

축산분뇨의 유기질 비료화에 미치는 생석회 주입량의 영향

김 정 배 · 박 정 임*

국립수산진흥원 환경관리과, *부경대학교 환경공학과
(2001년 3월 18일 접수; 2001년 10월 15일 채택)

Optimum Dosage of Quicklime to Livestock Wastes in Organic Fertilizer Process

Jeong-Bae Kim and Jeong-Im Park*

Marine Environment Management Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-900, Korea

*Dept. of Environmental Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

(Manuscript received 18 March, 2001; accepted 15 October, 2001)

The optimum dosage of quicklime in producing organic fertilizer using livestock wastes with a greater than 80% water content was analysed. After one day had elapsed to allow for the organic fertilizer to dry, the quicklime dosage and the composition of the organic fertilizer were analysed. Any from done to the organic fertilizer was also assessed. The amount of the quicklime required to stabilize livestock wastes was determined by water content of livestock wastes. For J farm(slurry style) of which livestock wastes have 94.6% of water concentration, less than 3% of total amount of livestock wastes, for H farm(scraper style) of which livestock wastes have 85% of water concentration, less than 4% of total livestock wastes and Y farm(traditional style) of which livestock wastes have 80% of water concentration, less than 5% of total livestock wastes. Generally, in order to pack the organic fertilizer, water containing quicklime-stabilized livestock wastes should be less than 35%. It takes 9 days to keep this water content for the wastes from H and Y farms(less than 85% in water content), and 12days for the wastes from J farm(94.6% in water content). According to the classification standard for compost constitution by Higgins, the crude fertilizers from all 3 farms had high grade K_2O and CaO , the middle grade T-N and middle or low grade P_2O_5 . Stabilization by quicklime is known to inhibit bacterial decomposition of organic matter and the activity of pathogenic organisms. In this study, more than 99.99% of coliform group, fecal group and viable cell count were reduced. Our results indicate that livestock wastes of greater 80% water content could be used to produce organic fertilizer without the addition of a material for moisture control.

Key words : Quicklime, Livestock waste, Alkaline stabilization, Organic fertilizer

1. 서 론

축산폐수는 발생량에 비하여 수질환경 오염에 미치는 부하량이 상당히 높다. 국내의 축산폐수 발생량은 총 오염 발생량의 0.6%에 불과하나 오염 부하량으로는 약 20%를 차지하는 것으로 알려져 있다.¹⁾

Corresponding Author, Jeong-Bae Kim, Marine Environment Management Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-900, Korea
Phone : +82-51-720-2257
E-mail : jbkim@nfrdi.re.kr

과거에는 축산농가의 규모가 소규모여서 배출량을 전량 퇴비화 할 수 있었으나, 최근 전업화에 따라 농가에서 배출되는 많은 양의 고 함수율 축산폐수는 처리와 활용에 상당한 비용이 소모되어 축산 경영의 압박요인이 되고 있고, 정상적인 처리를 하지 못하여 더욱 환경오염을 유발시키고 있다.²⁾ 축산폐수에 대한 법규범이 강화되면서 분(糞)은 톱밥 등의 수분 조절재를 사용하여 퇴비화 시키고, 뇨(尿)는 활성슬러지법 등의 생물학적 처리를 하여 정화시키는 방법이 보급되었다.³⁾ 그러나 비교적 장시간의 처

리를 요하고 운전 기술의 부족과 처리비용의 부담 등으로 최근에는 많은 양의 축산 폐수를 해양투기에 의존하는 농가가 늘고 있다. 따라서 축산폐수를 자원화 하여 오염부하를 경감시키려는 노력들이 다양한 분야에서 이루어져야 할 필요성이 있다.

외국의 경우는 폐기물 처리의 한 방법인 안정화 공법을 활용하여 축산분뇨를 하수 슬러지 등의 유기성 폐기물과 같이 처리하여 토양 개량제, 유기질 비료 등을 생산 활용화 하고 있다. 특히, 석회대신 CKD (cement kiln dust)를 사용하는 N-Viro사에서는 생산된 유기질 비료의 유기물 함량을 높이기 위하여 축산분을 사용하고 있다.⁴⁾ 그러나 석회 안정화법이나 N-Viro Soil 등의 안정화 공법의 경우 주입 슬러지의 함수율이 75~85%(고형물 농도가 15~25%)일 때 적용 가능한 방법⁵⁾으로 75~90%의 수분을 함유한 국내에서 배출되는 대부분의 축산 분뇨에 적용하기에는 어려움이 많다. 따라서 85%이상의 함수율을 가진 축산 분뇨에 대해서는 유해성 및 안전성이 확보된 석회 안정화 방법이 개발되어야 하나 지금까지는 이루어지지 않았다. 또한, 미국에서는 약 400개가 넘는 석회 안정화 플랜트에서 재활용 제품을 생산하고 있고, 이러한 제품은 과거 10여년간 EP(Extraction Procedure)독성 실험이나 TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) 실험에 의한 문제가 없었으며, 주로 관심을 갖는 문제점은 병원균의 유무가 관건이다.⁶⁾ 석회 안정화 공법의 기초적인 목적은 병원성 미생물의 활동을 방지하는데 있다. 이는 석회의 사용량에 의하기보다는 반응물의 pH 수준과 pH 지속시간에 좌우된다. pH 12이상에서 2시간 이상 유지시키면 병원균이 살균되고 부패성 미생물의 활동을 억제시킨다. 또한 바람직한 반응물의 pH는 12.5이상에서 유지시키거나 pH 12이상에서 2시간 이상 유지시키는 EPA의 PSRP(Process to Significantly Reduce Pathogens)를 따르는 것이다. 따라서, 본 연구의 목적은 함수율 80% 이상인 축산 분뇨를 생석회와 혼합 반응하여 pH 12 이상으로 2시간 이상 유지시킨 후 건조시켜 유기질 비료를 제조하는데 소요되는 적정 생석회 양을 결정하고, 이와 같은 공정으로 제조된 유기질 비료의 유해성 및 안전성을 평가하는데 있다.

2. 재료 및 방법

2.1 시료 및 제조과정

본 실험은 슬러리 돈사(J 농장, 평균 함수율 94.6%), 스크레파 돈사(H 농장, 평균 함수율 84.3%) 및 재래식 돈사(Y 농장, 평균 함수율 80%)에서 배출되는 축산분뇨를 사용하였다. 또한, 각 돈사에는 생석회 혼합장치와 통풍 교반 건조장 시설이 설치되어 있으며, 생석회는 평균함량 87%(85~89%), 입자크기 200mesh 이상의 것을 사용하였다. 원 시료는 각 농장의 분뇨 저장조에서 채취하였고, 생석회를 혼합한 시료는 혼합반응후 반응물 저장조에서 배출되는 과정에서 채취하였으며, 교반 건조가 이루어지는 건조과정의 시료는 매일 오후 5시경 채취하였다. 유기질 비료의 공정도는 Fig. 1에 나타내었다. 총 분뇨에 대한 생석회를 습중량비 0~10%로 1~9분간 혼합 교반시 pH변화, 반응 후 2시간 이후의 pH변화와 pH변화에 따른 병원균의 살균효과를 측정하여 적정 생석회 주입량을 구하였다. 적정 생석회 양 주입시 계절별 건조일수 및 연평균 건조일수를 조사하였으며, 생석회 혼합 전 및 건조 후 시료는 비료성분을 평가하는데 이용하였다.

회 혼합장치와 통풍 교반 건조장 시설이 설치되어 있으며, 생석회는 평균함량 87%(85~89%), 입자크기 200mesh 이상의 것을 사용하였다. 원 시료는 각 농장의 분뇨 저장조에서 채취하였고, 생석회를 혼합한 시료는 혼합반응후 반응물 저장조에서 배출되는 과정에서 채취하였으며, 교반 건조가 이루어지는 건조과정의 시료는 매일 오후 5시경 채취하였다. 유기질 비료의 공정도는 Fig. 1에 나타내었다. 총 분뇨에 대한 생석회를 습중량비 0~10%로 1~9분간 혼합 교반시 pH변화, 반응 후 2시간 이후의 pH변화와 pH변화에 따른 병원균의 살균효과를 측정하여 적정 생석회 주입량을 구하였다. 적정 생석회 양 주입시 계절별 건조일수 및 연평균 건조일수를 조사하였으며, 생석회 혼합 전 및 건조 후 시료는 비료성분을 평가하는데 이용하였다.

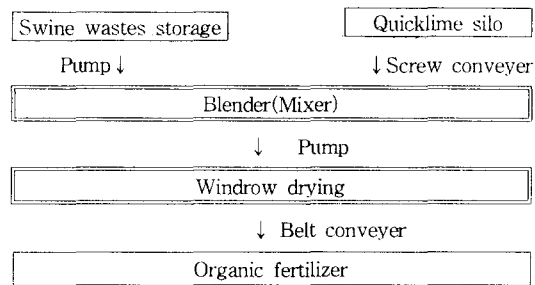


Fig. 1. Organic fertilization process by livestock wastes and quicklime.

2.2 분석방법

유기물은 잘 건조된 시료를 550°C에서 2시간 회화시킨 후 건조시료에 대한 무게차로 측정하였고, pH는 중류수와 1:5의 비율로 진탕한 다음 거름종이로 여과하여 pH meter(Fisher 825mp)로 측정하였으며,⁷⁾ 함수율은 중량법으로 측정하였다. 중금속(Cu, Cd, Pb, Zn, Cr)분석은 건조된 시료를 질산 및 과염소산으로 산분해 시켜 원자흡광광도계(Shimadzu AA-670)로 측정하였다. 또한 T-N, P₂O₅, K₂O 및 CaO는 비료의 품질검사 방법 및 시료 채취기준에 따라 분석하였다.⁸⁾ 시료의 안전성을 검사하기 위한 대장균군, 분변계 대장균 및 생균수(35°C, 2일 배양)의 분석은 AOAC⁹⁾에 준하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 생석회 주입량 및 반응시간에 따른 살균특성

각 농장에서 배출되는 축산 분뇨에 생석회를 농도별로 첨가시킨 혼합물의 pH변화에 따른 살균특성을 Table 1에 표기하였다. 생석회가 투입되지 않은

각 농장의 축산 분뇨 pH는 6.5~6.8범위로 나타났고, 대장균군 및 분변계 대장균은 각각 $4.7\sim 5.5 \times 10^6$ MPN/100g 및 $4.3\sim 4.9 \times 10^6$ MPN/100g이었으며, 생균수는 $1.9\sim 2.6 \times 10^8$ cfu/g으로 나타났다.

Table 1. Changes in bacteriological quality of quicklime-treated wastes as function of pH

Description	pH	Coliform group (MPN/100g)	Fecal coliform (MPN/100g)	Viable cell count (cfu/g, 35°C)
J farm	6.5	5.0×10^6	4.9×10^6	2.2×10^8
	8.4	7.0×10^4	4.8×10^4	5.7×10^5
	9.2	9.3×10^3	5.6×10^3	8.9×10^4
	10.5	3.4×10^2	2.1×10^2	7.4×10^3
	11.3	9.1×10	<18	6.7×10^2
	12.4	<18	<18	2.4×10^2
	12.6	<18	<18	2.2×10^2
H farm	6.7	4.7×10^6	4.3×10^6	1.9×10^8
	8.2	7.9×10^4	5.9×10^4	6.4×10^5
	9.1	8.7×10^3	7.2×10^3	8.2×10^4
	10.9	2.6×10^2	1.7×10^2	5.3×10^3
	11.5	1.1×10^2	<18	4.7×10^2
	12.5	<18	<18	2.8×10^2
	12.7	<18	<18	2.4×10^2
Y farm	6.8	5.5×10^6	4.9×10^6	2.6×10^8
	8.6	6.8×10^4	7.5×10^4	2.9×10^5
	9.5	2.5×10^3	1.7×10^3	6.0×10^4
	10.7	3.7×10^2	2.0×10^2	5.4×10^3
	11.3	7.0×10	4.0×10	3.9×10^2
	12.5	<18	<18	2.6×10^2
	12.7	<18	<18	1.9×10^2

Data are average of triplicate measurements

그러나 원시료에 생석회를 첨가하여 pH를 12.4~12.5범위로 증가시킨 경우 대장균군 및 분변계 대장균은 검출되지 않았고, 생균수는 $2.4\sim 2.8 \times 10^3$ cfu/g으로 생석회 첨가전보다 월등히 감소하였다. 적정 생석회 주입량을 알아보기 위하여 미국 EPA의 PSRP (Process to Significantly Reduce Pathogens)법에 의한 석회 안정화방법(pH 12이상으로 2시간 유지)^{10,11,13)}을 적용 시켰는데 총 분뇨량(습중량)에 대한 생석회 비율을 0~10%까지 증가시키면서 1분, 3분, 5분, 7분, 9분 단위로 반응물의 pH를 측정하였으며 그 결과는 Fig. 2와 같다. 생석회 주입량에 있어서 J농장에서는 생석회를 총 분뇨량(습중량)의 3%를 주입하여 5분간 혼합반응 시킬 때 pH 12.4를 얻을 수 있었다. 한편, H, Y농장에서는 각각 4%, 5%를 3분간 반응시 pH는 12.5를 나타내어 적정 반응조건이었으나 생석회와 분뇨가 골고루 혼합되지 않아 5분간 혼합 반응시켰는데 이때의 pH는 12.6으로 나타났다.

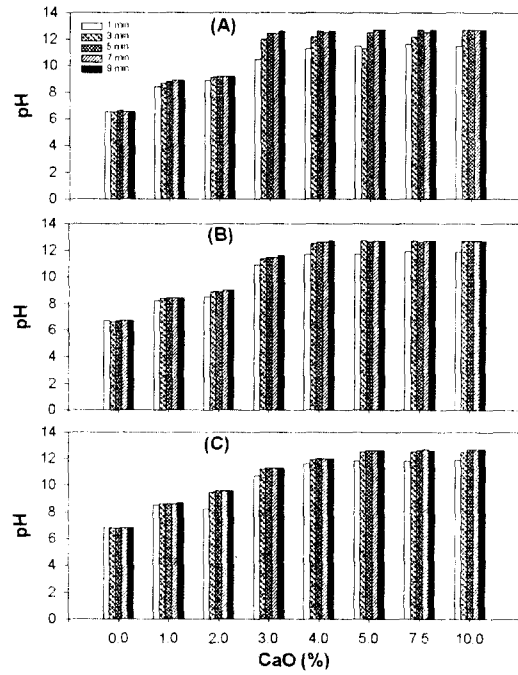


Fig. 2. Changes in pH of quicklime-treated wastes as function of reaction time. (A), J farm; (B), H farm; (C), Y farm.

대장균군 및 생균수가 각각 2.3×10^5 MPN/100g 및 5.0×10^5 cfu/g인 축산분뇨를 석회안정화 처리할 경우 대장균이 2log cycle, 생균수가 1log cycle 감소하였다는 Kim and Choi¹³⁾의 결과를 볼 때, 본 비료제조 공정에서 대장균군 및 분변계 대장균은 6log cycle 감소하였고, 생균수는 5log cycle 감소하여 Kim and Choi의 결과 보다 살균효과가 탁월함을 보여 주는데, 이는 제조된 조비료의 안전성이 높음을 제시한다. 또한, 이와 같이 제조된 조비료의 미생물에 대한 높은 안전성은 한국과학기술원¹⁴⁾의 결과와 유사하였다. 각 농장의 시료를 반응직후 및 2시간 지난 뒤 pH변화를 측정하여 본 결과 pH변화는 없는 것으로 나타났으며, 5개월이 지난 뒤에도 크게 차이를 보이지 않아 pH는 일정기간 지속되어 미국의 EPA기준을 만족하였다. 또한 석회주입에 의하여 상승된 pH는 실험 후 10개월이 지나도 pH 11~12로 유지된다고 하였다.¹⁵⁾

Kim and Choi의 보고¹³⁾에 의하면 함수율 73~78%인 축산분뇨에 생석회량을 총 분뇨량의 0~12.5%까지 투입하여 단계별로 생석회 소요량을 측정해본 결과 최적의 생석회 소요량은 총 분뇨량(습중량)의 5~10%로 나타났으며 분뇨의 함수율이 적을수록 생석회 소요량이 많다고 보고하고 있다. 또

한, 본 연구자인 Kim¹⁶⁾에 의하면 생석회 투여량 및 교반에 의한 미립자의 균일한 혼합을 고려하여 5분간 반응시킬 때 비로소 안정적인 것으로 나타났다. 이상의 결과를 보면 축산 분뇨의 함수율에 따라서 생석회 소요량이 변화됨을 알 수 있으며, 축산분뇨 함수율이 75~95%에 이르는 것을 감안 할 때 80% 이상으로 함수율이 높아 질 경우에는 생석회량을 3~5%로 사용하며, 반응시간은 5분으로 혼합 교반하는 것이 효과 적인 것으로 사료된다.

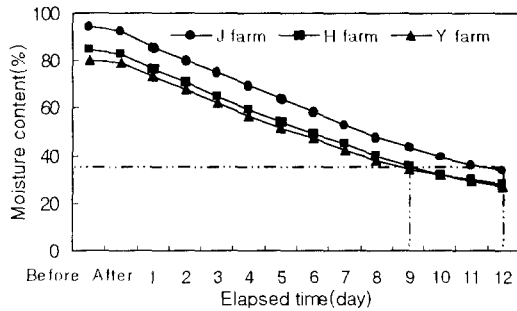


Fig. 3. Elapsed time of average moisture content should be less than 35%.
before: nonalkalied-wastes(livestock waste)
after : alkalied-wastes
moisture content : average year

3.2 건조일수에 따른 함수율 측정

한국과학기술처의 보고¹⁷⁾에 의하면 축산분뇨의 석회 안정화 반응물에 대한 효율적인 건조조건은 먼저 수분함량이 약 65~70%인 반응물을 자연건조에 의해 대략 1/2 이상(자연건조후의 안정화 반응물중 수분함량: 약 30%)을 증발시키거나, Kim and Choi¹³⁾에서와 같이 건조시간의 단축 및 자연건조시설의 소형화를 위해 건조기를 이용하기도 한다. 일반적으로 판매되는 유기질 비료의 함수율은 평균 35%를 나타내고 있어, 제조된 비료의 함수율을 35%로 맞추기 위한 소요 일수를 연평균 함수율로 구하여 Fig. 3에 나타내었다.

함수율이 94.6%인 J농장의 축산분뇨를 총 분뇨량의 3%에 해당하는 생석회를 5분동안 혼합반응 시킨 후 함수율은 92.3%를 나타냈다. 이를 계절별로 비닐 하우스로 이루어진 건조장의 바닥에 15cm 높이가 되도록 축산분뇨를 펌프로 이송한 후 교반 시키면 시 건조시킨 결과 함수율 35%에 이르기까지 연평균 12일이 소요되었다. 또한, H, Y농장의 함수율 35%를 맞추기 위한 건조일수는 연평균 9일이 소요되었다. 각 농장에 대한 계절별 시간에 따른 함수율을 Table 2에 나타내었다. 반응전후 함수율의 변화는

거의 없었으며, 반응후 시간이 지남에 따라 함수율이 감소하였다. 전반적으로 볼 때 1월에는 건조가 잘 이루어지지 않았고, 7월에는 짧은 시간에 건조가 일어나는 것으로 나타났다.

이상에서 볼 때 안정화 처리한 시료의 자연건조 일수는 축산 분뇨의 함수율이 85%이하에서는 9일이 소요되며, 슬러리 축산 분뇨와 같이 함수율이 94.6%일 경우에는 12일이 소요되어 안정화 처리대상 시료의 수분함량은 건조효율을 좌우하는 중요한 요소로 작용하였다.

Table 2. Changes in moisture of wastes as function of elapsed time

Description	Elapsed time (days)	moisture(%)				
		Jan.	Apr.	Jul.	Oct.	Average
J farm	before	94.4	94.6	94.8	94.5	94.6
	after	92.2	92.5	92.3	92.2	92.3
	1	86.2	85.4	84.6	87.6	86.0
	2	82.9	79.8	77.6	81.3	80.4
	3	78.5	74.6	72.9	75.5	75.4
	4	72.8	68.2	65.6	72.6	69.8
	5	68.3	61.7	59.0	66.4	63.9
	6	62.9	57.6	53.3	60.2	58.5
	7	58.2	52.5	48.8	51.4	52.7
	8	53.1	46.6	42.2	45.1	47.9
	9	49.4	40.2	38.9	40.6	43.7
	10	46.8	36.5	34.7	37.8	39.0
	11	42.6	33.8	32.6	35.8	36.2
12	40.6	30.3	31.5	31.8	33.6	
H farm	before	83.8	84.0	85.3	83.9	84.3
	after	81.7	83.9	83.3	81.8	82.7
	1	76.5	78.1	74.3	75.8	76.2
	2	71.9	72.6	68.3	70.5	70.8
	3	66.8	65.4	61.5	65.9	64.9
	4	61.5	60.3	55.7	58.9	59.1
	5	57.5	55.7	50.6	53.5	54.3
	6	53.6	49.9	45.3	48.7	49.4
	7	49.2	45.1	39.9	43.5	44.4
	8	44.6	40.3	35.5	38.7	39.8
	9	39.4	34.9	32.7	34.2	35.3
	10	36.1	30.5	29.5	30.1	31.6
	11	33.5	28.6	28.5	28.1	29.7
12	29.5	27.7	27.3	26.4	27.7	
Y farm	before	79.9	80.0	80.2	79.9	80.0
	after	78.8	78.9	78.8	78.8	78.8
	1	73.8	73.6	71.7	73.4	73.1
	2	68.9	68.3	65.2	67.5	67.5
	3	64.2	63.0	58.1	62.6	62.0
	4	59.7	57.8	52.6	57.1	56.8
	5	55.1	52.9	46.9	51.8	51.7
	6	50.6	48.7	41.4	47.0	46.9
	7	45.7	44.0	36.8	42.7	42.3
	8	41.9	40.2	32.5	37.2	38.0
	9	38.3	36.7	30.3	32.4	34.4
	10	35.4	33.2	28.6	28.9	31.5
	11	32.1	30.4	27.2	26.6	29.1
12	29.5	28.6	25.7	24.2	27.0	

*before : nonalkalied-wastes(livestock waste)
after : after a alkalied-wastes

Data are average of triplicate measurements

3.3 축산분뇨 및 유기질 조비료의 성분

축산분뇨 및 유기질 조비료(석회 안정화시킨 조비료)를 동결 건조하여 성분비교를 한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. J농장의 경우 pH는 축산분뇨가 6.5에서 유기질 조비료는 8.0으로, 유기물은 51.2%에서 49.4%로, 질소(T-N)는 2.59%에서 2.05%로, 인산(P_2O_5)은 2.23%에서 1.96%로, 칼륨(K_2O)은 1.43%에서 1.32%로 나타났고, 비료의 3대 영양소인 질소, 인산, 칼륨 합계는 5.33%로 나타났다. 또한 유기질 비료의 중금속 농도를 비료 관리법으로 규제하고 있는데 퇴비의 경우 중금속 농도 기준치는 구리 500 mg/kg, 납 150mg/kg, 크롬 300mg/kg, 카드뮴 5mg/kg이하로 규제하고 있다.⁸⁾ 카드뮴은 0.12mg/kg에서 0.08 mg/kg로, 구리는 412.35mg/kg에서 382.26mg/kg으로 다소 낮아지고, 아연은 460.94mg/kg에서 374.54mg/kg으로 낮아졌다. 칼슘(CaO)은 0.92%에서 12.70%로 증가하였고, 크롬과 납은 축산분뇨 및 유기질 조비료 모두 검출되지 않아 유기질 조비료의 중금속 농도는 퇴비기준을 만족시켰다. Higgins¹⁸⁾에 의한 퇴비 성분의 분류기준에 의하면 유기질 조비료는 칼륨(K_2O) 및 칼슘(CaO) 성분으로는 고급비료에, 질소(T-N)는 중급비료, 인산(P_2O_5)은 저급비료로 평가되었다.

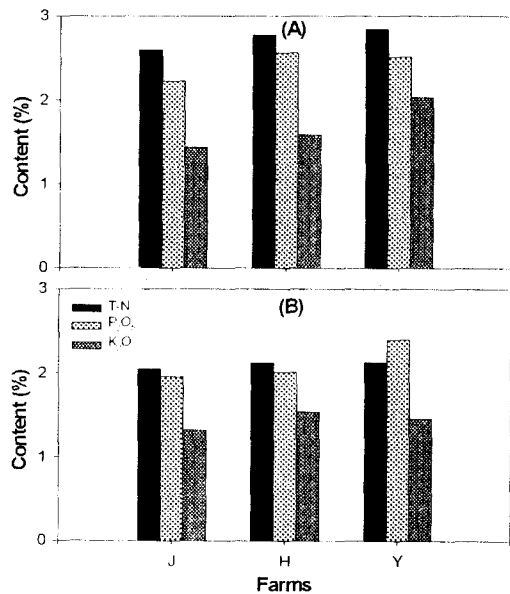


Fig. 4. Chemical component of nonalkalied-wastes (livestock waste, A) and alkalied-wastes(B).

H, Y농장의 유기질 조비료 성분중 유기물은 각각 52.2% 및 57.7%로 나타났고, 질소, 인산, 칼륨 합계

는 각각 5.67% 및 5.99%이었다. 또한, 카드뮴, 구리, 아연은 축산분뇨에 비해 다소 낮아졌고, 크롬과 납은 축산분뇨와 유기질 조비료 모두 검출되지 않았으며 유기질 조비료의 중금속 농도는 퇴비기준을 만족시켰다. Higgins에 의한 퇴비성분 분류기준에 따르면 H, Y농장에서 배출된 유기질 조비료 역시 칼륨(K_2O) 및 칼슘(CaO)은 모두 고급비료, 질소(T-N)는 모두 중급비료로 분류되었으나 인산(P_2O_5)의 경우 H농장은 저급비료, Y농장은 중급비료로 나타났다. 과학기술처¹⁷⁾의 자료를 보면 최적조건에서 축산분뇨의 유기질 조비료 성분중 유기물 함량은 48.8%, 질소(T-N)는 1.97%, 인산(P_2O_5)은 1.97%, 칼륨(K_2O)은 1.31%로 나타나 합계 5.25%로 본 연구의 결과를 뒷받침 해주고 있다고 사료된다. 중금속의 존재형태는 전이금속의 경우 철산화물과 망간산화물에 강하게 결합하고, 카드뮴, 구리, 아연과 같은 양이온들은 단일용질로 존재하기보다는 다른 금속이나 고농도의 Ca^{2+} 나 Mg^{2+} 등과 같은 알칼리 토금속들과 결합하는 경향이 있다.¹⁹⁾ 즉, 낮은 농도의 중금속 이온들은 토양과 단단히 결합하므로 지하수를 오염시키지도 않으며 작물에 의해 섭취되지도 않는 상태가 된다.²⁰⁾ 또한, 유기질 비료를 토양에 주입시 토양의 pH는 비료의 탄산칼슘($CaCO_3$)함량과 분해과정에서 생성되는 산의 양에 의하여 좌우되고,²¹⁾ 토양 pH가 1 증가하면 아연과 구리의 활동도가 100배 감소한다는 보고²²⁾를 볼 때 본 연구에서 제조된 비료와 같이 약 알칼리성인 건조된 유기질 비료를 토양에 사용하였을 때는 중금속에 의한 작물체의 위험은 없을 것으로 사료된다.

이상의 결과를 보면 J, H 및 Y 농장에서 배출된 축산분뇨의 석회 안정화에 의하여 제조된 유기질 조비료는 칼륨 및 칼슘에 대해서는 고급비료로, 질소에 대해서는 중급비료로, 인산에 대해서는 중급비료 또는 저급비료로 나타나 인산을 제외하면 고급비료 및 중급비료로서 비료 조건을 만족시켰다. 결론적으로 본 결과는 함수율 80%이상인 축산분뇨는 투입 생석회의 함량을 3~5% 범위로 하여 석회 안정화시킬 경우 비료성분을 만족시킬 뿐만 아니라 유효성과 안전성이 확보 될 수 있음을 제시한다.

4. 결론

함수율 80%이상인 축산 분뇨를 유기질 비료로 제조하기 위하여 필요한 적정 생석회량, 건조일수, 건조된 유기질 비료의 성분 및 유효성을 평가하였다. 축산 분뇨를 안정화시키기 위해 요구되는 석회량은 분뇨의 함수율에 따라 결정되며, 각기 다른 함수율을 나타내는 3개 농장의 축산 분뇨로 pH는

12.5이상에서 유지시키거나 pH 12이상에서 2시간 이상 유지시키는 EPA의 PSRP(Process to Significantly Reduce Pathogens)를 만족시키기 위한 생석회 소요량은 슬러리 돈사(J 농장, 평균 함수율 94.6%) 분뇨는 총분뇨량(습중량)의 3%, 스크레파 돈사(H 농장, 평균 함수율 85%) 분뇨는 총분뇨량(습중량)의 4%, 재래식 돈사(Y 농장, 평균 함수율 80%) 분뇨는 총분뇨량(습중량)의 5%를 사용하는 것이 적정한 것으로 나타났다. 일반적으로 유기질 비료를 포장하기 위한 축산 분뇨의 생석회 안정화 반응물은 함수율 35%가 필요하다. 또한 이것을 맞추기 위한 자연건조일수는 축산 분뇨의 함수율이 85%이하인 H, Y 농장의 경우 9일이 소요되며, 축산 분뇨의 함수율이 94.6%인 J 농장에서는 12일이 소요되었다. 3농장 축산 분뇨에 대한 생석회 주입 반응후 건조물의 유기물 농도를 Higgins에 의한 비료성분 분류 기준과 비교하면 제조된 조비료는 칼륨 및 칼슘에 대해서는 고급비료, 질소에 대해서는 중급비료, 인산에 대해서는 중급 또는 저급비료로 나타나 인산을 제외하면 고급 및 중급비료로서의 조건을 만족하였다. 또한, 생석회에 의한 안정화 처리는 박테리아의 유기물 분해를 방지하고 병원성 균의 활동을 억제시키는 것으로 대장균군, 분변계 대장균 및 생균수가 99.99% 감소됨을 알 수 있었다. 이상에서 보면 80% 이상인 고 함수분의 축산 분뇨를 유기질 비료로 제조하기 위하여 기존에 사용되어 왔던 수분 조절제를 사용하지 않고서 유기질 비료를 생산할 수 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구를 수행함에 있어 도움을 주신 고려대학교 토목환경공학과 유광태님께 감사 드리며, 좋은 논문이 되도록 날카로운 지적을 해주신 세분의 심사위원님께 감사의 말씀을 전합니다.

참 고 문 헌

- 1) 오세익, 박현태, 김은순, 위용석, 1997, 환경보전형 농업발전을 위한 정책과제, 한국농촌경제연구원, 97~98pp.
- 2) 유철호, 허덕, 이석호, 1991, 가축분뇨 관리상의 문제점과 시설비용에 관한 연구, 농촌경제, 14(1), 66pp.
- 3) 이명규, 1996, 양돈분뇨의 자원화 처리모델, 41pp.
- 4) USEPA, 1998, Technical Background Document: Compliance cost estimates for the proposed land management regulation of cement kiln dust, Office of solid waste, Washington, D.C., April, 1998.
- 5) Jacobs, A. and M. Silver, 1990, Sludge Management at the Middlesex County Utilities Authority, Water Sci. Technol., 22(12), 93~106.
- 6) Yoo, K. T., 1994, Lime stabilization of sewage biosolids, ME Thesis, Korea Univ., Seoul.
- 7) 조성진, 박천서, 엄대익, 1987, 토양학, 향문사, 396pp.
- 8) 농업과학기술원, 1996, 비료의 품질검사방법 및 시료 채취기준, 193pp.
- 9) AOAC, 1992, Bacteriological analytical manual, 7th ed, Association of official Agricultural Chemists, Arlington, VA, 17~166pp.
- 10) Farrell, J., J. Smith, S. Hathaway, and R. Deanl, 1974, Lime stabilization of primary sludge, JWPCF, 46, 113~122.
- 11) USEPA, 1979, Process design manual sludge treatment and disposal, Technology transfer, EPA 625/1-79-011.
- 12) USEPA, 1999, Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge, Environmental regulations and technology, EPA/625/R-92/013.
- 13) Kim, H. C. and Y. S. Choi, 1995, A study on the lime stabilization of livestock waste, J. Kor. Soc. Ana. Sci., 8(1), 91~99.
- 14) 한국과학기술원, 1991, 전국 축산분뇨 적정관리 대책 연구, 145pp.
- 15) Choi, E. S., and K. T. Yoo, 1998, Applicability of dewatered sewage sludge as landfill cover material or soil conditioner, J. KSWQ, 14(3), 331~337.
- 16) Kim, H.R, 1989, The study on lime stabilization of decayed organic wastes, J. Kiis, 4(1), 75~81.
- 17) 한국과학기술처, 1991, 축산폐기물 및 분뇨의 안정화 처리와 재이용기술 적용에 관한 연구, 212pp.
- 18) Higgins, A. J., 1984, Management techniques for minimizing risk of sludge and compost use, Managing sludge by composting, The JG Press, Ernmaus, 229pp.
- 19) Christina, E. C., M. Z. John, and T. R. Charles, 1991, Cadmium adsorption on iron oxides in the presence of alkaline-earth elements, Environ. Sci. & Technol., 25, 437~446.
- 20) Vesilind, P. A, 1979, Ultimate disposal on land: Treatment of wastewater sludge, Ann arbor science publishers, Inc., Ann arbor, Michigan,

- 265-290pp.
- 21) Sommers, L. E., 1980, Toxic metals in agricultural crops, In *sludge health risks of land application*, B. Gabrielle, ed. Ann arbor science publishers, Inc., Ann arbor, Michigan.
- 22) Epstein, E., and R. L. Chaney, 1978, Land disposal of toxic substance and water-related problems, JWPCF, 50.