

돈분발효 퇴액비 시용과 첨가적인 질소비료 시용이 옥수수의 생산성과 질소 및 인의 용탈에 미치는 영향

최기춘 · 조남철 · 정민웅 · 육완방¹

Effects of Application of Fermented Swine Manure with Additional Nitrogen Fertilizer on Productivity of Corn and Leaching of Nitrogen and Phosphorous in Corn Cultivation Soil

Ki Choon Choi, Nam Chul Jo, Min-Woong Jung and Wan Bang Yook¹

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of swine manure (SM) application with additional nitrogen (N) fertilizer on productivity of corn and environmental pollution in corn cultivation soil. The experiment was conformed in lysimeter which was constructed with 30 cm diameter, and 100 cm height. Swine manures used in this study were the compost of swine manure fermented with sawdust (SMFWS) and soft rice hulls treated with high temperature and high pressure (SRH), and swine slurry (SS). The application rates of the additional N, as urea, with swine manure were 50 and 100 kgN/ha on each plot. This study was arranged in completely randomized design with three replication. DM yields in SM treatments with mineral N were increased significantly compared to those in SM treatment without mineral N (zero-mineral N) ($P<0.05$) and increased as the rate of mineral N application increased ($P<0.05$). DM yields in SMFWS and SS treatments with mineral 100 kgN/ha showed trends similar to those of chemical fertilizer (control) but higher than those of 50 kg N/ha. DM yields tended to be higher in SMFWS and SS treatments than in SRH treatment. Total N contents in SMFWS, SRH and SS treatments with mineral N were increased, compared with SM treatment without mineral N. N contents in SM treatments with mineral N were lower than those of chemical fertilizer treatment, but N content of chemical fertilizer treatment showed trends similar to that of SS treatments with mineral 100 kgN/ha. $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration in SM treatments with mineral N were increased significantly, compared to those in SM treatment without mineral N and in chemical fertilizer ($P<0.05$). $\text{NH}_4\text{-N}$ concentrations in SMFWS and SS treatments with mineral 100 kgN/ha showed trends similar to those of chemical fertilizer, but higher than those of 50 kg N/ha. $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration in SM treatments with mineral N were increased significantly, compared to those in SM treatment without mineral N ($P<0.05$). $\text{PO}_4\text{-P}$ concentration in chemical fertilizer treatment showed trends similar to that of SS treatments with mineral 100 kgN/ha. The concentrations of $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ increased as the rate of mineral N application increased ($P<0.05$). The concentrations of $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ were highly elevated in the concentrated rainy season in the early stage among experimental period. The maximum $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ concentrations in the leaching water were 3.46 mg/L, 1.11 mg/L and 0.14 mg/L, respectively.

(Key words : Swine manure, Rice hull, Sawdust, Corn, Leaching, Lysimeter)

농촌진흥청 축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan-Eup, Cheonan-Si, Chungnam, 330-801)
¹ 건국대학교 동물생명과학대학 (College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea)

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

I. 서 론

현재 가축분뇨의 자원화 및 이용성에 많은 문제점이 제기되고 있는 가운데 설상가상으로 2012년 가축분뇨의 해양투기 금지에 따라 더욱 더 어려운 상황에 처해 있다. 특히, 가축분뇨는 자원과 오염물질이라는 양면성(Long and Gracey, 1990ab; Rees et al., 1993)을 지니고 있어 부적절하게 관리될 때에는 수질 오염(Daliparthi et al., 1994)에 크게 영향을 미칠 수 있기 때문에 정부는 그동안 환경오염을 감소시키기 위해 가축분뇨의 자원화를 위한 정책을 도입하였다.

이제까지 가축분뇨(4,170만톤/년)는 작물의 영양소인 비료성분이 풍부하기 때문에 액비 또는 퇴비로써 이용되어 왔다(Campbell 등, 1986; Sommerfeldt 등, 1988; 신 1999). 가축분뇨의 퇴비화 과정에는 온도, 수분, 산소 등의 요인들이 많은 영향을 미치며 이 요인들이 최적의 조건에서 발효과정에 관여하는 미생물들도 최고의 활성을 나타낼 수가 있다. 이와같이 발효를 촉진하여 퇴비화를 빨리 진행시키기 위해서는 통기성을 높여 산소 공급을 충분히 하고, 미생물이 활동하기에 알맞은 수분을 유지시켜주고, 동시에 미생물 생장에 필요한 에너지를 공급하여야 하는데 이에 여러 가지 방법이 있겠으나, 대부분의 양축농가는 톱밥을 축분과 혼합하여 공급하고 있는 실정이다(농진청, 2001). 그러나 톱밥은 공급량이 한정되어있고 또 수요에 비해 공급 부족으로 가격이 매년 상승하고 있는 실정이다. 따라서 톱밥의 수요량을 완화하기 위한 대체 물질이 여러 가지가 있겠으나, 농산 부산물로 생산되는 왕겨는 공급량이 비교적 많아 대체물질로 이용되고 있으나, 왕겨는 분해가 어려운 리그닌 성분이 1.3~3.8% 들어있고, 껍질은 매우 단단한 경질로 되어있어 용해량이 낮아 수분 흡수율이 떨어진다. 그래서 왕겨의 이용효율을 높이기 위해서 가공용 팽연왕겨가 제조되어 왕겨보다 수분 흡수율이 증가하였다. 이와같이 퇴비화 과정에 이용하는 톱

밥이나 팽연왕겨 등의 수분 조절제에 따라 생산되는 퇴비의 품질에도 많은 영향을 미치고 있다. 이처럼 제조된 가축퇴비/액비의 과다한 사용과 추가적인 무기 N의 공급은 우리의 식수원인 우물이나 수원지 및 하천으로 흘러 들어가서 수질에 많은 영향을 주고 있다(Madison과 Brunett, 1984; Power와 Schepers, 1989). 또한 가축퇴비/액비는 수질환경뿐 만아니라 작물 생육에 다양한 영향을 주기 때문에 가축분뇨의 살포 방법에 따른 토양이나 수질변화(임 등, 2005) 그리고 사료작물의 영양적 가치(최와 육, 2000)에 대한 다양한 연구접근이 이루어져 왔다.

따라서 본 연구에서는 수분조절제의 종류에 따른 돈분의 정확한 비료효과는 물론, 수분조절제의 첨가에 따라 낮아진 비료의 효과를 보충하고 비료의 효과를 높여주기 위해 추가적인 질소의 첨가에 의한 정확한 시비방법을 제시함과 동시에 환경에 미치는 영향을 파악함으로써 가축분뇨의 효율적이고 환경친화적 이용방안을 제시하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 건국대학교내의 초지 사료작물 시험포 내의 lysimeter에서 2006년 5월부터 2007년 4월까지 1년 동안 자연기상조건에서 수행하였다(Table 1). 본 시험에서는 우리나라 중부지방의 전형적인 clay 함량이 35%정도인 점토질 토양을 이용하였으며 토양성분은 표 2와 같다. 시험기간 동안 강우회수는 5월에는 9회, 6월은 7회, 7월은 20회, 8월은 15회, 9월은 6회였는데, 집중강우(50 mm 이상)는 5~6월달은 없었으나 7월달에 5회, 8월달에 2회가 있었다. 그리고 본 연구에 사용된 가축분뇨는 우리나라에서 현재 많이 보급되고 있는 톱밥발효 돈분(A 회사)과 팽연왕겨 발효돈분(B 회사)으로 완전 부숙포장된 것을 수집 분석 후 살포하였다. 돈분액비는 관행적으로 시행하고 있는 액비탱크에서 6

Table 1. Meteorological information during the experimental periods

Item	2006 May	Jun	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	2007 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Total precipitation (mm)	156.2	168.5	101.4	121.2	11.1	30.2	47.6	17.3	10.8	12.6	123.5	41.1
Average Temperature (C)	18.4	21.8	23.1	27	21.1	17.9	8.4	1.4	0.4	4	6.1	11.4

Table 2. Characteristics of soil collected at beginning of experiment

pH (1:5H ₂ O)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM ¹⁾ (%)	T-N ²⁾ (%)	CEC ³⁾ (me/100g)	Exchangeable cations (cmol ⁺ /kg)			
					K	Na	Ca	Mg
6.92	38	0.35	0.02	8.61	0.15	0.07	4.73	1.65

¹⁾ OM: organic matter, ²⁾ T-N: Total nitrogen, ³⁾ CEC: cation exchange capacity.

개월이상 교반발효 시킨 것으로 전질소 함량이 0.61 %, 인 0.15%, 수분 함량이 95% 이상이었으며, 톱밥발효돈분은 전질소 함량이 1.70%, 인 1.57 %, 유기물 함량이 46%, C/N비가 22 수분 함량이 38%인 것을 사용하였다. 그리고 팽연발효돈분은 전질소 함량이 0.61%, 인 0.33%, 유기물 함량이 45%, C/N비가 25 및 수분 함량이 35%인 것을 사용하였다.

돈분발효 퇴액비의 사용형태가 사료작물의 생산성과 양분의 유실에 의한 이동에 미치는 영향 등을 조사하기 위하여 lysimeter를 설치 (폭 45 cm, 길이 185 cm, 깊이 100 cm)하여 조사하였으며, 돈분발효 퇴액비의 사용은 N 기준으로 각각 200 kg/ha를 공급하였으며, 인산 (P₂O₅:150)과 가리(K₂O:150)는 기비로서 전량 사용하였다. 그리고 돈분발효 퇴액비별로 추가적인 N 사용수준은 각각 50과 100 kg/ha를 달리하여 전량기비로 사용하였고, 대조구는 전량기비(200-P₂O₅:150-K₂O:150)로 사용하였으며 시험구는 완전임의 배치법 3반복으로 하였다. 옥수수의 생산성은 관행에 의하여 재배 관리하였으며 파종 후 90일에 수확하고 생초량을 측정하였으며, 그 중 일부를 채취 칭량한 후 70℃ 건조기에서 48시간 건조 후 건물 생산량을 산출하였다. 돈분퇴비의 제조방법에 따른 옥수수의 사료가치를 조사하기 위해 채취된 시료를

건조하여 20 mesh의 Wiley mill로 분쇄하여 실험실내 desiccator에 보관하였다가 Kjeldahl 정량법으로 전질소 함량(AOAC, 1993)을 분석하였다.

돈분퇴비의 제조방법에 따른 NO₃-N, NH₄-N 및 PO₄-P 조사는 FIAStar 5000 Analyzer (Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 측정하였다. 본 시험에서 얻은 모든 결과는 Windows 용 SPSS/PC (Statistical Package for the Science, ver 12.0. USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 처리간의 평균비교는 Duncan's multiple range test (DMRT)를 시행하였고 최소유의성을 검정된 P-value가 0.05로 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 건물수량

발효돈분과 추가적인 요소 N의 사용수준에 따른 lysimeter에서의 옥수수의 건물수량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

액상발효돈분의 건물수량은 톱밥발효돈분 및 팽연왕겨발효돈분 사용구보다 현저하게 증가하였고 톱밥발효돈분 사용구는 팽연왕겨발효돈분 사용구보다 현저하게 증가하였다. 그리고 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분

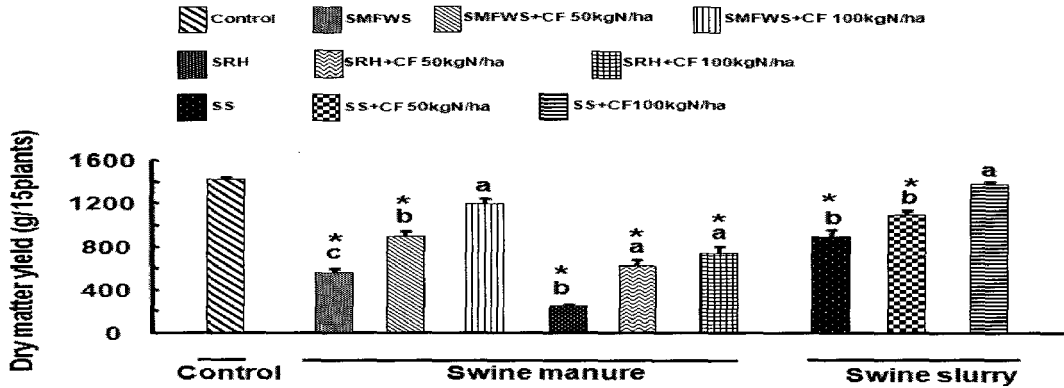


Fig. 1. Effects of swine manure application with additional nitrogen fertilizer on dry matter (DM) yields of corn grown in lysimeter. SMFWS: Compost of swine manure fermented with sawdust, SRH: Compost of swine manure fermented with soft rice hulls treated with high temperature and high pressure, SS: swine slurry, CF: Chemical fertilizer. a,b,c; Values with different letters in same treatment are significantly different at the 5% level. This symbol(*) is significant difference at the 0.05% level, compared with chemical fertilizer (control).

단독 시용구의 건물수량은 추가적인 요소 N 혼용 시용구 보다 현저하게 감소되었으며 ($P < 0.05$), 또한 추가적인 요소 N 시용수준이 증가함에 따라 건물수량은 증가하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$).

화학비료표준시용구 (대조구)의 건물 수량은 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독시용구보다 현저하게 증가하였으나 ($p < 0.05$). 톱밥발효돈분 및 액상발효돈분과 추가적인 요소 100 Nkg 혼용 시용구와 비교했을 때 비슷한 수량을 보였다. 그러나 팽연왕겨발효돈분과 추가적인 요소 100 Nkg 혼용 시용구의 건물수량은 대조구에 비하여 현저하게 감소되었다 ($p < 0.05$). 또한 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분과 요소 50 Nkg 혼용 시용구에서도 대조구 보다 현저하게 감소되었다 ($p < 0.05$).

본 시험에서는 돈분뇨의 시용효과가 화학비료에 비해 50%의 효과 밖에 없다는 것을 전제로 하여 요소 및 액비시용수준을 결정하였지만 실질적으로 톱밥발효돈분 및 액상발효돈분에 추가적인 요소 100 Nkg 시용구에서는 대조구와 비슷한 효과를 보인 것과 대조적으로 각각 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈

분과 요소 50 Nkg 혼용 시용구 그리고 팽연왕겨발효돈분과 요소 100 Nkg에서의 건물수량이 대조구에 비하여 현저하게 감소하는 경향을 보였는데 이는 톱밥발효돈분 및 액상발효돈분에 질소 이외의 다른 영양소에 의한 영향도 있었기 때문으로 생각되고 또한 팽연왕겨의 비료효과가 톱밥발효돈분 및 액상발효돈분에 비해 옥수수의 경우 효과가 적은 것으로 생각된다. 그리고 나 등 (2006)이 보고한 바와 같이 lysimeter 인한 시험 특성상 영양분의 빠른 용탈로 인해 옥수수의 생육이 영향을 받은 것으로 보인다.

2. 전질소 함량

발효돈분과 추가적인 요소 N의 시용수준에 따른 lysimeter에서의 옥수수의 전질소 함량은 Fig. 2와 같다. 액상발효돈분 시용에 따른 옥수수내 전질소 함량은 톱밥발효돈분 및 팽연왕겨발효돈분 시용구보다 현저하게 증가하였으며, 톱밥발효돈분 시용구의 전질소 함량은 팽연왕겨발효돈분 시용구보다 현저하게 증가하였다. 그리고 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독 시용구의 전질소 함량은 추가

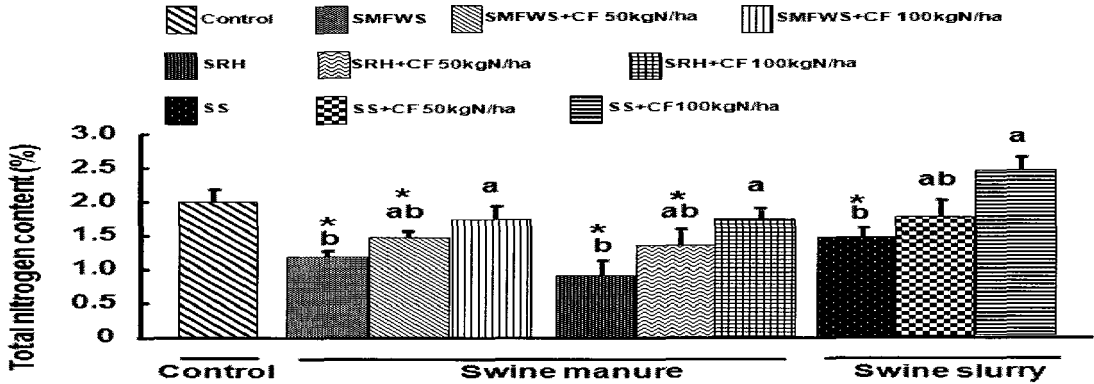


Fig. 2. Effects of swine manure application with additional nitrogen fertilizer on total nitrogen contents of corn grown in lysimeter. SMFWS: Compost of swine manure fermented with sawdust, SRH: Compost of swine manure fermented with soft rice hulls treated with high temperature and high pressure, SS: swine slurry, CF: Chemical fertilizer. a,b,c; Values with different letters in same treatment are significantly different at the 5% level. This symbol(*) is significant difference at the 0.05% level, compared with chemical fertilizer (control).

적인 요소 N 시용구 보다 현저하게 감소되었으며 ($p < 0.05$) 또한 추가적인 요소 N 시용수준이 증가함에 따라 전질소 함량은 증가하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). 화학비료표준시용구의 전질소 함량은 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독시용구보다 현저하게 증가하였으나 ($p < 0.05$) 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분과 추가적인 요소 100 Nkg 시용구와 비교했을 때 비슷한 전질소 함량을 보였다.

이상의 결과에서 보는 바와 같이 돈분액비 시용구의 전질소 함량이 톱밥발효돈분이나 팽연왕겨발효돈분에 비해 현저하게 증가한 것은 돈분액비내 무기태 N의 함량이 톱밥발효돈분이나 팽연왕겨발효돈분 보다 높기 때문이며 즉, 톱밥발효돈분이나 팽연왕겨발효돈분에 비해서 돈분액비는 속효성으로 인한 질소흡수량이 높은 성격을 가지고 있기 때문인 것으로 생각된다 (Ruppert 등, 1985).

3. 용탈수 중의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도

톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발

효돈분 단독시용 및 추가적인 요소 시용에 따른 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 용탈농도를 조사한 결과는 Fig. 3, 4, 5 및 6에서 보는바와 같다.

Fig. 3 및 4에서 나타낸바와 같이 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독시용구의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 농도는 화학비료시용구와 비슷한 농도를 나타냈으며 추가적인 요소 시용수준의 증가에 따라 모두 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 증가하는 경향을 나타냈으나 추가적인 요소 시용구간에는 큰 차이는 보이지 않았다. $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 용탈량은 1.6 mg/L, $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 0.45 mg/L로 수질환경오염과는 관련성이 없을 정도로 경미한 용탈이 이루어지는 것을 알 수 있었으며 돈분뇨에 추가적인 요소 시용수준이 증가함에 따라 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 용탈은 증가하는 경향을 보였지만 그 차이는 미비한 수준을 나타냈다. 그리고 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독시용 및 추가적인 요소 시용에 따른 평균적인 연중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도 변화는 Fig. 5 및 6에 나타낸 바와 같이 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독시용구간에는 차이를 보여주지 않았지만 추가적인 요소 시용수준이 증가함

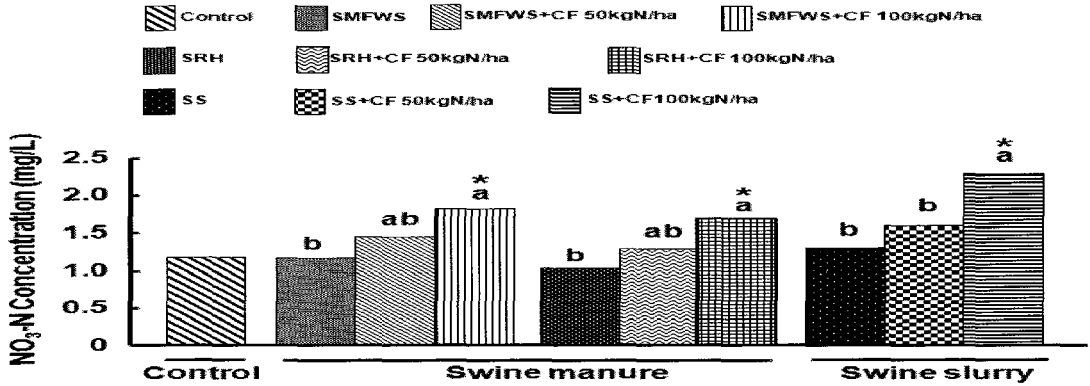


Fig. 3. Effects of swine manure application with additional nitrogen fertilizer on average NO₃-N concentration in leaching water. SMFWS: Compost of swine manure fermented with sawdust, SRH: Compost of swine manure fermented with soft rice hulls treated with high temperature and high pressure, SS: swine slurry, CF: Chemical fertilizer. a,b,; Values with different letters in same treatment are significantly different at the 5% level. This symbol(*) is significant difference at the 0.05% level, compared with chemical fertilizer (control).

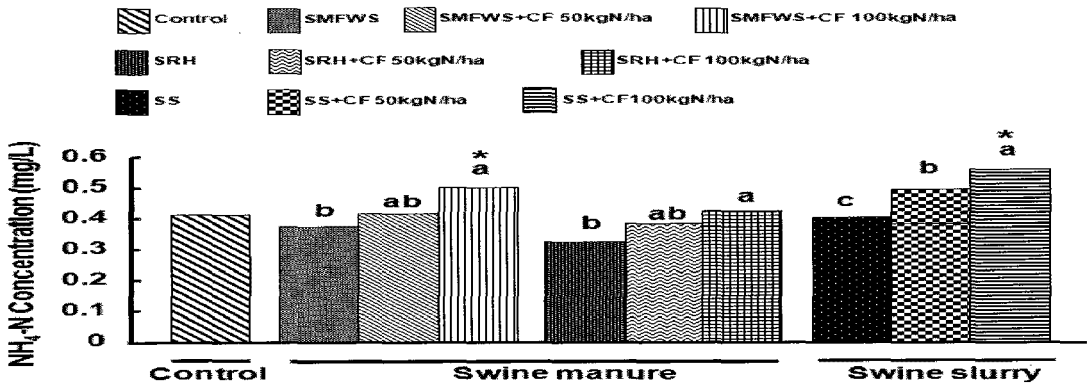


Fig. 4. Effects of swine manure application with additional nitrogen fertilizer on average NH₄-N concentration in leaching water. SMFWS: Compost of swine manure fermented with sawdust, SRH: Compost of swine manure fermented with soft rice hulls treated with high temperature and high pressure, SS: swine slurry, CF: Chemical fertilizer. a,b,c; Values with different letters in same treatment are significantly different at the 5% level. This symbol(*) is significant difference at the 0.05% level, compared with chemical fertilizer (control).

에 따라 증가하는 경향을 보여주었다. 그리고 옥수수 수확 후 년중 평균 NO₃-N 및 NH₄-N 용탈 농도는 옥수수 수확전과 비슷한 경향을 보였는데 이는 8월에 내린 강우가 9월에 영향을 준 것으로 보이며 특히 강우량이 많은 시기인 7월 초순경에는 NO₃-N 및 NH₄-N 농도가

증가하는 경향을 보여주었다.

4. 용탈수 중의 PO₄-P 농도

튐발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독사용 및 추가적인 요소 사용에 따

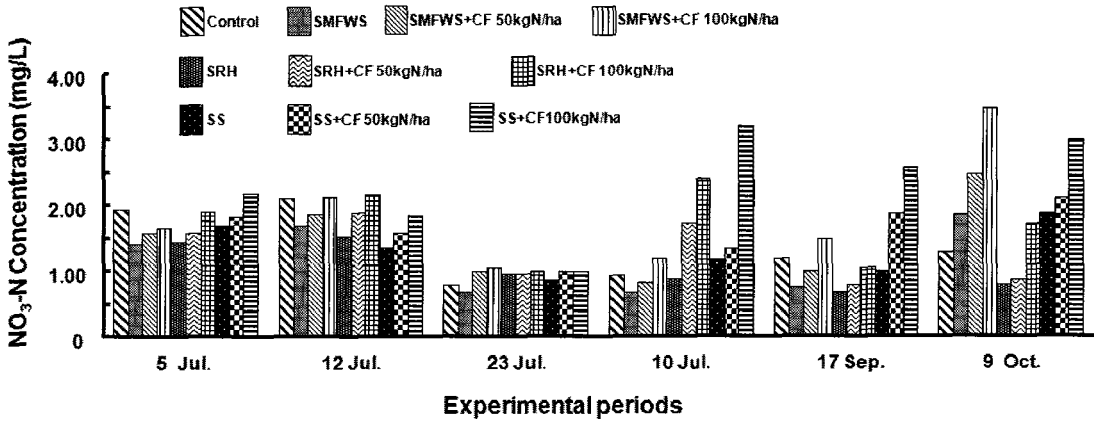


Fig. 5. Changes of NO₃-N concentration in leaching water by swine manure application with additional nitrogen fertilizer during the experimental period. SMFWS: Compost of swine manure fermented with sawdust, SRH: Compost of swine manure fermented with soft rice hulls treated with high temperature and high pressure, SS: swine slurry, CF: Chemical fertilizer.

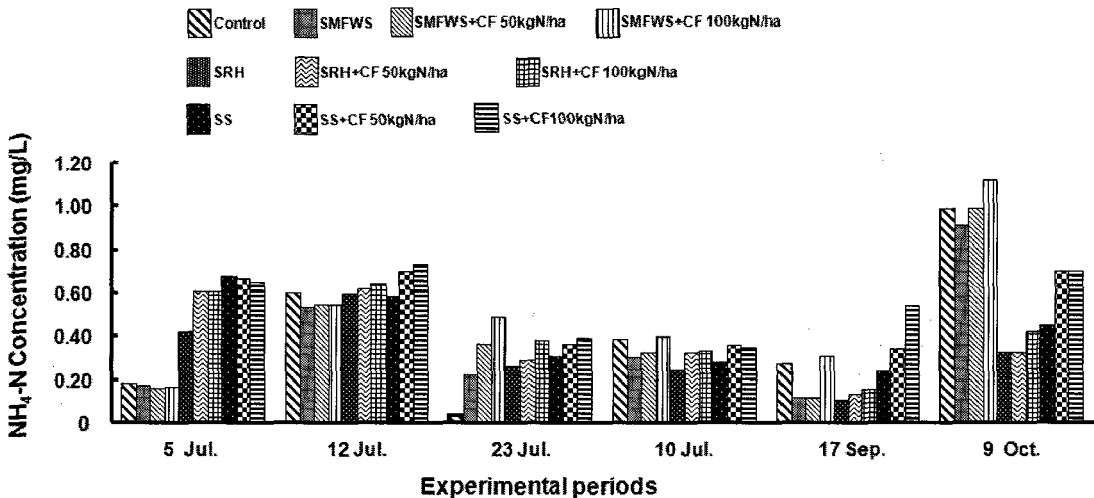


Fig. 6. Changes of NH₄-N concentration in leaching water by swine manure application with additional nitrogen fertilizer during the experimental period. SMFWS: Compost of swine manure fermented with sawdust, SRH: Compost of swine manure fermented with soft rice hulls treated with high temperature and high pressure, SS: swine slurry, CF: Chemical fertilizer.

른 PO₄-P의 용탈농도를 조사한 결과는 Fig. 7과 8에서 보는바와 같다.

Fig. 7에서 나타낸바와 같이 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독시용구의 PO₄-P의 농도는 화학비료 시용구와 비슷한 농도를 나타냈으며 추가적인 요소 시용수준의

증가에 따라 모두 PO₄-P 농도는 증가하는 경향을 나타냈으나 추가적인 요소 시용수준에는 큰 차이는 보이지 않았다. PO₄-P의 농도는 0.90 mg/L으로 수질환경오염과는 관련성이 없을 정도로 경미한 용탈이 이루어지는 것을 알 수 있었으며 돈분뇨에 추가적인 요소 시용수준이 증

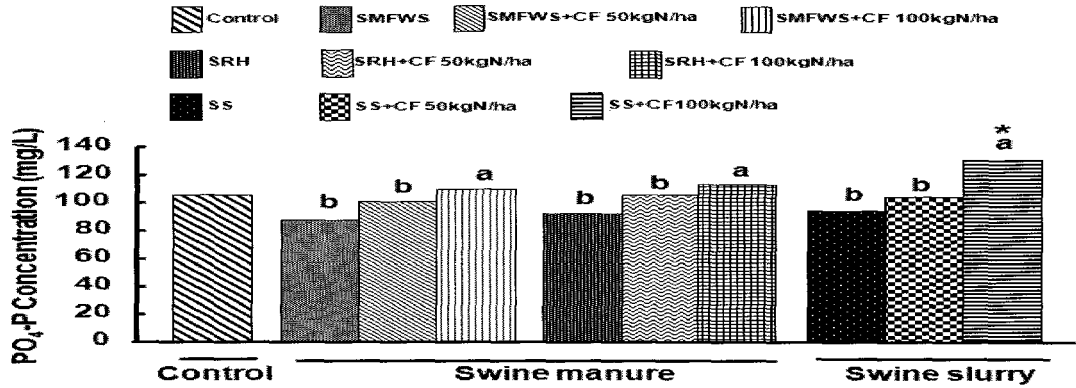


Fig. 7. Effects of swine manure application with additional nitrogen fertilizer on average PO₄-P concentration in leaching water. SMFWS: Compost of swine manure fermented with sawdust, SRH: Compost of swine manure fermented with soft rice hulls treated with high temperature and high pressure, SS: swine slurry, CF: Chemical fertilizer. a,b,c; Values with different letters in same treatment are significantly different at the 5% level. This symbol(*) is significant difference at the 0.05% level, compared with chemical fertilizer (control).

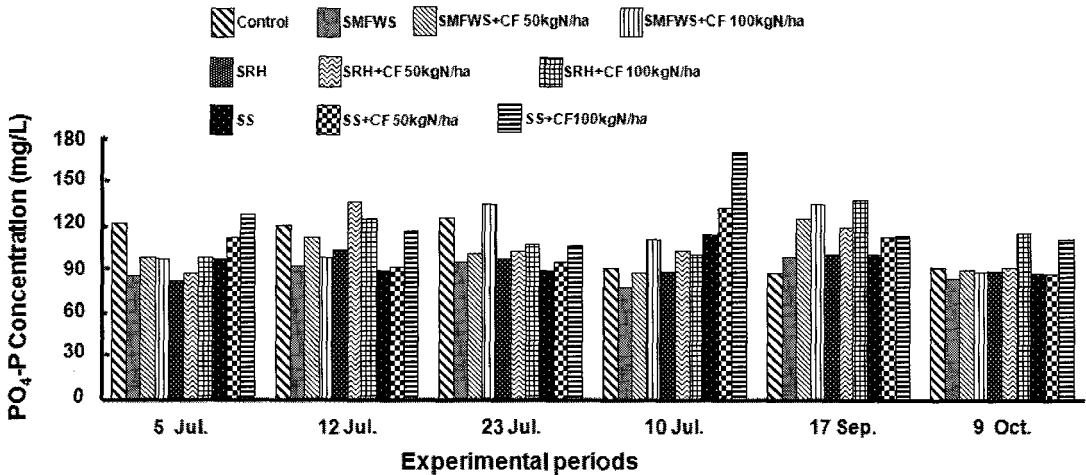


Fig. 8. Changes of PO₄-P concentration in leaching water by swine manure application with additional nitrogen fertilizer during the experimental period. SMFWS: Compost of swine manure fermented with sawdust, SRH: Compost of swine manure fermented with soft rice hulls treated with high temperature and high pressure, SS: swine slurry, CF: Chemical fertilizer.

가함에 따라 PO₄-P의 용탈은 증가하는 경향을 보였지만 그 차이는 미미한 수준을 나타냈다. 그리고 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독사용 및 추가적인 요소 사용에 따른 평균적인 년중 PO₄-P 농도 변화는 그림 8 나타낸 바와 같이 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효

돈분 및 액상발효돈분 단독사용구간에는 차이를 보여주지 않았지만 추가적인 요소 사용수준이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여주었다. 그리고 옥수수 수확 후 년중 평균 PO₄-P 농도는 옥수수 수확전과 비슷한 경향을 보였는데 이는 NO₃-N 및 NH₄-N 용탈과 마찬가지로 8월에 내

린 강우가 9월에 영향을 준 것으로 보인다.

이상의 결과에서 나타난바와 같이 강우량이 많은 시기에는 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 및 $\text{PO}_4\text{-P}$ 농도가 높은 것으로 보아 토양내 주요 성분의 용탈효과는 강우량과 정의상관 관계가 있다고 한 최등(2008)의 연구보고와 일치하는 경향을 나타냈다. 또한, 여름철 토양내 영양소의 용탈과 강우량의 관계는 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났는데 이는 Li (2000)의 연구보고와 같은 경향을 보여주었으며 년중 질소는 기상요인에 의해 영향을 받는다는 Macduff(1993)의 보고와 Harmson (1961)의 지하수로의 질소용탈과 강우량 그리고 강우량 분포에 따라 용탈이 결정된다는 보고와도 비슷한 경향을 보여주고 있다.

IV. 요약

본 연구는 돈분의 발효 형태에 따른 추가적인 화학비료가 옥수수의 생산성과 이에 의한 환경오염에 미치는 영향에 대한 연구로서 lysimeter에서 옥수수에 대한 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독시용 및 추가적인 요소의 시용수준에 따라 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 및 $\text{PO}_4\text{-P}$ 용탈에 의한 환경오염에 미치는 영향을 정확히 규명하여 가축분뇨의 자원화는 물론 가축분뇨에 의한 환경오염 방지대책 수립을 하고자 수행하였다. 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분에 각각 추가적인 요소의 첨가에 따른 옥수수의 건물수량은 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독시용구보다 유의적으로 증가하였으며 추가적인 요소시용수준의 증가에 따라 증가하는 경향이 있었다. 톱밥발효돈분 및 액상발효돈분에 요소 100 kgN/ha 시용했을때의 건물수량은 화학비료 시용구와 비슷한 경향을 보였으며 50 kgN/ha 시용했을때 보다는 현저하게 높았다. 톱밥발효돈분 및 액상발효돈분 단독시용했을때의 건물수량은 팽연왕겨발효돈분 단독시용구보다 현저하게 증가하였다. 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효

돈분 및 액상발효돈분에 각각 추가적인 요소의 첨가에 따른 옥수수내 전질소 함량은 돈분묘의 단독시용구보다 현저하게 증가하였다. 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분에 각각 추가적인 요소의 첨가에 따른 전질소 함량은 화학비료처리구 보다 낮았으나 액상발효돈분에 각각 추가적인 요소의 100 kgN/ha 첨가는 화학비료 처리구와 비슷한 경향을 나타냈다. 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분에 각각 추가적인 요소의 첨가에 따른 용탈수에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도는 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분 단독처리구와 화학비료 처리구의 보다 유의적으로 증가하였다. 톱밥발효돈분 및 액상발효돈분에 각각 추가적인 요소의 100 kgN/ha 첨가에 따른 용탈수에서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도는 화학비료처리구와 비슷한 경향을 보였으나 추가적인 요소의 50 kgN/ha 처리구보다 증가하였다. 톱밥발효돈분, 팽연왕겨발효돈분 및 액상발효돈분에 각각 추가적인 요소의 첨가에 따른 용탈수에서 $\text{PO}_4\text{-P}$ 농도는 돈분묘 단독처리구보다 증가하였다 그리고 화학비료 처리구와 액상발효돈분에 추가적인 요소 100 kgN/ha 처리구는 비슷한 경향을 보였다. 그리고 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 및 $\text{PO}_4\text{-P}$ 농도는 추가적인 요소시용수준이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며 시험기간동안 최고 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 및 $\text{PO}_4\text{-P}$ 농도 각각 3.46 mg/L, 1.11 mg/L and 0.14 mg/L를 나타냈다.

V. 사 사

본 논문은 2006년 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의해 수행되었으며 논문수행에 도움을 준 국립축산과학원 초지사료과 임영철 과장에게 감사사를 표합니다.

VI. 인용문헌

1. 농촌진흥청. 2001. 2001년 가축분뇨 자원화 및

- 이용에 관한 시험연구 과제 년말평가 및 결과 활용 자료.
2. 나훈찬, 정민웅, 최연식, 최기춘, 육완방. 2006. 우분액비 및 톱밥발효돈분 시용이 사일리지용 옥수수 생산성 및 양분용탈에 미치는 영향. *한초지* 26(4):177-186.
 3. 신동은. 1999. 축종별 액상분뇨와 질소사용량이 양질조사료의 수량, 사료가치 및 토양특성에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문.
 4. 최기춘, 육완방. 2000. 발효돈분 및 화학비료 시용이 사일리지용 옥수수의 생산성과 사료가치에 미치는 영향. *한국초지조사료학회지* 20(1):41-48.
 5. 최기춘, 육완방, 윤창. 2008. 영년초지에서 돈분뇨의 시용형태가 목초생산, 토양성분 및 용탈수의 성분에 미치는 영향. *한국초지조사료학회지* 28(4):331-340
 6. 임영철, 윤세형, 김종근, 김원호, 신재순, 육완방. 2005. 돈분액비 시용방법이 사료용 옥수수의 수량 및 NO₃-N의 용탈에 미치는 영향. *한국초지학회 학술발표회 심포지엄*. pp. 202-203.
 7. AOAC. 1990. Official methods of analysis(15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
 8. 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.
 9. Daliparthi, J., S.J. Hervert, and P.L.M. Veneman. 1994. Dairy manure application to alfalfa; Crop response, soil nitrate, and nitrate in soil water. *Agron. J.* 86(6):927-933.
 10. Harmsen, G.W. 1961. Einfluß von Witterung, Dungung und Vegetation auf den Stickstoffgehalt des Bodens. *Landw. Forschung*, Sh. 15, 61-74.
 11. Long, F.N.J. and H.I. Gracey. 1990a. Herbage production and nitrogen recovery from slurry injection and fertilizer nitrogen application. *Grass Forage Sci.* 45: 77-82.
 13. Long, F.N.J. and H.I. Gracey. 1990b. Effect of fertilizer nitrogen source and cattle slurry on herbage production an nitrogen utilization. *Grass Forage Sci.* 45:431-442.
 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. Madison, R.J. and J.O. Brunett. 1984. Overview of the occurrence of nitrate in ground water of the United States. pp. 93-105. In *National water summary 1984. Hydrological events, selected water quality trends, and ground water resources*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2275. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
 17. Power, J.F. and J.S. Schepers. 1989. Nitrate contamination of groundwater in North America. *Agric. Ecosyst. Environ.* 26:165-187.
 18. Rees, Y.J., B.F. Pain, V.R. Phillips and T.H. Misselbrook. 1993. The influence of surface and sub-surface application methods for pig slurry on herbage yields and nitrogen recovery. *Grass Forage Sci.* 48:38-44.
 19. Ruppert, W.M. Stichlmair, J. Bauchben, H.M. Blendl, A. Haisch, K. Hammer, U. hege, R. Juli, L. Melian, W. Nurnber, J. Rieder, P. Rintelen, K. Rutzmoser, W. Weber, A. Wurzinger and H. Zeisig. 1985. Daten und Impormationen zum Gulleeninsatz in der Landwirtschaft. *Sond. Bayer. Landw. Jahrbuch* 62. 8:899-966.
 20. 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. Am J.* 52:1667-1672.
- (접수일: 2009년 12월 2일, 수정일 1차: 2009년 12월 14일, 수정일 2차: 2009년 12월 24일, 게재확정일: 2010년 1월 15일)