

HPPD 저해 제초제에 대한 벼 품종별 약해 반응

권오도¹, 신서호¹, 안규남¹, 이 인¹, 민현경¹, 박흥규¹, 신해룡¹, 정하일², 국용인^{3*}

Response of Phytotoxicity on Rice Varieties to HPPD-inhibiting Herbicides in Paddy Rice Fields

Oh Do Kwon¹, Seo Ho Shin¹, Kyu Nam An¹, Yeen Lee¹, Hyun Kyeng Min¹
Heung Gyu Park¹, Hae Ryoung Shin¹, Ha-Il Jung² and Yong In Kuk^{3*}

ABSTRACT The objectives of this study were to investigate the levels of phytotoxicity of rice varieties to HPPD (4-hydroxy phenylpyruvate dioxygenase)-inhibiting herbicides known for their efficiency to control the sulfonylureas-resistant weed species : mesotrione, benzobicyclon, and tefuryltrione. The twenty-six rice varieties (8-Japonica × Indica-type varieties and 18-Japonica-type varieties) were grown for 25 days on seedling trays and then transplanted to paddy rice fields followed by herbicide treatment *i.e.* standard and double doses of there respective herbicides at 5, 10, and 15 days after transplanting. Although mesotrione, benzobicyclon and tefuryltrione are all HPPD-inhibiting herbicides, the phytotoxicity symptoms of the different rice varieties based on the timing of application and doses of the herbicides were significantly different. The Japonica × Indica-type varieties showed much more phytotoxicity symptoms than Japonica-type varieties in all applied herbicides. Increasing herbicidal doses of mesotrione, and an earlier application of and increasing herbicidal doses of benzobicyclon caused severe phytotoxicity symptoms. On the other hand, phytotoxicity due to tefuryltrione did not exhibit significant differences between rice varieties in either the timing of application or dose of the herbicide. Regardless of timing of application and dose of the herbicides, Hangangchalbyeo-1, Hyangmibyeo-1 and high-yield rice varieties such as Namcheonbyeo, Dasanbyeo, Areumbyeo, and Hanareumbyeo, which belong to the Japonica × Indica-type varieties, showed 5 to 8 levels of phytotoxicity symptoms including albinism, browning, detached leaf, and necrosis to mesotrione and benzobicyclon whereas only 1 to 3 levels of phytotoxicity symptoms (chlorosis, albinism, and browning) were seen with to tefuryltrione application. The Japonica-type varieties exhibited only slight

¹ 전남농업기술원 쌀연구소, 520-715 전남 나주시 산포면 산제리 세남로 1508(Jeonnam Agricultural Research and Extension Service, Naju 520-715, Korea).

² 코넬대학교 작물 및 토양학과(Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, NY, Ithaca 14853, USA).

³ 순천대학교 생명산업과학대학 한약자원개발학과, 540-742 전남 순천시 중앙로 413(Dept. of Development in Resource Plants, College of Life Science and Natural Resources, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea).

* 연락처자(Corresponding author) : Phone) +82-61-750-3286, Fax) +82-61-750-3280, E-mail) yikuk@sunchon.ac.kr

(Received August 22, 2012; Examined September 5, 2012; Accepted September 19, 2012)

phytotoxicity symptoms (1~2 levels) in conformity with the timing of application and doses of the herbicides. However, there were significant differences among the Japonica-type rice varieties, depending on the type of herbicide. Thirteen-Japonica type rice varieties were sensitive to benzobicyclon while 4-Japonica-type and 7-Japonica-type varieties showed phytotoxicity symptoms such as chlorosis and albinism with mestrione and tefuryltrione application, respectively. Therefore, we suggest that the combined-type herbicides including mestrione, benzobicyclon and tefuryltrione should be rejected in paddy fields where rice is grown for either human consumption (functional or processed rice) or livestock feed because of severe phytotoxicity symptoms on the various rice varieties seen regardless of the timing of application and doses of the herbicides.

Key words: HPPD (4-hydroxy phenylpyruvate dioxygenase)-inhibiting herbicides; phytotoxicity symptoms; rice.

서 언

우리나라에서 설포닐우레아계 제초제에 대한 저항성잡초로 물옥잠이 1998년에 밝혀진 이후 현재까지 11종이 보고되었으며, 이들 중에서 물달개비와 올챙이 고랭이 및 알방동사니 등이 전국적으로 확산되고 있어 문제가 되고 있다(Park 등 2011). 이와 같은 저항성잡초에 탁월한 효과가 있는 benzobicyclon과 mestrione, tefuryltrione 등은 carotenoid 생합성에 관여하는 효소(4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase, HPPD)를 억제하여 백화 및 고사를 일으키는 제초제로서(Barta와 Boger 1996; Lee 등 1997; Pallett 등 1997; Sekino 2002; Sekino 등 2008) 국내에서 약 30여개 품목이 개발되어 널리 사용되고 있다(작물보호제 지침서 2012). 그러나 벼 품종 중 통일형인 초다수 품종과 가공용인 찰벼 및 향미, 유색미, 충체벼 등 특수품종들의 재배지나 농업기술센터의 벼 품종 전시포 등에서 HPPD 저해 제초제를 사용할 경우 백화현상은 물론 심하면 완전히 고사되는 등 심각한 약해 발생이 보고되고 있는 실정이다.

지금까지 보고에 의하면 HPPD 저해 제초제를 처리할 경우, 일본형 벼품종에서는 약해가 거의 발생하지 않으나, 통일형 또는 특수미 벼품종들에서 백화 또는 고사되는 약해가 발생되며 제초제 처리 후 5일부터 약해가 나타나기 시작하여 7일경에 가장 심하고 그 이후에 점차 감소되는 경향을 보인다고 하였다(Han 등

2009; Kim 등 2010; 양 등 2010). 또한, 벼 품종별 mestrione에 대한 50% 생장억제농도는 통일형 벼(38g ai ha⁻¹)가 일본형 벼(476g ai ha⁻¹)보다 12.9배가 낮고, 잡초성벼에 대한 benzobicyclon에 대한 내성도 장립종이 단립종에 비해 41~54배가 낮았다고 보고된 바 있으나(Im 등 2008; Kim 등 2010), 그 밖의 특수미 품종의 경우 HPPD 저해제에 대한 내성 차이에 관한 보고는 거의 없는 실정이다.

현재 기능성 및 가공용 벼 64품종(가공용 42품종, 초다수성 및 기타 등 22품종)이 개발 보급되어 2011년에는 약 51천ha 정도(벼 재배면적의 6%)를 재배되고 있다. 한편 가공용 및 특수용도의 품종들의 재배가 증가할 것을 감안한다면 이들 품종에 대한 HPPD 저해제 약해 여부를 사전에 검토하고 농가에 보급해야 할 것으로 판단된다.

따라서 본 시험은 기능성, 가공용 및 사료용 벼 품종에 대한 HPPD 저해 제초제 benzobicyclon, mestrione 및 tefuryltrione의 약량별 처리시기에 따른 약해정도와 증상을 구명하여 이들 제초제의 사용여부를 판단하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2010년 5월부터 7월까지 전남농업기술원 벼재배 포장에서 통일형벼 8품종, 즉 찰벼 2(한강찰벼,

한강찰벼 1호), 향미 1(향미벼 1호), 초다수 4(남천벼, 다산벼, 아롬벼, 한아롬벼), 총채벼 1(녹양벼) 품종과 일본형벼 18 품종, 밥쌀용 1(일미벼), 향미 1(향남벼), 기능성 1(하이아미), 반찰 1(백진주), 찰벼 7(상주찰, 신선찰, 보석찰, 눈보라, 동진찰, 백옥찰, 백설찰벼), 초다수 3(한마음, 드래찬, 보람찬), 향찰 1(아랑향찰벼), 유색미 1(흑진주벼), 유색찰 2 품종(조생흑찰, 보석흑찰) 등 총 26 품종을 사용하여 수행하였으며, 품종별 생태형 및 용도는 표 1에 제시하였다. 벼 육묘는 5월 23일에 상자당 130g을 파종하고 25일간 육묘하여 6월 17일에 30×15cm 재식거리로 손이앙 하였다.

본 시험에 사용한 HPPD 저해 제초제는 mesotrion의 경우 mesotrion+flucetosulfuron+pretilachlor(0.3+0.07+6%) 입제를 사용하였으며, benzobicyclon은 benzobicyclon+imazosulfuron+pyriminobac-methyl(4.0+1.5+0.6%) 액상수화제를 이앙 후 5, 10, 15일에 그리고 tefuryltrion은 tefuryltrion+mefenacet(4.2+20%) 액상수화제를 이앙 후 10, 15일에 처리하였다. 이들 혼합제중 HPPD 저해제 mesotrion 및 benzobicyclon, tefuryltrion의 약량은 각각 90g, 200g, 210g(표준량) 및 180g, 400g, 420g a.i. ha⁻¹(추천량의 2배량)이었다. 약해는 약제처리 후 3, 5, 7, 10, 15, 21일에 달관평가(0~9; 100% 황백

Table 1. Rice cultivars and characteristics used in this study.

No.	Rice type	Cultivar	Use
1	Japonica	Ilmibyeo	Edible rice
2	Japonica	Hyangnambyeo	Scented rice
3	Japonica	Haiami	Functional rice
4	Japonica	Baekjinju	Half-glutinous
5	Japonica	Josaengheukchal	Glutinous, Pigmented rice
6	Japonica	Sangjuchalbyeo	Glutinous rice
7	Japonica	Sinseonchalbyeo	Glutinous rice
8	Japonica	Boseokchalbyeo	Glutinous rice
9	Japonica	Nunbora	Glutinous rice
10	Japonica	Aranghyangchal	Glutinous, Scented rice
11	Japonica	Dongjinchalbyeo	Glutinous rice
12	Japonica	Baekokchal	Glutinous rice
13	Japonica	Baekseolchal	Glutinous rice
14	Japonica	Bosukheukchal	Glutinous, Pigmented rice
15	Japonica	Hanmaeum	High yield rice
16	Japonica	Deuraechan	High yield rice
17	Japonica	Boramchan	High yield rice
18	Japonica	Heukjinjubyeo	Pigmented rice
19	Indica x Japonica	Hangangchalbyeo	Glutinous rice
20	Indica x Japonica	Hangangchal-1	Glutinous rice
21	Indica x Japonica	Hyangmiby eo-1	Scented rice
22	Indica x Japonica	Namcheonbyeo	High yield rice
23	Indica x Japonica	Dasanbyeo	High yield rice
24	Indica x Japonica	Areumbyeo	High yield rice
25	Indica x Japonica	Hanareum	High yield rice
26	Indica x Japonica	Nokyangbyeo	Silage rice

화, 고사)와 약해 증상을 조사하였다. 기타 벼 재배관리 및 생육조사는 농촌진흥청 벼 표준재배법에 준하여 실시하였다.

결과 및 고찰

시험기간 동안 기상변화

제초제 처리 후 30일간 대기의 최저, 평균, 최고온도, 강수량 및 일조시간은 표 2와 같다. 이앙 후 5일(6월 22일) 처리에서 평균온도는 25.6°C, 최저온도 22.6°C, 최고온도 29.8°C로 이앙 후 10일(6월 27일)과 15일(7월 2일) 처리보다 평균온도는 각각 0.4, 0.9°C가 낮았으며, 최저온도는 각각 0.6, 1.0°C, 최고온도는 각각 0.3, 0.7°C가 낮았다. 또한 시험기간 동안 강수량은 457mm로 7월 7일 이후에 강수량이 많았으나 제초제 처리시기에 따른 약해 평가에는 큰 영향을 미치지 않았다.

Mesotrion 처리시기 및 약량에 따른 벼 품종간 약해 정도

Mesotrion이 벼 품종에 미치는 약해 발현정도를 구

명하기 위해 이앙 후 5, 10, 15일에 각각 90, 180g a.i. ha⁻¹를 처리하여 시기별로 조사하였다(표 3, 4, 5). 일본형 품종들은 처리시기와 약량에 관계없이 약해는 거의 발생하지 않았으나, 통일형 품종들은 한강찰벼를 제외한 모든 품종에서 처리시기에 빠를수록, 약량이 많을수록 심하게 발생하였다. 약해 발생시기는 대부분의 품종에서 처리 후 3일경부터 나타나기 시작하여 5~7일에 가장 심게 발생하였고, 그 이후에 점차 감소하는 경향을 보였으나, 약제처리 후 21일까지도 약해는 지속되었다. 약해 증상은 일본형 품종들의 경우, 밥쌀용인 일미벼와 찰벼인 상주찰벼, 신선찰벼, 백옥찰벼 등 3품종에서 그리고 초다수계 품종 한마음벼에서만 벼 잎에 가벼운 황화 또는 백화증상이 나타났다. 그러나 통일형 품종(한강찰벼 1호와 향미벼 1호)과 초다수성 품종(남천, 다산, 아름, 한아름벼)에서는 벼 잎에 백화증상이 뚜렷하였으며 잎이 꺾이거나 잎과 줄기에 갈변 현상을 보였고, 심한 경우는 괴사되었다(표 11).

Mesotrion 표준량(90g) 처리에 따른 품종별 최대 약해 정도는 조사시기별로 한강찰벼 1호와 아름벼에서 3~4정도, 향미벼 1호와 남천벼가 2~3정도, 다산벼 1~3정도, 한아름벼 1~2정도, 녹양벼는 0~2정도로

Table 2. Weather condition after herbicide application.

Application day	Days after application	Minimum temp. (°C)	Maximum temp. (°C)	Average temp. (°C)	Precipitation (mm)	Hours of sunshine
5 DAT ¹⁾	1~10	21.1	29.6	24.9	69.9	36.1
	11~20	22.9	30.1	25.8	222.2	37.0
	21~30	23.6	29.8	26.1	104.8	30.7
	1~30	22.6	29.8	25.6	396.9	103.8
10 DAT	1~10	23.0	29.5	25.6	93.6	17.7
	11~20	22.0	29.4	25.0	273.0	37.2
	21~30	24.8	31.7	27.3	79.3	40.7
	1~30	23.2	30.2	26.0	445.9	95.6
15 DAT	1~10	22.9	30.1	25.8	222.2	37.0
	11~20	23.6	29.8	26.1	104.8	30.7
	21~30	24.1	31.6	26.9	72.5	32.5
	1~30	23.6	30.5	26.3	399.5	100.2

¹⁾DAT, days after transplanting.

Table 3. Phytotoxicity levels (visual rate, 0~9; 0, no injury, 9, complete killed) of rice to mestriane applied at 5 days after transplanting in fields.

Cultivar	Rate (90 ai ha ⁻¹)						Rate (180 ai ha ⁻¹)					
	3 DAA ¹⁾	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA
Japonica												
Ilmibyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyangnambyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haiami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekjinju	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Josaengheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangjuchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Sinseonchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Boseokchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nunbora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aranghyangchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dongjinchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekokchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekseolchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosukheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hanmaeum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deuraechan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boramchan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heukjinjubyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indica x Japonica												
Hangangchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hangangchal-1	1	4	3	2	1	1	3	6	7	5	3	3
Hyangmibyeo-1	0	3	2	2	1	1	0	6	7	5	4	4
Namcheonbyeo	1	3	2	2	1	1	3	6	7	5	5	4
Dasanbyeo	0	3	3	3	1	1	0	5	6	5	3	3
Areumbyeo	1	4	4	3	2	2	3	6	7	6	4	3
Hanareum	1	2	2	2	1	0	3	5	5	4	2	1
Nokyangbyeo	0	1	2	2	1	0	0	4	4	3	2	1

¹⁾DAA, days after application.

주로 통일형에 많이 발생하였으나 총채벼인 녹양벼는 이앙시기가 늦어질수록 약해가 발생하지 않았으며, 한아름벼와 다산벼에서도 경감되는 경향을 보였다.

Mestriane 배량 처리에서도 일본형 품종은 약해가 거의 발생하지 않았으나, 찰벼인 상주찰벼, 신선찰벼, 백설찰벼와 초다수성인 한마음벼, 향미벼인 향남벼 등

에서 1정도의 경미한 약해를 보였다. 그러나 통일형에서는 표준량 보다 훨씬 뚜렷한 약해를 보였고, 이앙 후 5일 처리에 4~7정도, 10일에 4~6정도, 15일에는 3~4정도로 처리시기가 빠를수록 약해정도가 증가하는 경향을 보였다. 품종별 최대 약해는 한강찰벼 1호, 향미벼 1호, 남천벼, 아름벼 등 4품종에서 7정도였으며,

Table 4. Phytotoxicity levels (visual rate, 0~9; 0, no injury, 9, complete killed) of rice to mestrione applied at 10 days after transplanting in fields.

Cultivar	Rate (90 ai ha ⁻¹)						Rate (180 ai ha ⁻¹)					
	3 DAA ¹⁾	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA
Japonica												
Ilmibyeo	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Hyangnambyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haiami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekjinju	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Josaengheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangjuchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Sinseonchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Boseokchalbyeo	0	1	1	0	0	0	1	2	2	1	0	0
Nunbora	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Aranghyangchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dongjinchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekokchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekseolchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosukheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hanmaeum	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	0
Deuraechan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boramchan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heukjinjubyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indica x Japonica												
Hangangchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hangangchal-1	2	3	3	2	0	0	3	5	5	3	3	1
Hyangmibyeo-1	2	2	2	1	1	0	3	5	5	3	3	0
Namcheonbyeo	1	1	1	1	1	0	2	3	3	3	3	1
Dasanbyeo	1	2	2	1	1	0	2	4	5	4	3	0
Areumbyeo	2	3	3	2	1	0	3	6	6	3	4	2
Hanareum	1	1	1	1	1	0	2	4	3	2	2	1
Nokyangbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

¹⁾DAA, days after application.

다산벼 6, 한아름벼 5정도였다. 그러나 녹양벼의 경우, 이앙 후 5일 처리에서만 4정도의 약해를 보였으며 10일 이후에는 전혀 발생하지 않았다.

이와 같은 결과로 볼 때, mestrione의 약해는 처리시기와 약량에 따라 벼 품종간 차이가 뚜렷하고 경미한

약해라도 눈에 쉽게 띄는 황화 및 백화현상이 발생되므로 HPPD 저해제를 함유된 제형을 사용할 경우 먼저 재배품종을 고려하고 처리시기와 약량을 결정해야 할 것으로 판단된다.

Table 5. Phytotoxicity levels (visual rate, 0~9; 0, no injury, 9, complete killed) of rice to mestrione applied at 15 days after transplanting in fields.

Cultivar	Rate (90 ai ha ⁻¹)						Rate (180 ai ha ⁻¹)					
	3 DAA ¹⁾	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA
Japonica												
Ilmibyeo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Hyangnambyeo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Haiami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Backjinju	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Josaengheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangjuchalbyeo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Sinseonchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boseokchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nunbora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Aranghyangchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dongjinchalbyeo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Baekokchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekseolchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosukheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Hanmaeum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Deuraechan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boramchan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heukjinjubyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indica x Japonica												
Hangangchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hangangchal-1	2	3	3	3	2	0	2	3	3	3	2	0
Hyangmibyeo-1	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3	1	0
Namcheonbyeo	2	2	2	2	2	1	2	3	4	4	3	2
Dasanbyeo	1	1	1	1	0	0	1	2	1	1	1	1
Areumbyeo	2	3	3	2	2	1	2	4	3	3	2	2
Hanareum	1	1	1	1	0	0	2	3	3	3	3	2
Nokyangbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

¹⁾DAA, days after application.

Benzobicyclone 처리시기 및 약량에 따른 벼 품종간 약해 정도

Benzobicyclone의 약해도 mestrione과 마찬가지로 통일형 품종이 일본형 품종보다, 처리시기가 빠를수록, 약량이 많을수록 심하게 발생하였다. 또한 약해 발생시기와 증상도 mestrione과 비슷하였다. 하지만 mestrione

보다 많은 품종들에서 약해가 발생하였으며, 약해도 높게 나타나는 경향을 보였다(표 6, 7, 8). Benzobicyclone 표준량(200g a.i. ha⁻¹)을 처리할 경우, 일본형 품종중 향남벼, 백진주, 상주찰벼, 신선찰벼, 동진찰벼에서 1정도의 가벼운 약해를 보였으나 3~7일 정도 지속되다가 곧 회복되는 경향을 보였다. 그러나 통일형은

Table 6. Phytotoxicity levels (visual rate, 0~9; 0, no injury, 9, complete killed) of rice to benzobicyclone applied at 5 days after transplanting in fields.

Cultivar	Rate (200 ai ha ⁻¹)						Rate (400 ai ha ⁻¹)					
	3 DAA ¹⁾	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA
Japonica												
Ilmibyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyangnambyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haiami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekjinju	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Josaengheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangjuchalbyeo	1	1	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0
Sinseonchalbyeo	0	1	1	0	0	0	1	2	2	1	0	0
Boseokchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0
Nunbora	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Aranghyangchal	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Dongjinchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Baekokchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekseolchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosukheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hanmaeum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deuraechan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boramchan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heukjinjubyeo	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Indica x Japonica												
Hangangchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hangangchal-1	0	2	3	4	3	3	0	5	6	7	6	6
Hyangmibyeo-1	1	3	4	5	4	5	2	6	8	8	8	8
Namcheonbyeo	1	3	3	4	2	2	3	6	6	7	5	5
Dasanbyeo	0	3	4	4	4	4	0	5	7	7	7	7
Areumbyeo	1	4	4	4	3	2	2	6	6	7	6	6
Hanareum	0	1	2	3	2	2	0	2	4	5	3	5
Nokyangbyeo	0	1	2	1	1	0	0	1	2	2	2	1

¹⁾DAA, days after application.

품종에 따라 1~5 정도 약해를 보였으며, 녹양벼를 제외한 모든 품종에서는 21일까지도 지속되는 경향을 보였다. 또한 처리시기별 약해변동은 품종에 따라 다소 차이를 보였는데, 향미벼 1호, 한강찰벼 1호, 남천벼, 다산벼 등의 약해는 처리시기에 따라 유사한 정도를 보인 반면에 한아름벼는 처리시기가 늦을수록 약해

가 경감되는 경향을 보였고, 녹양벼는 10일 이후에는 경미한 약해를 보이거나 전혀 발생하지 않았다.

Benzobicyclone 배량(400g a.i. ha⁻¹)에서 일본형 품종의 약해는 처리시기에 따라 다소 차이를 보였다. 약해정도는 모든 품종에서 1~2 정도였으나, 반찰벼인 백진주와 찰벼인 아랑향찰벼, 동진찰벼 등에서만 21일

Table 7. Phytotoxicity levels (visual rate, 0~9; 0, no injury, 9, complete killed) of rice to benzobicyclone applied at 10 days after transplanting in fields.

Cultivar	Rate (200 ai ha ⁻¹)						Rate (400 ai ha ⁻¹)					
	3 DAA ¹⁾	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA
Japonica												
Ilmibyeo	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0
Hyangnambyeo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Haiami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Backjinju	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Josaengheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sangjuchalbyeo	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Sinseonchalbyeo	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Boseokchalbyeo	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
Nunbora	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Aranghyangchal	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dongjinchalbyeo	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0
Baekokchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekseolchal	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Bosukheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hanmaeum	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Deuraechan	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Boramchan	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Heukjinjubyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indica x Japonica												
Hangangchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hangangchal-1	2	3	4	4	4	2	3	5	6	7	7	5
Hyangmibyeo-1	1	2	3	3	3	2	3	5	6	7	6	5
Namcheonbyeo	0	3	2	2	2	1	2	4	4	5	5	3
Dasanbyeo	2	4	4	3	3	2	2	5	5	5	5	5
Areumbyeo	2	4	4	3	3	2	3	5	6	5	5	4
Hanareum	2	4	4	4	3	3	2	5	5	6	6	5
Nokyangbyeo	0	1	1	1	1	0	1	3	2	2	2	1

¹⁾DAA, days after application.

까지도 지속되었고, 그 외 품종들은 곧 회복하는 경향을 보였다. 통일형의 경우 품종에 따라 이앙 후 5일 처리에서 2~8정도, 10일에는 2~7, 15일에는 2~6정도의 약해를 보여 처리시기가 빠를수록 약해가 커지는 경향이 뚜렷하였다. 품종별 최대 약해는 향미벼 1호가 8정도, 한강찰벼 1호, 남천벼, 다산벼, 아롬벼가 7정도,

한아름은 6정도, 그리고 녹양벼는 2정도였다. 이와 같은 결과로 볼 때, benzobicyclone도 mestrione와 마찬가지로 처리시기와 약량에 따라 벼 품종간 약해 차이와 증상이 뚜렷하고, mestrione 보다 많은 품종들에서 약해가 발생하므로 사용상에 있어서 보다 세심한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

Table 8. Phytotoxicity levels (visual rate, 0~9; 0, no injury, 9, complete killed) of rice to benzobicyclone applied at 15 days after transplanting in fields.

Cultivar	Rate (200 ai ha ⁻¹)						Rate (400 ai ha ⁻¹)					
	3 DAA ¹⁾	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA
Japonica												
Ilmibyeo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Hyangnambyeo	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
Haiami	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
Baekjinju	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Josaengheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangjuchalbyeo	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Sinseonchalbyeo	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Boseokchalbyeo	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Nunbora	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Aranghyangchal	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0
Dongjinchalbyeo	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Baekokchal	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Baekseolchal	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bosukheukchal	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Hanmaeum	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Deuraechan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boramchan	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Heukjinjubyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indica x Japonica												
Hangangchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hangangchal-1	3	3	4	3	3	3	3	5	6	6	5	5
Hyangmibyeo-1	3	5	5	4	4	3	3	5	6	6	6	5
Namcheonbyeo	3	4	4	4	4	3	3	4	5	4	4	4
Dasanbyeo	2	2	2	3	3	2	3	3	5	5	5	4
Areumbyeo	2	3	2	2	2	2	3	5	5	6	6	4
Hanareum	0	0	1	2	1	1	3	3	4	4	4	4
Nokyangbyeo	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0

¹⁾DAA, days after application.

Tefuryltrion 처리시기 및 약량에 따른 벼 품종간 약해 정도

이앙 후 10일, 15일에 tefuryltrion 표준량(210g a.i. ha⁻¹)과 배량(420g a.i. ha⁻¹) 처리한 후 약해를 조사한 결과(표 9, 10), 처리시기와 약량에 따라 품종간 약해의 변동은 크지 않았으며, 약해발현직후 가장 심한 약

해증상을 보였고, 그 이후에 점차 회복되는 경향을 보였다. 표준량 처리에서는 일본형 품종 중 아랑향찰벼와 신선찰벼에서 1~2정도의 경미한 약해를 보인 반면 통일형은 향미벼 1호와 남천벼, 다산벼, 아롬벼, 한아름 등 5품종에서 최대 2정도, 한강찰 1호와 녹양벼에서는 1정도의 약해를 보였으며, 처리시기에 따라 동

Table 9. Phytotoxicity levels (visual rate, 0~9; 0, no injury, 9, complete killed) of rice to tefuryltrion applied at 10 days after transplanting in fields.

Cultivar	Rate (210 ai ha ⁻¹)						Rate (420 ai ha ⁻¹)					
	3 DAA ¹⁾	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA
Japonica												
Ilmibyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hyangnambyeo	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	0
Haiami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekjinju	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Josaengheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangjuchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinseonchalbyeo	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Boseokchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nunbora	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Aranghyangchal	1	2	2	2	0	0	1	1	1	1	0	0
Dongjinchalbyeo	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Baekokchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekseolchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosukheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hanmaecum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deuraechan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boramchan	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
Heukjinjubyeo	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Indica x Japonica												
Hangangchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hangangchal-1	1	1	1	0	0	0	3	2	2	2	1	0
Hyangmibyeo-1	1	1	1	0	0	0	1	1	2	2	1	0
Namcheonbyeo	0	2	2	3	1	0	2	3	3	4	2	0
Dasanbyeo	2	2	1	1	1	0	3	3	3	1	1	0
Areumbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hanareum	3	2	2	2	2	0	3	2	2	2	2	0
Nokyangbyeo	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

¹⁾DAA, days after application.

일 품종내에서 개체간 약해 경향은 일정하지 않았다.

Tefuryltrion 배량 처리의 경우도 표준량처리에서와 같이 일분형 품종의 약해는 1~2정도로 유사한 경향을 보였으며 향남벼, 일미벼, 신선찰벼, 아량향찰벼, 백옥찰벼, 보람찬 6개 품종에서 나타났다. 통일형 품종은 표준량 보다 다소 높은 1~3정도의 약해를 보였

는데 초다수성 품종인 남천벼와 다산벼, 아람벼 등에서 가장 높게 나타났으며, 특히 아람벼의 경우, 이앙 후 15일 처리에서만 약해를 보였다. 이와 같이 tefuryltrion은 benzobicyclone과 mestrione 보다 약해가 발생하는 품종이 적고 약해증상도 경미하나 처리시기와 약량에 관계없이 동일 품종내 개체간 정도차이가 큰 점

Table 10. Phytotoxicity levels (visual rate, 0~9; 0, no injury, 9, complete killed) of rice to tefuryltrion applied at 15 days after transplanting in fields.

Cultivar	Rate (210 ai ha ⁻¹)						Rate (420 ai ha ⁻¹)					
	3 DAA ¹⁾	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA	15 DAA	21 DAA
Japonica												
Ilmibyeo	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Hyangnambyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haiami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baekjinju	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Josaengheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sangjuchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinseonchalbyeo	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Boseokchalbyeo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Nunbora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aranghyangchal	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dongjinchalbyeo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Baekokchal	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	1
Baekseolchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bosukheukchal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hanmaeum	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Deuraechan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boramchan	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	0
Heukjinjubyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indica x Japonica												
Hangangchalbyeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hangangchal-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Hyangmibyeo-1	2	2	2	2	2	1	3	2	3	2	2	1
Namcheonbyeo	1	1	1	1	1	0	2	2	2	2	2	1
Dasanbyeo	1	1	1	1	1	0	3	2	1	1	1	0
Areumbyeo	3	3	2	2	2	1	3	3	3	3	3	1
Hanareum	1	1	1	1	0	0	2	2	2	2	2	1
Nokyangbyeo	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0

¹⁾DAA, days after application.

으로 미루어 보아 이양심도나 토양내 제초제 이동이나 확산 정도와 관련이 있을 것으로 추정되어 이에 대해 추후 구멍이 필요할 것으로 판단된다. 또한 tefuryltrion의 약해가 비록 경미할지라도 백화 및 황화 증상이 뚜렷하므로 tefuryltrion의 제형도 사용상 각별한 주의가 요구된다.

이상의 결과에서 보는 바와 같이, 동일계통의 HPPD (4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase) 저해 제초제라도 제초제의 처리시기나 약량에 따라 벼 품종간 약해 정도와 증상은 서로 상이하다는 것을 알 수 있었다. HPPD 저해 제초제들이 설폰닐우레아계 저항성잡초에 탁월한 효과가 있다는 것은 이미 보고된 바 있고

Table 11. Symptom of phytotoxicity of rice at 5 days after HPPD inhibiting herbicide treatments.

Cultivar	Mestriane					Benzobicyclon					Tefuryltrion				
	Chl. ¹⁾	Alb.	Bro.	Det.	Net.	Chl.	Alb.	Bro.	Det.	Net.	Chl.	Alb.	Bro.	Det.	Net.
Japonica															
Ilmibyeo	○	-	-	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-
Hyangnambyeo	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-
Haiami	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Backjinju	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Josaengheukchal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sangjuchalbyeo	○	○	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Sinseonchalbyeo	○	○	-	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-
Boseokchalbyeo	○	○	-	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-
Nunbora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aranghyangchal	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-
Dongjinchalbyeo	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Baekokchal	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-
Backseolchal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bosukheukchal	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hanmaeum	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deuraechan	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boramchan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
Heukjinjubyeo	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Indica x Japonica															
Hangangchalbyeo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hangangchal-1	-	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	○	○	-	-
Hyangmibyeo-1	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-
Namcheonbyeo	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	-	-
Dasanbyeo	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-
Areumbyeo	-	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Hanareum	-	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-
Nokyangbyeo	-	○	○	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-

¹⁾Chl.; chlorosis, Alb.; albinism, Bro.; browning, Det.; detached leaf, Net.; necrosis.

(Komatsubara 등 2009; Song 등 2011) 2011년 현재 30 여개 품목이 등록되어 시판중이어서 벼에 약해를 간과 할 수 없는 실정이다(KCPA 2011).

본 시험에서 사용한 통일형 품종중 한강찰벼를 제외한 한강찰벼 1호와 향미벼 1호, 초다수성 품종인 남천벼, 다산벼, 아롬벼, 한아롬벼 등 6개 품종은 처리시기나 약량에 관계없이 약해가 매우 심할 뿐만 아니라

증상이 눈에 쉽게 띄는 백화, 잎과 줄기의 갈변, 잎 꺾임, 심지어 괴사되는 경우도 있으므로 mestriane과 benzobicyclon 제형들은 이들 품종에 대해서는 사용을 제한해야 할 것으로 판단된다. Tefuryltrion도 mestriane과 benzobicyclon에 비해 벼에 대한 안전성은 인정되지만 벼 개체간에 약해 차이가 확연하고 황화 및 백화현상이 뚜렷하므로 이들 품종들에서는 사용을

지양해야 할 것으로 생각된다. 다만 통일형 품종인 한강찰벼(교배조합 IR2061-464-4/RR51-28-5-1)의 경우 HPPD 저해 제초제 종류와 약량 및 처리시기에 관계 없이 약해가 발생하지 않은 점으로 미루어 이에 대한 원인구명이 필요한 것으로 생각된다.

Kim 등(2010)도 *mestrione* 90, 180g a.i. ha⁻¹에 대한 통일형 초다수성 품종 다산벼, 한아름벼, 세계진미의 약해가 5~7정도의 백화현상이 나타났으며 초장이 무처리 대비 18~50%, 건물중은 46~83% 억제되었다는 보고와 *benzobicyclone*을 이양전 처리할 경우, 초다수성 품종들은 완전고사, 찰벼와 유색미는 1~5정도의 약해를 보였다는 보고(양 등 2010년)는 본 시험의 결과를 뒷받침해주고 있다. 그러므로 통일형 품종을 재배할 경우, 벼에 대한 안전성과 설폴닐우레아계 저항성잡초인 사초과 올챙이고랭이를 효과적으로 방제하기 위해서는 HPPD 저해 제초제와 유사한 효과를 지닌 *bromobutide* 혼합제(Lee 등 2011)를 선택하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

이와 같이 벼 품종간 제초제의 정도가 달리 나타나는 원인에 대해서는 아직까지 정확하게 밝혀지지는 않았지만 통일형 품종의 뿌리량이 일본형 품종보다 많고 뿌리의 분포가 천근성이어서 약제를 흡수할 기회가 많으며, 생태적으로 통일형 벼 엽면적이 일본형보다 약 1.3배가 넓고 증산량도 1.65배 많아 수분흡수와 더불어 약제흡수도 많아지게 되어 통일벼 품종들이 일본형 품종 보다 약해에 민감하다고 추정하고 있다(Ryang과 Kim 1986). 또한, *mestrione*에 대한 잡종 수수의 내성차이는 *mestrione* 성분 분해 정도에 따라 다르며(Abit와 Al-Katib 2009) 잡초성벼에 대한 *benzobicyclone*에 대한 내성도 단립종이 장립종보다 41~54배 높고(Im 등 2008), *simetryne*에 대한 내성차이가 통일형 품종이 일본형 품종에 비해 3배 정도 약하다는 보고(Ryang과 Kim 1986) 등으로 미루어 본 시험에서 나타난 결과를 해석하는데 도움이 되나 추후 이에 대한 정확한 구명 시험이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

한편 일본형 품종인 찰벼와 중간찰벼, 유색미, 향미, 기능성벼는 HPPD 저해 제초제의 처리시기와 약량에 따라 1~2정도의 경미한 약해를 보였으며, 제초제 종류에 따라 품종간 정도는 확연히 다르게 나타났다. 본 시험에서 사용한 18개 품종 중 *benzobicyclone*에 약해를 보인 13개 품종은 일미벼(밥쌀용), 향남벼(향미), 하

이아미(기능성), 백진주(중간찰), 상주찰, 신선찰, 보석찰, 아랑향찰, 동진찰, 백옥찰, 백석찰(찰벼), 한마음, 드래찬(초다수)이었다. *Mestrione*에 약해를 보인 4개 품종은 상주찰, 신선찰, 보석찰(찰벼), 한마음(초다수)이었으며, *tefuryltrion*에 약해를 보인 7개품종은 일미벼(밥쌀용), 향남벼(향미), 신선찰, 보석찰, 아랑향찰, 백옥찰(찰벼), 보람찬(초다수)이었다. 이와 같은 결과는 가공용 및 기능성, 초다수성 벼 품종에 따라서도 제초제 정도가 다르므로 약해를 경감하기 위해서는 무엇보다도 제초제 선정이 중요하다고 하겠다.

그러나 제초제의 약해는 약제의 특성뿐만 아니라 묘령, 온도, 처리시기에 따라 달라지는데 양 등(2010)은 *benzobicyclone*를 이양전에 처리하고 어린모을 이양할 경우 벼 재배온도가 높을수록 약해가 나타나는 시기가 빠르고 그 정도가 심하며, 찰벼와 유색미에서 1~5정도의 약해가 있다고 하여 본 시험에서 사용된 치료(25일묘)보다 다소 높은 경향을 보였다. 결론적으로 *mestrione*과 *benzobicyclone*, *tefuryltrion* 성분이 함유된 혼합제는 처리시기 및 처리약량에 관계없이 벼 품종간 정도차이가 크므로 기능성, 가공용 그리고 사료용 벼 품종이 재배되는 포장에서는 사용에 세심한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구의 목적은 설폴닐우레아계 제초제에 대한 저항성 잡초종 방제에 효과적인 HPPD(4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase) 저해 제초제, *mestrione*, *benzobicyclone* 및 *tefuryltrion*에 대한 벼 품종 간의 약해 정도를 구명하기 위하여 수행하였다. 총 26 벼 품종(통일형 8품종 그리고 일본형 18품종)은 육묘상자에서 25일 동안 생육시킨 후 이양하였고, 이양 후 5, 10, 그리고 15일에 각각의 제초제를 표준량 그리고 배량을 처리하였다. 비록 *mestrione*, *benzobicyclone* 및 *tefuryltrion* 제초제가 동일한 HPPD 저해 제초제들이지만 이들 제초제의 처리 시기나 약량에 따라 벼 품종별 약해 정도와 증상은 서로 상이하였다. 시험약제 모두에서 통일형 품종이 일본형 품종보다 약해가 심하게 발생하였다. *Mesotrione*은 약량이 증가할수록, *benzobicyclone*은 처리시기가 빠르고 약량이 증가할수록 약해가 심하

었다. 반면에 *tefuryltrion*은 처리시기와 약량에 따라 품종간의 약해변이는 크지 않았다. *Mesotrione*과 *benzobicyclon*에 대한 통일형 품종인 한강찰벼 1호와 향미벼 1호, 초다수성 품종인 남천벼, 다산벼, 아름벼, 그리고 한아름벼 품종들의 약해는 처리시기 및 약량에 관계없이 백화, 잎과 줄기의 갈변, 잎 꺾임, 괴사를 동반한 5~8 정도의 약해 증상을 보인 반면에 *tefuryltrion*은 단지 1~3 정도의 황화 및 백화, 갈변 증상만을 보였다. 일본형 품종에 대한 약해는 제초제의 처리시기와 약량에 따라 1~2 정도의 가벼운 약해 증상을 보였지만 제초제 종류에 따라 품종간에 유의적인 차이를 나타냈다. 13개의 일본형 품종들은 *benzobicyclon*에 대해 민감하였으며, 일본형 4품종과 7품종들은 각각의 *mestriane*과 *tefuryltrion*에 대해 황화 및 백화를 동반한 증상이 나타났다. 그러므로 *mestriane*과 *benzobicyclon*, 그리고 *tefuryltrion* 성분이 함유된 혼합제는 처리시기 및 처리약량에 관계없이 벼 생태형 간에 심각한 약해 증상을 나타내므로 식용(기능성용 및 가공용 벼) 또는 사료용을 위한 벼 재배 포장에서의 사용을 지양해야 할 것으로 사료된다.

인 용 문 헌

- Abit, M. J. M., and K. Al-Khatib. 2009. Absorption, translocation and metabolism of mesotrione in grain sorghum. *Weed Sci.* 57:563-566.
- Barta, I. C., and P. Boger. 1996. Purification and characterization of 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase from maize. *Pestic. Sci.* 48:109-116.
- Han S. S., K. Y. Yoo, M. S. Park, and D. W. Kang. 2009. Reactivity of herbicide benzobicyclon in rice and weed rice. *Korean J. Weed Sci.* 29 (Supp. 2):105.
- Im, I. B., S. Kim, S. H. Ahn, X. H. An, and S. H. Cho. 2008. Control characteristics of weed (red) rice (*Oryza sativa* L.) by benzobicyclon application. *Korean J. Weed Sci.* 28(2):181-188.
- Kim, S. Y., J. Y. Lee, U. S. Yeo, S. H. Oh, S. T. Park, J. H. Lee, K. H. Jeong, J. H. Cho, Y. C. Song, and H. W. Kang. 2010. Differential tolerance of rice cultivars to mesotrione-contained herbicides. *Korean J. Weed Sci.* 30(3):300-307.
- Komatsubara, K., K. Sekino, Y. Yamada, H. Koyanagi, and S. Nakahara. 2009. Discovery and development of a new herbicide, benzobicyclon. *J. Pestic. Sci.* 34(2):113-114.
- Korea Crop Protection Association (KCPA). 2011. Guide book of using the agrochemicals. Sam Jeong Press Co., Seoul. 1309p.
- Lee, D. L., M. P. Prisbylla, T. H. Cromatie, D. P. Dagarin, S. W. Howard, W. M. Provan, M. K. Ellis, T. Fraser, and L. C. Mutter. 1997. The discovery of P-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. *Weed Sci.* 45:601-609.
- Lee, I. Y., C. S. Kim, J. Lee, B. C. Moon, and Y. G. Jeong. 2011. Biological characteristics of bromobutide+imazosulfuron+mefenacet GR using paddy fields. *Korean J. Weed Sci.* 31(4):401-404.
- Pallett, K. E., J. P. Little, P. Veerasekaran, and F. Viviani. 1997. Inhibition of 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase : the mode of action of the herbicide RPA 201772 (isoxaflutole). *Pestic. Sci.* 50:83-84.
- 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.
- Ryang, H. S., and I. K. Kim. 1986. Studies on factors affecting the injury caused by simetryne to rice plants of Tongil variety. *Korean J. Weed Sci.* 6(1): 48-58.
- Ryang, H. S., S. S. Han, and J. S. Kim. 1981. Weeding effect and phytotoxicity variable in herbicide treatment in mechanically transplanted paddy field 1. Effect of application time on weeding effect and phytotoxicity. *Korean J. Weed Sci.* 1(1):69-77.
- Sekino, K. 2002. Discovery study of new herbicides from the inhibition of photosynthetic pigments biosynthesis (development of a new plastoquinone biosynthetic inhibitor, benzobicyclon as a herbicide). *Japanese J. Weed Sci.* 27:388-391.

- Sekino, K., H. Koyanagi, E. Ikuta, and Y. Yamada. 2008. Herbicidal activity of a new paddy bleaching herbicide, benzobicyclon. *J. Pestic. Sci.* 33(4), 364-370.
- Song, J. E., M. S. Park, J. H. Jeong, E. H. Park, and C. K. Jeong. 2011. Herbicidal efficacy affected by different formulation of benzobicyclon-mixtures herbicides in paddy rice field. *Korean J. Weed Sci.* 31(4):384-393.
- 양원하, 한희석, 안종웅, 박창길, 이충근, 손지영, 김준환, 이미현, 이은형, 안치중. 2010. 제초제 벤조비사이클론(Benzobicyclon)에 대한 초다수성벼와 특수미의 약해정도. *한국작물학회지* 55(S1):40.
- 한국작물보호협회. 2012. 작물보호제 지침서. 1351p.