처리에서 생육 억제 정도가 컸다.

3. pH3.5, 5.5, 7.5 및 9.5 용액에 bensulfuron methyl 및 pyrazosulfuron-ethyl 처리시 벼 생육은 pH3.5 및 5.5의 낮은 pH에서 저조하였으며, 무처리 대비한 생육 억제 정도는 bensulfuron methyl 처리는 pH5.5 및 7.5에서 pyrazosulfuron-ethyl 처리는 pH7.5 및 pH9.5에서 낮았다.
4. 수심 6cm의 심수조건에 bensulfuron methyl 및 pyrazosulfuron-ethyl 처리는 根部의 생육이, dimepiperate 및 molinate의 처리는 莖葉部의 생육이 크게 억제되었으며, 특히 dimepiperate 처리는 90% 정도 억제되었다. 또한 pyrazosulfuron-ethyl+molinate의 처리에서 bensulfuron methyl+dimepiperate 처리보다 莖葉部의 억제 정도가 컸다.
5. Pyrazosulfuron-ethyl 처리는 무비구는 식양토에서, 시비구는 사양토에서 생육저해 정도가 컸으며, bensulfuron methyl 처리는 사양토에서 생육이 저조한 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. Fredrickson, D.R. and P.J. Shea. 1986. Effect of soil pH on degradation, movement, and plant uptake of chlorsulfuron. Weed Science. 34 : 328-32.
4. Groves, K.E. and R.K. Foster. 1985. A corn (*zea mays* L.) bioassay technique for measuring chlorsulfuron levels in three Saskatchewan soils. Weed Science. 33 : 825-828.



5. Ichizen, N., T. Takeuchi, H. Omokawa, M. Konnai and T. Takematu. 1991. Effect of soil type water depth, water leakage and temperature on activity of flowable and granular formulations of herbicides. *Weed Research*, (Japan) 336(4) : 338-342.
6. Jones, R.C., T. Inuma and M.W. Murphy, 1987. WL95481-a novel herbicide for use in flooded transplanted rice. *Proceeding of the 11th Asian Pacific Weed Science Society* : 407-413.
7. Kobayashi K., Y. Yogo and H. Sugiyama. 1995. Differential growth response of rice cultivars to pyrazosulfuron-ethyl. *Weed Research*, Japan. 40(2) : 104-109.
8. Matsumoto H., S. Nishi and K. Ishizuka. 1991. Action of thiocarbamate herbicide dimepiperate on plant metabolism. *Weed Research*. Japan 36(3) 257-265.
9. McLay, L.D. and A.D. Robson. 1992. The effects of chlorsulfuron and Diclofop-methyl on the uptake and utilization of zinc by wheat. *Anst. J. Agric. Res.* 43 : 59-65.
10. Nodaa, K., K. Ibaraki and K. Ozawa. 1965. Variation of activity of herbicides as influenced by air temperature. *Weed Research*, Japan 4 : 127-131.
11. 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.
12. Phatak, S.C. and G.R. Stepheson. 1973. Influence of light and temperature on metribuzin phytotoxicity to tomato. *Canadian Journal Plant Science* 53 : 843-847.
13. 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剤に関する研究, エスプロカ ルブとの混合. *雑草研究(別)* : 46-47.
14. Suzuki Ko. T. Nawamaki and S. Watanabe. 1994. The effect of environmental factors on the herbicidal activity of pyrazosulfuron-ethyl under paddy conditions, *Weed Research*, Japan. 39 : 46-51
15. 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.
16. Tanaka, M., K. Konno, and K. Ikeda, 1985, Herbicidal properties of dimepiperate. *Proceeding 10th Apwss Conference*. 133-143.
17. Teasdale, J.R. and R.W. thimijan. 1983. Influence of light and temperature on bentazon phytotoxicity to cucumber(*Cucumis sativus*). *Weed Science* 31 : 232-235.
18. 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.
19. 世古晴美・山根國男・越生博次・田判満一. 1975. 水稻 湛水直播栽培におけるモリネット混合剤の適用性 兵庫農業試験場報告. 第24号 : 7-11.
20. 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.