

원치커튼식 비육돈사에서 습식공기정화기의 공기정화 효율 분석

오인환 · 김운걸 · 이한성

건국대학교 자연과학대학 생명자원환경과학부 생물산업기계공학전공

An Air Cleaning Efficiencies of Wet Air Cleaner in the Swine Finishing Winch Curtain Stall

Oh, I. H., Kim W. G. and Lee H. S.

Dept. of Biosystems Engineering, Konkuk Univ., Chungju, 380-701 Korea

Summary

High concentration of NH₃, CO₂, and lots of dust are found in modern densely raising stall system, as results, they provide a negative influence on animal and farmer health, and production ability. Therefore, it is necessary to keep clean the inside of stall air to increase the productivity. A wet type air cleaner has been developed to clean the stall air. The work principle is that the inside air are sucked through the fan, and the rotating discs make a water into a fineness spray and blows into the stall. The spray can take the dust, NH₃, and odor from the stall inside air and give back to the circulating water, which can be refreshed in 2 hours interval.

In the present study, we measured the NH₃, dust, odor, temperature and humidity in a swine stall that were installed two wet air cleaners with 700 fattening swine with on-mode and off-mode of wet air cleaners. In fall, the concentrations of NH₃ in off-mode stall were maximum 24 ppm and minimum 16 ppm, and the average was 18.2 ppm. However in on-mode stall the NH₃ concentrations were maximum 7 ppm and minimum 1 ppm, and the average was 2.7 ppm. The concentration of NH₃ in on-mode was 74% lower than off-mode stall. Odor was measured by olfactometer. In the off-mode stall, the odor unit was 3,800 OU/m³, but in the on-mode stall the odor unit was 2,100 OU/m³. Odor removal efficiency was about 45% in on-mode stall. The dust measure was divided into 3 categories, PM₁₀, PM_{2.5} and PM_{1.0}. Whereas the PM₁₀ showed no significant differences between the tests, PM_{2.5} and PM_{1.0} in the fine particle range reduced remarkably in the on-mode.

(Key words : Wet air cleaner, Swine stall, Ammonia gas, Odor, Dust)

서 론

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

생하는 악취, 각종 유해가스 및 먼지는 돼지의 건강과 성장에 부정적으로 영향을 미치며, 각종 병원성 물질의 매개, 질병에 대한 저항력 저하 및 양돈장 근무인력의 작업 여

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D Promotion center in 2007 (ARPC).

Corresponding author : Oh, I. H., Department of Biosystems Engineering, Konkuk University, Danwoldong 322, Chungju, Chungbuk, 380-701 Republic of Korea. E-mail : ihoh@kku.ac.kr

건을 열악하게 만든다 (Carpenter 1986, Klement et al. 1995, Reiprich & Hesse 1996). 먼지는 사료, 돈사바닥, 분뇨가 건조되는 과정, 돼지의 피부, 털 및 돈사를 구성하는 건축재료 등에서 발생된다. 입자형태는 다양한데 그것의 본래성질뿐만 아니라 이후의 물리적, 화학적 변화에 의하여 특징지어진다. 특히 미세먼지가 문제시 되고 있다. 먼지에는 균체, 균체독소 및 곰팡이 등 공기 중의 부유물질들도 포함된다 (Nannen et al., 2005). 본 연구는 습식공기정화기를 통해 돈사내 공기 중에 함유되어 있는 암모니아가스, 악취 및 먼지감소 효과를 사용전과 후에 계측기를 이용하여 측정하고 분석해서 돈사내부 환경을 개선할 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

1. 시험장소 및 돈사특징

시험장소는 충북 제천시 봉양읍 장평1리에 소재한 약 220평인 비육돈사에서 700두 정도를 사육하는 돈사이다. 사료급여는 원형급여기를 이용하고 있으며, 전면 틈바닥으로 돈분뇨를 슬러리로 처리를 한다. 환기는 원치커튼방식으로 돈사 측면에서 공기가 들어오며 천정에 있는 용마루로 배출되도록 되어있

다. 환기량은 원치커튼의 높이를 조절함으로써 이루어진다. 여름철 환기량을 높이기 위하여 추가적으로 지면으로부터 160 cm 높이에 지름 50 cm의 측벽 배기팬 7기가 일정한 간격으로 돈사 좌측벽면에 설치되어 있다 (그림 1).

습식공기정화기는 밀폐된 공간에서 사육하는 가축의 배설물에서 발생하는 각종 가스와 사료 등에서 발생하여 실내에 부유하는 먼지 입자를 공기와 함께 빨아들이는 흡입장치를 가지고 있다. 흡입장치로 유입된 내부공기는 다층 원심회전체를 통하여 순환수와 함께 미세물 필터층이 형성되고 물 입자와 충돌하면서 분무상태로 축사 내에 분무되며, 순환수는 먼지 거름망을 통과하면서 먼지를 1차적으로 제거한다. 오존발생장치에서 오존수를 생성하여 오존에 의해 각종 세균은 살균되면서 함께 여과장치로 배출된다(오 등, 2006, Keener et al., 1999). 습식 공기정화기를 가동하지 않았을 경우를 대조구로 가동하였을 경우를 시험구로 하였으며, 그 사이에 일주일의 완충기간을 두었다.

2. 측정방법

먼지측정은 광산란 원리를 이용하는 계측기(Grim Dust Monitor 1108)를 사용하였으며,

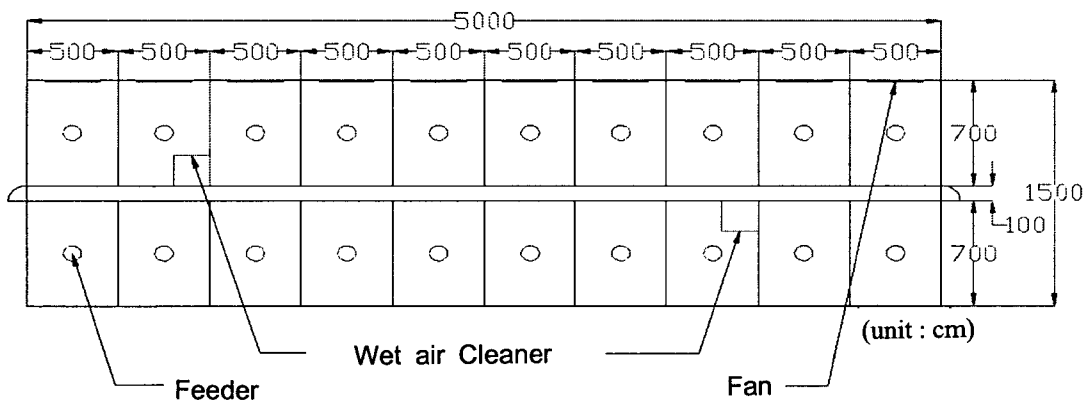


Fig. 1. Plane figure of swine finishing stall.

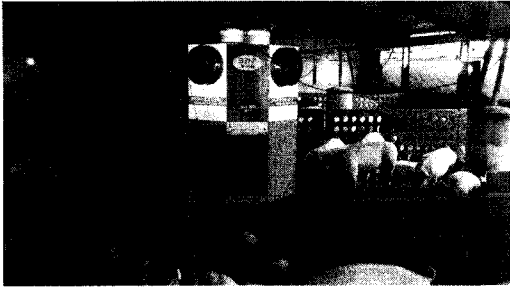


Fig. 2. View of the wet air cleaner in the stall.

실내 또는 실외에서 공기 중에 떠다니는 분진을 측정하는 장비로 각각의 입경별로 분진의 개수를 측정하는 Particle Counter로서의 기능과 PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$ 을 측정할 수 있는 기기이다. NH_3 가스를 측정하기 위하여 모델 x-am7000 (Dräger, Germany)를 이용하였으며, 본 실험에서는 돈사 중앙에서 약간 후부에 설치하여 습식 공기정화기의 가스제거 효율을 알아보았다.

악취측정은 공기회석관능측정기 (TO7 ECOMA, Germany)를 이용하였으며, 이 기기는 사람들에게 느껴지는 악취의 정도를 객관화 하는 장치로서 4명의 패널을 선정하여서 실험에 참여하도록 하였다. 돈사에서 채취한 샘플공기와 신선한 공기를 일정한 희석비율, 예를 들면 희석배수 640에서 시작하여 매번 1/2로 감소하여 2.5배까지로 낮추어가는 과정을 자동으로 하여 혼합공기를 제공하여주는 방식이다. 4명의 패널이 응답하는 수치를 분석하여 악취의 정도를 수치화 시켜준다.

결과 및 고찰

1. 먼지 제거

시험기간 중 측정된 돈사내 부유먼지의 입도별 농도는 표 1에 나타내었으며, 표에서 보는 바와 같이 습식공기정화기의 효과를 알 수 있다. 먼지는 PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$ 으로 구분하여 측정하였다.

돈사내 먼지 PM_{10} 의 최대·소, 평균먼지농도는 표 1에서 보는 바와 같이 평균 PM_{10} 농도는 시험구가 대조구보다 약 0.01 mg/m^3 감소된 것을 알 수 있다. 최대값과 최소값은 같거나 시험구가 더 높은 수치를 보이기도하나 평균치에서 시험구가 약간 낮았다. 그림 3에서 보면 초기를 제외하고는 일반적으로 시험구가 대조구 보다 약간 낮게 나타나고 있으며, 전반적으로 약 8%의 감소효과가 나타났다.

돈사 내 먼지 $PM_{2.5}$ 의 최대·소 평균먼지농도는 표 1에서 보는 바와 같다. 평균 $PM_{2.5}$ 농도는 시험구가 대조구 보다 평균치가 약 0.03 mg/m^3 감소된 것을 알 수 있다. 최대값, 최소값은 공히 시험구가 더 낮은 수치를 보이며 평균 수치는 절반 수준으로 떨어졌다. 먼지제거 효과는 뚜렷하여서 약 50%의 먼지 제거 효과가 나타났으며 습식공기정화기는 미세 먼지에서 더 큰 효과가 있음을 알 수 있다. 그림 4에서 PM_{10} 에 비하여 수치 자체도 안정되어 있다.

Table 1. Dust concentration of the swine finishing stall

(Unit : mg/m^3)

Item	Test			Control		
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	$PM_{1.0}$	PM_{10}	$PM_{2.5}$	$PM_{1.0}$
Max.	0.23	0.14	0.06	0.20	0.16	0.09
Min.	0.06	0.02	0.01	0.06	0.03	0.02
Avg.	0.11	0.03	0.01	0.12	0.06	0.05

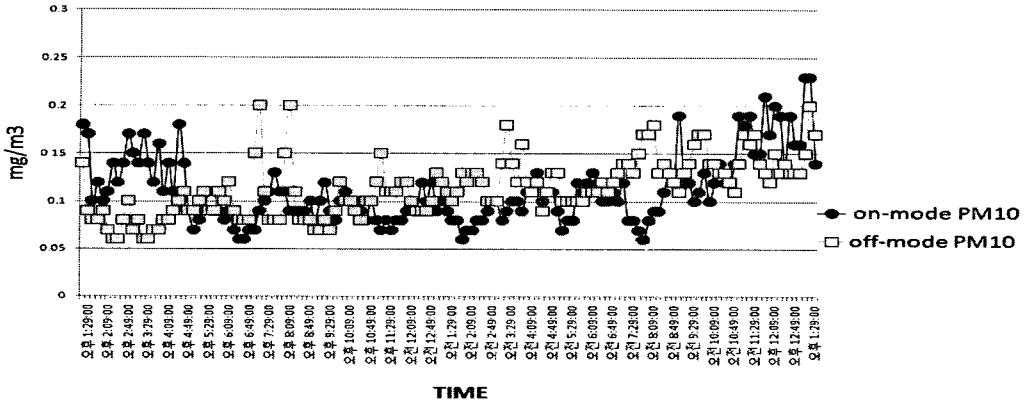


Fig. 3. Comparison of the PM_{10} concentration between On-mode and Off-mode.

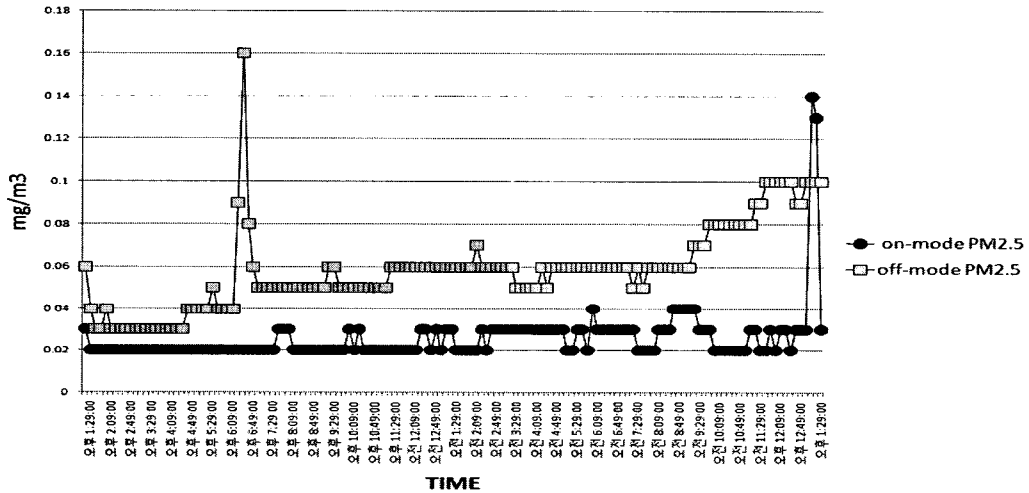


Fig. 4. Comparison of the $PM_{2.5}$ concentration between On-mode and Off-mode.

돈사 내 먼지 $PM_{1.0}$ 의 최대·소, 평균먼지 농도는 표 1에서 보는바와 같다. 평균 $PM_{1.0}$ 농도는 시험구가 0.01 mg/m^3 에서 대조구 0.05 mg/m^3 보다 약 80%가 감소된 것을 알 수 있다(Fig. 5) PM_{10} 과 $PM_{2.5}$ 의 차이에서도 알 수 있었던 바와 같이 먼지입자가 작아질수록 습식공기정화기의 먼지제거 효율도 높아지며, 또한 $PM_{2.5}$ 보다 더 안정된 수치를 보여주고 있다. 이는 습식공기정화기가 미세 먼지일수록 더 큰 효과를 나타낸다는 것을 의미한다.

2. 돈사 내 NH_3 의 농도 변화

돈사 내의 NH_3 의 수치는 시간이 경과함에 따라 약간씩 변하며 최대한 대표성 있는 측정을 하기 위하여 돈사 중앙에서 약간 후방으로 측정장치를 설치하여 정확한 돈사 평균 값을 구할 수 있도록 하였다.

그림 6에서 시험구와 대조구의 평균 NH_3 수치는 시험구가 2.7 ppm , 대조구가 18.2 ppm 으로 약 74%가 감소되었다. 일반적으로 돈사에서는 암모니아가스 농도 20 ppm 이하를 권장하고 있으며, 대조구에서는 20 ppm 을 상회하기도 하나 시험구에서는 대부분의 경우에 5 ppm 이하로 양호한 결과를 보여주고 있다.

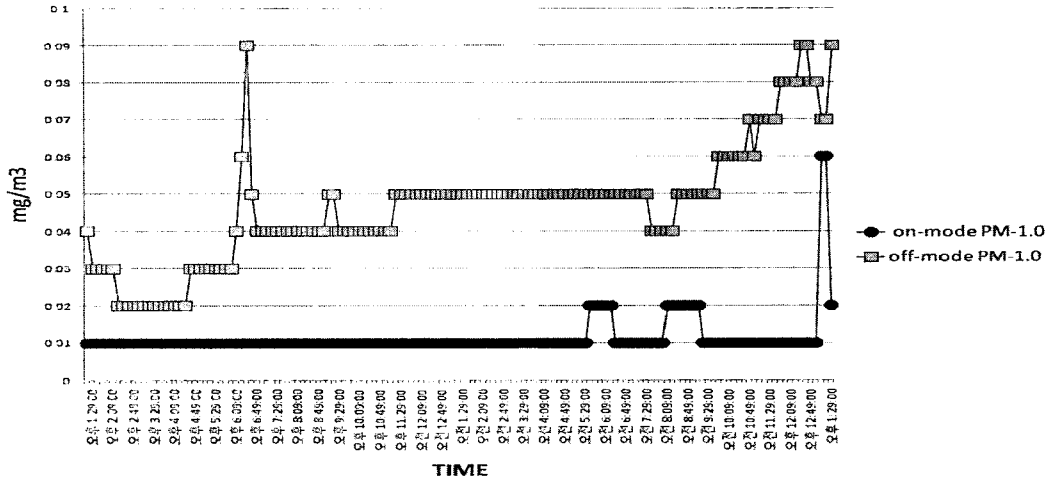


Fig. 5. Comparison of the $PM_{1.0}$ concentration between On-mode and Off-mode.

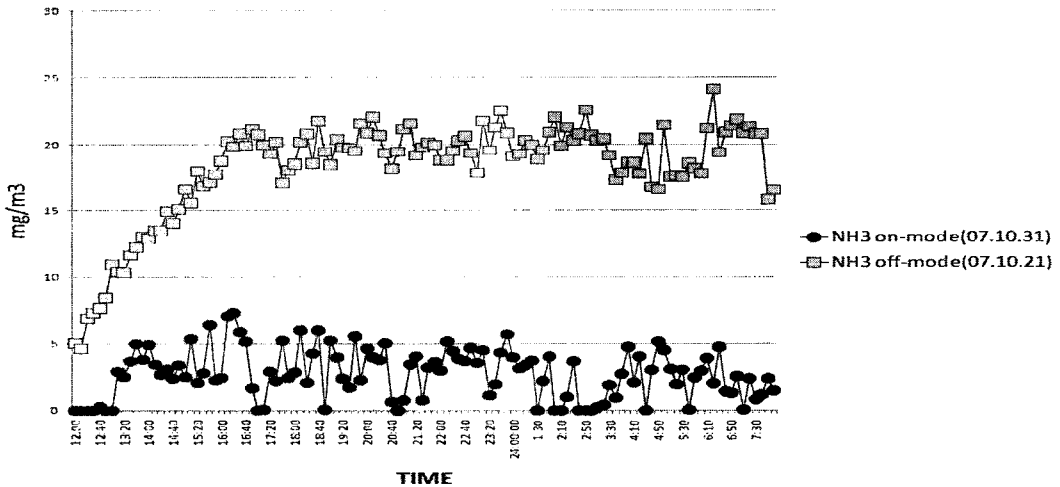


Fig. 6. Comparison of the NH_3 concentration between On-mode and Off-mode.

3. 악취제거 효율

기계를 작동시키지 않았을 경우와 가동시켰을 경우에 악취의 변화를 알아보았다.

4명의 패널리스트의 평균 측정값을 분석한 결과 시험구의 경우 $2,100 \text{ OU}/\text{m}^3$ 였으며, 대조구의 경우는 $3,800 \text{ OU}/\text{m}^3$ 으로 측정되었다. 이 결과로 습식공기정화기를 가동하였을 경우 악취는 약 45%의 감소 효과를 볼 수 있다는 것을 알 수 있다.

일반적으로 동절기로 갈수록 열수지를 맞

추어 주기위하여 환기량을 줄이기 때문에 돈사내부 환경이 나빠지는데, 습식공기정화기는 이와 같이 악화되는 돈사 기후를 개선하는데 효과가 있는 것으로 판단된다. 특히, 동물의 폐까지 들어가는 미세먼지를 감소하여 주는 효과가 크다. 다만, 이러한 효과를 얻기 위하여 관리자는 기기의 운전관리 요령을 잘 알고 있어야 하며, 먼지포집망을 자주 점검하여서 필요하다면 자주 세척을 하여 주어야 한다.

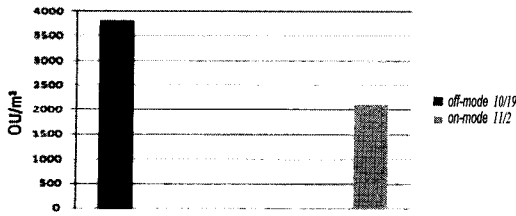


Fig. 7. Comparison of the average odor concentration between On-mode and Off-mode in the swine finishing stall.

요약 및 결론

본 연구는 습식공기정화기의 돈사 내 공기 중 함유되어있는 먼지, 암모니아가스 및 악취의 감소효과를 알아보려고 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

공기 중 부유먼지 측정결과 PM_{10} 은 약 8%, $PM_{2.5}$ 는 약 50%, $PM_{1.0}$ 은 약 80%의 먼지 감소효과를 나타내었다. 이 결과로 보아 습식공기정화기는 돈사 내 부유먼지 제거에 효과가 있으며, 특히 미세 먼지에 더 많은 효과를 보이는 것을 알 수 있다. 암모니아가스의 제거에서는 약 85%의 감소 효과가 나타났다. 그리고, 악취의 경우에 습식공기정화기를 사용하였을 때 약 45%의 악취가 감소되었다. 따라서, 습식공기정화기는 돈사내부 환경개선에 도움이 되는 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

1. 오인환, 이종현, 이경훈, 이정훈, 이동섭, 어성만, 이미림. 2006. 무창 비육돈사에서 습식공기정화기의 여름철 공기정화효율 분석. 축산시설환경학회지. 12(3):133-140.
2. Carpenter, G. A. 1986. Dust in livestock buildings. J. agri. Engng. Res. 33. 227-241.
3. 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. Proceedings Animal Waste Management Symposium. APWMC. Jan. 27-28. North Carolina State University, Raleigh, NC, 310-313.
4. Klement, S., Ross, A. and Schwarz, H.-P. 1995. Ammoniakmessungen in Mastschweine-staellen. LANDTECHNIK 3/95 162-163.
5. Nannen, C., Schmitt-Pauksztat, G. and Buescher, W. 2005. Mikroskopische Untersuchung von staubpartikeln in Mastscheinstaeellen. LAND-TECHNIK 4/2005 218-219.
6. Reiprich, K. and Hesse, D. 1996. Luftqualitaet in Schweine-staellen. LANDTECHNIK 4/96 220-221.