

가축분뇨(slurry)와 화학비료의 시용수준이 옥수수의 생산성과 N의 용탈에 관한 연구

육완방 · 최기춘

(건국대학교 축산대학 동물자원연구센터)

Studies on the Application Levels of Cattle Slurry and Chemical Fertilizer on Productivity of Silage Corn(Zea Mays L.) and N-Leaching

Wan-Bang Yook · Ki-Chun Choi

Animal Resources Research Center, College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University

적 요

본 연구는 가축분뇨의 시용수준과 이의 효과를 증진시키기 위한 추가적인 화학비료 시용수준이 사료작물의 생산성과 이에 의한 환경오염에 미치는 영향에 대한 연구로서 lysimeter에서 옥수수에 대하여 액상발효우분의 시용수준을 0, 200, 400kgN/ha로 추가적인 요소의 시용수준을 0, 100, 200kgN/ha로 하였을 때 질소의 이용효율과 함께 NO₃-N의 용탈에 의한 환경오염에 미치는 영향을 정확히 규명, 가축분뇨의 자원화는 물론 가축분뇨에 의한 환경오염 방지대책 수립을 하고자 수행된 연구 결과는 다음과 같다.

1. 옥수수의 건물수량은 액비와 요소 시용수준의 증가와 비례하여 증가하였고, 액비가 요소보다 더 높은 시용효과를 나타내었다.
2. 옥수수 중의 전질소 함량은 액비의 시용수준의 증가에 따라 모두 비슷한 증가를 보였다.
3. 액비와 요소시용에 따른 환경오염에 미치는 영향을 파악하기 위한 용탈수 중의 NO₃함량은 평균 7.58ppm(6.27~9.02)으로 매우 낮았고 시용수준간에도 차이가 거의 없었으며 시기적으로도 특별한 경향을 보여주지는 못하였다.

1. 서론

연간 3,500만톤에 달하고 있는 가축분뇨는 그 처리 과정에서 건조나 발효효율을 높이기 위한 톱밥이나 왕겨 등의 첨가는 처리의 효율을 높여 줄 수는 있으나 기생충발생, 먼지발생에 의한 호흡기질환, 분뇨 처리량의 증가, 톱밥가격의 상승 등에 의한 경영비의 상승 등을 가져온다. 또한 톱밥이나 왕겨를 첨가한

만큼 처리, 운반 및 살포를 위한 노동력이나 장비의 소요량이 증가됨은 물론 이의 유기질 비료로서의 가치나 효율면에서도 첨가한 만큼 질소나 기타 식물영양소가 너무 낮아 토양의 지력증진이나 작물의 생육을 촉진시키기 위해서는 훨씬 많은 양의 발효처리 분뇨가 소요된다.

이러한 이유로서 가장 경제적이고 세계적으로도 가장 많이 보급 이용되고 있는 액비화 처리에 의해 생산된 액비 시용은 작물의 종류, 시용시기, 시용량,

처리방법 및 토성 등에 따라 분뇨 중의 이용효율이 다양하여 외국에서는 시용량과 살포시기 등을 법적으로 강력하게 규제하고 있다. 그러므로 기후 풍토가 다른 우리나라에서는 가축분뇨의 이용형태에 따라 토양의 지력증진 효과와 작물에 의한 정확한 이용효율을 조사함은 물론 토양중에서의 유·무기 질소의 분해물질인 NO₃-N의 용탈에 의한 환경오염도를 정확히 측정함으로써 가축분뇨와 추가적인 질소질비료의 시용에 의한 환경오염, 특히 수질오염에 대한 문제를 규명해야 할 것이다.

특히 액상구비는 작물재배에 있어 높은 시용효과를 나타내는데 이는 작물에 필요한 다량 및 미량의 영양소를 가장 값싸게 공급시켜줌과 동시에 분뇨 중의 유기성분과 무기성분이 가장 이상적으로 균형 있게 조성되어 있으며 그 성분조성과 농도가 작물 생육에 가장 적당하기 때문이다. 또한 분뇨의 토양환원 은 지력유지에도 커다란 기여를 하게 된다. 그러나 가축분뇨의 이용은 그 처리형태와 시용량, 기후조건, 계절, 토양 및 작부형태 등 여러 가지 환경요인에 의해서도 효과면에서는 많은 차이를 나타내고 있다. 또한 일반작물에 비해 높은 생산성이 요구되는 사료작물이나 초지의 생산을 위해서는 더 많은 양분의 요구량 특히 더 높은 질소의 시비가 필요하기 때문에 잘못 처리된 분뇨나 이용방법은 우리의 환경을 여러 가지로 오염시킬 수가 있다.

가축 분뇨의 이용은 토양 비옥도의 증가와 화학비료의 절감효과를 가지지만, 가축 분뇨만의 지속적인 시용은 작물의 생산요구량에 부족 할 뿐만 아니라 질소기아 현상 등을 유발시킬 수 있다.

그러나 가축분뇨와 함께 질소비료의 과잉 시용은 NO₃-N의 용탈을 촉진, 유아에게는 methemoglobin혈증을 유발 질식사의 위험이 있으며(Bewig, 1976), 성

인에 있어서는 체내에서 nitrosamin의 형성이나 기타 질소화합물과 결합 위암발생을 유발하게 된다(Oertli, 1985; Selenka, 1982).

본 연구에서는 이러한 문제점 해결을 위해 사료작물을 대상으로 화학비료 시용량 감소로 환경오염 문제를 감소시키고 동시에 가축분뇨를 우수한 부존자원으로 활용한다는 연구 범위에서, 액상분뇨의 시용 수준별 그 비료적 이용효율과 환경오염에 미치는 영향 등을 분뇨의 N효율 증가를 위해 시용되는 추가적인 질소시용 수준별로 수행, 가축분뇨와 화학비료의 정확한 이용방법을 종합적으로 정확히 파악하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구방법

가. 시험장소 및 토양

- 1) 건국대학교내의 초지 사료작물 시험포 내의 lysimeter에서 실시하였다.
- 2) 토양은 우리나라 중부지방의 전형적인 clay함량이 35%정도인 점토질 토양을 이용하였다.

나. 시험방법

“분뇨의 시용형태가 환경오염에 미치는 영향”을 조사하기 위하여 lysimeter를 그림 1과 같이 설치하였으며 그 시험구의 배치는 다음과 같이 하였다.

- 1) 분뇨의 시용수준 : 액상발효우분의 시용수준은 분뇨 중의 N함량을 분석한 후 분뇨 N의 함량으로 환산 0, 200, 400kgN/ha/년 수준으로하여 시용하였다.
- 2) 질소비료의 수준 : 추가적인 질소비료의 수준은 요소 N으로서 0,100,200kgN/ha/년을 연 2회 분할 시

표 1. 시험포장 토양의 화학적 성분

pH (1:5H ₂ O)	TN (%)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable Cations(cmol ⁺ /kg)				C.E.C (cmol ⁺ /kg)
				K	Ca	Mg	Na	
5.1	0.11	1.93	193.0	0.3	3.5	1.7	0.2	9.2

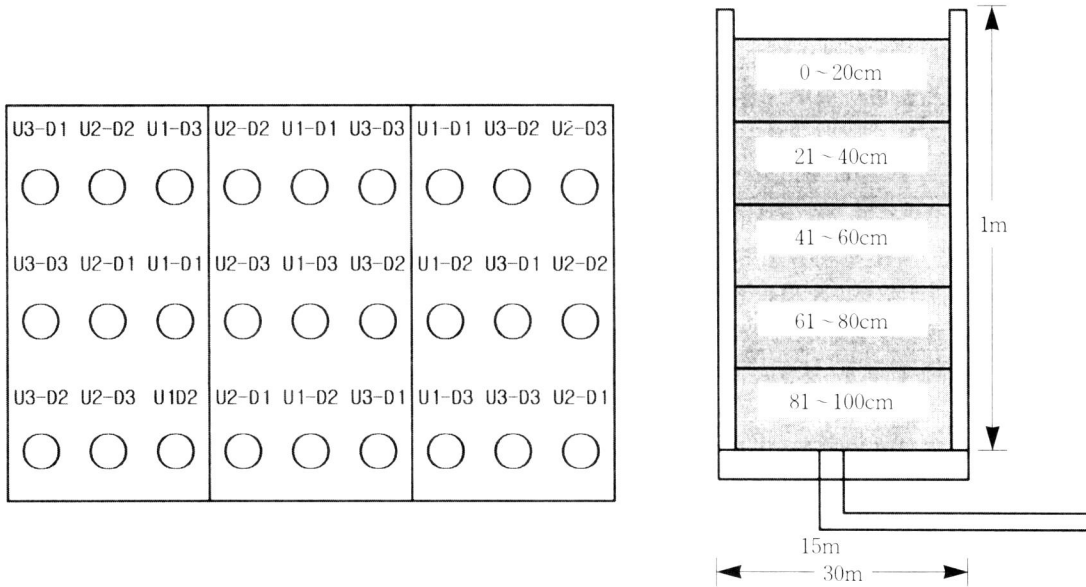


그림 1. Lysimeter의 배치도 및 모형

용하였다.

3) 시험구의 배치는 분뇨의 시용수준에 따른 효과를 파악하기 위하여 그림 1과 같이 N비료의 시용 수준을 주구로 하고 분뇨의 시용수준을 세구로 하는 분할구 배치법 3반복으로 하였다.

다. 조사방법

1) 생산성 조사 : 초지의 생산성 조사를 위한 silage용 옥수수를 재배 관행에 의하여 적기에 수확, 생초량을 측정하고 그 중 일부를 채취 칭량 후 80°C 건조기에서 48시간 건조 후 건물생산량을 산출하였다.

2) 사료가치의 평가 : 분뇨의 종류 및 질소수준에 따른 목초의 사료가치 및 N의 이용효율을 파악하기 위해 채취된 시료를 Kjeldahl 정량방법으로 분석하였다.

3) N의 용탈 : N용탈량의 조사는 분뇨N과 요소N의 시용수준에 따라 토양중에서의 N-mineralization과 Nitrification에 의해 그림 1과 같이 lysimeter를 설치, 유실수를 채취, 유실 수중의 NO₃-N함량을 연중 2주

일 간격으로 채취 유실 수중의 NO₃함량은 RQflex 측정방법으로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

가. 건물수량

액상발효우분과 요소 N의 시용수준에 따른 lysimeter에서의 옥수수의 건물수량을 조사한 결과는 표 2와 같다.

무비구에서의 건물수량 79.5g을 100으로 볼 때 액상발효우분의 시용수준 200kgN/ha 시용구에서는 137.5g, 400kgN/ha 시용구에서는 233.0g으로 액상발효우분의 시용수준이 증가함에 따라 각각 173 및 293%까지 지속적으로 현저히 증가하는 경향을 나타내었고 요소 N의 시용시에도 그 시용수준이 100 및 200kgN/ha로 증가함에 따라서 각각 170 및 209%까지 증가하는 경향을 보였지만 액비 시용수준의 증가에 비해서는 현저히 낮은 효과를 나타내었다. 또한 액비 시용수준의 증가에 따라 요소 N수준 100kg에서는 135.5g에서 264.0g으로, 200kg에서는 166.5g에서 324.5g으로 약 2배 정도의 증가를 보였으나 요소 N시

용 수준의 증가에 따른 액비의 시용효과는 액비 200kgN 수준에서는 137.5g에서 215.5g으로 400kgN 수준에서는 233.0g으로 역시 액비 시용효과보다는 낮은 경향을 보였다.

물론 요소의 시용수준이 0, 100, 200kg으로 100씩 증가를 하였고 액비는 0, 200, 400kg으로 200kg씩 증가하였는데 이는 액비 N의 시용효과가 화학비료에 비해 50%의 효과밖에 없다는 것을 전체로 하여 결정하였지만 역시 액비의 효과가 더 높은 것은 질소 이외의 다른 영양소에 의한 영향도 있었기 때문으로 생각된다.

액상발효우분과 추가적인 요소 N의 시용수준 증가에 따른 상호간의 경향은 액비의 시용수준 증가에 따른 요소 N의 평균적인 건물수량은 액비 무비구에서의 127.2g에서 액비시용수준 200 및 400kgN/ha로 증가함에 따라 각각 174.0g 및 273.8g으로 2배 이상 현저한 증가를 보였다. 요소 N의 시용수준에 따른 액비의 평균적인 건물수량은 요소 N수준이 100 및 200kgN/ha으로 증가함에 따라 무요소 N구의 233.0g에서 각각 264.0 및 324.5g으로 약 1.4배까지의 증가를

보여 액비 N시용수준의 증가에 비해 낮은 시용효과를 나타내었다.

또한 건물수량 측정에서 암이삭과 대를 분리하지 않은 것은 시용수준에 따라서는 낮은 N시용수준과 lysimeter에서의 시험으로 인한 특성상 지하로부터의 수분 공급 차단에 의한 수분 결핍에 의해 암이삭이 발생되지 않은 경우가 많았기 때문이었다.

나. 전질소 함량

액상발효우분과 요소 N의 시용수준에 따른 옥수수의 전질소 함량은 표 3과 같다.

액비시용 수준에 증가에 따라 무 요소구에서는 1.28에서 2.08%로 요소 N 200kg 시용시는 1.82에서 3.36%까지 지속적으로 증가를 보였고, 요소 N 시용수준의 증가에 따라서도 무 액비시용시에서의 1.28에서 1.82%로 400kgN 시용시 2.08에서 3.36%까지 역시 지속적으로 증가하였지만 액비 시용수준의 증가보다는 낮았다.

액비의 시용수준과 요소 N 시용수준에 따른 평균적인 전질소 함량은 액비시용 수준의 증가에 따라서

표 2. 화학비료 및 액상발효우분 시용에 따른 옥수수의 건물수량(g/pot)

요 소	액상발효우분			평 균
	0kgN/ha	200kgN/ha	400kgN/ha	
0kgN/ha	79.5(100)	137.5(173)	233.0(293)	150.0
100kgN/ha	135.5(170)	169.0(213)	264.0(332)	189.5
200kgN/ha	166.5(209)	215.5(271)	324.5(408)	235.5
평 균	127.2	174.0	273.8	191.7

표 3. 화학비료 및 액상발효우분 시용에 따른 옥수수의 전질소 함량(%)

요 소	액상발효우분			평 균
	0kgN/ha	200kgN/ha	400kgN/ha	
0kgN/ha	1.28	1.47	2.08	1.61
100kgN/ha	1.34	1.66	2.14	1.71
200kgN/ha	1.82	1.98	3.36	2.39
평 균	1.48	1.70	2.53	1.90

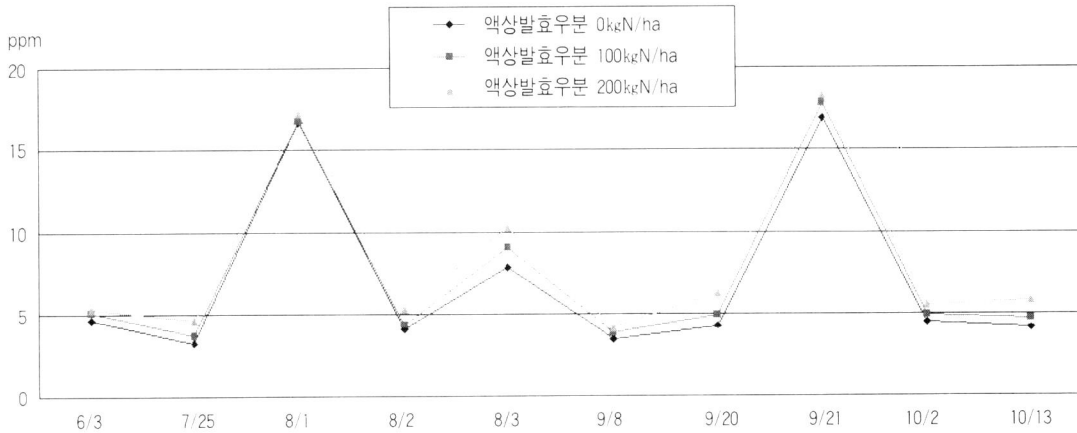


그림 2. 액상발효우분의 시용수준에 따른 년중 NO₃⁻함량의 변화

는 1.48에서 2.53%로 요소 N 시용수준에 따라서는 1.61에서 2.39%로 전질소 함량에 미치는 효과는 건물 수량에서와 같이 액비시용의 효과가 약간 더 높았다.

다. 용탈수 중의 NO₃⁻ 함량

액상발효우분 및 요소 시용시 질소의 용탈에 의한 환경에 미치는 영향을 파악하기 위해 lysimeter에서의 시험결과는 표 4에서와 같이 액상발효우분 시용수준의 증가에서, 또 요소 시용수준의 증가에서도 모두 NO₃⁻함량은 거의 같은 수준으로 증가되었다. 그러나 무시용구의 6.27ppm과 가장 높은 수준인 액비 400kgN/ha에 요소 200kgN/ha 시용구의 9.02ppm은 겨우 2.75ppm에 불과하였고 그 수준도 매우 낮았다. 이러한 결과는 Merz(1988)의 lysimeter에서의

orchardgrass에 대한 연구에서도 비슷한 경향이었으며 포장에서의 결과와는 호밀 경작지에서의 연구인 육 등(1999)과는 비슷한 수준이었으나 Kolenbrander (1969), Amberger(1983), Dressel과 Jung(1983), 육 (1990, 1992) 및 정 등(1993)의 연구결과보다는 매우 낮은 경향을 보여주었다.

또한 액상발효우분의 시용수준이나 요소의 시용수준별 평균적인 년중 NO₃⁻함량의 변화는 그림 2, 3에서와 같이 2개의 요인들 모두 시용수준간에는 거의 차이를 보여주지 않았고, 단지 시기별로 2회에 걸쳐 약간의 차이를 보여주었지만 옥수수의 재배 시기와 관련 차이를 보여주지는 않았다.

표 4. 액상발효우분과 요소의 시용수준별 용탈수 중의 NO₃⁻함량(ppm)

요 소	액상발효우분			평 균
	0kgN/ha	200kgN/ha	400kgN/ha	
0kgN/ha	6.27	6.82	7.53	6.87
100kgN/ha	6.95	7.42	8.28	7.55
200kgN/ha	7.68	8.28	9.02	8.33
평 균	6.97	7.51	8.28	7.58

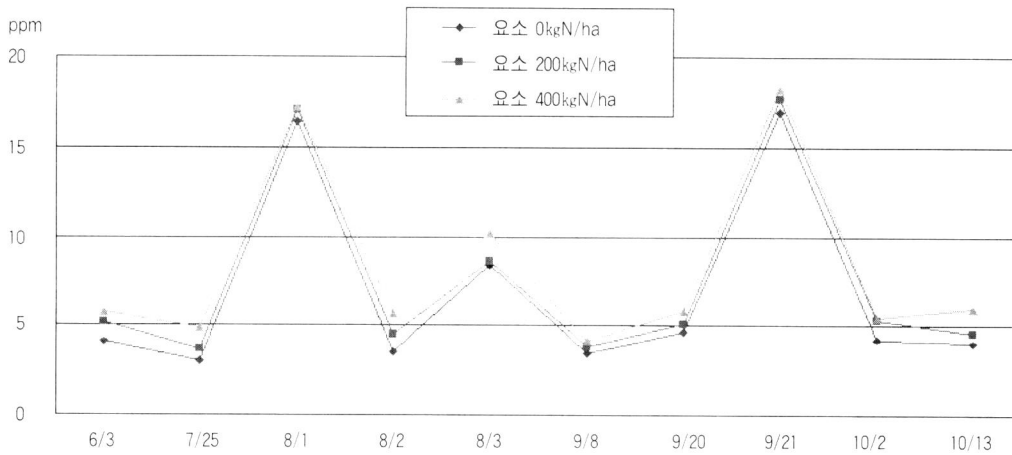


그림 3. 요소의 시용수준에 따른 년중 NO₃⁻함량의 변화

IV. 요약

본 연구는 가축분뇨의 시용수준과 이의 효과를 증진시키기 위한 추가적인 화학비료 시용수준이 사료작물의 생산성과 이에 의한 환경오염에 미치는 영향에 대한 연구로서 lysimeter에서 옥수수에 대한 액상발효우분 시용수준과 추가적인 요소 N의 시용수준에 따라 질소의 이용효율과 함께 NO₃-N의 용탈에 의한 환경오염에 미치는 영향을 정확히 규명, 가축분뇨의 자원화는 물론 가축분뇨에 의한 환경오염 방지대책 수립을 하고자 수행된 연구 결과는 다음과 같다.

1. 옥수수의 건물수량은 액비와 요소 시용수준이 증가와 비례하여 증가하였고, 액비가 요소보다 더 높은 시용효과를 나타내었다.
2. 옥수수 중의 전질소 함량은 액비와 시용수준의 증가에 따라 모두 비슷한 증가를 보였다.
3. 용탈수 중의 NO₃함량은 평균 7.58ppm(6.27 ~ 9.02)으로 매우 낮았고 시용수준간에도 차이가 거의 없었으며 시기적으로도 특별한 경향을 보여주지는 못했다.

참고문헌

1. 육완방(1990), "영년혼파초지에 있어서 예취빈도와 질소시비수준이 NO₃-N의 유실에 미치는 영향," 한국초지학회지, 10(2): 84~88.
2. 육완방, 전병태, 손상목, 정호석(1992), "수도권 상수도 보호지역내에서의 경작형태가 환경오염에 미치는 영향," 한국초지학회지, 12(4): 201~210.
3. 육완방, 최기춘, 안승현, 이종갑(1999), "액상발효우분의 시용시기와 시용량이 호밀경작지 토양의 NO₃-함량에 미치는 영향," 한국초지학회지, 19(2): 141~146.
4. 정호석, 육완방, 방효범(1993), "액상구비 및 요소의 시용수준이 Orchardgrass 초지의 생산성과 토양중 NO₃-함량에 미치는 영향," 한국초지학회지, 13(4): 278~285.
5. Amverger, A., 1979, Pflanzenernahrung-UTB Taschenbuch846, Verlag Eugen Ulmer, stuttgart.
6. 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.

7. Dressel, von., J. Jung.(1983), "Nästoffverlagerung in einem Sandboden in Abhängigkeit von der Bepflanzung und Stickstoffdüngung(Lysimeterversuche), Landw. forschung 36, kongressband 1.
8. Merz, H. U.(1988), "Untersuchungen zur Wirkung von unbehandelter und methanvergorener Rindergülle auf den N-Umsatz unter *Dactylis glomerata* L. sowie auf das Keimverhalten verschiedener Pflanzenarten," Diss. Uni. Hohenheim.
9. Oertli, J. J.(1985), "Magenkrebs, Nitrate, Gemüsekonsum und Vitamine," Schweiz. Landw. Forsch. 25(1): 1~11.
10. Selenka, F.(1982), "Gesundheitliche Aspekte Von Nitrit, Nitrit und Nitrosaminen," Vortrag auf der wasserfachlichen Aussprachetagung in Hamburg am 2. 3.