

## 파종 방법과 토양처리용 제초제 처리가 수수 × 수단그라스 교잡종의 생육 및 생산성에 미치는 영향

정종성 · 이기원 · 최기춘 · 지희정 · 박형수 · 김원호 · 김영진 · 이상학 · 이상훈\*

국립축산과학원

## Effect of Seeding Method and Pre-emergence Herbicides on Plant Growth and the Production of Sorghum × Sudangrass Hybrid

Jeong Sung Jung, Ki-Won Lee, Ki Choon Choi, Hee Jung Ji, Hyung Soo Park, Won Ho Kim, Young-Jin Kim,  
Sang Hak Lee and Sang-Hoon Lee\*

National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Cheonan 330-801, Korea

### ABSTRACT

The following experiments were used to evaluate the effect of seeding method and pre-emergence herbicides on weed control and the production of the sorghum × sudangrass [*sorghum bicolor* (L.) Moench] hybrid under field and *in vitro* conditions. Under the *in vitro* condition, we evaluated how different kinds of herbicides affect the rate of seed germination and the growth of early seedlings in the sorghum × sudangrass hybrid treated with herbicides. Simazine, alachlor, and methabenzthiazuron were used, and their concentration levels were 0%, 40%, 70%, and 100%. The germination ratio of the seeds was reduced by the application of simazine, methabenzthiazuron, and alachlor compared with the control (distilled water). The alachlor application severely decreased the sorghum germination ratio. However, seed germination was not greatly influenced by the concentration level of the herbicides. Root and shoot length were increased in the following order: control > simazine > methabenzthiazuron > alachlor. Overall, alachlor significantly reduced root length more than shoot length. The differential tolerance of the sorghum × sudangrass hybrid to pre-emergence herbicides by seeding method was then tested under the field condition. The plants were severely injured by the alachlor application, leading to a great reduction in the number of stems. However, for the simazine and methabenzthiazuron applications the number of stems lost was slightly lower than it was for the alachlor and simazine + alachlor applications. In the seeding method, drilling was more effective in reducing herbicide injury than broadcasting. All of the herbicides effectively controlled weeds. The simazine and methabenzthiazuron applications showed a significantly higher dry matter (DM) yield. However, the alachlor and simazine + alachlor applications severely reduced the DM yield. This result suggests that the alachlor application has a significant effect on plant production. Similarly, the total digestible nutrient (TDN) yield was greatly reduced by the alachlor and simazine + alachlor applications. From the results presented above, we concluded that the yield of DM was the highest for broadcasting with no herbicide, and drilling was the most-effective way to reduce herbicide injury. The simazine application was the most-effective herbicide, showing the highest forage yield and TDN yield.

(**Key words** : Pre-emergence herbicide, Sorghum × sudangrass hybrid, Seeding method, Production, Plant growth)

### I. 서 론

수수류는 고온 환경조건에서 잘 자라며 물의 이용효율이 좋아 지속되는 가뭄과 척박한 환경에 비교적 잘 적응하는 C<sub>4</sub>의 열대성 작물이다 (Quinby, 1974; Dar et al., 2006). 우리나라의 경우 사료용 수수류는 옥수수 다음으로 생산량이 많고 사료가치가 뛰어나 옥수수와 더불어 중요한 하계

작물로 많이 이용되고 있다 (Seo and Kim, 1984). 사료용 수수류는 forage sorghum, sudan grass 및 sorghum × sudangrass hybrids (sudan hybrids)로 크게 분류 할 수 있으며 (Yoana et al., 2010), 이중 내병성, 내충성 및 잡초와의 경합이 강하고 환경적응성이 우수한 sorghum × sudangrass hybrids (sudan hybrids)를 사일리지용으로 가장 많이 이용하고 있다 (Kim et al., 2002).

\* Corresponding author : Sang-Hoon Lee, National Institute of Animal Science, 330-801, Korea.  
Tel: +82-41-580-6754, E-mail: sanghoon@korea.kr (S.-H Lee)

잡초는 사료작물의 양분, 토양수분 및 광 등과 경합하여 사료작물의 생산성과 품질을 저하시키고 가축의 기호성을 낮춰 양질 조사료 생산에 많은 지장을 초래한다(Feltner et al., 1969). 따라서 잡초방제는 조사료의 생산량과 품질 향상을 위해서 필수적이고 잡초는 초기에 방제할수록 제조제 사용량이 줄어 환경에 대한 부담과 경제적 비용을 낮출 수 있다. 하지만 수수류의 경우 종자 크기가 작아 발아 후 초기생육이 느리고 제조제에 대한 내성이 좋지 못해 옥수수의 경우처럼 효율적인 제조제 사용이 제한적이고 잡초를 방제하는데 많은 어려움이 따른다(Shakoor et al., 2000; Ferrell et al., 2007).

사료 작물재배 시 잡초방제에 널리 이용되는 토양처리 제조제는alachlor, simazine 및 methabenzthiazuron 등이 있다. Alachlor는 콩, 옥수수, 감자, 고구마 등에 화본과 잡초 및 광엽잡초를 제어하기 위해 널리 쓰이는 chloracetamide 계 제조제로 단백질 합성 차단에 의한 세포분열 및 세포막 누출로 인한 이온흡수 등을 저해하는 것으로 알려져 있다. 또한 수수류에 시용하였을 경우 토양수분에 의하여 수수에 약해를 입히는 것으로 밝혀져 있으며, 특히 초엽기 (coleoptile)는 작물이 가장 취약한 시기로alachlor에 의한 gibberellin acid (GA) 합성을 방해하여 세포 성장에 영향을 주는 것으로 보고 되었다(Wilkinson, 1982). Simazine은 triazine계 제조제로 잡초의 뿌리에 흡수되어 광합성 과정의 전자전달을 저해하며 옥수수, 수수 등에 주로 사용되고 바랭이 (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.), 쇠비름 (*Portulaca oleracea* L.), 여뀌 (*Persicaria hydropiper*), 명아주 (*Chenopodium album* var. *centrorubrum*) 등을 제어하는 것으로 알려져 있다 (LeBaron et al., 2011, KCPA, 2012). Methabenzthiazuron은 요소계 선택성 제조제로 광합성 전자전달 (photosynthetic electron transport)을 저해하여 잡초를 제어한다. 한국작물보호협회 농약사용 지침서에 따르면 양파, 마늘, 밀, 청예사료 (수수 × 수단그라스 교잡종) 등에 주로 사용되고 밀에 대한 시험에서 뚝새풀 (*Alopecurus aequalis* var. *amurensis*)과 광엽잡초를 효과적으로 제어하였으며 밀에 약해를 거의 주지 않았다고 보고된바 있다 (Pyon and Kim, 1983, KCPA, 2012).

수수류의 잡초방제에 관한 연구에서 Lim and Kim (1983)은 simazine과alachlor가 우수하다고 추천하였으며,alachlor와 simazine을 복합 처리하는 것이 가장 제조 효과가 좋고

높은 수량과 조단백질 함량을 얻을 수 있다고 보고하였다. 또한 수수 × 수단그라스 교잡종을 이용한 잡초방제 연구에서 (Lee and Choi, 1989)alachlor 단독 처리시 사용량과 조건에 따라서 약해의 위험성 및 수량 감소가 나타날 수 있고, 잡초방제 효과의 경우 simazine 처리시 바랭이, 강아지풀, 피 등 화본과 작물에는 효과가 적었으나 광엽 잡초는 방제하였고,alachlor 처리시 화본과 잡초와 쇠비름, 비름 등 광엽잡초는 방제하였으나 깨풀과 명아주는 방제되지 않았다고 보고하였으며 수확기의 잡초 발생량의 경우 simazine과alachlor의 혼합처리에서 가장 적다고 보고 하였다.

우리나라에서 사료용 수수 × 수단그라스의 제조제에 대한 시험은 주로 포트에서 수행되었으며 포장 조건에서 과중 방법 및 제조제 종류에 따른 약해 및 생산성 등에 대한 보고는 미미한 실정이다. 따라서 본 시험은 과중방법 및 제조제 종류에 따른 사료용 수수 × 수단그라스 교잡종 (*sorghum bicolor* (L.) Moench)의 안전 재배기술을 개발하고자 2014 년도에 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 제조제 처리에 따른 발아율 및 초기생육 조사

제조제 처리에 따른 수수 × 수단그라스 교잡종의 발아율 및 초기생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수수 × 수단그라스 교잡종 종자를 100립씩 고르게 치상하고 제조제 종류별 (simazine,alachlor 및 methabenzthiazuron)로 다양한 농도로 petri dish에 각각 20 ml씩 3반복 처리하였다. 제조제 종류별 처리 농도는 증류수 20 ml을 대조구로 놓고 simazine (200 g/10a),alachlor (200 ml/10a), methabenzthiazuron (300 g/10a)을 기준량 대비 100%, 70%, 40%의 비율로 각각 처리한 후 7일 뒤 발아율과 초장을 각각 측정하였다.

### 2. 포장시험 설계 및 수행

본 시험은 충남 천안 소재 국립축산과학원 초지사료과 시험포장에서 2014년 6월부터 10월까지 수행되었다. 시험지는 2년 동안 휴경한 시험포장으로 그 화학적 특성은 Table 1에서 보는바와 같다. 시험기간 중 기상 조건은 Fig. 1에서

Table 1. Chemical properties of the soil before experiment

pH (1:5)	T-N (%)	Organic matter (g/kg)	Average P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	Ex. cation (cmol <sup>+</sup> /kg)			
					K	Na	Ca	Mg
7.48	0.32	46.77	687.78	11.43	1.63	0.44	5.71	2.55

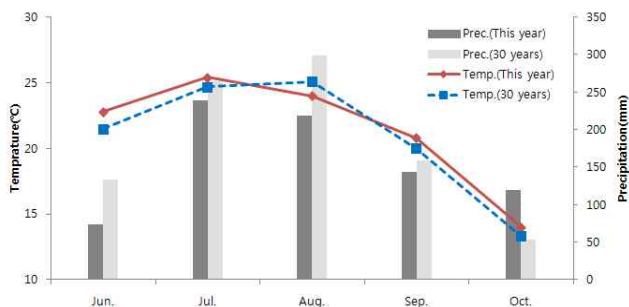


Fig. 1. Air temperature and the amount of precipitation during the growing season from June 2014 to October 2014.

보는 것과 같으며, 강수량은 최근 30년 평균 보다 약간 감소한 것을 볼 수 있고 온도의 경우 최근 30년 평균수준으로 나타났다.

본 시험은 파종방법을 주구 (drilling, broadcasting)와 제초제 종류별 처리를 세구 (control, simazine, alachlor, methabenzthiazuron)로 하는 분할구 배치법 3반복으로 설계하였으며, 시험의 설계 및 처리방법은 Table 2에서 보는 바와 같다.

시험에 사용된 품종은 사료용 수수 × 수단그라스 교잡종 중 출수형인 SX-17을 이용하여 수행하였다. 시험구의 크기는 2 m<sup>2</sup> (1 m × 2 m)로 하였으며 파종일은 6월 10일로 산파의 경우 60 kg/ha로 조파의 경우 40 kg/ha를 휴폭 50 cm 간격으로 각각 파종하였다. 시비량은 질소 250 kg/ha, 인산 150 kg/ha 그리고 가리 150 kg/ha이고 인산과 가리의 경우 기비로 전량 사용하였으며, 질소의 경우 기비 40%, 4~5엽기에 추비 30% 그리고 1차 수확 후 30% 비율로 분시하였

Table 2. Experimental design

Seeding method	Herbicide		
	Simazine g/10a	Alachlor ml/10a	Metabenzthiazuron g/10a
Drilling		Control	
	200	0	0
	0	200	0
	200	200	0
	0	0	300
Broadcasting		Control	
	200	0	0
	0	200	0
	200	200	0
	0	0	300

다. 제초제는 출현전 제초제 (pre-emergence)를 포장 전면에서 균일하게 Table 2와 같은 비율로 처리한 후 20일 뒤에 약해 및 방제효과를 관찰하였다. 수확의 경우에 1차는 8월 11일, 2차는 10월 6일로 수확전 초장 등의 생육특성을 RDA (Rural Development Administration, 2012)조사 기준에 준하여 조사하였다. 생초수량은 시험구 전체 (2 m<sup>2</sup>)를 예취하여 ha 당 수량으로 환산하였으며, 건물수량은 각 처리구 별로 약 300~500 g의 시료를 이용하여 생초중량을 칭량하고, 65~70°C의 열풍순환 건조기에서 72시간 이상 건조 후 건물함량을 산출한 다음 ha 당 수량으로 환산하였다.

### 3. 사료가치 분석

시료는 전기믹서로 1차 분쇄 후 20 mesh의 Wiley Mill로 다시 분쇄한 후 직사광선이 들지 않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다. 일반성분은 AOAC (1990)법에 의거하여 분석하였고 NDF 및 ADF는 Goering and Van Soest법 (1970)에 따랐으며 *in vitro* 건물소화율은 Tilley and Terry법 (1963)을 Moore (1970)가 수정한 방법을 사용하였다. 가소화영양소총량 (total digestible nutrients, TDN)은 ADF와 NDF의 건물소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 ADF 분석치에 의한 계산식  $TDN = 88.9 - (0.79 \times ADF\%)$ 에 의하여 산출하였다 (Holland et al., 1990).

### 4. 통계 분석

통계분석은 SAS Enterprise Guide (ver. 9.2)를 이용하여 분산분석 (ANOVA)을 실시하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의 수준에서 처리구간의 통계적인 차이를 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 제초제 처리에 따른 발아율 및 초기생육

제초제 처리에 따른 수수 × 수단그라스의 발아율 및 초기생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 제초제 종류 및 농도별 처리한 결과는 Fig. 2와 같다.

발아율의 경우 무처리 (control)에서 83%로 나타났으며, 처리간 차이는 제초제 농도에 따른 차이보다 제초제 종류에 따른 차이가 크게 나타났으며, 제초제 종류별 발아율은 simazine, methabenzthiazuron 및 alachlor 순으로 낮아졌다. 따라서 simazine, alachlor 및 methabenzthiazuron 제초제를

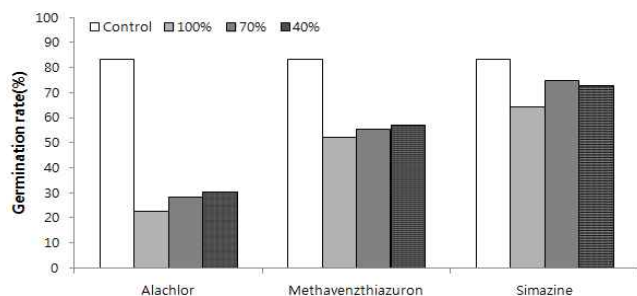


Fig. 2. Effect of different herbicides and application rates on seed germination of sorghum × sudangrass hybrid on seven days after planting.

처리하였을 경우 모든 처리에서 약해로 인한 발아율이 저하되었으며, alachlor의 경우 약해가 가장 심하게 나타났다 (Fig. 2).

또한, 제초제 처리에 따른 shoot와 root의 길이를 조사한 결과 shoot의 경우 control, alachlor, simazine 및 methabenzthiazuron의 제초제별로 각각 4.37 cm, 1.19 cm, 5.86 cm 및 4.39 cm로 나타났고 root의 경우 control, alachlor, simazine,

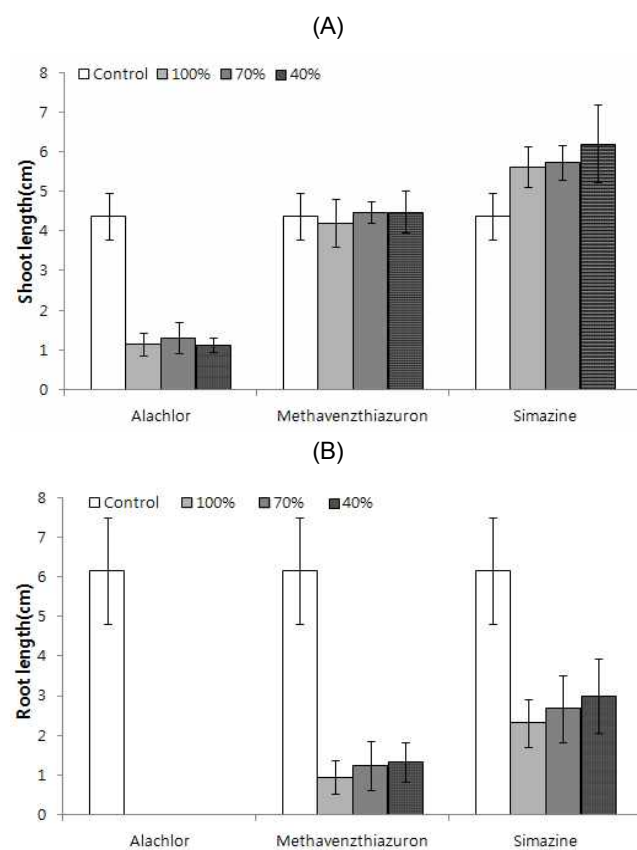


Fig. 3. Effect of different herbicides and application rates on shoot and root length (cm) of sorghum × sudangrass hybrid on seven days after planting.

methabenzthiazuron의 제초제별로 각각 6.16 cm, 0 cm, 2.67 cm 및 1.17 cm로 나타났다. 따라서 제초제 사용은 shoot 보다는 root에 더 큰 약해를 주었으며 alachlor는 shoot와 root에 약해를 가장 심하게 주는 것으로 보인다. 따라서 수수 × 수단그라스 교잡종의 초기 생장기에 제초제 사용은 작물의 손상을 줄 수 있으며 alachlor의 경우 가장 심하게 생육을 저하시키는 것으로 나타났다 (Fig. 2와 3).

Alachlor는 chloracetamide계 제초제로 단백질 합성 및 막 누출(membrane leakage) 현상이 발생할 수 있다고 보고된 바 있으며 (Wilkinson, 1982), 앞서 수행한 *in vitro* 시험 결과는 세포 발달 및 초기생육에 영향을 주며 수분 정도에 따라 더 큰 생육저하 효과가 나타날 수 있다는 연구결과와 일치하는 (Ketchersid et al., 1981) 결과를 보여 주었다.

## 2. 파종방법과 제초제 처리에 따른 약해 및 약효

토양처리 제초제가 수수×수단그라스 교잡종에 미치는 약해 및 약효 정도를 조사하기 위하여 제초제 사용 후 30일에 조사한 결과는 Table 3과 같다. 시험포장에 주로 나타난 잡초는 1년생 화분과 목초인 바랭이 (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.), 쇠비름 (*Portulaca oleracea* L.) 이었으며, 제초제 사용에 따른 약효는 모든 처리 구에서 완전방제 효과가 나타났으며 파종방법에 따른 차이는 나타나지 않았다. Lee

Table 3. Effect of seeding method and different herbicides on herbicidal efficiency and herbicidal injury of sorghum×sudangrass hybrid on 30days after planting

Seeding method	Treatment Herbicide	Herbicidal efficiency (0~5)*	Herbicidal injury on plant (1~9)**
Drilling	Control	1	1
	Simazine	5	2
	Alachlor	5	7
	Simazine + alachlor	5	8
	Methabenzthiazuron	5	2
Broadcasting	Control	1	1
	Simazine	5	2
	Alachlor	5	9
	Simazine + alachlor	5	9
	Methabenzthiazuron	5	2

\* Herbicidal efficacy (0~5) : 0 (Completely survival), 5 (completely dead).

\*\* Herbicidal injury on plants (0~9) : 0 (No Injury), 9 (completely dead).

and Choi(1989)의 연구에서 alachlor 단독 처리시 화본과 잡초와 쇠비름 (*Portulaca oleracea* L.)에는 효과가 좋았으나 깨풀 (*Acalypha australis* L.), 명아주 (*Chenopodium album* var. *centrorubrum*)에는 효과적으로 방제되지 않았으며 alachlor와 simazine 혼합처리에서는 화본과와 광엽 잡초 모두 효과적으로 방제되었다고 보고된 바 있다.

제초제 시용에 따른 약해의 경우 alachlor와 simazine + alachlor에서 가장 심한 것으로 나타났으며 이는 alachlor의 영향으로 판단된다. Lim and Kim(1983)의 연구에서도 alachlor에 의하여 수량이 감소하며 재배 조건에 따라 alachlor가 작물에 약해를 줄 가능성이 있다고 보고하였고, Wilkinson(1982)은 gibberellin 및 Kaurene 합성을 저해하여 수량이 감소될 수 있으며 이에 대한 약해 저감 기술이 필요하다고 보고한 바 있다(Ketchersid and Merkle, 1981).

3. 파종방법과 제초제 종류에 따른 초고 및 잔주수

토양처리 제초제에 따른 수수 × 수단그라스 교잡종의 1차 수확 및 2차 수확시 초고를 비교해보면 alachlor와 simazine + alachlor에서 약해를 입었지만 초고의 경우 다른 시험구와 유의적인 차이가 없었으며 simazine과 methabenzthiazuron에서는 무처리(control) 보다 길게 나타났으며 이는 O and Han(1993)의 시험에서 무처리 보다 simazine과 methabenzthiazuron의 초고가 더 높게 나온 보고와 유사한 경향을 보였다. 이러한 차이는 초기에 약해를 입었지만 생육이 왕성해지면 회복되어 초고에 차이가 없었던 것으로 판단 된다(Lee and Choi, 1989). 또한 제초제를 처리하였을 경우 alachlor에서 산파하였을 경우 조파보다 약해가 심하게 받아 초고 감소가 크게 나타났다.

잔주수의 경우 2차 예취 후 1 m × 1 m quadrat을 이용하여 조사하였다. 그 결과 alachlor와 simazine + alachlor에서 조파와 산파 모두 잔주수가 감소하는 것으로 나타났으며, 조파보다 산파가 잔주수 감소폭이 더 큰 것으로 나타났다 (Table 4).

Table 4. Effect of seeding method and different herbicides on plant height and stem number of sorghum × sudangrass hybrid

Treatment		Plant height		No. of stem / m <sup>2</sup>
Seeding method	Herbicide	1st	2nd	
		..... cm .....		
Drilling				
	Control	291	181	142.00 <sup>a</sup>
	Simazine	294	207	120.00 <sup>a</sup>
	Alachlor	277	195	49.00 <sup>b</sup>
	Simazine + alachlor	282	130	43.67 <sup>b</sup>
	Methabenzthiazuron	295	193	122.67 <sup>a</sup>
Broadcasting				
	Control	298	210	333.33 <sup>a</sup>
	Simazine	297	214	259.33 <sup>a</sup>
	Alachlor	186	136	29.33 <sup>b</sup>
	Simazine + alachlor	304	213	52.00 <sup>b</sup>
	Methabenzthiazuron	289	212	292.33 <sup>a</sup>
Main-effect				
	Drilling	288	181	95.47 <sup>b</sup>
	Broadcasting	275	197	193.27 <sup>a</sup>
Sub-effect				
	Control	295	195	237.67 <sup>a</sup>
	Simazine	296	211	189.67 <sup>b</sup>
	Alachlor	232	166	39.17 <sup>c</sup>
	Simazine + alachlor	293	172	47.83 <sup>c</sup>
	Methabenzthiazuron	292	203	207.50 <sup>ab</sup>
Main effect × Sub effect		ns	ns	***

ns: not significant at the 0.05 level.

\*, \*\*, \*\*\* significant at the 0.05, 0.01 and 0.001 probability, respectively.

4. 파종방법과 제초제 종류에 따른 생산성

파종방법과 제초제 종류에 따른 건물수량은 조과의 경우 simazine과 methabenzthiazuron에서 각각 무처리 대비 101%와 99%의 수량을 보였고 alachlor와 simazine + alachlor에서는 각각 무처리 대비 32%와 56%로 혼합이 약간 높았지만 alachlor의 영향으로 약해를 받아 건물 수량감소가 나타났다. 산과의 경우 simazine과 methabenzthiazuron에서 각각 무처리 대비 89%와 84%의 수량을 보였고 alachlor와 simazine + alachlor에서는 각각 무처리 대비 13%와 29%로 나타났다(Table 5). 본 실험과 유사한 연구 결과는 Lee and Choi (1989)의 포트시험에서 수수 × 수단그라스 교잡종에 alachlor 단독처리와 alachlor + simazine 혼합처리지 생존율이 각각 9.6%, 8.6%로 나타나 수량이 현저하게 감소하였다는 보고가 있다. 총 건물수량에서 파종방법과 제초제간의 유의적인 상관관계가 나타나 조과보다 산과가 제초제 사용

에 따른 약해를 더 받는 것을 확인하였다. 이러한 수량의 차이는 파종방법에 따른 차이로 조과의 경우 2 cm 정도의 깊이로 고르게 파종된 반면에 산과의 경우 파종 깊이의 변이가 심하여 토양표면에 파종된 종자에서 제초제의 약해를 심하게 받은 것에 기인한 것으로 판단된다(Heege, 1993).

파종방법 및 제초제 종류에 따른 가소화양분총량(TDN) 수량 역시 건물수량과 유사한 경향을 보였으며, 조과의 경우 simazine과 methabenzthiazuron에서 각각 무처리 대비 104%와 101%의 수량을 보였고 alachlor와 simazine + alachlor에서는 각각 무처리 대비 34%와 59%로 혼합이 약간 높았지만 alachlor의 영향으로 약해를 받아 수량감소가 심하게 발생하는 것으로 나타났다. 산과의 경우 simazine과 methabenzthiazuron에서 각각 무처리 대비 90%와 86%의 수량을 보였고 alachlor와 simazine + alachlor에서는 각각 무처리 대비 13%와 30%로 조과의 경우보다 산과가 제초제 사용에 따른 약해를 더 받는 것으로 나타났다(Table 6).

Table 5. Effect of seeding method and different herbicides on dry matter yield of sorghum×sudangrass hybrid

Seeding method	Herbicide	Dry matter yield			
		1st	2nd	Total	Index
		kg/ha			%
<b>Drilling</b>					
	Control	17,212 <sup>a</sup>	6,217 <sup>bc</sup>	23,429 <sup>a</sup>	100
	Simazine	14,506 <sup>a</sup>	9,044 <sup>a</sup>	23,551 <sup>a</sup>	101
	Alachlor	3,039 <sup>b</sup>	4,332 <sup>c</sup>	7,371 <sup>b</sup>	32
	Simazine + alachlor	6,984 <sup>b</sup>	6,053 <sup>bc</sup>	13,037 <sup>b</sup>	56
	Methabenzthiazuron	16,001 <sup>a</sup>	7,143 <sup>ab</sup>	23,145 <sup>a</sup>	99
<b>Broadcasting</b>					
	Control	21,703 <sup>a</sup>	10,877 <sup>a</sup>	32,581 <sup>a</sup>	100
	Simazine	17,409 <sup>b</sup>	11,466 <sup>a</sup>	28,875 <sup>a</sup>	89
	Alachlor	2,217 <sup>c</sup>	1,996 <sup>b</sup>	4,213 <sup>b</sup>	13
	Simazine + alachlor	4,732 <sup>c</sup>	4,707 <sup>b</sup>	9,438 <sup>b</sup>	29
	Methabenzthiazuron	14,991 <sup>b</sup>	12,431 <sup>a</sup>	27,422 <sup>a</sup>	84
<b>Main-effect</b>					
	Drilling	11,549 <sup>ns</sup>	6,558 <sup>b</sup>	18,707 <sup>ns</sup>	
	Broadcasting	12,210 <sup>ns</sup>	8,295 <sup>a</sup>	20,506 <sup>ns</sup>	
<b>Sub-effect</b>					
	Control	19,458 <sup>a</sup>	8,547 <sup>a</sup>	28,005 <sup>a</sup>	
	Simazine	15,958 <sup>b</sup>	10,255 <sup>a</sup>	26,213 <sup>a</sup>	
	Alachlor	2,628 <sup>d</sup>	3,164 <sup>c</sup>	5,792 <sup>c</sup>	
	Simazine + alachlor	5,858 <sup>c</sup>	5,380 <sup>b</sup>	11,238 <sup>b</sup>	
	Methabenzthiazuron	15,496 <sup>b</sup>	9,787 <sup>a</sup>	25,283 <sup>a</sup>	
<b>Main-effect × Sub-effect</b>		ns	***	**	

ns : not significant at the 0.05 level.

\*, \*\*, \*\*\* significant at the 0.05, 0.01 and 0.001 probability, respectively.

Table 6. Effect of seeding method and different herbicides on TDN yield of sorghum×sudangrass hybrid

Seeding method	Herbicide	TDN yield			
		1st	2nd	Total	Index
		kg/ha			%
<b>Drilling</b>					
	Control	9,123 <sup>a</sup>	3,725 <sup>bc</sup>	12,848 <sup>a</sup>	100
	Simazine	8,012 <sup>a</sup>	5,396 <sup>a</sup>	13,408 <sup>a</sup>	104
	Alachlor	1,734 <sup>b</sup>	2,595 <sup>c</sup>	4,329 <sup>b</sup>	34
	Simazine + alachlor	4,018 <sup>b</sup>	3,592 <sup>bc</sup>	7,610 <sup>b</sup>	59
	Methabenzthiazuron	8,667 <sup>a</sup>	4,271 <sup>ab</sup>	12,938 <sup>a</sup>	101
<b>Broadcasting</b>					
	Control	11,651 <sup>a</sup>	6,314 <sup>a</sup>	17,964 <sup>a</sup>	100
	Simazine	9,405 <sup>ab</sup>	6,828 <sup>a</sup>	16,233 <sup>a</sup>	90
	Alachlor	1,232 <sup>c</sup>	1,176 <sup>b</sup>	2,408 <sup>b</sup>	13
	Simazine + alachlor	2,598 <sup>c</sup>	2,773 <sup>b</sup>	5,371 <sup>b</sup>	30
	Methabenzthiazuron	8,090 <sup>b</sup>	7,429 <sup>a</sup>	15,519 <sup>a</sup>	86
<b>Main-effect</b>					
	Drilling	6,311 <sup>ns</sup>	3,916 <sup>b</sup>	10,227 <sup>ns</sup>	
	Broadcasting	6,595 <sup>ns</sup>	4,904 <sup>a</sup>	11,499 <sup>ns</sup>	
<b>Sub-effect</b>					
	Control	10,387 <sup>a</sup>	5,019 <sup>a</sup>	15,406 <sup>a</sup>	
	Simazine	8,708 <sup>b</sup>	6,112 <sup>a</sup>	14,820 <sup>a</sup>	
	Alachlor	1,483 <sup>d</sup>	1,886 <sup>c</sup>	3,369 <sup>c</sup>	
	Simazine + alachlor	3,308 <sup>c</sup>	3,182 <sup>b</sup>	6,490 <sup>b</sup>	
	Methabenzthiazuron	8,379 <sup>b</sup>	5,850 <sup>a</sup>	14,229 <sup>a</sup>	
<b>Main-effect × Sub-effect</b>		ns	***	**	

ns: not significant at the 0.05 level.

\*, \*\*, \*\*\* significant at the 0.05, 0.01 and 0.001 probability, respectively.

Alachlor의 경우 본 시험과 마찬가지로 온도가 높거나 (Lee and Choi, 1989) 수분이 많은 경우 약해가 발생 될 수 있다고 (Wilkinson, 1982) 보고하였으며 simazine과 methabenzthiazuron은 약해가 없었으며 방제가가 80% 이상으로 효과가 높았다고 보고된 바 있다 (O and Han, 1993). 그러나 methabenzthiazuron의 경우 최근 수중 생태계 및 환경 등에 미치는 장기적인 부작용으로 일부 국가에서는 사용을 금지하는 등 제한이 있기 때문에 그 사용이 감소하고 있는 경향이다 (José et al., 2014).

따라서 안정적인 수수×수단그라스 교잡종 재배를 위해서는 제초제를 처리하지 않은 조건에서는 조파보다는 잡초를 잘 제어하는 산파가 수량적인 측면에서 유리한 것으로 판단된다. 반면에 제초제 처리를 할 경우 alachlor 보다는 simazine과 methabenzthiazuron을 사용하는 것이 모두 유리하지만 환경문제를 고려한다면 simazine을 사용하는 것이 좋고 제초제를 사용하였을 경우 조파방법이 수량 감소가

적어 유리할 것으로 판단된다 (Table 5).

#### IV. 요약

본 시험은 사료용 수수×수단그라스 교잡종의 파종방법 및 제초제 종류에 따른 약해 및 생산성을 비교하여 안전 재배기술을 개발하고자 국립축산과학원 초지사료과 시험포장에서 수행하였다.

제초제 종류별 수수×수단그라스 교잡종의 *in vitro* 조건에서 발아율 분석결과 control > simazine > methabenzthiazuron > alachlor 순으로 나타났으며 alachlor 처리시 shoot의 길이는 1~1.3 cm 범위로 무처리 4.37 cm와 비교했을 때 약 1/4 배 정도로 짧은 것으로 나타났으며 root는 발생되지 않은 것으로 보아 alachlor는 shoot 보다 root에 약해를 더 심하게 주는 것을 확인할 수 있었다.

포장시험에서 제초제 종류에 따른 약해는 *in vitro* 시험

과 마찬가지로 alachlor에서 가장 심하게 나타났으며 파종 방법에서는 조파가 약해를 더 적게 받는 것으로 나타났다. 잔주수의 경우 alachlor와 simazine + alachlor에서 적었으며 제초제 처리시 파종방법에 따라 조파의 경우보다 산파에서 alachlor와 simazine + alachlor 처리에 따른 잔주수 감소가 더 크게 나타났다. 건물수량의 경우 제초제 종류별로 보면 조파의 경우 simazine과 methabenzthiazuron에서 각각 무처리 대비 101%와 99%의 수량을 보였고 alachlor와 simazine + alachlor에서는 각각 무처리 대비 32%와 56%였다. 산파의 경우 simazine과 methabenzthiazuron에서 각각 무처리 대비 89%와 84%의 수량을 보였고 alachlor와 simazine + alachlor에서는 각각 무처리 대비 13%와 29%로 나타났으며, alachlor 보다 simazine과 methabenzthiazuron이 건물수량 감소가 적었으며 제초제 처리시 산파보다 조파가 alachlor에 대한 약해를 덜 받는 것으로 나타났다. TDN 수량 역시 건물수량과 비슷한 경향을 보였으며 alachlor와 simazine + alachlor 모두에서 TDN 수량이 가장 낮게 나왔으며 제초제 처리시 산파보다는 조파의 경우가 제초제 시용에 따른 수량감소가 적은 것으로 나타났다.

## V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 하계사료작물 생산성 향상 재배기술개발, 세부과제번호: PJ010284012015)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## VI. REFERENCES

- Burnside, O. and Wicks, G. 1969. Influence of weed competition on sorghum growth. *Weed Science*: 332-334.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Vol. I. 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Dar, W.D., Reddy, B., Gowda, C. and Ramesh, S. 2006. Genetic resources enhancement of ICRISAT-mandate crops. *Current Science* 91:880-884.
- Feltner, K., Hurst, H. and Anderson, L. 1969. Tall waterhemp competition in grain sorghum. *Weed Science*: 214-216.
- Fenoll, J., Flores, P., Hellin, P., Hernández, J. and Navarro, S. 2014. Minimization of methabenzthiazuron residues in leaching water using amended soils and photocatalytic treatment with TiO<sub>2</sub> and ZnO. *J Environ Sci (China)* 26:757-764.
- Goering, H. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agricultural handbook no. 379*. US Department of Agriculture, Washington, DC: 1-20.
- Heege, H. 1993. Seeding methods performance for cereals, rape, and beans. *Transactions of the ASAE (USA)*.
- Holland, C., Kezar, W., Kautz, W.P., Lazowski, E.J., Mahanna, W.C. and Reinhart, R. 1990. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Des Moines, IA.
- Ferrell, J.A., MacDonald, G.E. and Brecke2. B.J. 2007. weed management in sorghum. *FLORIDA FORAGE*.
- Ketchersid, M. and Merkle, M. 1981. The effect of CGA-43089 on absorption and metabolism of metolachlor in grain sorghum. *Abstr. Proc. Weed Sci. Soc. Amer.*
- Ketchersid, M., Norton, K. and Merkle, M. 1981. Influence of soil moisture on the safening effect of CGA-43089 in grain sorghum (*Sorghum bicolor*). *Weed Science*: 281-287.
- Kim, J.D., Kwon, C.H., Kim, H.J., Park, J.G., Lee, B.S., Bing, G.S., et al. 2002. Comparison of agronomic characteristics hybrid. *J. Korean Grassl. Sci.* 22:297-302.
- Korea Crop Protection Association. 2012. *Agrochemicals use guide book*.
- LeBaron, H.M., Mc Farland, J. and Burnside, O. 2011. *The triazine herbicides Elsevier*.
- Lee, S.S. and Choi, S.J. 1989. Tolerance of corn, sorghum, sorghum-sudangrass hybrid, and pearl millet to simazine and alachlor. *Korean J. Crop Sci.* 34: 113-119.
- Lim, S.H. and Kim, D.A. 1983. Effect of Seeding Rate and Herbicides on the Yield and Weed Control of Sorghum-Sudangrass Hybrid (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *J. Korean Grassl. Sci.* 4: 62-69.
- Moore, J. 1970. Procedures for the two-stage *in vitro* digestion of forages. *Nutrition research techniques for domestic and wild animals. Utah state Univ.* 1: 5001-5003.
- O, S.M. and Han, H.J. 1993. Effect of chemical control of weed on upland fields in forage crop. *RDA Annual Reports* : 235-246.
- Pyon, J.Y. and Kim, T.H. 1983. Response of barley cultivars to butachlor, terbutryn, and methabenzthiazuron. *Korean Journal of weed science* 3:100-104.
- Quinby, J.R. 1974. *Sorghum improvement and the genetics of growth*. TX: Texas A&M University Press.
- RDA. 2012. *Investigation and analysis of research and technology in agriculture*.
- SAS. 2002. *Statistical Analysis System Version. 9.2*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Seo, S. and Kim, D.A. 1984. Effect of nitrogen fertilization and cutting management on the carbohydrate reserves, regrowth, and dry matter yield of sorghm-sudangrass hybrid (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) for forage production. IV. Effect of nitrogen fertilization and cutting stage on the dead stubble, carbohydrate



- reserves, and dry matter yield of sorghum-sudangrass hybrid. Han'guk Ch'uksan Hakhoe chi = Korean journal of animal sciences. J. Korean Grassl. Sci. 26(1):88-94.
- Shakoor, A., Islam, S. and Naeem, M. 2000. Efficacy of different herbicides for control of weeds in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under rainfed conditions. Pak J Biol Sci 3:463-465.
- Tilley, J. and Terry, R. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Grass and Forage science 18: 104-111.
- Wilkinson, R. 1981. Metolachlor [2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl) acetamide] inhibition of gibberellin precursor biosynthesis. Pesticide Biochemistry and Physiology 16: 199-205.
- Wilkinson, R. 1982. alachlor influence on sorghum growth and gibberellin precursor synthesis. Pesticide Biochemistry and Physiology 17:177-184.
- Yoana, N., John, E., Wilfred, V. and David, W. 2010. Forage Sorghum (*Sorghum bicolor*): Overview and Management1. FLORIDA FORAGE: 65.
- (Received February 16, 2015 / Revised March 7, 2015 / Accepted March 10, 2015)