

오존 처리가 자돈사내 공기의 질과 자돈의 성장 효율에 미치는 영향

김광위 · 우종화 · 이철영 · 김두환

진주산업대학교 대학원 동물자원학과, 동물생명산업 지역협력연구센터

Effects of Ozonation of the Swine Nursery Building on Indoor Air Quality and Growth Performance of Weanling Piglets

K.W. Kim, J.H. Woo, C.Y. Lee and D.H. Kim

Department of Animal Science and Technology, Graduate School, RAIRC, Jinju National University

ABSTRACT

The present study was performed to investigate the effect of ozonation of the swine nursery building on indoor air quality and growth efficiency of the weanling piglets. Forty 21-day-old, cross-bred weanling piglets were housed in two ozonated or unozonated pens(10 males and 10 females per pen) for 3 wk alternately in a swine nursery building and this procedure was repeated three times. Ozone was generated using a commercial apparatus outside the nursery building and infused into the nursery building through a duct at a level of 0.03 ppm. Indoor concentrations of harmful gases were measured at 2-h intervals for a 24-h period per each 3-wk feeding trial. Indoor ammonia and carbon dioxide gas concentrations were reduced by the ozonation(I < 0.01) by 21% and 7%, respectively, compared with those of the control(unozonation), although hydrogen sulfide concentration was not affected by the treatment.

However, the weight gain, feed intake and feed/gain of the piglets did not change due to the ozonation.

Results suggest that ozonation of the swine nursery building is effective for improving the indoor air quality without affecting the production efficiency of weanling piglets.

(Key words : Ozonation, Swine nursery building, Air quality, Weanling piglets, Growth performance)

I 서 론

양돈산업과 관련된 민원 중 사육시설과 분뇨 처리 과정에서 발생하는 암모니아를 포함한 악취 유발 가스로 인한 불쾌감 호소가 가장 큰 비중을 차지하기 때문에 양돈시설에서 발생하는 악취의 조절은 시급히 해결해야 할 과제 중의 하나이다.

돈사내 공기의 질은 돼지의 생명유지와 생산 활동에 크게 영향을 미친다. 돈사에서 발생되

는 악취, 각종 유해가스 및 먼지는 돼지의 건강과 성장 및 증체에 부정적으로 영향을 미치며, 각종 병원성 물질의 매개, 질병 감수성 저하 및 양돈장 근무인력의 작업 여건을 열악하게 만든다.

오존(Ozone, O₃)은 대기 중에 일정량 존재하는 산화성 기체로, 강력한 산화력을 지니고 있어 미생물 살균, 탈취, 탈색, 및 유독물질 분해 능력이 뛰어나 식품 저장은 물론 반도체 산업, 식품산업에서 작업장 실내공기 정화와 하수 처

Corresponding author : D. H. Kim, Department of Animal Science and Technology, Graduate School, Jinju National University, Jinju, 660-758, Korea. E-mail: dhkim@jinju.ac.kr

리시 색도의 제거, 냄새 제거, 유기물의 안정화, 살균 등의 용도로 이용되어 왔다(Block, 1982).

오존의 탈취 작용은 악취유발 물질인 ammonia (NH_3), methyl mercaptan(CH_3SH), trimethyl amine ($\text{CH}_3)_3\text{N}$) 등을 산화시켜 알데히드, 이산화탄소 등으로 분해하여 독성과 악취가 없는 물질로 바꾸어 주는 산화작용과 냄새분자를 다른 물질로 감싸는 마스킹 효과를 가지고 있는데 주로 산화작용을 이용하여 악취를 제거한다. 오존은 오니처리 시설과 식품공장에서의 배출가스 중에 함유되어 있는 악취성분을 제거하는데 이용되어 왔으며, 특히 암모니아 성분의 제거에는 우수한 효과를 발휘하는 것으로 알려져 있다 (Matsen과 Davies, 1994).

Priem(1977)은 오존을 양돈분뇨의 악취제거 용으로 사용한 결과, 16개월 동안 암모니아 농도가 겨울철 환기상태에서는 처리하지 않는 경우 37ppm이었으나 오존 처리하였을 경우 17ppm으로 나타나 최고 50% 까지 감소되는 효과가 있었으나, 여름에는 14ppm과 12ppm으로 차이가 거의 없었다고 하여 환기와 오존의 효과가 밀접한 관계가 있음을 밝혔다. 돼지의 건강상태에 대하여 오존을 처리하거나 처리하지 않는 37두의 돼지의 호흡기를 조사하였는데, 시험기간 중 최고 오존 농도가 0.2ppm까지 도달하였지만 두 그룹간에 호흡기관의 조직에는 차이가 없었다고 하였다. 사양시험에서는 오존을 처리한 돈사의 돼지가 사료효율과 일당증체가 약간 개선되었다고 하였다 (Priem, 1977).

Keener 등(1999)은 양돈시설에서 발생하는 악취조절을 목적으로 개발, 적용되고 있는 오존처리 장치를 현장조건에서 검정하기 위하여 터널 환기방식의 비육돈사에 적용한 결과 오존을 0, 0.10 및 0.15ppm 수준으로 처리하고 바닥으로부터 1.8m 높이에서 암모니아와 먼지 농도를 조사하였는데, 오존 처리는 암모니아 농도를 58% 감소시켰으며, 먼지는 60% 수준까지 줄어 들었음을 확인하였다.

공기정화와 음용수의 소독과 살균목적으로 오랫동안 사용되어 온 오존의 양돈산업 적용은

주로 분뇨처리 과정의 악취조절을 위하여 이용되었으나(Watkins 등, 1997) 돈사내 공기의 질 개선과 생산성 향상을 위한 시도는 극히 적었다.

따라서 본 연구는 이유자돈사에 저수준(0.03 ppm)의 오존을 처리하였을 때 자돈의 성장효과와 이유자돈사 내부의 공기의 질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

II 재료 및 방법

1. 시험설계 및 공시동물

오존 0.03ppm 처리하거나 처리하지 않은 이유자돈사 내부의 공기의 질과 자돈의 성장효율을 조사하기 위하여 각 처리구별 40두의 21일령 이유자돈을 암수 같은 수로 하여 2개의 돈방에 배치하고 3주 동안 사양하였으며, 3회 반복하여 실시하였다. 본 시험에 공시된 자돈은 삼원교잡종(LY×D)이었고, 평균체중이 $6.96 \pm 0.20\text{kg}$ 이었으며, 총 공시두수는 240두였다.

2. 시험장소 및 사양관리

시험동물을 수용한 이유자돈사는 15개의 돈방이 배치되어 있었고, 각 돈방의 크기는 $2.0 \times 1.6\text{m}$ 였으며, 피트 깊이는 0.5m, 피트용적은 돈방당 3.5m^2 였고 바닥은 콘크리트 틈바닥 이었다. 본 시험이 수행된 이유자돈사의 내부 온도는 전체 시험기간 동안 $28 \sim 2^\circ\text{C}$ 범위를 유지하였다.

본 시험에 이용된 오존 발생기는 금속공업 및 주물공장에서 발생하는 악취와 먼지를 제어할 목적으로 개발되어 실용화되고 있는 전기분해 방식의 오존발생기를 이용하였다.

오존의 유입은 돈사 외부에 위치한 오존발생기에서 발생된 오존을 돈사내부 천정에 연결된 PVC 관을 통하여 유입되도록 하여 공기와 희석된 오존이 밀으로 떨어지도록 하였으며, 오존농도 조절은 오존발생기에서 발생된 오존을 공기와 희석하여 유입시키는 시간을 조절하는

타이머를 통하여 일정한 농도가 유지되도록 하였다.

사료는 시판중인 자돈사료를 무제한 급여하였고 시험사료의 배합률 및 영양소 함량은 Table 1과 같다. 급수는 벽면에 nipples을 설치하여 자유롭게 음수도록 하였으며 분뇨는 슬러리 방식으로 처리하였고 자돈사내 적정온도를 유지하기 위하여 각 돈방당 620W, 310W로 조절이 가능한 보온등을 설치하여 보온을 해주었다. 이유자돈사의 평균 사육밀도는 0.16m²/두이었다. 기타 시험동물 관리는 본 시험이 수행된 농장의 관행에 따랐다.

3. 조사항목 및 조사방법

(1) 공기의 질

오존, 암모니아, 황화수소 및 이산화탄소 농도의 측정은 환경계측기 모델 MW 6040(BABUC, Milano, Italy)을 사용하여 오존을 처리하는 24시간 동안과 오존을 처리하지 않은 24시간 동안 2시간 간격으로 이유자돈사 내부의 바닥면으로부터 60cm 높이에서 측정하여 비교하였다.

(2) 자돈의 성장

체중 및 사료섭취량을 시험개시와 종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료요구율을 계산하였다. 사료섭취량은 시험 개시 시부터 시험 기간 3주 동안 급여량을 측정하고 급이기에 남아있는 사료의 잔량을 수거하여 칭량한 후 총 급여량에서 칭량된 잔량의 무게를 공제하여 사료섭취량을 구하였다.

4. 통계분석

자돈사내의 가스농도 측정치는 SAS package (1996)의 GLM procedure를 이용하여 오존처리의 효과의 유무와 측정시간별 차이의 유무를 검정하였다. 이때 통계분석 모델로 오존처리, 측정시간 및 오존처리 × 측정시간의 상호작용의 고정오차를 삽입하였다. 자돈의 성장 및 사료섭취량 측정치는 돈방을 실험단위

로 하여 t-test로 오존처리 효과의 유무를 검정하였다.

Table 1. Composition of the nursing diet(as-fed basis)

Item	Percentage
Ingredients	
Yellow corn, ground	17.60
Wheat, 13% CP	8.00
Soybean meal, 44% CP	26.50
Fish meal, 65% CP	5.00
Milk replacer	7.50
Whey	10.00
Corn germ meal, solvented	1.00
Soy hull	1.15
Bakery by-product, dried	7.00
Dried pig serum, 30% CP	0.50
Salt, fine	0.02
Mono-calcium phosphate	1.20
Limestone, fine	0.50
Glucose	4.00
Vitamin premix ^a	0.60
Mineral premix ^b	0.50
Animal fat	2.00
Soybean oil	2.95
Sweetening agent	3.00
L-lysine HCl, 98%	0.30
DL-methionine	0.23
Antibiotics ^c	0.30
Probiotics	0.15
Calculated chemical composition	
Crude protein	20.5
Crude fat	8.70
Crude fiber	2.50
Crude ash	5.70
Ca	0.85
P	0.78
DE(Mcal/kg)	3.58

^a Provided per kg diet : 12,000,000IU vitamin A, 2,000,000IU vitamin D₃, 50,000mg vitamin E, 5,000mg vitamin K₃, 10,000mg riboflavin, 60,000mg niacin, 100mg biotin, 1,000mg folacin, 40mg vitamin B₁₂, 2,000mg pyridoxine, 120,000mg vitamin C, and 50,000mg Endox.

^b Provided per kg diet : 12,500mg Mn, 20,625mg Zn-inorganic, 5,000mg Zn-organic, 375mg I, 75mg Se, 33,500mg Fe, 20,000mg Cu-inorganic, 20,000mg Cu-organic and 125mg Co.

^c Olaquinox 50ppm, Chlorotetracyclin 100ppm and neomycin 100ppm.

III 결과 및 고찰

1. 오존이 자돈사내 공기의 질에 미치는 영향

(1) 오존 농도

Fig. 1은 저수준(0.03ppm)의 오존을 처리하였을 때와 처리하지 않았을 때의 자돈사 내부의 오존 농도를 비교한 결과이다. 오존 처리하지 않은 대조구와 오존 처리구 간에는 뚜렷한 오존농도 차이를 나타내었다.

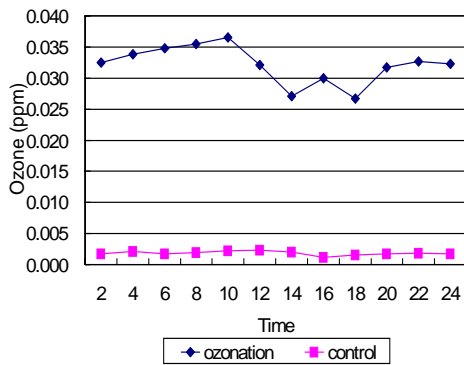


Fig 1. Twenty-four-hour indoor ozone concentrations of the nursery building following the ozonation. Data are means of three observations. Effect of ozonation was significant($F < 0.01$).

(2) 암모니아 농도

암모니아는 돈사에서 발생하는 가장 대표적인 불쾌취를 가진 가스로서 일반적으로 암모니아를 악취와 혼동하여 표현하기도 한다. Fig. 2는 오존 처리했을 때와 처리하지 않았을 때 자돈사 내부의 암모니아 농도를 비교한 결과이다.

오존 처리에 의해 암모니아 농도가 21% 낮아졌다(13.3ppm vs 10.4ppm; Pooled SE=0.26ppm; $I < 0.01$).

오존처리 혹은 대조구 모두 MWPS(1991)가 권장하는 허용농도인 20ppm 보다 낮은 농도였지만, 오존을 처리하지 않은 대조구의 경우 Donham 등(1977)이 제시한 허용농도 11ppm 보다는 높은 수준을 나타내었다.

이러한 본 시험 결과는 Keener 등(1999)이 양

돈시설에서 발생하는 악취를 조절할 목적으로 개발, 적용되고 있는 오존처리 장치의 현장조건에서의 검정을 위하여 터널 환기방식의 비육돈사에서 오존을 0, 0.10, 0.15ppm 수준으로 처리하고 바닥으로부터 1.8m 높이에서 암모니아와 먼지를 조사하였을 때, 오존 처리는 암모니아 농도를 30% 감소시켰다는 보고와 비교해 볼 때 처리한 오존의 농도는 달랐지만 결과는 비슷하였다.

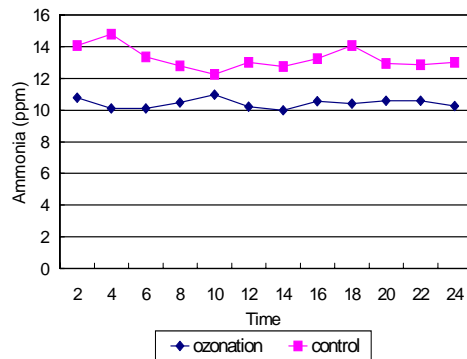


Fig 2. Indoor ammonia concentrations of the nursery building following the ozonation. Data are means of three observations. Effect of ozonation was significant($F < 0.01$); pooled SE was 0.90 ppm.

(3) 황화수소 농도

자돈사내 황화수소 농도(Fig. 3)는 오존처리의 유무 혹은 측정시간별 차이가 없었다(처리구 대비 대조구 : 0.109ppm vs 0.108ppm; Pooled SE = 0.002ppm).

황화수소는 일반적으로 돼지의 배설물인 액상 슬러리 취급시 다량 발생되며, 폐렴과 호흡기 질병감염 감수성을 증가시킨다고 알려져 있는 불쾌취를 가진 가스이다. 황화수소는 악취 유발 물질로 규정하고 배출을 억제시키고 있는데, 사람에게 대한 규제기준을 보면, 공업지역안의 사업장에서의 배출량은 0.2ppm 이하, 기타 지역안의 사업장에서의 배출량은 0.05ppm 이하로 제한한 규정과 비교해 볼 때 본 시험의 결과는 두 시험구 공히 기준치 이하를 기록하였다.

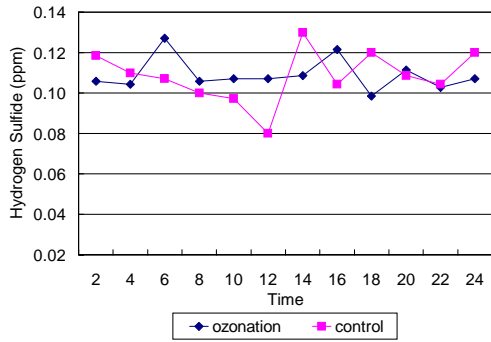


Fig 3. Indoor hydrogen sulfide concentrations of the nursery building following the ozonation. Data are means of three observations. Effects of ozonation and time were non-significant; pooled SE was 0.008 ppm.

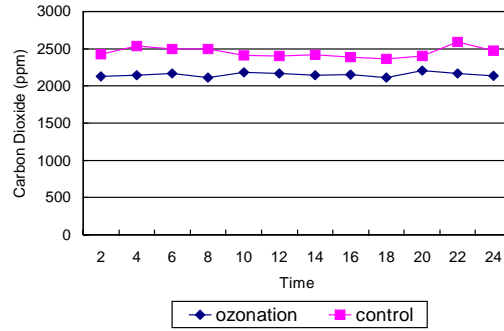


Fig 4. Indoor carbon dioxide concentrations of the nursery following the ozonation. Data are means of three observations. Effect of ozonation was significant($F < 0.01$); pooled SE was 125 ppm.

(4) 이산화탄소 농도

이산화탄소 농도(Fig. 4)는 0.03ppm 수준의 오존 처리에 의해 7% 낮아졌다(대조구 대비 처리구: 2,379ppm vs 2,219ppm; Pooled SE=36ppm; $I < 0.01$).

돈사내 이산화탄소 농도는 주로 분뇨의 발효 과정과 동물의 호흡에 의하여 발생된다(MWPS, 1985). 이산화탄소는 독성이 매우 강하지는 않지만 사람에게 산소부족으로 인한 호흡곤란과 질식의 우려가 있다. 동물에 대한 영향으로는 4,000ppm 농도에서 호흡률을 높이고 호흡을 길게 만들며, 7~ 8% 농도에서는 걷디기 힘든 상황이 된다고 하였다(MWPS, 1985). 오존처리로 인하여 자돈사내 이산화탄소 농도가 낮아진 것은 오존이 공기와 접하여 20~ 30분 이내에 산소로 전환되는 성질이 있는데, 이 오존의 특성상 오존 처리한 자돈사내 산소농도가 상대적으로 높아진 데 기인된 것으로 추측된다.

2. 오존처리가 자돈의 성장에 미치는 영향

(1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

자돈사 내부에 저수준(0.03ppm)의 오존을 처하였을 때 자돈사 내부에 수용된 자돈의 성장에 미치는 영향을 구명하기 위하여 대조구와 오존 처리한 처리구와의 일당증체량, 사료섭취량, 사료요구율을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

자돈사 내부에 저수준(0.03ppm)의 오존 처리는 평균체중 $6.96 \pm 0.20\text{kg}$ 인 이유자돈의 일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에는 영향을 미치지 않았다.

본 시험의 이러한 결과는 오존을 처리한 돈사의 돼지가 사료효율과 일당증체가 약간 개선되었다고 한 Priem(1977)의 보고와는 차이가 있었다.

Table 2. Effects of indoor ozonation on growth performance of weanling piglets

Item	Initial wt (kg)	Final wt (kg)	ADG (gm)	ADFI (gm)	Feed/gain
Control ^a	6.76 ± 0.23	11.98 ± 0.40	249 ± 12	351 ± 5	1.41 ± 0.08
Ozonation ^a	7.16 ± 0.17	13.02 ± 0.28	278 ± 10	377 ± 2	1.357 ± 0.07

^a Data are means ± SE of three observations; pen was the experimental unit.

IV 요약

본 연구는 자돈사의 오존 처리가 돈사내 공기의 질과 자돈의 성장 효율에 미치는 영향을 구명하고자 수행되었다. 오존 0.03ppm 처리하거나 처리하지 않은 각 처리별 40두의 21일령 이유자돈을 암수 같은 수로 하여 2개의 돈방에 배치하고 3주 동안 사양하였으며, 3회 반복하여 실시하였다. 오존은 상업용 장치를 이용하여 자돈사 밖에서 발생시켜 관을 통하여 자돈사 건물 안으로 0.03ppm 수준으로 유입시켰다. 돈사내 유해가스 농도는 3주 사양시험 중 24시간 동안 2 시간 간격으로 측정하였다. 오존 처리에 의해 황화수소 농도는 변하지 않았으나, 오존 처리했을 때 암모니아와 이산화탄소 농도는 처리하지 않았을 때의 농도에 비해 각각 21%와 7% 감소하였다(P < 0.01). 반면 자돈의 일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 오존 처리에 의해 변하지 않았다.

이상의 결과는 자돈사내 오존 처리가 자돈의 생산 효율에는 영향을 미치지 않으나 돈사내 공기의 질을 개선시킬 수 있음을 시사한다.

V 사 사

본 연구는 한국과학기술원 지정 진주산업대학교 동물생명산업 지역협력연구센터의 연구비 지원에 의한 것입니다.

VI 인용 문헌

- Block, J. C. 1982. Removal of bacteria and viruses by ozonation, In: Ozonation manual for water and wastewater treatment(Masschelein W.J. ed.) pp. 69-72:New York, Wiley.
- Close, W. H. and Stanier, M. W. 1984. Effect of plane of nutrition and environmental temperature on the growth and development of the early-weaned piglet. *J. Anim. Prod.* 38:221-231.
- Donham, K. J., Rubino, T. D., Thedell, T. D. and Kammermeyer, J. 1977. Potential health hazards to agricultural workers in swine confinement buildings. *J. of Occup. Med.* 19:383-387.
- Donham, K. J. 1989. Relationships of air quality and productivity in intensive swine housing. *Atmos. Chem.* 19(4):331-369.
- Donham, K.J. 1991. Association of environmental air contaminations with disease and productivity in swine. *Ame. J. Vet. Res.* 52:1723-1730.
- Drummond, J. G., Curtis, S. E., Simon, J. and Norton, H. W. 1980. Effects of aerial ammonia on the growth and health of young pigs. *J. Anim. Sci.* 50:1085-1091.
- Hartung, J. and Phillips, V. R. 1994. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *J. Agric. Eng. Res.* 57:173-189.
- Hobbs, P. J., Pain, B. F., Kay, R. M. and Lee, P. A. 1997. Control of odor by dietary manipulation. Ammonia and odor control from animal production facilities. Proceedings of the International Symposium. Vinkeloord, The Netherlands. October 6-10, 1997. pp. 267-272.
- Keener, K. M., Bottcher, R. W., Munilla, R. D., Parbst, K. E. and Van Wickoen, G. L. 1999. Field evaluation of an indoor ozonation system for odor control. In: Proceedings Animal Waste Management Symposium. APWMC. Jan. 27-28. North Carolina State University, Raleigh, NC, pp. 310-313.
- Masten, S. J. and Davies, S. H. 1994. The use of ozonation to degrade organic contaminants in wastewater. *Environmental Science and Technology*, 28: 181-185.
- Miner, J. R. 1995. A review of the literature on the nature and control of odors from pork production facilities. Prepared for The Odor Subcommittee of the Environmental Committee of the National Pork Production Council. p. 118.
- MWPS. 1991. Swine Housing and Equipment Handbook. MWPS-8. Midwest Plan Service. Iowa State University, Ames, IA.
- MWPS. 1985. Livestock Waste Facilities Handbook. MWPS-18. Midwest Plan Service. Iowa State University, Ames, IA.
- Priem, R. 1977. Deodorization by means of ozone. *Agriculture and the Environment*, 3:229-237.
- Roche, P. and Prados, M. 1995. Removal of pesticides by use of ozone or hydrogen peroxide/ozone. *Ozone Science and Engineering*, 17:657-672.
- SAS. 1996. User's guide. Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Stombaugh, D. P., Teague, H. S. and Roller, W. L. 1969. Effects of atmospheric ammonia on the pig. *J. Anim. Sci.* 28:884-847.
- Vansickle, J. 1999. Ozone holds promise for odor control. In: Odor control air quality. National Hog Farmer. June. pp. 31-34.
- Watkins, B. D., Hengemuehle, S. M., Person, H. L., Yokoyama, M. T. and Masten, S. J. 1997. Ozonation of swine manure wastes to control odours and reduce the concentrations of pathogens and toxic fermentation metabolites. *Ozone Science and Engineering*. 19:425-438.
- 김두환, 김인배. 1999. 양돈시설 내부의 악취 조절에 관한 기술 및 연구동향. *한국축산시설환경학회지*. 5:203-216.

(접수일자 : 2003. 6. 19. / 채택일자 : 2003. 12. 4.)