

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 어린모 기계이앙답에서 수면부상성 Benzobicyclon 합제의 제초활성

원옥재¹ · 신훈탁¹ · 노석원^{2*} · 박기웅^{1*}
¹충남대학교 식물자원학과, ²국립식량과학원

Herbicidal Efficacy of Benzobicyclon Up Granule Formulations in Infant Seeding Machine Transplanting of Rice

Ok Jae Won¹, Hun Tak Sin¹, Sug-Won Roh^{2*}, and Kee Woong Park^{1*}

¹Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

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

ABSTRACT. This study was conducted to investigate the herbicidal efficacy of up granule formula of benzobicyclon mixtures, benzobicyclon + azimsulfuron + oxaziclomefone up granule (BAO UG) and benzobicyclon + bensulfuron-methyl + fentrazamide up granule (BBF UG) to control annual and perennial weed species in a rice paddy field. Four annual weed species including *Echinochloa crus-galli* L. and three perennial weeds were dominated in the experimental field. Application of BAO UG and BBF UG was highly effective to control both annual and perennial weed species. No phytotoxic effect was observed in the rice based on the plant height, the number of tillers, and culm and panicle length. Finally, rice yield in the BAO UG and BBF UG treatment was as much as that in the hand weeding. This study indicates that self-dispersible floating formula of benzobicyclon mixtures can be applied to control both annual and perennial weed species in rice paddy fields and contribute to save labor costs.

Key words: Benzobicyclon, Herbicide mixtures, Up granule, Weed control

Received on November 11, 2016; Revised on November 14, 2016; Accepted on November 16, 2016

*Corresponding authors: ¹(Phone) +82-42-821-5726, Fax) +82-42-822-2631; E-mail) parkkw@cnu.ac.kr

²(Phone) +82-63-238-5362, Fax) +82-63-238-5356; E-mail) swroh98@korea.kr

© 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

1977년에 도입된 기계이앙 재배는 노동시간과 노동력의 큰 감소를 가져왔다(Park et al., 2006). 이후 기계이앙 재배 면적은 계속 증가하여 2010년대에는 전체 논 재배면적의 약 96.5%를 차지하였다(Kim et al., 2015). 또한 벼(*Oryza sativa*)의 육묘 과정도 중묘에서 어린모로 변화 하였는데, 어린모의 경우 육묘일수가 7-10일로 육묘상에서의 기간이 단축되어 생산비가 절감되는 효과가 있다(Park and Lee, 2011). 그러나 어린모의 경우 중묘에 비하여 본답에서의 재배기간이 길고 잡초와의 경합력이 약하여 초기 잡초방제가 되지 않고 경합 기간이 지속될 경우 벼의 수량은 약 40% 정도 감소한다(Im and Guh, 1995).

최근 제초제 시장은 경쟁력 향상과 생태계 영향 최소화, 저항성 잡초 출현 억제 등을 목표로 하며, 신규 화학제초제의 개발보다 기존의 제초제들을 혼합하여 상호보완이 가능한 제초제를 개발하고 있다(Kim et al., 2001). 삼원합제 제초제는 sulfonylurea (SU)계 제초제 저항성 잡초를 방제할 수 있는 제초제와 폭 넓은 방제가 가능한 SU계열의 제초제, 피 방제를 위한 제초제의 합제로 주로 이루어지고 있다.

SU계 제초제는 1998년에 국내의 논에서 발생하는 일년생잡초 및 다년생잡초를 동시에 방제할 수 있는 혼합제로 보급 되었다. SU계 제초제의 작용기작은 분지아미노산 생합성에 1차적으로 관여하는 효소인 acetolactate synthase를 억제하여 잡초를 고사시킨다(Hwang, 2003). SU계 제초제는 적은 약량으로 우수한 효과를 보이며 이용 면적이 확대

되었다(Park et al., 1999). 그러나 동일 포장에서 SU계 제초제의 연용으로 인하여 저항성 물옥잠(*Monochoria korsakowii*)이 1998년에 처음으로 보고되었으며, 이후 현재까지 총 13개 초종이 보고되었다(Park et al., 2014). 이처럼 SU계 제초제는 우수한 방제효과를 검증 받은 반면, 저항성 개체의 발생이 쉬운 단점을 갖고 있다. 이를 보완하고자 SU계와는 다른 작용기작을 가진 benzobicyclon이 최근 많이 사용되고 있다. Benzobicyclon은 피(*Echinochloa crus-galli*)를 제외한 대부분의 저항성 잡초 방제에 효과적이며, prenylquinone 생합성 경로의 HPPD (4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase)를 억제하여 plastoquinone 및 alpha-tocopherol의 생합성을 저해하며, 결과적으로 신엽의 백화현상을 일으켜 식물체를 고사 시키는 특징이 있다(Keisuke, 2002).

위와 같은 제초제의 조합 이외에도 제형에 대한 꾸준한 연구가 이루어지고 있다. 입제의 직접적인 농약 접촉에 대한 문제점 및 유제나 액상 제품의 살포 노력과 시간이 많이 소요되는 단점을 개선하기 위해 노력절감형 생력화제형인 수면부상성 점보형입제에 대한 연구가 진행되었으며(Kim et al., 1998), 이후 수도용 발포성 대형정제의 요인별 확산성 및 제초활성(Kim et al., 2001)과 수면부상성 입제의 결합제의 종류, 확산제의 조성 등에 따른 특성 비교(Song et al., 2004) 등 다양한 연구가 수행되었다. 수면부상성 입제의 경우 물의 표면에 정치된 입제가 일정한 방향성을 가지지 않고 이동 및 확산되는 특징을 지니고 있으며, 이로 인해 약제 처리시 기존의 입제보다 노동력과 노동시간의 경감 효과가 확인되었다(Kim et al., 2005). 또한 수면부상성 입제는 간편하게 논둑에서 수면 투척 처리하여도 약해 없이 전체 논에 약효를 균일하게 발휘할 수 있는 극 생력화 제형으로서의 효과도 알려져 있다(Kim et al., 2013).

따라서 본 실험은 SU 제초제 저항성 잡초의 방제가 가능한 benzobicyclon을 기반으로 한 수면부상성 입제를 이용하여 벼 어린모 기계이앙 답에 발생하는 일년생잡초 및 다년생잡초에 대한 방제효과와 벼에 대한 안전성을 확인하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

본 실험은 2014년도에 대전광역시 유성구에 위치한 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장에서 수행되었다. 모판은 5월 12일에 주남벼를 상자 당 200 g으로 파종한 후, 유리온실에서 10일간 발아 후 육묘하였다. 논 포장은 5월 18일 N-P₂O₅-K₂O를 1 ha당 각각 110-100-70 kg의 양으로 시비 후 로터리를 하였으며, 답수 이후 5월 20일에 씨레질을 하였다. 벼의 이앙은 5월 22일에 재식밀도 30×15 cm로 기계이앙 하였으며, 이앙 당시 묘소질은 초장이 10.8 cm에 2.1엽기였으며, 100본 당 건물중은 0.98 g이었다. 시험구 면적의 경우 시험약제는 100 m², 대조 및 손제초와 무처리는 20 m²로 썬라이트를 이용하여 구간을 나누었으며, 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 수행되었다.

약효시험은 시험약제인 Benzobicyclon + azimsulfuron + oxaziclomefone UG (BAO)와 Benzobicyclon + bensulfuron-methyl + fentrazamide UG (BBF) 및 대조약제인 Benzobicyclon + imazosulfuron + pyriminobac-methyl SC (BIP)를 이앙 후 11일(6월 1일)에 각각 수면투척과 원액수면점적 처리를 기준량(시험약제 3 L ha⁻¹, 대조약제 5 L ha⁻¹)으로 하였으며, 손제초구 및 무처리구와 비교하여 약효를 평가하였다. 손제초는 이앙 후 20일과 40일에 2회 실시하였다. 실험에 사용한 혼합제초제의 성분별 조성 함량은 Table 1과 같다. 약효조사는 약제처리 40일 후에 50×50 cm의 quadrat으로 균일한 2개 지점을 조사한 후 1 m²로 환산하였으며, 무처리구 건물중 대비 처리구 건물중의 비율로 환산하여 방제가로 평가하였다. 통계분석은 일원분산분석(one-way ANOVA)과 던컨다중검정(Duncan's multiple test)을 이용하여 유의성 검정을 하였으며 모든 통계자료는 SAS 9.4을 이용하여 분석하였다(SAS, 2000).

약해시험은 시험약제인 BAO UG와 BBF UG를 기준량(3 L ha⁻¹)과 배량(6 L ha⁻¹)으로 약효시험의 처리방법과 시기를 동일하게 하였으며, 손제초구 대비 약해를 평가하였다. 약해조사의 경우 약제처리 후 10일 간격으로 4회 초장과 경수를 조사하였으며, 최종적으로 벼 수확시기에 후기조사로 간장, 수장, 수수와 수확량을 조사하였다.

Table 1. Herbicide mixtures and abbreviations used in this experiment.

Herbicide formulation ²	Abbreviation	Active ingredient (%)	Field rate (kg ha ⁻¹)
Benzobicyclon + azimsulfuron + oxaziclomefone UG	BAO UG	9.7 (6.6+0.5+2.6)	3
Benzobicyclon + bensulfuron-methyl + fentrazamide UG	BBF UG	18.3 (6.6+1.7+10)	3
Benzobicyclon + imazosulfuron + pyriminobac-methyl SC	BIP SC	6.1 (4.0+1.5+0.6)	5

²UG: Up granule; SC: Suspension concentrate.

결과 및 고찰

시험포장에서는 일년생잡초인 물달개비(*Monochoria vaginalis*), 사마귀풀(*Aneilema keisak*), 자귀풀(*Aeschynomene indica*), 피와 다년생잡초인 벼물(*Sagittaria trifolia*), 올방개 (*Eleocharis kuroguwai*), 올챙이고랭이(*Scirpus juncooides*)가 시

험약제와 대조약제, 손제초, 무처리간의 제초활성을 비교 분석할 수 있을 정도로 충분하게 발생을 하였으며, 이 중 물달개비와 피, 올방개가 우점하였다.

약제처리 40일 후 잡초종별 발생 본수는 무처리를 제외한 시험약제인 BAO UG와 BBF UG, 대조약제인 BIP SC, 손제초 모두 일년생잡초와 다년생잡초가 동일한 수준으로

Table 2. Number of annual and perennial weed species 40 days after herbicide treatment.

Treatment ^x	Number of plant (plant m ⁻²)						
	Annual weeds				Perennial weeds		
	MV ^y	AK	AI	EC	ST	EK	SJ
BAO UG	2.0a ^z	2.0ab	2.0ab	4.0a	0.7a	1.3a	2.7ab
BBF UG	4.0a	2.0ab	2.0ab	2.7a	0.7a	0.0a	2.0a
BIP SC	4.7a	2.7ab	2.0ab	4.0a	1.3a	1.3a	1.3a
HW	2.7a	1.3a	0.0a	2.7a	0.0a	2.0a	2.3a
UC	17.3b	4.7b	9.3b	39.3b	9.3b	14.0b	6.7b

^xBAO: Bbenzobicyclon + azimsulfuron + oxaziclomefone; BBF: Benzobicyclon + bensulfuron-methyl + fentrazamide; BIP: Benzobicyclon + imazosulfuron + pyriminobac-methyl; HW: Hand weeding.

^yMV: *Monochoria vaginalis*; AK: *Aneilema keisak*; AI: *Aeschynomene indica*; EC: *Echinochloa crus-galli*; ST: *Sagittaria trifolia*; EK: *Eleocharis kuroguwai*; SJ: *Scirpus juncooides*.

^zMeans followed by the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 3. Effects of herbicide mixtures on the annual and perennial weed species 40 days after treatment.

Treatment ^x	Herbicidal activity (%)							Total
	Annual weeds				Perennial weeds			
	MV ^y	AK	AI	EC	ST	EK	SJ	
BAO UG	97.6a ^c	95.3a	95.3a	94.4ab	99.0a	98.2a	86.3a	96.0a
BBF UG	98.1a	94.4a	93.9a	96.0ab	98.3a	100.0a	86.9a	96.9a
BIP SC	97.6a	93.5a	93.9a	90.1b	96.2a	98.2a	94.5a	96.7a
HW	98.7a	99.1a	100.0a	97.9a	100.0a	99.3a	95.6a	98.8a

^xBAO: Bbenzobicyclon + azimsulfuron + oxaziclomefone; BBF: Benzobicyclon + bensulfuron-methyl + fentrazamide; BIP: Benzobicyclon + imazosulfuron + pyriminobac-methyl; HW: Hand weeding.

^yMV: *Monochoria vaginalis*; AK: *Aneilema keisak*; AI: *Aeschynomene indica*; EC: *Echinochloa crus-galli*; ST: *Sagittaria trifolia*; EK: *Eleocharis kuroguwai*; SJ: *Scirpus juncooides*.

^zMeans followed by the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Phytotoxicity of herbicide mixtures on the plant height of rice.

Treatment ^x	10 DAA ^y		20 DAA		30 DAA		40 DAA	
	1×	2×	1×	2×	1×	2×	1×	2×
	- cm -							
BAO UG	38.5±0.5 ^z	38.2±0.4	42.9±0.4	42.5±0.3	63.2±0.8	62.9±0.7	71.5±0.7	71.3±0.7
BBF UG	37.8±0.3	37.6±0.3	42.7±0.3	42.5±0.3	63.1±0.6	63.1±0.5	71.2±0.7	71.0±0.6
HW	38.7±0.3	38.7±0.3	43.3±0.3	38.7±0.3	63.3±0.6	38.7±0.3	71.6±0.7	38.7±0.3

^xBAO: Benzobicyclon + azimsulfuron + oxaziclomefone; BBF: Benzobicyclon + bensulfuron-methyl + fentrazamide; HW: Hand weeding.

^yDays after application.

^zMean ± standard error.

Table 5. Phytotoxicity of herbicide mixtures on the rice tiller number.

Treatment ^x	10 DAA ^y		20 DAA		30 DAA		40 DAA	
	1×	2×	1×	2×	1×	2×	1×	2×
	- no.-							
BAO UG	16.9±0.2 ^z	16.2±0.2	20.9±0.4	20.5±0.2	22.3±0.5	21.8±0.5	25.2±0.6	25.0±0.5
BBF UG	16.8±0.2	16.5±0.2	21.0±0.3	20.9±0.3	22.1±0.4	21.9±0.5	25.1±0.5	24.8±0.6
HW	17.1±0.2	17.1±0.2	21.2±0.2	21.2±0.2	22.9±0.5	22.9±0.5	25.2±0.5	25.2±0.5

^xBAO: Benzobicyclon + azimsulfuron + oxaziclomefone; BBF: Benzobicyclon + bensulfuron-methyl + fentrazamide; HW: Hand weeding.

^yDays after application.

^zMean ± standard error.

Table 6. Effects of herbicide mixtures on the yield and yield components of rice.

Treatment ^y	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle (no. m ⁻²)	Yield (kg ha ⁻¹)
BAO UG	71.2±1.1 ^z	22.7±0.4	410±0.6	6,460±111.1
BBF UG	71.4±0.7	23.1±0.4	403±0.9	6,410±81.1
BIP SC	71.3±1.3	22.0±0.5	405±0.7	6,360±93.5
HW	71.9±0.9	21.0±0.3	416±1.2	6,500±119.0
UC	69.4±0.9	21.7±0.4	311±0.3	4,200±180.7

^yBAO: Benzobicyclon + azimsulfuron + oxaziclomefone; BBF: Benzobicyclon + bensulfuron-methyl + fentrazamide; BIP: Benzobicyclon + imazosulfuron + pyriminobac-methyl; HW: Hand weeding; UC: Untreated control.

^zMean ± standard error.

발생하였다(Table 2). 잡초방제효과는 시험약제인 BAO UG와 BBF UG의 경우 대조약제인 BIP SC와 비슷한 수준인 96% 이상의 뛰어난 방제효과를 보였다. 손제초와 비교할 때 일년생 잡초인 피에 대해서만 대조약제 BIP SC에서 다소 낮은 잡초방제효과를 보였다. 올챙이고랭이의 경우 시험약제인 BAO UG와 BBF UG에서 방제가가 각각 86.3%와 86.9%로 대조약제보다 낮은 것으로 보였으나, 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 3).

벼에 대한 초장과 분얼수를 분석한 결과 시험약제 처리구와 대조약제 처리구에서 모두 약해가 발생하지 않았다(Table 4, Table 5). 후기생육조사 결과 시험약제와 대조약제 간에 간장, 수장, 수수의 경우 차이는 없었으며, 수확량도 시험약제인 BAO UG와 BBF UG, 대조약제인 BIP SC는 ha당 6,300-6,400 kg으로 손제초구와 유사한 수준으로 나타났다(Table 6). 본 실험결과 시험약제인 BAO UG와 BBF UG는 벼 기계이앙답에서 발생하는 일년생 및 다년생잡초에 대한 방제효과가 우수하며, UG의 특성상 처리가 간편하여 노동력을 절감할 수 있어 벼재배의 생력화를 높일 수 있는 제초제로서 사용 가능할 것으로 보인다.

요 약

본 시험은 벼 어린모 기계이앙 답에서 발생하는 일년생 잡초와 다년생잡초에 대한 방제효과를 알아보기 위하여 benzobicyclon을 기반으로 한 수면부상성 입제로 개발한 BAO UG와 BBF UG의 방제효과를 BIP SC와 비교하여 실험을 수행하였다. 시험약제인 BAO UG와 BBF UG의 잡초 방제효과는 96% 이상으로 높게 나타났으며 벼에 대한 안전성이 높은 것으로 나타났다. 또한 후기생육 및 수확량에 있어서도 시험약제와 대조약제간에 차이가 없었으며 모두 벼에 대해 안전한 것으로 판단된다. 따라서 본 시험에서 사용한 수면부상성 입제의 경우 쉽게 처리할 수 있다는 장점이 있어 벼 생력재배를 위해 이용 가능 할 것으로 보인다.

주요어: Benzobicyclon, 삼원합제, 수면부상성 입제, 잡초방제

Acknowledgements

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ010526032016)"

Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Hwang, I.T. 2003. Resistance mechanisms to the herbicides inhibiting acetolactate synthase. Korean J. Weed Sci. 23(1):11-27. (In Korean)
- Im, I.B. and Guh, J.O. 1995. Weed occurrence and competitive characteristic under different cultivation type of rice (*Oryza sativa* L.). Korean J. Weed Sci. 15(2):105-114. (In Korean)
- Keisuke, S. 2002. Discovery study of new herbicides from the inhibition of photosynthetic pigments biosynthesis. J. pest sci. 27(4):388-391. (In Japanese)
- Kim, C.K., Choi, K.J., Chang, J.K. and Lee, G.H. 2015. The major achievements and the future direction of the rice cultivation. Symposium on achievements green revolution and future of rice in Korea. pp. 31-58. (In Korean)
- Kim, D.H., Se, B.S., Hwang, I.C., Yoon, C.S., Pyon, J.Y., et al. 2005. Herbicidal activities of bubbling tablet herbicide formulations mixed with halosulfuron-methyl and pyriminobac-methyl for paddy rice. Korean J. Weed Sci. 25(4):284-294. (In Korean)
- Kim, J.S., Choi, J.S., Kim, T.J., Oh, J.I. and Cho, K.Y. 2001. Effect of tank-mixture of glyphosate and several post-emergence Herbicides. Korean J. Weed Sci. 21(1):1-9. (In Korean)
- Kim, M.H., Yang, K.R., Shim, J.W., Yu, Y.M. and Oh, B.Y. 2001. Diffusion and herbicide activity by factors of the sparkling big refined rice herbicide. Proceeding of Korean S. pesti. Sci. p. 54. (In Korean)
- Kim, S.H., An, B.W. and Chung, B.J. 1998. Improvement of floating ability and storage stability for jumbo granules. Korean j. pest sci. 2(1):32-39. (In Korean)
- Kim, S.H., Choi, C.H., Chang Y.O., Jung, H.S., Lee, J.S., et al. 2013. Evaluation of the diffusion and self-motility by the water floating granule in labor savings. Proceeding of Korean S. pesti. Sci. p. 92. (In Korean)
- Park, S.J. and Lee, J.H. 2011. Crop Science 1. Korea National Open University Press, Seoul, Korea.
- Park, T.S., Kim, C.S., Park, J.E., Oh, Y.K. and Kim, K.U. 1999. Sulfonylurea-resistant biotype of *Monochroria korsakowii* in reclaimed paddy fields in Seosan, Korea. Korean J. Weed Sci. 19(4):340-344.
- Park, T.S., Seong, K.Y., Cho, H.S., Seo, M.C., Kang, H.W., et al. 2014. Current status, mechanism and control of herbicide resistant weeds in rice fields of Korea. CNU J. Agri Sci. 41(2):85-99. (In Korean)
- Park, W.K., Kim, B.K. and Sung, J.H. 2006 Introduction and development of agricultural machinery technology. Kor. Agricultural History Association. 5(2):145-188. (In Korean)
- SAS. 2000. SAS/STAT User's Guide, Version 8 Edition. 2000. SAS Institute, Incorporated, Cary, NC, USA.
- Song, J.Y., Kim, Y.K., Park, C.H. and Chung, B.J. 2004. Comparison of the diffusion and the water floating by combination of water floating granule. Proceeding of Korean S. pesti. Sci. p. 29. (In Korean)