

## Lysimeter에서 돈분 및 화학비료의 시용수준이 옥수수의 생산성 및 N과 P의 용탈에 미치는 영향

육완방 · 김범준 · 최기춘 · 곽병관

### Effect of Applications of Swine Waste and Chemical Fertilizer on Productivity of Silage Corn and Nitrogen and Phosphorus Leaching in Lysimeter

W. B. Yook, B. J. Kim, K. C. Choi and B. K. Kwak

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of application levels of swine waste and chemical fertilizer on productivity of corn and nitrogen and phosphorus leaching in lysimeter containing sandy loam soil. Main plots were consisted of two types of swine waste, such as swine slurry(SS) and compost of swine manure fermented with sawdust(CSMFS), and chemical fertilizer(CF) and the subplots were consisted of application levels of N-fertilizer, such as 100kgN/ha, 200kgN/ha and 400kgN/ha. Lysimeters were constructed with 1m depth, 30cm diameter.

The results obtained were summarized as follows ;

1. Dry matter(DM) yield of corn enhanced as increased application levels of SS, CSMFS and CF. DM yield reveals that there is an increase in order CS > SS > CSMFS.
2. Nitrogen contents of the whole corn enhanced as increased application levels of SS, CSMFS and CF. Nitrogen content reveals that there is an increase in order CS > SS > CSMFS.
3.  $\text{NO}_3^-$  and P contents in the leaching water increased as increased application levels of SS, CSMFS and CF.  $\text{NO}_3^-$  content was highly elevated in the concentrated rainy season in the experimental early stage. However, P content was affected with the rainfall. The maximum  $\text{NO}_3^-$  and P contents in the leaching water were 14.8ppm and 0.26ppm, respectively.

#### I. 서 론

현재 전 세계적으로 환경오염에 대한 법적규제가 강화되고 있는 추세에 따라 우리나라에서도 정부, 학계 및 환경관련기관 등이 환경보존에 관한 법적기준을 강화하고자 하는 노력이 진행되고 있으며, 특히 산업폐수 및 생활폐수와는 달리 부유물질과 BOD 함량이 높은 가축

분뇨는 환경오염을 일으킬 수 있기 때문에 가축분뇨의 효과적인 처리 및 활용 측면에서 정부가 집중적인 노력을 기울이고 있다.

가축사육의 집단화, 전업화 추세에 따라 우리나라에서는 연간 3,500만톤의 가축분뇨가 생산되고 있기 때문에 정확한 환경영향 평가에 의한 가축분뇨의 생태적 순환시스템의 구축이 필요하다. 이를 위해서는 가축사육형태나 분뇨

처리시설은 물론 기후와 토양조건이 외국의 경우와 현저히 다르기 때문에 우리나라의 기후 특성이나 토양의 비옥도 등을 정확히 파악, 유기질 비료원으로서 경작지에 환원하는 기술개발이 매우 중요하다. 그러나 가축분뇨는 다량의 유기 및 무기 영양소를 많이 함유하고 있기 때문에 적절하지 못한 이용기술은 수질 및 토양 등 환경오염을 일으키는 오염원으로서 작용할 가능성을 가지고 있다. 특히 강수량의 분포도가 하절기에 집중되어 있는 우리나라는 식물의 영양소인 비료나 퇴비의 양분이 지하로 용탈, 수질의 오염원으로 작용할 가능성이 내재되어 있기 때문에 가축분뇨의 시용량에 따른 N 손실량과 용탈(van der Meer 등, 1987) 등에 관한 많은 연구의 필요성이 요구되고 있다.

가축분뇨가 퇴비 또는 액비로써 유효한 기능이 있을지라도 N 기준으로 과다하게 시용할 경우 토양 미생물의 급격한 증가 원인이 되어 토양중의 산소를 소비하여 작물에 좋지 않은 영향을 줄 수 있고, 또한 토양 중 암모늄태 질소 농도가 높아져 작물 뿌리의 농도와 작물체내의 질산태 질소 함유율이 높아지게 되어 가축이 섭취한 경우에는 질산중독을 일으킬 수 있다(윤과 최, 1999; Goh Vityakon, 1986; 이, 1978; Noller와 Rhykerd, 1974; Gillingham 등, 1969; Murphy와 Smith, 1967).

토양, 기후 등 환경적인 여건을 고려하지 않은 상태에서 지속적인 분뇨 시용은 질소의 용탈, 즉 NO<sub>3</sub>-N의 용탈을 촉진하여 하천이나 지하수를 오염시키거나 식수로서 체내에 함께 흡수되어 유아에게는 methemoglobin혈증을 유발하여 질식사의 위험이 있으며(Bewig, 1976), 성인에 있어서는 체내에서 질소화합물과 결합

nitroamine 등을 생성하여 위암을 유발(Selenka, 1982)하게 되므로 이의 방지를 위해서도 N의 효율적인 이용기술, 즉 적정 시용기준의 설정은 필수적이다.

본 연구는 silage용 옥수수 재배시 가축분뇨와 화학비료의 시용수준에 따른 옥수수의 생산성 및 N과 P의 용탈에 따른 수질환경에 미치는 영향을 정확히 파악하여, 분뇨용탈에 의한 환경오염을 방지함과 동시에 비료원으로서 가축분뇨의 적정 시용량을 규명함으로써 가축분뇨에 의한 환경오염 문제를 줄이는데 필요한 기초자료를 제공하는데 있다.

## II. 재료 및 방법

본 시험은 2001년 4월부터 9월까지 건국대학교 축산대학 초지 및 사료작물 시험포에 설치된 lysimeter를 이용하여 수행하였다.

lysimeter의 구조는 직경 30cm, 깊이 1m로, 충전된 토양은 사질토였으며 그 성분은 표 1과 같다.

시험기간중에 강수량은 그림 1에서와 같이 7월부터 8월까지의 집중적인 강우현상으로 인하여 많은 토양유실이 발생하여 lysimeter 시험 특성상 옥수수 생육에는 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

시험구의 배치는 비료의 종류(액상발효돈분, 톱밥발효돈분, 화학비료)를 주구, 그 시용수준(100, 200, 400 kgN/ha)을 세구로 한 분할구배 치법 3반복으로 수행하였다.

액상발효돈분은 6개월 이상 발효시킨 것으로 전질소 함량 0.35%, 수분 95% 이상이었으며, 톱밥발효돈분은 전질소 함량이 1.1%, 유기물

Table 1. Chemical characteristics of the soil used in this experiment

pH(1:5H <sub>2</sub> O)	OM(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangeable Cations(mg/100g)				CEC(me/100g)
			K	Ca	Mg	Na	
7.27	0.17	31	0.05	4.73	1.65	0.06	6.80

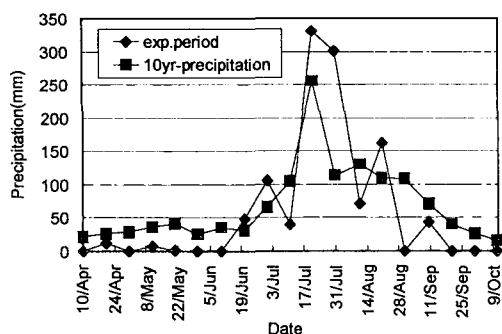


Fig. 1. Precipitation of seoul during the experimental period.

46%, C/N비 22, 수분 38%를 함유한 것을 사용하였다.

가축분뇨의 시용수준은 분뇨중의 N 함량을 분석한 후 분뇨 N의 수준에 따라 사용하였고, 화학비료는 요소를 N 시용수준에 따라 2회 분할 시용하였으며, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>와 K<sub>2</sub>O는 각각 150kg/ha 씩을 기비로서 전량 시용하였다.

공시초종은 중만생종 옥수수인 Pioneer 3310을 2001년 4월 19일에 파종하였다. 파종은 2립씩 점파후 출현이 양호한 1개체를 재배하여 조사하였다. 옥수수의 생산성 조사는 파종 후 125일째 지상으로부터 5cm의 높이로 예취한

후, 생초수량을 측정하였고, 건물수량은 80℃의 열풍건조기에서 96시간 건조 후 건물수량을 산출하였다. 옥수수의 N의 이용효율을 조사하기 위해 건조된 시료를 20mesh의 Wiley mill로 분쇄하여 실험실내 desiccator에 보관하였다가 Kjeldahl 정량법으로 분석(AOAC, 1993)하였다. 용탈수는 옥수수의 파종당일부터 약 2주 간격으로 채취하였고, 채취한 시료는 당일에 FIAStar 5000 Analyzer(Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 측정하였다.

본 시험에서 얻은 결과는 SAS (Statistical analysis system, ver 8.1 USA)를 이용하여 분석하였고 처리구간 평균비교는 Duncan's Multiple range test로 유의성을 검정하였다(SAS Institute Inc., 1985).

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 건물수량

비료의 종류 및 시용수준에 따른 사일리지용 옥수수의 건물수량은 표 2에서 보는 바와 같다. 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 모두 시용수준이 증가함에 따라 옥수수의 건물수량은

Table 2. The results of statistical analysis on dry matter yield of corn by application levels of swine slurry, compost of swine manure fermented with sawdust and chemical fertilizer in lysimeter

Treatment(g/plant/pot)	Type of application			Mean
	SS <sup>1)</sup>	CSMFS <sup>2)</sup>	CF <sup>3)</sup>	
100kgN/ha	30.3 ± 0.2 <sup>Bc</sup>	24.1 ± 4.6 <sup>B</sup>	58.3 ± 1.9 <sup>Ac</sup>	37.6
Application Level 200kgN/ha	51.4 ± 7.9 <sup>Bb</sup>	27.8 ± 0.9 <sup>C</sup>	119.6 ± 13.2 <sup>Ab</sup>	66.3
400kgN/ha	70.0 ± 2.6 <sup>Ba</sup>	34.3 ± 2.3 <sup>C</sup>	140.3 ± 13.9 <sup>Aa</sup>	81.5
Mean	50.6	28.7	106.1	61.8

Mean ± S.D.

<sup>A-C</sup> Means within a row with different superscripts differ(P<.05).

<sup>a-c</sup> Means within a column with different superscripts differ(P<.05).

SS<sup>1)</sup> : swine slurry.

CSMFS<sup>2)</sup> : compost of swine manure fermented with sawdust.

CF<sup>3)</sup> : chemical fertilizer.

증가하는 경향을 보였고( $P < 0.05$ ) 돈분액비 시용구에서 톱밥발효돈분 시용구보다 유의적으로 증가하였다( $P < 0.05$ ). 그러나 화학비료에 비하여 돈분액비는 1/2정도, 톱밥발효돈분은 1/3 정도의 수량에 불과하였다. 이처럼 화학비료에 비해 가축분뇨에서 그 시용 효과가 낮은 것은 분뇨 N의 이용효율이 화학비료에 비해 돈분액비는 50% 내외, 톱밥발효돈분은 그 이하에 불과하기 때문이라고 생각된다. 전체적으로 수량이 낮은 것은 lysimeter에서의 시험 특성상 지하로부터의 수분 공급차단과 점토 함량이 낮은 사질토의 높은 투수성 등에 의한 수분결핍도 주요 원인이 되었던 것으로 사료되며, 암이삭이 발생되지 않은 것도 건물수량 감소와 관련이 있는 것으로 생각된다. 그리고 옥수수의 생육기간동안 고온과 강한 일사량은 저온에서보다 건물수량을 감소시킨다고 하였는데(Vough와 Marten, 1971), 본 시험에서도 봄철 심한 가뭄과 고온현상으로 유식물기의 생장이 좋지 않았고 또한 여름철 고온과 강우의 부족으로 인한 수분부족 현상이 발생하여 옥수수의 생식생장에 좋지 않은 영향을 주었기 때문인 것으로 생각된다.

발효돈분과 화학비료의 시용수준간의 비교에서 돈분액비 200kg의 시용수준은 화학비료

100kg 시용구의 건물수량과 비슷한 수준을 보였으며 400kg 시용구에서는 약 10g 정도 증가된 결과를 보여주고 있지만 화학비료 시용수준의 증가에 비해서는 낮은 효과를 나타내었다. 또한 톱밥발효돈분의 400kgN 시용효과는 돈분액비 100kgN 수준과 비슷한 경향을 보여 톱밥발효돈분의 시용효과가 돈분액비의 시용효과보다는 현저히 낮은 경향을 보여주고 있다. 이처럼 N의 함량에 따라 동일하게 시용하였음에도 불구하고, 화학비료 시용구에 비하여 낮은 생산효과가 나타난 것은 Vetter와 Steffens (1986) 그리고 Ruppert 등 (1985)이 지적하였듯이 총 N의 함량보다는 무기태 N의 함량에 따라 영향을 받기 때문인 것으로 생각된다.

## 2. 질소(N) 함량

돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료의 시용수준별 사일리지용 옥수수의 질소 함량은 표 3에서 보는 바와 같다. 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 모두 시용수준이 증가함에 따라 N 함량은 증가하는 경향을 보였고( $P < 0.05$ ) 화학비료 시용구는 돈분액비와 톱밥발효돈분 시용구보다 유의적으로 높았다( $P < 0.05$ ). 그러나

Table 3. The results of statistical analysis on N content of corn by application levels of swine slurry, compost of swine manure fermented with sawdust and chemical fertilizer in lysimeter

Treatment(%/plant)	Type of application			Mean
	SS <sup>1)</sup>	CSMFS <sup>2)</sup>	CF <sup>3)</sup>	
100kgN/ha	0.62 ± 0.03 <sup>Bb</sup>	0.60 ± 0.02 <sup>B</sup>	0.67 ± 0.00 <sup>Ac</sup>	0.63
Application Level 200kgN/ha	0.65 ± 0.00 <sup>Bb</sup>	0.63 ± 0.03 <sup>B</sup>	0.71 ± 0.00 <sup>Ab</sup>	0.66
400kgN/ha	0.67 ± 0.01 <sup>Ba</sup>	0.65 ± 0.04 <sup>C</sup>	0.74 ± 0.04 <sup>Aa</sup>	0.69
Mean	0.65	0.63	0.71	0.66

Mean ± S.D.

<sup>A-C</sup> Means within a row with different superscripts differ( $P < 0.05$ ).

<sup>a-c</sup> Means within a column with different superscripts differ( $P < 0.05$ ).

SS<sup>1)</sup> : swine slurry.

CSMFS<sup>2)</sup> : compost of swine manure fermented with sawdust.

CF<sup>3)</sup> : chemical fertilizer.

돈분액비 시용구와 톱밥발효돈분 시용구간에 많은 차이를 나타내지는 않았다. 이상의 결과에서 보는 바와 같이 질소 시용수준이 증가함에 따라 옥수수의 질소 함량이 증가되었는데, 이는 시용량이 많은 처리구에서 N 함량이 높았다고 보고한 신(1999)의 결과와 일치하였다. 그리고 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 시용구 모두 예상보다 많은 차이를 보이지 않았는데 이는 시험에 사용된 사질토양이 lysimeter에서 가축분뇨 중의 많은 성분을 용탈시켜 옥수수에 의해 이용될 수 있는 비료성분이 고갈되었기 때문인 것으로 생각된다.

### 3. 용탈수 중 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 함량

발효돈분과 화학비료의 시용에 따른 수질오염도에 미치는 영향을 조사하기 위해, 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료의 시용수준별 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 용탈량은 그림 2, 3과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 시용 초기에 고농도의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 용탈 되었으며 시간이 경과됨에 따라 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 농도는 현저히 감소되는 현상이 나타내었다. 용탈수 중의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량은 화학비료구가 돈분액비나 톱밥발효돈분 시용구에 비해 높은 용탈수준을 나타내었는데, 이는 돈분액비나 톱밥발효돈분은 유기태 질소의 함량이 높아 상대적으로 용탈수 중 무기태 질소의 농도가 낮았던 것으로 생각된다. 발효돈분에도 돈분액비 시용구에 비하여 톱밥발효돈분 시용구에서의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 용탈수준이 더 높았던 것은 퇴비의 경우 돈분액비에 비하여 NO<sub>3</sub>-N 및 NH<sub>4</sub>-N 등 무기태 N의 비율에 의한 것으로 사료되나 이에 관한 확실한 결과를 얻기 위해서는 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다. 그리고 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 용탈량의 연중 변화를 볼 때 집중호우기인 6월과 7월 사이에 비교적 높은 용탈수준을 보였으나, 이후에는 강우에도 불구하고 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 용탈은 거의 나타나지 않았는데 이러한 이유는 lysimeter 내의 토양이 사질토로서 점토에 비하여

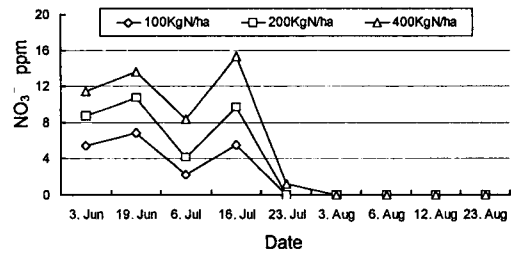


Fig. 2. The level of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> leaching of Swine Slurry, Swine compost and Chemical fertilizer in lysimeter, during the experimental period.

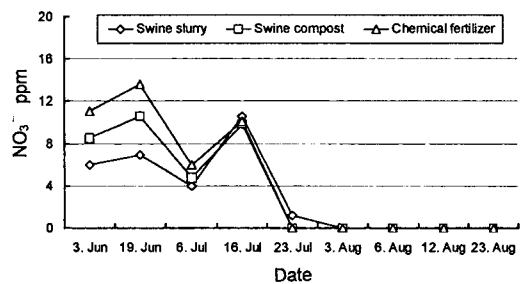


Fig. 3. The level of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> leaching by application level of Swine Slurry, Swine compost and Chemical fertilizer in lysimeter, during the experimental period.

사용된 분뇨 및 화학비료 중의 N이 모두 빠른 용탈을 가져왔기 때문으로 사료된다. 또한 년 중 최고의 용탈량은 화학비료 시용구에서 장마철 집중호우기에 14ppm 정도의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 용탈 되었으며, 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 시용구 간에서도 강우의 영향에 따라 시기별 용탈량의 차이가 발생하였다. 이처럼 강우량이 많은 시기에는 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량이 높은 것으로 보아 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 용탈효과는 강우량과 정의 상관관계가 있다고 한 Li(2000)의 연구보고와 연중 질소의 용탈 농도의 변화는 기상요인에 영향을 받아 큰 변화가 일어난다고 한 Macduff(1990) 보고와 일치하는 경향을 나타내었다. 또한 Harmsen (1961)도 상부에서 지하수로의 질소용탈이 강우량과 강우량의 분포에 따라 결정된다고 보고

하였다.

이러한 결과로 볼 때 사질토에서는 화학비료는 물론 가축분뇨의 사용은 기비 뿐만 아니라 추비로서도 분할 사용 되어야 할 것으로 사료된다. 그림 4은 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 사용에 따른 평균 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 용탈을 나타낸 것으로 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 모두 사용수준이 증가함에 따라 용탈량은 증가하는 경향을 보였지만, 서로간의 용탈 수준의 차이는 많지 않았으나 화학비료 > 톱밥발효돈분 > 돈분액비 순으로 용탈량이 증가되는 경향을 보였다.

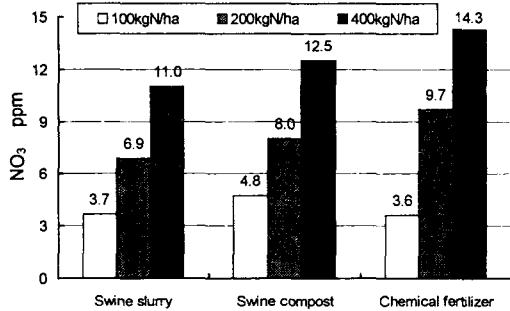


Fig. 4. The average contents level of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in leaching water by application levels of Swine Slurry, Swine compost and Chemical fertilizer in lysimeter.

#### 4. 용탈수 중 P의 함량

돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료의 사용수준별 P의 용탈에 미치는 영향을 조사한 결과 (그림 5와 6), P의 조사시기별 용탈수준은 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 경우에서와는 달리 6월과 8월로 분산되어 용탈되는 경향을 나타내었다. 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료의 사용수준별 P의 용탈수준은 그림 5에서 보는 바와 같이 모두 비슷한 경향으로 큰 차이를 나타내지는 않았다. 이러한 이유는 P의 용탈은 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와는 달리 용탈이 잘 되지 않기 때문에 시비의 종류나 시비량 모

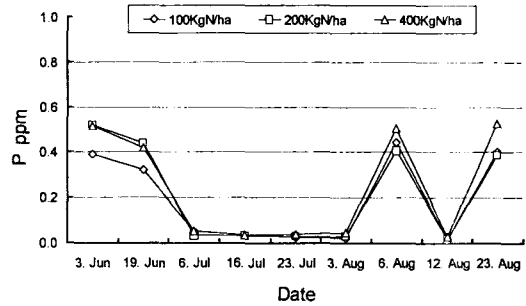


Fig. 5. The level of P leaching by application level of Swine slurry, Swine compost and Chemical fertilizer in lysimeter. during the experimental period.

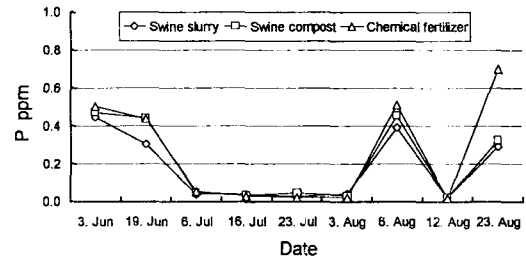


Fig. 6. The level of P leaching of Swine slurry, Swine compost and Chemical fertilizer in lysimeter. during the experimental period.

두에서 현저히 다른 경향을 보여주고 있고, 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 사용구간의 차이도 나타나지 않았던 것으로 사료된다.

그림 7에서 보는 바와 같이 비료종류별, 사용수준별 용탈량은 100kgN/ha에서의 인산 용탈량이 화학비료 사용구에서는 평균 0.25ppm이 용탈된 반면 돈분액비와 톱밥발효돈분은 각각 0.14ppm과 0.18ppm이 용탈되었다. 그러나 돈분액비에서 P의 비효가 화학비료에 비해 70~90% 임을 감안했을 때 거의 유사한 비율로 용탈되었음을 알 수 있었다. 또한 화학비료구는 돈분액비 사용구(0.17ppm)와 톱밥발효돈분 사용구(0.21ppm) 보다 평균 0.04~0.08ppm 정도 용탈량의 증가를 보였지만 사용량이 증가하는 돈분액비나 톱밥발효돈분의 사용량 증가시보다 용탈량

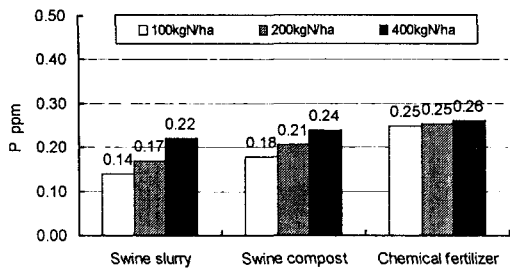


Fig. 7. The average contents level of P in leaching water by application levels of Swine Slurry, Swine compost and Chemical fertilizer in lysimeter.

은 오히려 둔화되는 경향을 보였다. 일반적으로 가축분뇨 중 P의 약 80%는 수용성 무기태 인산이며 나머지 20%는 유기물과 결합된 피틴태 인산으로서 토양미생물의 작용에 의해 서서히 식물체가 이용할 수 있는 형태로 전환될 뿐만 아니라, 질소와는 달리 탈질과정과 같은 공기 중 손실이 없고 토양에 고정되는 성질이 강하며, 토양 중 이동이 적어 손실이 거의 안되는 것으로 알려져 있다. 따라서 P는 강우에 큰 영향을 받아 초기 용탈량이 많았던 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와는 달리 보다 지속적인 용탈경향을 나타낸 것으로 생각된다. 점토 함량이 낮은 사질토양은 시비양분의 손실이 많고, 토양이 산성에 가까울수록 식물이 흡수할 수 없는 형태로 고정되어 비료로 사용된 인산의 이용율이 떨어진다고 알려져 있는데, 본 실험의 lysimeter에 충전된 토양은 점토 함량이 낮고 pH가 중성에 가까운 사질토이었음에도 불구하고, 전체적인 용탈량이 매우 낮게 나타났는데, 이는 그 일부가 토양과 강하게 결합하여 용탈되지 않았기 때문으로 사료된다.

이상의 결과에서 P은 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와는 달리 사용 후 경과일수보다는 강우에 따라 용탈량의 차이를 보이므로 돈분의 종류나 화학비료에 관계없이 전량을 기비로 사용하여도 작물의 이용성이나 환경에 미치는 영향이 적은 것으로 생각된다.

#### IV. 요약

본 연구는 lysimeter에서 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료를 각각 100, 200, 400kg/ha 수준으로 사용하였을 때 옥수수의 생산성, 질소의 이용효율 및 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 P 용탈에 의한 환경오염에 미치는 영향을 정확히 규명, 가축분뇨의 자원화는 물론 가축분뇨에 의한 환경오염 방지대책 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 수행되었으며 그 연구결과는 다음과 같다.

1. 옥수수의 건물수량은 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 모두 사용수준과 비례하여 증가하는 경향을 보였으며, 화학비료 > 돈분액비 > 톱밥발효돈분의 순으로 높은 경향을 나타내었다.

2. 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 사용구간 silage용 옥수수의 질소 함량은 화학비료 > 돈분액비 > 톱밥발효돈분 순으로 높았고, 사용수준과 비례하여 증가되는 경향을 보였다.

3. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 P의 용탈량은 돈분액비, 톱밥발효돈분 및 화학비료 모두 사용수준과 비례하여 증가하였으며 계절적으로는 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 단지 시험 초기 집중호우기에 높은 용탈량을 나타낸 반면 P는 강우시마다 지속적으로 높은 경향을 보여 주었고, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 P의 최고 용탈량은 각각 14.8ppm과 0.26ppm이었다.

#### V. 인용문헌

1. 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.
2. Gillingham, J.T., M.M. Shirer, J.J. Starnes, N.R. Page and E.F. McClain. 1969. Relative occurrence of toxic concentrations of cyanide and nitrate in varieties of sudangrass and sorghum-sudangrass hybrids. Agron. J. 61:727-730.
3. Goh, V.M. and P. Vityakon. 1986. Effects of

- fertilizers on vegetable production 2. Effects of nitrogen fertilizers nitrogen content and nitrate accumulation of spinach and beetroot. N.Z.J. Agr. Rs. 29:485-494.
4. Harmsen, G.W. 1961. Einfluß von Witterung, Düngung und Vegetation auf den Stickstoffgehalt des Bodens. Landw. Forschung, Sh. 15, 61-74.
  5. Li, S. and S. Li. 2000. Leaching loss of nitrate from semiarid area agroecosystem. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 11(2):240-242.
  6. 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.
  7. Murphy, L.S. and G.E. Smith. 1967. Nitrate accumulations in forage crops. Agron. J. 59:171-174.
  8. Noller, C.H. and C.L. Rhykerd. 1974. Relationship of nitrogen fertilization and chemical composition of forage to animal health and performance. in Forage Fertilization. ASA. CSSA. pp. 363-394.
  9. Ruppert, W., M. Stichlmair, B. J. Bauchhen, 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 Informationen zum Gülleeinsatz in der Landwirtschaft. Sond. Bayer. Landw. Jahrbuch. 62. 8:899-966.
  10. SAS Institute., 1985. Inc. SAS procedure guide for personal computers.
  11. Selenka, F. 1982. Gesundheitliche Aspekte Von Nitrit, Nitrit und Nitrosaminen.", Vortrag auf der wasserfachlichen Aussprachetagung in Hamburg am 2. 3.
  12. Vough, L.R. and G.C. Marten. 1971. Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of alfalfa. Agrom. J. 63:40-42.
  13. Vetter, H. and G. Steffens. 1986 wirtschaftseigene Düngung, DLG-Verlag, Frankfurt(Main).
  14. 신동은. 1999. 축종별 액상분뇨와 질소사용량이 양질조사료의 수량, 사료가치 및 토양특성에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문.
  15. 이차수. 1978. 홀스타인 犏牛에 발생한 질산염 중독. 韓國獸醫學會誌. 18:9-13.
  16. 윤 창, 최기춘. 1999. 질소시비 수준이 생육단계 별 수단그라스계 교잡종의 질산염 축적 및 수량에 미치는 영향. 한초지. 19(1):81-88.
  17. 정이근. 1999. 가축분뇨퇴비. 액비제조와 이용. 농업과학기술원.
  18. 정 찬, 전병태. 1989. 가축분이 초지의 토양과 생산성에 미치는 영향. 한초지. 9(1):48-55.