

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.

수수 재배시 적용 제초제 선발을 위한 약효 및 약해 평가

황재복* · 박태선 · 박홍규 · 김학신 · 최인배 · 구본일 · 배희수
국립식량과학원

Weeding Efficacy and Phytotoxicity Evaluation of Soil-Applied Herbicides for Potential Use in Sorghum

Jae-Bok Hwang*, Tae-Seon Park, Hong-Kyu Park, Hak-Sin Kim, In-Bae Choi, Bon-Il Koo, and Hee-Soo Bae
Crop Production and Physiology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

ABSTRACT. Herbicide options for weed control in sorghum is very limited, hence there is a need for exploring potential herbicides. Sorghum herbicide tolerance field trails were conducted at two locations, Yaechoun, Gyeongsangbuk-do, and Miryang, Gyeongsangnam-do, in 2013. Tolerance of sorghum was evaluated following the pre-emergence application of methabenzthiazuron 70% (WP), simazine 50% (WP), oxadiargyl 1.7% (EC), and dimethenamid-P 5% + pendimethalin 20% (EC) at the standard rate 157.5 g, 75 g, 5.1 g, and 75 g a.i. 10 a⁻¹, respectively. As well as double the standard rate. On a phytotoxicity scale of 0 to 9, methabenzthiazuron (WP) induced injury to sorghum up to level 1 at the standard rate and to 3 at double the rate, but did not significantly affect the yield any statistical difference from the untreated. Simazine (WP) induced phytotoxicity up to levels 2 and 4 at single and double rates, respectively. Simazine (WP) did not significantly affect yield; however, the values were numerically lower than those in the methabenzthiazuron (WP) treatment. Oxadiargyl (EC) and dimethenamid + pendimethalin (EC) induced no or slight phytotoxicity; however they failed to provide effective weed control at the standard rate (32 and 68% control, respectively). Out of the tested, methabenzthiazuron (WP) was found to have potential for use in sorghum whereas the other herbicides caused unacceptable levels of injury.

Key words: Herbicide, Methabenzthiazuron, Pre-emergence, Sorghum, Weed

Received on January 12, 2016; Revised on June 12, 2016; Accepted on June 13, 2016

*Corresponding author: (Phone) +82-63-238-5274, (Fax) +82-63-238-5255; E-mail) hjb0451@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

농업은 세계 곡물가 상승과 기후변화 그리고 시장개방에 적극적으로 대응하여야 하고, 농업과 농촌은 단순한 식량 생산을 하는 곳이 아니라 환경보전과 쾌적한 휴식공간 등 6차 산업으로 인식하고 있다(Lee, 2009). 잡곡은 건강학 먹거리에 대한 소비자의 관심이 늘었고 잡곡이 지닌 건강기능성이 크게 부각되면서 가치를 인정받고 있다(Lee et al., 2014). 잡곡 중에 수수는 화곡류 식량 중에서 특이하게 다량의 탄닌을 함유하는 작물로 폴리페놀, 탄닌 등 항산화 성분을 풍부하게 함유하고 있으나(Oh et al., 2013), 자급률 향상을 위해 품종개발, 재배법 확립, 병해충 및 잡초관리

기술 등 연구개발이 필요하다고 하였다(Oh et al., 2013).

밭작물의 경우 생산비 중에 제초 노력비는 경쟁력 약화의 가장 큰 요인 중 하나이다. 제초제의 사용은 노동생산성을 3배나 증대시키는 농업형의 선진도를 나타내는 지표 농약이라고 하였다(Guh, 1990). 작물생산에서 제초노력이 차지하는 경영비중이 매우 커서 재배확대의 제한요인이 되고 있으나 잡초관련 연구는 벼 등 일부 작물에 국한되어 있으며, 두류 등 일부 밭작물을 제외한 소면적 밭작물들에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이다(Hwang et al., 2015). 소면적 작물보호제의 사용에서는 경제적 수익이 낮을수록 비용을 충족시키지 못하는 경우가 대부분이다(Kang and Han, 2012). 수수를 포함한 잡곡 생산기반 조성이 미흡하여 중

자 보급 체계, 적용약제 등록, 그리고 표준재배 기술 등 잡초의 생력화를 위한 재배기술 개발 부족으로 손 작업에 의존하여 생산성이 낮다.

잡곡류 제초제 선발시험으로 뷰타클로르(유) 등 6종(Ha et al., 2000), Choi et al. (1991)은 Acid Amide, Dinitroaniline, Triazine, Urea 제초제로 타 작물에 적용 등록되어 있는 약제를 선발하였으나 아직 등록되지 못하고 있는 실정이다. 미국에서는 수수에 대해 acetolactate합성 효소를 저해하는 제초제에 저항성을 지니는 유망 품종을 개발하고 있다(Reddy et al., 2014). 광엽 잡초는 경엽처리제로 방제할 수 있지만, 화본과 잡초는 대부분 토양처리제로 방제해야 한다. 화본과 잡초가 문제될 경우, 메톨라클로르와 같은 토양처리제와 아트라진을 토양경엽처리제로 처리하면 안전하고 효율적인 방제를 할 수 있다고 하였다(Thompson et al., 2011). Pyrasulfotole와 bromoxynil 혼합제는 약해와 초기생육을 억제시키지만 수량감소에는 영향을 미치지 않았으며, 잡초방제 효과가 우수하였다고 하였다(Dan et al., 2012). 본 시험은 수수 재배시 생산비 절감을 위해 몇몇 약제에 대해 약효 및 약해를 알아봄으로써 수수 적용 제초제 등록을 위한 기초자료로 활용코자 수행하였다.

재료 및 방법

시험장소는 경북 예천과 경남 밀양 포장이고, 시험품종은 황금찰수수를 난괴법 3반복으로 배치하였다. 일년생 잡초를 대상으로 타작물에 적용 등록되어 있는 약제 중 메타벤트티아주론 70% 수화제, 시마진 50% 수화제, 옥사디아길 1.7% 유제, 디메테나미드-피 5% + 펜디메탈린 20% 유제 등 4종에 대해 처리량은 각각 Table 1과 같은 농도로 파종 후 3일에 처리하였으며, 약해 조사를 위해서 처리량의 배량에 대해 약효, 약해 및 생육을 위해 각 처리구를 난괴법 3반복으로 배치하였다(Table 1). 파종일은 예천이 2013년 6월 10일, 밀양이 6월 18일로 각각 지역별 재배의 적기로 하였다. 재식거리는 고품 60×20 cm로 관행에 준하였다. 시비량은 10 a 당 질소 10 kg, 인산 7 kg, 칼리 8 kg를 전량 기비로 시비하였다. 1주 1분씩 솟음 작업을 하였다. 주요 조사내용으로 약효는 수수 파종 후 30일에 잔초량을 50×50 cm의 quadrat으로 3반복 채취하여 발생한 잡초의 초종별 본수를 조사하고, 그 시료를 건조기에서 70°C로 48시간 건조시킨 후 계량하여 m² 당으로 환산하였다. 약해는 약제 처리 후 10일, 20일, 30일, 그리고 40일에 4회 조사하였다. 기상은 지역의 기상청 자료를 활용하였다. 또 수수 생육단계별 초장, 수량 구성요소는 농촌진흥청 농사시험연구 조사 기준(RDA, 2003)에 준하였다. 토양은 시험 전 토양을 채취하였으며 농촌진흥청 토양화학분석법(NIAST, 1988)으로 분석하였다.

Table 1. Treatment composition of tested herbicides.

Herbicide	Herbicidal efficacy		Phytotoxicity	
	Dosage (a.i. 10 a ⁻¹)	Time of application	Standard Dose (a.i. 10 a ⁻¹)	Double dose (a.i. 10 a ⁻¹)
Methabenzthiazuron 70% WP ^y	157.5 g	3 DAS ^z	157.5 g	315.0 g
Simazine 50% WP	75.0 g	"	75.0 g	150.0 g
Oxadiargyl 1.7% EC	5.1 g	"	5.1 g	10.2 g
Dimethenamid-P 5% + Pendimethalin 20% EC	75.0 g	"	75.0 g	150.0 g
Hand-weeding	-	20, 40 DAS	-	-
Control (non-herbicide)	-	-	-	-

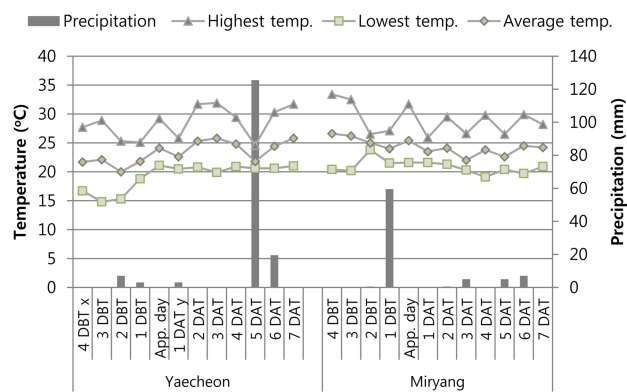
^yWettable Powder (WP); Emulsifiable Concentrate (EC).

^zDAS (days after seeding).

결과 및 고찰

시험기간 동안 기상변화 및 토양 특성

제초제 처리 전후 12일간 대기의 최저, 평균, 최고온도, 그리고 강수량은 Fig. 1과 같다. 예천 포장은 파종 후 3일 처리에서 최저온도는 21.1°C, 평균 24.1°C, 최고 29.2°C이었다. 강수량은 158 mm로 제초제 처리 후 다음날 3 mm 강우가 있었으나 약해 평가에는 큰 영향을 미치지 않았고, 처리 후 5일경에 100 mm 이상의 많은 비가 왔지만 배수가 양호한 사양질로 약해에 다소 영향을 미쳐 초장이 억제된 것으로



^x DBT (days before treatment). ^y DAT (days after treatment).

Fig. 1. Maximum, average, and minimum temperatures and precipitation during the experimental period.

Table 2. Soil chemical characteristics at the two locations studied.

Locations	soil texture	pH (1:5)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	O.M. ^z (g kg ⁻¹)
Yaecheon	Coarse silty	6.6	98.4	0.10
Miryang	Fine loamy	6.5	151.5	0.25

^zO.M.: Organic matter.

보인다. 밀양 포장은 파종 후 3일 처리에서 최저온도는 21.6°C, 평균 25.4°C, 최고 31.7°C이었다. 또 강수량은 77.6 mm로 제초제 처리 후 다음날 0.6 mm 강우로 약해 평가에는 영향이 없었다. 토양특성을 보면, 예천 포장은 사양질이며 pH 6.6, 유효인산 98.4 mg kg⁻¹, 유기물이 0.10 g kg⁻¹이었으며, 밀양 포장은 사양질이며 pH 6.5, 유효인산 151.5 mg kg⁻¹, 유기물이 0.25 g kg⁻¹로 이었다(Table 2).

약제에 따른 지역 및 약량별 수수의 생육과 약해

수수 제초제 선발을 위한 시험 약제의 기준량 및 배량의 출아율과 생육은 Table 3과 Table 4와 같다. 수수의 출아율은 손제초구의 출아율을 100%로 하였을 때 제초제 처리구 모두 90% 이상 출아되었다. Choi et al. (1991)의 잡곡의 제초제 생존율 시험에서도 시마진과 펜디메탈린의 기준량과 배량에서도 97%의 출아율로 양호하다는 보고와 유사하였다. 처리 후 강우에 의해 초장 등 초기 생육에 영향이 적었던 예천의 경우 손제초의 경우 처리 후 10일에 31.0 cm이었으

Table 3. Emergence rates of sorghum at 20 days after herbicide treatment.

Locations	Herbicides	Standard dose (%)	Double dose (%)
Yaecheon	Methabenzthiazuron 70% WP	95	90
	Simazine 50% WP	90	85
	Oxadiargyl 1.7% EC	95	95
Miryang	Dimethenamid-P 5% + Pendimethalin 20% EC	90	85
	Hand-weeding	100	100
	Methabenzthiazuron 70% WP	95	95
	Simazine 50% WP	95	85
	Oxadiargyl 1.7% EC	95	95
	Dimethenamid-P 5% + Pendimethalin 20% EC	90	90
	Hand-weeding	100	100

Table 4. Sorghum plant heights at 10~ 40 days after the herbicide treatments.

Locations	Herbicides	Standard dose (cm)				Double dose (cm)			
		10 DAT ^y	20 DAT	30 DAT	40 DAT	10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT
Yaecheon	Methabenzthiazuron	23.2	55.3	96.6	140.1bc ^z	19.1	49.9	85.3	125.1b
	Simazine	22.9	57.8	93.9	135.2c	20.1	39.8	78.6	126.9b
	Oxadiargyl	25.7	58.7	103.1	152.7ab	20.8	37.7	99.0	146.8a
	Dimethenamid-P + Pendimethalin	19.2	51.1	93.8	152.8ab	20.4	56.5	102.1	150.9a
	Hand-weeding	31.0	65.9	113.8	158.1a	31.0	65.9	113.8	158.1a
Mi-ryang	Methabenzthiazuron	20.0	46.4	74.6	119.4b	17.1	41.1	64.0	108.5c
	Simazine	21.9	47.3	67.3	109.6bc	22.3	43.8	54.7	96.9d
	Oxadiargyl	24.9	52.6	78.7	102.8c	26.1	54.5	66.9	117.3b
	Dimethenamid-P + Pendimethalin	26.8	52.3	73.3	110.4bc	23.0	48.3	66.2	109.0bc
	Hand-weeding	27.2	58.4	83.5	134.8a	27.2	58.4	83.5	134.8a

^yDAT (days after treatment).

^zMean separation within columns by DMRT (p ≥ 0.05).

Table 5. Phytotoxicity levels of sorghum at 10, 20, 30, and 40 days after the herbicide treatments.

Locations	Herbicides	Standard dose (0-9) ²				Double dose (0-9) ²			
		10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT	10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT
Yae-cheon	Methabenzthiazuron	1	1	1	0	3	3	3	2
	Simazine	2	1	1	0	4	4	3	2
	Oxadiargyl	1	1	1	0	2	2	2	1
	Dimethenamid-P + Pendimethalin	1	1	1	0	2	2	2	1
Mi-ryang	Methabenzthiazuron	1	1	1	1	3	3	2	2
	Simazine	2	2	1	1	4	4	3	2
	Oxadiargyl	1	0	0	0	2	1	1	1
	Dimethenamid-P + Pendimethalin	1	1	0	0	3	2	1	1

⁰-completely survival, 9-completely death.

나 메타벤즈티아주론(수) 등 4약제는 19.2~25.7 cm로 모두 초장이 억제되었다. 특히 디메테나미드-피 + 펜디메탈린(유)은 가장 억제되었다. 배량의 경우에 기준량보다 더 억제되는 경향이였다. 처리일수가 경과할수록 초장이 회복되는 순위는 옥사디아길(유)과 디메테나미드-피 + 펜디메탈린(유)이였고, 메타벤즈티아주론(수)과 시마진(수)은 처리 후 40일에도 손제초구 대비 약 15~20 cm 정도 감소하였다. 밀양 포장의 경우 처리후 10일 초장을 보면 손제초구가 27.2 cm이었으나 메타벤즈티아주론(수)과 시마진(수)은 20.0~21.9 cm로 약간 억제가 되었다. 옥사디아길(유)과 디메테나미드-피 + 펜디메탈린(유)은 손제초구에 비해 억제되는 경향이 적었다.

지역 및 제초제별 약해를 보면(Table 5), 기준량 처리에서 시마진 처리구에서는 처리 후 30일까지 1 정도였고, 나머지 제초제는 약제 처리 후 30일에는 회복이 되었다. 배량처리구에서는 메타벤즈티아주론(수)과 시마진(수)이 처리 후 40일에도 약해가 2이였고, 옥사디아길(유)과 디메테나미드-피 + 펜디메탈린(유)은 약해가 1 정도로 감소하였다. 수수에 적용이 가능한 제초제로는 약해로 보면, 메타벤즈티아주론(수)은 약해 정도가 기준량에서 1, 배량에서 3 정도로 수량 감소에 미치는 영향이 적었다. 잡곡류 제초제 선발 시험(Ha et al., 2000)에 의하면, 메타벤즈티아주론(수)은 300 g 10⁻¹ 약량에서 약해가 2 정도였다. 그러나 시마진(수)은 기준량에서 2, 배량에서 4로 다소 약해 정도가 높았고, 옥사디아길(유)과 디메테나미드-피 + 펜디메탈린(유)는 화분과 작물인 수수에는 약해가 기준량에서는 1, 배량에서는 3 정도였고, 처리후 40일에는 회복이 되었으며 약해 증상으로는 잎의 황변과 초장 등 생육이 다소 억제되었다. 따라서 메타벤즈티아주론은 기존의 청예사료 등록 약제로 210 g a.i. 10⁻¹ 보다 약량을 줄인 157.5 g a.i. 10⁻¹로 수수밭

잡초방제용 제초제로 등록 변경하여 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

약제에 따른 지역 및 약량별 잡초방제 효과

수수에 살포한 제초제별 잡초발생 본수, 발생량과 잡초방제효과는 Table 6과 같다. 시험약제 중 메타벤즈티아주론(수)은 잡초방제가가 예천, 밀양 2개 지역에서 각각 95%, 81%로 수수에 적용이 가능한 수준으로 판단되었다. 2개 지역에서 방제가의 차이는 발생 초종중에 예천은 무처리구에서 피의 발생량이 특히 많았고, 밀양은 상대적으로 방동사니의 발생량이 많았으나 건물량으로 피의 발생량이 많았던 예천지역의 방제가가 높았던 것으로 판단된다. Ha et al. (2000)이 잡곡류 제초제 선발 시험에서는 방제가가 97%이었으나 이보다는 다소 낮았다. 또 시마진(수)은 2개 지역 모두 화분과 초종이 방제가 되지 않아 84%, 79%로 방제가가 낮았다. 예천포장에서 발생한 초종은 피, 바랭이, 참방동사니, 명아주, 쇠비름, 여뀌 등으로 무처리구 438.5 g m⁻² 대비 메타벤즈티아주론(수)와 시마진(수)이 각각 22.1 g m⁻², 70.6 g m⁻²이었다. 밀양 포장에서도 비슷한 경향으로 무처리구 198.2 g m⁻² 대비 메타벤즈티아주론(수)와 시마진(수)이 각각 37.6 g m⁻², 41.8 g m⁻²이었다. 2개 지역에서 시마진(수)은 방동사니과와 광엽잡초는 대부분 방제가가 높았으나, 피 등 화분과 초종이 70.5 g m⁻², 41.8 g m⁻²으로 방제되지 않았다. 그러나 옥사디아길(유)과 디메테나미드-피 + 펜디메탈린(유)의 방제가는 예천 포장이 각각 32%, 68%이였고, 밀양 포장이 48%, 7.3%로 메타벤즈티아주론(수)와 시마진(수)에 비해 낮았다.

약제에 따른 지역 및 약량별 수량구성요소 및 수량

약제처리별 수량구성요소 및 수량은 Table 7과 같다. 예

Table 6. Weed control values of the herbicide treatments in Yaecheon and Miryang.

Locations	Herbicides	Density (plant m ⁻²)	Dry weight (g m ⁻²)	DMRT (5%)	Control value (%)
Yae-cheon	Methabenzthiazuron 70% WP	21	22.1	Cd ^z	95
	Simazine 50% WP	37	70.6	cd	84
	Oxadiargyl 1.7% EC	60	299.5	b	32
	Dimethenamid-P 5% + Pendimethalin 20% EC	78	141.6	c	68
	Hand-weeding	31	11.6	d	97
	Control (non-herbicide)	80	438.5	a	–
	Methabenzthiazuron 70% WP	47	37.6	bc ^z	81
	Simazine 50% WP	19	41.8	bc	79
Mi-ryang	Oxadiargyl 1.7% EC	124	183.7	a	7
	Dimethenamid-P 5% + Pendimethalin 20% EC	75	93.0	bc	53
	Hand-weeding	13	0.7	c	100
	Control (non-herbicide)	197	198.2	a	–

^zMean separation within columns by DMRT ($p \geq 0.05$).

Table 7. Yield and yield components of sorghum affected by the herbicide in Yaecheon and Miryang.

Locations	Herbicides	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Shoot weight (g plant ⁻¹)	Thousand seed weight (g)	Yield (kg 10 a ⁻¹)
Yae-cheon	Methabenzthiazuron 70% WP	139.8	24.5	78.1	17.7	314a ^z
	Simazine 50% WP	148.4	24.8	86.7	18.9	303a
	Oxadiargyl 1.7% EC	156.1	23.4	71.3	18.2	239b
	Dimethenamid-P 5% + Pendimethalin 20% EC	154.2	24.5	60.8	17.7	215b
	Hand-weeding	156.3	23.3	66.9	19.7	321a
	Control (non-herbicide)	181.9	22.2	44.5	17.0	120c
	Methabenzthiazuron 70% WP	137.3	23.9	76.3	24.1	284ab
	Simazine 50% WP	139.8	24.8	80.8	23.6	279ab
	Oxadiargyl 1.7% EC	154.7	21.1	36.4	24.3	169c
Mi-ryang	Dimethenamid-P 5% + Pendimethalin 20% EC	152.4	23.2	50.0	25.3	247b
	Hand-weeding	154.1	22.9	90.9	26.0	336a
	Control (non-herbicide)	161.3	19.1	27.8	21.6	123c

^zMean separation within columns by DMRT ($p \geq 0.05$).

천과 밀양 2개 지역에서 메타벤즈티아주론(수)과 시마진(수) 약제의 수량은 각각 314 kg 10 a⁻¹과 284 kg 10 a⁻¹로 손제초구 321 kg 10 a⁻¹, 336 kg 10 a⁻¹로 손제초구와 유의적인 차이가 없었다. 그러나 옥사디아기일(유)과 디메테나미드-피 + 펜디메탈린(유)는 잡초발생으로 경합에 의해 다소 감소

하였다. Ha et al. (2000)의 결과에서 지역간 수량의 차이는 있었으나 약효 및 약해 검토에서 메타벤즈티아주론이 활용 가능성이 높다고 하였다. 추후 수수에 대한 안정성 평가 및 후작물에 대한 영향 등에 대한 검토 후 적용이 가능할 것으로 판단되었다.

요 약

수수 재배시 생산비 절감을 위해 몇몇 약제에 대해 약효 및 약해를 검토한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 수수에 적용이 가능한 제초제로는 약해로 보면, 메타벤즈티아주론(수)은 약해정도가 기준량에서 1, 배량에서 3 정도로 수량에 미치는 영향이 적었다. 그러나 시마진(수)은 기준량에서 2, 배량에서 4로 다소 약해 정도가 높았다. 옥사디아길(유)과 디메테나미드-피 + 펜디메탈린(유)는 수수에는 약해가 기준량에서는 1, 배량에서는 3 정도이었으나 잡초방제 효과는 낮았다. 예천과 밀양 2개 지역에서 수량은 메타벤즈티아주론과 시마진 약제에서 각각 314 kg 10 a⁻¹과 284 kg 10 a⁻¹로 손제초구 321 kg 10 a⁻¹, 336 kg 10 a⁻¹로 손제초구와 유의적인 차이가 없었다. 한편, 잡초방제효과는 메타벤즈티아주론(수)은 예천, 밀양 2개 지역에서 각각 95%, 81%로 수수에 적용이 가능한 수준이었다. 그러나 시마진(수)은 2개지역 모두 84%, 79% 이었으며, 옥사디아길(유)과 디메테나미드-피 + 펜디메탈린(유)의 방제가는 각각 32%, 68%로 낮았다.

주요어: 제초제, 메타벤즈티아주론(수), 발아전처리, 수수, 잡초

Acknowledgements

This research was supported by a project grant from the cooperative research program for Agricultural Science and Technology Development (Project No. PJ01013103) of the RDA.

References

Choi, B.H., Kim, S.T., Park, K.Y. and Park, R.K. 1991. Acid amide, dinitroaniline, triazine, urea herbicide treatment and survival rate of coarse grain crop seedlings. Res. Rept. RDA. Suwon, Upland and industrial crops 33(1):33-42. (In Korean)

Dan, D.F., Peter, A.D., James, W.G. and Carlos, J.F. 2012. Weed control and grain sorghum (*Sorghum bicolor*) tolerance to pyrasulfotole plus bromoxynil. <http://www.hindawi.com/journals/ija/> (Accessed Jan. 12, 2016).

Guh, J.O. 1990. Weed control in minor crops and minor used herbicides. Kor. J. Weed Sci. 10(2):153-158. (In Korean)

Ha, K.S., Rho, J.H. and Heo, N.K. 2000. Selective control of weeds in millets with herbicides. Annual report of Gangwon-do agricultural research & extension services, Chuncheon, Korea. (In Korean)

Hwang, J.B., Jung, K.Y., Park, T.S., Yun, J.T., Kim, H.S., et al. 2015. Weed control method of cereals crops using weeder machine for environment-friendly control practice. Weed Turf. Sci. 4(3):230-235. (In Korean)

Kang, C.Y. and Han, H.S. 2012. A study of crop protection materials industry trends and development strategy-focusing on improving safety management. Korea Rural Economic Institute. p. 177. (In Korean)

Lee, Y.H. 2009. Culture and information of millets. RDA (Rural Development Administration), Sammi Inc, Suwon, Korea. (In Korean)

Lee, Y.H., Oh, I.S., Bae, H.Y., Kim, M.j. and Kim, Y.B. 2014. Symposium on coarse cereal grains. RDA, Suwon, Korea. p. 107. (In Korean)

NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 1988. Methods of soil chemical analysis. RDA, Suwon, Korea. p. 215. (In Korean)

Oh, I.S., Stahlman, P., Rooney, W., Diao, X. and Kim, Y.H. 2013. Symposium on extensive use and improvement technology of coarse cereal crop production. RDA (Rural Development Administration), Suwon, Korea. pp. 52-87. (In Korean)

RDA (Rural Development Administration). 2003. Analysis manual for agricultural science and technology in research. RDA, Suwon, Korea. pp. 271-290. (In Korean)

Reddy, S.S., Stahlman, P.W., Geier, P.W., Charvat, L.D., Wilson, R.G., et al. 2014. Tolerance of foxtail, proso and pearl millets to saflufenacil. Crop Protection 57:57-62.

Thompson, C.R., Peterson, D.E., Fick, W.H., Stahlman, P.W. and Wolf, R.E. 2011. Chemical weed control for field crops, pastures rangeland, and noncropland. Report of Progress. Kansas State Univ. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. pp. 42-53.