

# 제주지역에서 건물 함량이 다른 돈분 액비 시용이 이탈리아 라이그라스, 호밀 및 귀리의 수량, 사료가치 및 토양 특성에 미치는 영향

송상택 · 김문철\* · 황경준\*\*

## Effects of Dry Matter Content of Liquid Swine Manure on Dry Matter Yield and Nutritive Value of Italian Ryegrass, Rye and Oat, and the Chemical Characteristics of Soil in Jeju

Sang Taek Song, Moon Chul Kim\* and Kyoung Jun Hwang\*\*

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of two dry matter levels of liquid swine manure on dry matter yield and nutritive value of Italian ryegrass, rye and oats, and the chemical characteristics of soil in Jeju. This experiment tested in split plot design. Three forage crops (Italian ryegrass, rye and oats) were the main plot and four fertilizers (no fertilizer = T0, chemical fertilizer = T1, liquid swine manure with DM 2.7% = T2 and liquid swine manure with DM 5.9% = T3) were the sub plots. Yield and nutrient contents of forage crops and soil properties were determined. Application of liquid swine manure containing 5.9% dry matter resulted in highest DM yield in all three forage crops species compared with the other treatments ( $p < 0.01$ ). Crude protein content (%) and crude protein yield (kg/ha) of forage crops were highest in rye compared with the other forage crops species ( $p < 0.01$ ). K and Mg contents of soil were higher ( $p < 0.01$ ) in rye than in the other species while Na contents was higher ( $p < 0.01$ ) in Italian ryegrass than others. Mg content of soil appeared higher in rye than in the others and higher ( $p < 0.05$ ) in forage crops applied with liquid manure containing 2.7% DM compared with the other species.  $\text{NO}_3\text{-N}$  contents in soil was lower in rye than the other species and higher in species with chemical fertilizer. These findings indicate that most of liquid swine manure produced on local pig farms containing low levels of dry matter and other nutrients suggest a low efficiency of its use as a fertilizer. The liquid swine manure is recommended as a fertilizer for rye production in winter, compared with Italian ryegrass or oat. (Key words : Swine manure, Nutritive value, Italian ryegrass, Oat, Rye)

---

제주특별자치도보건환경연구원(Jeju Self-Governing Province Institute of Health and Environment)

\* 제주대학교 생명자원과학대학(Collage of Applied Life Sciences, Cheju National University)

\*\* 난지농업연구소(National Institute of Subtropical Agriculture)

Corresponding author : Sang Taek Song, Jeju Special Self-Governing Province Institute of Health and Environment, 313-40, Yeon Dong, Jeju-Si, Jeju Special Self-Governing Province 690-815, Korea  
Tel : +82-64-712-4004, Fax : +82-64-744-7664, E-mail : sst2251@jeju.go.kr

## I. 서 론

가축분뇨는 식물이 필요로 하는 많은 양분이 포함되어 있어 알맞게 토양에 살포하게 되면 작물 생산성을 높일 수 있는 귀중한 양분의 급원이 된다(Agnew 등, 2003; Moore와 Gamroth, 1993; Schmitt, 1999). 이러한 작물의 중요한 양분 급원인 가축분뇨가 1970년대 이후 사용이 용이한 화학비료의 선호로 많이 이용되지 못하였다. 반면 가축분뇨는 경제여건의 호전 및 식생활변화 등의 육구충족을 위해 축산업이 영세 소규모에서 대규모사육으로 전업화 되면서 가축분뇨 발생량이 급증하게 되었고 아울러 가축분뇨에 의한 환경문제가 대두되었다. 이러한 오염문제를 규제하기 위해 1980년대에 환경보전법에서 축산폐수를 규제하다 1991년에는 개별법인 오수·분뇨 및 축산폐수처리에 관한 법률이 제정되어 축산폐수 처리시설의 방류수 수질기준을 강화하여 엄격한 규제를 받게 되었다. 그러나 가축분뇨는 유기물과 영양염류 함량이 높기 때문에 정화 처리하여 방류하는데 한계가 있고 분뇨처리비용과 자원의 재활용을 위한 경제성을 도입하여 가축분뇨의 자원화 방안에 대한 관심이 높아지고 있다.

가축분뇨의 자원화 방법으로는 퇴비나 액상분뇨화 하여 이용하는 방법이 있다. 가축분뇨 중 분 중심의 고상물질은 대부분 퇴비화로 이루어지고 있으나 액상분뇨는 수분이 많기 때문에 퇴비화를 위해서는 막대한 부자재가 필요하여 현실성이 없다. 따라서 저장 액비시설을 이용하여 숙성시킨 후 초지에 살포하는 방안이 오늘날에 많이 이용되고 있다. 가축 액상분뇨 및 퇴비가 목초의 생산성에 미치는 효과에 관한 연구가 많이 수행되었다(Barnhart, 2002; Studdy 등, 1995; Wightman, 1999; 김 등, 2003; 류와 야콥, 1998; 신 등, 1998a; 윤, 1994; 정과 전, 1989).

호밀의 평균 건물수량은 액상 발효우분 100 kg N/ha 까지는 현저한 증가를 보였지만 그 이

상에서는 약간 둔화 또는 감소되는 경향을 보였다(육 등, 1997), 건물생산량과 사료가치는 돈분 시용에 비해 화학비료가 높았다(농림부, 2002). 또한 추파용 호밀의 건물수량은 우분슬러리 시용수준 증가에 따라 4,006 kg/ha에서 8,037 kg/ha (우분슬러리 160-480 kg 시용)으로, 돈분슬러리 시용시 4,954 kg/ha에서 6,230 kg/ha의 생산량 범위를 나타내었고 호밀 내 무기물 함량은 N, P, Ca 및 K은 가축분뇨 시용량이 증가함에 따라 약간씩 증가하였다(신 등, 1998b).

생돈분과 발효돈분이 처리된 토양 90 cm 깊이에서 토양침투수중  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 발효돈분구에서 현저하게 높았으며, 피복작물(옥수수) 존재시  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 농도는 64.6-68.9%로 감소된 반면  $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 16.2~36.7%에 불과하였고 양이온간의 총 당량은  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$  순으로 요소조건에서의  $\text{K} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Na}$ 과는 다른 경향을 보였다(윤, 1994). 그러나 제주지역에서 생산되는 돈분액비의 비료가치나 작물에 시용시 생산성, 토양 및 수질에 미치는 효과에 대한 연구는 많지 않았다.

본 연구는 돈분액비로 이용되고 있는 우리나라 중부지방의 액비중 건물수준이 2.9%였다는 신 등(1996)의 보고 등을 고려하여, 제주지역에서 생산되는 건물수준이 다른 돈분액비 시용이 사료작물 생산성, 사료성분 및 토양특성에 미치는 효과를 구명하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

본 실험은 2003년 10월 부터 2004년 5월 까지 제주대학교 부속목장 사료작물 시험포에서 실시되었으며 이 기간 중 제주지방의 기상조건은 Fig. 1 및 Fig. 2와 같았다.

시험에 이용된 시험포의 토양조건은 Table 1과 같으며 그 특성은 토양산도(pH)가 4.8인 산성을 띤 농암갈색 화산회 토양이었다.

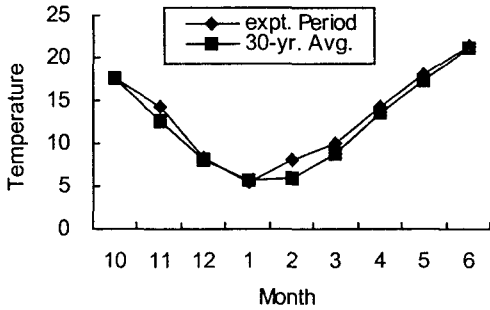


Fig. 1. Monthly mean air temperature during the experimental period and over the previous 30 years in Jeju.

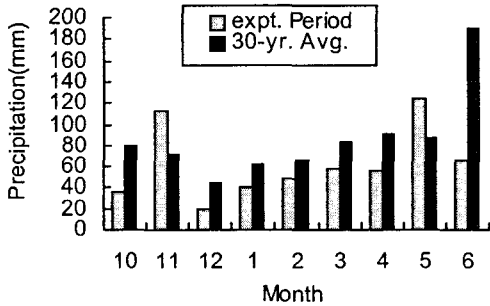


Fig. 2. Monthly accumulated precipitation during the experimental period and over the previous 30 years in Jeju.

본 시험은 동계작물인 이탈리아 라이그라스, 호밀과 귀리를 주구로 하고, 비료종류인 무비구(T0), 화학비료 표준시비구(T1), DM 2.7% 돈분액비 100%구(화학비료 표준시비량 질소기준)=DM A(T2) 및 DM 5.9% 돈분액비 100%구=DM B(T3) 4처리를 세구로 하여 분할구 배치법 3반복으로 실시하였다. 비료 사용은 농촌진흥청 표준시비량을 기준으로 하였다. 구당 면적은 2 m × 4 m = 8 m<sup>2</sup>였으며, 파종은 산파로 2003년 10월 11일에, 기비 및 추비는 파종일과 익년 2월 28일에 각각 50%의 비료를 분할 사용하였다.

본 시험에 이용된 액비의 성상은 Table 2와 같으며, DM A는 6개월 이상의 충분히 숙성된 시료이며, DM B는 제주도 서부지역 농가에서 채취한 1~2주 정도된 액비였다.

사료작물의 건물수량은 각 시험구에서 0.5 m × 0.5 m의 넓이로 2 개소씩 예취하였으며, 예취된 시료 중 약 300 g을 취하여 실험실로 옮긴 후 세절하여 무게를 측정하고 80°C dry oven에서 48시간 건조시킨 다음 방냉하여 건조 후의 무게를 측정하여 건물생산량이 계산되었다.

건조시료는 Wiley Mill로 분쇄하여 20 mesh

Table 1. Soil characteristics of experimental plots before trial

pH (1:5)	T-N (%)	OM (%)	Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exchangeable Cation(cmol <sup>+</sup> /kg)				CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)
				Ca	K	Mg	Na	
4.8	0.48	10.3	80.9	0.48	0.35	0.22	0.05	12.6

\* TN : Total Nitrogen, OM : Organic Matter, Ava. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
CEC : Cation Exchange Capacity

Table 2. Chemical composition of swine liquid manure applied

Items	pH	DM	T-N	OM	T-P	Ca	K	Mg	Na
		%			mg/L				
DM A	7.92	2.7	0.53	3.48	0.040	360	1,870	70	390
DM B	7.74	5.9	0.66	10.56	0.117	2,930	1,690	950	570

표준체를 통과시킨 후 일반성분과 무기물 함량 분석에 이용되었다. 또한 토양시료는 시험 전·후에 plot 당 15 cm 이내의 토양을 6 개소씩 채취하였으며, 실험실로 옮긴 후 그늘진 곳에서 일주일정도 건조 후 2mm 표준체를 사용하여 분석용 토양 시료로 준비하였다. 그리고 생토 시료로 분석하는  $\text{NH}_4\text{-N}$ 와  $\text{NO}_3\text{-N}$ 용 시료는 조사기간 동안 수시로 채취하여 낙엽이나 풀뿌리 등을 제거한 후 2mm 표준체를 사용하여 분석시료를 준비하였다.

분쇄된 시료를 이용하여 TN(total nitrogen)은 1 g을 Kjeldahl flask에 넣고 황산염혼합물말 1 g과 농황산 25 mL를 넣은 다음 분해 및 2% 붕산용액 10 mL 흡수액에 약 75 mL 정도 증류액을 받은 다음 일정량을 황산표준용액으로 적정하여 계산되었다. 유효인산은 Bray No. 1 법으로 침출한 후 UV(Agilent 8453, Hewlett Packard, USA)로 720 nm에서 측정하였다. 양이온은  $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ 법으로 습식분해 후 5A 여과지를 이용하여 증류수로 여과한 후 50 mL 용량플라스크에 채운 다음 원자흡광광도계(GBC 908, GBC, Australia)로 측정하여 환산 계산되었다.

토양시료를 토양화학분석법(농촌진흥청, 1989)에 따라 분쇄된 시료 일정량을 취하여 pH는 토양과 증류수를 1.5의 비율로 현탁시킨 후 일정간격으로 저어주면서 40여 분 지난 후 pH meter (Orion 520 A+, USA)를 이용하여 측정되었다. TN과 유효인산은 식물체 분석에 사용된 방법과 동일하게 수행되었다. 유기물(OM)은 Walkley-Black 법을 이용하여 일정량의 시료를 250 mL 삼각플라스크에 넣고 1 N  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  10 mL를 넣어 잘 섞이도록 한 다음 농황산 20 mL를 넣어 20~30분간 방치한 후 증류수 200 mL를 가하고 인산 10 mL와  $\text{NH}_4\text{F}$  0.2 g을 넣은 후 0.2 N 황산제1 철암모늄용액으로 적정하여 소모된 양으로 계산되었다. 치환성양이온은 1 N-Ammonium acetate 용액으로 침출한 다음 원자흡광광도계(GBC 908, GBC, Australia)

로 측정된 후 계산되었다. 그리고 양이온치환용량(CEC)은 1 N- $\text{NH}_4\text{OAc}$  (pH 7.0) 용액으로 토양시료를 통과시켜 치환성  $\text{NH}_4^+$ 로 포화시키고 과잉의 초산 ammonium을 80% 알콜로 세척한 후  $\text{NH}_4^+$  포화토양을 Kjeldahl 증류장치에 의해  $\text{NH}_4^+$ 를 직접 정량하여 CEC를 산출되었다. 무기성질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) 함량은 채취한 토양시료를 2 M-KCl로 침출한 시료액에 증류직전 MgO와 devarda alloy를 가하여 증류한 다음 정량되었다.

분석된 시료는 SAS(2001)를 이용하여 분할구 배치법으로 분석한 후 목초의 생산성, 사료성분 및 토양 분석결과에 대해 유의성을 검정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 건물생산성

건물수준이 다른 돈분 액비 및 화학비료 시용에 따른 이탈리아 라이그라스, 호밀 및 귀리의 ha 당 건물 생산량은 Fig. 3에 나타났다.

그림에 나타낸 바와 같이 건물생산량은 T3 구에서 모든 사료작물의 생산성이 가장 높았다. 초종별 건물생산량을 보면 호밀에서의 비료종류별 생산성은 T3가 10,356 kg/ha으로 T0, T1 및 T2에 비해 각각 1.3배, 1.4배 및 3.2배 높게 생산되어 처리 간에 뚜렷한 경향이 있었다.

이탈리아 라이그라스에서는 DM 5.9% 돈분 액비가 7,391 kg/ha로 타 처리에 비해 2.6배~4.5배 많았고, 귀리는 DM 2.7% 돈분액비에서 3,098 kg/ha으로 타 처리에 비해 1.8배~3.8배나 생산성이 높았다( $p < 0.01$ ). 이와 같이 T2보다 T3에서 생산성이 높은 것은 시험에 이용된 액비가 비료함량이 높기 때문으로 추정된다. 또한 초종 간 생산성의 차이는 사료작물이 정착된 후 동계잡초인 들개미자리가 많이 발생되었으며, 유식물이 잡초와의 경합에서 추위에 강한 호밀이 이탈리아라이그라스나 연맥보다

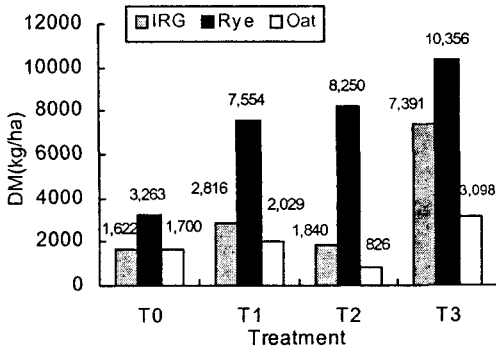


Fig. 3. Dry matter(DM) yield of Italian ryegrass, rye and oats by no fertilizer (T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7 % (T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3).

\* Forage crops  $p < 0.01$ , fertilizers  $p < 0.01$ , interaction  $p < 0.01$ .

강하여 피복도가 높음에 따라 생산성이 높았던 것으로 보인다. 그리고 액상비료와 화학비료 사용에 따른 생산성에 미치는 영향은 연구자들 간에 의견이 다양했다. 전 등(1995)은 이탈리아 라이그라스의 건물생산량은 액상구비가 화학비료구 보다 높았다고 하였고, 이와 전(2004)도 화학비료구 보다 액상분뇨 사용시 사일리지용 옥수수 건물수량이 높았다고 하여 본 시험과 유사한 경향을 보였다. 반면 신(1999)은 추파용 호밀의 건물수량은 액비 사용시보다 화학비료 사용시가 높았다고 하였고, Barhart(2002), 류와 야콥(1998)도 화학비료구가 액비 사용구 보다 높다고 하여 본 결과와는 상이하였다.

따라서 상기의 연구 자료들은 DM 3% 수준의 돈분액비를 이용한 시험결과들로서 본 시험결과 DM 5.9% 돈분액비 사용구가 화학비료구나 DM 2.7%에 비해 월등히 높은 건물생산성을 보이고 있어 동계작물에 의한 양분이용성, 토양에 양분축적 능력과 액비의 양분 함량 등과의 상관성을 고려하여 사료작물의 생산성을 높일 수 있는 효율적인 이용방안에 대한 연구도 필요한 것으로 생각된다.

## 2. 사료성분

### 가. 조단백질 함량과 조단백질 생산량

Table 3은 돈분액비 및 화학비료의 사용에 의한 사료작물의 조단백질 함량과 조단백질 생산량을 나타낸 것이다.

사료작물별 조단백질 함량은 호밀이 9.61%로 이탈리아라이그라스와 귀리 각각 7.06%와 7.53%에 비해 높았다( $p < 0.001$ ). 그리고 비료종류별에 있어 DM 2.7% 돈분액비(T2)가 8.84%로 타 처리 7.08~8.22% 범위 보다 높아 T2가 화학비료(T1) 및 DM 5.9% 돈분액비(T3)에 비해 질소의 이용성이 높았다( $p < 0.01$ ). 이러한 결과는 목초지에 질소비료 사용 시 목초 내 T-N 함량은 작물이 생육시기에 따라 감소했다(이와 Jacob, 1996)는 보고와 같이 본 시험에서 개화기에 작물을 수확하므로 단백질 함량이 낮았던 것으로 사료되었다.

사료작물별 조단백질 생산량은 호밀이 687 kg/ha으로 이탈리아라이그라스와 귀리가 각각 225 kg/ha과 142 kg/ha에 비해 많았다( $p < 0.001$ ). 화학비료와 돈분액비 처리 간에는 건물 5.9% 수준 돈분액비구(T3)가 504 kg/ha으로 타 처리 184~371 kg/ha에 비해 가장 높았으며 처리 간에도 유의차가 있었다( $p < 0.001$ ). 이러한 결과는 식물체 내 T-N의 함량이 높은 경우 사료작물의 조단백질 생산량에 영향을 끼친다는 신(1999)의 보고와 일치하였다.

### 나. 무기물

돈분 액비와 화학비료 사용에 따른 사료작물 내 무기물 함량에 대한 분석결과는 Table 4에 제시된 바와 같다. 사료작물 내 P 함량은 0.111~0.120%로, 초종에서는 귀리가 0.12%로 가장 높았고, 비료 종류별로는 DM 2.7% 수준의 돈분 액비가 0.117%로 타 처리에 비해 높은 함량을 보였으나 통계적인 유의차는 없었다.

사료작물 내 K 함량은 0.910~1.795%의 범위였으며, 초종별로는 호밀 1.523%로 이탈리아

Table 3. The percentage of crude protein (CP) and crude protein yield (CPY) of Italian ryegrass, rye and oat by no fertilizer (T0), chemical fertilizer (T1) and DM 2.7 % (T2) and DM 5.9 % liquid swine manure(T3)

Forage crops	Fertilizers	CP(%)	CP Yield(kg/ha)
Italian ryegrass	T0	6.96	113
	T1	7.28	204
	T2	8.12	149
	T3	5.80	429
	mean	7.06	225
Rye	T0	10.25	334
	T1	9.76	738
	T2	9.88	815
	T3	8.57	888
	mean	9.61	687
Oats	T0	7.14	121
	T1	7.61	154
	T2	8.52	70
	T3	6.87	213
	mean	7.53	142
LSD	Main	***	***
	Sub plot	**	***
	Main*Sub	NS	***

\* NS : not significant

라이그라스와 귀리가 각각 1.34%와 1.052% 보다 높았다( $p < 0.001$ ). 그리고 비료 처리간 비교시 T2가 1.552%로 T1과 T3의 1.147%와 1.229%에 비해 높았으며( $p < 0.001$ ) 초종과 비료종류 간 상호간에도 고도의 유의차를 보였다( $p < 0.01$ ). Ca 함량은 0.053~0.156%였으며, 초종별로는 호밀 0.144%로 이탈리아라이그라스와 귀리 각각 0.136%와 0.075%에 비해 높았다( $p < 0.01$ ). 그리고 비료 종류별로는 화학비료구가 0.13%로 타 처리 0.109~0.121% 보다 높았으며 T2가 T3 보다 낮았다. 그리고 Mg 함량은 돈분액비 및 화학비료의 시용에 따라 대체로 증가되어 0.034~0.086% 범위였다. 초종별로는 호밀이 0.076%로 이탈리아라이그라스와 귀리 각각 0.059%와 0.053% 보다 높았으며( $p < 0.01$ ) 비료종류별로는 T3(DM 5.9% 돈분액

비)구가 0.075%로 타 처리에 비해 높았다( $p < 0.05$ ). 이와 Jacob(1996)와 신(1999)이 호밀 중에 Mg 함량은 0.09~0.18%였다는 보고 보다 낮았다. 또한 Na 함량은 0.027~0.368% 범위로 초종에 따라서 상당한 차이를 보여 이탈리아라이그라스 0.321%로 호밀과 귀리 각각 0.036%와 0.209%에 비해 높았다( $p < 0.01$ ). 그리고 비료종류별로는 화학비료구가 0.249%로 호밀과 귀리보다 각각 1.8배와 1.3배 높았다( $P < 0.05$ ).

이와 같은 결과로 볼 때 화학비료 및 돈분액비에 따라 사료작물 내 양분변화의 다른 양상을 보였다. 식물체중 조단백질 함량(%)은 비료의 무기화율이 빠른 화학비료구와 발효 액비구에서 높았으며, K 또한 무기성 질소와 함께 동반 용탈하기 쉬운 DM 2.7% 돈분액비구에서

Table 4. Concentrations of major minerals in Italian ryegrass, rye and oats by no fertilizer(T0), chemical fertilizer(T1) and DM 2.7 %(T2) and DM 5.9 % liquid swine manure(T3)

Forage crops	Fertilizers	P	K	Ca	Mg	Na
		..... % .....				
Italian ryegrass	T0	0.129	1.678	0.134	0.057	0.257
	T1	0.114	1.055	0.148	0.067	0.368
	T2	0.094	1.545	0.117	0.038	0.303
	T3	0.105	1.080	0.145	0.073	0.356
	mean	0.111	1.340	0.136	0.059	0.321
Rye	T0	0.099	1.286	0.121	0.065	0.027
	T1	0.109	1.389	0.150	0.076	0.052
	T2	0.138	1.795	0.156	0.078	0.027
	T3	0.117	1.622	0.151	0.086	0.036
	mean	0.116	1.523	0.144	0.076	0.036
Oats	T0	0.113	0.910	0.091	0.055	0.251
	T1	0.124	0.998	0.093	0.059	0.321
	T2	0.118	1.316	0.053	0.034	0.084
	T3	0.124	0.984	0.066	0.065	0.180
	mean	0.120	1.052	0.075	0.053	0.209
LSD	Main	NS	***	**	**	**
	Sub plot	NS	***	NS	*	*
	Main*Sub	NS	**	NS	NS	NS

\* NS : not significant

높은 농도를 보였다. Mg 과 Na 은 화학비료구가 타 처리에 비해 높은 농도가 함유되고 있는 것으로 조사되었다. 그래서 시험에 이용된 DM 5.9 % 돈분액비가 T-N을 포함한 모든 영양분 함량이 높았으나 식물체에 의해 용탈되는 양은 낮았다.

### 3. 토양 중 양분특성

가. 시험 전 · 후의 토양성분

돈분 액비 및 화학비료 사용에 따른 토양의 화학적 성분변화는 Table 5에 나타난 바와 같다.

시험 전 토양산도(pH)는 4.8로 산성이었고, OM 함량은 10.3 %로 화산회토양의 특징을 나타내고 있으며 밭토양의 평균 2%(신, 1999)에 비해 높았다. 그리고 치환성양이온은 Ca, K 및 Mg은 각각 0.48, 0.35 및 0.22 cmol<sup>+</sup>/kg로 옥(2003), 이와 전(2004)이 시험 전 토양 각각 3.7~4.2, 0.59~0.68 및 1.8~1.98 cmol<sup>+</sup>/kg에 비해

Table 5. Effects of fertilizer on pH, total nitrogen(TN), organic matter (OM), and major mineral contents in the soil

Treatments	pH (1:5)	T-N (%)	OM (%)	Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exchangeable Cation(cmol <sup>+</sup> /kg)				CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)
					Ca	K	Mg	Na	
Before Experiment	4.8	0.48	10.3	80.9	0.48	0.35	0.22	0.05	12.6
T0	4.5	0.46	11.5	78.9	0.53	0.31	0.22	0.08	13.2
T1	4.7	0.45	11.2	86.0	0.60	0.26	0.34	0.06	13.4
IRG T2	4.5	0.46	11.6	67.6	0.31	0.35	0.15	0.06	13.4
T3	5.0	0.53	12.2	68.8	0.57	0.28	0.20	0.08	13.5
mean	4.7	0.46	11.6	75.3	0.50	0.30	0.23	0.07	13.3
T0	4.6	0.47	12.0	64.6	0.31	0.28	0.13	0.05	13.2
T1	4.7	0.44	11.7	79.6	0.46	0.27	0.23	0.07	13.1
After Rye T2	4.5	0.45	11.3	46.8	0.22	0.29	0.25	0.08	12.7
T3	4.7	0.46	11.6	81.4	0.87	0.30	0.34	0.09	13.8
mean	4.6	0.46	11.6	75.6	0.47	0.28	0.24	0.07	13.2
T0	4.6	0.46	11.3	70.5	0.44	0.25	0.35	0.01	13.7
T1	4.6	0.47	11.6	65.7	0.62	0.24	0.43	0.09	12.7
Oats T2	4.8	0.45	11.7	81.9	0.28	0.34	0.11	0.05	13.4
T3	4.5	0.44	11.2	71.4	0.31	0.33	0.14	0.05	12.9
mean	4.6	0.45	11.5	72.4	0.41	0.29	0.26	0.05	13.2
Main	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LSD Sub	NS	NS	NS	NS	**	**	***	NS	NS
Main* Sub	NS	NS	NS	*	NS	NS	***	***	NS

\* NS : not significant

\* T0 : no fertilizer, T1 : chemical fertilizer, T2 and T3 : DM 2.7 % and DM 5.9 % liquid swine manure

\* Ava. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CEC : Cation Exchange Capacity.

면 본 시험토양은 적박한 토양으로 사료된다.

시험 후 토양의 화학적 성상변화를 보면 pH는 무비구 4.6 및 화학비료구나 액비시용구 pH도 4.6~4.7로 낮아져 토양 pH의 변화는 없었다. \*주구와 세구순으로, 비료위주로 결과를 분

석한다면 세구위주 표가 필요함\*

토양 중 TN의 함량도 시험 전 0.48%에서 시험 후 모든 비료처리구가 0.45~0.46%로 감소를 보였으며 초종 및 비료종류 간에는 유의차가 없었다. 토양 중 OM은 11.2~12.2%로 시



협개시 전·후 초종 및 비료 종류별 처리 간에 유의차가 없어 신 등(1998)과 육 등(1999)이 분뇨시용 시기나 시용량의 증가에 의해 토양 중 유기물 함량에 차이가 없었다는 보고와 유사하였다. 유효인산 함량(Ava.  $P_2O_5$ )은 시험 전 80.9 mg/kg 이었으나 시험 종료 후 46.8~86.0 mg/kg 의 범위로 초종 및 비료종류 간에는 유의차가 없었으나 상호간에는 5%의 유의차가 있었다. 그러나 기비로 인산이 사용된 화학비료구가 77.1 mg/kg 으로 돈분액비구 보다 높았으며 T2 구도 T3 구보다 높았다. 이러한 결과는 우분액비 보다 화학비료 시용 시에 인산 함량이 높았다는 전 등(1995)의 보고와 유사하였다.

Ca 함량은 초종별로 이탈리아라이그라스가 0.50  $cmol^+/kg$  로 타 초종보다 높았으나 유의차는 없었다. 반면 비료종류별로는 T3 가 0.58  $cmol^+/kg$  로 T2 보다 2배정도 높았으며, 화학비료구도 0.56  $cmol^+/kg$  비교적 높았다( $p<0.01$ ). 그리고 K 함량은 모든 처리에서 시험 전 보다 낮은 경향을 보여 작물생육에 의한 양분용탈이 많은 성분으로 사료되었으며 초종 간 유의차도 없었다. 그리고 비료처리별로는 T2가 0.33  $cmol^+/kg$  로 타 처리에 비해 토양 내 칼륨 함량이 높았고 처리 간에는 고도의 유의차가 있었다( $p<0.01$ ). 또한 Mg 함량은 초종 간에는 유의차가 없었으나 화학비료구(T1)가 0.33  $cmol^+/kg$  로 타 처리에 비해 높았다( $p<0.001$ ). 이는 인산 비료로 사용된 용성인비에 Mg 이 함유되어 있어 토양에 공급된 효과로 사료된다. Na 함량은 시험 전 보다 후에 모든 처리에서 높은 경향을 보였으며 초종 및 비료종류 상호간에 고도의 유의차가 있었다( $p<0.001$ ).

이상의 결과를 종합해보면 많은 시험연구(고 등, 2003; 육, 2003; 이와 전, 2004)에 이용된 토양의 화학적 특성에 비하면 본 시험토양의 양분 함량이 낮아 표준시비에 의해서는 토양 내 양분축적이 어려울 것으로 사료된다. 따라서 척박토에 대한 액비증시에 토양개선 효과 및 작물 이용성에 관한 연구의 필요성이 있는

것으로 사료된다.

#### 나. $NH_4-N$ 농도

화학비료 및 돈분액비를 추비사용 한 후 4 주 동안 관찰된 토양 중  $NH_4-N$ 의 누적생산량은 Fig. 4에 나타난 바와 같다.

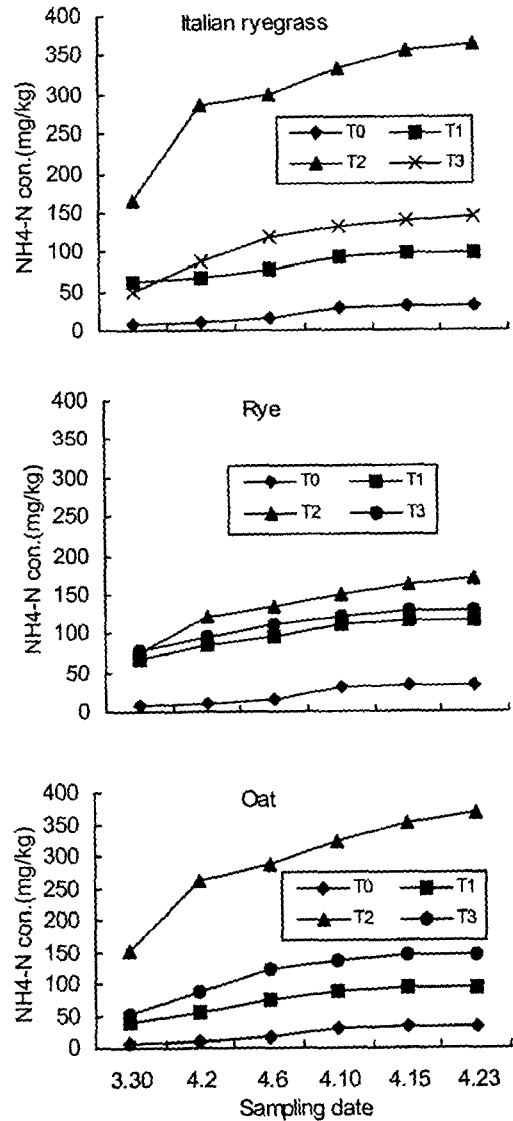


Fig. 4. The cumulative amount of soil  $NH_4-N$  on Italian ryegrass, rye and oats by no fertilizer (T0), chemical fertilizer (T1) and DM 2.7% (T2) and DM 5.9% liquid swine manure(T3).

이탈리안 라이그라스에서 추비 후 3 일째인 1 차 조사 시 토양 내  $NH_4-N$  농도는 T2 가 166 mg/kg으로 가장 높았으며, 그 다음 T1 과 T3 가 62.2 mg/kg 과 50 mg/kg 순이었다. 그 후 조사 시  $T2 > T3 > T1 > T0$  순으로 토양 내  $NH_4-N$  농도가 높았으며, 누적  $NH_4-N$  함량은 T2 가 365 mg/kg으로 T1 과 T3 보다 각각 3.7 배와 2.5 배 높았다. 호밀에서는 1 차 조사시 T3 와 T1 이 각각 76.6 mg/kg과 76 mg/kg 이 토양 내 잔류되어 동 기간 이탈리아 라이그라스의 T2 구 보다 토양 내  $NH_4-N$  가 45 % 정도 낮아, 작물에 의한 무기성 질소의 이용성이 높았던 것으로 사료된다. 비료 처리별 누적  $NH_4-N$  함량은 T2 가 170 mg/kg 으로 T1과 T3 보다 각각 1.5배와 1.3 배 높게 토양 내 함유되고 있었다. 그리고 귀리가 재배된 토양 중  $NH_4-N$  함량은 1차 조사 시 T2 가 151.5 mg/kg 으로 T1 과 T3 에 비해 각각 약 4 배와 3 배나 높았으며 최종 조사 시에도 이탈리아라이그라스와 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 우분액비 사용 량이 증가됨에 따라  $NH_4-N$ 은 직선적으로 증가하고 사용 후 첫 토양채취 시 가장 높았으며 2 주 정도에 급격히 감소되었다는 Schmitt (1999)의 보고와 일치하였다. 그리고 작물에 따라 토양 중  $NH_4-N$ 의 집적정도에 큰 차이를 보이고 있었다. 피복도가 높은 호밀구는  $NH_4-N$ 의 흡수 이용이 좋아 타 초종에 비해 토양 내  $NH_4-N$  농도가 낮은 반면 추위에 약해 나지화가 큰 이탈리아 라이그라스나 귀리가  $NH_4-N$  이용 및 용탈이 낮아 토양에 높게 집적된 것으로 사료된다. 그리고 T2 가 T3 구보다 토양 내에  $NH_4-N$  의 농도가 높았는데 그 이유는 건물량이 낮은 T2가 T3보다 저장기간이 길어 부숙도가 높은 액비로 무기화가 쉽게 일어나 토양내 집적량이 높았던 것으로 사료된다. 이러한 결과는 윤과 유(1996)가 충분히 숙성된 돈분이 생돈분사용 시 보다  $NH_4-N$  의 농도가 높았다는 보고와 일치하였다.

다.  $NO_3-N$  농도

돈분 액비 및 화학비료 사용시 초종별 토양 내  $NO_3-N$  농도에 대한 결과는 Fig. 5에 나타내었다.

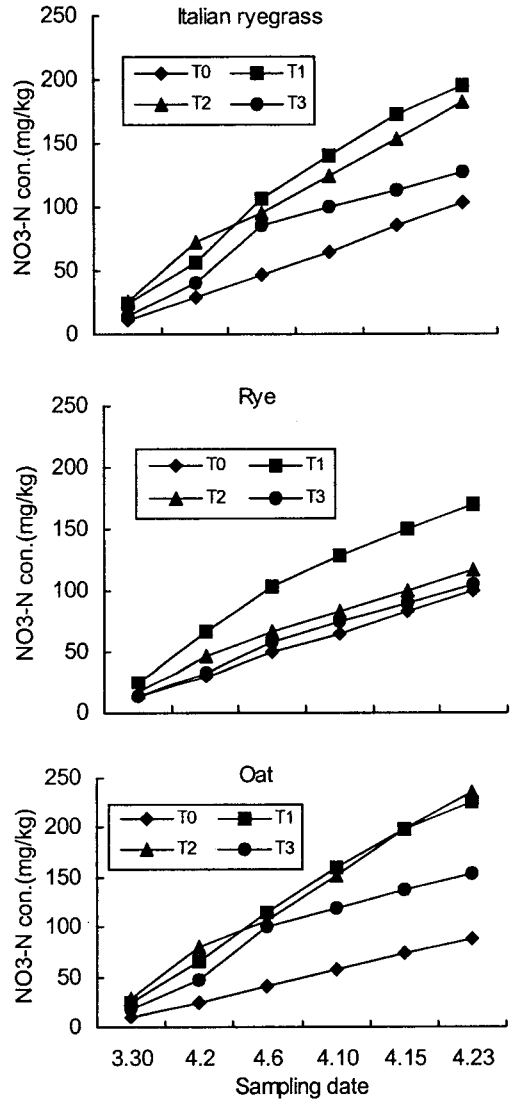


Fig. 5. The cumulative amount of soil  $NO_3-N$  on Italian ryegrass, rye and oats by no fertilizer (T0), chemical fertilizer (T1) and DM 2.7% (T2) and DM 5.9 % liquid swine manure(T3).

이탈리안 라이그라스 재배 토양에서  $NO_3-N$  은 1차와 2차 조사시 T2 구가 높았으나 3차부터는 T1 에서 높았으며 토양 내 누적  $NO_3-N$

함량은 T1>T2>T3>T0 순으로 높았다. 무비구의 누적 NO<sub>3</sub>-N 농도도 103 mg/kg 으로 매 조사 시 평균 17 mg/kg 이 생산되어 비료사용 없이도 토양 자체내의 질소가 무기화과정을 거치면서 NO<sub>3</sub>-N가 생성되고 있음을 알 수 있었다.

호밀에서는 NH<sub>4</sub>-N와 마찬가지로 이탈리아안 라이그라스나 귀리 보다 NO<sub>3</sub>-N 함량이 낮았다. 그러나 비료 처리 간에는 T1이 가장 높았고, 그 다음 T2와 T3 순이었다. 귀리구는 이탈리아안 라이그라스와 유사한 경향을 보였으나 조사기간 누적 NO<sub>3</sub>-N 함량은 T2가 236 mg/kg 으로 T1과 T3에 비해 각각 1.1배와 1.5배 많았다. 이러한 결과는 피복도가 낮아 식물에 의한 무기성 질소의 이용성이 낮아져 토양 내에 많이 존재한 것으로 사료된다. DM 2.7%의 돈분 액비는 토양 내에서 분해하기 쉬운 유기물 구성 질소가 많고 유기물 분해 미생물의 활성도가 크기 때문에 유기성 질소의 무기화율이 큰 화학비료와 유사하게 무기성 질소로 전환되어 토양 내 잔류되고 있는 것으로 사료되어 윤(1994)의 보고와 유사한 결과를 얻었다. 이러한 상태가 지속될 경우 NO<sub>3</sub>-N는 음이온으로 토양 내 흡착력이 없어 강우 등의 요인 발생시 유출이나 용탈에 의해 하천 및 지하수로 이동될 가능성이 높다. 따라서 토양 내 무기질소의 이용성을 높일 수 있는 양호한 사료작물 관리가 필요할 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합해보면 여러 가지 기상 및 토양 환경적인 조건을 고려해 볼 때 동계작물로는 호밀이 이탈리아안 라이그라스나 귀리보다 생산성 및 토양 내 NO<sub>3</sub>-N 함량을 감소케 하는 등 오염물질 저감을 위해서도 양호한 작물로 생각되었다. 그리고 DM 5.9%의 돈분액비는 DM 2.7%의 돈분액비에 비해 비료성분이 3배 이상 높게 함유되고 있어 이를 이용한 작물의 생산성은 3초종 모두에서 가장 높았다. 또한 하천수나 지하수의 오염문제로 거론되는 NO<sub>3</sub>-N의 토양 내 함량도 DM 2.7% 돈분액비나 화학비료 표준구 보다 낮았다. 물론 높은

건물함량의 액비는 살포시 악취문제가 동반되어 돈분액비의 살포방법 및 저감제 혼용이용 등에 대한 연구도 필요한 것으로 사료된다. 그리고 액상분뇨의 시용시기 확대를 위해 호밀 외에 사료용 유채 등 비료 이용성이 좋은 동계작물 선발과 액비 이용성을 고려하여 환경오염을 저감시킬 수 있는 연구가 필요하다.

#### IV. 요약

본 연구는 제주도내에서 생산되고 있는 돈분액비의 건물수준을 달리하여 동계작물에 시용했을시 사초의 생산성과 사료가치 및 토양특성에 미치는 영향을 구명하려고 수행되었다.

처리는 이탈리아안 라이그라스, 호밀 및 귀리에 무비구(T0), 화학비료구(T1) 그리고 2개 건물수준을 가진 돈분액비구(DM 2.7% = T2, DM 5.9% = T3)를 분할구배치법으로 하였다.

5.9%의 건물이 함유된 돈분액비의 사용은 다른 처리에 비하여 세 작물 모두에서 가장 높은 건물 생산성을 보였다( $p < 0.01$ ). 조단백질 함량(%)과 조단백질 생산량(kg/ha)은 다른 초종에 비하여 호밀에서 가장 높았다( $p < 0.01$ ), K와 Mg 함량은 다른 초종에서보다 호밀에서 더 높았다( $p < 0.01$ ). 반면 Na 함량은 다른 초종에서 보다 이탈리아안 라이그라스에서 더 높았다( $p < 0.01$ ). 호밀의 Mg 함량은 다른 초종 보다는 더 높았으며( $p < 0.01$ ), 특히 2.7% 건물이 함유된 돈분액비 시용구에서 타 초종보다 높았다( $p < 0.05$ ). 토양 중 NO<sub>3</sub>-N 함량은 다른 작물보다 호밀에서 더 낮았으며( $p < 0.05$ ), 비료 종류별로는 화학비료구가 더 높았다( $p < 0.05$ ).

이상의 연구결과를 종합해보면 이탈리아안 라이그라스나 귀리보다 겨울철 생육이 좋고 비료의 이용성이 좋은 호밀이 동계작물로는 좋았다. 그리고 비료는 DM 5.9%의 돈분액비가 DM 2.7%의 돈분액비에 비해 모든 작물의 생산성이 가장 높았다. 또한 NO<sub>3</sub>-N의 토양 내 함량도 DM 2.7% 돈분액비나 화학비료 표준구

보다 낮았다. 그러나 양돈농가에서는 돈사 청소를 위해 물의 사용을 제한하여 액비중의 건물함량을 높여야 하고, 이러한 방법은 환경오염 문제를 일으키지 않도록 주의를 기울여야 한다.

## V. 인 용 문 헌

1. 고서봉, 박남건, 황경준, 이종언, 강승률. 2003. 방목초지 돈분액비 사용이 목초 생산성 및 방목 한우 증체에 미치는 영향. 한초지 23(4):255-264.
2. 김문철, 김태구, 이종언. 2003. 제주지역 혼파목초지에서 톱밥발효 돈분 사용시 목초의 건물생산 및 무기물 함량에 미치는 효과. 제주대학농생지. 19(2):95-103.
3. 농림부. 2002. 돈분액비(슬러리)에 의한 답리작 사료작물생산과 환경보전적 이용기술 개발 최종 연구보고서.
4. 농촌진흥청. 1989. 토양화학분석법.
5. 류종원, 헬무트 야콥. 1998. 초지에서 시비관리의 차이가 사초생산과 식생에 미치는 영향. 한초지. 18(1):19-26.
6. 신동은. 1999. 축종별 액상분뇨와 질소(N) 사용량이 양질 조사료의 수량, 사료가치 및 토양특성에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문.
7. 신동은, 김동암, 신재순, 서 성, 김원호, 김정갑, 육완방, 정재록. 1998a. 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비연구 I. 생육특성 및 사초수량에 미치는 영향. 한초지 18(3):235-242.
8. 신동은, 김동암, 신재순, 송관철, 이종경, 윤세형, 김원호, 김정갑. 1998b. 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비 효과 II. 무기물 함량, N 생산성 및 토양환경에 미치는 영향. 한초지 18(3):243-250.
9. 신재순, 차영호, 신동은. 1996. 액상분뇨 표준성분표 작성과 성분 간에 측정방법연구. 축산연시협연구보고서. pp.844-849.
10. 육완방. 2003. 가축분뇨의 처리형태와 사용수준이 영년초지의 생산성, 지력증진 및 환경에 미치는 영향. 한초지. 23(3):193-202.
11. 육완방, 차용복, 금종성, 이종민, 한영근. 1997. 액상기비의 사용시기와 사용수준이 호밀(*Secale cereale* L.)의 생육에 미치는 영향. 한초지 17(1):75-81.
12. 육완방, 최기춘, 안승현, 이종갑. 1999. 액상발효 우분의 사용시기와 사용량이 호밀 경작지 토양의 NO<sub>3</sub>-N 함량에 미치는 영향. 한초지 19(2):141-146.
13. 윤순강. 1994. 노소와 가축분에서 유래한 NO<sub>3</sub>-N 및 동반양이온의 토양중 행동. 서울대학교 박사학위논문.
14. 윤순강, 유순호. 1996. 돈분에서 유래한 NO<sub>3</sub>-N의 토양중 행동. 한토비지. 29(4):353-359.
15. 이상무, 전병태. 2004. 화학비료와 액상분뇨 사용이 사일리지용 옥수수의 생육특성, 사료가치 및 토양의 NO<sub>3</sub>에 미치는 영향. 한초지 24(3):127-244.
16. 이인덕, H. Jacob. 1996. 새로운 사초자원 개발을 위한 *Festulolium brauni* 의 이용에 관한 연구. 한초지. 16(1):27-38.
17. 전병태, 이상무, 김재영, 오인환. 1995. 액상구비 사용이 사료작물의 생산성과 토양성분에 미치는 영향. 한초지 15(1):52-60.
18. 정찬, 전병태. 1989. 가축분이 초지의 토양과 생산성에 미치는 영향. 한초지. 13(1):48-55.
19. Agnew, J., C. Lague, H. Landry and M. Roberge. Handling and land application aystems for solid and semi-solid manure. The Focus on the Future Conference March 25-26, 2003.
20. Barnhart, S.K. 2002. Liquid swine manure as a fertilizer source for annual and perennial grass forage. Iowa State University, Northern Research and Demonstration Farm. ISRF00-22.
21. Moore, J.A. and M.J. Gamroth. 1993. Calculating the fertilizer of manure from livestock. Water Quality/Waste Management. Oregon State University
22. SAS. 2001. SAS User's Guide: Statistics. Version 8.0. SAS Institute Cary, NC., U.S.A.
23. Schmitt, M.A. 1999. Manure management in Minesota. College of Agricultural, Food, and Environmental Science.
24. Studdy, C.D., R.M. Morris and I. Ridge. 1995. The effects of seperated cow slurry liquor on soil and herbage nitrogen in *Phalaris arundinacea* and *Lolium perenne*. Grass and Forage Science 50: 106-111.
25. Wightman, P.S. 1999. Slurry application to grass and clover : Differential plant responses. Agronomy Department, Crop Division. SAC.