

발간등록번호

11-1543000-001168-01

축산악취 관리 지침서

〈현장적용 자가진단 매뉴얼〉



농림축산식품부
Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs



축신환경관리원
Institute of Livestock Environmental Management

발간사

축산업이 당면하고 있는 각종 질병의 발생, 가축분뇨의 적정처리 등의 문제를 해결하지 않고서는 축산업 발전을 기대할 수 없습니다. 지속가능한 친환경 축산업을 육성하기 위해서는 환경오염 문제, 특히 악취 문제가 선결되어야 할 것입니다.

최근 가축 사육두수 증가로 다량의 가축분뇨가 발생하고 있는 상황이며, 축산 농가와 인접한 민가 및 농가 등에서 축산농가에서 발생하는 악취로 불만이 고조되고 있어, 이로 인해 악취 민원이 다량 발생하고 있는 실정입니다. 특히 농촌지역에 귀농인들의 유입과 펜션에 관광객의 방문이 잦아지면서, 악취에 민감하게 반응하고 있습니다. 악취 발생은 주변 민원의 증가로 축산업의 지속가능한 발전에 어려움을 초래하고 사육중인 가축의 생산성 또한 저해합니다. 이와 같이 관리에 소홀한 일부 축산농가에서 발생하는 악취 문제가 전체 축산농가의 생존을 위협하고 있지만, 많은 축산농가들이 악취를 저감하기 위해 노력을 하고 있습니다. 악취 저감을 위해 사료나 음용수에 유용미생물을 혼합해 급이하고, 축사 내·외부를 주기적으로 청소하며 악취 저감시설을 설치하는 등의 노력을 하고 있습니다.

대부분의 축산농가는 악취 저감을 위한 노력이나 악취 저감시설 설치에 투자할 계획을 가지고 있지만, 농장 내의 악취 발생 원인과 대책 등에 대한 정확한 자가진단에 어려움을 호소하고 있습니다. 이에 축산업 관련자들이 악취 발생 원인을 파악하고 진단하여 악취 저감에 적극적으로 활용할 수 있는 악취관리 지침서의 필요성을 인지하여 일선현장에 근무하고 계시는 축산농가에서 쉽게 이해하고 악취 문제에 대처할 수 있도록 제작하였습니다. 본 축산악취 관리 지침서가 가축분뇨에 의한 악취·환경오염 문제를 해결하고 지속가능하고 안정적인 친환경 축산업의 발전에 도움이 되길 바랍니다.

감사합니다.

2015년 12월
재단법인 축산환경관리원장
장 원 경

차 례

Contents

I 악취	제1장 악취 제거의 기본	9
	1. 악취란 무엇인가? 9 2. 축산농가의 악취 저감 목적 11	
II 축산농가	제1장 양돈	15
	1. 악취 발생원 15	
	2. 축사 악취 제어 방법 22	
	3. 악취 저감 시설 및 방법 45	
	4. 축산농가의 악취 저감 사례 51	
	제2장 한·육우 및 젖소	65
	1. 깔짚우사 및 퇴비장 관리 65	
	2. 축사 악취 제어 방법 69	
	3. 퇴비사(장) 악취 제어 방법 78	
	4. 축산농가의 악취 저감 사례 86	
제3장 양계	91	
1. 계사 악취 발생 관리 91		
2. 계사 악취 제어 방법(퇴비화) 96		

III 공동자원화 시설 및 액비 유통센터	1. 현황 및 고려사항	105
	2. 시설 및 처리과정	108
	3. 악취 발생 단계	114
IV 별첨	1. 배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정 범위	121
	2. 가축사육시설 단위면적당 적정 가축사육기준	124
	3. 미생물의 용도별 활용법	128
	4. 퇴비화 과정 중 나타날 수 있는 현상과 대책	130
	5. 탈취장치의 종류와 개요	132
	6. 교반기 종류	134

축종별, 유형별로 쉽게 찾아보는 방법

〈숫자는 관련된 “쪽”을 표시〉

유형 \ 축종		돼지	소		닭	
			한우	젖소	육계	산란계
분뇨 수거 유형	인력식	30				
	스크래퍼 (자동컨베이어)	32				101
	슬러리피트	34				
	깔짚	36	65		100	
분뇨 처리 유형	고액분리	38				
	퇴비화	39	78			
	액비화	41	66			
	정화처리	43				
	위탁처리	44				
악취 저감 시설	물리적	45				
	화학적	46				
	생물학적	47				
미생 물제 활용	사료·음용수	48				
	살포용	49				
	슬러리피트	50				



I

악취

제1장 악취 제거의 기본

1 악취란 무엇인가?

- 악취 방지법에서 악취란 암모니아, 황화합물류, 인돌류, 페놀류, 아민, 지방산류, 그밖에 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새라고 규정하고 있으며, 이 중 암모니아(NH_3)와 황화수소(H_2S)가 대표적인 악취 성분이다.
- 축산시설이나 분뇨에서 발생하는 악취 중, 양돈농가에서 발생하는 주요 악취 물질은 돼지 생체에서 약 40종 이상이 생성되며, 분뇨를 저장하거나 처리하는 과정 중에서 10종 이상이 생성되고 있다.
- 악취의 원인물질을 모두 관리하는 것은 불가능하며, 2010년 이후 22가지 물질에 대하여 지정악취물질로 지정하여 관리하고 있으며, 복합악취(두 가지 이상의 악취물질)물질의 측정은 “공기회석관능법”에 따라 사람이 직접 냄새를 측정한다.
- 지정악취물질(22종)의 분석은 측정분석장비를 이용하여 기기 분석법에 의해 활용한다.
- 축산농장은 기타지역의 배출허용기준에 속하며 악취 측정은 부지경계선에서 하도록 한다(별첨 1).

- 물리, 화학, 생물학적 방법을 이용하여 악취 저감을 위해 노력한다면 축사 내·외부와 주변으로의 악취 확산을 방지할 수 있다.

구분	악취 저감 방법
<ul style="list-style-type: none"> ■ 생성된 악취 휘산억제 	바이오커튼, 바이오필터, 방풍림 등
<ul style="list-style-type: none"> ■ 악취 원인물질이 축산악취로 진행 되는 것을 방지 	분뇨신속 배출, 냄새저감미생물 활용, 액비재순환 시스템, 산화제 활용 등
<ul style="list-style-type: none"> ■ 냄새물질 유입 차단 	고단백질사료 급여지양, 사료허실 방지, 사육밀도 유지

2

축산농가의 악취 저감 목적

- 삶의 질 향상과 악취방지법의 영향으로 축산농가 주변에서 악취 관련 민원이 다수 발생하고 있으며, 이로 인해 축산농가에서 악취를 저감하지 못한다면 축산업의 존립이 어려운 상황이다.



- 축사 내 악취가 발생하는 원인을 파악하면 주변으로의 확산을 막을 수 있고, 축사에서 근무하는 사람과 가축의 건강을 지킬 수 있으며 가축생산성을 높일 수 있다.
- 축산농가가 스스로 악취 저감을 위해 노력하는 것을 보임으로써 주변 민원인들의 인식 변화를 가져올 수 있다.
- 뿐만 아니라, 축산농가에서 발생하는 부산물을 퇴비 또는 액비로 제대로 부숙시켜 주변 경종농가에 보급하면 민원인과의 관계 개선에도 도움이 될 수 있다.

- ☞ 축산농가 주변 악취관련 민원 해결 및 발생원 감소
- ☞ 축산시설에 대한 혐오감 감소



- ☞ 축산농가 수익 증대
- ☞ 악취 저감 노력을 통해 축산농가와 주변 경종농가의 상생효과

.....

II

축산농가

제1장 양 돈

제2장 한·육우 및 젖소

제3장 양 계

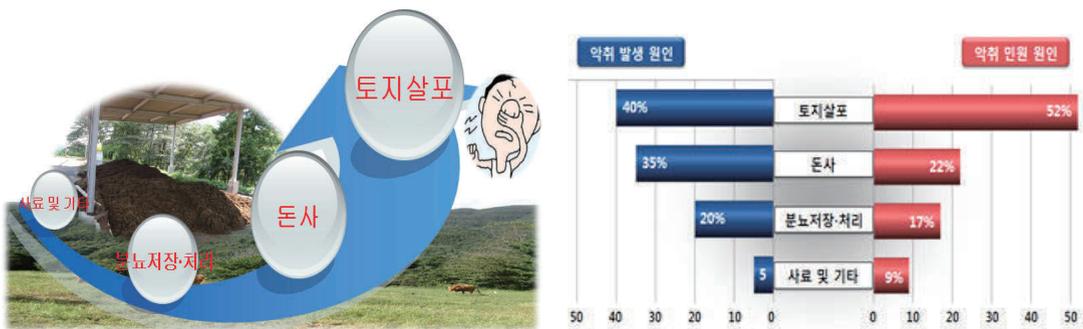
1

악취 발생원

1

악취 발생 원인 및 방안

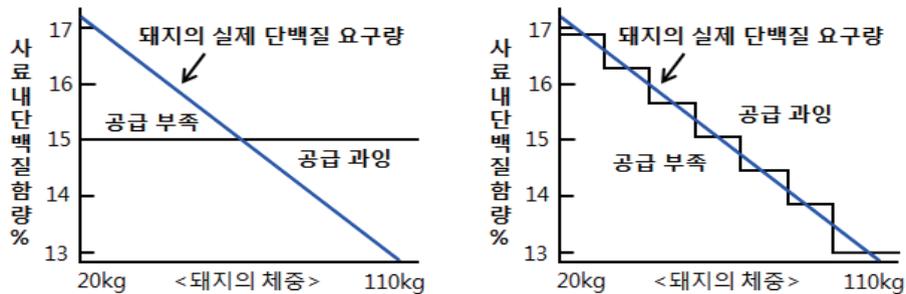
- 악취 발생 및 민원의 원인은 크게 미부숙 액비의 토지살포, 돈사, 분뇨저장, 처리 등으로 볼 수 있으며, 그림 1에서와 같이 악취 발생과 민원의 가장 주요한 원인은 미부숙된 퇴·액비의 농경지 살포에 의한 것으로 나타났으며, 그 다음으로 돈사와 분뇨저장 및 처리 과정에서 발생하고 있으며 악취 발생과 악취 민원이 밀접한 상호관계를 나타내고 있다.



출처 : 농업기술실용화재단('12)

그림 1 악취 발생 및 악취 민원의 원인

- 토지 살포에 따른 악취 발생 원인은 경종농가와 축산농가가 연계하여 액비의 이송, 저장, 살포 등을 총괄하는 조직체가 아직 활성화되지 않았으며, 이로 인해 일부 축산농가 및 재활용업체 등이 분뇨나 미부숙 액비를 수거하여 토지에 살포하여 악취 민원이 발생되고 있다.
- 토양 살포시 부적절하게 가축분뇨를 이용시에는 악취 등 환경오염을 초래하므로 적정 양분 수준을 유지하여 부영양화와 환경오염과 연관지어 적정관리가 이루어져야 한다.
- 토지에 미부숙 퇴·액비를 살포함으로써 발생하는 악취는 그 이전 단계인 축산농가나 분뇨처리 과정에서 적절한 부숙에 의해 대처할 수 있다.
- 다음으로 돈사에서 악취 해결을 위해서 돈사관리 또는 분뇨처리 과정이 최우선된다면 악취 발생에 관한 문제가 상당부분 해결될 수 있다.



출처 : 국립축산과학원

그림 2 성장단계별 단백질 공급량 결정

- 많은 축산농가에서 고단백질 사료가 가축의 성장에 큰 도움이 될 것으로 생각하여 그림 2의 왼쪽과 같이 사료급이지 돼지의 체중에 적합한 단백질 요구량보다 많은 양의 단백질을 사료를 통해 부적절하게 공급하고 있다.
- 특히 일관사육 농장의 경우 육성·비육돈의 비중이 높지만 사료의 비중은 육성돈에 맞춰져 있어, 그 성장단계에 필요한 단백질 요구량보다 많은 양의 단백질이 사료에 포함되어 공급되고 있다.

표 1 사료의 단백질 수준별 돼지 생산성 분석결과(체중 55~114kg)

처리구	단백질 수준(%)	
	권장수준 ¹⁾	관행수준 ²⁾
일당증체량(g)	758 (100)	789 (104)
사료섭취량(g)	1,808 (100)	1,762 (74)
사료효율	0.42 (100)	0.45 (107)

출처 : 국립축산과학원('13)

- 1) 권장수준의 조단백질 함량 : 비육전기(50~80kg) 16%, 비육후기(80~120kg) 14%
- 2) 관행수준의 조단백질 함량 : 비육전기(50~80kg) 19%, 비육후기(80~120kg) 17%

- 고단백질 사료가 가축 성장에 미치는 영향에 대한 결과를 표 1에 나타내었다. 권장수준과 관행수준으로 사료를 공급한 결과 사료 내 단백질의 함량과 가축의 일당증체량은 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났으며, 이는 사료 내 단백질 함량이 그림 2의 오른쪽과 같이 조절, 공급되어도 돼지의 사양에 큰 영향이 없을 것으로 판단된다.

표 2 육성돈 사료의 단백질 수준별 돈분뇨의 냄새 물질 농도 비교 (단위 : mg/L)

	단백질 수준 (%)		
	저단백(15%)	권장(17.5%)	관행(20%)
페놀류	23.74 (100)	23.67 (100)	27.47 (116)
인돌류	2.69 (101)	2.66 (100)	4.13 (155)
이성체지방산	129 (84)	154 (100)	280 (182)

출처 : 국립축산과학원('13)

- 표 2와 같이 사료 내 단백질이 사육단계보다 많이 공급되면 전부 체내에서 소화되어 생육으로 사용되지 못하고, 결국 악취 유발 물질이 다량 함유된 상태에서 분뇨로 배출되어 심한 악취가 발생하여 민원 발생의 원인이 된다.

2 약취 저감 방법

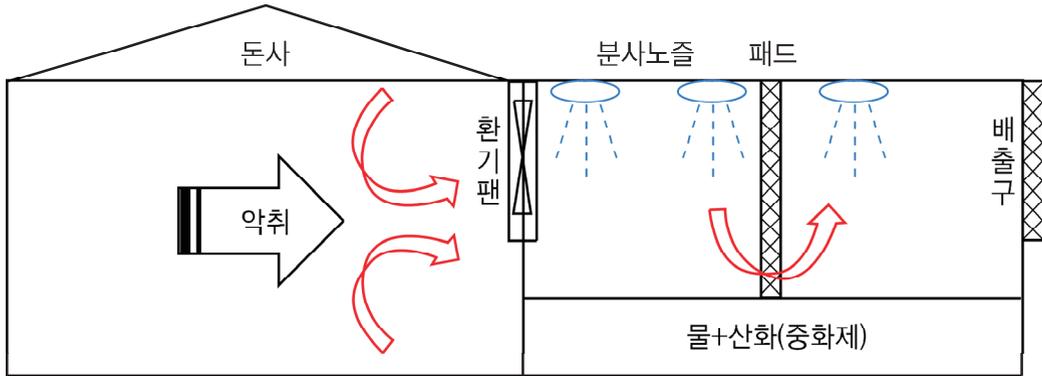


그림 3 약취 저감 시설의 공정

표 3 약취 저감 원리와 제거 가능 성분

세정법	원리	제어가능 약취물질	특징
물세정법	<ul style="list-style-type: none"> 약취 성분을 물에 용해 	<ul style="list-style-type: none"> 암모니아, 저급아민, 저급지방산, 황화수소 등 	<ul style="list-style-type: none"> 설치/운전비가 적음 먼지 제거가 가능하고 가스 냉각효과가 있음
약액 중화법	<ul style="list-style-type: none"> 약취물질을 약액으로 흡수시켜 화학적으로 중화 	<ul style="list-style-type: none"> 산세정 : 암모니아, 아민 등 알칼리세정 : 황화수소, 메틸메르캡탄 등 	<ul style="list-style-type: none"> 설치/운전비가 적음 먼지 제거가 가능하고 가스 냉각효과가 있음 배수처리/약액의 pH조정이 필요
약액 산화법	<ul style="list-style-type: none"> 약취 물질을 산화제 (NaClO, 염소 등)의 수용액과 접촉시켜 산화분해 	<ul style="list-style-type: none"> 암모니아, 황화수소, 메틸메르캡탄 등 	<ul style="list-style-type: none"> 광범위한 약취에 효과가 있음 산화제의약품공급이 과량일 경우 배출가스에 약품냄새가 남

출처 : 약취개선 업종별 개선사례집(환경부, 2011)

- 악취물질 중 흔히 사람들에게 악취라고 인식되어지는 물질은 암모니아(NH₃)와 황화수소(H₂S)이다.
- 주요 악취 물질은 물에 잘 녹는 성질을 가지고 있어 통기관에 물을 분사해주는 것만으로도 악취 저감의 효과를 확인할 수 있다.
- 악취 저감 정도에 따라 표 3에서와 같이 약품을 혼합하여 사용한다면 악취 저감률을 더욱 향상시킬 수 있으며, 그림 4와 같이 축산농가 수준의 악취 조치 사항으로 축산농가가 악취 저감을 위해 노력만 한다면 악취는 현격하게 절감될 것으로 보인다.



그림 4 축산농가 수준의 악취 조치사항

- 그림 4와 같이 악취 방지를 위해서는 사료나 음용수에 미생물을 혼합해 급이 하고, 축사 내·외를 청소할 때도 생균제를 사용하면 발생분뇨의 악취를 저감할 수 있다.
- 또한, 축사 외부로 확산되는 악취를 저감하기 위해서는 악취 방지시설의 설치가 병행되어야 한다.

3

악취 발생을 최소화하려면

(1) 농장의 분뇨발생량 파악

- 하루 분뇨발생량을 파악하고, 발생량을 처리할 수 있는 시설과 저장조를 갖추어야 함

(2) 분뇨의 흐름과 처리주기 파악

- 가축분뇨의 자가처리 및 위탁처리시 배출·처리 요일을 정해놓고 처리하도록 함
- 슬러리피트에 분뇨가 오래 고여 있지 않도록 1~2회/주 배출과 청소를 해주어야 함

(3) 악취발생구역 파악

- 농장 내에 분뇨와 공기(흡·배기)의 흐름을 파악하고 악취가 발생할 수 있는 장소를 점검해야 함
- 돈사 내부에서 발생하는 악취의 대부분은 슬러리피트 내에 분뇨가 4일 이상 고여 있을 경우임
- 돈사 외부에서 발생하는 악취는 돈사 내부에서 발생된 악취가 외부로 휘산되는 경우이거나, 분뇨가 이송되는 과정 중에 개방된 공간에서 발생함
- 특히 고액분리기 가동 시 발생하는 악취와 퇴비를 만들기 위해 부자재를 혼합하는 과정에서 악취 발생이 심함
- 또한, 액비화 진행 초기단계에 저장조를 폭기하거나 쌓여진 퇴비 더미에 교반을 할 경우 심한 악취가 발생함
- 따라서 액비·퇴비화 하는 중 발생하는 악취는 시작단계에서 농도를 낮게 하여 폭기하면 악취 발생 기간을 줄일 수 있으며, 약 2~4주 후에는 악취가 거의 발생하지 않음을 확인할 수 있음

(4) 조치 가능 여부 파악

내부적 조치 가능	조치사항
<ul style="list-style-type: none"> ■ 돈사 내 슬러리피트에서 발생하는 악취 	<ul style="list-style-type: none"> • 돈사 내 슬러리피트의 분뇨는 4일 이내에 반출해야 함 (분뇨퇴적 3일 이후부터 악취 발생강도 심해짐)
<ul style="list-style-type: none"> ■ 돈사 내부의 묵은 악취 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 돈사 내부는 고압세척기를 이용하여 자주 청소해 주어야 묵은 분뇨나 먼지로 인한 악취 발생이 줄어듦
<ul style="list-style-type: none"> ■ 분뇨이송 중의 악취 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 정치되어 있는 분뇨는 뒤섞임이나 이송 중 흔들림에 의해 외부로 악취가 휘산되므로 밀폐하여 외부 휘산을 방지하여야 함
<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴비화 과정 중 악취 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴비화 초기에 부자재(톱밥, 왕겨 등)를 섞어 수분조절을 해주면 발생악취는 줄어들고, 주기적(최소 1회/주)으로 뒤섞어주면서 퇴비화를 진행한다면 약 3주 후에 악취 발생량은 확연히 줄어듦
<ul style="list-style-type: none"> ■ 액비화 과정 중 악취 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 액비조(폭기조)에서 악취가 발생하면 제어하기 쉽지 않으므로, 운전 초기에 기존 액비와 뇨의 혼합 폭기를 통해 안정화시킨 후 일정량 분뇨를 유입하면 액비조(폭기조)에서 악취는 발생하지 않음

2 축사 악취 제어 방법

1 악취 저감을 위한 노력

(1) 축사 내·외부 청소

- 축사 내·외부에 쌓여있는 먼지와 사료가루 등은 축사 내에서 발생하는 악취와 결합하여 멀리까지 확산 된다고 알려져 있으며, 이에 대한 해결 방안으로 축사 내·외부의 먼지를 제거하면 악취의 외부 확산을 막을 수 있다.
- 고압세척기를 이용해 주기적으로 돈사 내·외부의 벽, 바닥, 환기구(입·배기구)를 청소하고, 축사 주변의 거미줄 등을 제거하면 악취 확산을 저감할 수 있다.



그림 5 돈사 내 안개분무 시설

- 돈사 내 안개분무 시설 등을 설치하여 미세입자의 물을 분무하고 사료는 습식 급이하면 먼지가 줄어들고 악취 확산을 저감할 수 있다.
- 안개분무시 악취 저감 효과가 있는 미생물제를 혼합하여 분사하면 돈사 내 악취가 저감되는 효과와 여름철 온도를 낮추는 효과까지 얻을 수 있다.

- 최근 각 농업기술센터에서 무상 또는 저가로 공급되는 미생물제는 지속적으로 분사해야 악취 저감 효과가 있으며, 단기간만 사용하면 효과를 볼 수 없다.



그림 6 돈사 내 거미줄(좌)과 슬러리피트 돈분(우)

- 슬러리피트 내 분뇨가 오래 저장되면 혐기화(부패)하여 악취발생(유해가스)이 심해진다.
- 슬러리피트에 저장되어 있는 슬러리는 최대한 자주(1~2회/주) 외부로 배출하여야 하며, 피트 내 분뇨의 깊이는 약 60cm 이하로 유지해 체류되지 않도록 하여 분뇨의 부패를 방지해야 한다.
- 슬러리피트는 주기적(1~2회/월)으로 고압세척기를 이용하여 내부의 벽과 바닥을 깨끗하게 청소해주어야 묵은 분뇨로 인한 악취 발생을 방지할 수 있다.

(2) 농장 둘레에 방취림 조성

- 농장의 지형적 위치가(또는 주변 민가와 의 거리가) 악취 확산에 중요한 요인이다.



그림 7 돈사 주변의 조경

- 악취 저감에 노력을 많이 하는 축산농가라도 축사가 시각적으로 노출되어 있으면 냄새가 날 것이라는 선입견을 가지게 된다.
- 축사 주변을 방진벽이나 그물막으로 둘러치면 공사비도 많이 들고 장기적인 측면으로 봤을 때 관리/수리비가 소요되며 미관상으로도 좋지 않다.
- 하지만, 꽃과 나무를 심어 축사 주변의 환경미화에 힘쓰고, 조경과 방취를 위한 나무심기를 함으로써 ‘축사는 악취가 심하다’라는 인식을 변화시킬 수 있는 노력이 필요하다.

(3) 분뇨이송라인 밀폐

- 돈사 내·외부에서 분뇨가 이송되는 공간은 모두 악취가 발생할 수 있다.
- 그림 8과 같이 슬러리피트에서 돈사 외부의 분뇨저장조로 이송시에도 심한 악취가 발생하며, 분뇨저장조 전 단계에 위치한 중간저장조에서도 악취가 발생하므로 꼭 덮개를 설치하여 밀폐해 놓아야 한다.



그림 8 약취 발생의 원인이 되는 슬러리피트 외부의 분뇨 저장조

- 고액분리는 퇴·액비를 생산하기 위한 전처리 과정으로 약취가 심하게 발생한다.
- 때문에 고액분리기가 위치한 장소는 밀폐하도록 권장하고, 밀폐가 어려울 경우에는 최대한 맑은 날 낮 시간에 가동해야 한다.



노출된 고액분리기

밀폐된 고액분리기

그림 9 고액분리기 설치

- 고액분리기를 그림 9의 오른쪽과 같이 밀폐된 곳에 설치하여 외부로의 약취 확산을 방지할 수 있다면, 매일 그 날 발생한 분뇨를 고액분리를 하여 퇴·액비를 진행하는 것이 분뇨 정체로 발생하는 약취 발생을 저감할 수 있는 장기적인 방법이다.

(4) 퇴·액비 생산시설 운영

- 농가에서 분뇨를 액비저장조에서 폭기할 때, 저장조의 반 이상을 분뇨로 채운 상태에서 폭기를 하면 심한 악취와 함께 거품이 발생하여 넘칠 수 있으므로 주의해야 한다.
- 액비화 시설은 소량의 분뇨가 저장되어 있을 때부터 폭기를 시작하여야 악취 발생을 최소화할 수 있다.



그림 10 폭기조의 거품넘침 현상

- 저장조 안의 분뇨가 소량일 때 물과 희석된 상태에서 폭기를 하면 악취발생을 줄일 수 있으며, 기존에 저장되어 있는 액비에 추가로 분뇨를 소량씩 추가 혼합하면 악취 발생을 저감할 수 있다.
- 부숙된 액비를 외부로 배출할 경우에는 절대로 액비저장조의 액비를 전량 배출하지 말아야 하며, 저장조 용량의 1/3은 부숙된 액비를 유지하여야 한다.



그림 11 밀폐형 퇴비 부숙조(좌) 및 액비 저장조(우)

- 액비화 시설은 비가림막과 옆가림막으로 완전 밀폐하고 악취를 포집하는 시설을 갖추어야 한다.
- 퇴비화 시설은 송풍장치와 교반시설, 침출수 등을 처리할 수 있는 배수로가 갖추어져야 한다.
- 외부에 위치한 송풍기는 비가림막 시설과 소음확산 방지를 위해 소음기 부착 또는 지붕 등 덮개를 설치해야 하며, 겨울철 어는 것에 대한 대비도 해야 한다.



그림 12 퇴비사의 송풍장치와 교반기

- 퇴비화 진행 과정 중 발생하는 증기와 함께 악취가 휘산되므로 밀폐시설을 갖추고 악취 포집 및 흡입시설 등이 갖춰져야 한다.



그림 13 퇴비사의 발열반응과 악취 저감 시설

- 퇴·액비 생산시설에 악취포집, 흡입 시설이 없는 경우는 윈치커튼 등의 간이 밀폐 시설을 설치하고 개방 시간을 조절하여 악취확산을 최소화해야 한다.



그림 14 가축분뇨의 퇴적 형태(개방(좌), 밀폐(우))

축산농가에서의 악취 저감 방법

<ul style="list-style-type: none"> ■ 농장 둘레에 방취림 조성 	<ul style="list-style-type: none"> • 축사에서 발생하는 악취의 주변 지역으로 확산을 막으며, 주위 농가에 시각적으로 깔끔함을 인식시킬 수 있다.
<ul style="list-style-type: none"> ■ 축사 내·외부 청소 	<ul style="list-style-type: none"> • 축사 내·외부의 먼지와 묵은 분뇨는 악취 발생의 원인이 되므로 항상 깨끗함을 유지해줘야 한다.
<ul style="list-style-type: none"> ■ 분뇨이송라인 밀폐 	<ul style="list-style-type: none"> • 축사 내부의 분뇨를 외부로 이송하는 과정에서 악취가 발생하므로 최대한 밀폐해야 한다.
<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴·액비 생산시설 밀폐 	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴·액비 생산을 위한 공기공급으로 인해 발생한 악취는 민원의 주요 원인이 될 수 있으므로 밀폐시설과 탈취시설을 갖추어야 한다.

2 분뇨수거 유형별 악취 저감

(1) 인력 수거식



그림 15 평바닥 돈사

- 슬랏이 없는 평바닥 돈사의 경우 바닥의 경사를 이용해 노를 한 곳으로 모아야 하며, 돈방 내의 쌓여있는 분은 직접 제거하여야 한다.
- 돈방의 분을 자주 제거하지 않으면, 축사 바닥에 퇴적된 분뇨로 인해 발생한 악취가 가축을 질병에 취약한 상태로 만들고 성장률을 저하시키는 등의 악영향을 줄 수 있다.
- 축사 바닥이나 벽 등은 자주 청소관리를 해주어 청결함을 유지해야 하며, 목힌 먼지나 굳은 분은 고압세척기로 수세하고 소독하여 쾌적한 공간을 유지해야 한다.

<인력식 돈사 분뇨관리 순서도>

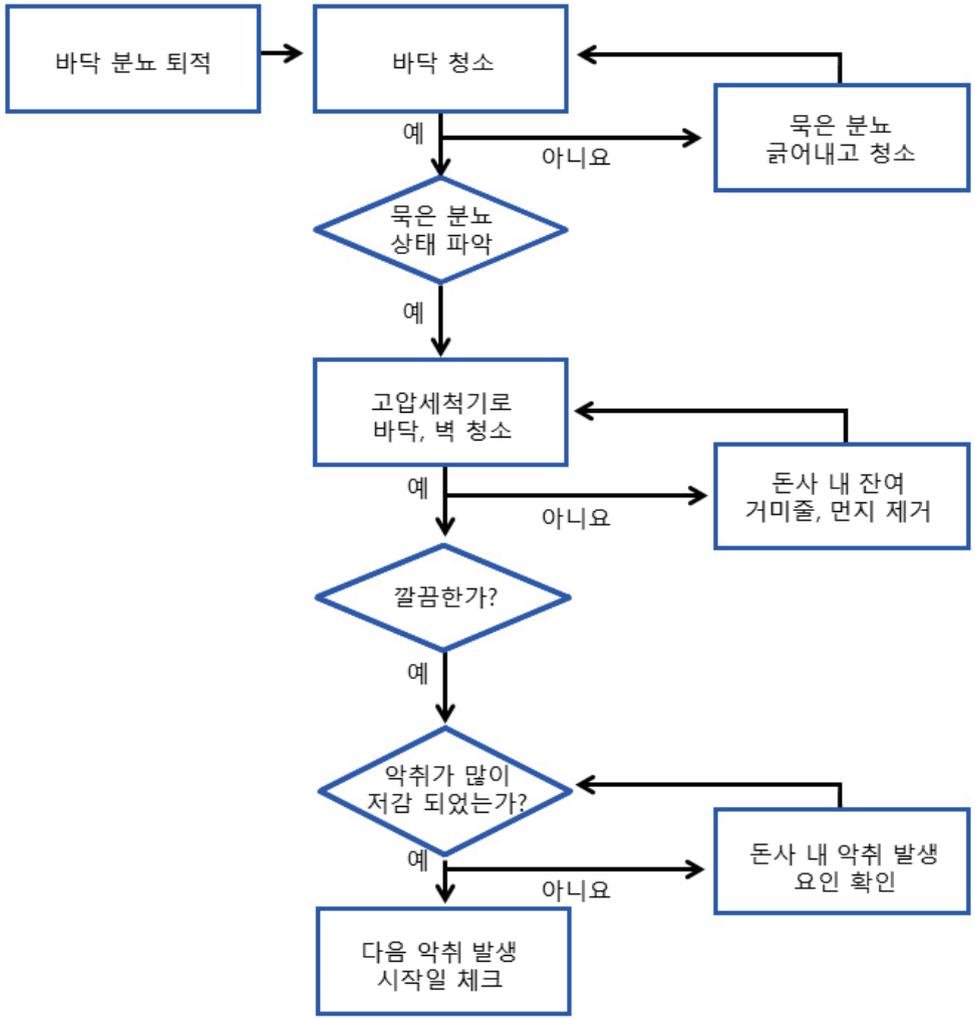


그림 16 인력식 돈사 분뇨관리 순서도

(2) 스크래퍼(자동컨베이어)



그림 17 스크래퍼 설치 모습

- 스크래퍼는 피트 바닥에 쌓여있는 퇴적물을 같이 제거할 수 있는 장점이 있다.
- 자주 가동하지 않아 바닥에 퇴적물이 쌓여서 멩치면 스크래퍼 가동 시 부하를 받아 체인이 끊어질 수 있다.
- 퇴적물이 완전히 제거되지 못하면 내부에서 부패되어 심한 악취가 발생한다.
- 또한, 분뇨에 노출되어 있는 스크래퍼 시설 부위를 자주 청소하지 않으면 악취가 발생한다.

<스크래퍼 돈사 분뇨관리 순서도>

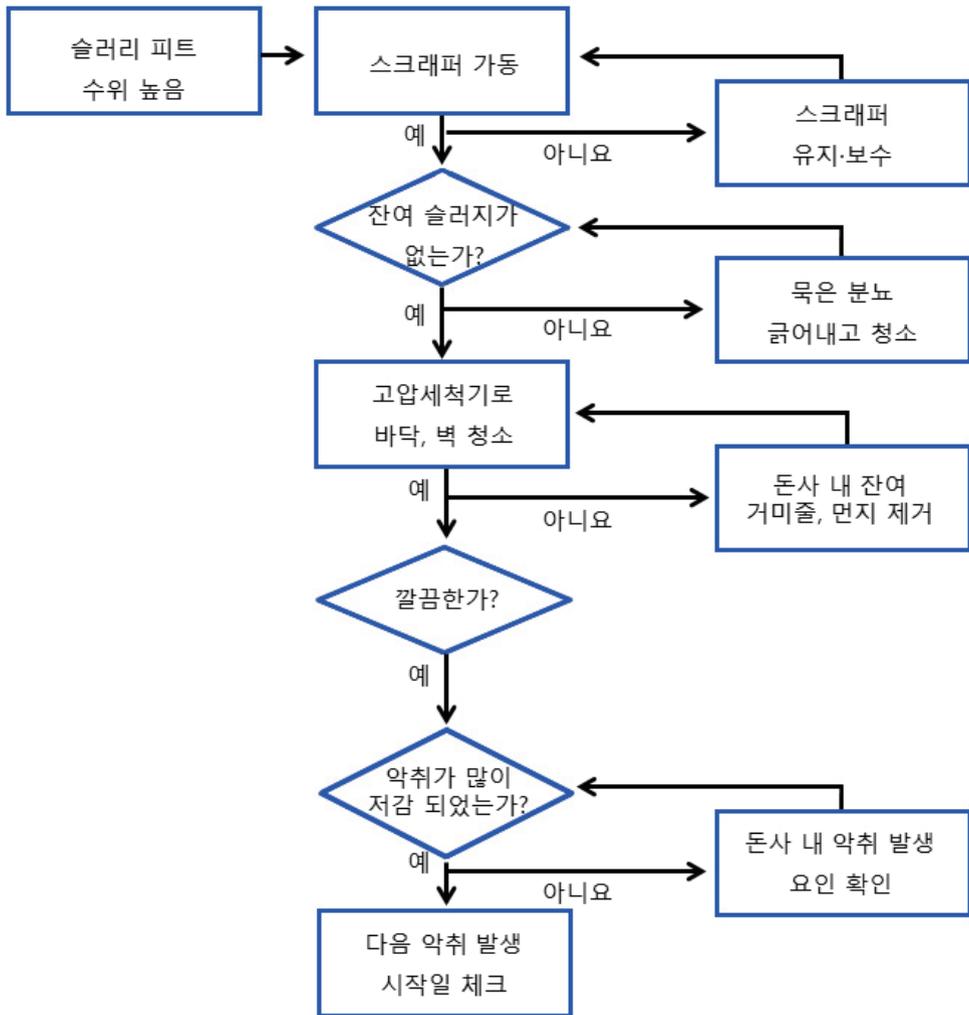


그림 18 스크래퍼(자동컨베이어) 돈사 분뇨관리 순서도

(3) 슬러리피트



그림 19 슬러리피트 모습

- 슬러리피트 내의 분뇨는 최대한 자주(1~2회/주) 비워내야 한다.
- 슬러리피트 내 분뇨가 오랜기간 저장되면 분뇨가 혐기화(부패)되어 악취(유해가스)가 발생한다.
- 슬러리피트를 비울 때는 최대한 다 비울 수 있도록 하고 분뇨를 저장할 때의 최대량은 피트 깊이의 2/3을 넘지 않도록 하여 분뇨의 부패를 방지해야 하며, 바닥에 퇴적물이 뭉치거나 굳는 현상이 발생하지 않도록 관리해야 한다.

<슬러리피트 돈사 분뇨관리 순서도>

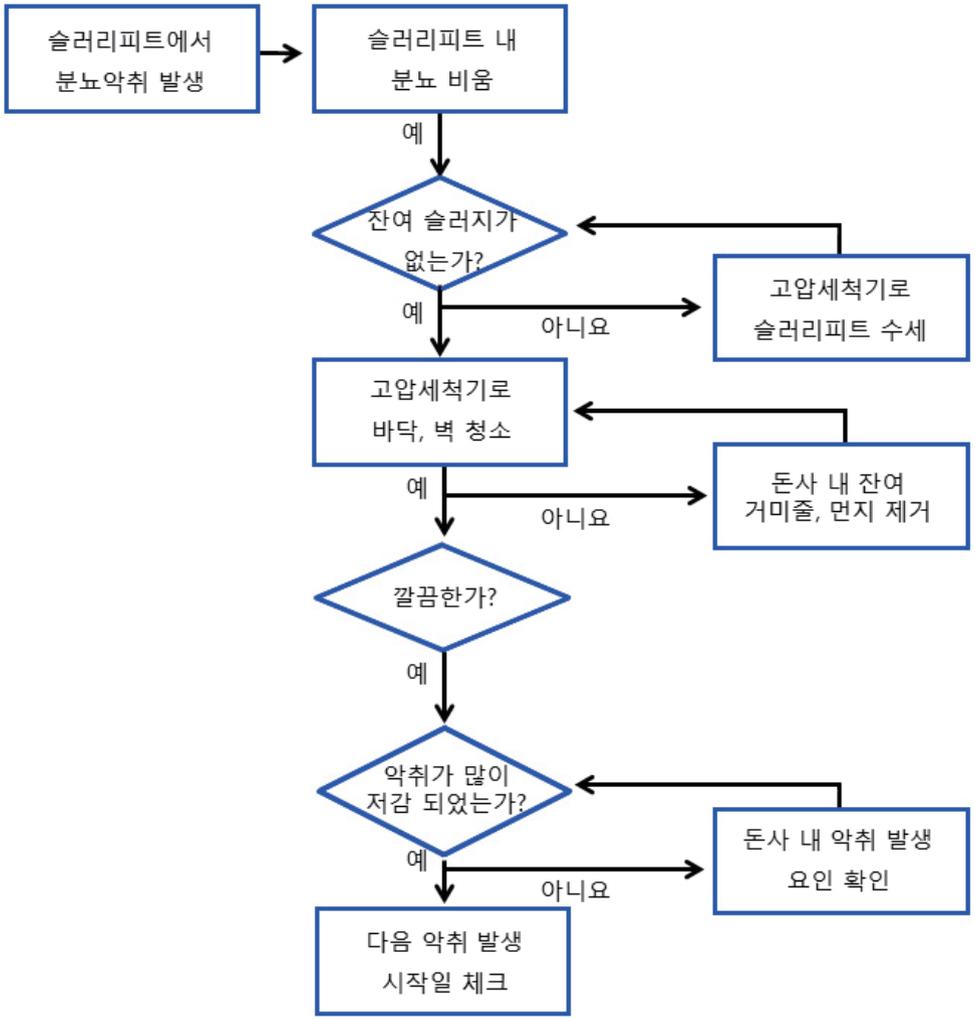


그림 20 슬러리피트 돈사 분뇨관리 순서도

(4) 깔짚



그림 21 깔짚 돈사 모습

- 육성돈이나 비육돈의 깔짚은 최소 20cm 이상은 되어야 하며, 입식 후에는 출하 시까지 깔짚을 교체하기 쉽지 않으므로 돼지 출하시 깔짚의 상태를 파악하여 자신의 농장에 적합한 양의 깔짚을 깔아주어야 한다.
- 깔짚은 톱밥, 왕겨, 볏짚 등으로 사용하고, 분뇨가 축적되어 질퍽거리지 않게 관리해야 하며, 깔짚에 잘 부숙된 퇴비를 섞어주어도 좋다. 퇴비에 유용미생물이 대량 서식하여 돼지의 생육에 도움이 된다.
- 수분함량이 높은 상태의 깔짚을 교체하지 않고 방치해 놓으면 분뇨로 인한 악취가 많이 발생하게 되고, 발생 악취로 인해 파리와 같은 해충들이 발생하기 시작함과 동시에 사육하는 가축의 눈이 충혈되고 생산성이 저하되는 등의 손실이 발생하게 된다.
- 깔짚의 교체주기를 파악하여 질퍽거릴 때쯤 깔짚을 교체해주어야 악취발생을 예방할 수 있다.

<갈짚 돈사 분뇨관리 순서도>

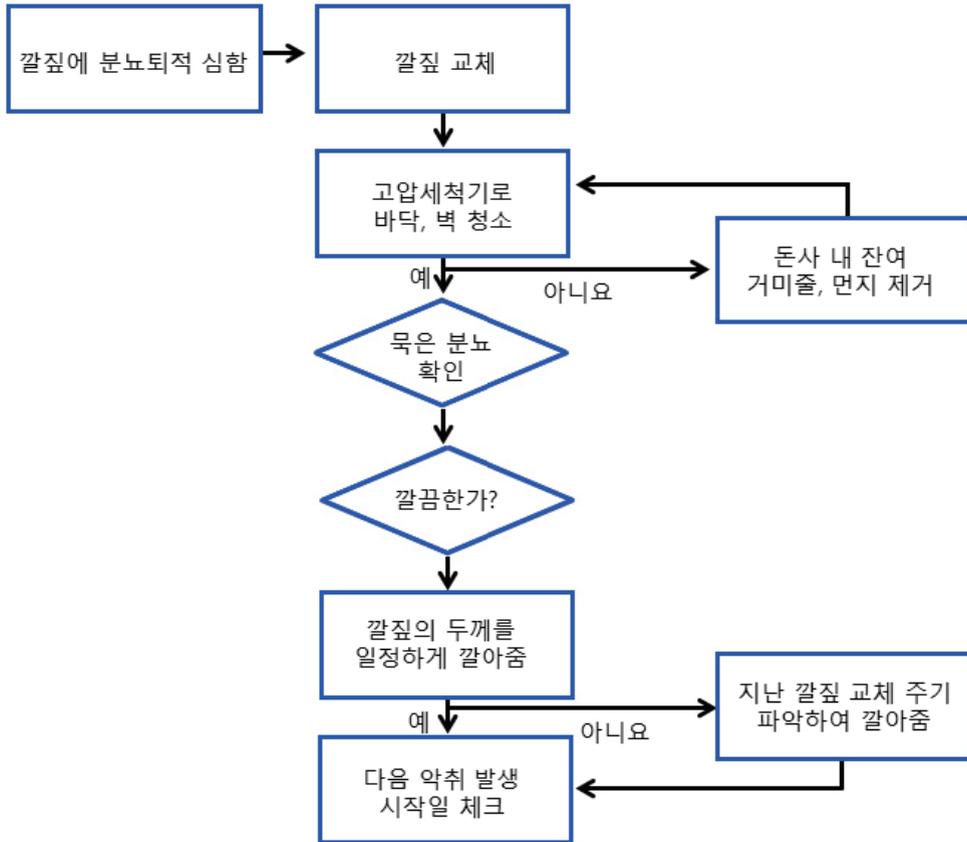


그림 22 갈짚 돈사 분뇨관리 순서도

3 분뇨처리 유형별 악취 저감

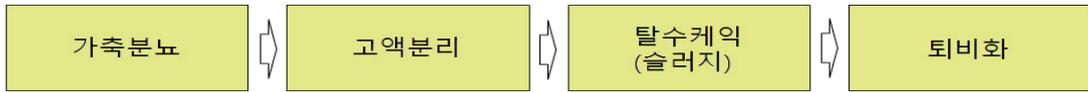
(1) 고액분리



그림 23 개방된 위치의 고액분리기(좌)와 밀폐실에 위치한 고액분리기(우)

- 분뇨의 고형물(Total Solid, TS)은 악취유발물질을 포함하고 있기에 고액분리를 통해 분리함으로써 퇴·액비 공정에서 효율적인 운영이 가능하다.
- 함수율이 적게 분리된 고형물은 퇴비화 진행시 수분조절제를 덜 섞게 되어 비용을 절감할 수 있다.
- 함수율이 높은 액체는 액비화 진행시 액비생산조(폭기조)가 유입부하를 덜 받아 악취가 덜 발생하고 액비화 진행이 수월하므로, 고액분리기 가동시 탈수효율을 높여서 운행해야 한다.
- 고액분리기가 외부에 노출되어 있을 경우에는 악취가 축사바깥으로 확산되는 것을 막기 위하여 밀폐시설을 설치하고, 밀폐하기 어려운 상황일 경우에는 고액분리를 자주 하지 않는 것이 좋다.

(2) 퇴비화



- 쌓여있는 슬러지를 방치하면 침출수 등이 유출되어 악취발생 이외에 또 다른 오염원이 되므로 수분조절제 등으로 적당한 수분을 유지하여 섞은 후 더미를 만들어 놓아야 한다.
- 축산농가에 퇴비교반기가 없다면 스키드로더나 굴삭기 등의 장비를 이용해서 교반작업을 해야 한다.



그림 24 수분조절한 가축분뇨

- 퇴비화 시설이 없는 농가에서의 퇴비화 방법은 퇴적교반형, 자연송풍형(다공성관) 방법 등이 있다.
- 슬러지는 그냥 쌓아놓으면 악취가 계속 발생하지만 퇴비화를 진행하면 초기에는 악취가 발생하지만, 곧 정상적인 퇴비화(부숙) 과정이 이루어져 악취발생이 없다.
- 퇴비화 작업(교반) 중 악취가 심하게 발생할 경우에는 교반작업을 자주해서 더미 내에 공기공급을 원활하게 해야 한다.



그림 25 퇴비화 과정 중의 교반(좌), 바닥 송풍(우)

- 퇴비화 작업 공간은 밀폐하여 악취 확산을 방지해야 하며, 퇴비화 작업은 주차 별로 관리하여 진행하는 것이 효율적이다.

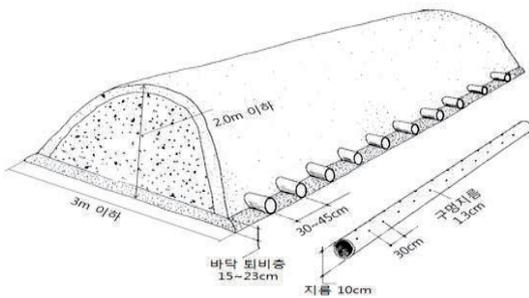


그림 26 자연송풍형 퇴비화

- 더미의 높이와 폭은 그림 26과 같으며 다공성 관의 설치 간격은 30~45cm 정도여야 한다.
- 그림 26 좌와 같이 다공성 관을 바닥에 깔아 놓은 후 공극이 넓은 우드칩, 톱밥이나 퇴비를 깔고 그 위에 수분조절이 된 분뇨를 덮어 준 후 마지막에 완전 부숙된 퇴비로 더미를 덮어주면(바이오필터) 악취 저감 시설 없이도 퇴비화 중 발생하는 악취를 제어할 수 있으며, 바닥에 깔아 놓은 다공성 관이 퇴비더미에 공기공급을 해주어 별도의 교반 없이도 퇴비를 만들 수 있다.



그림 27 자연송풍형 퇴비화 시설의 비가림막

- 더미가 비에 맞지 않고 공기관에 물이 차오르지 않도록 비가림막을 설치하여야 하며, 설치시 공기흐름을 막지 않도록 해야 한다.

(3) 액비화

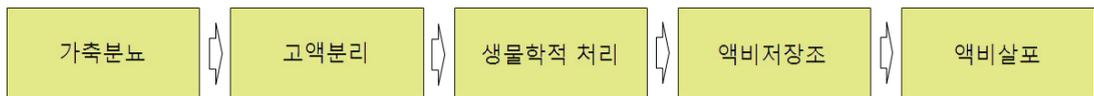


그림 28 농가형 액비생산시설(좌)과 액비저장조(우)

- 액비를 생산하는 방법은 호기성 액비화 방법과 혐기성 액비화 방법이 있으며, 액비생산 시설(액비화)은 개방형과 밀폐형으로 나뉜다.

- 일반적으로 호기성 액비화 방법이 혐기성 액비화 방법보다 부숙속도가 더 빠르고 악취 발생이 적은 것으로 알려져 있으므로, 액비조 내의 환경은 늘 공기가 부족하지 않도록 유지해야 한다.
- 완숙된 액비는 그림 28 좌와 같이 개방형으로 되어 있어도 악취가 발생하지 않고, 완숙된 액비는 차후 돈사 내 슬러리피트에 액비순환 공정으로 전환하여 활용이 가능하다.

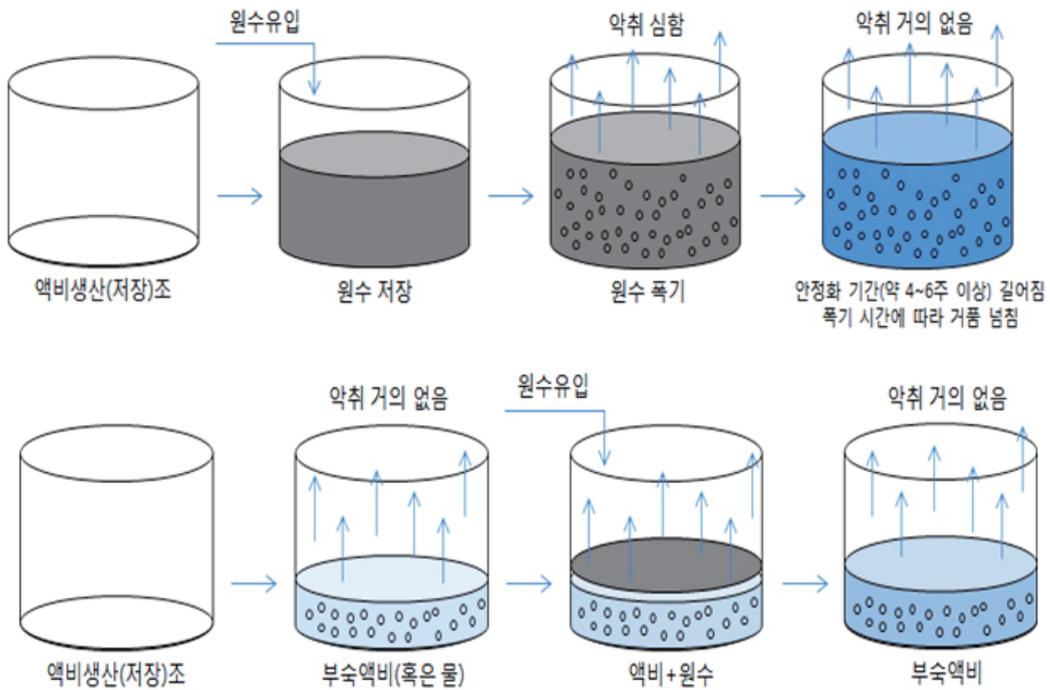


그림 29 잘못된 액비조 운전(상)과 올바른 액비조 운전(하)

- 그림 29는 액비조 활용법을 나타낸 것으로, 그림 29 (상)과 같이 액비저장조에 원수가 중간 높이까지 저장된 상태에서 공기공급(폭기)을 하면 악취가 심하게 발생하며 주변 민가에서 민원을 제기할 수 있는 원인이 된다.

- 농가에서 악취 발생을 줄이면서 액비를 생산하려면 그림 29 (하)와 같이 부속된 액비나 물을 1/3정도 채운 상태에서 공기공급을 해야 하며, 하루 분뇨발생량 만큼의 원수를 공급해야 한다.

(4) 정화처리

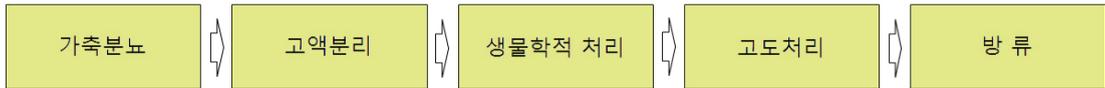


그림 30 정화처리 시설의 전경

- 정화처리 공정은 고액분리시 최대한 많은 고형물을 제거해야 한다. 공공처리장 등에서는 부유물(Suspended Solid, SS) 농도가 20,000mg/L 이상이면 받아주지 않는 곳도 있다.
- 생물학적 처리조에서 미생물 활성이 처리에 가장 중요한 부분을 차지하고 있으며, 이곳에서의 활성이 불량하면 심한 악취가 발생한다.
- 생물학적 처리조의 미생물 활성은 계절별로 다르므로 미생물 수(MLSS 농도)를 조절해주어야 하며, 유입수의 농도와 양을 자주 확인해주면서 슬러지 내부 반응도 진행해야 한다.

(5) 분뇨의 외부 위탁처리



그림 31 가축분뇨 위탁처리 업체의 분뇨수거 모습

- 개별 축산농가에서 가축분뇨를 처리하기 어려운 경우에 공동자원화시설과 공공 처리시설을 통해 분뇨처리를 할 수 있다.
- 위탁처리를 하는 농가는 고액분리를 통해 고형물 함량을 줄여서 처리해야 한다 (공동자원화시설의 유입수에 고형물 함량이 높으면 생물학적 처리조에 부하가 걸림).
- 축산농가에 퇴비화 시설과 액비화 시설이 갖추어져 있지 않은 경우, 분뇨로 인한 악취 발생 주기를 파악하여 위탁처리를 해야 한다.
- 농가에서는 외부 유출 전 퇴비의 교반이나 액비저장조의 폭기를 하지 아니하며, 돈사 내에 슬러리피트 청소는 위탁처리와 관계없이 1회/주 이상은 해주어야 한다.

3

악취 저감 시설 및 방법

1

악취 저감 시설

(1) 물리적

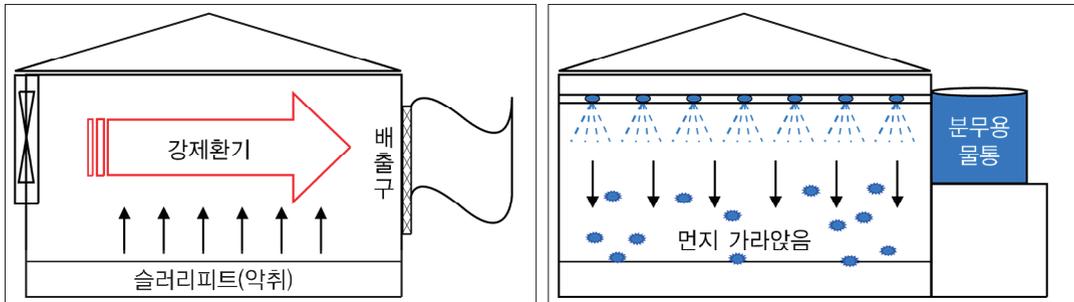


그림 32 물리적 악취 저감 시설

- 돈사 내에 습도, 온도, 먼지 등으로 심해지는 악취는 환기시설의 설치와 관리로 꽤 많은 양의 저감이 가능하다.



그림 33 환기 개선을 통한 먼지 배출

- 돈사 내에서 발생하는 악취는 대부분 먼지와 결합해 부유하거나 가축의 호흡기에 흡착하여 질병을 유발하는 것으로 알려져 있다.

- 돈사 내 안개분무 시설을 설치해 오일이나 미생물을 혼합할 시, 내부의 먼지를 가라앉히는 효과와 악취를 저감하는 효과가 있다.
- 무창 돈사가 개방형 돈사에 비해 시설비가 비싼 단점이 있지만, 환기시설을 이용한 악취 포집이 유리하다.

(2) 화학적

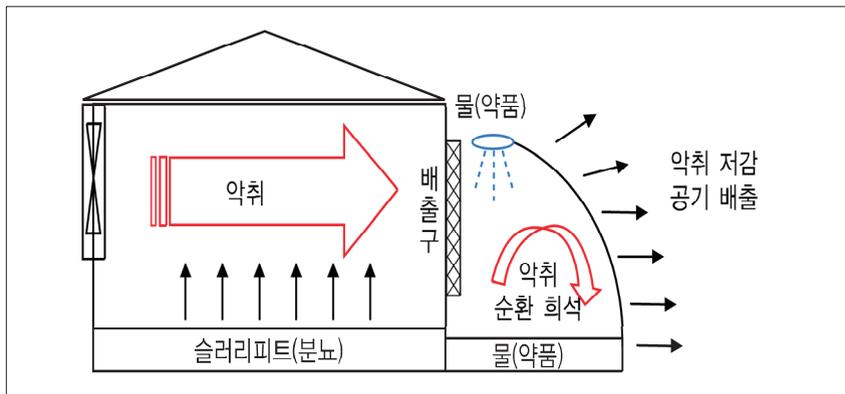


그림 34 약품을 이용한 악취 저감

- 악취 발생물질의 화학적 특성을 이용해 중화, 희석 등의 방법으로 악취의 확산을 저감할 수 있다.
- 그림 34, 35와 같이 방풍벽을 설치하고 내부에서 안개분무(물과 화학적)를 실시하면 외부로 악취와 먼지 확산을 막아주는 효과를 기대할 수 있으며, 다른 악취 저감 시설에 비해 가격이 저렴하다.
- 안개분무를 통해 돈사 내에서 방출된 암모니아를 저감할 수 있으며, 미세먼지도 가라앉힐 수 있다.
- 바깥에 설치된 분무노즐은 겨울철에 동파될 우려가 있으므로, 보온에 유의해야 한다.



그림 35 방풍벽 및 분무노즐 설치

(3) 생물학적(미생물)

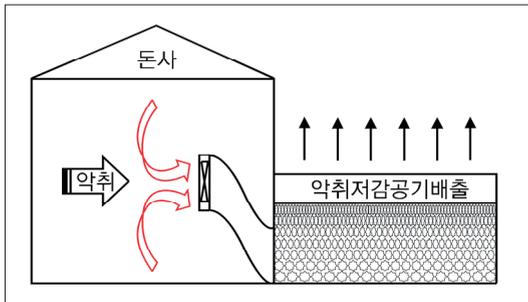


그림 36 돈사 외부에 미생물을 이용한 바이오필터 시설

- 축사 내부의 악취를 톱밥, 우드칩, 퇴비 등의 담체를 통과시켜 미생물 작용에 의해 악취를 분해하여 저감할 수 있다.
- 담체에 생육하는 미생물은 다양한 종류가 있으며, 이 수많은 종류의 미생물은 축사에서 발생하는 다양한 종류의 악취유발 물질을 산화/분해시켜 악취를 제어할 수 있다.

(4) 복합악취 제거(물리와 화학과 생물학적)



그림 37 물리와 화학과 생물학적 방법을 이용한 복합악취 제어

- 축사에 발생하는 악취를 효율적으로 제어하는 방법 중에 물리, 화학, 생물학적인 방법을 혼용해서 실시하는 경우도 있다.
- 그림 37은 환기시설을 이용하여 축사에서 발생하는 악취를 한 곳으로 포집한 후(물리적), 물과 약품(화학적)을 분사하고 미생물 담체(생물학적)를 통과시켜 악취를 제거하는 과정을 나타낸 것이다.

2 미생물제의 활용

(1) 사료 · 음용수에 혼합



그림 38 미생물 배양시설(좌)과 음용수 급이(우)

- 음용이 가능한 미생물제를 사료나 음용수에 섞어 가축에게 급이한다.
- 사료에 혼합이 가능한 미생물제는 소화율을 좋게 하고, 장내 유익균을 증식시켜 분뇨 발생시 악취 발생을 저감할 수 있다.
- 미생물제를 사료나 음용수에 혼합하여 섭취한 양돈의 배설된 분에서는 파리가 거의 발생하지 않고 악취 발생이 적어 가축의 호흡기 질병을 감소시켜준다.
- 배출된 분은 뭉치지 않고 잘 풀어져 슬러리피트를 비울 때 침전물 누적현상으로 발생하는 악취가 저감된다.

(2) 살포용(안개분사)

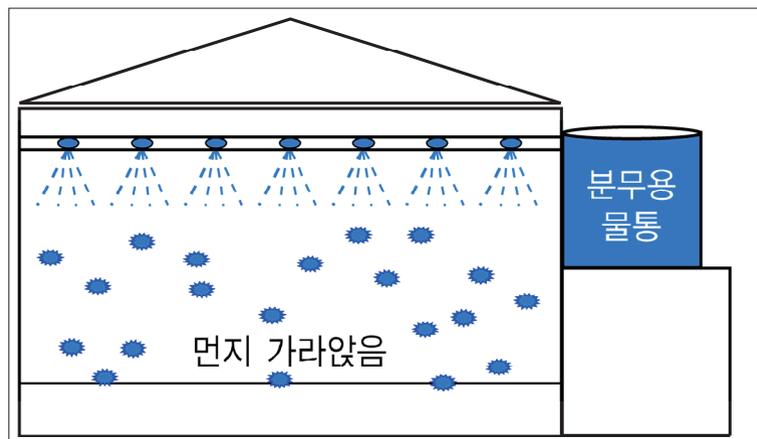


그림 39 미생물을 물과 혼합하여 돈사 내 안개분사

- 악취를 저감할 수 있는 미생물을 물과 혼합하여 축사 내에 분무하면 돈사 내부의 악취가 저감되며, 병원성 미생물의 농도가 감소하고 먼지를 저감시켜 가축의 호흡기 질병을 감소시킬 수 있다.

(3) 슬러리피트에 살포



그림 40 액비순환시스템에 적용하기 위한 액비(좌)와 슬러리피트 경사(우)

- 슬러리피트를 자주 청소해주지 않으면 피트 바닥과 벽에 묵은 분이 슬러지형태로 쌓이며, 오랜 시간에 걸쳐 묵혀져 있는 부분에서 심한 악취가 발생한다.
- 피트 바닥이나 벽에 붙어있는 굳은 슬러지는 피트를 완전히 비운 후 고압세척기로 제거하고, 주기적인 청소를 통해 관리해야 한다.
- 부숙된 액비를 돈사 내 슬러리피트에 순환시키면, 피트에 슬러지 축적을 방지하고 액비 내 여러 미생물의 작용에 의해 악취저감 효과를 발생할 수 있다.

4

축산농가의 악취 저감 사례

1

경기도 양평군 A농장(미생물 혼합)

축종 및 사육두수	돼지 약 1,400두
축사규모	축사 2,250m ² (3개동 구성, 각 250평)
축사형태 및 사육	밀폐형(윈치커튼), 톱밥깔짚, 사육기간 4개월, 깔짚 4개월 주기 교체, 비육돈만 사육
적용 중인 악취저감 시설(방법)	안개분무(미생물 혼합), 사료급이용 미생물 사용



- 경기도 양평군에 위치한 A농장은 총 3개동의 돈사에 비육돈만 사육하고 있음
- 축사 주변으로 민가가 있으며, 축사의 형태는 개방·밀폐를 할 수 있는 윈치커튼형 돈사임
- 돈사 내에 안개분무 시설을 설치하였으며, 돈사 내 악취와 바닥의 분뇨로 인한 악취를 억제하는 미생물과 물을 혼합하여 시간단위로 분무하고 있음



- 여름이라 돈사를 개방한 상태에서 안개분무를 시행하고 있었으며, 바닥의 깔짚과 분뇨는 질퍽하지 않고 탄력 있어 보였으며 돼지가 주저앉아도 많이 묻어나지 않을 정도였음
- 돈사를 개방했음에도 외부로의 악취 발생은 전혀 느껴지지 않았으며, 가스검지 관으로 내부의 NH₃를 측정해본 결과 약 1~2ppm 정도 검출되었음



- 사료에 혼합하는 미생물과 안개분무에 혼합하여 사용하는 미생물을 지역 농업기술센터에서 공급받고 있음
- 미생물제를 혼합하여 급이/분사를 일정한 시간에 맞춰 철저하게 관리하고 있었으며, 농장 주변도 청결하게 관리를 잘하고 있음



- 돈사 내 깔짚의 수분을 간이 측정해본 결과 수분이 약 70%정도였으며, 깔짚 교체 시 돈사 바로 옆에 있는 퇴비사에 단순 퇴적만 하였음
- 회수한 깔짚은 퇴적 후에도 냄새가 발생하지 않았으며, 파리 등의 해충은 거의 없었음
- 퇴적해 놓은 깔짚과 분뇨는 주변 주민들이 퇴비로 사용하기 위해 수거해가고 있음

- ☞ 돈사 주변을 항상 청결하게 관리하고 사료혼합용 미생물과 분무용 미생물을 정해진 양(농업기술센터에서 제시)만큼 혼합해서 사용
- ☞ 매일 일정한 시간에 안개분무를 하는 등 규칙적인 돈사 관리를 통해 악취 저감을 하고 있음

2 강원도 양양군 B농장(효소 혼합)

축종 및 사육두수	돼지 약 2,000두
축사규모	총 3개동(양양 양돈단지 내에 위치)
축사형태 및 사육	밀폐형, 슬러리돈사, 일관사육
적용 중인 악취저감 시설(방법)	효소탈취제(물과 혼합하여 분뇨/돈사 내 사용)



- 강원도 양양군의 양돈단지에 위치한 B농장은 약 2,000두의 돼지를 일관사육하고 있음
- 양돈단지 맨 안쪽에 위치하고 있는 B농가의 분뇨발생량은 7~9m³/일 정도이며, 100m³ 정도의 액비저장조를 보유하고 있음
- 양돈단지의 분뇨처리는 전체 돈사의 분뇨를 한 곳에 모아 처리하는 방식이며, 전량을 고액분리를 통해 액비화와 퇴비화를 하는 방식이지만 A농장은 일부만 공동처리하고 있음
- 예전에는 단지 내에서 250m³/월 정도를 처리하였으나, 현재는 약 200m³/월을 자체 폭기를 통해 고형물의 함량을 낮춘 상태로 외부에 저렴한 가격으로 처리하고, 50m³/월 정도만 단지 내 처리업체로 위탁처리하고 있음
- 돈사 내에 안개분무 시설을 설치하였으며, 돈사 내 악취와 바닥의 분뇨로 인한 악취를 억제하기 위해 미생물과 물을 혼합하여 시간단위로 분무하고 있음



- 돈사는 대부분 전체 슬랏 형태이며, 돈사 바닥과 돼지 상태는 깨끗하였고, 돈사 내부를 가스검지관으로 측정해본 결과 NH₃ 3~7ppm 정도 나타남
- 돈사 내에 반슬랏 형태의 돈방이 한 곳 있으며, 전체 슬랏 형태의 돈방에 비해 분뇨로 인한 악취가 상대적으로 심한 편이었음(NH₃ 10~13ppm)



- 돈사 뒷편에 액비저장조(100m³)를 보유 중이며, 액비저장조로 옮긴 분뇨는 폭기를 통해 총고형물을 줄인 후 외부로 위탁처리하고 있음
- 폭기조에서는 악취가 거의 발생하지 않았으며(NH₃ 4ppm), 폭기조 외부에서도 악취가 발생하지 않았음
- 돈사 환기구에서의 NH₃ 측정값은 약 3ppm 정도로 나타남

- ☞ 돈방의 청결 상태와 돈사 내에 사료포대나 기타 물건 등의 정리가 잘 되어 있음
- ☞ 농장주가 정리/정돈과 악취 저감/제어에 큰 관심을 가지고 있음

3

강원도 원주시 C농장(화학적 분해 생성수)

축종 및 사육두수	돼지 약 1,200두
축사규모	총 4개동
축사형태 및 사육	개방형, 슬러리돈사, 일관사육
적용 중인 악취저감 시설(방법)	화학적 분해법 (물로 수산기 생성하여 분뇨/돈사 내 급수, 청소 등에 사용)



- 강원도 원주시에 위치한 C농장은 약 1,200두의 돼지를 일관사육하고 있음
- 진입도로의 맨 끝에 위치하고 있는 C농가의 분뇨발생량은 4~5m³/일 정도이며, 200m³ 용량의 액비저장조를 2개 보유하고 있음
- 분뇨처리는 전체 돈사의 분뇨를 한 곳으로 모아서 고액분리를 통해 액비화와 퇴비화를 하는 방식임
- 예전에는 돈사와 분뇨처리 시에 발생하는 악취로 인해 민원이 발생하는 등 농장 관리에 어려움을 겪었으나 현재는 악취 발생이 거의 없는 상태이며, 퇴·액비의 상태가 좋음



- 악취 저감을 위해 물을 화학적 방법으로 분해해 라디칼을 발생시키는 장치를 적용하였고, 발생된 물은 10m³ 용량의 물탱크에 저장하고 돈사 내 음용수와 세척수 등으로 사용하고 있음



- 고액분리하여 쌓아놓은 분 더미는 수분조절을 하지 않은 상태였지만, 악취를 유발하지 않았으며 퇴비화 과정에서도 악취가 심하게 발생하지 않음



- 돈사 뒷편에 액비저장조(200m³)를 2기 보유 중이며, 액비생산조로 옮긴 분뇨 원수는 폭기를 통해 1차 부숙을 한 후 액비저장조로 옮겨져 폭기와 교반을 진행 중에 있음
- 액비생산조에서는 악취가 거의 발생하지 않았으며(NH₃ 5ppm), 저장조에서는 악취를 느끼지 못하였음(NH₃ 0~1ppm)
- 돈사 입구 부근에 퇴비 후숙조가 위치하고 있으며, NH₃를 측정해 본 결과 약 1~2ppm 정도인 것으로 나타남

- ☞ 돈사 주변이 깨끗하게 관리되고 있음
- ☞ 악취 저감 시설을 설치하여 악취 문제와 돈사의 운영에 많은 도움이 되고 있다고 함

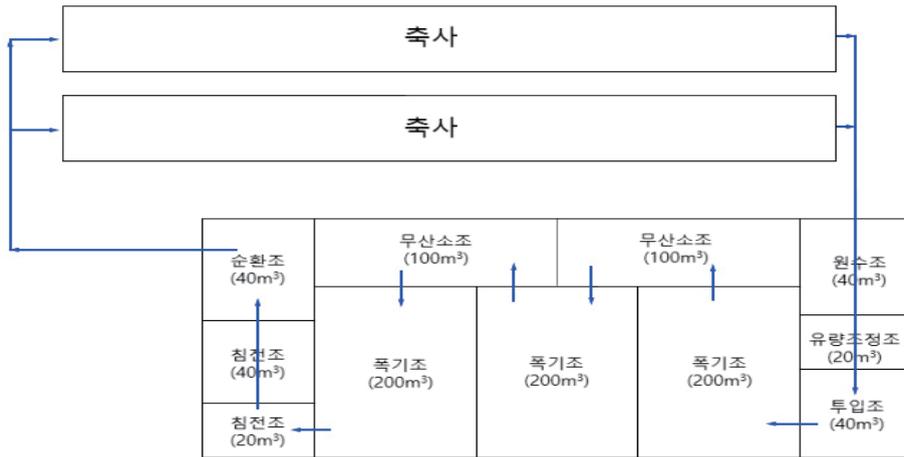
4

전라북도 정읍시 D농장(액비순환시스템과 미생물 혼합)

축종 및 사육두수	돼지 약 1,300두
축사규모	총 2개동
축사형태 및 사육	밀폐형, 슬러리돈사, 일관사육
적용 중인 악취저감 시설(방법)	액비순환 시스템(미생물 적용)



- 전라도 정읍시에 위치한 D농장은 약 1,300두의 돼지를 일관사육하고 있음
- 농장 입구에서는 축사 냄새가 전혀 나지 않았으며, 돈사 주변의 정리정돈이 매우 잘 되어 있음
- 슬러리돈사 형태이며 발생된 분뇨는 고액분리 없이 바로 액비순환조로 투입되어 재이용되고 있음



- 돈사에서 발생하는 분뇨량은 5~6m³/일 정도이며, 총 1,000m³ 정도의 저장조 중 200m³ 용량의 폭기조 3칸을 보유하고 있음
- 액비순환시스템 적용 초기에는 하루 순환량을 많이 하여 액비상태가 좋지 않고 악취가 발생하였다고 하나, 현재는 일 발생량에 맞춰 순환량을 조절하고 있는 상태이며, 돈사 내에도 악취가 거의 느껴지지 않는 상태임



- 침전조에 떠 있는 스킴은 약 2~3년 정도 된 것이며 악취는 발생하지 않았음
- 처리조를 거쳐 나온 액비는 색(갈색)이 좋고 전혀 악취가 나지 않았으며, 고형물이 거의 없는 상태였음
- 사용 중인 미생물은 사료에 혼합하여 먹이는 것과 슬러리에 혼합하는 것을 사용하고 있었으며, 농장주는 미생물을 사용하며 액비순환시스템을 운영하는 것에 매우 만족하고 있었음



- 돈사 내에서도 악취가 거의 발생하지 않았으며(배기구 높이에서 측정 : NH₃ 3ppm), 바닥에서도 심한 악취를 느끼지 못하였음(NH₃ 3~4ppm)

- ☞ 돈사 주변이 깨끗하게 관리되고 있음
- ☞ 악취 저감 시설을 설치하여 악취 발생으로 인한 민원문제가 해결되었음
- ☞ 악취 저감을 위해서는 축산농가가 자발적으로 노력해야 한다고 함

5 경상남도 진주시 E농장(미생물 혼합)

축종 및 사육두수	돼지 약 1,500두
축사규모	총 5개동
축사형태 및 사육	개방형, 깔짚, 평사, 일관사육
적용 중인 악취저감 시설(방법)	음용수에 혼합(미생물 적용)



- 경상남도 진주시에 위치한 E농장은 약 1,500두의 돼지를 일관사육하고 있음
- 진입도로의 맨 끝에 위치하고 있는 E농가의 분뇨발생량은 4~5m³/일 정도이며, 800m³ 용량의 액비저장조를 4칸으로 분리하여 액비를 생산하고 있음
- 분뇨처리는 전체 돈사의 분뇨를 한 곳으로 모아서 2번의 고액분리를 통해 액비화와 퇴비화를 하고 있음
- 퇴비장이 농장 입구에 위치하고 있으나 악취가 전혀 발생하지 않았음



- 비육사에는 톱밥을 깔아 사육하고 있으며, 깔짚은 국내산 소나무 톱밥을 사용하고 있음
- 톱밥은 약 15cm 두께로 깔아주었고 2주 정도의 주기로 깔짚을 교체하고 있었으며, 악취가 전혀 발생하지 않았음



- 음용수에 미생물을 혼합(4,700원/kg, 약 500배 희석 사용)하여 급이하고 있으며, 악취 저감을 위한 미생물을 사용해 분뇨처리 과정에서 발생하는 악취를 저감하고 있음
- 발생한 분뇨는 1~2일 내에 고액분리하여 퇴·액비화하고 있으며, 액비조는 농장보다 높은 곳에 위치하여 악취 발생 시 인근 마을에 민원 발생이 될 수 있으나 현재 악취를 느낄 수 없을 정도로 관리가 잘 되고 있음



- 고액분리기가 외부에 노출되어 있으나 돈사 내 발생한 분뇨를 자주 처리하고 있어 악취가 심하게 발생하지 않았으며, 악취의 확산을 최대한 막기 위해서 흐린 날과 저녁시간에는 고액분리기 가동을 하지 않음

- ▶ 오래 된 축사였으나 축사 내·외부의 처마나 벽에서 거미줄을 찾아볼 수 없을 만큼 깨끗하게 관리하고 있음
- ▶ 축사에서 약 100m 이내에 마을이 위치하고 있지만 악취 관련 민원은 발생하지 않았음
- ▶ 총 5동의 축사 중 2개동은 톱밥갈짚을 갈아 관리하고 있으며 톱밥 교체주기를 짧게 하여 돼지의 상태가 매우 좋고 갈짚도 전혀 분뇨 악취가 발생하지 않았음

1

깔짚우사 및 퇴비장 관리

- 젖소농가들의 약 80% 이상은 깔짚우사를 이용하여 사육하고 있다.
- 깔짚우사에서 수거된 분뇨와 깔짚 혼합물은 작물에 필요한 영양분을 다량 함유하고 있어 비료원으로써의 활용 가치가 높지만, 적절한 퇴비화 과정을 거치지 않고 사용할 경우에는 오염원으로 작용할 수 있다.
- 분뇨 깔짚 혼합물의 활용도를 높이기 위해서는 안정된 퇴비화 기술을 정착시키는 것이 중요하다.
- 완숙 퇴비를 축사의 깔짚으로 재이용하거나 퇴비화 과정 중인 더미에 덮어주어 악취 확산을 방지하는 등 활용방안을 다양화할 수 있다.

표 4

젖소농가의 축사형태

구분	계류식	후리스틀	깔짚	기타	무응답	계
농가수(호)	292	27	1716	10	55	2,100
비율(%)	13.9	1.3	81.7	0.5	2.6	100

출처 : 목장종합실태조사(서울우유, 2010)

표 5 젖소분뇨 처리방법

구분	자체처리			위탁처리			기타	합계
	정화	퇴비화	액비화	공동처리	재활용	공공처리		
농가수(호)	2,244	81,571	2,913	2,212	7,389	966	3,466	100,761
비율(%)	2.2	81.0	2.9	2.2	7.3	1.0	3.4	100

출처 : 농협중앙회('07)

- 깔짚과 분뇨를 혼합되어진 상태에서 최종 분뇨처리(퇴비화)를 진행함으로써 가축분뇨 처리에 큰 어려움은 없는 상태이나, 농장주 스스로 자신의 농장에서 발생하는 가축분뇨의 양을 파악하고 있어야 적절한 깔짚교체와 분뇨처리가 가능하다.

표 6 착유방식 및 계절별 세척수 발생량(L/일)

구분	봄	여름	가을	겨울	평균
바켓	150.4	148.6	126.1	116.9	135.5
파이프라인	478.0	513.1	503.6	457.0	487.9
헤링본	893.2	934.2	928.4	900.2	914.0
텐덤	847.0	856.1	864.1	859.7	856.7

출처 : 국립축산과학원('08)

- 젖소농가에서 1일 발생하는 세척수량은 표 6과 같으며, 표 7의 착유과정별 세척수의 성분을 보았을 때 착유실바닥 오염도가 가장 높은 것을 알 수 있다. 착유실에서 발생하는 세척수의 오염부하를 낮추기 위해서는 분과 뇨를 분리하여 처리하는 것이 바람직하다.
- 발생한 세척수를 처리하기 위해서는 우선적으로 고형물을 제거해야 한다. 고형물의 분류방법으로는 저장조에서 자연적으로 침전되고 상등수가 월류되도록 하는 방법(그림 41)과 타공망을 이용해서 분류하는 법(그림 42)이 있다. 이 후

농장에서 사용하는 보온덮개 부식포를 이용해 여과해주면 오염농도를 낮춰 부하를 줄일 수 있다.

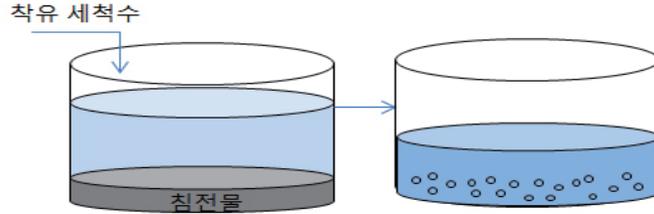


그림 41 자연월류식

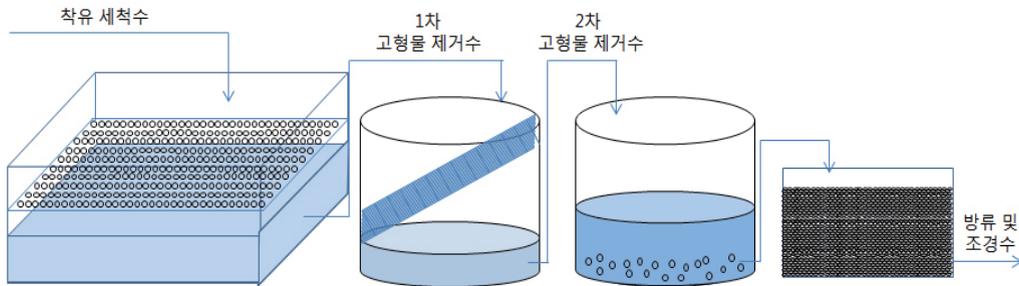


그림 42 타공망을 이용한 필터 후 폭기법

- 세척수를 저장조에 유입할 때에는 일정한 양을 꾸준히 유입시켜 주는 것이 효율적이며, 저장조 내에 공기공급 시설을 갖추고 충분히 공급해주어야 한다.

표 7 착유과정별 세척수의 성분(mg/L)

구분	pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P
착유기	8.2	831.9	376.3	514.4	399	20.6
냉각기	8.0	808.6	460.6	463.7	45.9	24.2
착유실바닥	7.7	906.4	971.3	1,934.4	236.7	18.0
유두	7.3	212.4	260.3	330.8	29.8	3.3
기타	7.4	896.8	326.3	514.4	43.4	7.5

출처 : 국립축산과학원('08)

농가에서 할 수 있는 일

<ul style="list-style-type: none"> ■ 가축분뇨 발생량을 파악하고 있어야 함 	<ul style="list-style-type: none"> • 분뇨 발생량을 파악하면 적절한 사육면적과 적합한 깔짚 교체 주기를 판단할 수 있음
<ul style="list-style-type: none"> ■ 분뇨가 집중 배설되는 곳에 대한 대책 	<ul style="list-style-type: none"> • 사료조 근처는 분뇨량이 많으므로, 짧은 주기로 깔짚을 교체하거나 건조된 깔짚과 혼합해 주도록 함 • 송풍기를 이용해 수분증발량을 높게 해주도록 함
<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴비화시설의 지붕을 빛 투과성 재질로 설치 	<ul style="list-style-type: none"> • 빛 투과율을 높혀 퇴비사의 수분증발량을 높힐 수 있음
<ul style="list-style-type: none"> ■ 가축분뇨의 발생량을 파악 	<ul style="list-style-type: none"> • 분뇨의 일발생량을 기준으로 깔짚의 활용과 분뇨 처리 계획을 수립할 수 있음
<ul style="list-style-type: none"> ■ 분뇨의 수분함량에 따른 수분조절재 양 파악 	<ul style="list-style-type: none"> • 농가에서의 깔짚 교체시 수분함량에 따른 수분조절재 투입량을 파악해야 미리 확보해 놓을 수 있음
<ul style="list-style-type: none"> ■ 보유한 퇴비사의 공간 활용 계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> • 연중 퇴비가 배출되지 않는 시기에 대비한 공간 확보 및 퇴비 생산 공간 확보 필요
<ul style="list-style-type: none"> ■ 완숙 퇴비를 깔짚으로 활용하거나 주변 민가에 무상 공급 	<ul style="list-style-type: none"> • 완숙 퇴비를 깔짚으로 이용하여 경제성 확보 및 주변 민가와의 관계 개선에 활용 가능

2

축사 악취 제어 방법

1

악취 발생 위치 및 원인

- 우사 내의 깔짚 교체주기가 길어지면 분뇨가 퇴적되어 악취가 발생한다.
- 깔짚 교체시 발생한 분뇨가 퇴비화를 위한 퇴적이 아닌 단순 저장용도의 퇴적일 경우 해충이 발생하고 악취가 지속적으로 발생하게 되므로, 수분조절재와 혼합하여 퇴적한 후 주기적으로 교반하여 퇴비화를 진행하여야 한다.

(1) 가축분뇨의 처리(퇴비화)



그림 43 퇴비 전(좌), 퇴비 후(우)

- 그림 43과 같이 가축분뇨는 미생물의 작용에 의해서 분뇨 내의 유기물질(악취 유발 물질, 토양·수질 오염물질)이 안정한 무기물질(작물 이용성이 좋음)로 변한다.

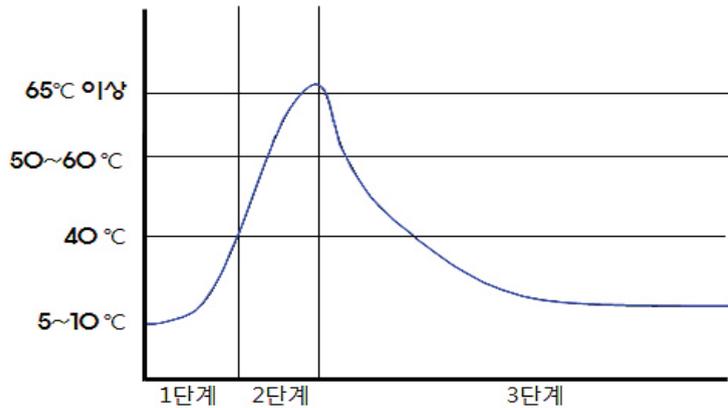


그림 44 퇴비화 단계별 온도변화

- 퇴비가 진행되고 있음은 그림 44와 같이 단계별 온도변화를 통해 상시로 확인이 가능하다.
- 퇴비화가 진행될 때 온도가 50~60°C 이상으로 상승함으로써 분뇨 내에 존재하는 병원균, 바이러스, 기생충 사멸과 잡초씨의 발아능력 상실 등의 과정이 이루어진다.
- 퇴비더미의 온도가 고온으로 올라가지 않을 경우에는 수분함량, 공기공급, 더미의 높이, 입자의 크기 등을 파악하여 적정 조건으로 맞춰야 한다.

■ 퇴비화의 이유는

- ☞ 분뇨 중의 섬유물질을 분해함
- ☞ 분뇨 내 유해 미생물을 사멸함
- ☞ 분뇨 내에 존재하는 잡초씨의 발아능력 상실
- ☞ 분뇨 내 유기물을 무기물로 변화함
- ☞ 환경오염 물질과 오물감, 악취, 점성도 감소함
- ☞ 작물이 이용할 수 있는 영양분 양을 높임
- ☞ 취급이 용이한 고품질 청정 비료를 생산하여 환금가치를 높임

(2) 우분의 퇴비화 조건

<ul style="list-style-type: none"> ■ 입자 	<ul style="list-style-type: none"> • 덩어리 형태로 된 경우 수분이 많은 분뇨와 혼합하여 분쇄한 후 퇴비화 진행 • 입자의 최대 크기(0.6~2.5cm)는 새끼손가락 한마디를 넘기지 않아야 함
<ul style="list-style-type: none"> ■ 함유율 	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴비화에 적합한 수분은 약 60~70%이며, 손으로 쥐었을 때 살짝 물이 묻어나는 정도
<ul style="list-style-type: none"> ■ 온도 	<ul style="list-style-type: none"> • 최적 온도는 55~60℃이며, 퇴비화 정도에 따라 온도 변화
<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴적 높이 	<ul style="list-style-type: none"> • 단순 퇴적퇴비화, 수동형 송풍식 퇴적퇴비화의 경우 퇴적높이는 2.0m 이하

(3) 사육방식

<ul style="list-style-type: none"> ■ 깔짚 	<ul style="list-style-type: none"> • 축사 내에 깔짚의 두께는 일반적으로 한우 5cm, 젃소 10cm로 깔고 있음 • 톱밥, 왕겨, 건조톱밥, 퇴비 등을 바닥에 깔아놓고 사육하며, 분뇨가 가축의 털에 묻기 시작할 때쯤 깔짚 교체를 해주어야 악취발생이 없음
<ul style="list-style-type: none"> ■ 계류식 	<ul style="list-style-type: none"> • 슬랏을 설치하여 분뇨를 바닥에 떨궈 처리할 수 있도록 우상에 분뇨를 청소 해주어야 함
<ul style="list-style-type: none"> ■ 후리스틀 	<ul style="list-style-type: none"> • 분뇨가 떨어지는 바닥에 톱밥 등을 깔아 분뇨의 함유율을 낮추고 자주 청소 해주어야 함



그림 45 농가 수준의 조치사항

- 악취 방지를 위해서는 우선 축사 내·외부 청소를 자주 해야 한다(중요).
- 주기적으로 깔짚을 교체함으로써 분뇨에서 발생하는 악취의 상당부분을 저감할 수 있다.
- 축사 외부로 확산되는 악취를 저감하기 위해서는 분뇨처리(퇴비화)를 꾸준히 해주어야 한다.

2 악취 발생 최소화 방법

(1) 농장의 분뇨발생량을 파악

- 하루 분뇨발생량을 파악해야 하고, 발생된 분뇨를 처리할 수 있는 시설과 저장조를 갖추어야 한다.

(2) 분뇨의 흐름과 처리주기 파악

- 가축분뇨를 자가·위탁처리 시 처리·배출 요일을 정해놓고 처리하도록 한다.
- 우사 바닥의 분뇨가 가축의 털에 붙기 전에 깔짚을 교체해주어야 악취 발생을 예방할 수 있다.
- 모아놓은 깔짚과 분뇨는 추가적인 수분조절을 통해 퇴비화를 진행시켜야 하며, 퇴비화 초기에는 악취 발생이 심할 수 있으니 기존의 퇴비를 약간 혼합하여 처리하는 것이 효율적이다.

(3) 악취 발생구역 파악

- 농장 내에 분뇨와 공기(흡·배기)의 흐름을 파악하고 악취가 발생할 수 있는 지역을 점검해야 한다.

- 우사 내부에서 발생하는 악취는 대부분 바닥에 분뇨가 고여 있거나 질척거리는 상태로 있는 경우이다.
- 우사 외부에서 발생하는 악취는 대부분 퇴비사 또는 야적하여 쌓아놓은 분뇨 더미에서 발생하며 가끔 뒤집을 때도 발생한다.
- 퇴비화 시설을 갖추고 운영하는 곳은 초기 퇴비화 진행시 악취가 발생(교반 횟수에 따라 1~3주 사이에 악취 발생강도는 현저히 줄어듦)한다.

(4) 조치가능 여부 파악

내부적 조치가능	조치사항
<ul style="list-style-type: none"> ■ 우사 바닥이 질척거림 	<ul style="list-style-type: none"> • 1년간 바닥재(톱밥, 왕겨, 볏짚 등)의 교체 주기를 계절별로 파악해서 질척거리기 전에 교체해 줌
<ul style="list-style-type: none"> ■ 우사 내 일부 지역 악취 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 우사 내 바닥재를 교체할 때 고압세척기나 삽 등을 이용하여 사각지역에 묵혀진 똥딱지를 떼어냄
<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴비더미 교반 시의 악취 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴비화 초기 수분조절재의 혼합량에 따라 교반(공기 공급, 섞어줌)을 하면 수증기와 함께 악취도 발생하나, 1~3주 정도 꾸준히 교반해준다면 악취 발생은 확연히 줄어듦
<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴비장 칸막이(저장조) 활용 미숙 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기에 제대로 된 퇴비를 일부 혼합한 후 퇴비화를 진행하면 악취 발생 강도를 약하게 할 수 있음
<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴비더미에서 악취 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴비화 진행 중의 악취발생은 더미 내에 공기공급이 부족하거나 수분함수율이 높은 경우이므로, 수분조절재 혼합과 교반을 통해서 해결해 주고 교반 후의 더미 위에는 10~20cm 정도 완숙된 퇴비를 덮어줌

3

악취 저감을 위한 노력

(1) 축사 내·외부 청소와 착유 세척수 처리



그림 46 우사 내부

- 축사 내·외부의 분진 등은 축사 내 악취와 결합하여 멀리까지 확산된다.
- 축사 내부의 먼지 발생을 억제하면 악취 발생이 상당히 저감된다.
- 축사 내에 깔짚이 분뇨로 인해 축축하게 젖어있지 않도록 관리해주어야 한다.
- 고압세척기를 이용해 주기적으로 우사 바닥을 청소해주고, 축사 주변의 거미줄 등을 제거하여 악취 확산을 저감할 수 있다.

(2) 퇴비장 비가림막 시설 설치 및 밀폐



그림 47 외부에 방치된 퇴비(좌)와 비가림막 시설(우)

- 축사에는 부숙이 완료된 퇴비를 저장할 수 있는 공간이 확보되어야 한다.
- 완전한 퇴비는 공기공급 및 교반을 할 필요가 없으므로 개방된 곳에 보관하여도 무방하나, 비가 올 때 쓸려 내려가는 것을 방지하기 위해 반드시 비가림막 시설을 설치하고 보관하여야 한다.
- 완전한 퇴비라도 빗물에 쓸려 흐르게 되면 주변 민원의 대상이 될 수 있다.
- 퇴비화 진행 과정 중 발생하는 열로 인해 악취가 휘산되므로 밀폐시설을 갖추고 악취 포집, 흡입 시설 등이 갖춰져야 한다.



그림 48 개방형 퇴비사(좌)와 밀폐형 퇴비사(우)

- 퇴비 생산시설에 악취포집, 흡입시설이 없는 경우는 윈치커튼 등의 간이 밀폐 시설을 설치하고 교반시간을 조절하여 악취 확산을 최소화해야 한다.

(3) 퇴비 저장조의 계획적 운영

- 퇴비 저장조를 칸으로 구별하여 갖추고 있는 농가에서는 발생 분뇨를 단계별로 관리하여 각 단계별 활성 미생물을 유지할 수 있으며, 부숙과정이 순차적으로 진행되어 차후 관리가 용이하다.

- 초기 수분함수율이 높은 분뇨는 톱밥, 왕겨, 볏짚 등과 같은 수분조절재와 섞은 후 옆칸으로 이동하여 공기공급과 교반을 진행하고 약 1~2주 후 옆 칸으로 옮겨 공기공급과 교반을 해주는 방식으로 순차적 퇴비화를 진행한다면 발생 가축 분뇨를 안정적으로 처리할 수 있다.



그림 49 퇴비화 과정

(4) 농장 주변에 방취림 조성

- 농장의 지형적 위치 또는 주변 민가와 의 거리는 악취가 발생하여 확산하게 될 때에 중요한 요인이 된다.



그림 50 우사가 위치한 외부 모습

- 축산농가가 악취 저감에 많은 노력을 하더라도 축사가 시각적으로 노출되어 있으면 냄새가 날 것이라는 선입견을 가지게 된다.
- 꽃과 나무를 심어 축사 주변의 환경미화에 힘쓰고, 조경과 방취를 위한 나무 심기를 함으로써 ‘축사는 악취가 심하다’라는 인식을 변화시킬 수 있는 노력이 필요하다.

3 퇴비사(장) 악취 제어 방법

1 악취 발생 제어를 위한 퇴비화 방법

표 8 퇴비화 조건 및 적정범위

	적정범위	비고
입자크기	0.6~2.5cm	큰 덩어리는 따로 분리해야 함
수분	60~70%	수분이 많으면 수분조절재나 기존에 만들어진 퇴비를 사용
높이	1.2~2.0m	높이는 너무 높거나 낮지 않도록 해야 함
교반횟수	1~2회/일	최소 1회/주는 해야 함

(1) 축분의 덩어리 크기



그림 51 덩어리진 축분(좌)과 부숙 후 덩어리(우)

- 오랜 시간 축분을 방치하여 덩어리가 뭉친 상태로 딱딱하게 굳어있는 것은, 퇴비로 만들면 덩어리가 그대로 남아있고 안쪽은 생분 상태가 유지되어 있다.
- 때문에 초기 축분 교반시 큰 덩어리는 따로 분리해 놓은 상태로 퇴비화를 진행한다면 전체적으로 고른 부숙도를 나타낼 수 있다.

- 일반적으로 덩어리의 크기는 최대 2.5cm를 넘지 않아야 하며, 대략 손가락 한마디보다 작은 덩어리여야 전체적으로 완숙퇴비를 만들 수 있다.

(2) 혼합된 축분의 수분함유량



그림 52 간이 수분조절법(좌, 우)

- 퇴비화를 진행하는데 있어서 가장 중요한 요소는 유기물과 질소의 비(C/N비), 공기공급량, 축분의 수분함수율이다.
- 이 중 농가에서 실제로 할 수 있는 방법은 축분의 수분함량이며, 적정 수분함량은 약 60~70%이다.
- 농가에서 바로 수분을 확인할 수 있는 간이측정법으로는, 축분과 수분조절재가 섞여있는 제재물(그림 52와 같이) 손으로 째 쥐었을 때 수분이 스며 나오는 정도를 확인하고 손을 뺐을 때 물기가 묻어 있는 상태여야 퇴비에 적합한 수분함량이다.
- 수분이 높거나 낮을 경우 수분조절재(톱밥, 왕겨, 볏짚 등)를 혼합하여 적정 수분을 맞춰준 후 퇴비화하도록 한다.
- 축분에 수분이 많은 상태로 더미를 쌓게 되면 더미 내에 공기공급이 되지 않아 다음 교반시 심한 악취를 발생시킬 수 있으므로, 초기 수분조절은 중요한 작업이다.

(3) 퇴적더미의 높이



그림 53 퇴비더미의 높이

- 퇴비더미를 쌓아놓는 곳의 바닥이 맨 바닥일 경우와 공기공급장치가 매립되어 있을 경우의 더미는 높이 차이가 있겠지만, 일반적으로 1.2~2.0m 내로 쌓는 것이 적합하다.
- 더미 높이는 전체적인 더미의 공기공급과도 관계가 있으므로 약 2.0m 높이의 더미를 쌓고 온도 상승 여부를 파악하여 높낮이를 조절하는 것이 바람직하다.

(4) 공기공급/교반 횟수

- 교반은 더미 내에 공기를 고르게 공급해주는 매우 중요한 과정이다.
- 바닥에 송풍라인이나 별도의 교반기 등이 설치되어 있지 않은 농가에서는 스키드로더 등의 기계적 장비를 이용하여 교반을 해 주어야 한다.



그림 54 퇴비더미 교반작업

- 더미의 외부는 마른상태이지만 내부가 질퍽한 상태인 경우는 공기공급이 고르게 되지 않기 때문이며, 이때 뒤집어주는 작업을 하면 악취가 발생하기도 한다.
- 더미 내에 공기공급이 원활하게 이루어지고, 더미의 온도가 상승하고 있다면 부숙이 진행되고 있는 것이며, 이때는 더미를 뒤집어도 악취가 거의 발생하지 않는다.
- 교반횟수는 퇴비화 속도 및 퇴비의 질과도 연관이 있기에 1회/일 교반해주는 것이 좋으나, 개인이 하는 농가의 특성상 최소한 1~2회/주는 반드시 교반해 주어야 한다.

2 완숙 퇴비 확인법

- 일반적으로 부숙이 완료된 퇴비는 촉감과 냄새, 색깔을 확인함으로써 알 수 있다.
- 우선 부숙이 완료되지 않은 분에 수분조절재를 넣은 혼합물은 악취를 풍기고, 덩어리져 있으며 덩어리를 쪼개어 보면 생분 상태 그대로 되어 있다.
- 부숙이 된 퇴비는 만졌을 때 부슬부슬하며 손으로 째 쥐어도 수분이 묻어나는 양은 적고 쉽게 털어낼 수 있다.
- 냄새는 흙냄새나 나무뿌리 냄새가 나며, 색깔은 커피색이나 초콜릿 색상의 진한 갈색을 띤다.



3 규모별 퇴비화 방법

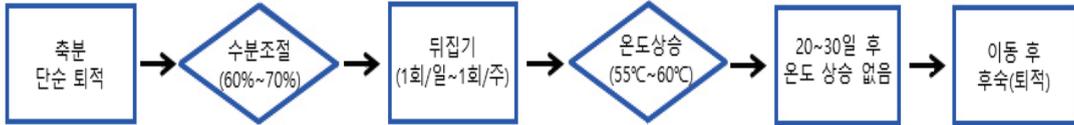
(1) 퇴적교반식 : 소규모



그림 55 축분더미(좌)와 퇴적 후 주기적 교반(우)

- 축사 저장조에 쌓여있는 축분은 스키드로더나 포크레인·트랙터 등의 장비를 이용해 퇴비장으로 옮긴다.
- 축분은 수분조절재(톱밥, 왕겨, 볏짚 등)를 이용하여 혼합한 후 간이측정법(손으로 쥐기)을 이용해 수분을 맞춰준다.
- 수분이 많은 축분은 벽 한쪽에 더미를 쌓아주며, 이 때 더미의 높이는 최대 2.0m를 넘지 않도록 한다.
- 차후 더미는 주기적(1회/일~1~2회/주)으로 뒤집어주며, 더미 내의 온도가 너무 높거나 낮을 시 교반을 통해서 온도를 조절하도록 한다.
- 퇴비화 작업 4~5주가 지난 후 더미의 온도가 중온을 유지하면, 다른 칸으로 옮겨 후숙하도록 한다.

- 이 후, 퇴비더미 내부 상단에서 약 5~10cm 부근에 흰 곰팡이(방선균)가 형성 되는 것을 확인할 수 있으며, 이 상태로 후숙을 유지한다면 완전히 부숙된 퇴비가 생산된 것이다.



(2) 자연승풍형 (승풍라인) : 중 · 소 규모

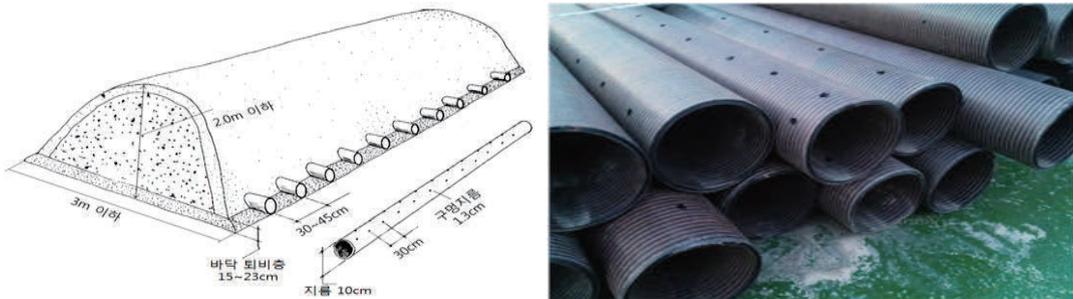
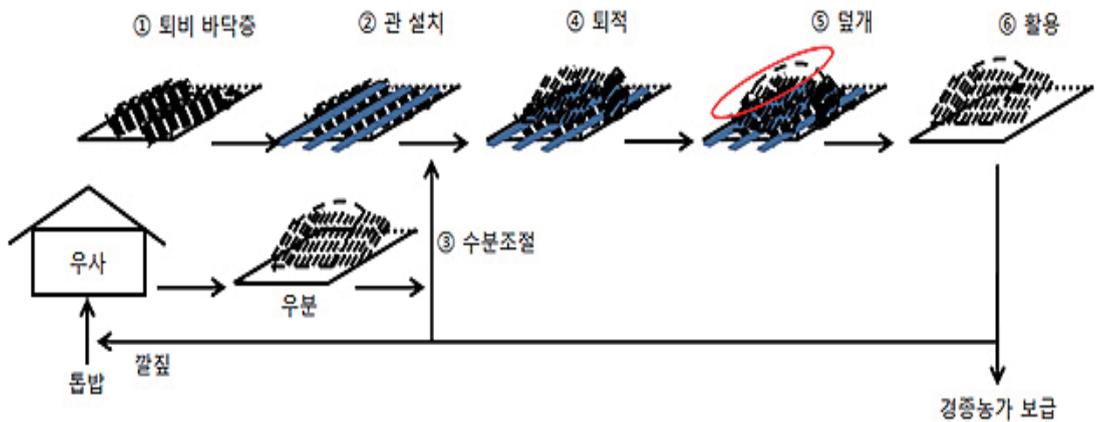


그림 56 자연승풍형 퇴비



출처 : 서울우유 퇴비화 매뉴얼('13)

- 퇴비장에 여유 공간이 있는 경우 그림 56(우)과 같은 형태의 다공성관을 퇴비 더미 아래에 묻어 놓고 퇴비화를 진행한다.
- 다공성관의 방향은 아래(5시와 7시)를 향하게 하여 더미에서 발생하는 수분이 공기구멍을 막지 않도록 해야 한다.
- 더미에 공기가 유입될 수 있도록 맨 바닥에 부숙된 퇴비나 톱밥을 약 20~30cm 정도 깔아준다.



그림 57 자연송풍형 퇴비화 작업

- 이 후 다공성관을 일정간격(30~45cm)으로 놓고 그림 57(좌)에서와 같이 더미를 형성한다.
- 마지막으로 퇴비화 진행 중 악취발생에 대비해 완숙퇴비를 20cm 정도로 덮어 바이오필터 덮개를 만들어준다.
- 약 12주 후면 완숙퇴비를 얻을 수 있다.

(3) 퇴적송풍식(통기관 매립) : 소·중·대 규모



그림 58 송풍관 매립(좌)과 송풍브로워(우)

- 수분조절된 축분을 퇴비조 안쪽부터 쌓아서 더미(2.0m 내외)를 만들어 놓도록 한다.



그림 59 저장조 내부부터 더미 만들기

- 더미 형성 후 공기공급은 상시 해주어야 하며, 약 2~3주가 지나면 다른 칸으로 옮겨 후숙을 진행하도록 한다.
- 퇴적송풍식에서는 더미 형성시 절대로 더미를 누르면 안 되고, 송풍라인이 막히지 않도록 반출 후 점검을 해주는 것이 중요하다.

4 축산농가의 악취 저감 사례

1 경기도 양평군 F농장(미생물 혼합)

축종 및 사육두수	한우 약 150두
축사규모	축사 3개동
축사형태 및 사육	개방형우사, 방목
적용 중인 악취저감 시설(방법)	음용수용 미생물 혼합



- 경기도 양평군에 위치한 F농장은 총 3개동의 우사에 한우만 사육하고 있음
- 우사가 위치한 곳에서 약 30m 거리의 농장 내에서 한우식당이 운영되고 있으며, 주변 조경 때문에 우사가 바로 옆에 있을 거라 생각지 못함
- 우사가 옆에 있지만 식당에서는 전혀 악취를 느낄 수 없음



- 우사의 형태는 비가림막만 있는 개방형으로, 환풍기나 윈치커튼 등이 설치되어 있지 않음
- 우사에는 음수시설만 설치되어 있으며, 바닥의 깔짚은 부드러운 흙바닥 같았음
- 수년이 지나는 동안 깔짚 교체를 하지 않고 있다고 하였지만, 깔짚은 전혀 질퍽거리지 않고 건조된 상태였으며 우사 내에서 악취가 전혀 발생하지 않음



- 농장주는 악취 저감을 위한 사양방식에 관심이 많으며, 여러 가지 시도를 해 보았다고 함
- 현재는 사료로 건조만을 급이하고, 음용수에 미생물 활성수를 혼합하여 급수하고 있으며, 이러한 방법이 효과가 분뇨에서의 악취 저감에 영향이 있다고 확신함

☞ 사진에서와 같이 우사 주변을 전혀 농장 같지 않게 꾸며냈으며, 축산 악취 저감/제거와 동시에 높은 등급의 고기를 생산하기 위해 많은 관심과 노력을 기울임

2 경기도 화성시 G농장(미생물 혼합)

축종 및 사육두수	젖소 총 160두 중 착유우 80두
축사규모	우사 2동, 퇴비사 1동(비가림막 시설만 되어 있음)
축사형태 및 사육	개방형우사(원치커튼)
적용 중인 악취저감 시설(방법)	여름철 EM균 물과 혼합 분무



- 경기도 화성시에 위치한 G농가는 평소 축사에서 발생하는 악취 저감과 분뇨 처리에 관심이 많고 많은 노력을 하고 있음
- 축사 주변의 방취림은, 악취의 외부 확산을 방지하고 조경관리를 통해 농가의 이미지 개선에도 큰 역할을 하고 있음
- 여름철에만 가끔 EM균 혼합수를 안개분무 시설로 가끔 활용하고 있으며, 별도의 악취 저감 방지시설은 운영하고 있지 않음



- 우사에는 톱밥과 완숙 퇴비를 혼합한 깔짚을 깔아 놓았으며, 깔짚의 교체 주기는 사료급이통 부분은 1회/주 정도이며 그 외의 부분은 1회/달 정도로 교체하고 있음



- 축사의 깔짚은 한 곳으로 모을 수 있도록 퇴비사와 연결해 놓았음
- 퇴비를 생산하기 위한 시설을 갖추고 있으며 이곳에서 생산된 퇴비를 사용하여 분뇨로 인한 악취를 저감하였고 깔짚의 수분을 조절해주는 역할도 하고 있음



- 우사에서 발생한 착유 후 세척수는 1차로 헝잡물(고형물)을 걸러낸 후 2차 과정에서 미세필터링, 3차(폭기조) 과정을 지나 최종(활성탄 여과) 단계로 처리수를 만들어내고 있음



- 최종처리수는 농가 주변에 조성한 방취림에 조경수로 활용하고 있음

- ☞ 분뇨로부터 발생하는 악취를 저감하기 위해 완숙된 퇴비를 톱밥과 혼합(2 : 1 비율)하여 깔짚재로 사용하고 있으며, 분뇨로 인해 깔짚이 질어지면 그 곳만 짧은 주기로 교체해 줌
 - ☞ 착유과정에서 발생하는 세척수는, 1차 스크린 망을 통해 고형물을 제거하고 축사 보온덮개 부식포를 활용해 2차 여과를 한 후 폭기와 활성탄 여과를 통해 조경수로 재이용하고 있음

1

계사 악취 발생 관리

1

양계시설에서의 악취 발생

- 양계시설에서 주로 발생하는 악취는 암모니아, 황화수소, 메틸머captan, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드 등의 물질에서 발생하는 것으로 알려져 있다.
- 육계일 경우 악취는 깔짚 수거 후 외부로 반출할 때 발생하거나, 환풍기를 통해 외부로 유출될 때 발생한다.

표 9

양계시설 사육별 주요 악취 물질

구분	육계 틈밥깔짚 (ppm)	산란계 케이지 (ppm)
암모니아	3.3~25.0	5.2~34.6
황화수소	0.000~0.012	0.0012~0.399
메틸머captan	0.011~0.013	0.000~0.010
다이메틸설파이드	0.000~0.013	0.000~0.020
다이메틸다이설파이드	0.000~0.003	불검출

출처 : 환경부('08)



그림 60 육계사와 산란계사

- 산란계일 경우 내부의 분뇨가 오래 축적되어 있거나, 오래 축적되어 있는 분뇨를 스크래퍼나 컨베이어로 이송하여 수거 후 퇴적하거나 퇴비화를 위한 교반시 약취가 발생하며, 내부의 약취가 환풍기를 통해 외부로 유출시 발생한다.

2 계사 내의 약취 관리



그림 61 계사 내 깔짚(좌)과 수거한 깔짚(우)

- 육계사에서 약취가 발생하는 요인은 깔짚의 관리가 잘못되었거나, 사육공간의 관리가 부실한 경우이다.

- 계분이 많이 축적되어 깔짚의 수분함량이 높아지면 깔짚표면이 뭉치기 시작하고, 닭의 털에 깔짚과 분뇨가 엉켜서 축축한 상태가 된다.
- 깔짚이 젖고 뭉치면 혐기상태가 진행되기 시작하며 암모니아, 황화수소와 같은 악취가 발생하기 시작한다.
- 또한, 발생악취로 인하여 닭의 성장에도 영향을 미치며, 질병이 발생할 확률이 높아진다.

(1) 육계사의 깔짚(악취) 관리

■ 종류	<ul style="list-style-type: none"> • 깔짚의 종류로 톱밥, 왕겨, 대패밥, 옥수수대 등을 사용하고 있으며, 계분과 잘 혼합될 수 있는 수분조절재로 역할을 해야 하며 독성이 없어야 함
■ 깔짚 교체	<ul style="list-style-type: none"> • 깔짚의 교체는 계사 내에 악취발생이나 유해균의 증식과 관련됨으로 가장 중요함 • 육계의 입식출하의 성격상 농장에서 깔짚이 젖기 시작하는 주기를 잘 파악하여 젖기 전에 미리 교체해 주는 것이 좋음
■ 계사환경	<ul style="list-style-type: none"> • 계사 내에 악취가 발생하면 사육 중인 닭의 성장에도 영향을 미치고, 작업하는 관리자의 건강에도 큰 문제를 일으킬 수 있음 • 암모니아는 약 5ppm 이상일 경우 사람이 느낄 수 있고, 15~20ppm 이상에서 계속적으로 노출되면 눈이 따가움을 느낄 수 있음
■ 깔짚의 처리	<ul style="list-style-type: none"> • 깔짚이 젖기 전에 교체해준다면, 돈사나 우사에서 퇴비화를 진행할 때 좋은 수분조절재로 사용되지만, 수분이 많은 상태로 외부 배출될 경우에는 배출비를 추가로 부담해야 하고, 별도의 수분조절재를 이용하여 퇴비화를 진행해야 하는 부담이 생김

(2) 산란계사의 악취 관리

<p>■ 분뇨배출</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 케이지 사육에서 발생된 분뇨는 바닥으로 떨어지고 스크래퍼, 자동 컨베이어나 이송벨트 등을 이용해 분뇨를 저장하는 곳으로 이송함 • 계분은 오랫동안 쌓이지 않도록 매일 외부로 배출해 주어야 함
<p>■ 내부환경</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 계사 내에는 사육밀도가 높기 때문에 내부 온·습도에 대한 관리가 잘 이루어져야 하며, 내부에 균일하게 공기가 배분되도록 환기송풍시설을 갖추어야 함 • 분뇨를 매일 외부로 배출하더라도 묵은 분뇨가 묻어있어 악취를 발생하므로 고압세척기를 이용한 주기적인 물세척이 필요함
<p>■ 분뇨이송</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 계사에서 발생한 분뇨는 수분이 많아 쌓아놓을 수 없으며, 저장 공간을 많이 차지함 • 분뇨가 떨어지는 바닥에 톱밥 등을 깔아 분뇨의 함수율을 낮추고 악취 발생 전 이송한다면 외부 퇴비장에서 쉽게 퇴비화가 가능



그림 62 농가 수준의 조치사항

- 계사 내에서 생균제를 사용하고 축사 내·외부를 청소하여 악취발생을 저감할 수 있다(중요).

- 주기적으로 깔짚 교체를 함으로써 분뇨에서 발생하는 악취를 상당부분 저감할 수 있다.
- 축사 외부로 확산되는 악취를 저감하기 위해서는 분뇨처리(퇴비화)를 꾸준히 해주어야 한다.

(3) 악취 발생을 최소화하려면

■ 계사 내 발생분뇨의 체류시간을 줄임(산란계)

- 분뇨 발생주기와 악취 발생 주기를 농가별로 파악해야 하며, 악취 발생 전 분뇨를 외부로 배출해주어야 함

■ 내부의 청결도 유지(육계)

- 입추 전과 출하 후 내부청소를 하여 청결도를 유지시켜야 하며, 깔짚의 수분성상을 확인하여 교체주기를 결정해야 함
- 깔짚은 분뇨가 질퍽해져 고이거나 닭의 털에 깔짚(분뇨)이 묻어나기 전에 교체해야 함
- 이후 새로이 깔짚을 깔 때에는 바닥에 깔짚을 얇게 깔아놓은 후 잘 부숙된 퇴비나 발효 미생물을 살포하여 준 후 나머지 깔짚을 깔아 혼합함
- 육계 사육시 발생분뇨와 깔짚이 혼합되어 자체적인 퇴비화가 잘 이루어질 수 있도록 처음 깔짚을 깔 때 잘 깔아주어야 함

■ 악취 발생구역 파악

- 계사 내의 분뇨와 공기(흡·배기) 흐름을 파악하고 악취가 발생할 수 있는 지역을 점검해야 함
- 계사 내부 바닥에 분뇨가 고여 있거나 질퍽거리는 상태로 있으면 악취 발생
- 계사 외부에서 발생하는 악취는 대부분 쌓아놓은 분뇨더미를 가만 놔두거나 가끔 뒤집을 때 발생함
- 퇴비화 시설을 갖추고 운영하는 곳은 분뇨와 수분조절제를 적절히 혼합하여 퇴비화 진행 시 초기에 악취가 많이 발생하지만, 교반 횟수에 따라 1~3주 사이에 악취 발생 강도는 현저히 줄어듦

2

계사 악취 제어 방법(퇴비화)

1

악취 저감을 위한 노력

(1) 농장 툄레에 조경 조성

- 농장의 지형적 여건과 주변 민가와 의 거리가 악취 확산에 중요한 요인이 된다.



그림 63 계사 주변 환경의 조경

- 축산농가가 악취 저감에 노력을 많이 하더라도 축사가 시각적으로 노출되어 있으면 냄새가 날 것이라는 선입견을 가지게 된다.
- 축사 주변을 항상 청결하게 유지하고 계사 외부로 악취가 확산되지 않도록 망을 설치하며, 조경과 방취를 위한 나무심기를 함으로써 '축사는 악취가 심하다'라는 인식을 변화시킬 수 있는 노력이 필요하다.

(2) 축사 내·외부 청소



그림 64 계사 내·외부 모습

- 축사 내·외부의 분진 등은 축사 내 악취와 결합하여 멀리까지 확산된다.
- 축사 내부의 먼지 발생을 억제하면 악취 발생이 상당히 저감된다.
- 축사 내에 깔짚이 분뇨로 인해 축축하게 젖어있지 않도록 관리해주어야 한다.
- 고압세척기를 이용해 주기적으로 우사 바닥을 청소해주고, 축사 주변의 거미줄을 제거해주어 악취 확산을 저감할 수 있다.

(3) 퇴비장 비가림막 시설 설치 및 밀폐



그림 65 개방형 퇴비장(좌)과 밀폐형 퇴비장(우)

- 계사에는 부숙이 완료된 퇴비를 저장할 수 있는 공간이 확보되어야 한다.

- 완전한 퇴비는 공기공급 및 교반을 할 필요가 없어 개방된 곳에 보관하여도 무방하나, 비가 올 때 쓸려 내려가는 것을 방지하기 위해 반드시 비가림막 시설을 설치해야 한다.
- 완숙퇴비라도 빗물에 쓸려 흐르게 되면 주변 민원의 대상이 될 수 있다.
- 특히 계분은 다른 축종에 비해 암모니아성 질소 성분이 높기 때문에 퇴비화 진행과정 중 많은 악취가 발생할 수 있으므로 주의해야 한다.
- 퇴비화 진행 과정 중 발생하는 열로 인해 악취가 휘산 되므로 밀폐시설을 갖추고 악취 포집, 흡입시설 등이 갖춰져야 한다.
- 퇴비 생산시설에 악취 포집, 흡입 시설이 없는 경우는 윈치커튼 등의 간이 밀폐 시설을 설치하고 교반시간을 조절하여 악취 확산을 최소화해야 한다.

(4) 퇴비 저장조의 계획적 운영



그림 66 계분 퇴비화 과정

- 퇴비 저장조를 칸으로 구별하여 갖추고 있는 농가에서는 발생 분뇨를 단계별로 관리하여야 각 단계 별 활성 미생물을 유지할 수 있으며, 부숙 과정을 순차적으로 진행할 수 있어 차후 관리가 용이하다.
- 초기 수분함수율이 높은 분뇨는 톱밥, 왕겨, 볏짚 등과 같은 수분조절재와 섞은 후 옆 칸으로 이동하여 공기공급을 위한 교반을 진행하고, 약 1~2주 후 옆 칸으로 옮겨 교반을 해주는 방식으로 순차적 퇴비화를 진행한다면 발생된 가축분뇨를 안정적으로 처리할 수 있다.

2

사육유형 별 악취 저감

(1) 육계



그림 67 육계사 내부 모습

- 계사 내에는 환기가 잘 되고 자연광을 최대한 활용할 수 있도록 시설을 설치하여 깔짚이 잘 건조되고 습도가 높지 않게 유지해야 한다.
- 급수 니플은 닭들이 물을 충분히 섭취할 수 있도록 설치하여야 하지만, 누수 되는 물로 인해 깔짚이 젖는 상황은 미리 파악하고 방지해야 한다.

■ 병아리 입추 전 계사 내부를 깨끗하게 세척

- 대부분 악취 발생은 계사가 청결하지 못하여 발생함으로 내부의 묵은 먼지를 고압세척기로 청소하여 준다면 악취가 먼지에 흡착하여 확산되는 현상을 방지할 수 있음

■ 계사를 개방하여 건조

- 청소가 완료된 계사는 완전히 건조한 상태가 되도록 개방하여 놓아야 함

■ 건조된 깔짚

- 약 5~10cm 이상 깔아둔 후 입추하고, 연속으로 깔짚을 사용할 경우에는 분뇨로 인해 깔짚이 젖어있는지 확인하여야 함

■ 깔짚 교체주기

- 자신의 계사에 깔짚 교체주기를 파악하여 악취가 심하게 발생하기 전에 깔짚 교체를 해주어야 악취 발생을 방지할 수 있음

- 계사 내 습도가 너무 낮으면, 깔짚과 닭들로 인한 먼지가 많이 발생할 수 있어 적당한 습도(30~50%)를 유지해 주도록 하며, 계사가 비워졌을 경우에 고압 세척기를 이용한 소독/청소를 해야 한다.

(2) 산란계



그림 68 산란계사의 분뇨처리

■ 계사 내에 깨진 계란 등 청소관리

- 산란계사 내에 깨진 계란이 방지되어 악취가 발생하고, 쥐 등의 설치류가 출몰할 수 있으므로 계사 내부를 주기적으로 청소하여야 함

■ 분뇨이송라인 관리

- 계사 내 분뇨는 외부로의 배출을 최대한 자주하여야 하며, 이송라인에 붙어있는 분뇨를 주기적으로 세척해주어야 함

■ 퇴비장 내의 분뇨관리

- 퇴비사로 이송된 분뇨는 톱밥, 왕겨 등의 수분조절재를 혼합하여 교반해주면 악취 발생을 줄일 수 있고 쉽게 퇴비로 만들어 보관할 수 있음

- 그림 68 좌의 경우와 같이 인력식 분뇨수거 방식인 경우 케이지 아래로 떨어진 분뇨가 오래 축적되면 악취가 심하게 발생한다.
- 그림 68 우의 경우와 같이 계사 안의 분뇨를 외부로 배출할 경우 단순 퇴적만 해 놓으면 악취가 많이 발생할 수 있으므로 톱밥, 왕겨 등의 수분조절제를 혼합해주어 적정 함수율을 유지해 더미를 쌓아주면 악취발생과 해충발생 등을 예방할 수 있다.
- 산란계사의 분뇨이송 방식이 스크래퍼나 컨베이어일 경우, 이송라인에 붙어있는 분뇨로 인해 지속적으로 악취가 발생할 수 있다.
- 매일 분뇨를 수거하여 계사 내 악취를 저감하여야 하고, 별도로 분뇨이송라인을 고압세척하고 깨진 계란을 청소해주어야 악취 발생을 줄일 수 있다.

●●●●●●

III

공동자원화시설 및 액비유통센터

1 현황 및 고려사항

- 2012년 가축분뇨의 해양배출이 전면 중단됨에 따라 축산농가에서 발생한 분뇨를 처리하는 데 어려움을 겪고 있다.
- 축산농가에서 발생하는 가축분뇨를 자원화할 수 있는 기반을 조성할 목적으로 공동자원화시설 지원사업을 추진하였다.
- 공동자원화시설 사업이 성공하기 위해서는, (주로 처리할 축종의) 가축분뇨 처리 방법에 대한 확실한 기술검토가 필요하며 처리공정별 물질수지에 대한 제시와 확인이 꼭 필요하다.
- 또한, 처리용량에 맞는 공법 선정과 적절한 시설을 설치하여 퇴·액비 처리과정 중 발생하는 계절적 분뇨성상 변화에 대비하는 등 전체공정의 운전상황을 예측하여 종합적으로 검토해야 한다.
- 퇴·액비 성분의 목표수치를 정하고 정확한 기술 습득을 통하여 모든 시설이 정상적으로 가동될 수 있도록 유지해야 한다.
- 시설 운영시 발생하는 돌발 상황에 대비해 충분한 가상교육을 진행하여 가축 분뇨의 유입량, 분뇨 유입성상 등에 맞는 유동적인 처리를 가능하게 해야 한다.

- 생산한 퇴·액비를 농경지에 환원하기 위해 지역적 특성을 충분히 파악하고, 적정살포/시용량을 파악하여 계획적으로 1년 단위의 운영을 해야 한다.
- 공동자원화시설이 단순히 가축분뇨 처리시설 운영이 아닌, 가축분뇨의 자원화를 통해 양질의 퇴·액비를 생산하여 투입/활용할 수 있는 시설임을 인지하고 있어야 한다.
- 사업부지를 선정할 때 그 지역의 특성을 고려한 적정 처리공법을 적용하고 필요 시설을 보유할 수 있도록 계획하며, 설치시설의 노후시기와 시설 재투자의 시기 등을 고려하여 운영해야 한다.

표 10 가축 사육두수 및 분뇨 발생량

	한육우	젖소	돼지	닭	오리	계
마리수 (천 마리)	2,817	428	9,858	158,987	7,101	179,191
분뇨 발생량 (천 톤/년)	14,087	5,886	18,351	6,964	311	45,600
분뇨 발생량 (톤/일)	38,595	16,127	50,277	19,078	852	124,930

출처 : 통계청('14)

- 표 10과 같이 가축분뇨 발생량은 124,930톤/일이며, 공동자원화시설에서 처리할 수 있는 분뇨량은 표 11에서와 같이 약 8,340톤/일(퇴·액비 처리량)으로 조사되었다.

표 11 공동자원화시설에서의 일 처리량

75개소	퇴비 (톤/일)	액비 (톤/일)	음폐수 (톤/일)	정화 (톤/일)
경기 (9개소)	456	350	0	0
강원 (3개소)	224	125	0	0
충북 (4개소)	52	341	0	0
충남 (14개소)	515	1,333	50	0
전북 (11개소)	161	914	30	0
전남 (9개소)	227	685	0	0
경북 (5개소)	138	354	0	0
경남 (11개소)	159	889	0	20
제주 (8개소)	306	864	30	0
세종 (1개소)	10	110	0	0
총계	2,248	5,965	110	20

출처 : 가축분뇨 자원화조직체 평가자료('15)

2

시설 및 처리과정



그림 69 개방형 폭기조(좌)와 밀폐형 폭기조(우)

표 12 개방·밀폐형 폭기조의 장단점

	장점	단점
밀폐형	<ul style="list-style-type: none"> • 발생악취를 내부에서 제어할 수 있음 • 처리수조 내의 산소용해율이 높음 • 미관상 깔끔함 	<ul style="list-style-type: none"> • 고가의 설치비용 • 생물학적 처리수조의 처리 상태를 육안으로 확인하여 대처하기 어려움
개방형	<ul style="list-style-type: none"> • 저가의 설치비용 • 생물학적 처리수조의 상태를 육안으로 확인하여 대처 가능 • 액비 상태가 좋을 시에는 발생 악취도 심하지 않고 육안 관리가 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> • 덮개를 설치하지 않으면 액비 불량 시 외부로 확산되는 악취 제어가 어려움 • 뜨거운 공기가 유입되므로 처리수조 내의 온도조절이 힘들 • 미관상 좋지 않음

- 표 12와 같이 개방형은 밀폐형에 비해 상대적으로 비용이 저렴하고 액비가 제대로 생산되고 있을 경우 악취 발생이 거의 없어 관리하기 편리한 장점이 있으며, 밀폐형은 외부로 확산되는 악취의 대부분을 차단할 수 있다는 장점이 있으나, 악취 저감/제거 시설의 설계가 규격용량¹⁾에 맞게 잘 설치되어야 하므로

1) 밀폐형 폭기조는 각 저장조에 악취를 한 곳으로 포집하여 악취 저감/제거 시설에서 처리함으로, 퇴비사와 폭기조의 모든 악취 포집 용량을 감안해서 시설 설치를 해야 함.

설치비가 비싸고 유지관리가 어려운 단점이 있다.



그림 70 유입 부하받은 액비조 모습

- 생물학적 처리조(이하 폭기조)에 유입되는 원수의 농도가 일정하지 않으면 폭기조가 부하를 받아 액비 생산을 위한 처리가 제대로 이루어지지 않는다.
- 유입 부하를 줄이기 위해서는 원수를 고액분리하는 과정이 중요하며, 이 과정에서는 1차로 드럼스크린을 이용해 덩어리가 큰 협잡물을 걸러주고, 2차로 고속회전 원심분리기(이하 고속데칸터)를 활용해 총고형물(Total Solid, TS)까지 감소시킬 수 있다.



그림 71 드럼스크린 외부(좌)와 내부 망(우)

- 드럼스크린의 처리용량은 내부 망의 구멍크기에 따라 달라지며, 내부 망의 틈새가 작은 상태에서 유입량이 많아지면 망이 여과역할을 못하면서 유입원수가 넘칠(Over flow) 수 있고, 내부 망의 틈새가 큰 유입원수의 여과율이 떨어지는 단점이 있다.
- 1차 처리(드럼스크린) 효율이 떨어진다고 판단(내부 망의 구멍이 커서 고액분리가 안 되거나 내부 망의 구멍이 너무 작아서 망이 막히는 현상으로 고액분리가 안 되는 상황)될 때는 내부 망을 크거나 작은 걸로 교체하여 고액분리를 하여야 2차 처리에서도 처리효율이 높아질 수 있다.



그림 72 고속회전원심분리기(좌)와 내부 슬러지 막힘(우)

- 고속데칸터는 드럼스크린보다 미세한 고형물을 고액분리하여 폭기조의 유입 부하량을 조절할 수 있다.
- 고속데칸터를 가동하는 중 차단기가 떨어져 기계가 강제 off 될 때는 점검을 위해 커버를 열어 내부를 확인해 보아야 하고, 그림 72 우와 같이 슬러지가 가득 차 있을 경우에는 청소/세척 후 재가동하도록 한다.



그림 73 폭기 브로워(좌)와 이송펌프(우)

- 대부분의 폭기조에는 공기공급을 위해 그림 73 좌와 같은 종류의 루츠브로워 (Roots Blower)나 터보브로워(Turbo Blower)를 사용하며, 일부 처리장에서는 농축산소나 액화산소를 사용하기도 한다.



그림 74 퇴비화 전 수분조절재와 섞어 쌓아 놓은 더미(좌)와 퇴비화 교반기(우)

- 교반기에 투입하기 전 미리 분 + 수분조절재를 혼합해 저장조에 쌓아 놓고, 그림 74 좌와 같이 윈치커튼을 내려놓으면 발생된 악취는 위쪽으로 휘산되어 외부와 연결된 덕트로 흡입 후 탈취탑에서 악취를 제어할 수 있다.



그림 75 퇴비사의 부숙열(좌)과 혼합 악취 발생(우) 모습

- 퇴비화 시설에서 가장 고려해야 할 악취 저감 설비는, 공기를 흡입할 수 있는 흡입 브로워의 용량과 연결 배관인 덕트의 위치와 형태, 악취를 제어하는 탈취탑의 제어용량 등이다.
- 그림 75 좌는 악취가 발생하는 현상을 시각적으로 확인하기 위해 임의로 브로워를 꺼 놓은 상태이며, 퇴비사를 증기로 가득 채운 후 흡입브로워 + 탈취탑을 가동해 제거되는 시간을 파악할 수 있다.
- 퇴비사의 면적에 비해 흡입브로워의 용량이 부족하다면 발생하는 악취는 외부로 새어 나올 수 있으므로 흡입브로워 용량증가, 세정탑의 악취가 머무는 시간을 증가시킬 수 있는 방법 등의 대책을 세워야 한다.



그림 76 넓은 퇴비사에서의 흡입 덕트 설치

- 퇴비사에서 교반시 발생하는 부숙열과 혼합악취를 흡입하기 위해서는 밀폐형 퇴비사에 음압을 형성하여 공기를 외부로 확산되지 못하게 하여 그림 76 좌와 같이 흡입배관을 연결해 퇴비사 전체의 악취를 포집하는 방법과, 그림 76 우와 같이 천장을 칸막이로 나누고 각 칸마다 흡기관을 설치하여 악취 흡입 효율을 높이는 방법이 있다.

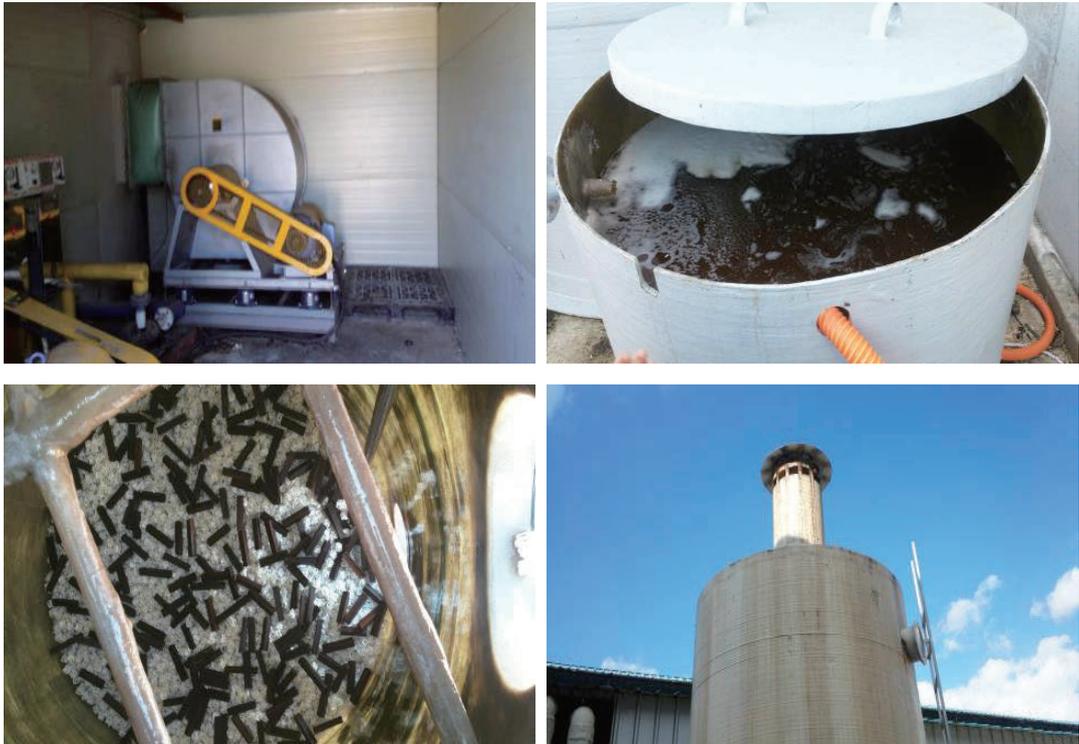


그림 77 탈취시설의 구성

- 화학적 처리방법은, 각 악취 발생물질의 특성에 맞춰 황산(H_2SO_4)이나 가성소다 ($NaOH$) 등을 혼합하여 분사함으로써 배출가스의 악취를 제어할 수 있으나, 약품유지비가 많이 들고 시설의 부식 등에 대비해 탈취탑의 재질을 고려해야 한다.
- 생물학적 처리방법은, 수많은 종류의 유용미생물과 물을 혼합 후 분사하여 악취 발생물질을 생물학적 + 물리적으로 제어하며 비용이 저렴하지만, 탈취탑 내에 미생물이 정착하여 배양될 수 있는 기간, 조건 등 환경조성이 필요하다.

3 악취 발생 단계

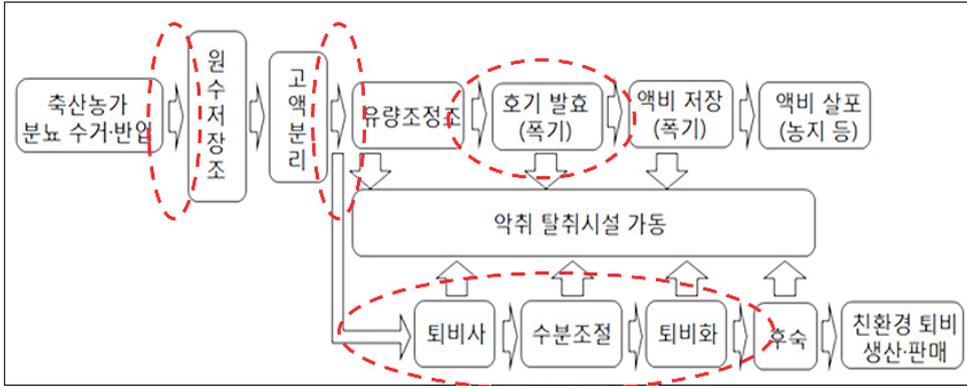


그림 78 공동자원화시설 처리도

- 그림 78은 일반적인 공동자원화시설의 처리 순서를 나타낸 것으로, 전체 처리 공정 중 붉은 색 원으로 체크된 곳(원수 유입, 고액분리, 초기 퇴·액비단계 등)이 악취가 발생하는 단계이며, 악취 발생이 가장 심한 곳은 퇴·액비사이고, 퇴·액비화 초기공정에서 심한 악취가 발생한다.



그림 79 공동자원화시설에 원수 투입장 시설

- 축산농가에서 수거된 가축분뇨 원수는 분뇨수거용 차량을 통해 공동자원화시설로 이송되고, 원수 투입장에서 원수저장조로 이송되어 저장된다.
- 원수 투입시에 악취 발생정도는 심하지 않지만, 외부로 확산을 방지하기 위해 흡입 시설을 갖춘 곳에 원수 투입장을 설치하는 것이 바람직하다.



그림 80 초기 원수 폭기(좌)와 수분조절 후 퇴비교반(우)

- 최초 원수 폭기조를 가동하기 전에 활성슬러지를 seeding(종균으로 사용)하는 것이 좋으며, 가축분뇨를 활성화한 슬러지를 사용하여 미생물의 적응시간을 단축할 수 있다.
- 폭기조의 활성화 상태는 거품을 보고 파악할 수 있으며 일반적으로 흰색거품은 미생물의 체류시간이 짧을 때, 갈색거품은 미생물의 체류시간이 길 때, 검은색의 거품은 유입 부하로 인한 폭기조 내 용존산소 부족(무산소화)이거나, 조 내에 미생물 부족/사멸 등의 상황일 때 발생한다.
- 폭기조에서 악취가 발생하기 시작하고 조 내의 물이나 거품이 검정색으로 변하는 경우에는 유입원수의 농도나 양이 급격하게 증가하였는지를 확인하고 독성물질 유입, 조 내의 공기공급 브로워의 이상 유무 등을 확인해야 한다.

- ☞ 액비조를 처음 가동하려면, 활성슬러지를 seeding하거나 원수를 희석한 후 폭기해야 함
- ☞ 계절적 특성에 의해 액비조가 변할(악취 발생 등) 경우에는 조 내의 거품이나 물의 색깔을 보고 상태를 추정하여 조치여부를 판단해야 함
- ☞ 충분한 용량의 폭기조를 운영하는 곳에서의 악취 발생, 미부숙 등의 액비 상태가 불량할 경우는 조 내의 미생물의 양, 용존산소량, 유입원수의 농도 등을 파악하여야 함



그림 81 교반형 퇴비사(좌)와 고속발효 퇴비사(우)

- 가축분과 수분조절재를 혼합해서 교반기에 투입하면 부숙과정에서 열과 악취가 발생하기 때문에, 퇴비화 시설에서 교반시 발생하는 증기 + 악취의 외부 확산을 방지하기 위해 대부분 밀폐형 퇴비사로 운영하고 있다.
- 액비조와 퇴비사에서의 악취 발생량을 잘못 계산하여 탈취탑으로 포집하는 흡입브로워의 용량이 부족하거나, 포집된 악취를 처리할 수 있는 용량이 부족하면 외부로 악취가 유출될 수 있으므로 넓은 공간의 악취를 포집하여 제어하기 위해서는 흡기브로워와 탈취탑의 용량을 신중히 계산하고 검증해서 설치해야 한다.

- ☞ 교반기에 퇴비 원료(분+수분조절재)를 투입할 때는 따로 넣지 말고, 미리 혼합해서 투입하면 부숙과 악취 발생이 적어짐
- ☞ 퇴비사의 발생 악취를 흡입할 수 있는 용량 계산/검증 후 시설 설치 필요
- ☞ 퇴비사 형태에 맞는 흡입배관(덕트) 적용하여 시설 설치 필요

.....

IV

별첨

[별첨 1]

배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정 범위
(악취방지법 시행규칙 제8조제1항, 개정 2011.2.1)

1. 복합악취

구분	배출허용기준 (희석배수)		엄격한 배출허용기준의 범위 (희석배수)	
	공업지역	기타 지역	공업지역	기타 지역
배출구	1,000 이하	500 이하	500 ~ 1,000	300 ~ 500
부지경계선	20 이하	15 이하	15 ~ 20	10 ~ 15

2. 지정악취물질

구분	배출허용기준 (ppm)		엄격한 배출허용 기준의 범위(ppm)	적용시기
	공업지역	기타지역	공업지역	
암모니아	2 이하	1 이하	1 ~ 2	2005년 2월 10일부터
메틸메르캅탄	0.004 이하	0.002 이하	0.002 ~ 0.004	
황화수소	0.06 이하	0.02 이하	0.02 ~ 0.06	
다이메틸설파이드	0.05 이하	0.01 이하	0.01 ~ 0.05	

구분	배출허용기준 (ppm)		엄격한 배출허용 기준의 범위(ppm)	적용시기
	공업지역	기타지역	공업지역	
다이메틸다이설파이드	0.03 이하	0.009 이하	0.009 ~ 0.03	2005년 2월 10일부터
트라이메틸아민	0.02 이하	0.005 이하	0.005 ~ 0.02	
아세트알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05 ~ 0.1	
스타이렌	0.8 이하	0.4 이하	0.4 ~ 0.8	
프로피온알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05 ~ 0.1	
뷰틸알데하이드	0.1 이하	0.029 이하	0.029 ~ 0.1	
n-발레르알데하이드	0.02 이하	0.009 이하	0.009 ~ 0.02	
i-발레르알데하이드	0.006 이하	0.003 이하	0.003 ~ 0.006	
톨루엔	30 이하	10 이하	10 ~ 30	2008년 1월 1일부터
자일렌	2 이하	1 이하	1 ~ 2	
메틸에틸케톤	35 이하	13 이하	13 ~ 35	
메틸아이소뷰틸케톤	3 이하	1 이하	1 ~ 3	
뷰틸아세테이트	4 이하	1 이하	1 ~ 4	
프로피온산	0.07 이하	0.03 이하	0.03 ~ 0.07	2010년 1월 1일부터
n-뷰틸산	0.002 이하	0.001 이하	0.001 ~ 0.002	
n-발레르산	0.002 이하	0.0009 이하	0.0009 ~ 0.002	
i-발레르산	0.004 이하	0.001 이하	0.001 ~ 0.004	
i-뷰틸알코올	4.0 이하	0.9 이하	0.9 ~ 4.0	

비고

1. 배출허용기준의 측정은 복합악취를 측정하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 사업자의 악취물질 배출 여부를 확인할 필요가 있는 경우에는 지정악취물질을 측정할 수 있다. 이 경우 어느 하나의 측정방법에 따라 측정한 결과 기준을 초과하였을 때에는 배출허용기준을 초과한 것으로 본다.

2. 복합악취는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제4호에 따른 환경오염공정시험기준의 공기희석관능법(空氣稀釋官能法)을 적용하여 측정하고, 지정악취물질은 기기분석법(機器分析法)을 적용하여 측정한다.
3. 복합악취의 시료는 다음과 같이 구분하여 채취한다.
 - 가. 사업장 안에 지면으로부터 높이 5m 이상의 일정한 악취배출구와 다른 악취 발생원이 섞여 있는 경우에는 부지경계선 및 배출구에서 각각 채취한다.
 - 나. 사업장 안에 지면으로부터 높이 5m 이상의 일정한 악취배출구 외에 다른 악취발생원이 없는 경우에는 일정한 배출구에서 채취한다.
 - 다. 가목 및 나목 외의 경우에는 부지경계선에서 채취한다.
4. 지정악취물질의 시료는 부지경계선에서 채취한다.
5. “희석배수”란 채취한 시료를 냄새가 없는 공기로 단계적으로 희석시켜 냄새를 느낄 수 없을 때까지 최대 희석 배수를 말한다.
6. “배출구”란 악취를 송풍기 등 기계장치 등을 통하여 강제로 배출하는 통로(자연 환기가 되는 창문·통기관 등은 제외한다)를 말한다.
7. “공업지역”이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지역을 말한다.
 - 가. 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제6조·제7조·제7조의2 및 제8조에 따른 국가산업단지·일반산업단지·도시첨단산업단지 및 농공단지
 - 나. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제30조제3호가목에 따른 전용 공업지역
 - 다. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제30조제3호나목에 따른 일반 공업지역(「자유무역지역의 지정 및 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 자유무역 지역만 해당한다)

[별첨 2]

가축사육시설 단위면적당 적정 가축사육기준
(농림축산식품부고시 제2015·167호, 2015.12.21 일부개정)

가. 한·육우

(1) 성장단계별 두당 가축사육시설 소요면적

(단위 : m²)

시설형태	번식우	비육우	송아지
방 사 식	10.0	7.0	2.5
계 류 식	5.0	5.0	2.5

(2) 두당 가축사육시설 소요면적 산정방법

- ① 육성우는 성우로 환산하여 계산함(성우 1두 = 육성우 2두)
- ② 송아지는 번식우(어미소)와 함께 사육하지 않는 두수를 기준으로 함(포유중인 송아지는 두수에서 제외)
- ③ 성장단계는 다음 기준을 적용하여 구분함

구 분	송아지	육성우	성 우
성장단계	6개월령 미만	6개월령 ~ 14개월령 미만	14개월령 이상

나. 젖 소

(1) 성장단계별 두당 가축사육시설 소요면적

(단위 : m²)

시설형태	경산우		초임우 (13~24월령)	육성우 (7~12월령)	송아지 (3~6월령)
	착유우	건유우			
갈 짚	16.5	13.5	10.8	6.4	4.3
계 류 식	8.4	8.4	8.4	6.4	4.3
후리스톨	8.3	8.3	8.3	6.4	4.3

(2) 일관사육시 두당 가축사육시설 소요면적

시설형태	깔짚	계류식 ¹⁾	후리스틀 ²⁾
두당 평균면적	12.8	8.6	9.0

1) 계류식 : 착유·건유우사는 계류식, 나머지는 깔짚인 경우를 포함

2) 후리스틀 : 착유우사는 후리스틀, 나머지는 깔짚인 경우를 포함

(3) 두당 가축사육시설 소요면적 산정방법

- ① (1) 및 (2)의 기준 중 택일하여 적용함
- ② 송아지는 번식우(어미소)와 함께 사육하지 않는 두수를 기준으로 함(포유중인 송아지는 두수에서 제외)

다. 돼지

(1) 성장단계별 두당 가축사육시설 소요면적

(단위 : m²)

구분	웅돈	번식돈				비육			
		임신돈	분만돈	종부 대기돈	후보돈	자돈		육성돈	비육돈
						초기	후기		
두당 소요면적	6.0	1.4	3.9	1.4(스틀) 2.6(군사)	2.3(군사)	0.2	0.3	0.45	0.8

(2) 경영형태별 두당 가축사육시설 소요면적

(단위 : m²)

일관경영	번식경영-1	번식경영-2	비육경영-1	비육경영-2
0.79	2.42	0.90	0.62	0.73

(3) 두당 가축사육시설 소요면적 산정방법

- ① (1) 및 (2)의 중 택일하여 적용함
- ② 자돈은 번식돈(어미돼지)과 함께 사육하지 않는 두수를 기준으로 함 (포유중인 자돈은 두수에서 제외)

③ 성장단계는 다음 기준을 적용하여 구분함

구 분	자 돈		육성돈	비육돈
	초기	후기		
성장단계	20kg 미만	20kg ~ 30kg 미만	30kg ~ 60kg 미만	60kg 이상

④ 경영형태는 다음 기준을 적용하여 구분함

구 분	경영 형태(유형)
일관경영	번식 → 분만 → 자돈 → 비육
번식경영-1	번식 → 분만
번식경영-2	번식 → 분만 → 자돈
비육경영-1	자돈 → 비육
비육경영-2	비육

라. 닭

(1) 수당 기축사육시설 소요면적

구 분	시설형태	소요면적	비 고	
산 란 계	케 이 지	0.5m ² /수		
	평 사	9마리/수		
산란 육성계	케 이 지	0.025m ² /수	100일령까지 사육	
육 계	무창계사	39kg/m ²		
	개방계사	강제환기	36kg/m ²	
		자연환기	33kg/m ²	
	케 이 지	0.046m ² /마리		

(2) 수당 가축사육시설 소요면적 산정방법

- ① 육성계와 병아리는 성계로 환산하여 계산함(성계 1수 = 육성계 2수 = 병아리 4수)
- ② 토종닭은 육계 소요면적을 기준으로 함
- ③ 성장단계는 다음 기준을 적용하여 구분함

구 분	병아리	육성계	성 계
산란계·종계	3주령 미만	3주령 ~ 18주령 미만	18주령 이상

마. 오리

(1) 수당 가축사육시설 소요면적

구 분	수당면적	비 고
산란용 오리	0.333m ² /수	
육 용 오리	0.246m ² /수	다만, 무창 또는 고상식 시설은 0.15m ² /수 적용

(2) 수당 가축사육시설 소요면적 산정방법

- ① 육성오리와 새끼오리는 성오리로 환산하여 계산함(성오리 1수 = 육성오리 2수 = 새끼오리 4수)
- ② 성장단계는 다음 기준을 적용하여 구분함

구 분	새끼오리	육성오리	성오리
산란용 오리	3주령 미만	3주령 이상 ~ 18주령 미만	18주령 이상
육 용 오리	3주령 미만	3주령 이상 ~ 6주령 미만	6주령 이상

[별첨 3]

미생물의 용도별 활용법

사용 목적	용도	미생물종류 (배합비율)	사용방법	사용예시	비고
발효사료 제조	농가부산물 및 배합사료 발효시	고초균(1) 유산균(1) 효모균(1)	- 혼합된 배양액을 0.5~2% 첨가 2~3일간 교반하면서 발효처리 후, 사료첨가제로 사용	- 배합사료 1톤당 5~20 l 첨가, 발효 후 이를 사료에 5% 정도 혼합 급여	
	TMR 사료 발효시	고초균(1) 유산균(2) 효모균(1)	- 혼합된 배양액을 0.5~1% 첨가 • 여름 : 3~5일간 / 겨울 : 7~10일간 발효처리 후 급여	- TMR 원료 1톤당 5~10 l 첨가	
음수투여	소화율 개선 분뇨처리개선 유익균 증가	고초균(1) 효모균(1)	- 혼합된 배양액을 0.05~0.1% 첨가 급여 • 양돈 1,000두 일관사육시 2~4 l 음수통에 매일 첨가	- 음수 1톤당 0.5~1 l 첨가	육계 10,000수당, - 1주령 : 0.5 l - 2주령 : 0.75 l - 3주령 : 1 l - 4주 : 1.5 l 매일 급여
축사 내 살포	악취 제거 유익균 증가	고초균(1) 광합성균(2)	- 혼합된 배양액을 300~400 배로 희석 축사 내 살포 - 슬러리 100평당 5 l 넣어줌	- 물 1톤당 2.5~3.3 l 희석, 살포(축사 내부 1평당 희석액 1 l 사용)	
벗짚 곤포 사일리지 엔실리지	발효촉진 보존성 향상 기호성 증진 소화율 향상	유산균 단독처리	- 유산균 배양액을 롤 1개당 50~200ml 주입	- 롤 1개(400kg)당 배양액 50~200ml 주입	
분뇨 처리장	환경개선 액화(발효) 촉진	고초균(1) 광합성균(2)	- 혼합된 배양액을 0.2~0.5% 첨가	- 1톤당 2 l ~5 l	

사용 목적	용도	미생물종류 (배합비율)	사용방법	사용예시	비고
가축 질병 예방	어린가축 가금의 설사예방 장내 유익균 증가	고초균(1) 효모균(1)	- 혼합된 배양액을 3~5일간 급여 - 설사 발생시 사용량을 2~4 배 증가급여	- 자돈 : 1두당 5~10ml - 송아지 : 1두당 30~50ml	
액비탱크	환경개선 액화(발효) 촉진	고초균(1) 광합성균(1)	- 혼합된 배양액을 액비 1톤당 0.2~0.5 l 첨가하여 폭기, 여름 : 약 30일간, 겨울 : 약 60일간 발효처리	- 액비 200톤당 40~100 l 첨가	
작물에 사용	병해예방 가스 제거 염류 제거	고초균(1) 광합성균(1)	- 혼합된 배양액 • 엽면 살포 : 500~1,000배로 희석(물 1톤당 1~2 l 첨가, 3~10일마다) • 토양관주 : 500~1,000배로 희석(물 1톤당 1~2 l 첨가, 월 1~2회) • 병해예방 : 100~200배 희석, 발병 전이나 발병초기에 엽면 살포 • 액비제조 : 액비원료 1톤당 100~200배 희석 후 공기주입하면서 발효 처리, 여름 : 7~14일, 겨울 : 14~28일	- 엽면살포 : 300평당 : 희석액 300 l 사용 - 토양관주 : 300평당 : 희석액 800~1,000 l 사용 - 병해예방 : 300평당 : 희석액 300 l 사용 - 액비제조 : 원료 1톤당 5~10 l 첨가	
운동장 살포시	악취 제거 파리 감소	고초균(1) 광합성균(1)	- 혼합된 배양액을 20배로 희석(물 1톤당 50 l) 살포	- 200평당 희석액 200, 주 1회 살포	

출처 : 경기도 미생물 농업사업단 발행 “친환경농업을 위한 미생물 사용 매뉴얼”

[별첨 4]

퇴비화 과정 중 나타날 수 있는 현상과 대책

상 태	원 인	확인방안	대 책
발열 미약	<ul style="list-style-type: none"> - 원재료의 수분 부족 - 원재료의 수분 과다 - N 부족 또는 분해가 느린 단단한 재료 - 구조성 결핍 - 추운 기후와 작은 더미 - 심히 낮은 pH 	<ul style="list-style-type: none"> - 원재료의 수분압출 불가능 - 축축한 상태, 가라앉음 수분 함량 60% 이상 - C/N율이 50% 이상 목질부가 너무 많음 - 빨리 가라앉음, 큰 입자가 적거나 수분이 과습하지 않음 - 1m 이하 퇴적높이 - pH가 5.5 이하, 쓰레기 유사 냄새 	<ul style="list-style-type: none"> - 수분 또는 습한 자재 첨가 - 수분조절재 첨가 후 재혼합 - N 함량이 높은 재료 첨가, 퇴비화 방법 전환 - 수분조절재 첨가 - 퇴적높이 증가, 분해가 잘되는 물질 첨가 - 석회, 나무 재첨가, 혼합
며칠간 지속적으로 온도저하	<ul style="list-style-type: none"> - 산소부족 - 저수분 	<ul style="list-style-type: none"> - 온도가 점차적으로 낮아짐 - 재료의 수분압출 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 교반 혹은 송풍 - 수분첨가
온도 불균일 또는 냄새변화	<ul style="list-style-type: none"> - 혼합불량 - 불균일 송풍 또는 짧은 송풍 - 수기가 다른 재료 	<ul style="list-style-type: none"> - 육안으로 수분 함량과 원재료 차이 식별 - 긴 퇴비더미의 온도 차이 	<ul style="list-style-type: none"> - 교반 혹은 재혼합 - 송풍파이프 단축, 재혼합
점진적인 온도저하 교반 혹은 송풍 후에 발열되지 않음	<ul style="list-style-type: none"> - 발효종료 단계 - 수분함량 부족 	<ul style="list-style-type: none"> - 적절한 퇴비화 기간 경과, 적절한 수분, C/N율 20% 이하 - 원재료의 수분압출 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 수분첨가, 재혼합
온도상승 (65℃ 이상)	<ul style="list-style-type: none"> - 열제거를 위한 불충분한 송풍 - 적정에서 저수분, 증발 냉각 제한 - 너무 큰 더미 	<ul style="list-style-type: none"> - 더미가 습함 - 수증기가 발생하는 느낌이나 과도하게 습하거나 건조하지 않음 - 높이 2.4m 이상 	<ul style="list-style-type: none"> - 교반 혹은 송풍량 증가 - 수분첨가, 온도조절을 위한 교반과 송풍 - 더미 크기 조정

상 태	원 인	확인방안	대 책
극단적 고온 (77°C 이상), 퇴비화, 후숙, 저장	- 열분해(Pyrolysis) 혹은 자연적 연소	- 낮은 수분함량, 더미 내부가 타는 듯이 보이고 냄새	
후숙, 저장 시 고온과 냄새	- 불안정 퇴비	- 짧은 퇴비화 기간, 혼합 후 온도와 냄새 변화	- 더미 조정, 필요시 교반
암모니아 냄새 발생	- 높은 질소 함량 - 높은 pH - 가용성탄소의 느린 분해	- C/N을 20% - pH 8.0 이상 - 큰 나무 입자, C/N을 30% 이하	- 고탄소 조절재 첨가 - 산성재료 혼합, pH 저하 (알카리성 재료의 제외) - 다른 탄소조절재 사용, 혹은 탄소비율 증가
계란 썩는 또는 고약한 냄새	- 혐기조건 • 과수분 • 구조성 결여 • 더미 밀착 • 불충분한 송풍 - 혐기조건 • 너무나 큰 더미 • 송풍불균일 또는 짧은 송풍	- 저온 - 고온	- 수분조절재 첨가 - 용적재 첨가 - 필요시 재혼합, 용적재 첨가 - 더미 축소 재혼합, 재료 검토
교반 후에만 냄새 발생	- 냄새나는 원재료 - 불충분한 송풍, 혐기성 내부	- 고온 - 저온	- 빈번한 교반, 공극 증가, 냄새 흡수 조절재 첨가 - 교반간격 축소, 공극 증가
재료덩어리 큰 입자함유	- 혼합불량, 충분한 교반 - 공기흐름 불균일 - 퇴비화 불량	- 원재료를 퇴비 중에서 구분 - 퇴비의 습한 덩어리 - 후숙 이열 혹은 냄새 발생	- 퇴비 선별, 처음 혼합을 개선 - 퇴비 선별, 원재료 파쇄 혹은 선별 - 퇴비화 기간 연장

출처 : 서울우유('12)

[별첨 5]

탈취장치의 종류와 개요

탈취장치		개요	장점	단점	
연소법	직접 연소장치	- 약취가스를 800℃ 이상으로 가열하여 무해한 탄산가스와 물로 산화 분해하여 탈취	- 광범위한 유기용제의 탈취가 가능 - 장치가 소형이므로 유지, 관리가 간단	- 연소열의 회수가 없다면 운전비가 고가임 - NO _x 발생이 많음	
	축열식 연소장치	- 축열재에 의해 교환 효율(80%)을 높인 연소장치	- 중간농도 배기가스를 경제적으로 탈취 가능 - NO _x 발생이 적음	- 설치장소, 무게 등의 문제가 있으며, 비용이 고가임	
	촉매 연소장치	- 200~300℃의 저온에서 촉매를 이용한 산화·분해로 탈취	- 직접연소법보다 운전비가 저렴함 - NO _x 발생이 적음	- 촉매 노화, 피독 물질의 사전제거가 필요	
흡수법	세척 (흡수)식 탈취장치	- 약제를 분무하여 화학 반응에 따른 탈취 - 약취물질 종류에 따라 물·산·알칼리·산화제, 수용액 등이 사용됨	- 설치비가 저렴함 - mist, dust도 동시에 처리 가능 - 가스의 냉각효과가 있음	- 폐수 발생 - 약액농도 조정이나 계기 점검 등 엄격한 일상 관리가 필요 - 약품에 대한 안전대책, 장치부식에 대한 대책 필요	
흡착법	회수	고정식 회수장치	- 활성탄을 충전한 복수탑을 전환하면서 흡착하여, 수증기로 탈취, 냉각 응축하여 회수	- 역사가 깊고 실적이 많음 - 조작 간단 - 장치 높이가 낮음	- 폐수 다량 발생 - 케톤계 용제는 발화방지 대책이 필요 - 수용성용제 회수시 수분 다량 포함
		유동식 회수장치	- 유동층에서 용제흡착, 가열탈취 - 활성탄이 순환하는 연속 회수장치 - 탈취가스로 질소 이용	- 폐수 소량 발생 - 케톤용액제도 안전하게 회수 가능 - 회수용제 내 수분이 적음	- 장치 높이가 높음 - 풍량이 대폭 변동할 때는 풍량제어장치 필요

탈취장치		개요	장점	단점
흡착법	농축 하니컴식 농축장치	- 낮은 농도 가스에서 악취를 분리하여, 적은 풍량으로 농축	- 풍량이 많은 배기가스도 경제적으로 처리 - 장치가 콤팩트화되어 운영 관리가 간단함	- 활성탄 노화물질이 다량 으로 포함될 때는 활용이 어려움
	교환 교환식 흡착장치	- 흡착제나 산화제를 충전 하여 통풍 - 충전재의 효과가 없어지면 신품으로 교환	- 장치가 저렴하고, 콤팩트 - 운전조각 간단	- 낮은 농도 가스처리에 한정됨(농도가 높은 가스는 교환비용이 상승)
생물탈취법	토양탈취법	- 악취가스를 토양층에 통풍시켜 토양 중 미생물로 분해·탈취	- 운전비가 저렴하고, 유지 관리 용이 - 토양 상층은 환원 등 독지에 이용 가능	- 처리 가능한 악취물질이 제한됨 - 빗물에 의한 통기저항이 크게 되어 링크 발생 - 넓은 장소가 필요
	충전탑법	- 미생물을 부착한 담체를 충전한 탑에 통풍시켜 미생물에 의해 분해· 탈취	- 장치가 콤팩트 - 유지관리 용이 - 운전비 저렴	- 처리가능물질 제한 - 미생물의 순응기간 필요 - 산성폐액처리 필요
마스킹법		- 소·탈취제를 이용하여 감각적으로 악취 완화	- 간단하게 설치할 수 있고, 비용 저렴	- 악취물질을 저감시키는 것이 아니며, 무취화가 어려움

출처 : 환경정책·평가연구원('13.06)

[별첨 6]

교반기 종류

교반기	장단점	사진
에스컬레이터	<ul style="list-style-type: none"> • 유지비용이 고가 • 컨베이어 벨트(판)의 내구성이 약함 • 장비가 무거움 • 대량 처리 가능하며, 교반 중의 진행속도가 빠름 	
(직선, 순환) 로터리	<ul style="list-style-type: none"> • 깊은 교반이 안 되어 넓은 부지 필요로 함 • 교반 중의 진행속도가 오래 걸림 • 교반 발의 잦은 고장으로 유지 어려움 • 발생하는 가스(증기+악취)로 인한 기계 부식 	
스크류	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴비사를 주차별로 운영하면 좋은 퇴비 생산 가능 • 교반효율 좋지 않음 • 교반시간이 오래 걸림 	
인력 교반	<ul style="list-style-type: none"> • 스킵로더, 굴삭기 등의 장비를 이용해 직접 교반하기에 교반효율이 좋음 • 교반 후 퇴적하기에 좁은 부지에서도 가능 • 사람이 직접 운전해야 함 • 고정적인 소요 시간을 필요로 함 	

편집 자문위원

분야	이름	소속	직위(급)
정책	노경상	한국축산경제연구원	원장
	이오순	논산시청	팀장
축산	조진현	대한한돈협회	부장
	김영원	전국한우협회	국장
환경	라창식	강원대학교	교수
약취	송준익	천안연암대학	교수
	조성백	국립축산과학원	농업연구사
퇴비	안희권	충남대학교	부교수
액비	류종원	상지대학교	교수
	김완주	논산계룡축협	부장장
	박강순	농업회사법인 석계(주)	대표
언론	박윤만	축산신문	전무

