

# 목초 생산성과 초지 생태계에 미치는 액상분뇨의 사용효과

류 중 원 · H. Jacob\*

## The Effect of Cattle Slurry on the Forage Yield and Grassland Ecosystem.

Jong Won Ryoo and Helmut Jacob\*

### Summary

Many farmers apply cattle slurry on grassland, often in excess of crop N requirements, resulting in groundwater contamination. Our research objective was the development of grassland management systems that reduce undesirable sideeffects on other compartment of the ecosystem.

Field experiment was conducted during 1991~1993 on sandy loam soil at Allgäu south western Germany. Different sets of conditions were tested such as : zero fertilization, reduced slurry application(120kg N ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>), intensive slurry application(conventional slurry application, 240kg N ha<sup>-1</sup>, yr<sup>-1</sup>). The plots of the reduced slurry application had no significant effect on dry matter yields, digestible dry matter and net energy of herbage. Dry matter yield of zero fertilization was significantly lower than that of usual slurry application, however the content of Ca and Mg in herbage tended to increase. We conclude that reduced slurry application can be applied on grassland without adverse effects on dry matter production and quality of herbage.

### I. 緒 論

지난 30년간 가축수와 산유량의 증가로 단위면적당 가축사육 밀도가 증가하면서 농경지에 가축분뇨가 과다하게 살포되어 토양에 질소가 다량으로 축적되어 지하수에 질산태질소의 용탈이 문제시되고 있다. 독일 정부에서는 가축분뇨에 의한 환경오염을 방지하기 위하여 가축사육 밀도 조절에 의한 가축분뇨 경지환원량을 ha당 연간 3비료단위(240kg N/ha)로 제한하는 정책을 실시하고 있다. 그러나 본 시험이 수행된 독일 남서부에 위치한 알고이 지방에서는 관행적인 젖소 사육밀도에 의한 액상분뇨 경지환원

량 240kg N/ha도 토양에 질소가 과다하게 축적되어 환경에 심한 부하를 주고 있어서 미래에는 액상분뇨 감량사용 정책이 실시되어야 할 것으로 생각하고 있다. 본 연구에서는 자연과 환경보호를 위하여 가축분뇨 환원량을 더 엄격하게 제한해야 할 경우에 대비한 축산경영과 환경보호정책의 자료로 활용하고자 가축분뇨 감량사용이 초지의 생산성, 품질, 토양의 질소동태에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시되었다. 수십 년간 액상분뇨의 연용에 의하여 토양에 질소가 과다하게 축적된 지대에서 액상분뇨 사용량 경감이 초지의 식생, 생산성, 사료의 품질, 토양의 화학성, 무기물 흡수, 질소 수지에 미치는 영향을

상지대학교 농학과(Agronomy Dept, Sang Ji University, Wonju 220-702, Korea)

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

조사분석 하였다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 시험포장

본 시험은 독일 남서부에 위치한 알고이 (Allgäu) 지방의 초지지대에서 수행되었다. 공시험포장은 해발 620m에 위치해 있고 토양은 빙하말기에 형성되었으며 토성은 사양토이다. 공시험포장 토양의 성분 함량은 표 1과 같이 토양의 pH는 5.7로 약산성이며 장기간 액상분뇨 시용에 의하여 유기물, 인산, 칼리 함량은 높았다.

Table 1. Soil characteristics at 10cm depth before field experiment

pH	C (%)	Total N(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
			mg 100g soil	(CAL method)	
5.7	4.0	0.44	22.0	28.0	13.0

Schur(1989)에 의하면 시험포장은 60년 이상 초지로 이용하여 온 영년생 초지이다. 이 지역의 초지는 전통적으로 채초지로 이용되고 있으며 시비는 액상분뇨 위주로 관리해 하고 있다.

### 2. 시험포장의 기상조건

시험포장 지대의 평년의 연평균 강우량은 1,250 mm로서 비교적 많고 기온은 7.2℃를 기록하고 있다. 시험포장의 기상자료는 시험포장에 설치한 자동 기상관측기에 의하여 측정하였다. 시험기간 중 시험포장의 강우량과 기온의 변화는 그림 1과 같다. 시험포장의 연평균 기온은 1991년도에 6.6℃, 1992년도에 7.4℃를 기록하였고 강우량은 연중 고른 분포를 나타내었으며 작물의 생육기간 동안 충분한 수분의 공급이 이루어졌다.

### 3. 처리 및 시험구 배치

본 시험은 관행 액상분뇨 시용구(A<sub>2</sub>: 연간 240 kg N/ha)와 액상분뇨 경감 시용구(A<sub>1</sub>: 연간 120 kg

N/ha), 무비구(A<sub>0</sub>) 등 3개의 처리구를 두어 난괴법 4반복으로 포장 배치하였다.

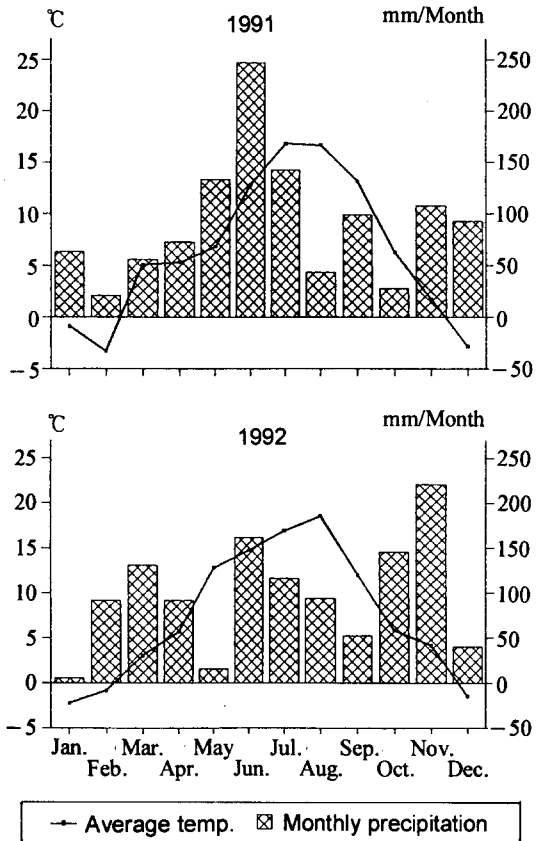


Fig. 1. Temperatur and the amount of rainfall of the experiment field

### 4. 액상분뇨의 조제 및 시용

공시 우분액비는 농가에서 수거하여 2.5m<sup>3</sup> 크기의 시멘트로 만든 실험용 저장조에서 발효시켰다. 액상분뇨를 발효시키기 위하여 O<sub>2</sub>를 1시간당 15분 간격으로 간헐적으로 주입시켰다. 저장조는 빗물의 유입을 막기 위하여 뚜껑을 덮었다. 액상분뇨 시료는 액비 저장조에서 10분간 교반시켜 균질화시킨 후 1ℓ를 수거하여 ice box를 이용하여 실험실에 옮긴 다음 냉장 보관 후 분석하였다. 공시 액상분뇨의 성분함량은 표 2와 같이 건물함량은 1.5~2.2%였으며 1m<sup>3</sup>당 질소 1.6~1.8, 인산 0.2, 칼리 2.2~2.5 kg이

었고 전질소에 대한 암모니움태 질소의 비율은 40~59%였다.

액상분뇨는 3월초와 매 예취후 1~2주 사이에 특수 제작한 액상분뇨 살포기를 이용하여 사용하였다.

### 5. 수량 및 식생조사

수량은 동력예취기를 이용하여 시험구당 5m<sup>2</sup>를 예취하였다. 목초의 분석용 시료는 수확시 약 500g 채취하여 50℃에서 72시간 건조시켰다. 식생 조사는 Klapp-Stählin법(Klapp, 1949)에 의하여 매 예취 직전에 실시하였다.

### 6. 식물체 성분함량 분석

조단백질 함량은 Naumann법, 소화율은 Hohenheim forage test(HFT)의 *in vitro* 방법(Steingass 1983), net energy value는 Steingass(1986)의 net energy lactation(NEL)으로 분석하였다. 전체시료의 20%는 화학적 분석방법으로 분석하였고 80% 시료는 근적외분광분석에서 스펙트럼을 측정하고 흡광도 자료와 화학분석에 의한 자료를 컴퓨터에 입력시켜 검량식(Calibration equation)에 의하여 계산하였다.

## III. 結果 및 考察

### 1. 식생구성

액비사용량과 관계없이 전반적으로 시험 1년차에 비하여 시험 2, 3년차에 화본과목초의 비율은 증가하고 두과목초와 잡초 및 기타초종의 비율은 감소되었다. 액상분뇨 사용구(A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>)는 무비구에 비하여 화본과 목초의 비율은 증가되었으나 두과목초의 비율은 감소되었다(표 1). Kutschera와 Sobotic(1981)은 액상분뇨 사용시 잡초의 비율은 증가하고 화본과목초의 비율은 감소한다고 보고하였으며 Rieder(1981)와 Milbert(1982)는 액상분뇨 사용시 흡비력이 강한 잡초종류가 증가되어 부실초지의 원인이 된다고 보고하였으나 본 시험에서는 시험전 몇 십년 동안 액상분뇨를 사용하여온 초지이기 때문에 시험 기간중 액상분뇨 사용에 의하여 식생구성 요소가 나쁘게 변화 되지는 않았다. Kunz와 Elsäasser(1987)도 초지의 식생구성 요소는 액상분뇨의 특성보다는 식물체의 요구량에 맞지 않는 불균형적인 시비에 원인이 있다고 하였다.

Table 2. Botanical composition under different cattle slurry application

Plant Group	1991			1992			1993		
	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
Grasses	58	67	67	63	73	76	71	76	81
Legumes	23	20	21	22	15	14	16	15	11
Herbs	19	13	13	15	12	10	13	9	8

A<sub>0</sub>:none, A<sub>1</sub>:1/2 usual, A<sub>2</sub>: usual

### 2. 건물수량

관행 액비사용구의 연간 건물수량은 12~14 ton/ha 로서 매우 높았다. 그림에서와 같이 건물수량은 시험 1, 2년차 공히 관행 액비사용구와 액비 경감 사용구간에 유의차를 나타내지 않아 다년간 액비 사용으로 토양이 비옥한 이 지방에서 액비 사용량 감

소가 수량에 미치는 영향은 크지 않았다.

무비구의 수량감소는 토양과 식물체의 질소함량이 관행액비 사용구에서 차이가 없는 것으로 보아 질소의 공급부족이 원인이 아니라 칼리가 수량에 제한적인 요인으로 작용하였을 것으로 추론된다(표 2).

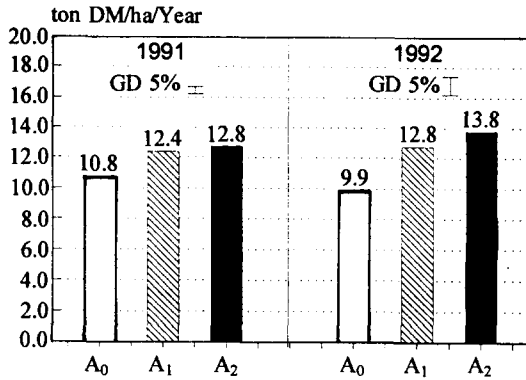


Fig. 2. Dry matter yield under different slurry application

Table 3. Crude protein(XP), crude fibre(XF), *in vitro* digestible dry matter(IVDDM), net energy value(NEL) of pasture mixture under the different slurry application.

	1991				1992			
	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	GD 5%	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	GD 5%
XP (%)	19.98	19.49	19.14	N.S.	20.12	20.17	20.30	N.S.
XF (%)	17.76	19.23	20.18	1.0	19.63	20.76	21.27	1.57
IVDDM (%)	77.08	76.75	76.16	N.S.	76.11	74.93	75.17	N.S.
NEL(MJ/kg)	6.49	6.66	6.42	N.S.	6.40	6.26	6.27	N.S.

#### 4. 무기물 함량

그림 3에서 나타낸 바와 같이 식물체의 질소 함량은 액상분뇨 사용량에 따라 차이 없이 3.0~3.4% 범위에 있었다. 이러한 결과는 액상분뇨의 사용량이 증가하면 식물체의 질소 함량도 직선적으로 증가한다는 다른 연구자의 결과(Minderhoud 등, 1974; Rieder 1983)와 일치하지 않았다. 원인은 본 시험 포장의 유기태 질소의 함량이 높기 때문인 것으로 생각된다. 식물체의 칼리함량은 액비 사용량 증가와 함께 비례하여 증가되었으나 칼슘, 마그네슘 함량은 감소되었다(그림 4).

우분 액상분뇨에는 칼리 함량이 높기 때문에 토양의 K이온의 증가는 길항관계에 있는 Ca과 Mg의 흡수를 저해하게 되었을 것으로 생각된다. 식물체에

#### 3. 품 질

목초의 품질에 미치는 화학성분 함량은 시험 1, 2년차 공히 액상분뇨 처리 수준간에 차이를 나타내지 않았다. 특히 젖소 우유 생산에 중요한 net energy lactation(NEL)은 액비사용량 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 조섬유 함량은 무비구에서 관행 액비사용구 보다 유의성 있게 낮아졌다(표 3). 결론적으로 액상분뇨 감량사용은 중단기적으로 목초 품질을 나쁘게 하지 않을 것으로 생각된다.

K함량이 너무 높거나 K/Na 혹은 K/Mg 비율이 높으면 가축의 건강이나 임신에 나쁜 영향을 미친다

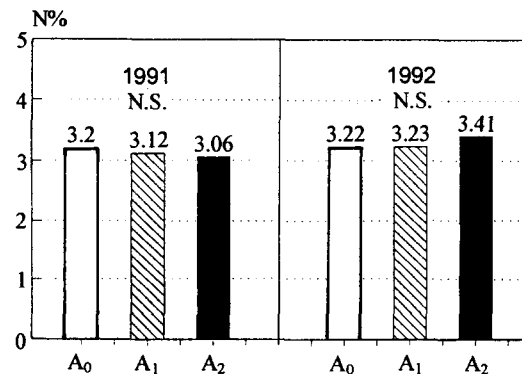


Fig. 3. N content in herbage under different slurry application

(Konermann 1967). 따라서 관행액비 사용량은 조사료의 무기물 불균형을 초래하게 되고 이것은 결국 가축의 건강이나 임신에 저해를 가져다 줄 수 있을 것으로 생각된다. 무비구에서 식물체의 K함량이 낮

고 Ca, Mg 함량이 높은 것은 반추가축, 특히 젖소의 영양생리적인 측면에서 긍정적인 효과로 평가된다 (Kirchgessner, 1982).

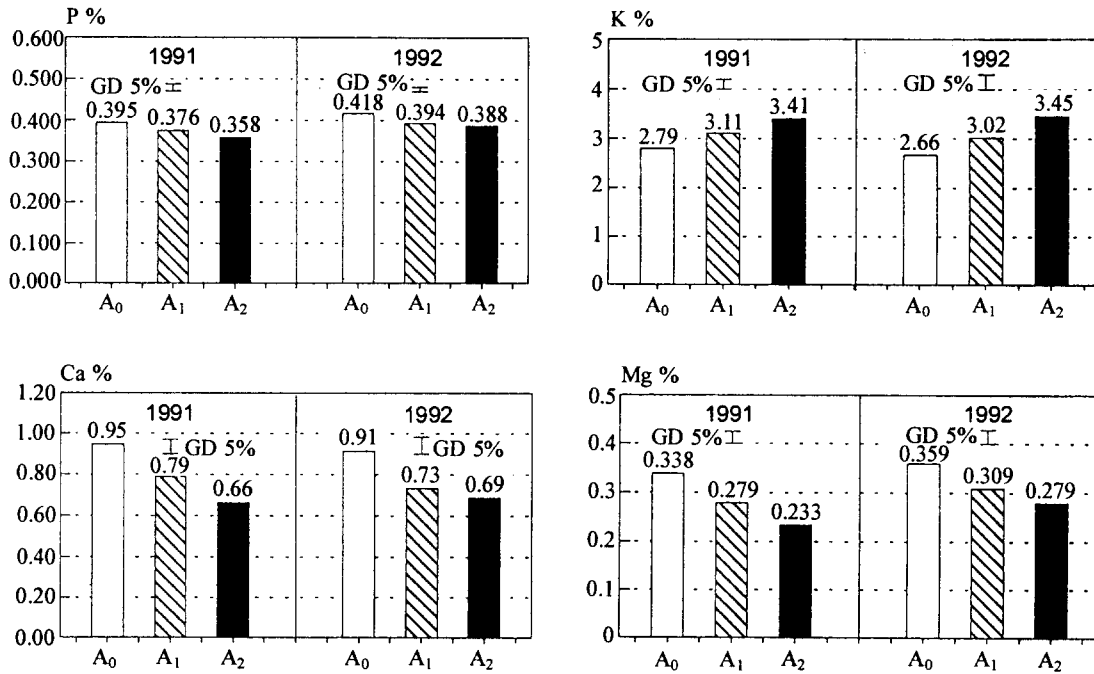


Fig. 4. P, K, Ca, Mg content in plant with different slurry application

### 5. 식물체의 무기물 흡수량

식물체의 질소 흡수량은 액상분뇨 시용구(A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>)와 무비구(A<sub>0</sub>) 사이에 유의성이 있는 차이를 나타내었다(그림 5). 무비구의 식물체 질소흡수량은 액상분뇨 경감 시용구보다 67kg/ha, 관행액비 시용구에서 101kg/ha 적었다. 그러나 무비구의 질소 흡수량은 시험 1년차에 345kg/ha, 시험 2년차에 319kg/ha로서 상당히 높은 것은 유기태질소의 무기화가 많았기 때문인 것으로 생각된다.

칼리를 제외한 무기물의 흡수량은 액비시용 수준에 따라 동일한 경향을 나타내지 않았다. 식물체의 칼리 흡수량은 액비시용 수준이 높을수록 비례하여 증가되었다. 관행액비 시용구의 칼리 흡수량은 시험

1, 2년차에 각각 435 및 478kg/ha로서 무비구보다 ha당 각각 135 및 213kg 높았다(그림 6).

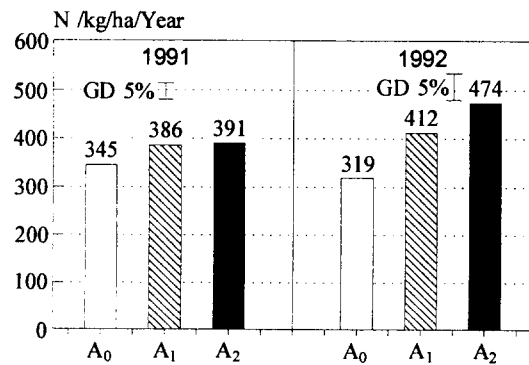


Fig. 5. N uptake under different slurry application

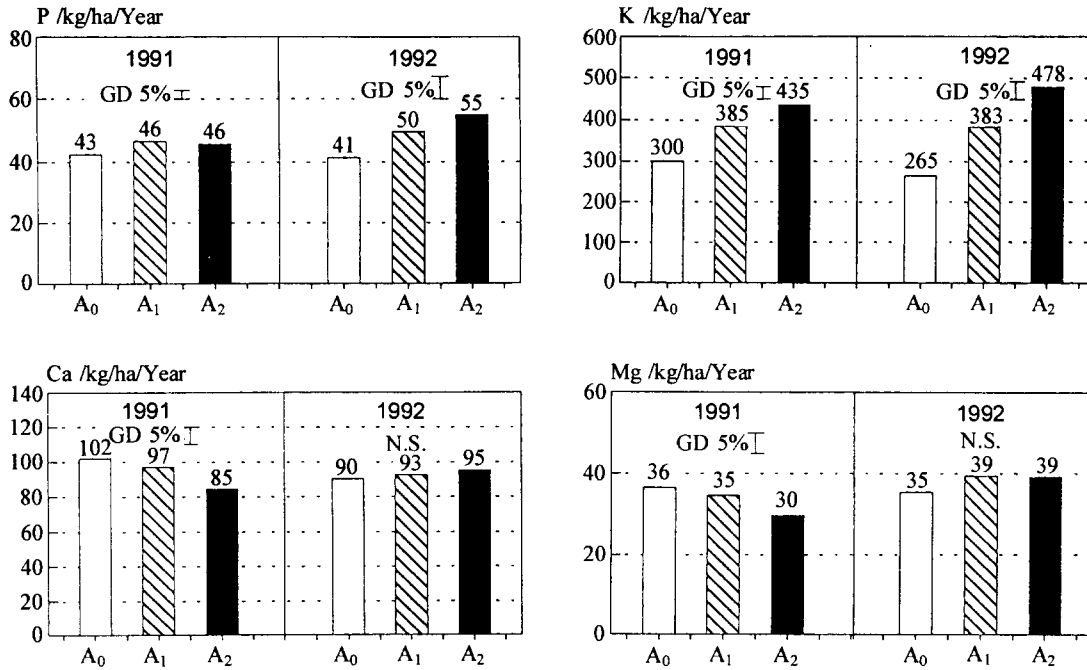


Fig. 6. P, K, Ca, Mg uptake under different slurry application

## 6. 질소수지

질소수지(질소시용량-식물체의 질소흡수량)는 표 4에 나타내었다. 질소수지는 액비시용수준에 관계없이 시용한 질소시비량보다 식물체의 질소흡수량이 높아 마이너스 수지를 나타내었다. 이러한

결과에 대하여 Kunz는 다년간 액상분뇨 시용에 의하여 토양의 미생물상을 좋게 하여 유기태질소의 무기화율이 높아진 결과라고 추론하였다. 마이너스 질소수지는 액상분뇨 시용량이 높을수록 높았는데 원인을 구명하기 위해서는 추후 유기태질소의 무기화에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Table 4. N balance under three cattle slurry levels

Treatment	Input (N-Fertilization)		Output (N-uptake)		Balance	
	1991	1992	1991	1992	1991	1992
A <sub>0</sub>	0	0	345	319	-345	-319
A <sub>1</sub>	104	128	386	412	-282	-284
A <sub>2</sub>	208	256	391	474	-183	-218

## 7. 토양의 화학성분 변화

표 5에서는 액비시용량에 따른 토양의 화학성분 함량의 변화를 나타내었다. 토양의 화학성분 함

량은 시험 시작년도와 비교하여 질소와 탄소함량은 변화되지 않았다. 반면 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 함량은 시험전보다 크게 감소되었다. 특히 무비구의 토양 K<sub>2</sub>O 와 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 함량은 시험전 28, 22mg에서 5.9, 8.3mg으로 크

게 낮아졌다. 무비구 토양의 K<sub>2</sub>O 함량 감소는 매우 급격하여 장기적으로 수량제한 요인으로 작용함과 동시에 두과목초 생육에 지장을 초래할 것으로 사료된다. 따라서 이 지역에서 환경 오염의 원인 때문에

초지에 가축분뇨 시용을 제한하였을 경우에 수량과 식생을 유지하기 위해서는 P, K는 화학비료로 보충 시용 하여야 할 것으로 결론 내려진다.

Table 5. Effect of cattle slurry application on soil chemical properties.

	Before	1991				1992			
	Exp.	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	GD 5%	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	GD 5%
pH	5.7	5.2	5.2	5.2	N.S.	5.3	5.2	5.2	N.S.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22.0	10.4	14.1	14.0	2.3	8.3	10.4	11.5	2.4
K <sub>2</sub> O	28.0	9.8	13.3	19.4	6.2	5.9	9.1	13.5	1.8
Mg	13.0	9.1	10.9	11.2	0.9	7.7	9.4	10.8	0.89
Nt(%)	0.44	0.38	0.38	0.38	N.S.	0.34	0.33	0.35	N.S.
Ct(%)	4.0	3.44	3.48	3.53	N.S.	3.12	3.16	3.36	0.17

\* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Mg : mg/100g soil (CAL method)

#### IV. 摘 要

장기간 동안 액상분뇨를 이용하여 초지를 경영하여 오던 독일 남서부의 알고이 지방에서 환경과 자연보호 목적아래 액상분뇨 시용량 경감이 초지의 식생, 생산성, 품질, 질소수지와 토양의 이화학적 특성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 시험을 수행하였다. 처리는 관행액비 시용구(240kg N/ha), 액비 50% 감량 시용구(120kg N/ha), 무비구를 두었다.

무비구는 화분과 목초의 비율은 감소되었으나 두과목초의 비율은 증가되었다. 액상분뇨 시용량이 감소되면 토양의 총질소 함량은 감소되지 않았으나 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Mg 함량은 낮아졌다. 특히 K<sub>2</sub>O 함량은 시험전 토양 100g당 28mg에서 6mg으로 낮아졌다.

건물수량은 액상분뇨 시용량을 50% 경감시켰을 때 관행 액비시용구와 비교하여 유의성 있게 감소되지 않았다. 그러나 무비구의 건물수량은 이 지방 관행액비 시용구보다 28% 감소되었다. 액상분뇨 감량 시용구의 목초 품질은 조단백질, 조섬유 함량, 소화율, net energy는 관행액비 시용구와 차이를 나타내지 않았으며 무기물 함량에서 K함량은 낮고 Mg, Ca 함량이 높아 가축 영양학적 측면에서는 도리어

유리하였다. 결론적으로 이 지방의 토양조건에서 액상분뇨 시용량을 50% 경감시켰을 때 중단기적으로 수량에 큰 감소가 없을 것으로 생각되고 식물체의 무기물 균형면에서는 도리어 긍정적인 효과를 가져다 줄 것으로 사료된다.

#### V. 参 考 文 献

- Hilbert, M. 1982. Grünlandnarben leistungsfähig erhalten. Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe 139, 30, 18-19.
- Kirchgessner, M. 1982. Tierernährung, 5. Aufl., DLG-Verlag Frankfurt.
- Kunz, H.G. and M. Elsässer. 1987. Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung des Einsatzes von Handelsdünger, Gülle und mit Zusatzmitteln behandelter Gülle auf Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung einer intensiv gedüngten Dauerwiese in Oberschwaben. Vortrag Jahrestagung AG Grünland und Futterbau, Kleve, 95-107.
- Kutschera, L. and M. Sobotik. 1981.

- Gülleflora – Unterschiede durch Klima und Boden. Nutzenanwendung der Pflanzensoziologie on der Praxis. 7. Arbeitstagung. "Fragen der güllerei", Gumpenstein, 79-119.
5. Minderhoud, J.W., P.F.J. VAN Burg, B. Deinum, J. G.P. Dirven and M.L. Hart. 1974. Effects of high nitrogen levels of nitrogen fertilization and adequate utilization on grassland productivity and cattle performance, with special reference to permanent pastures in the temperate regions. Proc. XII. Int. Grassl. Congr. Moscow. 99-121.
  6. Naumann, K and R. Bassler. 1976. Methodenbuch Bd. III : Die chemische Untersuchung von Futtermittel. Verlag J. Neumann, Neudamm.
  7. Rieder, J. 1981. Gülleanfall im Grünlandbetrieb bei intensiver Milchviehhaltung. DLG Mitt. 96(6), 382-384.
  8. Schur, G. 1989. Betriebs – und Schlaggeschichte der Untersuchungsgebiete des SFB 183 "Umweltgerechte Nutzung von Agrarlandschaften im Allgäu", Institut für Agrarsoziologie, landw. Beratung und angewandte Psychologie, Universität Hohenheim.
  9. Steingass, H. 1983. Bestimmung des energetischen Futterwertes von wirtschaftseigenen Futtermitteln aus der Gasbildung bei der Pansenfermentation *in vitro*. Diss. Hohenheim.