

# 논에서 수수×수단그라스 교잡종 재배시 가축분뇨 이용이 생육특성, 수량, 사료가치 및 NO<sub>3</sub>-N의 용탈에 미치는 영향

임영철 · 윤세형 · 김원호 · 김종근 · 신재순 · 정민웅 · 서 성 · 육완방\*

## Effects of Livestock Manure Application on Growth Characteristics, Yield and Feed Value of Sorghum-sudangrass Hybrid and NO<sub>3</sub>-N Leaching in Paddy Field

Young Chul Lim, Sei Hyung Yoon, Won Ho Kim, Jong Geun Kim, Jae Soon Shin, Min Woong Jung, Sung Seo and Wan Bang Yook\*

### ABSTRACT

The experimental work was conducted to determine the growth characteristics, yield and feed value of sorghum-sudangrass hybrid and NO<sub>3</sub>-N leaching by application of various types of livestock manure (LM) at National Livestock Research Institute, Suwon, for 3 years (2003-3005). The growth characteristics in chemical fertilizer (CF) was better than others in general. The growth characteristic of sorghum-sudangrass hybrid by the various type of LM was good in order of composted swine manure (CSM) > liquid swine manure (LSM) > composted cattle manure (CCM), whereas the growth characteristics by application level of LM was good in order of LM 100% + CF 25% > LM 75% + CF 25% > LM 100%. Dry matter (DM) yield in LSM and CSM increased by 23% and 18% respectively while DM yield in CCM decreased 24% as compared to CF. Moreover total digestible nutrients (TDN) in LSM and CSM increased by 24% and 18% respectively while TDN in CCM decreased 12% as compared to CF. Crude protein and relative feed value in LM decreased compared to those in CF. NO<sub>3</sub>-N leaching by application level of LM showed that there was an increase in order of LM 100% + CF 25% > LM 75% + CF 25% > LM 100%. Also the high concentration of NO<sub>3</sub>-N occurred shortly after application of LM.

(Key words : Sorghum×Sudangrass Hybrid, Swine slurry, Dry matter yield, NO<sub>3</sub>-N)

### I. 서 론

식생활의 변화로 인한 쌀 소비량 감소와 수입쌀의 재고량 증가로 인해 휴경 논 면적이 증가되고 있어, 정부에서는 벼 대체 사료작물 재배를 유도하고 이에 대한 소득보전 대책도 검토하고 있다. 또한 자연순환농업이 강조되면서 가축분뇨의 경지환원이 중요시 되고 있어 이에

대한 연구도 더욱 필요로 하고 있다. 지금까지의 연구 결과 가축분뇨의 시용은 비료로서 효과 외에도 유기물 축적으로 토양을 비옥하게 하는 효과가 있음이 밝혀져(Elliott 등, 1977) 다양한 형태의 가축분뇨 이용이 시도되어 왔다 (Buchner 및 Sturm, 1985; 서 등, 1999; 서 등, 2000). 특히 축산업이 전업화 및 단지화 되면서 양돈의 경우는 분뇨 처리에 어려움을 겪고 있

축산연구소(National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea)

\* 건국대학교(College of Animal Husbandry, KonKuk Univ. Seoul 143-701, Korea)

Corresponding author : Young Chul Lim, National Livestock Research Institute, Chonan 330-801, Korea.

Tel: +82-41-580-6747, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: ycliml@rda.go.kr

으며, 여러 가지 분뇨 처리 형태가 제기되었다. 그러나 가장 저비용 처리형태는 액비로 농경지에 환원하는 것이어서 여러 가지 작물을 대상으로 연구가 수행되기도 하였다(농림부, 2000). 한편 수수×수단그라스 교잡종 재배시 밭에서 가축분뇨 이용에 관한 연구가 많이 이루어져 있으나(高井康雄 등, 1976; 전 등, 1995), 논에서 가축분뇨를 대상으로 한 연구는 미미한 상태이다.

논에서 재배가 가능한 여름철 사료작물 중 대표적인 것으로 옥수수과 수수×수단그라스 교잡종을 들 수 있으며 옥수수보다는 수수×수단그라스 교잡종이 습해에 다소 강하여 최근 논에서 수수×수단그라스 교잡종을 벼 대체 작물로 이용하는 것이 검토되고 있다. 한편 일본의 경우도(日本畜産草地研究所, 2001) 지하수위가 50 cm 이상이면 옥수수 재배가 부적합하고, 영양가 면에서는 사료용 옥수수가 좋으나 배수가 불량하면 수수류의 재배가 필요하고, 수수류의 재배가 불가능하면 사료 벼의 재배가 필수라고 보고하여 본시험의 작목 선택이 이루어진 배경을 뒷받침하고 있다. 따라서 본 시험에서는 논에서 가축분뇨 사용이 수수×수단그라스 교잡종의 생육특성, 수량, 토양중의 NO<sub>3</sub>-N의 변화에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

논에서 가축분뇨를 활용하여 수수×수단그라스교잡종(Jumbo) 재배시 생육특성 및 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 2003년부터 2005년까지 3년간 축산연구소(수원) 포장에서

시험을 실시하였다. 처리는 가축분뇨 종류를 돈분액비, 발효돈분, 발효우분으로 하였으며, 사용수준은 가축분뇨를 질소시비량 기준으로 각각 가축분뇨 75%+화학비료 25% 보충, 가축분뇨 100%, 가축분뇨 100%+화학비료 25%로 하였다. 대조구는 화학비료를 질소 200, 인산 150, 칼리 150 kg/ha를 사용하였으며, 무비구를 포함한 11처리 난괴법 3반복으로 구당면적은 15m<sup>2</sup>(3×5m)로 하여 시험을 실시하였다. 공시된 가축분뇨 중 돈분액비와 발효우분은 축산연구소에서 생산된 가축분뇨를 6개월 이상 발효시켜 사용하였고, 발효돈분은 농협의 축분공장에서 생산된 것을 구입하여 사용하였는데, 공시된 가축분뇨의 질소 함량은 표 1에서 보는 바와 같다. 가축분뇨는 파종 10일전에 전량 기비로 사용하였으며, 화학비료 25% 보충은 1차 예취 후 추비로 하였다. 파종방법 및 파종량은 5월 초순에 50 cm 간격으로 40 kg/ha를 세조파하였다. 생육조사는 예취 후 평균적인 주를 각 반복별로 10주를 선발하여 조사하였으며, 생초수량은 전구를 10 cm 높이로 예취하여 측정하였다. 건물 함량은 각 구마다 3주를 선발하여 80℃ 순환열풍건조기에서 72시간 건조 후 건물함량 및 건물수량을 구하였다. 건조된 시료는 Wiley mill로 분쇄하여 조단백질은 AOAC (1990) 방법에 의거한 Kjeltec auto system(Buchi 322), NDF와 ADF 함량은 Goering과 Van Soest (1970) 방법으로 분석하였다. *In vitro* 소화율(IVDMD)은 Tilley 및 Terry (1963)의 방법으로, 가소화양분(TDN) 수량은 Menke 및 Huss (1980)의 방법을 이용하여 계산하였으며 시험의 통계 처리는 5% 수준 범위내에서 유의성을 검정하

Table 1. Nitrogen content of livestock manure used in this experiment

Type of livestock manure	Nitrogen content (%)			Mean
	'03	'04	'05	
LSM*	0.3	0.4	0.4	0.4
CSM**	1.0	0.7	0.7	0.8
CCM***	0.7	0.8	0.8	0.7

LSM\*: Liquid Swine Manure, CSM\*\*: Composted swine manure, CCM\*\*\*: Composted cattle manure.

였다(김 등, 1995). N의 용탈을 조사하기 위하여 지하 60cm에 suction cup을 설치하여 침투된 용탈수를 채취 NO<sub>3</sub>-N 함량을(Czertski, 1971) 간이 측정기로 측정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 생육특성 및 수량

##### (1) 생육특성

논에서 가축분뇨를 활용하여 수수×수단그라스 교잡종 재배시 생육특성은 표 2에서 보는 바와 같이 초기생육은 화학비료구(대조구)에 비하여 가축분뇨를 사용했을 때에 2.5~3.8로 양호하였으며, 가축분뇨의 종류에 있어서는 발효돈분 2.5, 돈분액비 2.9, 발효우분 3.8이었다. 수확 후 재생은 돈분액비, 발효돈분을 사용한 구에서는 각각 2.8로 양호하였고, 발효우분구에서는 4.1로 불량하였으며 그 외의 특성은 대조구에 비하여 가축분뇨 사용구에서 엽장이 길고

엽폭도 넓었으며, 줄기가 굵고 초장도 길었다. 각각의 특성에 있어서 가축분뇨의 사용방법 간에는 일정한 경향이 없었다.

##### (2) 건물 및 TDN 수량

건물수량은 표 3에서와 같이 화학비료(대조구)구에 비하여 돈분액비구는 23%, 발효돈분구는 18% 증수되었으나, 발효우분구는 오히려 12% 감소되었다. 가축분뇨의 사용방법간에는 가축분뇨만 100% 사용한 것 보다는 화학비료 25%를 추비로 사용할 경우가 더 유리하였으며 특히 가축분뇨 100% + 화학비료 25%를 추비 사용한 처리구에서 더 많이 증수되는 경향을 나타냈다. 그러나 발효우분의 경우는 사용방법간에 차이가 없었다. TDN 수량은 돈분액비의 경우 돈분액비 75%+화학비료 25% 사용에서 33% 증수 되었으며, 그 다음이 돈분액비 100% 사용구였으며 돈분액비 100%+화학비료 25%를 추비로 다량 사용한 경우는 18%로 증수 폭이 적었다. 발효 우분의 경우도 같은 경향을

Table 2. Effect of livestock manure application on growth characteristics of sorghum × sudangrass hybrid

Treatment	Early growth (1-9)*	Regenerative capacity (1-9)*	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Plant height (cm)
1. No fertilizer	3.7	5.7	89.5	4.2	8.6	171
2. CF*	4.3	3.0	90.4	4.1	9.8	210
3. LSM** 75%+CF* 25%	2.8	1.7	94.5	4.5	10.6	215
4. LSM** 100%	2.8	3.7	95.2	4.3	10.6	212
5. LSM** 100%+CF* 25%	3.2	3.3	95.9	4.5	10.5	217
Mean	2.9	2.8	95.2	4.4	10.6	215
6. CSM*** 75%+CF* 25%	3.0	3.7	91.8	4.8	10.9	213
7. CSM*** 100%	2.8	3.7	93.3	4.8	11.5	197
8. CSM*** 100%+CF* 25%	1.7	1.0	98.5	5.2	11.9	217
Mean	2.5	2.8	94.5	4.9	11.4	209
9. CCM**** 75%+CF* 25%	4.0	3.3	94.9	4.5	10.0	200
10. CCM**** 100%	3.7	4.7	94.2	4.1	9.5	203
11. CCM**** 100%+CF* 25%	3.7	4.3	89.2	3.9	9.3	201
Mean	3.8	4.1	92.7	4.2	9.7	201

CF\* : Chemical fertilizer, LSM\*\* : Liquid swine manure, CSM\*\*\* : Composted swine manure, CCM\*\*\*\* : Composted cattle manure  
1~9\* : 1 = Excellent, 9 = Worst.

Table 3. Effect of livestock manure application on sorghum × sudangrass hybrid yield

Treatment	Dry matter yield(kg/ha)	Index of dry matter(%)	TDN yield(kg/ha)	Index of TDN (%)
1. No fertilizer	5.626	53	3.138	64
2. CF*	10.577	100	6.161	100
3. LSM** 75%+CF* 25%	13.363	126	7.636	133
4. LSM** 100%	12.852	122	7.623	124
5. LSM** 100%+CF* 25%	13.036	123	7.622	118
Mean	13.084	123	7.627	124
6. CSM*** 75%+CF* 25%	12.604	119	7.355	115
7. CSM*** 100%	10.381	98	5.959	101
8. CSM*** 100%+CF* 25%	14.337	136	8.421	146
Mean	12.441	118	7.245	118
9. CCM**** 75%+CF* 25%	9.156	87	5.265	92
10. CCM**** 100%	9.317	88	5.371	83
11. CCM**** 100%+CF* 25%	9.308	88	5.607	86
Mean	9.260	88	5.414	88
LSD(0.05)	3.644		2.107	
CV	11.8		19.3	

CF\*: Chemical fertilizer, LSM\*\*: Liquid swine manure, CSM\*\*\*: Composted swine manure, CCM\*\*\*\*: Composted cattle manure.

보이고 있다. 발효돈분의 경우는 100%+ 화학비료 25% 추비시에 46% 증수, 75%+ 화학비료 25% 시용에서 15% 증수되었으며 발효돈분 100% 시용시에는 증수 효과가 없었다.

손 등(1995)은 미숙우분을 이용한 청예용 단수수 재배효과에서 미숙우분 80 톤/ha 시용시 화학비료구에 비하여 발아율이 증가하였고 생초수량 24%, 건물수량은 26% 증가하였다고 보고하였으며, 김 등(1997)은 수수×수단그라스(Sorghum×Sudangrass Hybrid) 재배시 발효우분 시용시 건물 생산성은 우분퇴비 표준시용구에서 16.56 톤/ha 이었으며, 50% 증량 시용시는 18.17, 100% 증량 시용구는 19.88 톤/ha으로 화학비료 시용구(16.8톤) 보다 증수되었다고 하여 본시험의 결과와 같은 경향을 보이고 있다. 서 등(1999)은 가축분 시용조건에서 주요 수수×수단그라스 교잡종의 건물수량은 우분 40 톤/ha에서 11.27~13.92 톤/ha, 돈분 30 톤/ha에서 11.46~12.77 톤, 계분 30 톤/ha에서 9.70~13.52 이었다고 보고하였다.

(3) 사료가치

사료가치는 표 4에서 보는 바와 같이 가축분뇨 시용구의 조단백질 함량이 화학비료 시용구 5.9% 보다 다소 낮아지는 경향으로 돈분액비 5.6, 발효돈분 5.4, 발효우분 5.5%이었다. 가축분뇨의 시용방법 간에는 일정한 경향이 없었다. RFV에 있어서도 화학비료구가 81로 가장 높았으며, 반면 가축분뇨를 시용한 구에서는 다소 낮아지는 경향으로 돈분액비 77, 발효돈분 77, 발효우분 79 이었다. 하지만 가축분뇨의 시용방법 간에는 일정한 경향이 없었다.

(4) NO<sub>3</sub>-N 용탈

가축분뇨를 시용하고 NO<sub>3</sub>-N 용탈량(2년 평균)을 조사한 결과는 평균 돈분액비구 37.0, 발효돈분구 32.9 mg/l 으로 많았으며 발효우분구는 17 mg/l 으로 적었다. 가축분뇨 시용수준 간에는 가축분뇨 100%+ 화학비료 25% > 가축분뇨 75%+ 화학비료 25% > 가축분뇨 100% 순이었으며 가축분뇨의 종류에 관계없이 시용 초기에

Table 4. Effect of livestock manure application on sorghum × sudangrass hybrid feed values

Treatment	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	RFV	TDN (%)
1. No fertilizer	3.9	41.9	72.5	72	55.8
2. CF*	5.9	38.8	67.0	81	58.3
3. LSM** 75%+CF* 25%	4.9	40.2	71.0	75	57.1
4. LSM** 100%	6.6	37.05	71.0	78	59.3
5. LSM** 100%+CF* 25%	5.3	38.05	69.9	78	58.5
Mean	5.6	38.7	70.6	77	58.3
6. CSM*** 75%+CF* 25%	4.8	38.7	69.9	78	58.4
7. CSM*** 100%	5.3	39.9	70.7	76	57.4
8. CSM*** 100%+CF* 25%	6.0	38.2	72.0	76	58.8
Mean	5.4	38.9	70.9	77	58.2
9. CCM**** 75%+CF* 25%	5.7	39.7	70.3	77	57.5
10. CCM**** 100%	4.5	39.6	67.7	80	57.7
11. CCM**** 100%+CF* 25%	6.3	36.3	69.7	81	60.2
Mean	5.5	38.5	69.2	79	58.8

CF\*: Chemical fertilizer, LSM\*\*: Liquid swine manure, CSM\*\*\*: Composted swine manure, CCM\*\*\*\*: Composted cattle manure.

Table 5. Effects of livestock manure application on NO<sub>3</sub>-N leaching loss (mg/ℓ)

Treatment	1st(May)	2nd(June)	3rd(July)	4th(Aug.)	Mean
No fertilizer	17.5	27.2	1.6	0	11.6
CF*	25.5	43.1	4.7	0	18.3
LSM**	86.1	58.4	3.5	0	37.0
CSM***	93.4	38.5	0	0	32.9
CCM****	38.8	29.3	0	0	17.0

CF\*: Chemical fertilizer, LSM\*\*: Liquid swine manure, CSM\*\*\*: Composted swine manure, CCM\*\*\*\*: Composted cattle manure.

용탈량이 많았다.

시험 결과를 고찰하면 MacGregor 등(1974)은 토양중 NO<sub>3</sub>-N 함량이 높을수록 용탈되는 질소량이 많아지며 지표수와 지하수에 NO<sub>3</sub>-N의 증가 원인이 된다 하였으며, Macduff 등(1990)은 질산태질소 함량 변화는 기상요인에 큰 영향을 받아 년중 매우 큰 변화를 나타내었다고 하였다. 유종원(1997)은 독일 알고히 지방의 토양중 NH<sub>4</sub>-N 무기태질소 함량은 액비 시용량 간에 차이가 나타나지 않았는데 NH-N은 액비 시용량이 높을수록 하층으로 이동하여 집적하였으며, 액비 시용량 240 N kg/ha는 질산태질소 용탈량이 높아 환경에 과도한 부하를 준다고 보고하였다. 또한 신 등(1998)은 액상분뇨 시용량

의 증가에 따라 과잉의 질소가 투입되는 경향을 보였으며, 토양 중 인산 및 침투수중 NO<sub>3</sub>-N 함량이 높아졌다고 하여 본 시험의 결과와 같은 경향이였다.

#### IV. 요약

본 시험은 논에서 가축분뇨를 활용하여 수수×수단그라스 교잡종 재배시 생육특성, 수량 및 토양중의 질산태 질소의 변화를 구명하기 위하여 2003년부터 2005년까지 3년간 축산연구소(수원) 포장에서 시험을 실시하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 수수×수단그라스 교잡종의 생육특성 중 초기생육은 화학비료구

4.3에 비하여 가축분뇨를 시용한 경우 2.5~3.8로 양호하였고 1차 예취후 재생은 화학비료구 3.0에 비하여 돈분액비, 발효돈분구는 각각 2.8로 양호한 반면 발효우분구는 4.1로 불량하였다. 가축분뇨별 시용수준 간에는 가축분뇨 100% + 화학비료 25% > 가축분뇨 75% + 화학비료 25% > 가축분뇨 100% 순으로 생육이 양호하였다. 건물수량은 화학비료에 비하여 돈분액비 23%, 발효돈분 18% 증수되었으나, 발효우분구는 12% 감소되었다. 또한 TDN 수량도 같은 경향으로 돈분액비 시용구에서 24%, 발효돈분 시용시에 18% 증가되었으며 발효우분의 경우는 12% 감소되었다. 사료가치는 가축분뇨를 시용함으로써 조단백질 함량이 화학비료 시용구 5.9% 보다 다소 낮아지는 경향으로 돈분액비 5.6%, 발효돈분 5.4%, 발효우분 5.5%이었다. 가축분뇨의 시용방법 간에는 일정한 경향이 나타나지 않았다. RFV에 있어서도 화학비료구가 81로 가장 높았으며, 가축분뇨를 시용한 구에서는 다소 낮아지는 경향으로 돈분액비 77, 발효돈분 77, 발효우분 79 이었다. NO<sub>3</sub>-N 용탈량(2년 평균)은 평균 돈분액비구 37.0 mg/l, 발효돈분구 32.9 mg/l 으로 많았으며 발효우분구는 17 mg/l 으로 적었다. 가축분뇨 시용수준 간에는 가축분뇨 100% + 화학비료 25% > 가축분뇨 75% + 화학비료 25% > 가축분뇨 100% 순이었으며 가축분뇨의 종류에 관계없이 시용 초기에 용탈량이 많았다.

## V. 인용 문헌

1. 高井康雄, 早 達即, 態澤善久雄. 1976. 植物營養土壤大載典. 養賢堂. p. 956-964.
2. 김내수, 김정우, 박홍양, 상병찬, 여정수, 전광주, 최광수, 홍기창. 1995. 응용통계학. 유한문화사. 서울.
3. 김상덕, 장기운, 임재신, 김영한. 1997. 사료용 수수(*Sorghum bicolor* × *S. bicolor*) 생육에 대한 정수슬러지(alum sludge)의 시용효과. 한초지 17(1): 51-58.
4. 농림부, 농촌진흥청 축산기술연구소. 2000. 가축분뇨 자원화 및 이용기술 개발(제2권).
5. 서 성, 김종근, 정의수, 강우성, 신재순, 김정갑. 1999. 가축분 시용조건에서 주요 수수×수단그라스 교잡종의 생산량과 사료가치 비교연구. 한초지 19(1):57-62.
6. 서 성, 김종근, 정의수, 김원호, 강우성. 2000. 가축분 시용 조건에서 파종방법과 파종량이 청예용 수수×수단그라스 교잡종의 생산량과 사료가치에 미치는 영향. 한초지 20(1):49-54.
7. 손창기, 1995. 미숙우분을 이용한 청예용 단수수 재배효과. 농업논문집 37(1):464-467.
8. 日本畜産草地研究所. 2001. 水田ほ場を活用した自給飼料増産. 水田ほ場を活用した飼料作物の栽培
9. 유중원, 1997. 초지에서 액상분뇨 시용이 토양의 질소 동태와 NO<sub>3</sub> 용탈에 미치는 영향. 한초지:17(1):43-50.
10. 전병태, 이상무, 김재영, 오인환. 1995. 액상구비 시용이 사료작물의 생산성과 토양성분에 미치는 영향. 한초지 15(1):52-60.
11. A.O.A.C. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Association of official analytical chemists. Washington, D. C.
12. Czeratzki, W. 1971. Saugvorrichtung für kapillar gebundenes Bodenwasser. Landbauforschung Volkenrode 21:13-14.
13. Buchner, A. und H. Sturm. 1985. Gezielte Düngungen. DLG-Verlag, Frankfurt(Main), 56-71.
14. Elliott, L.F. and F.J. Stevenson. 1977. Soils for management of organic waste. p.672. Am. soc of Agron., Madison, Wis.
15. Goering, H.L. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agr. Handbook No. 379. USDA.
16. Macduff, J.H., S.C. Jarvis and D.H. Roberts. 1990. Nitrate leaching from grazed grassland systems. Symposium proceedings of symposium "nitrates, agriculture, water" Paris, Nov. 1990.
17. MacGregor, J.M., G.R. Blake and S.D. Evans. 1974. mineral nitrogen movement into subsoils following continued annual fertilization for corn. Soil Sci. Soc. Am. Pro. 38:110-112.
18. Menke, K.H. und W. Huss. 1980. Tierernaehrung und futtermittelkunde. UTB Ulmer. pp. 38-41.
19. Tilley, J.A.M. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for *in Vitro* digestibility of forage crops. J. Birt. Grassl. Sci. 18:104-111.