

액상발효우분(Cattle Slurry) 및 요소의 N 시용수준이 옥수수의 생산성과 N의 용탈에 관한 연구

육완방 · 최기춘

Studies on the Application Rate of Cattle Slurry and Urea N on Productivity of Silage Corn and Leaching of Nitrogen in Lysimeter

Wan Bang Yook and Ki Chun Choi

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of the application rate of cattle slurry and urea N on productivity of corn and environmental pollution in corn cultivation soil. The experiment was conformed in lysimeter which was constructed with 0.33m diameter and 1m height. This study was arranged in split plot design. Main plots were the application rate of mineral fertilizer, as urea, such as 0, 100 and 200kgN/ha and subplots were the application rate of cattle slurry, such as 0, 200 and 400kgN/ha.

The results obtained were summarized as follows ;

1. Dry matter yields of corn increased as the application rate of cattle slurry and urea increased.
2. Total nitrogen content of whole corn was increased as the application rate of cattle slurry and urea increased
3. The average nitrate content in leaching water by application rate of the slurry and urea N was 7.78ug/ml(ranged from 6.27 to 9.02ug/ml). Nitrate content was hardly influenced by application rates of the slurry and urea. However, nitrate content rises in proportion to a rise in precipitation.

(Key Words : Animal manure, Corn, Cattle slurry, Nitrate leaching, Lysimeter)

I. 서 론

가축분뇨는 작물의 영양소인 비료성분이 풍부하기 때문에 액비 또는 퇴비로써 가장 많이 이용되고 있다. 그러나 그 처리방법중 퇴비화

는 가축분뇨를 운반하거나 저장, 이용 등에 있어 훨씬 편리하지만 퇴비 제조시, 가축분뇨의 건조나 발효효율을 높여 줄 수 있는 부자재, 즉 톱밥이나 왕겨 등이 많이 사용되고 있어, 부자재가격의 상승에 따른 퇴비가격의 상승과

“본 논문은 대산농촌문화재단(재) 연구비지원(1999)에 의해 수행되었음.”

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

Corresponding author : W. B. 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@hanmail.net.

함께 처리, 운반 및 살포를 위한 노동력이나 장비의 소요량이 증가됨은 물론, 유기질 비료로서의 가치나 효율면에서도 첨가한 만큼 질소나 기타 식물영양소가 너무 낮아 토양의 지력증진이나 작물의 생육을 촉진시키기 위해서는 훨씬 많은 양의 발효처리 분뇨가 소요되고 있다. 이러한 이유로 인해 퇴비보다는 액비가 경제적이기 때문에 근래 액비의 이용율이 증가함과 동시에 액비화 기술 및 이용에 많은 관심과 연구가 진행되고 있다(Baker, 2002; Preedy 등, 2001). 그러나 액비 사용은 작물의 종류, 사용시기, 사용량, 처리방법 및 토성 등에 따라 분뇨 중의 이용효율이 다양하여 잘못된 시비설계는 토양 및 수질 등 우리의 환경을 심하게 오염시킬 수 있기 때문에 외국에서는 사용량과 살포시기 등을 법적으로 강력하게 규제하고 있는 실정이다.

그 외에도 액비에 의한 작물의 오염은 광합성 능력을 저하시키고, 습한 토양에서의 살포작업이 현실적으로 어려우며 액비중 N의 효과가 P나 K에 비해 낮기 때문에 추가적인 화학비료의 사용이 필수적이다. 그 중에서도 Li (2000)는 질소질 비료 사용시 nitrate의 용탈은 강우량과 밀접한 관계가 있다고 하면서 계절적 사용의 중요성을 언급하였는데, 외국과 다른 기후 풍토를 가지고 있는 우리 나라에서는 가축분뇨를 환경친화적이고 효율적으로 이용하기 위해서는 그 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 질소질 비료의 사용에 의한 환경오염, 특히 수질오염에 대한 문제를 규명해야 한다.

특히, 일반작물에 비해 높은 생산성이 요구

되는 사료작물이나 초지의 생산성 향상을 위해서는 더 많은 양분의 요구량, 특히, 다량의 질소의 시비가 필요하기 때문에 잘못 처리된 분뇨나 이용방법은 우리의 환경을 오염시킬 수가 있으며, 또한 유기성분과 무기성분이 가장 이상적으로 균형있게 조성되어 있는 액상구비는 토양 비옥도의 증가와 화학비료의 절감효과를 가지지만, 액비만의 지속적인 사용은 작물의 생산요구량에 부족할 뿐만 아니라 질소기아 현상 등을 유발시킬 수 있다. 따라서 사료작물과 초지의 생산성을 증가시키기 위해서는 화학비료와 가축분뇨의 적정 시비량이 대단히 중요하다. 그러나 가축분뇨와 질소질 비료의 과잉 사용은 NO₃-N의 용탈을 촉진, 인간에게 해를 줄 수 있기 때문에 많은 연구자들은 가축분뇨와 환경과의 관계를 연계시켜 연구를 진행하고 있는 상황이다(Anderson과 Xia, 2001; Bergstrom과 Jokela, 2001; Dittert 등, 2001; Jabro 등, 2001; Jaynes 등, 2001; Jongbloed와 Lenis, 1998; Walther, 1991; 육, 1990)

본 연구에서는 사료작물을 대상으로 화학비료 사용량 감소로 환경오염 문제를 감소시키는 동시에 가축분뇨를 우수한 부존자원으로 활용한다는 측면에서 액상분뇨의 사용 수준별 그 비료적 이용효율 및 분뇨의 N효율 증가를 위해 추가적인 질소사용 수준별로 수행, 가축분뇨와 화학비료의 이용방법을 종합적으로 확립하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험장소 및 토양

본 실험은 건국대학교내의 초지 사료작물 시

Table 1. Chemical characteristics of the soil used into lysimeter

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

험포 내의 lysimeter에서 실시하였으며 토양은 우리나라 중부지방의 전형적인 clay 함량이 35% 정도인 점토질 토양을 이용하였고 조사기간중의 강수량은 다음 그림 1에서 보는 바와 같다.

2. 시험설계 및 조사방법

분뇨의 시용형태가 환경오염에 미치는 영향을 조사하기 위하여 설치된 lysimeter는 직경 30cm, 깊이 1m였고 시험 수행을 위한 액상발효우분의 시용수준은 분뇨중의 N 함량을 분석한 후 분뇨 N의 함량으로 환산하여 0, 200, 400kgN/ha/년 수준으로 시용하였으며, 추가적인 질소비료의 수준은 요소 N으로서 0, 100, 200kgN/ha/년을 년 2회분할 시용하였다.

시험구의 배치는 분뇨의 시용수준에 따른 효과를 파악하기 위하여 요소 N 시용수준을 주

구로 하고 액상발효우분의 시용수준을 세구로 하는 분할구 배치법 3반복으로 하였으며 공시초종은 중만생종 옥수수인 Pioneer 3310를 이용하여 lysimeter당 2립씩 점파하고 출현이 양호한 1개체를 재배하여 조사하였다.

초지의 생산성 조사를 위한 silage용 옥수수를 재배 관행에 의하여 적기에 수확, 생초량을 측정하고 그 중 일부를 채취 칭량 후 80℃ 건조기에서 48시간 건조 후 건물생산량을 산출하였으며 사료가치 및 N의 이용효율을 파악하기 위해 채취된 시료를 Kjeldahl 정량법으로 분석하였다

옥수수의 파종당일부터 시험포장내 설치된 lysimeter를 통해 용탈된 용탈수는 실험기간동안 약 2주 간격을 두고 채취하였고, 채취한 시료는 당일에 RQ flex 16970(E. Merck, Germany) Reflectometer Reflex와 FIAStar 5000 Analyzer (Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 측정하였다.

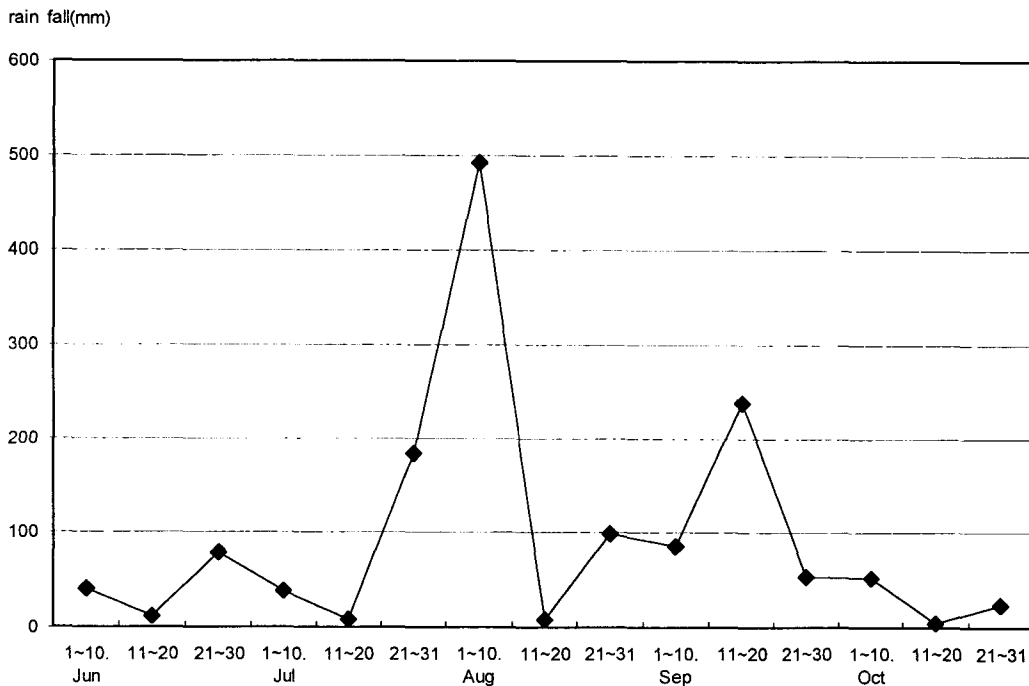


Fig 1. Precipitation for the experimental period.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 건물수량

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

무비구에서의 건물수량을 100%(79.5g)으로 볼 때 액상발효우분의 시용수준 200kgN/ha 시용구에서는 173%(137.5g), 400kgN/ha 시용구에서는 293%(233.0g)으로 액상발효우분의 시용수준이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, 요소 N의 시용시에도 그 시용수준이 100 및 200kgN/ha로 증가함에 따라서 각각 170%(135.5g) 및 209%(166.5g)까지 증가하는 경향을 보였지만 액비 시용수준의 증가에 비해서는 낮은 효과를 나타내었다. 또한 액비 시용수준의 증가에 따라 요소 N수준 100kg에서는 170%(135.5g)에서 332%(264.0g)으로, 200kg에서는 209%(166.5g)에서 408%(324.5g)으로 약 2배 정도의 증가를 보였다. 그리고 요소 N시용 수준의 증가에 따른 액비의 시용효과는 액비 200kgN 수준에서는 173%(137.5g)에서 271%(215.5g)으로 400kgN 수준에서는 293%(233.0g)에서 408%(324.5g)으로 증가하였으나 액비 시용효과 보다는 낮은 경향을 보였다.

본 시험에서는 액비 N의 시용효과가 화학비료에 비해 50%의 효과 밖에 없다는 것을 전제로 하여 요소 및 액비시용수준을 결정하였지만

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 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.

이상의 결과에서 보는 바와 같이 액상발효우분과 화학비료 시용에 따른 옥수수의 건물수량이 현저히 낮았는데, 이는 lysimeter 시험으로 인한 특성상, 지하로 부터의 수분 공급 차단에 의한 수분 결핍이 주 원인인 것으로 판단되며, 또한 수분 부족으로 인해 옥수수의 생육상태가 불량하여 암이삭이 발생되지 않은 것도 건물수량 감소와 관련이 있는 것으로 생각된다.

2. 전질소 함량

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

액비시용 수준에 증가에 따라 무 요소구에서

Table 2. Effects of applications of cattle slurry and mineral fertilizer(urea) on corn DM yields (g/plant)

Urea	Cattle slurry			Means
	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
Means	127.2	174.0	273.8	191.7

Table 3. Effects of applications of cattle slurry and mineral fertilizer(urea) on total nitrogen content of whole corn

Urea \ Cattle slurry	0kgN/ha	200kgN/ha	400kgN/ha	Means
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
Means	1.48	1.70	2.53	1.90

는 1.28에서 2.08%, 요소N 200kg 시용시는 1.82에서 3.36%까지 증가를 보였고, 요소N 시용수준의 증가에 따라서도 무 액비시용시에서의 1.28에서 1.82%, 400kgN 시용시 2.08에서 3.36%까지 증가하였지만 액비 시용수준의 증가 보다는 낮은 경향을 보였다.

액비의 시용수준과 요소N 시용수준에 따른 평균적인 전질소 함량은 액비시용 수준의 증가에 따라서는 1.48에서 2.53%로 요소N 시용수준에 따라서는 1.61에서 2.39%로 전질소 함량에 미치는 효과는 건물수량에서와 같이 액비시용의 효과가 약간 더 높았다.

3. 용탈수 중의 NO₃⁻ 함량

액상발효우분 및 요소 시용시 질소용탈에 의한 환경에 미치는 영향을 파악하기 위해 lysimeter를 이용한 시험결과는 표 4에서와 같

다.

액상발효우분의 시용수준증가에 따른 용탈수 중의 NO₃⁻ 함량은 평균 6.97ppm에서 8.28ppm 로 큰 차이를 나타내지 않았고 또 요소 N 시용수준의 증가에 의해서도 6.87ppm에서 8.33 ppm 정도 였다. 또 액상발효우분과 요소를 전혀 시용하지 않은 구와 액비 400kgN/ha에 추가적인 요소 200kgN/ha 시용구와의 차이도 6.27 ppm에서 9.02ppm으로 2.75ppm에 불과하였고 그 수준도 매우 낮았다.

이러한 결과는 Merz(1988)의 lysimeter에서의 orchardgrass에 대한 연구에서도 비슷한 경향이 었으며 액비의 호밀경작지에 대한 육 등(1999)의 연구결과와도 비슷한 수준이었으나 Kolenbrander(1969), Amberger(1983), Dressel과 Jung (1983) 등의 연구결과 보다는 매우 낮은 경향을 보여주었다.

Table 4. Effects of applications of cattle slurry and mineral fertilizer(urea) on NO₃⁻ content(ppm) in leaching water

Urea \ Cattle slurry	0kgN/ha	200kgN/ha	400kgN/ha	Means
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
Means	6.97	7.51	8.28	7.58

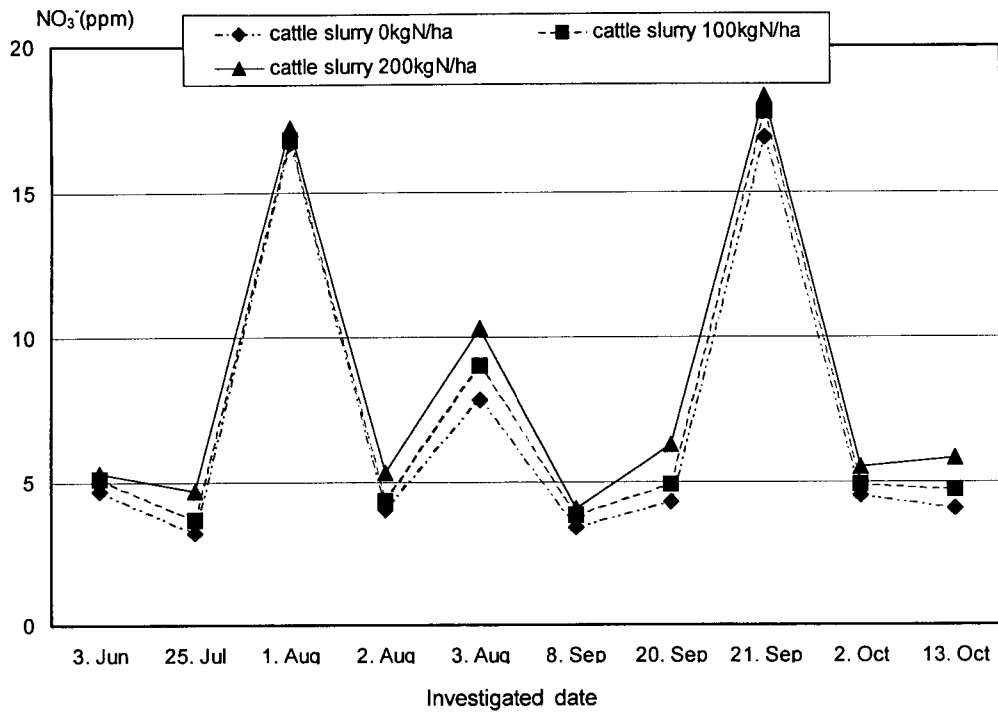


Fig. 2 Changes of NO₃⁻ content in leaching water by application rate of cattle slurry.

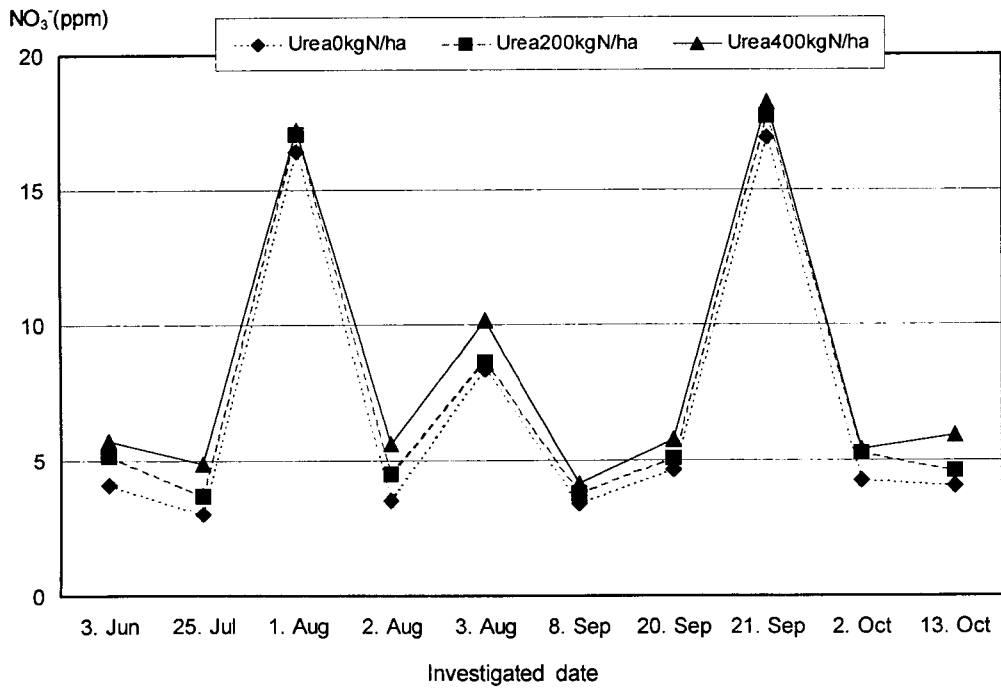


Fig. 3. Changes of NO₃⁻ content(ppm) in leaching water by application rate of mineral fertilizer(urea).

또한 액상발효우분의 시용수준이나 요소의 시용수준별 평균적인 년중 NO₃⁻ 함량의 변화는 그림 2 및 3에서와 같이 2개의 요인들 모두 시용수준간에는 거의 차이를 보여주지 않았고, 단지 시기별로 2회에 걸쳐 약간의 차이를 보여주었지만 옥수수의 재배 시기와 관련한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 강우량이 많았던 8월 초순과 9월 하순경에는 용탈수 중의 NO₃⁻ 함량이 높은 것으로 보아 NO₃⁻ 용탈효과는 강우량과 정의상관 관계가 있다고 한 Li (2000)의 연구보고와 일치하는 경향을 나타냈다.

IV. 요약

본 연구는 가축분뇨의 시용수준과 이의 효과를 증진시키기 위한 추가적인 화학비료 시용수준이 사료작물의 생산성과 이에 의한 환경오염에 미치는 영향에 대한 것으로써, lysimeter에서 옥수수에 대한 액상발효우분 시용수준과 추가적인 요소N의 시용수준에 따라 질소의 이용효율과 함께 NO₃⁻의 용탈에 의한 환경오염에 미치는 영향을 정확히 규명, 가축분뇨의 자원화는 물론 가축분뇨에 의한 환경오염 방지대책 수립을 하고자 수행하였는데 그 결과는 다음과 같다.

1. 옥수수의 건물수량은 액상발효우분 및 요소 시용수준이 증가함에 따라 비례적으로 증가하였다.

2. 옥수수 중의 전질소 함량은 액상발효우분 및 요소의 시용수준이 증가함에 따라 증가하였다.

3. 용탈수 중의 NO₃⁻ 함량은 평균 7.58ppm (6.27~9.02ppm)으로 매우 낮았고 시용수준간에도 차이가 거의 없었다. 그러나 강우량이 높은 시기에 NO₃⁻의 용탈 함량도 증가하였다.

(Key words : 가축분뇨, 옥수수, 액상발효우분, NO₃⁻ 용탈, lysimeter)

V. 인용문헌

1. Amverger, A. 1979. Pflanzenernahrung. -UTB Taschenbuch846, Verlag Eugen Ulmer, stuttgart.
2. Anderson, R. and L. Xia. 2001. Agronomic measures of P, Q/I parameters and lysimeter-collectable P in subsurface soil horizons of a long-term slurry experiment. *Chemosphere*. 42(2): 171-178.
3. Baker, A. 2002. Fluorescence properties of some farm wastes: implications for water quality monitoring. *Water Res* 36(1):189-95
4. Bergstrom, L.F. and W.E. Jokela. 2001. Ryegrass cover crop effects on nitrate leaching in spring barley fertilized with 15NH₄15NO₃. *J Environ Qual*. 30(5):1659-67.
5. Dittert K, R. Bol, R. King, D. Chadwick and D. Hatch. 2001. Use of a novel nitrification inhibitor to reduce nitrous oxide emission from (15)N-labelled dairy slurry injected into soil. *Rapid Commun Mass Spectrom* 15(15):1291-1296.
6. Dressel, von., J. Jung. 1983. Nährstoffverlagerung in einem Sandboden in Abhängigkeit von der Begplanzung und Stickstoffdüngung (Lysimeterversuche), *Landw. forschung* 36. kongressband 1.
7. Li, S. and S. Li. 2000. Leaching loss of nitrate from semiarid area agroecosystem. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. 11(2):240-242.
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. Preedy N, K. McTiernan, R. Matthews, L. Heathwaite and P. Haygarth. 2001. Rapid incidental phosphorus transfers from grassland. *J Environ Qual*. 30(6):2105-2112.
11. Selenka, F. 1982. Gesundheitliche Aspekte Von Nitrit, Nitrit und Nitrosaminen, Vortrag auf der wasserfachlichen Aussprachetagung in Hamburg

- am 2. 3.
12. Jabro J.D, W.L. Stout, S.L. Fales and R.H. Fox. 2001. SOIL-SOILN simulations of water, drainage and nitrate nitrogen transport from soil core lysimeters. *J Environ Qual.* 30(2):584-589.
 13. Jongbloed A.W. and N.P. Lenis. 1998. Environmental concerns about animal manure. *J. Anim Sci.* 76(10):2641-2648.
 14. Walther W. 1991. Effect of livestock manure on the chemical quality of groundwater. *Dtsch Tierarztl Wochenschr.* 98(7):272-277.
 15. 육완방. 1990. 영년혼파초지에 있어서 예취빈도와 질소시비수준이 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 유실에 미치는 영향. *한국초지학회지* 10(2):84-88.
 16. 육완방, 전병태, 손상목, 정호석. 1992. 수도권 상수도 보호지역내에서의 경작형태가 환경오염에 미치는 영향. *한국초지학회지* 12(4):201-210.
 17. 육완방, 최기춘, 안승현, 이종갑. 1999. 액상발효 우분의 시용시기와 시용량이 호밀경작지 토양의 NO_3^- 함량에 미치는 영향. *한국초지학회지* 19(2):141-146.