

## 점토광물 혼합 사료 급여로 발생된 우분의 토양 시용과 질소성분의 변화

김정규 · 이상환 · 이창호 · 이남주 · 손용석<sup>1)</sup> · 임수길\*  
고려대학교 자연자원대학

### Field Treatment of Cow Manure Originated from the Clay Mineral Feeding and the Change of Nitrogen in Soils

Jeong-Gyu Kim, Sang Hwan Lee, Chang Ho Lee, NamJoo Lee, <sup>1)</sup>Yong Suk Son, and Sookil Lim (Dept. of Agricultural Chemistry, <sup>1)</sup>Dept. of Animal Science, Collage of Natural Resources, Korea University, Seoul, 136-701, \*lim1329@mail.korea.ac.kr)

**ABSTRACT** : This study was conducted to examine the change of nitrogen in soils treated by cow manure originated from the clay mineral feeding. Bentonite, zeolite, and porphyry were feeded. CEC of the porphyry showed the lowest value, 12.02 cmol/kg, among three kinds of clay mineral. The manure treated soils were incubated at 14, 18, 22, 25°C. CEC of the manure after bentonite, zeolite, porphyry feeding were 147.5, 137.0, and 114.0 cmol(+)/kg, respectively. These values were higher than that of non-mineral treated manure, 107.5 cmol(+)/kg. After 8 weeks incubation, there were no significant difference in the content of NH<sub>4</sub>-N, but the content of NO<sub>3</sub>-N in soils were in order of zeolite treated > bentonite treated > porphyry treated > non-mineral treated. These results suggested that the clay mineral adsorbed NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and prevent the loss of nitrogen from soils.

**Key words** : Cow manure, bentonite, porphyry, zeolite, soil treatment, nitrogen

## 서 론

점토광물의 농업 및 환경적 이용은 점토광물의 높은 비표면적과 전하를 가지는 성질을 이용하는 것이라 할 수 있다. 비금속성 자원의 이용·개발 측면에서 Zeolite를 비롯하여 Vermiculite, 맥반석 등이 관심 있게 연구되고 있다. 국내 생산잠재력이 있는 광물은 약 16종으로 알려져 있으나 주로 연구되어왔던 것은 Zeolite와 맥반석 등이다.

Zeolite의 이용에 대한 연구에서는 토양개량제로서 작물양분의 보유능력 증대,<sup>1,2)</sup> 작물의 수량증수<sup>3,4)</sup> 등 농업적 이용뿐만 아니라 농약 및 비료의 증량제,<sup>5)</sup> 공장폐수의 정화, 중금속 흡착제,<sup>6)</sup> 생활하수 및 축산폐수 정화에 있어 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>흡착제<sup>7)</sup> 등 다방면에 그 이용이 증대되고 있고 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

맥반석의 경우 결정학적 분석 결과 휘록분암으로 추정되고 화학적으로 pH가 8.7이며, CEC는 9.0 cmol(+)/kg으로 일반토양보다 낮아 맥반석 만을 사용하여 토양개량 효과를 얻기에는 적절한 재료라 하기 어렵고 수도, 땅콩, 고추, 배추 등에서 맥반석 단독 시용효과는 인정되지 않는다는 보고가 있었다<sup>8)</sup>. 그러나, 맥반석이 정수, 병충해 방제, 종자코팅, 약취제거 등에 효능이 있다고 알려

지고 있고, 외국의 일부 연구결과는 증수효과가 있는 것으로 보고되어 있기도 하다.

Bentonite를 이용한 완효성 비료 개발 및 응용에 대한 연구에서 K-bentonite를 제조하여 실험한 결과 사질토양에서 무우 및 상치의 생육을 촉진하는 결과도 있다<sup>9)</sup>.

최근에 손 등<sup>10)</sup>은 가축의 사료에 점토광물을 혼합하여 급여한 결과 맥반석, Zeolite, Bentonite 등의 점토광물을 혼합 급여한 것에서 가축의 영양상태와 생산능력 면에서 긍정적인 효과가 있음을 보고하였다.

본 연구는 점토광물을 혼합한 사료를 급여하여 얻은 분뇨를 토양에 투여하였을 때 토양 내에서의 유기물의 부속, 무기화 과정에서 온도에 따른 토양 내에서의 전질소, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 변화양상을 점토광물이 혼합되지 않은 사료를 투여하여 발생한 일반분뇨의 토양투입과의 차이를 규명하기 위해 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 점토광물, 축분 및 토양분석

공시광물의 화학적 조성은 공시광물의 입도를 200mesh이하로

표준화하여 고려대학교 내 기초과학지원연구소에서 X선 형광분석을 하였다.

축분과 토양의 분석은 농업기술연구소의 토양화학분석법에 준하여 실험을 실시하였다. 전질소,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 은 Kjeldahl 법에 의해 정량하였으며, 유효인산의 경우 Bray No 1법, CEC는 1N  $\text{NH}_4\text{OAc}$  (pH7.0) 포화증류법, 유기물은 Tyurin법, 치환성양이온은 1N  $\text{NH}_4\text{OAc}$  (pH7.0) 침출 후 AAS를 이용하여 측정하였고 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 유리전극으로 측정하였다.

점토광물 혼합 사료의 급여 및 분뇨의 수거

맥반석, Zeolite, Bentonite를 농후사료에 1%비율로 혼합한 사료를 급여하기 시작하여 5일이 경과한 후부터 15일간 발생하는 분뇨를 수거하였다. 수거한 분뇨는 건조후 2mm로 사별한 후 화학적 특성 조사 및 incubation test에 이용하였다.

Incubation test

온도 조건에 따라 토양에 투입된 우분 중 질소의 무기화 비율을 관찰하고자 incubation test를 12주간 실시하였다. 토양의 경우 고려대학교 부속농장의 토양을 사용하였고 우분은 일반분뇨와 사료에 광물(Zeolite, Bentonite, 맥반석)을 투입한 분을 사용하였다.

실제 포장에 투입되는 분을 수분정량 후 시료량을 결정하여 건조토양 1kg당 분 35.67g의 비율로 토양과 혼합하였다. Incubation 온도는 14°C, 18°C, 22°C, 25°C의 4수준으로 유지하였고 수분관리는 포장용수량의 2/3수준으로 유지하면서 12주동안 2주 간격으로 시료를 채취하여  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , TKN의 함량변화를 조사하였다.

결과 및 고찰

공시 점토광물의 특성

공시 점토광물의 특성을 Table 1에 나타내었다. 광물의 pH의 경우 8.73-9.92로 알칼리성을 띠고 있었고 CEC의 경우 Bentonite > Zeolite > Porphyry로 나타났는데 맥반석(Porphyry)는 세 점토광물 중 가장 낮은 값인 12.02로 우리나라 토양의 평균 CEC보다도 낮은 값을 보이고 있어 단일 처리로는 토양개량효과를 기대하기 어렵다고 한 최 등<sup>8)</sup>의 보고와 일치하는 경향이였다. Zeolite의 경우 pH에 있어서는 엄 등<sup>11)</sup>등이 보고한 평균 pH 6.8보다는 높았고 CEC는 평균 91.9보다는 낮은 값을 보였다.

공시축분 및 토양의 화학적 특성

공시축분(광물급여후의 축분) 및 토양의 화학적 특성은 Table 2에 나타내었다. 우분의 경우 유기물 함량은 53~54%의 범위로 급여한 점토광물별 차이는 크지는 않았으나 정<sup>12)</sup>이 보고한 우분의 평균 41.5%보다 다소 높았는데, 맥반석분 처리 분뇨가 57.51%로 가장 높았으며, Zeolite분이 53.27%로 가장 낮았다. 유기물 함량이 높게 평가된 것은 숙성과정을 거치지 않고 생우분을 바로 건조하여 실험에 사용하였기 때문이라고 생각된다. TKN의 함량은 2.21-2.52%의 범위로 평균함량 2.06 보다 다소 높은 값을 보이고 있었다. 질소함량에 있어서 점토광물에 따른 차이는 크지 않았다고 판단되는데 Zeolite분이 2.52%로 가장 높았고, 일반분이 2.21%로 가장 낮았다. C/N율은 맥반석분이 25.9로 가장 높았고, Zeolite분이 21.1로 가장 낮았으나 모두 평균 우분의 C/N율보다 높은 C/N율을 나타내고 있었는데 이는 앞에서 지적하였던 바처럼 유기물의 분해가 이루어지지 않아 높은 유기물 함량에 영향을 받은 것이라 생각이 되고 토양 중에서의 분해과정이 분석되어야 할 것으로 판단되었다. 일반적으로 C/N이 25-35인 것이 부숙화에 알맞으며 이보다 높으면 부숙화가 지연되고 낮으면 암모니아 가스로 질소의 손실을 초래하는 것으로 알려져 있다. 분들은 대체적으로 암모니아태 질소가 질산태 질소보다 월등하게 많아서 일반적인 생분의 특성을 나타내고 있었으며 인산의 함량은 2,500 mg/kg 이상으로 나타났다. 이는 정<sup>12)</sup>이 보고한 값과 유사한 수치였다.

CEC의 경우 시험된 우분 중에서도 광물을 처리한 분에서 높은 것으로 나타났는데 이는 분에 혼합된 점토광물에 기인된 것이라고 보여진다. Bentonite가 처리된 분이 147.5 cmol/kg으로 나타나 가장 높은 CEC를 보였는데 이는 처리된 점토광물 중 Bentonite가 높은 CEC를 가지는 것이기 때문이고, 맥반석 처리분이 114 cmol/kg으로 낮은 값을 나타낸 것도 같은 이유이다. 일반분은 맥반석 처리 분보다 약간 낮은 107.5 cmol/kg으로 나타나 분중의 유기물에 의한 전하의 발생이 투입된 점토광물에 의한 전하의 발생보다는 우세한 것으로 나타났다.

pH의 경우 알칼리로 기울어져 있는 것으로 나타났는데 이는 분 자체의 높은 pH와 유기물 내 다량의 무기염들에 의한 영향이라 판단된다. 그리고 우분 내에 상당량의 무기염류 특히, 나트륨(Na)과 마그네슘(Mg)의 함량이 높은 것으로 나타나 장기간 연용 시의 토양내 염류집적에 대해서는 신중한 고려가 필요할 것으로 생각되었고 아울러 분의 적정 시용량에 대한 검토가 요구된다고 보인다.

Table 1. Chemical properties of Porphyry, Zeolite and Bentonite

	pH	CEC	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I
	1:5	cmol(+)/kg	----- % -----										
Porphyry	9.18	12.02	69.02	14.84	2.90	0.36	0.18	1.43	1.22	2.98	2.97	0.10	3.71
Zeolite	8.73	60.62	64.10	13.04	1.65	0.24	0.07	1.10	0.95	2.55	2.76	0.05	12.90
Bentonite	9.92	68.15	63.25	13.45	2.24	0.20	0.06	1.77	1.15	1.63	1.96	0.05	13.24

Table 2. Physico-chemical properties of the manures and the soil

	OM (%)	TKN (%)	C/N ratio	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/kg	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg/kg	Av.P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	CEC (cmol/kg)	pH	Ex. Cation(cmol(+)/kg)			
									Ca	Na	K	Mg
None treated manure	54.83	2.21	24.8	134.96	47.32	2603.86	107.5	8.73	0.42	6.77	1.53	5.20
Porphyry treated manure	57.51	2.22	25.9	140.42	22.40	2957.82	114.0	8.79	0.46	3.53	1.60	7.34
Zeolite treated manure	53.27	2.52	21.1	216.30	62.44	2970.03	137.0	8.38	0.33	3.24	1.63	6.30
Bentonite treated manure	54.65	2.37	23.1	124.88	37.70	2520.35	147.5	8.27	0.46	3.13	1.60	7.34
control soil	1.97	0.25	7.88	22.82	28.00	394.24	15.2	6.29	0.23	0.09	0.45	1.92

공시된 토양은 유기물 함량 1.97%로 일반적인 경작지 토양의 유기물함량(2.5~3%)에 밀렸으나 TKN은 0.25%로 유기물함량에 비하여 높은 편으로 C/N율도 7.88이었다. 또한 CEC는 우리나라의 일반 토양들이 나타내는 범위 내인 15.2 cmol(+)/kg을 보였고 토양반응은 중성역의 양호한 조건을 나타냈다.

#### Incubation test

분뇨중 질소성분은 대부분 유기태이며, 퇴비화를 통해서 상당부분 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N과 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N형태로 무기화되고, 일부는 퇴비화 과정이나 토양내에서 미생물작용에 의해서 NH<sub>3</sub>나 N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>로 전환되어 대기중으로 휘산되어 손실된다. 이러한 무기화는 C/N율, 수분, pH, 온도 및 통기조건 등에 따라 좌우되는 것으로 알려져 있다.<sup>15)</sup> 온도조건을 달리하여 분의 무기화과정을 조사한 결과는 다음과 같다.

#### NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N함량의 변화

Table 3은 분뇨를 토양에 혼합한 후 온도를 달리하여 배양하면서 측정된 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 함량변화를 나타낸 것인데, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 함량은 배양 후 2-4주 사이에 최고값을 보이다가 배양 기간이 경과함에 따라 감소되는 경향을 보였다. 분뇨의 무기화과정에서 발생하는 암모니아형태의 N은 크게 두 가지 형태로 나타나는데 NH<sub>3</sub>와 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>형태이다. 이 두 형태는 토양온도와 pH에 따라서 가변적으로 존재하는 것으로 알려져 있다.<sup>14)</sup> 대부분의 경작지 토양에서 암모니아형태 N은 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>형태로 존재하는데 토양입자에 흡착되어 식물체에 흡수되거나 질산태 질소로 무기화 된다. 토양내 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 발생량과 NH<sub>3</sub> 휘발량은 토양내 시용되는 비료의 형태, 토양의 pH, 온도, 수분조건, 토양의 CEC 등에 의해서 크게 좌우되는 것으로 알려져 있다. 특히 토양내 온도가 20-30℃에서 질산화가 활발하고 50℃이상에서는 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 발생량이 최대인 것으로 알려져 있다. 12주 동안의 배양이 종료된 시점에서의 함량으로 볼 때 고온에서 배양시킬 때보다 저온으로 배양하였을 때가 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 함량이 높았는데, 이는 고온에서 암모니아태 질소의 휘산과 질산태 질소로의 변환이 저온에서보다 많았음을 시사하는

것이다. 또한 배양 초기에는 고온일수록 암모니아태 질소의 함량이 많은 경향을 나타냈는데 이는 고온일수록 유기태 질소의 암모니아태 질소로의 변환이 많았음을 나타내는 것으로 미생물의 생육이 가장 왕성한 온도영역이 20-30℃라고 한 다른 연구들<sup>15,16)</sup>과 일치되는 경향이라 생각된다. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 최종함량에 있어서는 14℃로 배양한 처리구를 제외하고는 분을 처리한 토양과 대조토양간의 차이가 거의 없었으며 투여광물에 따른 차이도 보이지 않았다. 따라서 암모니아태 질소는 배양기간이 약 8주 경과되면 처리구간에 특이한 차이를 보이지 않았는데 분의 투여 후 이 기간이 지나면 초기의 유기물 분해는 그 속도를 늦추어 평형상태에 도달하는 것으로 판단된다.

Table 3. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N content in soils at different incubation temperature

Manure & Soil	Incubation temp.(°C)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> nitrogen (mg/kg)				
		Incubation Time (week)				
		2	4	8	10	12
None treated manure	14	25.0	22.8	12.5	21.7	22.5
	18	49.9	35.5	15.5	10.4	7.8
	22	19.6	26.8	19.1	2.8	8.0
	25	62.4	56.8	13.5	11.1	13.3
Porphyry treated manure	14	38.2	20.6	13.3	19.0	20.8
	18	48.8	38.0	7.9	2.7	8.5
	22	28.3	25.6	5.5	3.0	4.1
Zeolite treated manure	25	43.0	49.7	27.1	3.0	11.4
	14	25.9	11.3	10.3	12.5	16.9
	18	29.8	23.0	12.8	8.3	10.6
Bentonite treated manure	22	31.8	31.1	10.5	18.8	2.9
	25	47.0	34.6	13.6	3.1	4.7
	14	24.0	18.4	18.0	16.0	11.3
control soil	18	27.7	12.1	14.5	20.0	19.0
	22	30.5	36.5	17.9	9.4	5.8
	25	20.4	27.2	13.1	3.3	10.0
control soil	14	32.2	17.9	15.7	17.0	11.4
	18	39.1	17.7	15.7	8.4	9.8
	22	29.6	23.9	24.4	13.6	0.3
	25	22.2	24.5	14.9	0.7	11.9

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 함량의 변화

Table 4에 나타난 바와 같이, 축분 투여 후 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N의 함량은 배양 시간이 경과함에 따라서 증가되는 추세로 10-12 주경에 최고수준에 도달하였다. 온도에 따른 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N의 발생양상은 22와 25℃ 처리구에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N의 함량이 많은 것으로 나타났는데 이는 질소의 무기화에 관여하는 미생물의 최적조건이 20-30℃에 있기 때문인 것으로 보여진다.<sup>17)</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N의 발생량이 가장 높았던 처리구는 Zeolite 투여분뇨 처리구로 25℃에서 10주경 603 mg/kg이었고 Bentonite > 맥반석 > 일반분의 순으로 나타났다. 최종단계에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N의 함량은 저온인 14, 18℃에서는 200 mg/kg내외로 광물을 급여한 분과 급여하지 않은 분, 광물중에 따른 차이가 크지 않았지만, 고온인 22, 25℃에서 배양최종단계인 12주경에서는 광물을 급여한 분에서는 400 mg/kg, 급여하지 않은 분에서는 200 mg/kg으로 차이가 현저하였다.

전반적으로 광물처리분에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N의 발생량이 높았던 것은 점토광물이 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N을 고정하고 있어 NH<sub>3</sub> 등으로 인한 휘산의 손실을 최소화하고 시간이 경과하면서 서서히 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N으로 무기화되었기 때문이라고 생각된다. 이 점은 이와 최<sup>18)</sup>가 Zeolite의 양분보유력을 이용 축산폐수중의 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N을 흡착시켜 비료로 이용하는 것을 시도하였던 것과 유사한 것이라고 생각된다.

한편, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N의 경우 식물에 의해 흡수가 잘되지만 토양교질과의 결합력이 약해 토양내 이동성이 강한 이온으로서 작물에 흡수 이용되지 못하는 경우 분뇨의 과다 사용으로 인한 주변 수계 및 지하수의 오염을 유발할 수 있으므로 적정사용량과 사용시기

에 대한 검토가 필요하다고 생각된다.

TKN함량의 변화

Incubation 과정 중의 TKN 함량의 변화를 Table 5에 나타내었다. TKN의 함량은 전체 처리구에서 배양기간이 증가함에 따라서 서서히 감소하는 경향을 보였다. TKN의 변화는 토성, 온도, 수분함량, 토양 pH, 토양미생물, CEC등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.<sup>13,16)</sup>

TKN의 감소는 토양 중 질소의 탈질이나 암모니아태로의 휘산에 의하여 감소에 의한 것으로 볼 수 있는데 본 실험에서도 최종단계에서의 함량으로 볼 때 고온에서의 감소의 폭이 컸던 것으로 보아 암모니아태로의 휘산에 의한 것이 TKN함량의 감소에 있어 주된 요인으로 생각해 볼 수 있다. 광물급여의 영향은 Bentonite > Zeolite > 맥반석 > 일반분의 순으로 최종단계에서 TKN의 함량이 높게 조사되었다. 최종 단계에서 TKN의 함량에 있어 급여광물간의 차이는 앞에서 지적하였던 바처럼 점토에 의한 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N의 유지에 의해 기인되는 것이라 생각된다.

Incubation test 이후의 토양 이화학적 변화

Incubation test 이후의 토양의 이화학적 변화를 Table 6에 나타내었다. 토양 pH의 경우 분뇨를 처리하지 않은 대조토양에 비해서 분뇨를 처리한 토양에서 약간 감소되는 경향을 보였는데 이는 질산화작용 과정에서 H<sup>+</sup>이온이 방출되었기 때문이라 생각된다. CEC의 경우 대조토양에 비해서 분을 사용한 토양에서 증가

Table 4. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N content in soils at different incubation temperature

Manure & Soil	Incubation temp.(℃)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> nitrogen (mg/kg)				
		Incubation Time (week)				
		2	4	8	10	12
None treated manure	14	38.0	92.7	168.9	218.1	190.0
	18	39.9	31.4	119.8	175.7	143.9
	22	203.3	195.1	129.8	102.5	197.1
	25	167.0	226.0	247.9	329.8	213.2
Porphyry treated manure	14	46.8	54.6	118.9	129.4	167.0
	18	55.4	100.0	105.2	110.0	159.3
	22	108.3	175.5	233.4	303.3	430.8
	25	121.4	124.0	216.8	253.3	416.9
Zeolite treated manure	14	24.6	33.1	104.4	120.1	152.5
	18	92.4	52.1	210.3	276.0	267.0
	22	235.5	218.6	227.9	252.2	428.0
	25	95.9	211.1	576.0	603.0	425.0
Bentonite treated manure	14	107.1	126.9	133.0	142.6	133.6
	18	87.0	90.0	134.6	254.0	259.7
	22	77.5	89.8	220.0	207.5	361.1
	25	92.9	131.2	474.1	477.9	420.0
control soil	14	23.9	67.2	93.8	96.0	148.0
	18	48.1	45.1	40.0	87.9	117.9
	22	27.6	135.2	44.6	75.8	84.4
	25	24.9	151.3	208.9	194.0	124.0

Table 5. TKN content in soils at different incubation temperature

Manure & Soil	Incubation temp.(℃)	Total Kjeldahl nitrogen (%)			
		Incubation Time (week)			
		4	8	10	12
None treated manure	14	0.36	0.30	0.32	0.32
	18	0.38	0.32	0.31	0.30
	22	0.28	0.28	0.29	0.22
	25	0.32	0.25	0.27	0.24
Porphyry treated manure	14	0.33	0.29	0.30	0.26
	18	0.32	0.34	0.31	0.30
	22	0.30	0.30	0.28	0.26
	25	0.36	0.28	0.28	0.27
Zeolite treated manure	14	0.41	0.38	0.33	0.34
	18	0.36	0.37	0.32	0.32
	22	0.33	0.28	0.28	0.25
	25	0.34	0.33	0.31	0.28
Bentonite treated manure	14	0.41	0.32	0.34	0.33
	18	0.32	0.33	0.30	0.28
	22	0.34	0.31	0.30	0.26
	25	0.33	0.35	0.33	0.30
control soil	14	0.25	0.25	0.25	0.24
	18	0.25	0.24	0.23	0.22
	22	0.25	0.25	0.23	0.22
	25	0.25	0.25	0.19	0.18

Table 6. Physico chemical properties of soils treated with various cow manure originated from the clay mineral feeding after incubation

Manure & Soil	Incubation Temp.	pH	TKN	OM	Av. P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	CEC	Exchangeable cation			
							Ca	Mg	Na	K
		(1:5)	(%)		mg/kg		cmol(+)/kg			
None treated manure	14°C	5.60	0.32	2.62	1193	15.3	2.99	2.16	1.67	1.70
	18°C	5.61	0.30	2.60	1208	15.2	2.84	2.88	2.17	3.38
	22°C	5.22	0.22	2.67	1165	14.9	2.97	2.88	1.96	5.01
	25°C	5.66	0.24	2.47	1001	15.7	3.70	3.46	1.95	2.78
Porphyry treated manure	14°C	5.88	0.26	2.88	1232	15.6	3.18	3.58	1.96	1.91
	18°C	5.86	0.30	2.70	1208	14.7	3.68	4.57	2.90	2.42
	22°C	5.37	0.26	2.84	1229	15.1	2.99	2.99	1.94	5.84
	25°C	5.70	0.27	2.79	1245	17.8	3.03	3.50	1.75	4.11
Zeolite treated manure	14°C	5.80	0.34	2.78	984	16.8	3.70	3.42	2.11	2.25
	18°C	5.81	0.32	2.90	1019	15.9	3.49	3.50	1.80	4.68
	22°C	5.37	0.25	2.59	986	16.2	3.83	3.82	1.95	8.23
	25°C	5.35	0.28	2.54	989	17.0	3.90	3.98	1.99	5.51
Bentonite treated manure	14°C	6.09	0.33	2.84	1114	15.7	3.08	3.29	2.21	2.00
	18°C	6.06	0.28	2.88	1053	15.0	3.18	2.50	1.90	5.87
	22°C	5.43	0.26	2.50	1158	16.5	3.25	3.48	1.82	4.08
	25°C	5.79	0.30	2.65	1112	16.4	3.14	3.33	1.80	3.29
control soil	14°C	5.90	0.24	1.68	384	15.6	2.09	3.14	0.43	1.53
	18°C	6.10	0.17	1.93	358	14.8	2.09	3.27	0.65	1.69
	22°C	5.83	0.22	1.98	374	14.7	2.15	2.73	0.60	2.85
	25°C	5.73	0.18	2.21	361	14.7	2.19	3.11	0.71	1.95

되었고 광물을 급여한 분을 시용한 토양에서 CEC가 높게 평가되었다는 것과 유효인산의 함량과 치환성양이온의 함량의 증가이다. 그리고 우분처리구에서 유효인산과 치환성양이온들의 함량의 증가는 현저하였는데 작물생육과 연관시켜 볼 때 긍정적인 측면이라 생각된다.

## 요 약

점토광물을 혼합한 사료를 급여하여 발생한 우분을 토양에 혼합하여 14, 18, 22, 25°C로 배양하면서 토양 중에서의 질소의 변화 과정을 추적하였다. 사료에 혼합한 점토광물은 벤토나이트, 지올라이트, 맥반석이었으나 CEC는 Bentonite > Zeolite > Pophyry로 맥반석은 세 점토광물 중 가장 낮은 값인 12.02이었다. 점토광물을 혼합한 사료 급여후에 배출된 분의 CEC는 Bentonite, Zeolite, Porphyry 급여의 경우 각각 147.5, 137.0, 114.0 cmol/kg로 점토광물이 혼합되지 않은 일반분의 107.5 cmol/kg보다 높은 수치를 나타냈다. 분과 토양을 혼합하여 18°C 이상의 온도에서 배양되면 8주 후에는 처리구간의 차이가 적어져서 안정화되는 것으로 나타났다. 분 배양후 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 함량은 처리구별로 차이를 크게 보이지 않은 반면에 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N의 함량은 Zeolite > Bentonite > Porphyry > 일반분의 순으로 나타났다. 점토광물이 혼합된 분이 처리된 토양에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N의 함량이 높게 유지된 것은 점토광물에 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N이 흡착되어 휘산 등에 의한 손실이 줄어들었기 때문이라 하고 판단된다.

## 사 사

본 연구는 농림부의 농림기술연구개발비 지원으로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다. 또한, 점토광물의 분광학적 분석을 수행해준 기초과학지원센터 서울분소에도 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. Lim, Soo-Kil, Lee, Chang-Ho and Shin, Kwan-Seop. (1995) Effects of Zeolite Partical on Soil Chemical Properties and Rice Growth. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.*, 28(4) : 340~349.
2. Weber, M.A., Barbaric, K.A. and Westfall, D.G. (1983) Ammonium adsorption by a zeolite in a static and dynamic system. *J. Environ. Qual.* 12 : 549~552.
3. 장남일, 이재석, 박노권 (1977) 사질토양 사과원에 대한 점토광물 시용효과 시험. 경북 농진원 시험연구보고서, pp. 499~503.
4. 엄명호, 정필관 (1980) 우량점토광물의 개량제 시험. 농업기술연구소 시험연구보고서, pp. 161~165.
5. Kim, M.K. (1970) Studies on the effects of silicate and phosphate application on the growth of rice seedling,

- Korean Soc. Soil Sci. & Fert., 3(1) : 17-21 (in Korean with English abstract).
6. Kim, Sang-Su, Hur, Nam-Ho, and Choi, Jyung. (1991) Development of heavy metal adsorption utilizing natural zeolite. *Korean J. Environ Agric.*, 10(1) : 11~19.
  7. Kim, Sang-Su, Hur, Nam-Ho, and Choi, Jyung (1991) Utilization of natural zeolite for  $\text{NH}_4^+$ -N adsorbent. *Korean J. Environ, Agric.*, 10(1) : 27~31.
  8. Choi, Dae-Ung, Jung, Pil-Kyun, Um, Ki-Tae, Park, No-Kwon, and Park, Seon-Do (1987) A study on the mineralogical characteristics and its agricultural use of barley stone (Diabase Porphyrite) J. Korean Society of Soil Science & Fertilizers, 20(3) : 199-204 (in Korean with English abstract).
  9. Park, Kuen-Woo and Choy, Jin-Ho (1985) Study on the Development and application of slow releasing fertilizer using Korean natural clay minerals. II. Synthesis and application of K-bentonite. *Korean J. Environ, Agric.*, 5(2) : 135~140.
  10. Son, Y. S. (1997) Studies on domestic clay minerals for feed and environmental use. Ministry of Agriculture and Forestry, pp. 142.
  11. Um, M.H., Jung, P.K., Im, J.N., Um, K.T., and Choi, D.U., (1985) A study on the characteristics of zeolite and bentonite distributed on the area of the tertiary, Res. Rept. RDA (P. M. & U.), 27(1) : 28~34 (in Korean with English abstract).
  12. 정광용 (1995) 유기질 및 부산물 비료 활용상의 실제. 유기성 폐기물 비료화의 문제점과 대책 심포지엄 자료집. 한국토양비료학회. pp. 17~45.
  13. Bartholomew, W. V. (1965) Mineralization and immobilization of nitrogen in the composition of plant and animal residues. In Soil Nitrogen(W.V. Bartholomew, and F.E. Clark) *Am. Soc. Agron.*, Madison, Wisconsin, pp. 285~306.
  14. Mayers, R. J. K., Campbell, C. A., and Weier, K. L. (1982) Quantitative relationships between net nitrogen mineralization and moisture content in soil. *Can. J. soil Sci.*, 62 : 111- 124.
  15. Kim, P. J., Chung, D. Y., Chang, K. W. and Lee, B. L. (1997) Mineralization of cattle manure compost at various soil moisture content. *Korean J. Environ. Agric.*, 16(4) : 295-303.
  16. Shon, Bo-Kyoon, Hong, Ji-Hyung and Park, Keum-Joo (1996) Comparative Studies on Static Windrow and Areated Static Pile Composting of the Mixture of Cattle Manure and Rice Hulls. *J. Korean Soc. Soil Sci.Fert.*, 29(4) : 403-410.
  17. Kimble, J. M., Bartlett, R. J., McIntosh, J. L., and Vanney, K. E. (1973) Fate of nitrate from manure and inorganic nitrogen in a clay soil cropped to continuous corn. *J. Environ Qual.*, 1: 413-415.
  18. Lee, Dong-Hoon and Choi, Jyung (1996) Optimum condition for  $\text{NH}_4$ -N Removal in cowshed wastewater by zeolite column. *Korean J. Environ, Agric.*, 15(2) : 232~238.