

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

벼 답수직파 논 잡초방제 체계에 따른 올방개 방제 특성

임일빈^{1*} · 임보혁¹ · 박재현¹ · 임민혁¹ · 김대현¹ · 장정현¹ · 최경진²

¹(주)바이오식물환경연구소, ²국립식량과학원

Eleocharis kuroguwai Control Systems and Their Effects on Tuber Formation in Directly Seeded Paddy Fields

Il-Bin Im^{1*}, Bo-Hyeok Im¹, Jea-Hyeon Park¹, Min-Hyeok Im¹,
Dea-Hyeon Kim¹, Jeong-Han Jang¹, and Kyeong-Jin Choi²

¹Bio-Plant Environment Research Center, 272-9 Mujinro Kwangsan, Kwangju 62364, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea

ABSTRACT. This study was conducted to investigate the ecology of weed occurrence and to establish an economical paddy field weed control system for direct-seeded rice on water. The main problem weed among annual and perennial weeds was *Eleocharis kuroguwai*. The control effect of *E. kuroguwai* was low by the application of azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl at the early stages of rice in directly seeded paddy fields, but most annual weeds including *Echinochloa crus-galli* were controlled. Also, the additional application of pyrazosulfuron-ethyl + thiobencarb GR at 20 days after first treatment or of bentazone SL at 43 days after the first treatment effectively controlled *E. kuroguwai*. Tuber formation of *E. kuroguwai* was inhibited by the additional application of pyrazosulfuron-ethyl + thiobencarb by 84%, but the dormancy rate of old tubers of *E. kuroguwai* under the soil was higher than that of *E. kuroguwai* tubers following single application of azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl at the early stages of rice. Tuber formation was inhibited by the additional application of bentazone by approximately 87%, and the old tuber dormancy rate was low in the bentazone treatment. High amounts of old dormant tubers of *E. kuroguwai* were found in the weedy plots.

Key words: Direct seeding, *Eleocharis kuroguwai*, Rice, Weed control

Received on November 19, 2016; Revised on December 7, 2016; Accepted on December 8, 2016

*Corresponding author: Phone) +82-62-945-5031, Fax) +82-62-945-5032; E-mail) imweed@hanmail.net

© 2016 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

농경지에서 작물 재배시 잡초방제의 생력화는 노동력을 크게 절감할 수 있는 부분이다. 현재 우리나라 벼 재배 논에서 제초활성이 높고 단위 면적당 사용량이 매우 적은 설펜포닐우레아계 제초제가 농가에 보급되어 잡초방제의 효과 면에서 상당한 기여를 했다고 볼 수 있다. 그러나 최근에는 이들 제초제의 연용으로 특정한 잡초가 우점화되는 경향이 나타나고 있는 실정이다. 특히 다년생잡초인 올방개(*Eleocharis kuroguwai* Ohwi)는 우리나라 전국 벼 재배 논에서 우점도가 9.5% 정도를 차지하고 있을 뿐만 아니라

(Park et al., 2002), 최근 조사에서도 전국 각도에서 4.6-11.3% 정도의 우점도를 보이고 있어(Ha et al., 2012) 벼 재배 논에서 가장 문제가 되고 있는 잡초임에 틀림없다. 이에 따라 올방개에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 올방개의 발생 생리 생태 및 번식 등에 관한 연구(Kim and Kwon, 1985; Chun and Shin, 1994a; Im et al., 1989, 1990; Kim et al., 1989; Ku and Choung, 1993; Kim et al., 1996, 1997; Lee et al., 1994a, 1994b; Lee and Pyon, 2001; Kwon and Seng, 1983; Shin and Chun, 1991, 1993a, 1993b), 방제 연구로는 제초제를 이용한 방제(Chang and Kusanagi, 1982; Im et al., 1991, 2002, 2003; Lee et al., 1994a; Lee et al., 2005;

Park et al., 2002; Park et al., 2009; Shin et al., 1992; Shin and Chun, 1993a, 1993b), 병원균을 이용한 생물학적 방제(Hong et al., 2001, 2002), 물리적 방제(Kim et al., 2006; Kwon et al., 2002) 등이 많이 시도되었다. 또한 Im et al. (2002)에 의하면 pyrazosulfuron-ethyl + molinate (0.07+5%) GR, bensulfuron-methyl + butachlor (0.17+2.5%) GR, pyrazolate + butachlor (6+1.5%) GR를 처리한 논에서는 올방개의 우점도가 각각 36, 24, 65% 정도로 가장 높았다고 하였다. 이로 미루어 볼 때 근래에 다년생잡초를 방제 대상으로 개발된 이들 혼합 제초제의 사용으로도 올방개의 방제는 쉽지 않은 것으로 판단된다. 특히 올방개는 논에서 발생하는 다른 일년생 및 다년생 잡초보다도 발생시기가 늦고 지속적이기(Ku and Choung, 1993) 때문에 반감기가 짧은 설펜닐우레아계 제초제의 처리는 일시적인 발생 및 생장억제 효과(Chun and Shin, 1994a)로 완전 방제가 어려우며, 또한 올방개의 괴경은 단일조건인 8월초부터 형성되기 시작하여 10월말까지 형성되며(Im et al., 1989), 형성된 괴경은 다음해에 80% 정도만 망아하고 20% 정도는 휴면하고 있어 발생원이 토양 속에 남아 있기(Im et al., 1990) 때문에 당년에는 완전방제가 곤란하다. 따라서 본 연구는 벼 담수직파 재배 논에서 설펜닐우레아계 제초제의 연용에 따른 올방개를 중심으로 한 잡초발생 생태를 구명하고, 이에 따른 합리적인 잡초방제 체계를 설정하고자 실시되었다.

재료 및 방법

벼 담수직파 논에서 유사 제초제(설펜닐우레아계 혼합제)의 연용에 의한 잡초발생 생태를 구명하고 이에 따른 합리적인 잡초방제 체계를 확립하고자 동진1호를 5월 20일에 ha당 40 kg 파종하였다. 시비량은 N, P₂O₅, K₂O를 ha당 각각 110, 70, 80 kg으로 하였다. 잡초방제에 사용한 제초제는 azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl (0.03+0.15+0.1%) 입제(이하 ACP)를 파종 후 12일에 ha당 30 kg을 살포 하였다. 시험 포장은 표준 잡초방제 포장으로 다년생잡초인 올방개의 발생이 점차 증가함에 따라 동일한 재배법으로 파종 후 12일에 ACP의 ha당 30 kg과 파종 후 32일에 pyrazosulfuron-ethyl + thiobencarb (0.07+7%) 입제(이하 PT)의 ha당 30 kg 또는 파종 후 55일에 bentazone (40%) 액제의 ha당 4 L를 체계처리 하였다. 잡초조사는 각 잡초방제 체계에 따라 시기별로 잡초방제 효과를 구명하기 위하여 6월 30일, 7월 30일, 8월 30일의 3회 실시하였다. 조사방법은 50 cm × 50 cm의 격자를 이용 모든 잡초를 채취하여 80°C에서 1일, 70°C에서 4일 건조 후 건물중을 평량하여 m²당 잡초 발생량으로 환산하였다. 기타는 농촌진흥청의 표준재배법에 준하였다.

결과 및 고찰

잡초발생 및 방제 효과

벼 담수직파 재배 논에서 ACP의 1회 처리시 피, 발뚝외 풀, 알방동사니, 올챙고랭이, 여뀌 등은 완전히 방제되었으나, 올방개는 무방제에 비하여 파종 후 48일에 38%, 78일에 61%, 108일에는 48% 정도 생존하고 있으며, 전체 잡초 방제효과는 파종 후 48일경에 85% 정도이던 것이 78일에 76%, 108일에는 64% 정도로 크게 낮아졌다(Table 1). 이와 같이 ACP의 1회 처리는 초기에는 어느 정도 방제 효과가 있었으나, 후기에는 올방개의 생장이 회복되어 방제효과가 낮아진 경향이였다. 따라서 이러한 방제효과를 보완하기 위하여 1차로 파종 후 12일에 ACP를 처리한 후 20일에 PT 또는 파종 후 55일에 bentazone 액제를 2차 처리한 결과 올방개의 발생량을 크게 감소시켜 파종 후 78일에 잡초방제 효과는 1회 처리시의 76%에 비하여 2회 처리시에는 두 경우 모두 92% 이상으로 높았다. 이는 Park et al. (2002)의 올방개 및 벧풀 우점 논에서 이앙 후 10일에 benfuresate + bensulfuron (1.5+0.1%) 입제와 30일에 molinate + cinosulfuron (7+0.08) 입제 또는 이앙 후 10일에 pyrazosulfuron-ethyl + molinate (0.07+5) 입제와 40일에 molinate + cinosulfuron (7+0.08) 입제의 처리에서 올방개의 발생을 크게 억제시킬 수 있었다는 보고와 유사한 경향 이었다. Chun and Shin (1994b)이 bensulfuron-methyl 1회 처리시 올방개의 생장이 30-35일 정도 억제되었다고 한 것으로 미루어 볼 때 이들의 중복처리는 올방개의 생장을 60-70일 정도 억제시킬 것으로 사료 된다.

올방개 방제 및 괴경형성에 미치는 영향

벼 담수직파 재배 논에서 ACP의 1회 처리시 올방개에 대한 시기별 방제효과를 보면(Table 2), 파종 후 48일경에 62%, 78일 이후에는 39% 정도로 후기에는 낮아지는 경향으로 초기에는 어느 정도 방제 효과가 있었으나, 후기에는 회복되어 방제효과가 미미한 경향이였다. 이는 초기에 다른 잡초의 방제로 생존하여 있는 올방개는 경합에서 유리하기 때문이며, 또한 올방개의 괴경은 토양 중 25 cm 까지 분포하고 있어 이들이 발생하는 시기가 달라 제초제를 처리해도 발생심도에 따라 방제효과가 차이가 있다고 하였다(Chun and Shin, 1994a). 따라서 올방개의 방제효과를 높이기 위해서 1차 ACP처리 후 20일에 PT 또는 파종 후 55일에 bentazone 액제를 2차 처리한 결과, 올방개의 방제효과를 90% 이상으로 높일 수 있었다. Park et al. (2002)도 올방개 우점 논에 benfuresate + bensulfuron (1.5+0.1%) 입제와 molinate + cinosulfuron (7+0.08) 입제 또는 pyrazosulfuron-ethyl + molinate (0.07+5%) 입제와 molinate + cinosulfuron

Table 1. Efficacy of several herbicide applications and weed species occurrence changes in direct seeding on water paddy field.

Time	Application		Dry weight (g m ⁻²)								Efficacy (%)
	12 DAS	32(55) DAS	EC ^y	LP	CD	RI	SJ	PH	EK	Total	
48 DAS ^w	ACP ^x	–	0	0	0	0	0	0	23.0	23.0b ^z	85.1
	ACP	PT	0	0	0	0	0	0	6.4	6.4b	95.8
	ACP	(BT)	0	0	0	0	0	0	24.8	24.8b	83.9
	Weedy check		5.6	7.4	18.3	0.8	57.3	3.7	61.0	154.1a	–
78 DAS	ACP	–	0	0	0	0	0	0	107.8	107.8b	76.5
	ACP	PT	0	0	0	0	0	0	34.7	34.7c	92.4
	ACP	(BT)	0	0	0	0	0	0	15.8	15.8c	96.6
	Weedy check		29.5	3.2	166.5	0.7	84.2	0.1	175.2	459.4a	–
108 DAS	ACP	–	0	0	0	0	0	0	244.4	244.4b	64.1
	ACP	PT	0	0	0	0	0	0	138.2	138.2c	79.7
	ACP	(BT)	0	0	0	0	0	0	27.2	27.2d	96.0
	Weedy check		77.5	0	16.5	0	75.0	0	511.9	680.9a	–

^wDAS: days after seeding.

^xACP: Azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl methyl (0.03+0.15+0.1%); PT: Pyrazosulfuron-ethyl + thiobencarb (0.07+7%); BT: bentazone (40%).

^yEC: *Echinochloa crus-galli*; MV: *Monochoria vaginalis*; LP: *Lindernia procumbens*; CD: *Cyperus difformis*; RI: *Rotala indica*; SJ: *Scirpus juncooides*; PH: *Persicaria hydropiper*; EK: *Eleocharis kuroguwai*.

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level of significance.

Table 2. Weed control effect of in each herbicide application system and tuber formation inhibition rate of *Eleocharis kuroguwai* in directly seeded paddy field.

Herbicide	Control effects			Formation inhibition rate of tuber (%)
	48 DAS ^y	78 DAS	108 DAS	
Azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl GR	62b ^z	39b	52c	16b
Azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl fb pyrazosulfuron-ethyl + thiobencarb GR	90a	80a	73b	84a
Azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl GR fb bentazone SL	59b	91a	95a	87a

^yDAS: Days after seeding.

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level of significance.

(7+0.08) 입제의 체계처리로 올방개를 90% 이상 방제할 수 있었다고 하였다. 그러나 본 실험에서 올방개와 같은 난 방제잡초는 후기에 bentazone 액제의 단일처리로 토양처리 입제의 체계처리보다 효과가 높고 또한 동일 계통의 중복 살포와 더 이상 사용하지 않아도 되는 일년생대상 제초제의 과다 살포를 피할 수 있어 보다 효율적이라고 생각된다. Im et al. (1989)은 기계이앙 재배시 올방개의 방제는 파종 후 10~15일에 토양처리제를 살포하고, 이앙 후 50일에 bentazone 액제를 처리하는 것이 효과적이었다고 하였으며, Chang and Kusanagi (1982)은 올방개에 대한 bentazone 처리가 역초 작용도 강하고 역초 기간도 길다고 하였다. 또한 올방

개는 지하부에 형성되어 있는 괴경에 의해서 발생되기 때문에 이들의 형성을 억제시키면 다음 해에 올방개의 발생을 줄일 수 있다. 잡초방제 체계에 따른 올방개의 괴경형성 억제효과를 보면(Table 2) 파종 후 12일에 ACP의 1회 처리는 16% 정도로 극히 낮았으나, 파종 후 12일에 동일한 약제를 처리하고 20일 후에 PT 를 처리할 경우는 중 후기에 80% 이상의 방제효과를 나타내었고, 괴경형성 억제는 84% 정도 이었으며, 파종후 12일에 동일한 약제를 처리하고 55일에 bentazone 액제를 처리한 경우에는 중후기의 올방개 방제효과는 90% 이상, 올방개의 괴경형성 억제 효과는 87%로 보다 높은 편이었다. Im et al. (1989)에

의하면 올방개의 괴경 형성시기는 벼와 경합할 경우는 8월 초순이었으며, 7월 중순부터 8월 3일 경까지 bentazone 액제의 경엽처리시 괴경형성이 극히 적었다고 하였다. 이는 괴경형성의 시작이 8월 초인 것을 고려하여 보면 이 시기의 약 20여일 전부터 지상부 줄기를 고사시키는 것이 괴경형성 억제에 효과적이라는 것을 시사해 주는 것이다. 따라서 본 실험에서 bentazone의 처리시기가 7월 중순으로 이와 부합되는 시기에 처리되었기 때문에 괴경형성의 억제효과가 크게 나타났던 것으로 판단된다. 잡초방제 체계별로 올방개 괴경의 토양 중에 형성된 분포를 보면(Fig. 1), 잡초 무 방제의 경우는 10~15 cm 토층에 가장 많이 형성되었고, 15~20 cm, 5~10 cm, 20~25 cm, 0~5 cm 토층 순으로 형성 괴경이 많이 분포하고 있었으며, ACP의 1회 처리는 10~20 cm 층에 대부분 형성되어 있어, 무 방제보다는 깊은 토층에 형성되는 경향으로 이는 다른 잡초는 거의 방제되고 올방개만 남아 있어 생육이 양호한 결과로 괴경의 형성 시기가 빨랐기 때문으로 생각된다. Shin and Chun (1993a)에 의하면 조기에 형성된 괴경일수록 토층 깊이 형성되며, Kim et al. (1997, 1996)은 조기 이앙으로 올방개의 발생이 빠를 경우에 괴경 형성량이 증가한다고 하였다. 그러나 ACP처리와 bentazone의 체계처리에서는 괴경의 형성량이 적으면서 20~25 cm의 심토 층에는 형성된 괴경이 거의 없고, 5~15 cm 토층에 약간 형성되었는데 이는 후기에 bentazone의 처리로 경엽이 거의 고사되고 생존 올방개가 적어 괴경 형성능력이 저하되고, 또한 늦게 형성되었기 때문으로 사료된다. Kim et al. (1997)은 후기에 형성된 괴경은 주로 표층에 형성된다고 하였다. 또한 잡초방제 체계별로 벼 수확 후 토양 속에 들어있는 올방개의 괴경을 당년에 형성된 신 괴경과 이미 토양 속에서 휴면하고 있는 구 괴경으로 나누어 보면(Fig. 2), ACP의 1회 처리에서는 구 괴경이 적게 남아 있고 신 괴경이 많이 형성되었으나, sulfonylurea계 혼합제 2회 즉 ACP와 PT의 체계처리에서는 신 괴경의 형성량은 적으나, 이전에 형성된 휴면 괴경이 남아 있는 경향이었다. Chun and Shin (1994b)에 의하면 bensulfuron-methyl의 51 g ha⁻¹ 처리로 올방개의 생장이 억제되다가 처리 후 30~35일경부터 상대생장율이 증가한다고 하여 이때가 재생의 시점이라고 하였으며, 또한 괴경의 성장력은 70일 정도 지속된다고 하였다. 따라서 휴면 괴경이 많이 남아 있는 것은 sulfonylurea계 제초제의 2회 연속처리로 올방개 괴경의 맹아가 장기간 억제되고 괴경의 성장력이 지속되었기 때문이며, 후기에는 경합에 의하여 출아하지 못하였기 때문으로 사료된다. 이는 올방개의 방제체계를 설정하는데 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다. 그러나 ACP 처리 후 bentazone의 체계처리에서 새로운 괴경의 형성과 휴면 괴경이 적은 것은 초기 ACP처리

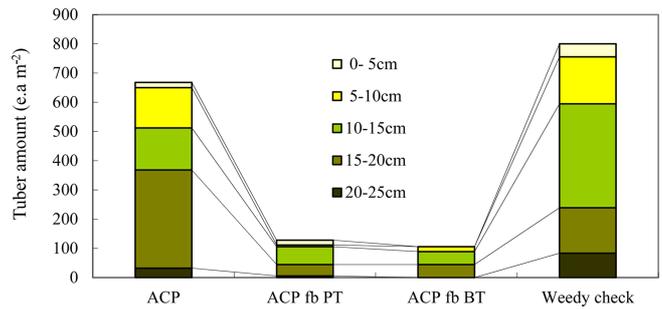


Fig. 1. Tuber amounts of *Eleocharis kuroguwai* made under the soil according to each weed control system in directly seeded paddy field. ACP: Azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl (0.03+0.15+0.1%); PT: Pyrazosulfuron-ethyl + thiobencarb (0.07+7%); BT: bentazone (40%).

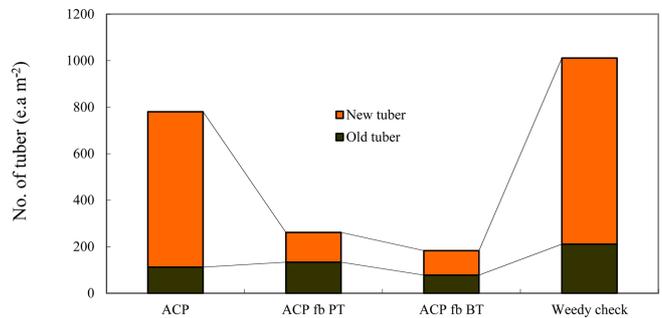


Fig. 2. New and old tuber amounts of *Eleocharis kuroguwai* under the soil according to each weed control system in directly seeded paddy field. ACP: Azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl (0.03+0.15+0.1%); PT: Pyrazosulfuron-ethyl + thiobencarb (0.07+7%); BT: bentazone (40%).

후에는 다른 잡초는 대부분 방제되고 올방개만 남아 맹아할 수 있는 환경이 양호하여 토층에 있는 괴경이 많이 출아하였으며, 생육이 진전된 이후 괴경 형성에 영향이 큰 시기에 bentazone이 처리되어 경엽이 고사되었기 때문으로 사료된다.

벼 생육 및 수량

잡초방제 체계별 벼 생육 및 수량을 Table 3에서 보면, 출수기, 간장, 수장, 주당수수는 제초제 처리 간 큰 차이 없었으나, ACP의 1회 처리의 경우 수당 립수가 적었고, 무방제 구에서는 잡초발생의 영향으로 제초제 처리구에 비해 단위 면적당 수수와 수당 립수가 적은 경향이었다. 쌀 수량은 ACP의 파종 후 12일 1회 처리에 비하여 무방제의 경우는 81% 감소되었으나, ACP와 PT 및 bentazone 액제의 체계처리 경우는 수량 감수가 없는 경향이었다.

요 약

벼 담수직파 재배시 제초제 사용에 따른 잡초발생 생태

Table 3. The growth and yield of rice according to each herbicide application system in directly seeded paddy field.

Application		Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle per hill	No. of spikelets per panicle	Ripened grain (%)	1,000 grain (g)	Milled rice (kg 10 a ⁻¹)	Index
12 DAS ^x	32(55) DAS									
ACP ^y	–	Aug. 17	73	19.1	377	63.8	90.6	24.6	460b ^z	92
"	PT	Aug. 17	73	19.7	395	68.1	93.0	24.8	483ab	96
"	(BT)	Aug. 17	73	19.7	383	65.3	92.3	25.0	492a	98
Hand weeded		Aug. 17	72	19.7	419	73.4	92.6	25.0	502a	100
Weedy check		Aug. 17	69	18.1	141	46.4	87.3	23.8	95c	19

^xDAS: days after seeding.

^yACP: Azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl (0.03 + 0.15 + 0.1%); PT: Pyrazosulfuron-ethyl + thiobencarb (0.07 + 7%); BT: bentazone (40%).

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level of significance.

를 구명하고, 합리적인 잡초방제 체계를 확립하고자 연구한 결과는 다음과 같다.

벼 종자 파종 후 12일에 설포닐우레아계 혼합제초제 (azimsulfuron + carfentrazone-ethyl + pyriminobac-methyl) 처리는 피 등 일년생잡초의 방제효과는 높았으나, 올방개의 방제효과는 낮았다. 그러나, 설포닐우레아계 혼합제초제 초중기처리 후 20일에 설포닐우레아계 혼합제초제 (pyrazosulfuron-ethyl + thiobencarb)의 체계처리는 올방개의 방제효과가 높고, 새로운 괴경의 형성량은 적었으나, 구 괴경의 휴면율은 높았다. 또한 설포닐우레아계 혼합제초제의 초중기처리와 파종 후 55일에 bentazone 액제의 체계처리는 올방개의 방제효과가 높고, 새로운 괴경의 형성량도 적었으며, 휴면 괴경도 적었다.

Acknowledgements

This study was carried out with support of the "Research Program for Agricultural Science & Technology Development" (Project No. PJ01157704), Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Chang, Y.H. and Kusanagi, T.I. 1982. Herbicidal effect on perennial paddy weed *Sagittaria* and *Eleocharis*. Kor. J. Weed Sci. 2(1):41-46. (In Korean)
- Chun, J.C. and Shin, H.S. 1994a. Effect of depth of tuber burial, soil temperature, and soil moisture on tuber sprouting of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. Kor. J. Weed Sci. 14(1):49-55. (In Korean)
- Chun, J.C. and Shin, H.S. 1994b. Physiological changes of *Eleocharis kuroguwai* during period of growth inhibition caused by bensulfuron-methyl. Kor. J. Weed Sci. 14(3):171-175. (In Korean)
- Ha, H.Y., Hwang, K.S., Suh, S.J., Lee, I.Y., Oh, Y.J., et al. 2012. A survey of weed occurrence on paddy field in Korea. Weed Turf. Sci. 3(2):71-77. (In Korean)
- Hong, Y.K., Hyun, J.N., Ryu, K.L., Shin, D.B. and Kim, S.C. 2002. The suitable cultural conditions for inoculum production of *Epicoccossorus nematosporus* as a mycoherbicide agent. Kor. J. Weed Sci. 22(1):61-66.
- Hong, Y.K., Ryu, K.L., Shin, D.B., Song, S.B., Lee, B.C., et al. 2001. Effect of some pesticides on the fungus *Epicoccossorus nematosporus* and synergistic effect in combination with herbicides on *Eleocharis kuroguwai* control in rice paddy field. Kor. J. Weed Sci. 21(4):365-372.
- Im, I.B., Chun, B.T., Park, S.H. and, Guh, J.O. 1990. Study on the dormancy and emergence of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. Kor. J. Weed Sci. 10(3):186-191. (In Korean)
- Im, I.B., Kang, J.G. and Kyoung, E.S. 2003. Weeding effects and tuber formation of *Eleocharis kuroguwai* by weed control system in machine transplanting rice paddy. Kor. J. Weed Sci. 23(3):213-220. (In Korean)
- Im, I.B., Kyoung, E.S., Kang, J.G. and, Kim, S. 2002. Weed emergence of rice machine transplanting paddy field in Honam area. Kor. J. Weed Sci. 22(2):128-136. (In Korean)
- Im, I.B., Park, S.H. and Guh, J.O. 1991. Study on control and tuberization inhibition of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. Kor. J. Weed Sci. 11(1):60-67. (In Korean)
- Im, I.B., Shim, I.S., Lee, S.Y. and Park, S.H. 1989. Tuberization time and control of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. Kor. J. Weed Sci. 9(1):34-38. (In Korean)
- Kim, H.D., Park, J.S., Park, K.Y., Choi, Y.J., Yu, C.J., et al. 1996. Studies on characteristics of sprouting and occurrence on paddy field of water chestnut (*Eleocharis kuroguwai* Ohwi). Kor. J. Weed Sci. 16(4):264-281. (In Korean)
- Kim, H.D., Park, J.S., Park, K.Y., Choi, Y.J., Yu, C.J., et al. 1997. Studies

- on tuberization characteristics of water chestnut (*Eleocharis kuroguwai* Ohwi). Kor. J. Weed Sci. 17(1):10-23. (In Korean)
- Kim, J.C., Son, S.Y., Yu, K.R. and Yoon, J.S. 1989. Effect of tuber size, bud and tuber removal, tuber cutting on growth of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. Kor. J. Weed Sci. 9(1):28-33. (In Korean)
- Kim, K.U. and Kwon, S.T. 1985. Bud sprouting and tuberization of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. Kor. J. Weed Sci. 5(1):43-49. (In Korean)
- Kim, S., Im, I.B., Kang, J.K., Kim, J.D. and Lee, K.I. 2006. Effect of cultivating weeder on tuber formation and shoot growth of *Eleocharis kuroguwai* in rice paddy field. Kor. J. Weed Sci. 26(3):303-308. (In Korean)
- Ku, Y.C. and Choung, S.G. 1993. Studies on the environmental factors affecting growth and tuber formation of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. Kor. J. Weed Sci. 13(1):44-54. (In Korean)
- Kwon, O.D., Kuk, Y.I., Shin, H.R., Park, I.J. and Guh, J.O. 2002. The pattern of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi occurrence and growth and yield of rice plant by different tillage methods. Kor. J. Weed Sci. 22(3):227-233. (In Korean)
- Kwon, Y.W. and Seong, K.Y. 1983. Ecological characteristics of local collections of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. and their geographical differentiation. Kor. J. Weed Sci. 3(1):23-28. (In Korean)
- Lee, H.K., Lee, I.Y., Ryu, G.H., Lee, J.O. and Lee, E.J. 1994a. Biological properties of benfuresate and cinosulfuron for chemical control of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. Kor. J. Weed Sci. 14(4):272-279. (In Korean)
- Lee, H.K., Lee, I.Y., Ryu, G.H., Lee, J.O. and Lee, E.J. 1994b. Sprouting and emergence properties of *Eleocharis kuroguwai* Ohwi. Kor. J. Weed Sci. 14(4):233-238. (In Korean)
- Lee, S.G. and Pyon, J.Y. 2001. Effect of temperature on emergence and early growth of perennial paddy weeds. Kor. J. Weed Sci. 21(1):42-48. (In Korean)
- Lee, S.G., Choi, H.G., Lee, J.C., Chung, C.T., Shin, C.W., et al. 2005. Weed control system of sulfonyleurea herbicide-resistant *Monochoria vaginalis* and *Eleocharis kuroguwai* in machine transplanting rice. Kor. J. Weed Sci. 25(1):14-22. (In Korean)
- Park, J.E., Lee, I.Y., Oh, S.M., Jin, Y.D. and Kwon, H.Y. 2009. Herbicidal efficacy of water chestnut (*Eleocharis kuroguwai* Ohwi) as influenced by different environmental conditions. Kor. J. Weed Sci. 29(1):75-82. (In Korean)
- Park, J.S., Han, S.W., Cho, Y.C., Kim, Y.H. and Rho, Y.D. 2002. Weed control effect by systematic applications of herbicide on *Eleocharis kuroguwai* Ohwi and *Sagittaria trifolia* L. in rice paddy field. Kor. J. Weed Sci. 22(2):108-115. (In Korean)
- Shin, H.S. and Chun, J.C. 1991. Development of freezing resistance of *Eleocharis kuroguwai* tuber. Kor. J. Weed Sci. 11(3):205-210. (In Korean)
- Shin, H.S. and Chun, J.C. 1993a. Difference in sensitivity of *Eleocharis kuroguwai* tubers to bensulfuron-methyl at different burial depths. Kor. J. Weed Sci. 13(1):55-61. (In Korean)
- Shin, H.S. and Chun, J.C. 1993b. Some biological characteristics of tuber formation in *Eleocharis kuroguwai*. Kor. J. Weed Sci. 13(2):132-137. (In Korean)
- Shin, H.S., Chun, J.C. and Lee, C.K. 1992. Effect of bensulfuron-methyl on bud sprout and regrowth from growth cessation in *Eleocharis kuroguwai*. Kor. J. Weed Sci. 12(1):1-7. (In Korean)