

초지생태계에서 질산태질소 용탈에 미치는 액상분뇨와 화학비료 시용효과

류종원 · H. Jacob*

상지대학교

The Effects of the Application of Cattle Slurry and the Chemical Fertilizer on NO₃ Leaching in Grassland Ecosystem

J. W. Ryou and H. Jacob*

Dept. of Agronomy, Sang Ji University, Wonju, Korea

Summary

The aim of this study was to describe the NO₃ leaching in grassland ecosystems. Field study was performed in the southwestern district of Germany from 1991 to 1993. The study included 3 different slurry application, conventional slurry application, 50% reduced slurry application and without slurry application. On each plot were installed 3 ceramic cups at 120cm depth. Samples were collected twice a month and analysed for NO₃ colorimetrically using a Tecator Auto-Analyzer. Percolation was calculated as the difference between precipitation and potential evapotranspiration.

The NO₃ concentration in soil water was remarkably variable during the year. The average NO₃ concentration during the experiment was the lowest (8.5mg/l) without slurry application and the highest with 240kg N/ha cattle slurry (25.3mg/l). The NO₃-N leached per year were respectively 29, 23, and 12 kg/ha in case of 240, 120 and 0kg N/ha when cattle slurry was applied. The conventional feeding density of cattle husbandry in the district caused the NO₃ contamination in ground water. When the amount of cattle slurry applied was reduced to 50%, the NO₃ loading in ground water was reduced greatly. Therefore, the reduction policy of cattle slurry can positively contribute to the prevention of the NO₃ contamination in groundwater.

(Key words : Cattle slurry, NO₃ leaching)

서 론

가축분뇨와 화학비료의 시용은 영년초지에서 수량증수에 기여해 왔다. 그러나 최근 생산비 절감 압력과 국민들의 환경친화형 농업에 대한 요구가 높아짐에 따라 관행의 경종농업 방법에 대하여 개선책을 세워야 한다는 생각들이 대두

하고 있다. 농업에 의한 환경오염물질 중에서 질산태질소는 유아의 경우 청색증을 유발하고 성인에서는 암을 발생시키는 발암물질로 알려진 후 식수와 채소에서 질산태질소 경감대책을 세우고 있다.

독일에서는 지난 몇십년간 가축수와 산유량의 증가로 단위면적당 가축사육밀도가 증가되

*호헨하임 대학교 (University Hohenheim, Federal Republic of Germany)

면서 농경지에 가축분뇨가 과다하게 살포되어져 토양에 질소의 과다집적과 지하수 용탈이 문제시 되고 있다. 독일 정부에서는 가축분뇨에 의한 환경오염을 방지하기 위하여 가축사육밀도 조절에 의한 가축분뇨 경지환원량을 ha당 연간 3비료단위(240kg N)으로 제한하는 정책을 실시하고 있다.

본 연구는 자연보호와 환경보호를 위하여 가축분뇨 환원량을 제한해야 할 경우에 대비한 축산경영과 환경보호정책의 자료로 활용하고자 가축분뇨 시용량이 지하수의 질산태질소 오염에 미치는 영향을 연구하였다.

재료 및 방법

1. 시험포장

본 시험은 독일 남서부에 위치한 알고이 지방의 초지지대에서 수행되었다. 공시험포장의 토양은 빙하말기에 형성되었으며 토성은 사양토이었다(Werner⁸⁾).

공시험포장 토양의 성분함량은 Table 1과 같다. 토양산도는 낮은 편이었으나 장기간 액비시용에 의하여 유기물, 인산, 칼리 함량은 높았다.

Table 1. Soil chacteristic at 10cm depth of experiment field

pH	C (%)	Total N (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
			mg 100g soil		
5.7	4.0	0.44	22.0	28.0	13.0

2. 시험포장의 기상조건

시험포장 지대의 년평균 강수량은 1,250mm로서 비교적 많고 평년의 년평균 기온은 7.2℃를 기록하고 있다. 시험포장의 기상자료는 시험포장에 설치한 자동기상관측기에 의하여 측정하였다. 시험기간중의 강수량과 년평균기온의 변화는 Fig. 1과 같다. 시험 포장의 연평균 기온

은 1991년도에 6.6℃, 1992년도에 7.4℃를 기록하였고 강수량은 년중 고른 분포를 나타내었으며 작물의 생육기간 동안 충분한 수분의 공급이 이루어 졌다.

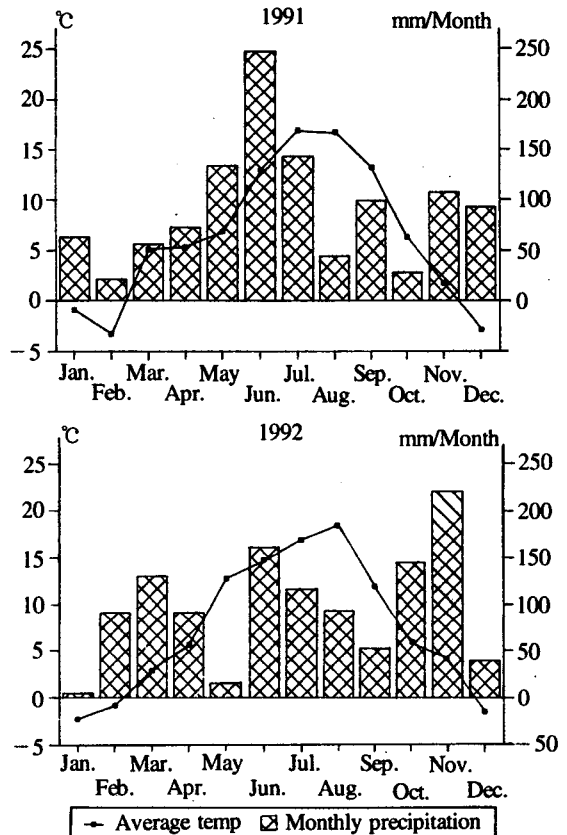


Fig. 1. Temperature and the amount of rainfall of the experiment field

3. 처리 및 시험구 배치

실험 1) 액상분뇨 시용량 처리

- 액비 무시용구
- 액비 50% 감량시용구 (120kg N/ha/년)
- 액비 관행시용구(240kg N/ha/년)

실험 2) 비료종류 처리

- 액상분뇨 관행 시용구
- 화학비료 시용구

시험구 면적은 40m²로 하여 난피법 4반복으로 배치하였다. 본 시험은 1991년부터 1993년 4

월까지 실시하였다.

4. 액상분뇨와 화학비료의 조제 및 시용

공시 우분 액비는 농가에서 수거하여 2.5m³ 크기의 시멘트로 만든 저장조에서 발효시켰다. 액상분뇨를 발효시키기 위하여 O₂를 1시간당 15분 간격으로 간헐적으로 주입시켰다. 저장조

는 빗물의 유입을 막기 위하여 뚜껑을 막았다. 액비 시료는 액비저장조에서 액비시용전에 1ℓ를 수거하여 Ice Box를 이용하여 실험실에 옮긴 후 냉장 보관후 분석하였다. 공시 액상분뇨의 성분함량은 Table 2와 같이 건물함량은 1.5~2.2%이었으며, 1m³당 질소 1.6~1.8, 인산 0.2, 칼리 2.2~2.5kg이었고 전질소에 대한 암모늄태 질소비율은 40~59%이었다.

Table 2. Chemical components of applied cattle slurry

Year	DM (%)	pH	Total N (Kg N/m ³)	NH ₄ -N (Kg N/m ³)	P (Kg P/m ³)	K (Kg K/m ³)
1991	1.6	-	1.6	0.6	0.20	2.20
1992	2.2	7.96	1.8	1.1	0.23	2.49

실험 2에서 화학비료 시용구는 액비시용전에 액비의 질소함량을 분석하여 액비 관행시용구와 같은 량을 시용하였다.

5. 용탈수 채취 및 분석

침투수를 채취하기 위하여 porous ceramic cup (직경 2cm, 길이 7.5cm)이 부착된 tube를 토양 1.2m 깊이에 묻었다. 사용된 porous ceramic cup은 Porzellan manufaktur Berlin(KPM) 회사제품의 P80를 사용하였다. 용탈수는 2주 간격으로 채취하였다. 용탈수의 질산태질소 함량은 Tecator Auto-Analyzer로 분석하였다. 질산태질소 용탈량은 아래식에 의하여 구하였다.

$$NA = b \cdot fC_1(NO_3) \cdot As \cdot dt$$

NA : 질산태질소 용탈량 (kg N/ha)

b : factor(1/440)

C₁(NO₃) : 용탈수의 질산태질소농도 (mg NO₃/ℓ)

As : 용탈수량 (ℓ/m²)

dt : 시간

용탈수량은 강우량과 잠재증산량을 차이로 계산하였다. 잠재증산량은 Haude[®] 실제증산량은 Renger[®]식에 의하여 계산하였다. 액비살포시 포함된 수분량은 경미하여 계산에 포함시키지

않았다.

결과 및 고찰

1. 액상분뇨 시용량이 질산태질소 농도에 미치는 영향

Fig. 2에서 나타낸 것과 같이 용탈수의 질산태질소 농도는 완만한 증감곡선을 나타내었다. 용탈수의 농도는 액상분뇨의 시용시기에는 영향을 받지 않았다. 시험초기 1991년 초부터 NO₃농도는 증가하였다가 1991/1992년 겨울까지 계속 낮아졌다. 1992년 여름부터 NO₃농도는 높아지기 시작하여 1993년 2월에 최고함량인 50mg NO₃/ℓ에 도달하였다.

NO₃농도는 액상분뇨 시용량이 증가할수록 높았고 액비감량시용구와 관행액비 시용구 사이에는 유의한 차이가 없었으나 무비구와 관행액비 시용구 사이에는 뚜렷한 차이를 나타내었다. Amberger과 Schweiger[®]는 목초생육기에는 질소용탈량이 낮았다고 하였는데 본 시험에서는 목초생육기에도 겨울기간과 비슷한 용탈량을 나타내었다. Garwood와 Tyson[®]는 여름 건조기간 후 이용되지 않는 질소의 무기화에 의하여 질소용탈량이 높아졌다고 하였는데 본 연구에

서도 1992년 여름의 건조기간 후 10월과 11월에 질소용탈량이 높아 유사한 결과를 나타내었다. 질산태질소가 언제, 얼마나 용탈되는지는

Macduff²⁾등이 지적 하였듯이 기상요인에 큰 영향을 받아 년중 매우 큰 변화를 나타내었다.

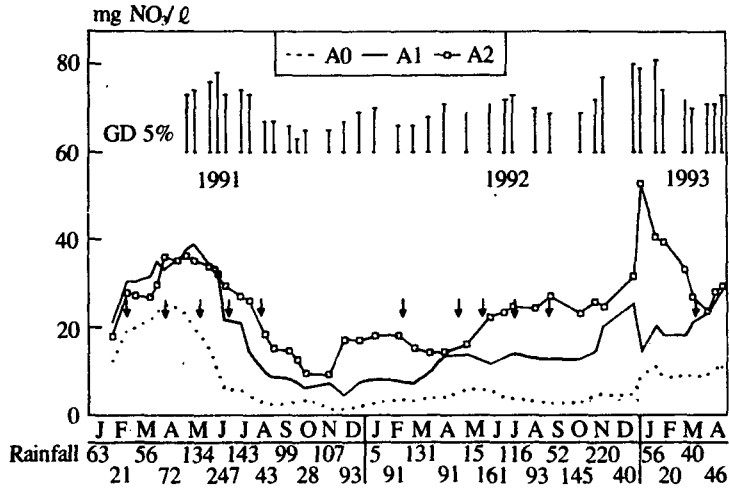


Fig. 2. NO₃-concentrations in the soil solution according to different cattle slurry application
A0 : zero, A1 : reduced, A2 : intensive

2. 비료종류가 질산태질소 농도에 미치는 영향

비료종류가 NO₃농도에 미치는 영향은 Fig. 3에서 나타낸 것과 같이 액상분뇨와 화학비료 사이에 유의성 있는 차이가 없었다. 대체적으로

화학비료 시용구가 액상분뇨 시용구 보다 높은 경향이였다. Ernst와 Berendonk²⁾의 액상분뇨와 화학비료가 용탈수의 질산태질소 농도에 미치는 영향은 근본적으로 동일하다는 보고와 일치하였다.

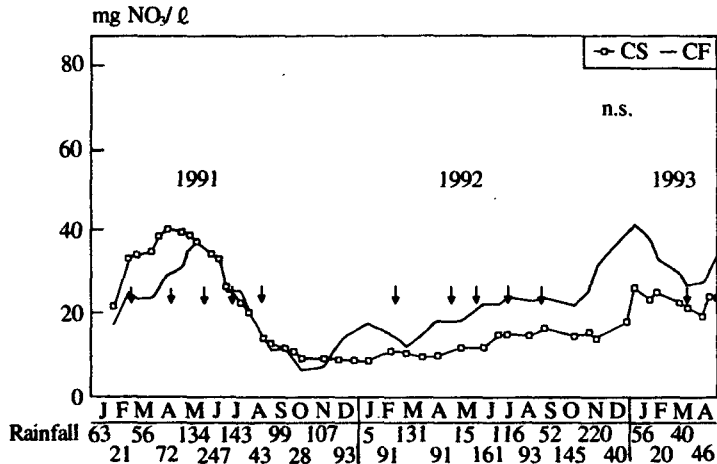


Fig. 3. NO₃-concentration in the soil solution according to the cattle slurry and chemical fertilizer application
CS : slurry CF : chemical fertilizer

3. 질산태질소 용탈량

Table 3 에서와 같이 용탈수의 평균 질산태질소 농도는 무비구에서 8.5mg/ℓ에서 관행액비시용구(240kg N/ha/년)는 25.3mg/ℓ로 높아졌다. 연간 질산태질소 용탈량은 무비구, 액비경감구, 관행액비시용구에서 각각 12, 23, 29kg NO₃-N/ha이었다. 이러한 결과는 이 지방의 토양

이 장기간의 액비시용으로 토양의 유기물 함량이 높아서 추가적인 액비시용은 질산태질소의 용탈량을 뚜렷이 증가시킨 것으로 보여 진다. Strebel¹⁷⁾등은 ha당 300~400kg, Macduff¹⁸⁾등은 500kg N시용에서부터 질소용탈이 높아졌다고 하였는데 본 연구에서는 이들의 연구와는 상이하게 ha당 120kg 시용에서도 NO₃-N 용탈량이 증가되었다.

Table 3. Average nitrate concentrations (mg NO₃/ℓ) in the soil solution (ceramic cups) and nitrate leaching (Kg NO₃-N/ha · y) on different slurry application

	Slurry application levels			LSD 5%
	intensive (240KgN/ha · y)	reduced (120KgN/ha · y)	zero	
Nitrate concentrations(mg/ℓ)	25.3	18.1	8.5	6.4
Nitrate leaching(NO ₃ -N/ha · y)	28.7	22.5	11.5	13.1

본 연구가 수행된 알고이 지방은 전통적으로 액상분뇨를 초지에 시용해 오고 있다. 이 지방의 젖소사육밀도 ha당 큰소로 환산하여 3두를 사육하고 있다. 관행적인 젖소사육에 의한 액상분뇨 경지환원량 ha당 240kgN는 토양에 질소를 축적시키고 많은 량의 질소가 지하수로 용탈되어 환경에 과도한 부하를 주었다. 그러나 가축분뇨 감량구에서(젖소사육밀도 큰소 1.5두, ha당 120kg 질소환원) 단기간 동안 초지생산성도 크게 감소시키지 않고 지하수의 질산태질소 용탈도 뚜렷이 경감하여 가축분뇨 시용량 경감정책이 환경보호에 긍정적으로 작용 할 것으로 결론 내려진다.

적 요

장기간 액상분뇨 시용으로 인하여 질소가 과다하게 축적된 초지생태계에서 환경보호의 원인에 의하여 액상분뇨 시용량을 경감이 질산태질소 용탈이 미치는 영향을 검토하기 위하여 독일 남서부에 위치한 알고이 지방에서 1991년 부

터 1993년 까지 포장시험을 수행하였다. 처리는 액상분뇨 시용수준과 비료종류 처리구를 두었다. 용탈수를 채취하기 위하여 토양 120cm 길이에 ceramic cup을 설치하였다. 용탈수는 0.3-0.5 bar 압력에서 2주 간격으로 채취하여 Tecator 자동 분석기로 NO₃함량을 분석하였다.

용탈수의 질산태질소 함량은 년중 심한 변이를 나타내었다. 시험기간 중의 평균 질산태질소 농도는 무비구에서 8.5mg/ℓ이었으나 이지방 관행액비시용구(연간 240kg N/ha)는 25.3mg/ℓ로 높아졌다. 연간 질산태질소 용탈량은 관행액비시용구, 액비감량시용구, 무비구에서 각각 ha당 29kg, 23kg, 12kg이었다. 이 지방의 관행 젖소사육밀도에 의한 관행액상분뇨 환원량은 너무 많은 양의 질산태질소를 지하수로 용탈시켜 환경에 과도한 부하를 주었다. 그러나 액비감량시용구는 지하수의 질산태질소 용탈을 뚜렷이 경감시킬 수 있어 환경보호 측면에서 액비시용량 경감정책은 실효를 거둘 수 있을 것으로 결론내려 진다.

인 용 문 헌

1. Amberger, A. and Schweiger, P. 1978 : Substratproduktion and Sickerwassermengen verschiedener Böden in einem langjährigen Lysimeterversuch. Bayer. Landw.Jb. 55, 714-726.
2. Ernst, P. and Berendonk, C. 1991 : Nitratverlagerung unter Grünland in Abhängigkeit von Düngung, Nutzungsart und Umbruch. LOLF-Mitteilungen, 102-113.
3. Garwood, E. A. and Tyson, K. O. 1977 : High loss of nitrogen in drainage from soil under grass following a prolonged period of low rainfall. J. Agric Sci. Camb. 89, 767-768.
4. Haude, W. 1955 : Zur Bestimmung der verdunstung auf möglichst einfache Weise. Mitt. Dt. Wetterdienst 11, 1-24.
5. Macduff, J. H., Jarvis, S. C. and Roberts, D. H. 1990 : Nitrate leaching from grazed grassland systems. Symposium proceedings of symposium "Nitrates, agriculture, water". Paris.
6. Renger, M., Strebel, O. and Giesel, W. 1974 : Beurteilung bodenkundlicher, kulturtechnischer und hydrologischer Fragen mit Hilfe von Klimatischer Wasserbilanz und bodenphysikalischer Kennwerten. Z. Kulturtech. Flurbereinigung 15, 148-160.
7. Strebel, O. and Renger, M. 1982 : Stoffanlieferung an das Grundwasser bei Sandboden unter Acker, Grünland und Wald. Veroff. d. Inst. f. Stadtbauwesen. d. TU Braunschweig 34, 131-144.
8. Werner W. 1964 : Grundzüge einer regionalen Bodenkunde des Südwestdeutschen Alpenvorlandes. Schriftenreihe der Landesverwaltung Baden-Württemberg.