

가축분 퇴비의 시용량에 따른 제주 발토양의 부식의 형태별 함량 변화

황기성* · 유봉식

원에연구소

(2005년 8월 12일 접수, 2005년 11월 30일 수리)

Changes of Humus Types Affected by Application of Animal Manures Compostin Jeju Upland Soil

Ki-sung, Hwang* and Bong-sik, Yoo (National Horticultural Research Institute (NHRI))

ABSTRACT: In Jeju island, the southernmost island of Korea, the field soils are mostly consisted of volcanic and non-volcanic soils. Animal manures of 0, 50, 100, and 150 MT/ha were treated to analyse the humus content changes by application amounts and the soil types. The results are as follows; Humus distribution type was A in the most of the volcanic soils while a few soils was type B, and it was possible to confirm that the humus process has occurred in the soils. Most of the non-volcanic soils was Rp and B type, therefore, the humus content change pattern was different from the volcanic soils. The nitrate-nitrogen content and the humus content showed positive correlation of $R^2=0.5263$ in the volcanic soils, while that of non-volcanic soils was $R^2=0.524$. The carbon content and the humus content showed positive correlation of $R^2=0.469$ in the volcanic soils, while that of non-volcanic soils was $R^2=0.550$.

Key Words: Humus analyse, Animal manures, Jeju upland soil

서 언

화학비료를 자유롭게 사용할 수 없었던 때에는 짚이나 풀로 만든 퇴비, 외양간두엄, 인분뇨 등 유기질비료가 널리 쓰였다. 이들 유기질 비료는 화학비료에 비해 작물 생육에 필요한 양분 함량이 적고, 환경파괴(산야초 채취시), 혐오감 등의 문제를 갖는다. 따라서 화학비료를 자유롭게 쓸 수 있는 상황이 됨에 따라 종전에 쓰이던 유기질 비료는 현저히 덜 쓰이게 되었다.

가축분 퇴비를 장기간 사용하였을 때 토양중 유기물 함량이 증가한다는 것은 토양의 이화학성이 개량되어 같은 양의 물을 관수 하더라도 토양의 투수성이 좋아져서 작물이 물을 덜 흡수하게 되고, 질소 흡수가 조절되어 품질이 향상되게 된다.

그러나 시설재배시 가축분 퇴비를 과다하게 사용하여 토양중 질산태질소의 농도가 높아지면 작물은 뿌리가 장애를 받고 질산태 질소가 지하로 침투되어 지하수를 오염원위 원인을 제공하고 있다.

토양중 유기물 함량은 토양의 물리성을 개선하고 양분의 보유력을 증대시켜 작물의 생장조절 및 미생물의 생육에 중요한 역할을 하고 있다. 일반적으로 유기물이 풍부한 토양일수록 작물의 생산력은 크며 지력을 판단하는 하나의 중요한 지표가 되고 있다.

Kumada(1975)¹⁾는 상대색도(RF)값과 색조계수($\Delta\text{Log K}$) 값에 의하여 부식산을 A형, B형, P형, Rp 등 4가지로 구분하였고 pH와 토양의 부식화 정도에 의하여 Group I, Group II, group III형으로 구분하는데 일반적으로 A형은 Group I에 속하고, B형은 Group II, Rp형과 P형은 Group III형에 속한다고 보고하였다.

특히 최근에 시판되고 있는 가축분 퇴비는 전통적인 유기질비료(퇴비·구비)에 비해 질소·인산·칼리의 함량이 현저히 높을 뿐만 아니라 질소 함량에 비하여 인산의 함량이 상대적으로 높은 특징을 가지고 있다²⁾. 따라서 이러한 특징을 가지고 있는 가축분 퇴비의 연용은 토양중 특정 성분을 과잉으로 집적시켜 작물의 양분 수지에 불균형을 초래할 것으로 우려되고 있다. 본 연구는 화산회 및 비화산회 발토양을 대상으로 가축분 퇴비의 종류별 시용량에 따른 토양 중 부식의 형태별 함량의 변화를 파악하여 합리적인 유기물 시비체계의 확립에 필요한 기초자료를 얻기위하여 수행하였다.

*연락처:

Tel: +82-31-240-3686 Fax: +82-31-240-3502

E-mail: Hwangks@rda.go.kr

재료 및 방법

공시토양

본시험에서는 우리나라 제주도에 분포하고 있는 화산회 토양 및 비화산회 토양 등 밭 토양을 각각 1개 토양을 사용하였다. 1999년 1월 제주시 지역의 화산회토양(구좌통) 및 비화산회 토양(애월통)을 각각 50~60 cm 깊이로 1월에 서귀포시 구좌면 및 제주시 지역에서 채취하여 2 mm 체를 통과하도록 조제 하였다. 조제된 토양시료를 PVC포트(지름 30 cm, 길이 100 cm)에 토양을 충전하고 우분, 돈분, 계분부숙 퇴비를 각각 0, 50, 100, 150 MT/ha 상당량을 토심 20 cm 토양과 혼합하였다. 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하여 토양시료+퇴비 혼합처리 180일 경과한 후 처리 토양중의 부식의 형태별 함량 변화를 조사하였다.

토양의 화학적 특성

화산회 토양의 화학성은 표 1과 같이 pH는 5.0으로 강산성 토양 이었고 전부식함량은 158.0, 총부식에 대한 추출 부식의 비율(H_E/H_T)은 33.6, 부식화도(Deg.H)는 59.5로 매우 높은 토양을 사용하였다. 비화산회 토양의 부식화는 52.6, H_E/H_T 의 비율은 33.6, 자유로운 HA에 대한 결합된 HA의 비율인 fHA와 fFA는 각각 55.0, 63.9로 높았고, 부식화(Deg.H)도는 13.1인 토양을 사용하였다.

가축분 퇴비의 분석

가축분 퇴비의 pH와 염류농도의 분석은³⁾ 시료와 증류수의 비를 1 : 5로 하여 pH meter와 EC meter로 측정하였다. 유기물 함량은 수분함량을 측정한 시료를 진열판 위에서 연기가 나오지 않을 때까지 태운 후 550°C 전기로에서 2시간 정도 회화시킨다. 데세게이터로 옮겨 식힌 후 평량하여 유기물 함량을 계산하였다.

결과 및 고찰

부식의 형태별 함량 변화

부식의 조성

부산물 비료의 종류별 사용량에 따른 부식의 분석은 Kumada (1975)¹⁾가 제안한 방법으로 분석하였는데 화산회 밭 토양과 비화산회 밭 토양의 부식의 조성은 표 2, 3에서는 보는 바와 같다.

화산회 밭 토양의 총부식(H_T)함량은 토양 1 g에 대해 소모된 0.1N $KMnO_4$ 의 량으로 162~223 ml이었는데 이 중 추출부식량(H_E)은 토양 1 g당 부식추출액에 의해 소모된 0.1N $KMnO_4$ 로서 77~82 ml이었으나 나머지 부분은 휴민으로서 50-63%를 차지하여 휴믹 산(HA)과 홀브 산(FA)에 비해 상대적으로 많은 량이 존재하였다.

비화산회 밭 토양의 경우 총부식(H_t)은 11~34 ml이었

Table 1. Fractionation of humus in soil used for the study

Soil	H_T	H_E	H_E/H_T	a_1	b_1	PQ_1	RF_1	$\Delta \log K_1$
Volcanic ash soil	158.0	53.1	33.6	6.40	3.78	62.9	78.1	0.653
Non Volcanic ash soil	52.6	17.7	33.6	4.89	5.60	46.6	45.8	0.721
Soil	a_2	b_2	PQ_2	RF_2	$\Delta \log K$	fHA	fFA	Deg.H
Volcanic ash soil	30.18	12.74	70.3	88.1	0.624	17.5	22.9	59.5
Non Volcanic ash soil	4.00	3.16	55.9	100.5	0.650	55.0	63.9	13.1

Table 2. Fractionation of humus in volcanic ash soil measured at 210 days after treatment

Animal feces	category	H_T	H_E	H_E/H_T	a_1	b_1	PQ_1	RF_1	$\Delta \log K_1$
CMC	0ton/ha	156.0	72.0	33.3	5.10	4.83	51.4	88.2	0.575
	50ton/ha	162.0	81.3	50.2	6.19	6.18	50.0	79.4	0.615
	100ton/ha	186.4	81.9	43.9	4.94	5.26	48.4	87.7	0.614
	150ton/ha	202.4	82.1	40.6	6.30	5.61	52.9	93.9	0.602
PMC	50ton/ha	181.0	78.4	43.3	3.62	5.26	50.8	119.7	0.572
	100ton/ha	201.0	77.3	38.4	5.54	4.92	53.0	97.8	0.583
	150ton/ha	223.4	82.4	36.9	5.78	5.35	51.9	93.7	0.589
FMC	50ton/ha	201.6	76.8	38.1	5.45	4.84	53.0	107.0	0.590
	100ton/ha	211.6	78.7	37.2	5.79	5.15	52.9	87.8	0.616
	150ton/ha	215.0	81.9	38.1	7.60	6.15	55.3	69.1	0.663

CMC : Cow manure compost, PMC : Pig manure compost, FMC : fowl manure compost

으며 추출부식(H_E)은 7~17 ml로 화산회 토양과는 많은 차이를 나타내었으나 두 토양 모두 가축분 퇴비를 시용 할 수록 증가하는 경향이였다. 또한 시용된 가축분 퇴비의 종류별로는 화산회 토양과 비화산회 발 토양에서 계분 부숙퇴비 > 돈분 부숙퇴비 > 우분 부숙퇴비 순으로 많은 결과를 얻었는데 이는 토양 및 시용된 가축분 퇴비의 유기탄소의 함량 및

pH 등이 관여한 것으로 판단된다.

또한 총 휴믹 산(HA) 및 홀브 산(FA)함량에 대한 fHA 및 fFA의 비율은 각각 화산회 토양에서 약 10% 및 25% 내외로 대부분의 H_E (Soluble humus)는 0.1M $Na_4P_2O_7$ 로 추출한 성분과 결합되어 있음을 알 수 있었으며 비화산회 발 토양에서는 가축분 퇴비의 칼리 시용량이 증가 할 수록 fHA

Table 3. Fractionation of humus in volcanic ash soil measured at 210 days after treatment

Animal feces	category	a_2	b_2	PQ_2	RF_2	$\Delta \log K_2$	fHA	fFA	Deg.H
CMC	0ton/ha	46.70	15.59	75.0	68.1	0.505	9.8	23.7	81.5
	50ton/ha	52.90	16.04	76.7	77.8	0.508	10.5	27.8	91.2
	100ton/ha	55.40	16.32	77.2	63.8	0.714	8.2	24.4	86.1
	150ton/ha	53.95	16.28	76.8	76.1	0.682	10.5	25.6	82.6
PMC	50ton/ha	53.25	16.24	76.6	68.9	0.712	6.4	24.5	84.7
	100ton/ha	50.20	16.62	75.1	84.5	0.651	9.9	22.8	82.2
	150ton/ha	55.15	16.08	77.4	79.4	0.656	9.5	25.0	81.3
FMC	50ton/ha	50.65	15.90	76.1	75.8	0.662	9.7	23.3	79.8
	100ton/ha	51.65	16.08	76.3	76.3	0.682	10.1	24.3	85.5
	150ton/ha	52.25	15.92	76.6	80.5	0.678	12.7	27.9	83.6

Table 4. Fractionation of humus in non volcanic ash soil measured at 210 days after treatment

Animal feces	category	H_T	H_E	H_E/H_T	a_1	b_1	PQ_1	RF_1	$\Delta \log K_1$
CMC	0ton/ha	5.6	4.9	87.9	0.12	2.03	5.6	36.1	0.859
	50ton/ha	11.2	7.9	70.4	0.21	2.62	7.4	47.6	0.976
	100ton/ha	20.0	8.7	43.5	0.18	2.51	6.7	74.1	1.013
	150ton/ha	20.8	8.9	42.7	1.90	2.73	41.0	68.9	0.986
PMC	50ton/ha	17.0	8.3	48.9	0.12	4.58	2.6	72.2	0.882
	100ton/ha	23.0	6.6	28.7	0.33	3.06	9.7	56.6	0.920
	150ton/ha	30.2	8.9	29.6	0.57	3.45	14.2	38.0	0.980
FMC	50ton/ha	21.4	8.3	38.9	0.52	2.82	15.6	73.7	0.926
	100ton/ha	29.4	12.2	41.4	2.75	3.68	42.8	30.3	0.958
	150ton/ha	33.6	17.1	51.0	4.56	4.30	51.5	59.9	0.936

Table 5. Fractionation of humus in non volcanic ash soil measured at 210 days after treatment

Animal feces	category	a_2	b_2	PQ_2	RF_2	$\Delta \log K_2$	fHA	fFA	Deg.H
CMC	0ton/ha	1.04	1.73	37.5	38.5	0.818	10.3	54.0	3.6
	50ton/ha	2.60	2.46	51.4	30.0	0.795	7.5	51.6	3.7
	100ton/ha	3.27	2.73	54.5	26.3	0.827	5.2	47.9	3.8
	150ton/ha	1.63	2.63	38.3	51.5	0.845	53.8	50.9	4.8
PMC	50ton/ha	1.42	2.20	39.2	30.3	0.892	7.8	67.6	5.1
	100ton/ha	1.40	1.80	43.8	41.4	0.913	19.1	63.0	7.0
	150ton/ha	2.08	2.83	42.4	38.5	0.970	21.5	54.9	6.3
FMC	50ton/ha	2.13	2.85	42.8	51.6	0.918	19.6	49.7	7.5
	100ton/ha	3.15	2.59	54.9	50.2	0.895	46.6	58.7	8.0
	150ton/ha	5.26	3.01	63.6	39.5	0.902	46.4	58.8	8.7

(free from Humic acid)의 비율이 높아졌으며, 계분 부숙 퇴비의 경우 50 MT/ha를 사용 하면서 부터 증가하는 경향이 나타났으나 우분 부숙퇴비 및 돈분 부숙퇴비의 경우 150 MT/ha를 사용해야 증가하는 경향이 뚜렷 하였다. 그러나 fFA(free from Fulvic acid)비율은 처리구별로 48~68%로 유기물 종류별, 사용량별 차이를 발견할 수 없었다⁴⁾.

화산회 밭 토양의 경우 역시 0.1M Na₄P₂O₇로 추출했을 때의 침전비율(PQ₂)이 75.1~77.4%로 0.1N NaOH로 추출했을 때의 침전비율(PQ₁) 48.4~55.3% 보다 높아 상당량의 추출부식(H_E)은 0.1M Na₄P₂O₇에 의하여 추출되었음을 뒷받침 해 주고 있는 반면, 비화산회 밭 토양에서도 대부분 0.1M Na₄P₂O₇에 의하여 추출된 침전비율(PQ₂)이 높았으나 가축분 퇴비가 다량으로 사용된 토양에서는 침전비율(PQ₁)이 증가하였다.

부식의 진행과정중 부식의 분해 과정을 알기 위하여 산 및 알칼리 가수분해능, KMnO₄에 의한 유기물의 산화력 검정이 요구된다고 하였다. 또한 부식화도가 높을수록 산 및 알칼리 가수분해능과 KMnO₄ 소모량은 높으며 부식화도는 부식이 갖는 탄소함량과 비례한다고 하였다⁴⁾.

이상의 결과를 본시험의 결과와 비교 검토하여 보면 화산회 토양은 부식의 집적이 많고 휴민의 비율이 높았다. 또한 상대색도(RF)치는 높은 반면 색조계수($\Delta \log K$)치는 낮은 특성을 나타내었다. 즉, 화산회 밭 토양은 유기물조성의 특성으로 보아 부식의 색 농도가 짙고 부식화도가 높아 비화산회 밭 토양에 비해 상대적으로 높은 정도의 축합을 이루어 분해되기 어려운 상태의 유기물로 존재함을 알 수 있었다.

부식의 분포도

부식의 분포양식을 Kumada(1975)¹⁾가 보고한 것에 의하면 부식산의 분포는 부식산이 가지는 특정치인 색조계수 ($\Delta \log K$)치를 축으로 상대색도(RF)치와 상관관계를 나타내는 것으로 A형, B형, P형, Rp형으로 나누었는데 그림 1과

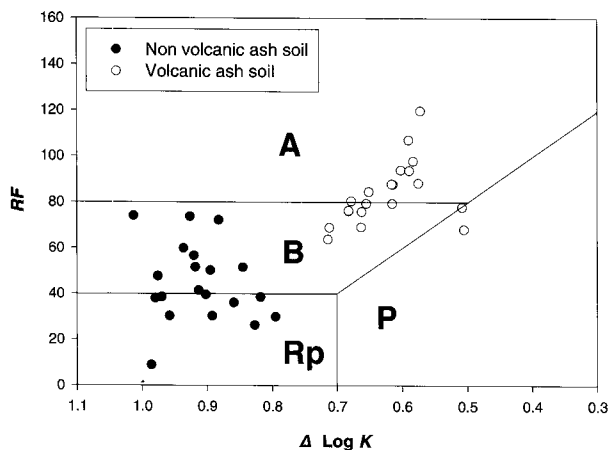


Fig. 1. Classification diagram of humic acid in different soil.

같다. A형은 부식화도가 높은 화산회 토양이 포함되며, B형은 갈색 산림토양, RF 형은 갈색산림토양 및 석회암질 토양, P형은 포도줄 토양이 해당된다고 보고하였다. 또한 부식화도는 A형이 가장 높고 B형, P형, Rp형의 순으로 저하된다고 보고하였다⁵⁾.

본 실험에 사용된 화산회 토양은 대부분 A type 이었으며, 일부 토양에서 B type에 속하여 화산회 토양은 부식화가 진행되었을 알 수 있었으며, 비화산회 밭 토양은 대부분 Rp, B type으로 존재하여 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

가축분 퇴비의 사용량에 따른 부식산의 형태변화는 가축분 사용에 의한 그 함량의 변화가 있는 것으로 판단되며, 또한 형태적 변화는 뚜렷하지는 않았으나 가축분 퇴비의 장기 연용시 토양중 부식산의 형태변화 및 원소조성의 변화와 그에 따른 토양환경의 변화를 검토해야 할 것으로 여겨진다.

질산태 질소 함량과 부식 함량과의 관계

가축분 퇴비를 토양에 사용하면 미생물의 분해작용을 받아 일부는 미생물의 구성성분으로 합성되고 나머지는 작물에 흡수, 이용된다. 이와 같이 고등식물에 의하여 합성된 유기화합물은 각종 토양생물의 에너지 및 영양원으로 순차적으로 이용되고 무기물의 생성원이 되고 있다.

유기물의 함량이 높을수록 질소의 함량은 높은 경향이었는데 이는 토양질소의 대부분이 부식중에 함유되어 있는 것으로 판단된다. 그리고 지금까지 유기태질소는 단백질 또는 단백질 유사물로 생각하여 형태조성은 주로 산가수분해에 의하여 용해되는 질소화합물을 단백질로 분석하여 왔다.

임(1978)⁷⁾에 의하면 가수분해에 의한 토양질소의 20~40%는 아미노산태이고 5~13%는 아미노당형태로 존재한다고 보고하였다. 그러나 토양의 유기태질소는 토양의 형태, 부식의 분해정도, 토양이 존재하는 곳의 자연환경 등에 따라 차이가 클 것으로 보고하였다.

본시험에서 부식과 질산태질소 의 관계를 검토한 결과 그

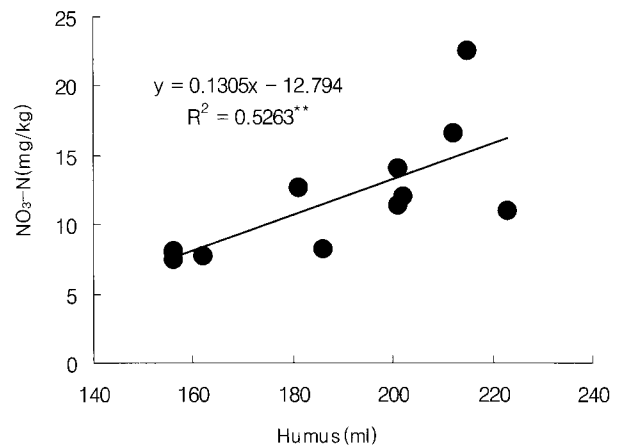


Fig. 2. Relationship between nitrate nitrogen and humus content in volcanic ash soil.

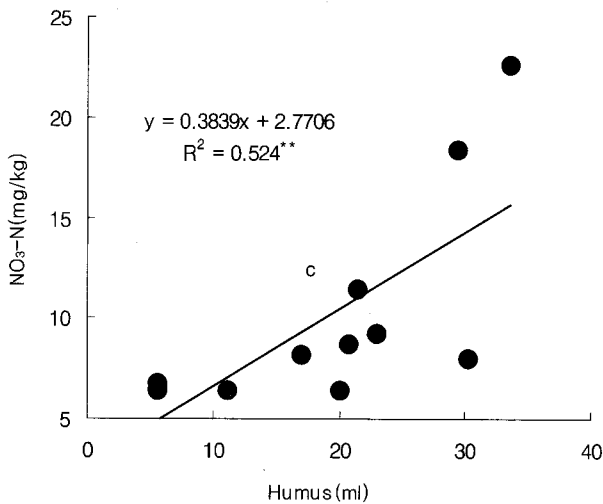


Fig. 3. Relationship between nitrate nitrogen and humus content in non volcanic ash soil.

림 2, 3과 같이 화산회토양은 $R^2=0.5263^{**}$, 비화산회 토양은 $R^2=0.524^{**}$ 의 정의 상관관계를 나타내어 이들의 보고외⁷⁾ 같은 경향을 나타내었다. 또한 부식의 함량은 사용된 기축분에 의하여 증가된 것으로 판단된다.

탄소(C)의 함량과 부식 함량과의 관계

기축분 퇴비가 함유한 부식은 산 또는 알칼리 등의 시약에 대한 용해성의 차이를 이용하여 부식산, 흡빈산 및 휴민으로 구분되고 있다.

부식산은 토양유기물의 대표가 되는 것으로 황갈색 또는 흑갈색의 무정형 고분자 산물로서 1가의 양이온과는 수용성 염을 만들지만 칼슘, 알루미늄, 철 등의 다(多)가 양이온과는 난용성 염을 만든다¹⁰⁾.

토양의 부식과 전탄소 함량과의 관계를 보면 그림 4, 5과 같이 화산회 토양은 $R^2=0.469$, 비화산회 발 토양은 $R^2=0.550$ 의 정의 상관관계를 보였다.

김(1986)등은 지형과 유형이 다른 우리 나라 담 토양의 부식의 조성을 조사 분석한 결과 $r=0.7193^{**}$ 의 정의 상관관계를 나타내었다고 보고하여⁶⁾ 본시험과 같은 경향을 보였다.

토양중에 존재하는 부식은 토양의 물리성을 개선하고 양분을 유지, 공급하며 작물의 성장조절 및 토양미생물의 생육에 중요한 역할을 담당하고 있으나 부식의 분석과 결과해석이 아직도 확실하게 결정되지 못하여 앞으로 더욱더 부식에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 부식은 토양중 C, N, O, S 등의 양분 함량의 영향을 받는데 이에 관한 연구도 계속하여 수행되어야 할 것으로 판단된다.

화산회 발 토양과 비화산회 발 토양간의 부식의 조성을 비교하여 보면 부식간 산화제에 대한 저항성 즉, 0.1N $KMnO_4$ 의 소모량은 화산회 토양은 156~223 ml로 많았으나 비화산회 발 토양은 1~5 ml로 매우 낮았다. 상대색도(RF)치는

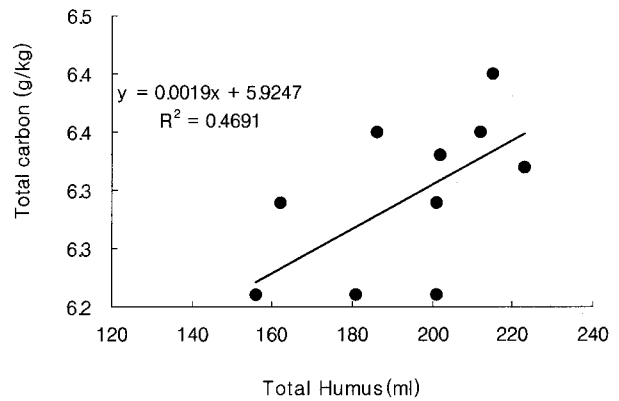


Fig. 4. Relationship between total carbon and humus in volcanic ash soil.

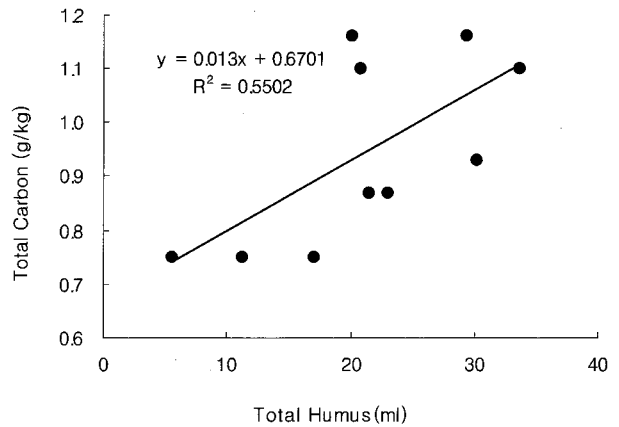


Fig. 5. Relationship between total carbon and humus in non volcanic ash soil.

화산회 발 토양은 69~120 범위이었으나 비화산회 발 토양은 30~74 ml 범위이었으며, 색조계수($\Delta \log K$)치는 화산회 발 토양은 0.57~0.66이었으나 비화산회 발 토양은 0.86~1.01 범위로 비화산회 발 토양이 높은 결과를 보였다. 그리고 부식화도(Degree of humification)는 화산회 발 토양은 79~91로 매우 높았으나 비화산회 발 토양은 4~9 범위로 매우 낮았다.

적 요

우리나라 최남단에 위치한 제주도에 가장 많이 분포하고 있는 화산회 발 토양과 비화산회 발 토양에 기축분 퇴비를 0, 50, 100, 150 ton/ha 해당량을 사용한 후 토양 부식의 함량 변화를 조사하여 문제점을 살펴본 결과는 다음과 같다.

부식의 분포도는 화산회 토양은 대부분 A type이었으며 일부 발토양에서 B type에 속하여 화산회 토양은 부식화가 진행 되었음을 알 수 있었으며 비화산회 발토양은 대부분 Rp, B type으로 존재하여 동일한 결과를 얻을 수 없었다.

질산태 질소 함량과 부식함량과의 관계는 화산회 토양은 $R^2=0.5263$, 비화산회 토양은 $R^2=0.524$ 의 정의 상관관계를 나타내었다.

탄소의 함량과 부식 함량과의 관계는 화산회 토양은 $R^2=0.469$, 비화산회 밭 토양은 $R^2=0.550$ 의 정의 상관관계를 보이고 있다.

참고문헌

1. Kumada (1975) The chemistry of soil organic matter Food & Fertilizer Technology center. *Technical Bulletin* No. 22: 235-245.
2. Soon-Dal Hong, Yong-Soon Seok, and Tong-Min Sa (2001) Effect of waste Sludge of Fermentation By-Product on the Growth of Young radish and Chemical Properties of soil. *korean J. soil. Sci. Fert.* Vol. 20, No. 1: 8-14.
3. P. J. Kim, D. Y. Chung, K. W. Chang, and B. L. Lee (1997) ineralization of Cattle Manure Compost at Various Soil Moisture Content. *korean J. soil. Sci. Fert.* Vol. 16, No. 4: 295-303.
4. P. J. Kim, D. Y. Chung, K. W. Chang, and B. L. Lee. mineralization of cattle manure compost at various soil moisture content. *korean journal of enviromental agriculyure* Vol. 16, No. 4: 295-303.
5. Jong-Gu Kim and Kwang-Yong Jung (2000) Amount of Maxium compost application on the long-term application with different orgnic material sources in upland soil. *korean J. soil. Sci. Fert.* Vol. 33, No. 3: 182-192.
6. Yong-Sig Kim, Kwand-Nam Hwang, Weon-Chul Kim, Moon-Hee Park and Kwang-Sik Kim, studies on the characteristics of humic substances and fractionations of nitrogen in paddy soils. *korean J. soil. Sci. Fert* Vol. 19, No. 3: 239-244.
7. Sun-Uk Lim (1978) A review on thechemistry of soil organic matter.*korean J. soil. Sci. Fert* Vol. 11 No. 3: 127-144.
8. Waksman SA and I, J, Hutchings (1939) Deposition of wignin by miciorg soil sci 42 : 119-126.
9. Wang-Keun Oh, In-Doo Ryu, and Un-Woo An (1973) soil conservation and maintenance of fertility on upland soils. *korean J. soil. Sci. Fert* Vol. 6, No. 4: 53-60.
10. Yong Hwa Shin and Hyong Ok Kim (1975) characteristics of volcanic ash soils. *korean J. soil. Sci. Fert* Vol. 8, No. 3: 113-119.