

가축분에 몇가지 석회 화합물 처리에 의한 질소손실 경감과 NH₃ 가스 발생 감소에 미치는 영향

朴昶圭 · 梁莊錫 · 趙光來 · 元善伊
경기도 농업기술원

Effects of Lime Compounds on the Reduction of Ammonia Gas Formation and Nitrogen Loss During the Formation of Poultry Manure - Sawdust

Park Chang - Kyu · Yang Jang - Souck · Cho Kwang - Rae · Won Seon - Yi
Koynggi - do Agricultural Research and Extension Service, Hwasseong, 445 - 970 Korea

ABSTRACT

To reduce loss of nitrogen and generation of ammonia gas during composting, poultry manure and sawdust were mixed at the equivalent ratio and calcium chloride, fused superphosphate and vermiculite were added.

Ammonia and sulfurous gas during composting, and NH₄-N and NO₃-N contents of composts were periodically measured.

With the treatments of 0.5~3% calcium chloride and 3% fused superphosphate, ammonia and sulfurous gas during composting significantly decreased, and especially generation of gases sharply reduced and an increase of calcium chloride.

Extractable NH₄-N content in composts treated with calcium chloride and fused superphosphate were high but extractable NO₃-N markedly decreased.

In conclusion, the results suggest that it is necessary the addition of 1~3% calcium chloride or 3% fused superphosphate to reduce loss of nitrogen and generation of offensive odor during composting of poultry manure mixed with sawdust.

Key words : Poultry manure - sawdust compost, Nitrogen loss, NH₃ gas, SO₂ gas

I. 서 언

1980년대 이후 급속한 경제 성장과 생활수준의 향상으로 육류의 소비량이 증가됨에 따라, 양돈, 양계 등 가축의 사육두수가 급격히 증가되어 과량의 가축분이 발생되고 있으며 대부분이 농경지에 투입되고 있다. 그러나 노지에 방치되는 가축분도 많아 환경오염원이 우려되고 있다.

현재 가축분은 주로 시설재배지에서 다량으로 사용하고 있으나 대부분이 미부숙 상태로 농가에서 사용하고 있어 퇴비 사용후 NH_3 및 SO_2 가스 발생으로 악취가 심하고, 휘산 등에 의해 질소가 손실되고 있는 실정이다(오 등, 1982; 오 1984; 박 등, 1992). 또한 가축분 퇴비는 장기간 부숙시켜 완숙된 퇴비를 사용해야 하므로 부숙기간이 길고 번거롭기 때문에 시설재배지에서는 종종 미부숙 가축분을 사용하므로써 고소득 채소류 및 원예작물의 암모니아 가스에 의한 생육피해가 속출하고 있다. 이러한 현상은 우분퇴비 보다는 계분과 돈분 퇴비 사용에 더욱 흔히 나타난다. 따라서 암모니아가스 발생에 따른 작물의 피해를 줄이고, 질소의 손실을 경감시키기 위하여 볏짚 등 신선유기물이나 버미큐라이트등과 같은 광물질을 혼합하여 사용하기도 한다(Bundy 등, 1973; 이 등, 1984; Plessis 등, 1996).

이에 본 연구는 퇴비화과정에 수반되는 암모니아가스 발생을 줄여 질소손실을 효과적으로 경감할 수 있는 방안의 일환으로 염화석회 및 용과린 등 몇가지 석회물질의 사용효과를 검토하였다.

II. 재료 및 방법

강우차단조건인 비가림 비닐하우스내에서 생계분과 미송톱밥을 50:50(v/v)의 비율로 혼합한 퇴비원료에 염화석회 0, 0.5, 1.0, 3.0%, 용과린 3.0% 및 버미큐라이트 3.0%를 각각 첨가한 다음, 약 1m²의 정제식 퇴비발효조에서 60일 동안 퇴비화 실험을 4반복으로 실시하였다. 이때 퇴비더미의 뒤집기는 1주일 간격으로 행하였다. 공시재료로 사용한 계분과 톱밥혼합물의 이화학적 성질은 <표 1>과 같다.

Table 1. Chemical Properties of the poultry manure-sawdust compost.

pH(1:10)	T-C(%)	T-N(%)	C/N ratio	Moisture(%)
7.1	54.7	1.15	47.6	60.9

퇴비화과정중 발생되는 NH_3 와 SO_2 가스를 채취하기 위하여 3cm 간격으로 직경 3mm의 구멍이 뚫린 PVC 원통($\phi 7\text{cm} \times$ 길이 100cm)을 퇴비더미 속에 45도 각도로 비스듬히 90cm 정도를 묻었다. 퇴비더미속에 묻힌 PVC원통의 윗구멍을 실리콘마개로 밀봉한 다음 그 마개의 중

양을 뚫어 소형 유리관을 꽂고 작은 고무마개를 사용하여 구멍을 막았다. 가스 측정시에는 소형관에 꽂힌 고무마개를 열고 각각 NH₃와 SO₂가스 검지관이 장착된 공기흡입식 가스검출기(KITAGAWA Model 5A0089)로 원통내의 공기 100ml를 채취하여 각 가스농도를 조사하였다. 퇴비중 NH₄⁺-N과 NO₃⁻-N은 IN-KCl로 침출한 다음 NH₄⁺-N은 Indophenol Blue 법, NO₃⁻-N는 Blucine법으로 분광광도계(Gilfrd stasar III)를 이용하여 비색정량하였다(농촌진흥청, 1988).

III. 결과 및 고찰

1. 퇴법계분퇴비의 NH₃가스, SO₂가스, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N의 누적 발생량

염화석회, 용과린, 버미큘라이트 등을 처리후 5일부터 55일 사이에 4회 측정된 NH₃가스의 누적 발생량은 염화석회와 용과린 처리시 무처리에 비해 약 50% 크게 감소된 반면 버미큘라이트 처리는 20%감소로 처리효과가 적었다(그림 1).

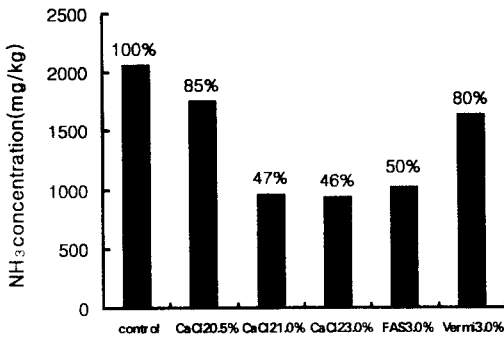


Fig.1. The cumulative NH₃ concentration during 55 days of poultry manure-sawdust compost production.
* FAS (Fused and Superphosphate)
vermi (vermiculate)

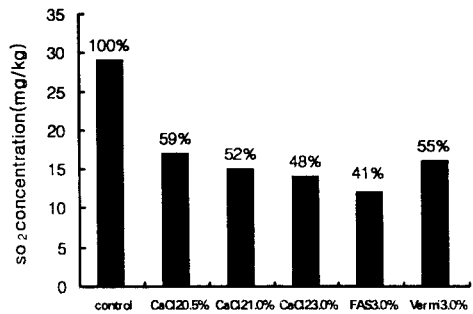


Fig.2. The cumulative SO₂ concentration during 55 days of poultry manure-sawdust compost production.
* FAS (Fused and Superphosphate)
vermi (vermiculate)

염화석회는 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며, 염화석회 1%와 3% 처리는 유사한 효과를 보였다. 한편 SO₂가스 누적 발생량은 염화석회, 용과린, 버미큘라이트 처리 모두 감소효과가 현저하였으며 같은 3% 처리 수준에서는 용과린 > 염화칼슘 > 버미큘라이트 순으로 감소효과가 컸다(그림 2). 염화석회는 NH₃ 가스 발생에서와 같이 처리량이 많을수록 SO₂ 발생량이 적은 경향이었다. Fenn 등(1973, 1985)에 의하면 실내시험으로서 몇가지 토양에 염화석

회를 처리했을 때 NH₃가스 발생이 감소된다고 보고하였으며, 이는 본 조사에서도 톱밥계분퇴비에 염화석회 1~3% 처리는 물론 용과린 3% 처리에서도 NH₃ 및 SO₂ 가스의 발생이 현저한 감소효과를 나타내었을 뿐만 아니라 버미큘라이트 3% 처리에서도 상당한 감소효과가 인정되었다. 이와 같이 염화석회의 처리로 NH₃가스의 발생이 현저하게 감소한 원인은 염화석회중 수용성 Cl과 NH₄⁺-N의 결합에 따른 가스생성의 감소가 있었던 것이 아닌가 생각되며, 용과린의 경우는 용과린중 다량 함유되어 있는 과석 성분중에 SO₄⁻² 등에 의해 NH₄⁺-N가 결합되기 때문에 휘산이 적었던 것으로 추정되고 있다.

퇴비화 과정중 NH₄⁺-N의 누적 발생량을 보면 석회화합물질 처리구에서 모두 높았으며 첨가물질 종류별로 보면, 염화석회 0.5%~3%와 용과린 3% 처리구에서 매우 높았으며, 특히 염화석회 3% 처리시 매우 높았다(그림 3). 반면에 버미큘라이트에서는 오히려 무처리구에 비해 다소 낮았는데 이것은 추후 지속적인 검토가 있어야 할 것으로 보인다.

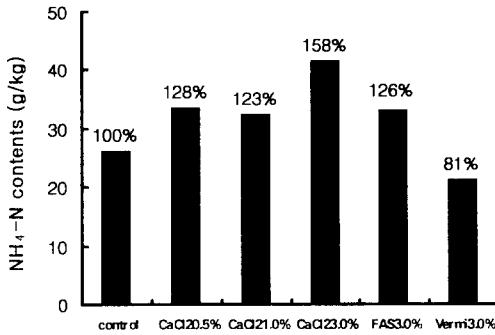


Fig.3. The cumulative NH₄-N contents during 55days of poultry manure-sawdust compost production.
* FAS(Fused and Superphosphate)
vermi(vermiculate)

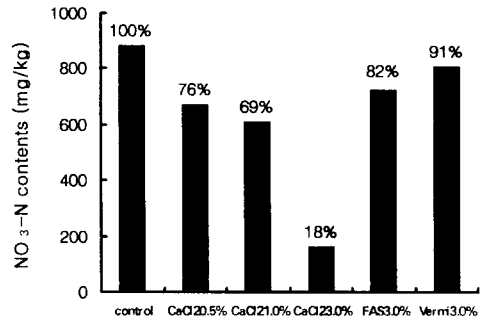


Fig.4. The cumulative NO₃-N contents during 55days of poultry manure-sawdust compost production.
* FAS(Fused and Superphosphate)
vermi(vermiculate)

한편 톱밥계분퇴비중 NO₃⁻-N의 농도는 석회화합물을 무처리한 톱밥계분퇴비에 비하여 염화석회, 용과린, 버미큘라이트 등을 처리한 퇴비에서 낮아 무처리 > 버미큘라이트 3% > 용과린 3% > 염화석회 0.5% > 염화석회 1% > 염화석회 3%의 순으로 감소하는 경향이 있었다(그림 4). 첨가물질중에서도 염화석회 처리에서 가장 낮았고 시용수준이 증가할수록 NO₃⁻-N함량은 낮았으며 특히 염화석회 3% 처리구에서 현저히 낮은 것으로 나타났다.

따라서 톱밥계분퇴비 제조시에 염화석회를 첨가하므로써 퇴비중 NH₄⁺-N 함량이 증가하고 NO₃⁻-N함량은 감소하므로써 휘산 등에 의한 NH₃가스 발생을 경감시킬 수 있을 것으로 추정된다. 또한 염화석회는 시용 수준이 증가할수록 질산화가 적은 것으로 보이며, 그 때문에 염화석회 3% 처리에서 더욱 많은 량의 NH₄⁺-N가 많아지고 NO₃⁻-N는 낮아진 것으로 판단된다.

2. 톱밥계분퇴비의 부숙기간중 경시적 NH₃ 가스, NH₄⁺-N과 NO₃⁻-N의 변화

염화석회 등 석회물질 처리후 55일까지 조사한 경시적 암모니아가스 발생량을 보면(표 2) 각 처리구에서 처리후 15~20일에 가장 높았으며 25~40일째까지는 완만히 감소되었으나 그 이후는 급격히 감소되었다. 또한 용과린 3% 처리는 처리후 25~40일에 가장 높았으나 그 이후는 급격히 감소되었다. 전체적인 NH₃ 가스의 경시적 변화를 보면 염화석회 1%, 3% 및 용과린 3% 처리에서 처리 초기부터 후기까지도 각 처리중 NH₃가스 발생량이 가장 낮은 것으로 나타났다.

Table 2. The periodic NH₃ gas concentration during 55 days of poultry manure-sawdust production.

Treatments	NH ₃ gas (mg/kg)			
	5~10day	15~20day	25~40day	55day
Control	350	850	700	160
CaCl ₂ 0.5%	300	810	550	90
CaCl ₂ 1%	130	430	350	50
CaCl ₂ 3%	130	410	350	50
FAS _a 3%	180	340	400	100
Vermiculite 3%	290	640	510	200

a : Fused and superphosphate

또한 처리후 35일까지의 경시적 NH₄⁺-N 함량변화를 보면(표 3) 염화석회 1%, 3% 처리는 처리초기부터 후기까지 함량변화가 적었으나 무처리와 용과린 3% 및 버미큘라이트 3% 처리는 처리 21이후에는 감소되기 시작하였다. 용과린 3% 처리는 처리 21일 이후에 NH₄⁺-N 함량의 감소변화가 적었으나 무처리와 버미큘라이트 3%는 처리 21일 이후에 급격히 감소되었다. 따라서 전체적인 NH₄⁺-N의 경시적 변화를 보면 염화석회 1%, 3% 및 용과린 3% 처리에서 NH₄⁺-N의 보유능력이 컸으며 특히 염화석회 3% 처리에서는 처리초기부터 후기까지 가장 높고 함량변화가 낮았다.

이상의 결과로 보아서 염화석회나 용과린은 NH₄⁺-N 보유력이 큰 것으로 판단된다.

Table 3. Periodic NH₄⁺-N contents during 35 days of poultry manure-sawdust compost formations.

Treatments	NH ₄ ⁺ -N (mg/kg)			
	14day	21day	28day	35day
Control	8910	9456	4631	3192
CaCl ₂ 0.5%	10494	9457	7428	6151
CaCl ₂ 1%	8939	8091	6312	9078
CaCl ₂ 3%	10279	9941	9323	11974
FAS _a 3%	7184	9260	8675	7982
Vermiculite 3%	5909	8309	4845	2149

a : Fused and superphosphate

한편 퇴비중 NO_3^- -N의 경시적 함량을 보면(표 4) 처리후 28일부터 35일까지 급격히 증가 되는 경향이였다. 각 처리별 함량변화는 무처리에서 가장 높게 증가되었다. 버미큘라이트에 대한 NO_3^- -N의 경시적 함량변화는 무처리에서와 비슷하였다. 또한 염화석회는 처리후 14일부터 35일까지 증가폭이 다른 처리에 비하여 낮은 경향이였으며, 특히 염화석회 3%는 처리 초기부터 후기까지 NO_3^- -N 함량이 현저히 적었다.

이상의 결과로 보아 염화석회 첨가 처리에서 NO_3^- -N 함량이 다른 처리에 비해 낮았으며 염화석회 첨가량이 증가될수록 NO_3^- -N의 함량이 적었고 특히 염화석회 3% 처리에서 현저히 적었다.

Table 4. Periodic NO_3^- -N contents during 35 days of poultry manure-sawdust compost formations.

Treatments	NO_3^- -N (mg/kg)			
	14day	21day	28day	35day
Control	66	40	194	582
CaCl ₂ 0.5%	50	27	109	485
CaCl ₂ 1%	41	19	217	332
CaCl ₂ 3%	31	22	41	68
FAS _a 3%	33	35	112	542
Vermiculite 3%	55	44	133	573

a : Fused and superphosphate

3. 석회화합물 처리에 의한 톱밥계분퇴비중 T-N, NH_3 가스와 각 무기성분 함량간 상호관계

무처리구인 톱밥계분퇴비와 석회화합물질인 염화석회 0.5%, 1%, 3% 및 용과린 3% 처리 후 35일차 부숙기에 T-N, NH_3 가스와 NH_4^+ -N, NO_3^- -N 등 각 무기성분 상호간의 관계를 검토한 결과는 다음과 같다.

Table 5. Correlation coefficients between chemical properties of poultry manure-sawdust compost during composting.

Properties	T-N	NH_3	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	C/N	pH	Ca	P_2O_5
T-N	-	-0.878**	0.991**	-0.898**	-0.766**	-0.795**	0.020	-0.010
NH_3	-0.878**	-	-0.878**	0.967**	0.458	0.524	-0.478	0.476

*, **: Significant at 5%, 1% level respectively.

T-N과 NH_4^+ -N은 고도의 정의 상관의 있었으나 NH_3 , NO_3^- -N, C/N을, pH 등은 고도의 부의 상관의 있었다. 이것은 NH_4^+ -N함량이 증가될수록 전질소함량이 많아짐을 알 수 있었으며, NH_3 가스, C/N을, pH가 낮아질수록 T-N이 증가됨을 알 수 있었다. 또한 조 등

(1990)에 의하면 질소 손실은 아미노화합물에서 NH₃化 등으로 되어 손실된다고 하였으며, 이 등(1987)에 의하면 NO₃⁻-N와 NH₄⁺-N은 고도의 정의 상관성이 있었다고 하였다. 본 조사에서는 NO₃⁻-N와 NH₃가스는 고도의 정의 상관성이 있었으며 이것은 염화석회가 NH₄⁺-N의 질산화를 억제하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 NH₃ 가스와 NO₃⁻-N, T-N와 NH₄⁺-N도 고도의정의 상관성이 있었으나 T-N와 NO₃⁻-N은 고도의 부의 상관성이 있었다. 또한 NH₄⁺-N가 수용성 Cl⁻, SO₄⁻² 등과 결합되어 NH₃가스 발생량이 낮아지기 때문에 T-N과 NH₄⁺-N은 정의 상관성이 성립된 것으로 추정된다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 톱밥계분퇴비에 염화석회 등 석회화합물 처리에 따른 NH₃가스 발생에 미치는 효과는 무처리에 비하여 염화석회와 용과린 처리에서 가장 적었으며 이는 퇴비중의 NH₄⁺-N이 증가되고 NO₃⁻-N이 낮아지고 NH₃가스 발생량이 적었던 것으로 판단된다. 따라서 톱밥계분퇴비 제조시 염화석회를 처리하므로써 질소손실이 낮고 악취를 경감시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

IV. 적 요

가축분 야적 및 가축분퇴비제조 과정에서 악취경감 및 질소손실을 경감코자 톱밥계분퇴비 제조시에 석회화합물질로서 염화석회, 용과린, 버미큐라이트 등을 첨가하여 퇴비화 과정중에 발생하는 NH₃, SO₂가스와 퇴비중의 NH₄⁺-N, NO₃⁻-N등을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. NH₃, SO₂가스 발생은 염화칼슘 1~3%와 용과린 3% 처리에서 현저히 적었고 퇴비중의 NH₄⁺-N가 증가되며 NO₃⁻-N는 현저히 감소되었고 악취경감 및 NH₃ 휘산에 따른 질소손실이 적었다.
2. 가축분퇴비 중에서 염화석회 1~3%, 용과린 3% 처리시에 NH₄⁺-N는 각 처리중에서 처리 초기부터 후기까지 현저히 높았으나 NO₃⁻-N는 NH₄⁺-N와 반대로 처리초기부터 후기까지 발생량이 크게 낮았다.
3. 염화석회와 용과린 등을 처리한 톱밥계분퇴비 중의 각 성분들간의 상호관계를 보면 T-N과 NH₃, NO₃⁻-N, C/N율, pH와는 부의 상관성이 있었으나 NH₄⁺-N와는 정의 상관성이 있었다. 또한 NH₃ 가스발생량과 T-N, NH₄⁺-N은 부의 상관성이 있었으나 NO₃⁻-N, pH와는 정의상관이 있었다.

인용문헌

- Bundy L.G and J.M. Bremner. 1973. Inhibition of Nitrification in Soils. Soil SCI. SOC. AMER. PROC. 37 : 396 - 398.
- 조성진 · 박천서 · 엄대익, 1990. 三訂 土壤學, 116 - 125.
- Fenn. L.B. Kissel, DE. 1973. Ammonia Volatilization from surface application of ammonium compounds on calcarous Soils. Soil SCI. SOC. AMER. PROC. 37 : 835 - 859.
- Fenn. L.B. Matocha, J.E. and Wu, E. 1981. Ammonia losses from surface-applied nitrogen fertilizer as controlled by soluble calcium and magnesium. Soil SCI. SOC. AM. J. 45 : 777 - 781.
- Fenn L.B and L.R. Hossner. 1985. Ammonia volatilization from ammonium or ammonium-forming nitrogen fertilizers. In Advance in Soil Science. Vol.1 ; 123 - 169. Soringer - Velag, New York.
- 농촌진흥청. 1998. 토양화학 분석법.
- 이상규 · 황광남. 1984. 논토양에 퇴비 및 볏짚 시용시 시비질소의 유기 및 무기화 작용에 관한 연구. 한토비지. 17(1) : 60 - 66.
- 이상은 · 박준규 · 윤정희 · 김만수, 1987. 비닐하우스 토양의 화학적 특성에 관한 연구, 농시논 문집, 29(1) : 166 - 171.
- 오왕근. 1984. 계분의 부숙조건과 질소의 행동. 한농회지. 3(1) : 57 - 62.
- 오왕근 · 황광남 · 이명구. 1982. 담수토양에서 석회물질 시용이 암모니아 휘산에 미치는 영향. 한토비지. 15(3) : 166 - 171.
- 박창규 · 육창수. 1992. 가축분에 몇가지 석회화합물 및 점토광물의 첨가가 NH₃ 가스 발생에 미치는 영향. 경기농업연구. 6 : 117 - 123.
- Plessis M.C.F.DU and Kroontie, wybe. 1996. The effects of Carbon dioxide on the chemisorption of ammonia by base-saturated clays. Soil SCI. SOC. AMER. PROC. 30 : 693 - 696.