

복합미생물제제 급여가 비육돈사의 환경개선에 미치는 영향

김태완 · 김철욱* · 김두환*

(사) 경남양돈산업클러스터사업단, *진주산업대학교 동물소재공학과

Effects of Dietary Supplementation of Microbial Complex on Improvement of Environment in Finishing Pig Building

Tae-Wan Kim, Chul-Wook Kim* and Doo-Hwan Kim*

Gyeongnam Swine Cluster Agency, *Department of Animal Resources Technology, Jinju National University

Summary

This study was carried out to investigate the effect of microbial complex diets on improvement of air quality in finishing pig building. Ammonia and hydrogen sulfide concentrations were significantly($p<0.05$) decreased by dietary supplementation of 0.1% level of microbial complex compared with those of control according to the time in the finishing pig building. Characteristics of piggery liquid slurry that total nitrogen and NH_3-N of treatment were reduced relatively compared with those of control, and were decreased depending on the time.

In conclusion, the result obtained from this study suggest that the dietary supplementation of microbial complex for finishing pigs may improve environment in the finishing pig building.

(Key words : Air quality, Environment, Microbial complex, Pig building)

서 론

국내 양돈산업은 환경관련법규의 공포 및 강화와 함께 한·미 FTA 체결, 한·EU FTA 협상 등 국내외적으로 어려움에 처해 있다. 특히 돈사에서 발생하는 환경오염 및 악취로 인해 민원이 크게 늘어나고 있는 가운데 환경부는 2005년 2월 “악취방지법”을 시행하여 전문적이고 체계적인 악취관리를 추진하고 있다. 이에 따라 돈사에서 발생하는 유해가스 및 악취문제를 해결하는 것이 양돈농가의 시급한 문제로 부각되었다. 이들 유해가스

및 악취의 주성분은 암모니아 등 아민계열, 황화수소 등 황화합물계, 휘발성 저급 지방산 등으로(Zahn 등, 2001; Otto 등, 2003; 라 등, 2004) 알려져 있다. 암모니아는 무색이며 자극성이 있는 유독성 가스로 물에 쉽게 녹는 수용성이며 분뇨의 분해과정 중에 발생하고 고온에서 발생량이 촉진된다. 황화수소는 유독성 가스로 공기보다 무거운 돈사의 슬러리 표면에 깔려 있고 낮은 농도에서도 두통, 어지러움, 메스꺼움 등의 증상을 유발한다(라 등, 2004). 이들은 유해가스이면서 악취물질로 돼지의 생산성 저하와 함께 농장관리자의

* 진주산업대학교 동물소재공학과(Department of Animal Resources Technology, Jinju National University)
Corresponding author : Kim, DooHwan, Department of Animal Resources Technology, Jinju National University, 660-758 150 Chilamdong, Jinju, Korea. Tel : 055-751-3284, E-mail : dhkim@jinju.ac.kr

건강에도 영향을 미칠 수 있기 때문에 유해가스를 저감시키는 것이 양돈을 지속할 수 있는 중요한 과제로 등장하였다.

이에 돈사의 환경개선을 위한 노력으로 돼지를 대상으로 복합생균제의 급여효과에 대한 다양한 연구가 수행되었다. 환경개선 측면에서, 분내 암모니아태 질소 농도 및 휘발성 지방산 농도를 감소시키며(홍 등, 2002), 유해가스나 불쾌한 냄새를 발현하는 물질의 생성을 억제함으로써 돈분 중의 악취를 감소시키고(Larsen과 Hill, 1960; Collington 등, 1988), 돈분 중의 유해가스 발생과 냄새가 줄었다(최와 채, 2003)고 보고하는 등 돈사의 환경개선에 효과가 있는 것(라 등, 2004)으로 평가되고 있다. 이는 생균제로 사용되는 *Bacillus subtilis*가 섭취된 단백질원의 소화흡수가 가능하도록 체내에서 nitrate 분해를 촉진시켜 결과적으로 암모니아 가스 발생을 억제시키는 것으로 알려져 있다(이 등, 2000).

하지만 일부 연구에서는, 돼지에서 생균제 급여시의 효과는 일률적이지 못하여 급여하는 미생물의 종류에 따라 차이가 있으며(Stavric과 Kornegay, 1995), 미생물을 단순히 사용하는 것보다는 복합적으로 사용하는 것이 더욱 효과적이라고 하는 보고(Nousiainen과 Setala, 1993)와 양돈사료에서 생균제의 첨가가 별다른 효과가 없었다는 보고(Hines와 Koch, 1971)도 있다.

따라서 본 연구에서는 복합미생물제제(YC-2000)를 비육돈 사료에 첨가하여 급여한 후, 돈사내 암모니아, 황화수소 등 유해가스 농도 변화를 측정하여 비육돈사내 환경개선효과를 조사하고, 분뇨 슬러리의 pH, 질소 함량, 인 함량, 고형물 함량 등을 분석하여 분뇨의 성상에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험설계

사육환경, 사양관리, 기후차이 등의 외부요인에 의한 오차를 최소화하기 위해 동일한 농장에서 비슷한 크기와 수용두수를 가진 비육사를 선정하여 시험을 수행하였는데, 사용된 돈사와 공시동물은 경남 진주의 D농장에서 비육돈 600두를 수용하는 밀폐형 비육돈사(95m×12m)였다. 비육돈 사료에 납두균, 유산균, 효모 등 5종의 복합미생물에 활성탄 및 쪽분말을 첨가한 복합미생물제제(YC-2000)를 0.1% 첨가 급여한 처리구와 복합미생물을 첨가하지 않은 일반사료를 급여한 대조구로 나누어 각각 1개 동에 배치하여 7주간 실시하였다.

시험이 수행된 돈사의 형태와 분뇨수거 방식은 판넬로 구성된 무창돈사 및 슬러리 방식이었으며, 환기는 중앙환기통풍구를 이용하였다. 복합미생물제제(YC-2000) 급여가 암모니아, 황화수소 등 유해가스 농도 변화를 조사하기 위하여 돈사내부와 돈사외부 배기팬에서 측정하였다. 또한 처리구와 대조구의 분뇨 슬러리의 pH, 질소 함량, 인 함량, 고형물 함량 등을 조사하여 복합미생물제제(YC-2000)이 분뇨 슬러리 성상에 미치는 영향을 비교하였다.

Table 1. The number of microflora population of microbial complex(YC-2000)

Number of microflora(CFU ¹ /g)	Contents
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	3.0×10 ⁸
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1.1×10 ⁷
<i>Bacillus sp.</i>	3.0×10 ⁸
<i>Rhizopus sp.</i>	1.0×10 ⁶
<i>Pseudomonas sp.</i>	1.0×10 ⁷

¹) CFU = colony forming unit / 1g of wet sample.

2. 유해가스 측정 및 분뇨성상 분석

돈사내 암모니아, 황화수소 가스농도는 복합미생물제제를 급여하지 않은 대조구와 급여한 처리구에 대해 복합미생물제제를 급여하기 직전, 급여 후 1주, 2주, 3주, 4주, 5주, 6주 등 7회 측정하였다. 유해가스 측정은 디지털복합가스측정기(GasAlertMicro 5; BW Technologies, USA)를 사용하였으며, 돈사의 부의 중앙환기통풍구 1곳에서 측정하고, 돈사내부의 가스는 돈사를 기준으로 중앙, 입구, 안쪽 등의 좌우 6곳 돈방과 돈사중앙 등 7곳에서 바닥으로부터 20 cm 및 120 cm 높이에서 오전 10시에서 11시 사이에 각각 조사하였다.

또한 시험개시 2주 및 6주후, 대조구와 처리구에서 슬러리 시료를 채취하여, 가축분뇨 성분분석 실험법(축산연구소, 2006)에 의거, 수소이온농도는 pH meter(SG2-FK, Mettler-Toledo, Switzerland)을 사용하여 측정하였으며, 고형물은 시료를 여과지로 통과시키고 남은 잔유물을 105℃로 2시간 건조시켜 잔유물을 측정하였다. 그리고 암모니아성질소(NH₃-N)는 인도페놀법으로, 아질산성질소(NO₂-N), 총질소(Total Nitrogen) 및 총인(Total Phosphorus)은 흡광광도법으로, 질산성질소(NO₃-N)는 이온크로마토그래피법으로 각각 측정하였다.

3. 통계분석

이상의 실험에서 얻어진 결과는 SAS(1999) 통계프로그램을 사용하여 t-test에 의한 유의성 검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 암모니아 농도

냄새와 관련된 문제는 근본적으로 질소 배설량을 감소시킴으로써 암모니아 가스 발생을 감소시키는 것이 가장 중요하며, 암모니아 가스는 주로 분 중에 함유된 뇨산과 미소화 단백질의 분해산물이고, 수분 함량에 의해 많은 영향을 받는다. 온도가 상승할수록 분해율은 빨라지고, pH 5.5까지는 분해율이 낮으나 혐기성으로 될수록 분해율이 상당히 빨라지는데(이 등, 2000), 생균제는 유해한 균의 증식을 억제하거나 유해균을 억제하는 물질을 생산하고(Tortuero, 1973), 세균이나 그 대사물이 암모니아, 황화수소, 각종 아민류, 인돌 및 페놀류 등의 독성물질의 생성을 억제한다(Hill 등, 1970)고 하였다.

밀폐형 비육돈사의 암모니아 농도는 시험개시 시점에 비해 첫주에는 복합미생물제제의 급여 유무에 상관없이 약간 상승하다가 둘째주와 셋째주에는 약간씩 하락하는 것으로 조사되었다. 하지만 넷째주부터는 복합미생물제제를 급여하지 않은 대조구는 암모니아 농도가 돼지의 생산성에 영향을 미칠 수 있는 21ppm 수준을 기록하는 반면, 복합미생물제제를 0.1% 첨가한 처리구는 13.4ppm 수준으로 비교적 낮게 유지되어 시험 종료일 기준으로 대조구에 비해 처리구의 농도가 약 36% 낮아진 것으로 조사되었다(Fig. 1).

이러한 결과는 비육돈에 복합생균제를 첨가시 대조구에 비해 암모니아는 유의적으로 감소한다(홍 등, 2002; 장 등, 2007)는 보고와 일치하며(Table 2), 이는 생균제 급여가 장관내 질소대사에 영향을 미쳐 암모니아 발생을 감소시킴으로서(김과 김, 2006), 상당한 사육환경 개선의 효과가 있으며 축사 주변의 환

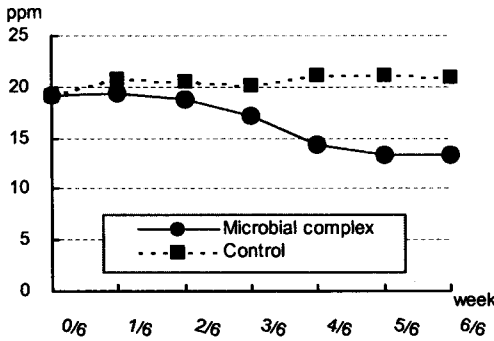


Fig. 1. Ammonia concentrations in the finishing pig building.

경오염 문제를 근본적으로 완화시키는 계기가 될 것으로 보인다(라 등, 2004). 질소의 배설량과 암모니아 가스 발생은 사료의 조단백질 수준을 낮출 때 감소되므로, 암모니아 발생을 감소시키기 위해서는 사료의 조단백질 수준을 낮추어야 하며, 여기에 *Bacillus subtilis*를 기본으로 한 생균제를 첨가하면 그 효과가 증가하기 때문에(이 등, 2000), 낮은 조단백 함유 사료에 생균제 등을 첨가하여 급여하는 것이 환경개선에 더 크게 기여할 것이다. 이러한 축사환경 개선은 단순한 가스 발생의 감소뿐만 아니라 호흡기 질병의 억제 및 기타 내병성과 관련되는 중요한 요소이며, 특히 양돈 관련자의 작업으로 인한 질병 발생을 억제한다는 차원에서도 큰 의미가 있다(라 등, 2004).

2. 황화수소 농도

가축분뇨에서 발생하는 악취는 NH₃, H₂S, Mercaptan류 및 휘발성 유기산류 등이 복합되어 있으며, 악취는 유기물이 분해되는 과정에서 생성되는 중간 분해산물이며, 이와 같은 악취물질은 주로 혐기성 조건에서 더 많이 생성되는 특성이 있다(Williams, 1984; Huh, 1994).

황화수소는 분뇨에서 생성되는 가스 중 가장 위험하며 매우 낮은 농도에서도 감지가 가능한 물질로, 일반적으로 돼지의 배설물인 액상 슬러리 취급시 다량 발생되며, 폐렴과 호흡기 질병감염 감수성을 증가시킨다고 알려져 있는 불쾌치를 가진 가스이다(김 등, 2003). 특히 산소가 부족한 상태에서 유기물이 분해될 때 발생하는 대표적인 악취물질이며(Huh, 1994), 호기적인 조건에서는 SO₄²⁻로 전환되는 물질이다(정 등, 1998).

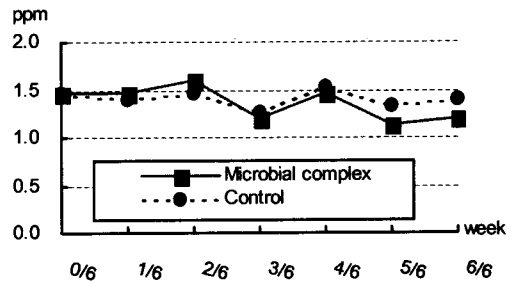


Fig. 2. Hydrogen sulfide concentrations in the finishing pig building.

비육돈사내 황화수소는 복합미생물제제를 0.1% 급여한 처리구와 급여하지 않은 대조구 양쪽에서 큰 변화 없이 일정 수준을 유지하고 있으나, 5주 및 6주 후에는 복합미생물제제 급여구의 농도가 대조구에 비해 상대적으로 낮은 농도를 보이고 있으며, 종료시점에서 대조구에 비해 처리구에서 약 14% 정도 낮은 것으로 조사됨으로써 복합미생물제제 급여가 돈사의 황화수소 농도 저감에 영향을 주는 것으로 나타났다(Table 2). 이러한 결과에도 불구하고 양돈장에서 황화수소 발생이 외부 평균온도, 돈사내 정화조의 면적, 돈사내 공기의 통풍율 및 사료내 황 함량에 따라 높은 상관관계를 가지고 있기(Avery 등, 1975) 때문에, 단순히 복합미생물제제 급여에 의한 순수한 효과로 규정하기는 한계가 있을 것으로 사료된다.

Table 2. Effects on air quality of microbial complex in finishing pig house

Treatment	Items	Ammonia		Hydrogen sulfide	
		Mean±SE ¹⁾	t-value	Mean±SE ¹⁾	t-value
Control		20.59±0.14	151.62	1.41±0.08	18.21
Complex microbial 0.1%		16.49±0.29	57.13	1.36±0.08	17.76

¹⁾ Mean±SE with the same column are significantly different(p<0.05).

3. 분뇨의 성상

복합미생물제제 급여 유무 및 시간에 따른 분뇨의 성상을 조사하기 위해 대조구와 처리구의 시료를 채취하여 수소이온농도, 총인(total phosphorus), 총질소(total nitrogen), 암모니아성질소(ammonia nitrogen, NH₄-N), 아질산성질소(nitrite nitrogen, NO₂-N), 질산성질소(nitrate nitrogen, NO₃-N), 고형물(solids) 등을 분석하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다.

pH는 침전, 용해, 흡수와 같은 각종 화학적 반응의 진행에 영향을 미치는데 일반적으로 혐기성 분해의 초기단계에는 산성 상태가 된다(임 등, 2005)는 보고에 따르면, 비육돈사의 pH가 평균 7.70~8.10으로 조사됨으로써

화학적 반응이 진행되고 있다고 할 수 있으며, 비육돈사의 슬러리에서 측정된 pH는 복합미생물제제를 급여한 처리구와 비급여 대조구 사이에 큰 차이가 없으나, 복합미생물제제를 0.1% 첨가한 처리구에서 시간이 지남에 따라 알칼리성으로 변화한 것으로 조사되어 미생물의 활성도 조건을 충족하고 있는 것으로 보여진다.

총질소 함량은 대조구와 처리구에서 모두 줄어들었지만, 대조구에 비해 처리구에서 1/2 수준으로 줄어들어 생균제가 소화율 개선으로 분 중의 질소 배설량을 감소시킬 수 있다(한 등, 1984; 노 등, 1995)는 보고와도 일치한다. 또한 유기물 중의 질소 성분은 유기물 분해과정 중 먼저 NH₃로 전환이 되고, 호기

Table 3. Characteristics of piggery liquid slurry in finishing pig building

Treatment	Control			Microbial complex 0.1%		
	2-week	6-week	variation	2-week	6-week	variation
pH	7.70	7.90	0.20	7.70	8.10	0.40
T-N(ppm)	10,250.92	8,912.68	△1,338.24	9,902.98	7,253.26	△2,649.72
NH ₃ -N(ppm)	6,610.50	7,809.55	1,199.05	6,010.98	1,400.99	△4,610.00
NO ₂ -N(ppm)	0.16	0.07	△0.09	0.11	0.09	△0.03
NO ₃ -N(ppm)	95.52	222.88	127.36	107.76	116.11	8.34
T-P(ppm)	2,105.09	389.70	△1,715.39	2,254.41	277.70	△1,976.71
Solids(%)	10.90	7.50	△3.40	9.60	8.50	△1.10

적인 조건에서는 NH₃-N과 NO₃-N으로, 혐기성 조건에서는 NO₂-N으로 무기화되는데(정 등, 1998; 임 등, 2005), 본 시험에서 사용된 비육돈사의 슬러리에서는 암모니아성질소와 질산성질소가 대부분이고 아질산성질소는 극히 미량만 함유되어 호기성 조건을 갖추고 있음을 알 수 있다. 암모니아성질소는 대조구에서는 시간이 지남에 따라 약간 증가하는데 비해, 복합미생물제제 급여구에서 급격히 줄어들어서 돈사내 악취발생 감소에 기여하고 있음을 알 수 있으며, 총인 함량도 감소되어 분뇨의 액비화 등으로 인한 환경오염 문제 해소에도 기여할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구에서는 납두균, 유산균, 효모균 등 5종의 복합미생물에 황성탄 및 축분말을 첨가한 복합미생물제제를 비육돈 사료에 첨가하여 급여한 후, 돈사내 유해가스 농도 변화를 조사하였다. 암모니아 농도는 밀폐형 돈사의 급여 초기에는 큰 변화가 없었지만, 급여후 넷째주부터는 복합미생물제제를 0.1% 첨가한 처리구에서 농도가 떨어져서 시험 종료일 기준으로 대조구에 비해 처리구의 농도가 약 36% 감소되었다. 황화수소 농도는 복합미생물제제를 급여하지 않은 대조구에서는 큰 변화 없이 일정 수준을 유지하고 있으나, 복합미생물제제 급여구는 급여 후 3주째부터 대조구에 비해 상대적으로 낮은 농도를 보이고 있으며, 종료시점에서 대조구에 비해 약 14%정도 낮은 것으로 조사되었다.

비육돈사의 슬러리에서 측정된 pH는 복합미생물제제를 급여한 처리구와 비급여 대조구 사이에 큰 차이가 없으나, 처리구에서 시간이 지남에 따라 알칼리성으로 변화하였고, 총질소 함량은 대조구에 비해 처리구에서 절

반 수준으로 줄어들었다. 암모니아성질소는 복합미생물제제 급여구에서 급격히 줄어들어서 돈사내 악취발생 감소에 기여하고 있음을 알 수 있으며, 총인 함량도 크게 감소되어 분뇨의 액비화 등으로 인한 환경오염문제 해소에도 기여할 것으로 판단된다.

이러한 비육돈에 대한 복합미생물제제의 급여 효과를 극대화하기 위해서는, 양돈장의 유해가스 및 악취 저감 효과가 가축의 건강 상태, 생산단계, 분뇨관리, 환기 및 온·습도, 기압, 첨가제 상태 등 다양한 요인에 따라 달라질 수 있으므로, 철저한 사육환경관리가 선행되어야 할 것이다.

인 용 문 헌

1. Avery, G. L., Merva, G. E. and Gerrish, J. B. 1975. Hydrogen sulfide production in swine confinement units. Trans. ASAE. 17:149-151.
2. Collington, G. K., Parker, D. S., Ellis, M., and Armstrong, D. G. 1988. The influence of probiotics or tylosine on broiler growth of pigs and development of the gastrointestinal tract. Anim. Prod. 46:521(Abstr.).
3. Hill, I. R., Kenworthy, R. and Porter, P. 1970. Studies of the effect of dietary *lactobacilli* on intestinal and urinary amines in pigs in relation to weaning and postweaning diarrhea. Res. Vet. Sci. 11: 320-326.
4. Hines, R. H. and Koch, B. A. 1971. Response of growing and finishing swine to dietary source of *lactobacillus acidophilus*. Kansas Agr. Exp. Sta. Prog. Rep. 181:29.
5. Huh, M. 1994. Characteristics and evalua-

- tion of odor offensiveness. *J. Environ. Hi-Tech.* 1(6):6-14.
6. Larson, N. L. and Hill, E. G. 1960. Amine formation and metabolic activity of microorganisms in the ileum of young swine fed chlortetracycline. *L. Bact.* 80:188.
 7. Nousiainen, J. and Setälä, J. 1993. Lactic acid bacteria as animal probiotics. In : *Lactic Acid Bacteria*(Salminen, S., and Ven Wright, A. eds.). Marcel Dekker. New York. NY. pp.315-356.
 8. Otto, E. R., Yokoyama, M., Hengemuehle, S., Von Bermuth, R. D., Van Kempen, T. and Trottier, N.L. 2003. Ammonia, volatile fatty acids, phenolics, and odor offensiveness in manure from growing pigs fed diets reduced in protein concentration. *J. Anim. Sci.* 81(7):1754-1763.
 9. SAS. 1999. SAS user's guide. Release 8.2, SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
 10. Stavric, S. and Kornegay, E. T. 1995. Microbial probiotics for pigs and poultry. In: *Biotecnology in animal feeds and feeding*(Wallace, R. J. and Chesson, A. eds.). VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany. pp. 205-231.
 11. Tortuero, F. 1973. Influence of the implantation of *Lactobacillus acidophilus* in chicks on the growth, feed conversion, malabsorption fats syndrome and intestinal flora. *Poult. Sci.* 52:197-203.
 12. Williams, A. G. 1984. Indicators of piggery slurry odor offensiveness. *Agricultural Wastes* 10:15-36.
 13. Zahn, J. A., DiSpirito, A. A., Do, Y.S., Brooks, B. E., Cooper, E. E. and Hatfield, J.L. 2001. Correlation of human olfactory responses to airborne concentrations of malodorous volatile organic compounds emitted from swine effluent. *Journal of Environmental Quality*, 30:624-634.
 14. 김광위, 우종화, 이철영, 김두환. 2003. 오존 처리가 자돈사내 공기의 질과 자돈의 성장 효율에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 45(6):1061-1066.
 15. 김두환, 김희란. 2006. 복합생균효소제 급여가 돈사 환경개선과 비육돈 생산성에 미치는 영향. *축산시설환경* 12(2):67-74.
 16. 노선호, 문홍길, 한인규, 신인수. 1995. 사료중 성장촉진제가 돼지의 성장에 미치는 영향. *한국축산학회지* 37:66-72.
 17. 라정찬, 한혜정, 송지은. 2004. 백년초 혼합 생균제를 이용한 돼지 및 육계에서의 생산성 향상과 환경개선 효과. *한국수의공중보건학회지* 28(3):157-167.
 18. 이재성, 이현준, 이수원. 2004. 축산폐수 처리 중 첨가제에 의한 악취성분의 변화 측정. *한국환경분석학회지* 7(3):167-172.
 19. 이진재, 최선우, 남궁환, 백인기. 2000. 사료의 단백질 수준과 첨가제들이 육계사내 암모니아가스 발생에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 42(3):299-314.
 20. 임항선, 이지현, 김환범, 안길원, 김익산, 김행범, 이소영, 허남철. 2005. 위생매립장 침출수의 특성과 처리. *대한환경공학회 2005 춘계학술연구발표회 논문집*, 1377-1385.
 21. 장해동, 김해진, 조진호, 진영걸, 유종상, 김인호. 2007. 복합 생균제 첨가가 육성돈의 생산성, 면역관련 혈액학적 지표 및 분내 유해가스 발생에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 49(4):501-508.
 22. 정광용, 조남준, 정이근. 1998. 가축분뇨

- 슬러리 액비 부숙 조건별 특성비교. 한국 환경농학회지 17(4):301-305.
23. 최순천, 채병조. 2003. 버섯재배 폐배지와 생균제의 급여가 비육돈의 생산성, 돈분 중 가스 및 냄새발생에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 45(4):529-536.
24. 한인규, 이상철, 이진희, 김정대, 정필근, 이정치. 1984. 생균제제의 성장촉진효과에 관한 연구. II. 브로일러에 대한 *Clostridium butyricum* ID의 성장촉진 효과와 분변 및 장내 세균총의 변화에 미치는 영향. 한국축산학회지 26(2):158-165.
25. 홍종욱, 김인호, 권오석, 김지훈, 민병준, 이원백. 2002. 자돈 및 비육돈에 있어 생균제의 첨가가 생산성 및 분내 가스 발생에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 44(3):305-314.