韓草誌(J. Korean Grassl. Sci.) 21(4) : 181~190, 2001

제주화산회토지역에서 돈분액비와 인산시용이 이탈리안 라이그라스 재배 토양의 화학적 특성 및 미생물상에 미치는 영향

김문철 · 현해남 · 최대진* · 문봉춘** · 고용구** · 강태숙

Effect of Swine Liquid Manure and Phosphorus Application on Chemical Properties and Microbial Population of Italian Ryegrass Soil on Cheju Volcanic Ash Soil

M. C. Kim, H. N. Hyun, D. J. Choi*, B. C. Moon**, Y. G. Ko** and T. S. Kang

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of swine liquid manure(SLM) and phosphorus fertilizer from September, 1998 to July, 1999 on the soil fertility on Italian ryegrass field, Cheju volcanic ash soil. pH(1st investigated), Mg (2nd investigated) and Cu content (2nd investigated) on soil grown by Italian ryegrass were significantly increased by an increase of fertilizer P($P<0.05$). Pig liquid manure application increased significantly pH(1 st), OM(1 st), Mg(2 nd), C/N ratio(1 and 2nd) and Cu(1 st and 2nd) content in soil($P<0.05$). There was significantly an interaction in Ca(2nd), Mg(2nd) and Cu(2nd)contents of the soil grown by Italian ryrgrass between fertilizer P and pig manure ($P<0.05$). Number of bacteria·in the field soil of Italian ryegrass was higher in no manure than manure application level, while number of fungi was not revealed the effect of fertilizer P and swine liquid manure.

It can be concluded that the available phosphorus content in the soil did not get the effect of fertilizer P and swine manure application because of soil erosion by high rainfall and low P fertilizer application for avoiding large phosphorus runoff under high rainfall is required and swine-liquid manure applied with P fertilizer is effective for improvement of l physical and chemical soil properties for over-winter Italian ryegrass.

(**Key words** : Italian ryegrass, Phosphorus, Swine liquid manure, Volcanic ash soil)

Ⅰ. 서 론

제주도 조사료의 주 생산지대인 해발 200~500m 지역은 화산회토양으로 pH 5.0 내외의 강산성, 낮은 유효인산 함량, 높은 유기물 함량 등, 토양의 물리, 화학적 특성 등이 매우 낮다. 이런 목초지 토양에 인산 시용량을 증가시켰을 때 토양 pH, 유효인산 함량 및 염기 포화도 등 토양의 물리, 화

본 연구는 1997년도 지역개발연구사업에 의하여 수행되었습니다.

제주대학교 농과대학(College of Agriculture, Cheju National University, Cheju. 690-756. Korea)
* 제주관광산업고등학교(Cheju Tourism & Industrial High School, Cheju. 690-180)
** 제주환경보건연구원(Cheju Environment & Health Research Institute, Cheju, 690-170)

학적 특성이 많이 개선되었다고 고(1989)는 보고하였다. 그러나 토양 pH 6.5 이상, 유효인산 함량, 100ppm 이상 및 유기물 함량 3.0% 수준에 도달하기에는 만족하지 않은 상태이다. 특히 인산비료는 작물에 이용율이 20% 미만이고 특히 산성토양에서 시용된 인산은 Al이나 Fe과 고정되어(Sander et al., 1990) 이용되지 못하게 되는 경우가 많다.

한편 제주도는 양돈산업이 발달로 여기서 생산되는 분뇨의 처리는 심각한 문제로 대두되고 있다. 그렇지만 돈분액비를 사료작물 재배지 토양에 적절히 환원시키면 화학비료 보다 저렴한 가격으로 토양을 개선시킬 수 있을 것이다. 신 등(1998)은 가축분뇨 액비를 시용하여 추파용 호밀 재배지 토양의 유효인산 함량이 증가했다고 했다. 가축분뇨와 P 비료를 함께 시용하면 토양 유기 P의 부착을 촉진했고 가축분뇨 시용으로 토양유기 P가 증가하면 토양 유기 C의 부수적 증가를 가져왔다(Reddy et al., 2000). 가축분뇨는 15% C를 함유하고 있고 이것은 토양의 물리, 화학적 특성을 개선하는데 이용되고 있다. 가축분뇨 속에 있는 탄소는 유기물 함량이 낮거나 유실이 된 토양에 시용하면 영양소로서의 역할 이상을 한다. 그러나 가축분뇨는 작물의 요구량을 초과할 경우 토양에 P, N, 다른 이온 및 염류 축적을 가져온다. 20년이상 가축분뇨를 시용할 때 토양의 P 함량이 9에서 1,200mg/kg로 증가했고(Dormaar and Chang, 1995), 한편 가축분뇨 시용량을 0에서 361 Mg/ha로 증가시켰을 때 Bray and Kurtz No 1 P soil test 치로는 45에서 391 mg/kg로 증가했다(Vivekanandan and Fixen, 1990). 옥수수의 N 요구를 충족키 위해 가축분뇨 시용은 토양의 P와 다른 이온 수준을 크게 증가시킨다. 이것은 가축분뇨의 N/P율이 대부분 작물의 N/P 흡수율 보다 적기 때문이다. 가축분뇨와 퇴비의 N/P 율이 각각 2.6과 1.9이고(Eghball et al., 1997) 한편 밀, 옥수수 및 수수의 N/P 흡수율은 각각 4.5, 5.9 및 4.5이었다(Gilbertson et al., 1979).

따라서 본 연구는 유효인산 함량이 낮은 제주화산회토양 지역에서 인산비료(0, 150 및 300kg/ha)와 돈분액비의 시용(0, 70 및 140톤/ha)이 월동되는 이탈리안 라이그라스 재배 토양의 물리, 화학적 특성 및 미생물 군의 변화에 미치는 영향을 조사하였다

Ⅱ. 재료 및 방법

본 시험은 1998년부터 9월부터 1999년 7월까지 제주대학교 농업생명과학대학 부속동물사육장 사료작물 시험포장에서 실시되었고, 본 시험지역의 토양은 농암갈색 화산회토양으로서 시험시작 전 토양의 물리, 화학적 특성으로, pH(1:5) 5.18, N 0.48%, OM 7.82, Available P_2O_5 24.68, Mg 2.32 me/100 g, K 0.48 me/ 100 g, Ca 2.82 me/100g 등으로 비교적 척박하였다. 시험기간 동안의 제주지역의 기상현황은 표 1과 같이 강우량이 많았다.

이 시험에 이용된 양돈 액비는 제주농업시험장 양돈장의 것으로 비료성분은 표 2와 같았다.

본 시험의 공시초종은 이탈리안 라이그라스였으며 월동기간 중 총 3회(11월 14일, 3월 27일, 5월 29일)에 걸쳐 예취하고 예취 후 양돈액비를 분시하였다. 토양의 물리, 화학적 성질에 대한 분석(pH, T-N, OM, P_2O_5, 치환성 K, Ca, Mg)은 농촌진흥청 분석법(1988)에 준하여 측정하였다. 토양 미생물은 각 시험구별로 파종후 1998년 10월 24일과 수확이 끝난 후인 1999년 7월 6일에 각 각 토양시료를 채취하여 두 기간 사이에 토양미생물의 변화를 조사하였다. 미생물의 계수는 희석평판법(토양미생물연구회, 1982)을 이용하였으며 28℃로 조정한 항온기에서 배양하였다. 각 시료당 미생물의 수는 3개의 평판배지상에 나타난 colone을 각 각 계수한 후 평균 값을 colony 형성수(colony forming unit: cfu)로 표시하였다. 각 균종의 배양방법과 계수는 세균의 경우 Yeast glucose agar(yeast extract 3, glucose K_2HPO_4 1, KH_2PO_4 0.2, $MgSO_4$ $7H_2O$ 0.5, cyclohexamide 0.05, agar 15 g, 증류수 1,000 ml)에 접종한 후 배양 7일 후에, Fungi는 Rose bengal agar(K_2HPO_4 $7H_2$) 0.5, peptone 5, glucose 10, rose bengal 0.033, atreptomycin sulfate 0.033, agar 20g, 증류수 1,000 ml)에 접종 후 3일 경 1차 발현 colony를 계수하고 생육이 늦은 균의 발현을 고려하여 재차 계수하였다.

본 시험의 시험설계는 3반복 분할구 배치법(주

Table 1. Climatical condition during the experimental period in Cheju Area

Items	1998				1999							Mean or Total
	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	
Mean Temp.(℃)	24.3	19.7	13.4	8.9	6.8	7.0	10.5	14.3	18.4	21.8	24.0	15.4
Rainfall (mm)	413	70	20	11	84	62	110	38	79	204	706	1797

Table 2. Physical and chemical compositions of swine liquid manure examined.

pH	Water content	Organic C	OM	Total N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	NaO
				%					
8.1	97.89	0.22	0.34	0.12	0.19	0.98	0.22	0.16	0.82

구 인산비료 3처리 × 세구 양돈액비 3처리 × 3반복)으로 하였다. 시험결과는 분산분석(Statistix, 1996)한 후 유의성이 있는 경우에 최소유의차(L.S.D)에 의하여 각 처리간의 평균을 비교하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 토양의 화학적 특성

가. 유효인산 함량

이탈리안 라이그라스 토양의 유효인산 함량은 인산비료나 돈분액비의 시용수준에 따른 변화를 발견치 못 했다. 그러나 토양의 유효인산 함량은 인산시용수준 증가로 8%이내의 유의차를 보이고 있었다. 인산비료와 양돈액비 시용수준 간 상호작용 효과도 없었다. 이탈리안 라이그라스 재배 토양의 유효인산 함량은 1차 조사 때 보다 마지막 수확 후에 보다 낮은 경향이었다.

Bauder, J. W. 등(1997)이 인산비료 시용수준 증가로 토양의 유효인산 함량이 증가한다고 했으나 본 시험에서는 토양의 유효인산 함량이 통계적으로 유의적 증가를 얻지 못했다. 그 이유는 아마도 인산비료를 시용한 후인 9월에 높은 강우(표 1 참고) 때문에 시용된 인산비료가 유실되어 토양의 유효인산 함량이 낮게 된 것이 가장 큰 요인으로 보인다. 그나마 이 지역은 산성토양이므로 시용된 인산이 토양 중에 고정되어(Sander et al., 1990) 식물에 유효한 인산으로 많이 남지 못한 것으로 보인다. 1차 조사때 보다 마지막 수확 후에 토양의 유효인산 함량이 낮은 것도 마지막 토양시료 채취 직전인 7월에 높은 강우(표 1 참조)시 토양유실에 의해 유효인산 함량이 낮게 된 것 같다. Campbell et al (1986)이나 Reddy D. D 등(1999)은 여러해 동안 계속 인산비료를 시용했을 때 토양 P 함량이 증가했다는 보고와 달랐다. 액비는 토양의 P 고정을 막는 효과가 있으므로(Iyamuremye and Dick, 1996) 액비와 인산비료를 함께 시용하면 토양의 P 비옥도가 개선되었다는 보고(Reddy, D. D. 등, 1999)가 있었으나 본 시험과 일치하지 않았다. 파종 직 후 높은 강우로 시용된 인산비료가 상당량 유실되어 토양내 유효인산 함량이 낮아진 결과로 보인다. 돈분액비는 제주 화산회토양의 유효인산 함량을 증가시켰으며(임 등, 2000) 가축분뇨는 N과 P가 함유되어 있으므로(Qian P. and J. J. Schoenau, 2000) 돈분액비 시용으로 토양의 유효인산 함량이 높아진다고 했다. 그러나 본 실험에서는 아마도 파종년도에 높은 강우량이 토양 유실을 야기시켜 토양 중의 유효인산 함량을 크게 변화시키지 못한

것 같다.

나. 유기물 함량

토양의 유기물 함량은 인산시용수준 증가에 따른 뚜렷한 변화를 1차나 마지막 수확 후에나 모두 발견치 못 했다. 그러나 파종 후인 1998년 11월 14일에 조사된 양돈액비의 시용수준(0, 70 및 140 톤/ha) 증가에 따라서 토양 유기물 함량이 각각 12.20, 11.13 및 10.49%로 통계적으로 유의적 감소를 보였고($P<0.05$), 마지막 수확 후에도 각각 8.82, 7.12 및 6.66%로 역시 감소되는 추세였다. 1차 조사 때 토양 유기물 12.01% 보다 마지막 수확 후에 유기물 함량 7.37%로 크게 감소하였다. 박 등(1998) 이 수수를 재배하는 제주 화산회 토양에서 돈분 슬러지를 시용한 결과 시험전 OM 7.23%에서 시험후에 2.58~3.78%로 감소하는 결과와 같은 추세였으며 신 등(1996)과도 비슷한 결과였다. Bickelhaupt, D. H.(1989)도 마분시용으로 1974년 토양 내 유기물 함량이 5.0%에서 1986년 3.5%로 감소했다고 하였다. 토양 유기물 함량은 3.0%가 되는 것이 바람직하나 본 시험의 마지막 조사시에 6.66% 정도로서 아직도 더 유기물 함량이 낮아야 한다. 아마도 시험기간 중 높은 강우(표 1 참조)가 시용된 액비의 유실을 가져와 토양 유기물 함량의 큰 감소를 방해한 것으로 추정된다.

다. pH

월동하는 이탈리안 라이그라스의 포장 토양의 산도는 1차 1998년 10월 24일 조사때 인산 0, 150 및 300kg/ha 시용에 대해서 각각 5.42, 5.48 및 5.54로서 통계적 유의차를 얻지 못 했다. 그러나 1999년 7월 마지막 수확 후에 이탈리안 라이그라스 재배 토양의 pH는 5.33, 5.36 및 5.49로서 통계적 유의차를 얻었다($P<0.05$). 양돈액비의 시용수준에 따라서 토양 pH는 1차 조사시 각각 5.46, 5.51 및 5.46로 유의차가 없었으나, 2차년도 마지막 수확 후에 조사시 각각 5.37, 5.37 및 5.38로서 5%의 유의차가 있었다($P<0.05$).

임 등(1988)이 화산회토양에서 용성인비를 시용했을 때 pH가 높아진다는 보고와 일치했으며 용성인비 내 CaO, MgO 등이 pH 증가에 유리하게 작용했다(유 등, 1978)고 사료된다. 김(1999)이 톱밥 발효돈분의 시용량 증가에 따라서 토양 pH가 증가했다는 보고와 일치하였다. 본 시험에서 유기질 비료인 돈분액비가 부식화되면서 교질이 생겨 함께 시용된 용성인비에서 Ca이나 Mg 등을 흡착할 수 있어 토양 pH를 중성화는 데 다소 도움을 주었던 것으로 보인다. 그러나 마지막 조사시 토양 pH가 5.37~5.38 범위로 중성 7.0에 크게 미치지 못하고 있고 특히나 1차 조사시 5.45~5.51 수준 보다 떨어지고 있다. 시험 기간 중 높은 강우 (표 1 참조)가 토양산도를 높게 했던 것으로 보인다.

라. 총 질소 함량

토양의 총질소 함량은 월동전이나 마지막 수확 후에 모두 인산 및 돈분액비의 시용수준에 따른 유의차를 얻지 못 했다. 토양 질소 함량이 11월 1차조사 때와 마지막 7월 조사 때 간에 큰 변화가 없었다. 박 등(1998)의 제주지역의 수수재배 토양에서 돈분슬러지 시용시 이와 비슷한 결과를 얻었다. 그러나 액비 중 N과 P 함량이 토양의 N 함량을 증가시켰다는 보고(Qian, P and J. J. Schoenau 2000 및 Bickelhaupt, D. H., 1989)와는 일치하지 않았다. 한편 목초의 N 함량은 돈분액비 시용 수준 증가에 따라서 증가했다(김 등, 2001). 질소비료는 강우에 의해 대부분 유실되었고 액비의 질소는 이탈리안 라이그라스에 섭취 이용되어 토양에 잔존된 것이 없어서 1차와 마지막 조사 때 간에 큰 차이가 없었다고 본다.

마. C/N 율

토양의 탄소 함량 및 C/N율은 1차와 마지막 조사시에 모두 양돈분뇨시용 효과를 보였다($P<0.05$). 즉 양돈분뇨 무시용 보다 시용구에서 토양의 C/N율이 낮았으며 시용구 간에는 유의적 차이가 발견되지 않았다. 결과적으로 양돈액비 시용으로 토양의 C/N율이 향상되고 있음을 보이고 있다. 1차 조사 때 보다 마지막 조사시에 더 낮아 시험기간 사

Table 3. Soil chemical fertility on November, 1998

Treatment	Avail P_2O_5	OM	pH	T-N	Mg	Cu	C	K	Ca	C/N
P0M0	55.02	11.25	5.38	0.40	1.04	0.43	6.53	0.65	1.90	16.33
P0M70	68.57	10.91	5.47	0.42	1.11	0.85	6.33	0.79	2.28	15.07
P0M140	39.55	10.03	5.39	0.41	0.87	0.90	5.82	0.86	1.84	14.20
Mean	54.38	10.73	5.42	0.41	1.01	0.73	6.22	0.77	2.01	15.20
P150M0	51.49	12.96	5.46	0.43	1.70	0.40	7.52	0.80	3.01	17.53
P150M70	63.51	10.31	5.47	0.43	1.85	0.94	5.98	0.94	2.94	14.06
P150M140	64.97	10.70	5.48	0.44	1.30	0.65	6.20	0.73	2.59	14.03
Mean	59.99	11.32	5.48	0.43	1.62	0.66	6.57	0.83	2.85	14.03
P300M0	69.82	12.39	5.53	0.41	1.93	0.45	7.19	0.41	3.31	17.50
P300M70	77.49	12.17	5.57	0.42	1.74	0.64	7.06	0.70	3.03	16.93
P300M140	72.43	10.73	5.51	0.41	1.61	0.68	6.22	0.91	2.54	15.17
Mean	73.25	11.76	5.54	0.41	1.76	0.59	6.82	0.67	2.96	16.53
LSD 5%										
Pho (A)	0.0754	0.4428	0.0963	0.0610	0.0209	0.3088	0.4428	0.762	0.078	0.412
Man (B)	0.5757	0.0219	0.5336	0.5399	0.5430	0.0142	0.0219	0.553	0.543	0.022
A×B	0.1810	0.2664	0.9767	0.9797	0.9425	0.3019	0.2664	0.426	0.946	0.631

이에 액비를 시용했으나 토양의 C 함량이 감소되었다.

토양의 탄소 함량도 높은 강우 때문에 유실되어 1차 때 보다 마지막 조사시에 감소했다고 보아진다. 가축분뇨는 15% C를 함유하고 있으므로 다소 시용된 액비가 유실되었지만 토양에 더러 흡수되어 토양 C 함량 및 C/N 율 개선에 도움을 준 것으로 보인다.

바. 마그네슘 함량

이탈리안 라이그라스 재배 토양의 마그네슘 함량은 1차 조사 때 인산시용수준 증가에 따라서 유의적 증가를 보였으나($P<0.05$) 마지막 수확 후에는 유의적 증가를 얻지 못했다. 고(1989)는 제주흑색 또는 농암갈색토양의 혼파초지에 인산시용량을 증시할수록 토양의 Mg 함량이 유의적으로 증가했다는 결과와 일치했다. 그러나 이 시험에서 토양의 유효인산 함량, 질소 함량 등이 인산비료 시용 효과를 얻지 못 했으나 Mg 함량만 통계적으로 유의적 차이를 얻은 이유를 알 수 없다. 돈분액비의 시비 효과는 1차 수확 시에는 발견치 못했으나 마

Table 4. Soil chemical fertility on July, 1999

Treatment	Avail P_2O_5	OM	pH	T-N	Mg	Cu	C	K	Ca	C/N
P0M0	38.85	8.95	5.33	0.39	0.70	0.45	5.19	0.56	0.72	13.37
P0M70	58.44	5.52	5.39	0.41	0.72	0.52	3.20	1.06	1.06	7.86
P0M140	22.11	5.17	5.26	0.41	0.45	0.53	3.00	0.85	0.85	7.51
Mean	38.80	6.55	5.33	0.40	0.62	0.50	3.80	0.88	0.82	9.58
P150M0	21.60	9.49	5.31	0.38	0.73	0.44	5.50	0.83	0.66	14.27
P150M70	52.34	7.60	5.32	0.40	0.98	0.48	4.41	1.00	1.00	10.81
P150M140	31.63	7.91	5.44	0.39	0.59	0.68	4.59	0.67	0.67	12.36
Mean	35.19	8.33	5.36	0.39	0.78	0.53	4.83	0.83	0.77	12.48
P300M0	42.53	8.02	5.48	0.40	1.53	0.45	4.65	0.89	0.89	12.00
P300M70	26.13	8.25	5.41	0.38	0.91	0.47	4.78	0.69	0.69	12.02
P300M140	33.64	6.91	5.43	0.41	1.66	0.72	4.01	1.06	0.87	10.26
Mean	34.10	7.73	5.44	0.40	1.37	0.55	4.48	0.88	0.82	11.42
LSD 5%										
Pho (A)	0.9515	0.1078	0.0125	0.5774	0.0947	0.0217	0.1448	0.433	0.425	0.118
Manure (B)	0.0916	0.1709	0.0348	0.0873	0.0017	0.0073	0.0175	0.238	0.116	0.010
A×B	0.0790	0.9516	0.4529	0.3960	0.1795	0.0010	0.8559	0.014	0.021	0.833

지막 수확 후에 액비시용으로 토양의 마그네슘함량이 고도의 유의적 증가를 보였다($P<0.01$). Bickelhaupt, D.H.(1989)는 석회 처리된 마분을 시용했을 때 토양의 Mg 함량이 증가했다고 하여 본 시험의 결과와 일치하였다.

사. K 및 Ca 함량

토양의 K나 Ca 함량은 인산이나 돈분액비 시용에 따른 효과를 1차 또는 마지막 조사시에 보이지 않았다. 그러나 마지막 조사시에 토양의 K와 Ca 함량이 인산과 돈분액비 시용의 상호작용 효과를 보였다($P<0.05$).

아. 구리 함량

이탈리안 라이그라스 재배 토양의 구리 함량은 인산 시용 효과를 분명하게 얻지 못했으나 돈분액비의 시용으로 1차나 2차 조사시 모두 통계적으로 유의적 증가를 보였다($P<0.05$). 그러나 1차 조사

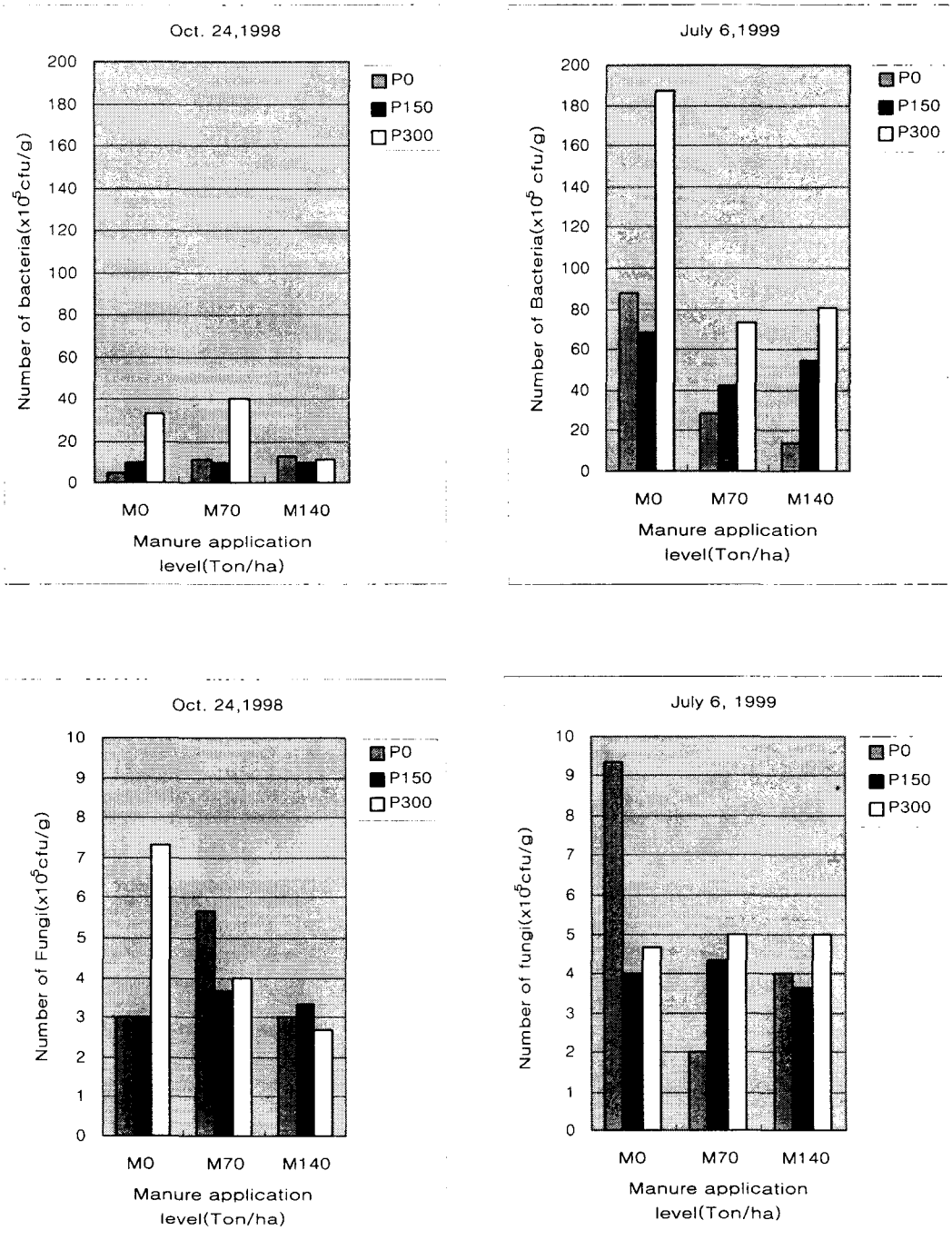

Fig. 1. Number of bacteria and fungi as affected by the application level of phosphorus fertilizer and swine-liquid manure for over-wintering Italian ryegrass.

때 인산 150kg/ha 수준에서만 예외로 돈분 액비 시용량 증가에 대한 구리 함량의 지속적 증가를 보이지 못 했다. 유산동 형태의 구리가 돼지에게 성장 촉진 효과가 있다는 것이 영국에서 밝혀진 후에 세계적으로 돼지사료에 사용되고 있다(Jackson et al., 1981). 그래서 양돈액비 시용량 증가로 토양 내 구리 함량 증가는 양돈사료에 기인되지 않았나 추정된다. 따라서 돈분액비를 초지에 계속하여 다량(140톤/ha 이상) 시용 시 방목가축에 구리 중독 가능성이 보인다.

2. 토양 미생물의 수

월동 이탈리안 라이그라스가 자라는 토양에서 인산과 돈분액비의 시용수준에 따라서 박테리아의 수를 비교하였으며 그림 1에 나타낸 바와 같았다.

이탈리안 라이그라스의 1차 수확시에 박테리아의 수는 인산시용수준 0, 150 및 300 kg/ha에서 각각 9.3, 9.4 및 27.9로 통계적으로 유의적 차이가 인정되었다($P<0.01$). 이탈리안 라이그라스 수확 후에 조사된 토양에서 박테리아의 수는 43.4, 55.1 및 113.6으로서 10%내의 유의적 차이를 보였다. 한편 돈분 액비의 시비수준(0, 70, 140톤/ha)에서 박테리아의 수가 각 각 15.7 × 10 cfu/g, 20.0 x 10 cfu/g 및 11.0 × 10.0 cfu/g 개로서 처리간 차이가 확실치 않았지만 마지막 수확 후에 114.2, 48.1 및 49.8개로서 처리간 유의적 차이가 보였으며 액상비료 시용 수준구 보다 무시용구에서 높았다($P<0.01$).

토양 중 박테리아의 수는 1차 조사 때 보다 마지막 수확 후에 4배 정도 증가되었다. 김(1999)은 혼파초지에서 토양 내 박테리아가 톱밥 발효돈분 시용에 따른 효과를 얻지 못했다고 했으나 원 등(1999)은 양배추 재배지 토양에서 돈분시용효과를 얻었다고 하였다. 본 시험에서는 액비 무 시용구에서 오히려 세균 수가 증가되었는데 그 이유는 분명치 않다.

한편 fungi의 수는 인산비료나 돈분 액비의 시비수준에 따른 효과를 분명히 보이지 않았으며 1차 수확과 마지막 수확시기 간에 차이도 크지 않았다.

종합적으로 볼 때 인산 시용량 증가에 따라서 토양의 pH (1차조사), Mg 함량 (2차조사) 및 Cu(2차) 만이 통계적으로 유의적 차이를 얻었다. 한편 돈분액비 시용으로 토양 pH(1차), OM(1차), Mg(2차), C/N율(1, 2차) 및 Cu 함량(1, 2차)이 통계적으로 유의적 차이를 보였다. 토양 내 Ca(2차), Mg(2차) 및 Cu 함량(2차)은 인산비료와 돈분액비 시용의 상호작용 효과가 있었다. 토양 유효인산 함량이 인산비료나 돈분액비 시용효과를 얻지 못한 것은 토양의 강산성과 시험 기간 중 높은 강우 때문으로 보인다. 특히 높은 강우는 토양의 강산성을 더욱 촉진시켜 비료효과를 크게 높이지 못하게 하는 요인으로 사료된다. 토양의 Cu 함량이 돈분액비의 시용수준 증가에 따라서 증가되고 있으며 마지막 조사에서 인산비료와 액비 시용의 상호작용 효과가 있었다. 그래서 돈분액비를 시용한 목초지에서 방목하는 가축에게 구리 중독 가능성이 있다고 보인다. 제주와 같이 강우량이 많고 화산회토양인 강산성 토양에서 흡수가 빠른 액비시용이 토양개선에 중요하며 인산이나 액비를 일시에 다량 시용하는 것 보다 조금씩 시용하여 서서히 토양 비옥도를 개선시켜야 할 것으로 사료된다.

Ⅳ. 적 요

본 시험은 제주 농암갈색 화산회토양에서 토양의 물리, 화학적 특성 및 미생물의 성장에 미치는 인산비료와 돈분 액비의 시비효과를 구명하기 위하여 1998년 9월부터 1999년 7월까지 제주대학교 동물사육장 내 사료작물포장에서 이탈리안 라이그라스를 공시초종으로 수행되었다.

이탈리안 라이그라스 재배 토양은 인산시용량 증가에 따라서 pH(1차조사), Mg 함량(2차조사) 및 Cu(2차) 만이 통계적으로 유의적 차이를 얻었다 ($P<0.05$). 한편 돈분액비 시용으로 토양의 pH(1차), OM(1차), Mg(2차), C/N율(1, 2차) 및 Cu(1, 2차) 함량이 통계적으로 유의적 차이를 얻었다($P<0.05$). 이탈리안 라이그라스 재배 토양의 Ca(2차), Mg(2차) 및 Cu(2차) 함량은 인산비료와 돈분 액비의 상호작용 효과를 보였다($P<0.05$). 토양박테리아의 수는 액비시용구에서 보다 무시용구에서 높았으나

($P<0.05$), fungi의 수는 인산비료나 돈분액비 시용 효과를 얻지 못했다. 토양 유효인산 함량이 인산비료나 돈분 액비시용효과를 얻지 못한 것은 높은 강우에 의한 토양유실 때문으로 사료된다. 제주와 같이 강우량이 많고 화산회토양인 강산성 토양에서 흡수가 빠른 액비시용이 토양개선에 보다 효과적이며 인산과 돈분액비를 비료를 함께 소량으로 시용하여 서서히 토양을 개선하는 것이 바람직하다고 사료된다.

V. 인 용 문 헌

1. Bauder, J.W., S. Mahmood, B.E. Schaff and D.J. Sieler. 1997. Effect of phosphorus soil test level on sorghum-sudangrass response to phosphorus fertilizer. Agron. J. 89:9-16.
2. Bickelhaupt, D.H. 1989. The long-term effect of a single application of horse manure on soil pH. Tree Planters' Notes. Winter: 31-33.
3. Campell, C.M., M. Schnizer, J.W.B. Stewart, V.O. Bioderbeck and F. Selles. 1989. Effect of manure and P fertilizer on properties of a Black Chemozem in South Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 66:601-613.
4. Dormaar, J.F. and C. Chang. 1995. Effects of 20 annual application of excess feedlot manure on labile soil phosphorus. Can. J. Soil Sci. 75: 507-512.
5. Eghball, B., J.F. Power, J.E. Gilley and J.W. Doran. 1997. Nutrient, carbon, and mass loss of beef cattle feedlot manure during composting. J. Environ. Qual. 26:189-193.
6. Gilberston, C.B., F.A. Norstadt, A.C. Marthers, R.F. Holt, I.R. Shuyler, A.P. Barnett, T.M. McCalla, C.A. Onstad, R.A. Young. I.A. Christensen and D.L. Van Dyne. 1979. Animal waste utilization on cropland and pastureland: A manure for evaluating agronomic and environmental effects. USDA Utilization Research Report no. 6. Washington, D.C.
7. Iyamuremye, F. and R.P. Dick. 1996. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. Adv. Agron. 56, 139-185.
8. Jackson, M. and Mary, H. Stevenson. 1981. A study ofthe effects of dietary added cupric oxide on the laying, domestic fowl and a comparison with the effects of hydrated copper sulfate. The Britsh J. of Nutrition 45:99-109.
9. Qian, P. and J.J. Schoenau. 2000. Effect of swine manure and urea on soil phosphorus supply to Canola. J. of Plant Nutrition. 23(3): 381-380.
10. Reddy, D.D., A.S. Roa and T.R. Rupa. 2000. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yields and soil organic phosphorus in a Vertisol. Bioresource Tech. 75:113-118.
11. Reddy, D.D., A.S. Roa and P.N. Takkar. 1999. Effects of repeated manure and fertilizer phosphorus additions on soil phosphorus dynamics under a soybean-wheat rotation. Biol. Fertil. Soils 28:150-155.
12. Sander, D.H., E.J. Penas and B. Eghball. 1990. Residual effects of various phosphorus application methods on winter wheat and grain sorghum. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:1473-1478.
13. Statistix, 1996. Statistix for windows. Analytical Software. P. O. Box 12185.
14. Vivekanandon. M. and P.E. Fixon. 1990. Effect of large manure applications on soil P intensity. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 21:287-297.
15. 고서봉. 1989. 제주화산회토양에 석회 및 인산시용이 토양의 이화학적 성질 및 목초생산성에 미치는 영향. 제주대학교 대학원 박사학위 논문.
16. 김태구. 1999. 제주화산회토양에서 톱밥발효돈분이 초지의 생산성 및 토양 특성에 미치는 영향. 제주대학교 대학원 박사학위 논문
17. 농촌진흥청, 1988. 토양화학 분석법.
18. 박남건, 고서봉, 이종언. 1998. 돈분뇨 시용에 의한 조사료생산성 향상 연구. 제주농업시험장 시험연구보고서. 93-99.

19. 신동은, 김동암, 신재순, 서성, 김원호, 김정갑, 육완방, 정재록. 1998a. 추파용 호밀에 대한 액상분뇨 시비 연구. I. 생육특성 및 사초수량에 미치는 영향. 한초지. 18(3):235-242.
20. 신재순, 임영철, 이혁호, 진현주, 김정갑. 1996. 무기태인산과 톱밥발효 가축분 시용수준이 Alfalfa 단파초지의 토양변화와 생산성에 미치는 영향. 한초지 16:133-138.
21. 원방연, 권장식, 서장연, 최우영. 1999. 돈분액비의 시용이 배추재배지 토양의 미생물상 및 화학성에 미치는 영향. 한토비지. 32(1):76-83.
22. 유인수, 윤정희, 김인탁. 1978. 화산회토양에서의 인산시용량과 시비법 및 규회석의 효과. 한토비지. 11(1):25-30.
23. 임한철, 문두영, 문경환. 2000. 유기질비료 시용량이 참다래의 생육과 토양화학성 변화에 미치는 영향. 제주농시 시험보고서 153-163.
24. 임한철, 이신찬, 유장결. 1988. 화산회토에서 인산시용량에 따른 인산행동에 관한 시험. 제주농촌진흥원보고서: 289-298.
25. 토양미생물연구회. 1982. 토양 미생물 실험법(신고). 양현당.