

## 돈분액비의 발효 및 시용시기가 수수의 생산성과 재배 토양의 특성에 미치는 영향

<sup>1</sup>김문철, <sup>2</sup>전영천, <sup>3</sup>황경준, <sup>4</sup>송상택, <sup>2</sup>현철호

<sup>1</sup>제주대학교, <sup>2</sup>제주특별자치도 축산진흥원, <sup>3</sup>난지농업연구소, <sup>4</sup>제주특별자치도 보건환경연구원

### The effects of fermentation and application time of liquid swine manure on dry matter yield of sorghum×sudangrass hybrid and subsequent soil quality

<sup>1</sup>Moon-chul Kim, <sup>2</sup>Youngchun Jeon, <sup>3</sup>Kyungjun Hwang, <sup>4</sup>Sangteak Song,  
<sup>2</sup>Cheolho Hyun

<sup>1</sup>Cheju National University; <sup>2</sup>Livestock Policy Division, Jeju Special Self-Governing Province;

<sup>3</sup>National Institute of Subtropical Agriculture;

<sup>4</sup>Institute of Health & Environment, Cheju Special Self-Governing.

#### ABSTRACT

Experiments were carried out to evaluate the effect of liquid swine manure on the production of sorghum hybrid, subsequent soil quality and leaching water. The study was undertaken from May to October, 2005, using split plot design. The main-plots consisted of two kinds of liquid swine manure fertilizer such as the unfermented liquid swine manure(ULSM; high DM 10.1%) and the fermented LSM (FLSM; low DM 2.9%), while the sub-plots were composed of three times fertilizer application such as A: basal fertilizer +top dressing at 10 cm plant length (control), B: application before seeding + basal fertilizer, and C: application before

seeding + basal fertilizer + top dressing at 10 cm plant length. No significant differences in the dry matter yield of sorghum hybrid was found between two manure fermentation treatments. In comparison of sub-plots, there was lower in DM yield of treatment A (basal fertilizer + top dressing at 10 cm height) than in treatments B and C. The application of fermented swine liquid manure with a low DM content resulted in significant increases in plant length and in P, Mg, Cu, Fe, and Mn contents of sorghum hybrid, and in NH<sub>4</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N concentration of leaching water in the soil, except of samples of August 30.

\* Corresponding author : Moon-chul Kim, 제주시 제주대학교로 66 제주대학교  
Tel : 064-754-3336, E-mail : kimmch@cheju.ac.kr

## 서론

제주도의 양돈 산업은 1960년대까지 부업 형태였으나 이시돌 목장이 외국산 돼지를 수입하면서 현대식 양돈 경영이 시작되었고 제주도의 대일 돈육수출산업은 수출전략산업으로 지정되었고 집중 육성된 결과 2003년 말 제주도에서 생산되는 돼지고기의 70% 이상이 도외반출 또는 수출로 소비되고 있어 미래가 기대되는 산업이다.

그러나 2003년 말 제주도에서 사육되는 가축으로부터 발생하는 분뇨발생량의 약 70% 이상이 돼지에서 생산된 분뇨로 보고되고 있다. 제주도는 국제 자유도시로 지정되어 관광객 유치에 적극 노력하고 있어 아름다운 환경을 지켜야 하며 이런 점에서 분뇨를 많이 발생하는 양돈업은 앞으로 어려움이 많을 것이다. 특히 2005년부터 오수, 분뇨, 및 축산폐수의 처리에 관한 법률이 제정, 공포되어 더욱 분뇨처리를 엄격하게 관리하도록 할 것이다.

그래도 가축분뇨는 목초지나 사료작물에 이용할 수 있는 훌륭한 비료자원이다. 제주도의 중산간 지대는 목초자원이 풍부한 지대지만 목초생산량이 저조하다. 그 이유는 화산회 토양지역이라서 척박하다. 이런 지역은 pH나 유효인산 함량 등이 매우 낮다고 과거 연구를 통해서 많이 밝혀졌다(신과김, 1975). 이런 지역을 개량하기 위해서 유기물을 사용하는 것이 필연적이다(이와 이, 1975, 김 등, 2001). 제주에서 과잉 생산되는 양돈 분뇨를 중산간 지대 목초지에 사용하면 양질의 목초를 생산하여 경쟁력있는 축산물을 생산함은 물론 푸른 목초지는 관광자원도 될 수 있고 분뇨를 자원화할 수도 있어 일거 삼득의 효과를 볼 수 있다.

돈분 액비의 비료성분을 구명하는 연구에서

Stevens 등(1995)은 액비 내 인함량은 EC 보다 DM과 밀접한 상관 관계가 있다고 하였고 김 등(2004)은 제주지역 양돈장에서 돈분 액비의 DM 함량은 EC, NH<sub>4</sub>-N, P, Ca 및 Mg 함량 간에 유의적 상관관계가 있다고 하였다. 송(2005)은 동계 사료작물에 DM 수준이 다른(2.7과 5.9%) 돈분 액비를 시용 시 미 숙성된 DM 함량이 높은 액비(DM 5.9%)가 숙성된 DM 함량이 낮은 액비(DM 2.7%) 보다 높은 건물수량을 얻었다고 하였다. 그러나 하계작물에 대한 연구는 없었다.

또한 DM 율이 낮은 돈분 액비는 물 함량이 많기 때문에 액비를 분시하므로 유출수량을 감소시킬 수 있을 것으로 기대되지만 아직 이에 대한 연구가 별로 없었다.

그래서 제주 양돈농가에서 생산되는 돈분 액비의 발효 및 시용시기를 달리하여 하계사료작물 수수 교잡종에 시용 시 사료작물의 생산성, 토양 물리 화학성 및 수질 등을 조사하여 가장 환경문제를 적게 야기하는 돈 액비 처리 방법을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구는 2005년 6월부터 10월까지 제주특별자치도 축산진흥원 사료작물 시험 포장에서 실시되었다. 이 기간 동안 기상상태는 표 1과 같았으며 표에서 보는 바와 같이 이 기간 동안 평균 온도는 예년 보다 다소 높았고 강우량은 평년 보다 크게 낮았다. 시험 전 토양의 이, 화학적 특성은 표 2에서 보는 바와 같이 다소 척박한 토양이지만 크게 척박하지는 않은 편이었다.

Table 1. Climate conditions during the experimental period and over the previous 30 years in Jeju.

Items		Months					
		May	June	July	Aug	Sept	Oct.
Temperature (°C)	30 yr. avg.	17.5	21.2	25.7	26.5	22.7	17.5
	Expt. period	18.0	23.2	26.9	27.5	25.1	19.2
Precipitation (mm)	30 yr. avg.	88.2	189.8	232.3	258.0	188.2	78.0
	Expt. period	17.2	3.8	40.2	72.5	3.0	8.7

Table 2. Soil characteristics of experimental plots before trial.

Ave.				Exchangeable cation							
pH	OM (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	T-N (%)	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
					c mole+/kg				mg/kg		
5.56	13.32	49.6	0.80	1.33	4.95	1.40	0.25	103.7	4.07	31.93	15.18

Table 3. Chemical composition of swine liquid manure applied

Item	DM (%)	OM (%)	TN (%)	TP	K	Ca	Mg	Na
	mg/L							
No fermentation	10.13	50.9	0.775	0.260	564	10,563	491	614
Fermentation	2.91	21.5	0.332	0.059	384	1,031	543	562

이 시험의 실험설계는 표 4와 같다.

이 시험에서 수수 교잡종의 파종은 6월 24일에 실시하였고 파종량 40 kg/ha를 조파로 파종하였다. 비료는 돈분 액비만 사용하였으며 액비 사용량은 질소 200 kg/ha 기준으로 하여 세구처리에 맞추어 파종 전(6월 20일), 파종 시(6월 24일) 및 추비 시(8월 8일)로 나누어 사용하였다. 시험포장 사료작물의 출현율은 7월 11일에 조사하였고, 초장 조사는 수확 시에 하였다.

사료작물의 출현율, 초장 및 건물수량의 조사는 농촌진흥청 관행방법(농촌진흥청, 1974)에 따랐다.

각 목구에서 채취한 건조시료는 Willy Mill로 분쇄하여 20 mesh 표준체를 통과시킨 후 사초의 무기물 분석에 이용되었다. 무기물은 Yoshida 등(1983) 방법에 의하여 추출하여 P는 U/S Spectrophotometer를 이용하여 K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn 및 Cu 등을 Atomic Absorption Spectrophotometer로 측정하였다(Perkin-Elmer Corporation, 1982). 토양의 이, 화학적 특성(pH,

T-N, OM, 유효인산, 치환성, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn 및 Zn)에 대한 분석은 농촌진흥청 분석법(1988)에 준하였다.

토양 중에 유출수의 성분을 조사하기 위해 라 이시 메타는 6월 30일에 송(2005)의 방법으로 설치하였고 7월 7일, 15일 및 8월 30일에 각 각 채취했으며 채취된 용탈수는 0.45 µm filter(MFS-25, Advance)로 통과시켜 이온크로마토그래피(Dionex, ICS-1000 및 ICS-90, USA)를 이용하여 NO<sub>3</sub>-N를 분석하였다. NH<sub>4</sub>-N의 분석은 Indophenol-blue 법을 이용하여 시료를 50 ml 용량 플라스크에 넣은 다음 나트륨 페놀라이트 용액 10 ml와 니트로 프루싯나트륨 용액 1 ml를 넣어 조용히 섞은 후 차아 염소산나트륨 용액 5 ml를 넣고 증류수로 표 선까지 채운 다음 약 30분간 방치 후 분광분도계 로 630 nm에서 측정하여 계산되었다.

실험결과를 분산분석(Statistix 8, 2003)한 후 유의성이 있는 경우에 최소유의차에 의하여 각 처리간의 평균을 비교하였다.

Table 4. Experimental design

Item	Content
Main plot	N : No fermentation liquid manure (DM 10.1%)
	F : Fermentation liquid manure (DM 2.9%)
Sub plot	A : basal fertilizer + top dressing at 10cm plant height (control)
	B : application before seeding + basal fertilizer
	C : application before seeding + basal fertilizer + top dressing at 10 cm plant height

## 결과 및 고찰

### 1. 생산량(건물수량, 초장, 출현율)

발효된 돈분 액비와 미발효된 것 간에 비료효과를 비교하기 위해 3시기(파종 시 기비+ 추비, 파종 전 시비+ 파종 시 기비, 파종 전 시비+ 파종 시 기비+ 10cm 때 추비)로 나누어 수수 교잡종에 사용하였다. 표 5에서 보는 바와 같이 돈분 발효 정도에 따른 효과가 수수 교잡종의 건물수량에 영향을 주지 않았다. 그러나 3 시비시기 간 비교에서 처리 B(파종 전 나지에 1/2 + 파종 시 1/2)와 처리 C(파종전 나지에 1/3 + 파종 시 1/4 + 초장 10cm 때 1/3 사용)로 사용했을 때가 높은 건물수량을 보였으며 통계적으로 유의차가 있었다( $P < 0.01$ ).

마지막 수확 시 측정된 수수교잡종의 초장은 반대로 DM율이 낮은 발효 액비에서 높았으나 세구 처리인 시비 시기 처리 간 차이를 얻지 못했다.

돈분 액비의 숙성 정도 차이가 건물수량, 초장 및 정착주수에 좋은 효과를 주지 못하고 있다. 이

는 김 등(2006)이 숙성정도가 다른 돈분 액비를 하계작물 피에 사용하여 건물수량을 비교했을 때 통계적인 유의차를 얻지 못했다고 하는 결과와 일치하고 있다. 그러나 송 등(2006)은 건물 농도가 높은 미숙성 돈분 액비 사용이 건물농도가 낮은 숙성 액비 보다 동계작물(이탈리안 라이그라스, 호맥, 귀리)의 건물수량을 증가시켰다고 하여 다른 결과를 보였다.

본 시험이 수행된 5월부터 9월까지 평년 보다 강우량이 1/3~1/5정도 밖에 오지 않았으며 이런 강우량 부족 시에는 물 공급이 많은 건물농도가 낮은 돈분 액비가 사초 생육에 유리한 것으로 보인다.

### 2. 식물체의 조단백질 및 무기물 함량

사초의 조단백질 함량과 무기물 K, 및 Na 함량은 처리 간 통계적으로 유의차를 발견하지 못하였다(표 6참조). 그러나 식물체의 무기물 P, Ca, Mg, Cu, Fe 및 Mn 함량(표 7참조)은 DM 농도가 낮은 발효 액비가 미발효 액비 보다 높았다. 식물체의 모든 무기물 함량이 시비 시기 간에 통계적

Table 5. Dry matter yield, plant length and the number of plant establishment as affected by the fermentation and application time of liquid swine manure

TRT	DM yield (kg/ha)	Plant length (cm)	Number of plant establishment (number / 0.02m <sup>2</sup> )
No fermentation			
A*	10,418	205	11.00
B**	13,293	207	12.25
C***	11,958	194	8.75
Mean	11,890	202	10.67
Fermentation			
A	8,170	198	9.00
B	13,090	218	11.00
C	13,244	208	9.50
Mean	11,501	208	9.83
p Main	0.6625	0.0460	0.7215
Sub	0.0007	0.5711	0.4372
M×S	0.1229	0.6596	0.7617

A\* : basal fertilizer + top dressing at 10cm plant height (control)

B\*\* : application before seeding + basal fertilizer

C\*\*\* : application before seeding + basal fertilizer + top dressing at 10 cm plant height

**Table 6. Contents of crude protein and major minerals in sorghum hybrid**

TRT	CP	P	K	Ca	Mg	Na
	%					
No fermentation						
A	8.04	0.165	1.37	0.280	0.320	0.020
B	8.16	0.160	1.36	0.168	0.245	0.023
C	8.00	0.128	1.39	0.198	0.270	0.023
Mean	8.07	0.151	1.37	0.215	0.278	0.022
Fermentation						
A	8.07	0.198	1.18	0.208	0.283	0.013
B	7.90	0.160	1.36	0.260	0.373	0.028
C	8.27	0.128	1.51	0.310	0.423	0.023
Mean	8.08	0.186	1.35	0.259	0.359	0.021
p Main	0.9579	0.0363	0.6371	0.030	0.0087	0.7608
Sub	0.8848	0.7851	0.7057	0.578	0.5065	0.3907
M×S	0.5310	0.6287	0.7635	0.067	0.0720	0.6211

유의차를 얻지 못 했다.

송 등(2006)은 동계 사료작물(이탈리안 라이그라스, 호맥, 귀리)에서 DM 농도가 높은 돈분 액비 시용이 저농도 액비 보다 식물체의 Ca 및 Mg 함량을 높게 했다고 하여 본 연구와 일치하지 않았다.

DM 농도가 낮은 발효 돈분 액비가 DM 함량이 높은 미발효 액비 보다 수수 교잡종의 일부 무기물함량(P, Ca, Mg, Cu, Fe 및 Mn)을 높인 것은 시험이 수행된 5월부터 9월까지 극심한 가뭄 영향으로 보인다. 고농도 액비는 가뭄 때문에 염해를 받아 양분 흡수를 어렵게 했을 것 같고 저농도 액비는 물 공급이 많아 양분 흡수를 쉽게 했을 것으로 보인다.

이 시험에서 사초의 일반 성분 중 P 함량만 0.128~0.198%로서 적정수준 0.2~0.4%(Mayland 과 Cheeke, 1995) 보다 낮았으며 다른 무기물(K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn 및 Zn) 함량은 모두 적정수준에 도달되었다. 제주에서 수행된 다른 연구에서도(송 등, 2006; 김 등, 1990; 사초의 P 함량이 낮게 나타났다. 그러나 제주지역에서 수행된 연구에서도 사초의 P 함량이 토양종류별(김 등, 1990), 해발별(김과 고, 1994), 년차별(김 등, 1993)로 적정 수준이 차이가 있음을 보고하고 있다.

**Table 7. Contents of trace element in sorghum hybrid**

TRT	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/kg			
No fermentation				
A	3.29	93.57	32.65	33.45
B	3.81	98.90	33.53	30.00
C	4.17	70.15	35.88	30.15
Mean	3.76	87.54	34.02	31.20
Fermentation				
A	5.88	133.03	41.38	37.10
B	5.62	96.35	37.90	33.28
C	7.07	153.50	40.15	44.53
Mean	6.19	127.62	39.81	38.30
p F	0.001	0.055	0.016	37.10
T	0.467	0.788	0.847	33.28
F×T	0.820	0.262	0.818	44.53

### 3. 수수 교잡종 재배 토양의 이, 화학적 특성

수수 교잡종이 재배되던 토양의 물리, 화학적 성질은 액비 숙성 차이를 발견치 못하였다(표 8참조). 토양의 OM, 유효 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TN, 및 Ca 함량은 상호작용 효과를 얻었다. 토양의 OM과 유효인산 함량은 3번 분시가 2번 분시 보다 높았고 Fe 함

Table 8. Soil characteristics as affected by application of liquid swine manure in the pasture plot

TRT	Ava.										
	pH	OM	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TN	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
		%	mg/kg	cmol/kg			mg/kg				
No fermentation											
A	5.64	136.9	36.33	0.801	2.11	1.41	0.225	5.23	125.0	3.61	21.72
B	5.52	134.2	33.90	0.754	2.51	1.39	0.185	3.83	115.7	3.58	13.81
C	5.55	134.3	28.43	0.758	2.07	1.20	0.198	3.72	74.2	3.46	10.65
Mean	5.57	135.1	32.88	0.771	2.23	1.33	0.203	4.26	105.0	3.55	15.39
Fermentation											
A	5.59	134.5	22.43	0.713	1.88	1.08	0.183	2.96	109.2	2.89	5.46
B	5.56	134.1	52.13	0.819	2.37	1.93	0.213	5.81	140.2	5.18	19.97
C	5.60	135.3	64.30	0.830	3.59	1.46	0.208	6.01	106.0	4.11	14.28
Mean	5.58	134.6	46.28	0.787	3.04	1.49	0.201	4.93	118.5	4.06	13.24
p F	0.559	0.053	0.055	0.593	0.084	0.476	0.911	0.201	0.250	0.349	0.517
T	0.370	0.029	0.019	0.390	0.009	0.089	0.932	0.726	0.008	0.259	0.635
F×T	0.543	0.014	0.002	0.021	0.031	0.083	0.064	0.097	0.079	0.241	0.069

량은 3번 분시가 낮은 함량을 보였다.

김 등(2006)의 연구에서 하계작물 피에 숙성 정도가 다른 돈분 액비의 사용 효과를 비교했을 때 토양의 이, 화학성이 본 연구와 비슷하였고 토양의 Na함량 만이 숙성 액비 구에서 높았다. 이탈리아 라이그라스나 호맥 등 동계작물 재배 토양의 Ca와 Mg 함량이 미숙성 액비에서 높았다는 송 등(2006)의 결과와는 달랐다.

#### 4. 토양 중 용탈수

그림 1에서 돈분 액비 사용 후 수수 교잡 종 재배 토양 속에 용탈수의 NH<sub>4</sub>-N와 NO<sub>3</sub>-N 함량을 보이고 있다.

용탈수의 암모니아태 질소는 높은 DM%의 미발효 돈 액비에서 7월 7일 채취 시 1.58 mg/L에서 7월 15일, 8월 30일에 각각 0.62, 0.366 mg/L으로 시간이 경과할수록 함량이 감소하고 있다. 한편 발효돈 액비의 암모니아태 질소는 7월 7일, 7월 15일 및 8월 30일에 각각 1.64, 1.156, 0.058 mg/L을 보였으며 미발효 액비처럼 시간이 진행할수록 그 함량이 감소하고 있다. 미발효와 발효액비 간 비교에서 1차와 2차 조사 때는 발효액비

에서 높은 함량을 보였으나 2차 조사 때만 통계적 유의차를 보였다(P<0.05). 3차 조사 때는 발효액비 보다 미발효 액비에서 높은 함량을 보였으며 통계적으로 유의차가 있었다(P<0.05).

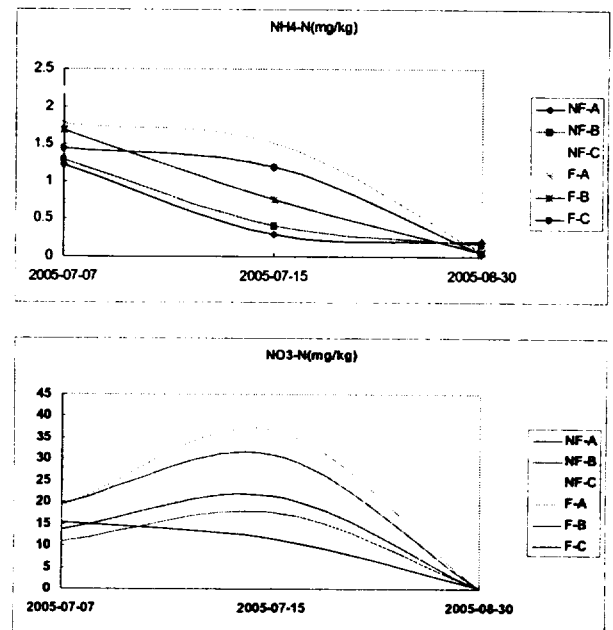


Fig. 1. Effects of fermentation and application time of liquid swine manure on the concentration of NH<sub>4</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N of leaching water in subsequent soil

용탈수의 암모니아태 질소 함량은 사용시기에 따라 통계적 유의차를 얻지 못했다.

용탈수의 질산태 질소는 액비의 숙성이나 사용 시기 간 통계적 유의차를 발견하지 못하고 있다. 다만 1차와 2차 조사 때는 미발효 보다 발효처리에서 높았고 3차 때는 미발효 처리에서 높았다. 시기별 용탈수의 농도 변화를 살펴 보면 1차에서 2차로 갈 때 함량이 증가했으나 8월 30일 조사된 3차 때는 크게 감소하고 있다. 2차에 조사된 용탈수의 질산태 질소는 처리 간 상호작용에서 1%의 고도 유의차를 얻었다( $P < 0.01$ ). 사용 시기를 3번 사용한 미 발효 처리구만 제일 높았고 그 다음은 저농도 발효액비 처리에서 모두 높았다.

액비 사용량이 증가할수록 토양 내 용탈수의  $\text{NH}_4\text{-N}$  함량이 증가한다는 박(2005)의 보고와 같지 않았다. 따뜻한 시기에는 빨리  $\text{NH}_4\text{-N}$ 가 빨리  $\text{NO}_3\text{-N}$ 되는 반면에 차거운 조건에서는 질산화를 억제하는 등  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 질산화가 계절에 따른 차이 (Rochette 등, 2004) 거나 연구가 수행된 여름에 지나친 가뭄으로 물 공급이 많은 저농도 액비 사용이 고농도 액비구 보다 암모니아태 질소 함량을 높힌 것으로 볼 수 있다.

토양 내 용탈수의  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 액비 사용량의 증가로 증가했다는 윤 등(2001), 송(2005) 나 박(2005)의 보고와 일치하지 못하고 있다. 그러나 Smith 등 (2001)의 보고에서는 유거수가 쉽게 발생하는 경작지에 액비 사용은  $\text{NH}_4\text{-N}$  손실을 증가시키나  $\text{NO}_3\text{-N}$ 에 대해서는 거의 영향을 주지 않았다고 하였다. 액비의 사용방법, 토양구조 및 강수량 등의 환경 요인에 의해 다른 결과를 얻을 수 있다고 보며 본 연구도 이런 이유 때문에 돈분 액비 농도 차이에 따른 용탈수의  $\text{NO}_3\text{-N}$  차이를 얻지 못한 것으로 볼 수 있다.

결론적으로 하계작물 수수 교잡종의 생산성은 돈분 액비의 숙성정도의 효과를 얻지 못했고 식물체의 P, Ca, Cu, Fe 및 Mn 함량이나 용탈수의  $\text{NH}_4\text{-N}$ 나  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량에서 오히려 저농도 액비에서 높았다. 이는 이 시험이 수행된 기간에 심한 가뭄으로 물 공급이 많은 저농도 돈분액비 사용이 여름작물 수수 교잡종에 유리했던 것으로 추정된다.

## 적 요

제주지역 양돈장에서 생산되는 액비의 숙성 정도와 액비 사용시기가 하계사료작물 수수 교잡종의 생산성, 화학적 조성분, 토양의 이, 화학적 성질 및 용탈수의 암모니아와 질산태 질소함량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 제주 특별자치도 축산 진흥원 사료포장에서 2005년 5월부터 같은 해 10월까지 수행하였다.

수수교잡종의 건물수량은 돈분액비 숙성도 효과는 발견치 못했으나 A 처리(기비 + 추비 2회 사용) 보다 B처리(기비 전 사용 + 기비)과 C처리(기비 전 사용 + 기비 + 추비)에서 유의적으로 높았다( $P < 0.01$ ). 수수교잡종 초장은 고 DM 미숙성 액비 보다 저 DM 숙성액비에서 유의적 증가를 보였다( $P < 0.05$ ). 수수 교잡종의 P, Mg, Cu, Fe 및 Mn 함량은 고농도 미숙성 보다 저농도 숙성액비에서 통계적으로 유의적 증가를 보였다. 수수 교잡종을 재배했던 토양의 유효인산과 Ca 함량은 기비+추비 보다 기비 전 사용+기비나 기비전 사용+기비+ 추비 보다 낮았다. 토양의 용탈수 중  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량은 8월 30일 채취을 제외하고 저농도 숙성액비에서 높았다. 결론적으로 수수 교잡종의 건물수량은 액비 숙성 차이를 발견치 못했으나 식물체의 P, Mg, Cu 및 Mn 함량과 용탈수의  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 저농도 숙성액비에서 높았다.

## 참고문헌

1. Mayland, H.F. and P. R. Cheeke. 1995. Forage-induced animal disorders. in Forages V. II. Iowa State Univ. Press, Ames. Iowa, USA.
2. Perkin-Elmer Corporation, 1982. Analytical methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. The Perkin-Elmer Corp., Norwalk. CT.
3. Rochette, P., D.A. Angers, M. H. Chantigny, N. Bertrand and D. Cote. 2004. Carbon

- dioxide and nitrous oxide emissions following fall and spring applications of pig slurry to an agricultural soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1410-1420.
4. Smith, K. A., D. R. Jackson, and T. J. Pepper. 2001. Nitrient losses by surface run-off following the application of organic manure to arable land. 1. Nitrogen. *Environ. Pollut.* 112: 41-51.
  5. Statistix 8. 2003. Analytical software statistix 8. [www.statistix.com](http://www.statistix.com)
  6. Stevens, R.J., O'Brice, C.J. and Carton, O.T. 1995. Estimating nutrient of animal slurries using electrical conductivity. *J. of Agricultural Sci. Cambridge.* 125: 233-238.
  7. Yoshida, S., D.A. Forno and J. H. Cock. 1983. Laboratory manual for physiological study of rice. The international Rice Research Institute.
  8. 김문철, 고서봉. 1994. 제주지역의 해발높이와 목초혼파조합에 따른 토양 및 목초의 무기물 간 상호관계. *한축지* 36(4): 415-421.
  9. 김문철, 김규일, 이현중, 양기천. 1990. 제주도 중산간 목장지대에서 토양-목초-가축 간 무기 영양소의 상호관계. II. 방목기 토양, 목초, 우유 내 무기물 함량의 상호관계. *한축지*:32(3) 170-178.
  10. 김문철, 김영희, 조남기, 이수일, 이승협. 1993. 제주 혼파목초지에서 하고기 예취시기와 질소 시비 수준에 따른 목초생산의 계절적 변화. *한초지* 13(2): 112-121.
  11. 김문철, 송상택, 황경준. 2004. 제주지역 양돈장에서 생산된 액비의 비료성분 및 오염도 평가. *동물자원지* 46(3): 469-478.
  12. 김문철, 송상택, 황경준, 임한철. 2006. 돈분액비시용이 피의 생산성, 토양특성 용탈수의 화학적 조성에 미치는 영향. *한초지* 26(4): 257-266.
  13. 김문철, 현해남, 최대진, 문봉춘, 고용구, 강태숙. 2001. 제주화산회토지역에서 돈분액비와 인산시용이 이탈리아 라이그라스 재배 토양의 화학적 특성 및 미생물상에 미치는 영향. *한초지*. 21(4): 181-190.
  14. 농촌진흥청, 1974. 농사시험 조사연구기준. 축산편. 농촌진흥청.
  15. 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법.
  16. 박남건. 2005. 제주화산회 토양에서 돈분액비시용이 수수×수단그라스 교잡종의 생산성과 유거수 및 용탈수의 특성에 미치는 영향. 제주대학교 대학원 박사학위 논문
  17. 송상택. 2005. 돈분액비시용이 사료작물의 생산성과 토양 및 용탈수의 화학적 특성에 미치는 영향. 제주대학교 대학원 박사학위논문.
  18. 송상택, 김문철, 황경준. 2006. 제주지역에서 건물함량이 다른 돈분액비시용이 이탈리아 라이그라스, 호밀 및 구리의 수량, 사료가치 및 토양특성에 미치는 영향. *한초지* 26(3) : 159-170.
  19. 신용화, 김형욱. 1975. 화산회토의 특성에 관하여. *한토비지*. 8:113-119.
  20. 윤순강, 박광래, 김민경, 김월일, 류순호. 2001. 돈분이 시용된 밭 토양에서 질산태질소의 유거손실. *한토비지*. 34(3): 158-164.
  21. 이기중, 이근상. 1975. 제주도 초지개발에 있어서 토양학적 문제점. *한토비지*. 8 : 153-160.