

돈사내 암모니아가스 계측시스템 개발

Development of a Measurement System for Ammonia Gas in Swine Housing

방승훈* 장동일* 장홍희*
정희원 정희원 정희원
S.H. Bahng D.I. Chang H.H. Chang

1. 서론

우리 나라에서도 양돈의 생력화를 위하여 많은 연구가 현재 진행중이다. 이중 생산성의 향상을 위하여 돈사 내의 환경제어에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 중이나 대부분의 환경 연구가 온도와 습도의 제어에 국한되어 있는 것이 우리의 현실이다.

그러나 돈사 내에는 많은 유해 가스가 존재하며 특히 암모니아가스는 돼지의 성장 및 성적 성숙, 관리자의 건강에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다^{2),5)}. 겨울철에도 최소 환기량을 유지시킬 수 있는 외국의 경우 습도의 제어에 의한 암모니아가스의 제어를 제시하였으나 겨울철 기온이 매우 낮은 우리 나라의 현실에서는 겨울철 돈사에 들어갈 때 눈이 시금하여 눈을 뜰 수 없을 정도로 관리자의 작업환경을 악화시키며 어린 자돈의 경우 가스에 질식되어 죽는 등 우리 나라의 겨울철 돈사내 암모니아가스의 문제는 매우 심각하다.

이러한 현실임에도 불구하고 우리 나라의 돈사내 유해 가스에 관한 연구는 초보적 단계일 뿐만 아니라 암모니아가스에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 돈사내에서의 암모니아가스의 계측 및 적정 농도 유지를 위한 제어를 하기 위하여 수행되었으며 그 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 돈사 내에서의 암모니아 가스의 농도를 계측할 수 있도록 암모니아가스 센서와 퍼스널컴퓨터를 이용하여 시스템을 구성한다.
- 2) 암모니아가스 센서로부터의 신호를 컴퓨터와 연결 가능케 하는 프로그램을 개발한다.
- 3) 퍼스널 컴퓨터를 이용하여 암모니아가스 센서로부터의 출력값을 화면상으로 연속 출력시키고 기준값 이상일 경우 경보 신호 처리한다.

2. 암모니아가스 계측시스템의 구성

가. 계측기 단계(Sensor 단계)

본 연구에서 사용된 센서의 사양은 표 1과 같다. 암모니아가스 센서는 전기화학적 형태인 TS-1000 ((주)한스시스템 제작)이 사용되었다.

본 암모니아가스 센서는 돈사내의 환경에서도 내구성을 지니도록 알루미늄 커버로 싸여져 있다. 한편 이때의 센서부로의 가스유입량이 500ml/min이어야 한다.

=====

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

Table 1. Specification of the ammonia gas sensor

Item	TS-1000
Type	Electrochemical type
Response time(90%)	About 30 seconds
Measuring range	0~150ppm
Operating temperature range	-10~+45°C
Operating relative humidity range	20~95%
Analog outputs	DC 4~20mA

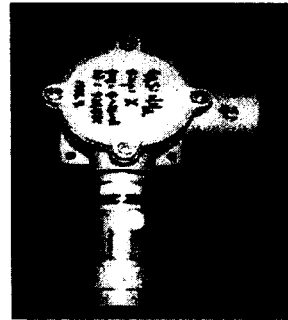


Fig. 1 Ammonia gas sensor TS-1000.

나. 신호 조절 단계

본 연구에서의 신호조절 단계 기기로는 증폭기(Amplifier)와 Multiplexer board로 PCL-789D와 A/D변환기로는 PCL-818H가 사용되었다. 암모니아가스 센서로부터 나온 전기적 신호는 증폭기(Amplifier)와 Multiplexer board를 거쳐 A/D변환기로 입력된 후 디지털신호화 되어 컴퓨터와 연결되었다.

다. 최종판독단계

본 연구에서는 암모니아가스 계측 값을 퍼스널컴퓨터의 모니터로 출력하는 방법을 채택하였으며, 최종 판독 장치로는 팬티엄-133 퍼스널컴퓨터가 사용되었다.

본 연구에서는 프로그램을 이용하여 연속적인 암모니아가스의 변화량을 보기 쉽게 화면 처리하였고 돈사내 허용 한계 이상의 암모니아가스가 감지되었을 시에는 경보 장치가 작동 되도록 C언어로 프로그램 되었다.

3. 계측시스템의 성능시험

가. 환경 챔버내의 시험

암모니아가스 센서의 온도별, 습도별 출력값 변화를 알기 위하여 그림 2와 같이 실험장치를 설치하였다.

습도조절장치 : 외부의 급수장치와 내부의 fan으로 습도를 증가시켰다.

온도조절장치 : 외부의 히터를 통해 온도를 상승시켰다.

한편 챔버의 내부에 암모니아가스 센서, 온도센서, 습도센서를 설치하였다.

챔버의 크기는 200mm(W) * 300mm(L) * 290mm(H) 이었다.

한편 암모니아가스 센서를 통한 정확한 측정을 위해서는 가스 주입부에서의 공기주입량이 약 500ml/min이어야만 했다. 이에 암모니아가스 센서의 주입부 쪽에 송풍기를 설치하여



Fig. 2 Test of ammonia sensor in environmental chamber

500ml/min의 공기가 주입되도록 하였다.

송풍용 팬(fan)으로는 컴퓨터의 12V 냉각팬이 사용되었고 냉각팬으로부터 25cm 떨어진 지점에서의 풍속이 0.106m/sec로 측정되었다.

풍속 측정기기로는 Cole - Parmer사의 Model 37000-60 풍속센서가 사용되었다. 그리고 팬과 암모니아가스 센서의 가스 주입구와의 거리는 25cm를 유지하였다.

암모니아가스의 농도를 측정할 때 정적평형상태에 도달할 때까지 소요되는 평균시간은 45초이었다.

나. 모형돈사내에서의 시험

본 연구에서는 성능평가를 마친 암모니아가스 센서를 모형돈사의 환경에서 적용시켜 봄으로써 실제 돈사에서의 활용 가능성을 검증해 보았다.

본 연구의 목적은 다음과 같다.

실험용 돈사의 환경을 인위적으로 실제 돈사와 비슷하게 만든 후 암모니아가스를 흘려보냄으로써 암모니아가스 계측시스템의 작동여부 및 그 성능을 테스트한다.

본 실험에서 이용된 모형돈사는 농림수산부 특정연구 과제용으로 제작된 실험용 무창돈사에서 실시되었으며, 돈사의 환기구조는 피트덕(Pit duct) 환기시스템으로 처마 쪽의 입기구로부터 들어온 공기가 바닥의 피트덕을 통해 환기팬으로 배출되는 구조이다.

이 모형돈사는 길이 590cm에 너비 190cm이었으며 천정까지의 높이는 260cm이다.

모형돈사내의 암모니아가스 센서의 설치위치는 돼지가 센서를 훼손시킬 수 없는 최저높이인 85cm로 정하였고, 송풍용 팬은 가스주입구로의 공기주입량을 계산하여 암모니아가스 센서의 가스주입구로부터 25cm 아래에 설치하였다.

실험용 돈사내에 1000ppm의 암모니아가스를 조금씩 흘려 보내어 농도가 200ppm이하로 유지되도록 한 후에 돈사내의 암모니아가스 농도를 암모니아가스 센서에 의한 출력값을 확인하고 이와 동시에 가스검지기를 이용하여 돈사의 암모니아가스 농도를 계측, 비교하였다.

이때 가스검지관은 3La를 사용하였으며 3La의 측정범위는 5~200ppm이었다.

암모니아가스 계측 프로그램은 C언어로 짜여졌고 1초마다 센서로 부터 들어오는 신호를 처리하여 화면에 숫자와 그래프로 나타내도록 프로그래밍 되었다.

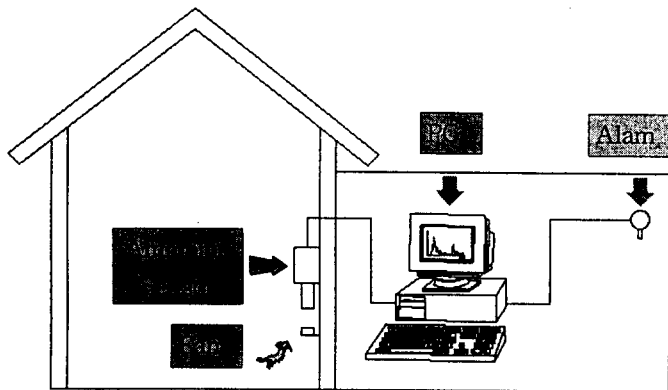


Fig. 3 Layout of ammonia gas measurement system

4. 결과 및 고찰

가. 암모니아센서의 성능시험 결과

암모니아 표준가스(한국표준과학연구원 제조)를 이용하여 실린더에서 암모니아가스 센서의 출력값을 측정한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Output of concentrations of NH₃ gas from ammonia sensor.

Concentrations of NH ₃ gas (ppm)	28.3	40.0	75.8	77	90	107
Output(mV)	1635	1865	2500	2900	3390	4000

이 데이터를 이용하여 회귀분석한 식은 다음과 같다.

$$Y = -62.41879 + 5.522603 \times 10^{-2} \times V \quad \text{----- (4)}$$

여기서,

Y = 암모니아의 농도 (ppm)

V = 센서의 출력값(mV)

이 식의 R² 값은 0.9996으로 매우 정확한 것으로 나타으며, 표준편차는 0.5184로 나타났다.

1) 온도별 출력값

40.0ppm의 표준가스로 상대습도 60%의 환경에서 실험하였다. 온도가 높아짐에 따라 출력값의 약간의 변화가 있었으나 그 차는 무시할 수 있었다(Fig. 4). 출력값의 최대 차인 28℃와 34℃의 차가 7mV였으며 이는 약 0.386ppm의 차이를 뜻한다.

2) 습도별 출력값

75.8ppm의 표준가스로 온도 25.5℃의 환경에서 실험하였다. 습도가 높아짐에 따라 출력값이 약간 내려갔으나 그 차는 무시할 수 있었다(Fig. 5). 출력값의 최대차인 40%와 90%의 차가 14mV였으며 이는 약 0.828ppm의 차이를 뜻한다.

나. 모형돈사내의 성능시험결과

1000ppm의 암모니아가스를 서서히 돈사에 흘려 보낸 후 암모니아가스 센서로 부터의 출력값과 암모니아가스 검지관에 의해 표시된 값을 서로 비교한 결과는 다음 Table 3과 같다.

이 실험은 3회 반복하였다.

컴퓨터에 의한 계측값과 검지관에 의해 계측된 값과의 평균오차는 2.4167ppm이었다.

본 실험결과를 유의수준 5%의 범위에서 통계 분석한 결과 두 센서의 출력값 간에 유의 차가 없음이 판명되었다.

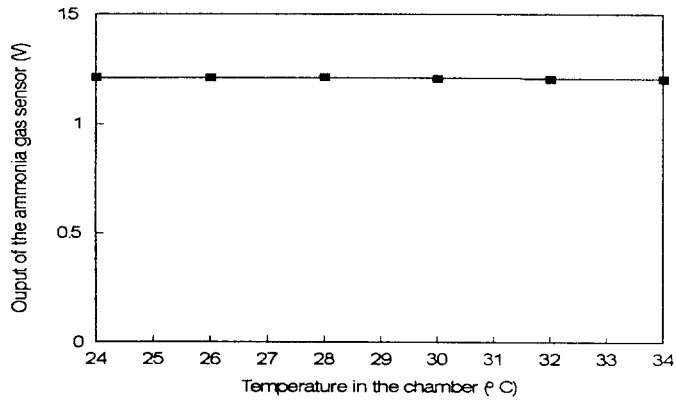


Fig. 4 Effects of temperatures on the performance of ammonia gas sensor TS-1000.

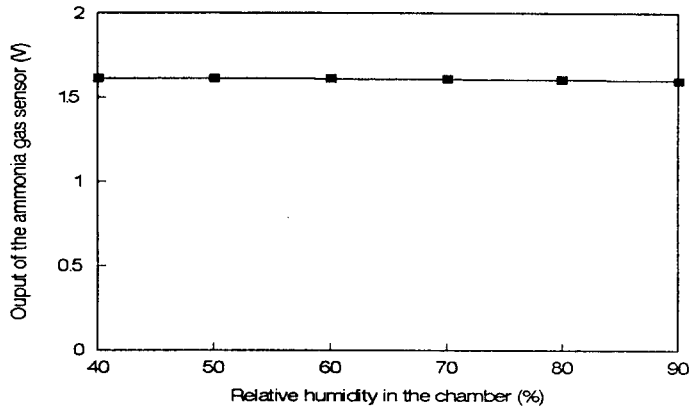


Fig. 5 Effects of relative humidities on the performance of ammonia gas sensor TS-1000.

Table 3. Results of the ammonia gas concentration in the pilot pig-housing by measuring methods

Test 1		Test 2		Test 3	
TS-1000	Probation	TS-1000	Probation	TS-1000	Probation
15	12	16	14	20	15
25	27	30	32	27	32
40	44	40	35	45	40
60	50	70	66	75	67

5. 결론

가. 암모니아가스 센서의 성능실험결과

암모니아 표준가스를 이용하여 피스톤형 실린더에서 암모니아가스 센서의 출력값을 측정 한 데이터를 이용하여 회귀분석한 식은 다음과 같다.

$$Y = -62.41879 + 5.522603 \times 10^{-2} \times V \quad \text{----- (5)}$$

여기서,

Y = 암모니아의 농도 (ppm)

V = 센서의 출력값 (mV)

이 식의 R² 값은 0.9996으로 매우 정확한 것으로 나타났으며, 한편 이 계측값의 표준편차는 0.5184로 나타났다.

1) 온도별 출력값

40.0ppm의 표준가스로 상대습도 60%의 환경에서 실험하였다. 출력값의 최대 차인 28°C와 34°C의 차가 7mV였으며 이는 약 0.386ppm의 차이를 뜻한다. 그런데 온도가 높아짐에 따라 출력값의 약간의 변화가 있었으나 그 차는 무시할 수 있었다.

2) 습도별 출력값

75.8ppm의 표준가스로 온도 25.5°C의 환경에서 실험하였다. 출력값의 최대차인 40%와 90%의 차가 14mV였으며 이는 약 0.828ppm의 차이를 뜻한다. 그러나 습도가 높아짐에 따라 출력값이 약간 내려갔으나 그 차는 무시할 수 있었다.

나. 모형돈사에서 암모니아가스 센서의 성능실험 결과

1000ppm의 암모니아가스를 서서히 돈사에 흘려 보낸 후 암모니아가스 센서로부터의 출력값과 암모니아가스 검지관에 의해 표시된 값을 서로 비교하였다. 이 실험은 3회 반복 실시하였다.

컴퓨터에 의한 계측값과 검지관에 의해 계측된 값과의 평균 오차는 2.4167ppm이었다.

본 실험결과를 유의수준 5%의 범위에서 통계 분석한 결과 두 센서의 출력값 간에 유의 차가 없음이 판명되었다.

6. 참고 문헌

1. Chang, D. I., H. H. Chang and S. H. Bahng. 1997. Selection of the sensors for the environmental control system of pig-housing in temperate zone. ASAE paper No 974123.
2. Doig, P. A. and R. A. Willoughby. 1971. Response of swine to atmospheric ammonia on the pig. J. Anim. Sci. 28 : 844-847
3. 김동식, 김성훈, 손광수, 정정수, 한병우. 1995. 돼지 이렇게 기르자. 농민신문사
4. 방승훈, 장동일, 장홍희. 1997. 돈사의 암모니아 계측센서 선발을 위한 문헌연구. 1997년 동계학술대회 논문집 Vol 2 (1) : pp 301-306.
5. 최홍립. 1989. 농업시설물의 환기. 대광문화사