

제주지역 오차드그라스 초지에서 톱밥발효우분퇴비 시용수준이 목초의 생산성, 사료가치 및 토양특성에 미치는 영향

황경준 · 박남건 · 박형수 · 이종언 · 김남영 · 고문석 · 김문철¹ · 송상택²

Effects of Application Levels of Fermented Cattle Manure on Forage Yield, Quality and Soil Characteristics in Orchardgrass at Jeju Area

Kyung Jun Hwang, Nam Geon Park, Hyung Soo Park, Chong Eon Lee, Nam Young Kim, Moon Suk Ko, Moon Chul Kim¹ and Sang Teak Song²

ABSTRACT

A study was conducted to determine the effects of cattle manure application on forage yield, quality and soil in orchard grass pasture at the experimental field of Subtropical Animal Experiment Station, National Institute of Animal Science from 2008 to 2009. The experiment was arranged in a randomized complete block design with three replications. The treatment consisted of chemical fertilizer (CF N-200 kg/ha), cattle manure 50% (basis N, CM50%), CM100% (basis N), CM200% (basis N). The dry matter (DM) yield of CM200% was the highest among the other treatments. CF showed the highest average crude protein (CP) content by 12.4% and CM50% showed the lowest content by 11.0%. Average acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) content were 30.4 and 69.7% respectively. All treatments have narrow range of total digestibility nutrient (TDN) from 64.0% to 69.1%. But there were big difference between treatment in forage nitrate content. Changes of physical and chemical properties of soils for applications of CF 200% and CM 200% was clearly in cattle manure application. Especially, CM application in pasture increased CF application with respect to soil pH, organic matter (OM), and available phosphorous (P₂O₅) contents of soils.

(Key words : DM yield, TDN, Nitrate content, Soil NO₃-N)

I. 서 론

국민소득증가에 따라 안전한 축산물에 대한 수요가 증가되면서 유기축산물에 대한 관심이

높아지고 있다. 유기축산은 사료와 조사료 확보가 어려운 점이 가장 큰 문제가 되고 있다. 또한 화학비료를 사용하지 않은 유기조사료 거래 가격은 관행조사료 거래가격의 1.5~2배 가

국립축산과학원 난지축산시험장(Subtropical Animal Experiment station National Institute of Animal Science, Jeju 690-150, Korea)

¹ 제주대학교 생명자원과학대학 (Collage of Applied Life Sciences, Cheju National University)

² 제주특별자치도환경자원연구원 (Institute of Environmental Resource Research, Jeju Special Self-Governing Province)

Corresponding author : Kyung Jun Hwang, Subtropical Animal Experiment station, Jeju, 690-150 Korea.

Tel : +82-064-754-5723, E-mail : plant0411@rda.go.kr

량 높아 유기축산을 실현 하는 축산 농가에서는 구입하기보다는 자급자족해서 급여하는 것이 바람직하다고 본다. 그러나 유기조사료생산은 시비의 어려움과 관행 조사료생산에 비해 그 생산량이 낮아 조사료생산 농가들이 기피하는 경향이 있다.

가축분뇨퇴비나 액비 시용이 조사료 생산이나 토양 이화학적 성질에 미치는 영향을 구명하는 연구가 많이 수행되었다(정과 전, 1989; 윤과 류, 1994; Studdy 등, 1995; 류와 야곱, 1997; 신 등, 1998; Wihnteman, 1999; 김 등, 2001; 김 등, 2003; 육 등, 2004). 토양중에서의 질소화합물은 어떤 형태의 질소질 비료를 시비하더라도 토양내에서 질산염(NO_3^-) 형태로 변한 다음 식물에 흡수된다(남 등, 1979). 그러나 여러 가지 대사 요인으로 인하여 식물체내에 과도한 질산염이 축적된다. 이러한 질산염의 축적량은 일반적으로 목초의 품종, 성장단계에 따라 다르다(황, 1993). 그리고 일보다는 줄기에 많이 축적되며, 성장기와 개화시기에 많이 축적된 다음 급격히 축적량이 감소한다(Hanway, J.J. and Englehorn AJ, 1958; Crawford 등, 1961).

Marschner(1995)의 연구에 의하면, $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 수용성 물질이며, 토양입자에 부착되는 성질이 약하기 때문에 토양에서 쉽게 이동이 가능하며, 하루에 약 3 mm를 이동하는 것으로 보고했다(Kimble 등, 1972). 가축분뇨의 시용에 따른 환경오염 문제를 피하기 위해서는 기후, 가축분뇨의 특성, 대상작물의 종류, 토양종류, 살포

시기 등을 고려해서 가축분뇨의 시용수준을 결정해야 하며, 이러한 요인들을 잘 고려한 과학적인 시용만이 가축분뇨 살포에 따른 경제적인 이익의 극대화 및 환경오염의 최소화를 가져온다(Borton 등 1995). 제주도 방목초지에서는 북방형목초 중에서 오차드 그라스가 혼파 및 단파로 가장 많이 이용되고 있다. 따라서 본 연구는 톱밥발효우분퇴비를 질소 수준별로 처리하여 시용했을시 오차드그라스의 생산성, 사료 가치 및 토양에 미치는 영향을 구명하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 토양 및 우분퇴비성분

본 시험은 2007년 10월부터 2009년 10월까지 제주도에 위치한 국립축산과학원 난지축산시험장 방목초지(해발 200m)에서 수행되었다. 시험에 공시된 우분퇴비는 우사 퇴비저장고에서 6개월 이상 발효된 톱밥발효우분퇴비를 사용하였으며, 시용된 톱밥발효우분퇴비의 성분 함량은 Table 1과 같다.

시험 전 토양성분은 Table 2에서 보는 바와 같으며, OM 및 치환성 양이온 함량이 다소 높았는데 이는 시험포 전체에 2년 주기로 퇴비시용에 따른 결과로 사료되며, P_2O_5 의 함량은 272.3 mg/kg으로 목초가 자라기에 적합한 환경이었다.

Table 1. Chemical composition of cattle manure

pH (1:5H ₂ O)	T-N (%)	OM (g/kg)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	K	Ca	Mg	Na
7.76	0.71	143.8	2,458.8	106.69	12.85	10.40	13.11

Table 2. Chemical properties of the experimental field before the cattle manure application.

pH (1:5 H ₂ O)	EC (dS /m)	OM (%)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	K	Ca	Mg	Na
5.86	0.17	6.41	272.3	0.73	5.22	2.29	0.09

공시초종은 오차드그라스를 단파하여 공시하였고, 시험구 크기는 구당 300 m² (15m×20m)이었으며, 시험구의 배치는 4처리 3반복 난괴법으로 배치하였다. 시험처리는 화학비료 (CF) 200 kg/ha를 대조구로하여 톱밥발효우분퇴비를 질소기준 50, 100, 200%를 두어 처리하였다. 화학비료 질소 및 톱밥발효우분퇴비사용은 3월에 60%, 9월 40%로 분시하였다. 화학비료구의 인산 및 칼리는 각각 150 kg/ha로 기비시 전량 시비하였다. 오차드그라스의 파종량은 40 kg/ha로 산파 하였으며 수량조사는 2008년, 2009년도에 각각 4회 예취하여 합산하였다. 시료채취 및 생초수량은 케이지 (1.5m×1m)를 설치하여 케이지내 면적에서 예취하여 환산하였다. 건물수량은 생초 500g 내외를 취하여 70℃ 송풍건조기에서 48시간 건조 후 건물물을 측정하여 환산하였다. 각 처리구에서 채취한 건조시료는 Willy Mill로 분쇄하여 20 mesh 표준체를 통과시킨 후 사료가치 분석에 이용되었다. 식물체 조성분 함량은 샘플을 건조시켜 분쇄된 시료를 사용하여 조단백질 함량은 Auto Kjeltex을 이용하여(AOAC, 1984) 질소자동분석기로 분석하였고, NDF 및 ADF 함량은 Goering 및 Van Soest (1970)법에서 사용되어지는 시약을 이용하여 Ankom fiber analyzer (Ankom technology, 2005a; 2005b)로 분석하였다. TDN 함량은 88.9 - (0.79 × ADF%)의 계산식에 의해서 산출하였다. 양이온은 HNO₃-H₂SO₄법으로 습식분해 후 5A 여과지를 이용하여 증류수로 여과한 후 50 mL 용

량플라스크에 채운 다음 원자흡광도계 (GBC 908, GBC, Australia)를 이용하여 다량무기물을 측정하여 환산하였다. 질산염분석을 위한 식물체 샘플채취는 톱밥발효우분퇴비를 시용 15일 경과 후 10일 단위로 식물체 지상부를 채취하였다. 샘플은 냉장보관 후 질산염 분석을 위해 생초 100 g을 액체질소에 넣었다가 냉동상태로 분쇄하여 총질소-자동분석법(AA3, Bran+LUEBBE)을 이용하여 분석하여 환산하였다. 토양의 질산태 질소 조사를 위한 시료채취는 우분퇴비시용일 10후로부터 10일 간격으로 토양의 0~30 cm 깊이에서 Auger를 가지고 채취하였다. 질산태 질소는 2M KCl 용액 50 ml로 습토 10 g을 추출한 후 Cd-Cu reduction로 NO₂-N으로 환원하여 Griss-Ilosvay 발색법으로 (Keeney와 Nelson, 1982) 분석하였다. 본 시험 성적의 유의성 검정은 SAS 통계프로그램을 이용하여 LSD 검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 건물수량

우분퇴비 시용에 따른 오차드그라스의 연도별 건물생산량은 Table 3에서 보는 바와 같다.

시험 1년차 (2008년) 건물수량은 CM 200%구가 CM 50%구 보다 높게 나타났으며 통계적으로 유의적인 차이가 있었으나 (p<0.05), CF구와 CM100% 및 CM 200%구에서는 차이를 보이지

Table 3. Effect of cattle manure application levels on the DM yield

Treatments*	(unit : kg/ha)		
	2008	2009	Mean
CF (N-200kg/ha)	19,808 ^{ab}	18,523	19,165 ^{ab}
CM50%	17,377 ^b	15,082	16,229 ^b
CM100%	18,982 ^{ab}	17,571	18,276 ^{ab}
CM200%	22,578 ^a	17,776	20,177 ^a
LSD (p<0.05)	4,124	NS	3,436

* Means in the same column with different superscripts are significantly different.

* CF : Chemical Fertilizer, CM : Cattle Manure

않았다. 그러나 2009년도 2년차에서는 처리간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 2년간 평균 건물수량을 보면 CF구나 톱밥발효우분퇴비 구간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나 CM 200%구가 20,177 kg/ha로 CM 50%구 16,229 kg/ha 보다 높았다(p<0.05). Estavillo 등 (1996)은 혼파 초지에서 1년차에서는 화학비료구가 가축분뇨 시용구 보다 건물수량이 높았다고 하였는데, 본 시험에서는 화학비료시용구와 톱밥발효우분퇴비시용구의 건물수량에서 차이가 없었다.

2. 사료가치

처리별 조단백질 함량은 표 4에서 보는 바와 같이, CF구에서 12.4%로 가장 높았고 CM100%구 12.0, CM200%구 11.8, CM50%구 11.0%의 순으로 나타났으며, 유의적인 차는 없었다. 최 등 (2003)이 보고한 오차드그라스 휴폭에 따른 질소시비수준 시험에서 질소시비수준이 증가할 수록 조단백질 함량이 높아진다는 보고와 비슷

한 결과로 CM50%구에서는 조단백질 함량이 낮았고 CM100, CM200%구에서는 비슷한 수준을 보였다. 톱밥발효우분퇴비가 화학비료보다 조단백질 함량이 낮은 이유는 화학비료가 속효성으로 지효성인 우분퇴비 보다 식물체가 질소성분을 빨리 흡수한 결과라고 사료된다.

사초의 소화율과 관계되는 ADF 함량은 CF구가 32.8%로 높았고 CM200%구가 32.6, CM100%구 32.4, CM50%구가 32.1% 순으로 전처리구가 비슷한 경향을 보였으며 유의차는 없었다. NDF 함량에 있어서는 CF구가 62.9%로 가장 높았으며, CM100%구에서 61.3%로 낮았으며, 유의차는 없었다. TDN 함량에서는 63.6%로 CM50% 처리구가 가장 높았으나 유의적인 차이는 보이지 않았다.

3. 식물체 NO₃⁻ 함량

화학비료 및 톱밥발효우분퇴비 시용 후 오차드그라스의 질산염함량 변화는 표 5에서 보는

Table 4. Effect of cattle manure application levels on the content (%) of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and total digestible nutrients (TDN)

Treatments	CP	NDF	ADF	TDN
CF (N-200kg/ha)	12.4	62.1	32.8	63.0
CM 50%	11.0	62.9	32.1	63.6
CM 100%	12.0	61.3	32.4	63.3
CM 200%	11.8	61.9	32.6	63.2
LSD (p<0.05)	NS	NS	NS	NS

Table 5. Effect of cattle manure application levels on the content of NO₃⁻ in Orchard grass

Treatments	NO ₃ ⁻ (mg/kg)					
	23/Mar*	2/Apr*	13/Apr*	28/Sep**	6/Oct**	16/Oct**
CF (N-200kg/ha)	176.4	134.1	85.8	530.4	305.4	101.8
CM 50%	60.4	39.8	57.4	132.4	65.5	39.1
CM 100%	92.0	60.2	61.7	199.6	26.1	18.7
CM 200%	113.4	154.0	82.4	130.5	56.0	21.8
LSD (p<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* base fertilizer day : 09/March,

** additional fertilizer day : 14/September

바와 같다. 봄 추비 약 15일 경과 후 샘플을 채취하여 10일 간격으로 조사한 결과 화학비료구와 톱밥발효우분퇴비시용구간에 유의차는 없었다. 봄 추비 후 오차드그라스의 질산염농도는 CF구에서 176.4 mg/kg으로 가장 높게 나타났으며, 톱밥발효우분퇴비 시용구에서는 CM 200%구가 113.4 mg/kg으로 높게 나타났다. 톱밥발효우분퇴비 수준별 시비에 있어서 질산염 함량은 질소시비 수준이 높을수록 질산염 함량이 높은 경향이 있었으며, 모든 처리구에서 시간이 경과함에 따라 식물체의 질산염 함량이 떨어지는 경향을 보였다.

가을 추비 후 오차드그라스 질산염 함량에 있어서도 화학비료구가 530.4 mg/kg으로 가장 높게 나타났으며, 톱밥발효 우분퇴비구에서는 봄 추비시와는 달리 CM100%구가 199.6 mg/kg으로 높았고, CM50%구 132.4, CM200%구 130.5 mg/kg 순으로 나타났다. 전체 처리구에서 오차드그라스의 질산염 농도는 봄 추비시 보다 더 높게 나타났다. 질산염 함량은 시비 후 4주 전·후로 점차 증가 하다가 그 이후 감소한다는 Uesaka와 Mitazaki (1965)의 보고와 비슷한 결과였다. 식물체내 질산염 함량이 3,000 mg/kg이하일 때 가축에게 독성이 미치지 않는다는 보고 (Dennis 등, 1993)에 따라 본 시험에서의 질산염 수준은 화학비료구가 530 mg/kg, 톱밥발효우분퇴비구 199.6 mg/kg 이하로 가축이 섭취하여도 안전한 수준이라고 사료된다.

4. 연도별 토양 NO₃-N 함량

2008년도 봄철 화학비료 및 톱밥발효우분퇴비 시용후 토양 NO₃-N 함량 변화조사는 표 6에서 보는바와 같이 시비 15일후 10일 간격으로 3회 토양 채취를 하고 그 후 한달 간격으로 토양을 채취하여 NO₃-N 함량 변화를 조사하였다. CF구가 토양 NO₃-N 함량이 가장 높았지만 CM200%구와는 유의차가 없었고, CM50% 및 CM100%구와는 유의적인 차가 있었다 (p<0.05). 봄 추비시 보다 가을 추비시 NO₃-N 함량이 높았다. 톱밥발효우 분퇴비구에서의 토양 NO₃-N 함량 변화를 보면 CM100% 구와 CM200% 구는 비슷한 경향으로 봄철보다는 여름 또는 가을철에 NO₃-N 함량이 다소 높아지는 경향을 보였고 CM50%구에서는 일정한 수준으로 타처리구 보다 NO₃-N 함량이 낮게 나타났다. 2009년도 화학비료 및 톱밥발효우분퇴비 시용후 토양 NO₃-N 함량의 조사는 추비후 15일 경과부터 10일 간격으로 3회씩 봄, 가을에 조사하였다. 토양 NO₃-N 함량의 변화는 표 7에서 보는바와 같이 모든 처리구에서 봄철보다는 가을철에 그 함량이 높았다. 봄철 시비후 처리별 토양 NO₃-N 함량을 보면 화학비료구가 톱밥발효우분퇴비구 보다 높았고 (p<0.05), 톱밥발효우분퇴비처리구에서는 유의차가 없이 비슷한 수준을 보였다. 가을철 추비후 토양 NO₃-N 함량은 CF구와 CM200%구에서 높았고 CM50%구에서 낮았다 (p<0.05). 10월 16일 마지막 조사시

Table 6. Effect of cattle manure application levels on the soil NO₃-N content in 2008

(unit : mg/kg)

Treatment	2008 Year								
	31/Mar	11/Apr	21/Apr	21/May	21/Jun	21/Jul	21/Aug	21/Sep	21/Oct
CF (N-200kg)	17.89	38.31 ^a	44.03 ^a	33.55	31.35 ^a	25.33 ^a	44.03 ^a	57.35 ^a	39.84 ^a
CM 50%	6.38	5.88 ^b	1.77 ^b	20.40	5.03 ^b	8.08 ^b	1.77 ^b	11.83 ^b	3.28 ^c
CM 100%	16.61	7.13 ^b	2.57 ^b	11.67	8.78 ^{ab}	8.93 ^{ab}	3.68 ^b	17.40 ^{ab}	32.08 ^{ab}
CM 200%	15.25	12.72 ^{ab}	14.35 ^{ab}	15.69	11.83 ^{ab}	10.95 ^{ab}	14.35 ^{ab}	17.26 ^{ab}	11.24 ^{ac}
LSD (0.05)	NS	26.31	34.46	NS	22.69	17.16	33.88	40.66	26.57

* Means in the same column with different superscripts are significantly different.

Table 7. Effect of cattle manure application level on the soil NO₃-N content in 2009

(unit : mg/kg)

Treatment	2009Year					
	23/Mar	02/Apr	12/Apr	28/Sep	06/Oct	16/Oct
CF (N-200kg)	6.55a	7.02	3.05	70.19 ^a	9.67 ^{ab}	3.23 ^b
CM 50%	2.83b	0.97	2.09	28.69 ^b	3.33 ^b	2.40 ^b
CM 100%	3.40b	0.99	1.73	46.93 ^{ab}	5.13 ^{ab}	4.03 ^b
CM 200%	2.02b	0.78	0.62	66.49 ^a	13.09 ^a	6.33 ^a
LSD (0.05)	2.82	NS	NS	35.98	9.11	1.64

* Means in the same column with different superscripts are significantly different.

Table 8. Soil characteristics before and after the experiment

Treatments	pH (1:5 H ₂ O)	EC (dS/m)	OM (%)	Ava. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations(cmol ⁺ /kg)			
					K	Ca	Mg	Na
before	5.86	0.17	6.41	272.3	0.73	5.22	2.29	0.09
after								
CF	5.97	0.10	5.9	183.48	1.04	3.15	1.84	0.09
CM 50%	6.31	0.16	6.7	257.41	1.50	3.79	2.19	0.10
CM 100%	6.20	0.12	6.5	237.93	1.98	3.46	2.23	0.08
CM 200%	6.40	0.18	7.8	336.39	2.92	4.66	3.10	0.13

에서는 CM200%구에서가 CF, CM50% 및 CM100% 구 보다 높게 나타났다(p<0.05). 정 등(1989)은 액상구비 및 요소의 사용수준이 오차드그라스 초지 토양 중 NO₃-N 함량은 N의 종류나 사용량 간에 차이는 없다는 보고와는 차이가 있었다.

5. 시험 전·후 토양성분 변화

표 8에서 보는바와 같이 시험전과 시험후의 토양 pH변화는 CM200%구에서 6.40으로 가장 높아졌고 CM50 및 CM100%구는 6.31, 6.20 순으로 높았다. 토양 내 유기물 함량변화는 모든 우분퇴비처리구에서 증가 되었는데 우분퇴비는 화학비료와 달리 유기물이 다량 함유되어 있기 때문에 시험이 진행됨에 따라 토양 내 유기물 함량이 증가한 것으로 생각된다. 시험 종료 후 유기물 함량을 보면 CM200%구에서 7.8%로 가

장 높았다. 유효인산 함량은 CM200%구에서 336.39 mg/kg로 가장 많이 증가되었다. 치환성 양이온용량 중 치환성 K, Mg, 및 Na 함량도 CM200%구에서 높아졌으며, 톱밥발효우분퇴비 사용량이 증가할수록 양이온 치환용량도 함께 증가하는 경향을 보였다. 톱밥발효우분퇴비 사용 200%구에서 많은 양분집적으로 토양 환경 차원에서는 200% 보다 100%를 사용하는 것이 바람직하다고 사료된다.

IV. 요약

본 시험은 2007년부터 2008년까지 톱밥발효 우분퇴비 사용수준에 따른 오차드그라스의 생산성과 질산염축적에 미치는 영향을 구명하기 위해 난지축산시험장 조사료포장에서 수행되었다. 시험처리는 화학비료(CF) 200 kg/ha를 대조 구로하여 톱밥발효우분퇴비(CM)를 질소기준

50, 100, 200%를 두어 처리하였다. 건물수량에 서는 2년 평균 CM 200%구가 20,177 kg/ha로 CF구 19,165 kg/ha와 비슷한 수량을 보였다. 처리별 평균 조단백질 함량은 CF구가 12.4%로 높았지만 유의적인 차이는 없었다. ADF 함량은 평균 32.1~32.8%의 범위로 전 처리구가 비슷한 경향을 보였으며, NDF 함량도 처리별 평균 61.3~62.9%의 범위로 비슷한 경향을 보였다. TDN 함량에서는 63.6%로 CM50% 처리구가 가장 높았으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 오차드그라스의 질산염 함량에 있어서는 CF구가 톱밥발효우분퇴비 수준별 시비구 보다 높았으며, 질산염 함량수준은 18.7~530.4 mg/kg으로 가축이 섭취하여도 안전한 수준이며, 특히 화학비료구보다 톱밥발효 우분퇴비처리구에서 질산염 함량이 낮아 우분퇴비 200%를 사용하더라도 사초의 질산염 함량에서는 안전한 수준이라고 사료된다. 토양 NO₃-N 함량의 변화는 모든 처리구에서 봄철보다는 가을철에 그 함량이 높았고 처리별 토양 NO₃-N의 함량을 보면 화학비료구가 톱밥발효 우분퇴비구 보다 높았다. 시험전과 시험후의 토양 pH 변화는 CM200%구에서 6.40으로 가장 높아졌고 CM50 및 CM100%구는 6.31, 6.20 순으로 높았다. 토양 내 유기물 함량변화는 CM200%구에서 7.8%로 가장 높았고, 유효인산 함량도 CM200%구에서 336.39 mg/kg로 가장 많이 증가되었다. 이상의 결과에 볼 때 톱밥발효우분퇴비를 오차드 그라스 초지에 질소기준 100%를 사용했을시 건물수량에서는 생산량이 다소 떨어지나 토양환경 차원에서 100%를 사용하는 것이 바람직하다고 사료된다.

V. 사 사

본 연구는 2010년도 농촌진흥청(국립축산과학원 난지축산시험장) 박사 후 연수과정 지원 사업에 의해 이루어진 것임.

This study was supported by 2010 Post

Doctoral Course Program of Subtropical Animal Experiment station National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

VI. 인 용 문 헌

1. 김문철, 최대진, 송상택. 2001. 돈분액비와 인산 사용이 이탈리아 라이그라스의 건물수량 및 질소와 인 흡수에 미치는 영향. 동물자원학회지: 43(6) 973-980.
2. 김문철, 김태구, 이종언. 2003. 제주지역 혼파목초지에서 톱밥발효 돈분 사용시 목초의 건물생산 및 무기물 함량에 미치는 효과. 제주대학교 아열대농업생명과학연구소 논문집(19) 2권.
3. 남공석, 조종후, 신광순, 황대우 1979. Milk중 아질산염 및 질산염 함량. 한국수의공중보건학회지, 3(2):103-106.
4. 류종원, H. Jacob. 1997. 목초생산성과 초지생태계에 미치는 액상구비의 사용 효과. 한초지 17(1):35-42.
5. 신동은, 김동암, 신재순, 송관철, 이종경, 윤세형, 김원호, 김정갑. 1998. 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비 효과 II. 무기물함량, N 생산성 및 토양환경에 미치는 영향. 한초지 18, 243-250.
6. 최기준, 정의수, 임용우, 임영철, 김기용, 성병렬, 김맹중, 박근제, 2003. 휴복 및 이른봄질소소비시 용량이 오차드그라스의 생육특성 및 종자생산에 미치는 영향. 한초지 23(2):107-114.
7. 윤순강, 류순호 1994. 요소 유래 NO₃-N 및 동반 양이온의 토양중 행동. II. 토양과 용탈수의 pH 변화 및 시용질소의 행동. 한토비지. 27, 21-26.
8. 육완방, 최기준, 유근창. 2004. 가축분뇨의 처리 형태별 사용시기가 영년초지에 있어서 분뇨의 이용효율 및 목초의 생산성에 미치는 영향. 한국초지학회지. 24(1):71-80.
9. 정 찬, 전병태. 1989. 가축분이 초지의 토양과 생산성에 미치는 영향. 한초지. 13, 48-55.
10. 황대우. 1993. 반추가축의 질산염중독증에 관한 문헌적 고찰. 한국수의공중보건학회지, 17(1): 129-136, 1993.
11. A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis 14thed. (Ed.S. Williams). A.O.A.C. Arlington. VA.
12. ANKOM Technology. 2005a. Method for

- Determining Neutral Detergent Fiber. ANKOM Technology, Fairport, NY. http://www.ankom.com/09_procedures/procedures2.shtml. Accessed May 8, 2005.
13. ANKOM Technology. 2005b. Method for Determining Acid Detergent Fiber. ANKOM Technology, Fairport, NY. http://www.ankom.com/09_procedures/procedures1.shtml. Accessed May 8, 2005.
 14. Borton, L.R., C.A. Rotx, H.L. Person, T.M. Harrigan and W.G. Bickert. 1995. Simulation to evaluate dairy manure systems. *Applied Engineering in Agriculture* 11(2):301-310.
 15. Crawford, RF, Kennedy, WK and Johnson WC 1961. Some factors that affect nitrate accumulation in forage. *Agron J*, 53:159-162.
 16. Dennis Cash, Howard Bowman and Roger Brownson, 1993. Nitrate Poisoning in Forages, *Montguide* C-8.
 17. Estavillo, J.M., C. Gonzalezmurau, G. Besga, and M. Rodriguez. 1996. Effect of cow slurry N on herbage productivity, efficiency of N utilization and on white clover content in a natural sward in the Basque Country, Spain. *Grass and Forage Sci.* 51:1-7. Exner.
 18. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Agic. Handbook* 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, D. C.
 19. Kimble, J. M., R. J. Bartlett, J. L. McIntosh, and K. E. Varney. 1972. Fate of nitrate from manure and inorganic nitrogen in a clay soil cropped to continuous corn. *Journal of Environmental Quality* 1:413-415.
 20. Keeney, D.R. and D.W. Nelson. 1982 Nitrogen-inorganic forms. *Methods of soil analysis, part 2*. In A. L. page ed. p 643-698. *Agronomy Monogr.* ASA and SSSA, Madison, WI.
 21. Hanway, JJ and Englehorn AJ 1958. Nitrate accumulation in some low a rop plants. *Agr J*, 50:331-334.
 22. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd Ed. Academic Press.
 23. SAS. 1988. *SAS/STATR: User's Guide (Release 6.03)*, SAS Inst. Inc., Gary, NC.
 24. Studdy, C.D., R.M. Morris and I. Ridge. 1995. The effects of separated cow slurry liquor on soil and herbage nitrogen in *Phalaris arundinacea* and *Lolium perenne*. *Grass and Forage Science* 50, 106-111.
 25. Uesaka, S. and A. Miyazaki. 1965. The concentrations of nitrate in grasses and legums varying with cutting dates. In *species*. *Jap. J. Zootech. Sci.*, 36:81-85.
 26. Whiteman, P. S. 1999. Slurry application to grass and clover : Differential plant responses. *Agronomy Department, Crop Division. SAC*
(접수일: 2010년 4월 27일, 수정일 1차: 2010년 5월 7일, 수정일 2차: 2010년 5월 13일, 게재확정일: 2010년 5월 31일)