

## 우리나라 퇴비의 축종별 성분함량 실태 평가

남 이 · 용석호<sup>1</sup> · 송경규

농협안성교육원, <sup>1</sup>강원대학교 바이오자원환경학과

### Evaluating Quality of Fertilizer Manufactured (livestock manure compost) with Different Sources in Korea

Yi Nam, Seok-Ho Yong<sup>1</sup>, and Kyoung-Kyu Song

*Ansung Training Institute, NACF, Republic of Korea, <sup>1</sup>Department of Biological Environment, Kangwon National University*

The main objective of this research was to evaluate physicochemical properties of commercially available fertilizer manufactured with different sources (swine, cattle, poultry, and mixed manure) in Korea. Results of this research showed that average content of organics was ranged 39.11-40.78% depending on different sources with the highest value in swine manure. Average water contents in fertilizer was ordered swine > cattle > mixed > poultry, and ranged 37.00-42.16%. Total of 8 heavy metals (As, Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Ni, and Zn) were investigated and no significant difference was observed for average concentration of heavy metals depending on different sources except Zn and Cu. For both heavy metals, fertilizer manufactured with swine manure showed higher concentration (346.34 mg/kg for Zn and 117.00 mg kg<sup>-1</sup> for Cu) than other fertilizers mainly due to feed contents. More long term monitoring would be necessary to make best management practice for commercially available fertilizer in Korea.

**Key words:** Compost, Fertilizer manufactured, Heavy metals, Physicochemical propertie

## 서 언

가축분뇨는 오래전부터 작물 생육에 매우 중요한 양분공급원으로 활용되어 왔으며, 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 아연, 철, 구리 및 붕소 등 다양한 다량원소와 미량원소성분을 토양에 공급하는 기능뿐만 아니라 유기물을 공급하여 토양을 비옥하게 하는 기능을 수행하였다.

한편, 1980년대 이후 경제성장에 따른 육류소비의 증가로 인해 가축사육두수가 계속 증가하였으며, 가축분뇨의 발생량도 크게 증가하는 결과를 초래하였고, 이로 인해 가축분뇨를 이용한 부산물비료(퇴비)의 생산량은 급격하게 증가되었다. 농협중앙회는 가축분뇨 재활용 및 자원화를 촉진하고 토양환경을 보전하는 흡살리기 운동의 일환으로 1998년 최초로 퇴비보조사업을 시작하였다. 농협중앙회가 50%를 지원하여 시작한 퇴비보조사업이 지금은 정부에서 지원을 하고 있는 실정이다. 부산물비료 생산업체 등록수는 1996년 351개에서 2004년에는 823개로 토양환경보전과 지력증진을 위한 퇴비수요는 계속 증가하고

있는 실정이다 (NACF, 2005). 따라서 우리나라에서 유통되는 퇴비 품질현황에 대한 연구자료의 축적은 퇴비의 품질관리 방향을 설정하는데 중요한 자료가 될 것이다.

일본은 1999년 「가축배설물관리의 적정화 및 이용촉진에 관한 법률」, 「지속성 높은 농업생산방식 도입촉진에 관한 법률」, 「비료단속법 일부 개정법률」 등 이른바 환경3법을 제정하여 “가축분뇨를 이용한 양질의 퇴비생산과 이의 이용촉진”을 하나의 정책방향으로 설정하여 생산된 퇴비는 유기질자재로서 유용하게 농경지에 순환되는 것이 바람직하다고 하였다. 이러한 관점에서 2000년부터 일본 농림수산성의 지원하에 1,500개 시료를 축종별, 부자재별, 계절별, 처리규모별 및 처리방식별 자료를 집계하여 퇴비 성분 분석을 정리한 바 있다 (Institute of Livestock Industry's Environmental Technology, 2005). 미국도 퇴비화에 관한 많은 연구가 진행되고 있음을 장 등 (2000)의 보고서를 통해 알 수 있다.

가축분뇨의 퇴비화는 농경학적으로 필요한 비료자원인 동시에 오염원 분뇨처리에도 관심이 점차 높아지고 있어 고속퇴비화로 인한 공장형 축분처리시설이 점차 증가하고 있는 추세다 (Jung, 1998) 우분뇨퇴비화의 부재로 왕겨를 사용하는 연구와 정 등 (1996)은 가축분 퇴

접수 : 2010. 10. 4 수리 : 2010. 10. 21

\*연락처 : Phone: +82316593620

E-mail: nambi6305@paran.com

비공장 운영실태 파악으로 문제점을 제시 하였다. 최 등 (2001)에 의하면 퇴비생산업체중 연간 4-6회 정도 비료 공정 상의 성분을 분석하는 업체가 가장 많은 것으로 조사되었다.

현재 경종농가에 공급되고 있는 퇴비는 거의 대부분이 가축분뇨를 원료로 사용하여 생산하고 있다. 그런데 가축의 종류에 따라 가축분뇨의 배출 특성이 다르기 때문에 가축분뇨의 종류에 따른 생산퇴비의 성분도 차이가 있다고 보고되었다 (Kwon et al, 2007). 정 등 (2005)은 돈분발효퇴비와 우분발효퇴비의 성분함량이 다르며, 이를 펠릿화 했을 때에도 성분상의 차이가 있음을 보고 하였다.

가축분뇨를 원료로 사용하는 퇴비생산업체의 경우 그 사용하는 가축분뇨의 종류 및 혼합 여부에 따라 계분 사용업체, 돈분노 사용업체, 우분 사용업체, 가축분노 혼합 사용업체로 구분할 수 있으며, 가축분뇨의 종류에 따른 생산퇴비 분석결과와의 비교연구는 비료공정규격 적합여부 및 중금속의 함량차이 등을 평가할 수 있는 자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 우리나라 퇴비생산시설에서 생산되는 가축분뇨 퇴비 중 농협 공급업체로 지정된 업체의 퇴비 약 1,900점의 분석 자료를 바탕으로 퇴비 원료의 종류에 따른 공정규격 적합여부, 중금속 함량 차이 등을 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

**공시재료** 본 연구에 사용된 재료는 1998년부터 농협중앙회가 부산물비료 공급업체로 선정된 퇴비생산업체를 대상으로 조사하였다. 지역별로는 강원도 18개, 경기도 99개, 경상남도 50개, 경상북도 54개, 전라남도 43개, 전라북도 43개, 제주도 6개, 충청남도 44개, 충청북도 24개의 시료를 분석하였으며, 원료별로는 계분 사용업체 82개, 돈분노 사용업체 33개, 우분 사용업체 6개, 가축분노 혼합 사용업체 260개로서 모두 합하면 381개 종류의 시판 제품을 분석하였으며, 이들 시료는 5년간 축적된 성분분석 자료를 활용하였으므로 약 1,900개의 시료를 농협중앙회가 선정한 5개 분석기관에서 연2회씩 품질관리 차원에서 분석한 자료를 바탕으로 하였다.

**실험방법** 농협중앙회가 지정한 퇴비생산업체를 대상으로 5개 퇴비분석기관에서 품질관리 차원에서 분석한 자료로 공시 퇴비의 이화학적 분석 방법은 다음과 같다. 유기물은 dry-ash법 (Karam, 1986), 질소는 Kjeldahl법 (Bremner and Mulvaney, 1982)으로하여 유기물대

질소비 (OM/N)를 산출하였고, 수분함량은 가열감량법으로 측정하였다. 유해 중금속함량 분석 (As, Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Ni, Zn)과 염분은 산분해한 후 ICP (PE-Optima 3300DV)와 원자흡수분광기 (SHIMADZU AA-6800)로 측정하였다.

## 결과 및 고찰

**원료의 종류에 따른 유기물 함량** 유기물함량은 퇴비에 있어서 매우 중요한 품질평가 기준으로 보고되고 있으며, 비료공정규격에서 퇴비의 함유하여야할 주성분으로서 유기물 함량 기준이 설정되어있다 (RDA, 2010). 유기물 함량을 조사한 결과에 의하면 계분퇴비 39.1%, 돈분퇴비 40.7%, 우분퇴비 39.6%, 혼합퇴비 39.9%로 원료의 종류에 따른 차이가 거의 없는 것으로 분석되었다 (Fig. 1). 이는 일본퇴비인 경우 계분 > 돈분 > 우분퇴비의 순과 다른 결과이다. 이러한 현상은 우리나라에서 퇴비를 만들기 위한 생산과정에서 수분조절제인 톱밥 등을 혼합하여 유기물 함량을 조절하기 때문에 거의 유사한 수준으로 분석되었다고 판단된다.

**원료의 종류에 따른 유기물대질소비** 유기물대질소비는 퇴비의 부속도를 평가하는데 주요한 지표로 사용된다 (Bernal et al, 2009). 본 분석결과에서는 돈분퇴비의 유기물대질소비가 31.2로 가장 높게 분석되었는데, 이는 돈분노의 특성상 수분이 약 85-95% 정도로 높기 때문에 수분조절을 하기 위한 톱밥사용량이 많으므로 이 같은 결과를 보이는 것으로 판단된다. 우분퇴비는 27.6, 혼합퇴비는 27.4로 거의 유사한 수준을 보였으며, 계분퇴비는 25.1로 가장 낮은 결과를 보였다. 계분은 다른 가축분뇨에 비해 질소의 함량은 많고 수분이 적은 특성을 보이는데 이러한 분뇨자체의 특성이 퇴비

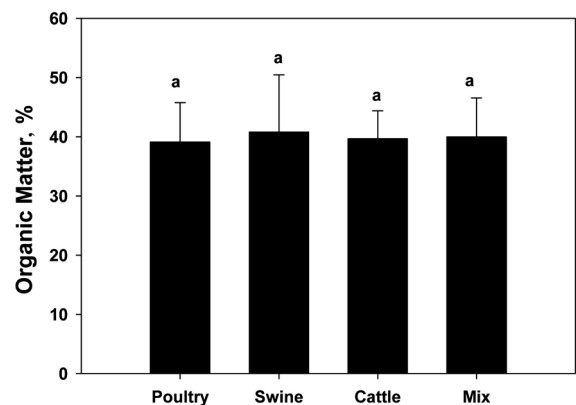


Fig. 1. The contents of Organic Matter in fertilizer manufactured with different sources.

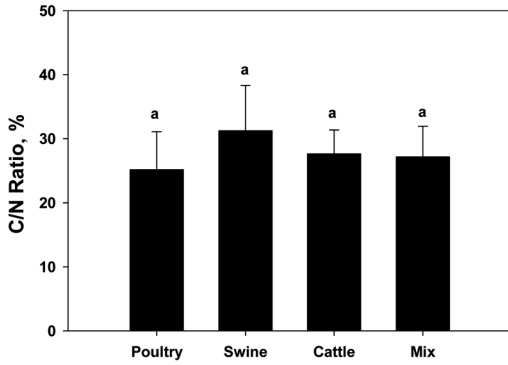


Fig. 2. The average C/N Ratio in fertilizer manufactured with different sources.

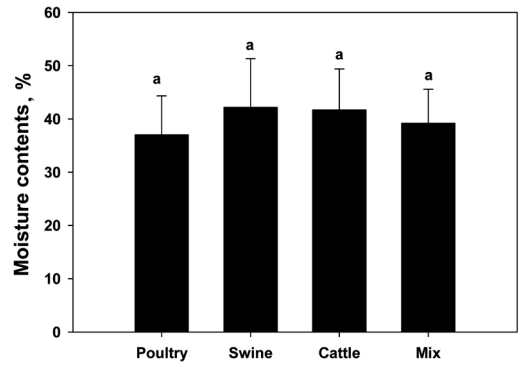


Fig. 4. The Moisture contents in fertilizer manufactured with different sources.

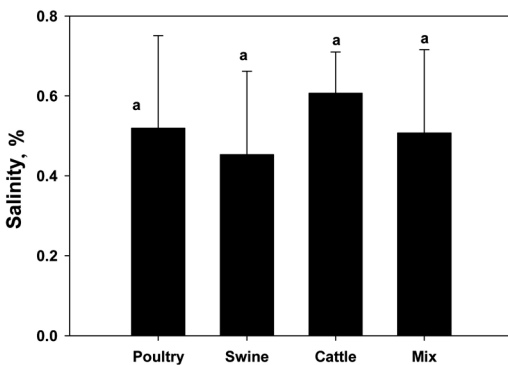


Fig. 3. The contents of Salinity in fertilizer manufactured with different sources.

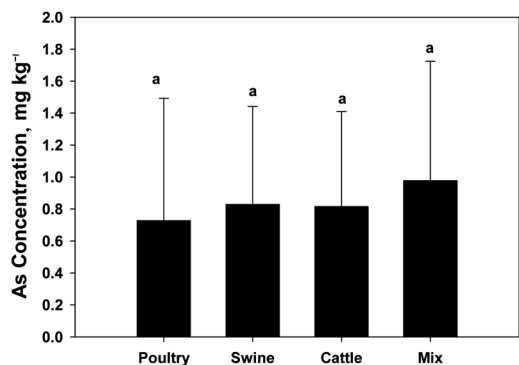


Fig. 5. The concentration of Arsenic in fertilizer manufactured with different sources.

의 품질에도 영향을 주는 것으로 판단된다. 일본퇴비의 경우에는 유기물대질소비로 환산하면 우분 31.6 > 돈분 19.0 > 계분퇴비 17.6 순이었다 (Institute of Livestock Industry's Environmental Technology, 2005). 일본과 우리나라의 가축분 퇴비의 유기물대질소비가 다소 상이하게 나타나는 이유는 톱밥의 사용량 차이에 기인한다고 판단된다.

**원료의 종류에 따른 염분 함량** 염분의 경우 우분 퇴비가 0.61%로 가장 높은 것으로 분석되었는데 이는 가축사육과정과 밀접한 관계가 있는 것으로써, 소금의 섭취량이 가장 많은 소의 경우 분뇨에도 염분이 다량 섞여서 배출되는 것으로 확인되며 계분퇴비가 0.52%, 혼합퇴비가 0.51로 비슷한 수준이었고, 수분이 많아서 톱밥의 혼합이 가장 많은 돈분의 경우는 0.45%로서 가장 적은 염분함량을 보였다.

**원료의 종류에 따른 수분 함량** 비료공정규격에서는 퇴비의 수분을 55%이하로 업체에서 자율적으로 규제하도록 되어있다. 수분함량을 분석한 결과에 의하면 돈분퇴비 42.1%, 우분퇴비 41.6%, 혼합퇴비 39.1%, 계분퇴비 37.0%의 순으로 함수율이 높은 것으로 확인되었지

만 통계적으로 유의성 있는 차이는 발견되지 않았다. 일본퇴비에서는 우분 > 돈분 > 계분의 순으로 수분함량이 많았으나 우리나라 유통제품에서 수분함량 차이는 가축분뇨의 종류에 따른 차이도 있겠지만, 생산업체의 부속기술 또는 주관적인 의지에 많이 좌우된 것으로 보여진다. 일본퇴비의 수분함량은 40~60%가 적당하다고 보고된 바 있다 (Institute of Livestock Industry's Environmental Technology, 2005).

**원료의 종류에 따른 비소 함량** 비소는 농약제조 및 페인트의 색소, 가정용 세제, 직물 및 피혁공업에 이용되며 자연 상태에 노출되어 주변 생태계 및 자연환경에 영향을 미친다. 비료공정규격에서는 가축분퇴비의 경우 비소의 함량을 45 mg kg<sup>-1</sup> 이하로 규제하도록 되어 있다. 원료의 종류에 따른 퇴비의 비소 함량은 혼합퇴비가 0.98 mg kg<sup>-1</sup>으로 가장 함량이 높게 분석되었으며, 돈분퇴비가 0.83 mg kg<sup>-1</sup>, 우분퇴비가 0.82 mg kg<sup>-1</sup>로 거의 유사한 수준의 함량이었으며, 계분퇴비가 0.73 mg kg<sup>-1</sup>로 가장 적게 함유되어있는 것으로 확인되었지만 통계적으로 유의성 있는 차이는 발견되지 않았다.

**원료의 종류에 따른 카드뮴 함량** 카드뮴은 작물

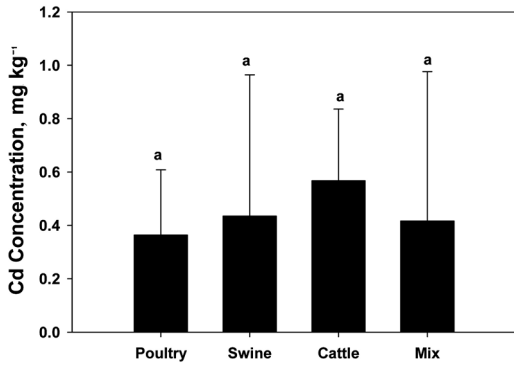


Fig. 6. The concentration of Cadmium in fertilizer manufactured with different sources.

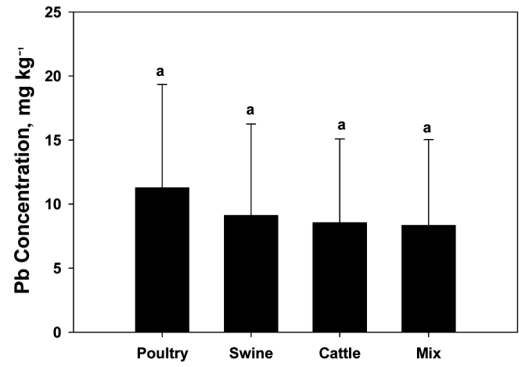


Fig. 8. The average concentration of Lead in fertilizer manufactured with different sources.

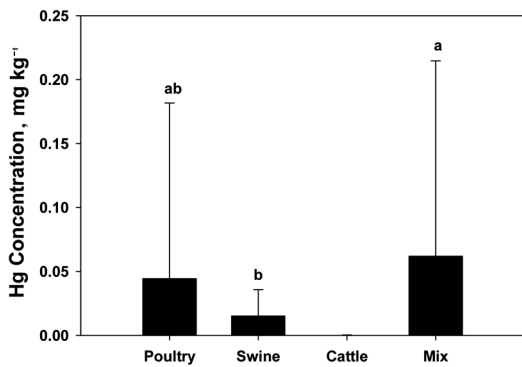


Fig. 7. The average concentration of Mercury in fertilizer manufactured with different sources.

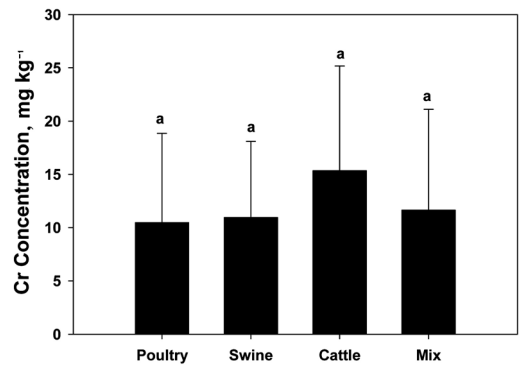


Fig. 9. The average concentration of Chromium in fertilizer manufactured with different sources.

생육에는 피해가 적지만 작물체 내에서 중금속의 흡수 방위 기작을 통하지 않고 작물에 쉽게 흡수되어 인축에 영향을 미친다고 알려져 있다. 비료공정규격에서는 가축분퇴비의 경우 카드뮴의 함량을  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  이하로 규제하도록 되어있다. 원료의 종류에 따른 퇴비의 카드뮴 함량을 비교해 보면 우분퇴비가  $0.57 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 가장 함량이 높게 분석되었으며, 돈분퇴비가  $0.43 \text{ mg kg}^{-1}$ , 혼합퇴비가  $0.42 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 거의 유사한 수준의 함량이었으며, 계분퇴비가  $0.36 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 가장 적게 함유되어 있는 것으로 확인되었지만 통계적으로 유의성 있는 차이는 발견되지 않았다.

**원료의 종류에 따른 수은 함량** 수은은 인체에 흡입되는 경우 수은 중독을 유발할 수 있는 물질로 많이 알려져 있다. 비료공정규격에서는 가축분퇴비의 경우 수은의 함량을  $2 \text{ mg kg}^{-1}$  이하로 규제하도록 되어있다. 퇴비원료의 종류에 따른 수은의 함량은 혼합퇴비가  $0.06 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 가장 함량이 높게 분석되었으며, 계분퇴비가  $0.04 \text{ mg kg}^{-1}$ , 돈분퇴비가  $0.02 \text{ mg kg}^{-1}$ 이었으며, 우분퇴비에서는 수은의 함량이 검출한계 이하로 나타났다.

**원료의 종류에 따른 납 함량** 원료의 종류에 따른

납의 함량은 계분퇴비가  $12.63 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 가장 함량이 높게 분석되었으며, 돈분퇴비가  $9.10 \text{ mg kg}^{-1}$ 이었고 우분퇴비는  $8.53 \text{ mg kg}^{-1}$ , 혼합퇴비가  $8.32 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로서 우분퇴비와 혼합퇴비가 비슷한 수준으로 확인되었지만 통계적으로 유의성 있는 차이는 발견되지 않았다. 비료공정규격에서는 가축분퇴비의 경우 납의 함량을  $130 \text{ mg kg}^{-1}$  이하로 규제하도록 되어있다.

**원료의 종류에 따른 크롬 함량** 비료공정규격에서는 가축분퇴비의 경우 크롬의 함량을  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  이하로 규제하도록 되어있다. 분석결과에 의하면 퇴비원료의 종류에 따른 크롬의 함량은 우분퇴비가  $15.34 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 가장 함량이 높게 분석되었으며, 나머지 3종류는 혼합퇴비  $11.65 \text{ mg kg}^{-1}$ , 돈분퇴비  $10.95 \text{ mg kg}^{-1}$ , 계분퇴비  $10.46 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로서 거의 비슷한 수준의 함량으로 확인되었지만 통계적으로 유의성 있는 차이는 발견되지 않았다.

**원료의 종류에 따른 구리 함량** 비료공정규격에서는 가축분퇴비의 경우 구리의 함량을  $360 \text{ mg kg}^{-1}$  이하로 규제하도록 되어있다. 분석 자료에 의하면 퇴비원료의 종류에 따른 구리의 함량은 돈분퇴비가  $117 \text{ mg/kg}$ 으로

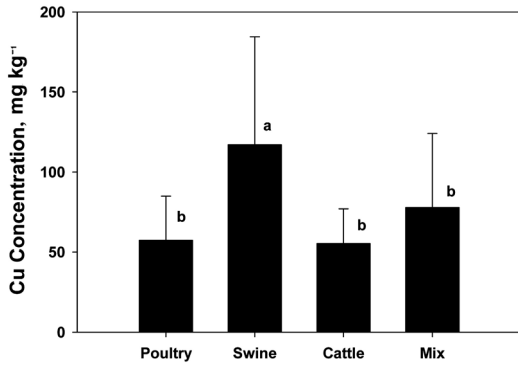


Fig. 10. The average concentration of Copper in fertilizer manufactured with different sources.

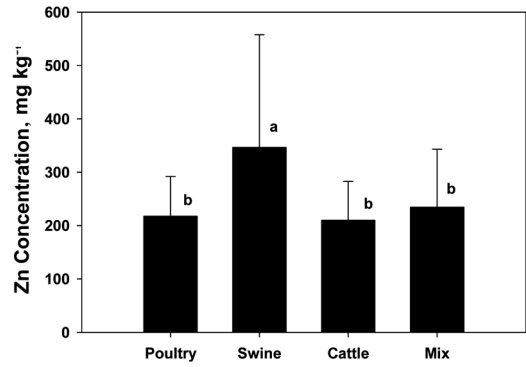


Fig. 12. The average concentration of Zinc in fertilizer manufactured with different sources.

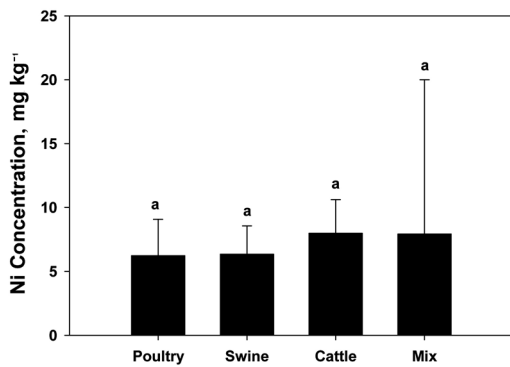


Fig. 11. The average concentration of Nickel in fertilizer manufactured with different sources.

가장 함량이 높게 분석되었으며, 혼합퇴비 77.74 mg kg<sup>-1</sup>, 계분퇴비가 57.39 mg kg<sup>-1</sup>, 우분퇴비는 55.35 mg kg<sup>-1</sup>으로서 우분퇴비와 계분퇴비가 비슷한 수준으로 분석되었다. 돈분퇴비의 경우 구리함량이 매우 높기 때문에 품질 및 사용 관리에 높은 관심을 가져야 할 것으로 사료된다.

**원료의 종류에 따른 니켈 함량** 원료의 종류에 따른 니켈의 함량을 비교해 보면 우분퇴비가 7.98 mg kg<sup>-1</sup>, 혼합퇴비가 7.92 mg kg<sup>-1</sup>로 비슷하였고, 돈분퇴비와 계분퇴비는 각각 6.34 mg kg<sup>-1</sup>, 6.22 mg kg<sup>-1</sup>로 거의 유사한 수준의 함량이었다. 그러나 통계적으로 유의성 있는 차이는 발견되지 않았다. 비료공정규격에서는 가축분퇴비의 경우 니켈의 함량을 45 mg kg<sup>-1</sup> 이하로 규제하도록 되어있다.

**원료의 종류에 따른 아연 함량** 비료공정규격에서는 가축분퇴비의 경우 아연의 함량을 900 mg kg<sup>-1</sup> 이하로 규제하도록 되어있다. 퇴비원료의 종류에 따른 아연의 함량은 돈분퇴비가 346.34 mg kg<sup>-1</sup>으로 가장 함량이 높게 분석되었으며, 혼합퇴비 234.43 mg kg<sup>-1</sup>, 계분퇴비가 217.44 mg kg<sup>-1</sup>, 우분퇴비는 209.91 mg kg<sup>-1</sup>으로서 비교적 구리의 함량 분포와 같은 경향을 보였다.

따라서 돈분퇴비의 경우 구리와 아연 함량에 대한 품질 관리 및 사용관리에 특별한 주의가 요구된다.

## 요 약

우리나라 퇴비생산시설에서 생산되는 퇴비 약 1,900 점을 분석한 자료를 바탕으로 퇴비 원료의 종류에 따라 유통제품의 성분에 어떤 영향이 있는지를 비교 평가하였다. 유기물함량은 돈분퇴비 40.78%, 혼합퇴비 39.97%, 우분퇴비 39.68%, 계분퇴비 39.11%로 원료의 종류에 따른 차이가 거의 없었다. 이는 수분조절제로 사용되는 톱밥의 혼합이 원인으로 판단된다. 유기물대질소비의 경우에는 돈분퇴비가 31.22로 가장 높게 분석되었고 우분퇴비는 27.60, 혼합퇴비는 27.4로 거의 유사한 수준을 보였으며, 계분퇴비는 25.13으로 가장 낮은 결과를 보였다. 이 같은 결과는 부재료인 톱밥의 혼합량과 원료 자체에 함유된 질소의 함량 차이에 기인한 것으로 판단된다. 염분의 경우 우분퇴비가 0.61%로 가장 높고 계분퇴비가 0.52%, 혼합퇴비가 0.51로 비슷한 수준이었고, 돈분의 경우는 0.45%로서 가장 적었다. 중금속의 경우 비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 니켈의 함량은 통계처리 시 유의성 있는 차이가 발견되지 않았다. 구리함량은 돈분퇴비 117.00 mg kg<sup>-1</sup>, 혼합퇴비 77.74 mg kg<sup>-1</sup>, 계분퇴비 57.39 mg kg<sup>-1</sup>, 우분퇴비 55.35 mg kg<sup>-1</sup>으로서 돈분에 가장 많은 양이 함유된것으로 분석되었다. 아연은 돈분퇴비 346.34 mg kg<sup>-1</sup>, 혼합퇴비 234.43 mg kg<sup>-1</sup>, 계분퇴비 217.44 mg kg<sup>-1</sup>, 우분퇴비 209.91 mg kg<sup>-1</sup>으로서 비교적 구리의 함량 분포와 같은 경향을 보였다.

우리나라에서 유통되는 퇴비 품질현황에 대한 연구 자료의 축적은 퇴비의 품질관리 방향을 설정하는데 중요한 자료가 될 것으로 사료된다.

## 인 용 문 헌

- Bernal, M.P., J.A. Albuquerque, and R. Moral. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Bioresource Technology*. 100:5444-5453.
- Choi, H.G., G.Y. Kim, J.A. Lee, and J.G. Bae. 2001. Survey for production and quality management of compost and seed spray soil. *J. of KOWREC*. 9:123-131. Institute of Livestock Industry's Environmental Technology. 2005. Investigation for quality of fertilizer in Japan. 102-120.
- Jung, K.H., C.H. Park, D.Y. Choi, J.H. Kwa, C.B. Yang, and H. Kang. 2005. Physicochemical characteristics of fermented pig manure compost and cow manure compost by pletizing. *J. of KORRA*. 13:118-127.
- Jung, K.Y. 1998. Organic waste recycling. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 31:113-120.
- Kwon, S.I., D.K. Lim, G.S. Sung, S.C. Lee, and J.T. Lee. 2007. Problems of utilizing organic compost in agricultural field. *J. of KORRA*. 15:31-49.
- National Agricultural Cooperation Federation. 2009. Annual statistics of fertilizer. 132-135.
- National Agricultural Cooperation Federation. 2009. Information for supporting program of organic fertilizer. 216-220.
- National Academy of Agricultural Science. 1996. Survey for management of composting facilities in Korea. Suwon, Korea.
- Sohn, B.K., J.H. Hong, and K.J. Park. 1996. Comparative studies on static windrow and aerated static pile composting of the mixture of cattle manure and rice hulls. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 29:403-410.
- Swinker, A.M., M.K. Tanner, D.E. Johnson, and L. Benner. 1998. Composting characteristics of three bedding materials. *J. of Equine Veterinary Science*. 18:462-466.
- US Grains Council. Investigation for composting facilities in USA. *J. of KOWREC*. 9:151-158.
- RDA. 2010. Fertilizer regulations. Rural Development Administration, Suwon, Korea.