

음식물류 폐기물 퇴비화시설에서 생산된 퇴비품질 특성

이창훈¹ · 박성진¹ · 김명숙¹ · 윤순강¹ · 고병구¹ · 이덕배¹ · 김성철² · 오택근^{2*}

¹국립농업과학원 토양비료과, ²충남대학교 생물환경화학학과

Characteristics of compost produced in food waste processing facility

Chang-hoon Lee^{1*}, Seong-jin Park¹, Myeong-sook Kim¹, Sun-gang Yun¹, Byong-gu Ko¹, Deog-bae Lee¹, Sung-chul Kim², Taek-Keun Oh^{1*}

¹Division of Soil and Fertilizer, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju, Korea

²Department of Bio-environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon, Korea

Received on 17 August 2015, revised on 28 August 2015, accepted on 9 September 2015

Abstract : Food waste has been widely considered as a recycling resource to be applied to agricultural lands due to the effects of organic matter and nutrient for plant productivity. but the maturity and salt concentration in the compost produced from food waste processing facilities should be considered firstly, which was little information on compost quality produced from food waste treatment facility. In this study, we examined actual situation of food waste processing facility on the composting of food waste and evaluated the characteristics of composts produced from food waste processing facilities. The quality of composts was analyzed on the basis of the criteria of fertilizer processing manual. The 46% of food waste treatment facility registered composting produced actually the compost mixed with food waste or animal waste. The compost maturity and salt concentration as indicators of the quality of compost were not met 46.8% of composts collected from food waste processing facilities to the criteria of fertilizer processing manual. Also, 15.6%(moisture) were not satisfied with the criteria. In conclusion, the compost produced from food waste processing facilities is firstly required with better compost maturity and reduced salt concentration in order to use to agricultural lands as an amendment.

Key words : Food waste, compost quality, maturity, NaCl

I. 서론

음식물류 폐기물은 수분함량이 80% 이상으로 높고 혐기적 상태에서 부패하여 악취가 발생한다. 게다가 낮은 발열량으로 소각처리가 어렵고, 매립은 부지확보가 어려울 뿐만 아니라 토양 및 지하수오염과 같은 2차 오염문제를 야기한다(Kim and Kim, 2000). 이러한 문제점을 해결하기 위해 2005년 음식물류 폐기물의 직·매립금지 정책이 시행되었고, 자원화 장려 정책에 따라 2013년에 음식물류 폐기물의 95% 이상 자원화 되었다. 자원화방법에 따라 호기성 퇴비화, 혐기성 퇴비화, 건식 사료화, 습식 사료화 등으로 구분되며 방법에 따라 기술적, 환경적, 경제적 측면이 상이하나, 호기성 퇴비화의 경제성이 가장 우수한 것으로 알려

져 있다(Lee and Lim, 2003).

퇴비화의 정의는 유기물이 미생물에 의하여 분해되어 안정화되는 과정이며, 그 최종물질은 환경에 영향을 주지 않아야하고, 토양에 시용 될 수 있어야하며, 저장하기에 충분한 부식도 상태의 물질로 변화시키는 생화학적 공정 또는 고체 폐기물의 유기성분을 인위적으로 만든 조건하에서 연속적으로 생물학적 처리를 하는 것이다(Kim and Jung, 2006). 퇴비화의 정의에는 농업적 이용을 위한 퇴비뿐만 아니라 폐기물 처리차원의 퇴비화도 포함하고 있다. 특히, 농업부문에서 유기물과 양분에 의해 토양의 물리성과 화학성 개량 및 농작물에 양분을 공급, 그리고 장기간 연용에 따른 농작물에 대한 위해성이 낮아야 한다(Sikora and Sullivan, 2000; Sullivan et al., 1998; Touart, 1999). 그러나 음식물류 폐기물 퇴비에 포함된 이물질 및 높은 염분(NaCl)함량 등으로 인해 농경지 사용에 대한 우려가 지속

*Corresponding author: Tel: +82-42-821-6735

E-mail address: ok5382@cnu.ac.kr

적으로 제기되고 있는 실정이다(Kwon et al., 2009ab; Lee et al., 2000).

음식물류 폐기물의 자원화 공정에 있어서도 염분함량의 기준을 맞추면서 퇴비를 생산하기 위해 염분을 세정하여 탈수하는 공정을 두고 있는데, 음식물류 폐기물의 염분함량(NaCl)이 최대 1%일 때 물기를 짜내면 염분함량이 0.5 - 0.8%로 감소되고, 이를 물로 한번 헹구면 염분함량은 초기 농도의 1/3로 감소된다(Phae et al., 2002). 음식물류 폐기물 처리시설에서 퇴비화 할 때 톱밥과 같은 수분 및 통기개량제를 50% 가량 섞으면 최종 생산된 퇴비에는 염분함량이 0.4% 정도된다(Phae et al., 2002). 또한 염분함량이 낮은 가축분뇨와 함께 섞어서 퇴비화 하거나 다른 퇴비를 섞어서 사용하면 염분의 농도를 줄일 수 있다(Phae et al., 2002). 그러나 이러한 탈수공정은 부대적인 설비와 가수에 의해 고농도의 폐수가 발생하는 문제와 더불어 운영비용이 발생된다. 그럼에도 불구하고 음식물 류폐기물 퇴비화 처리시설에서 생산되는 퇴비의 품질특성에 대한 실태조사는 미미한 수준이다. 따라서 본 연구에서 전국 음식물류 폐기물 처리시설 현황과 퇴비화 시설에서 생산되는 퇴비품질의 실태를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 퇴비시료채취

음식물류 처리시설의 현황을 조사하기 위해 213 개소 음식물류 폐기물 시설 중 퇴비화시설로 분류된 처리시설을 대상으로 하였다. 퇴비화 시설로 등록된 음식물류 폐기물 처리시설을 방문하여 음식물류 폐기물의 처리실태를 조사하였다. 음식물류 폐기물의 처리는 원료가공, 중간처리, 퇴비화시설을 통한 퇴비생산 공정으로 세분화하였다. 특히 퇴비화 품질에 영향을 미칠 수 있는 혼합비율 및 부숙화, 그리고 선별유무와 유통실태를 조사하였다. 이를 바탕으로 퇴비화시설에서 퇴비를 생산하는 등록업체 51 개소에서 부숙직후의 최종퇴비, 저장 및 포장된 최종 퇴비를 수거하였고, 4°C 저온에서 수거된 퇴비시료를 보관하여 퇴비품질을 조사하였다.

2. 퇴비분석

퇴비는 비료공정규격에 공시된 분석방법에 준하여 분석하였다(RDA, 2013). 수분함량은 300 g 퇴비시료를 80°C에서 24시간 건조한 후에 105°C에서 8시간 재건조 및 건조시료의 무게를 측정하여 계산하였다. 수분함량을 측정 후 건조시료를 분쇄하였고, 2 mm로 거른 시료를 분석에 이용하였다. 유기물 함량은 회화법으로 측정하였고, 전질소함량은 원소분석기로 측정하였다. 퇴비의 염분과 유해중금속은 분쇄시료 0.5에 conc.HNO₃ 5 mL를 가한 후에 24시간동안 후드장치에 정치하였고, 전열판의 온도를 150°C로 조정하여 HNO₃을 증발시켰다. 그리고 Ternary solution (HNO₃: H₂SO₄:HClO₄ = 10:4:1) 10 mL를 이용하여 분해 및 여과하였다. 전질소는 킬달법, 인산은 ammonium vanadate법, 양이온과 중금속은 ICP로 측정하였다.

3. 퇴비부숙도

퇴비의 부숙도를 평가하고자 종자발아지수를 조사하였다. 분쇄시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 80°C에서 2시간동안 열수 침탕하였다. 그 다음 No. 2 여과지에 침출액을 여과하였고 여액을 90 mm 페트리디쉬에 5 mL를 가한 후에 퇴비의 침출액 시료 당 3반복으로 무종자(*Raphanus sativus* L.) 30립을 넣어서 30°C에서 5일간 배양하여 무종자의 발아율과 뿌리신장을 조사하였다. 이때, 대조구는 증류수를 이용하였다. 종자발아지수(GI)는 아래의 식을 이용하였다(RDA, 2013).

$$GR = (\text{발아율}/\text{대조구의 발아율}) \times 100$$

$$RE = (\text{뿌리 길이}/\text{대조구의 뿌리 길이}) \times 100$$

$$\text{Germination index(GI)} = (GR \times RE) / 100$$

여기서, GR (germination rate)은 발아율, RE (root extension)는 뿌리신장을 의미한다.

4. 퇴비품질 평가

퇴비품질의 분포를 나타내기 위해서 품질기준과 관계없이 분석을 통해 얻은 데이터는 최소값, 최대값, 그리고 중앙값으로 나타내었다. 퇴비품질은 비료공정규격법상에서 부숙유기질비료의 일반퇴비기준을 통하여 평가하였다.

III. 결 과

1. 음식물류 폐기물 퇴비화시설 현황

2012년 기준, 전국 음식물류 폐기물처리시설에서 음식물류 폐기물의 연간 총 처리량은 4,087 천 톤이었다. 음식물류폐기물 처리시설 중 퇴비화시설은 음식물류 폐기물을 연간 1,790 천 톤을 처리하였으며, 이는 음식물류 폐기물의 연간 총 처리량의 43.8%를 차지하였다.

음식물류 폐기물 처리시설 중 퇴비화시설의 음식물류 폐기물의 처리현황을 세분화하였다(Table 1). 음식물류 폐기물을 기계적으로 파쇄한 후 코코피트와 혼합하여 원물을 처리하는 시설이 7개소로 연간 87 천 톤을 처리하고 있었다. 중간처리로 구분된 시설은 파쇄 및 가수, 그리고 탈수공정으로 연간 517 천 톤 처리하고 있었으며, 이는 퇴비화시설의 연간 총 처리량의 28.9%를 차지하였다. 마지막으로 퇴비화 공정을 통해 퇴비를 생산하는 처리시설은 51 개소로 연간 827 천 톤의 음식물류폐기물을 중간처리한 후에 톱밥 또는 가축분, 그리고 석회를 혼합하여 밀폐형과 개방형의 부숙시설로 퇴비를 생산하고 있었다. 나머지 12개소 중 8개소는 바이오가스, 매립, 소각시설로 전환되었으며, 4개소는 휴·폐업된 상태이었다.

이상의 음식물류폐기물 처리시설 중 퇴비화시설로 등록된 처리시설의 현황을 조사한 결과, 총 처리량의 33.8%인 연간 604 천 톤이 처리시설에서 기계적 처리공정을 걸친 후, 원료처리물과 중간처리물을 처리시설 외부에서 처리하고 있었다. 특히, 외부시설에서 원료 및 중간처리물의 퇴비 원료로 활용하기 위해서는 농경지의 작물생산성과 관련이 높은 유기물 및 염분함량과 같은 사용기준이 필요할 것으로 판단된다.

음식물류 폐기물 처리시설에서 퇴비화를 위한 부자재의 혼합비율, 부숙공정, 그리고 유통현황을 조사하였다(데이

터는 표기하지 않았음). 퇴비화를 위한 부자재는 톱밥, 가축분, 코코피트 등을 사용하고 있었고, 퇴비를 생산하는 51 개소 중 86%가 톱밥과 중간처리물을 혼합하고 있었다. 그러나 혼합비율은 지역 및 계절요인에 따라 처리시설별로 차이를 나타내었다. 퇴비화를 위한 부자재 혼합비율은 중간처리물을 기준으로 톱밥과 가축분이 각각 10 - 80%와 10 - 50%이었다. 음식물류 폐기물의 원료특성이 지역 및 계절에 따라 차이가 있지만, 음식물류 폐기물의 안정적인 퇴비화를 위해서는 부자재별 혼합비율의 규격화가 필요할 것으로 판단된다. 퇴비의 부숙공정은 밀폐형과 개방형이 각각 47와 53%를 차지하고 있었고, 지자체가 관리하는 공공시설은 대부분 밀폐형이었고, 민간시설은 개방형 부숙공정이 우세하였다. 퇴비부숙공정을 거친 후에 78%가 이물질 제거하기 위해서 선별과정을 실시하고 있었다. 최종 퇴비의 유통은 20개소가 유상으로 퇴비를 판매하고 있었고, 퇴비판매는 주로 민간시설의 퇴비가 주를 이루고 있었다. 특히, 공공시설 31개 중 26개소가 주로 지역농가에 무상으로 공급하고 있었다.

2. 음식물류 폐기물을 사용한 퇴비품질 특성

음식물류 폐기물을 사용하여 생산된 퇴비의 품질특성 분포를 조사하고자 51개소 음식물류 폐기물 퇴비화시설 중 32 점의 퇴비에 대한 퇴비품질을 평가하였다. 비료공정규격법상에는 퇴비 품질특성의 기본항목을 수분, 유기물, 유기물/질소, 그리고 염분함량을 규정하고 있다(비료공정규격). Figure 1과 같이, 퇴비의 수분함량은 비료공정규격상에 55% 미만으로 정하고 있지만, 조사한 퇴비의 수분함량 범위는 20.2 - 64.6%이었고, 15.6%가 기준미달이었다. 그러나 유기물 함량과 유기물 / 질소비 범위는 각각 43.3 - 80.7%와 14.6 - 44.1 이었고, 비료공정규격 기준인 유기물 30%이상과 유기물 / 질소비 45 이하를 만족하였다.

Table 1. The status of food waste processing facility in Korea.

Contents	Composting facility		Processing Capacity		Total capacity		
	Region	(%)	(ton/day)	(%)	(ton/year)	(%)	
Processing	Raw material	7	6.9	382	5.7	87,208	4.9
	Intermediate	18	17.6	1,921	28.7	517,656	28.9
	Composting	51	50.0	3,117	46.6	827,271	46.2
Facility switch	8	7.8	468	7.0	112,407	6.3	
Facility closed	4	3.9	283	4.2	72,425	4.0	
No visit	14	13.7	819	12.2	173,097	9.7	
Total	102	100	6,990	100	1,790,064	100	

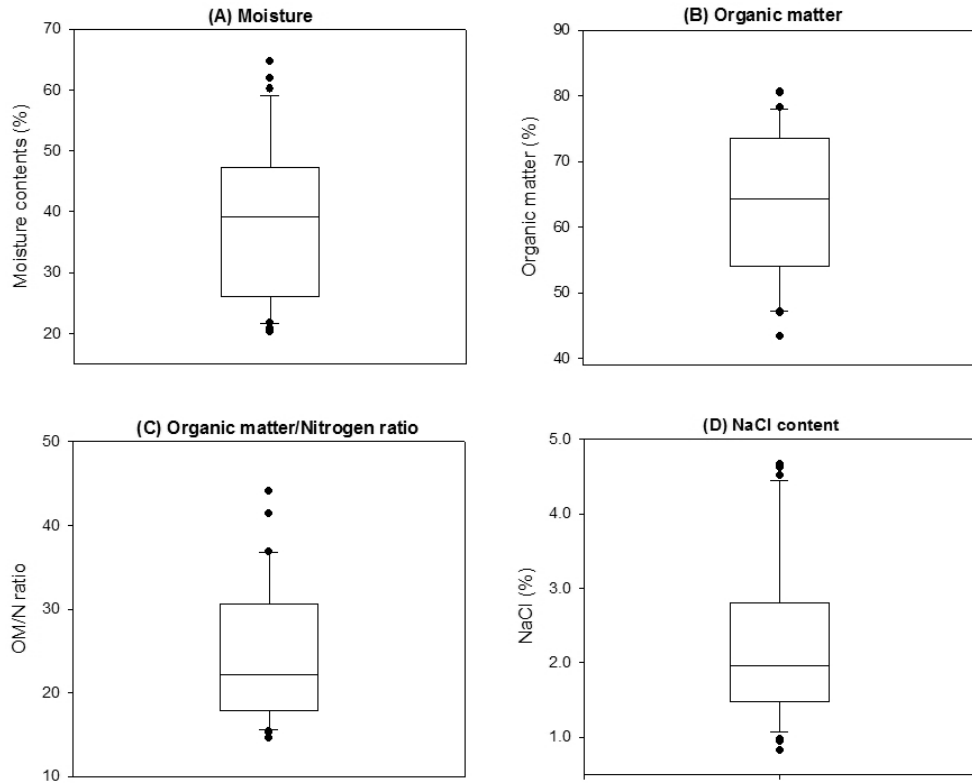


Fig. 1. Distribution of moisture, organic matter(OM), OM/N, NaCl contents in compost produced from food waste processing facility (n=32).

Table 2. Macro-nutrient concentration in compost produced from food waste processing facility

Contents	Nutrients (%)				
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Minimum	1.32	0.81	0.16	2.23	0.22
median	2.87	2.01	0.66	8.36	0.43
Maximum	4.59	3.23	6.42	17.35	2.94
Mean	2.80	2.09	1.13	8.73	0.72

퇴비 32점의 염분함량(NaCl)은 0.82 - 4.67% 범위로 46.8%의 퇴비는 염분함량 2.0% 이하 기준을 충족하지 않았다.

음식물류폐기물을 사용하여 생산된 퇴비에 포함된 양분의 분포특성은 Table 2와 같다. 전질소(TN)함량은 1.32 - 4.59%이었고, 평균 2.80%를 포함하고 있었다. 인산과 가리는 각각 0.81 - 3.23%와 0.16 - 6.42% 이었고, 칼슘과 마그네슘함량은 각각 2.23 - 17.4%와 0.22 - 2.94%이었다.

작물재배를 위한 발토양에 밑거름의 퇴비사용량은 20 Mg ha⁻¹으로 추천하고 있다(NAAS, 2010). 예를 들어 수분함량을 50%라고 가정할 때 질소투입량은 131.6 - 459

kg ha⁻¹이다. 특히 459 kg ha⁻¹의 질소량은 수박 재배에 필요한 총 질소추천시비량인 320 kg ha⁻¹에 비해 43%의 질소가 토양에 시비될 수 있다. 음식물류 폐기물을 이용한 퇴비의 농경지 사용에 대한 문제점으로 염분함량이 지적되고 있으며, 부적절한 음식물류 폐기물의 이용한 퇴비의 사용은 농경지의 염류장애를 초래할 수 있다. 이러한 음식물류 폐기물 처리시설에서 생산된 퇴비를 농경지에 활용하기 위해서는 퇴비의 염분함량도 중요하지만, 질소성분을 기준으로 한 적절한 시비가 필요할 것으로 평가된다.

퇴비침출액을 이용하여 종자발아율, 뿌리신장을 조사하였다. 배양기에서 5일 동안 정치한 증류수 처리구의 무종자 발아율은 95%, 뿌리길이는 2.74 cm이었다. 퇴비침출액을

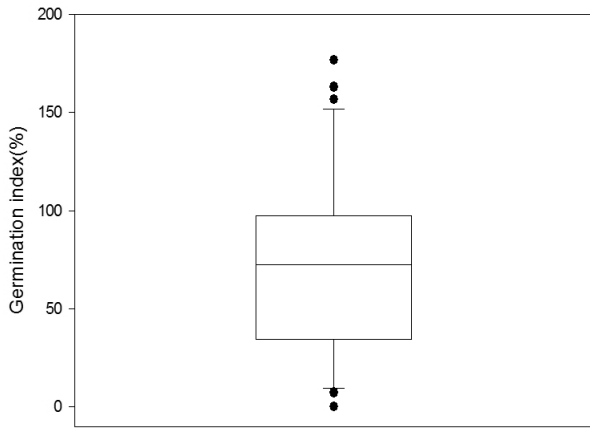


Fig. 2. Gemination index of radish seeds germinated in the solution of food waste-processed compost.

처리한 퇴비시료의 종자발아율은 28.3 - 88.3%, 뿌리길이는 0.0 - 5.99 cm 사이에 있었다. 식물물류폐기물의 퇴비 부숙도 지표로 사용되는 종자발아지수(Germination index: GI)는 0 - 176.6 사이로 평가되었고, 평균 GI는 75.5이었다. 퇴비시료 32점 중 46.8%가 비료공정규격상 퇴비의 GI 70 이상으로 규정한 기준을 밑돌았다. 따라서 식물물류폐기물 처리시설에서 생산한 퇴비는 퇴비부숙에 대한 개선이 필요할 것으로 평가되었다.

IV. 결론

전국 식물물류 폐기물 퇴비화시설의 처리현황과 퇴비의 품질특성을 평가하였다. 102개소 퇴비화시설 중 원료와 중간처리시설은 각각 4.8%와 28.9%를 차지하고 있었고, 특히, 퇴비화공정을 통해 퇴비를 자체 생산 하는 식물물류 폐기물 처리시설은 51개소로 46%를 차지하였다. 퇴비화를 위한 부자재는 주로 톱밥을 사용하고 있었고, 톱밥을 10 - 80% 혼합하여 부숙한 퇴비는 대부분 선별과정을 걸친 후에 농가에 무상공급 및 유상판매로 유통되고 있었다. 퇴비시료 (32점)의 품질특성을 평가한 결과, 염분함량과 부숙도는 각각 46.8%, 수분함량 항목의 15.6%가 비료공정규격의 기준을 만족하지 못하였다. 이상의 결과에서 식물물류 폐기물 처리시설에서 생산한 퇴비를 농경지에 활용하기 위해서는 퇴비의 염분함량 및 부숙도 개선이 시급한 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연

구개발사업(과제번호:PJ01092501)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고 문헌

- Kim NC, Jung BM. 2006. The experiment of process efficiency and salt elimination in food waste compost using triple salt. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*. 14(2):83-90.
- Kim NC, Kim DH. 2000. Effect of Salinity Concentration on Aerobic Composting of Food Waste. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*. 8(2):124-129.
- Kwon SI, So KH, Hong SG, Kim GY, Lee JT, Seong KS, Kim KR, Lee DB, Jung KY. 2009a. The effect of continuous application of the food waste composts on the paddy field environment. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*. 17(3):55-70.
- Kwon SI, So KH, Hong SG, Kim GY, Lee JT, Seong KS, Kim KR, Lee DB, Jung KY. 2009b. The continuous application effect of the food waste composts on the cultivated upland soils and plants. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*. 17(3):71-81.
- Lee JI, Lim DS. 2003. Economic Analysis on food waste recycling system. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*. 11(2):46-53.
- Lee SE, Ahn HJ, Youn SK, Kim SM, Jung KY. 2000. Application effect of food waste compost abundant in NaCl on the growth and cationic balance of rice plant on paddy sil. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 32(2):100-108.
- NAAS. 2010. Fertilization standard on crops.
- Phae CG, Chu YS, Park JS. 2002. Investigation of Affect on Composting process and plant growth of Salt concentration in food waste. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*. 10(4):103-111.
- Sikora LJ, Sullivan DM. 2000. Case studies of municipal and on-farm composting in the United States. p. 605-623. In J. Power and W. Dick (ed.) *Land application of agricultural, industrial, and municipal by-products*. SSSA Book Ser. No. 6. SSSA, Madison, WI.
- So KH, Hong SG, Kim GY, Seong KS, Park WK, Kim KR, Lee DB, Jung KY. 2009. The continuous application effect of the food waste composts on the cultivated upland soils and plants. *Journal of Korea Organic Resource Recycling Association*. 17:71-81.
- Sullivan DM, Fransen SC, Bary AI, Cogger CG. 1998. Slow-release nitrogen from composts: The bulking agent is more than just fluff. p. 319-325. In Brown et al. (ed.) *Beneficial co-utilization of agricultural, municipal and industrial by-products*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Touart AP. 1999. Investing upfront in a compost factory. *Biocycle*. 40:31-33.