

혼파초지에 대한 톱밥발효돈분의 시용효과

신재순 · 조영무 · 이혁호* · 윤세형 · 박근제 · 최기춘**

Fertilizing Effects of Swine Compost Fermented with Sawdust on Mixed Pastures

J. Soon Shin, Young-Mu Cho, Hyo-Ho Lee*, Sea Hung Yoon, Geun Je Park and Ki Chun Choi**

ABSTRACT

Experiment was carried out to find the fertilizing effects of 8 different application rates of swine compost fermented with sawdust(SCS) including Chemical fertilizer(CF) on forage yield and soil chemical characteristics of mixed pastures sown in Sep. 1993 at National Livestock Research Institute, RDA., in Suwon during four years.

It was arranged in a randomized complete block design with three replicates. Dry matter yield were shown at similar among treatments except Control and 50% SCS of standard amount plot. In botanical composition, the legume and weeds percentages of each treatment were increased as advancing year. The final year's legume percentage were high in line with SCS fertilizing plots(39%~43%), SCS + CF plots(30%~41%) and CF plot(32%). In productions of TDN, NE and crude protein yield, SCS or SCS(75%)+CF(25%) were nearly same comparing those of CF, respectively. Phosphate, potassium, magnesium contents and $K/(Ca+Mg)$ except calcium contents of those SCS fertilizing plots in plant were generally high with comparing CF. Those contents were proportional according to the fertilizing amount

These result indicate the possibility to substitute chemical fertilizer for SCS(75%, 25ton/ha) + CF, 25%) as manure-N 210 kg/ha, but might be considered accumulation phosphate in the soil.

(Key words : Swine compost fermented with sawdust, Mixed pasture, Fertilizing effect, Dry matter, Botanical composition)

I. 서 론

우리나라의 농업현장에서 가장 손쉽게 구할 수 있는 토양유기물 재료는 가축분뇨로 이미 오래전부터 토양개량제 또는 작물의 영양원으로 이용되어 왔다. Elliott와 Stevenson(1977)은 토양에 대한 중요한 유기물 공급원으로 식물체의 잔유물이고 그 다음은 가축분뇨이나 토양에서의 이용효율은 가축분뇨가 더 높다고 하였

다. 그러나 1970대 이후 국민소득의 증가에 따른 식생활의 변화로 육류 소비량이 증가되고 이에 따른 가축 사육두수의 증가로 가축분뇨는 지역에 따라서는 농경지 대비 한계부하량을 초과하게 되었다.

'04년 3월 현재 돼지 총 마리 수는 9,005천 두로, 평균 체중을 60 kg 기준(축산연, 1999)을 적용할 때 두당 하루에 분뇨 배설량은 4.24 kg (분 1.64 kg, 뇨 2.60 kg)으로 연간 총 돈분뇨

축산연구소(Grassland and Forage crops Division, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea)

* 국립종자관리소 서부지소(Seobu Branch Office, National Seed Management Office, Iksan, 580-892, Korea)

** 건국대 축산대(College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University, Seoul 143-701, Korea).

Corresponding author : Jae-Soon Shin, Grassland and Forage crops Division, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea. E-mail : sjs911@rda.go.kr

생산량은 13,936천톤으로 추정된다.

보통 중규모 이상의 젖소 사육농가들은 소규모이나 사료포를 경작하여 생산된 축분을 사료작물 생산에 활용하고 있지만 양돈농가는 대규모 사육으로 생산된 돈분의 처리가 양돈경영과 환경오염 문제로 중요한 과제가 되고 있다. 이러한 차원에서 이를 유기질 비료화 하여 화학비료 대체원으로 활용하면 조사료 생산과 지력증진을 최대화하고 환경오염의 문제를 해결하는 데 도움이 되는 과제로 사료된다.

가축분뇨 시용효과에 대한 연구는 혼파초지(정과 전, 1989; 성 등, 1993; 신 등, 1996; 이와이, 2000), 옥수수(김 등, 1989; 박 등, 1990; 육 등, 2000 ; 최와 육, 2000), 수수×수단그라스(손 등, 1995; 김 등, 1997; 서 등, 1999 및 2000), 그리고 답리작 벼(진 등, 1996a 및 1996b) 등을 대상으로 그 동안 국내 연구자들에 의해 보고된 바 있다. 정 등(1994)이 그 동안 국내에서 수행된 가축분 시용효과에 관련된 연구자료를 분석한 결과 논 보다는 밭에서 시용효과가 더 큰 것으로 보고하고 있다(농촌진흥청, 1999)

본 시험은 혼파초지에서 돈분뇨에 톱밥을 첨가하여 부숙한 톱밥발효돈분의 시용효과와 더불어 적정 시용량을 구명하기 위해서 1994년부터 1997년까지 4년 간 축산연구소 사료작물포장에서 수행되었다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 중부지방 추천 표준혼파조합(구성 초종 및 파종량: 오차드그라스 16, 톨페스큐 9, 페레니알라이그라스 5, 켄터기블루그라스 3, 라디노클로바 2 kg/ha)으로 1993년 9월 7일에 drill파종하여 조성된 혼파초지를 공시장소로 하여

1997년까지 4년 간 수행하였다. 시험포장은 축산연구소 내 초지사료작물 시험포로 토양의 이화학적 특성은 동남향, 10% 경사도를 갖는 저구능지로 송정통 토양으로 토성은 사양토, pH(1:5H₂O)는 5.49, 유기물 함량은 3.32 mg/kg, 유효인산 함량은 154.1 mg/kg, 양이온치환용량은 9.94 cmol+/kg로 비교적 양호한 토양비옥도 특성을 보였다.

공시 돈분은 톱밥과 돈분을 50:50으로 혼합하여 축산연구소의 퇴적송풍식 발효조(가로 2.5m×높이 2m×길이 5m, 25m²)에 투입하여 60일간 부숙시켜 사용하였으며 성분 함량은 표 1과 같다.

시험포 조성시 석회를 성분량으로 1,910 kg/ha를 사용하였으며, 기비로 N-80, P₂O₅-200, K₂O-70 kg/ha를 화학비료 성분량으로 시비하였다. 다음해 관리비료는 표 2의 처리내용과 같이 사용하였다. 시비방법에서 화학비료구(T1)의 경우, 질소와 칼리 비료는 봄, 1, 2, 3, 4차 예취 후 각각 분시 하였고 인산비료는 봄, 3차 예취 후 각각 분시 하였으며, 톱밥발효돈분구(T2, T3, T4)는 질소 함량 기준으로 매년 이른봄 전량 사용하였다. 톱밥발효돈분+화학비료구(T5, T6, T7)들의 경우는 돈분은 매년 이른봄 전량을 사용하고 보충 질소는 화학비료구(T1)과 같이 분시하였다. 시험구당 면적은 20m²(2×10m)로 난피법 3반복으로 배치하였다

매 예취시 화학분석용 시료를 채취하였고 65℃의 dry oven에 48시간 건조시킨 후 분쇄하여 이용하였다. 식물체의 일반성분, 무기물과 토양 분석은 농촌진흥청 농사시험연구소조사기준(1983)에 준하여 수행되었으며, 식생조사는 Klapp (1949)에 의한 달판조사 방법으로 각 처리 및 반복별로 전체면적을 대상으로 조사하여 평균하였다. 가소화영양소 총량(total digestible nutrient;

Table 1. Chemical composition of swine compost fermented with sawdust mixtures

Moisure	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	T-C	C/N ratio
..... %								
55.0	3.09	5.22	1.76	2.28	1.51	1.51	38.50	12.46

Table 2. Application amounts of chemical fertilizers and compost used for maintenance of mixed swards.

Treatments	N amount(kg/ha)		
	N	SCS	Chemical fertilizer supplement
T0 Control	0	-	-
T1 Chemical fertilizer(standard amount))	210	-	-
T2 SCS(standard amount)	210	210	-
T3 SCS(75% of standard amount)	157	157	-
T4 SCS(50% of standard amount)	105	105	-
T5 SCS(75%) + chemical fertilizer(25%)	210	157	53
T6 SCS(50%) + chemical fertilizer(50%)	210	105	105
T7 SCS(25%) + chemical fertilizer(75%)	210	53	157

SCS : Swine compost fermented with sawdust mixtures.

TDN)은 Menke와 Huss(1980), 정미에너지(net energy lactation; NEL)는 Van Es(1978)의 방법을 이용하여 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 처리별 건물수량

처리별 혼파초지의 4년간 건물수량은 표 3과 같다. 화학비료표준구(T1)의 4년 평균 건물수량 11,263 kg/ha와 비교하여 볼 때, 톱밥발효돈분 표준사용구(T2)의 건물수량은 11,191 kg/ha로 대

등하였다. 톱밥발효돈분만을 사용한 T2, T3, T4 시험구간을 서로 비교해 보면 T2 시험구에 비해서 T3 시험구에서는 7%, T4 시험구에서는 15% 감소하였다.

톱밥발효돈분+화학비료 혼용 사용구들 간의 4년 평균 건물수량을 비교하여 보면 T5(75% + 25%) 11,338, T7(250% + 75%) 10,917, T6(50% + 50%) 10,800 kg/ha 순으로 많았다. 화학비료의 대체로 톱밥발효돈분을 이용할 경우에는 톱밥발효돈분을 질소기준으로 전량 사용하거나 혹은 톱밥발효돈분을 질소기준으로 75% 사용하고 부족분을 화학비료 25%를 사용하는

Table 3. Dry matter yields of 8 treatments during 4 years in Suwon

Treatment	Dry matter yields(kg/ha)				
	1994	1995	1996	1997	Average
T0 Control	4,644	5,784	4,767	5,659	5,214 (46)
T1 Chemical fertilizer(standard amount))	10,064	10,449	11,002	13,538	11,263(100)
T2 SCS(standard amount)	8,720	11,391	11,491	13,608	11,191 (99)
T3 SCS(75% of standard amount)	7,894	10,555	10,916	12,118	10,371 (92)
T4 SCS(50% of standard amount)	7,344	9,835	10,130	10,684	9,498 (84)
T5 SCS(75%) + chemical fertilizer(25%)	8,748	11,547	11,727	13,329	11,338(101)
T6 SCS(50%) + chemical fertilizer(50%)	8,783	10,219	11,433	12,763	10,800 (96)
T7 SCS(25%) + chemical fertilizer(75%)	9,573	10,292	10,446	13,356	10,917 (97)
LSD(0.05)	1,371	1,532	1,392	2,070	

SCS : Swine compost fermented with sawdust mixtures.

것이 건물수량 면에서 바람직할 것으로 생각 된다.

한편 년차 간 수량차이에 있어서 초지조성 년차가 오래될수록 건물수량은 증가하는 경향이 나타났으며, 특히 조성 2년차에서 톱밥발효 돈분 시용구들의 건물생산 증가율이 높았는데 이는 전년도에 시용되어진 발효돈분이 무기질

화 후 지속적인 토양의 이화학성 개량의 영향으로 사료된다.

2. 식생변화

각 처리별 시험구의 화분과, 두과 및 잡초로 구분하여 분류한 식생변화는 그림 1에서 보

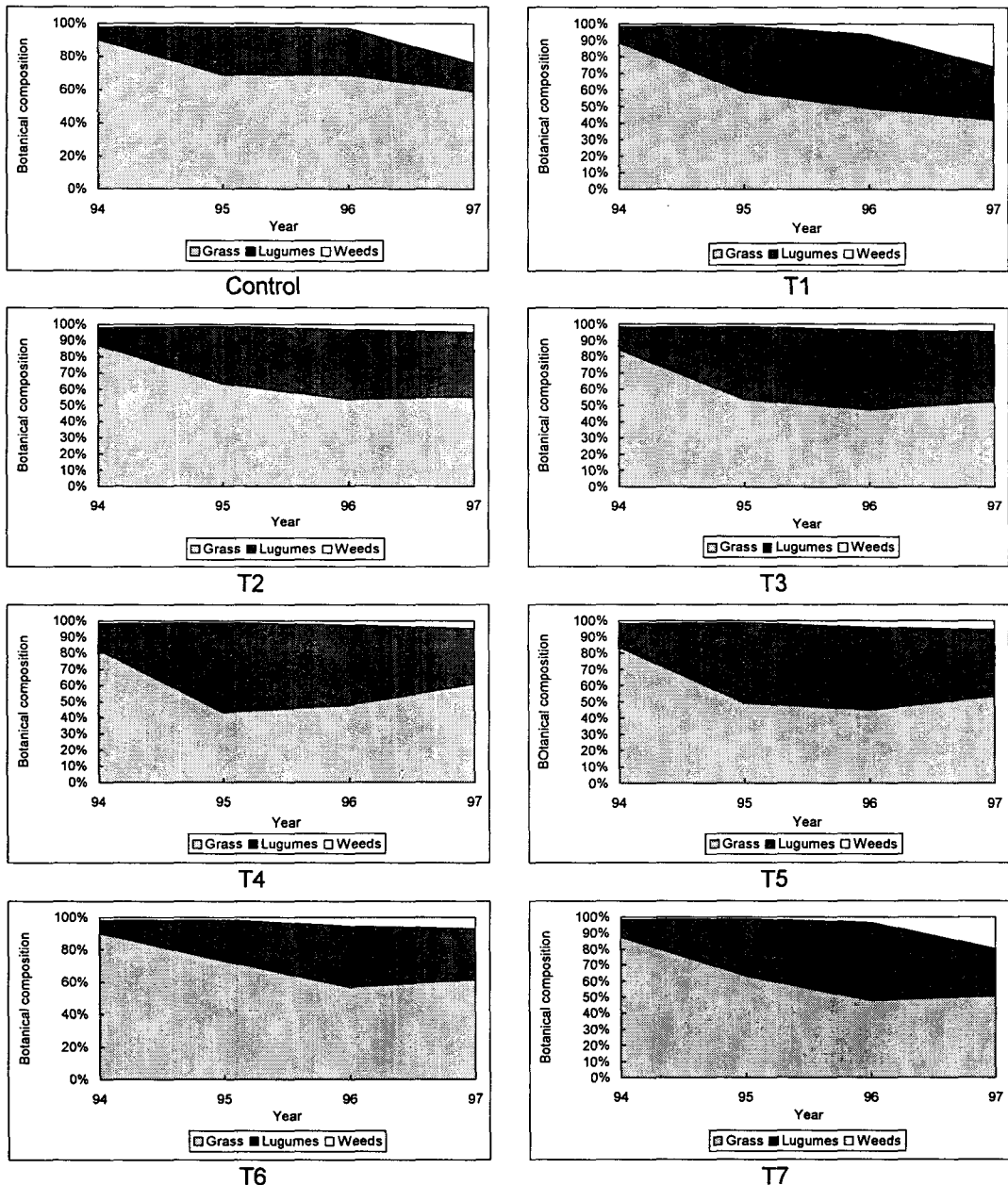


Fig. 1. Botanical compositions of 8 treatments during 4 years in Suwon.

는 바와 같다. 시험 1년차의 식생구성은 전 처리 공히 화분과 목초위주의 혼파초지에서 해가 거듭될수록 두과목초와 잡초(주로 피, 바랭이 등)의 비율이 증가하였다.

화학비료 시용구, 발효돈분 시용구 그리고 겸용 시용구로 구분하여 검토하여 보면, 최종 년도의 두과목초는 대체적으로 발효돈분 시용구(39~43%) > 겸용 시용구(30~41%) > 화학비료 시용구(32%) 순으로 높았는데 이는 무기질화에 따른 여러 양분의 공급, 토양의 이화학적 개량 등의 복합적 효과에 기인된 것이 아닌가 사료 된다.

잡초의 식생구성비율의 변화를 보면 조성 1년차에 2% 내외에서 조성 4년차에는 T3 시험구는 4.2%에서 T2는 26.0%로 발효돈분 처리구보다 화학비료 처리구에서 잡초의 비율이 높았다. 화학비료 처리구 중에도 잡초의 비율은 T1(26.0%) > T7(19.8%) > T6(6.8%) > T5(5.3%) 순으로 각각 나타났다. 이와 같은 이유는 특히 목초의 하고기에 잡초의 대부분을 차지하는 피, 바랭이의 생육이 왕성한데 속효성인 화학비료가 지효성인 발효돈분보다 이들의 생육을 촉진시킨 데에 기인되지 않았나 사료된다.

3. 혼파목초의 양분 생산량

처리별 4년 평균 양분생산량은 표 4와 같다. 가소화양분총량(TDN)은 T1의 7,620 kg/ha에 비해서 T2 처리구가 7,540, T3 처리구가 7,031, T4 처리구가 6,442로, T1 처리구의 85%~99% 수준 정도이었으며, 톱밥발효돈분 + 화학비료시용구들의 양분수량은 T1 처리구의 96%~100% 수준 이었다. 표 5에서 보는바와 같이 화학비료의 전량 시용 대신 톱밥발효돈분 표준량(질소기준) 또는 톱밥발효돈분(75%) + 화학비료시용(25%) 혼용 시용시 대등한 양분수량을 얻을 수 있었다. 그리고 젖소의 우유생산을 위한 NEL 가치도 가소화양분총량(TDN)과 같은 경향으로 T1 처리구는 68,236 MJ/ha, T2 처리구는 67,572, 그리고 T5 처리구는 68,523로 화학비료 시용과 같은 효과를 나타내었다.

그러나 조단백질 생산량에서는 T1 처리구가 2,308 kg/ha으로 T2 처리구의 2,155와 T5 처리구의 2,194 보다 5%~7% 더 증수되었다. 위의 결과를 종합하여 보면 초지관리에 있어서 화학비료 표준시용 대신 질소기준으로 톱밥발효돈분 전량시용이나 또는 톱밥발효돈분(75%) + 화

Table 4. Averaged over 4 years yields of total digestible nutrient(TDN), net energy lactation (NEL), and crude protein influenced by the different application rates of fertilizer and compost

Treatments	TDN (kg/ha)		NEL (MJ/ha)		Crude protein (kg/ha)	
T0 Control	3,553	(47)	32,130	(47)	889	(39)
T1 Chemical fertilizer(standard amount))	7,620	(100)	68,236	(100)	2,308	(100)
T2 SCS(standard amount)*)	7,540	(99)	67,572	(99)	2,155	(93)
T3 SCS(75% of standard amount)	7,031	(92)	63,068	(92)	2,079	(90)
T4 SCS(50% of standard amount)	6,442	(85)	57,837	(85)	1,901	(82)
T5 SCS(75%) + chemical fertilizer(25%)	7,655	(100)	68,523	(100)	2,194	(95)
T6 SCS(50%) + chemical fertilizer(50%)	7,305	(96)	65,449	(96)	2,053	(89)
T7 SCS(25%) + chemical fertilizer(75%)	7,426	(97)	66,583	(98)	2,115	(92)

SCS : Swine compost fermented with sawdust mixtures.

학비료시용(25%) 혼용시용 만으로도 대등한 수량을 얻을 수 있다고 사료된다.

4. 목초의 무기성분 함량

시험기간 동안 처리별로 매년 예취시 얻어진 분석용 시료를 종합한 4년 평균 식물체중 무기물 함량은 표 5와 같다. 각 처리별 인산(P) 함량은 0.24~0.37% 수준으로 목초 중 적정 함량인 0.45%(Fleischel, 1973) 보다는 현저히 낮은 수준이었지만 화학비료 표준시용구(T1)의 0.30%에 비해 톱밥발효돈분 시용구에서는 T2가 0.37%, T4가 0.32%, T5가 0.38% 그리고 T6가 0.32%로 다소 높게 나타났는데 이는 곡류를 주원료로 하는 돼지사료의 인산 함량에 기인한 것으로 사료된다.

목초 중加里(K)의 적정 함량은 2.0%~2.5%이나 본 시험에서는 무비구를 제외하고는 2.40%에서 3.79% 수준으로서 충분하거나 다소 높은 함량 수준이었다. 칼슘(Ca)의 목초중 적정 함량은 0.6%~0.7%이나(Fleischel, 1973), 본 시험에서는 전 처리 공히 이보다 낮은 0.32%에서

0.64% 수준을 보였다. 마그네슘(Mg) 함량은 목초 중 적정 함량 0.20~0.25%(Fleischel, 1973) 수준과 비슷하였지만 톱밥발효돈분 시용량이 많은 처리구에서 다소 높게 나타났다.

한편 목초 중 K/(Ca + Mg) 당량비가 2.2 이상이면 반추가축에 Mg 부족에 따른 grass tetany 발생 가능성이 있는데(정 등, 1982), 본 시험에서는 톱밥발효돈분 시용량이 많은 처리구에서 다소 높게 나타났지만 대체로 비슷한 수준이었다. 유독 톱밥발효돈분(50%) + 화학비료시용(50%) 혼용구(T6)에서 다소 높게 나타난 결과는 낮은 Ca 함량(0.35%)에 기인되지 않았나 사료되는데 정 등(1993)도 사일리지용 옥수수에 돈분시용시 Ca 함량과 Mg 함량은 낮았고 K 함량은 높았다고 보고하였다.

5. 토양의 화학성 변화

혼과초지에서 화학비료 및 톱밥발효돈분 시용량에 따른 토양의 화학성 변화는 표 6과 같다. 토양 pH는 전 처리 공히 시험전 토양보다 시험 후 토양에서 높았으며 화학비료 시용구

Table 5. Averaged over 4 years Mineral contents(%) and equivalent ratios of K/(Ca+Mg) of mixed forages influenced by the different application ratios of fertilizers and compos

Treatments	P	K	Ca	Mg	Na	K/Ca+Mg
T0 Control	0.24	2.24	0.37	0.28	0.04	1.41
T1 Chemical fertilizer(standard amount))	0.30	2.95	0.44	0.25	0.04	1.81
T2 SCS(standard amount)	0.37	3.68	0.43	0.27	0.07	2.21
T3 SCS(75% of standard amount)	0.32	3.41	0.45	0.26	0.05	2.00
T4 SCS(50% of standard amount)	0.28	2.40	0.64	0.26	0.03	1.20
T5 SCS(75%) + chemical fertilizer(25%)	0.38	3.79	0.47	0.28	0.06	2.12
T6 SCS(50%) + chemical fertilizer(50%)	0.32	3.59	0.35	0.25	0.07	2.45
T7 SCS(25%) + chemical fertilizer(75%)	0.29	3.29	0.41	0.24	0.07	2.11

SCS : Swine compost fermented with sawdust mixtures.

Table 6. Soil chemical properties of mixed swards after a four year experiment influenced by the different application rates of fertilizer and compost

Treatment	pH (1:5 H ₂ O)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exch. cation (cmol+/kg)			CEC (cmol+/kg)
				Ca	Mg	K	
Before	5.49	33.2	154.1	4.24	0.78	0.16	9.94
T0 Control	5.58	32.7	148.5	4.96	0.91	0.18	12.98
T1 Chemical fertilizer(standard amount)	5.56	34.3	391.4	5.87	0.70	0.42	14.51
T2 SCS(standard amount)	5.67	52.8	632.0	7.04	2.22	0.42	16.97
T3 SCS(75% of standard amount)	5.64	45.8	468.4	6.71	1.71	0.38	16.41
T4 SCS(50% of standard amount)	5.61	38.3	277.2	6.53	1.49	0.30	15.88
T5 SCS(75%) + chemical fertilizer(25%)	5.65	54.0	580.6	6.75	1.96	0.87	17.79
T6 SCS(50%) + chemical fertilizer(50%)	5.64	47.7	463.7	6.47	1.67	0.46	16.52
T7 SCS(25%) + chemical fertilizer(75%)	5.60	37.3	267.1	5.18	1.19	0.41	15.85

보다는 톱밥발효돈분 시용구에서 다소 높아졌으며, 또한 톱밥발효돈분 시용량이 많을수록 높았다.

4년간 시험 후 토양 중 유기물 함량, 치환성 Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ 함량 그리고 양이온치환 용량이 시험전보다 다소 높았으며, 특히 톱밥발효돈분 시용량이 많을수록 높게 나타났다.

한편 유효인산 함량의 경우, 시험전 154.1 mg/kg에서 4년간 시험후에는 T1 화학비료 처리구 391.4 mg/kg, 톱밥발효돈분 시용구 277.2~632.0 mg/kg과 톱밥발효돈분+화학비료시용구 267.1~580.6 mg/kg 수준을 보였다. 이는 정 등 (1989)의 시험에서 가축분 시용으로 유기물, 유효태 인산 및 염기치환 용량이 높아졌다는 보고와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 톱밥발효돈분 시용량이 많은 처리구에서 토양중의 유효인산 함량이 매우 많아 토양 중 인산축적이 문제점으로 사료되므로 3년이상 연용하는 것은 과도한 인산축적(Chavez, 2001)으로 문제의 소지가 있어 금후 검토되어야 할 과제로 사료된다.

IV. 요약

톱밥발효돈분의 시용이 혼파초지의 식생구성 비율, 건물수량, 양분생산성 및 토양의 화학성

변화에 미치는 영향을 구명하기 위하여 톱밥발효돈분 처리구, 톱밥발효돈분+화학비료 혼용시용구 및 화학비료표준 시용구 등 8 처리로 하여 4년간 수행된 결과, 평균 건물수량은 대조구 및 퇴비 50% 시용구를 제외하고는 처리별 비슷한 경향을 보였다. 식생구성은 전처리 공히 시험년차가 경과될수록 두과와 잡초의 비율이 증가하였고, 4년차의 두과비율은 대체적으로 발효돈분 시용구(39~43%)>겸용 시용구(30~41%)>화학비료 시용구(32%) 순으로 높았다. 잡초의 식생변화는 발효돈분 처리구에서 보다 화학비료 처리구에서 잡초의 비율은 높았다. 혼파목초의 TDN과 NEL 등 양분생산량은 화학비료 표준시용 대신 질소기준으로 톱밥발효돈분 전량시용이나 또는 톱밥발효돈분(75%) + 화학비료시용(25%) 혼용시용 만으로도 대등한 수량을 얻었다

혼파 목초 중 인산, 가리 및 마그네슘 함량은 화학비료 표준처리구에 비해서 톱밥발효돈분 시용구에 높았으며 시용량이 많은 처리구일수록 더 높았다. 이에 비해서 칼슘 함량은 일관성이 없었다. 혼파목초의 K/(Ca+Mg) 당량비는 톱밥발효돈분 시용량이 많은 처리구에서 다소 높게 나타났다. 화학비료를 대체할 톱밥발효돈분 시용량의 비율을 75% 이상으로 할

경우, 3년이상 연용은 과도한 인산의 축적이 우려된다. 톱밥발효돈분 시용에 따른 토양의 pH, 유기물 함량, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ 치환성 이온 그리고 양이온치환 용량은 시험전보다 시험 후 높아졌으며, 특히 톱밥발효돈분 시용량이 많을 수록 높았다.

V. 인 용 문 헌

- 김정갑, 한민수, 이상범. 1989. 화강암 적황색 토양의 신간척지에서 청예사료작물 재배 및 이용에 관한 연구. I. 가축퇴비 시용에 따른 토양의 물리적 특성변화와 작물생육. 한국축산학회지. 31(2):792-797.
- 김정갑, 이혁호, 서성, 광정훈, 진현주. 1997. 수수 × 수단그라스(Sorghum × Sudangrass Hybrid) 재배지에서 발효우분 퇴비시용에 따른 토양특성의 변화와 작물생산성. 농업환경논문집. 39(1):50-55.
- 농촌진흥청. 1983. 농사시험연구조사기준(개정 제 1판).
- 박병식, 류종원, 양종성, 박병훈. 1990. 가축분의 시용이 옥수수의 생육과 생산성에 미치는 영향. 농시논문집(축산편). 32(1):36-40.
- 서성, 김종근, 정의수, 강우성, 신재순, 김정갑. 1999. 가축분 시용조건에서 수수 × 수단그라스 교잡종의 생산량과 사료가치 비교연구. 한국초지학회지. 19(1):57-62.
- 서성, 김종근, 정의수, 김원호, 강우성. 2000. 가축분 시용조건에서 파종방법과 파종량이 청예용 수수 × 수단그라스 교잡종의 생산량과 사료가치 비교연구. 한국초지학회지. 20(1):49-54.
- 성경일, 홍병주, 이영철. 1993. 돼지분뇨의 간이 건조 처리법과 비료로서의 효과. 한국초지학회지. 13(3):228-233.
- 손창기, 박상구, 이무함, 최부술, 이원식. 1995. 미숙우분을 이용한 청예용 단수수 재배효과. 농업논문집. 37(1):464-467.
- 신재순, 임영철, 이혁호, 진현주, 김정갑. 1996. 무기태인산과 톱밥발효 가축분 시용 수준이 Alfalfa 단파초지의 토양변화와 생산성에 미치는 영향. 한국초지학회지. 16(2):133-138.
- 육완방, 안승현, 최기춘. 2000. 경사지에 대한 가축분뇨 시용시 옥수수의 생산성과 양분유실에 관한 연구. 한국초지학회지. 20(1):31-40.
- 이형석, 이인덕. 2000. 화학비료와 우분의 시용이 혼파초지의 건물수량, 품질 및 식생구성에 미치는 영향. 한국동물자원학회지. 42(5):719-726.
- 정연규, 김강식, 심재성. 1982. 석회 및 3요소 수준이 걸쭉립산지 초지에 미치는 영향. IV. 토양 및 목초중 무기성분의 상호균형과 Grass tetany 위험성. 한국축산학회지. 24(6):510-516.
- 정 찬, 전병태. 1989. 가축분이 초지의 토양과 생산성에 미치는 영향. 한국초지학회지. 9(1):48-55.
- 진현주, 김정갑, 조영무, 광정훈, 신재순, 이혁호. 1996. 전전환 논에서 우분시용이 토양화학성 및 Silage 옥수수의 수량과 품질에 미치는 영향. 한국초지학회지. 16(1):81-86.
- 진현주, 김정갑, 조영무, 광정훈, 신재순, 이혁호. 1996. 답리작 호맥재배시 가축분 시용이 후작 벼의 생육 및 수량과 미질에 미치는 영향. 한국초지학회지. 16(4):338-342.
- 축산기술연구소. 1999. 분뇨배설량 조사자료 in 가축분뇨배출원단위(환경부고시 제1999-109호, 환경부).
- 최기춘, 육완방. 2000. 발효돈분 및 화학비료 시용이 사일리지용 옥수수의 생산성과 사료가치에 미치는 영향. 한국초지학회지. 20(1):41-48.
- Chaves, L. 2001. Keeping Nutrients in Manure. ARS News & Information. www.ars.usda.gov/is/pr/2001/0111003.htm
- Elliott, L.F. and F.J. Stevenson. 1977. Soils for management of organic waste. p. 672. Am. soc. of Agron., Madison. Wis.
- Fleischel, H. 1973. Duengung und Tiergesundheit. Verlag Gerhard Rautenberg, Leer 3. Aufl. pp. 14-19.
- Jung, K.Y. and K.D. Woo. 1994. The use of organic wastes for the organic fertilizer in Korea. In "International seminar on the use of microbiology and organic fertilizers in agricultural production". RDA/FFTC.
- Klapp, E. 1949. Landwirtschaftliche Anwendungen der Pflanzensoziologie.
- Menke, K.H. und W. Huss. 1980. Tierernahrung und Futtermittelkunde. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2. Aufl. pp. 38-41, pp. 293-297.
- Van Es, A.J.H. 1978. Livestock Production Science. 5:334. In "산지초지에서 3요소 시비수준 및 초지 이용방법이 건물 및 양분생산성에 미치는 영향". 한국초지 18(3):251-258.