

돈사내 발생악취에 대한 저감 방안

유용희

농촌진흥청 축산연구소 축산환경과

I. 서 론

오늘날 축산업은 대규모 가축사육에 따른 여러 가지 환경적인 문제에 직면하고 있다. 특히, 국내 양돈 산업은 점점 사육규모가 대형화, 밀집화되고 있다. 가축분뇨의 대량생산에 따른 처리문제 등을 해결하고자 많은 연구들을 해왔다. 그러나 최근에는 축사로부터 발생하는 악취문제로 일반인들의 불평과 불쾌감의 표시는 날로 그 민원이 증가하고 있는 실정이다. 이에 따라 양돈장에서 악취문제는 경영상 주요 사안으로 이슈화되고 있다. 악취관련 민원의 경우, 대기환경오염 및 환경보호 관심에 비례하여 각종 민원과 규제의 강도는 갈수록 증가하고 있는 실정이다. 한편 환경부는 지난 2003년 12월 31일 대기환경보전법으로는 국지적이고 순간적으로 발생하는 악취문제를 다루는데 한계가 있다는 인식하에 전문적이고 체계적인 악취관리를 위하여 악취방지법을 제정·공포한 상황이다. 이제는 농촌마을이라 하더라도 축산농가에서 발생하는 악취를 인내하지 않는 경향 때문에 향후 관련 민원은 더욱 급증할 것이라고 예상된다. 더불어, 돈사내 악취는 가축의 성장 적응력을 저하시켜 결과적으로, 양돈농가의 소득을 저하시키는 요인으로도 작용하고 있다. 따라서, 돈사의 악취저감은 환경친화적인 축산업의 안정된 영위와 성장을 위해 시급히 해결되어야 할 과제로 되어있다. 본고에서는 악취를 어떻게 하면 좀더 현재보다 저감시킬 수 있을까 하는 것에 대하

여 국내외 연구결과 및 자료 검토와, 축산연구소에서 돈사시설에서 발생하는 악취의 발생농도와 주변 지역에 미치는 영향 범위의 평가와 악취확산 예측으로 축산농가에서 쉽게 적용할 수 있는 악취저감 기술 개발 보급을 위한 자료를 얻고자 수행한 결과로 현재 양돈농가들이 돈사에서 발생하는 악취를 줄이기 위해 활용하고 있는 방법과 악취에 대하여 느끼는 관능 등에 대한 설문조사 및 대규모, 중규모, 소규모 양돈장을 선정 각 성장단계별 돈사내 및 부지경계선에서 악취물질 종류 및 농도는 어느 정도 발생하는지 연구한 결과를 언급하겠다.

II. 악취원 및 악취물질

악취물질 발생원은 분뇨, 분뇨저장조, 축사 내 피트, 분뇨수거장치, 분뇨살포지, 돈사바닥, 통로, 사료조 등 돈사내 농장 전역에서 발생한다. 특히, 돼지 분뇨에서 발생하는 악취가 가장 비중이 크다. 이는 미생물에 의한 유기물질 내 영양물질이 분해과정 중에서 발생한다. 분(糞) 과 다른 유기물의 분해 과정에 따른 것으로 신선한 분뇨로부터 악취는 혐기분해의 분으로부터 배출되는 악취보다 일반적으로 적다. 분의 분해는 혐기와 호기의 과정 속에서 악취가 발생한다. 호기적 상태 하에서, 주요 부산물은 탄수화물, 물 그리고

다른 합성물이다.(즉 수용성물, 비유기성 질소, 황화합물 계통)이것은 악취가 거의 생산되지 않는 경향이 다. 그러나 혐기적 분해는 산소가 이용할 수 없는 시스템 상태 하에서 발생한다. 혐기적 분해는 호기적 분해보다 완벽한 작용이 적고 느리게 분해된다. 혐기 소화이기 때문에 완전한 분해가 적다. 부산물의 생성은 더욱 복잡적이고 더 많은 악취가 일어나는 경향이다. 혐기 소화인 약간의 부산물은 그 진원지로부터 먼 거리에서도 암모니아, 황화수소 생성으로 강한 악취가 감지된다. 다른 합성물인 무취인 메탄 같은 것도 방출된다. 악취물질의 주성분은 암모니아 등 아민류, 황화수소, 메틸메르캡탄, 황화메틸, 이황화메틸, 트리메틸아민, 알데히드류, 휘발성 저급지방산 등이다. 그러나 돈사로부터 발생하는 악취는 여러 가지 악취 원인 물질의 총화로 나타난다. 각 악취 물질마다 악취 발현 강도, 거부감 등에 차이가 있으나 현재까지 분뇨를 분해하는 미생물로부터 생성되는 것으로 연구자들로부터 약간씩 다르나 약 80~200여종의 악취 원인 물질이 양돈장에서 발생하는 악취에 포함되어 있는 것으로 보고하고 있다. 주요 악취의 성분 및 특성은 <표 1>과 같다. 국내 사업장별로 배출되는 악취물질은 매우 다양하며, 그 악취 특성 및 영향 또한 매우 다르게 나타나고 있는 실정이다. 국내 각 사업장별 배출되는 악취물질은 <표 2>와 같다.

<표 1> 악취물질 성분 및 특성

악취물질 종류	화 학 식	역치(ppm)	취기의 성질
암모니아	NH ₃	0.15	분뇨의 냄새
황화수소	H ₂ S	0.0005	계란썩는 냄새
메틸메르캡탄	(CH ₃)SH	0.0001	하수처리 냄새
디메틸설파이드	(CH ₃) ₂ S	0.0001	양배추 썩는 냄새
스 카 톨	C ₉ H ₉ N	0.019	대변 냄새
메틸아민	CH ₃ NH ₂	0.019	취오줌 냄새

<표 2> 각 악취물질의 주요발생원 사업장

물 질 명	주요 발생원 사업장
암모니아	축산 사업장, 계분 건조장, 복합비료 제조공장, 전분 제조공장, 화제장, 어장골 처리장, 털 처리장, 쓰레기 처리장, 분뇨 처리장, 하수 처리장
메틸머캡탄	Craft pulp 제조공장, 화제장, 어장골 처리장, 쓰레기 처리장, 분뇨 처리장, 하수 처리장
황화수소	축산 사업장, Craft pulp 제조공장, 전분 제조공장, 셀로판 제조공장, 비스코스레이온 제조공장, 클로로프렌 제조공장, 담배 제조공장, 복합비료 제조공장, 어장골 처리장
황화이메틸	Craft pulp 제조공장, 화제장, 어장골 처리장, 쓰레기 처리장, 분뇨 처리장, 하수 처리장
이황화이메틸	Craft pulp 제조공장, 화제장, 어장골 처리장, 쓰레기 처리장, 분뇨 처리장, 하수 처리장
트리메틸아민	축산 사업장, 복합비료 제조공장, 화제장, 어장골 처리장, 수산 식료품 제조공장
아세트알데히드	아세트알데히드 제조공장, 아세트산 제조공장, 아세트산 비닐 제조공장, 클로로프렌 제조공장, 담배 제조공장, 복합비료 제조공장, 어장골 처리장
스티렌	스티렌 제조공장, 폴리스티렌 제조공장, 폴리스티렌 가공공장, SBR 제조공장, FRP제품 제조공장, 화장합판 제조공장
프로피온산	지방산 제조공장, 염색공장, 축산 사업장, 화제장, 전분 제조공장
노르말부틸산	축산 사업장, 화제장, 어장골 처리장, 계분 건조장,
노르말발레르산	축산 식료품 제조공장, 전분 제조공장, 분뇨 처리장,
이소발레르산	폐기물 처리장

자료) 악취물질 발생원 관리방안 개선을 위한 조사연구(2001. 5.), 환경부

Ⅲ. 양돈농가 실태조사

돈사에서 발생하는 악취를 줄이기 위해 활용하고 있는 방법과 악취에 대하여 느끼는 관능 등에 대하여 양돈농가를 대상으로 경기도 54 농가, 충청남도 11농가, 전라북도 29농가, 경상남도 27농가 등 9개 시·도 133 농가를 설문조사를 실시하였다. 각 성장 단계별 돈사형태 분포비율을 조사한 결과 전체적으로 분만돈사와 자돈사를 제외하고 개방돈사가 무창돈사에 비해 많은 편이었다. 금후 돈사형태에 따른 악취저감 시설 개발 및 특히 개방돈사에 대한 악취 저감 기술 개발이 필요 할 것으로 판단된다.

〈표 3〉 각 성장 단계별 돈사형태는 어디에 해당되십니까?

구 분	개 방	무 창	절 층	2 층	무응답	계	
모 돈 사	76	17	22	-	18	133	
분만돈사	48	46	18	-	21	133	
자 돈 사	45	50	19	1	18	133	
육성비육돈사	93	10	17	1	12	133	
계	응답수	262	123	76	2	69	532
	%	49.2	23.1	14.3	0.4	13.0	100

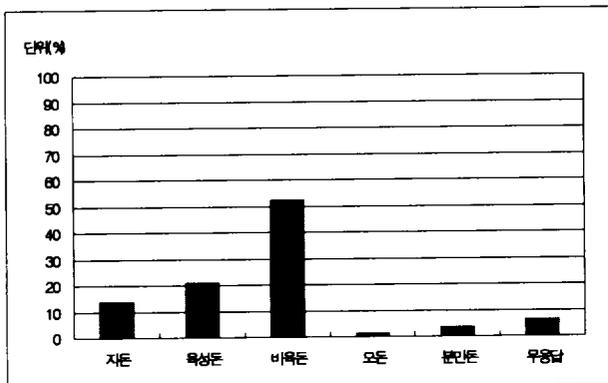
돈사내 어느 분뇨처리 방식에서 가장 악취발생이 많다고 생각하는지 조사한 결과 표 4 에서 보는바와 같다. 슬러리 40.8%, 인력제거 18.0% 스크레파 14.3%, 톱밥발효 5.6% 응답하였다. 이는 돈사에서 분뇨처리 방식 중 슬러리 처리가 가장 많은 비율을 차지하기 때문인 것으로 사료된다.

〈표 4〉 돈사내 어느 분뇨처리 방식에서 가장 악취발생 많다고 생각하십니까?

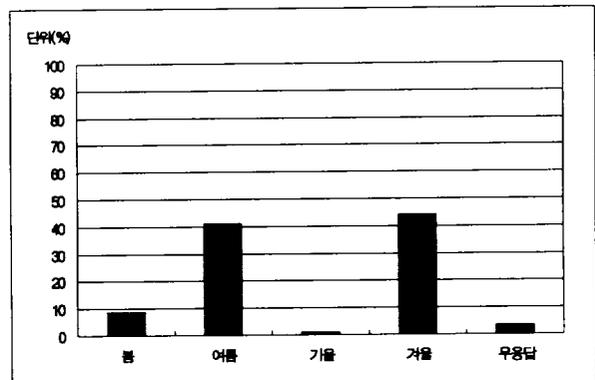
구 분	슬러리	스크레파	톱밥발효	인력제거	무응답	계	
모 돈 사	61	23	0	27	22	133	
분만돈사	54	15	0	25	39	133	
자 돈 사	49	22	15	22	25	133	
육성비육돈사	53	16	15	22	27	133	
계	응답수	217	76	30	96	113	532
	%	40.8	14.3	5.6	18.0	21.2	100.0

성장단계별로는 비육돈, 육성돈, 자돈, 분만돈, 모돈 순으로 악취를 느끼는 것으로 응답하였다. 계절별로는 겨울에 44.4%, 여름 41.4%, 봄 9.0%, 가을 1.5%

순으로 악취가 가장 많이 발생된다고 생각하고 있다 응답하였다.



〈그림 1〉 성장단계별 어느 시기에서 가장 악취를 많이 느끼십니까?



〈그림 2〉 어느 계절에서 악취가 가장 많이 발생된다고 생각하십니까?

날씨별로는 흐린 날, 비오는 날, 바람이 없는 날, 바람이 약간 부는 날, 맑은 날 순으로 악취발생이 가장 심하다고 응답하였다.

〈표 5〉 어느 날씨가 악취발생이 가장 심하다고 생각하십니까?

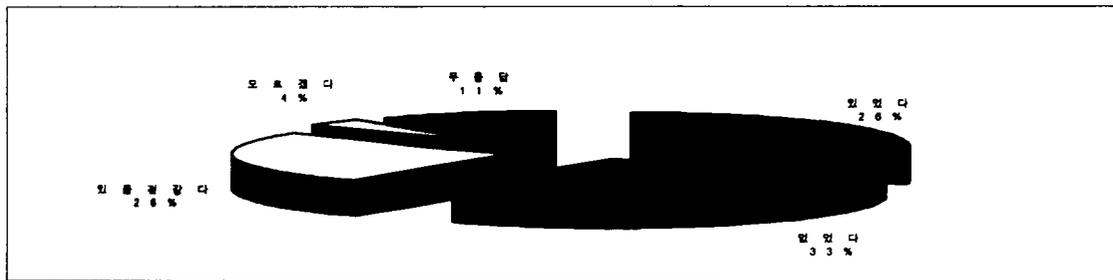
구 분	비오는날	흐린날	바람이 없는날	바람이 약간부는날	맑은날	무응답	계
응답(%)	30.1	54.1	6.8	2.3	1.5	5.3	100

하루 중에는 새벽, 오후, 저녁, 오전 순으로 악취를 많이 느낀다고 응답하였다.

〈표 6〉 하루 중 언제 악취를 가장 많이 느끼십니까?

구 분	새벽	오전	오후	저녁	무응답	계
응답(%)	40.6	13.5	21.1	18.8	6.0	100

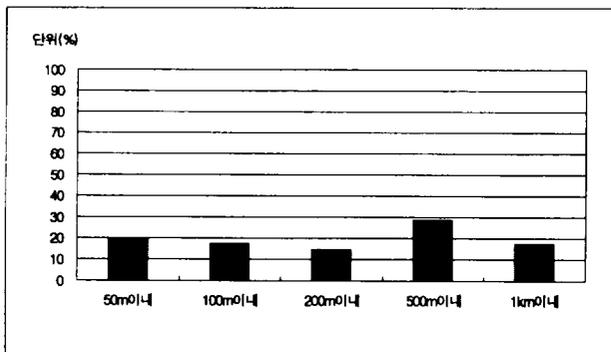
주변에서 악취에 대한 문제 제기가 있었다 26.3%, 앞으로 있을 것 같다 26.3%, 없었다 33.1% 모르겠다 3.8%, 무응답이 10.5%로 나타났다. 양돈농장에서 주변의 일반농가와 악취 문제에 대하여 52.6%가 문제의식을 가지고 있는 것으로 응답하였다.



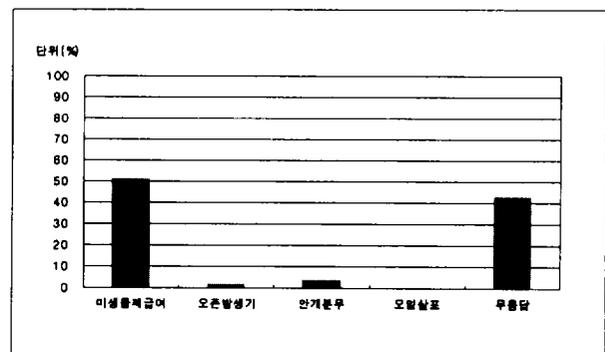
〈그림 3〉 주변에서 악취에 대한 문제 제기가 있었습니까?

농장 주변에서 악취에 대한 문제 제기가 농장으로부터 50m정도 12%, 100m 정도 10.5%, 200 정도 9%, 1 km 정도 10.5%까지 있었다고 응답하였다 그 중 500m 범위내 응답자가 17.3%로 나타났다. 그림 5에서 보는

것처럼 돈사로부터 발생하는 악취를 줄이기 위하여 현재 사용하는 방법은 미생물제제를 급여하고 있다가 51.3%로 가장 많은 응답을 하였다. 기타 방법으로 오존발생기 설치 1.9%, 안개분무 3.8% 응답하였다.



〈그림 3〉 주변에서 악취에 대한 문제 제기가 있었다면 거리는?



〈그림 4〉 현재 악취 방지를 위해 사용하고 있는 방법은 무엇입니까?

IV. 국내 악취배출 허용기준 및 규제농도

가축농장 및 가축 분뇨처리시설을 대상으로 하는 악취물질은 암모니아, 메틸메캅탄, 황화수소, 황화이메틸, 이황화이메틸, 트리메틸아민, 아세트알데히드, 스티렌이다. 사업장에서 배출되는 악취물질에 대한 국내 악취배

출허용 기준은 직접관능법으로 무슨 냄새인지 구분할 수 있는 정도의 보통취기(Moderate)인 악취도 2도 이하이며, 기기 분석법으로 기타지역 사업장내에서 암모니아 1ppm 황화수소 20ppb 메틸메캅탄 2ppb 등이다 <표 7 참조>.

측 정 방 법			배출허용기준	
직접관능법			악취도 2도 이하	
공기회석 관능법	배출구	공업지역 내의 사업장	회석배출	1000
		기타지역 내의 사업장		500
	부지경계선	공업지역 내의 사업장		20
		기타지역 내의 사업장		15
기기 분석법 (ppm)	악취물질		공업지역 내의 사업장	기타지역 내의 사업장
	암모니아		2	1
	메틸메캅탄		0.004	0.002
	황화수소		0.06	0.02
	황화이메틸		0.05	0.01
	이황화이메틸		0.03	0.009
	트리메틸아민		0.02	0.005
	아세트알데히드		0.1	0.05
스티렌		0.8	0.4	

<비 고>

- 1) 측정방법은 대기오염공정시험방법에 의하여 직접관능법 또는 공기회석관능법으로 실시하되, 부지경계선에서 채취한 시료 중에 기기분석법에 규정된 8가지의 악취물질이 있다고 판단되는 경우에는 기기분석법을 병행한다. 이 경우 어느 하나의 방법에 의하여 기준을 초과하는 때에는 배출허용기준을 초과한 것으로 본다.
- 2) 공업지역은 다음 각호의 1에 해당하는 지역을 말한다.
 - 가. 산업입지및개발에관한법률 제6조 내지 제8조의

- 규정에 의하여 지정된 국가산업단지·지방산업단지 및 농공단지
 - 나. 자유무역지역의지정등에관한법률 제4조의 규정에 의하여 지정된 자유무역지역(전용공업지역 및 일반공업지역에 한한다)
 - 다. 도시계획법 제32조의 규정에 의하여 지정된 공업지역중 전용 공업지역
- 3) 직접관능법·공기회석관능법 및 기기분석법의 악취농도별 관계는 다음과 같다.

구 분		악취농도		
		3이상 4미만	4이상 5미만	5이상
직접관능법(악취강도)		3	4	5
공기회석 관능법 (단위 : 회석배출)	배출구	3,000 미만	3,000 이상 15,000미만	15,000 이상
	부지경계선	100 미만	100 이상 500 미만	500 이상
기기분석법 (단위 : ppm)	암모니아	10 미만	10 이상 40 미만	40 이상
	메틸메르캅탄	0.03 미만	0.03 이상 0.2 미만	0.2 이상
	황화수소	0.7 미만	0.7 이상 8 미만	8 이상
	황화메틸	0.8 미만	0.8 이상 2 미만	2 이상
	이황화메틸	0.3 미만	0.3 이상 3 미만	3 이상
	트리메틸아민	0.2 미만	0.2 이상 3 미만	3 이상
	아세트알데히드	1 미만	1 이상 10 미만	10 이상
	스티렌	4 미만	4 이상 20 미만	20 이상

V. 악취물질 농도

악취물질 발생농도 조사는 대규모, 중규모, 소규모 사육 규모 및 성장단계별에 따라 자돈사, 분만돈사, 모돈사, 비육돈사로 구분하여 돈사내 중앙에서 실시하였다. 비육돈사는 분뇨처리형태에 따라 슬러리처리방식과 톱밥사양 방식으로 나누어 측정하였다. 주변지역 악취물

질의 영향 파악을 위해 사육시설에서 풍하방향 20m 외 광지점에 부지경계를 선정하여 측정하였다.

○ 사육규모별 악취물질 농도

사육규모별 악취물질 농도를 분석한 결과 사육규모에 관계없이 NH₃, H₂S, (CH₃)SH 순으로 악취물질농도가 높은 것으로 나타났다.

〈표 8〉 사육규모별 악취물질 농도

(단위 : ppb)					
구 분	NH ₃	H ₂ S	(CH ₃)SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂
대 규모 (L)	5,239.0 (4,932~8,694)	116.1 (70~191)	10.4(2.4~5.2)	3.9(2.4~2.6)	2.3(2.2~2.6)
중 규모 (M-1)	8,595.1 (3,072~20,965)	1,042.6 (533~2183)	10.6(9.9~11.5)	2.3(0~3.4)	2.2(2.1~2.2)
중 규모 (M-2)	6,766.8 (3,757~11,262)	1,611.6 (29~6,712)	10.9(9.6~12.9)	2.9(0~4.8)	1.8(0~2.4)
소 규모 S	1,846.8 (870~2739)	764.2 (42~2903)	9.8(9.7~9.8)	2.8(2.5~3.1)	1.7(0~2.3)

* ()는 범위

○ 부지경계 악취물질 농도

부지경계에서의 규모별 악취물질 농도를 측정한 결과 NH₃는 평균 2.5ppm, H₂S는 38.1ppb, (CH₃)SH는 6.5ppb, (CH₃)₂S는 N.D, (CH₃)₂S₂는 1.4ppb가 측정되었다.

하나의 방법에 의하여 기준을 초과하는 때에는 배출허용기준을 초과한 것으로 본다는 규정에 비추어 불허용기준을 초과하는 것으로 상황에 따라서는 나타날 수 있다 보겠다.

〈표 9〉 부지경계 악취물질 농도

구 분	NH ₃	H ₂ S	(CH ₃)SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂
단 위	ppm	ppb			
L	2.8	68.8	9.8	N.D	2.3
M-2	4.5	32.3	N.D	N.D	N.D
S	0.2	13.4	9.7	N.D	2.0
평 균	2.5	38.1	6.5	N.D	1.4

〈표 10〉 돈사내 및 부지경계 평균농도

(단위 : ppb)					
구 분	NH ₃	H ₂ S	(CH ₃)SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂
돈 사	5,679.8	926.4	10.4	3.0	2.0
부지경계	2,505.0	38.1	6.5	0.0	1.4

○ 돈사내 및 부지경계 평균농도

돈사 및 부지경계기준 악취물질 농도를 분석한 결과 돈사에서 NH₃는 부지경계에서보다 약 2배 이상, H₂S는 약24배 이상, (CH₃)SH는 1.6배 이상 검출되는 것으로 나타났다. 이는 국내 악취 배출허용기준에서 어느

악취물질에 대한 냄새세기를 보기 위하여 〈표 11〉 대 기공정시험법의 악취판정도와 Weber-Fechner의 법칙에 근거하여 본 연구에서 분석된 악취물질의 냄새세기와 물질농도와의 함수 관계식으로 냄새세기에 대해 분석하였다.

VI. 악취 물질별 냄새세기

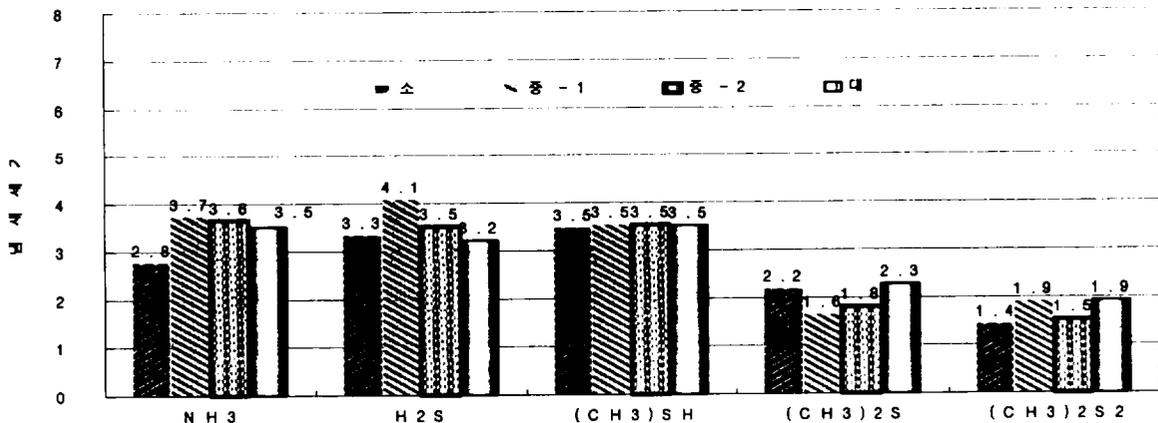
〈표 11〉 대기공정시험법 악취판정도

OU	구분	비고
0	무취(None)	상대적으로 무취로 평상시 후각으로 아무것도 감지하지 못하는 상태
1	감지취기(Threshold)	무슨 냄새인지는 알 수 없으나 무언가를 느낄 수 있는 정도의 상태
2	보통취기(Moderate)	무슨 냄새인지 구분할 수 있는 정도의 상태
3	강한 취기(Strong)	쉽게 감지할 수 있는 정도의 강한 냄새를 말하며 예를 들어 병원에서 특유의 크로졸 냄새를 맡는 정도의 상태
4	극심한 취기(Very Strong)	아주 강한 냄새. 예를 들어 여름철에 재래식 화장실에서 나는 심한 정도의 상태
5	참기 어려운 취기(Over Strong)	견디기 어려운 강렬한 냄새로서 호흡이 정지될 것 같이 느껴지는 정도의 상태

○ 사육규모별 냄새세기

각 사육규모별 평균 냄새세기 NH₃는 평균 2.8~3.7도, H₂S는 평균 3.2~4.1도, (CH₃)SH는 평균 3.5도,

(CH₃)₂S₂는 평균 1.6~2.3도, (CH₃)₂S₂ 평균 1.4~1.9도로 분석되었다.



〈그림 6〉 사육규모별 냄새세기

○ 부지경계의 냄새세기

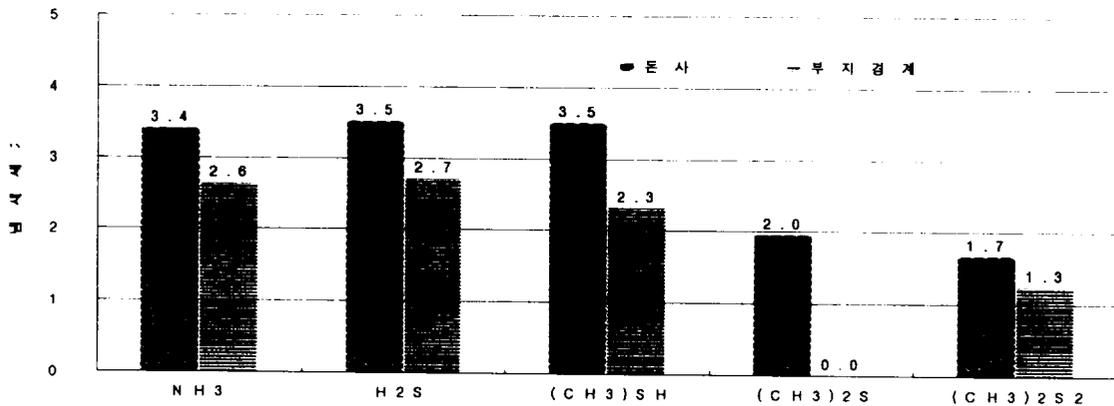
부지경계의 규모별 냄새세기는 부지경계의 경우 NH₃

는 평균 2.6도, H₂S는 2.7도, (CH₃)SH는 2.3도, (CH₃)₂S₂는 1.3도로 분석되었다.

〈표 12〉 부지경계의 냄새세기

구 분	NH ₃	H ₂ S	(CH ₃)SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂
L	3.1	3.0	3.5	0	1.9
M-2	3.5	2.7	0	0	0
S	1.3	2.4	3.5	0	1.9
평 균	2.6	2.7	2.3	0	1.3

조사된 돈사전체 각 평균 악취 냄새세기와 부지경계 는, H₂S는, (CH₃)SH 모두 평균 2도 이상이었다. 냄새세기를 비교한 결과 그림 8에서 보는 것처럼 NH₃



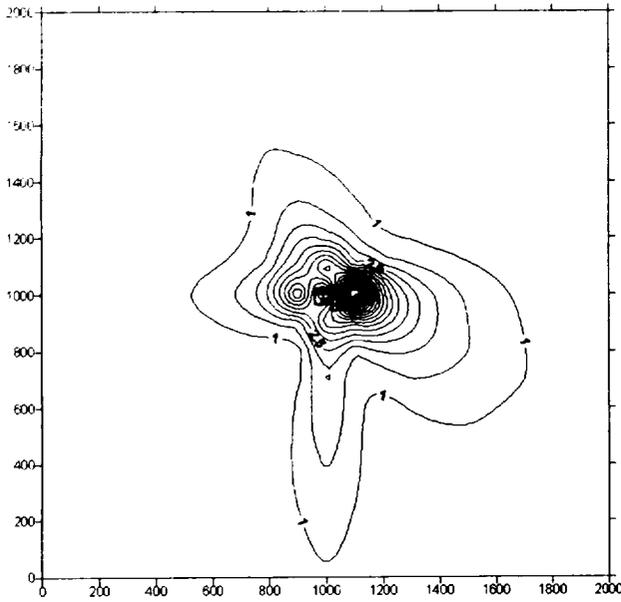
〈그림 7〉 돈사와 부지경계에서 냄새세기

이상 본 연구에서 실측결과 국내 돈사에서 배출되는 악취물질의 악취기여도는 암모니아, 메틸메르캅탄, 황화수소, 이황화이메틸, 이황화이메틸이 주요 악취기여 물질인 것으로 나타났다. 특히 악취강도에서는 암모니아, 황화수소가 가장 먼 거리 및 강한 강도를 나타내는 것으로 산정되었다.

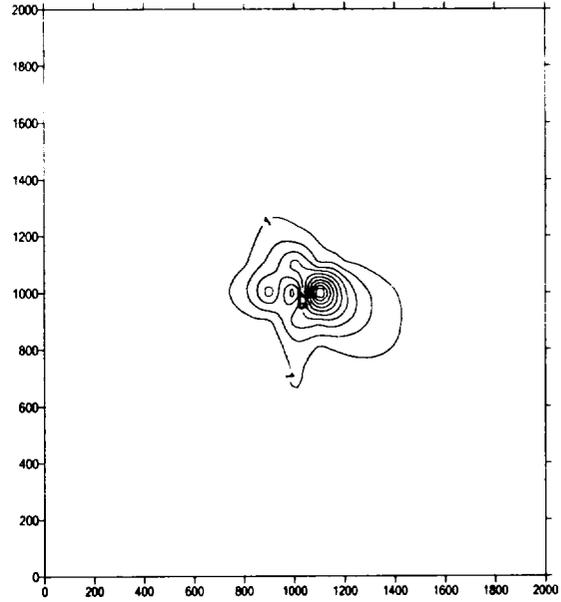
Ⅳ. 악취의 주변 영향

양돈 농가에서 배출되는 악취물질이 대기로 확산되어 주변 어디까지 악취 영향을 미치는지에 대해 알아보기 위해 본 연구 결과 중 대규모 농장의 돈사에서 황화수

소 배출농도 및 배출유량 자료를 이용하여 배출량을 추정, 모델링을 실시해 보았다. 황화수소와 메틸메르캅탄의 배출량으로 ISCLT3 모델을 이용 그 결과를 Odor unit으로 표현하여 등농도 곡선을 작성하였다. 악취기여도가 다른 물질보다 높은 황화수소와 메틸메르캅탄을 대상으로 모델을 수행결과 황화수소는 OU=1의 범위가 남쪽으로 약 1km, 동쪽으로는 약 800m 가까이 확산되는 것으로 나타났으며 메틸메르캅탄의 경우는 OU=1의 범위가 동쪽으로 약 400m, 북쪽으로 약 300m가량 확산되는 것을 알 수 있다. 그러나 본 모델은 수원지역 1년 기상자료를 이용한 장기모델인 ISCLT3 모델을 적용하였기 때문에 단기간에 발생하는 악취는 더 멀리 까지 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.



〈그림 8〉 H₂S의 확산 범위



〈그림 9〉 (CH₃)SH의 확산 범위

8. 악취저감방안 (suggested management practice)

악취가 발생하는 곳은 주로 악취를 배출하는 돈사(축사), 분뇨저장조, 분뇨 살포지에서 발생하는 복합적인 요인이 되고 있다. 악취의 발생의 강도는 돈사설계, 배출원 퇴적 시스템 및 분뇨관리, 농장관리, 기후, 지형 등에 의해 영향을 받고 있다. 또한 각 농가별로 사료의 질, 돼지의 배설습성, 분뇨수거장치 종류 다양하다. 이에 추가적으로 기온, 습도, 바람 등 자연환경에 의한

영향이 더해져서 악취를 전부 없애는 것은 현실적으로 무리이므로 발생하는 돈사내 악취를 효율적이고 경제적으로 저감하는 방법을 모색하여야 한다.

가. 악취제어 기술

악취물질에 대한 물질별 탈취기술은 최근 다양한 연구 및 실제 사업장 적용에 따라 다양한 보고가 나오고 있다. 악취를 저감시키기 위해 이용되는 탈취 효과와 운전비용 및 각 탈취법의 문제점을 비교한 결과 <표 13>과 같다. 그리고 현재 악취물질별로 적용되는 일반적인 탈취기술은 <표 14>와 같다.

〈표 13〉 악취를 저감시키기 위해 이용되는 탈취법의 비교

탈취방법	효과	운전비용	문제점
수세법	△	○	폐수처리
연소법	○	△	연료비 높음
흡착법	○	△	흡착제의 교환비용 높음
약액처리법	○	△	폐액처리
공기회석법	△	○	탈취효과 적다
마스킹법	△	△	마스킹제의 경비 높음
생물학적 탈취법	○	○	고온가스 부적절, 장치규모가 크다
오존산화법	△	○	탈취효과가 적다
광촉매 탈취법	△	△	탈취효과가 적고, 경비 높음

* △: 작다, ○: 크다

〈표 14〉 악취 물질별 탈취 방법

물 질 명	화 학 식	세정법	오 존 산화법	흡착법	연소법	생 물 탈취법	소취제 분무법
암모니아	NH ₃	○	○	○	○	○	○
메틸메캅탄	CH ₃ SH	○	○	○	○	○	○
황화수소	H ₂ S	○	○	○	○	○	○
황화메틸	(CH ₃) ₂ S	○	○	○	○	○	○
이황화이메틸	CH ₃ SSCH ₃	○	○	○	○	○	○
트리메틸아민	(CH ₃) ₃ N	○	○	○	○	○	○
아세트알데히드	CH ₃ CHO	○	○	○	○	○	○
프로피온알데히드	CH ₃ CH ₂ CHO	×	△	○	○	○	×
노르말부틸알데히드	CH ₃ (CH ₂) ₂ CHO	×	△	○	○	○	×
이소부틸알데히드	(CH ₃) ₂ CHCHO	×	△	○	○	○	×
노르말발레르알데히드	CH ₃ (CH ₂) ₃ CHO	×	△	○	○	○	×
이소발레르알데히드	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CHO	×	△	○	○	○	×
이소부탄올	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	×	△	○	○	○	×
아세트산에틸	CH ₃ CO ₂ C ₂ H ₅	×	△	○	○	○	×
메틸이소부틸케톤	CH ₃ COCH ₂ CH(CH ₃) ₂	×	△	○	○	△	×
톨루엔	C ₆ H ₅ CH ₃	×	○	○	○	△	×
스티렌	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	×	○	○	○	△	×
자일렌(크실렌)	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	×	○	○	○	△	×
프로피온산	CH ₃ CH ₂ COOH	○	○	○	○	○	○
노르말부티르산	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	○	○	○	○	○	○
노르말발레르산	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	○	○	○	○	○	○
이소발레르산	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ COOH	○	○	○	○	○	○

* 자료) 악취물질 발생원 관리방안 개선을 위한 조사연구, 환경부(2001. 5)

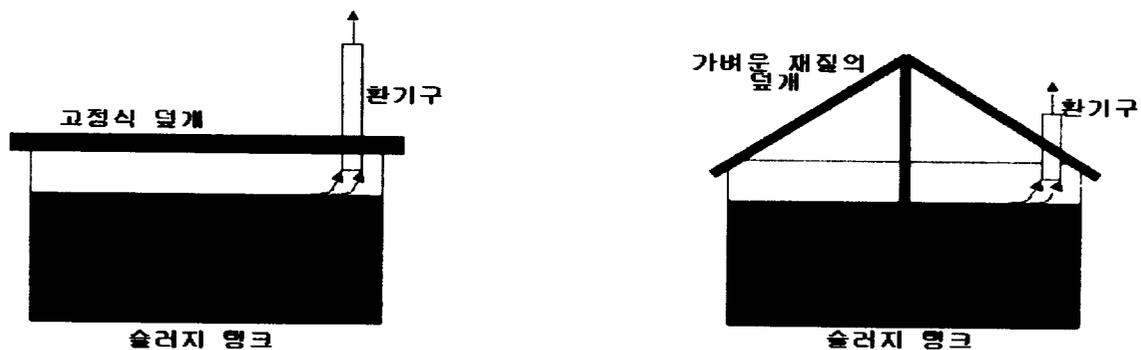
나. 방지시설 설치

국내·외국의 축산농가에서 적용중인 다양한 악취방지시설에 대한 조사결과는 다음과 같다.

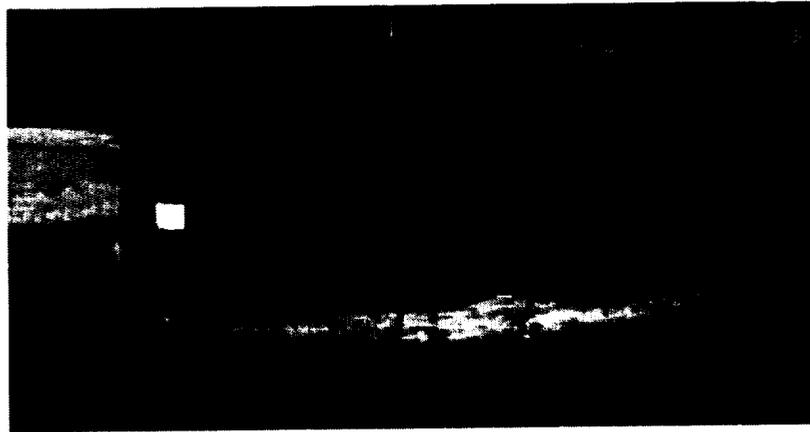
1) 덮개 (Covers)

돈사시설에서 악취발생원에 대한 덮개 처리는 암모니아, 황화수소, 기타 악취물질의 발생 및 대기 확산을 억

제할 수 있으며, 덮개의 종류로는 고정식과 유동식, 투과성 덮개 및 불투과성 덮개가 있다. 고정식 덮개에는 〈그림 10〉과 같이 콘크리트 또는 나무재질의 덮개와 가벼운 섬유유리 재질 등의 덮개가 있다. 고정식 덮개가 다른 형태의 덮개보다 사용 연한이 길지만(10~15년) 비용이 많이 든다. 국내에서 적용하고 있는 액비저장소의 덮개처리는 〈그림 11〉과 같다.



〈그림 10〉 고정식 덮개의 종류



〈그림 11〉 덮개 처리된 아연용용도금강판 액비저장조

유동식 덮개는 〈그림 12〉와 같으며, 불투과성 덮개의 경우 플라스틱이나 폴리스티렌 재질이 이용된다. 투과성 덮개의 경우 다양한 재질이 사용되는데 섬유재질 및 톱밥, 왕겨, 짚 등이 사용된다.



〈그림 12〉 유동식 덮개의 종류

고정식 덮개의 암모니아 처리효율은 미국 Minnesota 주립대학의 연구결과 약 80~95% 정도의 악취를 저감하는 것으로 조사됐으며, 추가적으로 환기구에 배출저감 시설을 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 돼지 사육농가의 분뇨탱크에 짚을 이용한 덮개 적용에서 약 30cm 적용 시에는 악취 및 황화수소를 60~78%, 82~

94%를 저감할 수 있는 것으로 조사되었다. 멤브레인 덮개 적용 시에는 악취 및 황화수소를 60~70%를 저감할 수 있는 것으로 조사되었다. 또한 캐나다 Nielsen et al.,(1986)의 연구결과에 따르면 분뇨저장소에 덮개처리를 하였을 때 〈그림 13〉과 같이 시설형태에 따라 최소 40~최대 90%의 저감효과를 나타내는 것으로 조사되었다.

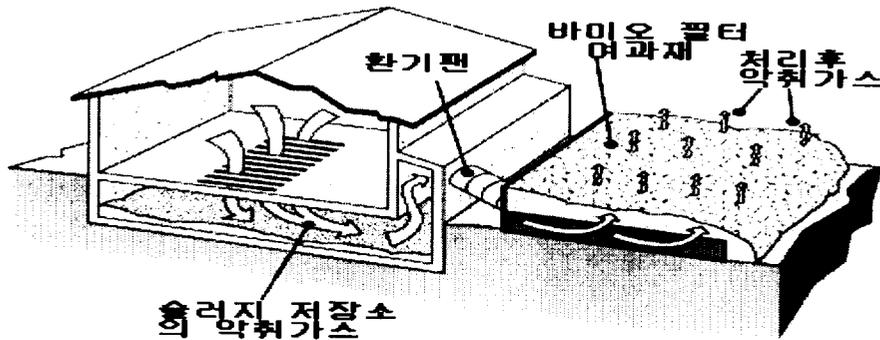
	0	20	40	60	80	100
NATURAL FLOATING CRUST	DRY		MOIST			
ARTIFICIAL FLOATING CRUST	STRAW					
	PLASTIC FOAM PELLETS					
	STRAW AND PLASTIC FOAM PELLETS					
FLOATING MATS AND TARPULIN	FLOATING MAT (PERMEABLE)					
	FLOATING TARPULIN (IMPERMEABLE)					
ROOFS AND IMPERMEABLE COVERS	CORRUGATED MATERIAL OR TIMBER					
	TIGHT TRUNCATED CONE TARPULIN					
	TARPULIN ON SUPPORTING CONSTRUCTION					
	CONCRETE OR IMPERMEABLE ROOFS					

〈그림 13〉 분뇨저장소의 덮개처리 시 악취감소 효과(캐나다)

고정식 덮개를 적용 시에는 환기조절 및 운영측면에서 사육농가의 관리용역이 추가적으로 많이 들지 않지만, 유동성 덮개시설은 경제적으로는 고정식보다는 저렴하나 관리용역이 추가적으로 필요하게 된다.

2) 생물여과 (Biofiltration)

생물여과는 <그림 14>와 같이 밀폐형 사육시설 중 슬러리 저장소에 적용하고 있는 환기시설에 생물여과장치를 부착하는 방식으로 암모니아 및 황화수소를 처리할 수 있는 저감방법이다. 여과물질은 다공성이 있어야 된다. 혼합배양토, 목편, 부피성 톱밥, 퇴비 등을 이용하며 두께는 25~50cm 정도로 <그림 14>와 같이 설치한다.



<그림 14> 생물여과장치 악취처리 방식



<그림 15> 생물여과장치 여과재 설치 예(미국)

생물여과의 설치규모는 환기량 0.4885m³/s당 생물여과 면적이 4.6~8.0m²가 일반적으로 요구된다. 그러나 현재 농가에 적용중인 시설의 환기용량은 대부분의 경우 생물여과에 필요한 환기량에 미치지 못하고 있어 생물여과 적용 시에는 추가적인 설비가 필요하다. 또한 시설내의 부유먼지가 생물여과장치의 환기팬에 부착하여 결과적으로 환기량의 감소로 인해 제거효율이 감소할 수 있어 먼지제거 과정이 추가적으로 필요할 수 있다. 악취감소는 50~90% 라고 보고되고 있다. 미국 Minnesota 주립대학의 연구결과 겨울철 밀폐환기 적

용 시 최대 악취물질 95%의 저감효과가 있는 것으로 조사되었다. 여름철의 경우는 내부 온도 상승에 따라 환기량을 늘리는 방식을 적용하고 있었다. 또한 생물여과 장치는 덮개시설을 적용한 퇴비 저장소에도 적용할 수 있다.

3) 생물세정 (Bioscrubbing)

생물세정 방식은 생물여과와 같은 개념으로 여과재 대신 수세방식을 적용하는 것으로 암모니아 및 황화수소를 처리할 수 있고 처리효율은 89%정도이다. 이 방

식의 장점은 미세먼지 농도에 크게 영향을 받지 않는다는 점이나, 처리 후 세정액의 추가적인 처리장치가 필요하고 운영비가 많이 든다는 점이며, 온·습도 및 오염물질 농도에 따라 처리효율이 크게 변한다는 점이다.

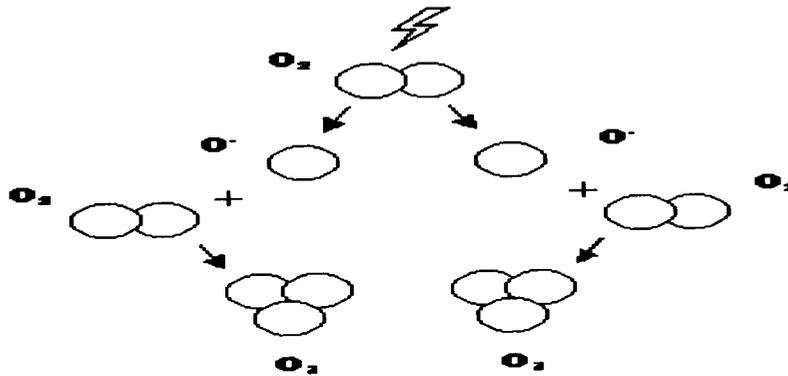
4) 가스흡착 (Gas absorption)

가스흡착 방식은 밀폐형 사육시설의 환기시설에 추가적으로 흡착시설을 설치하여 산성 흡착제에 악취물질을 흡착하여 처리하는 방법으로 주로 암모니아 및 황화수소를 처리하는 방식으로 처리효율은 53% 이하이며, 미세먼지와 악취물질을 동시에 제거가 가능한 장점이 있으나, 처리시설의 유지 및 관리비용(세정액, 전기비용)이 많이 드는 단점이 있다.

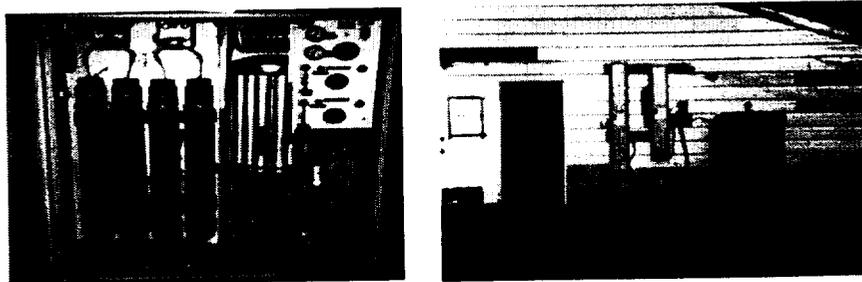
5) 오존처리 (Ozonation)

오존처리 방식은 강한 산화제인 오존으로 악취물질을 산화 처리하여 제거하는 방식으로 오존이 암모니아와

혼합되었을 때 생성되는 가스는 $O_3 + NH_3 \rightarrow N + H_2O$ 로 생성된 질소와 수증기가 발생된다. 이 원리는 오존이 유해가스와 혼합되었을 때 그것들을 무취, 무해로 산화시킨다. 암모니아 및 황화수소를 산화처리하며, 처리효율은 15~50% 정도이다. 오존처리는 <그림 16>과 같이 고압의 전기력으로 공기 중 산소를 이용하여 오존을 발생시키는 원리로서<그림 17>의 오존발생기(Ozone generator)를 이용하여 돈사내부의 오존농도를 0.001~0.100 ppm로 유지하여 악취물질을 산화 처리하는 방식이다. 오존처리는 암모니아와 황화수소를 동시에 처리할 수 있는 장점과 축사내 살균 소독으로 인한 가축질병예방의 장점이 있으나, 오존 반감기가 짧기 때문에 지속적으로 가동해야 한다. 이에 따라 유지비가 많이 드는 점과 초기 설치비용이 많이 드는 단점이 있다. 아직도 가축분뇨에서 발생하는 복합취인 악취물질에 대하여 확실한 효과에 대하여는 검증 중에 있다.



<그림 16> 오존발생 기작



<그림 17> 오존발생기 및 설치 예 (미국 Missouri주)

6) 축매 산화처리

축매 산화처리 방식은 액상축매 및 광촉매를 이용하여 악취가스를 흡착/산화 처리하는 방식이다. 이러한 처리방식은 현재 국내에서 많은 연구가 진행 중에 있다. 최형송의 「돈사에서 발생하는 악취 및 유해가스 제거 system 개발」 연구에서 3곳의 돼지사육농가에 대한 Pilot규모로 처리장치를 설치/가동하였으며, 처리장치의 효율은 황화수소의 경우 평균 61%, 암모니아의 경우 평균 81.2% 정도였다. 그러나 액상축매와 미생물을 이용한 악취제거 장치의 경우 돈사 건축 시부터 악취를 포집하기 위한 포집관을 설치해야만 하며, 정화장치의 높이가 돈사의 높이보다 월등히 높아야 하기 때문에 돈사 내에 설치하기가 용이하지 않다. 따라서 대규모 돈사 처리장고 사료공장 등에 적용하는 것이 유용하며, 광촉매를 이용한 악취제거 장치는 촉매독이 없고 TiO₂의 경우 비교적 저렴하며, 제작비용이 적고, 소형화가 가능한 장점이 있으나, 축매 담체에 대한 개발이 선행되어야 한다.

7) 첨가제 투입

첨가제 투입의 처리방식은 특정 미생물 및 효소를 분뇨 슬러리에 투입하여 분뇨의 소화를 촉진시켜 암모니아 등 악취물질 발생을 감소시키는 방식으로 미생물의 생활 조건에 등에 따라 효과가 다르나 악취저감을 위해 미생물제제 등 첨가제를 분뇨에 첨가한다. 또한 돼지에게 급여시 분뇨에서 발생하는 악취를 저감 목적으로서 사료에 첨가 급여하는 제재(급여형)가 시판되고 있다. 이 처리방식은 추가적인 장치의 설치비용이 거의 안 드는 장점이 있다. 그러나 유통되고 있는 제품마다 악취물질에 대한 저감효과가 많은 차이가 있기 때문에 구입 시 좀더 신중을 기할 필요가 있다.

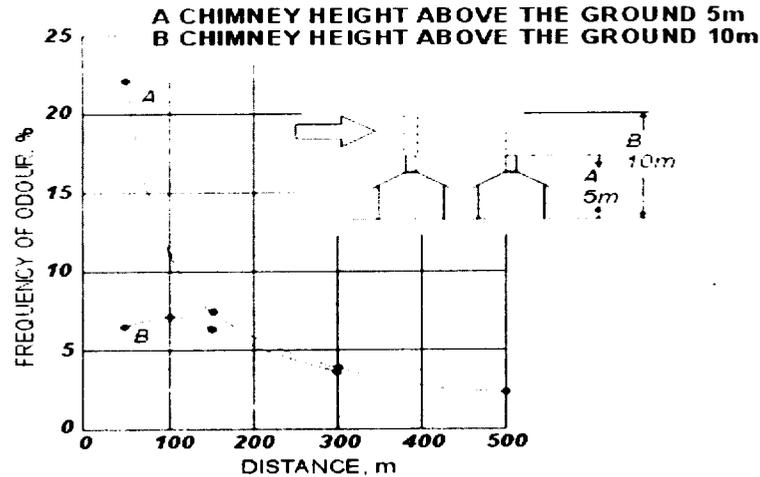
8) 화학제제 이용

악취를 억제하고 최소화하는데 효과적으로 이용할 수 있는 화합물들이 많이 있다. 화학 약품의 4가지 일반적 유형이 있다. Masking agent는 악취에 강한 방향제다. Counteractants는 특정한 방향오일제로 악취의 냄새를 제거 또는 중화하도록 되어있다.

Odor-absorption chemicals는 반응 악취의 원인이 화학물질을 변화시켜주는 반응 화합물이다. Biological compounds는 이를테면 효소나 박테리아에 의한 생산물로 악취 화합물들이 발생하지 않도록 분해시키고 변화시켜 준다. 이 화합물들은 분뇨저장조에 직접 넣어 주거나, 사료에 넣어서 이용할 수 있다. 여러 가지의 악취 제어 화학약품의 유효성에 관한 연구가 있다. 돈사에 많은 양의 약품을 사기전에 특정 악취 제어 화학약품을 테스트하는 것이 중요하다. 가축분뇨에서 발생하는 복합 악취물질을 저감시키는 좋은 제품 중의 하나를 택해야 된다.

9) 시설 및 환기 관리

- 개방식 돈사보다 무창식 돈사가 배출되는 악취를 제어하기가 쉽다. 따라서 개방식 돈사에서 배출되는 악취를 줄이기 위해 개방식 돈사의 경우 무창돈사로 개보수를 하여야 할 것이다.
- 돈사 신축시 무창돈사로 건축하며, 악취저감 시설을 설치한다.
- 돈사로부터 발생하는 많은 양의 악취, 먼지는 배출공기와 함께 돈사 밖으로 배출되어진다. 돈사로부터 발생하는 먼지는 악취물질을 흡착하여 멀리 이동한다는 연구보고가 발표되고 있다. 먼지발생 및 배출을 최소화하기 위하여 습식 급이 시스템 설치하거나, 먼지제거 청소, 먼지포집 제거기 등을 설치하면 악취의 이동거리를 줄인다.
- 펜으로부터 3~4.5m 후방에 고체 또는 다공성 벽을 세우면 먼지의 침전이나 악취 물질의 분산을 도울 수 있다.
- 분뇨제거 및 분뇨찌꺼기, 먼지 등을 용이하게 제거 할 수 있는 건축 자재로 된 돈사는 악취를 적게 발생한다.
- 캐나다 Grennfelt et al.,(1975)의 연구결과에 따라(그림 18)과 같이 축사의 환기구를 높게 설치할수록 축사 인근(300 m 이내)에서의 악취 빈도가 낮게 나타남을 알 수 있다.



〈그림 18〉 환기구 높이에 따른 악취빈도 특성(캐나다)

10) 이웃과 관계

- 이웃주민 또는 인근 민가와 원만한 관계를 유지하며 분뇨 살포시 이해와 양해를 구하라.
- 악취에 대하여 불평하는 주민들과 서로 논의를 하면서 주민들이 느끼는 불편한 점들에 대해 농장주가 해결하고자 노력과 대책을 공동으로 수립하는 방안도 악취저감 방법의 하나다.

11) 격리거리

악취의 강도와 확산거리를 예측하여 축사위치를 정하는 것은 매우 어려운 것이다. 이러한 예측은 평균적인 것으로 실제적으로 현장에서 악취에 관련된 민원 및 사건의 빈도, 분뇨처리 및 저장방법, 농장관리, 축사형태, 가축사료, 대기온도, 습도, 그리고 풍속, 지형, 풍향, 대기의 안정·불안정 등 여러 가지 요인으로 유의적으로 다를 수 있다. 국내·외에서는 이웃주민에게 악취로부터 불편감을 최소화하기 위하여 권장 격리거리를 다음과 같이 제시하고 있다.

〈표 15〉 가축농장, 분뇨처리 시설 및 처리 시 이웃과 격리거리

구 분	격리거리	출 처
액비 사용시	-200m 이상	농촌진흥청, 2002. 가축분뇨 액비이용기술
사육규모기준 1) -Class 1A : 7,000이상 AUE -Class 1B : 3,000 이상 6,999 미만 AUE -Class 1C : 1,000 이상 2,999 미만 AUE	-최소 900m -최소 600m -최소 300m	미국 미조리주
사육규모기준 2) -50 AU이상~1,000 AU미만 -1,000 AU이상~7,000 AU미만 -7,000 AU이상	-주거지역 : 최소 400m -주거밀집지역 : 최소 800m -주거지역 : 최초 1,000AU미만 400m에서 1,000AU 증가 당 약 65m 씩 증가 -주거밀집지역 : 최초 1,000AU 미만 400m에서 1,000AU 증가당 약 130m 씩 증가 -주거지역 : 최소 800m 이상 -주거밀집지역 : 최소 1.6km 이상	미국 일리노이주

1) AUE : animal unit equivalent

2) AU : 비육우 1.0, 젖소 1.4, 송아지 0.6, 돼지(25kg 이상) 0.4, 돼지(25kg 미만) 0.1 양 및 염소 0.1, 말 2.0, 칠면조 0.02, 산란계 및 육계(자동수세식 분뇨처리) 0.01, 산란계 및 육계(수동식분뇨처리) 0.03, 오리 0.03

12) 기 타

- 방풍벽(Wind break wall)은 공기에 악취의 회석을 증가시켜 악취를 먼 거리까지 이동시키는 것을 감소시킨다. 방풍벽은 에어로졸 드리프트를 줄이는데 효과적이다. 적어도 2열의 나무가 필요하고, 3열이 좋다고 추천되고 있다.
- 아직 검증은 안 되었으나 농장 주변에 방풍림 등 적절하게 심어 조정하면 돈사로부터 나오는 먼지나 악취물질의 장벽을 만들어 악취를 분산시킬 가능성이 있어서 악취에 대한 불쾌감을 줄일 수 있다 하고 있다. 단 나무의 성장기간이 필요하다.
 - 회양목, 노송나무, 산호주, 사철나무, 무궁화나무, 진달래과 나무 등에 악취저감 효과가 있는 것으로 알려져 있다.
- 사람들에게 악취를 상기시킬 수 있는 분뇨저장조나 보기 흉한 지역을 보이지 않게 하기 위해서 시각적인 스크린(장벽)을 사용하라. 만약 농장주가 악취를 최소화하려고 힘쓰면 이웃은 빈번하지 않은 악취에 대해 불평을 적게 할 것이다.
- 신규 축사 부지 선정 시에는 축사와 분뇨처리 시설을 이웃, 바람, 공기 배출 등 악취에 관련해서 위치를 정한다.
- 만약 돼지 피부가 분뇨로 더럽게 되면 몸의 열로 인해서 악취를 촉진시킬 것이다.

다. 분뇨 및 액비 처리시 유의 사항

1) 분뇨 관리시 악취저감

- 깔집 형태의 농장은 곤죽 형태를 피하기 위해서 충분한 깔짚을 항상 제공해야 한다.
- 만일 더운날에 분뇨를 살포하려면 아침에 해라.
 - 지표의 공기가 더워지고 상승하며, 악취도 대기 중에 상승하고, 지표를 따라 이동하지 않을 것이다. 또한, 분뇨가 빨리 건조해지고 악취는 저녁 전까지 줄어들 것이다.
- 분뇨 살포시 추운 날이 더운 날보다 악취 발생이

적다. 침출수 문제가 발생할 수 있는 열거나 눈덮인 땅에는 분뇨를 살포하지 마라.

- 분뇨처리 시설의 적절한 운전과 처리시설이 깨끗하고 주위를 청결함이 유지되면, 그렇지 못한 시설보다 같은 악취도에서 부정적 반응이 적다.

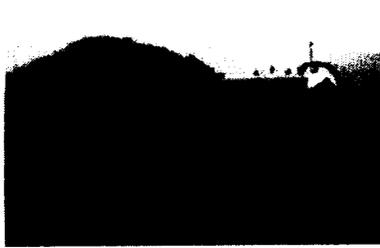
2) 액비 살포시 악취저감

국내에는 약 1,108기(2003년 말)의 액비저장조가 설치되어 있다. 저장된 액비를 농경지에 살포시 발생되는 악취를 저감하기 위해서는 다양한 방법을 적용해야 될 것이다. 악취 발생을 줄일 것이기 위해 저장된 액비 위에 형성된 natural crust(단단한 껍질층)를 파괴하지 말고 유지하여야 한다. 다음은 액비 저장조에 저장된 액비에 대하여 저장 탱크에 커버 방법에 따라 저장기간 중 악취 휘산을 감소 시켜야 한다<표 16 참조>.

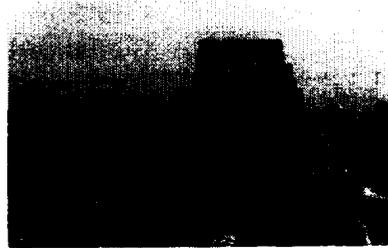
〈표 16〉 액비저장조의 슬러리 표면처리 형태별 암모니아 휘산 감소율

저장조의 슬러리 표면처리	암모니아 휘산 감소율
콘크리트 지붕처리	90~95%
비닐	85~90
벚짚 10cm	60~70
피트모스 10cm	80~95
유채기름 살포 0.5cm	80~85
뚜껑 없음	25~75

아래 그림에서 보는 것처럼 관행살포 기법에 비해 토양에 살포할 때 악취를 최소화 할 수 있는 유효한 관리법은 지표살포와 토양속에 액비를 주입하거나, 퇴비를 살포시에 토양과 즉시 혼합 지중살포 방법이 〈표 17〉과 같이 악취발생을 줄일 수 있는 것으로 조사되었다.



〈그림 19〉 관행 액비살포



〈그림 20〉 지표 액비살포



〈그림 21〉 지중 액비살포

이러한 방법을 적용했을 때 미국 Missouri 주립대학의 연구결과 최대 90%까지 악취를 저감할 수 있는 것으로 조사되었다.

〈표 17〉 액비살포 방법별 악취농도

살포 방법	악취농도(외기 100기준)
관행살포기	400.5
지표살포기	165~185
지표살포기+디스크헤로우	120~147

액비를 살포할 경우 사전에 준비와 지켜야 될 사항은 아래와 같다.

- 주변 경작 농작물의 재배 이력을 가능한 잘 알아 액비나 분뇨가 필요한 시기에 살포할 수 있도록 경종농가와 서로 협의한다.
- 액비를 살포할 예정인 날에 온도, 습도, 풍향, 풍속, 강우 등 기상상태는 어떤지?
- 저장조에 공기를 불어 넣어줄 때 악취가 많이 발생된다. 따라서, 공기를 넣어줄 때 악취 피해를 최소화 할 수 있도록 준비가 되었는지?

- 살포 대상 경작지 토양에 얼마나 살포해야 되는지?
 - 적용한도 범위 내로 적절한 액비를 살포한다.
- 현재 액비를 살포할 농경지에 풍향이 민가와 반대 쪽에서 부는지?
 - 풍향이 민가 쪽에서 불어올 때 살포하여야 악취로 인한 민원을 저감할 수 있을 것이다.
- 액비 살포 점심시간 및 출, 퇴근 시간대를 피해 실시한다.
- 분뇨가 얇게 살포되면 악취물질이 빠르게 휘발된다.
 - 액비 살포량이 많으면 많을수록 암모니아 및 탄산가스 발생량이 많다.
- 액비 살포시 기온이 낮을 때 적용하는 것이 높을 때 적용하는 것보다 악취가 적게 발생한다. 단 토양이 얼어있거나 눈이 온 상태에서의 액비 살포는 유출이 발생하여 수계에 오염을 일으킬 수 있다.
- 여름철에 액비 살포 시에는 오전 8시에서 오후 2시 사이에 적용한다. 습도가 낮고 기온이 올라가는 기상조건에서 살포하며, 습한 날이 아니며 발생된 악취는 대개 1~3일 안에 가라앉는다.

캐나다의 Nova scotia주 농림부의 조사결과 기상조건별 악취민원의 발생관계는 〈그림 22〉와 같다.

GENERAL	DETAILED	ODOUR OFFENSIVENESS		
		LOW	MODERATE	HIGH
Time of Year	Spring	[Bar chart showing low to moderate levels]		
	Summer	[Bar chart showing moderate to high levels]		
	Fall	[Bar chart showing low to moderate levels]		
Time of Week	Weekdays	[Bar chart showing low to moderate levels]		
	Weekend	[Bar chart showing moderate to high levels]		
	Holidays	[Bar chart showing low to moderate levels]		
Time of Day	Early morning	[Bar chart showing low to moderate levels]		
	Morning	[Bar chart showing moderate to high levels]		
	No on	[Bar chart showing moderate to high levels]		
	Afternoon	[Bar chart showing moderate to high levels]		
	Evening	[Bar chart showing moderate to high levels]		
Wind	No wind	[Bar chart showing moderate to high levels]		
	Light	[Bar chart showing moderate to high levels]		
	Strong	[Bar chart showing low to moderate levels]		
Humidity	Dry	[Bar chart showing moderate to high levels]		
	Moist	[Bar chart showing moderate to high levels]		
	Wet precipitation	[Bar chart showing low to moderate levels]		

*Based on various studies and on personal observations of the authors.

〈그림 22〉 액비살포 시간 및 기상조건에 따른 민원발생과의 관계 (캐나다)

IX. 결 론

축산 시설에서는 산업시설과 다른 악취 물질이 배출되므로 산업용 악취 저감기술을 그대로 적용할 수는 없다. 또한 국내 축산 농가들의 경제적 기술적 여건을 고려하고, 축종별 주요 악취물질을 선정하고, 이에 맞는 저감기술을 적용하여 투자액 대비 악취 저감 효과를 극대화 할 수 있는 악취 저감 기술을 적용토록 하여야 할 것이다. 돈사로부터 발생하는 복합취인 악취물질을 모두다 동시에 저감시킬 수 있는 방법은 아직 개발되어 있지 않다. 다만 어느 특정 물질에만 저감효과가 있는 방법들이 제시되고 있다. 돈사 외 모든 축사와 가축분뇨로부터 발생하는 악취를 저감시키기 위해서는 사료 등 영양물질, 축사시설, 분뇨처리시설 및 시용방법, 격리거리, 저감기술개발, 가축관리자의 마음자세, 주변상황 등 악취를 저감시킬 수 있는 기술 개발을 위해 종합적인 연구와 방법들을 더욱더 모색해야 될 것이다.

※ 본 연구 결과 중 일부 내용은 축산연구소 와 수원대학교 환경청정기술센터와 공동 연구한 결과임을 밝혀둔다.

인 용 문 헌

- Alternative systems for piggery effluent treatment. 2000. Environment Protection Agency (south australia) and The Rural City of Murray Bridge
- Bicudo, J. R. 1999 Frequently asked questions about covers. University of Minnesota Extension Service, Biosystems and Agricultural Engineering FAQ No. 2. 2 pp
- Bicudo, J.R., Schmidt, D.R., Jacobson, L. D. and Janni, K. 1999. Reducing odor, hydrogen sulfide, and ammonia emissions from manure with straw and geotextile covers. Minnesota/Wisconsin Engineering Notes, Dept. of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Minnesota. Fall
- Department of Agriculture, Trade and Consumer Protection, State of Wisconsin, Livestock Guidance-Local Planning for Livestock Operations in Wisconsin, 2003
- David Schmidt et al., 2000. Biofilters for odor control, Dept. of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Minnesota
- Donald L. Pfost et al., 1999. Odors From Livestock Operations : Causes and Possible ures, Dept. of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Minnesota
- Jose R. Bicudo et al., 2004. Using Covers to Minimize Odor and Gas Emissions from Manure Storages, Dept. of Biosystems and Agricultural Engineering University of Kentucky
- Jacobs, P. 1994. Odour control guidelines for livestock operators, Nova Scotia Dept. of Agriculture and Fisheries
- Janni, K., Jacobson, L. D. Bicudo, J.R., Schmidt, D.R. and Guo, H. 2000. Livestock and poultry odor workshop II-biofilters, cover, OFFSET, and odor management plas. Dept. of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Minnesota, St. Paul, MN. 100pp
- Marsh, L. and Karapetyan. Z. 1999. Gaseous emissions from swine production facilities : A review of technologies designed to reduce odor. Virginia Tech.
- Understanding Livestock Odors. NC State University North Carolina Cooperative Extension Biological and Agricultural Engineering
- <http://www.dpi.dld.gov.au>
- <http://www.cu.uky.edu/agc/magazine/2002>
- <http://sowm.outreach.uiuc.edu/areas/odor>
- <http://www.age.uiuc.edu/bee/research/cover/cover.html>
- <http://www.permroofing.com/ozone/>
- <http://www.legis.state.il.us/commission/jcar/admincode>
- <http://www.ace.uiuc.edu/aglaw/livestock.html>

- <http://www.abe.iastate.edu/homestudy/odorsess.htm>
- 농촌진흥청. 2002. 가축분뇨 액비 사용기술
- 농림부. 2000. 돈사에서 발생하는 악취 및 유해가스 제거 system 개발
- 농림부. 2004. 축산분뇨처리시책 및 기술교육
- 류희욱 등. 2003. 양돈시설 악취관리 : I. 국내 양돈 산업 현황 및 악취 특성, 한국냄새 환경학회지 제2권 제2호
- 류희욱 등. 2003. 양돈시설 악취관리 : II. 악취 관리 계획 수립, 한국냄새환경학회지 제2권 제2호
- 축산시험연구보고서. 2003. 축산연구소(발간예정)
- 환경부. 2001. 악취물질 발생원 관리방안 개선을 위한 조사연구