

돈분액비 시용수준이 사료용 옥수수의 생육특성과 수량 및 토양 중 NO₃-N 함량에 미치는 영향

임영철 · 윤세형 · 김종근 · 최기준 · 김원호 · 서 성 · 이상진 · 육완방*

축산연구소

Effect of Application Level of Swine Slurry on Agronomic Characteristics and Yield of Corn and NO₃-N Content of Corn Field

Young Chul Lim, S. H. Yoon, J. G. Kim, G. J. Choi, W. H. Kim, S. Seo, S. J. Lee, and W. B. Yook**

National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea

Summary

Livestock manure has been utilized as fertilizer, and trying to make resources natural circulation of organic material. This experiment was conducted to investigate the effect of application level of swine slurry on agronomic characteristics and yield of silage corn and NO₃-N content of soil for three years in the experimental field of Grassland and Forage Crops Division, National Livestock Research Institute. Summary of the results were as follows. The experiment was conducted according to a randomized complete block design. Six treatments were non fertilizer(NF), chemical fertilizer(CF), 100% swine slurry(SS100), 150% swine slurry(SS150), 200% swine slurry(SS200) and mixture fertilizer(MF, 100% swine slurry + 50% chemical fertilizer) with three replications. The application level of swine slurry(SS) 100% was highest in Brix as 8.6° and stay green was as swine slurry application increased. Deficiency of plant, plant height, ear height and lodging were increased in above 100% swine slurry application level. Dry matter yield was decreased in SS 100 but increased in SS 150 and SS 200. Significant effect was observed for all treatments. The content of NO₃-N in infiltration water was high in above swine slurry nitrogen 150% but that content in run off water was very small. Conclusively, application to swine slurry below 150% would be recommended to produce higher yield and to conserve environment in corn field.

(**Key words** : Environment, Livestock manure, Fertilizer, Organic material)

* 건국대학교(College of Animal Husbandry, KonKuk Univ. Seoul 143-701, Korea)

Corresponding Author : Lim, Y. C., National Livestock Research Institute, Chonan 330-801, Korea.

Tel: +82-41-580-6747, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: ycliml@rda.go.kr

서 론

사료작물에 대한 가축분뇨 이용은 유기자원의 재활용이라는 경제적인 면과 양분 순환에 의한 자연순환농업이라는 측면에서 매우 의미가 있다. 특히 양돈의 경우는 가축분뇨를 환원할 수 있는 경지가 전무한 형태의 축산이 대부분으로 경종농가 또는 사료작물을 재배하는 농가와 연계한 형태의 축산이 바람직하다. 가축분뇨는 화학비료 대체 효과 외에도 토양의 보수력 향상, 고상 감소 및 경도가 낮아져 뿌리발육 및 생육촉진 뿐만 아니라 토양 중 유기물을 축적하고 물리성을 개선하여 토양을 비옥하게 하는 효과가 있어 (Elliott 등¹⁸) 다양한 형태의 가축분뇨를 이용한 시험이 수행되었다(Buchner 및 Sturm¹⁶, 김 등³, 서 등⁶, 서 등⁷). 우리나라 양돈이 전업화 및 단지화 되면서 분뇨 처리가 경영에 걸림돌이 되어 여러 가지 분뇨 처리 형태가 시도되었으며, 가장 저비용 처리형태는 액비로 농경지에 환원하는 것이어서 이에 대한 연구의 필요성이 대두되고 여러 가지 작물을 대상으로 많은 연구가 수행되기도 하였다(농진청⁵). 따라서 사료용 옥수수 재배시 액상분뇨 이용에 관한 연구도 많이 이루어졌으나(高井康雄 등¹, 전 등¹⁴). 돈분액비를 대상으로 한 연구는 미미한 상태이다. 본 시험에서는 돈분액비를 활용한 사료용 옥수수 재배시 생육특성 및 수량을 조사하여 돈분액비의 적정 사용량을 설정하고 토양 중 NO₃-N의 용탈 및 유거수의 변화를 측정하여 환경에 미치는 영향을 구명하고 사료용 옥수수의 안전생산 재배기술 개발을 목적으로 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2000년~2002년까지 축산연구소 조사료자원과 시험포장에서 실시하였다. 공

시품종은 사료용 옥수수 P 3310으로 하였으며 본 시험은 6처리 3반복의 난괴법으로 하였으며, 처리는 비료의 종류와 질소수준에 따라 무비구(NF), 화학비료구(CF), 돈분액비 질소기준 100%(ss100), 돈분액비 150%(SS150), 돈분액비 200%(ss200) 및 혼용(MF, 돈분액비 100%+화학비료 50%)을 두었다. 재식거리는 휴간 75 cm, 주간 15 cm로 구당(3×5m) 4줄을 파종하였다. 파종량은 ha당 30 kg, 파종방법은 2알씩 점파하고 본엽 4매 때 1주 만을 남기고 제거하였다. 제초제는 파종 2일째에 진압한 후 포장전면에 균일하게 살포하였다. 대조구의 시비량은 ha당 질소 100 kg, 인산 150 kg, 칼리 150 kg을 기비로 추비는 본엽 7~8엽기 때 질소 100 kg/ha을 시용하였으며, 액비처리구는 기비로 시용하였다. 생육조사는 예취 후 각 반복별로 평균적인 10주를 선발하여 조사하였으며, 생육특성 중 간장은 지면에서 옹수 목까지의 길이를 측정하고 착수고는 지면으로부터 최상단 암이삭이 달린 마디까지의 높이를 측정하였다. 그리고 당도는 Hand Refractometer로, 경직경은 지면으로부터 10 cm 높이의 마디와 마디사이의 지름을 측정하였다. 생엽수는 수확시 녹색을 지닌 엽의 숫자를 세었다. 그 밖의 생육특성 및 수량조사는 농촌진흥청 조사기준(농촌진흥청⁴)에 의거 실시하였다. 수량조사는 가운데 2줄을 수확하여 암 이삭과 경엽으로 분리하여 생초수량을 조사하였으며, 구당 2주씩 Sampling 하여 경엽과 암 이삭으로 분리 80℃의 순환 열풍건조기에서 72시간 건조 후 평량하여 건물 함량을 산출하고, 생초수량에 건물 함량을 곱하여 건물수량을 계산하였다. 건조된 시료는 Wiley mill로 분쇄하여 조단백질은 AOAC¹⁵ 방법에 의거한 Kjeltac Auto System으로, NDF와 ADF 함량은 Goering 및 Van Soest²⁰ 방법에 의해서 분석하였다. 시험의 통계처리는 1% 수준 범위 내에서 유의성을 검정하였다(김 등²). TDN 수량은 계산⁴)에

의하였으며, N의 용탈을 조사하기 위하여 침투수 채취는 지하 60 cm에 suction cup을 설치하여 용탈수를 채취 NO₃ 함량을 분석하였다(Czertski¹⁷⁾, 육¹³⁾). 유거수는 유거장치를 설치하여 비가 올 때 유거되는 물을 채취하여 NO₃ 농도를 Rqflex 2 측정기로 측정하였다.

시험 전 토양은 Table 1에서 보는 바와 같이 pH가 5.4~5.7로 약간 낮고 유기물, 인산은 보통으로 일반적인 밭 토양의 비옥도를 나타내고 있어 본 시험을 수행하는데 있어 특이사항은 없었다.

본시험에 사용된 돈분액비는 축산연구소 돈사에서 발생된 것이며 충분한 부숙 기간을 거친 것으로 질소성분은 Table 2와 같이 0.35

%이었고, 인산과 칼슘, 칼륨 성분은 보통의 돈분액비 수준이었다.

결과 및 고찰

1. 생육특성

사료용 옥수수의 생육특성은 Table 3에서와 같이 당도는 돈분액비를 100% 사용시 8.6B°로 가장 높았으나 사용수준이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였고 후기녹체성(2)은 화학비료구에 비하여 액비 100%구가 다소 불리하였으며 돈분액비 사용수준이 증가함에 따라 양호한 결과를 보였으나 액비 100

Table 1. Chemical properties of the soil before experiment (0~30cm)

pH (1:5H ₂ O)	Organic matter (g/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations(cmol ⁺ /kg)		
			Ca	Mg	K
5.4	24.8	193	5.50	1.54	0.84

Table 2. Chemical properties of applied swine slurry for the experiment

T-N (%)	pH (1:5)	NH ₄ ⁺ -N (ppm)	DM* (%)	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	NaO
..... ppm								
0.35	8.0	1,307	1.0	3,440	1,260	165	1,556	451

* DM : Dry matter.

Table 3. Agronomic characteristics of corn at Suwon

Treatment	Early growth (1-9) [*]	Deficiency of plant (%)	Lodging resistance (1~9) [*]	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Brix (B°)	Stay green (1~9) [*]
No fertilizer	3.7	12.4	1.9	286	139	84.8	11.0	22.0	6.8	2.6
CF [*] (200-150-150)	3.2	9.7	1.9	282	137	84.6	11.6	22.5	6.9	1.6
SS ^{**} 100%	3.5	10.6	1.9	280	139	85.2	11.1	18.4	8.6	2.0
SS 150%	2.2	8.9	2.2	283	139	84.7	11.3	22.7	7.0	1.8
SS 200%	2.2	11.7	2.7	288	141	86.3	11.2	22.6	6.6	1.8
SS100%+CF 50%	2.7	11.2	2.8	282	134	84.8	11.1	21.7	6.0	3.3

CF^{*} : Chemical fertilizer, SS^{**}: Swine slurry.

* 1~9 : 1 = Excellent, 9 = Poor.

%와 화학비료 50%로 처리 시는 다소 불리하였다. 특히 돈분액비를 100% 이상 사용했을 때는 결주율, 초장, 착수고가 다소 높아져 도복이 증가하는 경향이였다. 그 밖의 생육 특성은 가축분뇨를 이용하더라도 불리한 점이 발생되지 않았다.

2. 건물수량

사료용 옥수수에 돈분액비 사용효과는 Table 4에서와 같이 암 이삭비율은 화학비료 사용구가 51.5%, 돈분액비 100% 사용구는 51.3%로 대등하였으며 그 이상 사용시는 약간 감소하였다. 건물수량은 액비 100% 사용시 8%의 감소가 있었고 150% 사용시 6%가 증가하였는데 150% 사용을 정점으로 다량 사용할수록 감소 경향이였다. 따라서 수량증수만을 생각한다면 150%가 사용한계로 사료되며 이것은 유의성이 인정되었다. 신 등⁸⁾에 의하면 화학비료구(14.5톤/ha)에 비하여 액비를 사용하였을 때 건물수량이 96(액비N200 kg)~97% 수준이었다고 하여 본 시험의 결과와 같은 경향을 나타내고 있으며, 신 등⁹⁾은 옥수수 TDN 수량은 화학비료구 9.5톤, 액비사용구 8.4~9.3톤/ha 이었으며 유의성이 인정되

었다고 보고하였다. 또한 사료용 옥수수에서는 화학비료구와 액비 사용구간에 토양적인 면과 수량을 고려할 때 대차 없다고 하였으며 전 등¹⁴⁾은 액상 구비사용은 화학비료 처리보다는 다소 건물수량은 떨어지지만 토양의 이화학적 성분은 유지하거나 개선효과가 높았다고 보고하여 본 시험 결과를 뒷받침하고 있다.

3. 토양 중 NO₃-N 함량

돈분액비 사용수준이 토양 중 NO₃-N 함량에 미치는 영향을 측정하고자 지하 60 cm에 suction cup을 설치 용탈수를 채취하여 NO₃ 함량을 측정한 결과 Fig. 1은 돈분액비를 사용하고 작물의 생육기간인 4월 초순부터 작물별 수확시기 까지 10회에 걸쳐 토양 속으로 스며든 물을 채취하여 NO₃-N의 농도를 측정한 결과로 조사 시기 간에는 일정한 경향이 없었다. 여러 연구자의 보고에 의하면 MacGregor²³⁾은 토양 중 NO₃⁻-N 함량이 높을수록 용탈되는 질소량이 많아지며 지표수와 지하수에 NO₃⁻-N의 증가 원인이 된다고 하였으며, Macduff 등²²⁾은 NO₃⁻-N 함량 변화는 기상요인에 큰 영향을 받아 년 중 매우 큰

Table 4. Effect of application level of swine slurry on ear rate, dry matter yield, and TDN yield at Suwon

Treatment	% Ear	Dry matter yield (kg/ha)	Index of dry matter (%)	TDN Yield (kg/ha)
No fertilizer	52.6	19,153	89	13,761
CF*(200-150-150)	51.5	21,565	100	15,483
SS**100%	51.3	19,904	92	14,260
SS 150%	48.4	22,908	106	16,243
SS 200%	50.3	2,391	104	16,067
SS100%+CF 50%	51.3	21,506	100	15,473
LSD(0.01)		4,213.7		

CF*: Chemical fertilizer, SS**: Swine slurry.

임영철 등 : 돈분액비 사용수준이 사료용 옥수수의 생육특성과 수량 및 토양 중 NO₃-N 함량에 미치는 영향

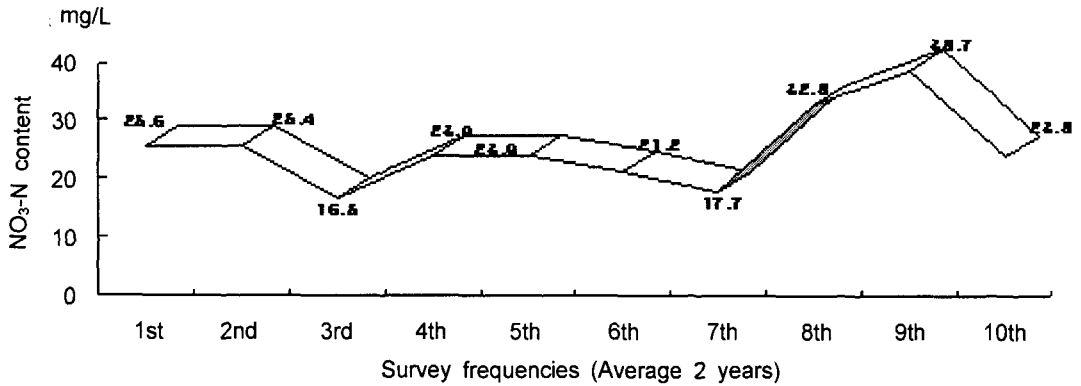


Fig. 1. Change to NO₃-N content in infiltration water.

변화를 나타내었다고 하여 본 시험의 결과와 같은 경향이였다.

Fig. 2는 액비 사용수준별로 토양 침투수를 채취 NO₃-N을 측정된 결과로 화학비료에 비교하여 질소기준 돈분액비 150%까지는 비슷한 용탈량을 나타냈으나 그 이상에서는 용탈량도 급격한 증가를 보였다. 유¹²⁾는 독일 알고히 지방에서의 연구결과 NH₃-N은 액비 사용량이 증가할수록 하층으로 이동하여 집적하였으며, 액비 사용량 240 Nkg/ha는 NO₃-N 용탈량이 높아 환경에 과다한 부하를 주었다 하였고, 신 등¹⁰⁾은 액상분뇨 사용량의 증가에

따라 과잉의 질소가 투입되는 경향을 보였고, 토양 중 인산 및 침투수중 NO₃⁻-N 함량이 높아졌다고 하여 본 시험의 결과와 같은 경향이였다.

Fig. 3은 액비를 사용한 후 비가 와서 흘러 내리는 물을 수거하여 NO₃-N의 농도를 측정 한 것으로 작물의 생육기인 4월부터 수확까지 10회를 조사한 결과로 최고가 2.4 mg/L으로 음용수 허용 기준인 10 mg/L 이하로 문제가 되지 않는 것으로 사용 초기에 많이 검출되는 경향을 보이고 있다. European Economic Community¹⁹⁾의 보고에 의하면 유럽의 경

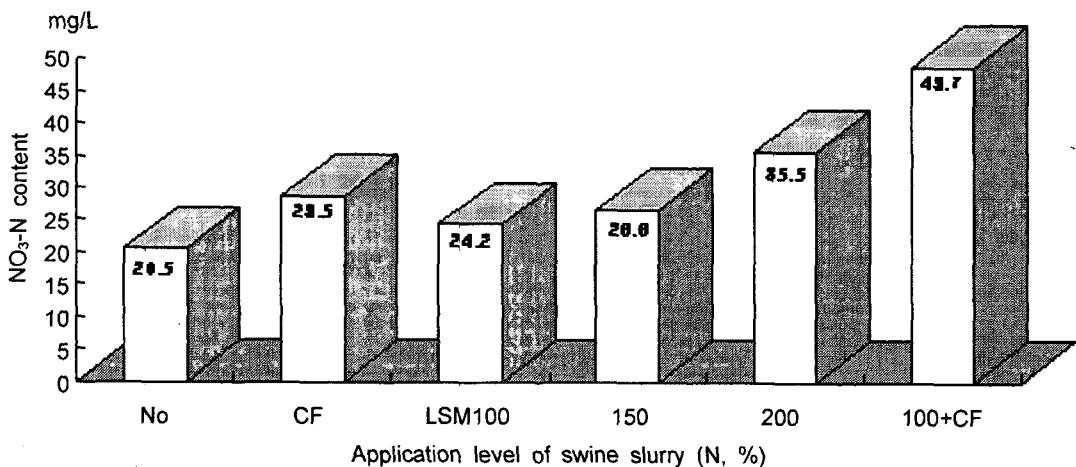
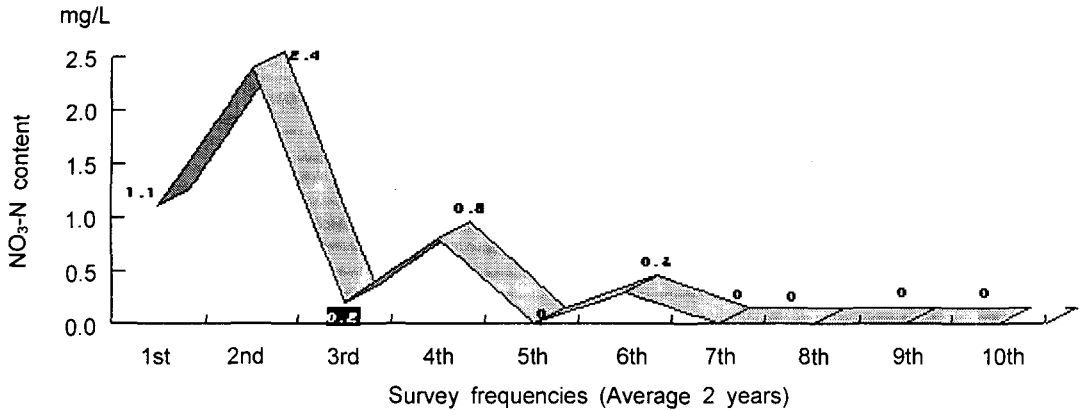


Fig. 2. The content of NO₃-N in infiltration water according to application rate of swine slurry.

Fig. 3. Changes of NO₃-N content in run-off water.

우도 1980년부터 식수중의 NO₃⁻ 함량을 90 mg/L NO₃⁻-N으로 규제하기 시작하여 그 후 50 mg/L로, 최근에는 11.3 mg/L로 조정되어 강력히 규제가 되고 있다. 또한 Macduff 등²²⁾은 NO₃-N 함량 변화는 기상요인에 큰 영향을 받아 년 중 매우 큰 변화를 나타내었다고 하였다.

또한 Buchner 및 Sturm¹⁶⁾은 액비의 시용한계는 액비내의 총 양분 함량에 의하는데 ha 당 N:240, P₂O₅:200, K₂O:270 kg 이상 사용하지 않아야 한다 하였고, Kampf 등²¹⁾은 액비중 질소의 이용율은 시용시기에 따라 차이가 있는데 봄철에 시용할 때는 50~75%, 가을이나 초겨울에는 30% 정도 되었다고 하였으며, Vetter 및 Steffens²⁵⁾은 액비의 질소 이용율을 개선하려면 무기질 질소와 함께 사용하는 것이 좋으며 액비의 효과를 높이려면 물을 타서 농도를 약하게 사용하는 것이 유리하다고 보고한 바 있으며, Pains 등²⁴⁾은 고온 건조한 생육조건에서 다량의 액상구비 시용은 암모니아태 질소의 휘산으로 질소 성분량의 감소가 일어난다고 보고한 바 있어 본 시험의 액비 시용기준이나 시용방법 설정에 도움을 주었고, NO₃-N의 용탈량을 조사한 배경을 뒷받침 하고 있다.

적 요

가축분뇨의 시용은 단순한 유기자원의 경지환원에 의한 화학비료 대체 효과 뿐만 아니라 자연순환농업이란 측면에서 다양한 형태의 가축분뇨 이용이 시도되어 오고 있으며, 이와 같은 맥락에서 본 시험은 돈분액비 시용수준이 사료용 옥수수의 생육특성과 수량 및 토양 중 NO₃-N 함량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 축산연구소 시험포장에서 3년간 무비구(NF), 화학비료(CF), 돈분액비 100%(SS100), 150%(SS150), 200%(SS200), 혼합구(MF, 액비100%+화학비료50%)의 6처리로 시험을 수행한 결과로 사료용 옥수수의 생육특성은 SS100 처리에서 당도가 8.6%로 가장 높았으며, 후기녹체성(2.0)은 돈분액비 시용수준이 증가함에 따라 양호하였고 특히 돈분액비를 100% 이상 사용했을 때는 결주율, 초장, 착수고가 다소 높아졌으며, 도복이 증가하는 경향이였다. 건물수량은 CF 처리구에 비하여 SS100 처리구는 8% 감소, 150% 이상 시용에서는 4~6% 증수되었으며 유의성이 인정되었다. 토양 침투수중 NO₃-N 함량은 액비 150% 이상 시용에서 높게 나타났으며, 유거수중 NO₃-N 함량은 전체적으로 미미하였고, 액비시용 초기에 검출량이 많았으나,

음용수 허용 기준인 10 mg/L 이하로 환경에 미치는 영향은 우려되지 않았다. 돈분액비 시용량 증가에 따라 수량은 증가하지만 침투수 중 NO₃-N의 용탈량은 화학비료에 비하여 질소기준 150%까지는 대등한 수준이나 그 이상에서는 급격한 증가를 보이고 있어, 환경을 고려한 돈분액비의 적정 시용량은 질소 기준 150% 이하가 적합할 것으로 사료되었다.

인 용 문 헌

1. 高井康雄, 早 達郎, 態澤善久雄. 1976. 植物營養土壤大載典. 養賢堂. pp. 956-964.
2. 김내수, 김정우, 박홍양, 상병찬, 여정수, 전광주, 최광수, 홍기창. 1995. 응용통계학. 유한문화사. 서울.
3. 김정갑. 1989. 화강암 적황색토양의 신간척지에서 청예사료작물 재배 및 이용에 관한 연구. I. 가축퇴비 시용에 따른 토양의 물리적 특성변화와 작물생육. 한초지 31(12):792-797.
4. 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구 조사기준.
5. 농촌진흥청. 2002. 가축분뇨 액비 사용기술.
6. 서 성, 김종근, 정의수, 강우성, 신재순, 김정갑. 1999. 가축분 시용조건에서 주요수수×수단그라스 교잡종의 생산량과 사료가치 비교연구. 한초지 19(1):57-62.
7. 서 성, 김종근, 정의수, 김원호, 강우성. 2000. 가축분 시용 조건에서 파종방법과 파종량이 청예용 수수×수단그라스 교잡종의 생산량과 사료가치에 미치는 영향. 한초지 20(1):49-54.
8. 신동은, 김동암, 신재순, 서 성, 김원호, 김정갑, 육완방, 정재록. 1998. 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비연구. I. 생육특성 및 사초수량에 미치는 영향. 한초지 18(3):235-242.
9. 신동은, 김동암, 신재순, 송관철, 이종경, 윤세형, 김원호, 김정갑. 1998. 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비연구. II. 무기물 함량, N 생산성 및 토양환경에 미치는 영향. 한초지 18(3):243-250.
10. 신재순, 이혁호, 신동은, 김정갑, 조영무, 육완방, 류종원. 1999. 젓소 액비 시용량에 따른 담근먹이 옥수수의 생산성과 토양 화학적 특성의 변화. 한초지 19(1):17-22.
11. 신재순, 이혁호, 신동은, 조영무, 정의수, 이종경, 윤세형. 1999. 젓소액비 시용방법이 담근먹이 옥수수와 수수×수단그라스 잡종의 생산성 및 토양 화학적 특성에 미치는 영향. 한초지 19(4):333-338.
12. 유종원. 1997. 초지에서 액상분뇨 시용이 토양의 질소 동태와 NO₃ 용탈에 미치는 영향. 한초지 17(1):43-50.
13. 육완방. 1990. 영년 혼파초지에 있어서 예취빈도와 질소시비 수준이 NO₃-N의 유실에 미치는 영향. 한초지 10(2):84-88.
14. 전병태, 이상무, 김재영, 오인환. 1995. 액상구비 시용이 사료작물의 생산성과 토양성분에 미치는 영향. 한초지 15(1):52-60.
15. A.O.A.C. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Association of official analytical chemists. Washington, DC.
16. Buchner, A. und Sturm, H. 1985. Gezielte Zucht. DLG-Verlag, Frankfurt(Main). pp. 56-71.
17. Czeratzki, W. 1971. Saugvorrichtung für kapillar gebundenes Bodenwasser. Landbau-forschung Volkenrode 21:13-14.
18. Elliott, L. F. and Stevenson, F. J. 1977. Soils for management of organic waste. p. 672. Am. Soc. of Agron. Madison, WIS.
19. European Economic Community. 1980.

- Council directive on the quality over water for human consumption, Official Journal 23. No. 80/778/EEC 229. pp. 11-29.
20. Goering, H. L. and Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis. Agr. Handbook No. 379. USDA.
21. Kampf, R., Nohe, E., Petzoldt, K. und Sneyd, J. 1985. Feldfutterbau. DLG-Verlag, Frankfurt(Main). pp. 22-29.
22. Macduff, J. J., Jarvis, S. C. and Roberts, D. H. 1990. Nitrate leaching from grazed grassland systems. Symposium proceedings of symposium "nitrates, agriculture, water" Paris, Nov. 1990.
23. MacGregor, J. M., Blake, G. R. and Evans, S. D. 1974. Mineral nitrogen movement into subsoils following continued annual fertilization for corn. Soil Sci. Soc. Am. Pro. 38:110-112.
24. Pains, B. F. and Thompson, R. B. 1989. Ammonia volatilization from livestock slurries applied to land. Proc. Intl. seminar on nitrogen in organic wastes applied to soils. In: J. A. Hansen and K. Henrikson (eds). Nitrogen in organic wastes applied to soils. Academic Press. London.
25. Vetter, H. und Steffens, G. 1986. Wirtschaftseigene Dungung. DLG-Verlag, Frankfurt (Main). pp. 104-119.