

농업용 무인 헬기를 이용한 benzobicyclon 혼합제의 잡초방제 효과

박수혁 · 원옥재 · 엄민용 · 한성민 · 황기선 · 서수정 · 박기웅*

충남대학교 식물자원학과

Application of remote-controlled aerial application to control weeds on the Paddy Field using benzobicyclon mixtures

Su Hyuk Park, Ok Jae Won, Min Yong Eom, Sung Min Han, Ki Seon Hwang, Su Jung Seo, Kee Woong Park*

Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Received on 28 May 2014, revised on 10 June 2014, accepted on 10 June 2014

Abstract : This study was conducted to evaluate the efficacy of benzobicyclon mixtures by using Remote-controlled aerial application (RCAA) to control annual and perennial weeds in rice paddy field. Eight annual weed species including *Echinochloa crus-galli* L. and three perennial weeds were dominated in the experimental field. Application of benzobicyclon mixtures using RCAA was highly effective to control both annual and perennial weed species. When compared with untreated control, no visual injuries were detected at single and double dosage of benzobicyclon mixtures. Finally, rice yield in the benzobicyclon mixtures was as much as that in the hand weeding. This study indicates that benzobicyclon mixtures using RCAA can be applied to control both annual and perennial weed species in rice paddy field.

Key words : Benzobicyclon, Herbicide mixtures, Remote-controlled aerial application (RCAA), Weed control

I. 서론

최근 농가에서는 생산노동력의 20%이상을 잡초방제작업에 투입하고 있는 실정이며 작목에 따라서 연간 10회 이상의 작업으로 큰 부담이 되고 있다. 이와 같은 과도한 노동력투하와 더불어 방제작업의 기피현상 등이 심화됨에 따라 생력화된 새로운 잡초방제체계의 확립이 필요하다. 따라서 농산물의 효율적 생산을 위해 소형무인헬기를 이용한 항공방제체계를 확립하여 효율적이며 안정된 농산물생산과 농업종사자의 작업환경을 개선하고 생력화함으로써 품질 및 가격에서 경쟁력을 갖도록 할 필요가 있다(KCPA, 2001).

항공방제는 농약중독 우려 등으로 농업인들이 가장 기피하는 농작물의 병해충 및 잡초 방제작업을 편리하게 할 수 있기 때문에 선진국에서는 오래전부터 시행해 왔다. 미국이나 호주 등 광활한 농경지에서는 경비행기를, 발작물 위주의 농지구모가 큰 유럽에서는 사람이 탑승하여 조종하는

유인헬기가 많이 이용되고 있지만, 경지면적이 작고 산악지역이 많은 우리나라에서는 경비행기나 유인헬기의 추락 사고 위험과 약효·약해 등의 문제로 방제작업이 매우 제한적인 지역에서만 시행되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사람이 탑승하지 않고 무선으로 조종하는 무인헬기의 이용에 관심이 높아지고 있다. 농업용 무인헬기는 시간당 10 ha를 방제할 수 있는데 작물 위 3-4 m의 저고도 살포로 비산이 거의 없고 작물별, 농지별 국지살포와 정량 살포로 농약사용량을 감축할 수 있다(Lee, 2009).

국내 벼 재배농가에서는 일부 특수한 경우를 제외하고 대부분 제초제에 의존하여 왔는데 소량의 약량으로 선택성과 지속성이 뛰어난 sulfonylurea (SU)계 제초제는 농민들의 요구사항을 충분히 만족시켜 주었다. 이러한 SU계 제초제는 1986년 bensulfuron-methyl이 최초로 소개된 이후 2009년까지 24년 동안 지속적으로 사용되어졌으며, 그 품목수도 꾸준히 증가하여 2009년 기준 SU계 제초제가 차지하는 비율은 약 76.9% (337품목 중 259품목)로 수도용 제초제의 대부분을 차지하였다(KCPA, 2010). 2004년 이후

*Corresponding author: Tel: +82-42-821-5726

E-mail address: parkkw@cnu.ac.kr

국내 수도의 94% 이상의 논에서 acetolactate synthase (ALS)저해 제초제를 사용하고 있는 것으로 보고되었는데 (RDA, 2010), 같은 계통의 제초제 연용은 저항성 잡초발생의 직접적인 원인이 되었다(Itoh et al., 1997).

이러한 제초제 저항성 잡초를 방제하기 위한 약제 개발에 주력하여 비호르몬 흡수이행형 제초제인 benzobicyclon이 개발되었다. Benzobicyclon은 4-hydroxyphenyl pyruvate dioxygenase (HPPD) 저해제로 뿌리와 잎을 통해서 식물체내로 흡수되어 HPPD 효소 활성을 억제시키고 이는 pasto-quinone의 생합성을 저해하며 최종적으로 carotenoid의 생합성을 억제하여 산업의 탈색(bleaching) 및 백화(whitening) 현상을 일으켜 수일 내에 식물체를 고사시킨다(Sekino, 2002). Benzobicyclon의 제초활성 농도는 200-300 g ai/ha으로 화분과, 사초과 그리고 광엽잡초에 이르기까지 광범위한 스펙트럼을 나타내며, 특히 올챙이고랭이는 최대 5엽기(15 cm 내외)까지 방제가 가능한 것으로 보고되었다(Komatsubara et al., 2009).

따라서 본 실험은 벼 어린모 기계이앙답에서 발생하는 일년생 잡초와 다년생 잡초에 대하여 benzobicyclon 합제가 무인 헬기 방제에 적합한지 알아보기 위하여 수행되었다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 충남대학교 농업생명과학대학 부속 농장에서 수행되었다. 시험 약제는 benzobicyclon·imazosulfuron·mefenacet 액상수화제(BIM SC)와 benzobicyclon·imazosulfuron·pyriminobac-methyl 액상수화제(BIP SC)를 사용하였으며 대조약제로는 bensulfuron-methyl·mefenacet 입제(BM GR)를 사용하였다.

이앙 10일전(2010년 5월 15일)에 삼광벼 200 g/상자 밀도로 파종하였고 이앙 2일전(5월 23일) 씨레질하여 5월 25일 육묘된 어린모를 재식거리 30×15 cm로 하여 기계이앙하였다. 이앙당시의 묘소질은 초장 10.3 cm의 2엽기, 건물중은 100본당 0.91 g으로 시비는 1 ha당 N-P₂O₅-K₂O를 110-100-70 kg 수준으로 처리하였다.

약제처리는 무인헬기(한국헬리콥터 KIMUH2000GS, 한국식물환경연구소 항공방제연구팀)을 이용하여 3-5 m의 높이에서 비행속도를 15 km/h로 살포하였고 당시 풍속은 2.8 m/s에 북서풍이었다. 약제처리 전후에 약효 및 약해에 영향을 미칠만한 기상 특이 상황은 없었다.

약효시험은 BIM SC (24.5%)와 BIP SC (6.1%)를 5 L/ha 수준으로 이앙 후 10일에 원액수면적하 처리하였고 BM GR (2.63%) 30 kg을 이앙 후 10일에 수면 처리하였으며, 손제초는 이앙 후 20일과 40일 2회 실시하였다. 약제처리 40일(7월 14일) 후의 잡초종별 본수와 건물중을 조사하였고, 방제가 처리 구에서의 건물중을 무처리에서의 건물중에 대한 퍼센트로 환산하여 계산하였다.

약해 조사를 위해 BIM SC와 BIP SC를 이앙 후 10일에 1 ha당 5 L 와 1 ha당 10L로 처리하여 손제초와 비교하였다. 약제처리 후 10일 간격으로 초장, 분얼수 및 약해 유무를 4회 조사하였고 최종적으로 간장, 수장, 수수, 수량을 조사하였다.

본 시험에서 얻어진 모든 결과는 SAS (2002)의 GLM (Generalized linear model) program (one way ANOVA procedure)을 이용하여 분석하였으며, 각 처리구간의 평균값을 Tukey의 Honestly Significant Difference 검정을 이용하여 95% 신뢰수준에서 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 약효

시험포장의 무처리구에서는 피(*Echinochloa crus-galli*), 가막사리(*Bidens tripartita*), 물달개비(*Monochoria vaginalis*), 나도방동사니(*Cyperus nipponicus*), 사마귀풀(*Aneilema keisak*), 여뀌바늘(*Ludwigia prostrata*), 자귀풀(*Aeschynomene indica*), 좀부처꽃(*Ammannia multiflora*) 등의 일년생 잡초와 벼풀(*Sagittaria trifolia*), 올방개(*Eleocharis Kuroguwai*), 올챙이고랭이(*Scirpus juncooides*) 등의 다년생 잡초가 발생하였다. 시험약제인 BIM SC와 BIP SC를 처리했을 경우 일년생잡초인 피, 물달개비와 다년생 잡초인 올방개가 m² 당 5개 미만의 본수가 발생하였고 BIP SC의 경우 추가적으로 사마귀풀 1.3개가 발생하였지만 처리약제간에 유의한 차이는 없었다. 또한 발생한 전체 잡초종을 무처리구간과 비교해 볼 때 발생 본수는 상당히 적게 나타났다(Table 1).

BIM SC를 처리했을 경우 일년생 및 다년생 초종에서 90%이상의 방제가를 나타냈고, 특히 가막사리, 나도방동사니, 사마귀풀, 여뀌바늘, 자귀풀, 좀부처꽃에서 100%의 높은 방제가를 보였다. BIP SC를 처리했을 경우 물달개비에서 84.4%의 방제가를 나타내었고, 다른 초종에서는 90%

Table 1. Number of annual and perennial weed species 40 days after remote-controlled aerial applications.

Treatment	Number of plants (no./m ²)										
	Annual weeds								Perennial weeds		
	Ec ²⁾	Bt	Mv	Cn	Ak	Lp	Ai	Am	St	Ek	Sj
BIM SC ¹⁾	3.3 b	0.0 b	4.3 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0 b	1.0 b	0 b
BIP SC	2.3 b	0.0 b	4.7 b	0.0 b	1.3 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0 b	2.3 b	0 b
BM EC	1.7 b	0.0 b	3.3 b	0.0 b	2.7 ab	1.3 b	1.0 b	0.0 b	0 b	0 b	0 b
HW	2.0 b	0.0 b	5.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	1.0 b	0 b	1.0 b	1.0 b
UTC	13.7 a	9.3 a	50.3 a	5.7 a	4.7 a	7.7 a	11.7 a	13.7 a	8.7 a	32.6 a	12.3 a

¹⁾BIM, Benzobicyclon · imazosulfuron · mefenacet SC; BIP, Benzobicyclon · imazosulfuron · pyriminobac-methyl SC; BM, Bensulfuron-methyl · mefenacet GR; HW, Hand weeding; UTC, Untreated control

²⁾Ec, *Echinochloa crus-galli*; Bt, *Bidens tripartita*; Mv, *Monochoria vaginalis*; Cn, *Cyperus nipponicus*; Ak, *Aneilema keisak*; Lp, *Ludwigia prostrata*; Ai, *Aeschynomene indica*; Am, *Ammannia multiflora*; St, *Sagittaria trifolia*; Ek, *Eleocharis Kuroguwai*; Sj, *Scirpus juncoides*;

^{a,b}The symbols with the different letters in the same column denote a significant difference at the 5% level by Tukey's Honestly Significant Difference test.

Table 2. Effects of herbicide mixtures on the annual and perennial weed species 40 days after remote-controlled aerial application.

Treatment	% of untreated control										
	Annual weeds								Perennial weeds		
	Ec ²⁾	Bt	Mv	Cn	Ak	Lp	Ai	Am	St	Ek	Sj
BIM SC ¹⁾	91.5 a	100 a	92.6 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	97.9 a	100 a
BIP SC	93.9 a	100 a	84.4 b	100 a	91.7 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	96.6 a	100 a
BM EC	96.7 a	100 a	91.4 a	100 a	81.2 b	90.2 b	96.5 a	100 a	100 a	100 a	100 a
HW	97.5 a	100 a	95.6 a	100 a	100 a	100 a	100 a	98.0 a	100 a	97.2 a	99.3 a

¹⁾BIM, Benzobicyclon · imazosulfuron · mefenacet SC; BIP, Benzobicyclon · imazosulfuron · pyriminobac-methyl SC; BM, Bensulfuron-methyl · mefenacet GR; HW, Hand weeding

²⁾Ec, *Echinochloa crus-galli*; Bt, *Bidens tripartita*; Mv, *Monochoria vaginalis*; Cn, *Cyperus nipponicus*; Ak, *Aneilema keisak*; Lp, *Ludwigia prostrata*; Ai, *Aeschynomene indica*; Am, *Ammannia multiflora*; St, *Sagittaria trifolia*; Ek, *Eleocharis Kuroguwai*; Sj, *Scirpus juncoides*;

^{a,b}The symbols with the different letters in the same column denote a significant difference at the 5% level by Tukey's Honestly Significant Difference test.

이상의 방제가를 나타냈다. 특히 가막사리, 나도방동사니, 여뀌바늘, 자귀풀, 쯤부처꽃, 벧풀, 올챙이고랭이에서 100%의 방제가를 나타냈다. 대조약제인 BM GR은 사마귀풀과 여뀌바늘에서 각각 81.2와 90.2%로 시험약제에 비해 상대적으로 낮은 방제가를 보였으며, 다른 초종에서는 시험약제와 대조약제간의 차이는 없었다(Table 2).

2. 약해

약제처리 후 10일 간격으로 초장, 분얼수 및 약해 유무를 4회 조사하였다. 초장의 경우 BIM SC와 BIP SC를 기준량 처리한 것과 손제초와의 차이는 경미했으며, 기준량과 배량간에도 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3). 분얼수

의 경우 기준량 및 배량 모두에서 손제초에서와 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 4). 후기생육조사 결과 BIM SC, BIP SC와 대조약제인 BM GR 간에 간장, 수수의 경우 차이가 없었다. 단위면적당 수량의 경우 손제초 구간을 포함한 모든 제초제 처리구에서 약 5,500 kg/ha으로 비슷한 경향을 보였다.

IV. 결론

본 시험은 벼 기계이앙답에서 발생하는 일년생 잡초와 다년생 잡초에 대하여 무인헬기로 살포된 BIM SC와 BIP SC의 방제효과를 알아보기 위해 수행되었다. 잡초종별 발생 본수는 시험약제 처리구에서 대조약제인 BM GR처리구

Table 3. Phytotoxicity of herbicide mixtures on plant height of rice 10, 20, 30, and 40 days after remote-controlled aerial application.

Treatment	Plant height (cm)							
	10 DAA ²⁾		20 DAA		30 DAA		40 DAA	
	1×	2×	1×	2×	1×	2×	1×	2×
BIM SC ¹⁾	36.9 a	36.2 a	47.7 a	47.4 a	58.1 a	58.0 a	72.4 a	72.3 a
BIP SC	36.4 a	36.1 a	47.6 a	47.3 a	57.2 a	57.1 a	72.2 a	72.0 a
HW	37.1 a	-	47.8 a	-	58.9 a	-	73.0 a	-

¹⁾BIM, Benzobicyclon · imazosulfuron · mefenacet SC; BIP, Benzobicyclon·imazosulfuron · pyriminobac-methyl SC; HW, Hand weeding

²⁾Days after application

^{a-b)}The symbols with the different letters in the same column denote a significant difference at the 5% level by Tukey's Honestly Significant Difference test.

Table 4. Phytotoxicity of herbicide mixtures on number of tiller of rice 10, 20, 30, and 40 days after remote-controlled aerial application.

Treatment	Number of tiller (no.)							
	10 DAA ²⁾		20 DAA		30 DAA		40 DAA	
	1×	2×	1×	2×	1×	2×	1×	2×
BIM SC ¹⁾	17.7 a	17.5 a	21.2 a	20.9 a	22.1 a	22.0 a	24.5 a	24.4 a
BIP SC	17.8 a	17.6 a	21.7 a	21.6 a	22.6 a	22.4 a	24.5 a	23.9 a
HW	18.1 a	-	21.9 a	-	23.0 a	-	24.8 a	-

¹⁾BIM, Benzobicyclon · imazosulfuron · mefenacet SC; BIP, Benzobicyclon · imazosulfuron · pyriminobac-methyl SC; HW, Hand weeding

²⁾Days after application

^{a-b)}The symbols with the different letters in the same column denote a significant difference at the 5% level by Tukey's Honestly Significant Difference test.

Table 5. Effects of herbicide mixtures on the yield and yield components of rice.

Treatment	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Panicle number (plant/m ²)	Yield (kg/ha)
BIM SC ¹⁾	60.9 a	12.1 b	319 a	5350 a
BIP SC	60.1 a	13.5 ab	311 a	5300 a
BM GR	64.2 a	15.5 a	311 a	5300 a
HW	67.1 a	16.7 a	337 a	5500 a
UTC	58.5 a	12.3 b	283 b	3200 b

¹⁾BIM, Benzobicyclon · imazosulfuron · mefenacet SC; BIP, Benzobicyclon · imazosulfuron · pyriminobac-methyl SC; BM, Bensulfuron-methyl · mefenacet GR; HW, Hand weeding; UTC, Untreated control

^{a-b)}The symbols with the different letters in the same column denote a significant difference at the 5% level by Tukey's Honestly Significant Difference test.

와 유사하게 적게 나타났다. 시험약제 처리시 BIP SC를 처리한 물달개비에서 84.4%의 방제가를 나타내었고, 그 외 초종에서는 90%이상의 방제가를 나타냈다. BIM SC와 BIP SC의 기준량처리와 손제초를 비교하였을 경우 벼의 초장과 분얼수에서 차이가 없었으며, 배량 처리와 비교하였을 경우에도 벼의 초장과 분얼수에 대한 약해는 없었다. 시험약제와 대조약제 모두 벼 후기생육 및 수확량에서 손제초 처리구와 비교하였을 때 차이가 없었다. 따라서 BIM SC와 BIP SC는 일년생 잡초와 다년생잡초에 우수한 제초효과를

보였으며, 벼의 생육에 영향을 미치지 않는 것으로 보아 무인헬기를 이용한 기계이양답에서의 잡초 방제에 사용 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 성과물은(논문, 산업재산권, 품종보호권 등)은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 주요 논 잡초 발생 및 군락변화 예측 연구, 세부과제번호: PJ01052603)의 지원에 의해

이루어진 것임.

참 고 문 헌

- Itoh K, Uchino A, Wang GX, Yamakawa S. 1997. Distribution of Linderia spp. resistant biotype to sulfonylurea herbicides in Yuza town, Yamagata prefecture. *Journal of Weed Science and Technology* 42(Suppl.):22-23.
- Komatsubara K, Sekino K, Yamada Y, Koyanagi H, Nakahara S. 2009. Discovery and development of a new herbicide, benzobicyclon. *Journal of Pesticide Science* 34(2):113-114.
- Korea Crop Protection Association (KCPA). 2001. *Agrochemical year book. 2001. Yearly Variations of Aerial Application Record.*
- Korea Crop Protection Association (KCPA). 2010. *2010 Guide book of using the agrochemicals.* SamJeong Press Co., Seoul. p. 1199
- Korea Crop Protection Association (KCPA). 2011. *2011 Guide book of using the agrochemicals.* SamJeong Press Co., Seoul. p. 1309
- Lee CS. 2009. Symposium for Development and Using trends of Agricultural RF Controlled Helicopter Development trends of RF Controlled Helicopter and Effective Control System. Korea Crop Protection Association (KCPA) pp. 37-48.
- Rural Development Administration (RDA). 2010. *Workshop on the Efficient Management of Herbicide Resistant Weeds.* Suwon. pp. 30-36.
- 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). *Journal of Pesticide Science* 27:388-391.