

## 벼 답수직파재배시 Iprobenfos-metconazole(IPM) 처리에 따른 생육과 도복경감효과

이계환\*\* · 최봉수\*\*\* · 박종현\*\*\*\* · 우선희\* · 이철원\*†

\*충북대학교 식물자원학과, \*\*(주)경농 중앙연구소, \*\*\*환경부, \*\*\*\*국립농업과학원

### Growth, Lodging Reduction as Affected by Iprobenfos-metconazole(IPM) in Direct-seeded Rice on Flooded Paddy Field

Lee, Kyehwan\*\*, Bongsu Choi\*\*\*, Jonghyun Park\*\*\*\*, Sunhee Woo\*, and Chulwon Lee\*†

\*Department of Crop Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

\*\*Central Research Institute of Kyung-Nong Corporation, 226, Kuhwang-dong, Gyungju, Korea

\*\*\*Ministry of Evioronment, Korea

\*\*\*\*National Agrobiodiversity Center, NAAS, RDA, Suwon 441-853, Korea

**ABSTRACT** Lodging in the direct seeded rice cultivation on flooded paddy is being severe problem due to the lower production and grain quality at ripening stage. This study was conducted to examine the effect of Iprobenfos-metconazole (IPM) treated 50, 40 and 30 days before heading respectively as a plant regulator to reduce the lodging at ripening stage of direct seeding rice cultivation. The culm length treated with IPM, especially the 4th culm internode, was shortened more than with untreated plot, and the most effective time was at 30 days before heading. At 20 days after heading the flag leaves colour showed more greening than in the untreated leaves and the plot with IPM treatment was to be maintained longer compared to the control plot. The Nitrogen concentration of leaves with IPM was lower than in the control plot, and SiO<sub>2</sub> contents were higher than in the untreated plot and SiO<sub>2</sub>/N ratio was increased more in the IPM plot than in the control plot. The breaking strength of 3rd and 4th culm internode with IPM treatment was higher than in the untreated plot, and the lodging index was reduced in the IPM plot significantly and the field lodging also was reduced. As the results the rice production in the IPM plot was increased more due to be higher ripening ratio and seed grain weight compared to the untreated plot to be occurred the field lodging.

**Keywords** : culm internode, Iprobenfos-metconazole(IPM), lodging, nitrogen, SiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>/N ratio

벼 답수직파재배는 육묘·이앙 작업을 생략함으로써 생산비 절감을 통한 가격경쟁력을 높이는데 있다. 그러나 답수직파 재배는 장점이 많이 있지만 우리나라의 기후 특성상 출수기와 등숙기에 발생하는 태풍으로 인하여 도복이 많이 발생하는 등 단점이 많아 앞으로 해결해야 할 문제가 많은 재배법이다. 특히 답수직파 벼는 천생하므로 하위 절간이 논 위로 나와 있기 때문에 벼의 지지력이 약화되어 좌절도복과 함께 뿌리도복이 혼하여 출수기 이후 벼가 도복되면 광합성과 양분의 전류가 저해되어 등숙과 미질이 불량해진다.

도복 발생을 줄이기 위한 여러 가지 재배방법개선(Chung *et al.*, 2006)과 도복의 형태와 기구 개선(Hitaka, 1986), 그리고 화학적 도복경감제를 이용한 방법이 강구되고 있다. 성장조절제인 2,4-D(Jeong, 1987), Paclobutrazol(Lee and Kim, 1988), Inabenfide(Kim *et al.*, 1995; Lee and Tanabe, 1993), PP333(Kim *et al.*, 1992) 등을 이용하여 도복을 경감시키기 위한 기술개발을 위하여 많은 연구가 수행되었다. 도복경감제 IBP와 thifluzamide를 출수전 30일에 처리하면 벼의 하위 절간이 단축되고 도복지수가 낮아지며 식물체 규산 함량이 증가하였으며(Kim *et al.*, 2006), 벼에 대한 규산 엽면시비는 출수기 간장을 단축시킴으로서 도복을 경감시킬 수 있다는 보고가 있다(Kim *et al.*, 2010). 성장억제제의 가장 현저한 효과는 줄기 성장을 억제시키는 것이다. 따라서 식물체는 절간이 신장하지 못함으로써 왜성화가 이루어진다. 또한 줄기의 성장 억제는 종종 줄기의 굵기가 증가되는 결과를 가져오며 성장억제제를 실용적으로 처

†Corresponding author: (Phone) +82-43-261-2512 (E-mail) cwlee@cju.ac.kr

<Received 19 August, 2013; Revised 21 October, 2013; Accepted 23 October, 2013>

리하는 가장 큰 이유 중 하나는 식물의 도복을 방지하는데 있다(Rademacher, 2000). 생장조절제 Hoe 78784는 벼의 키와 절간신장의 감소, 관다발의 수와 3-4절간의 두께와 직경의 증가를 제외하고 작물의 생장특성들이나 수량구성요소에 정확히 영향을 주지 않는다고 하였다(Lee and De Datta, 1990).

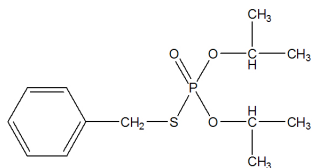
본 연구는 벼 답수표면산파 재배에서 출수 전 식물생장억제제 Iprobenfos-Metconazole(IPM)을 처리하여 절간장의 단축과 도복관련형질의 변화, 식물체 영양분석, 수량 및 수량구성 요소를 조사하여 IPM의 도복경감효과를 구명하고자 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 재배방법과 식물생장억제제 처리

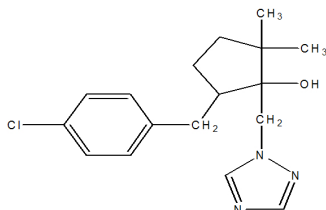
본 시험은 2011년 충북대학교 농업생명환경대학 부속농장 시험 포장에서 수행하였다. 답수직파 적응성이 높고 중만생종인 동진1호를 공시하여 실시하였다. 4월 27일에 씨레질을 하였으며 5월 1일에 5 kg/10a 수준으로 최아 된 벼 종자를 파종하였고 파종 후 15일부터 답수심을 3-5 cm로 하였다. 본답 시비량은 N-P-K를 10a당 11-7-8 kg 수준으로 하였는데, 질소는 기비-분얼비-수비를 50-30-20% 비율로, 칼리는 기비-수비를 80-20% 비율로 분시하였고, 인산은 씨레질 전에 전량 기비로 전층시비 하였다. 시험구당 면적은 20 m<sup>2</sup>, 시험구 총 면적은 300 m<sup>2</sup>이었으며, 출수전 50일, 40일, 30일에 IPM(Iprobenfos-Metconazole, a.i. 13.7%) 입제를 3 kg/10a 수준으로 처리하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였다.

\*Iprobenfos(C<sub>13</sub>H<sub>21</sub>O<sub>3</sub>PS, *O,O*-bis(1-methylethyl) *S*-(phenylmethyl) phosphorothioate)



\*Metconazole

(C<sub>17</sub>H<sub>22</sub>ClN<sub>3</sub>O, 5-[(4-chlorophenyl)methyl]-2, 2-dimethyl-1-(1*H*-1, 2, 4-triazol-1-ylmethyl)cyclopentanol)



#### 도복관련 형질측정

식물생장억제제가 도복관련 형질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 출수기인 8월 15일에 간장, 수장, 엽색도를 조사하였으며 엽색도는 SPAD-502(Minolta Camera Co., LTD, JAPAN)를 사용하여 측정하였다. 출수 후 20일인 9월 4일에 10본씩 3반복으로 채취하여 간장, 절간장, 좌절중, 도복지수, 포장도복정도(0-5)를 조사하였으며, 조사방법은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준에 의거하여 조사를 하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 통계분석은 SAS 9.1을 이용하였다.

#### 수량관련 형질과 식물체 분석

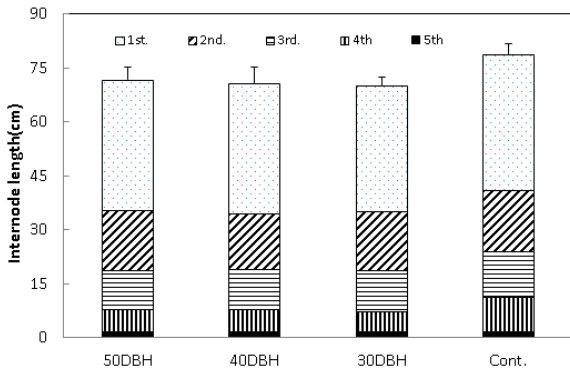
식물생장억제제 처리가 최종적으로 동진1호의 수량에 영향을 미치는지를 알아보기 위해서 수량관련 형질을 측정하였다. 수량 검정을 위해 각 처리구당 3 m<sup>2</sup>에 있는 시료를 채취하여 건조 시킨 후 주당이삭수, 이삭당영화수, 천립중, 등숙률과 수량을 조사하였다.

식물생장억제제 처리에 따른 식물체내의 이화학적 성분을 분석하였다. 출수기에 식물체를 표본 채취하여 80℃에서 48시간 건조 시킨 후 분쇄기로 분쇄하였다. 식물체분석은 국립농업과학원 식물체분석법에 준해서 분석하였다. 총 질소는 Kjeldahl법, SiO<sub>2</sub>는 식물체 습식 분해한 후 여과지에 남은 잔사를 여과지와 함께 자기도가니에 넣어 전기로에 넣어 600-700℃에서 120분간 둔후 온도가 내려간 다음 데시케이터에 보관하면서 평량하였다(RDA, 1997).

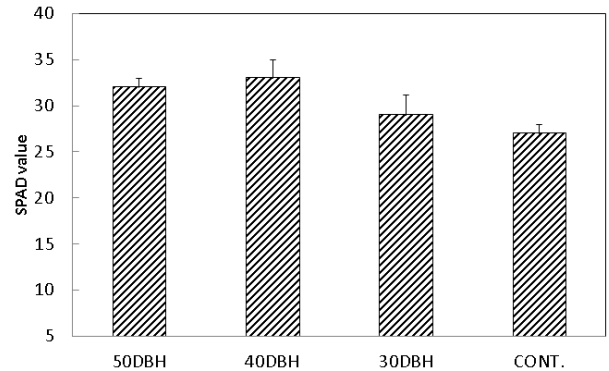
### 결과 및 고찰

#### 간장과 절간장

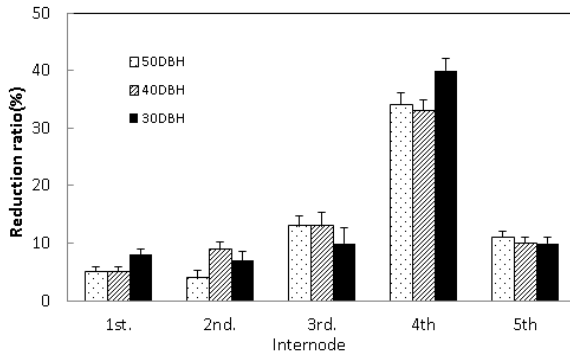
식물생장억제제 IPM 입제를 출수전 50일, 40일, 30일에 처리한 후 시험에 공여된 벼 품종 동진1호의 출수기에 간장과 각 절간장을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 출수전 50일, 40일 30일에 IPM을 각각 처리하였을 때 50일전 처리구는 71.3 cm, 40일전 처리구는 70.4 cm, 30일전 처리구는 70.2 cm로 무처리구의 79.0 cm에 비하여 IPM 처리구는 7.7~8.6 cm 작아지는 것으로 나타났다. Fig. 2는 무처리구에 비교하여 IPM을 각 처리시기별로 각 절간의 단축비율을 나타낸 것으로서 이삭목 아래부터 제 1절간으로 하였을 때 상위로부터 4 번째 절간의 길이가 가장 크게 단축되는 것으로 조사되었다. IPM 입제를 출수전 50, 40, 30일전에 처리하였을 때 상위 제 1절간은 무처리에 비하여 5~8% 단축되었고, 제 2절간은 4~9%, 제 3절간은 10~13%, 제 4절간은 33~40%, 제 5절간은 10~11% 단축되어서 IPM 처리는 특히 벼의 4



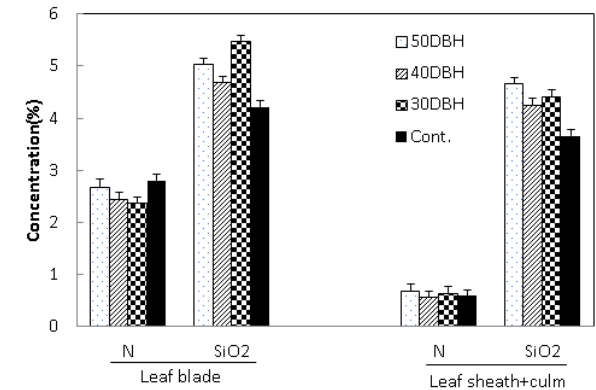
**Fig. 1.** Changes of culm and culm internode length as affected by IPM (Iprobenfos-metconazole) treated at 50, 40, 30 days before heading at the heading stage in direct-seeded rice on flooded paddy field (DBH is Days Before Heading and the bars on the column indicate the standard error).



**Fig. 3.** SPAD value of flag leaves as affected by IPM (Iprobenfos-metconazole) treated at 50, 40, 30 days before heading at 20 days after heading in direct-seeded rice on flooded paddy field (DBH is Days Before Heading and the bars on the column indicate the standard error).



**Fig. 2.** Reduction ratio of culm internode length as affected by IPM (Iprobenfos-metconazole) treated at 50, 40, 30 days before heading at the heading stage in direct-seeded rice on flooded paddy field (DBH is Days Before Heading and the bars on the column indicate the standard error).



**Fig. 4.** Concentration of N and SiO<sub>2</sub> of leaf blade and leaf sheath as affected by IPM (Iprobenfos-metconazole) treated at 50, 40, 30 days before heading at 20 days after heading in direct-seeded rice on flooded paddy field (DBH is days before heading and bars on the column indicate the standard error).

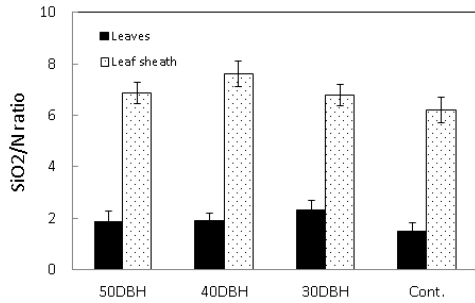
절간을 크게 단축시키는 것으로 나타났으며, 도복경감제 IBP와 thifluzamide의 간장 단축 효과와 동일한 효과를 나타내었고(Kim *et al.*, 2006), 벼의 도복과 관련하여 볼 때 하위 절간 특히 3, 4, 5 절간의 단축율이 높아서 IPM 처리는 도복을 경감시키는데 효과가 높을 것으로 사료되었다.

**엽색도, 질소와 규산 함량**

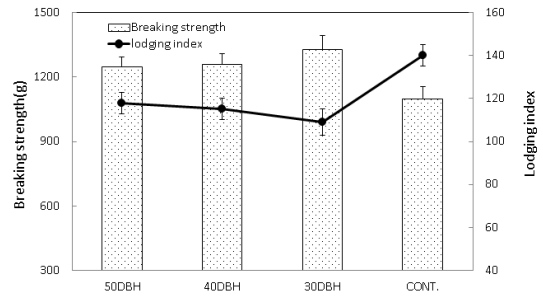
IPM 처리후 출수후 20일에 지엽의 엽색도를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. IPM을 출수전 50일과 40일, 30일에 처리한 구의 엽색도(SPAD value)는 각각 32, 33, 30이었으나 무처리구는 27로서 지엽의 엽색도가 후기까지 높게 유지되는 것으로 나타나서 벼의 등숙에 유리할 것으로 사료되었

다. 식물생장조절제로 이용되고 있는 Prohexadione-calcium 과 같은 생장억제제 처리에 의한 식물체 엽색도가 높아진다는 보고(Lim *et al.*, 2011; Choi *et al.*, 2012)와 동일한 결과로 해석된다.

한편 IPM 처리구에서 벼 출수기에 엽과 엽초의 질소와 규산 함량을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 엽 중 질소 함량은 IPM 처리구에서 무처리구에 비하여 감소되는 경향을 보였으며, 규산의 함량은 무처리구에 비하여 증가하는 경향을 보였다. 엽초에서 질소의 함량은 IPM 처리구와 무처리구간에 큰 차이를 보이지 않았으나 규산의 함량은 IPM 처리구가 뚜렷하게 높은 것으로 나타나서 도복경감제 처리에 따라서 질소의 함량은 감소하고 규산의 함량은 증가하는 경향과



**Fig. 5.** SiO<sub>2</sub>/N ratio of leaf blade and leaf sheath as affected by IPM (Iprobenfos-metconazole) treated at 50, 40, 30 days before heading at heading stage in direct-seeded rice on flooded paddy field (DBH is days before heading and bars on the line indicate the standard error).



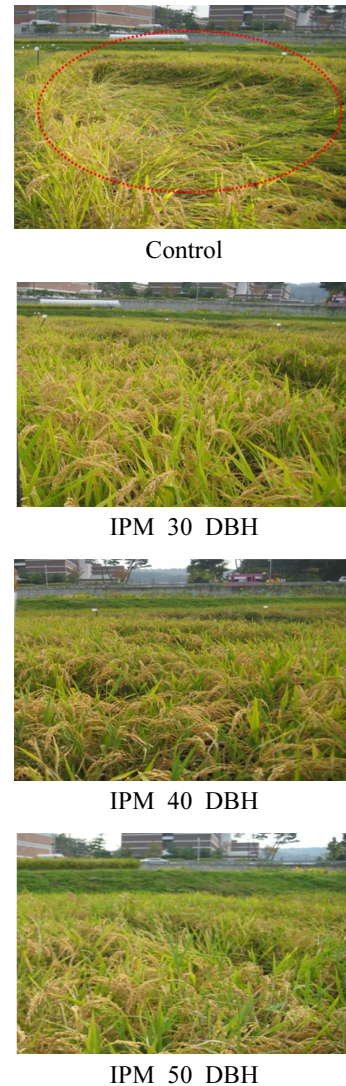
**Fig. 6.** Breaking strength of 4th culm internode and lodging index as affected by IPM (Iprobenfos-metconazole) treated at 50, 40, 30 days before heading at 20 days after heading in direct-seeded rice on flooded paddy field (DBH is Days Before Heading and the bars on the column indicate the standard error).

유사한 결과를 보였다(Kim *et al.*, 2006).

또한 Fig. 5는 출수기에 엽과 엽초에 대한 규산/질소 비를 나타낸 것으로 규산/질소 비가 높을수록 식물체의 규산 함량이 높은 것을 의미한다. 엽 중 규산/질소 비는 무처리구의 1.5에 비하여 IPM 50일전 처리구는 1.9, 40일 전은 1.9, 30일 전은 2.3으로 높았으며, 엽초의 규산/질소 비도 IPM 처리구가 각각 6.9, 7.6, 6.8로 무처리구의 6.2에 비하여 높았다. 규소의 효과는 대체로 질소와 반대되므로 규산/질소 비가 높으면 벼는 건실하게 자라며(Chae, 2005), 또한 도복경감제의 특성은 줄기의 cellulose 증가와 하위절간을 단축시키며 간경과 간벽을 두껍게 하여 도복을 경감케 한다고 한다(Oh *et al.*, 1984). 출수기에 식물체내 질소함량이 높으면 각종 병충해의 발생량이 많아지고 식물체가 과번무하여 도복될 가능성도 높으며 미질도 불량해진다. 벼는 규산을 많이 흡수하는 대표적인 규산식물로서 규산 엽면시비는 간장을 단축시키는 결과를 보였고(Kim *et al.*, 2010), 규산 함량이 높으면 식물체를 강건하게 하여 도복을 경감케 하며(Ma and Takahashi, 2002), 식물체는 실리카 이중층을 형성하여 식물체가 직립하게되고 광투과율을 높임으로서 하위엽까지 광합성 효율을 높게 함으로서 수량 증수의 효과가 있다고 하며(Yoshida, 1981), 본시험에서의 IPM 처리는 질소 농도를 낮게 하고 규산함량을 높게함으로서 식물체가 강건하게 생육할 수 있고, 병충해에 대한 저항성도 높일 수 있을 뿐만 아니라 도복저항성도 증가될 것으로 사료되었다.

**좌절증과 도복지수**

생육시기별 IPM 처리구의 출수후 20일에 하위 4절간의 좌절증과 이와 관련된 도복지수를 조사 분석한 결과는 Fig. 6과 같다. 4 절간의 좌절증은 출수전 50일에 처리한 구와 40일에 처리한 구는 1,250 g 정도이었고, 30일에 처리한 구는



**Photo 1.** Field lodging as affected by IPM (Iprobenfos-metconazole) at ripening stage in direct-seeded rice on flooded paddy field.

**Table 1.** Yield components and yield of rice as affected by IPM (Iprobenfos-metconazole) treated at 50, 40, 30 days before heading in direct-seeded rice on flooded paddy field.

Treatment	No. of panicles per m <sup>2</sup> )	No. of spikelet per panicle	Percent ripened grain (%)	1000 grain wt(g)	Yield <sup>4</sup> (t/ha)	Field lodging (0-5)
50 DBH <sup>2)</sup>	788 a <sup>3)</sup>	107.6 a	92.9 a	25.8 a	5.1 a	2
IPM <sup>1)</sup> 40	754 a	107.4 a	92.9 a	26.1 a	5.0 a	2
30	766 a	103.6 a	94.3 a	26.2 a	5.1 a	1
Control -	767 a	105.6 a	70.7 b	20.7 c	4.6 b	5

<sup>1)</sup> Iprobenfos-metconazole

<sup>2)</sup> Days before heading

<sup>3)</sup> Same letters in a column are not significantly different by DMRT at 5%.

<sup>4)</sup> Polished rice yield

1,330 g으로서 무처리구의 1,100 g에 비하여 현저히 높아지는 것으로 나타났다. 또한 도복지수는 50일 전 처리구가 118, 40일전 처리구 115, 30일전 처리구는 109 정도로 낮아 지는데 비하여 무처리구는 140으로서 현저히 높아지고 포장도복도 증가되었다. 이는 식물생장억제제 처리시 벼의 3-4절간의 길이의 단축과 간벽 조직이 치밀하여지는 것으로 유추되고, 식물생장억제제를 처리 했을 시 절간의 길이가 감소되고 도복지수가 감소된다는 결과와 유사한 경향을 나타내었다(Lee and De Datta, 1990). 벼의 도복지수가 높으면 포장도복이 발생할 가능성이 높는데 본 실험의 결과 IPM 처리는 벼의 도복경감에 효과적으로 기여할 것으로 판단되었다.

#### 수량 및 수량구성요소

식물생장억제제 IPM 처리에 따른 수량구성요소 및 수량은 Table 1과 같다. 단위면적당 이삭수와 수당 영화수는 처리간 유의한 차이가 없었으나 등숙률과 천립중은 처리간 유의한 차이를 보였다. 무처리구는 등숙율이 70% 정도인 반면 IPM 처리구는 각 처리시기 모두 90% 이상의 높은 등숙률을 보였고, 천립중도 무처리구 대비 처리구가 현저히 증가됨으로서 수량도 높아지는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 무처리구는 포장도복이 5 정도로 심하였으나 처리구는 출수전 50일, 40일 처리구는 2 정도를 나타내었고, 출수전 30일 처리구는 1 정도로 경감되었다. 따라서 벼 답수직파재배에서 가장 문제가 되고 있는 포장 도복을 경감시키기 위하여 IPM을 출수전 30일에 사용하면 효과가 클 것으로 사료되었다.

#### 적 요

본 연구는 벼 답수직파재배에서 식물생장억제제인 IPM (Iprobenfos-metconazole)을 벼의 출수기 전에 처리함으로써 벼의 생육과 도복경감효과를 구명하기 위하여 수행하였다.

1. 출수기에 간장은 식물생장억제제를 처리한 구에서 무처리구보다 간장이 단축되는 결과를 보였으며, 출수전 30일에 처리하였을 때 가장 단축효과가 컸고, 하위 4절간의 단축율이 가장 높았다.
2. 출수후 20일에 지엽의 엽색도를 조사한 결과 IPM 처리구는 무처리구에 비하여 높았고, 엽중 질소 농도는 IPM 처리구가 무처리구에 낮았으나 규산 함량은 무처리구에 비하여 높았고, 규산/질소 비율이 증가하였다.
3. 하위 절간(3~4)의 좌절중은 무처리구에 비하여 IPM 처리구가 유의하게 높았으며, 도복지수는 무처리구에 비하여 낮아지는 것으로 조사되었고 포장도복도 크게 경감되었다.
4. 수량 및 수량구성요소를 조사한 결과 IPM 처리구는 무처리구에 비하여 도복이 되지 않아서 등숙률과 천립중이 높아짐으로서 수량 증수 효과가 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2011년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## 인용문헌

- Chae, J. C. 2005. Science of Rice Production (in Korean). p. 162. Hyangmunsa Co (Seoul, Korea).
- Chung, N. J., J. I. Kim, J. H. Park, and J. Kim. 2006. Effect of N-Application level according to seeding density on tiller development, yield and quality in direct-seeded rice on flooded paddy surface. Korean J. Crop Sci 51(S) : 52-57.
- Choi, E. J., B. S. Choi, S. H. Woo, and C. W. Lee. 2012. Effect of growth restraint of white clover (*Trifolium Repens*) as affected by Prohexadione-calcium application. Korean J. Weed Sci 32(2) : 139-143.
- Hitaka N. 1986. Experimental studies on the mechanism of lodging and of its effect on yield in rice plant. Nat. Ins. Agr. A15: 1-175.
- Jeong, B. G. 1987. Effects of Silica, Potash, 2, 4-D and Kitatchin- P. G on the lodging of rice plant. Korean J. Crop Sci 32(3) : 336-340.
- Kim, H. J., J. T., Lim, and K. B. Sun. 1992. Lodging and yield of direct surface seeded rice as influenced by N levels, PP333 treatments, and seeding rate. Korean J. Crop Sci 37(1) : 9-15.
- Kim, J. S., B. S. Choi, J. K. Ahn, S. H. Woo, and C. W. Lee. 2010. Plant growth and differential expression of leaf protein to the foliar application of liquid silica in rice plant. Korean J. Intl. Agri. 22(1) : 35-44.
- Kim, J. H., C. W. Lee, S. H. Oh, and N. G. Choi. 2006. Effects of IBP and Thifluzamide as a lodging reductant in rice. Kor. J. Weed Sci 26(4) : 391-396.
- Kim, S. S., N. H. Baek, S. Y. Lee, J. H. Kim, and D. S. Cho. 1995. Growth and lodging of rice as affected by growth regulators under different midsummer drainage times in puddled-soil drill seeding. Korean J. Crop Sci 40(6) : 697-704.
- Lee, S. C. and T. Tanabe. 1993. Effect of inabenfide and nitrogen top-dressing on ethylene evolution and lodging in rice. Korean J. Crop Sci 38(5) : 383-390.
- Lee, S. C. and S. K. De Datta. 1990. Effect of plant growth regulator "Hoe 78784" on lodging in rice. Korean J. Crop Sci 35(3) : 184-194.
- Lee, S. S. and T. J. Kim. 1988. Lodging related traits and yield of rice as affected by time of paclobutrazol application. Korean J. Crop Sci 33(4) : 336-342.
- Lim, S. M., B. S. Choi, S. H. Woo, and C. W. Lee. 2011. Growth of zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud) as affected by prohexadione-calcium application. Korean J. Weed Sci 31(2) : 199-204.
- Ma, J. F. and Eiichi Takahashi. 2002. Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan. p. 100-107. ELSEVIER SCIENCE.
- Oh, S. M., H. K. Lee, and K. H. Lee. 1984. Effect of paclobutrazol and flurprimido application on characteristics related with lodging of paddy rice plant. Korean J. Weed Sci 4(2) 163-168.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants : effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. Ann. Rev. plant physiol. Plant Mol. Biol 3 : 36-43.
- RDA. 1997. Experiment of crop cultivational physiology (in Korean), Korea. p. 590-591.
- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. p. 165-167. in IRRI.