

제주 토양에서 사용한 가축분 중 양분의 유효화율

황기성* · 이인복 · 박진면 · 유봉식

원예연구소 원예토양관리팀
(2007년 2월 14일 접수, 2007년 3월 22일 수리)

Fractional Recovery as Extractable Form of Nutrient in Composted Livestock Manure Application on Soil Distributed in jeju.

Ki Sung Hwang*, In Bog Lee, Jin Myean Park, and Bong Sick Yoo (Korea Horticultural soil management team, National horticultural research institute RDA, suwon 440-310, Korea)

ABSTRACT: This study was conducted to determine effects of composted livestock manure application on soil nutrient change. PVC pot (30 x 100cm) was filled with either volcanic ash soil (Gujwa series) or non-volcanic ash soil (Aewol series) and the 20 cm surface soils were applied with composted livestock manures of cattle pig and poultry at the rates of 0, 50, 100 and 150 ton/ha, respectively. After 210 days soils samples of phosphate, potassium, calcium, and magnesium affected by application of the compost. The applied composted were equivalent to the application of organic matter of 23~111 ton/ha and nitrogen of 80~450 ton/ha. Availability rate of phosphate after the application of composted livestock manures ranged from 1.6 to 91.7% according to the different composted. It was much higher in the non-volcanic ash soil than in the volcanic ash soil. Availability rate of potassium fractional recovery rate change ranged from 22 to 94% according to the different manures. It was larger in the composted. Availability rate of calcium 38 to 93% and 9~90% in volcanic ash soil and non-volcanic ash soil, respectively, It was higher in the composted manures followed by cattle and composted pig manures. Availability rate magnesium ranged from 12 to 41% and 1~9% in volcanic ash soil and non-volcanic ash soil, respectively. The rate was higher in the composted poultry manure followed by pig and composted cattle manures.

Key Words: Livestock manure, Volcanic ash soil, Non-volcanic ash soil, Availability rate, Soil nutrient

서 론

가축분뇨는 오래 전부터 퇴비의 원료로 활용되어온 전통적인 유기자원이다. 그러나 현재에 시판되고 있는 가축분 퇴비는 종래의 퇴비나 구비(厩肥)와는 성질이 다르다. 즉 시판되고 있는 퇴비는 가축분뇨와 톱밥을 섞어 부숙시켜 만든 것으로 종래의 부산물비료에 비해 질소, 인산, 칼리의 함량이 현저히 높을 뿐만 아니라 질소의 함량에 비해 인산의 함량이 상대적으로 높은 특징을 갖고 있다. 대부분의 시설재배를 하는 농가에서는 이러한 사실을 고려하지 않고 가축분 퇴비를 다량 사용하고 있는 실정이다. 시설재배지 토양 양분함량의

년차적(1993~1999) 집적정도는 유효인산의 경우 1,481~2,009 mg/kg, 질산태질소의 경우 175~348 mg/kg 이었다. 토양중 양분함량의 축적정도는 재배년수가 경과할수록 증가되고 있다¹⁾.

가축분 퇴비를 토양에 사용하면 토양에 화학비료를 사용한 것과 같은 효과를 나타내는데 Kweon 등²⁾은 가축분의 질소의 가용화율을 조사 한 결과 계분 부숙퇴비와 돈분 부숙퇴비는 50% 이상, 우분 부숙퇴비는 30%라고 보고하였다.

가축분 퇴비의 사용량은 작물의 생육과 토양관리에 매우 중요하며 토양의 특성 및 기상환경과 경종작물의 종류에 따라 사용량이 결정된다. 지금 까지는 퇴비를 토양에 사용할 때에는 퇴비중 질소의 함량을 기준하여 화학비료의 30~50% 해당량을 추천한 결과 토양에 인산의 축적을 유발하여 최근에는 토양중의 인산함량을 기준으로 하여 사용량을 결정하고 있다³⁾.

*연락처:

Tel: +82-31-290-6265 Fax: +82-31-290-6259
E-mail: hwangks@rda.go.kr

본 연구에서는 제주도에 많이 분포하고 있는 화산회토양과 비화산회토양에 계분 부숙퇴비, 돈분 부숙퇴비, 우분 부숙퇴비를 사용하고 토양 특성에 따라 가축분의 양분 유효화율 변화 양상을 조사하고 가축분퇴비의 사용량에 따른 양분의 축적정도를 조사한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시험토양

본 시험은 제주도에 분포하고 있는 화산회(구좌통) 및 비화산회(애월통) 밭토양을 50 cm 깊이로 채취하여 20 mesh 체를 통과하도록 토양시료를 조제하였다. 직경 30 cm, 깊이 1의 PVC꽃트를 하우스내의 토양에 매립한 후 조제된 토양시료를 충전하고, 계분, 돈분 및 우분 부숙퇴비를 각각 50, 100, 150 ton/ha에 해당하는 양을 토심 20 cm 토양과 혼합하여 비가림 하우스내에서 210일 경과 후 토양 중 화학성분 변화를 조사하였다.

제주도 토양의 48% 정도를 차지하고 있는 농 암갈색의 화산회 토양인 구좌통의 토양과 비화산회 토양인 애월통 토양의 토양화학성은 Table 1과 같다.

화산회 토양의 pH는 5.0으로 강산성 이었으며, EC는 0.62 dS/m, 유효인산은 10 mg/kg, 질산태질소는 4 mg/kg, 치환성 칼리, 석회 및 마그네슘 함량은 각각 0.16, 1.4, 0.6 cmol/kg 범위로 일반 작물을 재배하기에는 토양중 양분함량이 부족하였으나 토양유기물 함량은 186 g/kg으로 매우 높은 편이었다.

비화산회 토양은 pH는 6.2이고, EC는 0.88 dS/m, 유효인산은 47 mg/kg, 질산태 질소는 1 mg/kg으로 일반 작물을 재배하기에는 토양중 양분함량이 부족하였으나 석회와 마그네슘 함량은 각각 8.5와 5.5 cmol/kg 범위로 우리나라 밭토양 개량목표를 상회하고 있었다.

토양 화학성 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원 토양화학

분석법에 준하여 토양시료를 음지에서 풍건하여 2 mm체를 통과하도록 한 후 토양의 pH와 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 pH는 Orion 811(Japan)과 EC는 TOA, CM-1P(Japan)으로 측정하였다. 질산태질소는 질소 자동분석기(Alpkem-3550, Germany)으로 분석하였고, 토양 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로, 치환성 양이온은 1N-Ammonium acetate로 추출하여 여액을 ICP(Inductively coupled plasma, labtam-844, Australia)로 분석하였다⁴⁾.

가축분 퇴비의 분석

가축분 퇴비를 건조시켜 분석하였는데 각 성분별 분석방법은 다음과 같다. pH와 EC의 분석은 시료와 증류수의 비율을 부피비로 1:5가 되도록 하여 pH meter와 EC meter로 측정하였다. 유기물은 550°C 전기로에서 2시간 정도 회화시킨 후 평량하여 유기물 함량을 계산하였다. 질소의 함량은 시료 1 g을 켈달후라스크에 평량하여 분해촉진제 3 g과 Conc H₂SO₄ 15 ml를 가하여 분해한 후 켈달에서 증류하여 0.05 N-H₂SO₄로 적정하였다. 인산은 분해한 여액 5 ml를 시험관에 취하여 발색시약 5 ml를 가하여 15분간 발색시킨 후 파장 470 nm에서 측정하였다. 양이온은 시료 1 g을 250 ml 삼각후라스크에 평량하여 HNO₃ 20 ml를 가한후 전열판에서 분해한후 ICP로 K, Ca, Mg 등을 분석하였다⁵⁾.

본시험에서 투입한 가축분 퇴비의 화학적 특성은 Table 2와 같다.

가축분 퇴비의 화학적 특성은 우분 부숙퇴비의 pH는 8.5로 알칼리성 이었으며 EC는 6.2 dS/m 로 높았고, 유기물은 57% 이었으나, 질소, 인산, 칼리의 함량은 1.6~4.0% 범위 이었다.

돈분 부숙퇴비는 pH는 6.2로 약산성 이었으나 EC는 7.3 dS/m, 유기물은 74%로 매우 높았고, 질소, 인산, 칼리의 함량은 1.5~3.0% 범위 이었다. 계분 부숙퇴비의 pH는 8.3으

Table 1. Chemical properties of soil used for the experiment.

Soil	PH (1:5)	EC (dS/m)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	OM (g/kg)	K Ca Mg		
						cmol/kg		
Volcanic ash soil	5.0	0.62	10	4	186	0.16	1.4	0.6
Non volcanic ash soil	6.2	0.88	47	1	16	0.15	8.5	5.5

Table 2. Chemical properties of compost livestock manure used.

compost	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O CaO MgO NaO			
						----- (%) -----			
CMC	8.5	6.2	57	1.6	1.8	4.0	2.8	1.0	0.7
PMC	6.2	7.3	74	2.4	3.0	1.5	2.4	0.9	0.4
FMC	8.3	8.4	46	3.0	5.1	3.1	3.0	1.6	0.5

CMC ; Cow manure, PMC ; Pig manure, FMC ; Fow chicken manure.

로 알칼리성 이었으나 EC는 8.4 dS/m로 매우 높았고, 유기물 함량은 46 %로 낮았으나 질소, 인산, 칼리의 함량은 3.0~5.1%범위로 매우 높았다.

유효화율 조사

가축분 퇴비의 유효화율은 계분, 돈분, 우분 부숙퇴비에 의해 공급되는 비료의 화학성분을 정량하여 유효화율을 결정하였다. 즉

유효화율 = $\frac{[(\text{가축분 퇴비 사용 토양의 성분함량} - \text{가축분 무사용 토양의 양분함량}) / \text{가축분 퇴비중 성분함량} \times 100]}{100}$ 으로 양분의 유효화율 변화를 계산하였다.

결과 및 고찰

농업현장에서 가장 손쉽게 구입할 수 있는 토양유기물 재료의 하나는 가축분뇨를 부숙시켜 만든 가축분 퇴비이다. 가축분 퇴비는 오래전부터 토양개량제 또는 작물의 영양원으로 이용되고 있으며 사용효과에 대해서는 많은 연구자들에 의해 보고되고 있다⁶⁾.

가축분 퇴비의 사용에 의한 양분의 잠재적 공급량을 검토한 결과 Table 3과 같다. 계분 부숙퇴비 50~150 ton/ha의 사용은 유기물 23~69 ton/ha, 질소 150~450, 인산 255~765, 칼리 155~465, 석회 150~450, 마그네슘 80~240 kg/ha의 공급량에 상당하였다. 동량의 돈분 부숙퇴비는 유기물 37~111 ton/ha, 질소 80~240, 인산 150~450, 칼리 75~225, 석회 120~360, 마그네슘 45~135 kg/ha 해당량이 사용되었고, 우분 부숙퇴비는 유기물은 120~260 ton/ha, 질소는 120~360, 인산은 90~270, 칼리는 200~600, 석회는 42~140 인산은 0, 마그네슘은 50~100 kg/ha 해당량이 공급되었다.

따라서 계분 부숙퇴비는 가축분뇨 중에서 인산은 높은 반면 토양에 유기물을 공급하는 능력은 다소 떨어지는 것으로 나타났고 우분 부숙퇴비의 경우 유기물은 풍부하지만 비료의

3요소 함량은 낮은 편이며 돈분 부숙퇴비는 계분 부숙퇴비와 우분 부숙퇴비의 중간정도의 성질을 가지고 있다는 보고와 같았다^{6,7)}.

이들 가축분 퇴비의 사용에 의한 토양 개량효과는 토양의 화학성, 물리성 및 생물상의 개선효과는 보편화된 사실이지만 적정량 이상으로 사용하면 토양중 유기물, 인산 및 칼리의 함량을 현저히 증가시키는 것으로 보고되고 있다⁷⁾. 가축분 퇴비는 최근 환경농업에 대한 국민들의 관심이 높아지면서 화학비료의 대체수단으로 사용량이 증가하는 추세이나, 토양중의 양분함량과 작물의 양분 요구량을 고려 할때 퇴비만으로 작물양분을 공급할 경우 심각한 토양중 양분의 불균형을 초래할 수 있기 때문에 주의가 요망된다⁸⁾.

Table 4는 가축분 퇴비를 사용 210일 후 인산, 칼슘, 칼륨 및 마그네슘이 토양중에서 어느 정도의 비율로 유효화 또는 치환성화 되는가를 검토하였다. 특히 계분 부숙퇴비의 토양중 유효태 인산화율은 화산회 토양과 비화산회 토양 간에 현저한 차이가 인정되었다. 사용한 가축분중 인산이 토양에서 유효태 인산으로 변화하는 비율은 화산회 토양에서 우분 부숙퇴비(61.6~91.7), 계분 부숙퇴비(6.0~8.1%), 돈분 부숙퇴비(1.9~2.5%)의 순으로 높았으며 비화산회토의 경우는 계분 부숙퇴비(61.6~91.7%), 우분 부숙퇴비(1.6~6.2%), 돈분 부숙퇴비(0.5~1.2%)의 순으로 높았다. 가축분 퇴비를 토양에 사용하면 인산질 비료의 효과가 증진되는 이유는 유기질이 분해되어 만들어진 인산의 공급과 유기산은 칼슘, 철, 알루미늄 등과 결합한 인산이 용해도를 증가시켜 작물의 흡수 이용율을 증대시키기 때문이라는 보고와 같이 가축분 퇴비중 칼리의 치환성화율은 사용한 퇴비의 종류와 관계없이 계분 부숙퇴비의 칼리 치환성화 율이 가장 높았으나 우분 부숙퇴비와 돈분 부숙퇴비 간의 차이가 명료하지 않았다 (Table 5).

가축분퇴비 중 질소의 성분은 계분 부숙퇴비 > 돈분 부숙퇴비 = 우분 부숙퇴비의 순으로 컸는데 토양의 특성별로 살펴보면 계분 부숙퇴비만 비화산회 토양에서 유효화 비율이 높

Table 3. Potential Amount of nutrient supplied through the application of different organic at different rate.

compost	Application rate	OM	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
CPM	50	23	150	255	155	150	80
	100	46	300	510	310	300	160
	150	69	450	765	465	450	240
PMC	50	37	80	150	75	120	45
	100	74	160	300	150	240	90
	150	111	240	450	225	360	135
CMC	50	29	120	90	200	140	50
	100	57	240	180	400	280	100
	150	86	360	270	600	420	50

CMC ; Cow manure, PMC ; Pig manure, FMC ; Fow chicken manure.

Table 4. Fractional recovery of available to total phosphate applied though of applied P though organic fertilizers converted into available phosphate.

Livestock manure	Application rate	P. amount applied (kg/ha)	Fractional recovery (%)	
			Volcanic ash soil	Non volcanic ash soil
FMC	50	2,550	1.6	61.6
	100	5,100	1.6	72.5
	150	7,650	1.3	91.7
PMC	50	1,500	2.5	0.5
	100	3,000	1.9	1.2
	150	4,500	1.9	1.1
CMC	50	900	8.1	1.6
	100	1,800	7.4	6.0
	150	2,700	6.0	6.2

CMC ; Cow manure, PMC ; Pig manure, FMC ; Fow chicken manure.

* measured at 210 day after treatment

Availability % = ((Available P in the soil recoverd livestock manure - Available P in the control soil) / Total P applied though livestock manure) X 100.

Table 5. Availability % of exchangeable K to applied K through organic fertilizers.

Livestock manure	Application rate	P. amount applied	Fractional recovery (%)	
			Volcanic ash soil	Non volcanic ash soil
FMC	50	1,877	57	94
	100	3,368	47	84
	150	4,871	39	81
PMC	50	674	31	44
	100	1,240	22	40
	150	1,757	22	38
CMC	50	939	43	47
	100	1,384	32	35
	150	1,865	14	31

CMC ; Cow manure, PMC ; Pig manure, FMC ; Fow chicken manure

* measured at 210 day after treatment.

았으나 돈분 부숙퇴비와 우분 부숙퇴비는 화산회 토양에 비하여 비화산회 토양에서 낮게 나타났다.

칼슘의 치환성화율은 일반적으로 비화산회 토양에서 보다 화산회토양에서 높은 경향이였다. 밭토양 관리에 돈분의 다량시비는 토양악화의 기본으로 생각되며, 따라서 돈분부숙퇴비를 다량으로 연용하면 칼리의 축적으로 인한 석회와 마그네슘의 활동도 저하로 식물체는 칼슘 및 마그네슘의 결핍증상 발생의 가능성이 커질것으로 판단되었다 (Table 6).

가축분 퇴비중 마그네슘이 치환성화 되는 비율은 Table 7 과 같이 화산회 토양에 비하여 비화산회 토양은 현저히 낮은 경향을 나타내었다. 화산회 토양에 있어서 마그네슘의 치환성화율은 계분 부숙퇴비(31~41%) > 돈분 부숙퇴비(16~18%)

> 우분부숙퇴비(12~16%)의 순으로 컸다. 비화산회 토양에 있어서 마그네슘의 치환성화율은 계분 부숙퇴비(4~9%) > 돈분 부숙퇴비(2~6%) > 우분 부숙퇴비(2~4%)의 순으로 나타났다.

토양의 마그네슘 함량은 토양의 입단형성과 작물 생육에 필수적인 원소이며 토양 개량에 절대적으로 계분 부숙퇴비, 우분 부숙퇴비, 돈분 부숙퇴비의 순으로 많은데 석회와 마그네슘 함량은 계분 부숙퇴비(2.4~0.9%)로서 계분 부숙퇴비가 돈분 부숙퇴비에 비하여 석회는 1.3배 마그네슘은 1.8배 정도 많은 것으로 나타났다.

가축분 퇴비의 사용은 특정한 성분의 축적으로 식물은 다른 성분의 흡수가 억제되어 결핍증상이 발생할 수 있으므로 이에 관한 연구는 계속하여 이루어져야 될 것으로 판단된다.

Table 6. Fractinal recovery % of exchangbale Ca total Ca applied though of fertilizers.

Livestock manure	Application rate	P. amount applied	Fractional recovery (%)	
			Volcanic ash soil	Non volcanic ash soil
FMC	50	1,000	93	90
	100	2,100	85	86
	150	7,650	64	40
PMC	50	850	38	21
	100	1,700	53	17
	150	2,550	51	9
CMC	50	1,050	78	63
	100	2,100	61	39
	150	3,150	55	25

CMC ; Cow manure, PMC ; Pig manure, FMC ; Fow chicken manure.
* measured at 210 day after treatment.

Table 7. Proportion of applied Mg through organic fertilizers converted into exchangeable Mg.

Livestock manure	Application rate	P. amount applied	Fractional recovery (%)	
			Volcanic ash soil	Non volcanic ash soil
FMC	50	1,000	41	9
	100	2,100	41	6
	150	7,650	31	4
PMC	50	850	18	6
	100	1,700	17	4
	150	2,550	16	2
CMC	50	1,050	16	4
	100	2,100	16	1
	150	3,150	12	2

CMC ; Cow manure, PMC ; Pig manure, FMC ; Fow chicken manure.
* measured at 210 day after treatment.

요 약

본 연구는 축분 퇴비사용에 따른 토양중 양분행동 양상을 구명하기 위하여 직경 30 cm 높이 1 m의 PVC pot에 화산회(구좌통) 토양과 비화산회(애월통) 토양을 충전하고 표토 20 cm 깊이로 계분 부숙퇴비, 돈분 부숙퇴비, 우분 부숙퇴비를 0, 50, 100, 150 ton/ha 해당량을 사용한 후 210일이 경과한 후 토양시료를 채취하여 풍건한 후 가축분 퇴비 처리에 따른 토양중 인산, 칼리 및 마그네슘의 유효화율을 조사한 결과는 다음과 같다.

가축분 퇴비의 사용은 통양중 유기물을 23~111, 질소 80~450 ton/ha 해당량을 사용하는 효과가 있었다.

가축분 퇴비의 사용에 따른 인산의 유효화율 변화는 1.6~91.7%로 가축분 종류에 따른 차이가 매우 컸는데 토양별로

비화산회 토양이 화산회토양에 비하여 월등히 큰 것을 알 수 있었다.

칼리의 유효화율 변화는 22~94% 범위로 가축분의 종류 및 사용량에 따라 차이가 컸는데 가축분 종류에 따른 유효화율은 계분 부숙퇴비, 우분 부숙퇴비, 돈분 부숙퇴비의 순으로 컸다.

칼슘의 유효화율은 화산회 토양은 38~93% 비화산회 토양은 9~90% 범위로 가축분 종류 및 토양의 특성에 따른 차이가 컸는데 가축분 종류별로 살펴보면 계분 부숙퇴비, 우분 부숙퇴비, 돈분 부숙퇴비의 순으로 컸다.

마그네슘의 치환성화 되는 비율은 화산회 토양은 12~41% 범위이었으나 비화산회 토양은 1~9% 범위로 차이가 컸는데 가축분 종류별 유효화율의 변화를 살펴보면 계분 부숙퇴비, 돈분 부숙퇴비, 우분 부숙퇴비의 순으로 컸다.

참고문헌

1. RDA (1999) Treatment Livestock manure/Sawdust. p. 7-21.
 2. Kweon S. I., Jung K. Y. and Park Y. K. (1994) Standard monogastic setup standard monogastic fertilizer ingredient Orgnic pollution. NIAS : 70-100.
 3. Kweon S. I., Jung K. Y. and Park Y. K. (1994) Standard unit of fertilizer component in organic wastes : National institute of agricultural science and technology examination report of research. p. 74-100.
 4. RDA (2000) Method of soil and plant analysis. p. 103-146.
 5. RDA (2002) Method for quality test of fertilizer.
 6. RDA (1999) Disposal of animal excreta. p. 7-21.
 7. Yoon J. H., Jung B. G. and Kim Y. H. (1997) Study on evaluation method for efficiency of inorganic component in animal manure applied to upland soil national institute of agricultural science and technology examination report of research p. 662-659.
 8. Lee S. E. Park J. K. Yoon J. H. and Kim M. S. (1987) Studies on the chemical properties df soil under the vinyl-house cultivation res. report, RDA (PM & U) 29(1) : 161-171.
-