

국내 유통중인 가축분퇴비의 품질 특성

김명숙^{at}, 김석철^b, 박성진^a, 이창훈^a

Analysis of Commercial Organic Compost Manufactured with Livestock Manure

Myung-Sook Kim^{at}, Seok-Cheol Kim^b, Seong-Jin Park^a, and Chang-Hoon Lee^a

(Received: Sep. 21, 2018 / Revised: Dec. 10, 2018 / Accepted: Dec. 11, 2018)

ABSTRACT: The contents of total nitrogen(T-N), phosphate(T-P₂O₅), and potash(T-K₂O) are important factors to determine the application rate of the livestock compost to prevent nutrients accumulation and maintain their appropriate levels in arable lands. The concentrations of nutrient, organic matter, salt, water content, heavy metal in livestock compost in circulation were investigated with 659 samples from 2016 to 2017. In order to investigate the fluctuation nutrient contents of livestock composts with the same product name, 19 samples were collected and analyzed T-N, and T-P₂O₅, and T-K₂O concentration during two years. The mean levels of T-N, T-P₂O₅, and T-K₂O in livestock composts of from 2016 to 2017 were 1.73%, 1.88%, and 1.66%, respectively. The average contents of organic matter, water, and salt were 38.9%, 40.9%, and 1.2%, respectively. There were found that the maximum concentrations of Cr, Ni, Cu, and Zn in some livestock composts were exceeded the criteria of the official standard of commercial fertilizer. The maximum variation coefficient of T-N, T-P₂O₅ and T-K₂O content of livestock composts was found to be 24%, 27%, and 50% on average, respectively. In order to manage the nutrients in agricultural soils, it will be reasonable that the error range of T-N and T-P₂O₅ content in livestock composts should be recommended to be 27% in mean as variation coefficient in case of displaying the nutrient element in livestock compost.

Keywords: Livestock compost, Total nitrogen, Total phosphate, Total potash, Nutrient content, Official standard of commercial fertilizer

초록: 농경지에서 양분 집적을 예방하고 적절한 수준으로 유지하기 위해 가축분퇴비의 투입량을 결정할 때 총질소, 총인산, 총칼리 함량은 매우 중요한 인자이다. 그래서 가축분퇴비의 비료성분을 포함한 유기물, 염분, 수분, 중금속의 함량을 조사하기 위해 2016년부터 2017년까지 시판된 가축분퇴비 659점을 수거하여 분석하였다. 그리고 수거 시기별로 동일 상품명을 지닌 가축분퇴비의 비료성분의 변동폭을 조사하고자 19개 시료를 2년에 걸쳐 3회 수거하여 총질소, 총인산, 총칼리 함량을 분석하였다. 2016년부터 2017년까지 조사된 가축분퇴비의 총질소, 총인산, 총칼리의 평균 함량은 각각 1.73%, 1.88%, 1.66%였고, 유기물, 염분, 수분의 평균 함량은 각각 38.9%, 40.9%, 1.2%로 나타났다. 일부의 제품에서 크롬, 구리, 니켈, 아연의 최대 함량은 비료공정규격의 적정기준 범위를 초과하는 것이 나타났다. 그리고 동일 상품명을 지닌 가축분퇴비의 총질소, 총인산, 총칼리의 변이계수 값은 각각 24%, 27%, 50%로 총질소와 총인산의 변이계수는 유사하였고, 총칼리는 가장 크게 나타났다. 이로부터 농경지의 양분관리를 위해 가축분퇴비의 총질소와 총인산의 비료성분을 표시할 경우에 시판되는 가축분퇴비에 대해서는 평균값에 오차범위를 변이계수

^a 국립농업과학원 토양비료과 농업연구사 (Soil researcher, Soil & Fertilizer Management Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration)

^b 경기도농업기술원 원장 (Director, Gyeonggi Provincial Agricultural Research & Extension Services)

† Corresponding author(e-mail: msk74@korea.kr)

27%로 제시하는 것이 타당하다고 생각된다.

주제어: 가축분퇴비, 총질소, 총인산, 총칼리, 비료성분 표시, 비료공정규격

1. 서론

가축분퇴비는 부숙 과정을 거쳐 제조하는 비료로서 토양의 이화학적 개량을 목적으로 사용하고 있다. 정부에서는 제3차 친환경농업육성 5개년 계획¹⁾에 따라 무기질비료 사용량을 매년 3%씩 감축하는 목표를 설정하고, 이를 대체하기 위해 친환경농자재 지원사업으로 가축분퇴비를 2013년에 2,031,000톤에서 2015년에 2,133,000톤으로 점점 증가하여 공급하고 있다. 국가적으로 가축분퇴비의 사용량을 증가하려는 목적은 우리나라의 농경지 단위면적 당 무기질비료 투입량이 가장 많은 나라로 알려져 있기 때문에 무기질비료의 사용량을 감소하려는 데 있다.

가축분퇴비의 품질은 농업생산력을 유지 및 증진 시켜서 농업환경을 보전하기 위해 비료관리법으로 규정하여 관리하고 있다²⁾. 과거에 가축분퇴비는 비료의 영양성분이 낮은 가축 분뇨나 녹비 등을 사용하였기 때문에 비료영양성분 함량이 적어서 화학성 개량보다는 물리성 개량 효과가 컸다. 그러나, 최근에는 비료 성분이 높은 가축분뇨나 폐수처리오니 등을 사용하고 있어 질소, 인산 등의 비료영양성분이 높기³⁾ 때문에 시설재배지와 같은 농경지에 과다하게 살포할 경우, 토양물리성 개량 효과 보다는 양분 집적 등의 영향이 크며, 작물생산성을 감소시키는 문제까지 초래할 수도 있다⁴⁻⁵⁾. 더군다나, 환경부에서 양분총량제를 도입하려는 시점에서⁶⁾ 가축분퇴비의 비료영양성분(총질소, 총인산, 총칼리)에 근거한 공급량을 결정하는 것은 매우 중요하며^{2),4)}, 가축분퇴비의 비료영양성분 자율표시제를 도입하자는 의견이 제기되는 상황이다⁴⁾. 현실적으로 가축분퇴비는 퇴비화과정으로 인해 제조퇴비의 양분함량은 상당히 달라질 수 있고, 시판 유통되는 부산물 퇴비는 화학적 함량이 표기되어 있지 않아서 농가에서 비료영양성분을 고려하여 가축분퇴비의 농경지 투입하는 것은 어려움이 있다²⁾.

그 동안 다수의 연구자들은 가축분퇴비의 품질특성 조사, 농경지 투입량, 토양 이화학적 및 미생물학적 특성 변화에 대해 연구하였다. 우선, 가축분퇴비의 품질 특성은 비료관리법 제18조에 의하여 비료의 품질관리를 위하여 필요하다고 인정한 경우에 실시할 수 있도록 규정되어 있어서⁵⁾, 가축분퇴비에 대하여 유기물, 수분함량, 염분, 중금속 함량 등에 대해 품질 검사를 정기적으로 실시하여 비료공정규격에 적합, 부적합한지를 보고하였고^{5),7-15)}, 일부 연구자들은 특정한 지역에서 가축분퇴비의 비료영양성분에 대한 정보를 파악하고자 시료를 수거하여 총질소, 총인산, 총칼리 함량을 분석하였으며, 그 결과를 발표하였다^{2),4),16)}. 가축분퇴비의 비료 영양성분을 직접 분석하지 않고, 가축분퇴비의 원료 투입으로부터 총질소, 총인산, 총칼리의 함량을 추정하려는 연구를 시도하였지만,^{2),4)} 원료의 투입하는 상태에 따라서 그 차이가 크므로 실효성 있는 연구결과를 도출하는데 한계가 있었다. 그리고 가축분퇴비의 농경지 사용량은 농촌진흥청의 작물별 시비처방기준에서 제시하고 있는데, 퇴비구 추천량을 기준으로 우분툽밭퇴비는 동일량, 돈분툽밭퇴비는 22%, 계분툽밭퇴비는 17% 해당량을 추천하고 있다¹⁷⁾. 우분툽밭퇴비, 돈분툽밭퇴비, 계분툽밭퇴비의 특성에 따라 추천량을 달리하고 있는데, 그 이유는 가축분퇴비의 투입원료 특성별로 비료영양성분의 평균함량을 고려하여 사용량 수준을 조절하였기 때문이다. 가축분퇴비의 농경지 사용 효과에 관한 연구로서, 경사지에 사용했을 때 토양유실 감소와 침투수량, 공극율, 내수성입단, 유효수분함량이 증가하는 효과가 있었고, pH, OM, CEC, 유효인산, 치환성 염기용량 등이 증가하였고 발표하였다¹⁸⁾. 그리고 미생물 중에서 박테리아, 곰팡이 등 분해미생물이 증가하고²⁰⁾, 퇴비와 무기질 비료를 36년간 장기적으로 사용하였을 때 논토양의 벼의 뿌리 밀도가 높아졌다고 하였다²¹⁾. 우분퇴비, 계분퇴비, 표준시비, 돈분퇴비 순으로 논토양에서

총 질소흡수량 및 질소이용율이 높았고²²⁾, 옥수수과 콩을 4년 연작할 때 이들의 건물생산량이 시용량이 증가할수록 증가되었으며²³⁾, 오차드그라스 재배 시에도 건물수량이 증가하였다고 발표하였다²⁴⁾. 이로부터 알 수 있듯이 가축분퇴비의 품질 관리와 농경지 양분관리 측면에서 비료영양성분을 표시할 경우에 가축분퇴비의 비료영양성분 함량 변화에 대한 연구는 부족한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 최근 유통되는 가축분퇴비의 품질 특성을 파악하고자 2년간 제품을 수거하여 비료영양성분의 분포 특성을 조사하였고, 가축분퇴비의 비료영양성분을 표시할 경우를 대비하여 동일한 상품명에 지닌 가축분퇴비를 시기별로 수거하여 비료영양성분의 변화량을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가축분퇴비의 주요한 품질특성을 조사하고자 2016년부터 2017년까지 시판되는 가축분퇴비 총 659점(2016년 337점, 2017년 322점)을 수거하여 비료공정규격에서 분석항목으로 규정된 총질소, 총인산, 총칼리, 유기물, 수분함량, 염농도, 유기물/질소 비, 크롬, 구리, 니켈, 아연 함량을 분석하였다. 분석방법은 비료 품질검사 방법 및 시료채취기준²⁵⁾에 따라, 총질소는 황산 분해 후 킬달증류법으로 분석하였으며, 총인산과 총칼리 함량은 마이크로웨이브로 산 가수분해 후 ICP(GBC, Integra XL, Australia)로 각각 측정하였다. 수분 및 유기물 함량은 각각 가열감량법과 회화법을 이용하였고, 염분농도는 ICP로 정량한 후 NaCl로 환산하여 계산하였고, 중금속인 크롬, 구리, 니켈, 아연은 마이크로웨이브(CEM Corporation, MARS6, USA)로 분해한 후 ICP로 측정하였다. 동일한 상품명에 지닌 가축분퇴비 19점을 총질소, 총인산, 총칼리 함량의 변화를 분석하고자 2017년 4월, 10월, 2018년 5월에 수거 후 비료성분함량을 측정하였고, 상품명으로 평균함량, 표준오차, 변이계수를 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 가축분퇴비 제품의 주요 품질 특성

2016년부터 2017년까지 유통되는 659점의 가축분퇴비의 총질소, 총인산, 총칼리의 평균함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 총질소, 총인산, 총칼리의 평균함량은 각각 1.73%, 1.88%, 1.66%로 나타났다. 2007년부터 2009년 사이에 유통된 340점의 그린퇴비⁵⁾ 측정값(총질소 2.21%; 총인산 1.98%, 총칼리 1.54%)과 비교해 보았을 때 2016년부터 2017년까지 유통한 가축분퇴비의 총질소와 총인산의 평균 함량은 낮아지는 경향이었으나, 총칼리의 평균 함량은 약간 높아지는 경향이였다. 2007년부터 2009년 사이에 유통된 그린퇴비는 원료로 가축분뇨를 사용하여 제조하였으나, 최근에 가축분퇴비는 원료로서 가축분뇨를 50% 이상만 넣고, 나머지는 다른 원료의 사용이 가능하므로 투입하는 원료의 특성이 달라졌기 때문으로 추정한다. 2017년도에 15개 업체에서 생산한 가축분퇴비를 조사한 결과, 총질소, 총인산, 총칼리 평균 함량이 각각 1.32%, 3.00%, 1.70% 라고 발표하였는데⁴⁾, 본 연구의 가축분퇴비의 총질소, 총인산의 평균함량과 차이가 컸으며, 이러한 원인으로서는 시료의 분석방법, 채취한 시료의 수 및 특성에서 발생하는 차이때문이라고 추정한다.

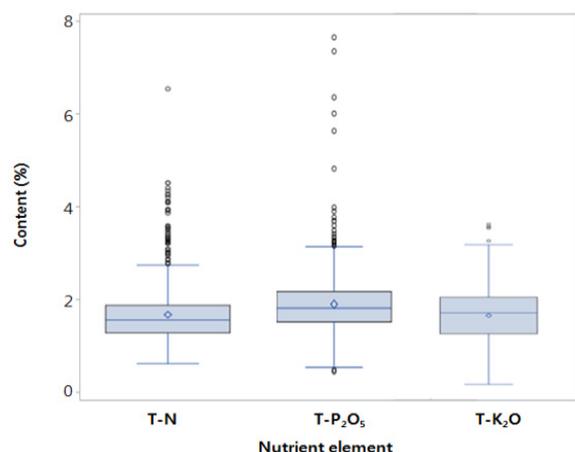


Fig. 1. Mean contents of total nitrogen, total phosphate, and total potash of livestock compost circulated from 2016 to 2017 (n=659).

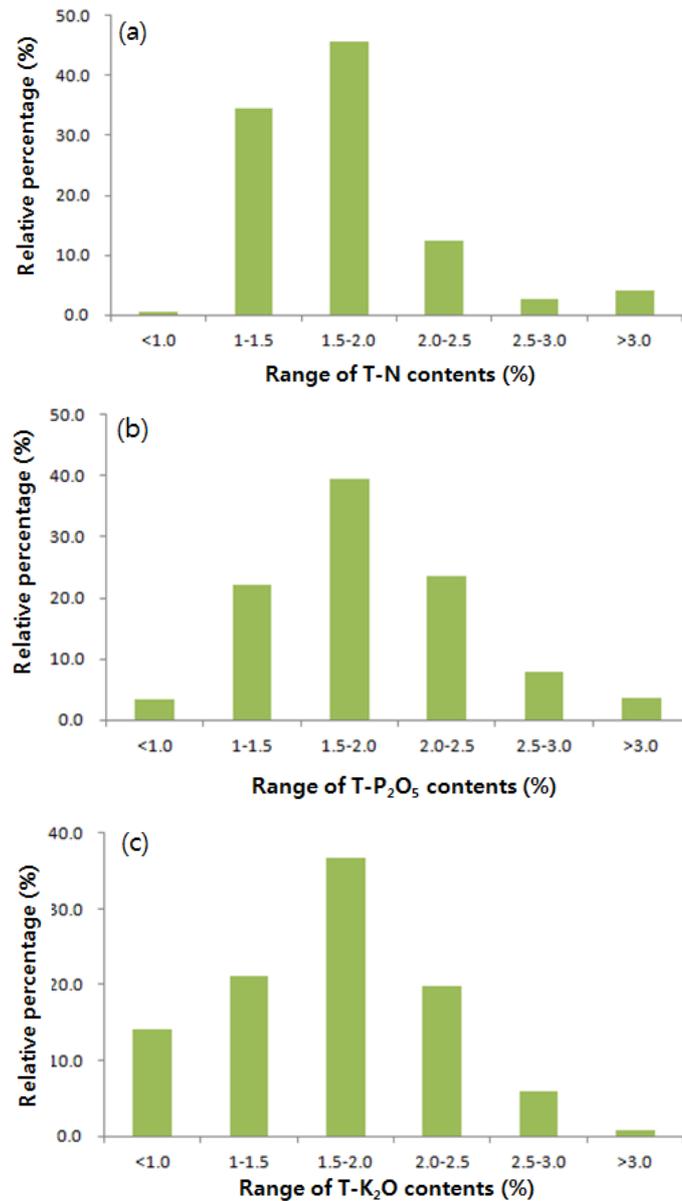


Fig. 2. Distribution of total nitrogen(a), total phosphate(b), and total potash(c) of livestock compost from 2016 to 2017 (n=659).

Fig. 2는 2016년부터 2017년까지 유통된 가축분퇴비의 총질소, 총인산, 총칼리 함량의 분포 범위를 나타내었다. 가축분퇴비의 총질소 분포 비율이 1.0~2.0%에 76.6%, 총인산과 총칼리의 분포비율은 1.5~3.0% 범위에서 각각 68.0%, 60.6%를 차지하였다. 이것을 2007년부터 2009년까지 유통된 그린퇴비의 비료영양성분 함량의 범위값⁵⁾과 비교해 본 결과, 1.5~2.0%의 총질소를 함유하는 분포비율은 15.1%~28.3%였으나, 2016년부터 2017년까지 유통된 가축분퇴비에서는 43.9%

로 크게 증가한 반면, 2.0~3.0%의 총질소를 함유하는 분포비율이 2007년부터 2009년까지 유통된 그린퇴비에서는 28.3%~30.7%에서 2016년부터 2017년까지 유통된 가축분퇴비에서는 14.1%로 감소하였으며, 앞에 서술한 총질소의 평균함량이 값이 낮은 방향으로 이동하는데 기여하였다. 총인산의 분포비율에서도 1.5~2.0% 범위의 비율이 그린퇴비에서 18.4~28.3%였으나, 가축분퇴비에서 38.0%로 증가하였기 때문에 총질소의 평균함량 이동하는 방향과 유사하게 나타

Table 1. Average of Organic Matter, Water Content, Salt, and OM/N Ratio of Livestock Composts Circulated from 2016 to 2017

Type of organic fertilizers		Organic matter	Water content	Salt content in NaCl	OM/N ratio
----- % -----					
Livestock compost (n=659)	Average	38.9	40.9	1.2	23.9
	Standard deviation	5.09	7.27	0.43	4.57
	Min [†]	21.6	1.2	0.1	12.0
	Max	69.6	60.2	3.27	37.1
Official standard of commercial fertilizer		≥ 30	≤ 55	≤ 2.0	≤ 45

[†]Min: the lowest among the analyzed products; Max: the highest among the analyzed products

Table 2. Content Distribution of Heavy Metal Component of Livestock Compost Circulated from 2016 to 2017

Type of samples (Number of sample)		Cr	Cu	Ni	Zn
----- mg kg ⁻¹ -----					
Livestock compost (n=659)	Average	10.59	114.07	6.32	439.30
	Standard deviation	9.200	55.026	3.641	154.989
	Min [†]	1.43	9.30	1.57	52.27
	Max	210.86	456.40	52.88	983.24
Official standard of commercial fertilizer		≤ 200	≤ 360	≤ 45	≤ 900

[†]Min: the lowest among the analyzed products; Max: the highest among the analyzed products,

났다. 총칼리의 경우에는 총질소와 총인산과 반대로 나타났는데, 1.5~2.0%의 총칼리를 함유하는 비율은 그린퇴비에서 17.9~24.0%, 가축분퇴비에서 35.5%로 증가하였고, 이러한 분포비율은 총칼리 함량의 평균을 상승하게 하였다.

가축분퇴비의 유기물, 수분 함량, 염분 그리고 유기물/질소 비는 Table 1과 같다. 유기물, 수분 함량, 염분의 평균치는 각각 38.9%, 40.9%, 1.2% 이었고, 소수의 제품에서 비료공정규격의 허용기준치(유기물 ≥ 30, 수분함량 ≤ 55, 염분 ≤ 2.0)를 초과하는 경우가 나타났다. 유기물/질소 비의 평균값은 23.9이고, 12.0~37.1의 범위에 있으므로 비료공정규격의 허용기준치(45 이하)보다 낮아서 품질기준에 적합하였다. 유해물질인 크롬, 구리, 니켈, 아연 함량은 Table 2와 같다. 크롬, 구리, 니켈, 아연의 평균함량은 각각 10.59 mg kg⁻¹, 114.07 mg kg⁻¹, 6.32 mg kg⁻¹, 439.30 mg kg⁻¹ 이었고, 최대 함량은 각각 210.86 mg kg⁻¹, 456.40 mg kg⁻¹, 52.88 mg kg⁻¹, 983.24 mg kg⁻¹으로서, 비료공정규격에서 제시한 허용기준치를 초과하는 제품이 일부 있는 것으로 나타났다. 2009년 충북지역의 가축분퇴비

를 조사한 결과, 아연 함량이 기준치를 초과하는 것이 있었다고 발표하였는데²⁾, 가축분퇴비의 원료인 돈분으로 퇴비를 만들 경우에 구리와 아연함량이 높게 나타나므로, 품질관리 및 사용관리에 특별한 주의가 요구된다고 보고된 바 있다¹⁴⁾.

3.2. 가축분퇴비 제품의 총질소, 총인산, 총칼리 함량의 변화

가축분퇴비 중에 수거 시기별로 총질소, 총인산, 총칼리 함량의 변화를 살펴보았다(Table 3). 가축분퇴비 19점 각각에 대해서 총질소의 평균함량은 최소 1.1%에서 최대 3.0%에 분포하였고, 총인산의 평균함량은 1.3%에서 최대 2.5%, 총칼리는 최소 1.1%에서 최대 2.4%에 분포하였다. 19점 가축분퇴비에 대한 각각의 변이계수는 총질소에 대해서 최소 5%에서 최대 24%까지 분포하였고, 총인산은 최소 4%, 최대 27%로 분포하였으며, 총칼리는 최소 6%에서 최대 50%까지 분포하였다. 이로서, 가축분퇴비의 변화폭은 총칼리 > 총인산 > 총질소의 순서로 컸다는 것을 알 수 있었다.

Table 3. Average, Standard Error, and Variation Coefficient of T-N, T-P₂O₅, and T-K₂O of Samples Taken from 2017 to 2018 with the Same Brand of Livestock Compost Circulated (n=19)

Samples	T-N	Coefficient of variation	T-P ₂ O ₅	Coefficient of variation	T-K ₂ O	Coefficient of variation
	----- % -----					
Sample 1	2.4±0.62	26	2.4±0.62	26	2.4±0.68	28
Sample 2	2.5±0.26	10	2.5±0.26	10	2.4±0.41	17
Sample 3	1.9±0.24	13	1.9±0.24	13	1.9±0.26	14
Sample 4	2.1±0.38	18	2.1±0.38	18	1.7±0.74	44
Sample 5	1.9±0.53	27	1.9±0.53	27	1.8±0.11	6
Sample 6	2.1±0.12	6	2.1±0.12	6	1.9±0.26	14
Sample 7	1.9±0.35	18	1.9±0.35	18	1.5±0.67	45
Sample 8	1.7±0.27	16	1.7±0.27	16	1.4±0.51	37
Sample 9	1.6±0.12	7	1.6±0.12	7	1.8±0.35	19
Sample 10	2.4±0.41	17	2.4±0.41	17	1.8±0.35	19
Sample 11	1.5±0.34	22	1.5±0.34	22	2.0±0.54	27
Sample 12	1.4±0.13	9	1.4±0.13	9	1.4±0.14	10
Sample 13	1.3±0.11	8	1.3±0.11	8	1.1±0.37	33
Sample 14	1.8±0.25	14	1.8±0.25	14	1.9±0.36	19
Sample 15	1.4±0.19	14	1.4±0.19	14	1.7±0.16	10
Sample 16	1.5±0.22	14	1.5±0.22	14	1.3±0.38	30
Sample 17	2.0±0.07	4	2.0±0.07	4	1.7±0.24	14
Sample 18	1.4±0.31	21	1.4±0.31	21	1.1±0.55	50
Sample 19	1.3±0.11	8	1.3±0.11	8	1.5±0.22	15
Average	1.6±0.21	13	1.8±0.26	14	1.7±0.38	24
Min	1.1±0.09	5	1.3±0.07	4	1.1±0.11	6
Max	3.0±0.47	24	2.5±0.62	27	2.4±0.74	50

이와 유사한 연구로서 전북 지역에서 17개 업체를 3월간 간격으로 3회 조사하고 제품별로 평균함량과 변이계수를 발표하였다. 제품들의 총질소 평균함량의 범위는 2.0~2.8%이고, 변이계수는 5~37%, 총인산 평균함량의 범위는 2.1~4.4%이고, 변이계수는 2~37%, 총칼리의 평균함량 범위는 0.57~2.39%이고, 변이계수는 13~87%로 분포하였다. 본 연구 결과보다 변이계수 값이 크게 나타났고, 특히 총칼리의 함량에 대한 변이계수의 변화폭이 가장 크게 나타났다. 추후 가축분퇴비의 총질소, 총인산, 총칼리 함량에 대한 변이계수를 줄이기 위한 연구로서 가축분퇴비의 원료, 제조공정과정에서 균일도를 높이는 연구가 더 수행되어야 할 것으로 판단된다.

Fig. 3은 시기별로 수거한 동일 상품의 가축분퇴

비에 대해 비료영양성분 함량의 변화폭을 조사하고 자 변이계수의 분포 상태를 나타냈다. 총질소 함량의 변이계수의 분포 비율은 7~10%에 42%로 가장 많았고, 변이계수 20%까지는 전체의 89%에 해당하는 시료수를 포함할 수 있었으며, 총인산의 변이계수가 25%일 때 전체 시료의 89%를 포함할 수 있었다. 그리고, 총칼리 함량의 변이계수는 10~20%에 47%가 분포하였고, 45%일 때 전체 시료의 95%를 포함할 수 있었다.

비료영양성분이 높은 가축분퇴비를 농경지에 과다하게 투입할 경우 양분 집적 등의 토양환경에 큰 영향을 주기 때문에 정책설계자 및 수요자의 입장에서 비료영양성분에 대한 정보가 필요하며, 가축분퇴비의 비료영양성분을 표시할 경우에 총질소, 총인

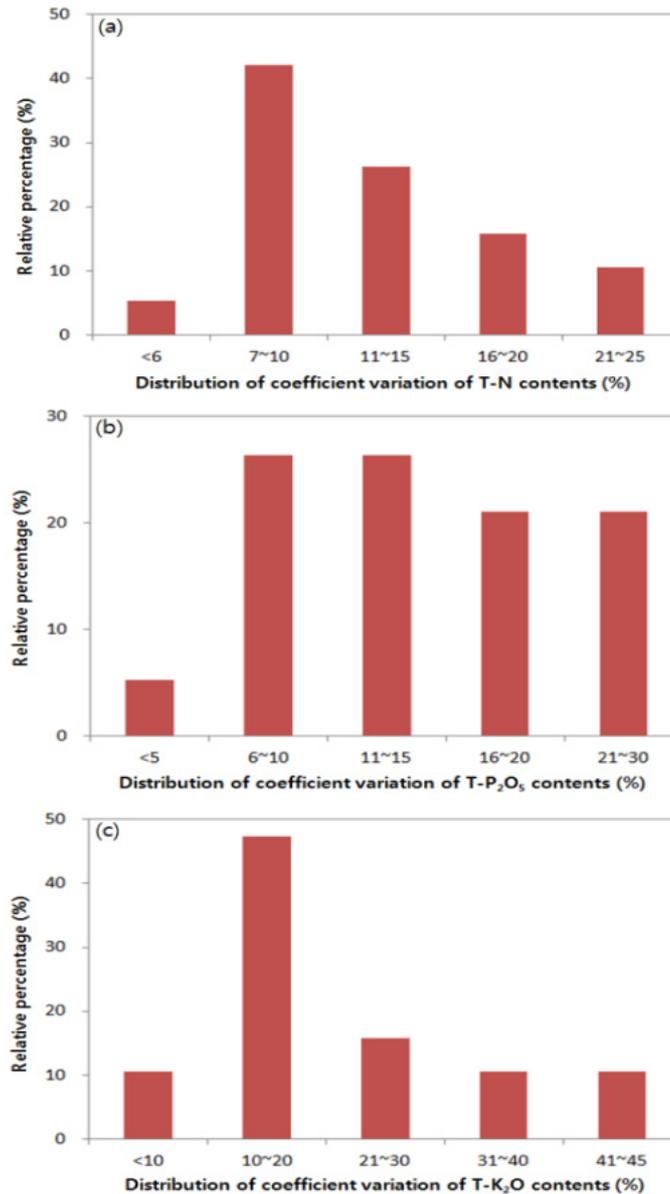


Fig. 3. Distribution of T-N(a), T-P₂O₅(b), and T-K₂O(c) of livestock composts from 2017 to 2018 (n=19).

산, 총칼리 함량을 평균과 표준오차로 표시하는 것을 추천한다. 그리고 표준오차를 제시할 경우에 총질소와 총인산의 평균함량에서 변이계수 값으로 27% 범위로 허용하는 것이 본 연구로부터 도출된 분석치로서 타당하리라고 판단된다.

4. 결론

2016년부터 2017년까지 유통되고 있는 가축분퇴비

의 총질소, 총인산, 총칼리의 평균함량은 각각 1.73%, 1.88%, 1.66%로 나타났다. 유기물, 염분, 수분의 평균함량은 각각 38.9%, 40.9%, 1.2%이었고, 크롬, 구리, 니켈, 아연의 평균 함량은 각각 10.59 mg kg⁻¹, 114.07 mg kg⁻¹, 6.32 mg kg⁻¹, 439.30 mg kg⁻¹이었으며, 이들의 최대함량은 각각 210.86 mg kg⁻¹, 456.40 mg kg⁻¹, 52.88 mg kg⁻¹, 983.24 mg kg⁻¹으로, 비료공정규격에서 제시한 허용기준치를 초과하는 제품이 있는 것으로 나타났다. 그리고, 토양 양분을 적정한 수준으로 관리하기 위해 가축분퇴비의 비료영양성분인 총

질소, 총인산, 총칼리에 대한 정보를 수요자에게 제공할 경우에 표시방법은 평균함량±표준오차로 제시하는 것을 추천하고, 표준오차는 변이계수로 표시할 경우에 총질소, 총인산에 대해 평균함량의 27%범위로 허용하는 것이 적합하리라 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ012623012018)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

1. Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs. The national third five-year plan for environmental agriculture. (2010).
2. Lee, H. G. and Yun, H. B. "Inspection for quality control of fertilizers in circulation", Research report of National Institute of Agricultural Sciences. pp. 404~411. (2010).
3. Lee, G. J. "Chemical properties of the commercial organic by-product composts in Chungbuk Province", Research report of Chungbuk provincial Agricultural Research and Extension Services, pp. 259~267. (2009).
4. Kang, C. S., Roh, A. S. and Sim, J. M. "The quality characteristics of livestock compost produced in Gyeonggi area in 2008", Proceeding of Korean Soc. soil Sci. Fert., p. 274. (2010).
5. Ahn, B. K., Ko, D. Y., Kim, H. J. and Ahn, M. S. "Investigate decomposed degree and fertilizer component in livestock manure compost and liquid pig manure", Research report of Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, pp. 387~397. (2017).
6. Kim, C. G., Jeong, H. K., Im, P. E. and Kim, T. H. "Scheme for simple regionally based maximum nutrients loading system", Korea Rural Economic Institute, pp. 1~8. (2015).
7. Kim, Y. H., Park, M. H., Kim, W. J., Kim, S. H. and Yun, S. Y. "Component investigation of fertilizers in circulation", Research report of National Institute of Agricultural Sciences and Technology, pp. 422~426. (1996).
8. Kim, S. H., Jung, U. C., Park, M. H., Yun, S. Y., Sung, J. W. and Jung, Y. G. "Intermittent and inspection of fertilizers in circulation", Research report of National Institute of Agricultural Sciences and Technology, pp. 354~363. (2000).
9. Kim, S. H., Kim, W. J., Yun, S. Y., Lee, H. G., Jin, H. J., Ji, S. H., Kim, S. S. and Park, S. E. "Inspection for quality control of fertilizers in circulation", Research report of National Institute of Agricultural Sciences and Technology, pp. 664~670. (2008).
10. Kim, S. H., Kim, W. J., Yun, S. Y., Lee, H. G., Jin, H. J., Ji, S. H., Kim, S. S. and Park, S. E. "The result of fertilizer quality inspection in 2005", Proceeding of Korean Soc. soil Sci. Fert., p. 182. (2006).
11. Lee, H. G., Kim, S. H., Kim, W. J., Yun, S. Y., Jin, H. J., Ji, S. H., Kim, S. S. and Park, S. E. "Inspection results of civil appealed fertilizer in recent years", Proceeding of Korean Soc. soil Sci. Fert., p. 183. (2006).
12. Lee, H. G., Kim, S. H., Kim, W. J., Yun, S. Y., Jin, H. J., Ji, S. H., Kim, S. S. and Park, S. E. "Chemical inspection on fertilizers for registration and quality assurance", Proceeding of Korean Soc. soil Sci. Fert., p. 209. (2008).
13. Kim, S. H., Kim, W. J., Yun, S. Y., Lee, H. G., Jin, H. J., Ji, S. H., Kim, S. S. and Park, S. E. "The result of fertilizer quality inspection in '03-'07", Proceeding of Korean Soc. soil Sci. Fert., p. 207. (2008).
14. Nam, Y., Yong, S. H. and Song, K. K. "Evaluating quality of fertilizer manufactured(livestock manure

- compost) with different sources in Korea”, Korean J. Soil Sci. Fert. 43(5), pp. 522~527. (2010).
15. Park, Y. H., Lim, S. J., Heo, S. J., Yoon, B. S., Choi, S. C. and Hong, D. K. “Quality properties of by-product fertilizers produced in Gangwon province”, Proceeding of Korean Soc. soil Sci. Fert., p. 142. (2018).
16. Won, C. B., Lee, H. G., Yun, S. Y., Park, S. E., Geum, G. Y., Kim, S. C., Lee, Y. B. and Yun, H. B. “Evaluation of quality and major nutrient content in by-product compost distributed in Korea”, Proceeding of Korean Soc. soil Sci. Fert., p. 305. (2010).
17. Lee, D. B., Sung, J. K., Lee, Y. J., Lee, S. B., Song, Y. S. and Kim, Y. M., “Fertilizer recommendation for crop production”, Rural Development Administration, p. 274. (2017).
18. Yun, B. K., Jung, P. K. Oh, S. J., Kim, S. K. and Ryu, I. S. “Effects of compost application on soil loss and physico-chemical properties in lysimeters”, J. Soil Sci. Fert., 29(4), pp. 336~341. (1996).
19. Ndayegamiye, A. and Cote, D., “Effect of long-term pig slurry and solid cattle manure application on soil chemical and biological properties”, Can. J. Soil Sci., 69, pp. 39~47. (1989).
20. Kim, J. G., Lee, S. B. and Kim, S.J. “The effect of long-term application of different organic material sources on soil physical properties and microflora of upland soil”, Korean J. Soil Sci. Fert., 34(5), pp. 365~372. (2001)
21. Jeon, W. T., Park, C. Y., Cho, Y. S., Park, K. D., Yun, E. S., Kang, U. G., Park, S. T. and Choe, Z. R. “Spatial distribution of rice root under long-term chemical and manure fertilization in paddy”, Korean J. Crop Sci. 48(6), pp. 484~489. (2003).
22. Yang, C. H., Kim, B. S., Yoo, C. H., Park, W. K., Yoo, Y. S., Kim, J. D. and Jung, K. Y. “Composting impacts on soil properties and productivity in a fluvio-marine deposit paddy field”, Korean J. Soil Sci. Fert., 40(3), pp. 181~188. (2007).
23. Kim, J. G. and Jung, K. Y. “Amount of maximum compost application on the long-term application with different organic material sources in upland soil”, Korean J. Soil Sci. Fert., 33(3), pp. 182~192. (2000).
24. Jo, I. H. and Lee, J. S. “Effect of application of night soil sludge compost on dry matter yields and nutritive value of orchard grass(*Cactylis golmerata*L.)”, Korean J. of Organic Agriculture. 9, pp. 37~49. (2001).
25. Rural Development Administration, Quality inspection method and sampling standard for fertilizer. (2016).