韓草誌 (J. Korean Grassl. Sci.) 25(3) : 159~168, 2005

제주화산회토양에서 발효 톱밥 돈분 시용이 피의 건물수량, 토양의 이화학적 성질 및 토양 미생물에 미치는 영향

김문철 · 김태구* · 이종언** · 문봉춘***

Dry Matter Yield of Japanese Millet (*Echinochloa crusgalli* var. Frumentacea 〈Roxb.〉 Wight), Chemical Properties and Microbial Population of Soil as Affected by the Application of Fermented Sawdust Swine Manure in Cheju Volcanic Ash Soil Area

M. C. Kim, T. G. Kim*, J. E. Lee** and B. C. Moon***

ABSTRACT

This experiment was carried out during the period from May to October 1998 to determine the effect of fermented sawdust swine manure application (SSM) on the herbage production of Japanese millet and soil properties in the Cheju brown volcanic ash soil. The randomized block design (T1 : basic chemical fertilizer, N 200 kg/ha + P_2O_5 300 kg/ha + K_2O 200 kg/ha ; T2 : 1/2 basic chemical fertilizer, N 100 + P_2O_5 150 + K_2O 100 kg/ha ; T3 : 1/2 basic SSM, N 100 kg/ha ; T4 : basic SSM, N 200 kg/ha ; T5 : 2 times basic SSM, N 400 kg/ha ; T6 : 4 times basic SSM, N 800 kg/ha) was used. At the same application level of nitrogen 200 kg/ha, the application of 100% chemical fertilizer (T1) had significantly lower dry matter yield than that of 50% chemical fertilizer and 50% SSM (T2) or 100% SSM (T4)($p<0.01$). Dry matter yield increased with an increase of SSM application to N 400 kg/ha level but decreased at N 800 kg/ha level. P, K and Ca contents of Japanese millet tended towards to decrease with an increase of SSM level. The application of chemical fertilizer lowered P and K content of Japanese millet in comparison with that of SSM ($p<0.05$). pH, available phosphorus, exchangeable potassium, Ca and Mg content of soil studied showed a significant increase with an increase of SSM application level ($p<0.05$). However, at the same application level of N 200 kg/ha, there was statistically no significant difference between chemical fertilizer and SSM in those contents of soil after experiment. The bacterial number of soil among microbial population increased with an increase of SSM level, in June, 1998 ($p<0.05$), but there was no regular tendency, in October. The rate of bacteria to fungus in soil had a tendency to decrease with an increase of SSM level. In conclusion, it is recommended to use N 400 kg/ha of SSM or N 100 kg/ha of chemical fertilizer + N 100 kg/ha of SSM for Japanese millet.

(**Key words** : Dry matter yield, Japanese millet, Fermented sawdust swine manure, Soil property, Soil microbial population)

* 남제주군 농업기술센타(NamJeju Agricultural Technical Center, Jeju)
** 농촌진흥청 난지농업연구소(National Institute of Subtropical Agriculture, RDA)
*** 제주도 보건환경연구원(Jeju Province Institute of Public Health and Environment)
Corresponding author : Moon-chul Kim, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

Ⅰ. 서 론

제주도에서 양돈 산업은 축산조수입 중 1위에 속한다. 그러나 이 산업에서 분뇨문제가 해결되지 못하면 미래가 결코 밝지 못할 것으로 우려된다. 돼지 분뇨는 고형퇴비, 액비, 사료자원 또는 에너지 등으로 자원화할 수 있다.

이들 여러 가지 자원화 방법 중에 고형퇴비를 만드는 것은 수분 80~90%의 생분을 예비건조와 부자재들을 혼합하여 수분을 50~60% 이하로 조정하는 것이다. 그래야 호기성 미생물의 작용을 유리하게 하여 부식화를 도울 수 있다. 이때 부자재로서 톱밥이 가장 많이 이용되고 있으며 그 이유는 구입이 용이하고 수분 흡수율이 높아 퇴비 더미 내 통기성을 높이기 때문이다(홍 등, 1999). 그러나 돈 분뇨에 톱밥의 첨가는 유기질 비료로서 토양의 지력증진 효과나 작물의 생산성 향상에 많은 애로를 갖고 있다(최와 육, 2000).

정(1996)은 발효된 가축분뇨 퇴비를 이용하여 질소질 비료를 절감키 위한 연구에서 계분+톱밥발효 퇴비 30 톤/ha 시용구는 75 kg, 우분+발효 퇴비구는 42 kg의 질소절감 효과가 있다고 보고하였다. 또한 사일리지용 옥수수 재배시 ha 당 우분 20 톤을 시용한 결과 금비만을 시용한 것 보다 건물수량이 8% 증가했다고 하였으며(정, 1996) 조(1994)는 배추생산에 적합한 발효퇴비를 구명하는 연구에서 우분, 돈분, 계분과 화학비료 중 돈분 발효퇴비가 가장 시용효과가 높았다고 하였다. 사일리지용 옥수수의 건물 및 TDN 수량은 톱밥발효돈분 시용구가 액상발효 시용구 보다 못하였다고 최와 육(2000)이 보고하였다. 김 등(2003)은 제주지역의 혼파목초지에서 같은 질소 200 kg/ha 시용 중 발효톱밥 돈분퇴비구와 화학비료구가 발효돈분 50%+화학비료 50%구 보다 높은 건물수량을 얻었고 같은 발효톱밥 돈분구 중에서는 질소 시용량의 증가에 따라서 목초 건물수량이 증가하였다고 하였다.

조(1994)는 충남지역에서 유통되고 있는 톱밥 발효 돈분에 대한 비료효과를 구명하는 연구에서 퇴비 시용량의 증가로 토양유기물 함량과 양이온 치환용량이 약간 증가하는 경향을 보였다고 하였다. 한편 제주 혼파목초지에서 토양의 질소와 유기물 함량은 돈분 발효 퇴비의 시용량 증가로 감소되었다고 Kim 등(2000 a)이 보고하였다. 초지토양을 개량하기 위해 퇴비시용량을 증가시키므로 토양의 유기물 함량과 총 질소 함량이 증가한 반면 토양 용적밀도 및 C/N율은 감소했다고 Sommerfeldt와 Chang (1987)이 보고하였다. 토양의 C/N율은 미생물에 영향을 주며 Kim 등(2000 b)은 혼파초지 토양에서 질소시용량 증가로 토양 박테리아 수를 증가시켰으나 발효톱밥 시용은 박테리아나 사상균의 수에 영향을 주지 못했다고 하였다. 그러나 토양 미생물에 대해 초지나 사료작물 재배 토양에서 연구가 많지 못했다.

피는 사료가치가 높지 못해 고생산성 가축을 사육하는 농가는 관심이 적지만 저생산성 가축을 사육하는 농가는 재배가 쉽고 과거부터 제주지역 환경에 맞아 이용되어 왔던 여름 사료작물이기 때문에 우리 것을 알아야 된다는 차원에서 연구가 시도되었다. 그래서 본 연구는 톱밥 발효 돈분의 시용수준을 달리하여 사료작물의 생산성, 토양의 이, 화학성 및 토양 미생물 변화에 미치는 효과를 조사하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

본 시험은 제주시 제주대학교 생명자원과학대학 동물사육장 사료작물 포장에서 1998년 5월 30일부터 동년 9월 5일까지 수행되었다.

시험이 수행된 기간동안 제주시의 기상상황은 표 1과 같았으며 시험기간 동안 온도나 강우량은 사료작물 생육에 문제가 되지 않았다. 시험 전 토양의 이, 화학적 특성은 표 2와 같이 척박하였다. 이 시험에 이용된 톱밥 발효돈분의 성분은 표 3과 같았다.

Table 1. Meteorological data during the experimental period in Jeju (1998)

Month	Mean temp. (℃)	Recipitation (mm)	Sunlight (hr)
January	6.6	170.2	49.2
February	8.8	59.7	110.1
March	9.8	110.4	164.6
April	16.1	196.2	134.4
May	18.8	116.5	180.1
June	21.5	228.3	122.5
July	27.4	111.5	212.6
August	28.2	76.8	232.4
September	24.3	413.0	157.0
October	19.7	70.1	133.2
November	13.4	19.6	169.9
December	8.9	10.7	136.6

Table 2. Characteristics of soil before the experiment

pH	OM (%)	T-N (%)	Av. P_2O_5 (ppm)	Exchangeable cation capacity(c mole/kg)			
				K	Ca	Mg	Na
5.24	7.56	0.23	8.03	0.61	0.21	0.41	0.28

Table 3. Fertility of fermented saw-dust swine manure examined

Water	OM	T-N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Cd	Pb	Hg	As
..... %							..... ppm		..... ppb	
31.25	30.79	1.58	2.59	1.04	10.68	2.14	1.22	5.73	12.10	ND

이 시험에 이용된 사료작물은 피(*Echinochloa crusgalli* var. frumentacea 〈Roxb.〉 Wight)이고 시험설계는 난괴법 6처리 3반복으로 처리내용은 표 4와 같다.

피의 파종량은 40 kg/ha이였으며 톱밥 발효돈분은 전량 기비로 시험설계에 맞추어 시용하였고 화학비료(질소, 인산 및 칼리)도 역시 시험설계에서와 같이 시용하였다. 인산은 전량 기비로 질소와 칼리는 기비로 1/2, 추비로 1/2를 각각 나누어 분시 하였다.

조사항목은 피의 건물수량 및 무기물 함량, 토양의 이, 화학적 특성 및 토양 미생물 수 등이다. 건물수량은 시험구내 1m × 1m의 면적에서 피를 예취하여 전체 생초수량을 평량하였고 그 중 100g을 취하여 80 ℃ dry oven에서 48시간 건조시켜 건물율을 얻어 건물수량을 환산하

Table 4. Experimental design

Treatment	Details
T1	No fermented sawdust swine manure + Standard chemical fertilizer (N 200, P_2O_5 300, K_2O 200 kg/ha)
T2	N 100 kg/ha fermented sawdust swine manure + 50% of standard chemical fertilizer(N 100, P_2O_5 150, K_2O 100 kg/ha)
T3	N 100 kg/ha fermented sawdust swine manure + No chemical fertilizer
T4	N 200 kg/ha fermented sawdust swine manure + No chemical fertilizer
T5	N 400 kg/ha fermented sawdust swine manure + No chemical fertilizer
T6	N 800 kg/ha fermented sawdust manure + No chemical fertilizer

였다. 목초의 무기물은 Yoshida 등(1983) 방법에 의하여 추출하여 P는 U/V Spectrophotometer를 이용하여 K, Ca, Mg, Na, Cu 및 Zn 등은 Atomic Absorption Spectrophotometer로 측정하였다(Perkin-Elmer Corporation, 1982). 토양의 이, 화학적 특성(pH, T-N, OM, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg, Na)에 대한 분석은 농촌진흥청 분석법(1988)에 준하였다. 토양 미생물의 계수는 희석평판법을 이용하였으며 28℃로 조절된 항온기에서 배양하였다. 각 시료 당 미생물의 수는 3개의 평판 배지상에 나타난 colony를 각각 계수한 후 평균한 값을 colony 형성수(colony forming unit: cfu)로 표시하였다. 각 균종의 배양방법과 계수는 세균의 경우 Yeast glucose agar(yeast extract 3, glucose 1, K_2HPO_4 0.3, KH_3PO_4 0.2, $MgSO_4.H_2O$ 0.2, cyclohexamide 0.05, agar 15g, 증류수 1,000 ml)에 접종한 후 7일 후에, 사상균은 Rose bengal 0.033, streptomycin sulfate 0.033, agar 20g, 증류수 1,000 ml)에 접종한 후 3일경 1차 발현 colony를 계수하고 생육이 늦은 균의 발현을 고려하여 5일에 재차 계수하였다.

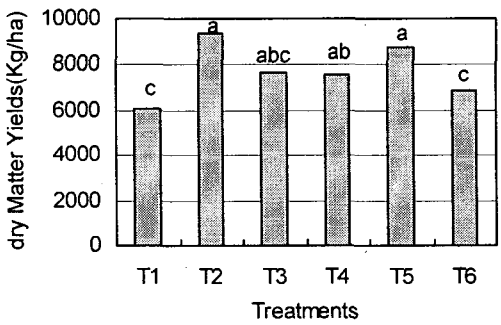
시험결과를 분산분석(Statistix 8. 2003)한 후 유의성이 있는 경우에 최소유의차(LSD)에 의하여 각 처리간의 평균을 비교하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 건물수량

톱밥 발효 돈분의 시용수준이 제주화산회 토양에서 재배되는 여름사료작물 피의 건물수량에 미치는 효과를 그림 1에 보여주고 있다.

동일한 질소 200 kg/ha 시용수준에서 화학비료 100% 시용(T1), 화학비료 50%+톱밥 발효돈분 50% 시용(T2), 및 톱밥 발효돈분 100% 시용(T4) 간 비교에서 피의 건물수량이 각각 6,089, 9,370 및 8,259 kg/ha로서 톱밥 돈분과 화학비료 혼합구가 가장 높은 건물수량을 얻었



*a, b, c : Probability

Fig. 1. Dry matter yields of Japanese millet as affected by appilication levels of swine manure mixed by sawdust.

으며 화학비료 100% 시용구가 가장 낮았다 ($P<0.01$).

신 등(2004)은 화학비료와 톱밥돈분의 혼합 비율을 달리하여 화학비료 단용과 비교한 연구에서 처리간 비슷한 생산수량을 얻었다. 육과 최(2001)나 육 등(2004)은 혼파목초지에서 화학비료와 톱밥 발효 돈분간 시용효과 비교시 화학비료가 퇴비 보다 높은 수량을 보였으나 유의적 차이는 없었다고 하였다. 육(2003)은 화학비료와 톱밥 발효돈분간 혼파목초의 건물생산성을 비교했을 때 화학비료가 톱밥 발효 돈분보다 효과가 유의적으로 높았으며 이렇게 높은 결과는 톱밥 분뇨의 높은 C/N 율이나 무기태 질소 함량 때문(Vetter와 Steffens, 1986)으로 보았다. 이와 같이 영년생 혼파목초에서는 화학비료가 톱밥 발효돈분 보다 높거나 비슷한 건물수량을 보이는데 본 시험에서 발효돈분이 화학비료 보다 높은 것은 피는 여름작물로 이 생육시기에 비가 많이 와서 토양미생물들의 활동이 왕성하여 톱밥 분뇨의 분해를 도운 때문이 아닌가 사료된다.

여름 사료작물 피에 톱밥 발효돈분 100% 시용이나 화학비료 50%와 톱밥 발효돈분 50% 혼합 시용이 화학비료 100% 시용보다 피의 건물수량이 높았다. 정(1996)은 강원도의 배추 재배지에서 가축분시용은 화학비료 시용량의 50%를 대체할 수 있다고 하였으나 본 연구에서는 톱밥 발효돈분을 100% 대체해도 피 건물생산을 위한 비료수준으로서 부족함이 없음을 보여주고 있다.

톱밥 발효돈분을 질소수준으로 100, 200, 400 및 800 kg/ha 시용함에 따라서 피의 건물수량은 각각 7,707, 8,259, 8,713 및 6,842 kg/ha이었고 질소 400 kg/ha까지 시용량 증가로 건물수량이 증가하나 그 이상에서는 감소하였다.

Yook 등(2000a)은 영년생 혼파목초지에 목초생산에 적당한 톱밥 발효돈분 시용량을 질소 300 kg/ha 수준으로, 김 등(2000)은 150 kg/ha, 육과 최(2001)은 혼파초지에서 200 kg/ha, 육(2003)은 혼파초지에서 400 kg/ha, 김 등(2003)은 제주지역의 혼파초지에서 200 kg N/ha 시용을 권장하였다. 혼파초지에서 톱밥 발효 돈분 400 kg/ha를 시용해야 한다고 권장하는 육(2003)의 결과가 본 연구 결과와 대체로 비슷하였다. 그러나 종합적으로 볼 때 화학비료 100과 톱밥 발효돈분 100 kg/ha를 혼합 시용하는 것이 톱밥 발효 돈분만 400 kg/ha를 시용하는 처리와 통계적으로 동일한 피 건물수량을 얻었다.

2. 식물체 무기물 함량

화학비료와 톱밥 발효돈분 시용에 따른 여름작물 피의 무기물 함량(P, K, Ca, Mg, Na, Cu 및 Zn)은 표 5와 같다.

수확 후 피의 무기물 함량 중 P, K 및 Ca 함량은 화학비료 또는 톱밥 발효 돈분의 시용처리에 따른 유의적 효과를 보였다.

피의 P 함량은 동일한 질소 200 kg/ha 수준에서 톱밥 발효돈분이나 화학비료와 톱밥 발효돈분 혼합구 보다 화학비료 단용구에서 유의적 감소를 보였다($P<0.05$). 김 등(2003)의 혼파목초에 대한 비료종류 비교시험에서 역시 화학비료구가 톱밥 발효돈분구 보다 목초의 낮은 P 함량을 얻어 같은 결과를 보였다. 피의 K 함량도 화학비료구 보다 톱밥 발효 돈분구에서 높은 함량을 보였으나 김 등(2003)의 결과와는 일치하지 않았다. Ca 함량도 비료종류별 차이가 없었다.

피의 P 함량은 톱밥 분뇨의 질소 시용수준의 증가에 따라서 감소했으며 통계적으로 유의적 차이를 나타냈다($P<0.05$). 김 등(2000)이 혼파목초지에서 톱밥분뇨의 시용수준 증가에 따라서 4월에 수확된 목초의 P함량은 감소하는 추세였으나 통계적인 유의차는 없었다. 그래서 본 연구의 결과와 유사하다고 생각된다. 그러나 그 해 10월에 조사된 결과는 경향이 일정치 않았다. 또한 반 건조 열대지역의 척박한 토양에서 가축분뇨의 시용량 증가로 콩의 P 흡수는 증가

Table 5. P, K, Ca, Mg, Na, Cu and Zn contents of Japanese millet as affected by the application of fermented swine manure mixed with saw-dust (1987)

Treat-ment	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn
	..... mg/g					..... ppm	
T1	1.667e	15.29b	3.897b	6.107	3.603	24.6	50.8
T2	2.707d	14.75b	4.200ab	7.400	3.620	25.2	53.8
T3	5.160a	23.90a	5.463a	8.117	3.307	23.9	78.8
T4	4.833ab	21.60a	3.537b	7.930	2.636	11.8	64.1
T5	4.290bc	22.13a	3.840b	7.527	2.937	19.6	74.0
T6	3.827c	18.09a	2.770b	8.157	3.694	14.9	58.9
Probability	0.000	0.001	0.055	0.425	0.298	0.777	0.205

했다는 보고(Damodar Reddy 등, 1999)와도 일치하지 않았다.

피의 K 함량은 톱밥 발효돈분의 시용량 증가에 따른 효과를 얻지 못했다. 이런 결과는 Kim 등(2000a)의 혼파목초지에서 톱밥 발효돈분 시용수준 증가에 따른 효과를 얻지 못했다는 보고와 일치하였다. 그러나 김 등(2003)이 영년생 혼파 목초지에서 톱밥 발효돈분의 시용량 증가에 비례하여 목초의 K 함량이 증가했다는 보고와는 일치하지 않았다.

피의 Ca 함량도 톱밥 발효돈분의 시용량 증가에 따라 감소했으며 통계적으로 유의차가 없었다(P = 0.055). 김 등(2003)이 혼파초지에서 1년차는 목초의 Ca 함량이 톱밥 발효돈분 시용량 증가에 따라서 감소했으며 통계적으로 유의적인 차이가 있어 본 결과와 일치했다. 2년차의 결과는 다소 달랐다. 김 등(2000)은 톱밥돈분의 시용량 증가로 목초의 Ca 함량이 감소했으나 유의적 차이를 얻지 못했다.

식물체 피의 Na, Cu 및 Zn 함량은 통계적으로 처리별 차이를 나타내고 있지 않지만 Gough 등(1979)나 NRC(1984)의 화본과 식물에 적정 농도 Na 0.1-3.0 mg/g, Cu 3-15ppm, Zn 15-30 ppm 보다 일부 처리를 제외하고 높다. 특히 Zn 함량은 모든 처리에서 적정 수준 보다 높은 함량을 보이고 있으며 그 이유가 무엇인지 궁금하다.

이와 같이 식물의 여러 가지 무기물 함량은 환경조건에 따라서 흡수할 수 있는 조건이 달라질 수 있고 또한 무기물 간 상호작용도 식물에 흡수를 영향을 줄 수 있어 많은 연구를 통해서 그 관계를 밝혀야 한다고 본다.

3. 토양의 이, 화학적 특성

톱밥 발효돈분을 시용한 피 재배 토양의 이, 화학적 특성은 표 6과 같다.

피 재배 토양의 pH 함량은 동일 질소 수준에서 화학비료 100%, 톱밥 발효돈분 100% 및 화학비료와 톱밥 발효돈분 각 50% 시용구 간에는 유의적 차이가 없었다. 그러나 톱밥 발효돈분의 시용수준을 달리했을 때 피 재배 토양의 pH는 시용수준 증가에 따라서 증가했으나 톱밥 분뇨 800 kg N/ha에서 다른 처리 보다 유의적 증가를 보였다(P<0.01).

토양 유기물과 총 질소 함량은 톱밥 발효돈분 시용량의 증가에 따라 유의적 차이를 얻지 못했다. 그러나 유효인산 함량은 동일 질소 200 kg/ha 수준에서 화학비료 100%, 톱밥 발효돈분 100%, 화학비료 50% + 톱밥 발효돈분 50% 시용구간 비교 시 7.80, 23.91 및 12.91 ppm으로 화학비료 시용구가 가장 낮은 함량을

Table 6. Changes in chemical characteristics of the soil as affected by the application of chemical fertilizer and fermented swine manure mixed with saw-dust

Treat-ment	pH	OM	TN	Av. P_2O_5	Exchangeable cation			
					K	Ca	Mg	Na
	(1:5)	(%)	(%)	(ppm)	me/100g			
T1	5.15b	15.57	0.40	7.80b	0.241	1.61b	0.69c	0.177bc
T2	5.38b	16.32	0.44	12.91b	0.307	4.02b	1.52c	0.203bc
T3	5.18b	14.75	0.41	8.28b	0.207	1.63b	0.68c	0.173c
T4	5.41b	15.83	0.29	12.69b	0.436	4.02b	2.23bc	0.273a
T5	5.61b	18.77	0.30	23.91b	0.271	4.67b	3.64b	0.206bc
T6	6.21b	16.96	0.44	94.07a	0.674	12.10a	7.63a	0.240ab
Probability	0.008	0.143	0.103	0.005	0.076	0.005	0.0001	0.040

보였고 톱밥 발효돈분구가 가장 높은 함량을 보였다. 톱밥 발효 돈분구간 시용수준별로 비교했을 때 시용수준의 증가에 따라 피 재배 토양의 유효인산 함량이 비례하여 증가했으며 800 kg/ha 구의 유효인산 함량은 타 시용구 보다 유의적으로 높은 함량을 보였다($P<0.01$)

토양의 치환성 칼리 함량은 처리간 통계적으로 유의차가 없지만 톱밥 발효돈분의 시용수준 증가로 그 함량이 증가하는 추세이다. 토양의 치환성 칼슘, 마그네슘 및 소디움 함량은 처리간 통계적으로 유의차를 보였다($P<0.01$). 치환성 칼슘은 질소 200 kg/ha 수준에서 화학 비료 100%가 톱밥 발효돈분 100%나 톱밥분뇨와 화학비료 각 50% 보다 낮았으나 유의적 차이는 없었다. 톱밥 발효돈분의 시용수준을 달리할 때 질소 800 kg/ha가 타 시용구 보다 유의적으로 높은 함량을 보였고($P<0.01$) 돈분 시용수준 증가에 따라서 치환성 칼슘 함량이 증가하였다. 치환성 마그네슘 함량도 칼슘 함량과 비슷한 경향이었다. 토양의 치환성 소디움 함량은 처리간 유의적 차이가 있었으나($P<0.05$) 톱밥 발효 돈분 시용수준에 따른 분명한 차이는 발견치 못했다.

김 등(2000)의 보고에 따르면 톱밥 발효돈분의 시용이 혼파목초 재배 토양의 이, 화학적 성질의 개선에 좋은 영향을 주지 못했다고 하였다. 그러나 김(1999)은 톱밥 발효돈분 시용이 초지 및 2모작 사료작물 작부체계 토양의 특성 변화를 조사한 연구에서 톱밥 분뇨 시용량 증가로 토양 pH, 유효인산 함량, 치환성 Ca, Mg, K 및 Na 함량이 증가했으며 본 시험의 결과와 일치하였다. 또한 육(2003)이나 Yook 등(2000)은 질소수준 200 kg/ha와 400 kg/ha 시용 간 토양의 유기물과 총질소 함량에서 차이가 없었다고 하여 본 연구의 결과와 같았다. 톱밥 발효돈분 시용이 작물재배 토양의 이, 화학적 특성이 다양한 결과를 보이는 것은 작물 생육 시 환경 조건에 좌우된다고 생각된다.

4. 토양 미생물 수

톱밥 발효돈분 시용이 여름철 사료작물 피 재배 토양의 미생물 변화를 살펴보기 위해 1998년 6월과 피 재배 후인 10월 각각 토양 중의 박테리아와 균류의 수를 조사하였으며 표 7에 제시하였다.

박테리아 수는 6월과 10월 두 시기 조사에서 모두 통계적으로 유의적 차이를 얻었다. 6월에 조사된 박테리아의 수는 화학비료구 보다 톱밥 발효 분뇨구에서 높았으며 유의적 차이를 보였다($P<0.05$). 대체적으로 돈분뇨 시용량의 증가에 따라서 박테리아의 수가 많아지는 경향이

Table 7. The number of microbial population in soil as affected by nitrogen fertilizer and swine manure application

Treat-ment	21 June 1989			24 October 1989		
	Bacteria	Fungi	B/F ratio	Bacteria	Fungi	B/F ratio
	····· $\times 10^5$ CFU/g ·····		····· % ·····	····· $\times 10^5$ CFU/g ·····		····· % ·····
T1	9.000b	1.000	0.120	64.667a	3.000	0.049c
T2	18.333b	0.667	0.037	30.000b	3.000	0.112c
T3	7.000b	0.667	0.124	6.000c	5.000	0.849a
T4	24.000ab	3.500	0.165	19.333bc	5.333	0.292bc
T5	19.667b	1.667	0.088	7.333bc	3.333	0.535ab
T6	40.333a	0.667	0.018	17.333bc	2.000	0.156c
Probability	0.040	0.197	0.453	0.0023	0.125	0.004

있었다. 사상균의 수는 톱밥 발효돈분 시용에 따른 효과를 보이지 않았다. 박테리아 대 사상균의 비율도 처리 효과를 보이지 않고 있다. 박테리아의 수는 6월보다 10월에 증가 되었다. 토양에 발효 돈분의 시용으로 시간이 경과하면서 영양원의 증가로 토양 박테리아나 사상균의 수는 증가된 것 같다. 10월에 박테리아의 수는 처리 간 유의차가 있으나 6월 조사 때와는 다른 결과를 보였다. 즉 화학 비료구가 톱밥 발효 돈분 구의 박테리아 수보다 낮았다. 혹시 10월에 낮은 강우량이 분뇨 시용구의 박테리아 증식을 억제했을지 모른다. 토양 미생물도 토양 환경이나 강우량 등 외부환경 요인(원 등, 1999)에 의하여 영향을 받으며 특히 C/N 율이나 무기태 질소 등(Vetter와 Steffens, 1986)에 의해 영향을 받을 수 있기 때문이다. 종합적으로 볼 때 톱밥 발효 돈분을 피 재배에 800 kg/ha까지 시용하여 건물수량, 식물체 무기물 함량, 토양의 이, 화학적 변화 등을 살펴 보았다. 피의 건물수량이 400 kg/ha에서 보다 800 kg/ha에서 유의적으로 감소되었고 토양 특성이나 식물체 무기물 함량에서 별 다른 영향이 없고 오히려 토양 조건이 개선되는 결과를 보였다. 아마도 시험이 수행된 토양이 워낙 척박했기 때문에 이런 결과를 얻은 것 같으며 척박한 토양에서는 400 kg/ha의 톱밥 발효 분뇨를 시용해도 좋다고 본다.

Ⅳ. 요 약

여름 사료작물 피에 대해 톱밥 발효돈분의 비료효과를 구명하기 위하여 1998년 5월부터 10월까지 제주대학교 생명자원과학대학 사료작물 포장에서 시험이 수행되었다. 실험은 난괴법 6처리 3반복으로써 처리 1: 화학비료 정량(N 200 kg/ha + P_2O_5 300 kg/ha + K_2O 200 kg/ha), 처리 2: 화학비료 정량의 1/2(N 100 kg/ha + P_2O_5 150 kg/ha + K_2O 100 kg/ha) + 톱밥 발효돈분 정량의 1/2 (N 100 kg/ha), 처리 3: 톱밥 발효돈분 정량의 1/2(N 100 kg/ha), 처리 4: 톱밥 발효돈분 정량(N 200 kg/ha), 처리 5: 톱밥 발효돈분 정량의 2배(N 400 kg/ha), 처리 6: 톱밥 발효돈분 정량의 4배(N 800 kg/ha)로 설계 하였다. 동일한 질소 200 kg/ha 시용수준에서 화학비료 100% 시용구(T1)가 톱밥 돈분과 화학비료 혼합(T2)이나 톱밥 발효돈분 100% 시용구(T4) 보다 통계적으로 낮은 건물수량을 얻었다 ($P<0.01$). 톱밥 발효돈분을 질소수준으로 100, 200, 400 및 800 kg/ha 시용수준에서 피의 건물수량은 각각 7,707, 8,259, 8,713 및 6,842 kg/ha

이었고 질소 400 kg/ha까지 시용량 증가로 건물 수량이 증가하나 그 이상에서는 감소하였다. 피의 P. K 및 Ca 함량은 톱밥 발효돈분의 시용량 증가로 감소하는 경향이었으며 동일한 질소 200 kg/ha 수준에서 피의 P와 K 함량은 톱밥 발효 돈분구 보다 화학비료구에서 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 토양의 pH, 유효인산, 치환성 K, Ca 및 Mg 함량은 톱밥 발효돈분의 시용량 증가로 유의적 증가를 보였으며($P<0.05$) 같은 질소 200 kg/ha 수준에서 화학비료구 보다 톱밥 발효 돈분 시용구에서 높았으나 통계적으로 유의차를 얻지 못했다. 1998년 6월에 토양 미생물 중 박테리아 수는 톱밥 발효돈분 시용량 증가로 증가했으나($P<0.05$), 10월 조사 시에는 일정한 경향이 없었다. 10월에 박테리아 대 사상균 비율은 톱밥 발효돈분의 시용량 증가에 비례하여 감소하는 추세였다. 종합적으로 볼 때 척박토양에서 피 재배시 톱밥 발효돈분 100 kg/ha와 화학비료 100 kg/ha 혼합하거나 톱밥 발효돈분만 N 400 kg/ha 까지가 적정 수준이다.

V. 인 용 문 헌

1. 김문철, 김태구, 이종언. 2003. 제주지역 혼파초지에서 톱밥발효 돈분 시용시 목초의 건물생산 및 무기물 함량에 미치는 효과. 제주대학교 아열대농업생명과학연구지 19(2):95-103.
2. 김태구. 1999. 제주 화산회토양에서 톱밥 발효돈분이 초지의 생산성 및 토양특성에 미치는 영향. 제주대학교 대학원 박사학위논문.
3. 농촌진흥청, 1988. 토양화학 분석법. 농촌진흥청.
4. 신재순, 조영무, 이혁호, 윤세영, 박근제, 최기춘. 2004. 혼파초지에 대한 톱밥 발효 돈분의 시용효과. 한국초지학회. 24(3):245-252.
5. 원방연, 권장식, 서장선, 최우영. 1999. 돈분퇴비의 시용이 배추재배지 토양의 미생물상 및 화학성에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 32(1): 76-83.
6. 육완방. 2003. 가축분뇨의 처리형태와 시용수준이 영년초지의 생산성, 지력증진 및 환경에 미치는 영향. 한국초지학회지. 23(3):193-202.
7. 육완방, 최기춘. 2001. 혼파초지에서 가축분뇨의 종류와 시용수준이 목초의 생산성 및 지력증진에 미치는 영향. 한국초지학회지. 21(4):203-210.
8. 육완방, 최기춘, 유근창. 2004. 가축분뇨의 처리형태별 시용시기가 영년초지에 있어서 분뇨의 이용효율 및 목초의 생산성에 미치는 영향. 한국초지학회지. 24(1):71-80.
9. 정광용. 1996. 가축분뇨의 이용과 문제점. 월간 종합축산 4:85-97.
10. 조현숙. 1994. 톱밥 발효퇴비의 과채류 시용효과. 돈분, 우분, 계분의 적정시용량 구명. 연구와 지도. 농촌진흥청. 4:109-111.
11. 최기준, 육완방. 2000. 발효돈분 및 화학비료 시용이 사일리지용 옥수수의 생산성과 사료가치에 미치는 영향. 한국초지학회지. 20(1):41-48.
12. 홍지형, 박금주, 전병태, 홍성철. 1999. 축산폐기물 자원화. 도서출판 동화기술.
13. Damodar Reddy, Subba, A. and Takkar, P.N. 1999. Effects of repeated manure and fertilizer phosphorus additions on soil phosphorus dynamics under a soybean wheat rotation. Bio. Fertil. Soils. 28:150-155.
14. Gough, L.P., H.T. Shacklette and A.A. Case. 1979. Element concentrations toxic to plants, animals, and man. Geol. Surv. Bull. 1466. Washington, D.C.: US Gov. Print. Off.
15. Kim, M.C., H.N. Hyun and S.C. Lee. 2000a. Botanical composition, herbage production and plant mineral contents as affected by application of chemical fertilizer and fermented sawdust pig manure on Cheju Brown volcanic ash pasture soil. J. Korean Grassl. Sci. 20(2):131-138.
16. Kim, Moon-chul, Haenam Hyun and Sung-cheol Lee. 2000b. Physical, chemical properties and microbial population of soil as affected by application of chemical fertilizer and swine manure fermented with sawdust on Cheju Brown volcanic pasture soil. J. Korean Grassl. Sci. 20(2): 139-146.
17. National Research Council(NRC). 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6th rev. ed. Washington, D.C.:National Academy Press.
18. Perkin-Elmer Corperation. 1982. Analytical methods for Atomic Absorption Spectrophotometer. The Perkin-Elmer Corp. Norwalk. CT.
19. Sommerfeldt, T.G. and C. Chang. 1987. Soil-water

properties as affected by twelve annual applications of cattle feedlot manure. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:7-9.

20. Statistix 8. 2003. Analytical software statistix 8. www.statistix.com
21. Vetter, H., G. Steffens. 1986. Wirschaftseigene Dungung, DLG-erlag. Farankfurt(Main).
22. Yook, W.B., D.H. Choi and K.C. Choi. 2000a. Rate effects of swine manure fermented with sawdust on efficiency of nitrogen utilization of silage corn and soil fertility. J. Korean Grassl. Sci. 20(2):123-130.
23. Yook, W.B., D. H. Choi, K.C. Choi, S.H. An, S.H. Yoon and J.K. Lee. 2000b. Rate effects of swine manure fermented with sawdust on productivity and nutritive. J. Korean Grassl. Sci. 20(2):115-122.
24. Yoshida, S., D.A. Forno and J.H. Cock. 1983. Laboratory manual for physiological study of rice. The International Rice Research Institute.