

## 액상분뇨 이용 수준에 대한 현장적용 연구

류종원 · 헬무트 야콥\*

상지대학교 응용식물과학부

## A Practice-Oriented Study on Application Level of Animal Slurry

Ryoo J. W. and Jacob H.\*

Dept. of Applied Plant Science, Sangji University

### Summary

The aim of the study is to describe the fate and transformation of nitrogen in grassland ecosystems. In the growing season from 1987 to 1993, 2 growing farmer in south Germany were studied the yield and nutrient balance of reduced input slurry application. The study includes 3 different slurry application levels. The levels are conventional slurry application, reduced slurry application, without slurry application. These levels are studied at 2 different experimental farms. The forage yield of zero slurry application plot has 14~44% of the conventional slurry application, while the yield in the reduced slurry plot is only 0~14% lower than that in the conventional slurry plot. The kalium and phosphorus contents of forage were tend to decrease with reduced slurry application.

N-uptake was increasing with the increase of slurry application level. The N-uptake of zero slurry plots was lower 40~65% of the conventional plot, while in the reduced plot was only 6~16% lower than in the conventional plot. The N-balance shows negative figures on all plots. The N-uptake in experiment site A was only a little bit more than the N-fertilizer plot, while in site experiment B the N-uptake is 2 to 3 times higher than the N-application amount of slurry.

(Key words : Animal slurry, Application level, Grassland)

### 서 론

최근 독일에서는 산유량이 높은 고능력우를 사육함에 따라 품질이 우수한 목초를 생산하기 위하여 가축분뇨의 시용량도 증가하게 되었다. 지난 30여년간 우유 생산량의 증

가는 다른 측면에서 분뇨의 토양 환원량도 증가시켜 초지 토양의 잔존 질소 함량이 높아지게 되면서 지표수와 지하수의 부영양화의 잠재력이 높아지게 되었다. 독일 정부에서는 가축분뇨에 의한 환경오염을 방지하기 위하여 가축사육밀도 조절에 의한 가축분뇨

\*호헨하임대학교(University Hohenheim, Federal Republic of Germany)

경지 환원량을 ha당 연간 3질소 비료단위 (240kg N/ha)로 제한하는 정책을 실시하고 있었다. 그러나 분뇨 사용량이 높은 지역에서는 장기간 액상분뇨 사용에 의한 지하수의 질산태질소 오염의 원인 때문에 단위면적당 분뇨 사용량, 즉 사육 가축두수를 감소시켜야 하는 문제가 제기되고 있었다. 본 시험이 수행된 독일 남서부의 알고이 지방에서는 장기간 액상분뇨 사용으로 토양에 유기태질소가 과다하게 축적됨에 따라 이 지역에서 관행적으로 사용하는 액비의 표준 사용량을 새로이 평가하여 감량 사용하여야 할 시점에 오게 되었다. 본 연구는 1987년부터 1993년까지 7년간 수행되었다. 이 지방의 표준 액상분뇨 사용구, 액상분뇨 50% 감소사용구, 액비 무사용구를 두어 초지식생과 목초생산 및 품질에 미치는 영향을 분석하여 환경을 보호하면서 사료작물을 재배하기 위한 기초 자료를 제공하기 위하여 현장 규모의 실험을 수행하였다.

### 재료 및 방법

본 연구는 독일 최대의 초지 지대인 남서부에 위치한 알고이 지방의 Bloeden지역(이하 시험장소 A로 표기), Siggen지역(시험장소 B)의 축산농가 포장에서 현장규모의 액상분뇨의 사용량 감소 시험을 수행하였다. 시험은 1987년부터 1993년까지 7년간 수행되었으나 본 논문에서는 시험 시작 연도인 1987년도와 시험 후기의 성적을 위주로 성적을 위주로 보고하고자 한다. 시험포장의 처리구 면적은 약 0.7~1.7ha로 크게 하여 현장 규모의 실험을 실시하였다. 관행 액상분뇨 사용구는 이 지방의 축산농가에서 통상적으로 사용하는 액비 수준으로 하였다. 액비감량 사용구는 액비살포시 트랙터의 속도를 조절하

여 표준 사용량을 대비 액비사용량을 50% 감소하여 사용하였다. 예취회수는 이 지방의 관행 예취회수인 연간 4~5회 실시하였다. 목초의 수량은 처리구별 10개소에서 1m<sup>2</sup>를 수확하여 평균값으로 계산하였다. 식생 조사는 Klapp-Stählin 방법으로 실시하였다. 액상분뇨 시료는 액상분뇨 사용 직전에 채취하였다. 목초시료의 일반화학적분은 독일 표준 분석법(VDLUFA) 방법으로 분석하였으며, 소화율은 HFT(Hohenheim Forage Test), 조섬유는 Weender 방법으로 분석하였다. Net energy value는 Steingass(1983)의 net energy lactation (NEL) 방법으로 분석하였다. 질소수지를 계산하기 위한 질소 고정량은 Dyckmans(1987) 방법으로 계산하였다. 강우에 의한 질소의 침전량은 Freiburg 지역시험장의 측정치를 적용하였다. 표 1에 시험기간 중의 액상분뇨에 의한 실제 질소 사용량을 나타내었다. 시험장소 A지역의 관행 액비사용구(N<sub>2</sub>)는 7년간 연간 평균 368kg N/ha를 사용하였으며 그 중 화학비료 사용량은 약 27% 차지하였다. 시험장소 B지역은 연간 평균 ha당 213kg 질소를 사용하였고 1988년 이후에는 화학비료를 사용하지 않았다. 액상분뇨 경감사용구의 질소 사용량은 시험기간 중 시험장소 A는 액비 표준사용량 대비 42%, 시험장소 B는 37% 감소 사용하였다. 1991년도 시험장소 A의 질소 사용량이 과다하게 증가한 것은 기상조건 변동에 대한 농가의 과다시비 때문이었다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 토양의 화학성분 함량

식물 생육에 영향이 큰 토양화학성분 함량의 변화는 표 2에 나타내었다. 토양의 pH 함량은 시험지역 A에서 시험 시작년도 1987년

Table 1. Amount of N application level (kg/ha)

	Exp. site A(Bloeden)				Exp. site B(Siggen)			
	N <sub>2</sub> *		N <sub>1</sub>		N <sub>2</sub>		N <sub>1</sub>	
Year	Total	CF**	Total	CF	Total	CF	Total	CF
1987	412	188	214	148	141	29	105	38
1988	266	32	163	32	197	0	122	0
1989	189	24	131	24	207	0	131	0
1990	454	105	256	82	246	0	144	0
1991	518	144	302	144	275	0	171	0
1992	441	83	263	83	167	0	98	0
1993	553	157	376	157	291	0	183	0
Mean	400	105	244	96	218	4	136	5

\* N<sub>1</sub> : reduced slurry application, N<sub>2</sub> : conventional slurry application.

\*\* CF : chemical fertilizer.

Table 2. Effect of slurry application on soil chemical properties

Year		Exp. site A			Exp. site B		
		N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
1987	pH	5.5	5.3	5.3	5.6	5.6	5.5
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> **	32.7	28.3	25.4	17.3	17.3	17.9
	K <sub>2</sub> O**	10.1	19.2	25.2	13.2	13.2	13.4
1993	pH	5.0	5.1	5.2	5.4	5.6	5.5
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	13.6	17.1	19.6	11.3	15.0	13.4
	K <sub>2</sub> O	5.6	22.5	35.9	9.4	12.0	12.9

\* N<sub>0</sub> : zero fertilization, N<sub>1</sub> : reduced slurry application, N<sub>2</sub> : conventional slurry application.

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

도 5.5~5.6에서 7년간 무비사용에 의하여 낮아져 시험종료 연도인 1993년도에는 5.0으로 강산성을 나타내었다. 토양의 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 함량은 시험 1년차인 1987년에 비교하여 시험 7년차인 1993년도에 크게 낮아졌다. 특히 무

비사용구 토양의 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 함량은 관행 액비사용구에 비하여 토양이 비옥한 시험장소 A에서는 7년간 감소가 컸으나 시험장소 B에서는 큰 변화를 나타내지 않았다. 이 지역의 초지토양은 액상분뇨의 다년간 사용에 의하

여 토양의 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 함량이 높아졌으나 액상분뇨의 사용감소에 의하여 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 함량이 점차 감소되는 결과를 나타내었다. Scherer 등(1988)도 액상분뇨의 초지 토양사용은 토양의 양분 함량을 증가시킨다고 하였다. Werner 등(1985)은 다년간 액상분뇨 사용에 의하여 액상분뇨의 영양분이 하층으로 이동할 수 있다고 보고하였다.

### 2. 식생구성

표 3에 시험 1차년도와 시험 5차년도의 식생구성과 식생하고 있는 종의 수의 변화를 나타내었다. 시험장소 A에서는 무비구를 제외하고 액상분뇨의 사용수준이 식생의 변화에 미치는 영향은 뚜렷하지 않았다. 시험장소 A의 무비구에서 두과목초의 비율이 시험 1년차 14%에서 시험 5년차 1%로 크게 감소되었고 반면 Herb의 비율이 증가 되었다. 무비구의 두과목초 비율 감소는 5년간 무비재

배에 의한 토양의 K 함량의 감소 및 토양의 산성화와 (표 1) 관련이 있는 것으로 사료된다. Kutschera와 Sobotic(1981)은 액상분뇨 사용시 잡초의 비율은 증가하고 화본과 목초의 비율은 감소한다고 보고하였으며 Rieder(1981), Hilbert(1982)는 액상분뇨 사용시 흡입력이 강한 잡초종류가 증가되어 초지부실의 원인이 된다고 보고 하였다. 본 시험에서는 시험전 몇십년 동안 액상분뇨 사용에 의하여 식생구성 요소가 나쁘게 변화되지는 않았다.

목초지에서 서식하고 있는 식물 종의 수는 시험장소 B의 무비구에서 시험 시작 년도보다 시험 종료 년도에 다소 증가되었으나 액상분뇨 사용량과는 관련이 있기 보다는 1991년도에 강우량이 평년에 비하여 적은 기상요인의 영향 때문인 것으로 생각된다.

### 3. 목초의 품질

액상분뇨 사용수준이 목초품질에 미치는

Table 3. Botanical composition under different cattle slurry application

Plant Group	Year	Exp. site A			Exp. site B		
		N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
Grasses	1987	77	65	65	62	64	68
	1991	74	55	68	62	62	66
Legumes	1987	14	17	15	12	12	13
	1991	1	25	19	18	18	16
Other Herbs	1987	9	18	20	14	14	19
	1991	25	20	14	20	20	18
No. of species	1987	20	22	27	22	22	25
	1991	20	24	24	29	29	29

\* N<sub>0</sub> : zero fertilization, N<sub>1</sub> : reduced slurry application, N<sub>2</sub> : conventional slurry application.

영향은 시험기간 동안 크게 나타나지 않았다 (표 4). 조단백질 함량은 무비구에서 관행액비 시용구보다 유의하게 낮았다. 그러나 가축영양학적으로 중요한 net energy lactation (NEL)은 액비 시용수준이나 시험 년차간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 시험지역 A에서 무비구(A<sub>0</sub>)는 관행액비 시용구(A<sub>2</sub>) 보다 조단백질 함량, 소화율, NEL이 낮아지고 조섬유 함량은 높아졌다. 최근에 독일에서는 목초에서 조단백질 함량의 감소와 조섬유 함량의 증가는 가축영양학적인 측면에서 긍정적인 측면으로 평가되고 있다. 전체적으로 시험기간 5년 동안 액상분뇨 시용량의 감소가 목초의 품질에 미치는 영향에 대하여 확실한 결론 내리기는 어렵지만 액상분뇨 감량시용이 사료 품질에 미치는 부정적인 영향은 없는 것으로 결론 내려진다.

#### 4. 건물수량

목초의 건물수량은 관행액비 시용구 (N<sub>2</sub>)와 무비구(N<sub>0</sub>) 사이에 1987년에서 1991년까지 매년 차이가 커져 무비구에서는 토양 양분이 계속 고갈되어 가고 있는 것을 나타내어 주었다(표 1). 시험 5년차에 시험장소 A에서 무비구(N<sub>0</sub>)의 건물수량은 관행액비 시용구의 수량보다 44% 낮아졌다(표 5). 액상분뇨 감량시용구(시험 기간중의 액비 시용량 42% 감소)의 건물수량은 관행 액비 시용구 (N<sub>2</sub>)의 평균수량(x = 14.8 ton/ha)에 비하여 2 ton/ha(-14%)의 감소를 나타내었다. 시험장소 B에서는 시험장소 A와 비교하면 수량의 감소폭이 적고 시험기간 중 수량감소의 변화과정을 크게 나타내지 않았다. 액비 감량시용구(N<sub>1</sub>)의 수량은 관행 액비시용구와 비교하여 수량에 유의한 차이를 나타내지 않았다 (표 5). 시험장소 B에서 무비구(N<sub>0</sub>)의 건물수

Table 4. Crude protein (XP), Crude fibre (XF), *in vitro* digestible dry matter(IVDDM), net energy value (NEL) of pasture mixture under the different slurry application

Year		Exp. site A				Exp. site B			
		N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	LSD (5%)	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	LSD (5%)
XP(%)	1987	14.2	16.9	17.0	1.1	14.8	14.9	15.3	0.8
	1991	16.1	21.4	20.6	0.6	17.0	17.3	17.1	0.6
XF(%)	1987	26.4	22.4	22.4	1.0	21.9	23.0	22.3	0.5
	1991	19.5	17.2	19.8	0.7	18.9	19.5	19.5	0.7
IVDDM(%)	1987	68.2	72.4	72.3	0.9	70.1	69.0	69.7	1.2
	1991	73.6	76.5	75.6	1.0	75.4	75.4	75.2	0.8
NEL(MJ/kg)	1987	5.6	6.0	6.0	0.1	5.8	5.8	5.7	0.1
	1991	6.2	6.4	6.3	0.1	6.4	6.4	6.4	0.1

\* N<sub>0</sub> : zero fertilization, N<sub>1</sub> : reduced slurry application, N<sub>2</sub> : conventional slurry application.

Table 5. Dry matter yield under the different slurry application(ton/ha)

Year	Exp. Site A				Exp. Site B			
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	LSD (5%)	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	LSD (5%)
1987	10.5	11.9	13.2	0.5	7.9	11.1	11.2	0.5
1988	8.1	10.8	15.6	0.7	9.9	11.8	11.8	0.4
1989	9.1	14.8	16.1	0.4	11.9	11.7	13.0	0.6
1990	7.2	11.9	14.7	0.6	10.4	12.2	11.8	0.5
1991	6.4	14.8	14.5	0.4	9.5	11.4	11.1	0.4
mean	8.3	12.8	14.8	0.4	9.9	11.6	11.8	0.4

Table 6. N-uptake and N-balance 1987~1991 in kgN/ha

Year	Parameter	Exp. site A			Exp. site B		
		N <sub>0</sub> ***	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
1987	N-Fertilizer	0	214	412	0	105	141
	N-Deposition*	15	15	15	15	15	15
	Legumes fixation**	64	48	23	43	35	38
	N-uptake	238	321	360	188	263	275
	N-balance	-159	-44	-90	-130	-108	-169
1991	N-Fertilizer	0	302	518	0	317	302
	N-Deposition	14	14	14	14	14	14
	Legumes fixation	5	37	17	73	47	32
	N-uptake	170	453	477	258	317	302
	N-balance	-151	-100	-72	-171	-61	-46

\* : wet deposition.

\*\* : Legumes N fixation estimated from percentage of legumes of total dry matter yield according to Dyckmans. A(1987).

\*\*\* N<sub>0</sub> : zero fertilization. N<sub>1</sub> : reduced slurry application, N<sub>2</sub> : conventional slurry application.

량은 관행 액비시용구(N<sub>2</sub>)보다 시험기간 중 평균 1.9 ton/ha(=-14%) 감소되었다. 따라서 액비시용량의 경감이 수량에 미치는 영향은 지역간의 토양여건에 따라서 상이한 반응을 나타내었다.

### 5. 질소수지

식물의 질소흡수량은 시험기간 5년동안 양분의 고갈정도를 나타낼 만큼 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 식물체의 질소흡수량은 관

행 액비시용구에서 가장 높고 무비구에서 가장 낮았다. 전체적으로 액비시용구(N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>)의 식물을 통한 질소흡수량은 액비를 통하여 시용한 질소의 양보다 많았다. 따라서 질소수지는 마이너스를 나타내었다. 질소의 마이너스 수지는 무비구에서 가장 높았다. 본 실험에서의 질소수지는 질소 손실량을 고려하지 않았다. 만약 질소 손실량을 고려하여 질소수지를 계산하면 더 높은 마이너스 수지를 나타낼 것이다. 이러한 결과에 대하여 Kunz와 Elsässer(1987)는 다년간 액상분뇨 시용에 의하여 토양의 미생물상을 좋게 하여 유기태 질소의 무기화율이 높아진 결과라고 해석하였다. 집약 초지에서 마이너스 질소수지는 잘 알려진 현상이다. 식물체가 액비를 통한 질소시용량 보다 더 많은 질소를 어떻게 흡수하는지는 확실하지 않기 때문에 질소수지는 원천적으로 명확하지 않다. 무비구의 많은 질소흡수는 두과목초의 공중 질소고정 때문이라고 생각할 수 있으나 1991년의 경우 무비구의 두과목초 식생 구성비가 겨우 1%이어서 이 가설도 성립되기 어렵다. 결국, 무비구에서 장기간 동안 높은 질소 함량유지는 시험 포장지대의 장기간 액상분뇨 시용으로 토양에 유기태질소가 많이 축적되어 있어 계속적인 무기화를 통한 질소공급 때문인 것으로 사료된다.

## 적 요

장기간 액상분뇨 시용으로 토양에 질소가 과다하게 축적된 독일 남서부에 위치한 알고이 지방 2개 축산 농가 포장에서 환경과 자연을 보호하면서 사료작물을 재배하는 기술을 확립하기 위하여 1987년에서 1993년도까지 7년간 관행 액비 시용구와 액상분뇨 감량 시용구, 무비구를 두어 액상분뇨 시용수준이

초지 생산성에 미치는 현장 적용실험을 실시한 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 7년간 액상분뇨를 시용하지 않는 무비구 토양은 pH와 인산, 가리 함량이 매우 낮아졌다. 액상분뇨 경감시용구 토양은 관행 액비시용구 보다 인산, 가리 함량이 약간 낮아졌다.
2. 초지의 식생 구성요소와 품질은 액비시용량 경감에 의하여 부정적으로 변화되지 않았다.
3. 액비 경감시용구의 건물수량은 관행액비 시용구와 비교하여 지역에 따라 전혀 감소가 없거나 14% 감소되었다. 무비구의 건물수량은 지역에 따라 관행 액비시용구에 비하여 각각 14%, 44% 감소되었다.
4. 장기간 액상분뇨 시용으로 토양이 비옥한 지역에서 액비 시용수준을 30~40% 경감시키면 목초생산성이나 식생에 전혀 지장을 주지 않고 목초의 품질면에서는 조단백질 함량이 낮고 조섬유 함량이 다소 높아 긍정적인 효과로 평가되기 때문에 이 지역의 관행 액비 시용량은 감소되어야 할 것으로 결론 내려진다.

## 인 용 문 헌

1. DYCKMANS, A. 1987. Die bedeutung des Weißkles im Dauergrünland. Sein Beitrag zur Ertragsleistung und Stickstoffversorgung bei abgestuft intensiver Nutzung. Dissertation Hohenheim.
2. Hilbert, M. 1982. Grünlandnarben leistungsfähig erhalten. Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe 139, 30, 18-19.
3. Kunz, H. G. und Elsässer, M. 1987. Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung des Einsatzes von Handelsdünger,

- Gülle und mit Zusatzmitteln behandelte Gülle auf Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung einer intensivgedüngten Dauerwiese in Oberschwaben. Vortrag Jahrestagung AG Grünland und Futterbau, Kleve, 95-107.
4. Kutschera, L. und Sobotik, M. 1981. Gülleflora-Unterschiede durch Klima und Boden. Nutzenanwendung der Pflanzensoziologie on der Praxis. 7. Arbeitstagung. "Fragen der güllerei", Gumpenstein, 79-119.
  5. Rieder, J. 1981. Gülleanfall im Grünlandbetrieb bei intensiver Milchviehhaltung. DLG Mitt. 96(6):382-384.
  6. SCHERER, H. W., WERNER, W. und KOHL, A. 1988. Einfluß langjähriger Gülle-
  - düngung auf den Nährstoffhaushalt des Bodens. 1. Mitteilung: N-Akkumulation und N-Nachlieferungsvermögen. Z. Pflanzenern. Bodenk. 151, 57-61.
  7. Steingass, H. 1983. Bestimmung des energetischen futterwertes von wirtschaftseigenen futtermitteln aus der gasbildung bei der pansenfermentation *in vitro*. Diss. Hohenheim.
  8. WERNER, W., SCHERER, H. W. und DRESCHER, D. 1985. Untersuchungen über den Einfluß langjähriger Gölledüngung auf N-Fractionen und N-Nachlieferung des Bodens. Z. Acker-und Pflanzenbau 155, 137-144.