

양돈장의 임신돈사와 부지경계에서 발생하는 악취 연구

정종원 · 박규현 · 허미영 · 최동윤 · 이문주 · 강희설

농촌진흥청 국립축산과학원

Study on Odor From Gestating Sow Barns and Boundary Area

Jeong, J. W., Park, K. H., Heu, M. Y., Choi, D. Y., Lee, M. J. and Gang, H. S.

National Institute of Animal Science, R.D.A., Suwon, Korea

Summary

Civil appeals on odor from swine barn have been increasing. This study was conducted to compile basic data of odor from swine barns as civil appeals on odor have been increasing. Odor was monitored from two gestating sow barns and the boundary of those barns in Suwon and Hwaseong city from June to November, 2008. Mean ammonia concentration measured at the boundary of A piggery in Suwon city was 0.9 ppm with occasional breaks of permissible limit (1.0 ppm). Mean concentrations of hydrogen sulfide and methyl mercaptan were 0.37 ppb and 0.01 ppb, which were lower than permissible limits of 20 ppb and 2 ppb, respectively. Mean ammonia concentration was 3.22 ppm and was maintained under 5.0 ppb. Ammonia concentration had increased since November when the barns were closed. Hydrogen sulfide and methyl mercaptan were lower than the permissible limits. Mean ammonia concentration measured at the boundary of B piggery in Hwaseong city was 16.3 ppm and steep increase of concentration was monitored after October when the barn was sealed up. Hydrogen sulfide and methyl mercaptan were 26.66 ppb and 7.45 ppb, respectively. In appropriate ventilation and raising environment would cause high ammonia concentration in swine barns. Emitted ammonia from barns and composting facilities were mixed, which would cause higher ammonia concentration on the boundary of barns. Hence improvement of raising environment, rapid manure treatment, and correct use of microbial preparation would be needed.

(Key words : Ammonia, Hydrogen sulfide, Gestating sow barn)

서 론

양돈산업은 지난 30여년간 엄청난 변화로 전업규모의 양돈장이 등장하였고 전업화, 기업화, 대형화 함에 따라 점차 소규모 농가는 없어지는 반면에 농가당 사육규모가 커지고 단위 면적당 사육두수가 증가하고 있다(농림

부, 2007). 돼지사육 환경은 대규모 사육에 맞추어 집약적인 돈사에서 사육되고 있고 밀식사육에 따라 돈사내 환경이 나빠지고 질병 발생이 증가하며 악취가 지속적으로 발생되어 축사 주변으로 확산되고 있다. 또한 악취 방지법(환경부, 2005) 시행이후 악취발생에 대한 민원 증가로 가축사육에 많은 어려움을

Corresponding author : Jeong, J. W., Institute of Animal Science, R.D.A, Suwon, Korea. Tel: 031-290-1724, E-mail: jjwjeong@korea.kr

2009년 8월 4일 투고, 2009년 8월 10일 심사완료, 2009년 8월 13일 게재확정

겪고 있다. 악취가 발생하는 시설은 돈사 50% 이상, 분뇨저장조 25%, 분뇨수송과 살포중 25% 라고 보고 (Van't klooster and Voermans, 1993)되고 있어 양돈장의 악취 배출원은 주로 돈사임을 알 수 있다. 국내의 경우 돼지의 사육규모에 따라 대규모와 소규모 양돈장은 많은 차이를 보이고 있다. 돈사 형태는 대규모농가의 경우 무창돈사 (75.4%) 비율이 높으나, 소규모는 환경의 인위적 조절과 악취저감이 어려운 원치커튼돈사가 많았다 (80.6%). 환기방식은 기계식무창이 높은 반면 소규모는 원치커튼형 자연환기식이 많았고 주로 자연식기계식혼합형 (53.1%)을 선호하는 경향을 보였다. 분뇨수거 형태는 전국적으로 더욱 복잡하여 크게 슬러리, 스크레퍼, 인력수거 등의 방법과 2개이상 혼합된 분뇨처리방식이 많다. 대규모는 사양관리 인력이 적게 소요되는 슬러리방식 (72.3%)이 많았으나 악취발생 민원이 많은 경기도 소규모 농장은 노후화된 돈사구조상 인력수거 농장이 다른 지역보다 많은 것 (11.1%)으로 보고되고 있으며 (농협중앙회, 2007), 임신돈사의 경우 스크레퍼나 인력에 의한 분뇨제거가 많은 것으로 보인다. 현재 중소규모 농가가 주로 사육하는 원치커튼돈사의 경우 돈사구조상 악취가 지속적으로 발생되고 있고 (장영기, 2004), 특히 20년 이상 노후화된 소규모 돈사의 구조개선 없이는 악취저감 및 확산을 억제하기가 어렵다. 따라서 본 연구는 악취 민원이 발생되고 있으나 여러 가지 농장여건으로 인하여 악취저감시설 및 장비를 설치할 수 없는 소규모 농장에서 발생하는 악취에 대한 체계적인 조사로 악취의 저감방안과 관리방안 마련을 위한 기초자료로 활용코자 수

행하였다.

재료 및 방법

1. 시험장소

악취에 대한 민원이 발생하는 경기도 수원시에 위치한 A 양돈장 (700두)과 화성시에 위치한 B 양돈장 (1,000두)의 소규모 농장 2개소를 시험장소로 선정 하였다.

2. 조사농장의 선정 및 악취발생

돈사내에서 발생하는 악취물질을 조사하기 위한 농장은 표 1에서 보는 것처럼 사양방식은 번식위주 사육을 하면서 사육규모 기준으로 소규모인 2개 농장을 선정하였다. A 농장의 사육환경은 양호하나 인력부족에 의한 분뇨제거 작업 미흡으로 계절에 따라 일시적인 악취가 발생되고 있으며, B 농장은 노후화된 돈사로 사육환경이 불량하고, 농장에서 수행되는 대부분의 작업은 인력에 의존하고 있으며 돈사와 부지경계와의 거리가 짧은 문제를 가지고 있었다. 조사장소는 각각의 농장에서 악취가 발생하는 임신돈사와 부지경계에서 조사하였다.

3. 돈사와 부지경계 이격거리

부지경계선의 악취농도 및 확산을 조사하기 위해서 돈사와 부지경계선까지 거리를 조사하였다. A 양돈장은 돈사에서 부지경계까지 50 m 정도의 거리를 유지하고 있으나 B 농장은 7 m로 부지경계 근접지까지 돈사가 활용되고 있어 경기도 지역의 양돈장에서 부

Table 1. General information piggery farms.

Item	Location	Farm scales	Feeding system	Heads
A piggery	Suwon city	Small	Gestation	700
A piggery	Hwasung city	Small	Gestation	1,000

지경계 까지 대부분 10 m 이내에 있다고 보고(축산연구소, 2006)한 결과대로 전형적인 양돈장 형태를 가지고 운영되고 있으므로 농장에서 발생된 악취가 주변으로 지속적으로 확산되는 것으로 판단된다.

4. 조사방법

가. 암모니아

암모니아의 조사는 악취공정시험법에서 제시한 인도페놀법을 이용하여 조사하였다. 암모니아 시료포집은 air sampler에 봉산용액(0.5%) 25 ml씩을 흡수병에 넣고 2 L/min로 5분간 유지하여 포집한다음 UV/vis를 이용하여 인도페놀법(국립환경과학원, 2005)으로 분석하였다.

나. 황화수소

황화수소 조사방법은 20 l 용 흡입케이스에 테들러백(5 l) 설치 후 핸드샘플러를 이용, 감압하여 시료를 포집한 후에 실험실에서 저온농축(TD)이 부착된 varian GC-3800(PFPD) 기기로 분석하였다.

다. 임신돈사와 부지경계 환경조사

암모니아는 임신돈사내 중앙지점에서 돈사 바닥으로부터 약 60 cm 높이에서, 황화수소는 20 cm 높이에서 시료를 채취하였고, 부지경계는 민가방향으로 접한 경계지역에서 시료를 채취하였다. 임신돈사와 부지경계의 환경변화를 알아보기 위하여 TSI 8360-M-GB

계측기를 이용하여 지면에서 120 cm 높이에서 온도(℃)와 풍속(m/s)을 조사하였다.

라. 조사시기 및 조사기간

조사시기는 주 1회 간격으로 10시부터 12시 사이에 동일장소에서 조사하였고 조사기간은 2008년 6월부터 11월까지 6개월간 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 농장의 돈사형태, 환기방식, 분뇨처리 방법

조사 농장의 임신돈사형태는 표 2와 같이 개방형으로, A 양돈장은 자연환기였고 B 양돈장은 덕트입기와 자연환기를 실시하였다. 돈분뇨 처리형태는 A 양돈장의 경우 스크레퍼+인력제거였고, B 양돈장은 인력에 의한 분뇨를 수거하고 있었으며 매일 오전에 1회 분뇨제거를 실시하였다. 조사 농장의 악취저감 방법을 조사한 결과, A 농장은 시중에 판매 중인 미생물제제를 주 1~2회 돈사내에 살포하였고 소독제도 주 1회 살포하였다. 미생물제제와 소독제살포는 2대의 소형동력분무기로 구분하여 사용하였다. B 농장도 미생물제제와 소독제를 주 1회 살포하였고 소형 동력분무살포기 1대로 교대하여 사용하고 있었다.

2. 온도 및 풍속

표 3은 여름철(6~8월)과 가을철(9~11월)에 임신돈사와 부지경계에서 온도와 풍속을 나

Table 2. General information of the housing type and ventilation system etc.

Item	Housing type	Ventilation system	Manure treatment
A piggery	Winch curtain	Duct inlet + Natural	Scraper + Manpower
B piggery	Winch curtain	Natural	Manpower

Table 3. The temperature and air velocity conditions of the small piggery

Item		Av. Temperature(°C)		Av. Air velocity(m/s)	
		Summer	Fall	Summer	Fall
A piggery	Gestating sow barn	27.6	20.3	0.74	0.42
	Boundary area	30.6	21.1	0.75	0.71
B piggery	Gestating sow barn	30.5	27.6	0.39	0.15
	Boundary area	32.1	24.9	0.50	0.49

※ Summer : Jun.~Aug., Fall : Sep.~Nov.

타낸 것이다. 여름철에는 돈사의 윈치커튼을 최대한 개방하여 운영을 하고 늦가을부터는 밀폐된 상태로 유지하고 있었다. A 농장의 경우 여름철 온도가 높은 시기에 돈사중앙부에 대형 선풍기를 가동하고, 적정사육밀도를 유지하므로 돈사온도가 외기온도보다 낮은 것으로 판단된다. 외기온도가 낮아짐에 따라 10월하순부터 돈사내부 온도는 20°C 이하로 점차 낮아지다가 11월 중순 이후부터는 15°C 이하 조사되었다. 모돈사의 기준온도(MWPS, 1983)는 18~23°C 유지와 임신돈사의 사육환경 적온인 5~15°C(농촌진흥청, 2008)와 비교한 결과 여름철 온도는 높고 겨울철 온도는 낮으므로 돈사온도를 적정온도로 유지할 수 있도록 단열보강 작업이 필요하다. B 농장은 좁은 돈사에 많은 두수의 밀식으로 체온상승과 부지경계 부분의 포장도로에서 발생하는 열로 인하여 돈사내부와 외기온도가 높게 조사된 것으로 보인다. 여름철의 경우 내부온도가 너무 높고 환기불량으로 풍속이 낮고(0.39 m/s) 돼지의 호흡이 증가하는 것으로 보였으며 가을철에는 돈사 측벽에 설치된 윈치커튼의 밀폐와 열손실을 방지하기 위해 덕트입기의 가동중단으로 돈사내부 온도는 높게 유지되었으나 풍속이 낮고(0.15 m/s) 환기불량으로 기침을 하는 돼지가 많은 것으로 보였다. 따라서 돈사의 환경개선을 위하여 여름철에는 최대환기와 겨울철 최소환기 유

지를 위한 환기개선과 단열보완이 요구된다.

3. 악취발생 농도

가. 돈사 내 암모니아, 황화수소 및 메틸머캅탄 농도

그림 1와 2은 돈사내 발생하는 암모니아 농도를 평균하여 계절별로 나타낸 것이다. 축사에서 유발되는 수백종류의 유해가스중 주요 유해가스로는 가축분뇨로부터 확산되는 암모니아와 분뇨의 산화과정에서 생성되는 황화수소 및 메틸머캅탄 등을 들 수 있다. 일반적으로 악취중에서 발생량이 많지만 악취강도가 낮은 대표적인 성분으로 암모니아라고 할 수 있으며, 돈사에서 발생하는 악취물질중 암모니아 발생이 가장 높은 것으로 김과 김(1999)과 Battye 등(1994)은 보고하고 있다. 비육돈사내 암모니아가스의 허용한계는 20~25 ppm 정도(최 등, 2001)이며, 유 등(2005)이 보고한 바에 따르면 여름철 소규모 모돈사의 암모니아 농도가 평균 3.0~6.0 ppm으로 비교적 높지 않다고 하였고, 양 등(1998)은 관행돈사의 4~9월중 암모니아 농도는 18~34 ppm 수준으로 허용한계치를 초과한 결과를 보였다고 하였다. 이처럼 다양한 결과가 보이는 것은 오래된 양돈장의 경우 돈사형태, 사육두수, 환기 및 분뇨처리 방

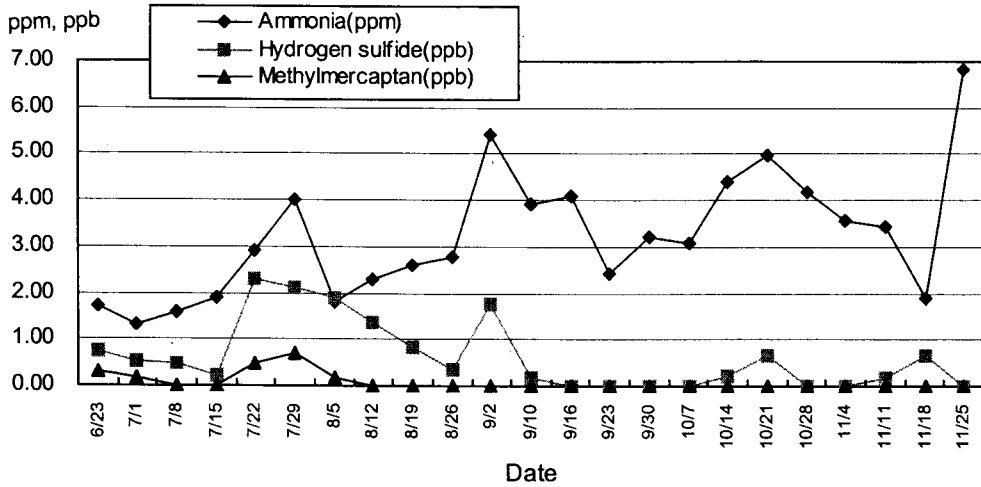


Fig. 1. Concentration of ammonia, hydrogen sulfide and methylmercaptan in gestating sow barns of the small scale piggery (A farm).

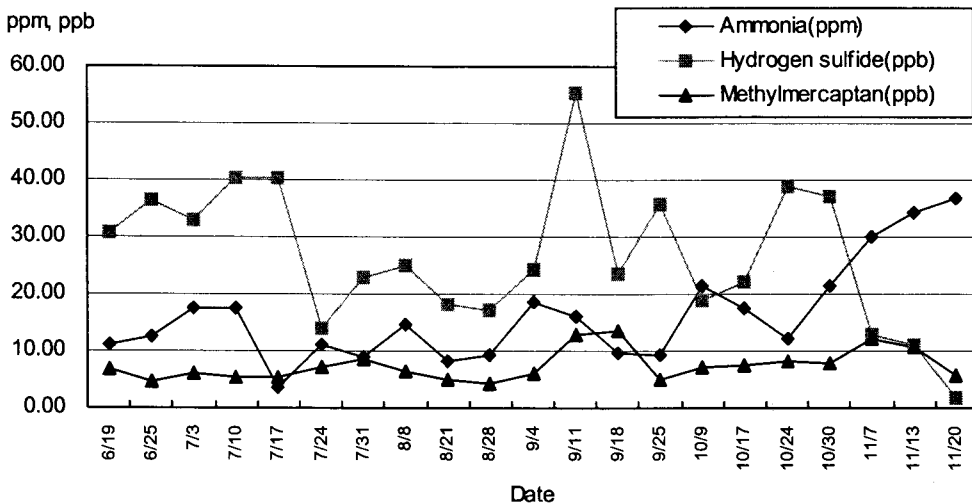


Fig. 2. Concentration of ammonia, hydrogen sulfide and methylmercaptan in gestating sow barns of the small scale piggery (B farm).

식 등이 다양하기 때문으로 판단된다. 본 조사결과에서도 유 등 (2005)의 결과와 유사하게 A 농장은 여름철 5 ppm 이하로 유지되다가 11월 중순부터 보온을 위하여 돈사 밀폐를 하므로 여름철보다 암모니아 농도가 높아지는 것을 알 수 있었다. 이는 돈사 보온을 위해 적정 환기 유지보다 밀폐 강화 등 결과로 돈사내 발생한 암모니아 배출이 적어 농

도가 높아지는 것으로 판단되었다. 화성시에 위치한 B 농장의 경우는 A 농장보다 암모니아 발생농도가 높음을 알 수 있다. 10월말까지 20 ppm 이하로 유지되다가 11월부터는 20 ppm을 초과하였는데 조사에서는 표시하지 않았지만 폐사율이 높다는 농장주의 의견으로 볼때 밀식으로 인하여 돈사내에서 발생된 암모니아 등 유독가스가 외부로 원활히 배출

되지 않아 높은 것으로 사료된다.

황화합물중 황화수소와 메틸머캅탄 등은 휘발성가스로서 소량으로도 악취를 느끼며 (O'neil과 Philips, 1992), 독성이 강하여 돈사 내부를 부식시키는 물질로 알려져 있어 본 연구에서도 황화합물중 황화수소와 메틸머캅탄의 발생농도를 조사하였고 검지관과 센서를 이용할 경우 ppm 농도 이하는 검출되지 않아 GC(PFPD)를 이용하여 분석하였다. 스크레퍼나 인력수거의 경우 돈사내에 분뇨가 저장되지 않아 황화수소 및 메틸머캅탄은 낮은 농도를 보이는데 A 농장에서는 매일 오전중으로 돈사내 분뇨를 제거하므로 황화수소와 메틸머캅탄은 2ppb 이하의 농도를 보였다. 그러나 B 농장은 거의 모든 작업이 인력으로 이루어 집에 따라 분뇨수거 시기가 A 농장보다 늦고, 밀식으로 많은 두수에서 배출되는 분과 뇨로 인해 항상 분뇨가 쌓여 있는 관계로 A 농장보다는 높은 것으로 보여진다. 또한 11월부터 밀폐화에 의해 점차 농도가 증가하는 경향을 보였다.

나. 부지경계의 암모니아, 황화수소 및 메틸머캅탄 농도

부지경계 지점에서 조사한 악취의 발생농도 결과는 그림 3과 4와 같다. A 양돈장은 돈사에서 부지경계까지 50m 정도의 거리를 유지하고 있었고, 돈사에서 발생하는 악취는 부지경계까지의 충분한 이격거리가 있어 높은 농도를 보이지 않은 것으로 보였다. 악취방지법(2005) 이전에 대기환경관리법에 의해 축산의 경우 부지경계의 암모니아 농도는 2ppm을 허용기준으로 하였으나 악취방지법에 의해 기준농도가 1ppm으로 낮아짐에 따라 많은 농장에서 악취저감 대책에 어려움을 보이고 있다. A농장의 경우 암모니아 발생농도는 기간별로 높게 보였는데 7월하순, 9월중순 및 10월하순~11월중순에는 1ppm을 초과하여 발생하였다. 대기압이 낮거나 바람이 적은 날에 암모니아 농도가 허용기준인 1ppm 보다 높게 검출된 것으로 판단된다. 그러나 11월 중순경에는 1ppm 이하로 검출되었는데 이와같은 결과는 농장의 두수감소와 악취감소를 위한 농장의 노력 등으로 돈사환경이 개선된 것으로 판단된다. 황화수소와 메틸머캅탄은 허용기준인 20ppb와 2ppb 보다 상당히 낮은 결과를 보였다. B 농장의 조사결과에서는 시험돈사에서 부지경계까지 약 7m로 도로 근접지까지 돈사가 활용되고 있

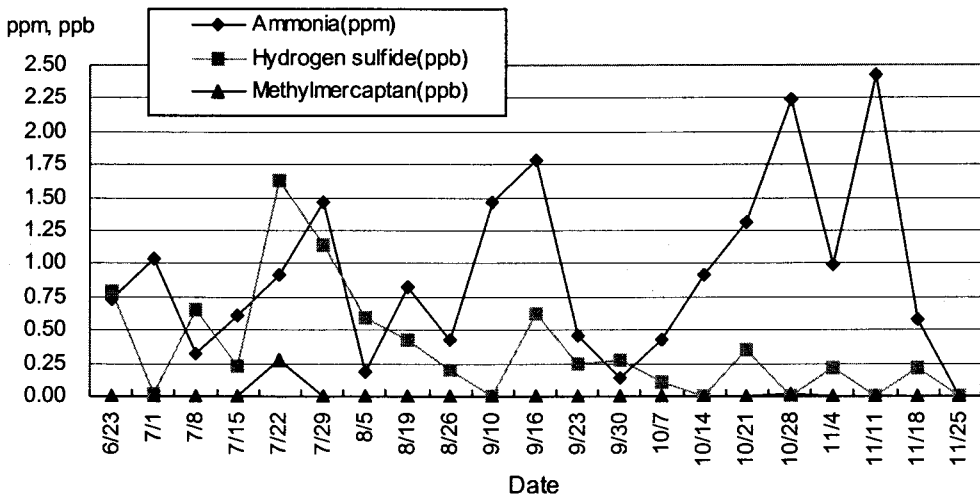


Fig. 3. Concentration of ammonia, hydrogen sulfide and methylmercaptan in boundary area of the small scale piggyery(A farm).

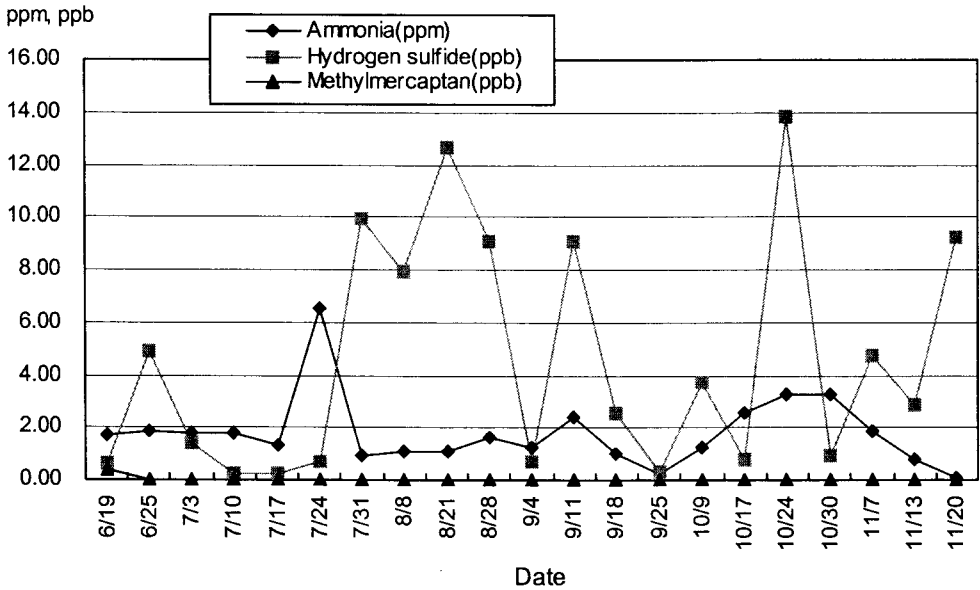


Fig. 4. Concentration of ammonia, hydrogen sulfide and methylmercaptan in boundary area of the small scale piggery (B farm).

으므로 농장에서 발생된 악취가 주변으로 확산되어 있었다. 또한 돈사옆에 분뇨저장조가 있어 돈사배출 악취와 함께 부지경계에서 높은 농도를 보였다. 이는 현재의 악취방지법에 의해 향후 농장운영에 상당한 어려움이 초래할 것으로 보인다.

화성시 소재 B 농장의 부지경계 암모니아와 황화합물은 그림 4에서 표시하였다. 조사 결과 시험기간 동안 암모니아 발생농도는 1 ppm을 초과하였다. 그런데 7월 24일 조사에서는 유독 암모니아 농도가 높았는데 이날은 저장된 분뇨를 수거하면서 분뇨제거작업 과정에서 높은 암모니아 농도를 보이는 것으로 판단된다. 그러나 황화수소와 메틸머캅탄의 배출농도는 A 농장보다 높았지만 허용기준보다는 낮은 것으로 조사되었다.

시험기간 동안 돈사악취 저감을 위한 미생물제제 살포는 비록 본 시험에서는 총미생물수를 조사하지 못하였지만 최 등(2005)의 보고에 의하면 소독제 살포후 14일까지 미생물수가 감소하다가 그 이후부터 증가한다는 결과를 고려하면 조사농장 모두 주 1회이상 소

독제와 미생물제제의 교차 살포로 인한 미생물의 사멸로 악취저감 효과가 없을 것으로 판단되어 소독제의 살포시기 조정과 살포용 미생물제제 대신 사료급여 첨가용 미생물제제로의 교체를 권장하였다. 또한 B 농장의 경우 소형 동력분무기 1대로 미생물제제와 소독제를 교대로 사용하므로 사용전에는 반드시 여러 번 세척하여 사용할 것도 요구하였다. 특히 B 농장의 부지경계에서는 암모니아 농도가 높으므로 퇴비장의 신속한 분뇨제거와 덮개사용 및 농장의 악취민원 감소를 위한 돈사내 환기체계 개선을 권장하였다.

요 약

악취에 대한 민원이 많이 증가함에 따라 양돈장의 악취 발생에 대한 기초자료를 얻고자 2008년 6월에서 11월까지 2개의 양돈장(수원시, 화성시 소재)을 선정하여 임신돈사와 부지경계에서 발생하는 악취를 조사하였다. 수원시 소재 A 농장의 부지경계에서 암모니아 발생농도는 평균 0.9 ppm 였으나, 조

사기간중 부분적으로 기준치 1 ppm을 초과하였다. 황화수소와 메틸머캅탄은 각각 0.37 ppb, 0.01 ppb로 기준치인 20 ppb와 2 ppb 이하로 조사되었다. 돈사의 암모니아 평균 농도는 3.22 ppm 였고 5 ppm 이하로 유지되다가 돈사가 밀폐되는 11월부터는 증가하기 시작되었다. 황화수소와 메틸머캅탄은 기준치 이하로 나타났다. 화성시 소재 B 농장은 임신돈사내 암모니아 평균농도는 16.3 ppm 였고, 10월 이후부터 밀폐상태가 높아짐에 따라 급격히 증가되었다. 황화수소와 메틸머캅탄은 각각 26.66 ppb, 7.45 ppb로 높았다. 이와 같은 원인은 환기불량과 사육환경이 열악하여 돈사내 암모니아 발생농도가 높았으며 돈사의부로 배출된 암모니아와 돈사 옆에 있는 퇴비장에서 발생하는 악취가 혼합되어 부지경계에서 암모니아 발생농도가 높은 것으로 나타나 돈사의 사육환경 개선과 신속한 분뇨처리 및 미생물제제의 올바른 사용이 필요할 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

1. Battye, R., Battye, W., Overcash, C. and Fudge, S. 1994. Development and selection of ammonia emission factor. U. S. Environmental Protection Agency office of Research and Development.
2. MWPS. 1983. Swine housing and equipment handbook. MWPS-8. Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, IA. USA.
3. O'neil, D. H. and Philips, V. R. 1992. A review of the control of odor nuisance from livestock buildings. 3. Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. J. Agric. Engng. Res. 53(1): 23-50.
4. 국립환경과학원. 2005. 악취공정시험법. pp. 70-76.

5. 김두환, 김인배. 1999. 양돈시설 내부의 악취조절에 관한 기술 및 연구동향. 한국축산시설환경학회지. 5(3):203-216
6. 농림부, 농협중앙회. 2007. 축사시설 현황 조사 결과.
7. 농촌진흥청 · 한국농업대학. 2008. 축산시설환경. pp. 41-56.
8. 농협중앙회. 2007. 낙농 · 양돈 분뇨처리 현황 조사. pp. 56-75.
9. (사)대한양돈협회. 2006. 양돈장 냄새 실태조사 및 냄새 저감방안 연구.
10. 양승주, 현재석, 양창범, 고석민. 1998. 육성비육돈에 대한 생균제의 첨가 급여가 분악취 및 파리유충 발생에 미치는 영향. 한국축산시설환경학회지. 4(1):9-20.
11. 유용희, 김태일, 정종원,곽정훈, 최희철, 송준익, 양창범, 장영기, 김호정, 송기봉. 2005. 돈사 내 및 부지경계에서 악취물질 발생 조사 연구. 한국축산시설환경학회지. 11(1):45-54.
12. 이성현, 조한근, 이인복, 김경원, 최광재, 오권영, 유병기. 2005. 자연환기식육성 · 비육돈사의 동절기 암모니아 발생특성. 한국축산시설환경학회 발표논문집. 10회. pp. 100-106.
13. 장영기, 김관, 송기봉, 김호정, 정봉진, 유용희, 양창범. 2004. 가축사육 시설에서 발생하는 악취발생 특성에 관한 연구. 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집.
14. 최규홍, 손재룡, 이강진, 최동수, 최용삼, 남상일. 2001. 돈사의 환경계측에 관한 연구. 한국축산시설환경학회지. 7(3):155-164.
15. 최동윤, 서국현, 곽정훈, 박치호, 정광화, 김태일, 양창범, 조용일, 최홍립. 2005. 가축방역용 소독제 처리가 액비내 미생물 변화에 미치는 영향. 한국축산시설환경학회지. 11(3):161-168.
16. 축산연구소. 2006. 축산시험연구보고서. pp. 668-685.
17. 환경부. 2005. 악취방지법.