

무인헬기용 Macro granule 제초제의 벼 작형별 살초효과 및 주변작물에 미치는 영향

윤철수¹, 배창휴², 이성춘², 김경현¹, 이계환¹, 조태경³, 황인천^{1*}

Herbicidal Effects on the Differential Rice Cultivation Condition and Damage of No-target Plants of Macro Granule Herbicide for Remote-controlled Aerial Application

Cheol-Su Yoon¹, Chang-Hyu Bae², Sheong-Chun Lee², Kyung-Hyun Kim¹
Kye-Hwan Lee¹, Tae-Kyoung Cho³ and In-Cheon Hwang^{1*}

ABSTRACT This experiment was carried out to confirm characteristics of macro granule (GG) for herbicidal efficacy by using remote-controlled aerial application (RCAA) to control annual and perennial weeds in rice paddy field, and phytotoxicity to rice and non target plants of formulation types. Herbicidal efficacy of GG applied by using RCAA was 93.6~96.6% in flooded direct sowing cultivation. There was no difference in phytotoxicity between the hand and the power applicator methods in terms of height, number of tiller and yield component. Herbicidal efficacy of GG applied by using RCAA was 92.7~97.3% in machine transplanting rice field. There was no difference in phytotoxicity between the hand and RCAA methods in terms of height, number of tiller and yield component. When suspension concentrate (SC) and GG were applied directly on Chinese cabbage, lettuce, cucumber, pepper, soybean and wild sesame, several symptoms of injury such as, the inhibition of growth, yellowish, leaf fall and withering was observed.

Key words: herbicide; macro granule; phytotoxicity; remote-controlled aerial application; weed.

¹ (주) 경농 중앙연구소, 780-110 경북 경주시 구황동 226 (Central Research Institute, Kyungnong Co., Ltd., Gyungju 780-110, Korea).

² 순천대학교 웰빙자원학과, 540-742 전남 순천시 중앙로 413 (Department of Well-being Resource, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea).

³ 동국대학교 정보통계학과, 780-714 경북 경주시 석장동 707 (Department of Statistic & Information Science, Dongguk University, Gyungju 780-714, Korea).

* 연락처자(Corresponding author) : Phone) +82-54-779-1007, Fax) +82-54-776-0139, E-mail) ichwang@knco.co.kr

(Received December 6, 2011; Revised December 13, 2011; Accepted December 20, 2011)

서 언

최근 우리나라 농업환경은 매우 빠른 속도로 변화하고 있다. 농업인구는 1990년에 약 666만명, 2010년에는 306만 8천명으로 10년 동안 50% 정도 감소하였을 뿐만 아니라 60세 이상의 고령 농업인은 해마다 증가하고 있고, 농업임금은 매년 높은 비율로 상승하고 있다. 이러한 상황을 반영하듯 연도별 논 재배면적은 매년 감소하고 있으나 3ha 이상 농가 수는 8.6% 증가한 101천 가구에 이르고 있다(통계청 2011).

항공방제는 농약중독 우려 등으로 농업인들이 가장 기피하는 농작물의 병해충 및 잡초 방제작업을 편리하게 할 수 있기 때문에 선진국에서 오래전부터 시행하고 있다. 미국이나 호주 등 광활한 농경지에서는 경비행기를, 발작물 위주의 농지규모가 큰 유럽에서는 사람이 탑승하여 조종하는 유인헬기가 많이 이용되고 있지만, 경지면적이 작고 산악지가 많은 우리나라에서는 경비행기나 유인헬기의 추락사고 위험과 약효·약해 등의 문제로 방제작업이 매우 제한적인 지역에서만 시행되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 사람이 탑승하지 않고 무선으로 조종하는 무인헬기의 이용에 관심이 고조되고 있다. 농용 무인헬기는 시간당 10ha를 방제할 수 있는데 작물 위 3~4m의 고도에서 살포로 비산이 거의 없고 작물별, 농지별 국지살포와 정량살포로 농약사용량을 감축할 수 있다. 일본에서는 YAMAHA 발동기에서 1983년부터 농림수산항공협회로부터 위탁을 받아 농약살포용 무인 헬리콥터의 개발에 착수하여 1987년 R-50을 개발하여 1991년 농가에 보급하였으며, 2008년 기준 약 2,300여대로 일본 전체 논의 1/4에 해당하는 87만ha 논에 방제작업에 활용되고 있다(이 2009). 한편 우리나라 농용 무인헬기는 '04년 6대 1,730ha, '08년 45대(농협 32대, 영농법인 등 13대)가 보급되어 11,600ha의 면적을 방제하고 있는데, 농기계은행 임대사업 활성화를 통해 '09년 100대, '12년 400대, '13년까지 500대를 공급할 계획이다(김 2009).

우리나라에서 항공방제는 벼 주요 병해충 방제를 위해 6월 하순에서 8월 하순에 걸쳐 1~2회 행해지고 있다. 하지만, 방제용 헬리콥터 및 전문인력 등 기반시설 부족과 항공방제용 약제개발 등 기초연구 부족으로 인

해, 항공방제 면적은 1996년 40,197ha에 비해 늘어나긴 했지만 2000년 이후 매년 약 100,000ha 수준에 머물러 있는 실정이다. 더구나 항공방제가 생태계 파괴와 환경방제오염의 주범으로 인식되고 있는 현실에서 방제면적을 늘리는 것도 어려운 실정이다(Jin 등 2008a, b). 실제 국내에 항공방제용(ULV/무인헬기용)으로 등록된 농약은 2011년 현재 살균제 36품목, 살충제 31품목, 제초제 6품목이 등록되어 있다(KCPA 2011). 일본의 경우 최근 재등록 과정에서 다소 줄어들긴 했지만 100여 품목이 등록되어 있는데 비해 상대적으로 우리나라는 등록 품목수가 적으며, 특히 제초제의 항공방제에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이다(농림수산항공협회 2003; Jin 등 2008a, b).

제초제 사용 이전의 잡초방제는 논에 직접 들어가 손으로 잡초를 제거해야 하는 가혹한 노동으로 일본에서는 1949년에 10a당 50.6시간의 노동시간을 필요로 하였으나 제초제의 본격 사용으로 1965년에는 17.4시간, 1975년에는 8.4시간, 1990년대 중반에는 1.6시간으로 대폭 개선되었다(Kim 등 2005a, b). 발포성 정제의 4,000m²에 대한 살포소요시간은 15분으로, 입제의 30~33분 또는 37~42분에 비하여 1/2정도의 시간이면 처리를 완료할 수 있어 생력화가 가능하다고 하였다. Yoon 등(2011b)은 손살포와 무인 헬기를 이용한 살포 시간을 조사한 결과, 4,000m² 기준 손살포시 GG, GR, SC, TB가 각각 38분 04초, 42분 20초, 38분 10초, 21분 04초였으나, 무인헬기 살포시 1분 32초가 소요되었으며, 제형의 형태 및 특성상 무인헬기 살포가 가능한 제형은 GG, SC이라고 하였다.

농업환경의 변화 및 지속가능한 생력화·기계화 농업의 기로에서 농용 무인헬기에 의한 논 잡초방제용 제초제 개발 및 연구는 매우 절실하지만 이에 대한 체계적인 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구는 논에 발생하는 일년생 및 다년생 잡초를 무인 항공살포로 방제가 가능한 제초제 제형을 개발하기 위하여 halosulfuron-methyl+mefenacet, bromobutide+halosulfuron-methyl+pyriminobac-methyl GG를 제조하여 일련의 연구를 수행하였다(Yoon 등 2010a, 2011b). 무인헬기를 이용 담수직파 및 기계이양답에 항공살포하여 잡초방제효과, 벼에 대한 생육 및 수량 등을 조사하였고, 주변작물에 미치는 영향을 평가하였다.

재료 및 방법

시험약제

본 시험에 사용된 화합물은 sulfonylurea 계통의 halosulfuron-methyl, pyrimidinylbenzoate 계통의 pyriminobac-methyl, 아미이드계통의 bromobutide, acetanilide 계통의 mefenacet을 Nissan(일본), Kumiai(일본), Sumitomo(일본), Bayer(독일)사로부터 technical standard로 분양 받아 (주)경농 중앙연구소 제제연구팀에서 제제하였다. 시험약제는 bromobutide+halosulfuron-methyl+pyriminobac-methyl(8+1.08+0.6), halosulfuron+mefenacet(1.08+21) 5,000g GG를 상품화된(KCPA 2011)

Table 1. Herbicides used in this experiment.

Herbicide ¹⁾	Content (%)	Dosage (ha ⁻¹)	Application time
BHP GG ²⁾	18+1.08+0.6	5kg	15 DAS ⁶⁾
BPP SE ³⁾	3+0.48+6	5L	15 DAS
BP SC ⁴⁾	3+0.48	5L	15 DAT ⁷⁾
HM GG	1.08+21	5kg	15 DAT
PP GR ⁵⁾	0.07+0.1	30kg	15 DAS/DAT

¹⁾BHP : Bromobutide+halosulfuron-methyl+pyriminobac-methyl GG; BPP : benzobicyclon+penoxsulam+Pretilachlor SE ;BP ; benzobicyclon+penoxsulam SC ; HM : halosulfuron-methyl+mefenacet GG ; PP : pyrazosulfuron-ethyl+pyriminobac-methyl GR.

²⁾GG : Macrogranule.

³⁾SE : Suspoemulsion.

⁴⁾SC : Suspension concentrate.

⁵⁾GR : Granule.

⁶⁾DAS : Days after sowing.

⁷⁾DAT : Days after transplanting.

benzobicyclon+penoxsulam+pretilachlor(9.48) 5,000ml

SE, benzobicyclon+Penoxsulam(3.48) 5,000ml SC와 농촌진흥청의 농약등록시험 대조약제 pyrazosulfuron-ethyl+pyriminobac-methyl(0.17) GR 30kg ha⁻¹를 사용하였다(표 1).

재배유형별 무인헬기 방제효과

무인헬기에 의한 제초제 약제살포 기구는 액상수화제 원액점적 처리도구 및 입체 처리도구를 탈부착하여 사용하였다(그림 1).

담수직파

담수직파시험은 2009년에 경남 진주에서 농가 포장을 임차하여 실시하였다. 시험은 단구제로 하였으며, 약제처리 구당 면적은 1,800m²(20×90m)이었다. 동진1호벼를 1mm 이내로 최아시켰으며, 5월 17일에 씨레질후 범씨는 5월 19일에 50kg ha⁻¹로 파종하였다. 비료시비량(N-P₂O₅-K₂O)은 120-70-80 kg ha⁻¹당 전량 기비로 시비관리하였다. 약제처리는 파종 후 15일에 bromobutide+halosulfuron-methyl+pyriminobac-methyl (BHP)(8+1.08+0.6) 5,000g ha⁻¹ GG, benzobicyclon+penoxsulam+pretilachlor(BPP)(9.48) 5,000ml ha⁻¹ SE를 기준량, 배량으로 무인헬기 살포하였다(그림 2).

시험구는 농촌진흥청 공시 대조약제구를 관행처리구로 두어 손살포하고, 손제초구 및 무처리구를 두어 약해 및 약효를 비교하였다. 약효는 다음과 같이 계산하였다. 방제가(%) = {1-(처리구의 잡초 총건물중/무처리구의 총건물중)} × 100, 약해조사는 농진청 시험기준 방법에 따라 조사하였다(농촌진흥청 2010). 시험에 사용된 무인헬기 기종은 Remo-H C100(SUNGWOO ENGINEERING : KOREA)이었다. 약제살포는 항공회사 직원 2명이 살포하였다. 약제처리당시 비행속도,

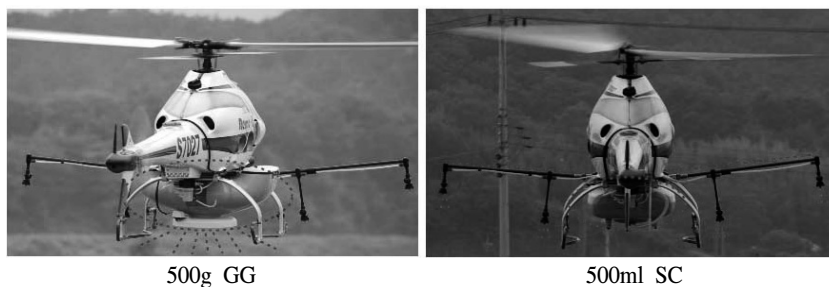


Fig. 1. A spraying container on remote-controlled aerial applicator.



Fig. 2. Treatment scenes of remote-controlled aerial application.

고도, 풍속 및 풍향은 각각 $15\sim 20\text{km h}^{-1}$, $3.5\sim 4\text{m}$, 2.0m s^{-1} 및 WSW이었다. 시험에 사용된 풍속계는 Flow Anemometer(AR846)/ SMART SENSOR[®] (SMART SENSOR : CHINA)이었다. 약효는 살포경로와 평행하게 3개 지역으로 구분하여 각 지역별 평균적인 2개 지점에서 약제처리 40일 후에 2회, $50\times 50\text{cm}$ quadrat으로 잡초 발취 후 초종별 분수 및 건물중을 조사하여 1m^2 로 환산하였다. 약해는 약제처리 후 10일 간격 4회, 약해정도(0~9) 및 생육조사(초장, 분얼수)를 실시하였다. 벼 수확기에 간장, 수장, 수수, 정조중을 조사하였다.

기계이앙

기계이앙시험 품종은 운광벼로 이앙 당시 묘소질은 초장 12cm, 엽수 2.0엽기, 건물중($\text{g } 100\text{본}^{-1}$) 1.2g이었다. 시험은 단구제로 하였으며, 약제처리 구당 면적은 $1,800\text{m}^2$ ($20\times 90\text{m}$)이었다. 벼파종시기는 5월 5일, 파종량 200g 상자^{-1} , 씨레질 5월 15일, 이앙시기 5월 17일, 재식거리 $30\times 14\text{cm}$, 시비량($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$) $120\text{-}70\text{-}80\text{kg ha}^{-1}$ 전량기비로 측조시비 관리하였다. 약제처리는 halosulfuron-methyl+mefenacet(HM)(1.08+21) $5,000\text{g ha}^{-1}$ GG, benzobicyclon+penoxsulam(BP)SC(3.48) $5,000\text{ml ha}^{-1}$ SC를 표준, 배량사용량을 무인헬기로

각각 살포하였다(그림 2). 그 외 약효, 약해, 생육 및 수량조사는 담수직파 시험과 동일한 방법으로 수행하였다.

주변작물에 미치는 영향

시험작물은 농촌진흥청 시험기준에 의거 배추(십자화과), 상추(국화과), 오이(호로과), 고추(가지과), 콩(두과), 들깨(꿀풀과)를 유리온실에 원예용상토(부농산업사)와 전작토양을 1 : 1(v/v) 비율로 혼합하여 충진하고 해당작물을 파종하여 작물엽기 기준 2~3엽기 정도 육묘시킨 후 시험에 이용하였다(농촌진흥청 2010). 시험규모는 온실에서 $1/5,000\text{a}$ wagner pot를 이용하여 처리당 5개체 이상 수행하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 하였다.

약제처리는 bromobutide+halosulfuron-methyl+pyriminobac-methyl($8+1.08+0.6$), halosulfuron+mefenacet($1.08+21$) GG $5,000\text{g}$, benzobicyclon+penoxsulam+pretilachlor(9.48) SE, benzobicyclon+Penoxsulam(3.48) SC $5,000\text{ml ha}^{-1}$ 를 각각 정량하여 공시 작물에 직접살포 및 시험구내 포트에 해당약제를 처리하고 관주 후 식물체의 약해정도를 2주 후 조사하였다. 약해조사는 농촌진흥청 약해시험기준과 방법에 준하여 실시하였다(농촌진흥청 2010).

Table 2. Effect of different herbicides by remote-controlled aerial application on dry weight of weeds and herbicidal efficacy in flooded direct sowing cultivation.

Herbicide ¹⁾ (g a.i. ha ⁻¹)	Dry weight of weeds species (g . m ⁻²)									Efficacy (%)		
	Ec ²⁾	Mv	Lp	Bt	Mk	Ek	St	Sj	Total	Annual weed	Perennial weed	Total
BPP(150+24+300) SE	0.9	0.8	0.1	0.1	0.3	1.6	0.5	0	4.3a ³⁾	97.0	94.4	96.1
BHP(900+54+30) GG	2.6	1.3	0.4	0.4	0.5	1.3	0.6	0	7.1a	92.9	94.9	93.6
PP(21+30) GR	2.4	1.4	0.5	0.5	0.6	1.7	0.7	3.7	11.5a	92.6	83.6	89.6
Hand weeding	0.1	0.2	0.1	0	0.2	0.6	0.3	0.3	1.8a	99.2	96.8	98.4
Untreated control	34.2	14.2	10.4	8.7	5.3	11.5	5.2	20.6	110.1b	-	-	-
C.V (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	36.5	-	-	-

¹⁾Abbreviations of herbicides was explained in Table 1.

²⁾Ec : *Echinochloa crus-galli* var. *oryzoides*; Mv : *Monochoria vaginalis*; Lp : *Ludwigia prostrata*.; Bt : *Bidens tripartita*.; Mk : *Murdannia keisak*; Ek : *Eleocharis kuroguwai*; St : *Sagittaria trifolia*; Sj : *Scirpus juncoides*.

³⁾In a column, means with the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test (P=0.05).

결과 및 고찰

담수직파벼의 잡초방제효과 및 약해

무인헬기 살포에 의한 BHP GG, BPP SE는 대조 손살포구 PP GR의 일년생잡초 방제효과는 각각 92.9%, 97.0%, 92.6%이었으며, 다년생잡초는 각각 94.9%, 94.4%, 83.6%이었고, 전체 방제효과는 각각 93.6%, 96.1%, 89.6%로 통계적 유의성은 없었다(표 2). 그러나 다년생잡초인 올챙이고랭이는 관행 손살포 시 대조약제 GR PP에서 방제가 82.0% 였고, 무인헬기 살포에서는

처리 약제 BHP GG, BPP SE에서는 각각 100, 100%의 방제 효과를 보였다. 시험약제 BPP, BHP가 저항성 올챙이고랭이에 활성을 가지는 benzobicyclon, bromobutide의 혼합성분에 기인한 것으로 Park 등(2007a)과 Park (2008b)의 연구결과와 일치하였다. 그러므로 무인헬기 살포에 의한 GG, SE제형의 잡초방제 효과는 대조구와 비슷하여 담수직파에 적용이 가능할 것으로 사료되었다. 벼의 생육조사는 약제처리 후 10일 간격, 4회, 초장 및 분얼수를 조사하였으며 손제초구를 두어 비교하였다(표 3). BHP GG, BPP SE, 그리고 PP GR에 대한 벼

Table 3. Effect of different herbicides by remote-controlled aerial application on phytotoxicity and growth of rice plants in flooded direct sowing cultivation.

Herbicide ¹⁾	Dosage (g a.i. . ha-1)	Plant Height (cm)				Tillers (No. Hill ⁻¹)				Phytotoxicity (0~9) ³⁾			
		10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
		DAT ²⁾	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
BPP SE	150+24+300	15.2	20.2	26.2	38.6	1.4	2.4	3.7	5.4	0	0	0	0
	300+48+600	14.3	19.7	25.4	37.6	1.2	2.1	3.4	5.2	1	1	0	0
BHP GG	900+54+30	15.6	20.6	25.7	38.5	1.5	2.5	3.6	5.3	0	0	0	0
	1800+108+60	15.7	21.4	26.4	38.4	1.3	2.3	3.8	5.6	0	0	0	0
Hand weeding	-	15.8	21.6	26.5	38.2	1.4	2.3	3.8	5.6	-	-	-	-

¹⁾Abbreviations of herbicides was explained in Table 1.

²⁾DAT : Days after treatment.

³⁾Phytotoxicity degree (0~9) : 0 represents no symptom and 9 indicates complete death.

Table 4. Effect of different herbicides by remote-controlled aerial application on yield and growth components of rice plants in flooded direct sowing cultivation.

Herbicide ¹⁾ (g a.i. ha ⁻¹)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles (m ²)	Yield (kg 10a ⁻¹)	Yield Index
BPP(150+24+300) SE	71.5	17.2	318a ²⁾	460a	98
BHP(900+54+30) GG	72.8	17.8	316a	467a	99
PP (21+30) GR	72.4	16.2	292b	445a	95
Hand weeding	73.2	17.5	316a	470a	100
Control	72.2	15.2	254c	308b	66

¹⁾BPP : Benzobicyclon+penoxsulam+pretilachlor SE; BHP : bromobutide+halosulfuron-methyl+pyriminobac-methyl GG; PP : pyrazosulfuron-ethyl+pyriminobac-methyl GR.

²⁾In a column, means with the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test (P=0.05)

초장, 분얼수를 조사한 결과 손제초구와 큰 차이를 보이지 않았다. 그리고 벼에 대한 달관약해조사 결과 BHP GG에서는 약해증상을 보이지 않았고 BPP SE 10,000ml ha⁻¹수준에서 10, 20일차에서 각각 1수준의 약해를 보였으며, 30일 차 이후에서는 약해증상이 없었다. 이상의 결과로 보아 BHP GG, BPP SE는 담수 직파벼에 대하여 무인헬기 살포가 가능할 것으로 사료되었다.

수확기에 각 처리구의 수량 및 벼의 생육특성을 조사한 결과 수수, 간장, 수장, 수량등에서 손제초구와 차이가 없었다(표 4). 그러므로 무인헬기 살포로 인한 벼의 생육특성 및 수량에 미치는 영향은 없었다.

기계이앙벼의 잡초방제효과 및 약해

무인헬기 살포에 의한 HM GG, BP SC 대조 손살포구 PP GR의 일년생잡초 방제효과는 각각 98.1%, 99.0%, 94.3%, 다년생잡초는 각각 92.6%, 94.0%, 89.6%이었고, 전체방제효과는 각각 96.3%, 97.3%, 92.7%로 통계적 유의성은 없었다(표 5). 무인헬기 살포에 의한 HM GG, BP SC는 대조 손살포구 PP GR와 잡초방제 효과 측면에서 통계적 유의성이 없었으며, 기계이앙벼에 적용이 가능할 것으로 사료되었다.

벼의 생육조사는 약제처리 후 10일 간격, 4회, 초장 및 분얼수를 조사하였으며 손제초구를 두어 비교하였다. HM GG, BP SC, 그리고 PP GR에 대한 벼 초장,

Table 5. Effect of different herbicides by remote-controlled aerial application on dry weight of weeds and efficacy in machine transplanted rice cultivation.

Herbicide ¹⁾ (g a.i. ha ⁻¹)	Dry weight of weeds species (g m ⁻²)								Efficacy (%)		
	Ec ²⁾	Mv	Lp	Bt	Ek	St	Sj	Total	Annual weed	Perennial weed	Total
HM(54+1050) GG	0.7	0.5	0	0.1	1.8	0.4	0.3	3.8a ³⁾	98.1	92.6	96.3
BP(150+24) SC	0.3	0.3	0	0.1	1.6	0.3	0.1	2.7a	99.0	94.0	97.3
PP(21+30) GR	2.6	0.8	0.4	0.1	1.9	0.4	1.2	7.4a	94.3	89.6	92.7
Hand weeding	0	0.2	0.6	0.1	0	0	0.2	1.1a	98.7	99.4	98.9
Untreated control	31.4	20.4	9.6	6.8	10.2	12.6	10.8	101.8b	-	-	-
C.V(%)	-	-	-	-	-	-	-	34.3	-	-	-

¹⁾Abbreviations of herbicides was explained in Table 1.

²⁾Ec : *Echinochloa crus-galli*; Mv : *Monochoria vaginalis*; Lp : *Ludwigia prostrata*; Bt : *Bidens tripartita*; Ek : *Eleocharis kuroguwai*; St : *Sagittaria trifolia*; Sj : *Scirpus juncoides*.

³⁾In a column, means with the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test (P=0.05).

Table 6. Effect of different herbicides by remote-controlled aerial application on phytotoxicity and growth of rice plants in machine transplanted rice cultivation.

Herbicide ¹⁾	Dosage (g a.i. ha ⁻¹)	Plant Height (cm)				Tillers (No. Hill ⁻¹)				Phytotoxicity (0-9)			
		10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT	10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT	10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT
HM GG	54+1050	19.3	25.8	37.4	54.2	10.8	15.8	23.6	27.2	0	0	0	0
	108+2100	18.6	26.3	37.5	54.6	10.5	15.4	24.1	27.6	0	0	0	0
BP SC	150+24	17.2	26.5	37.2	54.7	11.2	15.7	23.5	26.8	0	0	0	0
	300+48	18.4	25.9	37.6	54.6	11.4	15.6	23.7	28.2	0	0	0	0
Hand weeding	-	18.5	26.2	37.6	54.2	10.8	15.7	23.9	27.3	-	-	-	-

¹⁾ Abbreviations of herbicides was explained in Table 1.

Table 7. Effect of different herbicides by remote-controlled aerial application on growth and yield components of rice plants in machine transplanted rice cultivation.

Herbicide ¹⁾	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles hill ⁻¹	Yield (kg 10a ⁻¹)	Yield Index
HM (54+1050) GG	64.3	18.6	13.4a ²⁾	552a	96
BP (150+24) SC	65.2	18.2	14.2a	549a	95
PP (21+30) GR	65.2	18.1	13.7a	527a	92
Hand weeding	64.3	18.6	14.4a	573a	100
Control	65.4	18.4	8.6b	316b	55

¹⁾ HM : Halosulfuron-methyl+mefenacet GG; BP : benzobicyclon+penoxsulam SC; PP : pyrazosulfuron-ethyl+pyriminob ac-methyl GR.

²⁾ In a column, means with the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test (P=0.05).

분얼수를 조사한 결과 손제초구와 큰 차이를 보이지 않았다(표 6). 그리고 벼에 대한 달관약해조사 결과 HM GG, BP SC에서는 약해증상을 보이지 않았다.

벼 생육특성 및 수량

수확기에 각 처리구의 수량 및 수량구성요소를 조사한 결과를 수수, 간장, 수장, 수량 등에서 손제초구와 차이가 없었다(표 7). 이상의 결과로 미루어 볼 때 기계이앙벼의 무인헬기 살포로 인한 벼의 생육특성 및 수량에 미치는 영향은 없었다.

주변작물에 미치는 영향

농용 무인헬기로 제초제를 살포할 경우 하향풍에 의해 약제가 주변작물에 비산될 가능성이 있다. 액상

제형의 500ml 약액과 500g GG의 약제가루가 작물 경엽 및 주변토양에 처리되었을 경우를 대비하여 시험수행한 결과이다(표 8). 배추, 상추, 오이, 고추, 콩, 들깨에 약제의 약액 및 가루가 묻은 개체는 생육억제, 황변, 낙엽 등의 증상이 나타났으며, 일부 개체는 고사하였다. 반면, 작물주변 토양에만 떨어진 개체에서는 약해증상이 나타나지 않았다. 이는 수도용 약제로서 물을 매개하여 식물에게 흡수되는 특성에 의해 약액이 직접 묻지 않는 개체에서는 증상이 없는 것으로 판단된다. 이 결과로 무인헬기를 이용하여 제초제를 처리할 경우 주변작물에 비산이 되지 않은 지역에서 사용하여야 하며, 부득이한 경우에는 비산이 되지 않도록 저공비행, 작물과 이격(離隔)하여 살포하여야 할 것으로 판단된다.

Table 8. Phytotoxicity of herbicides applied by remote-controlled aerial application to various upland crops at 14 days after treatment.

Herbicide ¹⁾	Formulation	Soil						Foliar					
		CAPAN ³⁾	CUCSA	GLXMX	BRAPE	LACSA	PERFR	CAPAN	CUCSA	GLXMX	BRAPE	LACSA	PERFR
		----- % ⁴⁾ -----											
BHP	GG ²⁾	0	0	0	0	0	0	20	10	100	70	60	70
BP	SC	0	0	0	0	0	0	40	20	100	50	60	70
BPP	SE	0	0	0	0	0	0	10	10	100	90	60	70
HM	GG	0	0	0	0	0	0	30	20	100	80	60	70
Control	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

¹⁾Abbreviations of herbicides was explained in Table 1.

²⁾GG : Macrogranule; SC : suspension concentrate; SE : suspoemulsions.

³⁾CAPAN : *Capsicum annu*; CUCSA : *Cucumis sativus*; GLXMX : *Glycine max*; BRAPE : *Brassica pekinensis*; LACSA : *Lactuca sativa*; PERFR : *Perilla frutescens*.

⁴⁾Herbicide visual rating : 0 represents no symptom and 9 indicates complete death.

요 약

무인헬기를 이용한 제초제처리는 제초제의 특성이 항공방제에 적합해야하는 등 선결 요인이 무척이나 많다. 논에 발생하는 잡초를 방제할 목적으로 환경친화적·생력형 macro granule(GG) 제초제를 개발하였다. 무인헬기를 이용한 벼 작형별 잡초방제효과 및 벼에 대한 생육특성을 조사하고, 주변작물에 미치는 영향을 평가하였던 결과를 요약하면 다음과 같다. GG의 무인헬기살포효과는 담수직파시험에서 93.6~96.6%의 방제효과를 보였는데, 손제초구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 수량은 손제초구와 약제처리구가 각각 4,700kg ha⁻¹, 4,450~4,670kg ha⁻¹로 비슷하였다. 기계이앙시험에서는 시험약제 모두 92.7~97.3%의 방제효과를 보였다. 무인헬기살포와 손제초구의 수량은 각각 5,270~5,520kg ha⁻¹, 5,730kg ha⁻¹로 큰 차이는 없었다. 또한 GG살포가 주변작물에 미치는 영향을 보면 액상제형과 GG가 직접살포되었을 때 배추, 상추, 오이, 고추, 콩, 들깨에 생육억제, 황변, 낙엽 등의 증상이 나타났으며, 일부 개체는 고사하였는데 이것은 무인 헬기를 이용한 약제 살포의 문제점을 시사한 것으로 무인 헬기 살포시 주변작물에 약액이 비산되지 않도록 주의가 필요 할 것으로 사료된다. 향후 사용 약제의 선택, 시기, 주변 작물의 종류 등을 감안 한 주도면밀한 연구가 반드시 필요하다고 생각된다. 본 연구의 결과 무인

헬기를 이용한 제초제 살포는 우리나라의 농업이 처해진 여건상 새로운 대안이 될 수 있다고 보여지며 이에 대한 체계적인 연구가 더욱 심도 있게 수행되어야 한다고 생각된다.

사 사

이 논문은 윤철수의 박사학위논문 일부입니다.

인 용 문 헌

- Jin, Y. D., H. D. Lee, H. S. Sim, S. G. Lee and O. K. Kwon. 2008a. Selection and bioactivity of tank mix combinations of pesticides for aerial application. *Korean J. of Pesticide Sci.* 12(4):403-413.
- Jin, Y. D., H. D. Lee, Y. K. Park, J. B. Kim and O. K. Kwon. 2008b. Drift and distribution properties of pesticide spray solution applied aerially by manned-helicopter. *Korean J. of Pesticide Sci.* 12(4):351-356.
- Kim, M. H., B. S. Se, I. C. Hwang, C. S. Yoon, J. Y. Pyon and Y. M. You. 2005a. 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.
- Kim, M. H., K. R. Ryang, C. H. Lee, J. W. Shim, K. H. Kim, C. S. Yoon, Y. M. You and J. Y. Pyon. 2005b. Effects of diffusibility of bubbling tablet herbicide formulations for paddy rice. Korean J. of Pesticide Sci. 9(4):401-410.
- Korea Crop Protection Association (KCPA). 2010. 2010 Guide book of using the agrochemicals. Sam Jeong Press Co., Seoul. 1199 p.
- Park, T. S., I. Y. Lee, T. E. Park and S. M. Oh. 2007a. Differential herbicide response of sulfonylurea-resistant *Monochoria vaginalis* accessions to sulfonylurea herbicides. Korean J. of Pesticide Sci. 11(4):269-275.
- Park, T. S. 2008b. Statuses and perspectives of herbicides development against herbicide-resistant weeds in paddy field of Korea. Korean J. of Pesticide Sci. 12(1):1-8.
- Yoon, C. S., S. C. Lee, K. H. Kim, K. H. Lee, C. S. Seok, H. J. Kim, T. K. Cho and I. C. Hwang. 2010a. Herbicidal efficacy and diffusibility of 500g great granule for remote-controlled aerial application in paddy rice. Korean J. Weed Sci. 30(4):445-453.
- Yoon, C. S., C. H. Bae, S. C. Lee, K. H. Kim, K. H. Lee, T. K. Cho and I. C. Hwang. 2011b. Studies on application method and safety of macro granule (GG) herbicide for remote-controlled aerial application. Korean J. Weed Sci. 31(3):294-307.
- 김응분. 2009. 농업용 무인헬기 개발과 이용 동향 심포지엄 : 무인헬기 임대사업 지원 정책 방향. 농촌진흥청. pp. 15-26.
- 농림수산항공협회. 2003. 항공방제용농약요람. p. 76.
- 농촌진흥청. 2010. 농약등록 시험 담당자 교육교재.
- 이채식. 2009. 농업용 무인헬기 개발과 이용 동향 심포지엄-무인헬기 및 방제기술 개발 동향. 농촌진흥청. pp. 37-48.
- 통계청. 2011. 농림어업총조사.
- Morita H. 1999. 水田雑草の發生과 雜草體系の動向. 日本農業研究. 水田雑草研刊.