

## 자연환기식 육성·비육돈사의 악취탈취장치 적용효과

이성현 · 윤남규 · 김경원 · 염성현 · 조용호

농촌진흥청 농업공학연구소

## Effects of the Odor Abatement System in a Naturally Ventilated Growing·Finishing Pig House

Lee, S. H., Yun, N. K., Kim, K. W., Yum, S. H. and Cho, Y. H.

National Institute of Agricultural Engineering, R.D.A.

### Summary

Ammonia gas is one of the malodorous gases from swine production facilities, such as manure storage tank, manure fermentation facilities, and livestock houses, etc. Ammonia gas from swine house is being emitted at relatively low concentrations throughout the year. Therefore, livestock facilities were continuously ventilated to supply fresh air for respiration of the animals internal the livestock facilities. The swine facilities need very high ventilation rate to control the inside environmental conditions. The deodorization system of the livestock facilities must be developed considering the ventilation rates. The odor abatement system was installed in order to improve the internal environment of the naturally ventilated growing-finishing pig house. The system which distributes the deodorized air into inner space of the swine house by using plastic duct was installed. Since the internal environment, effected by the operation of the odor abatement system, is monitored by closing the winch curtain installed on the side wall of the pig house, the experiment was practiced at the season when the internal environment becomes aggravated, winter. The effects on the improvement in the internal environment of swine house by operating the odor abatement system are as follows;

1. By re-distributing the air which was deodorized by the odor abatement system installed in the pig house, the result showed that the concentration of ammonia gas is decreased approximately 33.3% compared with that before operating odor abatement system.

2. The effect on the pig house's ammonia gas reduction was found that the ventilation rate was less than  $0.5 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{head}$ .

The effect of the operation of the odor abatement system showed to be scarce when the ventilation rate increases because of the influx of external fresh air makes the quantity of diluted air more than those of the odor abatement system.

3. The perishment rate of the pigs which were bred until slaughtering decreased about 3.8% by operating the odor abatement system in the growing-finishing pig house. Also, after operating the odor abatement system, the stinging of the eyes, suspension dust, etc were decreased when going into swine house for management.

**(Key words)** : Livestock production facility, Swine housing, Abatement system of odor gases)

## 서 론

우리나라에서는 2007년 말을 기준으로 9,832호의 농가에서 약 9,606천두의 돼지를 사육하고 있다. 호당 평균 사육두수로 환산하면 977두로 양돈 산업의 규모화가 많이 이루어졌음을 알 수 있다(2008, 국립농산물품질관리원). 이렇게 양돈 사육규모가 늘어날 수 있었던 것은 양돈 생산을 위한 기계화, 자동화가 뒷받침되었기 때문으로 판단된다. 이처럼 양돈업의 규모 확대에 따라 더 이상 규모화로 인한 생산비 절감보다는 돈사내부의 사육환경을 쾌적하게 유지함으로써 오는 가축의 생산성 증대에 관한 관심이 증가하고 있다. 돈사의 내부환경을 쾌적하게 유지하면 돼지가 지닌 유전적인 생체방어 능력이 향상하여 질병에 대한 저항성이 증가한다고 한다. 최근 발표된 친환경 축산모델의 경우만 보더라도 가축을 사육하기 위한 환경의 유지가 얼마나 중요한가를 단적으로 나타내고 있다. 이제는 양돈의 기계화, 자동화 보다는 환경친화적인 관리가 더욱 중요시 되고 있다. 친환경 축산모델에서는 돈사의 내부 암모니아 농도의 허용한계 값을 25 ppm 이하로 유지할 것을 권장하고 있다(2007, 이상락). 또한 돈사로부터 발생하여 대기중으로 유출되는 악취가스를 줄이기 위하여 돈사에서 외부로 배출되는 공기는 악취탈취장치를 통해 악취가 저감된 공기가 유출되도록 권장하고 있다. 이것은 2005년 2월 악취방지법이 시행되면서 축산시설에서 발생하는 암모니아 가스 등의 악취로 인한 민원제기가 양돈 산업을 압박하고 있는 현실을 반영한 것이라 생각된다. 악취방지법의 시행으로 규제농도가 2 ppm에서 1 ppm으로 크게 강화가 되었다(2004, 환경부). 따라서 앞으로의 양돈업은 악취문제의

해결이 안 된다면 더욱 많은 어려움을 겪게 될 것이다.

국내의 육성·비육돈사는 구조가 개방형인 자연환기식이 대부분이어서 돈사로부터 배출되는 악취가스를 저감하기가 매우 어려운 실정이다(1998, 이성현). 자연환기 돈사의 경우에는 겨울철 대부분 밀폐된 상태에서 사육을 하고, 돈사내부의 환기는 주로 출입문의 개폐, 돈사의 틈새에 의해 이루어진다. 자연환기돈사의 환경조절을 위한 관리가 이렇다보니 대부분의 돈사가 윈치커튼을 닫아 관리를 하는 계절에는 돈사의 내부환경이 열악한 실정이다(2005, 이성현). 그럼에도 불구하고 현재 국내 양돈농가의 겨울철 돈사내부의 환경변화에 관한 연구가 제한적으로 이루어지고 있는 실정이다. 또한 국내 양돈사의 경우 대부분 여름에는 측벽의 윈치 커튼을 개방하여 환기를 하고, 겨울에는 측벽의 윈치 커튼을 닫은 상태로 자연바람에 의해 환기를 하는 개방형 돈사가 대부분이다. 최근 서구형의 환경 조절형 강제환기식 돈사가 농가에 설치되고 있으나 대부분 환경조절이 돼지의 생산성에 많은 영향을 주는 이유자돈사, 분만돈사, 모돈사 등을 위주로 설치되고 있으며, 육성·비육돈을 강제환기식 돈사에서 사육하는 것은 매우 드물다(1998, 이성현).

본 연구는 돈사내부에 악취탈취장치를 설치하여 악취탈취장치 가동에 의한 돈사내부의 환경개선 효과를 분석하기 위하여 실시되었다. 악취탈취장치를 설치한 돈사는 육성·비육돈사 이었으며, 주요 분석기간은 돈사를 밀폐하여 사육하기 때문에 내부의 환경이 나빠지는 시기로 하였다. 악취탈취장치의 가동에 의한 내부 환경 개선효과는 돈사내부의 암모니아 가스 농도를 측정하여 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험돈사

악취탈취장치를 돈사내부에 설치하여 가동하면서 내부의 환경개선 효과에 대한 분석은 경기도 안성시 죽산면에 소재한 개방형 자연환기식으로 돈사의 내부 환경을 관리하는 육성·비육돈사에서 실시하였다.

### 2. 환기관리 방법

시험 육성·비육돈사는 돈사의 길이방향으로 측벽에 윈치커튼을 설치하여 외기온이 높은 늦봄부터 초가을까지는 윈치커튼을 개방하여 환경을 관리하고, 외기온이 낮은 시기에는 윈치커튼을 닫아 반 밀폐식으로 관리를 하였다. 측벽의 윈치커튼을 연 상태에서 관리를 하는 시기에는 돈사내부의 악취가 포함된 오염공기를 탈취하기 위한 악취가스의 포집을 할 수 없어 무방비로 돈사의 악취가스가 대기중으로 배출된다. 하지만 이 시기에는 외부의 신선한 공기와의 공기희석 배율이 높아 돈사의 내부 가스 환경은 매우 양호하게 관리된다. 외기온이 낮아지는 시기에는 돈사의 측벽에 설치된 윈치커튼을 닫아 반 밀폐상태로 관리를 하기 때문에 돈사내부의

오염된 공기가 대기중으로 배출되는 절대량이 낮아져 상대적으로 악취에 의한 민원 등의 문제는 발생하지 않는다. 하지만 이 시기에는 자연환기에 의한 틈새바람으로 내부 오염공기와의 희석이 이루어지기 때문에 신선한 공기와의 희석배율이 낮아 돈사내부는 악취가스 농도가 높게 올라간다.

### 3. 돈사구조 및 악취탈취장치 설치

돈사내부에 악취탈취장치는 돈사의 길이방향으로 그림 1과 같이 2대를 설치하였다. 악취탈취장치에서 배출된 공기는 돈방의 중간 부분에 연결된 비닐덕트를 통해 돈사내부에 균일하게 분배될 수 있도록 하였다. 돈사는 전체 돈방면적의 1/3이 틈바닥으로 설치되었으며, 틈바닥 밑 저류조에 모인 분뇨는 슬러리형태로 처리하였다. 돈사의 상면적은 870 m<sup>2</sup>이며, 돼지의 수용두수는 700두로 한 마리당 1.2m<sup>2</sup> 이었다. 그림 1은 시험에 이용된 육성·비육돈사의 구조를 나타낸 것이다.

악취탈취장치는 이 등(2007)이 축분발효장 또는 액비저장조 발생 악취가스를 탈취하기 위하여 적용한 시스템을 이용하였다. 악취탈취장치를 돈사내부에 설치하여 탈취장치의 기계적 효율을 측정하였다. 탈취장치의 기계적 효율의 측정은 돈사내부의 악취가스가 유

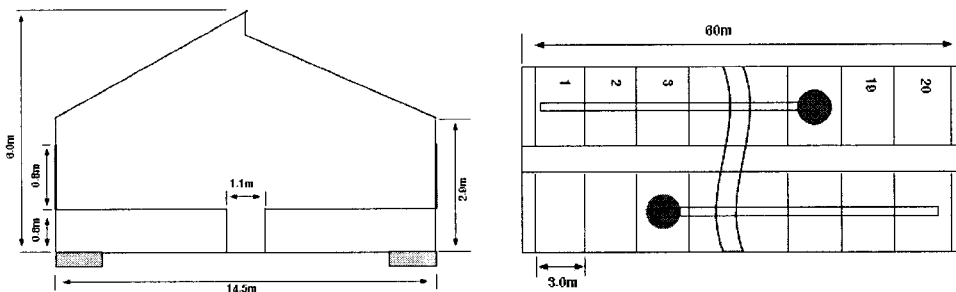


Fig. 1. Schematic diagram of the growing-finishing pig house equipped with the odor abatement system.

입되는 부분의 암모니아 가스 농도와 탈취장치에서 탈취된 후 덕트를 통해 돈사내부로 분배되는 공기의 암모니아 농도를 측정하여 분석하였다.

돈사내부의 환경측정은 겨울철에 실시하였으며, 악취탈취장치를 가동하는 상태에서 내외부 환경을 측정하고, 악취탈취장치를 가동하지 않은 상태에서 내외부 환경을 측정하여 탈취장치를 가동할 때 돈사내부의 환경개선 효과를 분석하였다.

#### 4. 측정장치 및 환기율 분석방법

돈사의 환경을 측정하기 위하여 사용한 측정 장치는 표 1과 같으며, 환경의 측정은 돈

사 내외부 온도, 습도, 암모니아 농도, 이산화탄소 농도를 측정하였다. 또한 돈사의 환기율은 Liang 등(2003)과 van Ouwkerk 등(1994)이 사용한 이산화탄소 평형법을 이용해 산정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 탈취장치 기계적 효율 및 돈사 내·외부 온습도

그림 3(a)는 돈사내부에 설치한 악취탈취장치의 기계적 효율을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 악취탈취장치의 기계적 효율은 암모니아 센서를 악취가스를 흡입하

Table 1. Specification of the measurement devices

Items	Measuring device
Temperature and Relative humidity	TR-72S (T and D Corporation, Japan)
Temperature	TMC6-HA (Onset Computer Corporation, Bourne)
NH <sub>3</sub>	PACIII Single gas monitor (Drager, Germany)
CO <sub>2</sub>	GMT222 (Vaisala, Germany)
Data recorder	HOBO H8 4 channel external (Onset Computer Corporation, Bourne)
Airflow meter	PA-20 (Korea Flowmeter, Ind. Co. Ltd.)
Air sampling pump	N820.3 FT18, Germany

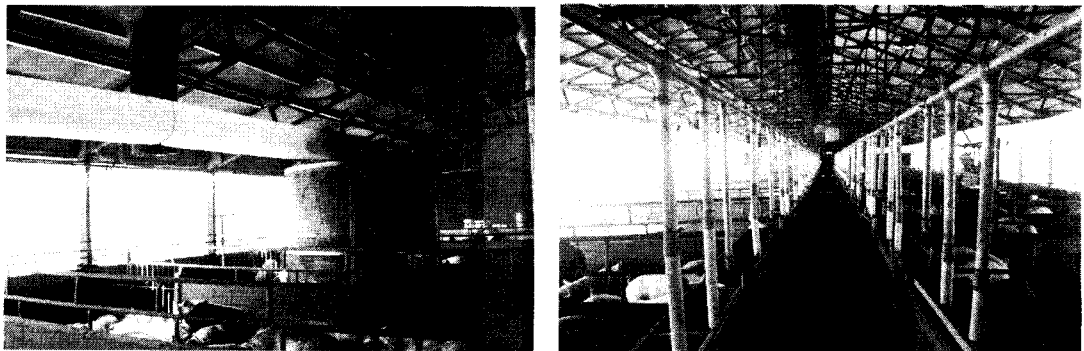


Fig. 2. The scene of the swine house equipped with odor abatement system.

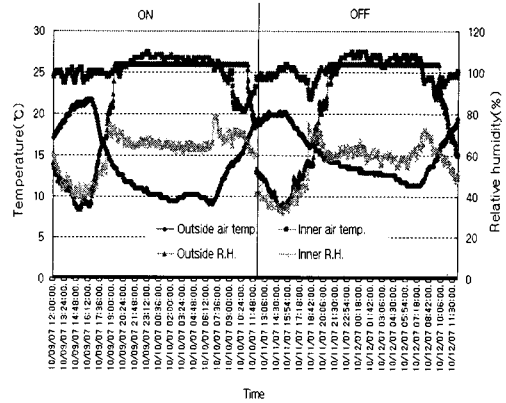
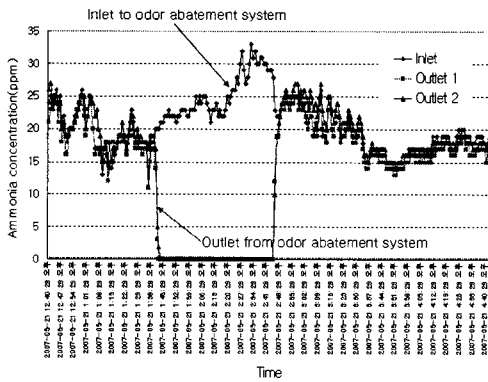


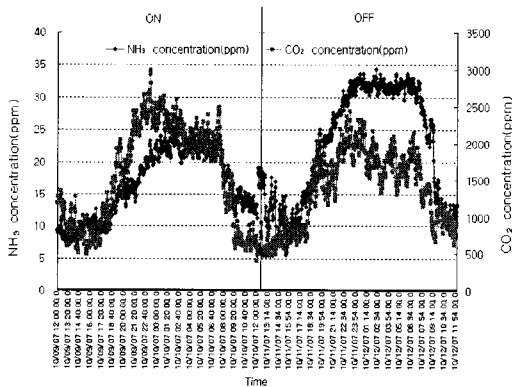
Fig. 3. Mechanical efficiency of the odor abatement system(a) and temperature, relative humidity of the inner and outer air(b).

는 부분에 설치하여 유입가스의 농도를 측정하다가 센서 2개를 악취가스가 탈취되어 돈사내부로 배출되는 부분의 가스를 샘플링하여 측정하였다. 악취탈취장치의 기계적 효율을 측정한 결과 유입되는 암모니아 가스의 농도가 18 ppm에서 33 ppm까지 변화하는데 비해 탈취 후 배출되는 공기의 암모니아 가스 농도는 계측기로 측정이 되지 않을 정도로 탈취효율이 좋은 것으로 나타났다. 그림 3(b)는 겨울철에 악취탈취장치를 가동할 때와 가동하지 않을 때의 내외부 온습도를 측정한 것이다. 악취탈취장치를 가동할 때와

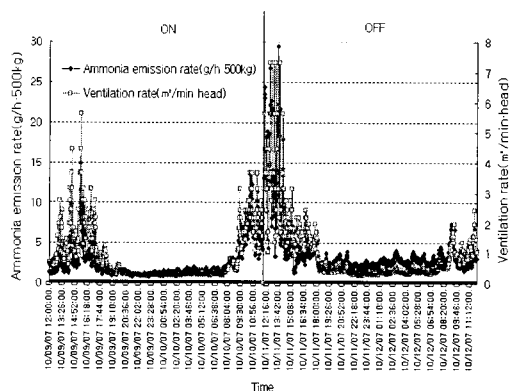
가동하지 않았을 때의 내외부 환경에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

## 2. 돈사내부 가스농도 및 환기율

그림 4(a)는 악취탈취장치를 가동할 때와 가동하지 않을 때의 돈사내부의 암모니아와 이산화탄소 농도를 나타낸 것이다. 그림 4(a)에서 악취탈취장치를 가동할 때의 돈사내부 이산화탄소 농도가 높다는 것은 그만큼 돈사의 환기를 시키지 않았다는 것을 의미한다. 돈사내부의 이산화탄소는 돼지의 호흡에 의



(a) NH<sub>3</sub> and CO<sub>2</sub> concentration



(b) ventilation rate and NH<sub>3</sub> emission rate

Fig. 4. NH<sub>3</sub> concentration, CO<sub>2</sub> concentration, ventilation rate and ammonia emission rate.

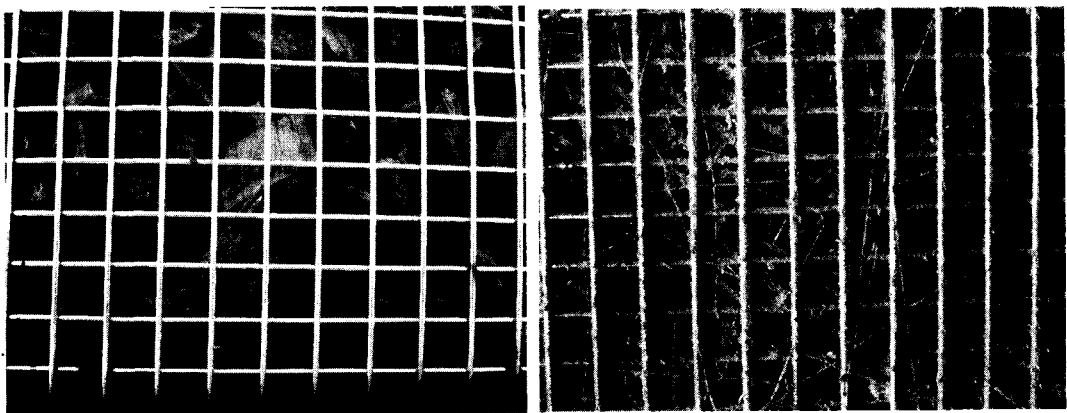
해 발생하는 것이 대부분이므로 돈사를 밀폐하여 환기를 하지 않으면 그만큼 이산화탄소 농도가 높아지게 된다. 그림 4(a)에서 보는 바와 같이 악취탈취장치를 가동할 때의 돈사 내부 환경이 악취탈취장치를 가동하지 않았을 때의 내부환경보다 암모니아 가스농도가 낮은 것은 악취탈취장치의 가동에 의해 내부의 암모니아 가스를 흡입하여 탈취하였기 때문으로 분석되었다. 그리고 전체적인 악취탈취장치의 탈취효율을 분석한 결과 돈사의 환기율이  $0.5\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{두}$  이하인 경우에 암모니아 가스를 약 33.3% 탈취하는 효과가 있는 것으로 나타났다. 하지만 돈사의 환기율이  $0.5\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{두}$  이상이 되면 돈사내부의 암모니아 가스농도는 악취탈취장치를 가동하나 가동하지 않으나 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 이것은 돈사의 환기율이 커져서 악취탈취장치로 포집하여 탈취 후 배출하는 공기보다 외부공기와의 희석에 의한 효과가 크기 때문인 것으로 판단되었다.

### 3. 먼지제거 및 사육성적

그림 5는 악취탈취장치를 돈사내부에 설치하여 가동 중인 상태의 악취탈취장치 공기유입부분의 사진이다. 그림에서 보는 바와 같이 악취탈취장치는 악취가스의 탈취 효과뿐만 아니라 돈사내부 부유먼지의 제거에도 효과가 좋은 것으로 나타났다. 악취탈취장치의 공기유입부분에 달라붙은 부유먼지는 돈사의 내부를 청소하면서 고압 분무기를 이용해 주기적으로 씻어내면 공기저항에 큰 영향은 주지 않는 것으로 나타났다. 또한 악취탈취장치를 돈사내부에 설치하여 '07.1.10일부터 '07.10.19일까지 가동한 농가의 의견을 청취한 결과 악취탈취장치를 설치하여 이용한 후 돼지의 폐사율이 크게 감소하였다. 탈취장치를 설치하고 돼지를 717두 입식하여 672두를 출하였다. 1사이클 동안의 돼지 폐사율은 6.2%를 나타내 악취탈취장치를 설치하기 전과 비교하여 폐사율이 약 3.8% 줄어든 효과를 얻었다.

### 4. 농가의견

또한 악취탈취장치를 가동하지 않았을 때



(a) before

(b) after

Fig. 5. Filtration of dust of the odor abatement system before and after operation.

보다 악취탈취장치를 가동하는 돈사내부에 들어갔을 때 암모니아 가스 등에 의한 눈 따가움 등이 크게 줄어들었으며, 내부의 부유먼지 등이 많이 사라졌다는 의견을 제시하여 악취탈취장치의 사용으로 돈사내부의 환경이 크게 개선되었음을 알 수 있었다.

## 적 요

자연환기식 육성·비육돈사의 내부 사육환경을 개선하고자 돈사내부에 악취탈취장치를 설치하였다. 악취탈취장치에서 탈취한 공기는 덕트를 이용하여 돈사내부에 분배되도록 하였다. 악취탈취장치의 가동에 따른 내부의 환경은 돈사의 측벽에 설치된 윈치커튼을 닫아 관리하기 때문에 내부의 환경이 열악해지는 겨울철에 실시하였다. 악취탈취장치를 가동하면서 분석한 돈사의 내부환경 개선효과는 다음과 같다.

1. 돈사내부에 설치한 악취탈취장치에서 탈취된 후 배출된 공기를 돈사내부에 재분배함으로써 악취탈취장치 가동전보다 돈사내부의 암모니아 가스 농도를 약 33.3% 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

2. 돈사의 암모니아 가스 저감효과는 돈사의 환기율이  $0.5\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{두}$  이하인 경우에 나타났다. 환기율이 많아지면 외부의 신선한 공기의 유입에 의해 희석되는 양이 악취탈취장치에서 배출된 공기량보다 많아 악취탈취장치 가동에 의한 내부 환경개선 효과는 작은 것으로 나타났다.

3. 육성·비육돈사에 악취탈취장치를 가동하면서 돼지를 입식하여 출하 때까지 사육한 결과 악취탈취장치 설치전과 비교하여 돼지의 폐사율이 약 3.8% 줄어들었으며, 탈취장치 가동후 돈사내부에 관리를 위해 들어갈 때 눈 따가움, 부유먼지 등이 크게 줄어든

것으로 나타났다.

## 인 용 문 헌

1. 국립농산물품질관리원. 2008. 가축통계 <http://www.naqs.go.kr/intro.jsp>
2. 이상락. 2007. 친환경축산 표준모델(안). 친환경축산 축제 심포지엄. 한국축산시설환경학회.
3. 이성현. 2007. 축분발효장 악취탈취장치 효과. 농업기술지 2월호.
4. 이성현, 김경원. 2005. 양돈시설의 암모니아 발생특성 및 저감기술. J. Agri. Sci., Chungbuk Nat'l Univ. Vol. 22, No. 1, 1~17.
5. 이성현, 김경원, 윤남규, 조용호, 홍영기. 2007. 축분발효장의 우드칩이용 악취탈취장치 적용 효과. 한국농업기계학회 2007 동계 학술대회 논문집 12(1):306-309.
6. 이성현, 박원규, 강창호. 1998. 양돈농가의 기계화실태 분석 및 모델 개발. 한국생물환경조절학회지 7(2):1-18.
7. 이성현, 조한근, 김경원, 이인복, 최광재, 오권영, 유병기. 2005. 자연환기식 육성비육돈사의 동절기 암모니아 발생특성. 축산시설환경학회지 11(2):103-110.
8. 이성현, 조한근, 이인복, 김경원, 최광재, 오권영, 유병기, 김태일. 2005. 우드칩을 이용한 양돈슬러리발생 암모니아 탈취성능. 한국축산시설환경학회 2005동계학술논문 발표대회 논문집.
9. 이성현, 조한근, 최광재, 오권영, 유병기, 이인복, 김경원. 2005. 하절기 육성비육돈사와 분만돈사의 암모니아 발생특성 및 환경변화. 축산시설환경학회지 11(1):1-10.
10. 환경부. 2004. 악취방지법. 법률 제 7170호.

11. 환경부. 2004. 악취방지법시행규칙. 환경부공고 제2004-73호.
12. Liang, Y., Xin, H., Tanaka, A., Lee, S. H., Li, H., Wheeler, E. F., Gate, R. S., Zajackowski, J. S., Topper, P. and Casey, K. D. 2003. Ammonia emissions from layer houses in Iowa. Proc of the Gaseous and Odor Emissions from Animal Production Facilities, Scandic Hotel Bygholm Park, Horsens, Denmark, June 1-4, 2003.
13. van Ouwerkerk, E. N. J. and Pedersen, S. 1994. Application of the carbon dioxide mass balance method to evaluate ventilation rates in livestock buildings. XII World Congress on Agricultural Engineering, Milano, August 29-September 1, Proceedings 516-529.