

FOOD & CHEMISTRY

Chemical properties of liquid swine manure for fermentation step in public livestock recycling center

Dong Sung Lee¹, Jae-Bong Lee¹, Myoung-Yun Lee¹, Ri-Na Joo¹, Kyo-Suk Lee¹, Se-Won Min², Byeong-deok Hong³, Doug-Young Chung^{1*}

¹Department of Bio-environmental Chemistry, Collage of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Daejeon Doosan Girl's High School, Daejeon 35231, Korea

³Technical Review & Quality Management Institute, Korea Rural Community, Daejeon, 35229, Korea

*Corresponding author: dychung@cnu.ac.kr

Abstract

The nutrients in livestock manure produced during fermentation processes in public livestock recycling centers are used as fertilizers. However, the large amounts of swine manure produced in intensive livestock farms can be a nonpoint source of pollution. In this experiment, we investigated the chemical properties, inorganic components, and heavy metal contents in 101 samples of liquid swine manure collected from 28 public livestock recycling centers throughout the nation. Results showed that the average pH of the samples was alkaline (pH range 5.18 to 9.54), and their maximum EC was 53.2 dS m⁻¹. The amounts of total nitrogen and total phosphorus were in the range of 1000 - 2000 and 200 - 800 mg L⁻¹ while potassium, which constituted 47% of the total inorganic ions recovered from the liquid swine manure, amounted to 1500 mg L⁻¹. The most distinctive heavy metals recovered from the liquid swine manure were copper and zinc although the amounts of both heavy metals were much lesser than those of the standards as livestock liquid fertilizer set by the Rural Development Administration. On the other hand, the amount of nitrogen decreased rapidly with an increasing fermentation period from immature to mature, assumed to be lost as volatile compounds, such as ammonia, which are the major odor components during the fermentation process.

Keywords: fermentation, liquid swine manure, livestock, recycling center

Introduction

농산물 안전성과 관련하여 우리나라뿐만 아니라, CODEX 및 EU 국가 등에서 농경지 토양 등 농업환경 및 농산물에 대한 중금속 등 유해물질의 규제기준이 확대되고 있고 나아가 영농에 사용되는 농자재에 대한 관리기준 설정이 시급하다. 현재 국내에서는 농산물 및 토양과 용수 등의 농업환경 측면에서 중금속 모니터링은 농촌진흥청 등에서 실시하고 있으나, 액비에 대한 중금속에 대한 조사, 장기연용에 따른 농경지 축적정도 및 작물로의 흡수이행 연구는 미흡한 실정이다 (Lim et al., 2002a; Lim et al., 2002b; Lim et al., 2009; Kwon et al., 2010; Lim et al., 2010). 우리나



OPEN ACCESS

Citation: Lee DS, Lee JB, Lee MY, Joo RN, Lee KS, Min SW, Hong BD, Chung DY. 2016. Chemical properties of liquid swine manure for fermentation step in public livestock recycling center. Korean Journal of Agricultural Science 43:424-431.

DOI: <http://dx.doi.org/10.7744/kjoas.20160045>

Editor: Taek-Keun Oh, Chungnam National University, Korea

Received: May 9, 2016

Revised: July 25, 2016

Accepted: July 27, 2016

Copyright: ©2016 Korean Journal of Agricultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

라에서 발생하는 가축 분뇨는 연간 4천 6백만 톤이며 양돈분뇨는 전체 가축분뇨 발생량의 약 39%를 차지하고 있으나 (MAF, 2014), 2012년부터 해양 투기가 금지되어 양돈분뇨의 처리는 환경문제 해결과 자원으로서의 이용 등 중요한 의미가 있다. 돈분뇨는 다른 축산 분뇨와 달리 수분함량이 95% 이상인 액상의 분뇨를 퇴비화 시 과도한 부재료를 사용함으로써 처리비용 상승은 물론 부재료로 인한 C/N을 과다로 생산된 퇴비의 품질도 낮다. 발효과정을 거쳐 생산된 퇴비나 발효시킨 가축분뇨액비를 농경지에 환원하면 유기물 및 양분공급원 역할을 하고 한편 가축분뇨액비는 고형분함량이 낮으나 질소와 인, 가리 등이 쉽게 식물체가 흡수할 수 있는 수용성상태로 존재한다.

축분뇨액비를 제조하는데 사용하는 가축분뇨 원료의 불균질성 등의 문제로 인하여 보통비료와 같은 일정한 함량의 가축분뇨액비를 제조하기 어렵다. 또한 작물을 기준한 가축분뇨액비에 대한 적정 살포기준과 방법이 없다. 한편 가축분뇨를 이용한 퇴비나 가축분뇨액비는 비점오염물질로 토양오염원으로 또는 수질오염원으로 작용하기도 한다. 따라서 EU에서는 1980년대부터 가축분뇨 시용수준을 질소와 인의 기준에 맞추어 철저히 규제하고 있다. 그러나 우리나라는 아직 이에 대한 규제가 이루어지지 않고 있어 양축농가에서 생산된 저장 액비를 논에 다량이 살포될 때 배수와 함께 유출되는 유무기물은 하천의 부영양화 뿐만 아니라 지하수 수질오염원으로 작용할 수 있다(Kilmer, 1974; Stevens et al., 1989; Frost et al., 1990). 따라서 퇴비와 액비를 작물별로 알맞게 시비할 필요성이 제기되어 1999년에 작물별 시비처방요령, 2002년에 친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비·액비 제조와 이용, 그리고 2006년도에 영농현장에서 적정 시비방안으로 작물별 시비처방기준 기술지침서가 만들어졌으나 작물 재배기술 등의 급속한 발전 및 농경지내 일부 비료 성분의 축적 등의 문제가 제기됨에 따라 현실에 적합한 종합적인 가축분뇨 퇴·액비 이용기술에 대한 자료 요구가 높아지고 있는 실정이다.

농촌진흥청 고시 비료공정규격설정 및 지정에서 부산물비료 중 부속유기질비료로 규정된 가축분뇨액비는 농림축산식품부령 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률상 가축분뇨를 액체 상태로 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질로 정하는 기준에 적합한 것을 말한다라고 규정하고 있다 (RDA, 2014). 그러나 이와 같이 농촌진흥청 고시는 액비의 품질기준을 비료성분과 유해성분 중심으로만 지정·관리하고 있다. 스위스의 액비기준은 최소품질기준, 중금속 함량(납 등 7항목), 위생(최소 부숙온도 및 기간), 영양원(P_2O_5 , K_2O , Mg, Ca), 건물중, 유기건조물, pH, 염분함량, 총질소(T-N), C/N 비, 암모늄태 질소 등이 포함돼 있다. 총질소(T-N)와 암모늄태 질소는 2012년에 추가로 기준을 설정하였다. 약취, 유기물, 중금속 7종(Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn), 보중 계수 총 7개로 구분하고 있다. 영국의 혐기소화액 품질기준은 병원성미생물, 유해물질(중금속 7종), 안정도(휘발성 지방산, 잠재 생물학적 가스), 물리성(돌과 유리 조각 등), 비료로 처리 시 기준할 수 있는 특성(pH, 총질소, 총인, 총칼륨, 암모늄태 질소, 수용성 염소와 소듐, 건조중, 감열감량, 실질적 유해물질 함량) 등에 대하여 기준을 설정하고 있다.

향후 가축분뇨 액비의 이용·확대를 위해서는 국내 가축분뇨 처리시설 액비의 전반적인 품질분석을 실시하여 현 상황에 알맞은 최소한의 품질관리 기준을 설정한 뒤 비료성분 함량을 표시하는 액비기준이 마련되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 돈분액비 가축분뇨발효액의 특성과 활용 방안을 고려하여 돈분액비 가축분뇨발효액 공정 규격 기준 설정 방안을 제시하고자 하였다.

Materials and Methods

전국 8개 시도 23개 공동자원화시설에서 101개의 돈분액비를 수질시료 채취용 날진병에 채취한 후 바로 2°C 이하 온도로 냉장 보관된 시료를 대상으로 실험실에서 액비의 일반화학적 특성과 무기성분 함량, 그리고 중금속 함량 등에 대해 가축분뇨 퇴·액비 이용기술 매뉴얼과 수질오염공정시험방법(MOE, 2009)에 준하여 pH와 EC는 Orion사의 Thermo Scientific 4 star 모델을 사용하여 측정하였다. 유기물은 Walklet-Black법으로 그리고 총질소 함량은 액비 20 mL를 250 mL 켈달병에 평량 후 농축 HNO_3 20 mL를 가한 후 하루 밤 방치 후 전열판에 올려놓고 서서히 온도를 높여 250°C에서 2시간 가열 후 냉각한 다음 여과하였다, 그리고 여과액을 0.05 N- H_2SO_4 용액으로 적정하여 청색으로부터

Pink색으로 변하는 점을 종말점으로 하였다. 분해액으로 분해한 Blank 3 - 5개도 동일하게 증류, 적정하였다. 양이온은 산분해 후 증류수 100 mL 가하여 분해액을 취하여 이를 0.45 μm membrane 여과지를 이용하여 여과한 다음 여과액을 ICP-OES (GBC Integra XMP, Australia)를 이용하여 측정하였다. 수은을 제외한 중금속의 분석은 ICP-MS (GBC Optimass-8000, Australia)를 이용하여 측정하였다. 수은의 경우 USEPA 7473을 근거하여 자동수은분석기 (Direct Mercury Analyzer, DMA80, Italy)에 직접 액비원액을 주입하여 분석하였다(US EPA, 1998). 모든 시험은 3반복으로 실시하였다.

$$T-n(\%) = (T-B) \times N \times f \times 14 \times \frac{1}{1,000\text{mL}} \times \frac{1}{W} \times 100 \quad (1)$$

여기서

T : 황산표준용액 적정에 소요된 mL 수

B : Blank의 황산표준액 적정에 소요된 mL 수

f : 황산표준액의 보정치(factor)

14 : N (질소분자)

N : 황산표준액의 Normality

W : 액비시료의 무게 mL (g)

Results and Discussion

Table 1에서 보는 바와 같이 부숙도를 고려하지 않은 101개 시료에 대한 화학성을 분석한 결과 평균 pH는 알칼리성이나 최고 9.54, 최저는 5.18로 조사되었다. 그러나 EC는 최고 53.2 dS m^{-1} , 평균 15 dS m^{-1} 로 매우 높다. 영양원인 질소와 인은 평균 1,375와 148 mg L^{-1} 로 조사되었다. 그리고 EC는 20 - 30 dS m^{-1} 로 대부분으로 농업적 측면에서 다소 부적합한 것으로 판단된다. 돈분액비의 수분함량은 거의 99%로 물로 구성돼 있으며 수용성 상태로 존재하는 유기물 함량 중 총질소와 총인의 분포특성을 살펴보면 질소는 1,000 - 2,000 mg L^{-1} 정도이나 인은 약 80% 정도가 200 mg L^{-1} 로 조사되었다. 무기성분 중 가장 함량이 많은 것은 칼륨으로 1,500 mg L^{-1} 로 약 47%를 차지하는 것으로 조사되었다.

Table 1. Chemical properties of the liquid swine manure.

Category	pH	EC	T-N	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	WC	TDS	OM	Ash	OM	OM	
No. Sample	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	
Min	5.18	3.0	0.0	0.54	80.0	0.3	0.11	0.1	4.4	2.6	7.7
Max	9.54	53.2	5,512	873.6	99.7	20.0	7.2	12.9	92.3	53.5	95.6
Median	8.02	13.7	973	43.7	98.6	1.4	0.6	0.6	52.1	30.2	47.9
Average	8.05	15.4	1,375	102.3	97.8	2.2	0.9	1.2	47.3	27.4	52.7
St. dev	0.79	8.9	1,267	148.5	2.6	2.6	1.1	2.0	25.4	14.7	25.4

WC: water content (수분함량); TDS: Total dissolved solid (총용존고형물), OM: Organic matter (유기물); T-C: Total carbon (총탄소).

한편 돈분액비의 총질소를 기준한 수용성 상태로 존재하는 질산성 질소와 암모늄태 질소함량을 조사한 결과 (Table 2) 액비의 총질소함량은 평균 3,300 mg L^{-1} 이며 이중 수용액 중에 질산태 질소와 암모늄태 질소의 형태로 존재

하는 양은 각각 28.9와 14.9 mg L⁻¹로서 이를 돈분액비 총질소 기준으로 각각 0.83%와 1.29%로 전체 질소량 중 약 2.12% 정도만 돈분액비를 토양에 처리 시 직접 양분으로 가용이 가능하며 나머지는 토양내에서 가용화 과정을 거쳐야 할 것으로 판단한다.

Table 2. Contents of NH₄⁺-N and NO₃⁻-N contained as a soluble phase in the liquid swine manure.

Total-N (A)	NO ₃ ⁻ -N (B)	NH ₄ ⁺ -N (C)	Ratio		Total
			(B/A)	(C/A)	
(mg L ⁻¹)			(%)		
3,300	28.9	14.9	0.83	1.29	2.12

Table 3은 돈분액비내 무기염류 분포 특성을 조사한 것이다. 조사된 무기 양이온 중 칼슘, 칼륨, 소듐, 마그네슘 순으로 무기함량이 높았으며 그중 가리는 최대 약 2,900 mg L⁻¹으로 조사된 시료 중 가장 많이 분포하는 함량은 약 1,455 mg L⁻¹로 조사되었다. 그러나 시료간 성분 함량의 변이가 매우 커 시비 시 특성을 반드시 고려하여야 할 것으로 판단한다. 소듐은 가장 많이 분포하는 농도는 300 mg L⁻¹로 약 33% 정도였으며 칼륨은 1,500이 약 45% 정도이며 칼슘은 200 mg L⁻¹이 약 65% 정도로 가장 많았으며 마그네슘은 50 mg L⁻¹이 약 57% 정도로 가장 많이 존재하는 것으로 조사되었다. 이러한 돈분액비의 화학성과 성분특성을 기준 시 시비 기준에 대한 분명한 설정이 실시되어야 할 것으로 판단한다. 따라서 시비 시 질소, 인, 칼륨 중 작물별 또는 토양별로 시비기준으로 정할 시 칼륨을 기준으로 한 시비방법이 설정되어야 할 것으로 판단한다.

Table 3. Distribution of inorganic ions in the liquid swine manure.

Category	Na	K	Ca (mg L ⁻¹)	Mg	Fe	Al
No. Sample	101	101	101	101	101	101
Min	30.1	95.5	21.4	3.4	8.30	0.44
Max	659.7	2,919	1,053	255.0	316.3	94.2
Median	338.8	1,455	201.8	58.3	41.1	5.72
Average	128.6	591	200.9	55.8	48.7	11.1
St. dev	319.7	1,343	122.0	38.2	25.3	2.50

Fig. 1은 돈분액비 내 중금속 종류, 평균, 최대, 최소함량 분포를 조사한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 구리와 아연이 주요 중금속으로 조사되었으며 나머지 중금속은 미량 또는 흔적치 이하로 조사되었다.

각각의 중금속의 최대, 최소 분포 특성을 살펴보면(Table 4) 구리는 최대 302 mg L⁻¹, 최소 0.13 mg L⁻¹으로 시료간 편차가 매우 큰 것으로 나타났으며 한편 아연도 최대 186 mg L⁻¹, 그리고 최소 0.31 mg L⁻¹ 정도로 조사되었다. 따라서 중금속을 기준한 돈분액비 시용은 구리와 아연을 기준한 위해성과 토양 내 잔류 특성을 고려하여 시비량을 결정하여야 할 것으로 판단한다. 중금속 중 구리의 분포는 50 - 100 mg L⁻¹가 거의 98%를 차지하는 것으로 조사되었으며 아연은 25 - 50 mg L⁻¹가 약 76%를 차지하는 것으로 조사되었다. 따라서 시비 시 중금속을 시비기준으로 정할 시 구리와 아연함량을 기준으로 한 시비방법이 설정되어야 할 것으로 판단한다.

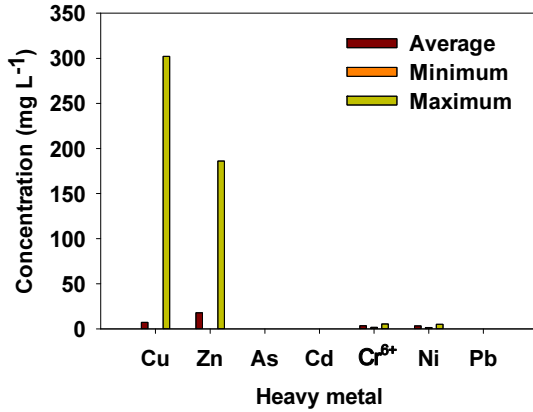


Fig. 1. Concentrations and species of heavy metals in the liquid swine manure.

Table 4. Distribution of heavy metals recovered from the liquid swine manure.

Category	Cu	Zn	As	Cd	Cr	Ni	Pb	Hg
	(mg L ⁻¹)							
No. Sample	101	101	101	101	101	101	101	101
Min	0.13	0.31	0.00	0.00	1.73	1.60	0.00	-
Max	302.2	186.1	0.44	0.03	5.60	5.07	0.36	-
Median	7.32	17.9	0.04	0.003	3.58	3.30	0.04	-
Average	29.9	25.3	0.05	0.01	0.88	0.78	0.054	-
St. dev	2.92	10.1	0.03	0.00	3.69	3.38	0.02	-

Table 5는 부숙단계별로 돈분액비의 이화학특성과 질소, 인 그리고 칼륨성분을 조사한 것이다. 조사된 pH와 EC, 그리고 각각의 성분함량은 시료간 변이가 매우 클 뿐만 아니라 부숙단계에 따라 동일 성분의 변화도 큰 것으로 조사되었다.

Table 5. Chemical properties of three different decomposition levels of the liquid swine manure.

Category		pH (1:5)	EC (dS/m ⁻¹)	T-N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	Org-N	T-P	K
				(mg kg ⁻¹)					
Mature	Max.	8.3	23.9	2,942	2,227	425.9	669.7	608.0	19,740
Mature	Min.	4.2	4.1	39.5	0.0	2.8	7.6	19.4	88.5
Mature	Avg.	7.4	10.0	533.5	307.8	90.3	221.7	182.4	2,944.8
Mature	Std.	1.1	5.5	613.8	531.0	95.7	238.1	163.6	4,315.9
Intermediate	Max.	8.66	31.0	3,397	2,858	26.6	1,750	634.4	3,898
Intermediate	Min.	6.68	5.52	280	165	5.60	11.9	18.2	796
Intermediate	Avg.	8.11	19.79	1,924	1,313	14.3	555	153.9	2,425
Intermediate	Std.	0.45	7.03	950	767	6.10	372	126.4	747
Immature	Max.	8.70	39.7	4,277	3,488	36.4	894	463	3,574
Immature	Min.	7.53	11.7	562	392	5.68	160	33.7	94.2
Immature	Avg.	8.01	23.4	2,272	1,762	14.3	496	134	2,067
Immature	Std.	0.33	8.09	929	765	7.81	229	108	773

조사된 총 시료 101중 완숙시료는 22개로 완숙퇴비의 평균 pH는 7.4 정도이며 이중 18개 시료의 pH는 완숙시료의 평균 pH보다 높은 것으로 조사되었다(Fig. 2). 한편 돈분액비내 질소원이 암모니아 가스로 휘발되는 pH 수준인 7.6을 초과하는 돈분액비 시료는 총 22개 중 14개로 조사되었다. 중숙 돈분액비의 경우 평균 pH는 완숙 액비보다 약 0.7 정도 높은 8.11 정도로 한편 대부분의 돈분액비는 돈분액비내 질소원이 암모니아 가스로 휘발되는 pH 수준인 7.6을 초과하는 수준으로 조사되어 악취 발생의 원인으로 될 수 있으며 한편 미숙 돈분액비의 경우 평균 pH는 완숙 액비보다 약 0.6 정도 높은 8.0 정도로 돈분액비는 돈분액비내 질소원이 암모니아 가스로 휘발되는 pH 수준인 7.6을 초과하는 수준으로 조사되어 악취 발생의 원인으로 작용할 수 있다. 한편 돈분액비의 부숙단계별 pH와 EC 값을 비교하여 보면 pH는 부숙이 진행됨에 따라 다소 감소하는 것으로 조사되었으나 EC는 증가하는 경향을 나타내었다. 이 결과에서 보듯이 부숙정도에 따른 액비의 pH와 EC 모두 농경지에 처리하는 데에는 다소 부적합한 것으로 판단된다. 특히 EC의 경우 부숙이 진행됨에 따라 EC가 급격히 증가하여 토양내 염류집적의 직접적인 원인으로 작용할 수 있다.

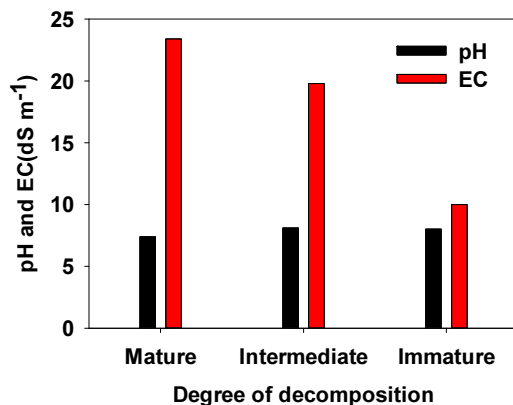


Fig. 2. Comparison of average pH and EC for mature, intermediate, and immature liquid swine manure.

그리고 완숙 돈분액비내 질소성분을 분획한 결과를 살펴보면 총질소는 평균 533 mg kg^{-1} 정도이며 이중 약 55% 정도가 암모늄태로 존재하며 질산태 질소는 약 17% 정도 존재하는 것으로 조사되었다. 따라서 약 55%의 암모늄태 질소는 돈분액비의 pH에 따라 암모니아가스로 휘발될 수 있다. 중숙 돈분액비내 질소성분을 분획한 결과를 살펴보면 총질소는 평균 1924 mg kg^{-1} 정도이며 이중 약 69% 정도가 암모늄태로 존재하며 질산태 질소는 약 1% 이하로 약 69%의 암모늄태 질소는 돈분액비의 pH가 8.11로 완숙액비보다 암모니아가스로 휘발되는 양이 증가할 것으로 판단된다. 미숙 돈분액비 총질소는 평균 $2,271 \text{ mg kg}^{-1}$ 정도이며 이 중 약 77.5%가 암모늄태로 존재하며 질산태 질소는 약 0.65%로 완숙이나 중숙 액비보다 암모니아가스로 휘발되는 많을 것으로 판단된다. 완숙, 중숙, 그리고 미숙 돈분액비의 질소특성을 비교하여 보면 Fig. 3과 4에서 보는 바와 같이 부숙이 진행됨에 따라 암모늄태 질소는 감소하는 반면 질산태 질소는 증가하는 것으로 조사되었다. 그러나 암모늄태 질소 감소량에 따른 질산태 질소량 증가는 매우 미미한 것으로 조사되어 이는 감소된 암모늄태 질소가 돈분액비의 pH에 의해 암모니아 가스로 손실된 것으로 추정된다.

Table 6은 돈분액비 부숙단계별 가축분뇨발효액의 공정규격에 기여하는 영양성분의 기여율을 조사한 것이다. 표에서 보는 바와 같이 미숙 돈분액비의 경우 총질소가 공정규격에 기여하는 비율은 약 50.8% 정도였으나 중숙과 부숙 단계로 진행됨에 따라 42.7%와 14.6%로 급격히 감소하나 반면 칼륨의 기여율은 미숙 돈분액비내 칼륨이 미치는 영향은 약 46.2%에서 중숙과 부숙단계로 진행됨에 따라 53.9%와 80.4%에 증가하였다. 따라서 부숙 돈분액비의 용도는 비료로서 역할은 칼륨비료로 국한될 가능성이 높다. 따라서 시비 시 N-P-K 시비 기준을 적용할 때 기존의 질소 성분 기준이 아닌 칼륨비료로서의 기능 밖에 없다.

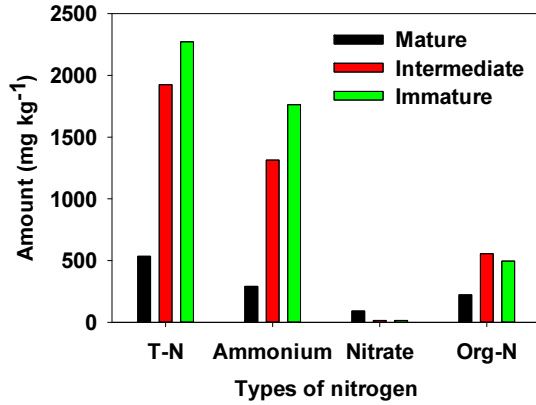


Fig. 3. Amount of nitrogen depending on the types of nitrogen in the three decomposition levels of the liquid swine manure.

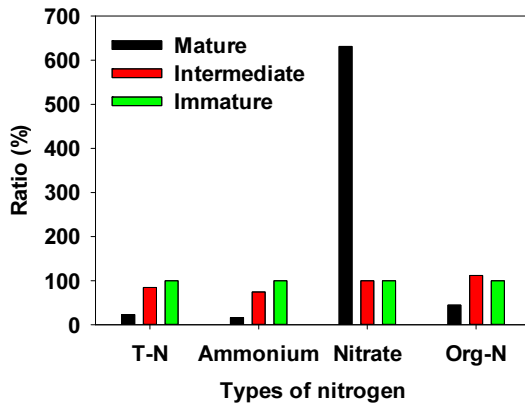


Fig. 4. Ratio of nitrogen depending on the types of nitrogen in the three decomposition levels of the liquid swine manure.

Table 6. Passing rate to meet the official standards for liquid swine manure.

Degree of fermentation		Contents			
		T-N	T-P	T-K	Total
Mature	Amount (mg kg ⁻¹)	533.5	182.4	2,944.8	3,660
Mature	Ratio (%)	14.6	5.0	80.4	100
Intermediate	Amount (mg kg ⁻¹)	1,924	154	2,425	4,503
Intermediate	Ratio (%)	42.7	3.4	53.9	100
Immature	Amount (mg kg ⁻¹)	2,272	134	2,067	4,473
Immature	Ratio (%)	50.8	3.0	46.2	100

Conclusion

가축분뇨 액비는 품질관리요소는 비료가치(액비로서의 비료가치 함유), 유해물질(환경, 작물에 대한 안전성), 부속도(환경, 작물에 대한 안정성), 균질성(성분, 성상의 안정성), 기능성(액비의상품성)으로 구분할 수 있다. 조사 결과 조사된 전체 101개 시료 중 비료공정 규격(질소전량, 인산전량, 칼리전량 각각의 성분 합계량 0.3% 이상)을 충족하는 시료는 45개로 전체 조사된 시료의 약 44.6% 정도만 충족하는 것으로 조사되었다. 특히 총질소함량은 부속이

진행됨에 따라 가축분뇨발효액의 N+P+K 전함량 0.3% 이상을 충족하는 돈분액비의 비율은 부숙이 진행됨에 따라 규격에 부합되는 비율이 급격히 감소하는 경향을 보여 완숙의 경우 약 26.3% 정도만 규격에 부합되는 것으로 조사되었다. 따라서 돈분액비 부숙 과정 중 손실되는 질소를 저감하기 위해서는 부숙 과정 중 반드시 돈분액비의 pH 조절 과정이 필요할 것으로 판단한다. 한편 돈분액비가 함유하고 있는 악취 성분은 산도에 따라 악취물질의 개체수가 달라지며 일반적으로 강산성, 약산성, 염기성 중성 순으로 성분 개체수는 감소한다. 따라서 가축 분뇨 규격 액비의 기준은 비료관리법 시행규칙 제3조에 따른 비료 공정규격 설정 기준과 비교하여 비료가치, 유해성, 부숙도 품질로 기준을 설정할 수 있다.

Acknowledgements

This research was conducted with the support of a research grant from Chungnam National University in 2015.

References

- Frost JP, Stevens RJ, Laughlin R. 1990. Effects of separation and acidification of cattle slurry on ammonia volatilization and on the efficiency of slurry nitrogen for herbage production. *England Cambridge Journal of Agricultural. Science* 115:49-56.
- Kilmer V. 1974. Nutrient losses from grasslands through leaching and runoff. p.341-362. In *Forage fertilization*. ASA and CSSA, Madison, WI, USA.
- Kwon YR, Kim J, Ahn BK, Lee SB. 2010. Effect of liquid pig manure and synthetic fertilizer on rice growth, yield, and quality. *Korean Journal of Environmental. Agriculture* 29:54-60. [in Korean]
- Lim, DK, Park WK, Kwon SI, Nam JJ, Lee SB. 2002a. Application amount of anaerobic digestion waste water from methane fermentation of pig manure on rice. *Korean Journal of Environmental. Agriculture*. 21:248-254. [in Korean]
- Lim, DK, Park WK, Kwon SI, Nam JJ, Park BK, Kim SH. 2002b. Application level of anaerobic digestion waste water from methane fermentation of pig manure on rice. *Korean Journal of Environmental. Agriculture* 21:255-260. [in Korean].
- Lim, TJ, Lee IB, Kang SB, Park JM, Hong SD. 2009. Effects of continual pre-plant application of pig slurry on soil mineral nutrients and yield of Chinese cabbage. *Korean Journal of Environmental. Agriculture*. 28:227-232. [in Korean]
- Lim, TJ, Lee IB, Kang SB, Park JM, Hong SD. 2010. Effects of fertigation of pig slurry on growth and yield of Red pepper. *Korean Journal of Environmental. Agriculture*. 29:227-231. [in Korean]
- MAF, 2014. Statics of management for livestock manure. *MAF Bulletin*. 2014. 04. [in Korean]
- MOE. 2009. Official test methods of wastewater. *MOE notification* 2007-147. [in Korean]
- RDA, 2014. Official standards for fertilizer. *RDA. Act*. 12516. [in Korean]
- Stevens, RJ, Gracey HI, Kilpatrick DJ, Camlin MS. 1989. Effective data of application and form of nitrogen on herbage production in spring. *England Cambridge Journal of Agricultural. Science* 112:329-337.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1998. EPA method 7473: Mercury in solid and solutions by thermal decomposition, amalgamation, and atomic absorption spectrophotometry. U. S. Environmental Protection Agency.