

돈분뇨 부숙과정에서 Struvite 결정체 형성에 따른 퇴비특성 변화

이진의 · 라창식

강원대학교 동물생명과학대학

Changes of Compost Quality by the Formation of Struvite Crystal During the Composting of Swine Manure

Jin-Eui Lee and ChangSix Ra

Division of Animal Life System, College of Animal Life Science, Kangwon National University

ABSTRACT

The effect of Mg supplement on the composting of swine manure and the formation of $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ (MAP) crystal during composting were examined. Mg source was added at a rate of 1.2 molar ratios to soluble phosphate (PO_4) level in swine manure. The temperature profiles and final compost qualities revealed that the Mg source addition didn't retard the decomposition of organic matters. As the added Mg reacted with NH_4 and PO_4 in manure, creating MAP crystal, the NH_4 level was reduced, and this was resulted in low nitrogen lose during the composting. The phosphate level was also decreased with the addition of Mg source, and hence the ratio of orthophosphate to total phosphate (OP/TP) in the final compost was lowered. Therefore, it was assured that supplement of Mg source into the composting materials could enhance the quality of compost by preserving nourishment and converting it into a slowly releasing fertilizer. X-Ray diffraction examination of the final compost showed that a distinct MAP crystal was formed during the composting, and the crystal mainly existed with the compost particle size less than 2.8 mm and over 2/3 of nourishment of the final compost was found in those particles.

(Key words : Swine manure, Composting, MAP, Slowly releasing fertilizer)

I. 서 론

자연순환농업 구현을 위해서는 자연생태계에서의 물질순환능을 고려한 가축분뇨의 자원화 축진이 무엇보다도 중요하다. 그러나 그동안의 계획적이지 못한 축분 퇴·액비 및 화학비료 사용에 의해 대부분의 농경지에서 인과 질소의 집적현상이 발생하여 농경지 60% 이상에서 적정수준을 넘어서는 인산이 검출되고 있으며 비닐하우스에서는 2배 이상의 인산이 축적되고 비료를 많이 뿌린 고랭지 밭에서는 인산의 농도가 3배 이상 증가한 것으로 보고되고 있다(김창길과 김태영, 2004). 이러한 농경지 양분과잉은 토양생태계를 구성하는 곤충과 동물을 사라지게하고 토양산성화의 원인이 되고 있으며 무엇보다 하천, 호수, 연안바다, 지하수 등으로 유출된 양분은 심각한 수자원 오염발생의 원인이 되고 있기도 하다. 이를 위해 농경지의 양분수지 및 재배작물에 맞춰 살포되는 양분의 총량을 제한하는 양분 총량제를 2007년부터 단계적으로 실행하고 있으나(김창길과 김태영, 2006) 축산업계에서는 양분총량

제가 결국에는 사육제한으로 이어져 양축농가들의 생존권을 위협할 것이라는 우려로 인해 반발이 일어나고 있다.

우리나라 작물재배 면적 186.2만 ha에서 재배되는 국내 작물의 총 양분요구량은 53만톤(질소 15만 2천톤, 인산 12만 4천톤, 칼리 15만 8천톤) 정도이나 연간 투입되는 비료성분의 양은 질소 47만톤, 인산 25만톤, 칼리 26만톤으로 총 99만톤에 달한다. 이같이 비료성분이 작물의 양분요구량을 초과하여 공급됨에 따라 환경으로의 무기물 유출 및 축적이 약 45만 1천톤(질소 21만 8천톤, 인산 13만 1천톤, 칼리 10만 2천톤)에 달하는 것으로 김창길과 김태영(2004)은 보고하고 있다. 보고된 물질순화구조를 분석해보면 연간 총 99만톤의 양분투입량중 가축분뇨자원화를 통해 경지에 투입되는 성분은 총 38.8만톤(질소 12만 6천톤, 인산 12만 2천톤, 칼리 10만톤), 화학비료(성분량기준) 사용에 의한 양분투입량은 총 64만톤(질소 34만톤, 인산 13만톤, 칼리 16만톤)으로 화학비료에 의한 양분투입이 퇴·액비에 의한 양분투입에 비해 1.65배 높은 것으로 나타나고 있다. 따라서 농경지 양분축적 문제 및 환경으로

This research was performed with the support of "Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No.20070301-036-025-001-01-11)", RDA, S. Korea.

Corresponding author : Dr. ChangSix Ra, Division of Animal Resource Science, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea. Tel: 033-250-8618, Fax: 033-251-7719, E-mail: changsix@kangwon.ac.kr

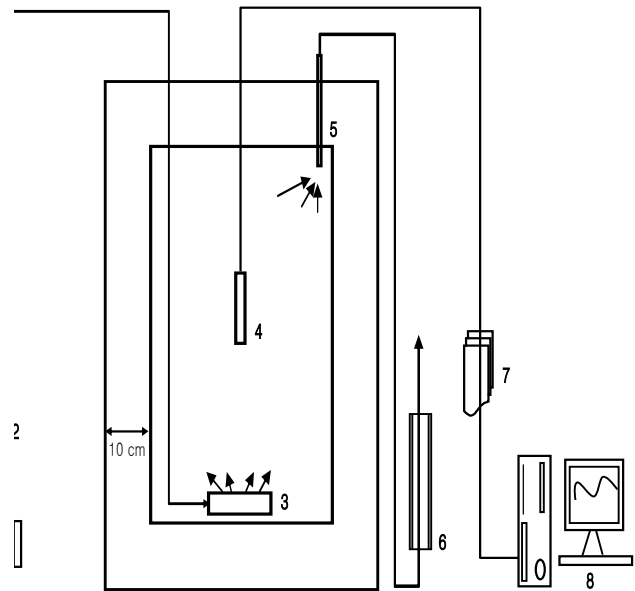
의 양분유출 문제의 해결을 위해서는 화학비료 사용의 감소화가 요구되며, 만약 경종농가에서 화학비료 사용량의 감소화가 이루어진다면 토양내 양분축적과 지하수 혹은 지표수로의 양분 유출문제가 해결됨은 물론 축산분뇨의 자원화 촉진 및 퇴·액비의 수요창출을 통한 축산업계의 근심해소와 이상적인 자연순환농업 구현이 가능할 것으로 판단된다. 그러나 우리나라의 기후 및 계절여건상 봄과 가을에 기비로 사용된 퇴비나 액비의 양분이 우기에 빗물에 용출됨에 따라 작물이 자라는 여름동안에 양분이 토양에 남아있지 않아 경종농가에서는 추비로 화학비료에 의존할 수밖에 없기 때문에 비료양분이 빗물에 쉽게 용출되지 아니하고 서서히 토양에서 양분이 이용되는 축분완효성 퇴·액비를 개발하지 않는 한 화학비료사용량 감소와 축분퇴비 수요창출이 사실상 불가능하다. 따라서 축분퇴비내 질소/인 성분 제어를 통해 추비로의 화학비료 사용을 줄일 수 있는 친환경 완효성 축분퇴·액비를 생산하여 경종농가에 보급하는 기술개발 및 시스템 확립이 이상적인 자연순환농업 구현을 위해 매우 시급한 실정이다.

현재 일본과 유럽에서 상업적으로 생산하여 판매하고 있는 struvite는 (Elisabeth 등, 2001) 마그네슘과, 암모니움, 인이 동물 비료 반응하여 생성된 $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ (MAP) 결정체로서 매우 훌륭한 완효성 비료원으로 알려지고 있다. 폐수 등으로부터 회수된 MAP은 부드러운 광물질로 비중이 1.7이며 중성이나 알칼리성 조건에서는 잘 녹지 않지만, 산성에서는 쉽게 녹는 성질을 지니고 있고 (Pastor 등, 2008), 또한 비에 쉽게 용해되지 않아 홍수가 잦은 지역에 성공적으로 사용이 가능한 완효성 비료원이며 (Bashan과 Bashan, 2004), 사계절 동안 매우 느린 속도로 용해되어 영양분을 공급하기 때문에 침출 또는 증발과 같은 소실 없이 대부분의 영양분을 이용할 수 있어 결과적으로 자주 공급할 필요가 없고 많은 양을 한꺼번에 시비해도 작물의 고사가 나타나지 않는 것으로 보고되고 있다 (Jeong과 Kim, 2001). 따라서 암모니움과 용해성 인을 고농도로 함유하고 있는 축분뇨의 부숙과정중 MAP 결정체 형성유도는 경종농가가 선호하는 친환경 완효성 고품질 축분퇴비 생산을 가능하게 할 수 있을 것으로 여겨진다. 이에 본 연구에서는 Mg원 첨가에 따른 부숙과정에서의 MAP 크리스탈 결정체 형성과 Mg원 첨가가 퇴비화 반응에 미치는 영향을 파악하고자하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험장치 및 운전방법

실험을 위해 실험실규모의 완전 밀폐형 composting 반응조가 고안되어 사용되었다(Fig. 1). Composting 반응조는 유리재질로 총 용적 8L이었으며 퇴비화 과정에서 발생한 열에너지의 손실을 최소화하기 위하여 10 cm 두께의 polystyrene을 이용하여 단열 처리하였다(L41cm, W41cm,



- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Aerator | 2. Air flow meter |
| 3. Air diffuser | 4. Temp. probe |
| 5. Valve for gas emission | 6. H ₂ SO ₄ column |
| 7. A/D converter | 8. Computer |

Fig. 1. Schematic diagram of composting facilities.

H51 cm). 호기적 퇴비화를 유도하기 위하여 반응조내로 공기를 (2L/min.) 지속적으로 공급하였으며 발생한 가스는 반응조 상부에 설치된 밸브를 통하여 배출되도록 하였다. 퇴비화 기간 중 균등한 부숙을 위하여 3일 간격으로 반응조를 열고 내용물을 혼합하였다. 반응조내 온도변화를 관찰하기 위해 data logger를 컴퓨터와 연결하였으며 10분 간격으로 자동 모니터링 및 기록되도록 하였다. 또한 퇴비화중 외부 공기를 모니터링하면서 외부 공기온도와 반응조내 온도가 동일해졌을 때 퇴비화 반응을 종료하였다.

2. 실험계획 및 방법

두개의 동일한 composting 반응조를 이용하여 실험을 수행하였다. 하나의 반응조 (C)에는 돈분뇨와 톱밥을 섞어 수분을 조절한 혼합물을 넣어 퇴비화를 진행하였으며 다른 반응조에는 (T) 돈분뇨와 톱밥 혼합물에 Mg원을 분뇨내 용해성 인기준 1.2M비로 첨가한 혼합물을 넣어 퇴비화를 진행하였다. 돈분뇨 3kg에 톱밥 0.4 kg을 혼합하여 수분을 약 65% 수준으로 조절하였으며 Mg원으로는 $MgCl_2$ 를 사용하였다 (Table 1).

퇴비화 전과 후의 성상을 비교 분석하여 퇴비화 과정에서의 화학적 성상변화를 조사하였으며 채취된 시료의 X-ray diffraction 시험을 통하여 퇴비화 과정에서의 혼합물의 물리적 변화와 MAP 결정체 형성여부를 검증하였다. 또한 퇴비화 전/후의 입자크기별 질소/인 성분분포를 조사

Table 1. Mixture composition for experiments

Items	C	T	Items	Manure	Sawdust
Mg source (Mole to PO ₄)	0	1.2	OM (%)	22.2	87.4
Swine manure (kg)	3.0	3.0	PO ₄ ³⁻ (gkg ⁻¹)	4.417	0.004
Sawdust (kg)	0.4	0.4	TN (%)	1.75	0.12
Moisture (%)	65.1	64.4	Moisture (%)	70.9	12.7

하기 위해 시료를 vibration sieve에 올려놓고 250 rpm에서 2분간 스크린하여 입자 크기를 3.5 mm > S > 2.8 mm, 2.8 mm > S > 1 mm, 1 mm > S > 0.5 mm, 0.5 mm > S로 선별하고 입자크기별 성분 함량과 분포를 조사하였다.

3. 시료분석 방법

부숙 전과 후의 시료가 각 반응조로부터 채취되었으며 4°C 냉장상태로 보관하면서 유기물(Organic Matter), 총질소(TN), 총인(TP), NH₄-N, PO₄³⁻(OP), pH를 분석 혹은 측정하였다. 시료의 입자 크기에 따른 분석오차를 방지하기 위하여 모든 시료를 분석 전에 grinder로 분쇄하여 분석하였다. 분쇄된 각 시료 2g을 증류수(pH 7.5) 100 ml에 넣어 50배(w/v) 희석한 다음 4시간 동안 교반하고 filter paper (Watman No. 1541.110)로 여과한 후 여액의 pH와 NH₄-N, OP를 측정하였다. OP와 NH₄-N의 분석은 자동수질 분석기(Quick Chem 8000, LACHAT)를 이용하여 분석하였으며 TP는 block digester(BD46, LACHAT)을 이용하여 소화시킨 다음 자동수질 분석기를 이용하여 분석하였다. 분쇄된 고형시료의 TN은 총질소 자동분석기(rapid N, Elementar GmbH)를 이용하여 분석하였으며 수분 함량은 105°C에서 24시간 건조한 후 측정하였다. 총 유기물은 건조된 시료를 550°C에서 3시간동안 회화/방냉 후 소실된 무게를 측정하여 계산하였다. 시료의 물리적 형상 변화 및 채취된 시료의 결정체 성분 분석을 위해 X-ray diffractor(XRD, Model:X'pert-pro)가 이용되었다.

III. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 39일간 진행된 부숙과정에서의 온도변화를 나타낸 것이다. C의 경우 부숙 초기부터 활발하게 열이 발생하여 약 1.3일 만에 온도가 50°C 이상으로 상승하였으며 2일째 최고 72°C로 상승하였다. T의 경우에는 부숙 3일째부터 열이 활발하게 발생하여 약 3.2일째 50°C 이상으로 온도가 상승하였으며 4일째 온도가 70°C 이상으로 상승하였다. 온도발생 시작시점은 다르지만 C와 T 모두 55°C 이상의 고온기가 약 7일간 유지된 것으로 미뤄 퇴비화 과정중 병원성 미생물이 모두 사멸되었을 것으로 여겨진다. 장기운 등(2008)은 퇴비화 과정 중 65°C에서 1일간 유지되면 Salmonella 중 등의 병원균이 완전히 사멸되는

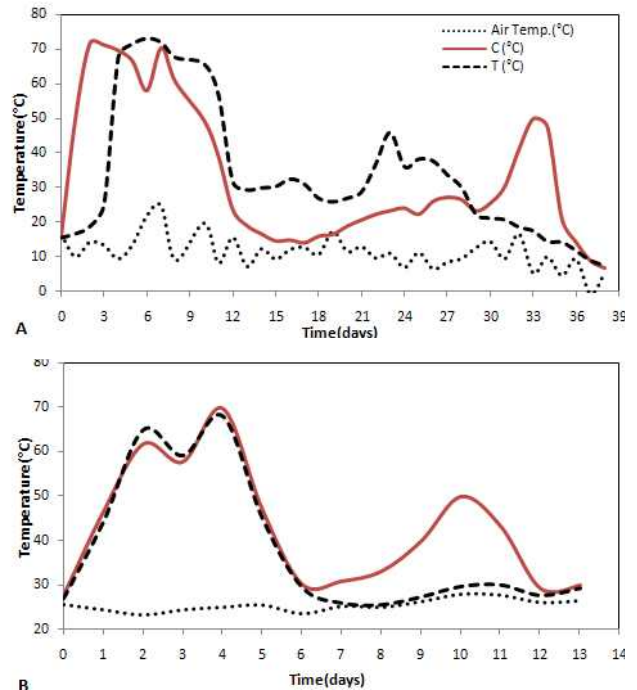


Fig. 2. Temperature-time profile during composting.

것으로 보고하고 있으며 Bernal 등(2008)은 55°C 이상에서 병원성 미생물의 사멸이 일어나며 60°C 이상의 온도에서는 고온성균의 활성이 급격히 저하되기 때문에 퇴비화 과정의 최적온도 범위는 52~60°C로 보고하고 있다. 약 12일째부터 25일째까지의 온도는 C보다 T의 온도가 약 10°C 정도 높게 유지되었으나 28일 이후에는 T의 온도는 지속적으로 감소한 반면 C에서 온도가 다시 급상승하다가 하락하면서 38일 이후에 외부온도와 동일하게 유지되었다. C와 T에서 고온기 이후 즉 부숙중기와 후기에서의 지속적인 온도 발생과 유지는 각 반응조내 부숙진행을 균일하게 하기위하여 3일 간격으로 이루어진 인위적인 교반으로 인해 부숙진행도가 낮은 내용물이 혼합과정 중 중앙으로 혼합되어 지속적인 분해가 일어났기 때문인 것으로 판단된다. 관찰된 것과 같이 Mg원을 분뇨내 PO₄ 농도대비 1.2 몰 비로 첨가한 경우(T)에서 온도 발생이 약 3일정도 늦게 일어나기 시작한 것으로 나타남에 따라 1.2몰 비로의 Mg원 첨가가 부숙과정에서 유기물 분해를 저해시키고 그에 따라 온도발생이 지연되는지를 정확히 파악하기 위하

여 Fig 2B에서와 같이 반복 시험을 진행한 결과 초기 온도변화가 Mg원을 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우 모두 동일함을 알 수 있었다. 따라서 분뇨내 용해성인 기준 1.2M 비로의 Mg원 첨가시 퇴비화 과정에서의 유기물 분해 저해현상은 나타나지 않음을 알 수 있었다. 퇴비화 과정에서의 온도의 발생은 유기물분해 및 부숙효율에 대한 중요한 지표로서 50℃ 이상의 고온기에 유기물의 분해가 가장 활발하며 (Zhu, 2007), 온도의 증가는 미생물에 의한 가용성 유기 화합물과 질소화합물의 빠른 분해에 기인하고 가용성 유기/질소 화합물의 분해가 거의 완료된 후 온도가 감소하여 최종적으로 외부온도와 동일하게 된다.

퇴비화 과정에서의 유기물 함량은 두 처리 모두 약 30% 수준에서 약 25% 수준으로 감소하였으며(Table 2) 이로 인해 C/N비가 부숙전 약 24 수준에서 부숙 후 20수준으로 감소하였다. 일반적으로 부숙화가 성공적으로 진행될 경우 미생물에 의한 활발한 유기물분해로 인해 유기물 함량이 감소하고 이는 C/N비 감소의 결과가 된다. 또한 부숙과정에서 미생물은 유기물을 에너지원과 미생물 성장에 필요한 체성분 구성물질 합성원으로 이용하며 단백질 합성의 영양원으로는 질소를 이용한다 (장기운 등, 2008).

NH₄-N 함량은 부숙전 C-1,325 mg/kg과 T-1,115 mg/kg, 부숙후 C-1,154 mg/kg과 T-859 mg/kg으로 Mg원을 첨가한 T에서 낮음을 알 수 있는데 이는 분뇨내에 존재하는 NH₄가 첨가된 Mg원과 반응하여 MgNH₄PO₄·6H₂O (MAP) 결정체를 형성하였기 때문으로 판단된다. 약 알칼리 pH 조건에서 Mg²⁺, PO₄³⁻, NH₄⁺의 화학적 반응에 의한 MAP 결정체 형성은 몇 분 내에 완료되기 때문에 (Booker 등, 1999) 부숙전 C에 비해 T에서의 낮은 NH₄ 함량은 MAP 결정체

형성에 의한 것으로 판단할 수 있으며 부숙후의 T에서 더욱 낮아진 NH₄ 함량변화는 부숙과정중 지속된 MAP 결정화 반응에 의한 것으로 여겨진다. 그러나 부숙과정중 감소한 NH₄ 함량 중 많은 비율은 NH₃로의 휘산에 의한 것으로서 Kithome 등 (1999)은 25일간의 계분 부숙 중 약 47~62%의 질소가 NH₃로 소실된다고 보고하고 있다. 부숙전과 후의 TN 함량 변화를 비교할 때 C에서는 감소한 반면(1.24 → 1.20) T에서는 약간 증가(1.23 → 1.28)한 것으로 미뤄 부숙과정중에서의 NH₃ 휘산으로 인한 질소의 손실은 T에서 낮았음을 알 수 있다. 이러한 결과에 의거 T에서와 같이 원료물질에의 Mg원 첨가는 MAP 결정체를 형성하여 토양에서 서서히 용출되는 완효성비료로의 가치를 높임은 물론 질소성분 함량을 보존하여 최종 퇴비의 품질을 증진시키는 효과가 있음을 알 수 있었다. 부숙퇴비내 존재하는 NH₄-N는 일반적으로 숙성과정동안 질산성 질소로 전환되고 지속되는 질산화과정과 탈질과정에 의해 질소가스로 소실되지만 (Jeong과 Kim, 2001) MAP 결정체가 형성된 부숙퇴비의 경우에는 숙성과정동안 질산화과정과 탈질반응이 낮아 질소가스로의 소실이 낮을 것으로 예측된다.

부숙전의 용해성인의 함량과 용해성인/총인(OP/TP)비는 C의 경우 각각 5,171 mg/kg과 0.7834, T의 경우 각각 3,180 mg/kg과 0.4079로 T에서 매우 낮았는데 이는 앞서 설명된 NH₄의 감소기전에서와 마찬가지로 분뇨내 PO₄기준 1.2M 비로 첨가된 Mg원과 PO₄가 반응하여 MAP 결정체를 형성하였기 때문으로 판단된다. 분뇨내 PO₄가 Mg원과 반응하여 MAP 결정체를 형성함에 따라 PO₄의 양과 총인중 용해성인의 구성비가 감소하였을 것이다.

부숙후의 인의 성상을 살펴보면 용해성인의 함량과 총인의 함량이 부숙전에 비해 증가하였다. 이러한 용해성인 함량의 증가는 분뇨내 존재하는 유기태인과 Poly-P가 부숙과정중 미생물에 의한 분해로 인해 PO₄로 전환되었기 때문으로 판단된다. 부숙 후의 용해성인 함량은 C에 비해 Mg원을 넣어준 T에서 낮았으며 만약 Mg원의 첨가량을 보다 증가시켰을 경우에는 부숙후 용해성인 함량이 더욱 감소하였을 것으로 추측된다. 최종 부숙퇴비의 총인중 용해성인의 비율은 C가 82%, T가 72%로 T에서 약 10% 정도 낮았으며 낮아진 비율만큼의 인이 MAP 결정체 형태로 존재하였을 것으로 판단된다. 얻어진 결과에 의거 부숙원료물질에 Mg원을 첨가할시 최종 부숙퇴비의 용해성인 함량 비율이 감소함을 알 수 있었으며 이러한 결과는 농경지에 시비된 수용성 인이 주변수계로 유입되어 부영양화 원인물질로 작용하는 문제 (이용복 등, 2008), 시비된 퇴비내 수용성 인산이 빗물과 함께 용출되어 비가온 후 토양내 양분부족으로 화학비료를 준비하여야하는 문제 및 농경지에 살포된 퇴비의 양분이 년중 지속되지 않는 문제 등에 대한 해결방안 마련에 유용하게 응용될 수 있을 것으로 여겨진다. MAP 결정체는 빗물에 쉽게 용해되지 않으며 년중 매우 서서히 용출되는 고품질 비료원으로서 과

Table 2. Changing of composting parameters

Parameters		C	T
OM (%)	Before	29.5	30.0
	After	24.5	25.6
NH ₄ -N (mg/kg)	Before	1,325	1,115
	After	1,154	859
TN (%)	Before	1.24	1.23
	After	1.20	1.28
C/N	Before	23.8	24.4
	After	20.4	20.0
OP (mg/kg)	Before	5,171	3,180
	After	6,021	5,788
TP (mg/kg)	Before	6,601	7,796
	After	7,324	8,005
OP/TP	Before	0.7834	0.4079
	After	0.8221	0.7229
pH	Before	8.38	7.54
	After	9.04	8.30

량시비시에도 작물에 독성이 없으며 토양의 산성화를 스스로 알칼리성으로 전환시키는 완충능력이 뛰어난 것으로 보고되고 있다 (Pastor 등, 2008; Bashan과 Bashan, 2004; Chirmuley, 1994). 따라서 MAP 결정체 형성에 따른 최종 부숙퇴비의 비료성분 보존 혹은 증가와 질소/인성분의 완

효도 증가는 유기비료로서의 부숙퇴비의 가치를 크게 증진시킬 것으로 판단된다. 본 연구에서는 분뇨중 PO₄ 기준 1.2 몰비로 Mg원이 첨가되었기 때문에 부숙과정에서의 이론적 최대 MAP 결정체 형성량은 약 13.69g/kg으로 계산된다.

Fig. 3은 퇴비 입자크기별 X-Ray Diffraction (XRD) 데이터와 상분석한 결과를 나타낸 것이다. Mg원을 분뇨내 용해성인기준 1.2M비로 첨가하고 부숙시킨 T 퇴비를 입자크기별로 스크린한 후 각 입자크기별 XRD 조사를 하였다. MgNH₄PO₄·6H₂O reference와 상분석 결과를 비교할 때 모든 입자크기에서 reference와 일치하는 peak가 관찰되어 퇴비화 과정에서 MAP 결정체가 형성되었음을 알 수 있었다. 퇴비 입자 크기별 XRD 데이터를 서로 비교하여 관찰한 결과 2.8 mm 이하의 입자크기에서 MAP reference와 일치하는 peak수가 증가하는 결과를 보이는데 이는 부숙과정에서 Mg원과 분뇨내 NH₄와 PO₄가 반응하여 형성된 MAP 결정체의 많은 양이 주로 2.8 mm 이하의 퇴비 입자와 함께 섞여 있다는 것을 의미하는 것이라 할 수 있다.

Fig. 4는 입자크기별 질소와 인 성분분포율을 나타낸 것이다. 입자크기 2.8 mm를 기준으로 질소와 인 성분분포율을 관찰할 때 총 질소와 인성분의 2/3 이상이 2.8 mm 이하에 분포해 있는 것으로 조사되었다. Mg원을 첨가하여 부숙을 시킨 T의 경우와 Mg원을 첨가하지 않은 C를 비교 분석할 때 질소의 경우 2.8 mm 이상의 입자크기에서는 C가 31%, T가 26%로 C에서 높았으나 2.8 mm 이하의 입자크기에서는 C가 69%, T가 74%로 T에서 높은 결과를 보였다. 인의 경우에 있어서도 2.8 mm 이상의 입자크기에서는 C가 31%, T가 25%로 C에서 높았으나 2.8 mm 이하의 입자크기에서는 C가 69%, T가 75%로 T에서 높은 결과를 보였다. Mg원을 첨가하여 부숙시킨 경우에 관찰된 작은

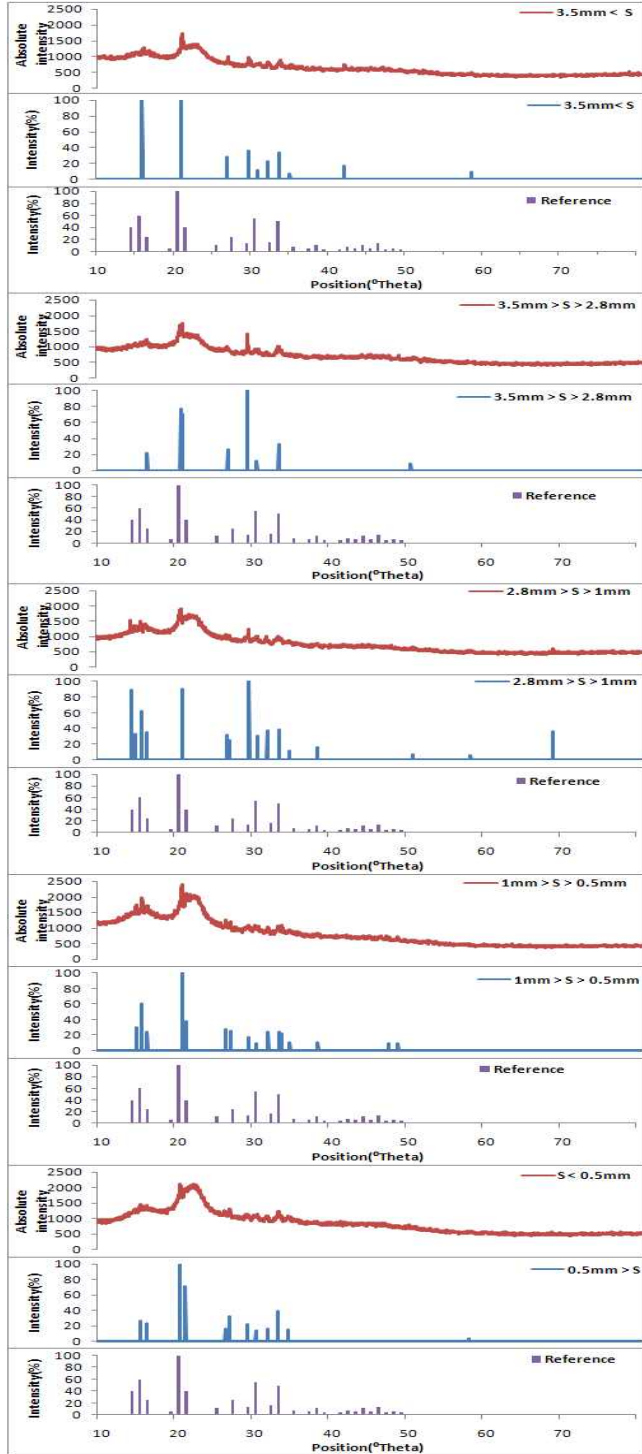


Fig. 3. XRD analyses of composts.

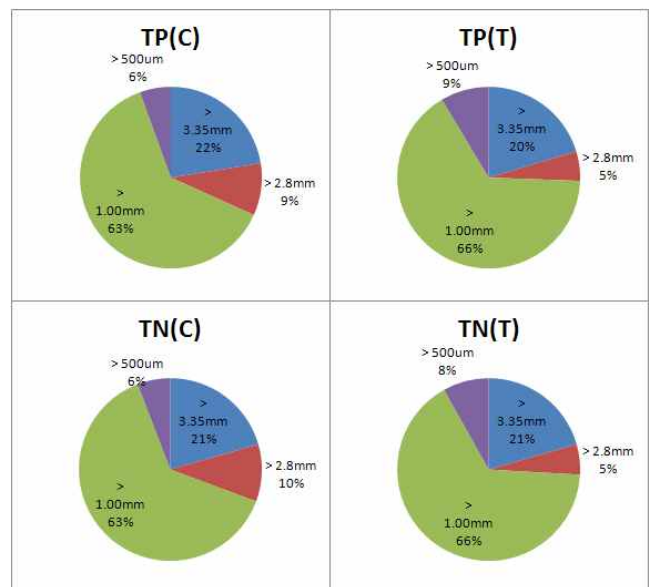


Fig. 4. Distribution of nourishment with compost size.

입자크기에서의 높은 질소/인 성분 함유율은 앞서 X-Ray diffraction 데이터 고찰에서 언급한 것과 같이 부숙과정 중 형성된 MAP 결정체가 주로 2.8 mm 이하의 입자와 함께 섞여서 존재하였기 때문에 판단된다.

IV. 요약

돈분뇨 부숙과정에서의 Mg원 첨가에 따른 MAP 크리스탈 결정체 형성과 부숙과정에 미치는 영향을 조사하였다. 돈분뇨내 수용성인산 기준 1.2M비로 Mg원을 첨가하여 부숙시킨 경우와 첨가하지 않고 부숙한 경우를 비교하여 실험한 결과 Mg원 첨가에 의한 부숙과정에서의 유기물분해 저해 현상은 관찰되지 않았다. Mg원을 첨가한 경우 분뇨내 NH₄와 PO₄가 함께 반응하여 MAP 크리스탈 결정체를 형성함에 따라 NH₄-N의 함량이 낮아졌으며 이는 부숙과정에서의 암모니아 가스 형태로의 질소소실을 낮추어주는 결과가 됨을 알 수 있었다. 수용성인의 함량 또한 Mg원을 첨가한 경우에 낮아져 최종 부숙퇴비의 총인중 수용성인의 비율이 감소함을 알 수 있었다. 따라서 부숙과정에서의 Mg원 첨가는 최종 부숙퇴비의 비료성분 보존과 완효도 증가효과가 있음을 알 수 있었다. 최종퇴비의 X-Ray Diffraction 시험결과 부숙과정에서 MAP 결정체가 형성됨을 알 수 있었으며 2.8 mm 이하의 입자크기에서 형성된 결정체가 많음을 알 수 있었다. 또한 입자크기별 질소와 인 성분 분포율을 비교한 결과 2.8 mm 이하의 입자크기에 질소와 인성분의 2/3 이상이 분포해 있음을 알 수 있었다.

V. 사 사

본 연구는 농촌진흥청 현안대응기술개발과제(20070301-036-025-001-01-11)로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다. 또한 강원대학교 동물자원공동연구소의 일부지원에 감사드립니다.

VI. 인용 문헌

1. Bashan, D. L. E. and Bashan, Y. 2004. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as a fertilizer (1997 - 2003), *Water Res.* 38:4222-4246.
2. Bernal, M. P., Alburquerque, J. A. and Moral, R. 2008.

- Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. doi:10.1016/j.biortech. 2008.11.027.
3. Booker, N. A., Priestley, A. J. and Fraser, I. H. 1999. Struvite formation in wastewater treatment plants: Opportunities for nutrient recovery, *Environmental Technology* 20:777-782.
4. Chirmuley, D. G. 1994. Struvite precipitation in WWTPs: Causes and solutions. *Journal of the Australian Water Association.* December:21-23.
5. Elisabeth, V. M. and Barr, K. 2001. Controlled struvite crystallisation for removing phosphorus from anaerobic digester sidestreams, *Water Resource* 35:151-159.
6. Jeong, Y. K. and Kim, J. S. 2001. A new method for conservation of nitrogen in aerobic composting process, *Bioresource technology* 79:129-133.
7. Kithome, M., Paul, J. W. and Bomke, A. A. 1999. Reducing nitrogen losses during simulated composting of poultry manure using adsorbents or chemical amendments, *Journal of Environmental Quality* 28:194-201.
8. Pastor, L., Mangin, D., Barat, R. and Seco, A. 2008. A pilot-scale study of struvite precipitation in a stirred tank reactor: conditions influencing the process, *Bioresource Technology* 99:6285-6291.
9. Zhu, N. 2007. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw, *Bioresource Technology* 98:9-13.
10. 김창길, 김태영. 2004. 지역단위 농업생태계의 물질균형 분석. *농업경제연구* 45(4):191-222.
11. 김창길, 김태영. 2006. 잉여양분의 효과적인 관리를 위한 지역단위 양분총량제 시행방안. *농업경영정책연구* 33(2):326-350.
12. 이용복, 이현복, 윤홍배, 이 연. 2008. 돈분뇨 퇴비화 과정에서 Alum 처리가 암모니아 휘산과 인산 안정화에 미치는 영향. *한국환경농학회지* 27(4):368-372.
13. 장기운, 홍주화, 이종진, 한기필, 김남천. 2008. 축분 퇴비의 이화학적 특성과 발아지수를 이용한 부숙도 평가. *한국토양비료학회지* 41(2):137-142.

(접수일자 : 2009. 5. 6. / 수정일자 : 2009. 5. 28. / 채택일자 : 2009. 6. 1.)