축분종류에 따른 가축분퇴비의 화학성분 특성분석

Correlation between Raw Materials and Chemical Contents of Livestock Compost

안지현* · 송인홍**† · 강문성***

Ahn, Ji-Hyun · Song, In-Hong · Kang, Moon-Seong

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate chemical characteristic of livestock compost in association with livestock manure types (poultry, cattle, swine, and mixed manure). The livestock compost was collected from local nonghyup branches on a si-gun level. Chemical composition (nutrients, heavy metals etc.) of the samples was analyzed and Pearson's correlation analysis was performed. Quality of most compost samples met the standard of fertilizer specifications. Poultry compost contains greater nutrients especially P_2O (p-value < 0.01) and NH_4-N (p-value < 0.05). Meanwhile swine compost has higher concentration in water content (p-value < 0.05) and heavy metals (p-value < 0.01 for Cd, Cu and Zn). Overall, poultry compost was correlated positively with nutrients while swine compost has positive correlation with water content and heavy metals. We expect that the study results can provide base data for determining compost types and amount for crop production

Keywords: Livestock compost; Animal waste; Nutrients; Heavy metals; Correlation analysis

1. 서 론

우리나라 축산농가의 축종별 사육두수는 증가하고 있으며, 가축사육두수의 증가와 더불어 가축분뇨 발생량도 증가하고 있는 추세이다 (Choi, et al., 2012). 가축분뇨는 오래전부터 작물 생육에 매우 중요한 양분 공급원으로 활용되어 왔고, 최근에는 토양유기물 공급 및 토양개량제로 폐기물이라기보다는 자원으로 인식되고 있다 (Jeong et al., 2012). 또한, 축산 분뇨의 부산물 퇴비 활용에 따라 자원 순환 및 환경 친화적인 농업으로의 대체 자원 개발 효과와 지속가능성 증진에도 중요한 역할을 하고 있다.

이에 정부는 '99년도부터 친환경농업 육성정책을 실시하면서 부산물비료의 생산 및 판매량도 지속적으로 증가하고 있다. 런던 협약 '96년 의정서에 의해 2012년 이후 축분의 해양투기가 전면 금지됨에 따라 퇴비 등으로의 재활용이 지속적으로 증가할 것으로 전망된다 (MEST & KISTI, 2008; Kim and Lee, 2008).

시중에 유통되는 비료는 보통비료와 부산물비료로 구분되어 비료관리법에 근거하여 보증성분, 유해성분 등에 관한 비료공정 규격에 따라 관리되고 있다. 보통비료는 비료성분의 농도가 높고 성분별 함량기준이 명확하게 규정되어 있는 반면, 퇴비를 포함하는 부산물 비료는 유기물 및 중금속 함량기준으로 규격이 고시되어 있다. 다만, 2012년에 공정규격 개정 고시를 통하여 기존의 유기질 비료가 부산물 비료로 바뀌면서 비료성분별 함량 기준을 따로 가지게 되었다 (RDA, 2012). 하지만, 가축분퇴비가 주를 이루는 시중 유통 부산물비료는 원료의 종류에 따라 생산되는 부산물비료는 화학적, 물리적 성분조성이 다양하여 품질관리상 어려움이 많다 (MIFAFF, 2000).

가축분뇨를 농경지에 투입할 때 과다 사용하게 되면 투입된 농경지에서 강우 시 비점오염 물질이 인근 수계로 유입되거나 지하수로 침투되어 지하수의 오염을 초래하는 문제점이 발생하기도 한다 (Choi, et al., 2012; Won, et al., 2011). 퇴비를 비롯한 부산물 비료는 질소 함량으로 기준으로 사용되는 것이 일반적으로 Kim and Jung, (2000)은 가축분뇨 퇴비를 과다하게 사용하면 질산염을 포함한 토양 내 염류 집적 문제를 초래할 수 있다고 하였다. 따라서 질소에 비해 상대적으로 인산의 과다사용으로 토양에 인산이 축적되고, 강우와 함께 유출되어 물 환경에 부담을 줄 수 있으므로 적절한 관리가 필요하다 (Song et al., 2012; Park et al., 2010; Lee et al., 2004). 또한, 축분퇴비는 화학비료에 비해 중금속 함량이 높은 특성이 있어 분포특성 분

* 서울대학교 농업생명과학대학 생태조경·지역시스템공학부

** 서울대학교 농업생명과학연구원 연구교수

*** 서울대학교 농업생명과학대학 조경·지역시스템공학부, 농업생명과학연구원 겸무연구원

† Corresponding author Tel.: +81-2-877-4598

Fax: +81-2-873-2087

E-mail: inhongs@snu.ac.kr

2013년 1월 28일 투고

2013년 3월 12일 심사완료

2013년 3월 12일 게재확정

석이 필요하며, Kim and Han, (2008)은 농촌 소유역 하천의 중금속 부하를 모니터링 한 바 있다.

Kwon et al. (2007)은 가축분뇨 종류에 따라 생산퇴비의 영양물질 성분도 차이가 있음을 보고하였고, Kang et al. (2008)은 부산물비료 품질을 분석하여 공정규격 만족여부를 조사한바 있다. Nam et al. (2010)은 농협 지정 가축분뇨 퇴비 업체로부터 생산된 퇴비를 대상으로 성분 분석을 수행하였다. 퇴비에 의한 유출수의 오염부하에 관한 연구들을 보면, Hong et al. (2000)은 축분퇴비의 침출수 수질특성을 조사하였으며, Oh et al. (2007)은 농촌 소유역 유출수의 오염물질 농도변화 특성을 분석하였다. Choi et al. (2012)은 우분 퇴비 시용 논에서의 유출수 및 가축분뇨 퇴비가 시비된 밭 유출수 특성을 분석한 바 있다.

그러나 기존 축분 퇴비 관련 연구는 대부분 유출수나 침출수 유출특성 모니터링이나 단순 부산물비료 성분조사를 통한 공정규격만족여부에 치우쳐 있어, 부산물 비료의 원재료 종류에 따른 퇴비 성분의 특성 및 성분 간의 상관분석에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 현재 시·군에서 유통되는 가축분 부산물퇴비를 대상으로 대표시료를 채취하여 영양물질 및 중금속 함량 등 화학성분을 분석하고, 이를 바탕으로 가축분 종류 및 혼합비에 따른 퇴비성분과의 상관성 분석을 통해 가축분퇴비의 화학적 분포 특성을 분석하는데 있다.

II. 재료 및 방법

1. 시료수집

본 연구에서는 시중에 유통되는 가축분퇴비의 시료 수집을 위해 시·도별 부산물 비료 생산업체 등록현황 (Fig. 1)을 바탕으로 광역단위 대표시료 수를 결정하였다. 연구대상 광역단위에는 농지면적이 넓게 분포하는 경기도, 강원도, 충청도, 전라도, 경상도를 대상으로 하였으며 도시지역인 광역시는 제외하였다. 퇴비 시료 수는 먼저 광역단위로 대표 시료수를 미리 결정하고, 해당 광역단위 내에 같은 수의 수집 대상 시·군을 임의로 선정하였다. 퇴비 시료의 수집은 선정된 시·군 단위의 농협을 직접 방문하여 수집하거나 또는 유선으로 연락하여 택배로 퇴비 시료를 전달 받았다. 일반 퇴비에 비해 유기물 함량기준인 높은 그린 퇴비는 시중의 대형마트에 유통되는 퇴비를 구매하여 수집하였다.

2. 시료분류

Table 1은 지역별 및 가축분 종류별로 수집한 퇴비의 시료수를 일반퇴비와 그린퇴비로 구분하여 보여주고 있다. 지역별로는

Province	Number of the registered compost manufacturers
Gyeonggi	16
Gangwon	9
Chungcheong	24
Jeolla	20
Gyeongsang	15

Fig. 1 Number of provincial compost manufacturers and locations of sample collection

Table 1 Number of the collected compost samples by regions and ingredients

Region	Gyeonggi	Gangwon	Chungcheong	Jeolla	Gyeongsang	Sum
Sample numbers	9 (1)*	3	5 (1)	4	8 (1)	29
Ingredients	Poultry	Swine	Mixture	Others**		Sum
Sample numbers	7	3	17 (4)	2		29

* The values in parentheses indicate the numbers of green compost collected.

** Nominal ingredient information of the compost were unavailable.

경기도에서 9, 경상도 8, 충청도 5, 전라도 4, 강원도 3개의 시료를 수집하였고, 이는 4개의 그린 퇴비를 포함한 시료수이다. 가축분퇴비는 계분, 돈분, 우분, 톱밥을 주원료로 생산되었고, 일부 미량의 마분을 포함하는 경우도 있었다. 가축분의 종류에 따라 단일 가축분을 원료로 하는 계분, 돈분 퇴비와 여러 축분을 혼합한 혼합퇴비로 구분하였다. 퇴비성분은 퇴비 생산업체에서 제공하는 명목성분함량 자료를 바탕으로 조사하였고, 여기에는 가축분 함량 이외에 왕겨, 수비, 버섯배지, 농작물잔사, 미생물제 등의 성분함량도 포함하고 있다.

Table 2 Analytical methods for determining chemical components of livestock compost

Item	Methods
OM	Walkley-Black method
TOC	
T-N	Micro Kjeldahl method
K ₂ O	Bray No.1 method
H ₂ O	Pan evaporation method
Heavy metals	Coupled plasma (Shimadzu) ICPS-7500
NaCl	Ion exchange chromatography method
NO ₃ -N	
P ₂ O ₅	Bray No.1 method
NH ₄ -N	Absorptiometric analysis
pH	Electrometric glass electrode method

3. 시료 분석

수집한 가축분 부산물퇴비 시료 중 약 2 kg을 플라스틱 봉투에 담아 밀폐하고, 서울대학교 농업과학공학기기센터 (NICEM)에 의뢰하여 화학성분 분석을 의뢰하였다. 화학성분 분석 항목에는 유기물량, 비료성분, 중금속 등을 포함하였으며 각 항목에 대한 분석 방법은 Table 2와 같다.

4. 통계분석

가축분 종류에 따른 화학성분 농도의 차이의 통계적 유의성, 가축분 성분함량과 화학성분 상관성 분석을 위해 SPSS 통계 소프트웨어 (IBM SPSS Statistics Version 20, IBM Corp., USA)의 t-검정과 Pearson 상관분석 방법을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 화학성분 분석 결과

총 29개의 퇴비 시료의 화학성분 분석결과를 일반퇴비와 그린퇴비로 구분하여 평균, 최소, 최댓값으로 나타내면 Table 3과 같다. 농촌진흥청 고시에 제시된 비료공정규격을 같이 표시하여 분석결과와 비교하였다.

부산물 퇴비는 유기물 (OM)이 영양물질 함량의 척도로서 중

Table 3 Summary of livestock compost components and comparison with fertilizer specifications

Sample		OM	NaCl	H ₂ O	As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn
		(%)			(mg/kg)							
General compost	Mean	43.6	0.89	41.9	2.70	0.25	0.05	8.57	6.91	70.5	4.40	249.5
	Max.	60.4	1.58	59.7	17.28	0.86	0.05	131.5	38.0	184.5	17.07	514.5
	Min.	22.8	0.31	13.3	0.60	0.10	0.05	0.88	1.73	22.8	1.79	109.5
Regulation*		> 25	< 2	< 55	< 45	< 5	< 2	< 130	< 250	< 400	< 45	< 1,000
Green compost	Mean	40.3	0.81	47.2	1.44	0.18	ND**	2.27	5.63	58.5	3.89	208.8
	Max.	46.0	1.23	54.4	2.11	0.33	-	3.81	13.73	84.1	7.18	263.7
	Min.	35.0	0.23	42.9	0.89	0.13	-	1.38	1.77	22.0	2.03	165.2
Regulation		> 30	< 1.8	< 55	< 45	< 5	< 2	< 130	< 200	< 360	45	< 900
Sample		TN	P ₂ O ₅	K ₂ O	TOC		pH		NO ₃ -N	NH ₄ -N		
		(%)							(mg/kg)			
General compost	Mean	1.79	2.38	2.37	25.5		8.41		394.4	791.6		
	Max.	4.59	4.76	5.81	35.0		9.44		1858.6	4809.9		
	Min.	0.76	0.22	0.85	13.2		7.32		27.5	107.1		
Green compost	Mean	1.47	2.12	1.78	23.4		8.33		422.8	266.3		
	Max.	2.06	2.43	2.35	26.7		9.17		1413.9	513.4		
	Min.	1.04	1.86	0.40	20.3		7.43		38.4	63.1		

* Source : RDA fertilizer specifications (2012)

** Not detected

요한 품질평가 기준의 하나이고, 일반퇴비 (OM 25 %)와 그린 퇴비 (OM 30 %)의 구분기준이 된다 (RDA, 2012). 비교공정규격에는 이밖에 염분 (NaCl)과 수분, 그리고 중금속 함량에 대한 기준을 제시하고 있다. 수집 가축분 시료의 유기물 함량을 보면 일반퇴비와 그린퇴비의 차이가 크지 않고, 평균 40 %를 초과하는 것으로 나타났다. 한 개 시료가 유기물 함량 기준에 약간 미달하였으나 나머지는 모두 공정규격을 만족하였다. 중금속 함량 분석결과를 보면, 모든 시료가 중금속 전 항목에 있어서 공정규격에 비해 훨씬 낮은 함량을 포함하는 것으로 분석되었다. 특히 수은의 경우 1개 시료에서만 미미한 농도로 검출되었고, 나머지 시료에서는 검출되지 않았다. 전반적으로 그린퇴비의 중금속 함량이 일반퇴비에 비해 낮게 나타났다.

비료공정규격에 포함되지 않지만 퇴비가 비료 대용으로 이용된다는 점에서 영양물질 성분함량도 분석하였다. Table 3에서 보는 바와 같이, 일반퇴비와 그린퇴비의 영양물질 함량은 비슷하게 나타났다. 다만, 인산의 함량이 평균 2.38 %로 질소의 1.47 %보다 더 많이 함유되고 있음은 특기할 부분이다. 일반적으로 퇴비 시용은 작물의 질소 필요량을 기준으로 이루어짐에 따라 상대적으로 인산이 과다 사용되는 경향이 있다. 이는 작물의 인산 흡수량이 통상 질소에 비해 훨씬 적기 때문이고, 이렇게 과다 사용된 인산은 토양에 축적되어 강우 시 토사와 더불어 유출되어 물 환경에 영향을 줄 수 있으므로 적정량의 퇴비 사용이 필요하다. 질소의 형태별로 살펴보면, 일반퇴비는 주로 암모니아태 질소로 존재하는 반면, 그린퇴비는 질산성 질소가 주요 존재 형태이었다.

2. 가축분 종류에 따른 화학성분 비교

전국 광역 단위를 대상으로 수집한 총 29개의 부산물퇴비 중 원료특성 및 성분함량 조사를 실시하지 못한 2개를 제외한 27개의 부산물퇴비를 이용하여 원료 종류에 따른 성분분석을 실시하였다. 수집된 가축분퇴비 시료의 주요 원료별 평균 구성비를 살펴보면 Table 4와 같다. 가축분퇴비는 평균적으로 총 가축분 약 56 %에 톱밥 25 % 가량으로 구성된다. 가축분 중에서 계분 함량이 25 %로 가장 크고, 다음으로 돈분과 우분이 각각 18 %와 13 % 차지하는 것으로 분석되었다.

가축분 종류별 영양물질 함량 분석결과를 Table 5에 나타내었다.

전반적으로 계분퇴비는 수분함량이 적고 유기물질이나 비료성분 함량이 돈분퇴비에 비해 많은 것으로 분석되었다. 계분퇴비의 총 질소 함량은 2.06 %로 돈분퇴비의 1.61 %에 비해 약 1.3배 많았고, 대부분 암모니아태로 존재하였다. 이는 계분이 알칼리성이 매우 높기 때문으로, 퇴비화 과정에서 pH를 낮추기 위해

Table 4 Mean composition of the livestock compost samples

Components	Livestock manure				Sawdust	Others*
	Poultry	Cattle	Swine	Subtotal		
Mean composition of compost	0.254	0.131	0.178	0.563	0.247	0.190

* Others include rice husks, crop residues, etc.

Table 5 Nutrient content for different raw materials of livestock compost

Sample	OM	NaCl	H ₂ O	TN	P ₂ O ₅	K ₂ O	TOC	pH	NO ₃ -N	NH ₄ -N
	(%)								(mg/kg)	
Poultry (n* = 7)	48.78	0.87	38.42	2.06	2.90	2.01	28.29	8.28	70.99	1666.83
Swine (n = 3)	43.16	0.84	55.75	1.61	1.20	1.73	25.04	7.68	555.48	120.80
Mix (n = 17)	42.21	0.82	44.90	1.57	2.38	2.01	24.48	8.46	541.45	415.77

* Number of collected livestock compost

개량제를 사용하여 암모니아 휘발에 의한 질소 손실을 줄이게 된다. 반면 돈분의 경우 질소가 계분과 달리 암모니아보다는 질산태 질소의 형태를 띠고 있다 (p-value < 0.05). 또한 인산 농도에 있어서도 계분퇴비가 돈분퇴비에 비해 2.4배 함량이 많았다.

돈분퇴비는 수분함량이 상대적으로 높게 나타났는데, 이는 돼지 분뇨 슬러리의 수분함량이 통상 95 % 이상으로 높기 때문이다. 실제 퇴비 제조 시 수분함량이 70 % 이상이 되면 통기에 어려움이 있어 퇴비화가 원활히 이루어지지 못하기 때문에 톱밥 등과 같은 수분조절재를 첨가하게 된다 (RDA, 2007).

Fig. 2는 주요 영양물질 농도를 가축분 종류별로 그래프로 비교하고 있다. 전반적으로 계분퇴비가 영양분을 많이 함유하고 있으며, 계분퇴비와 돈분퇴비 사이 질소의 존재 형태가 다를 것을 분명하게 보여주고 있다.

가축분 종류에 따른 중금속 함량 분석 결과를 정리하면 Table 6과 같다. 원료별 중금속함량을 비교해보면, 모든 규정 항목에 대해 돈분퇴비가 계분이나 혼합퇴비보다 중금속 함량이 훨씬 크게 나타났다. 특히 Cd, Cu, Ni의 경우 돈분퇴비의 함량이 계분보다 유의한 수준으로 크게 분석되었다 (p-value < 0.05). 다만, 비료공정규격에서 제시한 기준을 초과하는 항목은 없었다. 수은의 경우 혼합분 1개 시료에서 미량으로 검출되었을 뿐 대부분의 시료에서 검출되지 않았다. 돈분퇴비는 Cu 함량이 Zn과 함께 다량으로 함유하고 있는데, 이는 돼지 사육에 이용되는 생육촉진제에 Cu 성분 함량이 높기 때문인 것으로 사료된다. 돈분의 전반적으로 높은 중금속 수준은 수분조절재에 의한 희석효과로 인하여 대체로 비료공정규격을 만족시키게 된다(Ko et al., 2004).

Fig. 3은 가축분 원료별 중금속함량을 비교하여 도시하고 있

Fig. 2 Comparison of nutrient content among livestock composts with different raw materials (The error bar represent standard deviation and the letters a, b indicate significant difference at the 0.05 level)

Table 6 Heavy metals for different raw materials of livestock compost

Sample	As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn
	(mg/kg)							
Poultry (n = 7)	1.16	0.14	ND**	1.92	2.54	51.06	2.91	209.65
Swine (n = 3)	10.08	0.65	ND	67.13	21.94	149.1	6.74	333.80
Mix (n = 17)	1.89	0.22	0.05	3.88	6.78	67.15	4.53	226.30

* Number of collected livestock compost

** Not detected

으며, 중금속 항목에 따라 같은 가축분 원료 퇴비 내에서도 함량의 편차가 크게 나타나고 있다. 이는 같은 축분을 이용하더라도 퇴비 제조과정에서 퇴비화 전처리 및 방법, 분뇨의 불균일성,

수분조절재의 차이 등의 편차가 발생하기 때문이다 (Epstein, 1997; Hsu et al., 2001). 모든 중금속 항목에서 돈분퇴비의 중금속 함량이 높게 나타났으나, 일부 항목에 있어서 편차가 커서 통계적 유의성은 Cd, Cu, Ni에서만 나타났다.

3. Pearson 상관분석

가축분퇴비의 원료 종류 및 혼합비에 따른 퇴비 성분과의 상관성을 분석하기 위해 변수들 사이의 선형관계의 정도와 방향을 수학적인 수치로 계산하는 이변량 상관분석 (Pearson's correlation)을 실시하였다. 유의성 검정은 99 % 및 95 % 신뢰수준에서 분석하였으며, 그 결과는 Table 7과 같다.

계분이 함유된 퇴비는 인산, 가리, 암모니아태 질소와 양의 상관성, 돈분 및 수분과 음의 상관성을 나타내는데, 이는 계분 특

Fig. 3 Comparison of heavy metals among livestock composts with different raw materials (The error bar represent standard deviation and the letters a, b indicate significant difference at the 0.05 level)

성상 수분이 적은 비료로서 질소, 인산, 가리 등 비료성분의 함량이 높기 때문이다. 우분이 함유된 퇴비는 암모니아태 질소와 음의 상관관을 보이며, 돈분이 함유된 퇴비는 돈분 자체에 수분이 많아 퇴비화 시 톱밥 등과 같은 수분조절제를 첨가하게 되는데, 이로 인하여 톱밥과 수분에서 높은 상관성을 보였다. 또한, Table

6에서와 같이 돈분은 특성상 높은 중금속을 함유하고 있기 때문에 퇴비화가 된 후에도 대부분의 중금속과 상관성이 높았다. 가축분 2종 이상이 혼합된 퇴비 중 돈분과 우분의 평균 혼합비가 40 % 이상으로 질소성분과 음의 상관관을 보이는 돈분 및 우분의 영향으로 혼합퇴비에서도 질소성분과 음의 상관관을 나타냈다. 산

Table 7 Pearson correlation coefficients between the amounts of raw materials and chemical content of livestock compost

	Total [§]	Poultry	Cattle	Swine	Sawdust	OM	H ₂ O	TN	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃ -N	NH ₄ -N	As	Cd	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn
Total	1																		
Poultry	.306	1																	
Cattle	.227	-.326*	1																
Swine	.147	-.661**	-.235	1															
Sawdust	.412*	-.173	-.111	.543**	1														
OM	-.285	.056	-.320	-.010	-.014	1													
H ₂ O	.050	-.382*	.072	.400*	.161	-.115	1												
TN	-.477**	.041	-.150	-.246	-.373*	.328*	-.639**	1											
P ₂ O ₅	.224	.594**	-.170	-.382*	.136	-.054	-.417*	-.037	1										
K ₂ O	.401*	.362*	.152	-.250	.222	-.038	-.317	.043	.693**	1									
NO ₃ -N	.282	-.135	.295	.114	.080	-.423*	.089	-.217	.001	.273	1								
NH ₄ -N	-.387*	.334*	-.340*	-.369*	-.398*	.351*	-.435*	.734**	.067	-.105	-.336*	1							
As	.098	-.290	-.124	.477**	.205	.087	.222	.102	-.476**	-.103	.277	-.202	1						
Cd	-.018	-.412*	-.131	.539**	.273	-.088	.179	.042	-.426*	-.179	.369*	-.292	.880**	1					
Pb	.062	-.275	-.166	.467**	.206	.288	.234	.146	-.514**	-.143	.071	-.144	.958**	.775**	1				
Cr	.080	-.253	-.064	.379*	.198	-.137	.128	.067	-.406*	-.152	.442*	-.224	.842**	.914**	.710**	1			
Cu	.247	-.313	-.177	.638**	.490**	.217	-.006	.016	-.170	-.055	.030	-.243	.615**	.690**	.620**	.562**	1		
Ni	.042	-.176	-.035	.247	.157	-.331*	-.013	.047	-.176	-.063	.558**	-.169	.530**	.747**	.325*	.888**	.379*	1	
Zn	.308	-.121	-.372*	.611**	.455**	.338*	.069	-.055	.079	.166	-.067	-.271	.453**	.405*	.520**	.264	.776**	.087	1

§ Total, Poultry, Cattle, Swine, and Sawdust represent the respective included amounts in the livestock compost.

* The symbols of * and ** represent statistical significance at the confidence levels of 0.05 and 0.01, respectively.

림공정으로 배출되는 폐기물인 톱밥은 미국이나 유럽의 선진국에서 이미 중금속 흡착용으로 널리 연구되어지고 있으며, 그 가능성을 보여주고 있다 (Jeon, 2007). 본 연구에서 톱밥이 함유된 퇴비는 특히 구리, 아연과 상관성을 보이는데, Dorris et al. (2000)은 톱밥을 이용하여 구리, 니켈, 아연이온 등을 흡착시키는 연구를 수행하여 비교적 높은 흡착능을 얻은 바 있다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 현재 시·군에 유통되고 있는 부산물퇴비를 대상으로 대표시료를 채취하여 영양물질 및 중금속 함량 등 화학성분을 분석하고, 이를 바탕으로 가축분 종류 및 혼합비에 따른 퇴비 성분과의 상관성 분석을 통해 화학적 분포 특성을 분석하였다. 본 연구결과와 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 총 29개의 퇴비 시료의 화학성분 분석결과, 유기물량, 영양물질 등 대부분의 공정규격을 만족하였고, 특히 중금속 함량은 중금속 전 항목에서 모두 공정규격에 비해 훨씬 낮아 전반적으로 퇴비의 품질이 양호한 것으로 나타났다.

2. 가축분 종류에 따른 퇴비의 성분분석 결과, 일반퇴비와 그린퇴비 모두 영양물질 함량의 큰 차이는 없었고, 인산의 함량이 평균 2.38 %로 질소의 1.47 % 보다 높게 나타났다. 전반적으로 계분 퇴비는 유기물이나 비료성분 함량이 높았고, 돈분퇴비는 수분함량이 높고, 특히 중금속 함량이 다른 축분퇴비에 비해 훨씬 높게 나타났다.

3. Pearson 상관분석 결과, 가축분 원료 및 혼합비에 따라 부산물 퇴비의 영양물질 및 화학성분 분포 특성과 일정부분 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 특히, 계분 함량은 퇴비의 비료성분 (N-P-K)과 양의 상관성을 보였고, 돈분 함량은 퇴비의 수분 및 중금속 성분과 높은 양의 상관성을 보였다.

4. 본 연구를 통해 가축분에 따른 퇴비 성분 특성을 분석한 결과, 가축분 부산물 퇴비는 전반적으로 인산함량이 높게 나타났다. 이는 질소를 기준으로 시비량을 결정하는 관행에 비추어, 인산의 과다 시용 가능성이 있고, 이에 따른 토양 인산축적 및 유출의 원인이 될 수 있는 만큼, 가축분 퇴비 시비 시 인산함량을 고려한 시비방법 개선이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 2012년도 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다 (No. 2012R1A1A 2007326).

REFERENCES

1. Choi, J. K., J. G. Son, H. J. Lee, and Y. J. Kim,

2012. Runoff Characteristics of Total-N and Total-P in upland surface runoff treated with livestock manure compost. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(6): 29-37.
2. Choi, J. K., J. G. Son, K. S. Yoon, H. J. Lee, and Y. J. Kim, 2012. Runoff characteristics in paddy field using cow manure compost fertilizer. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(3): 29-36.
3. Dorris, K. L., B. Yu, Y. Zhang, and A. Shukla, 2000. The removal of heavy metal from aqueous solutions by sawdust adsorption-removal of copper. *J. Hazardous. Materials* B80: 33-42.
4. Epstein, E., 1997. The science of composting. *Technomic Publishing*, Pennsylvania, USA.
5. Hong, S. G., and J. T. Kim, 2000. Quality of leachate from manure compost. *Proceedings of the Korean Society of Agricultural Engineers Conference* 584-589.
6. Hsu, J. H., and S. L. Lo, 2001. Effect of composting on characterization and leaching of copper, manganese, and zinc from swine manure. *Environmental Pollution* 114: 119-127.
7. Jeon, C., and J. H. Kim, 2007. Heavy metal removal using sawdust. *Journal of KORRA* 15(2): 81-88.
8. Jeong, C. U., J. B. Jeong, J. O. Kwon, J. H. Choi, S. A. Kim, J. S. Yun, K. H. Kang, and J. Y. Lee, 2012. A study on the characteristics of public livestock manures treatment plant sludge. *Jeollabukdo Institute of Health & Environment Research of Division of Industrial Waste*.
9. Kim, G. S., and S. M. Lee, 2008, Management strategy for the prohibition of ocean dumping of sewage sludge in 2011. *Seoul Metropolitan Study* 9(3): 3-21.
10. Kim, J. G., and K. Y. Jugn, 2000. Amount of maximum compost application on the long-term application with different organic material sources in upland soil. *Journal of the Korean Society of Soil Science and Fertilizer* 33(3): 182-192 (in Korean).
11. Kim, J. H., and K. H. Han, 2008. Estimation of heavy metal loads at plain area of the rural watersheds during farming season. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 50(1): 85-92.
12. Ko, H. J., H. L. Choi, and K. Y. Kim, 2004. Heavy metal speciation in compost derived from the different animal manures. *J. Anim. Sci. & Technol.* 46(2): 273-

- 282.
13. 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. *Journal of KORRA* 15: 31-49.
14. Lee, Y. J., D. H. Choi, S. H. Kim, S. M. Lee, Y. H. Lee, B. M. Lee, and T. W. Kim, 2004. Long-term changes in soil chemical properties in organic arable farming systems in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37(4): 228-234.
15. MEST (Ministry of Education, Science and Technology) & KISTI (Korea Institute for Science and Technology Information), 2008, Trend on the conversion technologies of organic waste for energy production.
16. MIFAFF, 2000. The criteria of physical quality for compost using agricultural by-product. *Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries*, Korea.
17. Nam, Y., S. H. Yong, and K. K. Song, 2010. Evaluating quality of fertilizer manufactured (livestock manure compost) with different sources in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5): 644-649.
18. Oh, K. Y., J. S. Kim, and J. W. Cho, 2007. Characteristics of pollutant concentrations in runoff water from a small rural watershed. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 49(2): 99-108.
19. Park, J. M., T. J. Lim, S. B. Kang, I. B. Lee, and Y. I. Kang, 2010. Effect of pig slurry fertigation on soil chemical properties and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5): 610-615.
20. RDA, 2007. The effect of poultry composting without moisture amendment. *Rural development administration*, Korea.
21. RDA, 2012. Fertilizer nominal specifications, RDA Notification No. 2012-34. *Rural Development Administration*, Suwon, Korea.
22. Song, I., M. S. Kang, S. H. Hwang, and J. H. Song, 2012. Characteristics and EMCs of NPS pollutants runoff from a forest-paddy composite watershed. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(4): 9-17.
23. Soon, Y. M., 2011, Industry of fertilizer and eco-friendly fertilizer trend. *KIC News* 14(4): 41-49.
24. Won, C. H., Y. H. Choi, M. H. Shin, J. Y. Seo, and J. D. Choi, 2011. Analysis of livestock resources on NPS pollution characteristics by rainfall simulation. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 53(2): 67-74.
25. Yoo, C. H., and M. K. Jung, 1995. A program research on the construction of cold-chain system for agricultural and livestock products. *Korea Rural Economic Institute* 18(2): 15-29.