

## 분뇨 슬러지 퇴비 사용이 Orchardgrass의 건물 수량과 영양가에 미치는 영향

조익환 · 이주삼\*

대구대학교 생명자원학부 · 연세대학교 생물자원공학과\*

Effects of Application of Nightsoil Sludge Compost on Dry Matter Yields and  
Nutritive Value of Orchardgrass(*Dactylis glomerata* L.)

Jo Ik-Hwan · Lee Ju-Sam\*

Division of Life Resources, Taegu University

Dept. of Biological Resources & Technology, Yonsei University\*

〈 목 차 〉

ABSTRACT

I. 서 언

II. 재료 및 방법

III. 결 과

IV. 고 찰

V. 적 요

참고문헌

### ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the effects of application levels of nightsoil sludge compost(NSC) in 3 and 4 cuttings per annum on the dry matter yields and nutritive value of orchardgrass(*Dactylis glomerata* L.). Annual nightsoil sludge compost(NSC) were applied at levels of 0, 10, 20, 40 and 80 ton  $ha^{-1}$ , respectively. Relative yields of each cut to annual dry matter yield were 29.9%, 46.% and 23.2% for 1st cut, 2nd cut and 3rd cut in 3 cutting system, 23.7%, 29.3%, 34.0% and 13.0% for

\*이 논문은 2000학년도 대구대학교 학술연구비지원에 의한 논문임.

1st cut, 2nd cut, 3rd cut and 4th cut in 4 cutting system, respectively. Significantly higher dry matter yield of orchardgrass obtained were  $8.11 \text{ ton ha}^{-1}$  at level of  $40 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  in 3 cutting systems, ranges of  $7.50 \sim 10.71 \text{ ton ha}^{-1}$  at level of  $10 \sim 80 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  in 4 cutting systems than those of non application level of NSC, respectively ( $p < 0.05$ ). The mean efficiency of dry matter production to application of NSC ( $\text{kg DM/ton NSC}$ ) were 46 and 102  $\text{kg}$  in 3 and 4 cutting systems, respectively. Although the contents of crude protein (CP, %) of orchardgrass were significantly higher at the application levels of  $10 \sim 80 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  by NSC than those of the application levels at the  $0 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  in 3 and 4 cutting systems ( $p < 0.05$ ), the contents of neutral detergent fiber (NDF, %) and acid detergent fiber (ADF, %) were lower in NSC plots than those at the non-application plots of NSC. The contents of total digestible nutrient (TDN, %) and relative feed value (RFV) of orchardgrass were significantly increased with increase the application levels of NSC ( $p < 0.05$ ).

*Key-words* : Nightsoil Sludge Compost, Dry Matter Yield, Crude Protein, Neutral Detergent Fiber, Acid Detergent Fiber

## I. 서 언

최근 우리 나라는 급격한 산업사회로의 발전과 함께 유기성 폐기물의 발생량이 급격히 증가되고 있으나 대부분 재활용되지 못하고 주로 매립과 해양투기에 의하여 처리되고 있는 실정이다(환경부, 1999). 그 중에서도 인분뇨의 발생은 인구증가와 비례하여 계속적으로 증가하고 있는데, 이의 처리를 위하여 분뇨처리장 설치를 확충하는 데에 급급하고 있어 국가 재정적으로도 막대한 예산이 낭비되고 있다.

특히 안전성이 안전성이 높은 유기성 폐기물을 적절하게 퇴비화시켜 농지에 환원시킬 경우, 토양 내 유기물 함량을 증가시키고 토양의 수분 보유능, 공극량 및 입단 안정화 등 토양환경을 개선시키고 양분공급능력을 확대시켜(이와 이, 1996), 식물체의 생산량 증대에 공헌할 수 있다(이, 1994).

한편 선진국에서 하수 오니 및 분뇨 슬러지 등을 살아있는 고형물이라는 의미의 biosolids로 바꾸어 부르기 시작한 것은 폐기물로 인식해 왔던 개념을 재활용할 수 있는 자원의 개념으로 인식이 전환되었다는 것을 의미한다. 특히 유럽의 여러 국가들과 미국에서는 1970년대 초반부터 유기성 비료자원으로서 하수 오니 및 분뇨 슬러지의 시용이 식물과 토양에 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 이루어져, 토양의 이용목적과 작물종에 따른 시용 기준과 시용 연한을 설

정하여 유기질 자원으로서 이용범위를 확대하고 있다(Misselbrook 등, 1996).

그러나 2001년부터 오니 및 슬러지의 전면 매립금지를 눈앞에 두고있는 우리나라의 경우, 오니 및 슬러지의 등급 분류에 의한 퇴비화의 가능성을 검토하는 단계에 지나지 않아서(국립환경 연구원, 1999), 오니 및 슬러지의 시용이 식물과 토양에 미치는 영향을 종합적으로 검토하여 토양에 대한 시용 기준을 설정한 연구결과는 없어 절실히 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 실험에서는 Orchardgrass 영년 초지에서 예취 빈도와 분뇨 슬러지의 시용수준을 달리 했을 때, 건물생산량에 미치는 영향을 조사하고, 영양가를 분석하여 양과 질적인 면에서 양질의 조사료자원을 확보하는데 그 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

본 실험은 경북 경산시에 위치한 대구대학교 축산학과 실습포장의 오차드 그라스 영년초지에서 실시되었는데, 예취 빈도는 연간 3회(6월 4일, 8월 7일 및 10월 13일)와 4회(5월 19일, 7월 10일, 9월 4일 및 10월 13일)로 하였고 분뇨 슬러지의 시용수준을 ha당 0, 10, 20, 40 및 80 톤을 기비로 3월 30일에 시용하였다. 분뇨 슬러지의 화학적 성분과 중금속 함량은 Table 1 과 같다.

Table 1. Chemical properties and concentrates of heavy metal of nightsoil sludge compost

Item	O.M	Na	TKN	As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu
	(% )			(mg/kg)					
Compost	67.6	0.6	7.0	2.6	2.7	ND	37.6	23.7	421.3

분뇨 슬러지 퇴비의 유기물 함량은 67.6%이었고 총 질소 함량은 7%로 비교적 높은 함량을 나타내었지만, 중금속 함량은 구리의 42.3mg/kg를 제외하고 비교적 낮아 전체적으로 유기질 비료의 유해성 기준 함량을 초과하지 않았다.

생육기간 중의 기상조건은 Table 2와 같다. 30년 평균 기온과 강수량과 비교해 볼 때 월 평균기온이 4월 제외하고는 약간 높은 경향을 나타내었고 월 강수량은 3~5월과 10월에는 적었지만 6~9월에는 많은 강수량을 나타내었으며 특히 9월에는 30년 평균보다 약 160mm정도 많았다.

Table 2. Monthly meteorological data during the period of growth in 2000, and 1970~1999.

	Year	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
Temperature (°C)	2000	7.9	13.0	19.5	23.3	26.9	26.5	21.2	16.7
	1970~1999	6.5	13.2	18.5	22.2	25.7	26.3	21.0	15.0
Precipitation (mm)	2000	27.4	27.2	53.2	133.4	259.8	219.8	281.3	25.3
	1970~1999	50.7	78.0	75.2	128.6	233.5	192.0	122.8	48.1

또한 본 실험에서 얻어진 건물수량을 이용하여 목초의 사료가치를 평가하였다. 즉, 각 예취 시기 별 시비수준에 따른 단위면적당의 생초수량을 측정된 후, 이 중에서 약 500g을 취하여 60℃에서 48시간 건조한 후 단위면적당의 건물수량을 구하였고, 분쇄하여 양분함량을 구하기 위한 분석시료로 사용하였다. 일반성분은 A.O.A.C 법(1990)으로, ADF와 NDF 함량은 Georing과 Van Soest법(1970)에 의해 분석하였다. 또한 ADF와 NDF함량으로 부터 TDN (total digestible nutrients)과 RFV(relative feed value)는 Nahm(1992)과 Linn과 Martin (1989) 등의 계산식에 의하여 다음과 같이 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{즉, TDN} &= 88.9 - (0.79 \times \text{ADF}\%) \\ \text{RFV} &= (\text{DMD} \times \text{DMI})/1.29 \\ \text{DMD(dry matter digestibility)} &= 88.9 - (0.779 \times \text{ADF}\%) \\ \text{DMI(dry matter intake)} &= 120/\text{NDF}\% \end{aligned}$$

본 실험의 결과는 SAS package program(version 6.12, 1998)에 의하여 통계 분석하였고, 유의성 검정은 Duncan's multiple range test(5% 수준)에 의하였다.

### III. 결 과

#### 1. 분뇨 슬러지 퇴비 시용이 오차드 그라스의 건물수량에 미치는 영향

분뇨 슬러지 퇴비 시용이 연간 3회와 4회 예취·이용되는 오차드 그라스의 건물 수량에 미치는 영향을 나타낸 것은 각각 Table 3과 4이다.

##### ① 3회 예취구

Table 3. Effect of application levels of nightsoil sludge compost(NSC) on dry matter yields of orchardgrass in 3 cutting system

NSC ( $ha^{-1} yr^{-1}$ )	Dry Matter Yield ( $ton ha^{-1}$ )			
	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	Total
0 ton	1.93 <sup>b</sup>	2.64 <sup>b</sup>	1.84 <sup>ab</sup>	6.41 <sup>b</sup>
10 ton	1.86 <sup>b</sup>	3.15 <sup>ab</sup>	2.07 <sup>a</sup>	7.08 <sup>ab</sup>
20 ton	2.61 <sup>a</sup>	3.37 <sup>ab</sup>	1.66 <sup>ab</sup>	7.64 <sup>ab</sup>
40 ton	2.47 <sup>ab</sup>	4.17 <sup>a</sup>	1.47 <sup>b</sup>	8.11 <sup>a</sup>
80 ton	2.05 <sup>b</sup>	3.78 <sup>ab</sup>	1.40 <sup>b</sup>	7.23 <sup>ab</sup>
Mean	2.18	3.42	1.69	7.29
RY(%)	29.9	46.9	23.2	100.0

<sup>a-c</sup>Mean in the same columns with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

RY(%) : Relative yield of each cut to annual dry matter yield

3회 예취구의 1번초에서는 연간 ha당 20톤 이상의 분뇨 슬러지 퇴비를 사용하였을 경우에 2.61톤의 건물수량을 나타내어 1.93 톤을 기록한 무시용구보다 유의적으로 높았다. 2번초에서는 40톤(4.17 DM ton ha<sup>-1</sup>) 이상의 시용수준에서 유의하게 높은 건물수량을 나타내었다. 3번초에서는 10톤의 퇴비 시용구(2.07 DM ton ha<sup>-1</sup>)가 무시용구(1.84 DM ton ha<sup>-1</sup>)보다 높은 건물수량을 나타내었으나 20톤 이상의 시용구에서는 오히려 낮은 건물수량을 나타내었다. 연간 건물수량은 연간 ha당 40톤 이상의 퇴비 시용 시에 8.11톤을 나타내어 무시용구의 6.41톤 보다 유의하게 높았다(p<0.05). 한편 예취 시기별 건물수량은 2번초>1번초>3번초 순으로 낮아졌다.

② 4회 예취구

Table 4. Effect of application levels of nightsoil sludge compost(NSC) on dry matter yields of orchardgrass in 4 cutting system

NSC (ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	Dry Matter Yield (ton ha <sup>-1</sup> )				
	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	4th Cut	Total
0 ton	1.51 <sup>p</sup>	1.41 <sup>d</sup>	1.95 <sup>c</sup>	0.83 <sup>a</sup>	5.68 <sup>d</sup>
10 ton	1.78 <sup>p</sup>	1.98 <sup>c</sup>	2.47 <sup>p</sup>	1.27 <sup>a</sup>	7.50 <sup>c</sup>
20 ton	2.10 <sup>a</sup>	2.04 <sup>c</sup>	2.52 <sup>p</sup>	0.89 <sup>a</sup>	7.55 <sup>c</sup>
40 ton	1.70 <sup>p</sup>	2.59 <sup>p</sup>	3.13 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>	8.39 <sup>bc</sup>
80 ton	2.35 <sup>a</sup>	3.67 <sup>a</sup>	3.46 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>	10.71 <sup>a</sup>
Mean	1.89	2.34	2.71	1.04	7.97
RY(%)	23.7	29.3	34.0	13.0	100.0

Same as in Table 3.

4회 예취구의 1번초에서는 연간 ha 당 20톤과 80톤 이상의 분뇨 슬러지 퇴비 시용 수준에서 각각 2.10과 2.35톤의 건물수량을 나타내어 무시용구의 1.51톤 보다 유의하게 높은 건물수량을 나타내었다. 무시용구에서 각각 1.41과 1.95톤을 나타낸 2번초와 3번초에서는 퇴비의 시용수준이 증가함에 따라 각각 1.98~3.67 및 2.47~3.46톤으로 유의한 건물수량의 증가를 나타내었지만(p<0.05), 4번초에서는 시용 수준간에 유의한 차이가 인정되지 않았다.

한편 연간 건물수량은 무시용구의 5.68톤 보다 퇴비 시용 수준이 증가함에 따라 7.50~10.71톤으로 유의한 건물수량의 증가를 보였다. 예취 시기별 건물수량은 3번초>2번초>1번초>4번초 순으로 낮아졌다.

## 2. 분뇨 슬러지 퇴비의 시용에 따른 건물생산효율

분뇨 슬러지 퇴비의 시용에 따른 건물생산효율을 나타낸 것은 Table 5이다.

Table 5. Efficiencies of dry matter production to application levels of nightsoil sludge compost (NSC) in 3, and 4 cutting systems.

NSC( $ha^{-1} yr^{-1}$ )	3 Cuts ( $kg DM/ton NSC$ )	4 Cuts ( $kg DM/ton NSC$ )
10 ton	67	182
20 ton	62	94
40 ton	43	68
80 ton	10	63
Mean	46	102

분뇨 슬러지 퇴비의 시용 수준이 증가함에 따라서 3회와 4회 예취구 모두 건물생산효율은 각각 67에서 10kg까지, 182에서 63kg DM/ton까지로 계속해서 감소하였고, 평균 건물생산효율은 3회 예취구에서 46, 4회 예취구에서 103kg DM/ton을 기록하여 4회 예취구에서 높은 퇴비의 시용효과를 나타내었다.

## 3. 분뇨 슬러지 퇴비의 시용이 예취 시기별 오차드 그라스의 조단백질, NDF 및 ADF함량에 미치는 영향

분뇨 슬러지 퇴비의 시용이 예취시기별 오차드 그라스의 조단백질, NDF 및 ADF함량에 미치는 영향을 나타낸 것이 Table 6과 7이다.

### ① 3회 예취구

3회 예취구의 평균 조단백질 함량은 2번초(13.8%)>3번초(12.7%)>1번초(9.6%) 순으로 낮아 졌지만 분뇨 슬러지 퇴비의 시용 수준이 증가함에 따라 1번초의 ha 당 20톤의 퇴비 시용 수준을 제외하고 9.2~12.8%로 무시용구의 7.6% 보다 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ). 또한 2번초와 3번초에서도 퇴비 시용 수준이 증가함에 따라서 조단백질 함량은 각각 13.3~14.7%와 12.8~13.4%로 무시용구의 12.9와 11.9%보다 유의하게 증가하였지만 연간 80톤의 퇴비 시용 수준에서는 40톤의 퇴비 시용 수준 보다 거의 같거나 오히려 감소하는 경향을 보였다.

Table 6. Contents of crude protein(CP, %), neutral detergent fiber(NDF, %) and acid detergent fiber(ADF%) of orchardgrass by application levels of nightsoil sludge compost(NSC) in 3 cutting system.

NSC ( $ha^{-1} yr^{-1}$ )	CP(%)			NDF(%)			ADF(%)		
	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut
0 ton	7.6 <sup>d</sup>	12.9 <sup>c</sup>	11.9 <sup>c</sup>	61.2 <sup>a</sup>	60.5 <sup>a</sup>	47.1 <sup>a</sup>	35.9 <sup>a</sup>	35.6 <sup>a</sup>	27.0 <sup>a</sup>
10 ton	9.2 <sup>c</sup>	13.3 <sup>b</sup>	12.8 <sup>ab</sup>	61.0 <sup>a</sup>	60.2 <sup>ab</sup>	46.9 <sup>ab</sup>	34.3 <sup>b</sup>	35.4 <sup>a</sup>	27.3 <sup>a</sup>
20 ton	7.7 <sup>d</sup>	13.5 <sup>b</sup>	12.8 <sup>ab</sup>	61.4 <sup>a</sup>	59.2 <sup>ab</sup>	46.6 <sup>ab</sup>	35.3 <sup>ab</sup>	33.6 <sup>b</sup>	25.4 <sup>b</sup>
40 ton	10.5 <sup>b</sup>	14.6 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>	57.0 <sup>b</sup>	58.1 <sup>b</sup>	47.4 <sup>a</sup>	32.1 <sup>c</sup>	33.1 <sup>b</sup>	26.5 <sup>ab</sup>
80 ton	12.8 <sup>a</sup>	14.7 <sup>a</sup>	12.4 <sup>bc</sup>	55.4 <sup>b</sup>	58.5 <sup>ab</sup>	44.8 <sup>b</sup>	29.4 <sup>d</sup>	33.4 <sup>b</sup>	27.5 <sup>a</sup>
Mean	9.6 <sup>c</sup>	13.8 <sup>a</sup>	12.7 <sup>b</sup>	59.2 <sup>a</sup>	59.3 <sup>a</sup>	46.6 <sup>b</sup>	33.4 <sup>b</sup>	34.2 <sup>a</sup>	26.7 <sup>c</sup>

<sup>a-e)</sup> Mean in the same columns with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

한편 오차드 그라스의 NDF와 ADF 함량은 3번초(46.6%) < 1번초(59.2%) < 2번초(59.3%) 순으로 높아졌고 연간  $ha$ 당 40톤~80톤 이상의 퇴비 사용 수준으로 1번초, 2번초 및 3번초에서 각각 55.4~57.0%와 29.4~32.1%, 58.1~58.5%와 33.1~33.4% 및 44.8%~47.4%와 26.5~27.5%를 나타내어, 무사용구의 61.2와 35.9%, 60.5와 35.6% 및 47.1과 27.0% 보다 유의하게 낮아졌다( $p < 0.05$ ).

② 4회 예취구

Table 7. Contents of crude protein(CP, %), neutral detergent fiber(NDF, %) and acid detergent fiber(ADF%) of orchardgrass by application levels of nightsoil sludge compost(NSC) in 4 cutting system.

NSC ( $ha^{-1} yr^{-1}$ )	CP(%)				NDF(%)				ADF(%)			
	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	4th Cut	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	4th Cut	1st Cut	2nd Cut	3rd Cut	4th Cut
0 ton	8.4 <sup>d</sup>	12.0 <sup>d</sup>	11.7 <sup>b</sup>	14.9 <sup>c</sup>	56.2 <sup>a</sup>	53.9 <sup>a</sup>	65.1 <sup>ab</sup>	50.0 <sup>bc</sup>	27.6 <sup>c</sup>	31.4 <sup>a</sup>	37.6 <sup>a</sup>	26.0 <sup>a</sup>
10 ton	9.4 <sup>c</sup>	12.2 <sup>d</sup>	11.9 <sup>b</sup>	15.8 <sup>b</sup>	52.9 <sup>b</sup>	52.9 <sup>ab</sup>	65.9 <sup>a</sup>	51.6 <sup>ab</sup>	30.0 <sup>a</sup>	31.3 <sup>a</sup>	37.3 <sup>a</sup>	27.6 <sup>a</sup>
20 ton	8.3 <sup>d</sup>	12.8 <sup>c</sup>	14.7 <sup>a</sup>	17.8 <sup>a</sup>	56.3 <sup>a</sup>	52.9 <sup>ab</sup>	58.9 <sup>c</sup>	44.8 <sup>d</sup>	28.9 <sup>ab</sup>	31.3 <sup>a</sup>	35.0 <sup>b</sup>	22.9 <sup>b</sup>
40 ton	10.1 <sup>b</sup>	14.1 <sup>b</sup>	12.1 <sup>b</sup>	16.0 <sup>b</sup>	56.0 <sup>a</sup>	52.4 <sup>b</sup>	66.7 <sup>a</sup>	49.1 <sup>c</sup>	28.4 <sup>bc</sup>	28.9 <sup>c</sup>	37.9 <sup>a</sup>	25.5 <sup>ab</sup>
80 ton	11.2 <sup>a</sup>	15.9 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	18.4 <sup>a</sup>	56.1 <sup>a</sup>	51.7 <sup>b</sup>	62.4 <sup>b</sup>	51.9 <sup>a</sup>	29.7 <sup>a</sup>	29.7 <sup>b</sup>	36.7 <sup>a</sup>	25.3 <sup>ab</sup>
Mean	9.5 <sup>d</sup>	13.4 <sup>b</sup>	13.0 <sup>c</sup>	16.6 <sup>a</sup>	55.5 <sup>b</sup>	52.8 <sup>c</sup>	63.8 <sup>a</sup>	49.5 <sup>d</sup>	28.9 <sup>c</sup>	30.5 <sup>b</sup>	36.9 <sup>a</sup>	25.4 <sup>d</sup>

<sup>a-e)</sup> Mean in the same columns with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

4회 예취구의 각 예취번초 별 평균 조단백질 함량은 4번초(16.6%) > 2번초(13.4%) > 3번초(13.0%) > 1번초(9.5%) 순으로 낮아졌고, 전 예취 시기에서 분뇨 슬러지 퇴비의 사용 수준이 증가함에 따라 유의하게 증가하는 경향을 나타내었다( $p < 0.05$ ). NDF 함량은 3번초(63.8%)에

서 가장 높았으나 4번초(49.5%)에서 가장 낮았고, 시용 수준에서는 연간 10톤~20톤 수준에서 무시용구보다 낮은 경향을 나타내었다. 한편 ADF 함량도 NDF 함량과 마찬가지로 3번초에서 가장 높았으나 4번초에서 가장 낮았고, 분뇨 슬러지 퇴비의 시용으로 무시용구 보다 높은 ADF 함량을 나타내었던 1번초를 제외하고는 전 예취구에서 연간 10톤~20톤의 시용 수준에서 무시용구보다 유의하게 적은 ADF 함량을 나타내었다( $p<0.05$ ).

### 3. 퇴비의 시용이 오차드 그라스의 연간 영양성분과 양분수량에 미치는 영향

분뇨 슬러지 퇴비 시용이 연간 3회와 4회 예취구에서 오차드 그라스의 영양성분과 양분수량에 미치는 영향을 나타낸 것이 Table 8과 9이다.

#### ① 3회 예취구

Table 8. Changes in nutritive value and nutrient yields of orchardgrass by application levels of nightsoil sludge compost(NSC) in 3 cutting system.

NSC ( $ha^{-1} yr^{-1}$ )	CP(%)	NDF(%)	ADF(%)	Hemicellulose (%)	TDN(%)	RFV	CPY ( $kg ha^{-1} yr^{-1}$ )	TDNY ( $kg ha^{-1} yr^{-1}$ )
0 ton	10.8 <sup>c</sup>	56.3 <sup>a</sup>	32.8 <sup>a</sup>	23.4 <sup>ab</sup>	63.0 <sup>c</sup>	106.9 <sup>d</sup>	235.5 <sup>d</sup>	1340.9 <sup>e</sup>
10 ton	11.8 <sup>c</sup>	56.1 <sup>a</sup>	32.3 <sup>a</sup>	23.7 <sup>ab</sup>	63.4 <sup>c</sup>	107.9 <sup>cd</sup>	285.3 <sup>c</sup>	1487.5 <sup>d</sup>
20 ton	11.3 <sup>d</sup>	55.7 <sup>a</sup>	31.4 <sup>b</sup>	24.3 <sup>a</sup>	64.1 <sup>b</sup>	110.0 <sup>c</sup>	289.3 <sup>c</sup>	1613.0 <sup>b</sup>
40 ton	12.8 <sup>b</sup>	54.2 <sup>b</sup>	30.5 <sup>c</sup>	23.6 <sup>ab</sup>	64.8 <sup>a</sup>	113.2 <sup>b</sup>	354.7 <sup>a</sup>	1729.3 <sup>a</sup>
80 ton	13.3 <sup>a</sup>	52.9 <sup>c</sup>	30.1 <sup>c</sup>	22.8 <sup>b</sup>	65.1 <sup>a</sup>	117.0 <sup>a</sup>	330.6 <sup>b</sup>	1547.4 <sup>c</sup>

<sup>a-e)</sup> Mean in the same columns with different superscripts are significantly different at  $p<0.05$ .

3회 예취구의 평균 조단백질 함량은 분뇨 슬러지 퇴비 시용 수준이 증가함에 따라 무시용구의 10.8%에서 11.8~13.3%로 유의하게 증가하였다. 그러나 이와는 반대로 NDF 함량은 퇴비 시용 수준이 연간  $ha$  당 40톤에서 52.9~54.2%로 무시용구의 56.3% 보다 유의하게 낮아졌으며 ADF 함량 연간  $ha$  당 20~80톤의 퇴비 시용 수준에서 31.4%로 무시용구의 32.8% 보다 유의하게 낮아졌고, 헤미셀룰로스 함량은 연간 80톤의 퇴비 시용 수준에서만 무시용구 보다 유의하게 낮아졌다( $p<0.05$ ). 한편 가소화 양분 총량과 상대 사료가치는 연간 20~80톤의 퇴비 수준에서 64.1~65.1%와 110.0~117.0으로 무시용구의 63.0과 106.9보다 유의하게 높았으며, 연간 조단백질 수량과 총 가소화 양분수량은 퇴비 시용 수준이 증가할수록 유의하게 증가하다가 연간 퇴비 시용 수준이  $ha$ 당 80톤에서는 각각 330.6과 1547.4 $kg$ 을 나타내어 연간 40톤의 354.7과 1729.3 $kg$  보다 유의하게 감소하였다( $p<0.05$ ).



② 4회 예취구

Table 9. Changes in nutritive value and nutrient yields of orchardgrass by application levels of nightsoil sludge in 4 cutting.

NSC ( $ha^{-1} yr^{-1}$ )	CP(%)	NDF(%)	ADF(%)	Hemicellulose (%)	TDN(%)	RFV	CPY ( $kg ha^{-1} yr^{-1}$ )	TDNY ( $kg ha^{-1} yr^{-1}$ )
0 ton	11.7 <sup>e</sup>	56.3 <sup>a</sup>	30.7 <sup>b</sup>	25.7 <sup>a</sup>	64.7 <sup>b</sup>	108.9 <sup>bc</sup>	161.2 <sup>e</sup>	907.9 <sup>e</sup>
10 ton	12.3 <sup>d</sup>	55.8 <sup>a</sup>	31.5 <sup>a</sup>	24.3 <sup>bc</sup>	64.0 <sup>c</sup>	108.7 <sup>c</sup>	225.8 <sup>d</sup>	1187.9 <sup>d</sup>
20 ton	13.4 <sup>b</sup>	53.2 <sup>b</sup>	29.5 <sup>c</sup>	23.7 <sup>c</sup>	65.6 <sup>a</sup>	117.1 <sup>a</sup>	240.9 <sup>c</sup>	1217.3 <sup>c</sup>
40 ton	13.1 <sup>c</sup>	56.0 <sup>a</sup>	30.2 <sup>bc</sup>	25.9 <sup>a</sup>	65.1 <sup>ab</sup>	110.6 <sup>b</sup>	267.3 <sup>b</sup>	1336.6 <sup>b</sup>
80 ton	15.0 <sup>a</sup>	55.5 <sup>a</sup>	30.3 <sup>b</sup>	25.2 <sup>ab</sup>	64.9 <sup>b</sup>	110.4 <sup>bc</sup>	394.7 <sup>a</sup>	1714.9 <sup>a</sup>

<sup>a-e</sup>) Mean in the same columns with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$ .

4회 예취구의 오차드 그라스의 조단백질 함량은 3회 예취구와 마찬가지로 연간 퇴비를 10~80톤 사용한 구가 12.3~15.3%로 무비구의 11.7% 보다 유의하게 높았지만 NDF 함량, ADF 함량 및 헤미셀룰로스는 연간 20톤의 퇴비 사용 수준에서 각각 53.2%, 29.5% 및 23.7%로 무사용구의 56.3%, 30.7% 및 25.7% 보다 유의하게 낮았다( $p < 0.05$ ). 한편 가소화 양분 총량과 상대 사료가치는 각각 연간 20톤 및 40톤의 퇴비 사용 수준에서 각각 65.6%와 117.1 및 65.1%와 110.6으로 무사용구의 64.7%과 108.9 보다 높게 나타났다. 또한 연간 조단백질 수량과 연간 가소화 양분 수량은 퇴비 사용 수준이 증가함에 따라 직선적인 증가를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

IV. 고 찰

인구증가로 인해 다량으로 발생하고 있는 분뇨 슬러지는 적절하게 퇴비화시켜 농지에 환원 시킴으로써 토양 내 유기물 농도를 증가시키고 토양의 수분 보유능력, 공극량 증가 및 입단의 안정화 등 토양환경을 개선시키며 양분공급능력을 확대시켜 식물체의 생산량 증가를 가져올 수 있다(이와 이, 1996). 본 실험에서도 알맞게 퇴비화된 분뇨 슬러지 (Table 1)를 사용 함으로써 무사용구 보다 유의하게 높은 목초의 건물수량을 나타내었다(Table 3과 4). 한편 연간 3회 이용한 구에서는 연간  $ha$ 당 40톤의 사용 수준에서 가장 높은 건물수량을 나타낸 반면에 4회 예취구에서는 연간 80톤 이상에서도 계속해서 건물수량이 증가되고 있음을 나타내어(Table 3과 4) 예취 횟수가 증가할수록 목초의 높은 건물수량을 위해서는 더욱 많은 양의 퇴비 사용이 요구됨을 밝혔는데, 이는 목초의 물질생산을 위한 양분의 수급은 사용 수준이 이용빈도와 밀접하게 관계하고 있음을 시사하고 있다(조 등, 1994; 이 등, 1998). 또한 퇴비의 사용 효과는 예취 시기가 진행됨에 따라 감소하였지만(Table 3과 4) 퇴비 사용이 낮은 수준에서 그 효과 뚜렷하였는데(Table 5), 이는 생육초기에는 화분과 목초의 생육이 왕성할 뿐만 아니라 분뇨 슬러지

퇴비에 함유된 양분의 대부분을 초기에 목초가 이용하기 때문이며 생육시기가 진행될수록 양분이 고갈되어 적은 시용 수준에서도 건물생산효율이 높아지기 때문이라 사료된다(이, 1994).

한편 목초의 품질은 조단백질 함량과 조섬유 함량이 가장 보편화된 화학적 사료가치의 평가 방법으로 알려져 있고(조 등, 1994), 목초의 생육이 진행됨에 따라 목초의 생산성은 증가하는 반면에 조단백질의 함량은 감소하고 섬유질 함량이 증가하여 사료가치의 저하를 초래한다(Bischoff와 Adolf, 1992; 조 등, 2000). 본 실험에서도 분뇨 슬러지 퇴비의 시용의 증가로 목초의 건물수량과 조단백질 함량은 증가하였고 NDF와 ADF 함량은 감소하였으며 연간 조단백질 수량과 총 가소화 양분수량이 높아졌다(Table 8과 9). 이는 식물체 양분 특히 퇴비 중에 함유된 질소에 의해 단백질공급이 이루어졌기 때문이었으며 이들 시용 수준이 과번무가 일어날 만큼의 수준에는 도달하지 않아서 양질의 조사료를 얻을 수 있었다고 생각되며 이러한 경향은 3회 보다 4회 예취구에서 더욱 뚜렷하였다.

또한 본 실험의 생육시기에 있어서 퇴비 시용으로 조단백질 함량은 3회와 4회 예취구에서 각각 2번초와 4번초에서 가장 높았고 1번초에서 가장 낮았으나, NDF와 ADF 함량은 각각 3과 4번초에서 가장 낮게 나타났고 여름철에 해당하는 2와 3번초에서 가장 높았다(Table 6과 7). 이와 같은 결과는 여름철에 동화량보다는 호흡량의 증가로 인해 가장 높은 섬유소 함량을 나타냈지만 오차드 그라스 목초의 생육 적온에 해당하고 강수량이 평년보다 많았던 때가 최종 예취 시기이기 때문에 가장 낮아졌다고 생각된다(조 등, 2000).

한편 Van Soest(1964)는 오차드 그라스에 있어서 리그닌, ADF, 조단백질, 셀룰로우스, CW 등의 함유율, 건물소화율 및 자유 채식량과의 상관관계에서, 리그닌, ADF, 셀룰로우스, CW의 함유율과 자유 채식량과는 부의 상관, 조단백질 함량과 건물소화율간에서는 정상관인 인정된다고 하였다. Tinnimit와 Thomas(1976) 등은 화분과 목초의 채식량과 CW, ADF 및 리그닌 간에는 부의 상관, 그리고 조단백질 함량 간에는 정상관을 나타내었다고 하였다. 본 실험에서도 퇴비 시용 수준이 높아질수록 조단백질 함량이 증가함과 동시에 ADF와 NDF 함량은 낮아지고 가소화 양분 총량 및 상대 사료가치가 증가하였다.

또한 화분과 목초의 건물수량 증대를 위해 질소질 비료를 사용하는데, Reid 등(1967)과 Raymond 등(1959)은 질소비료의 시용이 가축의 채식량에는 거의 영향을 미치지 않지만 화분과 목초에 있어서 무기태 질소시비는 수량이 증대되고 생육기의 진행이 느려져 유기물의 소화율이 높으며 가소화 유기물 함량은 높아져 가축의 기호성을 증가시키지만, 오차드 그라스에서는 질소의 시용이 수용성 탄수화물이나 당류의 함유율이 저하하고 섬유소 함유율이 높게 되어 채식량을 감소시킨다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 분뇨 슬러지 퇴비의 시용의 증가로 조단백질 함량은 증가하였으나, NDF와 ADF 함량을 감소시켜 가소화 양분 총량 및 상대 사료가치가 높아졌는데(Table 8과 9), 조 등(2000)이 밝힌 무기태 질소의 시비로 가축의 채식량 감소 초래의 가능성에 대해 분뇨 슬러지의 퇴비 시용량의 증가는 오히려 채식량을 증가시킬 수 있다는 가능성을 시사하고 있어 앞으로 이에 대한 구체적인 연구가 더욱 필요하리라 생각된다.

## V. 적 요

본 실험은 분뇨슬러지 퇴비를 연간  $ha$  당 0, 10, 20, 40 및 80톤 사용하였을 때, 오차드 그라스(*Dactylis glomerata* L.)의 건물수량과 영양가에 미치는 영향을 검토하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 오차드 그라스의 연 건물수량은 3회 예취구에서  $ha$ 당 6.41톤을 나타내었고 퇴비사용 수준이 증가함에 따라 건물수량이 증가하여 연간  $ha$ 당 40톤의 분뇨슬러지 퇴비 사용 수준에서는 8.11톤의 건물수량을 나타내어 무시용구 보다 유의하게 증가하였으나 80톤의 사용 수준에서는 7.23톤으로 감소하였다. 한편 예취 시기별 건물수량은 2번초>1번초>3번초 순으로 낮아졌고, 1과 2번초에서는 연간  $ha$ 당 40톤 그리고 3번초에서는 10톤의 퇴비 사용 수준에서 무시용구 보다 유의하게 높은 건물수량을 나타내었다( $p<0.05$ ).
2. 4회 예취구에서는 오차드 그라스의 연 건물수량이  $ha$ 당 5.68 톤을 나타내었고 퇴비 사용 수준이 증가함에 따라 지속적인 증가를 나타내어 연간 80톤의 사용 수준에서는 10.71톤의 건물수량을 기록하였다. 한편 예취시기별 건물수량은 3번초>2번초>1번초>4번초 순으로 낮아졌고 1번초에서는 연간  $ha$ 당 20톤의 퇴비 사용 수준, 2와 3번초에서는 10톤의 사용 수준에서 무시용구보다 유의하게 높은 건물수량을 보였지만 4번초에서는 사용 수준간에 유의한 차이가 인정되지 않았다( $p<0.05$ ).
3. 분뇨 슬러지 퇴비 사용 수준에 따른 건물생산효율은 3회와 4회 예취구에서 퇴비 사용 수준이 증가됨에 따라 감소하였고 평균 건물생산효율은 각각 46과 102kg DM/ton NSC를 기록하였다.
4. 퇴비 사용과 예취 시기에 따른 오차드 그라스의 평균 조단백질 함량은 3회 예취구에서는 2번초(13.8%)>3번초(12.7%)>1번초(9.6%) 순으로 낮아졌고 4회 예취구에서는 4번초(16.6%)>2번초(13.4%)>3번초(13.0%)>1번초(9.5%) 순으로 낮아졌지만 분뇨 슬러지 퇴비의 사용 수준이 증가함에 따라 무시용구에 비해 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ). 한편 오차드 그라스의 평균 NDF와 ADF 함량은 3회 예취구에서 3번초에서 가장 낮았고 2번초에서 가장 높았으며 연간  $ha$ 당 40~80톤의 퇴비 사용 수준에서는 무시용구 보다 낮아졌지만, 4회 예취구에서는 4번초에서 가장 낮았고 3번초에서 가장 높았으며 연간  $ha$ 당 10톤~20톤의 퇴비 사용 수준으로 무시용구 보다 유의하게 낮은 NDF와 ADF 함량을 나타내었다( $p<0.05$ ).

5. 분뇨 슬러지 퇴비 사용 수준이 증가함에 따라 오차드 그라스의 조단백질함량은 3회와 4회 예취구에서 무사용구(각각 10.8과 11.7%) 보다 유의하게 증가하여 연간 ha당 80톤의 사용 수준에서 각각 13.3과 15.0%를 나타내었다. 그러나 NDF와 ADF 함량은 반대로 퇴비 사용 수준이 증가함에 따라 감소하였지만 가소화 양분 총량과 상대 사료가치는 증가하였다. 또한 연간 조단백질 수량과 연간 총 가소화 양분 수량은 퇴비 사용 수준이 증가함에 따라 직선적인 증가를 나타내었지만, 3회 예취구에서는 ha 당 연간 80톤의 퇴비 사용 수준에서 40톤 보다 유의하게 낮았다( $p < 0.05$ ).

### 참고문헌

1. 국립환경연구원. 1999. 유기성 오니 퇴비등급 설정을 위한 공청회 자료, pp.23-24.
2. 이주삼. 1994. 하수오니 첨가토양이 orchardgrass의 생육에 미치는 영향. 한국유기성 폐자원학회지2(2) : 77-88.
3. 이주삼. 이무춘. 1996. Vermicomposting에 의한 분뇨 슬러지의 처리, 한국유기성폐자원학회지 4(2) : 35-45.
4. 이주삼, 조익환, 안종호. 1997. 유희논토양에서 Reed Canarygrass의 최대 양분수량을 얻기 위한 질소시비와 예취관리. 한국초지학회지 17(2) : 123-134.
5. 이주삼, 조익환, 장기운. 1998. 음식쓰레기 퇴비와 무기태 질소의 사용수준이 Orchard grass의 건물수량에 미치는 영향. 한국유기성폐자원학회지 6(2) : 81-93.
6. 조익환, 이주삼, 안종호. 1994. 예취빈도에 따른 무기태 질소시비가 초지의 생산성에 미치는 영향 II. 예취빈도와 질소시비에 의한 오차드 그라스의 주요 영양성분의 변화. 한국초지학회지 14(4) : 257-263.
7. 조익환, 이주삼, 전하준, 이주희, 김민. 2000. 음식물쓰레기 퇴비와 무기태 질소 사용이 오차드그라스의 사료가치와 양분수량에 미치는 영향. 한국초지학회지 20(3) : 169-176.
8. 환경부. 1996, 환경백서
9. 환경부. 1997. 전국 폐기물 발생 및 처리현황('96)
10. 환경부 1999. '98 전국 폐기물 발생 및 처리현황.
11. A. O. A. C. 1990. Official Methods of Analysis(15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C.
12. Bischoff, H. M. und G. Adolf. 1992. Einfluß der Stickstoffdüngermenge, -form und Beregnung auf die floristische Entwicklung, Futterqualität und Ertragsleistung

- einer artenarmen Grasmischung (*Lolium perenne* L. und *Poa pratensis* L.) in Deichvorland der Elbe. Wirtschafteig. Futter 38(3) : 188-201.
13. Goering, H. K., and P. J. Van Soest., 1970. Forage fiber analysis. USDA Agric. Handbook No. 379, Washington, D. C.
  14. Linn, J. And N. Martin. 1989. Forage quality tests and interpretation. Univ. of Minnesota Ext. Serv. AG-FO-2637.
  15. Misselbrook, T. H., M. A. Shepherd and B.F. Pain. 1996. Sewage sludge applications to grassland : influence of sludge type, time and method of application on nitrate leaching and herbage yield. J. Agric. Sci., Cam. 126 : 343-352
  16. Nahm, K. H. 1992. Practical guide to feed, forage and water analysis. Yoohan Pub. 1-70.
  17. Raymond, W. F., D. J. Minson and C. E. Harris 1959. Studies in the digestibility of herbage VII. Futher evidences on the effect of level of intake on the digestible efficiency of sheep. J. Brit. Grassld. Soc., 14 : 75 -77.
  18. Reid, R. L., G. A. Jung and C. M. Kinsey. 1967. Nutritive value of nitrogen-fertilized orchardgrass pasture at different periods of the year. Agron. J., 59 : 519-525.
  19. SAS. 1998. Statistical Analysis System ver., 6. 12. SAS Institute Inc., Cary, NC.
  20. Schils, R. L. M., Th. V. Vellinga and T. Krarrk. 1999. Dry-matter yield and herbage quality of a perennial ryegrass/white clover sward in a rotaional grazing and cutting system. Grass and Forage Science, 54 : 19-29.
  21. Tinnimit Parnich and J. W. Thomas. 1976. Forage evaluation using various laboratory techniques. J. Animal Sci., 43 : 1058-1065.
  22. Van Soest, P. J. 1964. Symposium on nutrition and forage and pastures : New chemical procedures for evaluating forages. J. Animal Sci., 23 : 838-845.