

RESEARCH NOTE

축분 첨가제를 한우분에 첨가시 pH와 유해성 병원균에 미치는 영향에 관한 연구

김삼철 · S.M.Amanullah · 김동현¹⁾ · 이혁준¹⁾ · 최정훈²⁾ · 이기동³⁾ · 최인학⁴⁾*

경상대학교 축산학과(농업생명과학연구원), ¹⁾경상대학교 응용생명 과학부(BK 21),
²⁾한양대학교 화학과, ³⁾중부대학교 식품생명과학과, ⁴⁾중부대학교 애완동물자원학과

Effects of Manure Additives on pH and Pathogen Populations in Hanwoo (Korean native cattle) Manure

Sam-Churl Kim, S.M.Amanullah, Dong-Hyeon Kim¹⁾, Hyuk-Jun Lee¹⁾,
Jung-Hoon Choi²⁾, Gee-Dong Lee³⁾, In-Hag Choi⁴⁾*

Department of Animal Science (Insti. of Agri. & Life Sci.), Gyeongsang National University,
Jinju 660-701, Korea

¹⁾Division of Applied Life Science (BK 21), Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²⁾Department of Chemistry, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

³⁾Department of Food Science and Biotechnology, Joongbu University, Geumsan-gun 312-702, Korea

⁴⁾Department of Companion Animal & Animal Resources Sciences, Joongbu University,
Kumsan-gun 312-702, Korea

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of applying alum (aluminum sulfate) and aluminum chloride on pH and pathogen populations of Hanwoo manure. A total of 36 steers (8 months old and averaging 300 kg in weight) were used in this trial and allotted to 9 pens (3 replication pens per group with 4 steers per experimental unit, 5 x 8 m). Chemical additives were applied as a top dressing with garden rake to a depth of 1 cm of manure with wood shavings in each treatment. The chemical amendments were control (without chemical amendments), 50 g of alum and 50 g of aluminum chloride/kg of Hanwoo manure. The experiment was carried out for 4 weeks. Adding alum and aluminum chloride to Hanwoo manure reduced ($P < 0.05$) pH compared to untreated controls during the 4-wk period. Both levels of the alum and aluminum chloride treatments tested decreased ($P < 0.05$) *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* populations in Hanwoo manure at 2 and 4 weeks. It appears that the reduction in pathogen populations was primarily associated with the lower manure pH. If more strict environmental regulations are put into effect regarding pathogen populations from Hanwoo facilities, treating Hanwoo manure with alum and aluminum chloride may be a good management practice.

Key words : Aluminum sulfate, Aluminum chloride, Hanwoo manure, pH, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*

Received 2 July, 2012; Revised 7 October, 2012;

Accepted 19 December, 2012

*Corresponding author : In-Hag Choi, Department of Companion
Animal & Animal Resources Sciences, Joongbu University, Geumsan-
gun 312-702, Korea
Phone: +82-19-527-7422
E-mail: wiew@chol.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the
Creative Commons Attribution Non-Commercial License ([http://
creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0](http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0)) which permits unrestricted
non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium,
provided the original work is properly cited.

1. 서론

과거 축산업에서 발생하는 축분뇨는 잘 처리되지 않아 환경문제와 그 지역의 민원을 야기했지만, 이제는 공해물질이 아니라 퇴비 그리고 전기 공급원 등의 훌륭한 자원으로서의 가치를 평가할 수 있는 인식의 변화가 필요한 시점이다. 예를 들면, 우리나라 한우산업의 경우 축산업의 기업화·대형화가 이루어지면서 2005년 1,579천 마리의 한우 사육두수가 2012년 2,818천 마리로 꾸준히 증가하였다(Statistics Korea, 2012). 결국 사육두수 증가에 따른 필연적인 문제는 축분뇨의 발생량으로 2011년도를 기준으로 약 43,685천 톤 정도가 배출되는 것으로 조사되었다. 이중 축종별로 한우가 34.1%로 가장 높았으며, 돼지분뇨가 32.5%, 닭에서는 15.3% 순으로 배출되는 것으로 조사되었다(Livestock yearbook, 2012). 또한, 축산농가의 큰 부담이 되는 점은 2009년 제정된 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률과 악취방지법 시행으로 규제물질의 확대 및 규제농도의 강화로 1년 이상 민원이 지속된 지역에 대해 악취관리지역으로 지정되는 것이다. 따라서 이러한 문제를 벗어나기 위해서는 축분뇨 자원화 기술을 도입하여 농가 스스로 경쟁력을 갖출 수 있도록 노력하는 일이 무엇보다 중요하다. 축분뇨 자원화 기술은 농가규모에 따라 대규모 농가는 퇴비화법, 발효 증발 및 화력건조방법 등을 포함하며, 소규모 농가는 액비화 및 재래식 퇴비화 방법 등이 있다(Nationl Academy of Agricultural Science and Kolon Construction Ltd, 2001). 현재 우리나라 한우농가들은 대부분 영세 소규모 농가로서 축분뇨의 자원화 기술을 적용 할 때는 실용성과 경제성을 고려한 적절한 방법을 선택하여야 한다.

최근 화학제재를 축분에 첨가하는 방법에 관심을 갖게 되면서 다양한 축분에 적용하는 연구가 진행되고 있다. 특히, 화학제재를 이용하는 방법은 축분에서 발생하는 문제를 친환경적이며 경제적으로 해결하기 위한 효과적인 방법이라는 것이 입증되었다(Kim 등, 2012). 축분에 첨가되는 대표적인 화학제재는 황산알루미늄(alum, aluminum sulfate)이나 염화알루미늄(aluminum chloride)이다. 이들 화학제재는 질소와 암모니아를 응집 및 고정시켜 악취를 감소시키기 위해

하수처리장과 공업용 폐수 처리장 등의 응집제로 사용되었다. 이것이 축산업 분야에 적용된 것은 황산알루미늄을 깔짚에 첨가한 그 효능을 입증한 Moore 등(1995)의 연구에서 보고되었다. 그 후, Choi 등(2008)과 Line(2002)은 황산알루미늄을 깔짚에 처리하여 수행한 결과 깔짚 내에 존재하는 유해성 병원균을 감소시킨다고 보고하였다. 그러나 이들 연구는 가금분야에 적용된 결과이지만, 한우분에 황산알루미늄과 염화알루미늄을 첨가하여 유해성 미생물 감소와 관련된 연구는 보고되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 폐기되는 한우분의 퇴비로서의 활용성을 높이거나 축사내 환경개선을 위하여 한우분에 축분 첨가제로서 황산알루미늄과 염화알루미늄을 첨가하여 한우분의 pH와 유해성 병원균의 변화를 살펴봄으로써 황산알루미늄과 염화알루미늄 첨가가 유해성 병원균 저감에 미치는 효과를 고찰하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험설계 및 시료 채취

본 실험은 창원시 소재 한우 사육 농장에서 4주간 실시되었다. 우사의 면적은 5 m×8 m이며, 총 9개 개방식 형태의 우사를 두었다. 각 우사에 한우를 4두씩 배치하였고, 실험에 이용된 한우는 총 36마리로 생체중이 약 300 kg의 8개월령 암소이다. 처리구는 3개의 처리구로 나누어 3반복 실험으로 완전임의 배치법(Completely Randomized Design)으로 설계하였다. 먼저 각 처리구의 한우분(Hanwoo manure) 샘플 채취 방법은 손으로 서로 다른 다섯 지점에서 분을 채취하여 잘 섞이게 하였다. 저울을 이용하여 100 g 무게로 정량 후 지퍼백에 넣어 분석이 끝나기 전까지 4℃에서 냉장 보관하였다.

2.2. 화학제재 첨가 비율

본 연구에 사용된 화학제재는 한우 사양시험이 시작되기 전 대조구를 무첨가군으로 하였으며, T1은 황산알루미늄 그리고 T2는 염화알루미늄을 한우분 표면에 살포(top-dressing)하였다. 첨가비율은 아래와 같다.

- 1) 대조구
- 2) T1: 50 g of alum /kg of Hanwoo manure
- 3) T2: 50 g of AlCl₃ /kg of Hanwoo manure

화학제재의 특성의 경우, 황산알루미늄(General Chemical Corporation, Parsippany, NJ, USA)은 알칼리성을 중성화 시키는 흰색 결정을 가지고 있으며, 염화알루미늄(General Chemical Corporation, Parsippany, NJ, USA)은 수분을 함유한 흰색 결정 입자를 가진 물질이다(General Chemical Corporation, Parsippany, NJ, USA).

2.3. 한우분의 pH와 균수 측정

먼저 샘플의 pH 분석은 20 g 샘플을 증류수 200 ml 에 섞어 원심분리(12,000 rpm, Hanil Science Industrial Co., Kangneung, South Korea) 후 상층과 하층이 분리된 상태에서 상층부분을 측정하였다. 매주 한우분을 채취하여 분석하였다. 한우분에 함유된 *E.coli*와 *Salmonella enterica* 분석은 신선한 분 2 g과 생리식염수 18 ml 를 잘 혼합한 후 1,500 rpm 에서 15분간 원심분리하고 상층을 채취하여 병원성 미생물 분석에 이용하였다. 병원성 미생물인 *E. coli*와 *Salmonella enterica*는 각각 Difco™ Violet Red Bile Agar (BD; Becton, Dickinson and Company, USA)와 Difco™ SS Agar (BD; Becton, Dickinson and Company, USA)를 이용하여 제조된 고체배지에 분에서 분리한 상층을 접종하여 35°C 배양기에서 48시간 배양한 후 2주와 4주에서 균수를 측정하였다. 균수는 한우분 g 당 cfu(colony forming units, log cfu/g manure)로 나타냈다.

2.4. 통계분석

본 연구의 모든 자료의 통계분석은 SAS package (1990)의 General Linear Model(GLM) procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 평균에 대한 처리구간의 유의성은 5% 수준에서 한우분의 pH를 검정하였으며, *E. coli*와 *Salmonella enterica*는 Duncan's Multiple Range Test(Duncan, 1955)로 검정하였다. 결과는 모든 Figure에 평균의 표준오차(standard error of the mean)로 표시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 한우분의 pH

4주 동안 황산알루미늄과 염화알루미늄을 한우분에 첨가하였을 때의 pH 변화를 Fig. 1에 제시하였다. 4주 동안 대조구의 pH는 9 이상(9.17~9.21)으로 비슷한 변화를 보여주었으며, 이와는 대조적으로 황산알루미늄과 염화알루미늄 처리구의 pH변화는 7.50~8.30으로 주별에 따라 증가하며 비슷한 경향을 나타내었다. 이는 두 처리구의 화학제재가 알루미늄(Al)을 함유한 물질로서 축분에 첨가했을 때 pH에 반응하는 정도가 비슷하기 때문에 나타난 결과로 보여진다. 또한, 대조구와 비교할 때 두 처리구의 pH는 낮았으며 그 이유는 두 화학제재가 pH를 낮추는 특성을 가지기 때문이다($P < 0.05$). 본 연구결과는 Moore 등(1999)과 Smith 등(2004)이 깔짚(poultry litter)과 돈분에 황산알루미늄과 염화알루미늄을 첨가했을 때 깔짚과 돈분내 pH가 감소된다는 보고와 일치한다. 이들 연구는 축사내 환경개선면에서 일차적으로 작용하는 요인이 pH라는 점을 밝혔으며 본 연구결과를 뒷받침한다.

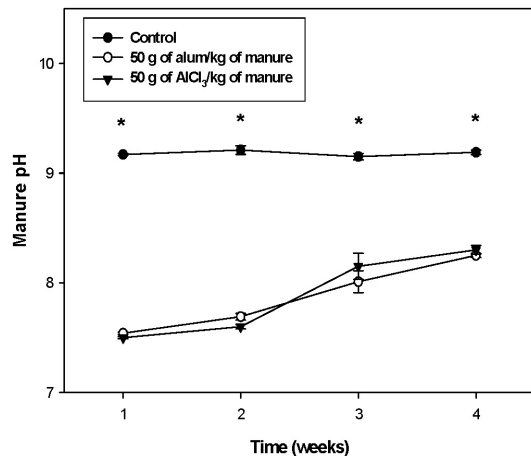


Fig. 1. Changes in pH with alum and aluminum chloride from Hanwoo manure as a function of time. *Bars indicate significant difference at $P < 0.05$.

3.2. 한우분의 유해성 병원균에 대한 영향

2주와 4주에서 분석된 유해성병원균의 결과는 Fig. 2와 같이 황산알루미늄과 염화알루미늄을 한우분에 첨가하여 분석된 *E.coli*와 *Salmonella enterica* 균은 대조구와 비교하여 감소되는 것으로 나타났다($P < 0.05$). 특히 대조구의 *E.coli*의 균수는 2주차에서 6.32 log cfu/g manure, 4주차는 6.68 log cfu/g manure로 측정되었으며, *Salmonella enterica* 균수의 경우 2주차는 7.07 log cfu/g manure, 4주차는 7.90 log cfu/g manure로 황산알루미늄과 염화알루미늄 처리구보다 높게 나타났다. 2주차와 4주차에서 측정된 황산알루미늄과 염화알루미늄의 *E.coli*와 *Salmonella enterica* 균수 범위는 *E.coli*의 경우 5.37~5.68 log cfu/g manure, *Salmonella enterica* 는 6.26~6.97 log cfu/g manure 였으며 대조구보다 낮게 나타났다.

일반적으로, 산(acids)으로서 축분첨가제는 병원균을 포함하여 많은 미생물 생존과 번식에 영향을 준다. 예를 들면, Pope와 Cherry(2000)는 깔짚에 sodium bisulfate를 첨가시 2주 동안 pH를 감소시키며, 2주 후 깔짚내 *E.coli* 수준을 약간 감소된다고 하였다. Line(2002)은 높은 비율로 황산알루미늄(high-alum treatment, 7.26 kg/4.6 m²)을 처리했을 때 유해성병원균 군(pathogen population)을 조절하는 데 효과적이었으며, 이 처리구에서는 *Campylobacter*-positive인

가금은 발견되지 않았다고 보고하였다. 그들의 연구에서 주별로 sodium bisulfate (1.13 or 1.81 kg/4.6 m²) 처리구와 비교했을 때 높은 비율로 첨가한 황산알루미늄(7.26 kg/4.6 m²)처리구는 *Salmonella*-positive가 감소된다고 하였다. 따라서 본 연구의 중요한 관점은 두 화학제재를 한우분에 첨가시 유해성병원균을 감소시키는 요인이 축분내 pH 감소와 관련이 있으며 축사내 환경개선측면에서 효과가 있다는 사실이 Choi 등(2008)의 연구결과와 일치한다.

그러나 축종별로 가금은 적어도 5주 내지 6주 동안 성장하기 때문에 병원균 조절을 위해서도 산성화(acidification)되는 물질이 몇 주간 더 지속되도록 해야 한다. 아직까지 화학제재를 적절한 비율로 중대형 가축인 돼지나 소에게 적용된 연구 보고가 없기 때문에 본 연구를 통해 기초적인 자료를 수집하는 것이 무엇보다 중요한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 한우분에 황산알루미늄과 염화알루미늄을 첨가하여 pH와 유해성병원균의 변화를 조사하였고, 이를 바탕으로 황산알루미늄과 염화알루미늄 첨가가 유해성병원균 저감에 효과적인 물질인지를 평가하였다.

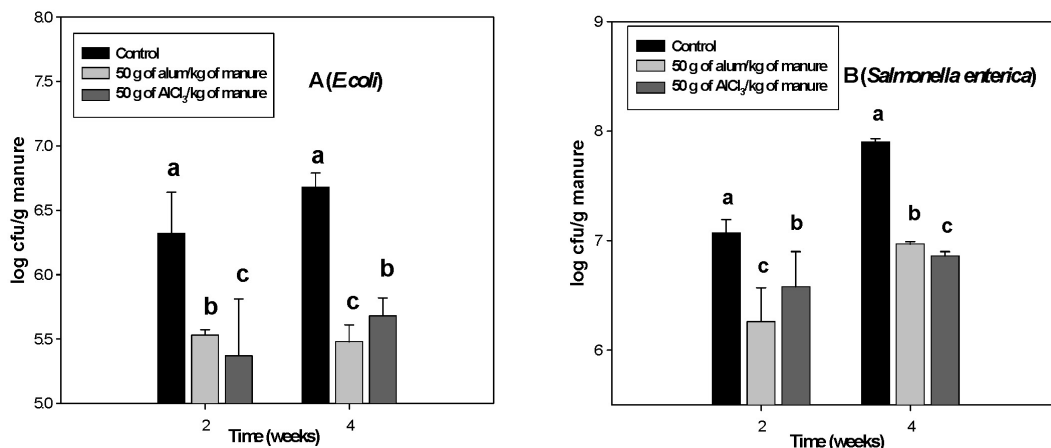


Fig. 2. Changes in *E. coli* (A) and *Salmonella enterica* (B) from alum and aluminum chloride with Hanwoo manure at 2 and 4 weeks. a-cBar indicate significant difference at $P < 0.05$.

1) 4주 동안 두 처리구의 pH 변화는 대조구와 비교할 때 낮았으며($P < 0.05$), 그 이유는 두 화학제재 모두 pH를 낮추는 특성을 가지기 때문이다.

2) 2주와 4주에서 황산알루미늄과 염화알루미늄을 한우분에 첨가하여 측정된 *E.coli*와 *Salmonella enterica* 균은 대조구와 비교하여 감소되는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

3) 본 연구에서 한우분에 황산알루미늄과 염화알루미늄 처리는 유해성병원균을 감소시키는 데 있어 효능이 있는 물질이며, 그 요인은 축분내 pH 감소와 관련이 있다. 따라서 한우분에 황산알루미늄과 염화알루미늄의 처리는 축사내 환경 개선에 효과가 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ0077572012)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Choi, I. H., Kim, J. N., Kwon, Y. M., 2008, Effects of chemical treatments on pH and bacterial population in poultry litter: a laboratory experiment, *Brit. Poult. Sci.*, 49, 497-501.
 Duncan, D. B., 1955, Multiple range and multiple *F*-test, *Biometrics.*, 11, 1-42.
 Kim, C. M., Choi, J. H., Choi, I. H., 2012, Using liquid

aluminum chloride to reduce heavy metals from animal wastes, *Korean. J. Environ. Sci.*, 21, 377-382.
 Line, J. E., 2002, *Campylobacter* and *Salmonella* populations associated with chickens raised on acidified litter, *Poult. Sci.*, 81, 1473-1477.
 Livestock yearbook (The Agriculture, Fisheries, Livestock News), 2012, Livestock excretions.
 Moore, P. A. Jr, Daniel, T. C., Edwards, D. R., 1999, Reducing phosphorus runoff and improving poultry production with alum, *Poult. Sci.*, 78, 692-698.
 Moore, P. A. Jr., Daniel, T. C., Edwards, D. R., Miller, D. M., 1995, Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter, *J. Environ. Qual.*, 24, 294-300.
 Natioanl Academy of Agricultural Science and Kolon Construction Ltd, 2001, Livestock excretion treatments and Biogas technology.
 Pope, M. J., Cherry, T. E., 2000, An evaluation of the presence of pathogens on broilers raised on Poultry litter treatment-treated litter, *Poult. Sci.*, 79, 1351-1355.
 SAS Institute, 1990, SAS/STAT user's guide, Version 6. 4th ed., SAS Institute Inc., Cary, NC.
 Smith, D. R., Moore P. A. Jr., Haggard, B. E., Maxwell, C. V., Daniel, T. C., VanDevander, K., Davis, M. E., 2004, Effect of aluminum chloride and dietary phytase on relative ammonia losses from swine manure. *J. Anim. Sci.*, 82, 605-611.
 Statistics Korea, 2012, The size of housing and a head by livestock and provinces.

