

# 우분액비 및 톱밥발효돈분 시용이 사일리지용 옥수수 생산성 및 양분용탈에 미치는 영향

나훈찬 · 정민웅 · 최연식 · 최기춘 · 육완방

## Studies on the Types and Rates of Application of Cattle Slurry and Swine Manure Fermented with Sawdust on Productivity of Silage Corn and Leaching of Nutrients

Hoon Chan Na, Min Woong Jung, Yeun Sik Choi, Ki Choon Choi, and Wan Bang Yook

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of the types and rates of application of animal manure on productivity of silage corn and environmental pollution in silage corn cultivation soil. The experiment was confirmed in lysimeter which was constructed with 0.30m diameter, and 1 m depth. This study was arranged in split plot design. Main plots were the types of cattle slurry (CS), swine manure fermented with sawdust (SMFS) and chemical fertilizer (CF), Subplots were the application rates of animal manure, as urea, such as 100, 200 and 400 kg N · ha<sup>-1</sup>. Dry matter(DM) and nitrogen yields of silage corn enhanced as increased application rates of CS, SMFS and CF (p<0.05). DM yield reveals that there is an decrease in order of CF>CS>SMFS (p<0.05). Crude protein(CP) contents of the whole silage corn increased as increased application rates of CS, SMFS and CF. IN addition, NO<sub>3</sub>-N content in leaching water by application of animal manure reveals that there is an decrease in order SMFS>CF>CS (p<0.05). However, NH<sub>4</sub>-N content was hardly influenced by application of animal manure, and NH<sub>4</sub>-N content increased with application rates increased. PO<sub>4</sub>-P content in leaching water by application of animal manure reveals that there is an decrease in order of SMFS>CF>CS. PO<sub>4</sub>-P increased as increasing application rates (p<0.05), whereas PO<sub>4</sub>-P in leaching water maintained a low levels.

(Key words : Silage corn, Cattle slurry, Swine manure fermented with sawdust, Leaching, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P)

### I. 서 론

우리나라는 연간 3,500 만 톤 이상 생산되는 가축분뇨와 매년 조사료를 600천 톤 이상 수입하고 있는 여건 하에서 조사료 생산과 가축분뇨를 연계시켜 조사료 자원을 확보함과 동시에 환경 오염문제를 감소시키는 친환경적 가축분

뇨의 이용 시스템 개발이 절실히 요구되고 있다. 특히, 분뇨의 자원화에 따른 환경오염 문제가 사회적인 이슈가 되기 때문에 정확한 환경영향 평가와 그에 의한 가축분뇨의 생태적 순환시스템의 구축이 반드시 필요하다. 가축분뇨는 액비 및 퇴비 등으로 이용이 가능하기 때문에 비료화 기술에 위한 다양한 연구가 진행 되

건국대학교 축산대학(College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University, Seoul 143-701, Korea)

Corresponding author : Dr. Wan Bang Yook, College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University, Seoul 143-701, Korea. Phone:82-2-450-3699. Fax:82-2-455-1044. E-mail:wbyook@kkucc.ac.kr

었다(Baker, 2002; Preedy 등, 2001). 또한, 가축 분뇨를 이용한 퇴구비의 경우 토양의 지력을 증진시키고(신, 1998; Sommerfeldt과 Chang, 1988; Campbell 등, 1986), 토양의 물리화학적 조성을 변화시키기 때문에 친환경 농업으로써 가축분뇨의 중요성을 제시하였다(Sommerfeldt 과 Chang, 1988). 그러나 가축분뇨는 다량의 유기 및 무기 영양소를 많이 함유하고 있어 이의 과다한 사용은 오히려 환경오염을 일으키는 오염원으로서 작용할 가능성을 가지고 있기 때문에 사용 적정량의 규명은 대단히 중요하다(육 등, 2000; 육 등, 2003; 육과 최, 2005).

특히 우리나라의 기후조건이 하절기에 집중되는 강우형태를 보이므로, 가축분뇨의 사용에 따른 양분의 용탈 등에 많은 연구의 필요성이 증가되고 있다. 가축분뇨를 단일 N 기준으로 과다하게 사용 할 경우 C/N비의 불균형으로 인한 작물의 생육에 역효과를 줄 뿐만 아니라 NO<sub>3</sub>-의 용탈을 촉진하여 하천이나 지하수를 오염시키거나 식수로서 체내에 함께 흡수되어 유아에게는 methemoglobin 혈증을 유발하여 질 식사의 위험이 될 수 있고(Bewig, 1976), 성인에 있어서는 체내에서 질소화합물과 결합 nitroamine등을 생성하여 위암을 유발하게 되므로, 이의 방지를 위해서도 N의 효율적인 이용 기술(Selenka, 1982), 즉 적정 사용기준의 설정은 필수적이다. 또한, P의 지속적인 사용은 토양의 P를 높이고(Barber, 1979; Sutton 등, 1982; Sutton 등, 1986), 용탈 및 농업 배출수에서 P의 잠재적 유실을 증가 시키므로(Pote 등, 1996; Sims 등 1998), 수질에 P는 민물 생태계에서

부영양화의 주요요인으로 작용한다고 제시하고 있다.

따라서 본 연구는 가축분뇨의 시비형태 및 사용수준에 따른 옥수수의 생산성 및 N과 P의 용탈에 미치는 영향을 조사하여 가축 분뇨의 용탈에 의한 환경오염 방지 및 비료원으로서 가축분뇨의 적정 사용량을 규명하기 위한 기초 자료를 얻기 위해 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험기간 및 장소

본 시험은 2003년 4월부터 2003년 9월까지 건국대학교 축산대학 초지 및 사료작물 시험포 내에 설치된 Lysimeter(지름 30cm, 깊이 1m)를 이용하여 수행되었다. Lysimete 충전된 토양은 사양토이며, 성분은 Table 1과 같다. 시험기간 동안 서울지역의 강우량을 보면, 4-6월의 총 강우량은 402 mm (300%), 7,8월의 총 강우량은 1,154 mm (200%)로, 30년간 평균 강우량은 134 mm (100%)와 577 mm (100%)와 비교하여 현저하게 많은 강수량을 보였다. 따라서 Lyshimeter 시험의 특성상 옥수수의 침수현상이 작물의 생육에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

### 2. 시험설계 및 재료

시험설계는 비료의 종류(화학비료, 우분액비 및 톱밥발효돈분)를 주구로, N사용수준(100,

Table 1. Chemical characteristics of the soil used in lysimeter

pH (1:5H <sub>2</sub> O)	OM <sup>2)</sup> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exchangeable Cations (cmol <sup>+</sup> /kg)				CEC <sup>1)</sup> (me100g <sup>-1</sup> )
			K	Ca	Mg	Na	
5.27	0.17	31	0.05	4.73	1.65	0.06	6.80

<sup>1)</sup>CEC : cation exchange capacity <sup>2)</sup>OM : organic matter

200 및 400 kg/ha)을 세구로 하여 분할구 배치법 3반복으로 실시하였다. 단, 화학비료 대비 시용수준의 효과를 동일시하기 위하여, 가축분뇨의 시비 시 ha당 200 kg 구에서는 화학비료를 각각 100 kg N/ha를 추가로 시비하여 N을 기준으로 동일한 시비량을 투입하여 시험을 실시하였다. 공시초종은 중만생종 옥수수인 Pioneer 3310을 2003년 4월 19일에 2립씩 점파 후 출현이 양호한 1개체를 남기고 재배하였으며, 수확은 8월 29일 하였다. 우분액비는 관행적으로 사용하고 있는 액비 탱크에서 6개월 이상 교반 발효시킨 것으로 전질소 함량 0.35%, 수분 95% 이상이었으며, 톱밥 발효 돈분은 전질소 함량이 1.1%, 유기물 46%, C/N비 22, 수분 38%를 함유한 것을 사용하였다. 가축분뇨의 시용수준은 분뇨중의 N 함량을 분석한 후 분뇨 N의 수준에 따라 사용하였고, 화학비료는 '요소'를 N 시용수준에 따라 2회 분할 시용하였으며, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>와 K<sub>2</sub>O는 각각 ha당 150 kg씩을 기비로서 전량 시용하였다.

옥수수 수량 조사는 파종 후 125일째 지상으로부터 5cm의 높이로 예취한 후, 생초수량을 측정하였고, 일반성분은 AOAC(1995)법에 의거하였으며, 용탈수는 옥수수의 파종당일부터 약

2주 간격으로 채취하였고, 채취한 시료는 당일에 FIAStar5000 Analyzer (Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 분석하였다. 통계분석은 Windows용 SPSS/PC (Statistical Package for the Social Science, ver 12.0. USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 옥수수의 생산성

화학비료, 우분액비 및 톱밥발효돈분의 시용수준에 따른 사일리지용 옥수수의 건물수량, 질소 생산량, 조단백질의 함량은 Table 2와 같다. 옥수수 평균 건물수량은 화학비료에서 168.11g (100%), 우분액비에서 106.44g (63%), 톱밥발효돈분은 79.11g (47%)로 유의차가 인정되었으며(p<0.05), 가축분뇨의 시비수준별 옥수수의 평균 건물 생산량은 100 kg/ha에서 62.00g (100%), 200 kg/ha는 126.22g (203%), 400 kg/ha는 165.44g (267%)으로 시용주준의 증가에 비례하여 건물수량 역시 증가하는 경향을 나타냈다(p<0.05). 가축분뇨의 시용형태별 평균 질소 생산량 또한 화학비료에서 1.13g (100%), 우분액

Table 2. Effects of the types and rates of application of animal manure on silage corn dry matter(DM) yield, nitrogen(N) yield and crude protein(CP) of silage corn

Type of Animal manure	DM yield (g)	N yield (g)	CP (%)
CF <sup>1)</sup>	168.11 ± 70.02 <sup>a</sup>	1.13 ± 0.51 <sup>a</sup>	4.17 ± 0.42
CS <sup>2)</sup>	106.44 ± 47.37 <sup>b</sup>	0.70 ± 0.39 <sup>b</sup>	4.04 ± 0.74
SMFS <sup>3)</sup>	79.11 ± 32.01 <sup>b</sup>	0.52 ± 0.23 <sup>b</sup>	4.09 ± 0.55
Application rates (kg N ha <sup>-1</sup> )			
100	62.00 ± 25.47 <sup>c</sup>	0.38 ± 0.15 <sup>c</sup>	3.95 ± 0.45
200	126.22 ± 39.53 <sup>b</sup>	0.82 ± 0.29 <sup>b</sup>	4.07 ± 0.66
400	165.44 ± 67.72 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.51 <sup>a</sup>	4.28 ± 0.58

The data represent the means ± S.D. of the three experiments.

<sup>1)</sup> CF : Chemical Fertilizer.

<sup>2)</sup> CS : Cattle Slurry.

<sup>3)</sup> SMFS : Swine manure fermented sawdust.

<sup>4)</sup> a, b, c : Values with different letters in same column are significantly different at the 5% level (p<0.05).

비는 0.70g (62%), 톱밥발효돈분은 0.52g (46%)으로 유의차가 인정되었으며 ( $p < 0.05$ ), 시비수준별 N 생산량은 100 kg/ha에서 0.38g (100%), 200 kg/ha에서 0.82g (213%), 400 kg/ha에서 1.15g (298%)로 시용수준이 증가함에 따라 N 생산량도 비례하여 증가하는 경향을 보였다 ( $p < 0.05$ ). 이상의 결과에서 보는 바와 같이 건물수량에 미치는 우분액비의 시용효과는 화학비료대비 2/3 수준이며, 톱밥발효돈분은 화학비료대비 1/2 수준 정도로 예상보다 낮은 시용효과를 보였는데, 이와 같이 우분액비와 톱밥발효돈분의 이용효율이 화학비료에 비하여 낮은 이유는 비료내 C/N비는 물론 질소 형태에 따른 영향 때문이라는 연구결과들과 유사한 결과를 나타내었으며 (육과 최, 2005; 육 등, 2002; 신 등 1998; 전 등, 1995), 액비의 경우 무기태 N인  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 함량이 30~90%로 큰 차이를 보이고 일반적인 시용효과에서도 평균 50~60%를 보인다고 하였다.

가축분뇨의 시용형태나 시용량에 관계없이 옥수수의 수량감소가 전반적으로 일어났는데 이는 lysimeter의 특성상 지하수 부위와의 수분공급원의 차단과 함께 사양토의 충전으로 인한 수분의 투수성이 높아 수분 부족에 의한 옥수수의 성장발육에 좋지 않은 영향을 미쳤기 때문으로 사료된다. 동시에 시험기간 중의 강수량의 분포가 옥수수의 생육이 가장 왕성한 시기에 집중호우로 인하여 생육에 좋지 않은 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 또한 분뇨의 종류별 질소이용효율은 토양, 강우량, 기후 등 자연환경과 밀접한 관계가 있는 것으로, 본 연구의 결과에서 얻어진 결과 역시 지금까지 국내외의 많은 연구 결과들과 유사한 경향을 보여주었다 (Mott 등, 1984; 육, 2003; 육과 최, 2005). 가축분뇨의 시용 형태별 옥수수의 평균 조단백질 함량은 화학비료에서 4.17%(100%), 톱밥발효돈분에서 4.09%(98%), 우분액비에서 4.04%(97%)로 감소하였으나 유의차는 보이지 않았다. 옥수수 조단백질의 평균 함량은 100

kg/N/ha구를 3.95%(100%)로 했을 때, 200 kg/N/ha는 4.07%(103%), 400 kg/N/ha에서 4.28%(108%)으로 시비수준이 증가할수록 조단백질 함량도 비례하여 증가하는 경향을 나타내었다. 일반적으로 적기에 수확된 옥수수 사일리지의 조단백질 함량은 9.4%로 본 연구결과의 5% 이하와는 많은 차이를 보여주고 있다 (Jorgensen 등, 1972). 이는 앞장에서도 설명한 바와 같이 Lysimeter에서 재배된 옥수수가 지하로의 수분 공급원의 차단, 토양 특성상 수분의 투수성 증가 그리고 기후조건의 악영향으로 옥수수의 성장발육이 좋지 않아 옥수수의 암이삭의 출수율을 지연시켰으며, 이로 인한 출수된 암이삭의 생육이 부진하였기 때문으로 사료된다.

## 2. 용탈수 중의 평균 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량

가축분뇨의 시용 형태 및 시용수준에 따른 질소의 용탈농도를 조사한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 화학비료, 우분액비 및 톱밥발효돈분 시용에 따른 평균  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 톱밥발효돈분에서 1.29 mg/L(111%), 화학비료에서 1.17 mg/L(100%), 우분액비 1.06 mg/L(91%)으로 감소하는 경향을 보였고 ( $p < 0.05$ ), 질소 시용수준이 증가함에 따라  $\text{NO}_3\text{-N}$  함량은 증가하는 경향을 나타내었으나 거의 차이가 없었고 용탈량 역시 2mg 이하로 그 의미가 거의 없었다. 시험 기간중  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 용탈량의 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 화학비료, 우분액비 및 톱밥발효돈분 모두 강우량과 비례하여 증가하였으나 용탈량의 차이는 크지는 않았다. 또한 시용수준별  $\text{NO}_3\text{-N}$  용탈은 시용수준이 증가함에 따라 증가되는 경향을 보였지만 그 차이 역시 미미한 수준에 그쳤다.

가축분뇨의 시용형태에 따른  $\text{NH}_4\text{-N}$  용탈량의 평균 함량과 계절별 용탈량의 변화는 Fig. 2와 Table 3에 나타난 바와 같다. 화학비료 시용구 함량을 기준 화학비료, 우분액비 및 톱밥발효돈분에서의 용탈량은 화학비료 시용구를 기

Table 3. Effects of application rates of animal manure on NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N and PO<sub>4</sub>-P content in leaching water during the experimental period

Type of animal manure	Application rates (kg/ha)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (μg/L)
CF <sup>1)</sup>	100	1.22 ± 0.05	0.17 ± 0.02	22.23 ± 1.21
	200	1.11 ± 0.07	0.21 ± 0.02	32.03 ± 10.11
	400	1.17 ± 0.07	0.23 ± 0.05	38.93 ± 6.25
CS <sup>2)</sup>	100	1.01 ± 0.08	0.14 ± 0.12	18.63 ± 0.35
	200	1.02 ± 0.03	0.24 ± 0.11	22.13 ± 6.74
	400	1.14 ± 0.14	0.20 ± 0.02	40.83 ± 5.62
SMFS <sup>3)</sup>	100	1.18 ± 0.07	0.14 ± 0.03	21.70 ± 2.25
	200	1.29 ± 0.26	0.19 ± 0.03	35.80 ± 13.08
	400	1.40 ± 0.23	0.35 ± 0.12	43.67 ± 17.96
Type of Animal manure				
	CF <sup>1)</sup>	1.17 ± 0.07 <sup>ab</sup>	0.21 ± 0.04	31.07 ± 9.41
	CS <sup>2)</sup>	1.06 ± 0.11 <sup>b</sup>	0.19 ± 0.09	27.20 ± 11.23
	SMFS <sup>3)</sup>	1.29 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.11	33.72 ± 14.75
Application rates				
	100	1.14 ± 0.11	0.15 ± 0.07 <sup>b</sup>	20.86 ± 2.12 <sup>c</sup>
	200	1.14 ± 0.18	0.21 ± 0.06 <sup>ab</sup>	29.99 ± 10.82 <sup>b</sup>
	400	1.24 ± 0.19	0.26 ± 0.09 <sup>a</sup>	41.14 ± 10.13 <sup>a</sup>

The data represent the means± S.D. of the three experiments.

<sup>1)</sup> CF : Chemical Fertilizer,

<sup>2)</sup> CS : Cattle Slurry,

<sup>3)</sup> SMFS : Swine manure fermented sawdust.

<sup>4)</sup> <sup>a, b, c</sup> : Values with different letters in same column are significantly different at the 5% level (p<0.05).

준으로 볼 때 각각 0.21 mg/L(100%), 0.19 mg/L (95%), 0.23 mg/L(111%) 수준으로 큰 차이를 보이지 않았으며, N의 시용수준이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타냈지만(p<0.05), 그 차이는 1 mg 이하에 불과 하였다.

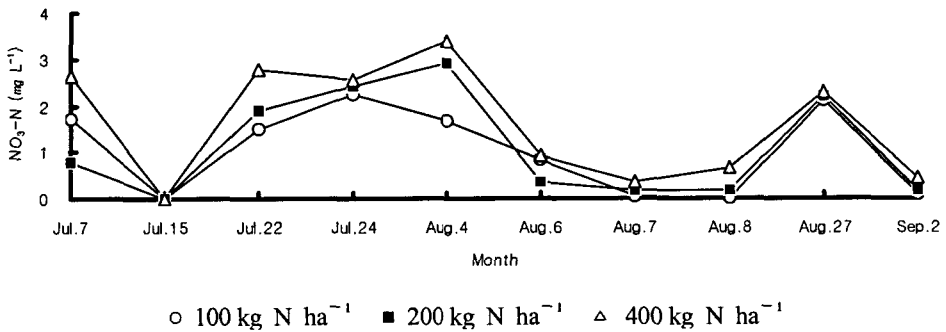
이상의 결과에서 제시한 바와 같이 여름철 NO<sub>3</sub>-N의 용탈과 강우량의 관계는 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났는데 이는 Li S(2000)의 연구보고와 같은 경향을 보여주었다. 연중 질소의 용탈은 기상요인에 의해 영향을 받는다는 Macduff(1993)의 보고나, Harmsen(1961)의 상부에서 지하수로의 질소용탈과 강우량 그리

고 강우량의 분포에 따라 용탈이 결정된다는 보고와도 비슷한 경향을 보여주고 있다.

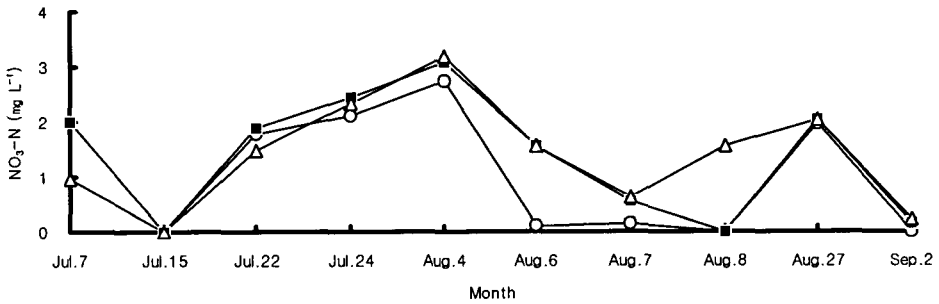
### 3. 용탈수 중의 평균 PO<sub>4</sub>-P 함량

가축분뇨의 시용 형태 및 시용수준에 따른 PO<sub>4</sub>-P의 용탈 농도를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 화학비료, 우분액비 및 톱밥발효돈분의 시용형태별 용탈수 중의 평균 PO<sub>4</sub>-P 농도는 화학비료 31.07 μg/L(100%), 우분액비 27.20 μg/L(88%), 톱밥발효돈분 33.72 μg/L(109%)로 서로간에 차이는 있으나 통계적으로 유의적인 차

[A]



[B]



[C]

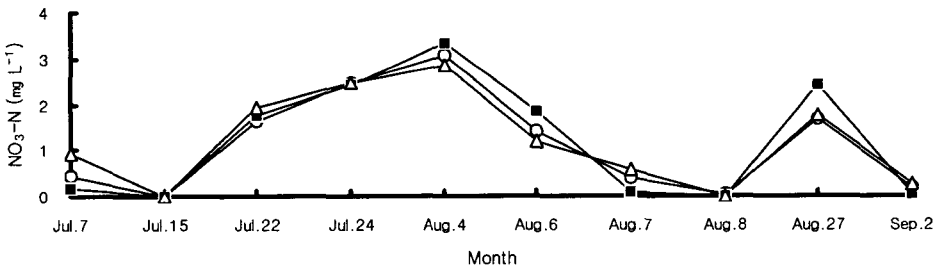


Fig. 1. Changes of NO<sub>3</sub>-N content in leaching water by application rate of chemical fertilizer (A), cattle slurry (B) and swine manure fermented with sawdust (C).

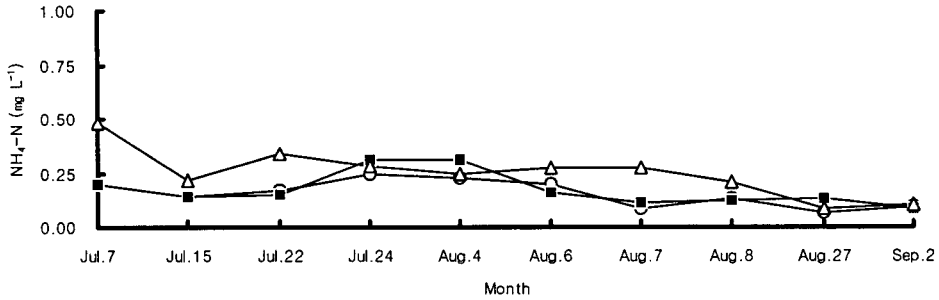
이를 보이지는 않았다( $p < 0.05$ ). 시비수준별 평균 PO<sub>4</sub>-P의 농도는 질소 시용수준 100 kg/ha에서 20.86  $\mu\text{g/L}$ (100%), 200 kg/ha는 29.99  $\mu\text{g/L}$ (143.8%), 400 kg/ha는 41.15  $\mu\text{g/L}$ (197.3%)로 시용수준과 비례하여 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p < 0.05$ ).

시험기간 중 용탈수 중 PO<sub>4</sub>-P의 변화는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 화학비료는 물론 우분액비, 톱밥발효돈분 모두에서 시용수준이 증가함에 따라 차이를 나타내고 있다( $p < 0.05$ ). 그러나 PO<sub>4</sub>-P의 용탈 수준은 NO<sub>3</sub>-N나 NH<sub>4</sub>-N 용탈 수

준보다 낮은 함량을 보였으며 또한 NO<sub>3</sub>-N의 용탈 경향과는 다르게 전 기간에 걸쳐 일정한 농도로 용탈되는 현상이 관찰 되었다. 이러한 경향은 일반적으로 가축분뇨 화학성분의 P의 약 80% 정도가 수용성 무기태 인산이며 그 외의 P의 조성 형태는 유기물과 결합 되어진 피탄태 인산으로 토양속의 미생물에 의해 식물체가 이용할 수 있도록 P를 전환되는 것으로 보고되고 있다(Turner 등, 2005).

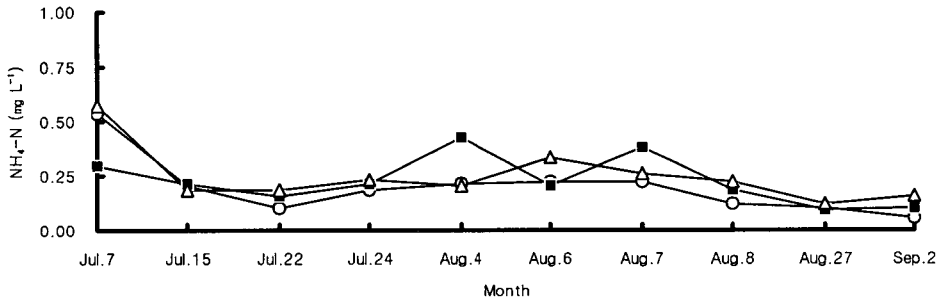
이상의 결과를 N과 P의 용탈량 결과를 종합해 보면, 점성이 낮은 사양토양은 가축분뇨의

[A]



○ 100 kg N ha<sup>-1</sup> ■ 200 kg N ha<sup>-1</sup> △ 400 kg N ha<sup>-1</sup>

[B]



[C]

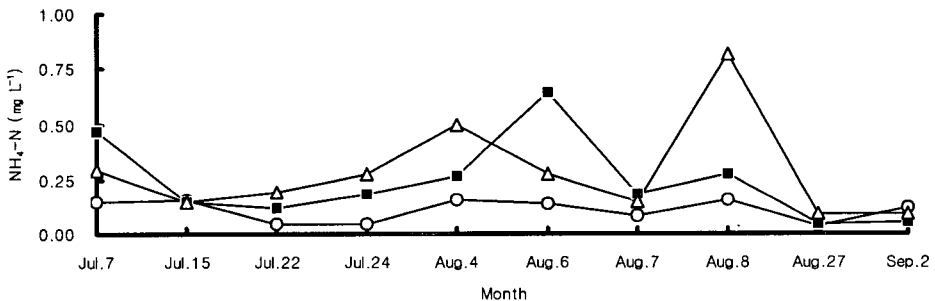
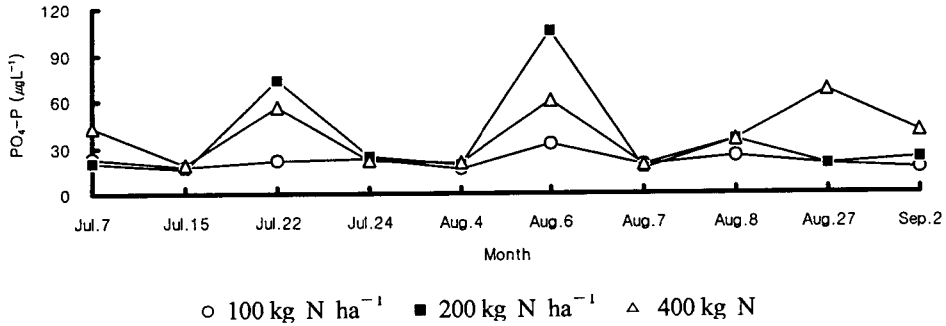


Fig. 2. Changes of  $\text{NH}_4\text{-N}$  content in leaching water by application rate of chemical fertilizer (A), cattle slurry(B) and swine manure fermented with sawdust(C).

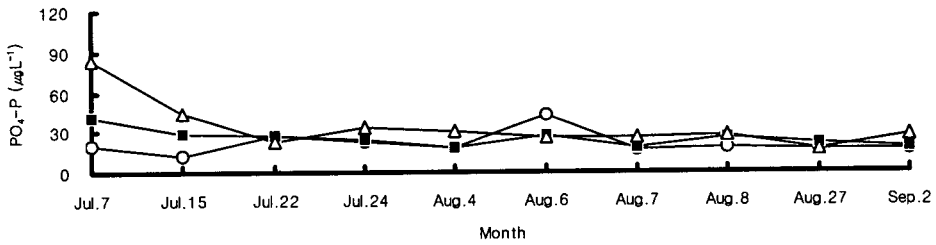
양분 손실이 크기 때문에 가축분뇨의 이용효율과 환경오염을 최소화하기 위해서 분뇨의 종류별로 시용량을 고려하여 시용해야 할 것으로 사료된다. 또한  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 용탈의 결과에서 보는 바와 같이 가축분뇨의 시용 형태에 따라 시용시 기비 및 추비량을 적절히 분배함은 물론 그 시용 시기를 고려하므로

써 강우시 지하수 및 하천으로 용탈되어 양분에 의한 환경오염이 되는 것을 방지해야 할 것으로 사료된다. 이 처럼 분뇨의 시용시기와 시용량은 지하수로 양분용탈과 밀접한 관계를 가지고 있으므로 환경오염을 최소화할 수 있는 계절적인 환경과 시용량을 고려하는 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

[A]



[B]



[C]

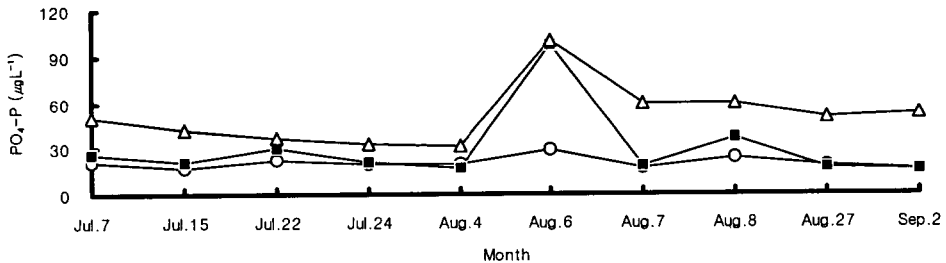


Fig. 3. Changes of PO<sub>4</sub>-P content in leaching water by application rate of chemical fertilizer (A), cattle slurry (B) and swine manure fermented with sawdust (C).

#### IV. 요약

본 연구는 가축분뇨의 종류와 사용수준에 따른 사일리지용 옥수수의 생산성과 N과 P의 용탈량을 조사하여 친환경 조사료 생산을 위한 기초자료를 제공하기 위해 수행되었다. 본 시험은 건국대학교 초지 시험포장 내의 사양토로 충전된 Lysimeter(직경 30cm, 깊이 1m)를 이용하여 화학비료, 우분액비 및 톱밥발효돈분에 대하여, N 사용수준을 100kg/ha, 200kg/ha, 400kg/ha 씩으로 시험구를 배치 수행하였다. 옥수수 건물 및 질소 생산성은 화학비료>우분액

비>톱밥발효돈분 순이었고(p<0.05), 사용수준이 증가함에 따라 그 생산성도 증가하는 경향을 나타냈다(p<0.05). 옥수수의 조단백질 함량은 화학비료>톱밥발효돈분>우분액비 순이었으나 사용수준이 증가함에 따라 조단백질 함량은 증가하는 경향으로 나타났다. 분뇨사용 형태별 용탈수 중의 NO<sub>3</sub>-N 함량은 톱밥발효돈분>화학비료>우분액비 순이었으며(p<0.05), NH<sub>4</sub>-N 함량은 큰 차이를 보이지 않았고, 질소사용수준이 증가함에 따라 비례하여 증가하는 경향을 나타냈다. 그러나 결코 1 mg/L을 상회하지는 않았다. 가축분뇨의 사용형태별 평균 PO<sub>4</sub>-P 농



도는 톱밥발효돈분 > 화학비료 > 우분액비 순이었고 시용수준이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였지만( $p < 0.05$ ), 용탈량은 매우 적었다.

## V. 사 사

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 연구 결과의 일부분이며, 이에 감사드립니다.

## VI. 인 용 문 헌

1. 신동은, 김동암, 신계순, 송관철, 이종경, 윤세형, 김원호, 김정갑. 1998. 추파용 호밀에 대한 액상구비 시비 연구. II. 무기물 함량, N 생산량 및 토양환경에 미치는 영향. 한국초지학회지. 18(3): 243-250.
2. 육완방. 2003. 가축분뇨의 처리형태와 시용수준이 영년초지의 생산성, 지력증진 및 환경에 미치는 영향. 한국초지학회. 23(3):193-202.
3. 육완방, 김범준, 최기춘, 박병관. 2002. Lysimeter에서 돈분 및 화학비료의 시용수준이 옥수수의 생산성 및 N과 P의 용탈에 미치는 영향. 한국초지학회지. 15(1):52-60.
4. 육완방, 안승현, 최기춘. 2000. 경사지에 대한 가축분뇨 시용시 옥수수의 생산성과 양분유실에 관한 연구. 한국초지학회지, 1013-9354, 제 20권 1호. pp.31-40.
5. 육완방, 최기춘. 2005. 경사도와 분뇨의 처리 형태가 옥수수의 생산성과 양분의 유실에 미치는 영향. 한국초지학회지. 25(2):89-96.
6. 전병태, 이상무, 김재영, 오인환. 1995. 액상구비 시용이 사료작물의 생산성과 토양 성분에 미치는 영향. 한국초지학회지. 15(1):52-60.
7. Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis.(16th ed). AOAC, Arlington, Virginia.
8. Baker, S.A. 2002. Fluorescence properties of some farm wastes: implications for water quality monitoring. Water Res 36(1): 189-95.
9. Barber, S.A. 1979. Soil phosphorus after 25 years of cropping with five rates of phosphorus application. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10:1459-1468.
10. Bewig, F. 1976. Hygienische Bedeutung der Nitrate unter Berücksichtigung der Belastung des Grundwasser im Bereich des Wasserwerks Mussum., Forschung u. Beratung, Reihe C, 30: 91-94.
11. Campbell. C.M., M. Schnitzer, W.B. Stewart, J.V.O. Biederbeck and F. Selles. 1986. Effect of manure and fertilizer on properties of a Black Chernozem in southern Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 66:601-613.
12. Harmsen, G.W. 1961. Einfluß von Witterung, Dungung und Vegetaton auf den Stickstoffgehalt des Bodens. Landw. Forschung, Sh. 15, 61-74.
13. Jorgensen, N.A. and J.W. Crowley. 1972. Corn silage for Wisconsin cattle, Coop. Ext. Programs, Univ. of Wis. A1178.
14. Li S. and S. Li. 2000. Leaching loss of nitrate from semiarid area agroecosystem. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 11(2):240-242.
15. Macduff, J. H., S.C. Jarvis and D.H. Roberts. 1993. Nitrate leaching from grazed grassland systems. Symposium proceedings of symposium nitrates, agriculture, water. Paris, Nov. 1990.
16. Mott, N., J.B. Rieder, V. Buhlmann, P. Ernst and F. Roebbers. 1984. wirtschaftliche Grunlandpraxis Heft 21. Landwirtschaftsverlag GMB, -Muster-Hiltrup. pp. 17-25.
17. Pote, D.H., T.C. Daniel, A.N. Sharpley, P.A. Moore, D.R. Edwards and D.J. Nichols. 1996. Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:855-859.
18. Preedy, N., K. McTiernan, R. Matthews, L. Heathwaite and Phil Haygartha. 2001. Rapid incidental phosphorus transfers from grassland. J Environ Qual 30(6):2105-2112.
19. Ruppert, W., M. Stichlmair, J. Bauchhen ß, H. M. Blendl, A. Haisch, K. Hammer, U. Hege, R. Juli, L. Melian, W. Nurnberger, J. Rieder, P. Rintelen, K. Rutzmoser, W. Weber, A. Wurzinger, and H. Zeisig. 1985. Daten und Imformationen zum Gulleinsatz in der Landwirtschaft. Sond. Bayer. Landw. Jahrbuch. 62. 8:899-966.
20. Selenka, F. 1982. Gesundheitliche Aspekte Von Nitrit, Nitrit und Nitrosaminen., Vortrag auf der

- wasserrachlichen Aussprachetagung in Hamburg am 2. 3.
21. Sims, J.T., R.R. Simard and B.C. Joern. 1998. Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research. *J. Environ. Qual.* 27:277-293.
  22. Sommerfeldt, T.G., C. Chang and T. Entz. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Sci. Soc. AmJ.* 52:1667-1672.
  23. Sutton, A.L., D.W. Nelson, D.T. Kelly and D.L. Hill. 1986. Comparison of solid vs. liquid dairy manure applications on corn yield and soil composition. *J. Environ. Qual.* 15:370-375.
  24. Sutton, A.L., D.W. Nelson, J.D. Hoff and V.B. Mayrose. 1982. Effects of injection and surface applications of liquid swine manure on corn yield and soil composition. *J. Environ. Qual.* 11:468-472
  25. Turner, B.L., E. Frossard and D.S. Baldwin. 2005. *Organic phosphorus in the environment.* Wallingford, UK ; Cambridge, MA : CABI Pub. pp. 89-112.