Weed Turf. Sci. 3(4):323~328
http://dx.doi.org/10.5660/WTS.2014.3.4.323 Print ISSN 2287-7924, Online ISSN 2288-3312

Research Article Weed & Turfgrass Science

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 found in 1981 and 1987, respectively.

벼 담수표면산파 재배에서 무인헬기를 이용한 제초제 경엽처리 효과

성덕경[1] · 배성문[1] · 김영광[1] · 조용조[1] · 이상대[1] · 심상인[2] · 정정성[2]*
[1]경상남도농업기술원, [2]경상대학교

Efficacy of Foliar Herbicide Treatment by Unmanned Helicopter under Water-Seeded Rice Cultivation

Deok-Gyeong Seong[1], Sung-Mun Bea[1], Young-Gwang Kim[1], Yong-Cho Cho[1], Sang-Dae Lee[1], Sang-In Shim[2], and Jung-Sung Chung[2]*
[1]Gyeongsangnamdo Agricultural Research & Extension Services, Jinju 660-985, Korea
[2]Department of Agronomy, Gyenogsang National University, Jinju 660-701, Korea

ABSTRACT. This study was conducted to find out the effects of aerial application by unmanned helicopter (AAUH) on controlling weeds under water-seeded rice cultivation. Foliar herbicide (bentazone sodium + fenoxaprop-P-ethyl) was applied with diluted 8-times (standard concentration pest control) as AAUH. Foliar herbicide treatment with standard and two times amount were little damage, but with more than three times amount showed great damage in rice growth. Six annual and two perennial weeds were major weeds occurred in the experimental paddy field. On foliar herbicide treatment 25 days after direct seeding, AAUH showed high control values against weeds (96.3% for annual weeds and 99.8% for perennial weeds). There was no significant difference in weed control values between AAUH and conventional application. There was no spray injury against rice plants with aerial application. In the experiment for good spray timing (15, 20 and 25 days after direct seeding) 15 days showed highest weed control values with 98.5% to annual weeds and 99.8% to perennial weeds and no spray injury.

***Key words*:** Foliar herbicide, Unmanned helicopter, Weed control

Received on October 28, 2014; Revised on December 1, 2014; Accepted on December 8, 2014
***Corresponding author:** Phone) +82-55-772-1876, Fax) +82-55-772-1897; E-mail) jschung@gnu.ac.kr
© 2014 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 & #160; (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, & #160; and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 언

최근 농촌지역의 65세 이상 고령화 비율은 1980년에 약 10.7%에서 2013년에는 37.3%로 급격히 증가하고 있다(KOSTAT, 2013). 이러한 고령화는 동력분무기를 이용하여 실시해온 병해충 방제작업을 항공방제나 광역방제기 사용 비율을 증가시키고 있다. 특히 벼에서 병해충 방제작업은 6월에서 8월의 고온기에 주로 이루어져 농가에서 가장 힘들어하는 작업 중 하나이다. 2003년에 도입된 농업용 무인헬기는 지역농협 및 영농법인 등에 2012년 현재 151대가 보급되어 85,000 ha (2012년)를 방제하였고 지속적인 증가 추세에 있다(KAUHA, 2013). 무인헬기를 이용한 항공방제는 헬기 아랫부분에 부착된 살포장치에서 살포한 농약을 헬기에서 발생되는 하향풍을 이용하여 작물에 부착되도록 하는 방식으로 진행된다.

항공방제는 작업자가 벼 재배 논에 직접 들어가지 않고 무인헬기로 방제하는 작업으로 작업자의 농약 접촉을 현저하게 줄일 수 있는 방제법이다. 무인헬기는 3-5 m 고도에서 7.5 m 폭으로 작업이 가능하여 작업자가 의도하는 데로 작업면적 조정이 가능하다. 또한 헬기에 의해 항공 살포된 고농도 소량 살포농약은 대부분 벼에 부착되었고 논물 또는 토양 중에 낙화된 비율은 낮은 편이다. 따라서 벼 수확 후 토양 중에 살포농약의 잔류량은 거의 검출이 되지 않거나 kg당 0.201 mg으로 소량 검출되었으며, 현미와 볏

짚에서는 검출되지 않아 벼와 주변 작물에 대한 약해반응은 무시할 수준으로(Jin et al., 2008a) 안전한 방제로 알려져 있다.

직파재배는 이앙재배와 달리 잡초 발생량이 많고 발생시기가 길어 재배관리상 문제뿐만 아니라 쌀 수량 감소는 물론 미질에도 나쁜 영향을 미친다(Kim, 1992). 잡초 발생밀도의 증가에 따라 완전미 비율은 낮아지나 취반미 윤기치 및 단백질 함량의 차이는 거의 없다고 하였다. 또한 벼 생육에 미치는 잡초의 경합력은 품종, 재배지역, 재배양식, 재배시기, 시비조건, 잡초발생양상 등 여러 가지 요인에 의해 좌우된다고 하였다(Kwon et al., 2002; Lee et al., 2005, 2006; Song et al., 2006, 2008). 이러한 수도작 재배시 잡초제거는 제초제 사용전인 1949년의 10 a당 50.6시간에서 제초제 사용과 함께 급속히 감소하여 1999년에 10 a당 1.8시간까지 감소하였다(Miyahara, 2001). 특히 항공방제를 일반 관행방제와 비교하면 관행방제는 ha당 15.6시간의 방제시간에 해당하는 노임과 부대비용, 경운기 및 방제기의 감가상각비와 수리비 그리고 유류비 등을 포함하여 ha당 약 147,836원이 소요되는데 비해 항공방제는 방제회사와의 계약단가인 ha당 35,000원과 관례적으로 책정되는 ha당 1,000원 정도의 부대비용 외에는 추가비용이 들지 않아 관행방제의 1/4 수준으로(Jin et al., 2008b) 방제비용 절감에도 우수한 것으로 알려져 있다.

따라서 본 시험은 지속적으로 확대보급이 예상되는 농업용 무인헬기의 활용도를 높이고, 담수표면산파에서 경엽처리 제초제의 고농도 살포에 따른 약해 및 벼 생육 상황을 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 경남 진주시에 위치한 경상남도농업기술원 벼 시험포장에서 수행하였다. 시험에 사용된 경엽처리 제초제는 담수표면산파에 사용되는 경엽처리제 bentazone sodium + fenoxaprop-P-ethyl 미탁제(ME)를 사용하였다.

담수표면산파는 파종 3일 전에 물로터리와 써레질을 한 후 직파 하루 전에 물을 제거한 뒤에 5월 24일에 직파하였다. 사용된 품종은 칠보벼로 파종 3일전에 침종하여 건전한 종자을 선별한 후 1일간 음건하여 40 kg ha^{-1} 기준으로 파종하였다. 시비량은 ha당 질소 90 kg, 인산 45 kg, 칼리 57 kg를 시용하였으며, 질소는 기비 50%, 분얼비 30%, 수비 20% 비율로 나누어 시용하였고 인산은 전량 기비로 칼리는 기비 70%, 수비 30%로 시용하여 재배하였다.

농업용 무인헬기를 이용한 경엽처리 제초제 살포 효과 규명

경엽처리 제초제 고농도 살포에 따른 약해 검정을 위하여 담수표면산파 후 10일에 제초제를 8배로 희석하여 기준량 및 2배량에서 8배량까지 늘려서 살포하였고, 제초제 살포 10일 후에 벼에서 약해 및 생존율을 조사하였다. 제초효과 포장검정은 5월 24일에 담수표면산파한 후 25일 뒤에 농업용 무인헬기(RMAX L17 Type II, YAMAHA)를 이용하여 경엽처리 제초제 8배로 희석하여 3 m 고도에서 시간당 15-20 km의 속도로 살포하였다. 관행방제는 경운기에 부착된 동력분무기를 이용하여 농약사용지침에 제시된 1,000배로 희석하여 사용하였으며 방제가 측정을 위하여 무방제구를 두었다. 처리구별 잡초조사는 50×50 cm 크기의 quadrat을 이용하여 잡초발생이 균일한 부분을 조사하여 1 m^2당으로 환산하였고, 제초제 살포 후 30일까지 생존한 잡초 초종별 건물중을 조사하여 무방제에 대한 백분율로 환산하여 초종별 방제가를 계산하였다. 또한 약해조사를 위하여 7월 2일, 12일, 22일 3회 초장, 분얼수 및 약해정도는 달관평가로 농약등록법의 잡초등록 시험방법(0: 약해없음, 1: 미미한 반점, 2: 변색은 있으나 수량에 영향은 없음, 3: 생육에 다소 영향, 4: 5% 감수 예상, 6: 15% 감수 예상, 7: 20% 감수 예상, 8: 30% 감수예상, 9: 50% 감수 예상)에 준하여 조사하였다.

농업용 무인헬기를 이용한 경엽처리 제초제 살포시기 설정

경엽처리 제초제를 농업용 무인헬기에 적용 시 고농도로 살포 총량이 적어 잡초 밀도가 높으면 일부 잡초에 제초제 접촉이 적어 방제가가 낮다. 따라서 방제시기 조절로 방제효율을 높이고자 방제시기 선정시험을 수행하였다. 담수표면산파 후 15일, 20일, 25일에 무인헬기를 이용하여 경엽처리 제초제를 살포하였으며, 대조구로는 동력분무기를 이용하여 담수표면산파 후 25일경에 살포하였다. 기타 처리 및 조사방법은 농업용 무인헬기를 이용한 경엽처리 제초제 살포 효과 규명과 같은 방법으로 수행하였다. 처리별 수량구성요소로 단위면적당 수수, 등숙률 등을 조사하였고, 등숙률 측정을 위하여 3주씩 3반복 수확하여 염수선으로 등숙립과 비등숙립을 분리하여 총립수에 대한 등숙립의 비율로 구하였다. 품위는 도정된 백미를 외관품위기(FOSS Cervitec-1625)로 완전립 비율은 외관품위기를 이용하여 백미중 피해립, 동할립 및 분상질립 등 불완전립을 제외한 모양이 완전한 쌀과 깨어진 쌀 중 그 길이가 3/4이상인 쌀로 구분하였다. 또한 처리구 간 비교를 위하여 SAS enterprise guide를 사용하여 던컨의 다중범위검정(Duncan's multiple range test, DMRT)을 하였다.

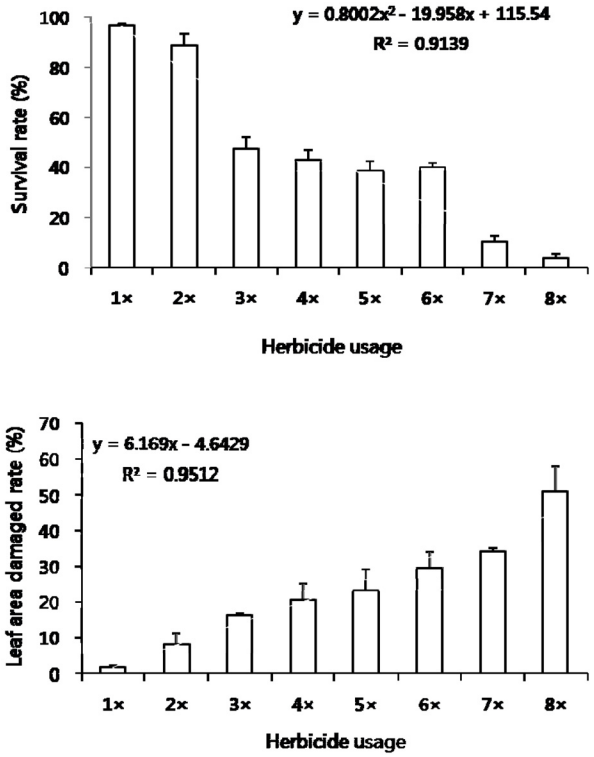

Fig. 1. Leaf damage and survival rate of rice according to increased foliar herbicide treatment amount of 10 days after treatment in the wet seeding rice cultivation.

결과 및 고찰

농업용 무인헬기를 이용한 경엽처리 제초제 살포 효과 규명

무인헬기를 이용하여 고농도 경엽처리 제초제 처리시 중복살포 및 정지비행으로 인한 제초제 살포량 과다가 우려됨에 따라 벼에서 고농도 제초제 피해정도를 검정하기 위하여 파종후 10일 후에 제초제를 8배로 희석하여 처리량 증가에 따른 벼 잎의 약해정도와 생존율을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 잎의 피해정도는 제초제 처리량이 증가함에 따라 증가 하였고, 제초제 2배량 처리까지는 높은 생존율을 보였으나 3배량 이상부터는 급격히 감소하였다.

경엽처리 제초제 살포 전에 발생한 잡초는 피(*Echinochloa crus-galli*), 가막사리(*Bidens tripartita*), 물달개비(*Monochoria vaginalis*), 너도방동사니(*Cyperus serotinus*), 밭뚝외풀(*Lindernia procumbens*), 마디꽃(*Rotala indica*) 등의 잡초가 발생하였으며, 경엽처리 제초제(bentazone sodium + fenoxaprop-P-ethyl) 처리 전 벼 생육에 특이한 증상은 없었다. 경엽처리 제초제 살포 후 15일(7월 2일)경의 생육은 무방제구에서 초장이 가장 길었고, 동력분무기를 이용한 관행방제, 헬기방제 표준량, 헬기방제 2배량 순으로 이는 희석배수 8배의 고농도로 처리한 헬기방제구에서 초기에 발생한 미세한 갈변 등의 영향으로 판단된다. 제초제 살포 후 35일(7월 22일)경에는 잡초경합이 적고, 제초제의 영향에서 회복된 관행방제와 헬기방제에서 생육이 가장 좋았으나, 무방제구는 잡초경합으로 분얼수 확보가 어려운 것으로 조사되었다 (Table 1).

제초제 처리 후 30일에 조사한 방제가는 헬기방제시 일년생 잡초에서 96.3%, 다년생 잡초 99.8%로 동력분무기를 이용한 관행방제와 유사한 것으로 조사되었고, 특히 가막사리, 밭뚝외풀, 마디꽃에서 100% 방제가를 보였다. 총 방제가도 99.2%로 관행보다는 조금 낮았으나 우수한 방제효

Table 1. Rice growth of 15 days after foliar herbicide treatment in the wet seeding rice cultivation.

Treatment	Plant length (cm)			Number of tiller (ea m^{-2})		
	July 2	July 12	July 22	July 2	July 12	July 22
HCSA[x]	31.4	38.1	56.5	709	622	564
HCTTA	30.6	35.8	53.3	680	624	576
CA	32.5	39.9	58.2	750	656	632
UTC	33.4	40.6	52.8	513	393	311

[x]HCSA: Helicopter control standard amount; HCTTA: Helicopter control two times amount; CA: Conventional application; UTC: Untreated control.

Table 2. Dry weight and control value of weeds species of 30 days after foliar herbicide treatment in the wet seeding rice cultivation.

Treatment	Dry weight of weeds species (g m^{-2})							Control value (%)		
	Ec[x]	Bt	Mv	Cs	Lp	Ri	Total	Annual weed	perennial weed	Total
HCSA[y]	1.39	0.0	1.06	3.06	0.0	0.0	5.51	96.3	99.8	99.2
CA	0.5	0.0	0.55	2.47	0.0	0.0	3.52	97.3	99.9	99.5
UTC	431	92.4	20.8	90.1	33.8	1.3	669.4	-	-	-

[x]Ec: *Echinochloa crus-galli*; Bt: *Bidens tripartite*; Mv: *Monochoria vaginalis*; Cs: *Cyperus serotinus*; Lp: *Lindernia procumbens*; Ri: *Rotala indica.*
[y]HCSA: Helicopter control standard amount; CA: Conventional application; UTC: Untreated control.

Table 3. Rice growth and spray injury of 60 days after foliar herbicide treatment in the wet seeding rice cultivation.

Treatment	Plant length (cm)	Number of tiller (ea m^{-2})	SPAD	Spray injury (0-9)
HCSA[x]	76.0	493	30.7	0
HCTTA	76.9	473	31.7	0
CA	77.6	504	32.5	0
UTC	74.3	159	28.1	-

[x]HCSA: Helicopter control standard amount; HCTTA: Helicopter control two times amount; CA: Conventional application; UTC: Untreated control.

Table 4. Rice qualities and head rice yield of 110 days after foliar herbicide treatment in the wet seeding rice cultivation.

Treatment	Lodging (1-9)	Culm length (cm)	No. of panical (ea m^{-2})	Grain filling ratio (%)	Yield (kg $10a^{-1}$)	Head rice ratio (%)	Head rice yield (kg $10a^{-1}$)
HCSA[1)]	1	71.1	456a[y]	88.5	421	95.7	403a
HCTTA	1	72.4	461a	88.9	411	97.0	398a
CA	1	76.6	513a	86.9	436	96.5	421a
UTC	1	69.4	171b	88.3	94	93.7	90b

[x]HCSA: Helicopter control standard amount; HCTTA: Helicopter control two times amount; CA: Conventional application; UTC: Untreated control.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p=0.05.

과를 보였다(Table 2).

경엽처리 제초제 살포 후 60일 이후의 생육 및 약해조사 결과는 Table 3과 같다. 제초제 처리구에서는 잡초와의 경합이 적어 비슷한 초장과 분얼수를 확보하였으나 무방제구에서는 다소 초장이 짧고 분얼수는 현저하게 줄어들었다. 제초제 2배량 처리에서도 기준량 처리와 생육의 차이는 적었고, 약해의 발생도 없었다. 헬기방제시 후기생육 및 수량 등에서 관행방제와 유사하고 잡초 제거 효과가 우수하였으며(Table 4), 고농도의 제초제가 벼 생육에 미치는 효과가 적어 향후 경엽처리 제초제 살포에 이용 가능할 것으로 판단된다.

농업용 무인헬기를 이용한 경엽처리 제초제 살포시기 설정

시험포장에서 발생한 잡초는 피(*Echinochloa crus-galli*), 가막사리(*Bidens tripartita*), 물달개비(*Monochoria vaginalis*), 너도방동사니(*Cyperus serotinus*), 밭뚝외풀(*Lindernia procumbens*), 마디꽃(*Rotala indica*) 등의 잡초가 발생하였으며, 경엽처리 제초제(bentazone sodium + fenoxaprop-P-ethyl) 처리 전 벼 생육에 특이한 증상은 나타나지 않았다. 제초제 처리 후 30일에 조사한 방제가는 파종 후 15일에 헬기방제시 일년생 잡초에서 98.5%, 다년생 잡초 100%로 가장 높았고, 파종 후 20일 헬기방제에서 일년생 잡초 97.6%, 다년생 잡초 100%, 동력분무기를 이용한 관행방제시 일년생 잡초 97.3%, 다년생 잡초 99.6% 순이었다. 총방제가도 파종 후 15일 헬기방제에서 가장 높았다. 파종 후 25일 헬기방제에서 관행방제보다 방제가가 낮은 요인은 헬기방제시 살포 총량이 소량임에 따라 잡초의 밀도가 높으며 잡초 표면에 부착되는 제초제 비율이 줄어든 영향으로 판단된다(Table 5).

Table 5. Dry weight and control value of weeds species of 30 days after foliar herbicide treatment by foliar herbicide application time in the wet seeding rice cultivation.

Treatment	Dry weight of weeds species (g m^{-2})							Control value (%)		
	Ec[x]	Bt	Mv	Cs	Lp	Ri	Total	Annual weed	perennial weed	Total
HC15[y]	0	0	0.2	1.4	0	0	1.6	98.5	100.0	99.7
HC20	0	0	0.4	2.2	0	0	2.6	97.6	100.0	99.6
HC25	1.8	0	1.0	5.7	0	0	8.5	93.7	99.6	98.6
CA	0.7	0	0.4	2.5	0	0	3.6	97.3	99.9	99.4
UTC	390	89.2	16.2	91.2	26.5	1.1	614.2	-	-	-

[x]Ec: *Echinochloa crus-galli*; Bt: *Bidens tripartite*; Mv: *Monochoria vaginalis*; Cs: *Cyperus serotinus*; Lp: *Lindernia procumbens*; Ri: *Rotala indica.*
[y]HC15: Helicopter control of 15 days after sowing; HC20: Helicopter control of 20 days after sowing; HC25: Helicopter control of 25 days after sowing; CA: Conventional application; UTC: Untreated control.

Table 6. Rice growth and spray injury of 60 days after seeding by foliar herbicide application time in the wet seeding rice cultivation.

Treatment	Plant length (cm)	Number of tiller (ea m^2)	Spray injury (0-9)
HC15[x]	53.4	576	0
HC20	50.9	588	0
HC25	52.9	564	0
CA	51.1	581	0
UTC	38.6	154	-

[x]HC15: Helicopter control of 15 days after sowing; HC20: Helicopter control of 20 days after sowing; HC25: Helicopter control of 25 days after sowing; CA: Conventional application; UTC: Untreated control.

Table 7. Rice qualities and head rice yield of 110 days after seeding by foliar herbicide application time in the wet seeding rice cultivation.

Treatment	Lodging (1-9)	Culm length (cm)	No. of panical (ea m^2)	Grain filling ratio (%)	Yield (kg $10a^{-1}$)	Head rice ratio (%)	Head rice yield (kg $10a^{-1}$)
HC15[x]	1	82	502a[y]	92.7	539	90.1	484a
HC20	1	83	508a	90.4	543	88.7	489a
HC25	1	73	482a	92.5	506	90.1	459a
CA	1	75	506a	92.1	510	89.5	458a
UTC	1	70	52b	87.0	244	81.4	199b

[y]HC15: Helicopter control of 15 days after sowing; HC20: Helicopter control of 20 days after sowing; HC25: Helicopter control of 25 days after sowing; CA: Conventional application; UTC: Untreated control.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p=0.05.

경엽처리 제초제 살포 후 60일 이후의 생육 및 약해조사 결과는 Table 6과 같다. 무인헬기를 이용하여 파종 후 15일에 경엽처리 제초제 처리시 후기생육 및 수량 등에서도 관행방제와 유사하고(Table 7) 잡초 제거효과가 높았다. 농업용 무인헬기를 이용한 효율적 잡초 방제를 위해서는 잡초 피복정도가 낮은 초기 방제가 유리할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 벼 재배에서 병해충방제의 목적으로 확대 보급되고 있는 농업용 무인헬기를 담수표면산파의 잡초방제에 활용 가능성을 검정하고자 수행하였다. 경엽처리 제초제(bentazone sodium + fenoxaprop-P-ethyl)의 처리농도는 벼 병해충방제에 적용하는 8배로 희석하여 처리한 결과 기준량 및 2배량 살포에서는 피해가 크지 않았으나, 3배량 이상 살포시 벼 생존율이 급격히 감소하였다. 벼 담수표면산파 포장에 발생한 주요 잡초는 피(*Echinochloa crus-galli*)를 포함한 일년생 6초종과 너도방동사니 등 다년생 2초종이었으며, 파종 후 25일에 무인헬기로 경엽처리 제초제 살포시 일년생 잡초에서 96.3%, 다년생 잡초 99.8%로 동력분무기를 이용한 관행방제와 유사한 방제가를 보였고, 약해 증상도 나타나지 않았다. 제초제 살포시기 설정을 위하여 파종 후 15일, 20일, 25일에 무인헬기로 살포한 결과 파종 후 15일에 방제가가 일년생 잡초 98.5%, 다년생 잡초 100%로 관행방제(1년생 97.3%, 다년생 99.6%)보다 높았고, 약해 증상도 나타나지 않았다. 따라서 농업용 무인헬기를 경엽처리 제초제 살포에 이용 가능할 것으로 판단된다.

주요어: 경엽처리 제초제, 무인헬기, 잡초방제

Acknowledgements

This study was supported by grant of the Rural Development Administration, Republic of Korea (Project number: PJ0088 3703).

References

Jin, Y.D., Lee, H.D., Park, Y.K., Kim, J.B. and Kwon, O.K. 2008a. Drift and distribution properties of pesticide spray solution applied aerially by manned-helicopter. Korean J. Pestic. Sci. 12(4):351-356. (In Korean)

Jin, Y.D., Lee, H.D., Shim, H.S., Lee, S.G. and Kwon, O.K. 2008b. Selection and bioactivity of tank mix combinations of pesticides for aerial application. Korean J. Pestic. Sci. 12(4):403-413. (In Korean)

KAUHA (Korea Agricultural Unmanned Helicopter Association). 2013. Agricultural engineering of unmanned helicopter. Seoul, Korea. pp. 337-341.

Kim, S.C. 1992. Weed ecology and effective weed control technology in direct-seeded rice. Korean J. Weed Sci. 12(3):230-260. (In Korean)

KOSTAT (Statistics Korea). 2013. Survey results agriculture on the No. of households by sex & age of Korea. Statistics Korea.

Kwon, O.D., Kuk, Y.I., Lee, D.J., Shin, H.R., Park, I.J., et al. 2002. Growth and yield of rice as affected by competitive period of resistant *Monochoria vaginalis* biotype to sulfonylurea herbicides. Korean J. Weed Sci. 22(2):147-153. (In Korean)

Lee, S.G., Kim, D.S., Im, I.B. and Pyon, J.Y. 2005. Growth and yield of rice as affected by different densities of perennial weeds and prediction of rice yield loss in paddy fields. Korean J. Weed Sci. 25(4):295-303. (In Korean)

Lee, S.G., Im, I.B., Kim, D.S. and Pyon, J.Y. 2006. Competition effects of *Echinochloa crus-galli* and *Monochoria vaginalis* on rice growth and yield. Korean J. Weed Sci. 26(3):262-269. (In Korean)

Miyahara, M. 2001. Weed control of paddy field in Japan. Korean J. Weed Sci. 21(4):291-305. (In Korean)

Song, S.B., Hwang, J.B., Hong, Y.K., Park, S.T. and Kim, H.Y. 2006. Loss of rice growth and yield affected by weed competition in machine transplanted rice cultivation. Korean J. Weed Sci. 26(4):407-412. (In Korean)

Song, S.B., Hwang, J.B., Hong, Y.K. and Kang, H.W. 2008. Effect of rice growth and yield affected by different densities of *Ludwigia Prostarata* Roxb. In machine transplanted rice cultivation. Korean J. Weed Sci. 28(3):214-219. (In Korean)