319095
-02

초고온 발효기술 및 현장 적용 시스템 개발

구제역 이동제한 지역 내에서의 돼지 액상분뇨

2021

농림식품기술기획평가원

농림축산식품부

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )발간등록번호(○)

가축질병대응기술개발사업 2021년도 최종보고서

발 간 등 록 번 호
11-1543000-003650-01

구제역 이동제한 지역 내에서의 돼지 액상분뇨 초고온 발효기술 및 현장 적용 시스템 개발

2021. 08. 25.

주관연구기관 / 신화건설(주)

농 림 축 산 식 품 부
농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “구제역 이동제한 지역내에서의 돼지 액상분뇨 초고온 발효기술 및 현장적용 시스템 개발”(개발기간 : 2019. 08. 30 ~ 2021. 03. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 08. 25.

주관연구개발기관명 : 신화건설(주) (대표자) 윤 수 홍 (인)
참여기업명 : 신화건설(주) (대표자) 윤 수 홍 (인)

주관연구책임자 : 권 영 준
참여기업책임자 : 권 영 준

국가연구개발혁신법 시행령 제33조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>319095-02</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2019.08.30.
~ 2021.03.31</td><td>단 계 구 분</td><td>20개월/
20개월</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>단 위 사 업</td><td colspan="4">가축질병대응기술개발사업</td></tr>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="4">가축질병대응기술개발사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">(해당 없음)</td></tr>
<tr><td>세부 과제명</td><td colspan="4">구제역 이동제한 지역 내에서의 돼지 액상분뇨 초고온 발효기술 및 현장 적용 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">권 영 준</td><td>해당단계
참여연구원
수</td><td>총: 14 명
내부: 7 명
외부: 7 명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부: 170,000
천원
민간: 56,667
천원
계: 226,667
천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여연구원
수</td><td>총: 14 명
내부: 7 명
외부: 7 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 290,000
천원
민간: 96,667
천원
계: 386,667
천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="3">신화건설(주) 기술연구소</td><td colspan="2">참여기업명
신화건설(주)</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명: 건국대학교 산학협력단</td><td colspan="2">연구책임자: 최 인 수</td></tr>
</table>

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	-

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명정보	생물자원	정보	실물
등록·기탁 번호	3편 (학술대회)	제 10-2269337 호									

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

(요약)
○ 구제역 이동제한 지역 내 실효적 신속한 돼지 액상분뇨 처리기술의 확립
(1 step : 현장 구제역 바이러스 사멸 신속처리, 2 step: 거점처리 퇴비화)
○ 초고온 미생물 제제와 돼지 액상분뇨의 최적 혼합비율 및 융합처리 도출
○ 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 공정의 운전조건 도출
○ 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지액상분뇨처리 기술의 매뉴얼화
○ 기존 돼지 액상분뇨처리비교 및 기술적 타당성, 경제성, 환경영향 분석 평가
○ 초고온 호기성 미생물 발효공정에서 복합악취 및 지정악취 분석 평가
○ 돼지 액상분뇨처리 부산물의 퇴비화 품질특성 분석 평가
○ 초고온 호기성 발효시스템에서 돼지 액상분뇨처리의 병원체 사멸 평가
○ 초고온 호기성 발효시스템에서 돼지 액상분뇨처리 과정 환경영향성 평가
○ 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 퇴비화를 위한 자원화 융합기술 개발
○ 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 최적 사업화 방안 마련

보고서 면수

<요약문>

<table>
<tr><td>연구의
목적 및 내용</td><td colspan="5">○ 초고온 발효(85~105℃내외) 시스템을 적용한 친환경 처리기술 확립
○ 초고온 발효를 이용한 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리기술 확립
○ 돼지 액상분뇨를 통한 구제역 확산 예방방안 및 기술력 확립
○ 구제역 발병지역 이동제한 기간 내의 신속·합리적인 분뇨처리 방안 확립
○ 현장적용이 가능한 돼지 액상분뇨처리기술 개발 및 매뉴얼 확립
○ 개발된 기술력을 기반으로 돼지 액상분뇨 처리기술 사업화 실현</td></tr>
<tr><td>연구개발성과</td><td colspan="5">○ 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 기술의 환경영향 최소화 방안 확립
- 초고온 호기성 미생물 발효고정에서 복합악취 및 지정악취 분석 평가 완료
- 기존 돼지 액상분뇨처리 비교 국내 적용가능성 및 기술적 타당성, 경제성, 환경영향 분석 평가 완료
○ 친환경적이고 지속가능한 돼지 액상분뇨처리기술 개발
- 돼지액상분뇨처리 부산물의 퇴비화 품질특성 분석 평가 완료
○ 초고온 호기성 발효 시스템에서 돼지 액상분뇨처리기술의 매뉴얼화
- 현장 매몰식 돼지 액상분뇨처리 매뉴얼 작성 완료
- 현장 비매몰식 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 매뉴얼 작성 완료
- 거점처리(퇴비화) 돼지 액상분뇨처리 매뉴얼 작성 완료
- 돼지액상분뇨처리 부산물의 병원체 사멸 확인 및 매뉴얼 작성 완료
- 초고온 호기성 발효균 진행 전후 주변 토양의 미생물 총 변화 확인
○ 초고온 호기성 미생물에 의한 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 사업화
- 돼지 액상분뇨처리 관련 법규분석을 통한 부산물 활용분야 및 규제영향 법제화 추진
- 기반 사업 확장을 통한 고용 창출 및 사업화 진행
- 구제역 발생빈도 높은 지역 현장매몰처리 및 거점처리 시스템 사업화 추진</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의
활용계획
(기대효과)</td><td colspan="5">○ 초고온 호기성 미생물을 이용한 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리기술 개발로 기존 액상분뇨처리의 문제점 개선이 가능해져 구제역 발생에 대한 방역기술이 개선되어질 것임.
○ 본 연구를 통해 특허출원 및 특허공고 된 ‘구제역 발병지역 가축분변 초고온 발효처리 시스템’의 실효적 적용과 초고온발효 매몰 기법을 이용하여 검출농도 이하로 존재할 수 있는 병원체를 효과적으로 사멸하여 병원체의 확산을 효과적으로 방지하는 기술을 확보할 수 있음.
○ 구제역 발병지역내 매몰된 돼지 액상분뇨의 부패 및 침출수로 인한 임야 및 하천, 지하수 등의 오염을 방지하여 자연환경을 지속가능하게 하며, 또한 기존 돼지 액상분뇨처리 부작용과 재처리 비용을 줄여 구제역 발병으로 인해 발생하는 사회적 비용을 크게 절감할 수 있을 것이라 사료됨.
○ 본 연구의 초고온 미생물을 이용한 구제역 발병지역 내에서의 돼지 액상분뇨처리(현장 매몰식/비매몰식 처리+거점 처리 융합시스템)의 혁신성에 비추어 각 지자체별 구제역 감염 돼지액상분뇨처리 장소를 특정할 수 있어 중앙검역 당국의 안전기준을 마련하고, 이를 충족할 수 있는 돼지 액상분뇨처리시설을 확립할 수 있음.
○ 초고온 미생물을 이용한 구제역 발병지역 내에서의 돼지 액상분뇨처리 표준 매뉴얼을 제작하여 방역 시스템을 선진화하여 사회적 문제 해결 가능.</td></tr>
<tr><td>국문핵심어
(5개 이내)</td><td>초고온 발효</td><td>돼지액상분뇨</td><td>호기성 발효</td><td>퇴비화</td><td>병원성</td></tr>
</table>

<Summary>

Research purpose and content	○ Establish eco-friendly treatment technology applying hyperthermophiles fermentation (85~105℃) system ○ Establishment of porcine stool treatment technology in areas of foot-and-mouth disease using hyperthermophiles fermentation ○ Establishment of technology and measures to prevent the spread of foot-and-mouth disease through porcine stool ○ Establishment of quick and reasonable porcine stool treatment plan within the period of restriction on movement of foot-and-mouth disease affected areas ○ Develop a porcine stool treatment technology that can be applied to the field and establish a manual ○ Realize commercialization of porcine stool treatment technology based on the developed technology
Research and development achievements	○ Establishment of measures to minimize environmental impact of porcine stool treatment technology using hyperthermophiles - Completion of analysis and evaluation of complex odor and designated odor in hyperthermophiles fermentation fixation -Comparing existing porcine stool treatment processing, domestic applicability, technical feasibility, economic feasibility, environmental impact analysis and evaluation completed ○ Development of eco-friendly and sustainable porcine stool treatment technology -Composting quality characteristics analysis and evaluation of porcine stool treatment by-products completed ○ Development of manual of porcine stool treatment technology - Completed preparation of the on-site burial-type porcine stool treatment manual - Completed preparation of the on-site non-burial mobile fermenter porcine stool treatment manual - Completed preparation of the base-treated porcine stool treatment manual - Verification of pathogen death of porcine stool treated by-products and completed preparation of manual - Confirmation of total microbial changes in the surrounding soil before and after the progress of hyperthermophiles ○ Commercialization of porcine stool treatment in areas with foot-and-mouth disease caused by ultra-high temperature aerobic microorganisms - Promote legalization of by-product utilization fields and regulatory impact through analysis of laws and regulations related to porcine stool treatment -Job creation and commercialization through expansion of the base business -Promote commercialization of burial treatment and base treatment systems in areas with high frequency of foot-and-mouth disease
Research achievements utilization plan (Expected effect)	○ The development of high-efficiency porcine stool treatment technology using hyperthermophiles will improve the existing porcine stool treatment problems, thus improving the prevention technology for FMD ○ Through this study, the effective application of the porcine stool treatment system using patent application and patent-announced hyperthermophiles and the method of ultra-high temperature fermented burial can be used to effectively kill pathogens that can exist below the detection concentration to

	effectively prevent the spread of pathogens ○ It is estimated that the natural environment will be sustainable by preventing the decay of buried porcine stool and contamination of forests, streams, and groundwater due to leachate, and social costs incurred by buried porcine stool will be greatly reduced by reducing side effects of existing porcine stool and costs of reprocessing ○ In light of the innovation of porcine stool treatment using hyperthermophiles (convergence system for the burial method/non burial method treatment in the field + base facility treatment), each local government can designate a place for killing, so that the central quarantine authorities can prepare safety standards and establish a body treatment facility that can meet them. ○ A standard manual for the treatment of porcine stool using hyperthermophiles can be produced to advance the prevention system to solve social problems				
Keywords	Hyperthermophiles	Porcine stool	Aerobic fermentation	Composting	Pathogenicity

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 9
2. 국내외 기술개발 현황 ····· 23
3. 연구수행 내용 및 결과 ····· 38
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 132
5. 연구결과의 활용 계획 등 ····· 133
6. 사업화 전략 및 비즈니스 모델 정립 ····· 135
붙임. 참고문헌 ····· 145

<별첨 1> 연구개발보고서 초록
<별첨 2> 자체평가의견서
<별첨 3> 연구성과 활용계획서

〈 Contents 〉

1. Summary of research and development project ····· 9
2. Domestic and foreign technology development status ····· 23
3. Research contents and results ····· 38
4. Goal achievement and contribution to related fields ····· 132
5. Research result utilization plan, etc. ····· 133
6. Establishment of commercialization strategy and business model ····· 135
Add. References ····· 145

<Attach 1> Abstract of research and development report
<Attach 2> Self-evaluation opinion
<Attach 3> Research performance utilization plan

제1장. 연구개발과제의 개요

제1절. 연구개발의 배경

1. 구제역 발병 및 확산

○ 축산 산업의 현황 및 전염병으로 인한 피해

- 축산업의 고도성장으로 인한 집약화 및 대규모화에 따라 사육두수는 매년 꾸준히 증가하고 있음. 구제역 감염의 경우 2010/2011년 살처분 3,480천두, 피해 금액 27,383억원에 달하는 피해가 발생함.
- 살처분된 가축에 대한 처리문제와 발병지역 가축 분변 처리문제를 비롯해 이들 살처분된 가축과 매립된 돼지 액상분뇨의 환경에 미치는 영향에 대해서는 국내에는 물론 세계적으로 첨예의 관심사가 되고 있음.

○ 고병원성 AI는 2000년 이후 2년 주기로 발병이 반복되고 있으며, 피해 규모가 확대되고 있음. 조류 인플루엔자 (Avian Influenza)는 바이러스 감염에 의하여 발생하는 전염병으로 저병원성 AI와 고병원성 AI로 분류됨. 고병원성 조류인플루엔자(highly pathogenic avian influenza, HPAI)는 제1종 법정전염병, 저병원성 조류인플루엔자(low pathogenic avian influenza, LPAI)는 제2종 법정전염병으로 분류됨. 닭, 칠면조, 오리 등 가금류와 야생조류에 감염되며, 오리나 야생 조류는 임상 증상이 없으나 가금류에 대한 중요한 전파요인이 됨. 2016년 기준으로 AI 피해 규모는 살처분 22,150천수, 피해 금액 2,612억원에 달함. (그림 1)

그림 1. AI에 따른 살처분 및 피해액 현황 (자료; 농림축산식품부, MK news, 2017년 1월 5일) 재구성

○ 구제역은 2010/2011년 살처분 3,480천두, 피해 금액 27,383억에 달하는 피해가 발생함. 이후 백신 처방을 하면서 발병은 지속되고 있지만, 피해 규모는 크게 감소함. (그림 2)

그림 2. 구제역에 따른 살처분 및 피해액 현황 (자료; 농림축산식품부, 2014-2016 구제역 백서) 재구성

○ 구제역이 막대한 규모의 피해를 가져오게 된 배경은 국내 축산업이 공장형 밀집 축산 형태로 발전하면서 농장 간 전파가 쉽게 이루어지는 구조를 가지고 있기 때문임.

○ 2014년부터 최근까지 구제역 및 AI의 지리적 일정별 확산실태를 지도로 나타내었음.(그림 3)

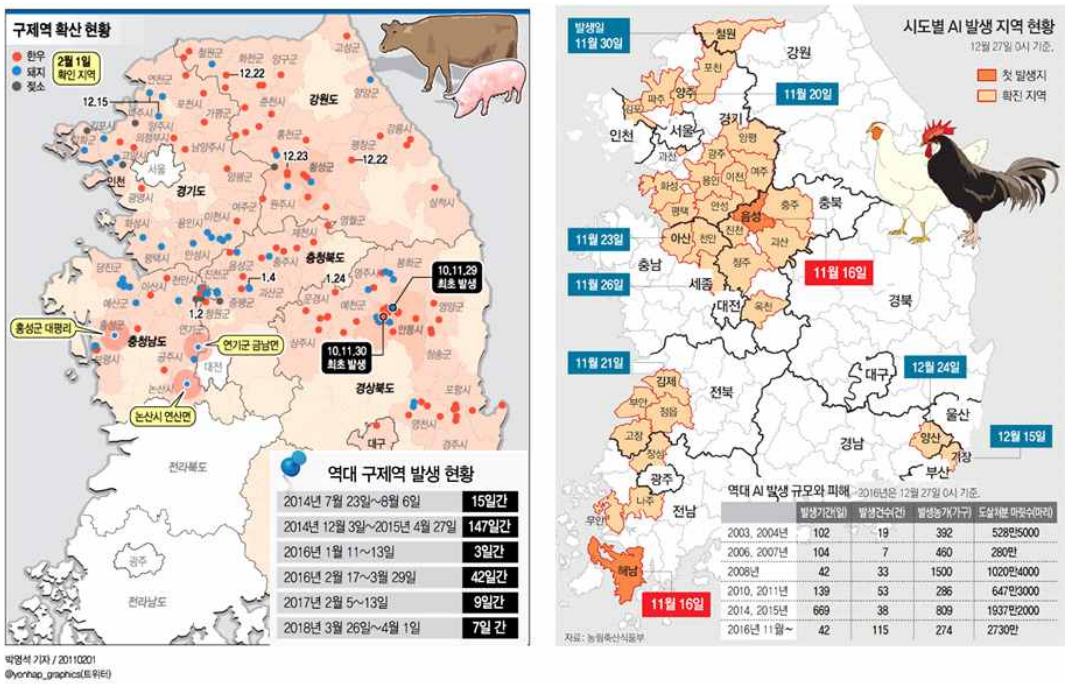


그림 3. 구제역 및 AI 지리적 일정별 확산실태

2. 구제역 발병으로 인한 가축분뇨 처리 현황

○ 가축분뇨 발생 및 처리실태

- 모든 축종에서 '10년까지는 농가수가 증가 이후 내·외부 원인으로 소규모 농가는 폐쇄하고 대규모 농가는 증가 등 최근 전체 농가수는 감소함.
- 돼지는 2010년 이후부터 농가수가 매년 소폭 감소하는 경향을 나타냄.
- 가축분뇨 발생량은 2011년도 구제역의 영향으로 인한 큰 감소를 제외하고는 가축분뇨 발생량은 소폭 증감을 반복하는 경향을 나타냄.
- 분뇨발생량은 원단위가 큰 돼지 등에 사육두수에 크게 의존하며, 돼지 사육두수가 증가한 '10년, '12년, '14년, '16년에 분뇨발생량도 함께 증가함.

그림 4. 연도별 사육두수 및 분뇨발생량 (2007~2016)

- 가축분뇨의 정화처리량은 증감을 반복하며 일정 수준을 유지하는 경향을 나타내며, 공공처리 및 재활용업 등 위탁처리는 2007년부터 꾸준히 증가했으며, 2011년 런던협약에 의하여 해양투기가 금지되어 돼지 농가의 위탁처리는 증가하는 추세임.

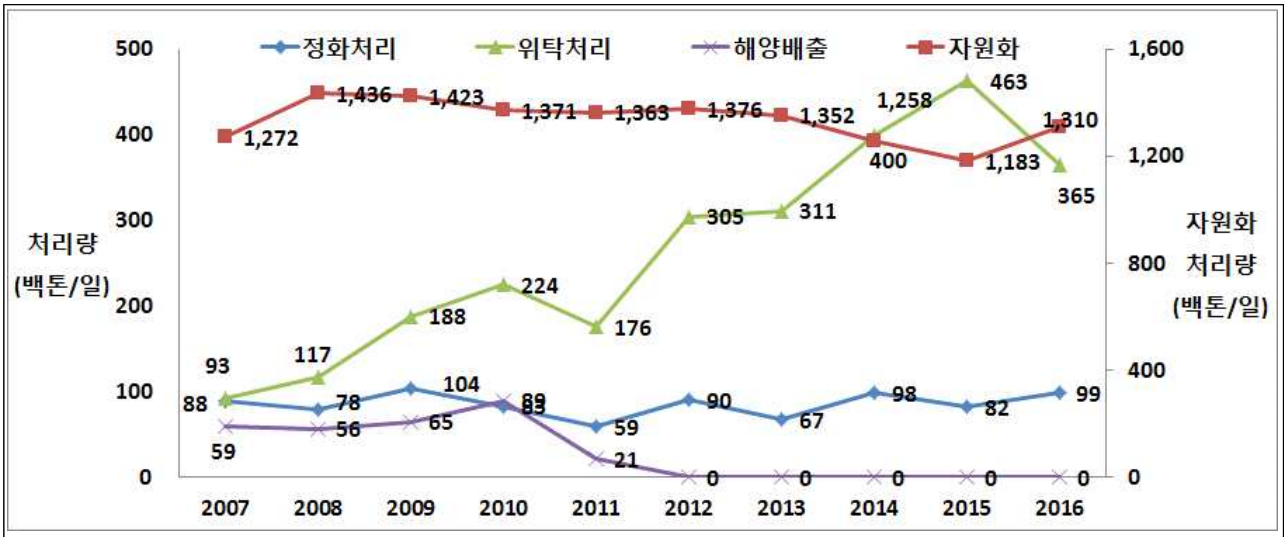


그림 5. 2007~2016년 가축분뇨 처리형태별 처리량

표 1. 지역별 개별처리 및 위탁 처리된 돼지 분뇨량과 위탁처리 비율

	위탁처리	농가개별처리	합계	위탁처리 비율
경기	1,449	8,425	9,874	**14.7**
강원	314	2,269	2,583	**12.2**
충북	827	2,520	3,347	**24.7**
충남	1,578	6,185	7,763	**20.3**
전북	2,695	4,634	7,329	**36.8**
전남	1,537	4,307	5,844	**26.3**
경북	797	3,759	4,556	**17.5**
경남	7,882	2,839	10,721	**73.5**
제주	888	120	1,008	**88.1**
전국	17,967	35,058	53,025	**33.9**

(단위 : 톤)

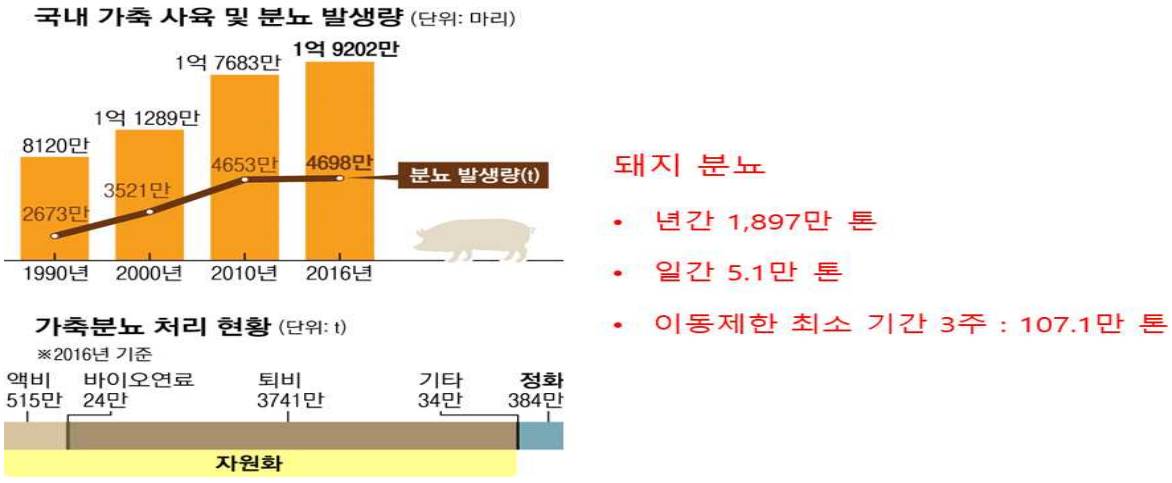


그림 6. 국내 가축사육수, 분뇨발생 및 가축분뇨처리 현황

- 참고로 가축사체처리의 경우 매몰처리 시 매몰지 확보의 어려움과 지하수 오염, 악취발생이 되고, 소각처리 시에는 높은 처리비용과 분진, 악취발생 등 환경적인 문제 발생으로 각종 민원과 환경단체의 반대 등 많은 어려움을 겪고 있음. 2010 ~ 2011년 조성된 가축매몰지가 1,268개소이며, 경기도, 충청도, 전라도에 많이 분포되어 있음. (표 4)

표 2. 현재 관리 중인 시도별 가축매몰지 조성방식별 현황

	구분		소계	부산	대구	인천	광주	울산	세종	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남
합계	매몰지수		1,268	4	2	7	4	5	11	306	30	169	183	280	220	17	30
	조성방식	FRP 저장조 등	716	3	0	7	2	5	0	185	4	114	147	205	14	13	17
		액비 저장조 등	31	0	0	0	0	0	1	12	0	18	0	0	0	0	0
		미생물매몰	352	0	0	0	2	0	10	25	21	34	28	39	190	0	3
		일반매몰	159	1	2	0	0	0	0	75	5	2	8	36	16	4	10
		일반+FRP 혼합	10	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0

※ '10 ~ '11년 조성된 가축매몰지 중 현재 18개소 관리 중

○ 구제역 발생 시 이동제한 지역 내 가축분뇨 처리

- 국내 구제역 발생 시 전국적으로 확산되어 심각한 피해가 발생되는 것으로 확인될 경우, 전국 또는 발생지역의 모든 우제류 축산농장 및 관련 작업장 등에서 가축·분뇨·사람·차량·물품 등의 출입을 일시 중지하는 조치를 취함. 이를 가축 등에 대한 일시이동중지(Standstill)이라 정의하며, 일시이동중지 기간은 발생지점으로부터 48시간 이내부터 검사결과에 따라 연장 가능함.

- 농장주는 가축분뇨를 농장에서 보유한 가축분뇨처리시설 및 저장조 등을 최대한 활용하여 자체 처리 및 보관하여야 하며, 자체 처리·보관 능력이 부족하여 부득이 외부로 반출할 경우 소독처리하고 분변 검사 등을 실시하여 시장 ·군수의 확인을 받은 후 외부로 반출할 수 있음.

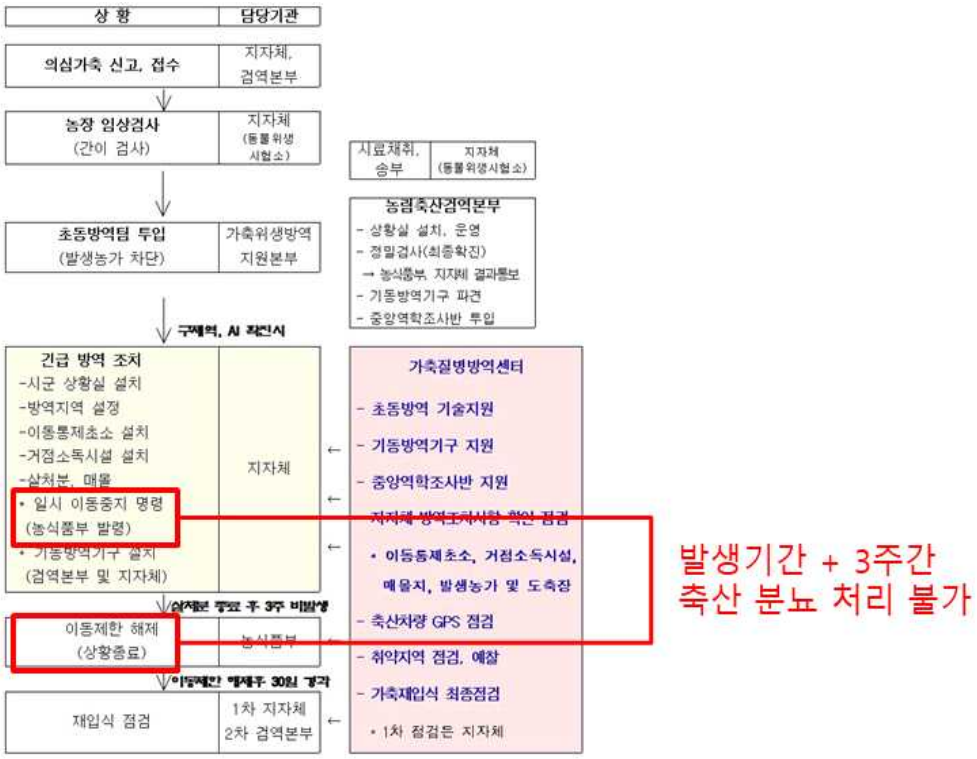


그림 7. 구제역 발병시 단계별 상황조치 절차

- 타 축종에 비해 돼지는 1일 약 5.1kg의 많은 양의 분변을 배출하며, 전국적으로 돼지분뇨는 하루에 약 5만 3천여 톤이 발생되며, 소규모 농장은 자체적 분뇨 처리시설을 구비하지 못하고 위탁처리에 의존하여 분뇨를 처리함.
- 전국적으로 위탁처리에 의해 33.8%의 가축분뇨가 처리되고 있어, 일시이동정지 발동 시 배설물 저장 탱크가 크지 않은 소규모 농가에서 자체적으로 분뇨를 처리하는데 어려움이 있는 실정임.
- 2011년 겨울 구제역 발생 일시이동정지가 발동된 후, 자체적으로 처리하지 못한 축산 분뇨들은 농지나 도로에 방치되거나 폐기되는 문제가 발생함. 방치된 분뇨는 악취를 내뿜고 구제역과 같은 감염 매개체가 차량, 사람 및 바람 등에 의해 확산될 가능성이 있음.
- 구제역 바이러스는 분뇨에서 최대 180일 생존 가능성이 있고, 바람에 의해 최대 50km까지 퍼져 나갈 수 있으며, 이러한 실정은 이동제한 지역 내 농장의 가축분뇨의 축적 가능성을 높여 감염 매개체 방역에 큰 걸림돌이 될 것으로 사료됨.

쌓여만가는 구제역 가축분뇨..농가 '탄식'(종합)

송고시간 | 2011-02-25 19:28

쌓여만가는 구제역 가축분뇨..농가 '탄식'(종합)
이동제한에 분뇨보관 탱크 '꽉꽉'..한계상황 눈앞

그림 8. 구제역 발병시 돼지 농가 일시 이동 중지 관련 기사

"구제역 돼지 분뇨 썩은 물, 하천에 무단방류"

▲ 6일 오후 용인시 처인구 백암면의 한 축산농가에서 한 주민이 구제역 감염 돼지 분뇨 매몰지에서 침출수 무단 방류가 이뤄졌다고 설명하고 있다. 전승표기자/sp4356@joongboo.com

그림 9. 구제역 발병 시 돼지 액상분뇨 무단방류 관련 기사

- 위험 지역 (반경 500m 이내)의 농가에서 일시이동정지 기간이 길어져 농가의 자체처리 능력을 초과할 경우 간이 저장 탱크 등의 저장시설을 확보 하거나, 이동제한 지역 내 국·공유지의 매립지를 확보하여 산성제재(염산, 구연산) 또는 알칼리제재(가성소다, 생석회)를 처리한 후 매립하여 분뇨를 처리함.
- 경계지역 (반경 500m~10km 이내)의 농가는 퇴·액비 및 정화 방법을 이용하여 축산 분뇨를 처리함. 가축분뇨발효시설 및 퇴비사에서 분뇨를 톱밥 및 왕겨와 함께 발효상에 투입하여 발효열을 60℃ 이상 유지시킴. 액비화 과정은 완전히 분뇨를 부숙시켜 pH 6.0

이하 또는 pH 11.0 이상을 준수하여 농경지에 살포시켜야 함. 액비화 과정 중 발생된 슬러리는 폭기를 실시하여 처리함. 생물학적 정화 처리시 소독약제 등에 의해 폭기조내 미생물의 확력이 저하되므로 종균제 등을 추가투입해주며, 정화 처리된 방류수를 방류시 pH 6.0이하 또는 11.0 이상으로 방류해야 함.

○ 현재 사용되는 화학적 분뇨 소독처리방법의 문제점

- 이동제한 발령 후 농장 내 처리· 보관시설 부족으로 불가피한 경우에는 화학적 소독처리 후 이동토록 하고 있음.
- 현행 SOP의 화학적 분뇨 소독처리방법은 가성소다(NaOH) 및 생석회 등의 알칼리제를 이용하여 pH 10까지 높인 후, 구연산(Citric acid)과 같은 산성제재로 pH 5까지 낮추는 중화 과정을 거쳐 바이러스를 사멸시킴.
- 액상분뇨 1톤(1000L)에 98% 순도의 가성소다(NaOH) 5kg과 혼합하여 3일 이상 격리상태로 두거나 또는 85% 순도의 생석회(CaO) 11.0kg를 혼합하여 7일 이상 격리상태로 두고 산성제재를 이용하여 pH 6-8이 되도록 중화 과정을 거침.

표 3. FMD 발생 SOP에 제시된 화학적 분뇨 소독처리방법

Table 1. Liquid Manure Disinfection and Neutralization Treatment Measures Suggested in Foot-and-Mouth Disease SOP for Foot-and-Mouth Disease Occured Farms.

Item	Disinfection and Neutralization Agents	Disinfectant Application Amount per Each 1 Ton of Manure†	pH Range	Treatment Period
Alkaline treatment	NaOH, 98%	5 kg/ton	pH 10 or higher	2~3 days
	CaO, 85%	11 kg/ton	pH 10 or higher	2~3 days
Neutralization treatment‡	Citric acid, 94%	5 kg/ton	pH 6~8	–

† The disinfectant application amount should be adjusted according to the characteristics of manure.
‡ The neutralized liquid or solid manure may be processed for liquid fertilizers, composts or others consignments. However, the process criteria according to 'the Law on Management and Use of Livestock Manures' should be complied during the process.

- 화학적 분뇨 소독처리방법은 가성소다, 생석회, 구연산 등의 소독제와 분뇨를 섞어주는 교반 과정이 필요한데, 농가에서 분뇨와 소독제의 교반이 어려운 점이 있으며, 소독제 및 분뇨에 의해 발생한 침출수에 의한 주변 환경오염의 문제가 있음.
- 가축분뇨공공처리시설 등의 분뇨처리 시설에서 퇴비화, 액비화, 정화방류 등의 방법을 이용하여 가축분뇨 처리함.
- 화학적 소독제로 분뇨를 소독시 퇴비화 과정 촉진하는 미생물의 활성이 감소할 가능성

이 있으며, 액비화 과정 중 발생한 슬러리를 폭기화하여 분해하는 과정 중 필요한 미생물이 감소될 수 있음.

- 또한 정화 과정 중 필요한 유기물을 산화적으로 흡수 분해하는 미생물 집단인 활성 오니가 사멸할 수 있음.

3. 구제역 발병지역 가축분뇨처리 문제점 및 해결책

○ 구제역 이동제한 지역 내의 가축분뇨 이동 금지로 인한 문제점 및 해결책

■ 문제점 :

- 현행 구제역 긴급행동지침(SOP)에 따르면 구제역 발생 시 이동제한 지역 내 농장에서 발생한 분뇨의 이동은 금지토록 되어 있으며, 이로 인한 농장 내 처리 및 보관 시설 부족으로 농가의 불편이 발생하고 있음.

- 전국적으로 하루 17만 7400톤의 가축분뇨가 발생되며, 그중 5만 3천여 톤의 돼지분뇨가 발생되고 있으며, 구제역 발생 돼지 농가에서 배출되는 액상분뇨에는 다량의 구제역 바이러스가 존재하고 분뇨처리 차량 등에 의해 구제역 확산이 되고 있음.

- 일반적으로 액상분뇨처리는 퇴비화, 액비화, 정화방류를 거쳐 농지 및 하천으로 환원됨. 과도한 및 액비화는 농지의 환경용량을 넘는 살포 등의 문제가 발생할 수 있으며, 안전성 및 경제성 측면에서 실효적 효과를 보지 못하고 있음.

■ 해결책 :

- 본 연구에서는 초고온 미생물총을 활용하여 구제역이 발생한 농가에서 직접 액상분뇨를 처리함으로써 분변 내 존재하는 구제역 바이러스를 사멸시키는 기술력을 개발하고자 함. 초고온 미생물총을 액상분뇨와 교합시켜 발효시키면 약 1주일 이내에 100℃ 내외의 고열이 발생하므로 분변에 존재하는 바이러스 및 병원성 미생물이 모두 사멸됨.

○ 현행 SOP의 화학적 분뇨소독처리방법 등의 문제점 및 해결책

■ 문제점 :

- 액상 분뇨와 알칼리성 소독제 (가성소다, 생석회)를 교반하여 2-3일 동안 방치하여 pH를 10까지 올린 후 구연산으로 중화 과정을 거쳐야 하므로 4일 이상의 시간이 소요 됨. 소독제와 분뇨를 섞는 교반과정을 농장에서 시행하는데 어려움이 있으며, 또한 교반 과정을 거쳐 분뇨를 매몰 또는 정화 과정을 거치는 과정에서 발생하는 침출수 및 방류수 등에 의한 지하수 및 주변 하천을 오염시키는 원인이 될 수 있음.

- 구제역 바이러스 사멸을 위해 기존에 사용되는 화학적 소독제 (가성소다, 생석회, 구연

산)는 pH 10까지 올려 알칼리화시킨 후 다시 중화시키는 과정으로 인해 시간이 4일 이상 소요되며, 퇴비화, 정화방류 과정 및 분변 내 미생물과 공공 처리장 등의 분뇨처리시설에서 분뇨 정화 과정에 필요한 활성오니를 사멸시킨다는 단점이 있음.

■ 해결책 :

- 본 연구에서 사용할 초고온 미생물총은 액상분뇨와 교합하여 발효를 시키는 과정에서 분뇨의 악취를 탁월하게 제거하며, 유해한 화학적 부산물이 발생하지 않을 뿐만 아니라 발효후 형성되는 부산물은 퇴비로 활용할 수 있음.
- 따라서 본 연구진에서 제시하는 초고온 미생물총을 활용한 돼지의 액상분뇨 처리 방식은 친환경적 방식이면서 구제역 바이러스를 완벽히 제거하고 부산물을 퇴비로 활용할 수 있다는 장점이 있음.

제2절. 연구개발의 목표 및 필요성

1. 연구의 목표

○ 초고온 발효(85~105℃ 내외) 시스템을 적용한 친환경 처리기술 확립

○ 초고온 발효를 이용한 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리기술 확립

○ 돼지 액상분뇨를 통한 구제역 확산 예방방안 및 기술력 확립

○ 구제역 발병지역 이동제한 기간 내의 신속·합리적인 분뇨처리 방안 확립

○ 현장적용이 가능한 돼지 액상분뇨처리기술 개발 및 매뉴얼 확립

○ 개발된 기술력을 기반으로 돼지 액상분뇨 처리기술 사업화 실현

2. 연구의 필요성

○ FMD(구제역)의 발생으로 사회적 · 경제적 · 환경적으로 피해가 가중되고 있으며, 구제역 발병으로 인한 돼지분뇨의 축적 및 분뇨에 의한 구제역 바이러스의 주변 전파가 우려되고 있으므로 가축 전염병에 의한 이동정지 발동 시 분뇨 축적 문제 이외에도 평상시의 소규모 농장 돼지 액상분뇨 처리의 근본적인 해결책 제시가 필요함.

○ 구제역을 비롯한 국가 재난성 전염병이 발생할 경우 초동 방역이 실패하는 주요 이유는 돼지를 비롯한 환축으로부터 다량의 구제역 바이러스가 분뇨를 통해서 배출되는데 이를 반출하는 분뇨차량 및 기타 차량 등이 농장에 출입하면서 차량을 통해 질병이 전파되기

때문임.

○ 특히 돼지농장에서 배출되는 액상분뇨의 양이 매우 방대하기 때문에 사체처리와 더불어 액상분뇨를 효과적으로 처리하는 방안이 부족한 것이 현실임. 양돈 농가에서 대량의 액상분뇨를 묻는 매몰지 수급에 어려움이 있으며, 매몰을 더 이상 진행하지 못할 경우 액상분뇨 운반차량을 이용하여 외부로 반출시키는 실정임.

○ 대량의 돼지액상분뇨를 화학적으로 처리하는 방안은 환경오염을 야기할 수 있으며 유기물속에 존재하는 구제역 바이러스 및 병원성 미생물 등은 적절히 사멸되지 않는 단점이 있음. 또한 대량의 액상분뇨에 인위적으로 열을 가하여 구제역 바이러스를 비롯한 병원성 미생물을 사멸시키는 방안은 고가의 처리비용 및 대단위 정밀 처리장비 개발 등 현실적 어려움이 있을 수 있음. 따라서 축산 농가와 같은 실제 현장에서 적용 가능한 새로운 병원성 미생물 제거기술 개발이 필요함.

○ 농가 내에서 저장 및 외부로 반출되는 분뇨 내 병원성 미생물의 사멸이 방역에 있어서 중요한 사항이므로 농장 내에서 확실하며 신속한 방법으로 병원성 미생물을 사멸시켜야 할 필요가 있음.

3. 본 연구 기술의 우수성

○ 본 연구에서 사용하는 초고온 미생물총은 호기성균총으로 구성되어 있음. 따라서 기존의 초고온 발효 미생물 종이 대부분 혐기성세균이고 이들이 혐기적 조건에서 발효 시 발생하는 악취와 발효의 정도를 조절하기 어려운 단점을 획기적으로 개선할 수 있음.

○ 초고온 호기성 발효 미생물총은 일반 혐기성 세균에 의한 발효에서 유지되는 온도인 35~55℃ 보다 매우 높은 85~105℃ 내외의 초고온 발열 공정을 통해 돼지의 액상분뇨에 존재하는 구제역 바이러스 및 기타 병원성 미생물을 완전 사멸시킬 수 있음. (구제역 바이러스는 56℃에서 30분 이상 또는 76℃에서 7초 이상 처리하면 사멸되는 것으로 밝혀져 있음.)

○ 초고온 호기성 미생물총으로 액상분뇨 처리를 하는 본 연구는 기존의 화학적 처리 후 공공처리장으로 이동 시 발생하는 활성오니 사멸 등의 부작용 해소뿐만 아니라 기존 혐기성 발효 및 일반 호기호열성보다 훨씬 높은 초고온으로서 난분해성물질 및 병원균의 사멸도

가능한 탁월한 기술임.

○ 따라서 본 연구 기술은 초고온 미생물총을 활용하여 구제역이 발생한 농가에서 배출된 액상분뇨를 외부로 반출하지 않고 농가 내에서 직접 고온발효시켜 현장적용 구제역 확산 예방기술력을 적용함으로써 농가에서 배출된 분뇨를 통한 구제역의 확산을 미연에 예방할 수 있는 전기가 마련될 것으로 사료됨.

○ 초고온 호기성 미생물의 발효는 유기물을 효과적으로 분해하여 처리에만 국한한 것이 아니라, 최종 발효물을 작물이 이용할 수 있는 친환경 비료(퇴비)로 변환하여 환경오염을 방지할 뿐 아니라 작물의 퇴비로 활용할 수 있기 때문에 친환경적 자원순환고리를 발생시키는 효과도 유발할 수 있음.

○ 초고온 미생물총이 액상분뇨를 발효시켜 최종 발효물이 생성되면, 그 발효물 자체가 초고온 미생물총 재료로 100% 리사이클링되기 때문에 영구적으로 재활용이 가능한 경제성을 겸비함.

○ 본 연구진은 선행연구를 통해 초고온 미생물총을 활용하여 단기간 내(약 1~2주) 소, 돼지 및 오리 등 가축사체를 혁신적으로 분해하는 연구결과를 확보하고 있으며, 아울러 구제역 발병지역의 돼지 액상분뇨를 지속가능하며 친환경적 방역 시스템으로 개선하는 기술로 사료됨.

제3절 연구개발 내용 및 범위

1. 초고온 미생물 제제와 돼지 액상분뇨의 최적 혼합비율 및 융합처리 연구
   - 돼지 액상분뇨 + 초고온 미생물 제제(YM균)
   - 돼지 액상분뇨 + 기타 축산폐기물 + 초고온 미생물 제제(YM균)

2. 이동식 발효기의 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출
   - 돼지 액상분뇨 + YM배지 최적 함수율
   - 발효온도
   - 공기주입량
   - 이동식 발효기내 수증기 배출량 및 배출시간 (ventilation 조건)

- 이동식 배출 가스 저감 장치 최적조건 도출 등

3. 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출
- pH, C/N비, 함수율, 주입공기량, 발효온도, CO2, 변화, NH3 변화, 무게 및 용적 감량 변화, 중금속 분석(As, Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Ni, Zn) 등
- 퇴비화 발효조 시스템 설계 및 제작

4. 초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상 분뇨처리에서의 병원체 사멸 평가
- 기준 병원체 선별
- 돼지 액상분뇨 내부에서의 병원체 사멸 평가
- 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 병원균사멸평가 매뉴얼화
- 초고온 호기성 발효균 진행 전후 주변 토양의 미생물 총 변화 확인

5. 기존 돼지 액상분뇨처리 공법과의 비교 분석 평가
- 국내 적용가능성 및 기술적 타당성 분석 평가
- 경제성 비교 분석 평가
- 환경영향 비교 분석 평가

6. 초고온 호기성 미생물 발효공정에서 복합악취 및 지정악취 분석 평가
- 복합악취 및 지정악취 22개 항목 분석

7. 액상 분뇨처리 부산물의 퇴비화 품질특성 분석 평가
- 돼지 액상분뇨처리 퇴비품질 분석 평가
- 퇴비규격기준 분석 평가 (농진청 지정 분석기관)
- 고품질 기능성 퇴비의 화학적 품질특성 및 유해성 평가

8. 돼지 액상분뇨처리 관련 법규분석을 통한 부산물 활용분야 및 규제영향 법제화 추진
- 액상분뇨처리 및 퇴비화 관련 법령 검토

  (폐기물관리법, 가축분뇨법, 비료관리법, 가축전염병예방법, 가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙 등)
- 액상 분뇨처리 및 퇴비화 관련 법령 법제화 추진

- 농림축산식품부, 환경부, 한국환경공단 등 유관기관 지침 개정마련 추진

(구제역 긴급행동지침(SOP) 등)

9. 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 자원화 융합기술 개발(현장 테스트 배드 설치 실험 진행)
- 현장처리 방안
- 지역별 거점처리시설에서 처리 방안

* 현장 테스트베드 시설 제작 및 Scale-up factor 도출

10. 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 최적화 및 사업화 방안 마련
- 돼지 액상분뇨처리 및 타 유기성 폐기물과 융합처리 가능
- 돼지 액상분뇨처리 기술의 고도화 돼지 액상분뇨처리시스템 현장실증 적용 및 사업화

제2장. 국내외 기술개발 현황

제1절. 국내 기술개발 동향

1. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

■ 가축분뇨처리 기술개발 일반현황

- 국내적으로 런던협약에 따라 2012년부터 유기성폐기물의 해양투기 규제가 강화됨에 따라 경제적이며 타당성 있는 가축분뇨의 육상처리 방안 마련이 시급한 실정임.
- 축산업의 지속적인 발전과 함께 깨끗한 농촌환경 개선과 가축분뇨의 적정 자원화방법 개발 및 악취 제어방법의 기술체계 확립이 필요함.
- 축산계 오염물질은 고농도의 유기물과 영양염류를 함유하고 있어 미처리된 상태 또는 자원화물로 이용된 후의 잔류물이 수계로 배출되어 하천에 유입되면 수질오염과 호소의 부영양화 유발 등 각종 목적의 용수사용에 있어 질적 저하를 초래하고 있음.
- 또한, 관리 부주의 등으로 가축분뇨가 무단으로 폐기될 경우 수계의 수질악화뿐만 아니라 지하수 및 토양오염을 유발하고 악취 및 위생해충의 번식으로 인하여 생활환경을 악화시키는 주요한 요인으로 작용하고 있음.
- 특히, 규제 미만의 영세 축산농가로부터 배출되는 축산계 오염물질은 대부분 적정하게 처리되지 못하거나 부적절하게 농지 등으로 환원되어 강우시 주요 비점오염원으로 작용함으로써 상수원 및 하천 수질오염의 주요한 원인이 되고 있는 실정임.
- 그동안의 정책적인 가축분뇨 처리방향을 보면 가축분뇨를 폐기물 개념에서 비료자원 개념으로 전환시켜 화학비료를 대체할 수 있는 퇴·액비로 만들어 친환경 농산물을 생산할 수 있는 원자재로 활용함으로 가축분뇨처리 문제를 해결함은 물론 자연순환농업을 활성화시키는데 초점이 맞추어져 왔으며, 이에 따른 축산농가의 가축분뇨처리 기술방향은 고상의 경우 퇴비화 시스템, 액상의 경우 액비화 및 정화처리인 가축분뇨 자원화와 정화처리 통합개념으로 운영되고 있음. (그림 10)

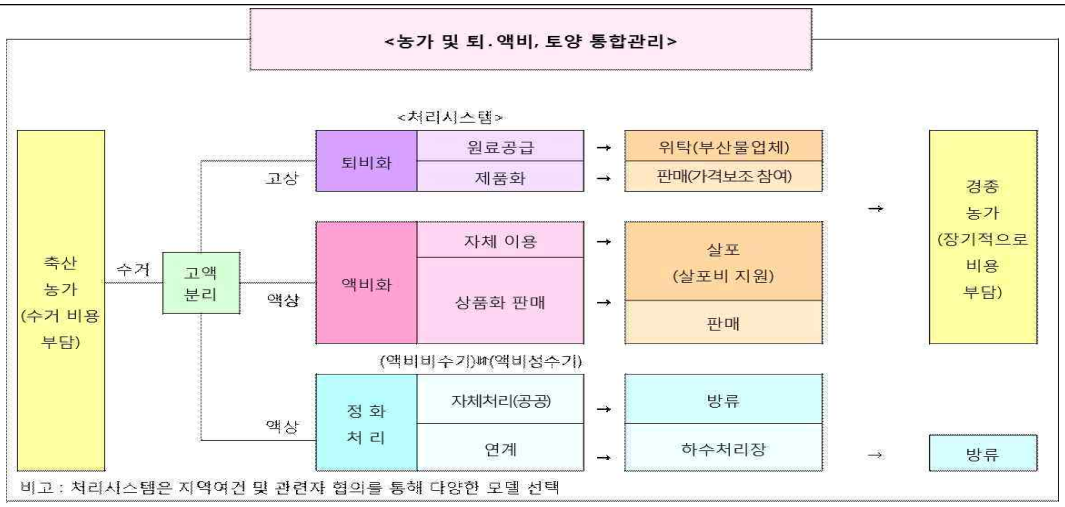


그림 10. 가축분뇨 자원화와 정화처리 통합운영 시스템 모델

■ 액상분뇨의 개념

- 액상분뇨란 가축의 분, 뇨, 사료, 짚, 청소수가 혼합된 것으로 다양한 수분함량을 보유하고 있음. (그림 11)
- 액상분뇨는 보통 수분함량이 85% 이상인 액상물로서 혐기상태 또는 포기나 교반에 의한 호기 상태에서 부숙 되어 분해가 종료되어 안정화된 것을 말함.
- 액상분뇨의 형태는 부숙 방법에 따라 통성혐기성 부숙 액비, 혐기적· 호기적 부숙 액비 그리고 첨가제에 의한 액비 부숙으로 분리할 수 있음.

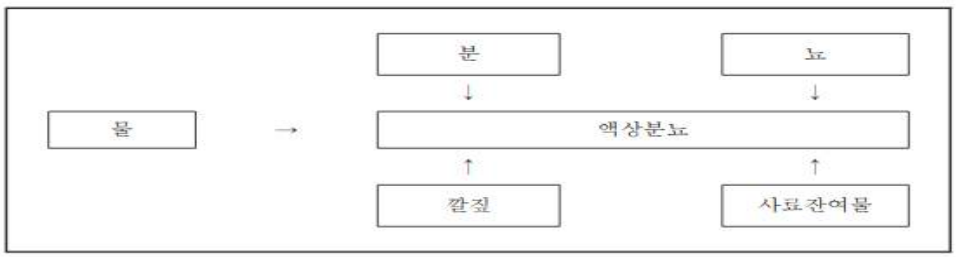


그림 11. 액상분뇨의 구성요소

■ 액상분뇨 발생 특성

- 가축분뇨는 가축의 사육사 특성과 가축분뇨 저장관리 방법에 따라 분·뇨·세척수가 혼합된 슬러리상(slurry phase), 분과 뇨를 분리할 때 고상(solid phase)과 액상(liquid phase)의 가축분뇨로 다양하게 발생함.
- 가축분뇨 자원화의 처리효율과 경제성을 향상시키기 위해서는 가축분뇨의 발생 특성별로 합리적인 자원화 방법을 채택하는 것이 중요하며 표 4에 돈사의 종류 및 발생특성을 나타내었음.

표 4. 돈사의 종류 및 특성

구분	슬러리 돈사	스크레퍼 돈사	톱밥 돈사
돈사 모습			
분뇨 관리	분, 뇨, 세척수가 혼합되어 슬러지 저장조에 저장 관리	스크레퍼 이용 액상(뇨, 세척수)와 고상(분)을 분리하여 저장 관리	분, 뇨가 깔짚으로 사용하는 톱밥과 혼합되어 발생

발생 특성	슬러리(분, 뇨, 세척수)	고상(분)	액상 (뇨, 세척수)	고상 (톱밥, 분, 뇨)
물질 자원화	액비화	퇴비화	액비화	퇴비화
에너지 자원화	습식혐기소화	고상 혐기소화, 고형연료화	습식 혐기소화	고상 혐기소화, 고형연료화

자료: 최동윤, 친환경축산업 발전을 위한 가축분뇨처리 및 냄새저감 방안.

■ 축산분뇨처리 방법의 종류

- 가축분뇨를 소극적 의미에서는 환경오염을 줄이고 적극적 의미에서는 또 다른 자원으로서 활용하기 위해 가축분뇨 처리기술은 발전해왔으며, 가축분뇨 처리기술의 종류는 그 단계에 따라 수거, 처리, 이용으로 요약해 살펴볼 수 있으며, 원리에 따라 퇴비화, 액비화, 정화처리, 바이오가스화의 4가지 기술로 요약할 수 있음.
- 퇴비화(Composting) 가축분뇨를 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질 중 액비를 제외한 물질로서 통상적으로 유기물이 미생물에 의하여 분해되어 안정화되는 과정이며, 유기물 중 포함되어있는 탄소/질소비율을 조절함과 동시에 유해 성분을 미리 분해 및 분리 배출하기 위한 과정임.
- 한편 퇴비화 과정에서 양질의 퇴비를 제조하려면 먼저 수분을 60~70%로 조정하며, 수분 조절 과정에서 고려해야 하는 것은 부자재의 안전성, 비용, 수분 흡수성, 통기성, 탄소/질소 비율 등이 있으며, 일반적으로는 톱밥이 가장 많이 활용되고 있음.
- 액비화(Liquid manure)란 가축분뇨를 액체상으로 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질로서 유기물이 미생물에 의하여 분해되어 안정화되는 과정이며, 액비화하기 위한 조건으로는 균일성이 높고 액상화가 가능해야 하며 접착력이 낮고 악취가 없어야 함.
- 또한 비료로 사용했을 시 작물에 대한 피해가 없어야 하기 때문에 반드시 발효처리가 이루어져야 하며, 따라서 관리 및 노동력 측면에서 퇴비화보다 쉽게 접근하는 농가가 많지만 저장조 설치와 저장 기간 등 고려 요소가 많은 편임.

- 가축분뇨를 아무리 효율적으로 처리하여 자원화하여도 퇴·액비의 공급이 수요에 비해 과다한 상황에서는 잉여량을 수용하거나 처리할 방안이 마련되지 않으면 수립된 계획의 체계적인 이행과 그에 따른 효과를 기대하기 어렵고, 국내에서 환경문제의 최고 이슈가 된 국토양분집적 및 유출문제의 해결을 위해서는 궁극적인 양분 수지균형과 농경지로의 양분 부하량 감소가 실현되어야 함.
- 정화처리 생물학적 처리과정으로 축산 분뇨, 오수중에 포함되어있는 탄소화합물, 질소, 인 등의 오염성 물질을 미생물이 섭취하게 하고 이들 미생물이 작은 덩어리 형태로 뭉쳐서 반응조 바닥으로 침전되어 생성된 슬러지를 반응조 외부로 제거함으로써 분뇨중의 오염성 물질을 제거하여 정화하는 공정임. 생물학적 처리 과정에서 탄소성 물질, 질소, 인 등 오염물질을 처리하는 폭기조는 반드시 포함되어야 하며, 혐기조나 무산소조는 상대적으로 선택사항으로 간주됨.
- 정화처리 화학적 처리는 용해성 유기물질과 무기물질을 제거하는 데 활용하고 있지만, 화학약품을 사용하기 때문에 슬러지가 발생할 수 있으며 약품 구입 등 운영비도 높은 편이라 인 성분 제거 과정에만 활발히 활용하는 곳이 대부분임.
- 바이오가스화는 가축분뇨를 고액분리 및 선별 후 산발효조와 메탄발효조에서 바이오 가스를 생산하며, 바이오가스는 혐기성소화 가스와 매립가스의 두 가지가 있으며 순수한 메탄이 약 60%, 나머지 약 40%는 이산화탄소로 이루어져 있으며, 기타 미량 성분으로 포함되어 있는 것은 황화수소, 수소, 질소 등임. 한편 황화수소가 포함되기 때문에 바이오가스 이용을 위해서는 탈유처리 및 정제공정이 필요함.
- 닭 분뇨의 경우에는 질소가 적으나 무기물이 많기 때문에 메탄 발효에는 주로 소와 돼지의 분뇨가 사용되며, 또한 가축 분뇨의 발효는 보통 35℃ 정도의 상온에서 이루어지는 경우가 많음.
- 분과 뇨가 분리되어 있을 경우 뇨와 오수는 물리·화학적, 생물학적 처리방법에 의해 정화처리 후 방류되고, 분은 수분을 조절 후 퇴비화 과정을 거쳐 토양에 환원시킴. 분뇨가 혼합 발생할 경우는 혼합된 분뇨를 액비탱크에서 6개월 이상 저장시켜 안정하게 부숙시킨 후 토양에 살포하거나 고액분리 후 분뇨를 정화처리 및 자원화 하는 과정을 거침.
- 정화처리는 전·후처리로 물리적, 화학적 방법이 병행된 생물학적 처리방법이 적용되고 있고, 최근에는 방류수질기준의 강화로 인하여 고도처리 및 고효율의 처리방법 등이 강구되고 있음.
- 가축분뇨는 고형물의 비에 따라 액상(Liquid), 반 고체상(Semi-solid), 고체상(Solid)으로 나눌 수 있으며, 그 물리적 특성에 따라 취급시 요구사항이 다름. (그림 12) 보통 축사 내부의 청소수, 깔짚 등의 첨가량에 따라 발생되는 가축분뇨의 그 물리적 특성이 변하게 됨.

- 보통 고형물질 함유량이 8~10% 이하까지는 대개 액체상 분뇨로 간주하고 있어 고형분 이송 펌프의 사용이 가능하며 고체상 또는 반 고체상의 가축분뇨는 트랙터형 스크레퍼나 기계식 스크레퍼 등으로 수거한 후 재래식 저장조 등에 저장한 후 안정화시켜 퇴비로써 토지에 살포할 수 있음.

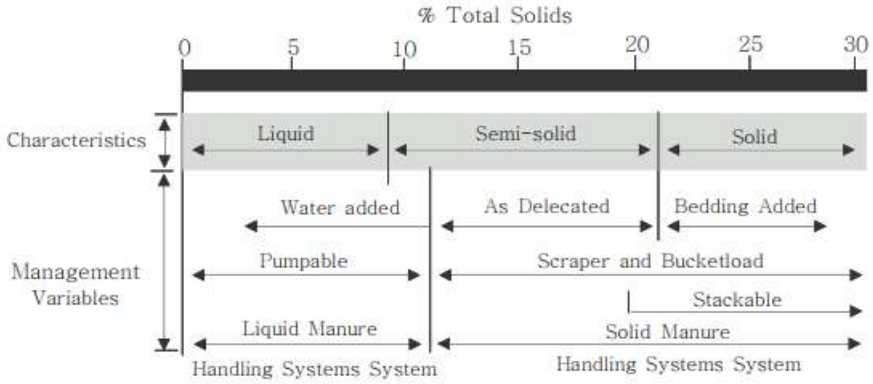


그림 12. 고형물의 비에 따른 가축분뇨 분류

- 가축분뇨공공처리시설의 정화처리방법은 관련 환경기초시설에 연계 처리하는 방법과 가축분뇨를 완전히 별도 처리하는 방법(단독처리)이 있음. (표 5) 가축분뇨는 유입수 농도가 매우 높아 처리시설의 운전을 완벽하게 하여야 하며, 특히 질소와 인의 성분함량이 높아 처리공법선정이 매우 중요함. 단독처리 시에는 방류수질을 만족할 수 있는 처리시설을 계획하여야 하고, 투자비와 유지관리의 어려움 등이 있으며 연계 처리 시에는 처리시설이 단순하고 투자비가 저렴하며 유지관리가 다소 쉬움.
- 다만 연계 처리 시 BOD, COD, SS, T-N, T-P의 수질을 하수종말처리시설에 최소한으로 유입될 수 있도록 계획하여 하수처리시설 정상운전에 이상이 없도록 하여야 함.

표 5. 가축분뇨공공처리시설의 정화처리방법

구 분	단 독 처 리	연 계 처 리
기술적 측면	· 법정방류수질기준 이하로 처리해야 하므로 처리공정이 복잡 · 관련시설인 하수종말처리장에 부담을 줄 우려가 없음 · 부하변동시 처리효율을 높이기 어려움 · 처리장 유지관리가 복잡 · 소요부지 면적이 큼 · 민원발생의 우려가 있음	· 처리공정이 단순 · 관련시설인 하수종말처리장의 여유용량이 확보되지 않을 경우 부담을 줄 우려가 있음 · 부하 변동시에도 처리 효율에 민감하지 않음 · 처리장 유지관리가 용이 · 소요부지를 최소화 할 수 있음 · 민원발생의 우려가 거의 없음
경제적 측면	· 초기공사비가 많이 소요 · 완전처리를 요구하므로 약품사용량 및 전력사용량이 많이 소요 · 유지관리인원이 많이 소요	· 시설물이 단순하여 공사비가 저렴하게 소요 · 처리공정이 단독처리보다는 많이 축소되어 있으므로 그에 따른 약품사용량 및 전력사용량이 적게 소요 · 유지관리인원이 적게 소요
유지 관리적 측면	· 단독처리로 하천에 직접 방류해야 되므로 방류수질조건을 맞추기 위하여 처리 공정이 복잡해져 그에 따른 유지관리에 고도의 전문성이 필요	· 가축분뇨처리시설에서 어느 정도 처리하여 하수종말처리장으로 연계되기 때문에 처리시설이 단순하여 유지관리가 간단

■ 가축분뇨 퇴비화 방법

- 퇴비화는 미생물을 이용하여 유기물을 분해시키는 방법으로서 미생물의 활성에 영향을 미치는 온도, 수분, 산소, pH, 영양분 등이 중요 인자로 작용함. 가축분뇨가 미생물에 의해 퇴비화 되면 대부분의 유기물은 물, 이산화탄소, 암모니아 등의 무기물로 전환하게 되고, 증식된 균체에 의해 그 밖의 중간 생성물은 부식물질로 변화됨.
- 분뇨 내의 당류가 먼저 분해되어 온도가 상승하여 주위의 중온선 미생물의 활성은 저하되고, 50~60℃에서 생존하는 고온성 미생물이 활발히 활동하여 셀롤로오즈를 분해함.
- 호기성 퇴비화는 분 체적 당 5~15%의 산소공급이 적당하며, 15% 이상의 공기가 공급되면 온도가 떨어지고 0.5% 이하는 혐기성 상태로 변화되어 부패하게 됨.
- 분변의 경우 수분함량이 높아 톱밥이나 왕겨 등의 수분조절제(Bulking agent)를 투입하여 60~70% 수분 적정 범위를 유지시켜 줘야 함.
- 재래식 퇴비단 공법은 가축분에 볏짚, 낙엽 등의 수분 조절제를 투입하여 적절한 수분함량을 조절 후 퇴비단을 1.2m~1.5m 높이로 퇴적시키면 자연적으로 유기물이 발효되어 온도를 상승시킴.
- 퇴적 후 2~3주일이 경과하면 1회 뒤집기 작업을 실시하고 이후 3~4주일째 2회 정도 뒤집기를 실시하면서 통기를 시킴. 다시 1개월 후 뒤집기를 해주면 3~6개월 사이에 안정화되면서 퇴비가 완성됨.

- 퇴비화 촉진법은 퇴비단 하부에 통기관을 설치하여 공기를 공급하는 방법과 기계식으로 축산 분뇨를 적절히 교반해 주는 방법으로 나뉨. 과다한 공기의 공급이나 지나친 교반은 열손실을 유발하여 미생물의 활성을 저해함.
- 기계 교반식 발효법은 돼지사육시설의 경우 전업 대규모(2,000두 이상 사육) 이상의 농가에 적용 가능한 방법임. 뇨와 분리된 축분을 1차 저장조에서 수분 조절제와 혼합 후 발효시설의 발효조로 운반하여 통기 및 교반 등으로 발효온도를 발효초기에는 30~40℃로 발효 중기에는 70~80℃로 1차 발효(15일간)후 퇴적장으로 옮겨 약 60~90일간 2차 발효시키는 방법임.
- 퇴적 통풍식 발효법으로 발생된 뇨와 분리된 축분을 1차 저장조에서 수분함량을 65%로 조정한 후 발효조로 운반하여 강제통기 등으로 1차 발효(15일간)후 퇴적장으로 옮겨 대략 60~90일간 2차 발효시키는 방법으로서, 발효조 내의 온도는 재료 투입 1일경과 후 70~80 ℃까지 상승하였다가 서서히 온도가 감소되어 15일경에는 40~50 ℃ 정도 유지됨.

■ 축산분뇨 관리현황

- 최근에는 가축분뇨 적정관리 및 자원화를 통하여 친환경 축산 기반의 조성과 수질오염 방지를 동시에 추구하고자 지금까지 정화처리위주의 공공처리시설 설치사업을 지역특성을 고려한 자원화시설로의 전환을 위해 퇴·액비자원화시설 설치를 우선적으로 고려하도록 사업을 추진하고 있음.
- 축산농가, 경종농가, 양돈협회, 농협 등이 참여하는 ‘지역 단위 퇴·액비유통센터’ 사업을 활성화하여 자원화를 촉진하고자 환경부와 농림수산식품부에서는 2006년9월27일에 “가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률”을 제정하여 시행하고 있음.
- 법률에서 국가는 가축분뇨처리를 위하여 기술을 연구·개발·지원하고 필요한 기술적·재정적 지원을 하도록 규정하고 있으며, 시·도지사는 관할구역 안의 가축분뇨관리 기본계획을 10년마다 수립하여 환경부장관의 승인을 받아야 하는 것은 물론 필요할 경우 기초자치단체에서 기술적·재정적 지원을 하도록 규정하고 있음.

■ 구제역 발병지역 축산분뇨 관리요령

- 분뇨 내 병원균 오염차단을 위해 농장 내 발생된 분뇨의 외부 반출을 중단하고, 매립지 확보가 용이한 경우 산 제제(hydrochloric acid 및 citric acid) 및 생석회로 소독을 진행 후 매립을 진행함.
- 매립지 확보가 어려운 경우 액비저장탱크를 설치 후 가성소다 등을 이용하여 분변의 PH를 9.5이상으로 높여 저장하거나, 유휴농지, 폐호수, 저수지를 물색하여 축산분뇨를 저장하는 방안으로 유도해야 하며, 분뇨를 뇨오수 저장시설로 이동시 최대한 차량이용을 통

제하고 자가펌프 또는 자연유하 방법을 이용함.

- 저장분뇨처리시설 (분뇨저장조, 퇴비사, 분뇨처리시설 등)의 차량출입 통제 및 바퀴 소독을 진행함. 축분 공동퇴비 처리장은 질병방역이 완료될 때까지 이동제한 지역 밖에서 분뇨반입 중단함.
- 분뇨처리시설에서는 축분 발효, 액비화, 퇴비화, 생물학적 정화처리 등의 방법으로 분뇨를 처리함. 축분 발효시설에서는 분뇨를 발효상에 투입 처리하여 발효열에 의해 병원균 박멸시키며, 생물학적 정화처리는 종균제 및 분뇨 내 미생물을 이용하여 분뇨를 처리함.

○ 시장현황

- 국내 축산업 생산액은 1970년 1.2조원에서 2011년 18조원으로 약 15배로 전체 농축 산업에서 생산액의 40% 이상을 차지할 정도로 중요한 산업으로 크게 양적 성장을 이루었으나 가축전염병 발생 등으로 많은 어려움을 겪고 있음.
- 구제역(Foot and Mouth Disease, FMD)과 병원성조류인플루엔자(High Pathogenic AvianInfluenza, HPAI) 등 가축전염병은 축산업의 발전을 저해하는 위협 요인 중 하나임.
- 구제역 (FMD) 발생으로 2011년도에는 3,536천두를 살처분 하였으며, 그 피해액은 약 3조원으로 추정됨.

■ 가축분뇨 발생량

- 2011년도 구제역의 영향으로 인한 큰 감소를 제외하고는 가축분뇨 발생량은 소폭의 증감을 반복하는 경향을 나타냄.
- 분뇨발생량은 일일 분뇨 발생량이 큰 돼지 등에 사육두수에 크게 의존하며, 돼지 사육두수가 증가한 2010년, 2012년, 2014년, 2016년에 분뇨발생량이 함께 증가함.
- 2007~2016년 동안 하루당 1,700백여 톤/일으로 2011년도 구제역의 영향으로 인한 감소를 제외하고 비슷한 양으로 유지되고 있음. (그림 13)

그림 13. 총 사육두수 대비 가축분뇨 발생량 (2007~2016)

- 축종별로는 2016년도 한우 425.0백톤/일, 돼지 949백톤/일, 가금 189.4백톤/일, 말 2.8백톤/일, 젖소 197.1백톤/일, 개 8.9백톤/일이 발생함. (그림 14)

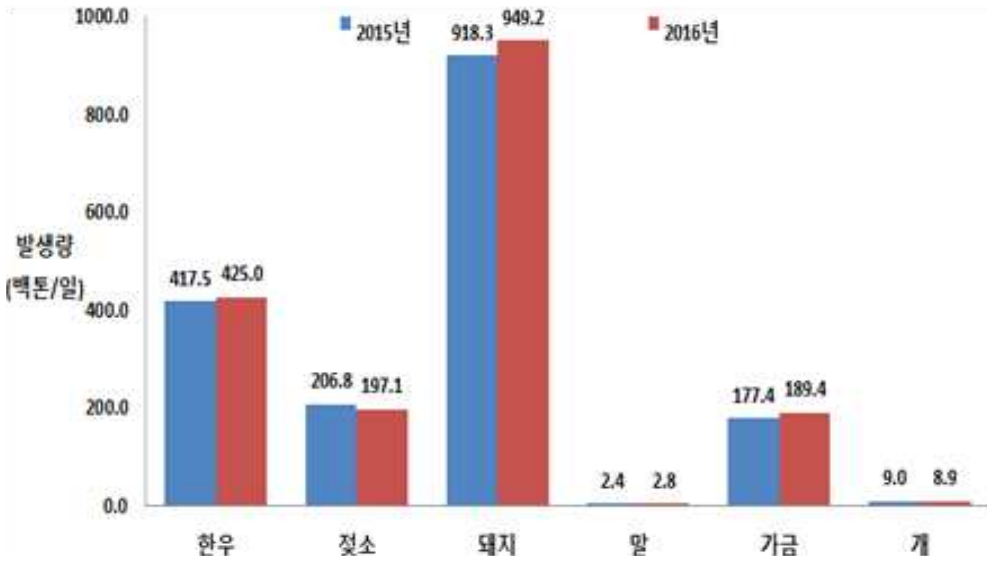


그림 14. 축종별 가축분뇨 발생량 (2015~2016)

- 지역별 가축분뇨 발생량은 경기 (20%) > 충남 (16%) > 경북 (15%) > 전북 (12%) > 기타 순으로 많이 발생함.
- 경기, 충남, 경북, 전북 등 대부분 지역은 사육두수가 많고, 발생량 원단위가 높은 돼지 (53%) > 한우 (24%) > 젖소 (11%)에서 총 발생량의 88%에 해당하는 많은 분뇨가 발생함.
- 충청남도는 농가의 수가 적지만 분뇨 발생원단위가 큰 돼지의 사육두수가 많아 분뇨 발생량이 많음. (그림 15)

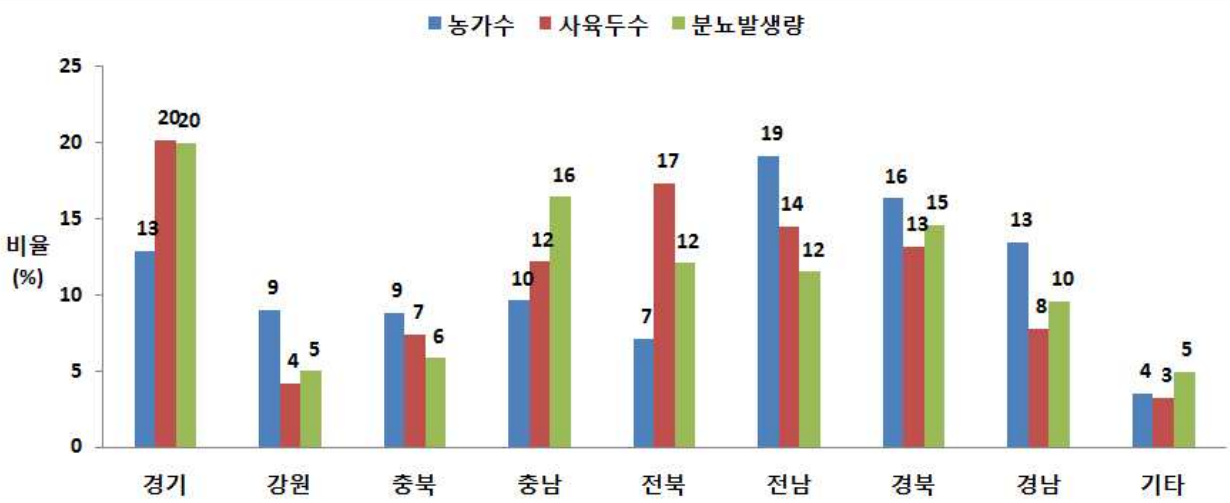


그림 15. 광역지자체별 가축 사육 및 분뇨 발생 현황 (2015~2016)

■ 가축분뇨 처리농가 수

- 자원화는 감소, 위탁처리는 증가 추세를 나타내었고, 자원화 농가는 2012년까지 꾸준히 증가한 이후 감소 추세를 나타내며, 위탁처리 농가는 2007년부터 지속적으로 증가하는 추세를 나타냄. (그림 16)

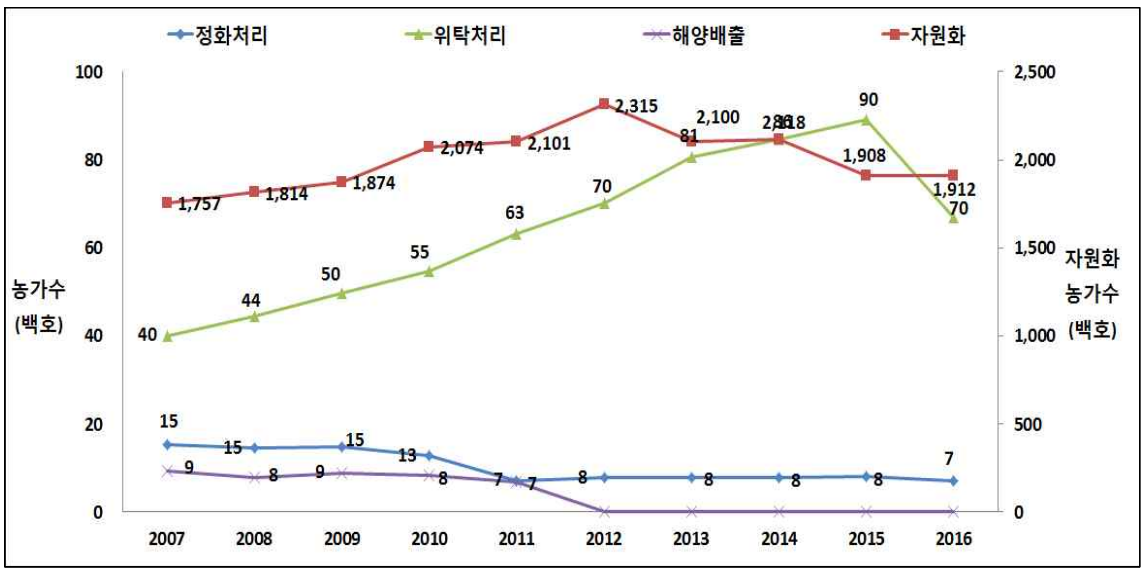


그림 16. 가축분뇨 처리형태별 농가 수 (2007~2016)

■ 가축분뇨 처리량

- 자원화는 소폭 감소하였고 위탁처리는 증가 추세를 나타내며, 자원화는 일정한 양을 유지하였으나 2014년부터 다소 감소 추세를 나타냄.

- 공공처리 및 재활용업 등의 위탁처리는 2007년부터 꾸준히 증가하였으며, 2011년 런던협약에 의해 해양투기가 금지되어서 돼지농가의 위탁처리가 증가함.
- 정화처리량은 증감을 반복하며 일정 수준을 유지하는 경향을 나타냄.

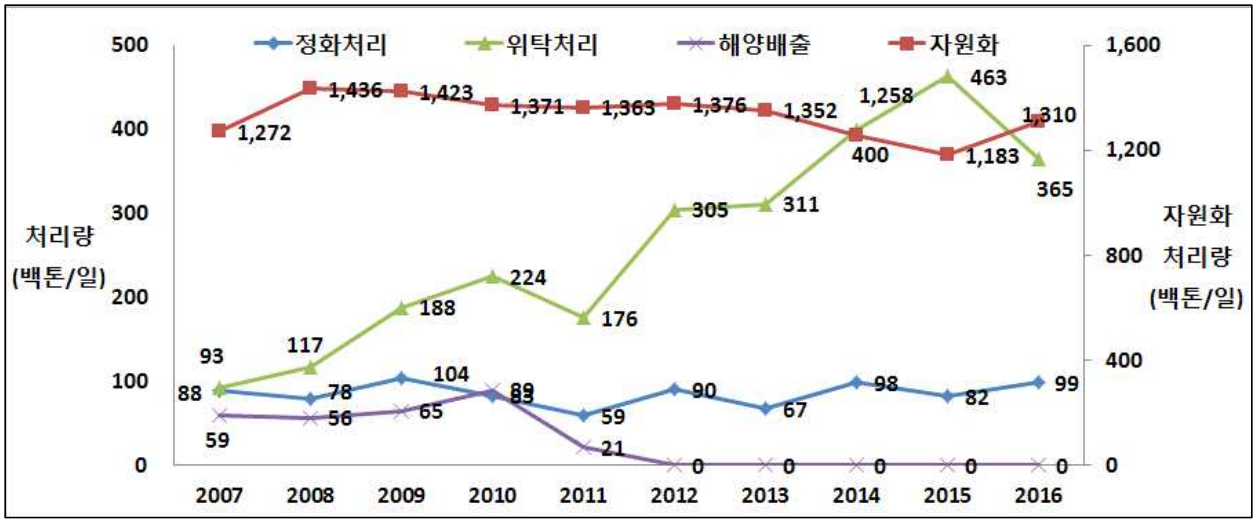


그림 17. 가축분뇨 처리형태별 처리량 (2007~2016)

- 가축분뇨 처리량 자원화는 경기, 충남, 경북, 위탁처리는 전북, 경기, 전남, 정화처리는 충남, 경기, 경북에서 높게 나타남.
- 자원화는 경기(20%), 충남(18%), 경북(16%)에서 높으며, 위탁처리는 전북(22%), 경기(21%), 전남(16%)에서 높게 나타남.
- 정화처리는 충남(28%), 경기(21%), 경북(20%)이 높게 나타남.

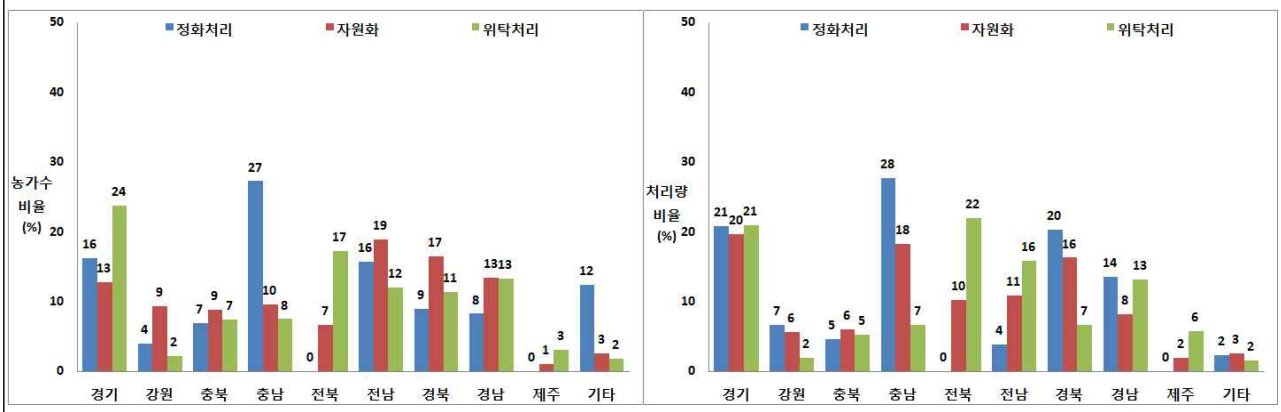


그림 18. 광역자치단체별 가축분뇨 처리농가 수 및 처리량

- 2016년 기준 가축분뇨공공처리시설(분뇨처리장 연계포함)은 96개소를 운영하고 있음.

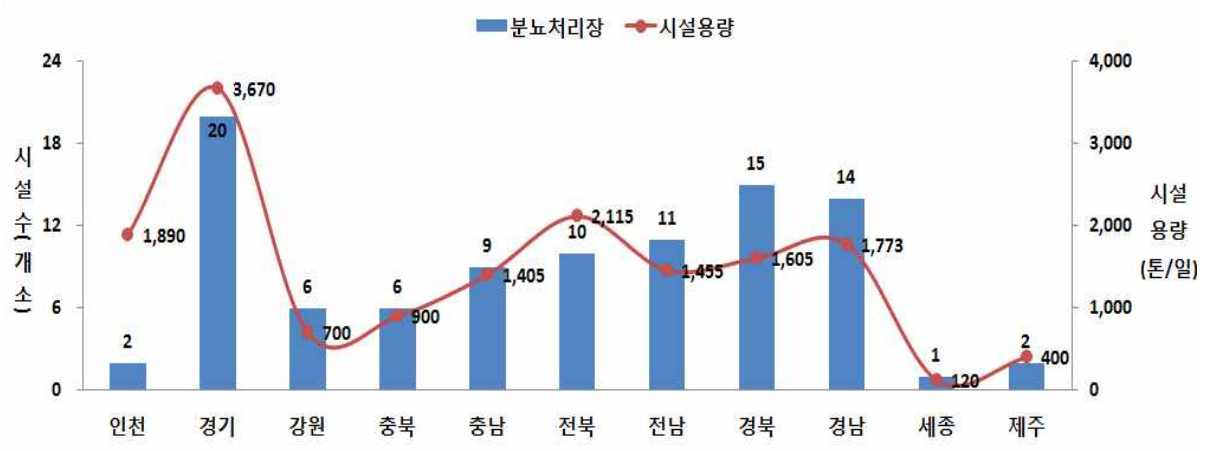


그림 19. 가축분뇨공공처리시설 현황 및 시설용량 (2016)

○ 경쟁기관현황

- 국내 일반 호기호열성(60℃ 내외) 처리기관은 있으나, 구제역 발병지역 초고온 미생물(85~110℃)에 의해 처리하는 기관은 없음.

○ 지식재산권현황

- 국내 일반 호기호열성 처리(60℃ 내외)는 있으나, 구제역 발병지역 초고온 미생물(85~110℃)에 의해 처리되는 특허는 없음.

○ 표준화현황

- 국내 일반 호기호열성 처리(60℃ 내외)는 있으나, 구제역 발병지역 초고온 미생물(85~110℃)에 의해 처리되는 시스템에 대한 표준화가 없음.

제2절. 해외 기술개발 동향

1. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

■ 미국

- 농업 오염원에 의해 하천 수질오염의 60%와 호소 오염의 45%가 오염되었으며, 이 중에

서 도약 39,000개소의 밀집 가축사육지(CAFOs : Concentrated Animal Feeding Operations)가 주요 오염원임.

- 가축분뇨와 폐기물로부터의 수질오염 저감을 위해 EPA와 USDA 공동으로 1999년 3월에 '가축사육을 위한 국가전략'을 수립하였으며, 2003년에 EPA는 축산폐수 처리지침 EPA (2003, revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Permit Regulation and Effluent Limitation Guidelines and Standards for CAFOs)을 개정하여 발표하였음. 이에 의하면 '가축사육지(AFO)는 수질오염 영향을 최소화하기 위해 기술적으로 바람직하고 경제적으로 실현가능하며 지역 특성을 고려한 영양물질 관리계획(Comprehensive Nutrient Management Plans, CNMPs)을 개발하고 실행해야 한다.' 고 규정하고 있음.
- EPA는 현재 수질법(Clean Water Act : CWA)에서 규정된 국가 오염물 삭감 시스템(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)허가와 유출지침서(effluent guidelines)등 2가지 규제 프로그램을 운영 중임.
- 가축분뇨의 주요 처분방법은 혐기성 또는 호기성 라군을 활용해 처리한 후 슬러지를 농토에 살포하고 있음.
- 최근의 연구는 악취 조절 및 영양물질 섭취 개선에 주안점을 두고 있으며 혐기성 분해와 퇴비화에 대한 많은 연구가 진행 중임.
- 또한 가축분뇨 발생의 근원적인 저감을 위해 가축사료 급여 시스템개선, phytase(소화효소)같은 사료첨가제를 통해 인(P) 흡수력증가, 유전공학적으로 조작된 옥수수사료 급여 등을 통한 급여 방법 개선의 연구를 추진 중임.
- 축사형태 및 사육방법이 축분의 영양성분 및 토양 개량제으로서의 가치에 직접적인 영향 미치며, 축분 수집・저장・처리방법에 대한 관리기술을 지속적으로 개발되고 있음.

■ 유럽연합

- 가축분뇨를 자연자원으로 정의하고 토양환원을 통하여 환경보전의 목표에 도달하고자 함.
- EU 위원회에서는 가축분뇨 살포시기를 제한하고 일정 용량의 가축분뇨 저장시설의 설치를 의무화하도록 규제하고 있으며, 가축분뇨 살포량에 대해서는 기간과 연계된 상한치가 있어 가축분뇨자원화에 초점을 두어 농경지 토양 작물간 비료 농도 균형을 강조하고 있음.
- 종합 환경 관리령은 질산염의 오염이 심각한 네덜란드, 덴마크, 독일 북부 등의 질산염 민감 지역 내의 고밀도 축산농가 가축단위(100ha 이상)를 대상으로 가축분뇨 살포를 최소화하는 특별 대책을 실시하게 환경영향평가를 의무화함.
- 또한 장려금으로 ha당 사육두수 감소를 위한 직접 지원금을 지급하며, 비료 사용에 대한

규제로 환경 친화적인 비료사용, 지하수 지표수, 수질을 음용수 기준(50mg NO_3 -N/L)으로 유지하는 것과 겨울에는 비료사용금지 수원주변 20m 이내 비료 사용 금지 조치가 있으며, 축산시설의 분뇨저장탱크의 3~6개월 저장용량을 의무화하고 있음.

- 무기질 비료의 사용량 상한규제는 없으나 유기질비료는 최고(170 kgN/ha/yr)로 사용량을 규제하고 있음.

■ 일본

- 가축분뇨는 적은 양으로도 많은 오염물질을 포함하고 있으며, 특히, 소변에 비해 대변의 오염성분량이 많고 농도가 비교적 높은 편이고, 오염농도를 나타내는 BOD를 기준으로 살펴보았을 때, 돼지의 소변은 5,000ppm, 분뇨는 24,000ppm으로 도시하수 농도인 200ppm보다 25배에서 120배까지 높은 것을 알 수 있음.
- 가축 사육에 따른 민원 발생 건수는 1973년/약 10,000건→1997년/약 2,500건으로 감소하는 추세이며, 축종별 민원 발생건수는 돼지 34%로 가장 높고 다음으로 젖소 33%, 닭 20%, 육성우 11% 순이며 악취 문제와 수질 문제의 민원이 가장 많음.
- 가축분뇨 투기 금지 및 방류수 기준 수질 오탁 방지법, 가축분뇨 퇴비에 대한 성분기준 및 품질표시기준 제시, 퇴비 중 중금속 등 유해물질 함유기준과 제조자 원료 유기물 및 수분 함량 용도 사용상 주의점 등 표시기준 마련함.
- 대규모 농가별 처리방법은 주로 활성 슬러지법 복합 라군법을 이용하고, 생활 오수처리는 거의 완벽하나 축산폐수 처리는 기초 단계에 있음.

■ 주요 국가별 가축분뇨처리 정책

- 대부분의 국가의 가축분뇨는 부산물, 비료, 퇴비, 액비 등으로써 농경지에 환원되고 있으며 일부는 토양개량제로 사용되고 있음.
- EU 국가들은 농경지 영양균형 및 동물복지까지 고려하는 등 보다 엄격한 관리를 하고 있으며, 일부 선진 국가들은 농장 자체의 에너지공급을 위해, 탄산가스를 생산하는 혐기성 소화방법을 주로 사용함. 또한 질소, 인 등의 영양물질 관리를 위해 보조금 및 장려금을 지급하며, 폐수로부터 회수된 영양물질은 농지에 비료로 사용될 수 있게 함.
- 일부 유럽 국가는 공동 가축분뇨 처리장치를 운영하며 이곳에서 생산되는 메탄가스와 액체비료를 상품화하여 판매하고 있음.
- 가축의 사육 밀도는 EU 대부분의 나라에서 4 LU/ha 이하를 규정하고 있으나, 우리나라는 이보다 훨씬 높은 수준임.
- EU 주요국의 가축분뇨 저장기간은 평균 3~9개월이고 가축분뇨의 농지 사용량은 170~350

kgN/ha/yr로 우리나라와 비슷한 실정이며 가축분뇨의 살포제한 시기는 대부분 수확 후부터 동절기 기간 및 장마 기간임.

- 대부분의 국가는 가축분뇨의 농지 환원을 주로 시행하고 있으며, 농지의 환경용량 범위 안에서 살포하도록 살포기준을 마련하여 규제를 하고 있으며, 일부 국가는 발생지에서 이동거리 제한을 두어 환경용량을 고려한 축산업을 유도하고 있음.
- 가축사육이 고밀도로 진행되고 있는 EU 국가의 경우 가축사육을 제한하거나 기준 년도 대비 가축분뇨 배출 저감량을 설정해 관리하고 있으며, 가축 사육 규모에 따라 농지의 확보량을 관리함으로써 농지에 기반을 가축 산업을 유도하고 있음.
- 가축사육지에서 냄새 등 대기오염물질에 대한 규제를 하고 있으며 특히, 인간이 접촉하고 있는 공기뿐만 아니라 가축에 대한 기준까지 제시하고 있으며 가축 기준이 사람 기준보다 최고 10배까지 엄격함.

○ 시장현황

- 구제역 발병 현장에서의 환경친화적이고 지속가능한 처리방법이 제대로 설정되어 있지 않고 각 국가의 정부에 의해서 운영되는 기관에서 가축분뇨의 처리가 진행되고 있음.
- 구제역 발병에서의 돼지 액상분뇨뿐만 아니라 구제역 발병이 일어나지 않은 상태에서의 돼지 액상분뇨의 악취문제 등 처리에 정답을 찾지 못하고 있음.
- 따라서 돼지 액상분뇨의 정상적 처리가 개발된다면 시장성은 상당할 것으로 사료됨.

○ 경쟁기관현황

- 세계적으로 일반 호기호열성(60℃ 내외) 처리는 있으나, 구제역 발병지역 초고온 미생물(85~110℃)에 의해 처리하는 기관은 없음.

○ 지식재산권현황

- 세계적으로 일반 호기호열성(60℃ 내외) 처리는 있으나, 구제역 발병지역 초고온 미생물(85~110℃)에 의해 처리하는 특허는 없음.

○ 표준화현황

- 일반 호기호열성 처리(60℃ 내외)는 있으나, 구제역 발병지역 초고온 미생물(85~110℃)에 의해 처리되는 시스템에 대한 표준화가 없음.
- 돼지 액상분뇨의 정상적인 처리를 위한 표준화가 제대로 되어있지 않아 악취문제 등 민원이 늘 발생하고 있음.

제3장. 연구수행 내용 및 결과

제1절. 연구내용 및 추진체계

1. 연구목표 및 내용

○ 초고온 미생물 제제와 돼지 액상분뇨의 최적 혼합비율 및 융합처리 연구

- 돼지 액상분뇨 + 초고온 미생물 제제(YM균)
- 돼지 액상분뇨 + 기타 축산폐기물 + 초고온 미생물 제제(YM균)

○ 이동식 발효기의 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출

- 돼지 액상분뇨 + YM배지 최적 함수율
- 발효온도
- 공기주입량
- 이동식 발효기내 수증기 배출량 및 배출시간 (ventilation 조건)
- 이동식 배출 가스 저감 장치 최적조건 도출 등

○ 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출

- pH, C/N비, 함수율, 주입공기량, 발효온도, CO2, 변화, NH3 변화, 무게 및 용적 감량 변화, 중금속 분석(As, Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Ni, Zn) 등
- 퇴비화 발효조 시스템 설계 및 제작

○ 초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상 분뇨처리에서의 병원체 사멸 평가

- 기준 병원체 선별
- 돼지 액상분뇨 내부에서의 병원체 사멸 평가
- 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 병원균사멸평가 매뉴얼화
- 초고온 호기성 발효균 진행 전후 주변 토양의 미생물 총 변화 확인

○ 기존 돼지 액상분뇨처리 공법과의 비교 분석 평가

- 국내 적용가능성 및 기술적 타당성 분석 평가
- 경제성 비교 분석 평가
- 환경영향 비교 분석 평가

○ 초고온 호기성 미생물 발효공정에서 복합악취 및 지정악취 분석 평가

- 복합악취 및 지정악취 22개 항목 분석

○ 액상 분뇨처리 발효물의 퇴비화 품질특성 분석 평가

- 돼지 액상분뇨처리 퇴비품질 분석 평가
- 퇴비규격기준 분석 평가 (농진청 지정 분석기관)
- 고품질 기능성 퇴비의 화학적 품질특성 및 안정성 평가

(* 배추뿌리혹병 방재효과, 환경생태독성 실험, 비료피해 실험, 작물재배 실험)

○ 돼지 액상분뇨처리 관련 법규분석을 통한 부산물 활용분야 및 규제영향 법제화 추진

- 액상분뇨처리 및 퇴비화 관련 법령 검토

(폐기물관리법, 가축분뇨법, 비료관리법, 가축전염병예방법, 가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙 등)

- 액상 분뇨처리 및 퇴비화 관련 법령 법제화 추진
- 농림축산식품부, 환경부, 한국환경공단 등 유관기관 지침 개정마련 추진

(구제역 긴급행동지침(SOP) 등)

○ 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 자원화 융합기술 개발

(현장 테스트배드 설치 실험 제안)

- 현장처리 방안
- 지역별 거점처리시설에서 처리 방안

* 현장 테스트베드 시설 제작 및 Scale-up factor 도출

○ 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 최적화 및 사업화 방안 마련

- 돼지 액상분뇨처리 및 타 유기성 폐기물과 융합처리 가능
- 돼지 액상분뇨처리 기술의 고도화 돼지 액상분뇨처리시스템 현장실증 적용 및 사업화

2. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참 여 연 구 원
과제명	구제역 이동제한 지역내에서의 돼지 액상분뇨 초고온 발효기술 및 현장적용 시스템 개발	주관연구책임자 권영준 외 총 13명

기 관 별 참 여 현 황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
중소기업	1	7
대 학	1	7

주관연구기관 : 신화건설(주)	위탁연구기관 : 건국대학교 산학협력단
구제역 이동제한 지역내에서의 돼지 액상분뇨 초고온 발효기술 및 현장적용 시스템 개발	초고온 호기성 미생물을 이용한 액상분뇨 처리에서의 병원체 사멸평가
연구책임자 권영준 외 6명	연구책임자 최인수 외 6명
담당기술개발 내용	**담당기술개발내용**
- 초고온 미생물 제제와 돼지 액상분뇨의 최적 혼합비율 및 융합처리 연구 - 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출 - 기존 돼지 액상분뇨처리 공법과의 비교 분석 평가 - 이동식 발효기의 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출 - 초고온 호기성 미생물 발효공정에서 복합악취 및 지정악취 분석 평가 - 액상 분뇨처리 발효물의 퇴비화 품질특성 분석 평가 - 돼지 액상분뇨처리 관련 법규분석을 통한 부산물 활용분야 및 규제영향 법제화 추진 - 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 자원화 융합기술 개발 (현장 테스트배드 설치 실험 제안) - 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 최적화 및 사업화 방안 마련	- 초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상분뇨처리에서의 병원체 사멸 평가 · 기준 병원체 선별 · 돼지 액상분뇨 내부에서의 병원체 사멸 평가 · 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 병원균사멸평가 매뉴얼화 · 초고온 호기성 발효균 진행 전후 주변 토양의 미생물 총 변화 확인

3. 연구개발 추진일정

일련번호	연구내용	월별 추진 일정												비 고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1차년도														
1	축산 농가내의 초고온 발효 액상분뇨 처리 기술 개발								■	■	■	■	■	주관연구기관
2	농장 간이 및 이동식 초고온 발효 액상분뇨 처리 시설 개발 및 적용								■	■	■	■	■	주관연구기관
3	돼지 액상분뇨 초고온 발효 퇴비화 재처리 적합성 기준 확립								■	■	■	■	■	주관연구기관
4	초고온 액상분뇨 처리 후 병원체 사멸 표준 검정법 개발 및 매뉴얼 제작									■	■	■	■	주관연구기관
5	돼지 액상분뇨 초고온 발효퇴비 의제품화 및 분뇨 재처리 퇴비 시장 구축										■	■	■	주관연구기관
6	초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 최적화 기술 개발 및 사업화								■	■	■	■	■	주관연구기관
7	초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상분뇨처리에서의 병원체 사멸 평가								■	■	■	■	■	위탁연구기관
2차년도														
1	이동식 발효기의 돼지 액상분뇨 처리 공정의 최적 운전조건 도출	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			주관연구기관
2	초고온 호기성 미생물 발효공정에서 복합악취 및 지정악취 분석 평가	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			주관연구기관
3	돼지 액상분뇨처리 부산물의 퇴비화 품질특성 분석 평가							■	■	■				주관연구기관
4	초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 자원화 융합기술 개발(현장 테스트배드 설치 실험 제안)				■	■	■	■	■	■				주관연구기관
5	초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 최적화 및 사업화 방안 마련			■	■						■	■	■	주관연구기관
6	현장 초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상분뇨처리에서의 병원체 사멸 평가	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			위탁연구기관

제2절. 연구개발 결과

1. 초고온 호기성 발효 개요

○ 초고온 미생물의 정의

- 초고온 미생물은 진화적으로 초기 생명체와 유사한 것을 의미함.
- 초고온 미생물의 서식환경은 원시 지구환경과 유사하며 많은 초고온 미생물들의 autotro-phic한 대사적 특성은 초기생명체에서 요구되는 성질임.
- 초고온 미생물들은 계통도에서 Bacteria(진정세균)보다도 Eukaryota(진핵생물) 가까운 곳에 위치하며 거의 Root에 가깝게 위치함.
- Calditerricola satsumensis YM081 Bacillus속에 근연(近緣)하는 신속(新屬)·신종(新種)의 호열균.
- 이 균체는 그램음성이며 포자형성능력이 없음에도 불구하고 포자형성능력을 가지는 그램음성토양세균인 Bacillus속, Geobacillus속과 근연하지만 신속(新屬)으로 판명된 독립의 세균.

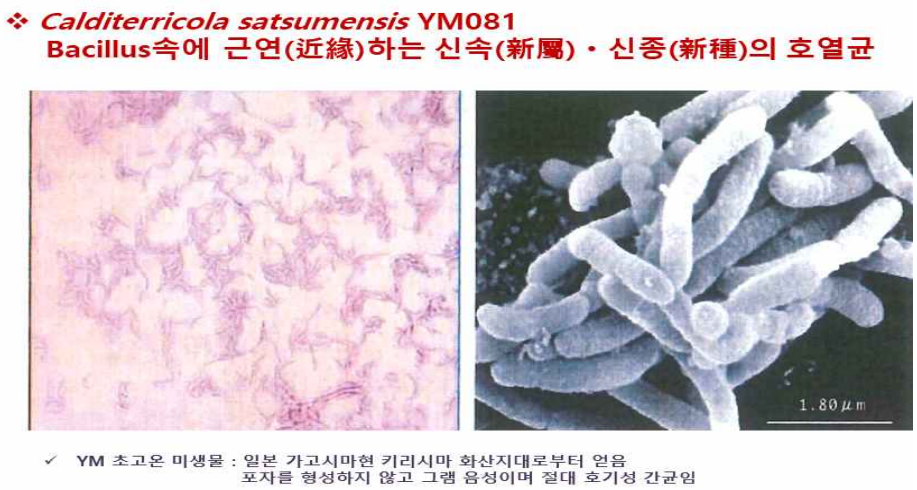


그림 20. YM 초고온 미생물 SEM 사진

- 고온 내열성 미생물 발견의 역사를 보면, 1920년 생육한계온도 65℃의 미생물 발견, 1970년대 80℃, 1980년대 87~121℃, 2008년 122℃ 생육한계온도의 미생물 발견되었고, 특히 초고온 미생물은 화산지대 및 심해 열수구에서 발견되기에 화산활동을 하는 지역이나 심해 잠수정을 가진 조건을 갖춘 선진국에서 주로 연구되고 있음.
- 현재 우리나라 호기성 발효의 발효온도는 중고온 수준(50~70℃)에 있으며, 별도의 열원 없이 미생물 자체만으로 100℃ 내외 초고온 발효는 없음.

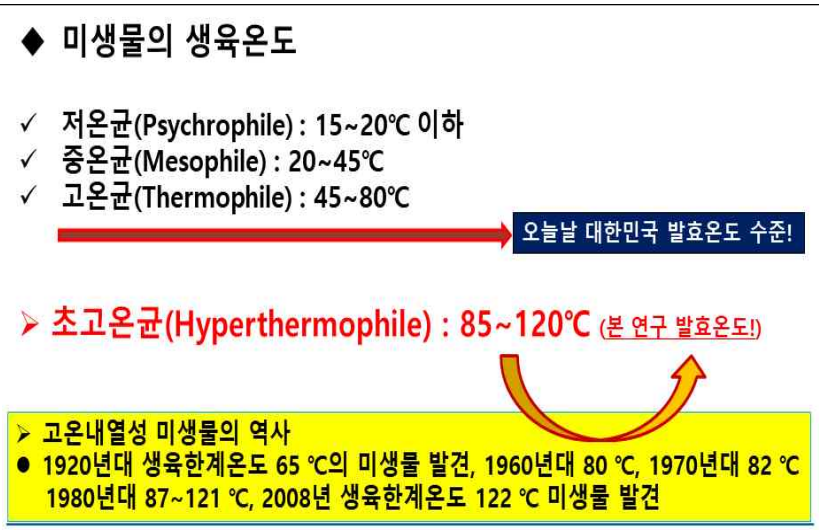


그림 21. 미생물 생육온도

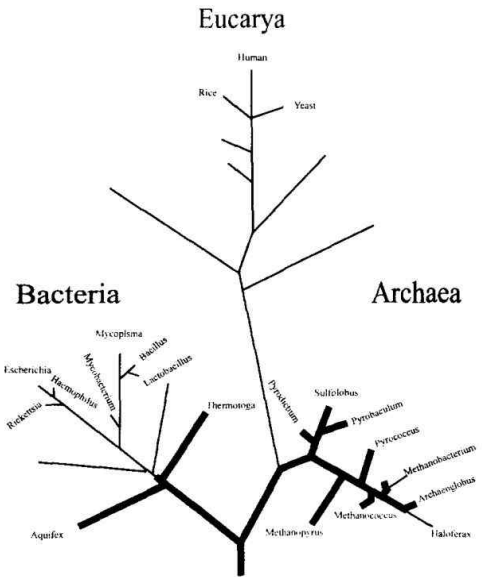
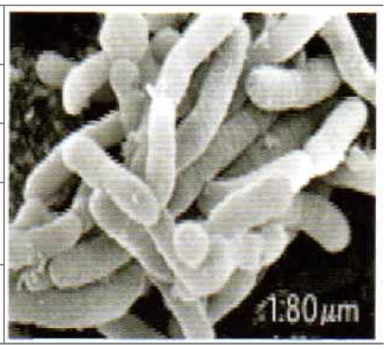


그림 22. 16s RNA 유사성을 근거로한 생물의 계통도 (초고온 미생물은 굵은 선으로 표시) (유연규, 1998)

○ 초고온 미생물의 특성

- 본 기술에 사용된 초고온 호기성 미생물은 혐기성 환경에서는 증식하지 않는 절대 호기성 미생물이며, 호기성 반응을 통해 100℃ 이상에 도달하더라도 증식이 지속된다는 특징을 가짐. (표 6)
- 일본 가고시마현 키리시마 화산지대로부터 얻으며, 포자를 형성하지 않고 그램 음성이며 절대 호기성 간균임.

표 6. 초고온 미생물(YM균)의 특성 : Calditerricola satsumensis YM081(Bacillus속)

구 분	내 용	
형 태	• 폭 0.5㎛, 길이 3㎛ 장간균	
산소여건	• 절대호기성	
혐 기 화	• 증식하지 않음	
온 도	• 50℃이하에서 미증식, 70℃이상에서 활발하게 생육하며 100℃ 이상에서도 증식 지속됨	
pH	• 중성(pH6~9)	

- 본 공법에 적용되는 초고온 미생물(YM균)의 생장온도는 100℃내외가 되며 일반적인 호기성 발효균의 생장온도 55℃와 비교해 발효온도의 상당한 차이가 발생하며, 생장온도가 높아 감량율이 우수하고, 병원성 세균 등의 사멸로 인해 양질의 퇴비생산이 가능한 공법. (그림 23)

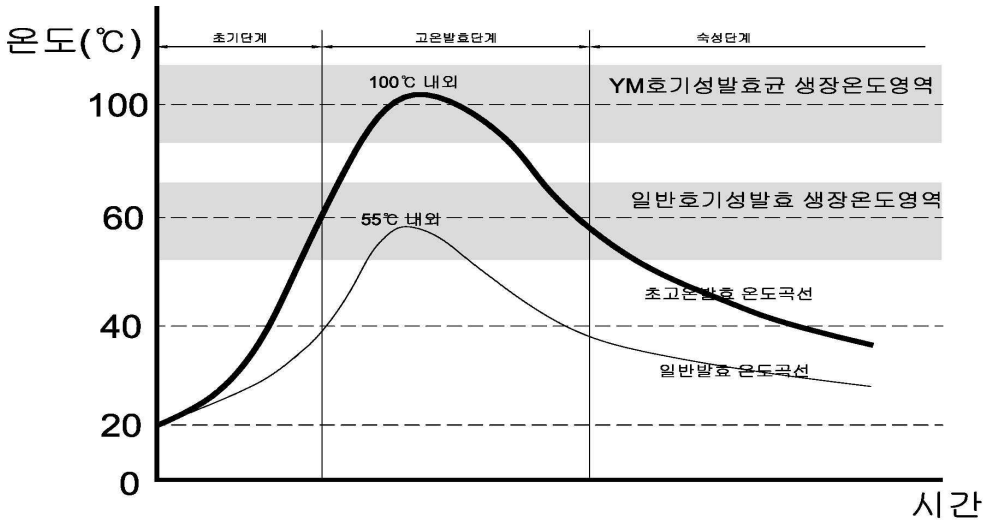


그림 23. 초고온 호기성 미생물과 일반 호기성균의 생장온도 비교

- 일반적 Bacteria와 Eukaryota(진핵생물)의 지질은 glycerol과 fatty acid 사이에 ester bond 결합 Archaea(고세균)의 경우 glycerol과 isoprenoid alcohol간의 ether 결합.

  (* ether 결합이 ester 결합보다 안정성이 큼)

- 지질의 구조는 세포막에서 내부와 외부로 각각 향하는 두 glycerol기가 긴 alkyl chain으로 서로 연결된 ring 구조로서 이러한 tetra ether의 지질을 갖는 세포막은 그 유동성을 낮추게 되어 높은 온도에서도 막구조가 파괴되지 않고 적정한 막구조를 유지하는 것으로 추정하고 있음.

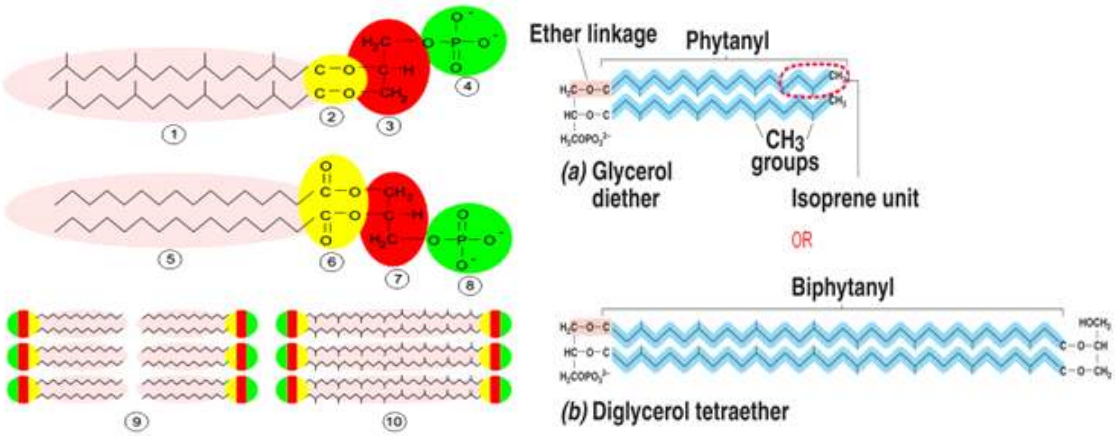


그림 24. 초고온 미생물의 지질구조

2. 초고온 호기성 발효 시스템

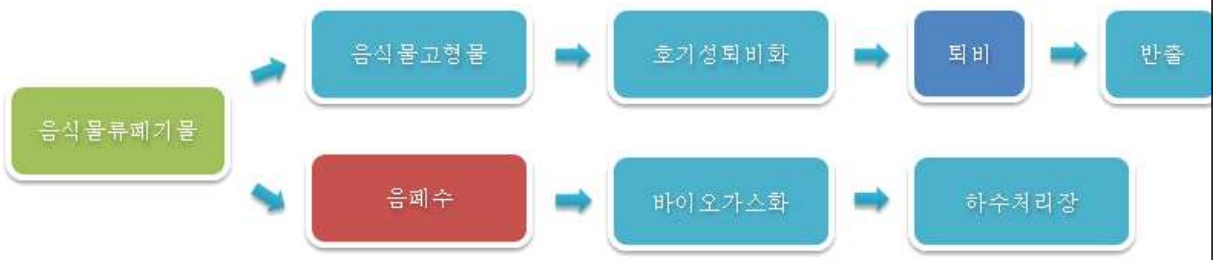
○ 초고온 호기성 미생물 발효공법(YM공법)의 특징

항 목	특 징
처리성능	• 감량율 80%이상 • 발효 온도 100℃ 내외로 함수율 40%이하의 양질의 퇴비 생산
운영의 용이성	• 기계장치가 필요 없으며 운전기술의 습득이 용이 • 발효온도에 의한 교반시기 선정
처리의 안정성	• 100℃내외의 초고온 발효하므로 병원균의 제거 및 잡초의 종자 제거로 양질의 청정퇴비 생산 • 반입되는 음식물의 성상에 따라 YM균의 혼합비를 조절하여 안정적인 운영 가능
경 제 성	• 기계적 처리 공법 대비 전력사용량 극히 적은 경제적 공법 • 약품 및 톱밥 등과 같은 수분조절제 불필요 → 소량의 보충용 YM배지(발효제) 투입(10%이내) • 별도의 열원공급없이 100℃ 내외의 온도 유지 → 유기물과 공기의 공급만으로 발효온도 유지 (단열 필요없음)
환 경 성	• 침출수 등 2차 오염물질 발생이 없는 친환경 공법 • 악취발생이 적은 최적의 공법
기술의 자립화	• 일본에서 40년간 운영으로 검증된 기술 • 국내 음식물을 적용한 실증운영 데이터 확보 → Pilot 설비운영

○ 초고온 호기성 발효공법과 타 공법 비교 (음식물류폐기물처리의 경우)

구 분		시설현황	장점	단점
초고온호기성 퇴비화 공법		강화군 , 울릉군	· 시설비 및 생산원가 저렴 (공정 단순) · 2차 오염의 문제가 없음 (음폐수 없음) · 악취제거 탁월 · 톱밥 등 부형재 수급 필요 없음 · 처리기간이 짧음 · 기술적 난이도가 높지 않아 접근용이	· 초고온미생물배지 (YM) 최초 수입 (단, 최초 구입후 영구적 리싸이클) · 시설부지 넓음
사료화 방식	건식	강동구, 송파, 도봉구, 수원, 경북 울진, 광주광역시, 하남시, 아산시, 부산시해운대구 외	· 시설비가 비교적 저렴 · 소요부지가 적음 · 처리기간이 짧음 · 장기보관이 가능하고 품질화가 적음	· 생산원가가 다소 높음 · 전처리와 건조과정에서 악취발생 · 탈수 및 건조공정에서 폐수 발생 · 염분 함량 조절필요 · 수요처 확보의 어려움
	습식	경북 고령군, 원주시, 인천시 동구, 서구, 제주도 서귀포, 평택시, 안성시 외	· 시설비 및 생산원가 저렴 · 2차 오염의 문제가 적음 · 단순구조로 일반농가에서도 설치가능 · 소요부지가 적음 · 처리기간이 짧음	· 이물질 선별이 어려움 · 수분이 많아 수거, 운반 등 취급 난해 · 보관이 용이치 않으며, 악취 발생 심함 · 수요처 확보의 어려움
퇴비화 방식	호기성	대전시 , 충북음성 , 수원시 , 안산시 , 인천시 남동구 , 경북칠곡 , 제주 외	· 기술적 난이도가 높지 않아 접근용이 · 국내실적이 많음 · 제품 장기보관 가능 · 대량처리가능	· 톱밥 등 부형재 수급 필요 · 부가가치가 낮음 · 제품에 대한 소비자의 선호도가 좋지 않아 안정적인 수요처 확보의 어려움 · 소요부지 넓음
	생석회	경기도, 울산, 경북 (3 개소 운영중단중)	· 폐수 무배출로 폐수처리 비용절감 · 악취발생이 적음 · 처리기간 짧음 (10 일) · 소요부지가 적음 · 양질의 퇴비로 부가가치가 높음	· 감량효과 없음 · 환경오염 방지시설 필요 · 생석회 등 부형재 수급 필요 · 방식에 비해 적용 사례가 적어 기술적 신뢰성 확보 필요
혐기성 소화 바이오 가스화		대전 유성구, 의왕시, 인천, 남부, 파주시, 대구, 고양, 광주, 울산, 양산 등	· 유용한 메탄가스 발생 · 시설부지 적게 소요	· 초기 시설비 고가 · 운영인력의 전문성 필요 · 낮은 메탄농도와 소화액 처리 · 악취발생

- 본 연구의 초고온 호기성 미생물 발효공법은 일반 호기성 발효공법 대비 다양한 유기성 폐기물에 대하여 융합처리가 가능한 공법임. 예를 들어 다음과 같이 음식물류폐기물의 경우 일반 호기성 발효공법에서는 효율적인 운영을 위하여 음식물고형물과 음폐수를 별도로 처리하는 것이 일반적이지만, 초고온 호기성 미생물 발효공법은 한번에 처리가 가능함. (그림 25, 그림 26)



(음식물류폐기물 1톤당 음폐수 0.8톤 발생, 환경부 하수통계 2013)

그림 25. 일반 호기성 발효공법

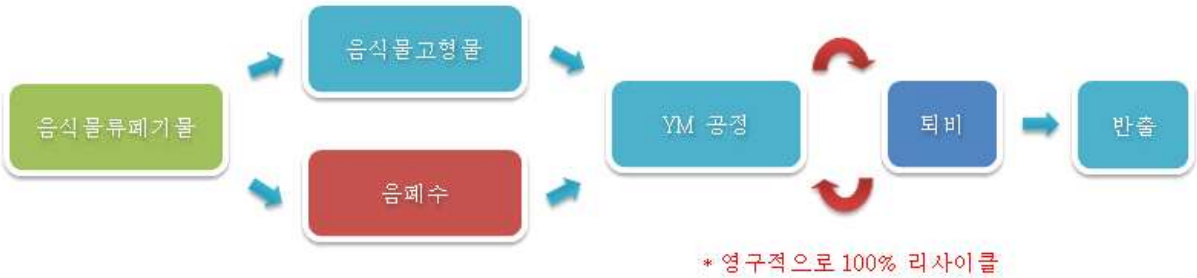


그림 26. 초고온 호기성 미생물 발효공법

3. 가축분뇨처리 방법의 종류 및 처리실태

- 가축분뇨의 처리방법은 분뇨의 성상을 고려하여 지역 내 사육하는 축종과 가축의 사육규모 및 방법 축사시설구조에 따른 분뇨의 분리방법, 축사 청소시스템 등의 지역적 여건 등을 고려하여 선택하여야 함.
- 일반적으로 가축분뇨의 분리 또는 혼합여부에 따라 처리방법이 대별되는데 분과 뇨가 분리될 경우 뇨와 오수는 일반적인 정화처리방법(물리·화학적, 생물학적처리방법)에 의해 정화처리 후 방류 또는 기타용도로 이용하고 분은 수분을 조절 후 자원화를 위한 부산물 비료 또는 퇴비화 하여 토양에 환원시키는 방법이 있음.
- 또한 슬러리 돈사 시스템이나 낙농시설(예: 후리스톨식 우사)과 같이 가축분뇨가 혼합 발생할 경우에는 저장액비화방법에 의해 혼합된 분뇨를 액비탱크에서 6개월 이상 저장시켜 안정하게 부숙 후 토양에 살포하거나, 고액분리장치 등으로 분뇨를 고액분리 후 역시 분뇨를 정화처리 및 자원화하는 방법으로 분리할 수 있음.

- 보통 축사 내부의 청소수, 깔짚 등의 첨가량에 따라 발생되는 가축분뇨의 특성이 변하게 되며 그에 따라 가축분뇨의 수거, 이동, 저장 및 살포장비 등의 선정에 영향을 주게 되는데 고형물질 함유량이 8~10% 이하까지는 대개 액체상 분뇨로 간주하고 있어 고형분 이송 펌프의 사용이 가능함.
- 또한 고체상 또는 반 고체상의 가축분뇨는 트랙터형 스크레퍼나 기계식 스크레퍼 등으로 수거한 후 재래식 저장조 등에 저장한 후 안정화시켜 퇴비함으로써 경작지에 살포할 수 있음.
- 정화처리 방법에는 물리적, 화학적, 생물학적 처리방법으로 대별되나 대개는 전·후처리로 물리적, 화학적 방법이 병행된 생물학적 처리방법이 적용되고 있음.
- 또한 최근에는 방류 수질기준의 강화로 인하여 고효율의 처리방법 등이 강구되고 있음.
- 가축분뇨공공처리시설의 정화 처리방법은 1차 처리 후 관련 환경기초시설인 하수종말처리장 등에 연계처리하는 방법과 가축분뇨를 별도 처리하는 방법(단독처리)이 있음
- 가축분뇨는 유입수 농도가 매우 높아 처리시설의 운전을 완벽하게 하여야 하며, 특히 질소와 인의 성분함량이 높아 처리공법선정이 매우 중요함. 단독처리시에는 방류수질을 만족할 수 있는 처리시설을 계획하여야 하고, 투자비와 유지관리의 어려움 등이 있으며, 연계처리시에는 처리시설이 단순하고 투자비가 저렴하며 유지관리가 다소 쉬우나 다만 연계처리시 BOD, COD, SS, T-N, T-P의 수질을 연계처리시설(하수종말처리시설)에 최소한으로 유입될 수 있도록 계획하여 하수처리시설 정상운전에 지장이 없도록 하여야 함.
- “가축분뇨법시행규칙 제21조(공공하수처리시설의 유입기준”에 의하면「공공처리시설에서 중간 처리한 가축분뇨를 공공하수처리시설로 유입하는 기준은 “1. 공공처리시설에서 유입되는 오염물질부하량은 공공하수처리시설의 운영에 지장을 주지 아니하는 정도일 것 2. 공공처리시설로부터 유입되는 총 질소 및 총 인의 양은 공공하수처리시설에서 처리할 수 있는 질소와 인의 100분의 10 이내일 것”이라고 규정하고 있음.

* 공공하수도 설치사업 업무처리지침 개정(2014년 1월, 환경부)에 따라 가축 분뇨공공처리시설의 1차 처리수를 공공하수처리시설에 연계처리하는 경우 오염부하량은 공공하수처리시설의 정상 운영에 지장을 주지 않도록 하되, 총질소 및 총인의 오염부하량은 유입하수 부하량의 10% 이내까지 전처리한 후 연계처리하여야 한다고 규정하고 있음.
* 즉, 가축분뇨를 하수종말처리장에 연계처리할 경우 하수종말처리시설의 처리능력을 검토하여 가축분뇨의 연계가능 수질을 검토하여야 함. 연계처리 여부는 연계 처리수 계획 및 연계 가능 부하량 등에 대한 종합적인 검토를 통해 결정되어야 함.

○ 단독처리

- 처리공정 검토의 기본 방향은 계획 유출수질을 안정적이고 효과적으로 만족시켜야 하는 것에 있으며, 이를 위해서는 유기탄소 및 질소, 인과 같은 영양염류, 색도 등의 적정처리가 가능하여야 하며, 경제적인 처리공정이어야 함.
- 또한, 처리공법의 선정은 정상적으로 가동되고 있는 환경기초시설과의 연계 용이성, 지자체의 기술능력, 재정상황, 운전관리체계 등을 감안하여 선정하여야 하며, 안정적인 처리수질이 확보되고, 유지관리가 용이한 방식을 채택하여야 하므로 다음 사항 등을 고려하여 처리방식을 선정해야 함.
  - 처리수질의 안정성 확보 및 방류수 수질기준의 만족도
  - 유입 폐수의 성상 및 농도
  - 운영 중인 환경기초시설과의 연계성
  - 운전관리 및 경제성(시설비, 운영관리비 등)
  - 슬러지 발생량
  - 증설 소요부지
  - 색도제거
  - 부하변동에 대한 대처능력 등
- 한편, 질소·인 제거를 위해 주로 많이 활용되고 있는 생물학적 처리방법 중 우리나라에 소개된 외국 처리공법과 국내에서 개발된 고도처리 공법은 크게 A_2 /O 계열, SBR 계열, 담체 계열, 산화구 계열 및 기타 계열로 분류되며 대표적인 처리방법은 A_2 /O 계열, SBR 계열, 담체 계열임.

○ 연계처리

- 가축분뇨의 정화처리는 단독처리 후 인근 수역으로 방류하는 방법과 하수도법 제2조제9호의 공공하수처리시설에 연계하여 처리하는 방법이 있음.
- 연계처리는 연계하는 공공하수처리시설의 시설용량, 운영현황 등을 고려하여 대상 가축분뇨처리시설의 최종 연계수질을 결정하게 됨. 법적으로는 연계처리 하려는 공공하수처리시설의 유입 T－N 및 T－P 오염부하의 10% 이내에서 원활한 운영에 지장을 초래하지 않는 범위 내에서 연계처리 하도록 규정하고 있음.
- 또한 전국 시도별 가축분뇨 공공처리장 설치현황을 살펴보면, 전체 95개소 중 64개소가 인근 지역의 하수종말처리장으로 연계처리하고 있으며, 그 부하량은 법에서 규정하고 있는 하수종말처리장 T－N , T－P 유입오염부하의 10% 범위 내에서 연계하고 있는 것으로 조사되었음.

4. 구제역 발병지역 가축분뇨처리의 경제성 비교 평가

○ 경제성 분석의 난해함

- 경제성 분석은 공공목표와 사적목표를 달성하기 위하여 여러 대안들의 예상되는 비용과 편익을 각각 추정하고 이를 비교 평가하여 사업의 가치를 평가해야 함.
- 공공사업의 경제성 획득은 엄밀하게 사회후생함수를 통해 사업시행 전과 시행 후를 비교하여 평가해야 하며, 이때 전체 사회후생이 증대되면 경제성이 있는 것으로 평가할 수 있으나 현실적으로 사회후생함수의 추정은 쉽지 않음.
- 비용항목으로는 토목, 건축, 기계, 전기, 조경, 설계 및 감리비 등의 시설투자비와 운영비용 등을 포함하여 산정하여야 하나 현재 비용추정에 관련한 자료가 매우 부족한 상황이며, 아이템별 사업의 경우 용도별, 처리방법별에 따라 다양한 공법의 조합이 있으며 이로 인해 각 규모와 공법별로 통일된 비용 식을 도출하는 것이 쉽지 않음.
- 돼지액상분뇨처리 방법의 다양성 때문에 초고온 호기성 발효공법과 다른 공법과의 경제성을 단순 비교하는 것은 적절하지 않으나 기존 선행연구를 참조하여 비교함.

○ 개괄적 경제성 분석

- 퇴비화, 액비화, 바이오가스화 시설의 경우 정화처리시설에 비해 사례가 절대적으로 적어 평균값의 신뢰도가 많이 떨어진다고 판단되는바 기존 연구를 통해 도출된 결과를 국내 가축분뇨공공처리장의 절대적인 사업비로 고려하기에는 어려움이 있을 것으로 사료됨.
- 여기에서 도출된 결과는 처리시설 평균사업비의 경우 처리시설의 입지여건, 처리공법, 처리수준 등에 따라 차이가 있을 수 있으며 운영관리비의 경우 위탁 또는 직영처리, 지역적인 특수성, 처리수준 등에 따라 차이가 있을 수 있는바 절대적인 비교우위가 있다고 단정하기에는 다소 무리가 있을 것으로 판단됨.
- 따라서, 가축분뇨처리시설의 종류별 비용분석을 실시함에 있어 기준이 되는 시설규모를 설정하여 상대적인 비교분석을 통해 도출된 것으로 이때 기준이 되는 시설규모를 100톤/일 시설용량으로 선정함.
- 따라서 가축분뇨처리시설 종류별 비용에 대한 분석에 있어서 가축분뇨처리시설 종류별 평균사업비 분석결과 바이오가스화시설(단독처리) >정화처리(단독처리) > 정화처리(연계처리) > 퇴비화시설 > 바이오가스화(연계처리) >액비화시설의 순으로 나타났음.

표 7. 가축분뇨 처리시설 종류별 평균사업비 현황

(단위 : 백만원)

규모별	정화처리 (단독)	정화처리 (연계)	퇴비화시설	액비화시설	바이오가스화 (단독)	바이오가스화 (연계)
평균사업비 (100톤기준)	155.1	141.6	134.4	29.8	157.7	133.3

자료 : 가축분뇨처리시설 종류별 평가를 통한 경제성 분석과 설치운영개선 방안 등에 관한 연구 최종보고서, 2011, 환경부

- 바이오가스화시설의 설치비용이 가장 높은 이유는 가스생산을 위한 메탄발효조 및 탈황시설 등의 추가적인 설비의 설치를 위한 비용이 소요되기 때문인 것으로 판단되며, 그리고 액비화시설의 설치비용이 가장 적게 나타난 이유는 시설이 타시설에 비해 간단하고 처리공정 또한 단순하기 때문인 것으로 사료되나 액비살포를 위한 트랙터, 살포기 등의 고가 장비가 필요한 단점이 있고 액비 살포를 위한 농경지 확보가 우선되어야 하며 계절적인 살포여건에 의해 대규모 저장설비가 필요한 단점이 있음.
- 가축분뇨 처리시설 종류별 유지관리비 분석결과 퇴비화시설 > 정화처리(단독처리) > 바이오가스화시설(연계처리) > 바이오가스화(단독처리) > 정화처리(연계처리) > 액비화시설의 순으로 나타났음.

표 8. 가축분뇨 처리시설 종류별 유지관리비 현황

(단위 : 원/톤)

규모별	정화처리 (단독)	정화처리 (연계)	퇴비화시설	액비화시설	바이오가스화 (단독)	바이오가스화 (연계)
평균사업비 (100톤기준)	44,987.2	27,495.0	144,966.1	19,545.3	40,383.3	43,543.1

자료 : 가축분뇨처리시설 종류별 평가를 통한 경제성 분석과 설치운영개선 방안 등에 관한 연구 최종보고서, 2011, 환경부

- 퇴비화 시설의 유지관리비가 가장 높게 나타난 주요한 요인은 시설의 규모와 사례가 적고 퇴비생산에 반드시 필요한 톱밥 등의 수분조절제와 포장재 등의 구입비용이 상대적으로 높기 때문인 것으로 사료됨.
- 바이오가스화시설의 연계처리 유지관리비가 단독에 비해 높은 이유는 퇴비화시설과 마찬가지로 조사된 사례가 적어 단독처리에 비해 높게 나타난 것으로 사료되며 실질적인 설치사례가 많아지고 정확한 유지관리비의 산출이 가능해질 경우 정화처리의 단독처리와 연계처리의 유지관리비 차이와 비슷한 수준으로 차이가 발생할 것으로 예상됨.

○ 구제역 발병지역 가축분뇨처리 현재 공정 및 개선 공정 경제성

- 가축분뇨의 처리방법은 분뇨의 성상을 고려하여 지역 내 사육하는 축종과 가축의 사육규모 및 방법 축사시설구조에 따른 분뇨의 분리방법, 축사 청소시스템 등의 지역적 여건 등을 고려하여 선택하여야 함.
- 현재 구제역 발병지역의 돼지액상분뇨처리는 현장에서 소독 및 중화처리후 외부로 반출하여 다시 별도의 공정으로 처리해야하는 등 이중으로 처리비용이 드는 실정임.

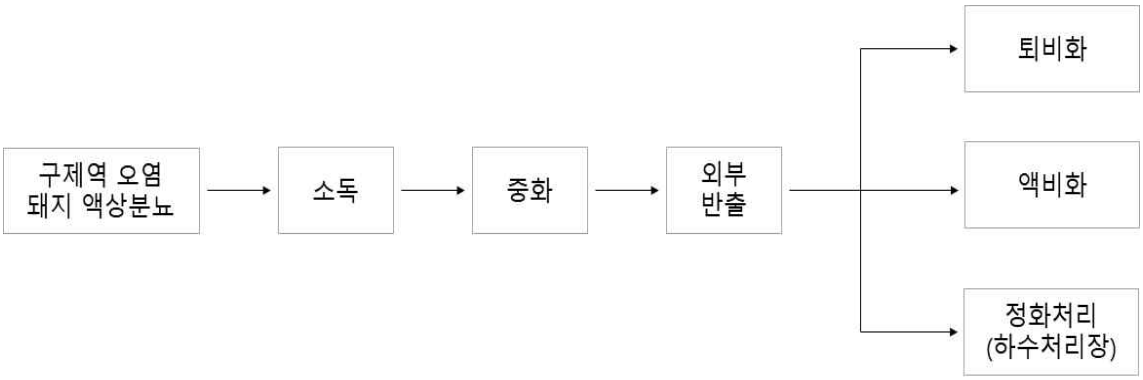


그림 27. (현재) 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 구조도

- 그러나 초고온 호기성 발효공법에 의한 구제역 발병지역의 돼지액상분뇨처리는 단일공정으로 쉽게 처리가 가능하며, 수분조절제인 톱밥 등은 일체 사용하지 않으며, 초고온 발효 배지는 영구히 100% recycle(재사용)이 가능함.

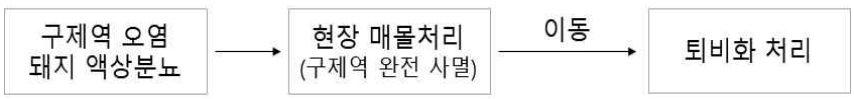


그림 28. (개선) 초고온 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 구조도

- 현재 처리방법은 현장에서 소독처리후 반출하여 별도의 공정을 진행하여 이중으로 총괄비용이 소요되지만, 초고온 호기성 미생물 발효공정에 의한 개선 처리방법은 공정이 단순하며 별도의 처리(바이오가스화 및 정화처리 등)가 필요 없이 단일 공정으로 연속해 진행되기에 기존의 처리방법에 비해 경제성의 높은 것으로 사료됨.
- 한편, 환경부에서 지원하는 가축분뇨공공처리장중 퇴비화시설만을 대상으로 운영관리비를 검토한 결과 초고온 발효공정의 유지관리비가 일반 퇴비화 공정에 비해 톤당 유지관리비의 약 37% 정도로 경제성이 뛰어남.

표 9. 가축분뇨 처리시설 종류별 유지관리비 현황

위치	유지 관리비 (백만원/년)	톤당 유지관리비 (원/톤)	세부항목별 유지관리비						
			위탁 처리비 (원/톤)	인건비 (원/톤)	전기비 (원/톤)	약품비 (원/톤)	기타 (원/톤)	시설유지 보수비 (원/톤)	소계 (원/톤)
강화군 (초고온 발효)	613.1	78,602.6	-	44,589.8	3,461.5	15,179.5	13,871.8	1,500.0	78,602.6
장수군 (일반 공정)	1,399.0	211,330	-	25,679.8	9,063.5	-	173,262.9	3,323.3	211,329.5
평균		144,966.1	-	35,134.8	6,262.5	7,589.8	93,567.4	2,411.7	144,966.1

자료 : 가축분뇨공공처리시설 운영관리 카드(2009년, 2011년) 환경부 내부자료

- 참고로 구제역 발병지역 돼지액상분뇨 초고온 발효공정의 개략적으로 산정된 현장 매몰 설치비 및 처리비는 표 10과 같음.

표 10. 구제역 발병지역 돼지액상분뇨 초고온 발효처리 비용

(단위 : 천원)

돼지액상분뇨 처리량(톤)	매몰지규모(m) (W×H×L)	매몰설비비		처리비	비 고
		초기	재사용		
30	6×3×5	18,635	1,155	11,137	
55	6×3×9	33,105	1,293	12,637	
80	6×3×13	47,513	1,433	14,637	
100	6×3×17	62,116	2,074	17,462	
125	6×3×21	75,162	2,204	20,112	

* 매몰설비비 : 초고온 발효배지, 차수막, 부직포, 송풍기, 에어레이션 설비, 우수방지 등
* 처리비 : 인건비(50% 이상 차지), 장비사용비 등

5. 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 시스템 구성

○ 현장 매몰처리 (간이시설이용처리 및 매몰처리)

- 현장에서 YM 초고온 미생물 배지와 구제역 감염 돼지 액상분뇨를 축산농가의 빈 돈사 혹은 빈 축산창고 등을 이용하여 현장 간이 신속처리하여(발효온도 85~105℃)로 1주일 이내 구제역 사멸하여 거점처리시설로 이송하여 퇴비화 공법(1 달) 진행.

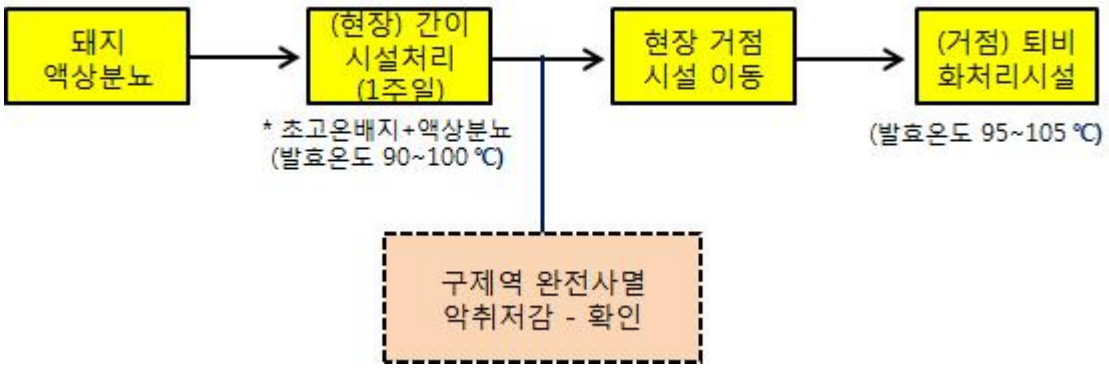


그림 29. 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 구조도-1

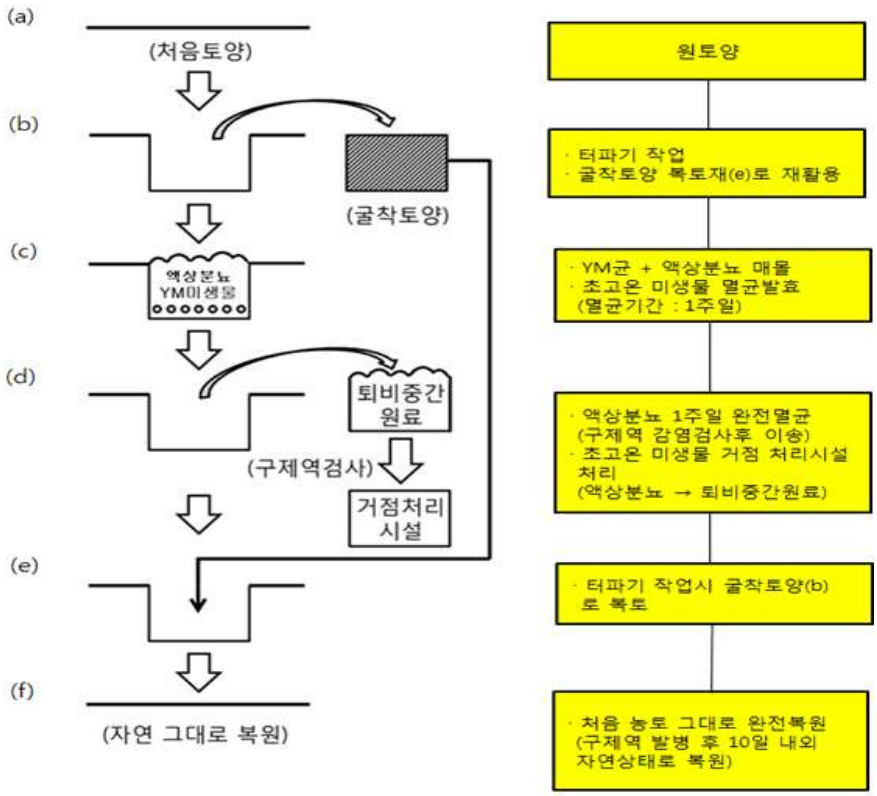


그림 30. 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 구조도-2

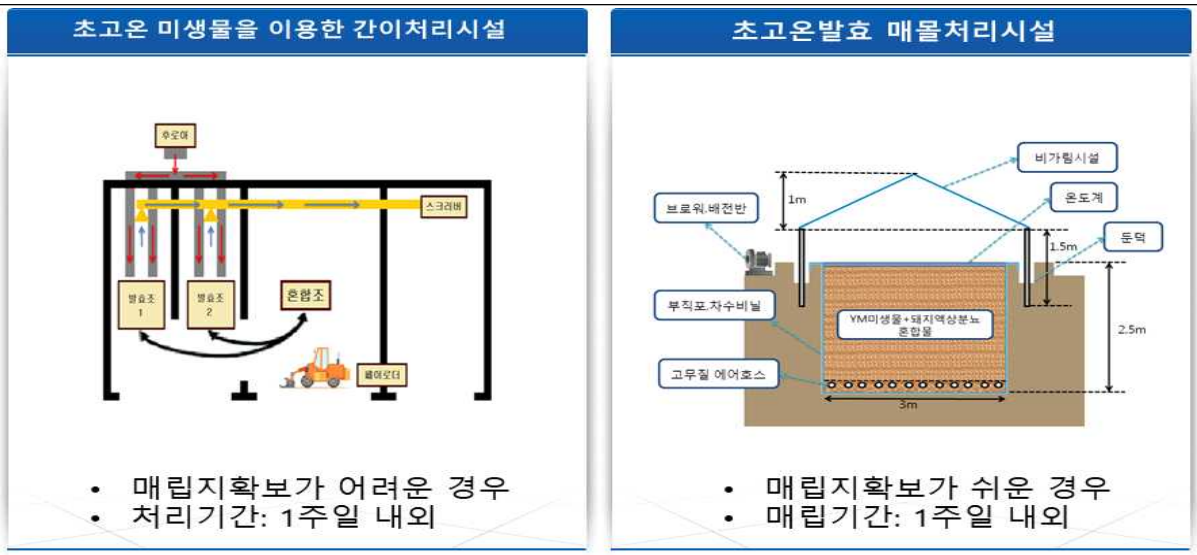


그림 31. 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨 현장처리 시스템

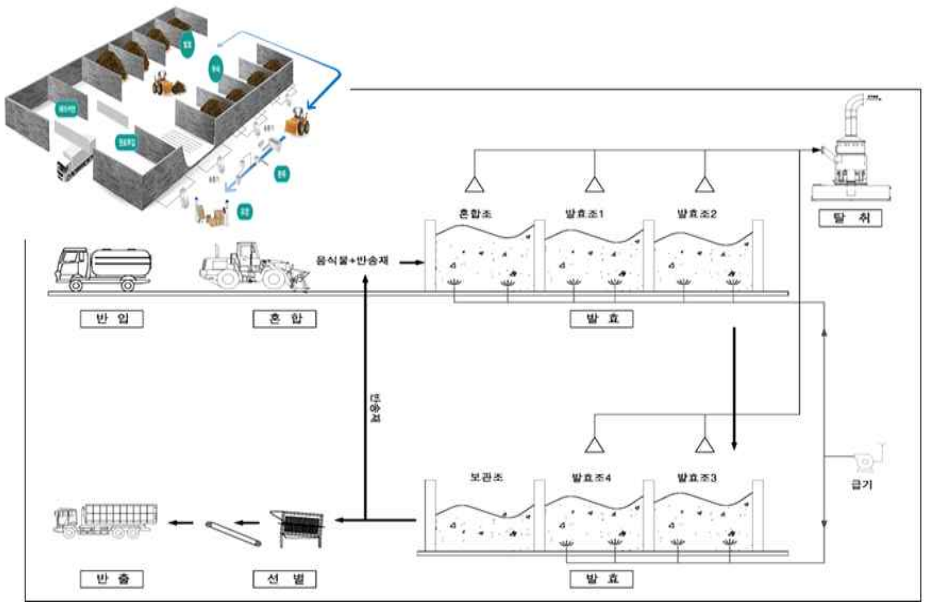


그림 32. 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨 거점처리 시스템

○ 현장 이동식 초고온 발효기 처리

- 현장에서 초고온 이동식 발효기에서 YM 초고온 미생물 배지와 구제역 감염 돼지 액상분뇨를 처리하여(발효온도 항온 95℃)로 3일~1주일 이내 구제역 바이러스 사멸 및 악취 저감하여 거점처리시설로 이송하여 퇴비화 공법 진행.

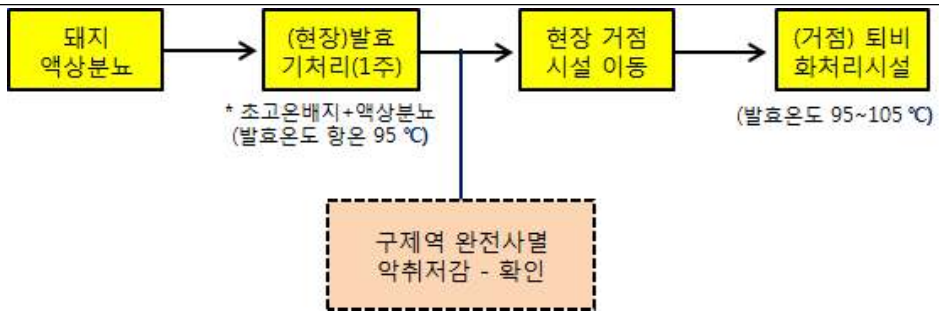


그림 33. 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 구조도(이동식 발효기)-1

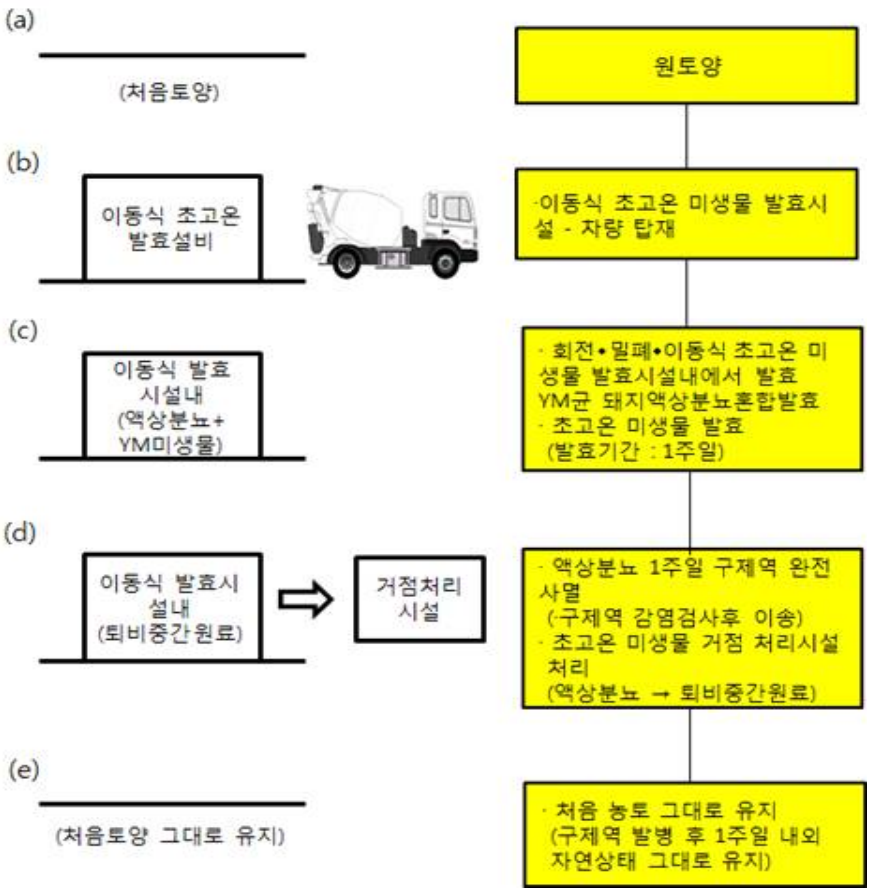


그림 34. 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 구조도(이동식 발효기)-2

그림 35. 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨 이동식 발효기 현장처리 시스템

6. 돼지액상분뇨처리 실험 플랜트

- 초고온 호기성 발효공정을 운영하고 발효조 3조(가로 5m×깊이 7.2m×높이 3m)로 구성
- 페이로더 및 에어레이션 시스템이 설치되어 있음.

그림 36. 초고온 발효공법 강릉 Pilot Plant

7. 돼지액상분뇨처리 실험 결과 및 분석

7.1 무교반 현장 매몰처리 + 거점처리(퇴비화) 실험

가. 발효조 돼지 액상분뇨처리 1차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액상분뇨(4.2t)+초고온 호기성 발효 미생물(9t), 배합비 1:2
- 실험일시 : 35일간
- 실험순서
  - 돼지 액상분뇨 반입을 위한 사전준비를 진행한다.
  - 액상분뇨를 반입하여 초고온 미생물과 혼합을 진행한다.
  - 발효조 산기 라인을 정비한다.
  - 혼합물에 공기를 주입하며 온도 및 성상 변화를 관찰한다.
  - 무교반 에어레이션으로 약 7일 진행후 발효조로 이동하는 교반을 진행한다.
  - 이동, 교반시 함수율 변화를 관찰한다.
  - 발효가 완료된 배지의 샘플을 분석의뢰 한다.
    (농촌진흥청 지정시험기관을 통해 비료분석 진행)

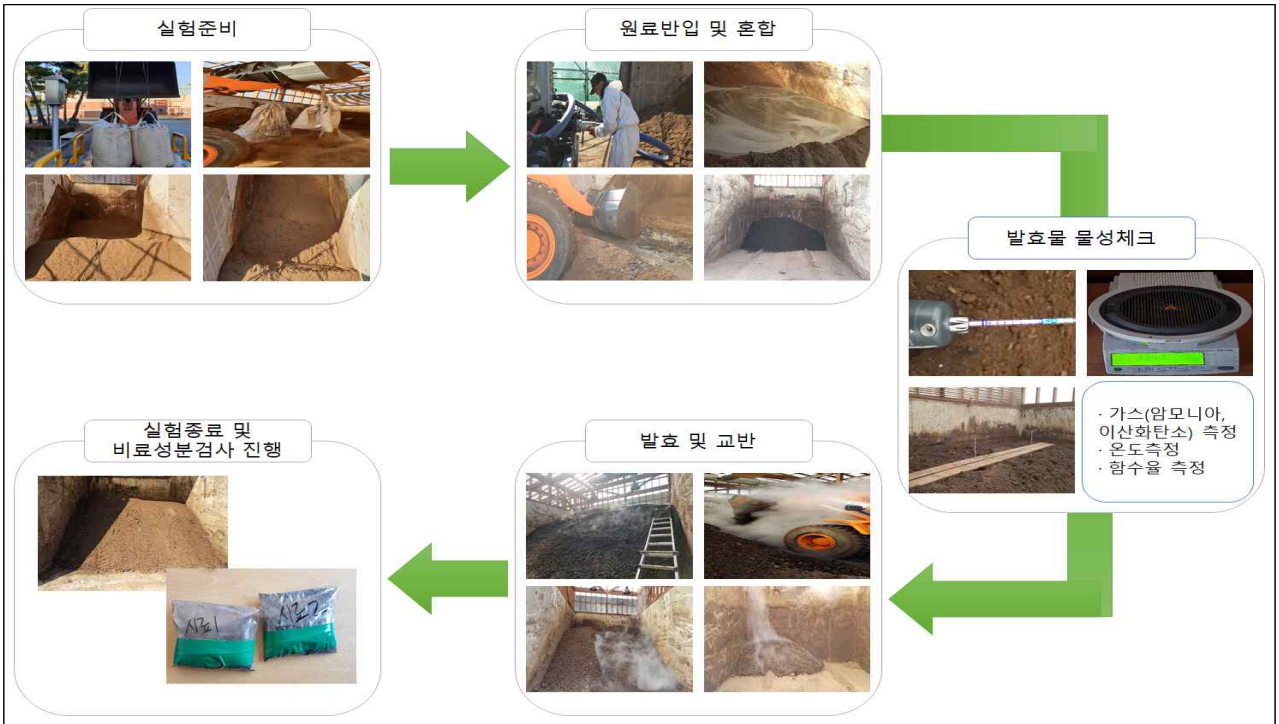


그림 37. 돼지 액상분뇨처리 실험모식도(1)

○ 실험결과

- 구제역 바이러스는 56℃ 이상에 온도에서 30분 이상 노출되면 사멸한다, 다음 그래프를 보면 알 수 있듯이 바이러스 사멸온도 및 시간을 훨씬 상회한다.
- 발효온도로 유추해보면 구제역 바이러스는 완전 사멸했을 것으로 판단되지만 실제로 병원균을 투입하여 사멸평가를 진행해야 될 것으로 판단된다.
- 발효 시작 후 lag time이 다소 길어 바이러스 사멸온도까지 도달하는 시간이 10일 이상 걸려 초반 일주일 내 구제역 사멸온도에 도달할 수 있도록 최적 조건도출이 필요하다.
- 발효완료 후 비료규격검사 전 항목 적합이다.

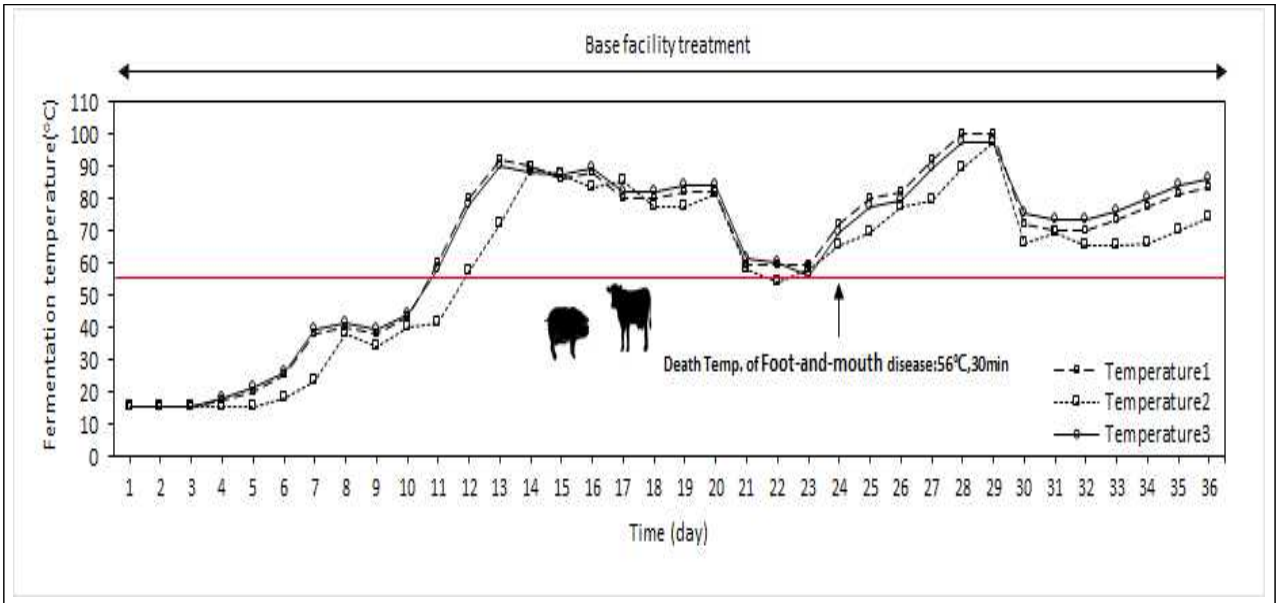


그림 38. 돼지 액상분뇨 거점처리(35일) 발효온도

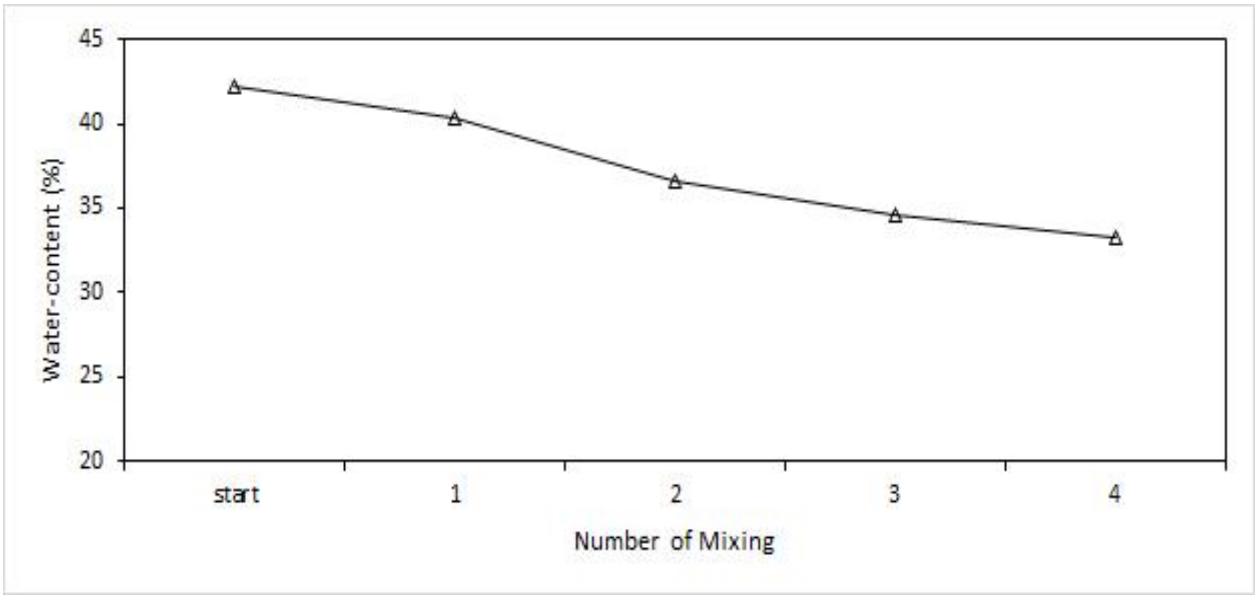


그림 39. 돼지 액상분뇨처리 함수율 변화(1차)

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합

제일분석센타

http://www.cheillab.com

㉾ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 김수라

WF5SP-7EH8A-EFJI5-INWPC

검 사 성 적 서

2020-0040966

의 뢰 인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료2		
접수년월일	2020. 03. 02	검사완료일	2020. 03. 09	
접 수 번 호	20-03-FR0005	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		3.26	분 석 방 법 비료품질검사법 규 격 농촌진흥청 고시 제 2019-32 호
유기물 (%)	30 이상	45.07	
유기물대질소비	45 이하	13.82	
수분 (%)	55 이하	28.20	
수은 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	2 이하	0.59	
비소 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	5.79	
카드뮴 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	5 이하	0.94	
납 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	130 이하	1.95	
구리 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	360 이하	204.19	
니켈 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	16.73	
아연 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	900 이하	898.12	
염분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	1.22	
염산불용해물 (%)	25 이하	1.96	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	15.75	
부숙도(솔비타)	4 이상	4	
부숙도(종자발아)	70 이상	99.27	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	

시험책임자 : 신다솜 시험원 : 권택영,인선미,황진우

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2020 년 03 월 10 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

나. 발효조 돼지 액상분뇨처리 2차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액상분뇨(7.5t)+초고온 호기성 발효 미생물(31t), 배합비 1:4
- 실험일시 : 40일간
- 실험순서

• 돼지 액상분뇨 반입을 위한 사전준비를 진행한다.
• 액상분뇨를 반입하여 초고온 미생물과 혼합을 진행한다.
• 매몰 발효설비를 설치한다.
• 액상분뇨와 초고온 미생물 혼합물을 매몰설비의 손상이 없도록 이동한다.
• 혼합물에 공기를 주입하며 온도 및 성상 변화를 관찰한다.
• 현장 매몰처리를 위한 실험설비에서 20일(충분한 온도상승)간 발효를 진행한 후 발효조로 이동하여 운전한다.
• 이동, 교반 시 함수율 변화를 관찰한다.
• 발효가 완료된 배지의 샘플을 분석의뢰 한다.
(농촌진흥청 지정분석기관에서 비료분석)

그림 40. 돼지 액상분뇨처리 실험모식도(2)

○ 실험결과

- 1차 현장 매몰처리의 구제역 바이러스 사멸, 2차 거점처리(퇴비화)를 통한 퇴비화 및 재사용 가능한 초고온 미생물로 전환하는 실험을 하였다.
- 현장 매몰처리+거점처리 시 발효온도 90℃까지 진행되는바 구제역 바이러스 사멸 온도 및 사멸시간을 훨씬 상회한다.
- 발효온도로 유추해보면 구제역 바이러스는 완전 사멸했을 것으로 판단되지만 실제로 병원균을 투입하여 사멸평가를 진행해야 될 것으로 판단된다.
- 1차 실험보다 빠른 발효 시작 5일 만에 바이러스 사멸온도까지 도달하였다.
- 거점처리에서 다시 사용할 수 있는 초고온 미생물 베이스로 변환하였고 발효완료 후 비료규격검사 전 항목 적합이다.

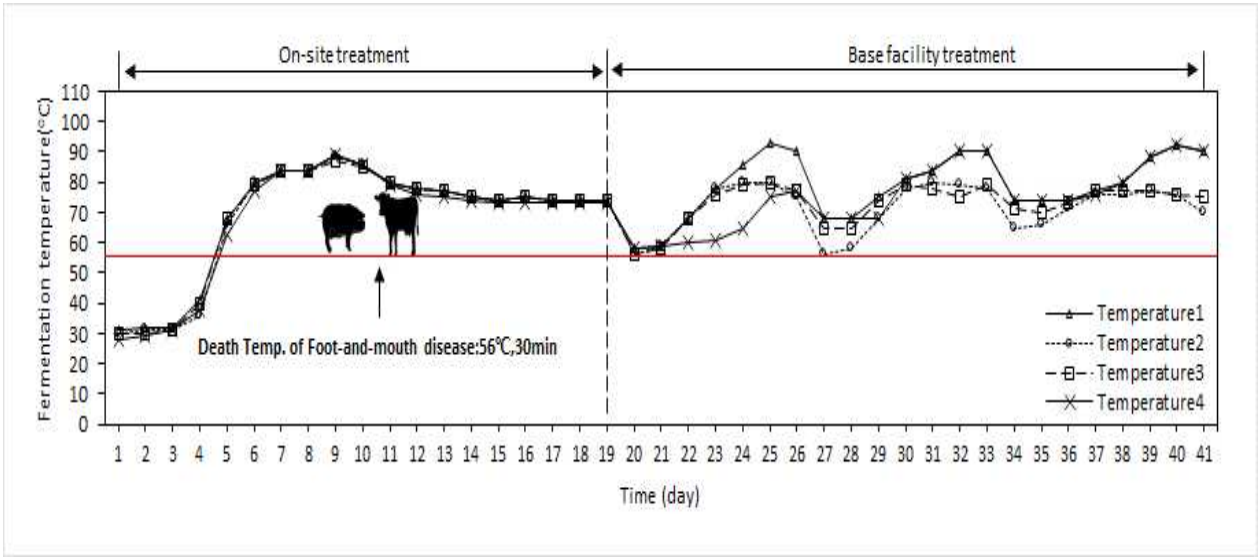


그림 41. 돼지 액상분뇨 현장매몰처리(19일)+거점처리(21일) 발효온도

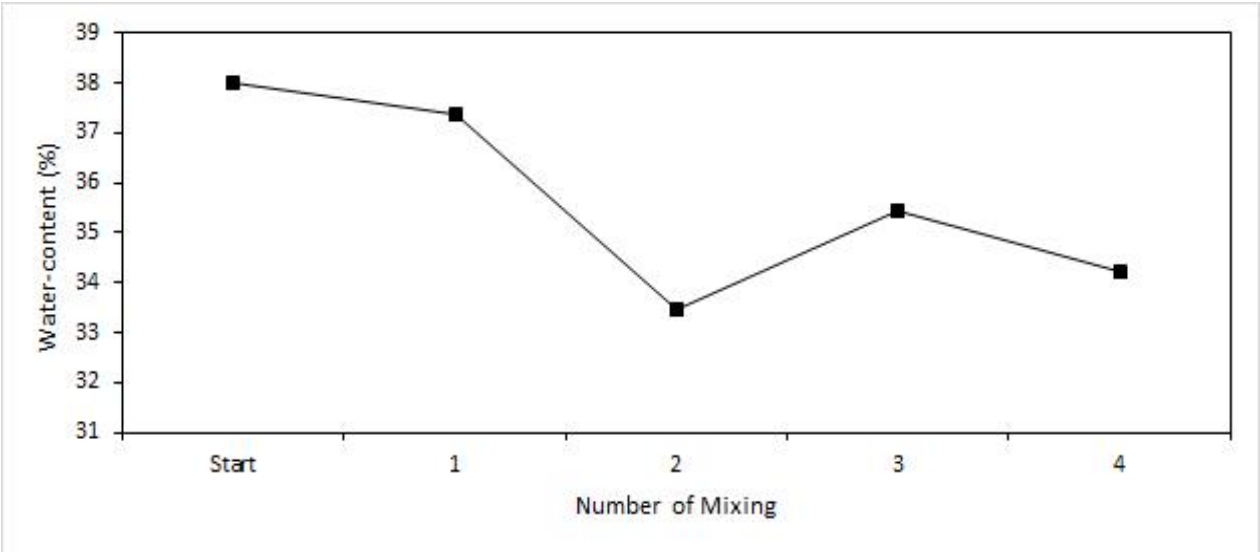
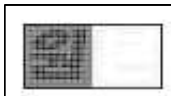


그림 42. 돼지 액상분뇨처리 함수율 변화(2차)

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합



제일분석센타

http://www.cheillab.com

㉾ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 김수라

FZV3J-IKTPA-6IONX-NPJM1

검 사 성 적 서

2020-0041864

의뢰인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료2		
접수년월일	2020. 03. 25	검사완료일	2020. 03. 31	
접 수 번 호	20-03-FR0251	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		3.33	분 석 방 법 비료품질검사법 규 격 농촌진흥청 고시 제 2019-32 호
유기물 (%)	30 이상	42.80	
유기물대질소비	45 이하	12.85	
수분 (%)	55 이하	27.98	
수은 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	2 이하	0.57	
비소 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	6.59	
카드뮴 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	5 이하	1.09	
납 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	130 이하	2.84	
구리 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	360 이하	255.26	
니켈 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	19.12	
아연 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	900 이하	1110.41	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	20.35	
엠분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	1.52	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	20.35	
부숙도(솔비타)	4 이상	4	
부숙도(종자발아)	70 이상	80.21	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	

시험책임자 : 신다솜 시험원 : 권택영,인선미,황진우

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2020 년 04 월 01 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

다. 발효조 돼지 액상분뇨처리 3차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액상분뇨(8.63t)+초고온 호기성 발효 미생물(18t), 배합비 1:2
- 실험일시 : 35일간
- 실험순서

• 돼지 액상분뇨 반입을 위한 사전준비를 진행한다.
• 액상분뇨를 반입하여 초고온 미생물과 혼합을 진행한다.
• 매몰 발효설비를 설치한다.
• 액상분뇨와 초고온 미생물 혼합물을 매몰설비의 손상이 없도록 이동한다.
• 혼합물에 공기를 주입하며 온도 및 성상 변화를 관찰한다.
• 매몰설비에서 20일(충분한 온도상승)간 발효를 진행한 후 발효조로 이동하여 운전 한다.
• 이동, 교반 시 함수율 변화를 관찰한다.
• 발효가 완료된 배지의 샘플을 분석의뢰 한다.
(농촌진흥청 지정분석기관에서 비료분석)

그림 43. 돼지 액상분뇨처리 실험모식도(3)

○ 실험결과

- 실험은 1차(현장처리) 구제역 바이러스 사멸, 2차(거점처리)를 통한 퇴비화 및 재사용 가능한 초고온 미생물로 전환하는 실험을 하였다.
- 발효온도로 유추해보면 구제역 바이러스는 완전 사멸했을 것으로 추정되지만 실제로 병원균을 투입하여 사멸평가를 진행해야 될 것으로 판단된다.
- 돼지 액상분뇨에 순응한 재생 배지를 사용하였는데 신규 배지사용보다 발효초기 lag time이 짧은 발효시작 2일 만에 구제역 바이러스 사멸온도까지 도달하였다.
- 거점처리에서 다시 사용할 수 있는 초고온 미생물로 변환하였고 발효완료 후 비료규격검사 전 항목 적합이다.

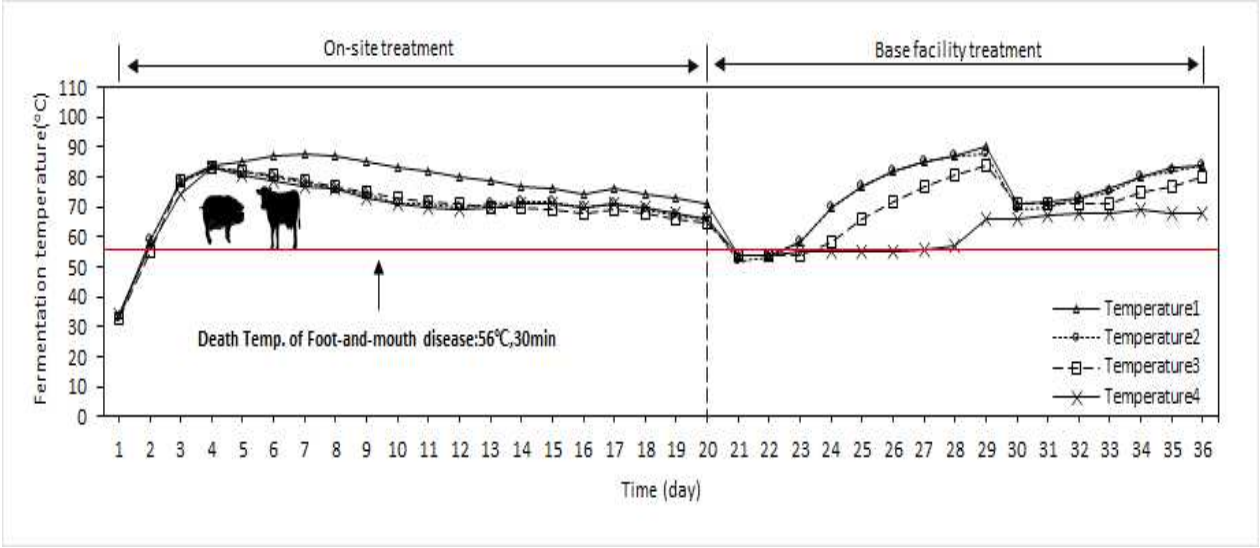


그림 44. 돼지 액상분뇨 현장매몰처리(20일)+거점처리(15일) 발효온도

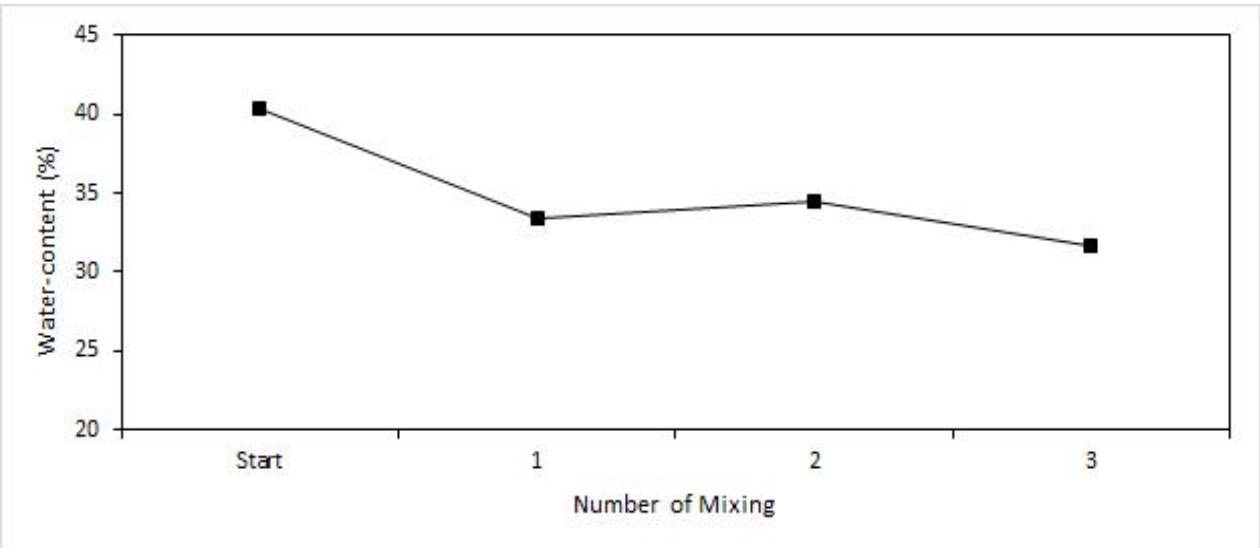


그림 45. 돼지 액상분뇨처리 함수율 변화(3차)

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합

제일분석센타

http://www.cheillab.com

※ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 조혜연

JZEZL-XQRKW-WIQAM-RYLVO

검 사 성 적 서

2020-0048405

의 뢰 인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료2		
접수년월일	2020. 08. 13	검사완료일	2020. 08. 19	
접 수 번 호	20-08-FR0131	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		2.98	분 석 방 법 비료품질검사법 규 격 농촌진흥청 고시 제 2019-32 호
유기물 (%)	30 이상	50.93	
유기물대질소비	45 이하	17.09	
수분 (%)	55 이하	26.71	
수은 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	2 이하	0.45	
비소 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	4.52	
카드뮴 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	5 이하	0.48	
납 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	130 이하	0.99	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	24.82	
구리 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	360 이하	137.67	
니켈 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	12.51	
아연 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	900 이하	428.21	
염분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	1.50	
염산불용해물 (%)	25 이하	5.92	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	
부숙도(슬비타)		4	
부숙도(종자발아)		97.14	

시험책임자 : 김지현 시험원 : 김수란,정주리,정호준

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2020 년 08 월 25 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

라. 발효조 돼지 액상분뇨처리 4차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액상분뇨(7.48t)+초고온 호기성 발효 미생물(18t), 배합비 1:2.4
- 실험일시 : 43일간
- 실험순서 : 병원균 투입

• 돼지 액상분뇨 반입을 위한 사전준비를 진행한다.
• 액상분뇨를 반입하여 초고온 미생물과 혼합을 진행한다.
• 매몰 발효설비를 설치한다.
• 액상분뇨와 초고온 미생물 혼합물을 병원균과 함께 매몰설비의 손상이 없도록 투입한다.
• 혼합물에 공기를 주입하며 온도 및 성상 변화를 관찰한다.
• 매몰설비에서 발효를 진행하며 일차별로 병원균 샘플을 회수한다.
• 발효조로 이동하여 운전한다.
• 이동, 교반 시 함수율 변화를 관찰한다.
• 발효가 완료된 배지의 샘플을 분석의뢰 한다.

(농촌진흥청 지정분석기관 비료분석 및 건국대 수의학과 병원균사멸 실험 진행)

그림 46. 돼지 액상분뇨처리 실험모식도(4)

○ 실험결과

- 실험은 1차 매몰식 현장처리(구제역 바이러스 사멸)후 2차 거점처리(퇴비화) 재사용 가능한 초고온 미생물로 전환하는 실험을 하였다.
- 구제역 바이러스는 56℃ 이상에 온도에서 30분 이상 노출되면 사멸한다, 발효온도가 90℃로 구제역 바이러스 사멸온도 및 사멸시간을 상회한다.
- 병원균을 발효 일차별로 샘플링, 사멸평가를 진행하여 투입 후 병원균사멸까지의 기간을 확인할 수 있는 실험을 진행하였다.
- 활성화가 되어있는 재생배지를 사용하여 발효 시작 전부터 약간의 발효열을 가지고 진행되는 모습을 보였다.
- 거점처리에서 다시 사용할 수 있는 초고온 미생물로 변환하였고 발효완료 후 비료규격검사 전 항목 적합 범위이다.

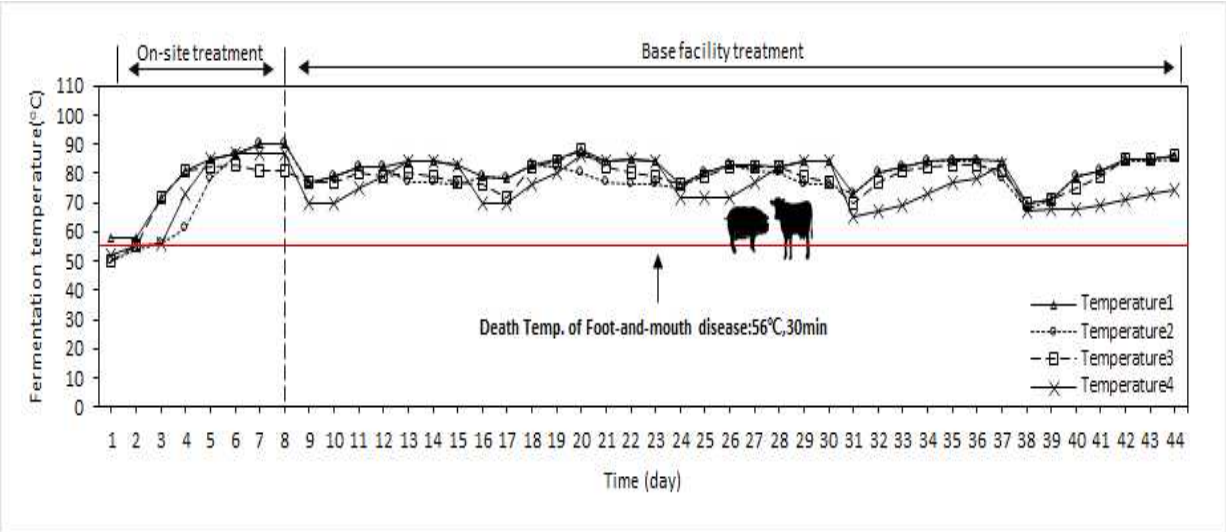


그림 47. 돼지 액상분뇨 현장매몰처리(8일)+거점처리(35일) 발효온도

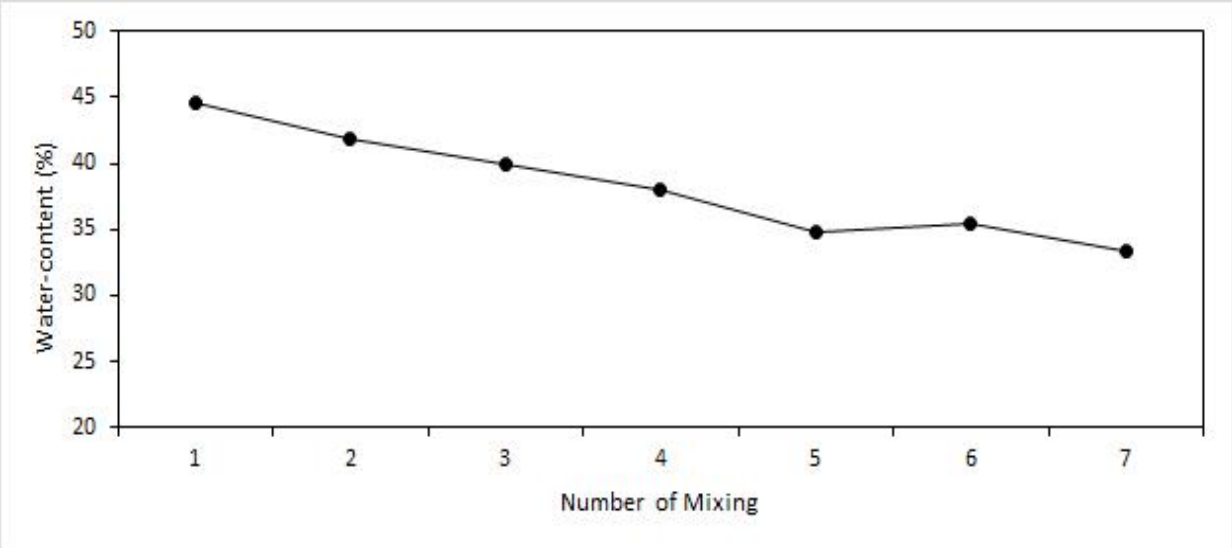


그림 48. 돼지 액상분뇨처리 함수율 변화(4차)

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합

제일분석센타

http://www.cheillab.com

※ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 조혜연

JZEZL-XQRKW-WIQAM-RYLVO

검 사 성 적 서

2020-0048405

의 뢰 인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료2		
접수년월일	2020. 08. 13	검사완료일	2020. 08. 19	
접 수 번 호	20-08-FR0131	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		2.98	분 석 방 법 비료품질검사법 규 격 농촌진흥청 고시 제 2019-32 호
유기물 (%)	30 이상	50.93	
유기물대질소비	45 이하	17.09	
수분 (%)	55 이하	26.71	
수은 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	2 이하	0.45	
비소 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	4.52	
카드뮴 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	5 이하	0.48	
납 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	130 이하	0.99	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	24.82	
구리 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	360 이하	137.67	
니켈 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	12.51	
아연 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	900 이하	428.21	
염분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	1.50	
염산불용해물 (%)	25 이하	5.92	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	
부숙도(슬비타)		4	
부숙도(종자발아)		97.14	

시험책임자 : 김지현 시험원 : 김수란,정주리,정호준

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2020 년 08 월 25 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

마. 발효조 돼지 액상분뇨처리 5차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액상분뇨(8.01t) + 초고온 호기성 발효 미생물(18t), 배합비 1:2.3
- 실험일시 : 52일간
- 실험순서 : 병원균 투입

• 돼지 액상분뇨 반입을 위한 사전준비를 진행한다.
• 액상분뇨를 반입하여 초고온 미생물과 혼합을 진행한다.
• 매몰 발효설비를 설치한다.
• 액상분뇨와 초고온 미생물 혼합물을 병원균과 함께 매몰설비의 손상이 없도록 투입한다.
• 혼합물에 공기를 주입하며 온도 및 성상 변화를 관찰한다.
• 매몰설비에서 발효를 진행하며 일차별로 병원균 샘플을 회수한다.
• 발효조로 이동하여 운전한다.
• 이동, 교반 시 함수율 변화를 관찰한다.
• 발효가 완료된 배지의 샘플을 분석의뢰 한다.
(농촌진흥청 지정분석기관 비료분석 및 건국대 수의학과 병원균사멸 실험 진행)

그림 49. 돼지 액상분뇨처리 실험모식도(5)

○ 실험결과

- 실험은 1차 매몰식 현장처리(구제역 바이러스 사멸)후 2차 거점처리(퇴비화) 재사용 가능한 초고온 미생물로 전환하는 실험을 하였다.
- 구제역 바이러스는 56℃ 이상에 온도에서 30분 이상 노출되면 사멸한다, 발효온도가 90℃로 구제역 바이러스 사멸온도 및 사멸시간을 상회한다.
- 병원균을 발효 일차별로 샘플링, 사멸평가를 진행하여 투입 후 병원균사멸까지의 기간을 확인할 수 있는 실험을 진행하였다.
- 거점처리에서 다시 사용할 수 있는 초고온 미생물로 변환하였고 발효완료 후 비료규격검사 전 항목 적합 범위이다.

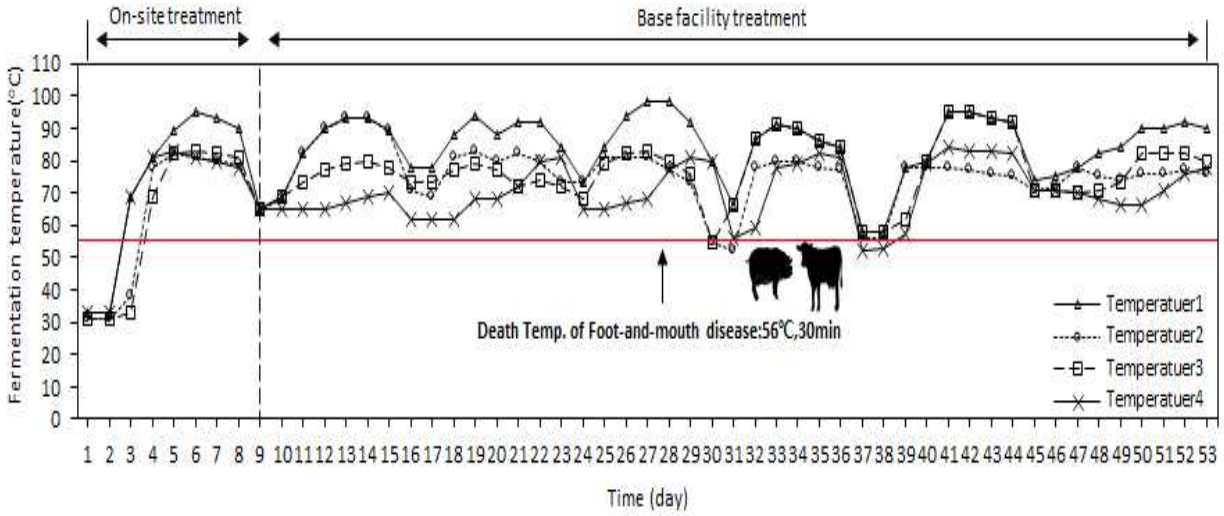


그림 50. 돼지 액상분뇨 현장매몰처리(9일)+거점처리(43일) 발효온도

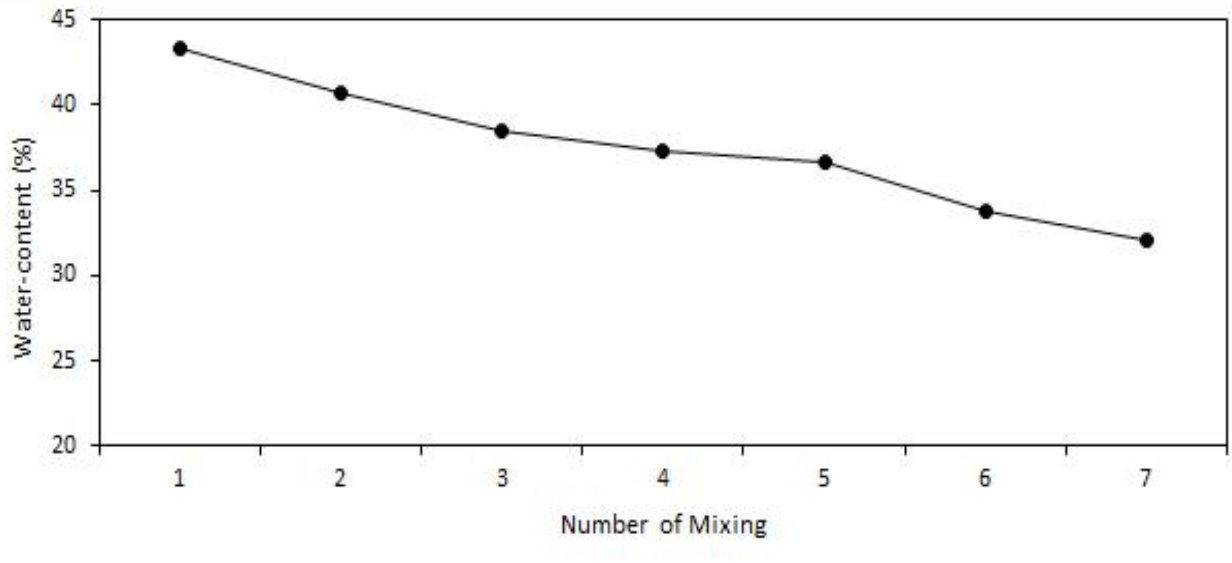


그림 51. 돼지 액상분뇨처리 함수율 변화(5차)

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합

제일분석센타

http://www.cheillab.com

㉾ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 조해연

61QKH-IYQCY-QONI1-G3XJV

검 사 성 적 서

2020-0055077

의 뢰 인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료1		
접수년월일	2020. 12. 10	검사완료일	2020. 12. 17	
접 수 번 호	20-12-FR0112	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		3.03	분 석 방 법 비료품질검사방법 및 시료채취기준 농촌진흥청 고시 제 2020-29 호
유기물 (%)	30 이상	43.76	
유기물대질소비	45 이하	14.44	
수분 (%)	55 이하	29.53	
수은 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	2 이하	0.50	
비소 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	6.00	
카드뮴 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	5 이하	0.81	
납 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	130 이하	4.21	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	15.39	
구리 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	360 이하	221.10	
니켈 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	17.28	
아연 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	900 이하	486.29	
염분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	0.79	
염산불용해물 (%)	25 이하	4.58	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	
부숙도(종자발아)	70 이상	167.58	

시험책임자 : 정호준 시험원 : 김은진,이초롱,정주리

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2020 년 12 월 28 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

7.2 실제 현장 유사지역에서 돼지 액상분뇨 매몰처리 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액상분뇨(15.5t)+초고온 호기성 발효 미생물(37t), 배합비 : 1:2.4
- 실험기간 : 22일간
- 실험순서
  - 돼지 액상분뇨 반입을 위한 사전준비를 진행한다.
  - 액상분뇨를 반입하여 초고온 미생물과 혼합을 진행한다.
  - 매몰처리를 위한 구덩이를 판다.
  - 매몰식(현장처리) 발효설비를 설치한다.
  - 매몰설비가 손상되지 않게 혼합물을 투입한다.
  - 혼합물에 공기를 주입하며 온도 및 성상 변화를 관찰한다.
  - 실험 종료 후 매몰지를 원상복구 한다.
  - 발효물 샘플에 대한 비료규격검사 의뢰한다.

    (농촌진흥청 지정분석기관)

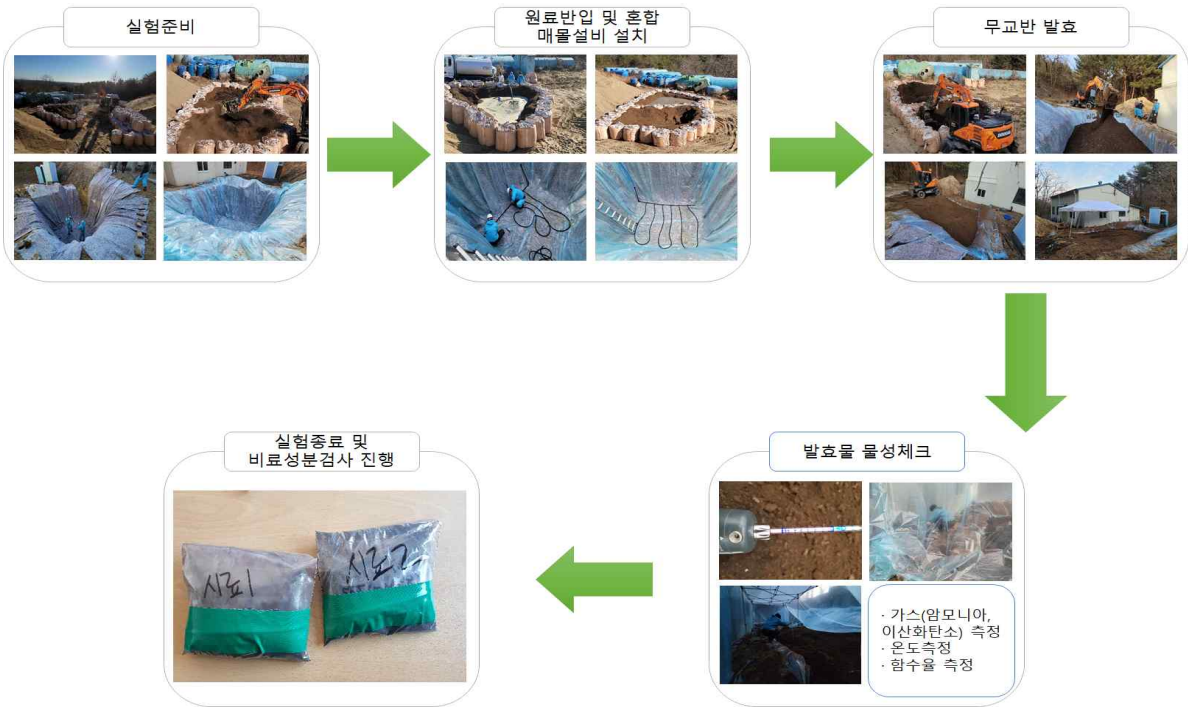


그림 52. 돼지 액상분뇨처리 실험모식도(6)

○ 실험결과

- 실험은 실제 매몰지에서 초고온 호기성 공법을 이용한 돼지 액상분뇨처리가 가능한지, 발효온도가 바이러스 사멸온도까지 도달하는지에 대한 실험을 진행하였다.
- 야외에서 실제 매몰로 진행하는 실험을 진행하여 병원균을 투입하지 않았지만,

발효온도로 유추해보면 병원균이 사멸했을 것으로 판단된다.

- 돼지 액상분뇨에 순응하지 않은 초고온 신규 배지를 사용하여 실험을 진행한 점과 실험시작 시 이상 기후로 실외 공기가 영하로 떨어지고 강풍으로 실험시설이 훼손되어 발효 초기 lag time이 길어졌으며, 향후 실제 현장 적용 시 발효시작 초기 따듯한 공기를 불어 넣어주면 개선 가능할 것으로 사료된다.
  (그러나 악조건의 환경에서도 2주 이내 발효온도를 90℃를 상회함)
- 또한 발효물의 사면이 막혀있어 원활한 공기 공급을 위해 정압이 높은 브로워를 사용해야 할 것으로 판단된다.

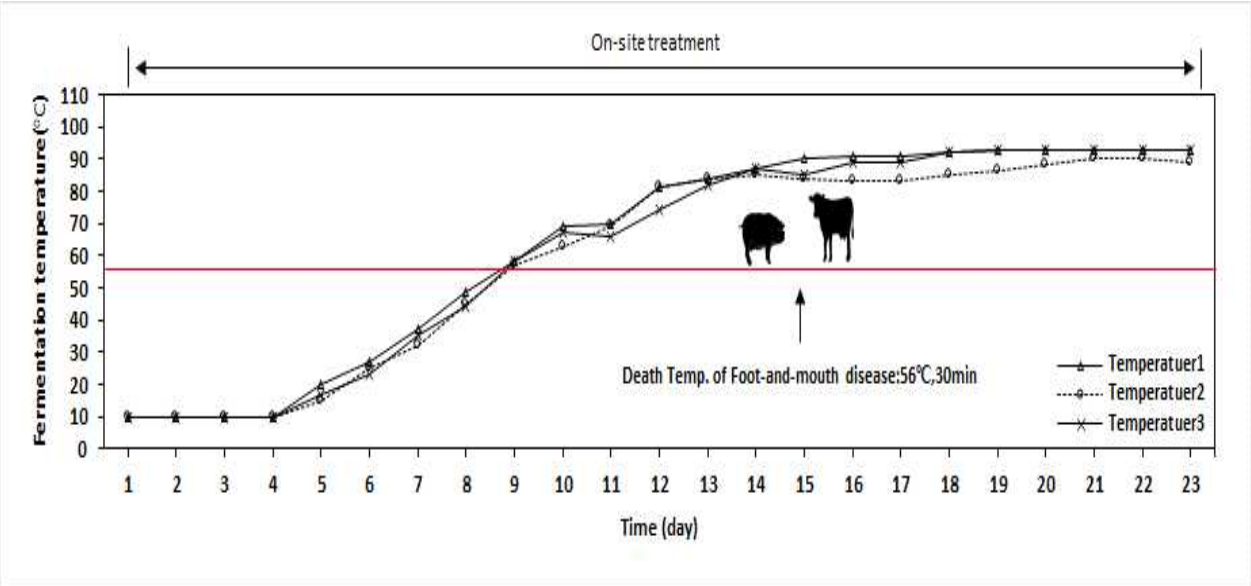


그림 53. 실제 현장 유사지역 돼지 액상분뇨 현장매몰처리 발효온도

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합

제일분석센타

http://www.cheillab.com

㉾ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 조해연

LCU1U-RYVEB-8TUIM-FNRZC

검 사 성 적 서

2021-0059071

의 뢰 인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료2		
접수년월일	2021. 03. 23	검사완료일	2021. 03. 30	
접 수 번 호	21-03-FR0130	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		2.88	분 석 방 법 비료품질검사방법 및 시료채취기준 농촌진흥청 고시 제 2020-29 호
유기물 (%)	30 이상	39.46	
유기물대질소비	45 이하	13.69	
수분 (%)	55 이하	31.67	
수은 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	2 이하	0.27	
비소 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	5.60	
카드뮴 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	5 이하	0.54	
납 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	130 이하	5.75	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	11.26	
구리 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	360 이하	157.61	
니켈 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	13.36	
아연 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	900 이하	354.89	
염분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	0.44	
염산불용해물 (%)	25 이하	4.47	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	
부숙도(솔비타)	4 이상	4	
부숙도(종자발아)	70 이상	109.42	

시험책임자 : 정호준 시험원 : 김경은,김영원,정주리

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2021 년 03 월 30 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

7.3 초고온 발효 배지(실험군) 및 황토(대조군)내 돼지 액상분뇨처리 비교 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액상분뇨(7.63t)+초고온 호기성 발효 미생물(16.6t) / 황토(30t)
- 실험일시 : 42일간
- 실험순서(각각 병원균 투입)

• 돼지 액상분뇨 반입을 위한 사전준비를 각각(초고온 호기성 미생물, 황토)진행한다.

• 액상분뇨를 반입하여 혼합을 각각 진행한다.

• 매몰 발효설비를 설치한다.

• 혼합물을 병원균과 함께 매몰설비의 손상이 없도록 투입한다.

• 혼합물에 공기를 주입하며 온도 및 성상 변화를 관찰한다.

• 매몰설비에서 발효를 진행하고 각각 병원균 샘플을 회수한다.

• 발효조로 이동하여 운전한다.

• 이동, 교반 시 함수율 변화를 관찰한다.

• 샘플링한 병원균 사멸평가를 의뢰한다.

(건국대 수의학과 병원균사멸 실험 진행)

그림 54. 초고온 호기성 미생물(좌)와 황토(우)

그림 55. 초고온 발효 배지와 일반 토양(황토)내 돼지 액상분뇨처리 모식도

○ 실험결과

- 이번 실험은 실험군(초고온 미생물)과 순수 일반토양 대조군(황토)에 같은 농장에서 발생한 돼지 액상분뇨를 혼합하여 같은 실험조건을 부여하여 각각의 병원균 사멸평가를 진행하였다.
- 병원균은 초고온 미생물(돼지액상분뇨) 지역과 일반 토양 황토(돼지액상분뇨) 지역에 상부에 3개 하부에 3개를 각각 투입하였다.
- 초고온 미생물(돼지액상분뇨) 지역은 발효온도가 90℃를 나타내는데 비해, 일반토양 황토(돼지액상분뇨) 지역은 발효온도 7℃를 나타낸 것으로 일반 토양에 돼지 액상분뇨를 매몰 시 오염상태를 그대로 유지하는 것으로 판단된다.
- 구제역 바이러스는 56℃ 이상에 온도에서 30분 이상 노출되면 사멸하지만, 발효온도로 유추해보면 일반토양(황토)에 투입된 병원균을 사멸하지 않은 것으로 판단된다.
- 비교 실험 후. 일반토양(황토)는 처분하고 초고온 미생물(돼지액상분뇨)은 거점처리시설에서 재사용 가능한 초고온 미생물로 변환공정을 진행하였다.

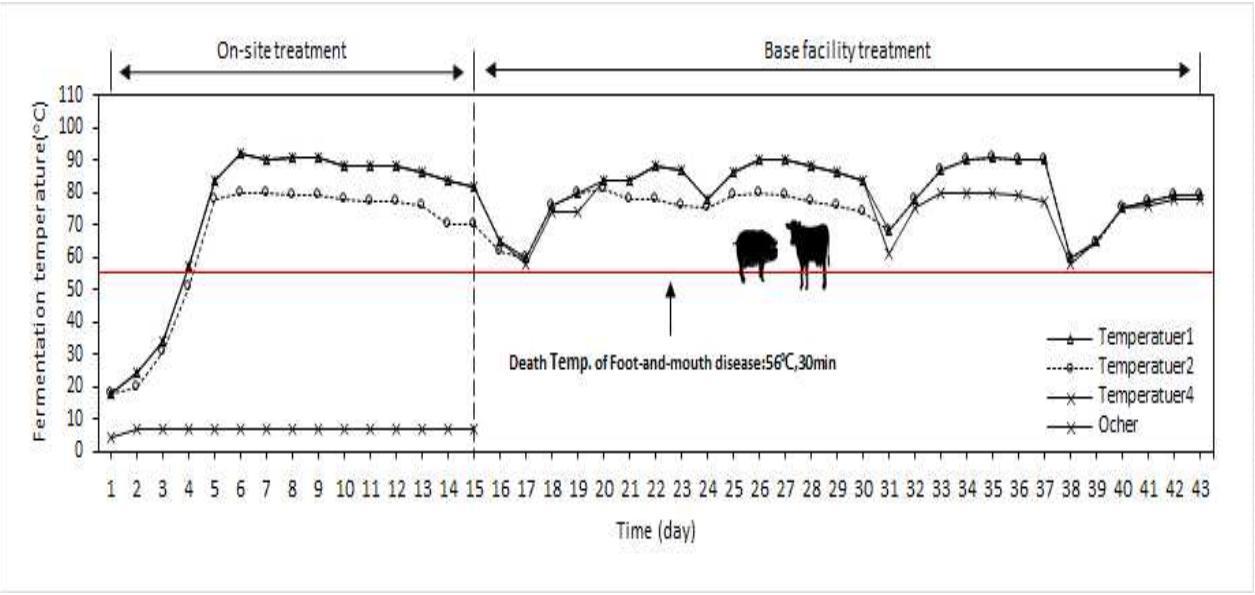


그림 56. 돼지 액상분뇨처리 초고온 발효배지(실험군) 및 황토(대조군) 발효온도

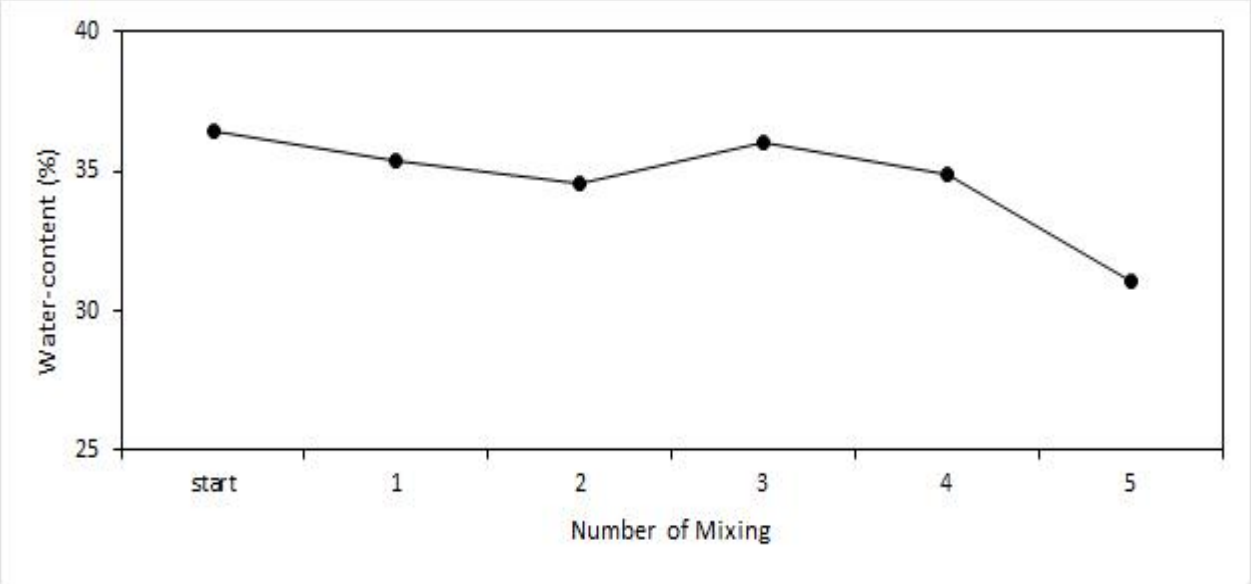


그림 57. 돼지 액상분뇨처리 함수율 변화(실험군)

7.4 현장 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 실험

가. 실험방법 및 실험 모식도

○ 원료 및 실험준비

- 실험을 위한 원료(돼지액분)를 돼지농가에서 준비
- 소형발효기 내 YM배지 투입(원료의 양에 따라 투입량 결정)
- 에어레이션 및 온도센서 설정

○ 원료투입

- 소형발효기 내 YM배지와 원료가 잘 섞일 수 있도록 교반기 작동 후 투입
- 에어레이션 및 온도센서 설정

○ 교반 및 발효

- 발효물의 상태 및 발효온도를 확인하고 알맞은 교반시간으로 진행
- 실험종료까지 함수율 및 온도를 측정

○ 실험종료

- 혼합물을 모두 꺼내어 무게를 측정
- 비료성분분석을 의뢰할 시료를 채취하여 분석의뢰 진행

그림 58. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 실험모식도

나. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 1차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액체분뇨 (37.85kg) : 초고온 배지 (249.4kg) = 1 : 6.59
- 실험일시 : 9일간

○ 실험결과

- 이동식 소형발효기를 이용해 현장에서 돼지액상분뇨를 처리하여 퇴비화 및 재사용 가능한 초고온 미생물로 전환하는 실험을 하였다.
- 실험은 강제적인 가열시스템을 통해 항온(약 90℃)에서 진행하는데 구제역 바이러스는 56℃ 이상의 온도에서 30분 이상 노출되면 사멸하는 점을 고려하면 바이러스 사멸온도 및 시간을 훨씬 상회한다.

- 실험 1~2일차 바이러스 사멸화 온도보다 높아지도록 설정하여 단기간에 온도를 올려 빠른 병원균 사멸화가 가능함을 확인하였다.
- 발효물 비료규격검사 결과 : 부숙도(종자발아) 항목에서 미달되었지만 부숙도는 종자발아, 솔비타 두 항목 중 한 개의 항목만 적합하여도 무방하기에 퇴비화 하는데 전혀 문제가 되지 않는다.

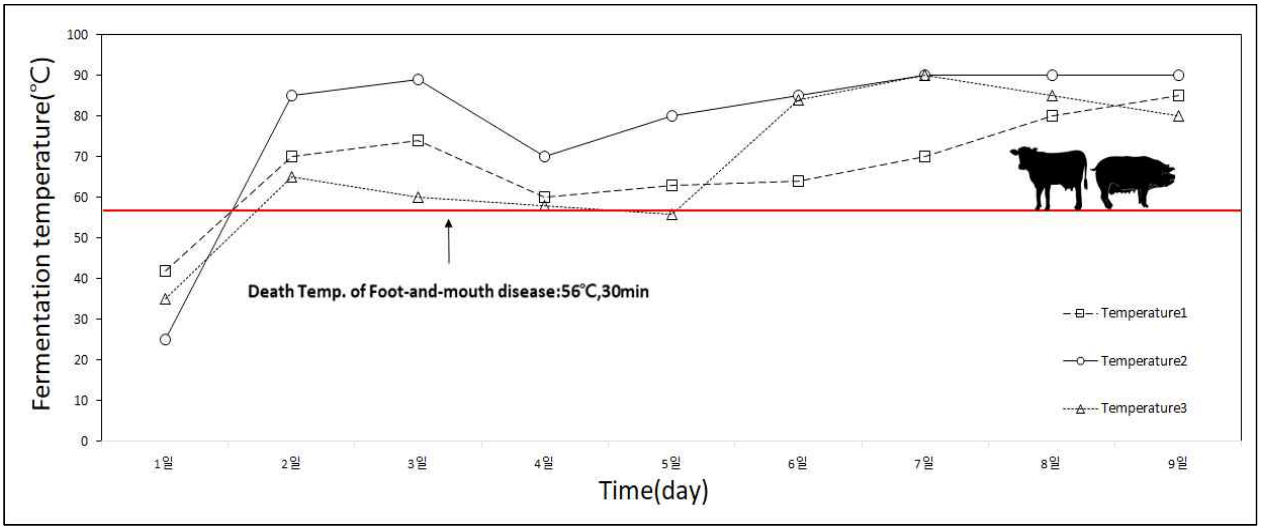


그림 59. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 발효온도(9일)

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합

제일분석센타

http://www.cheillab.com

㉾ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 김수라

XETJP-EPAFU-TDNCI-WSQ9X

검 사 성 적 서

2020-0041863

의 뢰 인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료1		
접수년월일	2020. 03. 25	검사완료일	2020. 03. 31	
접 수 번 호	20-03-FR0250	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		3.30	분 석 방 법 비료품질검사법 규 격 농촌진흥청 고시 제 2019-32 호
유기물 (%)	30 이상	55.28	
유기물대질소비	45 이하	16.75	
수분 (%)	55 이하	21.33	
수은 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	2 이하	0.26	
비소 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	5.63	
카드뮴 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	5 이하	0.69	
납 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	130 이하	5.03	
구리 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	360 이하	167.78	
니켈 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	15.02	
아연 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	900 이하	416.41	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	12.60	
염분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	0.34	
염산불용해물 (%)	25 이하	3.22	
부숙도(솜비타)	4 이상	4	
부숙도(종자발아)	70 이상	65.50	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	

시험책임자 : 신다솜 시험원 : 권택영,인선미,황진우

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2020 년 04 월 01 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

다. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 2차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액체분뇨 (131.4kg) : YM배지 (291.55kg) = 1 : 2.22
- 실험일시 : 30일간

○ 실험결과

- 이동식 소형발효기를 이용해 현장에서 돼지액상분뇨를 처리하여 퇴비화 및 재사용 가능한 초고온 미생물로 전환하는 실험을 하였다.
- 실험은 강제적인 가열시스템을 통해 항온(약 90℃)에서 진행하는데 구제역 바이러스는 56℃ 이상의 온도에서 30분 이상 노출되면 사멸하는 점을 고려하면 바이러스 사멸온도 및 시간을 훨씬 상회한다.
- 실험 1~2일차 바이러스 사멸화 온도보다 높아지도록 설정하여 단기간에 온도를 올려 빠른 병원균 사멸화가 가능함을 확인하였다.
- 발효물 비료규격검사 결과 : 수은항목이 초과 되었으나 이는 실험에 사용하는 수은온도계가 발효물 안에서 파손되어 온도계 내부에 있던 수은이 혼합물에 들어간 것으로 정확한 결과라 볼 수 없다. 차후 실험에서 진행되는 검사결과를 확인하여야 한다.

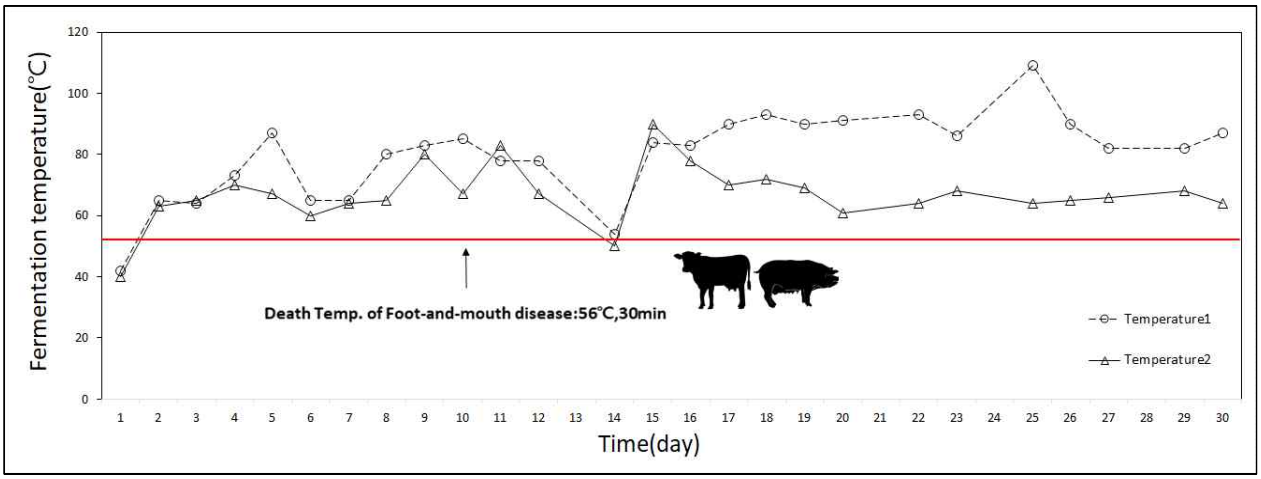


그림 60. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 발효온도(30일)

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합

제일분석센타

http://www.cheillab.com

㉾ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 김수라

YG4GC-JKJIQ-XY14S-MYHHT

검 사 성 적 서

2020-0043130

의뢰인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료1		
접수년월일	2020. 04. 27	검사완료일	2020. 05. 07	
접 수 번 호	20-04-FR0304	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		3.40	분 석 방 법 비료품질검사법 규 격 농촌진흥청 고시 제 2019-32 호
유기물 (%)	30 이상	48.84	
유기물대질소비	45 이하	14.37	
수분 (%)	55 이하	21.29	
수은 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	2 이하	5.52	
비소 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	5.61	
카드뮴 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	5 이하	0.91	
납 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	130 이하	4.28	
구리 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	360 이하	216.43	
니켈 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	17.32	
아연 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	900 이하	886.17	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	16.50	
염분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	1.38	
염산불용해물 (%)	25 이하	4.14	
부숙도(솔비타)	4 이상	5	
부숙도(종자발아)	70 이상	82.97	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	

시험책임자 : 신다솜 시험원 : 권택영,인선미,황진우

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2020 년 05 월 07 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

라. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 3차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액체분뇨 (288.04kg) : YM배지 (500.8kg) = 1 : 1.74
- 실험일시 : 20일간

○ 실험결과

- 이동식 소형발효기를 이용해 현장에서 돼지액상분뇨를 처리하여 퇴비화 및 재사용 가능한 초고온 미생물로 전환하는 실험을 하였다.
- 실험은 강제적인 가열시스템을 통해 항온(약 90℃)에서 진행하는데 구제역 바이러스는 56℃ 이상의 온도에서 30분 이상 노출되면 사멸하는 점을 고려하면 바이러스 사멸온도 및 시간을 훨씬 상회한다.
- 실험 1~2일차 바이러스 사멸화 온도보다 높아지도록 설정하여 단기간에 온도를 올려 빠른 병원균 사멸화가 가능함을 확인하였다.

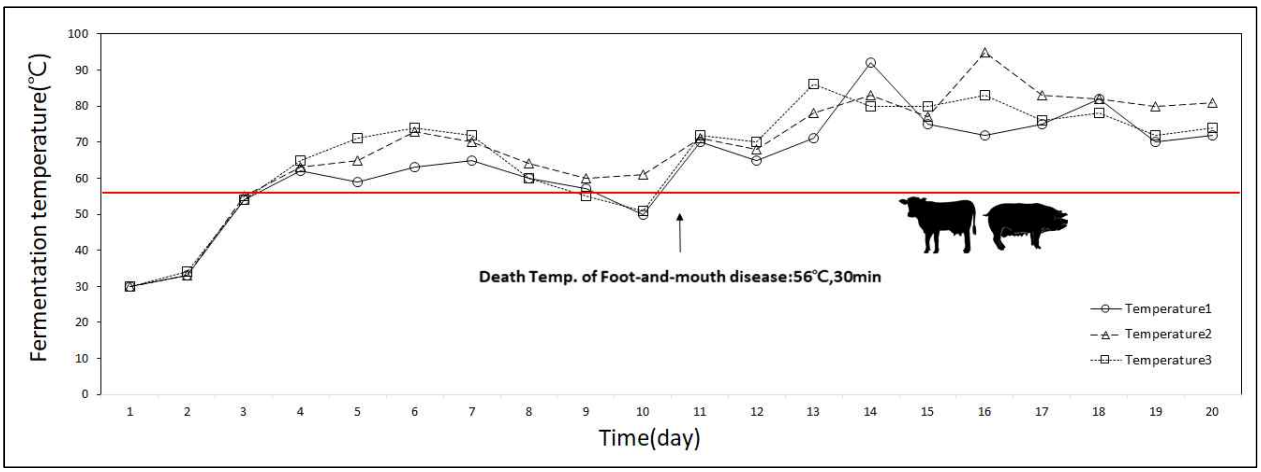


그림 61. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 발효온도(20일)

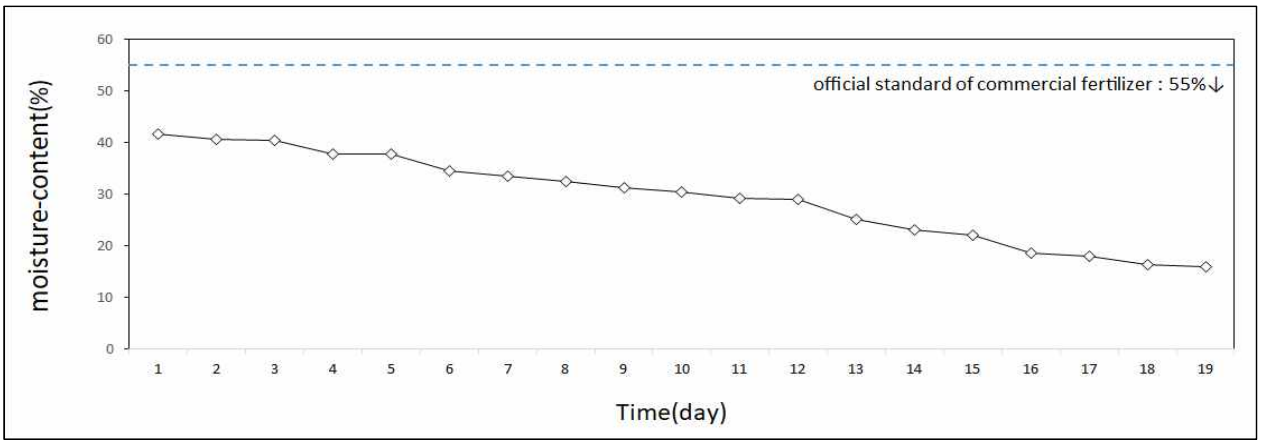


그림 62. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 함수율 변화(20일)

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합

제일분석센타

http://www.cheillab.com

㉾ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 조해연

90IMO-KBSPU-FVNDH-COWLT

검 사 성 적 서

2020-0048406

의 뢰 인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료1		
접수년월일	2020. 08. 13	검사완료일	2020. 08. 19	
접 수 번 호	20-08-FR0130	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		3.57	분 석 방 법 비료품질검사법 규 격 농촌진흥청 고시 제 2019-32 호
유기물 (%)	30 이상	63.00	
유기물대질소비	45 이하	17.65	
수분 (%)	55 이하	7.05	
수은 (㎎/kg) (건물중에 대하여)	2 이하	0.36	
비소 (㎎/kg) (건물중에 대하여)	45 이하	4.00	
카드뮴 (㎎/kg) (건물중에 대하여)	5 이하	0.51	
납 (㎎/kg) (건물중에 대하여)	130 이하	1.08	
크롬 (㎎/kg) (건물중에 대하여)	200 이하	26.06	
구리 (㎎/kg) (건물중에 대하여)	360 이하	166.67	
니켈 (㎎/kg) (건물중에 대하여)	45 이하	14.92	
아연 (㎎/kg) (건물중에 대하여)	900 이하	370.31	
염분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	0.69	
염산불용해물 (%)	25 이하	5.74	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	
부숙도(솔비타)		6	
부숙도(종자발아)		98.93	

시험책임자 : 김지현 시험원 : 김수란,정주리,정호준

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2020 년 08 월 25 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

마. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 4차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액체분뇨 (112.45kg) : YM배지 (185kg) = 1 : 1.65
- 실험일시 : 10일간

○ 실험결과

- 이동식 소형발효기를 이용해 현장에서 돼지액상분뇨를 처리하여 퇴비화 및 재사용 가능한 초고온 미생물로 전환하는 실험을 하였다.
- 실험은 강제적인 가열시스템을 통해 항온(약 90℃)에서 진행하는데 구제역 바이러스는 56℃ 이상의 온도에서 30분 이상 노출되면 사멸하는 점을 고려하면 바이러스 사멸온도 및 시간을 훨씬 상회한다.
- 실험 1~2일차 바이러스 사멸화 온도보다 높아지도록 설정하여 단기간에 온도를 올려 빠른 병원균 사멸화가 가능함을 확인하였다.

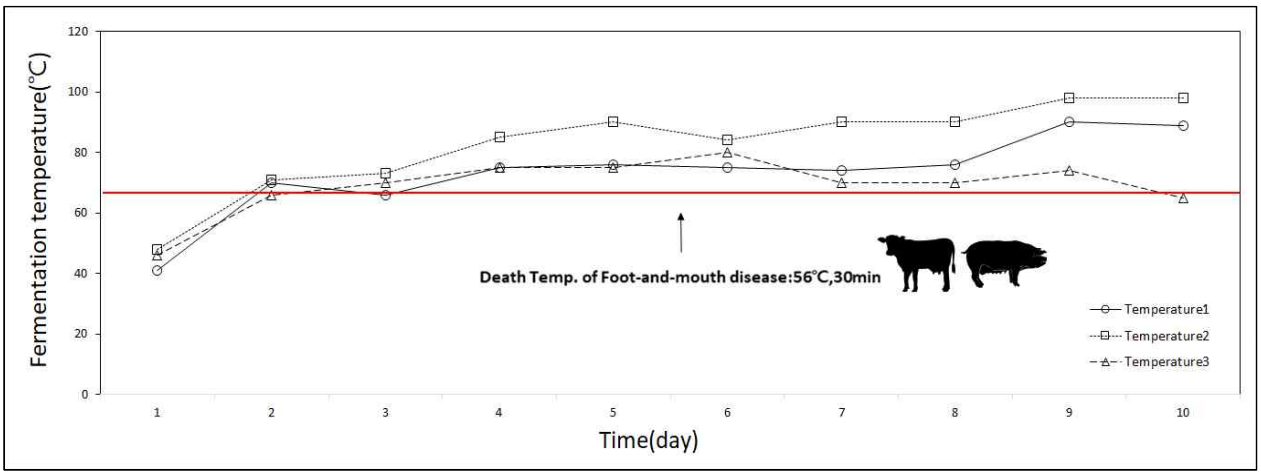


그림 63. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 발효온도(10일)

바. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 5차 실험

○ 실험 개요

- 실험재료 : 돼지 액체분뇨 (321kg) : YM배지 (600kg) = 1 : 1.87
- 실험일시 : 14일간

○ 실험결과

- 이동식 소형발효기를 이용해 현장에서 돼지액상분뇨를 처리하여 퇴비화 및 재사용 가능한 초고온 미생물로 전환하는 실험을 하였다.
- 실험은 강제적인 가열시스템을 통해 항온(약 90℃)에서 진행하는데 구제역 바이러스는 56℃ 이상의 온도에서 30분 이상 노출되면 사멸하는 점을 고려하면 바이러스 사멸온도 및 시간을 훨씬 상회한다.
- 이전 실험보다 조금 늦은 3일차에 온도가 바이러스 사멸화 온도보다 높아졌지만, 단기간에 온도를 올려 빠른 병원균 사멸화가 가능함을 확인하였다.

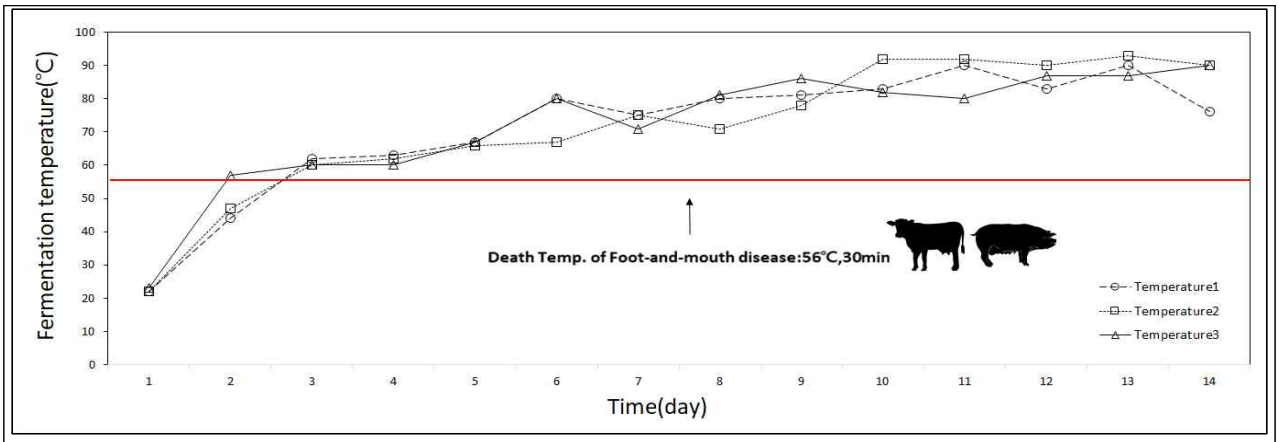


그림 64. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 발효온도(14일)

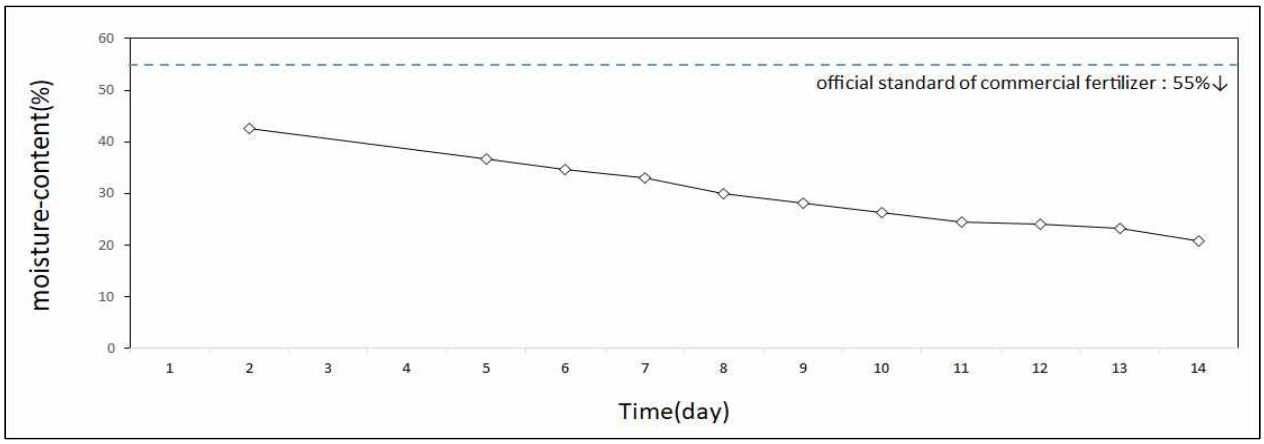


그림 65. 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 함수율 변화(14일)

○ 발효물 비료규격검사 결과 : 전 항목 적합

제일분석센타

http://www.cheillab.com

㉾ 08389 서울시 구로구 디지털로 272번지 한신IT타워 913호 전화)02-869-8188 팩스)02-868-4610 접수담당 : 조해연

HDZIB-68CMT-XHHH7-H4SAD

검 사 성 적 서

2020-0055076

의 뢰 인	성 명 / 상호	신화건설(주)	사업자등록번호	226-81-07962
	주 소	강원도 강릉시 남부로 62(내곡동)	대 표 자	윤수홍
	시 료 명	시료2		
접수년월일	2020. 12. 10	검사완료일	2020. 12. 17	
접 수 번 호	20-12-FR0113	검 사 목 적	자체품질검사용	

검 사 결 과

검 사 항 목	검 사 기 준	결 과	비 고
질소 (%)		3.52	분 석 방 법 비료품질검사방법 및 시료채취기준 농촌진흥청 고시 제 2020-29 호
유기물 (%)	30 이상	58.86	
유기물대질소비	45 이하	16.72	
수분 (%)	55 이하	17.04	
수은 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	2 이하	0.12	
비소 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	4.91	
카드뮴 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	5 이하	0.64	
납 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	130 이하	5.85	
크롬 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	200 이하	15.18	
구리 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	360 이하	169.53	
니켈 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	45 이하	14.91	
아연 (㎎/㎏) (건물중에 대하여)	900 이하	368.74	
염분 (%) (건물중에 대하여)	2 이하	0.46	
염산불용해물 (%)	25 이하	4.53	
대장균O157:H7	불검출	불검출	
살모넬라	불검출	불검출	
부숙도(솔비타)	4 이상	6	
부숙도(종자발아)	70 이상	73.90	

시험책임자 : 정호준 시험원 : 김은진,이초롱,정주리

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2020 년 12 월 28 일

제일분석센타 대표이사 이은미

※ 본 검사결과는 의뢰목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 당사와는 무관함을 알려드립니다.

8. 퇴비화 이론적 배경 및 초고온 호기성 거점처리시설 이화학적 분석

8.1 개요

- 현재 운영되고 있는 퇴비화 시설들은 유기성물질 발효과정 및 퇴비화 영향인자에 대한 이해 없이 운전되고 있으며, 또한 최종산물인 퇴비에 대한 정의가 애매하고 실제적인 운전 규격이 없음.
- 본 초고온 퇴비화 공법 적용에 있어 가축사체, 하수슬러지, 음식물쓰레기, 축산분뇨를 원료로 이용함으로써 각 유기성폐기물의 퇴비화 진행에 따른 pH, 온도, 수분, C/N비와 같은 반응 인자들을 도출하여 운전 변수를 확보하고자 하였음.
- 또한 각 유기폐기물의 퇴비화 진행에 따른 시료와 발효 종료된 퇴비의 중금속 및 유해(有害) 인자 분석을 통하여 퇴비의 발효 메커니즘(mechanism) 및 안전성을 검증하며, 초고온 퇴비화 기술의 정립과 data 확보를 목적으로 하였음.

8.2 퇴비화 이론적 배경

○ 유기성 폐기물의 생물학적 변환

- 호기성 미생물은 산소를 이용한 호흡대사(respiratory metabolism)를 통해 유기물을 분해하며 새로운 세포를 합성하고 에너지와 안정된 부식질을 생산하게 됨. 미생물에 의한 호기성 생물학적 변환을 다음 식(1)로 나타낼 수 있음.

$$\text{Oraganic matter} + O_2 + \text{Nutrients} \xrightarrow{\text{Microorganism}} \text{New cells} + \text{Resistant organic matter} + CO_2 + H_2O + NH_3 + SO_4^{2-} + \cdots + \text{Heat} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

- 혐기성 미생물은 발효대사(fermentative metabolism)를 통해 유기물을 분해하여 증식을 하고 최종적으로 이산화탄소와 메탄을 생산하며 초기 유기물을 보다 안정한 유기물로 변환시킨다. 그러나 발효공정은 호흡대사에 비해 저효율의 에너지공정으로 반응이 느리게 진행되어 호기성 미생물 보다 낮은 성장과 세포 합성률을 나타낸다. 미생물에 의한 혐기성 변환 과정을 식(2)와 같이 표현할 수 있음.

$$\text{Oraganic matter} + H_2O + \text{Nutrients} \xrightarrow{\text{Microorganism}} \text{New cells} + \text{Resistant organic matter} + CO_2 + CH_4 + NH_3 + H_2S + \cdots + \text{Heat} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

- 퇴비화란 생물학적 분해에 의한 유기물을 안정화하는 공정으로 생물학적 반응에 의한

발열을 수반하는 유기물의 분해와 숙성단계를 거쳐 최종적으로 안정한 산물을 생산하는 것으로 퇴비화는 일반적으로 산소의 존재 하에서 유기질을 분해하는 과정을 지칭함.

○ 퇴비화 기술

- 대표적인 퇴비화 기술에는 뒤집기식 퇴비단법과 통기식 정체 퇴비단법 그리고 용기식 퇴비화법이 있음. 뒤집기식 퇴비단법은 주기적인 뒤집기로 퇴비단에 산소를 공급하고 온도를 조절하는 가장 간단한 형태의 공정으로 퇴비화 기간이 길고 많은 악취를 유발하는 단점이 있음.
- 통기식 정체 퇴비단법은 퇴비화 물질을 별도의 교반 없이 정체시키고 통기관을 이용하여 산소를 공급하고 퇴비단의 온도를 조절하며 퇴비 필터를 이용하여 악취를 줄일 수 있으나 뒤집기식과 같이 상대적으로 퇴비화 기간이 김. 반면 용기식 퇴비화법은 퇴비화가 밀폐된 반응조에서 수행되는 것으로 반응조 내의 기계적 혼합이나 공기량, 온도, 수분 등의 환경적 조건을 조절하여 처리기간이 1~2주 정도로 짧으며 악취의 최소화가 가능하고 부지면적이 적게 소요되는 장점이 있으나 생산단가가 비싼 단점이 있음.
- 퇴비화 공정에서 미생물은 산소를 소모하여 유기물을 분해하고 이산화탄소, 수분, 열, 부식질을 생산한다. 최적의 조건에서 퇴비화는 중온단계와 고온단계를 거쳐 다시 중온단계에 이르며 최종적으로 숙성단계를 거치며 이때 각기 다른 미생물 군집들이 각각의 퇴비화 온도단계를 지배하게 됨.
- 중온단계에서는 중온균에 의해 분해하기 쉬운 당, 전분 같은 용해성 물질이 분해가 시작되고, 이때 발생된 열은 가파른 온도상승을 야기하게 되며 80℃ 이상의 온도로 상승되면 미생물 대사과정에서 발생되는 에너지의 축적은 퇴비 반응온도의 상승을 야기시키고 고온균이 활성화하는 고온단계에 이르게 됨.
- 이 단계에서는 단백질, 지방과 헤미셀룰로오스와 셀룰로오스 같은 비교적 난분해성 탄수화물의 분해가 이루어지는 것으로 알려져 있으며 상당기간의 고온단계가 지나면 퇴비단의 분해성 기질의 감소로 미생물의 분해도 둔화되어 온도는 점차적으로 낮아져 최종단계로 남아있는 유기물을 숙성하기 위해 중온균이 다시 출현하게 됨.

○ 초고온 호기성 거점처리시설 이화학적 분석결과

■ pH 변화

- 호기성 발효과정에서 pH는 CO_2 발생으로 H_2CO_3가 되어 낮아지고 NH_3 발생으로 NH_4OH가 되면 높아짐.
- pH증감의 변화는 유기산(有機酸)의 산화반응과 단백질 분해과정에서 암모니아성 질소 전환에 의하여 이루어진 것임.

- 이 경우 어느 정도 pH가 상승하면 암모니아 NH^{4+}가 암모니아가스 NH_3로 바뀌어 휘발하기 때문에 퇴비화에 방해가 될 정도로 pH가 상승하는 일은 없음.

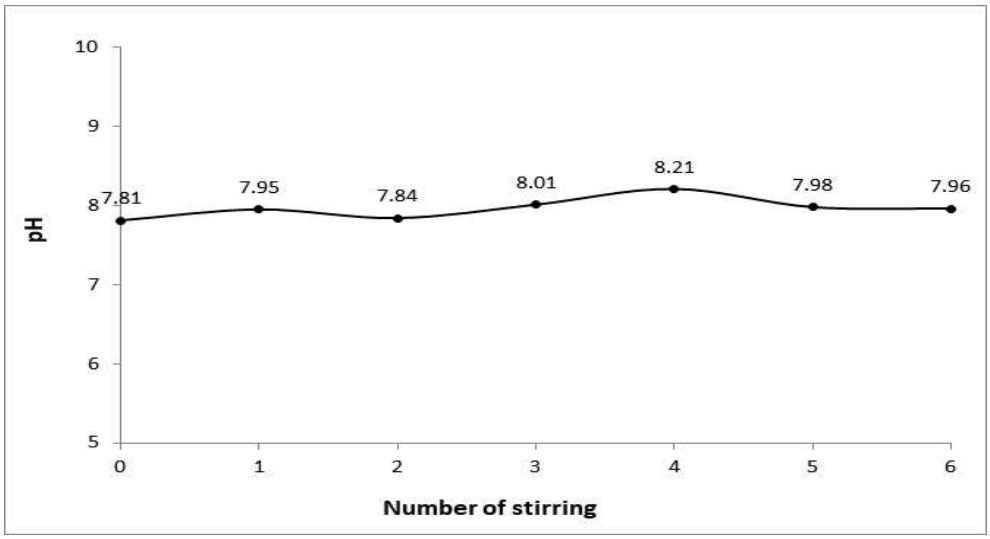


그림 66. pH 변화

■ 발효온도 변화

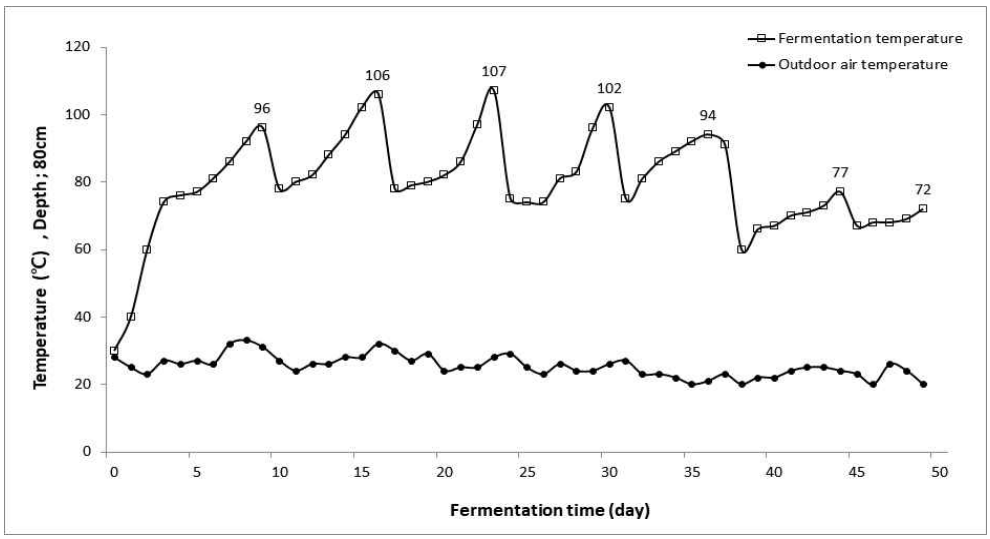


그림 67. 발효온도 변화

■ 이산화탄소(CO_2) 농도 변화

- 호기성 퇴비화 과정에서 퇴비층내 산소농도가 높을수록 반응속도가 빠르며 산소농도 측정 대신에 이산화탄소 농도를 측정하였음. (호기성 미생물은 에너지원으로 탄소를 산화하면 이때 O_2는 소모되고 대표적으로 CO_2가 생성됨)
- 초고온 발효가 시작되어 유기물 분해에 따라 CO_2농도가 급격하게 높아지나 발효후반으로 진행될수록 유기물이 적어짐에 따라 발생량이 줄어듦을 볼 수 있음.

- 대기 중 농도는 O_2 약 21% CO_2는 거의 0%, O_2 농도 21~10% 범위를 측정하는 것은 CO_2 농도 0~11%를 측정하는 것과 같음. 발효조에 공급되는 송기량을 조절하는 관점에서 한 단위 cycle의 발효 효율에 중요한 척도가 됨.

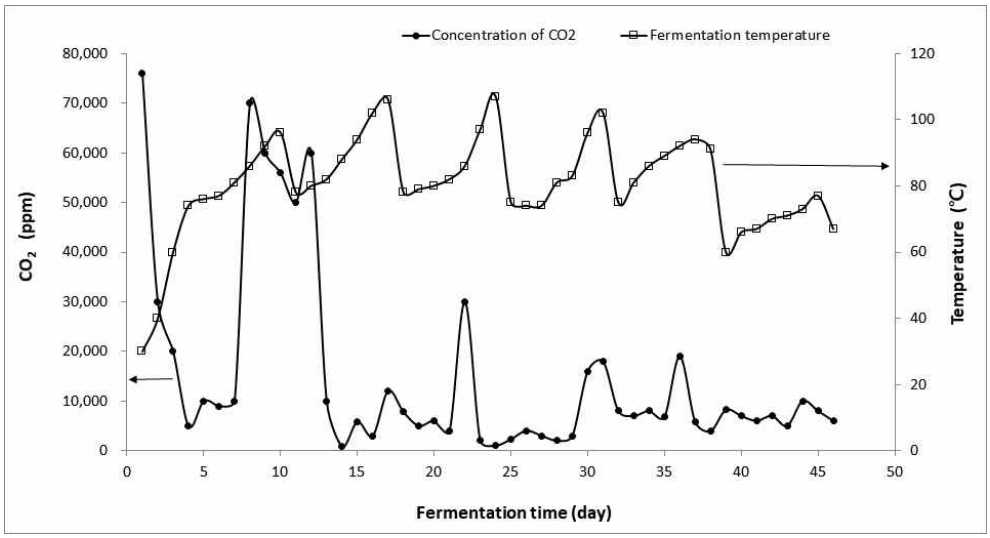


그림 68. 이산화탄소 농도 변화

■ 암모니아(NH_3) 농도 변화

- 단백질의 분해로 NH_3 가 생성되며 NH_3 농도가 적절하여 pH가 약알칼리성으로 유지되면 퇴비화 반응속도가 높아지지만 지나치면 반응속도를 저하 시킴.
- 그러나 pH가 높아지면 물에 녹아있던 NH^{4+}는 기체 암모니아 NH_3 가 되어 휘발하기 쉽기 때문에 암모니아의 발생으로 퇴비의 pH가 10이상으로 올라가는 일은 거의 없음.

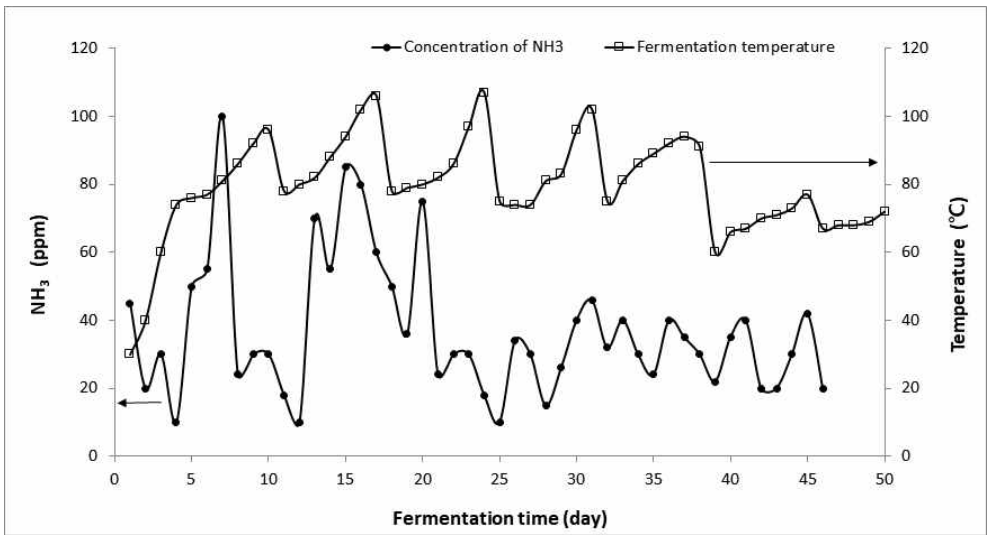


그림 69. 암모니아 농도 변화

■ 함수율 변화

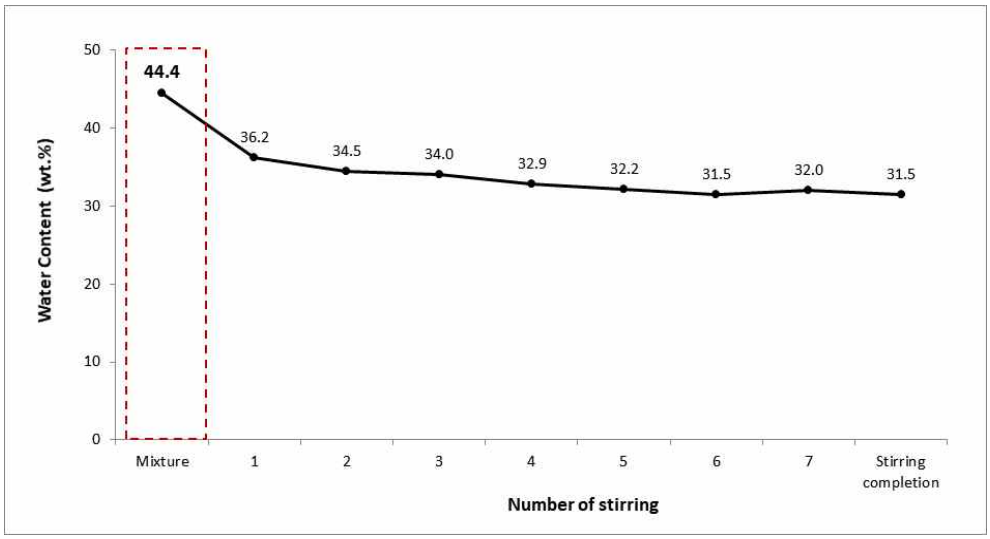


그림 70. 함수율 변화

■ 염분농도 변화

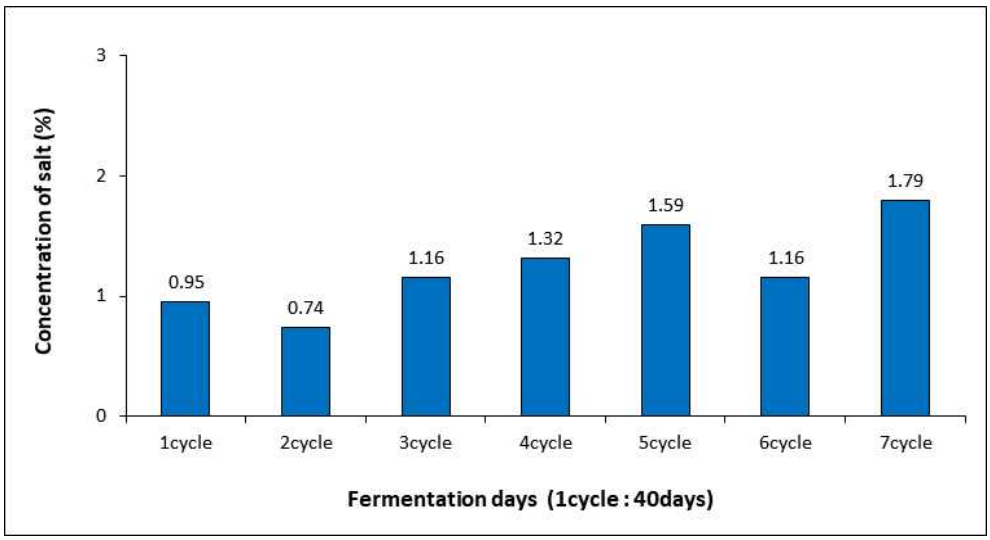


그림 71. 염분 농도 변화

■ 중금속 농도 변화 : 발효공정 6 cycle(270일간 연속 사용) 재생하여 사용한 경우

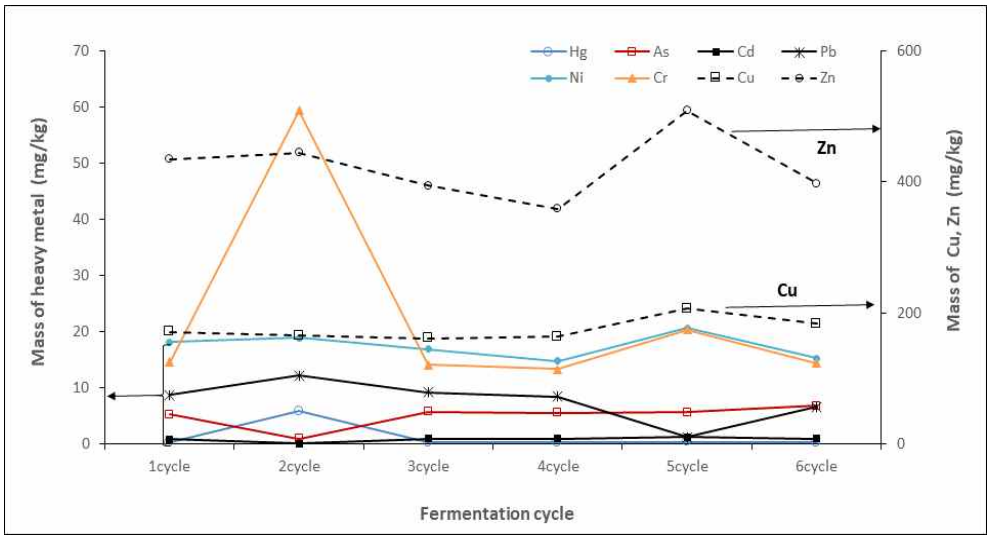


그림 72. 중금속 농도 변화

■ 월간 최대 발효온도 변화

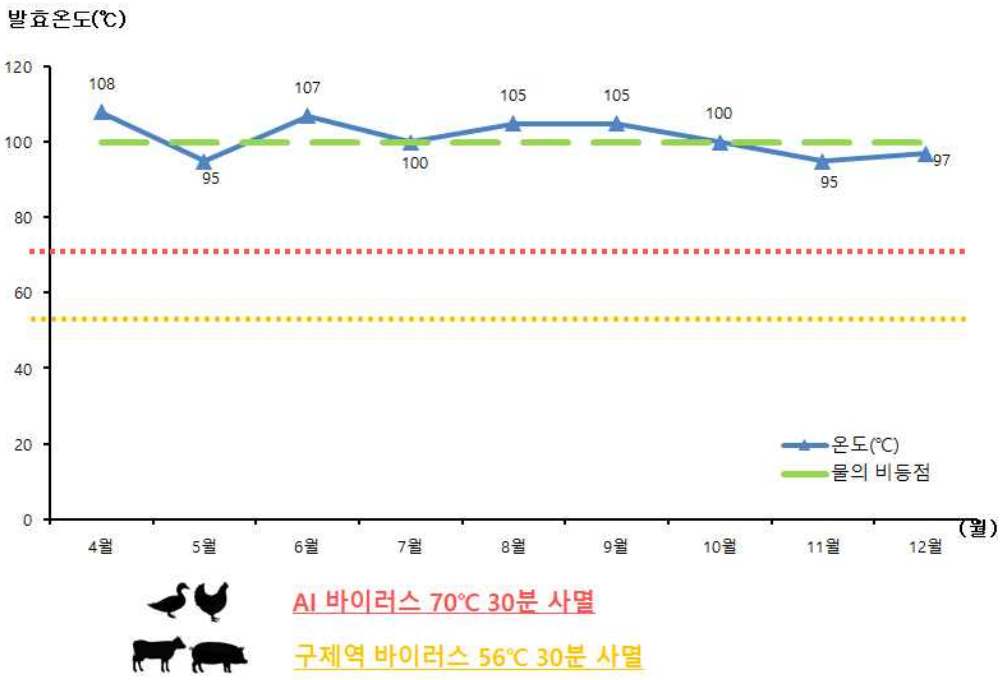


그림 73. 울릉군 음식물쓰레기 처리시설 월간 최대 발효온도

- 울릉군 음식물쓰레기 처리시설의 월간 최대 발효온도를 도시해본 결과, 계절 및 외부환경(온도) 변화와 관계없이 물이 끓는 비등점(100℃) 이상에서 발효가 진행됨.

■ C/N비 변화

항 목 / 물 질	C(%)	N(%)	C/N(%)
YM 배지	49.13	3.1	15.8
음식물쓰레기(참고)	16.85	2.4	7.02
가축사체처리 발효물	45.79	3.23	14.18

그림 74. C/N비 변화

- C/N비는 미생물 대사에 필요한 탄소와 질소의 이용 정도를 나타내는 질량비로 탄소는 미생물의 성장과 에너지 생산을 위해 이용되고 질소는 단백질 합성과 생식에 이용됨. 퇴비화 속도는 C/N비가 10~30에서 유기물 분해가 빠르고 7~10에서 유기물 분해속도가 최대가 됨.
- C/N비가 큰 원료라도 발효가 일어나 탄소분이 이산화탄소가 되어 휘발하면 C/N비가 작아지고, 반대로 C/N비가 낮은 원료를 퇴비화하면 암모니아가 발생하여 휘발하고 C/N비가 높아짐. 퇴비의 C/N비가 토양의 C/N비보다 높을 경우 섬유소를 주체로 한 탄소화합물을 부식화하는 과정에서 미생물은 토양중의 질소분을 고정하기 때문에 작물이 섭취할 수 있는 유효 질소 성분을 토양에 빼앗기게 됨. (비료규격 : 유기물대질소비 45이하)

■ 복합악취 및 지정악취 분석결과

- 일반적으로 가축분뇨처리시 발생되는 악취의 주성분은 황화수소(H2S)가 주된 오염물질이며, 암모니아(NH_3), 메틸메르캅탄(CH_3SH), 아민류, 지방산류, 방향족 질소산화물, 알데하이드, 케톤류, 페놀류, 방향족화합물 및 에스테르류 등이 함유되어 악취의 강도를 상승시킴.
- 아민류는 메틸아민, 에틸아민, 다이에틸아민, 트라이에틸아민 등이 있고 생선 비린내, 암모니아 및 썩는 냄새를 발생 · 방향족 질소화합물은 축사시설의 주요 악취원인으로 인돌, 스카돌이 있음.
- 황화합물은 아주 낮은 농도에서도 계란 썩는 냄새 등을 발생하고, 자극성이 심한 황화수소, 다이메틸설파이드 등이 발생.
- 방향족화합물 및 에스테르류는 다른 물질에 비해 상대적으로 최소감지 농도가 높고, 발생량이 적어서 축산시설에서 악취 유발 기여도가 낮은 편임.
- 돈사와 우사의 경우 일반적으로 황화수소, 메틸메르캅탄, 황화메틸, 이황화메틸, 암모니아, 저급지방산류 등이 발생함.
- 우리나라의 악취물질에 대한 법적 규제는 22종이지만 일본 자료에 의하면 돼지에서 발생되는 악취만 230종이 있는 것으로 분석됨.

- 축산에서 발생하는 악취는 축산구조(분뇨처리 또는 혼합형태물질 등), 사료 종류 등의 사육환경에 따라 복잡하고 기상조건(풍속, 풍향, 기후, 습도 등)에 따라 발생양상이 다름
- 초고온 발효시스템은 완전한 호기성 발효이므로 돼지 액상분뇨처리시 발생하는 악취성분은 주로 암모니아이며 황계열의 악취유발 요소는 검출되지 않았으며 매우 미미함.

◉시 료 채 취 및 측 정 방 법

시료 채취 사진

발효물 상단 표면

탈취기 배출구(30㎥/min)

악취시료 채취

◉시 험 분 석 결 과 서

접 수 번 호	SESI-2020-147	발 급 번 호	SESI-OA-TR-2020-147
의 뢰 기 관	신화건설(주)		
의 뢰 기 관 주 소	강원도 강릉시 남부로 62 (내곡동)		
대 표 자	윤수홍	의 뢰 자	진경제
시 료 채 취 일 자	2020년 07월 01일	시험완료일	2020년 07월 04일
시 료 채 취 장 소	강원도 강릉시 강변로 718 하수처리장		

시 험 결 과

시험항목	단위	측정지점	배출허용기준	
		탈효물 상단 표면	공업지역	기타지역
풍 향	-	북서		
풍 속	m/s	2.0		
복합악취	희석배수	208	해운구 1000 이하 주지점제 20 이하	500 이하 15 이하
암모니아	ppm	11.9	2 이하	1 이하
황화수소	ppm	0.01	0.06 이하	0.02 이하
메틸메르캅탄	ppm	불검출	0.004 이하	0.002 이하
다이메틸설파이드	ppm	0.01	0.05 이하	0.01 이하
다이메틸다이설파이드	ppm	불검출	0.03 이하	0.009 이하
트라이메틸아민	ppm	0.148	0.02 이하	0.005 이하
아세트알데하이드	ppm	0.17	0.1 이하	0.05 이하
프로피온알데하이드	ppm	0.00	0.1 이하	0.05 이하
뷰틸알데하이드	ppm	0.001	0.1 이하	0.029 이하
n-발레르알데하이드	ppm	불검출	0.02 이하	0.009 이하
i-발레르알데하이드	ppm	불검출	0.006 이하	0.003 이하
메틸에틸케톤	ppm	불검출	35 이하	13 이하
i-뷰틸알코올	ppm	0.0	4.0 이하	0.9 이하
메틸아이소뷰틸케톤	ppm	0	3 이하	1 이하
톨루엔	ppm	0	30 이하	10 이하
뷰틸아세테이트	ppm	0	4 이하	1 이하
자일렌	ppm	불검출	2 이하	1 이하
스타이렌	ppm	0.0	0.8 이하	0.4 이하
프로피온산	ppm	불검출	0.07 이하	0.03 이하
n-뷰틸산	ppm	불검출	0.002 이하	0.001 이하
n-발레르산	ppm	불검출	0.002 이하	0.0009 이하
i-발레르산	ppm	불검출	0.004 이하	0.001 이하

○ 모든 시험항목은 "악취공정시험방법(환경부고시 제 2019-17호)"에 준하여 분석하였음.
○ 악취농도 확인 및 효율성 진단용.
○ 본 시험성적서는 의뢰자의 요청에 의한 것으로 농도확인용 외 광고나 선전 및 법적분쟁의 수단으로 사용할 수 없습니다.

채취자 : 김 도 현
시험자 : 황 병 주

분석책임자 : 곽 넌 호 (곽넌호)

2020 년 07 월 10 일

(재) 서 해 환 경 과 학 연 구 소 장

◉시 험 분 석 결 과 서

접 수 번 호	SESI-2020-147	발 급 번 호	SESI-OA-TR-2020-147
의 뢰 기 관	신화건설(주)		
의 뢰 기 관 주 소	강원도 강릉시 남부로 62 (내곡동)		
대 표 자	윤수홍	의 뢰 자	전경재
시 료 채 취 일 자	2020년 07월 01일	시험완료일	2020년 07월 04일
시 료 채 취 장 소	강원도 강릉시 경번로 718 하수처리장		

시 험 결 과

시험항목	단위	측정지점	배출허용기준	
		탈취기 배출구(30㎥/min)	공업지역	기타지역
풍 향	-	북서		
풍 속	m/s	2.0		
복합악취	희석배수	30	배출구 1000 이하 / 부지경계 20 이하	500 이하 / 15 이하
암모니아	ppm	7.8	2 이하	1 이하
황화수소	ppm	불검출	0.06 이하	0.02 이하
메틸메르캅탄	ppm	0.003	0.004 이하	0.002 이하
다이메틸설파이드	ppm	0.03	0.05 이하	0.01 이하
다이메틸다이설파이드	ppm	0.114	0.03 이하	0.009 이하
트라이메틸아민	ppm	0.007	0.02 이하	0.005 이하
아세트알데하이드	ppm	0.21	0.1 이하	0.05 이하
프로피온알데하이드	ppm	0.00	0.1 이하	0.05 이하
뷰틸알데하이드	ppm	0.002	0.1 이하	0.029 이하
n-발레르알데하이드	ppm	불검출	0.02 이하	0.009 이하
i-발레르알데하이드	ppm	불검출	0.006 이하	0.003 이하
메틸에틸케톤	ppm	0	35 이하	13 이하
i-뷰틸알코올	ppm	불검출	4.0 이하	0.9 이하
메틸아이소뷰틸케톤	ppm	불검출	3 이하	1 이하
톨루엔	ppm	0	30 이하	10 이하
뷰틸아세테이트	ppm	불검출	4 이하	1 이하
자일렌	ppm	0	2 이하	1 이하
스타이렌	ppm	불검출	0.8 이하	0.4 이하
프로피온산	ppm	불검출	0.07 이하	0.03 이하
n-뷰틸산	ppm	불검출	0.002 이하	0.001 이하
n-발레르산	ppm	불검출	0.002 이하	0.0009 이하
i-발레르산	ppm	불검출	0.004 이하	0.001 이하

○ 모든 시험항목은 "악취공정시험방법(환경부고시 제 2019-17호)"에 준하여 분석하였음.
○ 악취농도 확인 및 효율성 진단용.
○ 본 시험성적서는 의뢰자의 요청에 의한 것으로 농도확인용 외 광고나 선전 및 법적분쟁의 수단으로 사용할 수 없습니다.

제취자 : 김 도 현
시험자 : 황 병 주

분석책임자 : 곽 년 호 (서명)

2020 년 07 월 10 일

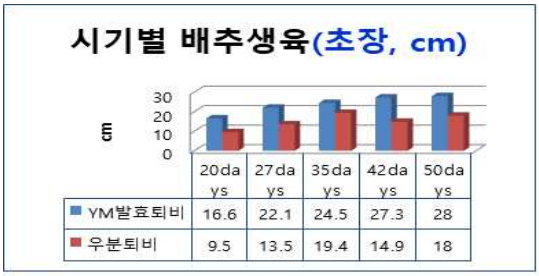
(재) 서 해 환 경 과 학 연 구 소 장

9. 초고온 발효 최종발효물 기능성 퇴비(비료) 및 안정성 실험결과

9.1 배추뿌리혹병 방재효과 실험 : 기능성 퇴비로 활용 가능함

- 고랭지 배추 근류병(Clubroot) 방재효과 실험결과 : 배추 뿌리혹병 방재효과가 초고온 호기성 발효퇴비가 탁월하였으며, 생육상태도 월등하게 우월하게 나타났음.
- 현재 배추재배방법은 농약이 다량 사용되고 있으나, 향후 초고온 호기성 발효에 의한 퇴비의 방재효과가 규명되면 농약을 사용하지 않고 농작물 질병을 퇴치하는 획기적인 친환경 재배가 될 것임.

그림 75. YM 초고온 비료 및 기존비료에 의한 근류병 제거 비교 실험



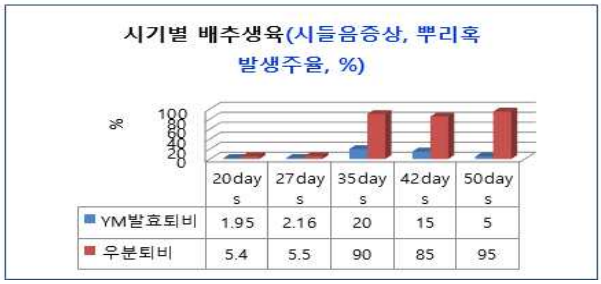


그림 76. YM 비료 및 현재 비료로 기른 배추생육상태 비교

❖ YM 비료(배추뿌리혹병 약 5%이내 발생)

❖ 현재 사용 비료(배추뿌리혹병 95%이상 발생)

그림 77. YM 비료 배추뿌리혹병 방제효과

9.2 최종발효물(퇴비) 환경생태독성 실험결과

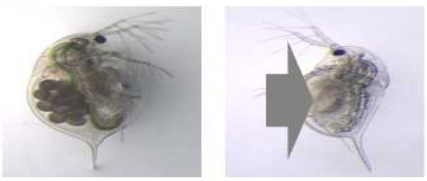
○ Daphnia pulex(물벼룩)을 이용한 생태독성 실험

○ 실험내용

- 일반 유기질비료와 화학비료에 비해 초고온 발효퇴비(비료)의 생태독성을 비교 분석할 필요성이 있으며, 이에 생태독성평가 모델생물종인 물벼룩(Daphnia pulex)을 이용하여 유기성 폐기물 유래 자원 3종에 대한 생태독성을 평가 및 비교하였음. 시험법은 'OECD Test Guideline 202 (Daphnia sp., Acute Immobilisation Test)' 에 기초하였으며, 시험용액을 농도별로 48시간 노출 후, 각 비커에서 몇 마리의 물벼룩이 사멸했는지를 관찰하고 치사율, 평균 치사율과 표준오차를 계산하였음.

❖ **생태독성 연구 방법**

- 'OECD Test Guideline 202'에 기초한 급성독성을 확인한다.
- 시료가 대부분 펠릿 형태이고 배지 내 균일하게 용해되지 못하므로, 48시간 동안 배지에 방치한 후 성분이 녹아 든 상청액을 여과하여 사용하였다.



<시험에 사용된 *Daphnia pulex* (좌; 성체, 우; 유체)>

① 농축용액 준비
- 100g 시료/ 1L배지를 잘 혼합
- 혼합액을 48시간 방치
- 48시간 후 상청액을 1.2um 공극 크기의 여과지로 여과

② 시험개체 준비
- 배양
- 생후 24시간 미만의 어린 개체
- 2시간 동안 예비순응

③ 시험용액 노출 및 독성 관찰
- 농축용액의 단계별 희석
- 10%, 1% 희석용액 제조
- 최종 노출시험용액 10%, 1%, 0.1%제조
- 10마리/100mL 시험용액
- 48시간 후, 치사율 관찰

그림 78. Daphnia pulex에 의한 생태독성 실험방법

<시험에 사용된 화학비료 및 유기질 비료>

<시험에 사용된 샘플 4종>

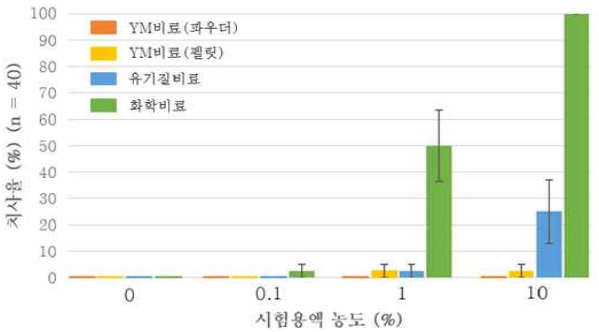
그림 79. 실험에 사용된 초고온 발효 퇴비 및 시중 판매 화학비료와 유기질비료

○ 실험결과

- 초고온 발효비료의 깨끗한 M4배지 치사율은 0.0±0.0%로 OECD guideline에서 제시하는 대조군의 범위(치사율 또는 유영저해율 10% 이하)를 만족시켰음.

  · 평가에 사용된 시험용액 농도 내에서 유기질비료와 화학비료는 농도가 높아짐에 따라 치사율이 증가하였음.

  · 급성독성은 화학비료 > 유기질비료 > YM비료(펠릿) > YM비료(파우더) 순으로 높았으며, 화학비료는 0.1% 시험용액에서 유일하게 사멸한 개체가 관찰되었고 10% 시험용액에서는 100±0.0%의 치사율을 보였음.



농도/대상물질	YM비료(파우더)	YM비료(펠릿)	유기질비료	화학비료
0(대조군)	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
0.1%	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	2.5±2.5
1%	0.0±0.0	2.5±2.5	2.5±2.5	50.0±13.5*
10%	0.0±0.0	2.5±2.5	25±11.9	100.0±0.0*

* : 대조군과 통계적으로 유의미한 차이가 있음(p-value < 0.05).

- OECD Test Guideline 202 (Daphnia sp., Acute Immobilisation Test)'에 기초하여 물벼룩에 대한 **유기성 폐기물 유래자원 3종 (YM 비료, 유기질비료, 화학비료)의 급성독성 확인 및 비교**하였다.
- 시험 결과, 급성독성은 **화학비료 > 유기질비료 > YM비료(펠릿) > YM비료(최종발효물)** 순으로 높았다.
- 화학비료는 0.1% 시험용액에서 유일하게 사멸한 개체가 관찰되었고 10% 시험용액에서는 100±0.0%의 치사율을 보였다. YM비료에서는 미미한 영향이 확인되었다.

그림 80. 물벼룩에 의한 환경생태독성 실험결과

9.3 최종발효물(퇴비) 비료피해(비해) 실험결과

○ 시험개요

- 시험기준 : 농촌진흥청 고시 제2019-32호(2019. 11. 28.) “비료의 품질검사방법 및 시료채취 기준”
- 시험장소 : 강원도 춘천시 강원대학길 1 친환경농업연구센터 온실(시설재배)
- 시험작물 : 고추(신와매워), 당근(신흑전5촌), 들깨(참다복), 오이(호동청장), 시금치(수시로)
- 처리내용

퇴비	농자재 사용량(kg/10a)				
	고추	당근	들깨	오이	시금치
무처리	-				
기준량	300kg/10a				
배량	600kg/10a				

- 시험구 배치 및 규모 : 처리구 당 5포트(1포트 1주) × 3반복(임의배치법)

○ 시험방법

- 포트(규격 : 지름 100mm, 높이 90mm) 당 유식물(고추, 당근, 들깨, 오이, 시금치) 1주 정식, 제품당 사용량(기준량: 300kg/10a, 배량: 600kg/10a)에 따라 정식 14일전혼화처리 함.
- 비해 조사는 시험물질 처리일로부터 21일간(7일, 14일, 21일) 총 3회에 걸쳐 외관상 비해 유무를 달관조사 함.
- 달관조사 기준(무처리구와 기준량 및 배량 비교 시)

  0 : 육안으로 볼 때 생육에 영향이 없고 피해가 보이지 않음.
  1 : 육안으로 볼 때 경미한 반점, 엽의 변색 등의 느낌이 있음.
  2 : 육안으로 볼 때 다소의 반점, 엽의 변색, 엽소 등의 증상이 있음,
  다소(5～10% 정도)의 생육억제 또는 다소(5～10% 정도)의 발아(입모) 저조.
  3 : 육안으로 볼 때 상당 부분(50% 정도)에 반점, 엽의 변색, 엽소 등의 증상이
  있음, 뚜렷한(10～20% 정도) 생육억제 또는 뚜렷한(10～20%) 발아(입모) 저조.
  4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음.
  5 : 심한 피해를 받고 고사상태임.

○ 시험결과

- 비해 시험기간 동안 5작물(고추, 당근, 들깨, 오이, 시금치)의 피해는 발견되지 않았으며, 무처리구와 기준량 및 배량을 비교하여도 비해로 판단될 만한 특이한 증상은 없었음.
- 전 시험시간을 통하여 “신화건설(주) 퇴비”의 처리에 의한 작물의 비해 등은 달관 조사결과 발생하지 않았음.

표 11. 처리 후 5작목(고추, 당근, 들깨, 오이, 시금치) 비해 조사 결과

작물명	퇴비	비해(0~5)			비해 증상
		7일(07/09)	14일(07/16)	21일(07/23)	
고 추	무처리	-	-	-	-
	기준량	0	0	0	없음
	배 량	0	0	0	없음
당 근	무처리	-	-	-	-
	기준량	0	0	0	없음
	배 량	0	0	0	없음
들 깨	무처리				
	기준량	0	0	0	없음
	배 량	0	0	0	없음
오 이	무처리	-	-	-	-
	기준량	0	0	0	없음
	배 량	0	0	0	없음
시금치	무처리	-	-	-	-
	기준량	0	0	0	없음
	배 량	0	0	0	없음

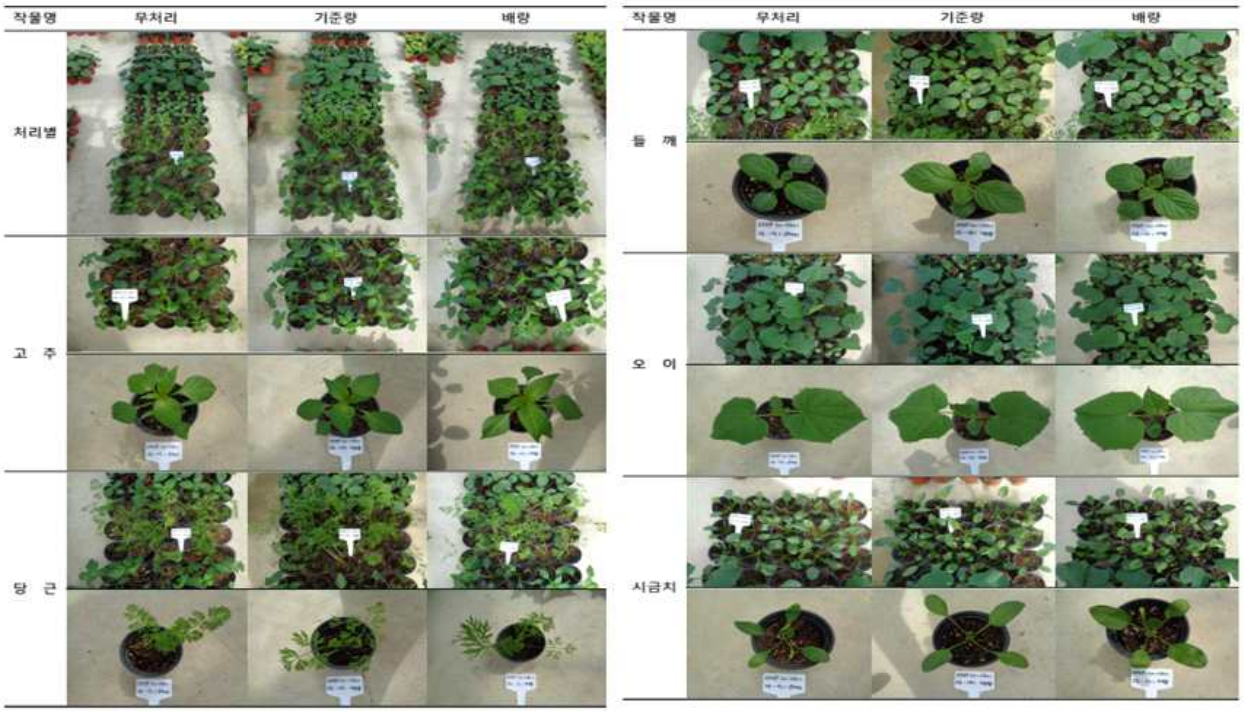


그림 81. 처리 후 5작목(고추, 당근, 들깨, 오이, 시금치) 생육상태

9.4 최종발효물(퇴비) 작물재배 실험결과

○ 처리 전・후에 의한 토양의 화학적 특성 변화 규명

- 비료 처리에 의한 토양의 화학적 특성 변화 규명을 알아보고자 재배 전 토양과 재배 후 토양을 채취하여 토양화학분석법(농촌진흥청) 및 토양오염공정시험법(환경부) 등 관련 기관에서 요구하는 분석방법에 준하여 실시한다. 시험물질 처리 전 및 시험작물 수확 후에 토양의 이화학성을 분석한다. 이때, 집구별 3지점 이상의 토양을 채취하여 혼합한 후 음건하여 분석용 시료로 사용한다.

○ 시험규모 및 시험구 배치

- 시험규모: 일반적으로 시험구 면적은 1개 시험구 당 20~50㎡로 하며(가로와 세로 비율은 2~5대 1로 구획), 과수와 같이 작물이 큰 경우는 수령에 따라 1~5주를 기준하여 시험구 면적을 정한다.

○ 실험결과

- 초고온 발효 퇴비 시비 토양 분석에서 pH는 시험 전・후 토양에서의 변화는 크지 않았으며, EC는 처리전과 비슷하거나 약간 증가하는 경향을 나타냈다. 또한 나머지 분석항목들도 적정수준을 크게 벗어나지 않았으며, 처리 전・후에 토양에서의 화학적 변화는 크게 나타나지 않았다. 토양 분석결과 퇴비비료 처리에 의한 토양의 화학적 변화는 크지 않은 것으로 판단된다.
- 퇴비비료 시비 처리에 의한 본 시험 결과 상추의 생육특성인 엽장, 엽폭, 낱중, 엽수에서 무처리구 보다 비료의 처리시 우수한 생육을 나타내었다. 대조구, 기준구 및 배량처리구가 무처리구 보다 통계적으로 효과가 있는 것으로 조사되었다.
- 시험작물인 상추의 수확량(엽생체중)에 있어서도 퇴비비료 기준량 및 배량 처리구가 무처리구에 비하여 수확량이 증가되는 결과를 보였다.
- 퇴비비료의 시비에 의한 시험작물 상추 작물의 비해 유・무를 조사한 결과 처리 후 7, 14, 21일의 기준량 및 배량 처리구에서 비해는 관찰할 수 없었다.

표 12. 실험작물(2작물) 시비전후 화학적 토양변화 분석 : 토양의 화학적 변화 없음

(상추) 분석항목	단 위	시험토양(미사질양토)			
		무처리구	기준량	배량	대조구
pH(1:5)	-	6.50	6.48	6.58	6.53
EC(1:5)(전기전도도)	dS/m	0.90	1.19	1.10	0.95
OM(유기물)	g/kg	25.56	30.58	30.20	35.01
P_2O_5	mg/kg	685	711	694	715
K	cmol(+)/kg	0.75	0.80	0.0	0.59
Ca	cmol(+)/kg	6.45	7.23	7.45	7.70
Mg	cmol(+)/kg	1.65	1.45	1.68	1.55
CEC(양이온교환용량)	cmol(+)/kg	12.90	14.30	13.55	14.10
T-N	%	0.10	0.12	0.12	0.13

(배추) 분석항목	단 위	시험토양(미사질양토)			
		무처리구	기준량	배량구	대조구
pH(1:5)	-	6.55	6.65	6.63	6.59
EC(1:5)(전기전도도)	dS/m	0.90	0.76	0.85	1.05
OM(유기물)	g/kg	22.85	25.58	23.25	24.58
P_2O_5	mg/kg	289	269	278	323
K	cmol(+)/kg	0.89	1.02	0.89	1.02
Ca	cmol(+)/kg	8.11	8.95	8.36	6.12
Mg	cmol(+)/kg	1.84	2.01	1.89	1.73
CEC(양이온교환용량)	cmol(+)/kg	13.45	13.98	14.02	13.98
T-N	%	0.11	0.11	0.10	0.13

표 13. 실험작물(2작물) 비료효과 검증을 위한 작물재배 실험 : 초고온 발효퇴비 생육상태 우월

❖ **상추**

처리구	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	낱중 (g/plant)	엽수 (No./plant)	엽록소 (SPAD)	비해 (0-5)=
무처리구	9.2 a	10.6 a	3.2 a	7.0 a	25.2 a	-
대조구	9.5 ab	11.6 b	3.5 b	7.4 b	25.6 a	0
기준량	9.7 ab	12.1 c	3.6 b	7.5 bc	25.7 a	0
배량	10.0 b	12.6 d	4.2 c	7.8 c	25.9 a	0

❖ **배추**

처리구	생체중 (kg/plant)	둘레 (cm)	엽수 (No./plant)	엽록소 (SPAD)	비해 (0-5)=
무처리구	3.62 a	67.70 a	68.9 a	22.5 a	-
기준량 처리구	3.82 ab	68.80 a	69.5 a	22.7 a	0
배량 처리구	3.93 b	69.70 a	71.9 b	23.5 b	0
대조구	3.84 ab	68.50 a	69.9 a	22.5 a	0

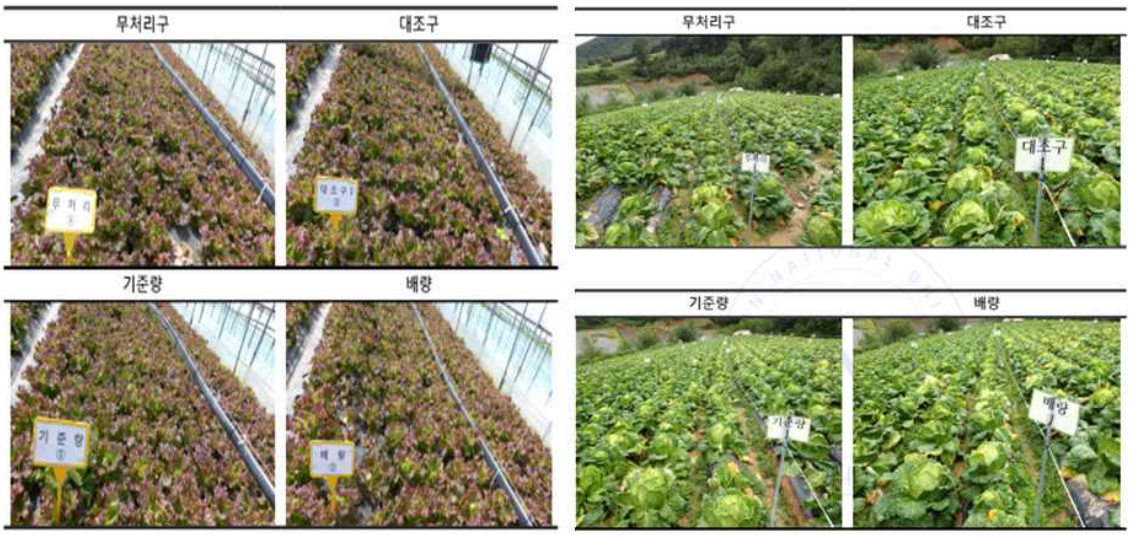


그림 82. 실험작물(상추, 배추) 비료효과 생육상태

제3절. 초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상분뇨처리에서의 병원체 사멸 평가

<위탁연구기관 - 건국대학교>

1. 기준 병원체 선별

1.1 AI와 구제역 사멸을 확인할 수 있는 시스템 확보

- AI 사멸을 확인하기 위해 저병원성 AI (H9N2)를 사용하여 실험 진행하였음.
- 구제역 사멸을 확인하기 위하여 같은 picornaviridae에 속하는 A형 간염 바이러스(HAV)의 약독화 백신주(HM-175)를 surrogate로 사용하여 실험을 진행하였음.

1.2 AI와 구제역 외에 국내 법정 병원체 중 기준 병원체 선정 및 사멸 확인

- AI와 HAV 외 바이러스 2종(Canine corona virus, Canine Adenovirus), 세균 1종(Clostridium, Mycobacterium, Salmonella, E.coli, Bacillus), 진균 1종 (Tricophyton)을 surrogate로 사용하여 실험을 진행함.

표 14. 법정 병원체 적용 가능한 Surrogate 병원체 선정

분류	질병명	병원체명	선발된 surrogate
제1군감염병	장티푸스	salmonella typhi	Salmonella Typhimurium
	파라티푸스	salmonella paratyphi	
	장출혈성대장균감염증	Escherichia coli	E.coli
	A형간염	hepatitis A virus (picornaviridae)	Hepatitis A virus
제2군감염병	폴리오	Poliovirus(picornaviridae)	
	파상풍	Clostridium tetani	Clostridium perfringens
제3군감염병	결핵	Mycobacterium tuberculosis	Mycobacterium
	한센병	Mycobacterium leprae	
	탄저	Bacillus anthracis	Bacillus subtilis
	인플루엔자	Influenza virus(Orthomyxoviridae)	Avian Influenza
제4군감염병	동물인플루엔자인체감염증	Avian Influenza A virus(Orthomyxoviridae)	
	신종인플루엔자	Influenza A virus(Orthomyxoviridae)	
	보툴리눔독소증	Clostridium botulinum	Clostridium perfringens
	중증급성호흡기증후군	SARS coronavirus(coronaviridae)	Corona
	신종감염병증후군	X	
	중동호흡기증후군	Middle East respiratory syndrome-related coronavirus(Coronaviridae)	

2. 돼지 액상분뇨처리에서의 병원체 사멸 평가

2.1 실험 방법

- 선정한 병원체 10종을 돼지 액상분뇨 주입하기 위해 그림 . 과 같은 모식도로 실험을 진행함.
- 병원체를 돼지 액상분뇨와 혼합 이후, 초고온 배지에 의해 처리 되었을 때 병원체 샘플을 유의미하게 수거하기 위하여 병원체 배양 후 젤라틴과 혼합하였음. 병원체-젤라틴 혼합액을 필터소재에 주입하고 굳혀서 병원체를 캡슐 형태로 제작함.
- 총 10가지의 병원체를 같은 방식으로 병원체 캡슐을 제작 후 철망을 이용하여 돼지 액상분뇨와 혼합하여 초고온 미생물의 작용이 이루어지도록 실험을 진행함.

그림 83. 젤라틴 및 필터소재를 이용한 돼지 액상분뇨 내의 병원체 사멸 평가 모식도

- 샘플 수거 후 병원체 분석을 위해 그림 와 같이 PBS에 수거된 필터를 풀어준 후 세균과 바이러스의 유전체를 분리함.

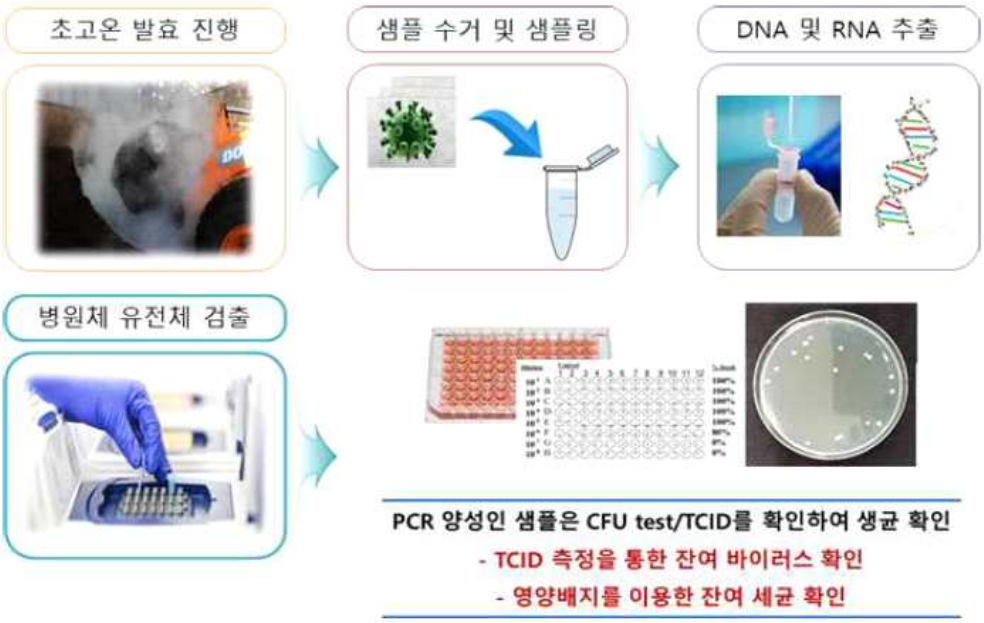


그림 84. 돼지 액상분뇨 초고온 발효처리 후 병원체 분석 모식도

- 바이러스 및 세균 샘플은 Patho Gene-spin DNA/RNA Extraction Kit (Intron)를 이용하여 핵산을 추출함. 세균의 경우 그람 양성균의 DNA까지 추출하기 위해 lysozyme을 이용하여 세균의 세포벽을 깨뜨리는 과정을 추가함. 세균의 경우 샘플 300ul에 Lysozyme을 0.5mg/ml이 되도록 첨가 한 후, 37℃에서 30분 반응을 시켜 세포벽을 깨뜨림. Lysis buffer 600ul 첨가 후 상온에서 5분 반응시킨 후 3000rpm에 15분 원심분리 진행하여 cell debri를 가라앉히고 DNA가 있는 상층액만 취함. 상층액에 binding buffer 300ul 첨가 후 column으로 옮겨 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행함. 분리된 용액을 버린 후 washing buffer A 500ul을 넣어 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행함. 분리된 용액을 버린 후 washing buffer B 500ul을 넣어 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행함. 분리된 용액을 버린 후 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행함. column을 새로운 튜브로 옮긴 후 Distilled Water (DW)을 50ul을 넣어 DNA을 추출함.
- 바이러스의 경우 샘플에 150ul에 Lysis buffer 300ul을 넣은 후 10분간 반응시킴. binding buffer 300ul 첨가 후 column으로 옮겨 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행함. 분리된 용액을 버린 후 washing buffer A 500ul을 넣어 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행함. 분리된 용액을 버린 후 washing buffer B 500ul을 넣어 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행함. 분리된 용액을 버린 후 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행함. column을 새로운 튜브로 옮긴 후 RNase Free Water(RFW)을 50ul을 넣어 RNA을 추출함.

- 추출된 세균 및 바이러스 유전체를 이용하여 각각 PCR을 진행 후 양성이 나오는 샘플은 생균을 확인함.

2.2 1차 실험 - 1차 매몰 실험

- 1차 액상 분뇨 초고온 발효 실험 후 PCR 검사법을 시행한 결과 10종의 병원체 샘플 중 1일차에서 총 5종의 (바이러스 1종, 세균 4종) 병원체 유전체가 검출되었음. 유전체가 검출된 병원체는 Salmonella Typhimurium, Escherichia coli, Bacillus subtilis, Mycobacterium smegmatis, Canine Adenovirus 이며, 이들의 유전체는 DNA로 구성되어 있음. 2일차 및 3일차에는 총 3종의 (세균 3종) 병원체 유전자가 검출되었음. Salmonella Typhimurium, Escherichia coli, Mycobacterium smegmatis의 DNA가 검출되었음.
- Avian influenza A, Canine coronavirus, Hepatitis A virus와 같은 RNA를 주 유전체로 보유하고 있는 바이러스의 경우 PCR 결과에서 모두 유전자가 검출되지 않았음. 초고온 미생물에 의하여 발효과정 중 고온이 유지되어 병원체가 생존하기 어려운 환경임에도 불구하고 유전체가 검출되었으나, 100도 이상의 조건에서도 분해되지 않는 DNA의 특성상 CFU test 및 $TCID_{50}$를 통하여 병원체의 활성을 확인하는 추가적인 검사과정이 필요함.
- 위의 문제점을 해결하기 위하여 CFU test를 시행하여 생균수를 확인하였음. 1일차 샘플을 제외한 샘플에서는 생균이 검출되지 않았음. 1일차 샘플에서는 Salmonella Typhimurium, Bacillus subtilis, Mycobacterium smegmatis의 생균이 각각 3×10^3 , 4×10^2 , 4×10^2 CFU/ml로 검출되었음. 또한 바이러스의 경우 DNA virus인 Adeno virus의 활성 여부를 확인하기 위해 $TCID_{50}$ 실시함. PCR 검사법에서 검출된 1일차 샘플에서 MDCK 세포주 감염이 확인되지 않았음.
- 초고온 미생물을 이용한 액상 분뇨 처리 실험을 진행한 결과, 1일차에서 3종의 세균의 DNA는 검출되었으며, CFU test를 실시하였을 때 10^2 ~10^4 CFU/ml의 생균이 검출되었음. 그러나 2일 이후에는 생균이 검출되지 않았으므로 2일 이후에 모든 병원체를 사멸할 수 있을 것으로 사료됨. CFU test 통하여 PCR 검사에서 검출된 유전체는 활성을 잃은 사멸한 병원체로부터 검출된 것으로 추정됨. $TCID_{50}$의 결과 PCR 검사에서 검출된 Canine Adenovirus 유전체는 활성을 잃은 바이러스부터 검출된 것으로 추정됨.
- 이와 같은 실험 결과를 종합하였을 때, 초고온 미생물 배지를 이용한 액상분뇨 과정에서 나오는 고온과 발효과정을 통해 병원체를 충분히 사멸시키며 유전체까지 분해됨을 확인하였음.

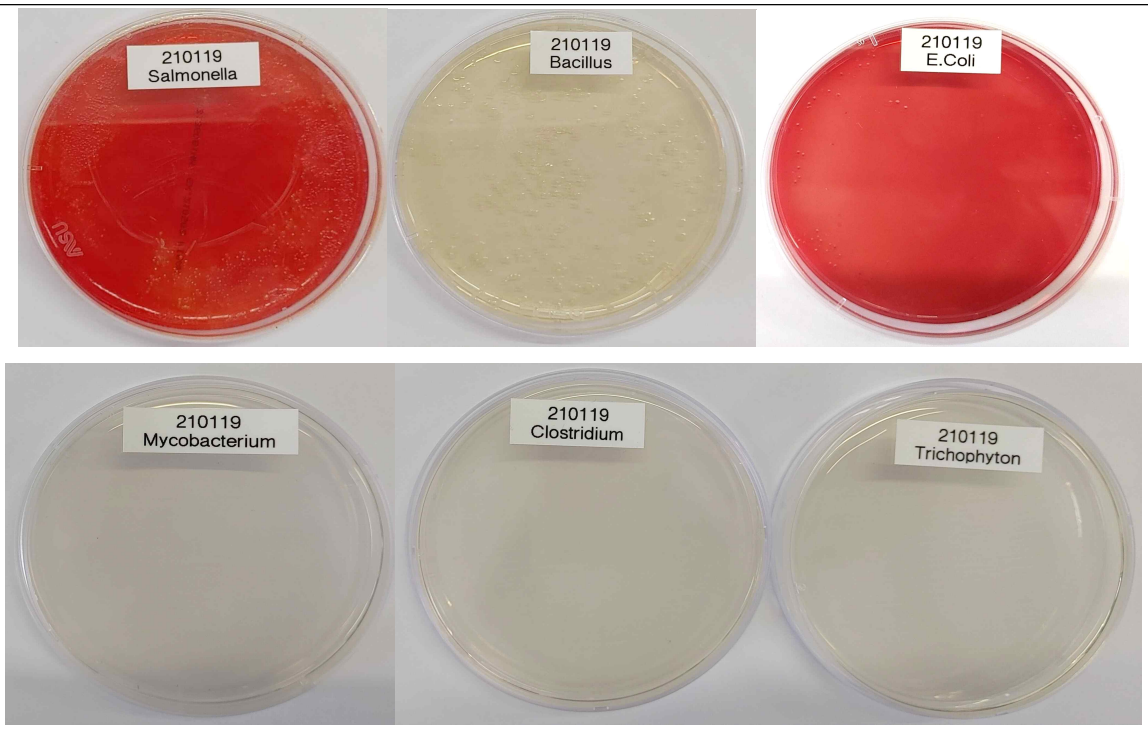


그림 85. PCR 양성 샘플 원액 CFU test 결과

표 15. 액상분뇨 초고온 발효 처리 후 병원체 분석 - 1차 매몰 실험

분류	병원체	PCR analysis					CFU test /$TCID_{50}$		
		1일	2일	3일	5일	7일	1일	2일	3일
Bacteria	Salmonella Typhimurium	3/3	1/3	1/3	0/3	0/3	3×10^3	No growth	No growth
	E.coli	1/3	1/3	1/3	0/3	0/3	No growth	No growth	No growth
	Bacillus subtilis	3/3	0/3	0/3	0/3	0/3	4×10^2	-	-
	Clostridium perfringens	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	-	-	-
	Mycobacterium smegmatis	2/3	1/3	1/3	0/3	0/3	4×10^2	No growth	No growth
Fungi	Trichophyton mentagrophytes	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	-	-	-
Virus	Avian Influenza A	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	-	-	-
	Canine corona virus	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	-	-	-
	Hepatitis A virus	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	-	-	-
	Canine Adenovirus	1/3	0/3	0/3	0/3	0/3	ND[1]	-	-

[1] MDCK 세포주에 감염되지 않았음.

2.3 2차 실험 - 2차 매몰 실험

- 2차 액상 분뇨 초고온 발효 실험 후 PCR 검사법을 시행한 결과 1일차에서 총 5종의 (바이러스 1종, 세균 4종) 병원체 유전체가 검출되었음. 유전체가 검출된 병원체는 1차 액상 분뇨 초고온 발효 실험 결과와 동일한 Salmonella Typhimurium, Escherichia coli, Bacillus subtilis, Mycobacterium smegmatis, Canine Adenovirus 이며, 이들의 유전체는 DNA로 구성되어 있음. 2일차에서는 총 3종의 (세균 3종) 병원체 유전체가 검출되었음. Salmonella Typhimurium, Escherichia coli, Mycobacterium smegmatis의 DNA가 검출되었음. 3일차에는 총 2종의 (세균 2종) 병원체의 유전체가 검출되었음. Salmonella Typhimurium, Escherichia coli의 DNA가 검출되었음.
- Avian influenza A, Canine coronavirus, Hepatitis A virus와 같은 RNA를 주 유전체로 보유하고 있는 바이러스의 경우 PCR 결과에서 모두 유전자가 검출되지 않았음. 생균 및 활성이 있는 바이러스의 존재를 확인하기 위하여 CFU test 및 $TCID_{50}$를 진행함.
- CFU test를 시행하여 생균수를 확인하였음. 1일차 샘플을 제외한 샘플에서는 생균이 검출되지 않았음. 1일차 샘플에서는 Salmonella Typhimurium, Escherichia coli, Bacillus subtilis, Mycobacterium smegmatis의 생균이 각각 2.7×10^3 , 3×10^2 , 5×10^2 , 4×10^2 CFU/ml로 검출되었음. 또한 바이러스의 경우 DNA virus인 Adeno virus의 활성 여부를 확인하기 위해 $TCID_{50}$ 실시함. PCR 검사법에서 검출된 1일차 샘플에서 MDCK 세포주 감염이 확인되지 않았음.
- 매몰 공법으로 액상 분뇨 처리 실험을 진행한 결과, 1일차에서 3종의 세균의 DNA가 검출되었으며, CFU test를 실시하였을 때 10^2 ~10^4 CFU/ml의 생균이 검출되었음. 그러나 2일 이후 PCR 분석 결과 2종의 세균으로부터 DNA가 검출되었으나, 생균이 검출되지 않았으므로 2일 이후 초고온 미생물을 이용한 발효 과정으로 액상 분뇨 내 세균이 활성을 잃고 사멸되는 것으로 추정됨. CFU test 통하여 2일차 이후 PCR 검사에서 검출된 유전체는 사멸한 병원체로부터 검출된 것으로 추정됨. $TCID_{50}$의 결과 PCR 검사에서 검출된 Canine Adenovirus 유전체는 사멸한 병원체에서 검출된 것으로 추정됨.
- 이와 같은 실험 결과를 종합하였을 때, 초고온 미생물 배지를 이용한 발효 과정에서 나오는 고온과 발효과정을 통해 병원체를 충분히 사멸시키며 유전체까지 분해됨을 확인할 수 있음.

표 16. 액상분뇨 초고온 발효 처리 후 병원체 분석 - 2차 매몰 실험

분류	병원체	PCR analysis			CFU test /$TCID_{50}$		
		1일	2일	3일	1일	2일	3일
Bacteria	Salmonella Typhimurium	3/3	2/3	1/3	2.7 x 10^3	No growth	No growth
	E.coli	2/3	1/3	1/3	3 x 10^2	No growth	No growth
	Bacillus subtilis	3/3	0/3	0/3	5 x 10^2	-	-
	Clostridium perfringens	0/3	0/3	0/3	-	-	-
	Mycobacterium smegmatis	2/3	1/3	0/3	4 x 10^2	No growth	-
Fungi	Trichophyton mentagrophytes	0/3	0/3	0/3	-	-	-
Virus	Avian Influenza A	0/3	0/3	0/3	-	-	-
	Canine corona virus	0/3	0/3	0/3	-	-	-
	Hepatitis A virus	0/3	0/3	0/3	-	-	-
	Canine Adenovirus	1/3	0/3	0/3	ND[1]	-	-

[1] MDCK 세포주에 감염되지 않았음.

2.4 3차 실험 - 3차 매몰 실험

- 3차 액상 분뇨 초고온 발효 실험은 YM배지 매몰지의 상부, 중부, 하부 위치에 따른 온도 차이에 의한 병원체 사멸 정도의 차이를 확인하였음. 음성 대조군으로 황토 매몰지를 조성하여 YM 배지와 동일하게 병원체를 매몰하여 병원체 사멸 평가를 실시함.

그림 86. 초고온 호기성 미생물(좌)와 황토(우)

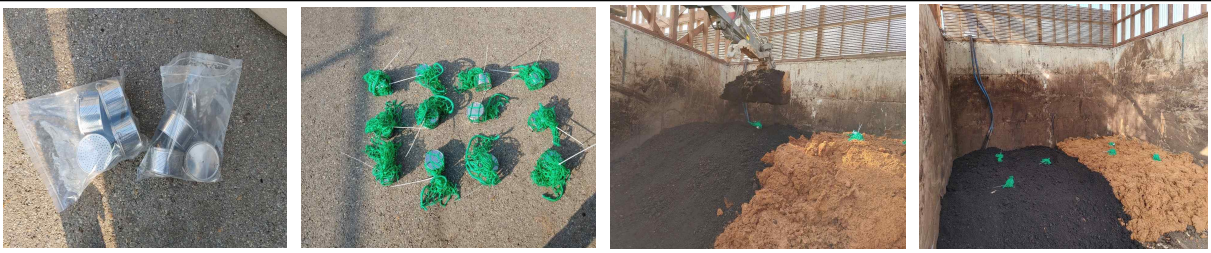


그림 87. 초고온 발효물내 병원체(실험군) 및 황토내 병원체(대조군)

- 3차 액상 분뇨 초고온 발효 실험 후 PCR 검사법을 시행한 결과 YM 배지를 이용한 발효 과정을 거친 실험군의 1일차 샘플 중 YM 배지의 상부에 묻힌 샘플로부터 총 5종의 (바이러스 1종, 세균 3종, 진균 1종) 병원체 유전체가 검출되었음. 유전체가 검출된 병원체는 Salmonella typhimurium, Escherichia coli, Mycobacterium smegmatis, Trichophyton mentagrophtes, Canine Adenovirus 이며, 이들의 유전체는 DNA로 구성되어 있음. RNA virus에 속하는 Avian influenza A, Canine coronavirus, Hepatitis A virus 샘플로 부터는 PCR 결과에서 모두 유전체가 검출되지 않았음. 황토 매몰지에 묻힌 병원체 샘플에서는 10종 모두 PCR 검사 결과 유전체가 검출되었음.
- YM 배지를 이용한 발효 과정을 거친 YM 배지의 상부에 묻힌 2일차 샘플에서는 총 2종의 (세균 1종, 진균 1종) 병원체 유전체가 검출되었음. Salmonella typhimurium, Trichophyton mentagrophtes가 검출되었으며 이들의 유전체는 DNA로 구성되어있음. 황토 매몰지에 묻힌 병원체 샘플에서는 10종 모두 PCR 검사 결과 유전체가 검출되었음.
- 1차 및 2차 발효실험 병원체 분석과 동일하게 생균 및 활성이 있는 바이러스의 존재를 확인하기 위하여 유전체가 검출된 YM 배지 발효 실험군 및 황토 대조군 샘플의 CFU test, $TCID_{50}$ 및 Conidial counting을 진행함.
- CFU test 결과, 1일차 YM 배지의 상부 샘플에서는 Salmonella Typhimurium, Escherichia coli, Mycobacterium smegmatis의 생균이 각각 5 x 10^2, 5.5 x 10^1, 2.3 x 10^2로 검출되었음. 또한 바이러스의 경우 DNA virus인 Adeno virus의 활성 여부를 확인하기 위해 $TCID_{50}$ 실시함. PCR 검사법에서 검출된 1일차 YM 배지의 상부 Adeno virus 샘플은 MDCK 세포주 감염이 확인되지 않았음. 진균의 경우 활성이 있는 포자의 존재를 확인하기 위해 conidial counting을 실시하였음. 1일차 YM 배지의 상부의 Trichophyton mentagrophtes 샘플에서는 활성이 있는 진균이 확인되지 않았음.
- 1일차 황토 대조군 샘플에서는 Salmonella Typhimurium, Escherichia coli, Bacillus subtilis, Clostridium perfringens, Mycobacterium smegmatis의 생균이 각각 6 x 10^4, 3.5 x 10^4, 2.5 x 10^4, 4.2 x 10^4, 4 x 10^4 CFU/ml로 검출되었음. 바이러스의 경우 Avian Influenza A, Canine corona virus, Hepatitis A virus, Canine Adenovirus가 각각 $10^{3.9}$, $10^{3.6}$, $10^{3.5}$, $10^{4.0}$ $TCID_{50}$/ml로 검출되었음. 또한 conidial counting 시행 결과 황토 대조군

샘플로부터 2 x 10^3개 /ml 로 검출되었음.

표 17. 액상분뇨 초고온 발효 처리와 황토 매몰 후 병원체 PCR 분석

분류	병원체	PCR analysis							
		1일/상부	1일/중부	1일/하부	1일/황토	2일/상부	2일/중부	2일/하부	2일/황토
Bacteria	Salmonella Typhimurium	2/3	0/3	0/3	3/3	1/3	0/3	0/3	3/3
	E.coli	1/3	0/3	0/3	3/3	0/3	0/3	0/3	2/3
	Bacillus subtilis	0/3	0/3	0/3	3/3	0/3	0/3	0/3	2/3
	Clostridium perfringens	0/3	0/3	0/3	3/3	0/3	0/3	0/3	3/3
	Mycobacterium smegmatis	1/3	0/3	0/3	3/3	0/3	0/3	0/3	3/3
Fungi	Trichophyton mentagrophytes	1/3	0/3	0/3	3/3	1/3	0/3	0/3	2/3
Virus	Avian Influenza A	0/3	0/3	0/3	2/3	0/3	0/3	0/3	1/3
	Canine corona virus	0/3	0/3	0/3	2/3	0/3	0/3	0/3	1/3
	Hepatitis A virus	0/3	0/3	0/3	3/3	0/3	0/3	0/3	3/3
	Canine Adenovirus	1/3	0/3	0/3	3/3	0/3	0/3	0/3	3/3

- YM 배지의 상부에 묻힌 2일차 샘플에서는 Salmonella Typhimurium의 CFU test 결과 생균이 검출되지 않았음. 또한 Trichophyton mentagrophtes의 conidial counting 결과 활성이 있는 진균이 검출 되지 않았음. 2일차 황토 대조군 샘플에서는 Salmonella Typhimurium, Escherichia coli, Bacillus subtilis, Clostridium perfringens, Mycobacterium smegmatis의 생균이 각각 4 x 10^4, 2 x 10^4, 1.3 x 10^4, 2 x 10^4, 2.5 x 10^4 CFU/ml로 검출되었음. 바이러스의 경우 Avian Influenza A, Canine corona virus, Hepatitis A virus, Canine Adenovirus가 각각 $10^{2.5}$, $10^{2.0}$, $10^{2.7}$, $10^{3.3}$ $TCID_{50}$/ml로 검출되었음. 또한 Conidial counting 시행 결과 황토 대조군 샘플로부터 4.5 x 10^2 개 /ml 로 검출되었음.
- 3차 액상 분뇨 처리 실험을 진행한 결과, 1일차 YM 배지 상부에서 3종의 세균의 DNA가 검출되었으며, CFU test를 실시하였을 때 10^2 ~10^3 CFU/ml의 생균이 검출되었음. 또한 1종의 바이러스 및 1종의 진균의 DNA가 검출되었으나 각각 병원체의 활성 평가를 실시한 결과 활성을 갖고 있는 병원체는 확인되지 않았음. 이와 상대적으로 황토 대조군에서는 PCR 분석 결과 총 10종의 병원체의 유전체가 검출되었으며, CFU test를 실시하

였을 때 10^4~10^5 CFU/ml의 생균이 검출되었음. 또한 $TCID_{50}$ 및 실시하였을 때, 10^3 ~ 10^4 $TCID_{50}$/ml의 활성이 있는 바이러스가 검출되었음. Conidial counting 결과 2 x 10^3개 /ml 로 검출되었음. 이로써 황토 대조군에서는 모든 병원체가 활성을 잃지 않음을 확인함.

표 18. 액상분뇨 초고온 발효 처리와 황토 매몰 후 병원체 활성 평가

분류	병원체	CFU test /$TCID_{50}$/Conidial counting			
		1일/ 상부	1일/황토	2일/ 상부	2일/황토
Bacteria	Salmonella Typhimurium	5 x 10^2	6 x 10^4	No growth	4 x 10^4
	E.coli	5.5 x 10^1	3.5 x 10^4	-	2 x 10^4
	Bacillus subtilis	-	2.5 x 10^4	-	1.3 x 10^4
	Clostridium perfringens	-	4.2 x 10^4	-	2 x 10^4
	Mycobacterium smegmatis	2.3 x 10^2	4 x 10^4	-	2.5 x 10^4
Fungi	Trichophyton mentagrophytes	No growth	2 x 10^3	No growth	4.5 x 10^2
Virus	Avian Influenza A	-	$10^{3.9}$	-	$10^{2.5}$
	Canine corona virus	-	$10^{3.6}$	-	$10^{2.0}$
	Hepatitis A virus	-	$10^{3.5}$	-	$10^{2.7}$
	Canine Adenovirus	ND[1]	$10^{4.0}$	-	$10^{3.3}$

[1] MDCK 세포주에 감염되지 않았음.

- 2일차 YM 배지 상부 샘플로부터 PCR분석 결과 1종의 세균 및 1종의 진균으로부터 DNA가 검출되었으나, 생균이 검출되지 않았으므로 2일 이후 초고온 미생물을 이용한 발효 과정으로 액상 분뇨 내 세균 및 진균이 활성을 잃고 사멸되는 것을 확인함. 2일차 황토 대조군에서는 PCR 분석 결과 총 10종의 병원체의 유전체가 검출되었으며, CFU test를 실시하였을 때 10^4~10^5 CFU/ml의 생균이 검출되었음. 또한 $TCID_{50}$ 및 실시하였을 때, $10^{2.0}$ ~ $10^{4.0}$ $TCID_{50}$/ml의 활성이 있는 바이러스가 검출되었음. Conidial counting 결과 4.5 x 10^2개 /ml 로 검출되었음.
- YM 배지의 중부 및 하부에서는 매몰 1일차부터 병원체의 유전체 및 활성까지 제거할 수 있음을 확인하였음. YM 상부에서는 매몰 2일부터 완전한 병원체의 유전체 및 활성 사멸의 효과를 확인하였음. 이와 같은 실험 결과를 종합하였을 때, 초고온 호기성 발효

시스템으로 돼지 액상분뇨 처리시 전염성 병원체를 충분히 사멸시킬 수 있는 것으로 사료됨.

제4절. 돼지 액상분뇨처리 기술 매뉴얼화

1. 돼지 액상분뇨 현장 매몰처리 및 거점 퇴비화 처리

1.1 돼지 액상분뇨처리 추진체계

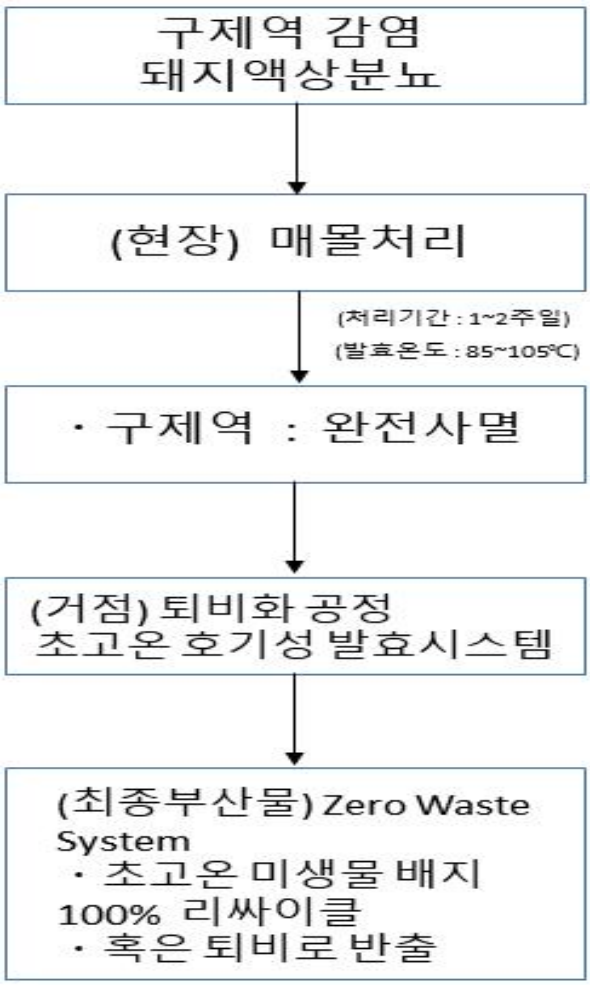


그림 88. 돼지 액상분뇨처리 추진체계

1.2 현장 매몰식 돼지 액상분뇨 초고온 발효처리

○ 개요

- 현장에서 YM 초고온 미생물 배지와 돼지 액상분뇨를 매몰처리 혹은 축산농가의 빈 사육장 등을 이용하여 현장 간 신속하게 처리하여(발효온도 85~105℃)로 2주일 이내 병원균사멸 후 거점처리시설로 이송하여 퇴비화 공법 진행
- 실제 현장의 돼지액상분뇨 함수율에 따라 배합비가 달라지지만 초기 혼합 함수율 45% 기준으로 돼지액상분뇨와 초고온 배지와의 배합비는 대략 1:2로 하며, 현장 에어레이션을 위한 송풍량은 170~250 L/m^3 · min로 진행

○ 작업절차

- 초고온 돼지 액상분뇨처리 매몰 절차도

그림 89. 초고온 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 절차도

- 표준크기 매몰지의 돼지 액상분뇨처리 시 준비물

표 19. 표준크기 매몰지의 돼지 액상분뇨 처리시 준비물 (돼지 액상분뇨 100ton 기준)

품명	규격	소요량	용도
포크레인	대형(6w), 소형(02)	2대 (각1대)	매몰지 구덩이 파기 및 사체투입
수송차량	덤프트럭 5톤, 15톤	2대	사육동에서 매몰지까지 돼지액상분뇨 운반
차수비닐	0.1mm*6.5m*20m 이중장수비닐 (펼칠 경우 가로 13m), 또는 0.3mm 내재형 PE 직조필름	2박스	매몰지 바닥 및 벽면에 차수를 위해 설치
부직포	7mm*1.8m*18m/롤	6롤	차수비닐 훼손방지

품명	규격	소요량	용도
YM 배지	0.6t/포	110ton	돼지액상분뇨 발효용 미생물
매몰식 처리 산기 설비	외경26mm,두께5.5mm, 다공성 연질배관 사용 5M × 2.5M	6세트	미생물 활성화를 위한 공기공급
공기분배관	32mm 엘보, 티, 32mm 25mm 이경 소켓	5세트 (1세트: 엘보, 티, 이경소켓)	블로워를 산기설비와 연결하여 공기공급
링블로워	2000mmHQ, MaxQ 100㎥/h 이상	2개	초고온 호기성 미생물 처리시 매몰지 내부 미생물 활성화를 위한 공기공급
청고압호스	외경 25mm, 50m	2개	블로워를 산기설비와 연결하여 공기공급
전자 유량계	100㎥/h 이상 측정 가능	1개	미생물에 투입되는 공기량 확인
온도계	길이 100cm 이상, 0~150℃	3개	돼징 액상분뇨 정상발효 여부 확인
비가림시설	농업용강관(외경25mm, 두께 1.5mm이상,길이9m) 고강도 투명비닐, 두께 0.1mm*6.5m*25m	1식	우천시 매몰지 내부로 빗물유입 방지
경고표지판		1개	
출입금지띠		3롤	
개인보호장비	작업복,장화,장갑,고글 등	개인별	

- 현장매몰 처리 작업 절차

① 구덩이 파기

· 구덩이는 지하로 깊이 3m를 파고 지상으로 높이 0.5m, 너비 0.5m 둑을 설치한다. 초고온 호기성 호열미생물을 이용한 가축 사체처리 표준매몰지 단면도, 부분 단면도 및 터파기 개요도는 그림 94와 같다.

· 처리량이 많은 경우, 표준크기 매몰지의 길이를 연장하거나, 한 지점에 구덩이를 여러개 설치할 수 있는데, 이때 구덩이 간의 거리는 사람과 장비의 이동이 용이하도록 6m이상의 간격을 둔다.

표 20. 처리중량에 따른 매몰지 크기 및 돼지 액상분뇨 처리량

돼지 액상분뇨처리 중량	매몰지 크기			비 고
	가로	높이	길이	
20톤	6m	3m	5m	
40톤	6m	3m	9m	
60톤	6m	3m	13m	
80톤	6m	3m	17m	
100톤	6m	3m	21m	

그림 90. 초고온 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 표준매몰 구상도 (매몰깊이 : 3m)

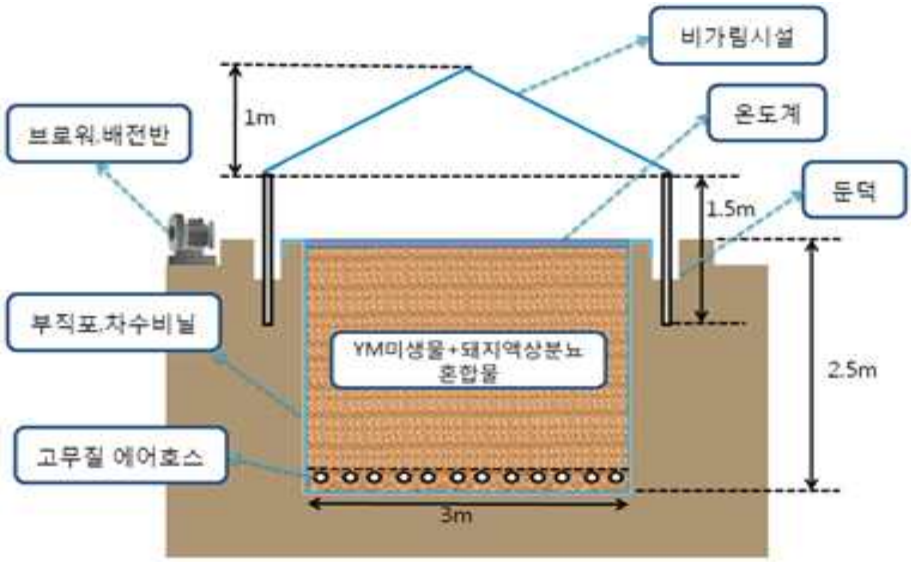


그림 91. 초고온 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 표준매몰지 부분 단면도

② 구덩이 바닥면 및 벽면 고르기

· 구덩이를 파고 난 후, 매몰지 바닥 또는 벽면에 날카로운 금속이나 암석 등을 미리 제거하여 수분침투 및 침출방지 목적으로 설치하는 차수비닐의 천공 등이 발생되지 않도록 하여야 한다.

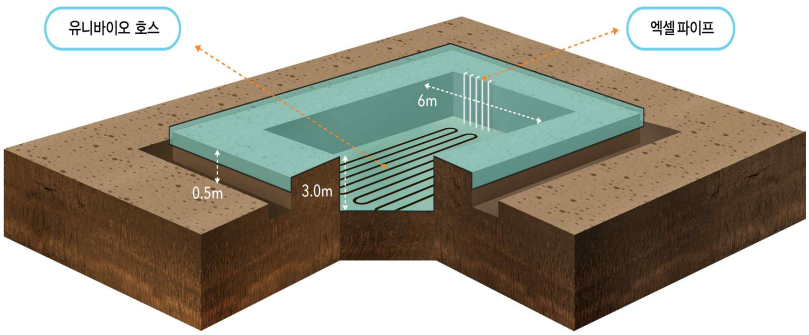


그림 92. 초고온 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리를 위한 터파기 개요도

③ 부직포 및 차수비닐 깔기

· 차수비닐의 손상방지를 위하여 매몰지 바닥 및 벽면 전체에 두께 7mm 이상의 부직포를 깔고, 그 위에 두께 0.1mm 이상의 차수비닐을 2겹으로 깐다. 비닐의 폭은 매몰지 바닥 및 양쪽면의 높이를 더한 길이(표준크기 매몰지의 경우 11m)보다 2m이상 큰 폭의 비닐을 사용하여 매몰지 둔덕까지 덮어지도록 한다. 폭 또는 길이가 작은 비닐을 겹쳐 사용하지 않는다.

그림 93. 구덩이 파기

그림 94. 부직포 깔기

그림 95. 차수비닐 깔기

④ 매몰지 바닥 매몰식 처리 설비 설치

· 저압분산고무질호스(유니바이오호스)는 휘어질 수 있는 연질의 에어호스이며, 매몰지 내부에서 호기성호열미생물의 활성화를 위한 공기공급 역할을 한다.

· 에어호스의 압착을 방지하기 위해 보호 스프링을 설치한 산기관을 미생물 및 가축사체 투입과정중 유동이 발생하지 않도록 브릿지를 설치하여 유동을 최소화 하여 설치한다.

· 동일한 요령으로 구덩이의 세로 폭 15m에 6개의 세트를 가로 방향으로 설치한다.

그림 96. 저압 분산 고무 질호스(유니바이오호스) 설치 모식도 및 설치방법

⑤ 공기분배관 연결

· 공기분배관은 링블로워에서 공급되는 공기를 6가닥의 청고압호스를 통해 저압분산고무질호스(유니바이오호스)에 분배하는 장치이며, 32mm 및 25mm 이경소켓을 통해 연결되어진다.

· 공기분배관을 32mm 엘보와 티를 이용하여 2개의 브로워에 각각 3개의 공기 배출라인을 연결하고 연결된 공기분배 라인에 이경소켓을 이용하여 청고압호스에 연결한다.

· 연결된 청고압호스는 다시 미리 설치해둔 매몰식 처리 산기설비에 연결할 수 있다.

⑥ 돼지 액상분뇨 투입

· 돼지 액상분뇨 투입시 발생농장의 오염물건, 사료 등도 함께 처리할 수 있다.

· 초고온 미생물 베이스를 구덩이 밖에서 돼지 액상분뇨와 잘 섞은후 구덩이 내로 투입한다.

· 돼지 액상분뇨 및 초고온 미생물의 처리형태는 매몰지 길이 방향으로 중앙이 융기된

형태(∧)로 하여, 수분 증발이 용이하고, 열을 보존함으로써 호기성호열미생물의 활성화가 지속되도록 하여야 한다.

⑦ 구덩이 주변 둔덕 설치

· 구덩이 주변에 사람, 동물 등의 접근, 빗물 유입 등의 방지를 위하여 지면에서 높이 0.5m, 두께 0.5m 이상으로 둔덕을 설치한다.

⑧ 둔덕 주변 배수로 설치

· 매몰지 내부에서 발생된 침출수의 외부 유출, 우천시 빗물에 의한 매몰지 유실, 비가림 시설에서 떨어지는 우수가 원활하게 배수되도록, 매몰지 봉분의 둔덕 주변에 0.3m 이상의 깊이로 배수로를 설치하여야 하며, 배수로의 바깥부분에도 0.3m 이상의 높이로 둔덕을 쌓아 우수의 유입을 방지한다.

⑨ 공기분배관과 블로워 연결하기

· 엑셀파이프로 공기분배관과 블로워와 연결한다.

⑩ 온도계 및 비가림 시설 설치

· 온도 관찰에 의한 사체의 정상분해 여부를 근접거리에서 판단할 수 있도록, 구덩이 가장자리에 온도계를 설치하되, 소취용 봉분층 아래 사체 분해층의 온도가 측정되도록 100cm 이상의 센서봉을 가진 온도계를 설치한다.

· 매몰지 봉분 표면으로부터 1m 이하의 높이로 비닐하우스 형태의 비가림 시설을 설치하여, 짐승 및 외부인 접근 방지, 우수 유입에 의한 매몰지 손상 및 사체 유래물의 유출이 방지되도록 한다.

· 비가림 시설의 프레임은 외경 25mm, 두께 1.5mm, 길이 9m의 농업 하우스용 금속강관으로 하되, 소취용 봉분 외부면의 형태 및 간격이 일정하도록 중앙부분을 유선형(∩형태)으로 구부려 사용한다.

· 비가림 시설의 프레임은 매몰지 길이 방향 80cm의 간격으로 둔덕 바깥쪽이나 배수로에 설치하되, 소취용 봉분층과의 내부 간격이 1m 이하가 되도록 한다.

· 프레임의 하부에 구덩이 길이 방향으로 직선의 가로 프레임을 유선형 프레임 하단에 용접하여 비가림 시설이 바람에 쓰러지지 않도록 단단히 고정시킨다.

· 매몰지 봉분에 빗물이 직접 떨어지지 않도록 두께 0.1mm 이상의 투명비닐을 비가림 시설 프레임 위에 덮고 견고히 고정한다. 단, 투명비닐의 세로방향 길이는 지면에서 30cm정도의 간격을 두어 통기가 잘 되도록 하여야 한다.

· 매몰지 주변에는 출입금지를 위한 안전띠를 둘러 사람의 접근을 방지한다.

⑪ 경고표지판 설치

· 눈에 띄기 쉬운 매몰지 주변에 경고표지판을 설치한다. 표지판에는 매몰사체의 병명, 축종, 매몰 연월일, 발굴 금지기간, 매몰작업 책임자, 매몰지 관리책임자,비상연락처 등을 기재한 표지판을 설치한다.

⑫ 호기호열성 초고온 미생물 활성화를 위한 링블로워 작동

· 링블로워는 2주일 24시간 작동시키고, 돼지 액상분뇨 현장 매몰처리가 완료되는 시점인 2주일 이후엔 링브로워 작동을 정지시키다.

- 거점 퇴비화처리 작업 절차

① 현장 매몰처리 병원균 확인후 거점처리시설로 이송 처리

· 현장 매몰처리(약 2주일)가 된 돼지 액상분뇨 발효물은 구제역 완전사멸 확인후 거점처리시설로 이송한다.

· 발효물의 상태 및 성상을 파악하여 추가로 재생배지 및 신배지를 투입 여부를 결정, 발효조로 이동시킨다.

② 발효

· 발효조로 이동한 발효물에 링브로워를 통해 공기를 공급하고 온도 변화를 관찰하며 투입 공기량을 조절한다.

· 온도가 떨어지면 (약 7일) 교반을 통해 다른 발효조로 이동하여 다시 발효를 시작한다.

· 위의 과정을 2~3회 반복한다.

③ 선별 및 반출

· 발효가 완료된 발효물은 트롬벨 선별기를 통해 선별을 진행하고, 선별품중 일부는 다시 미생물 배지로 반송하여 사용하고 일부는 퇴비로 반출한다.

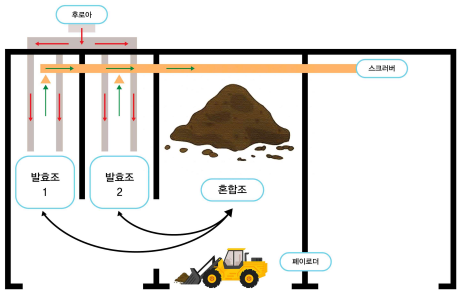


그림 97. 발효조(좌) 농가 현장매몰 및 간이시설(우) 돼지 액상분뇨처리 절차도

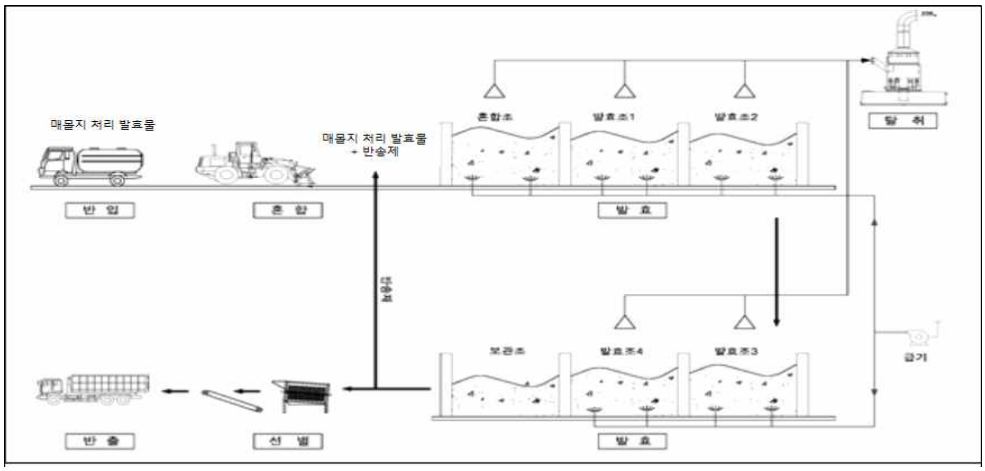


그림 98. 거점처리 시설 돼지 액상분뇨처리 절차도

2. 돼지 액상분뇨 병원균 기술 매뉴얼화

2.1 세균, 곰팡이 모식도

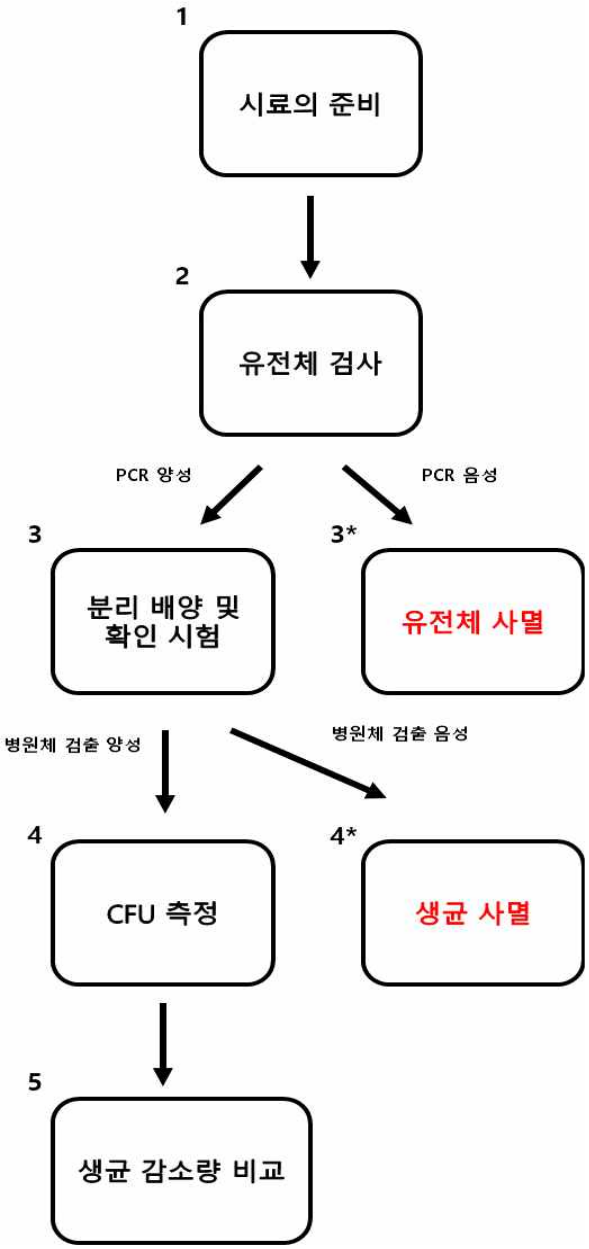


그림 99. 세균, 곰팡이 모식도

1. 초고온 미생물과 반응시킨 병원체가 포함된 샘플을 준비함.

2. 1번의 시료를 본 시험법의 유전체 검출 방법에 따라 처리함. 유전체를 준비한 후 중합 효소 연쇄 반응법(PCR)을 이용하여 유전체의 존재 유무 확인

3. 유전체가 검출되었으면 병원체가 생균인지 사균인지 확인하기 위하여 1번의 시료를 감별 및 선택배지를 이용하여 배양을 함.

3*. 유전체가 검출되지 않았기 때문에 초고온 미생물을 이용하여 병원체를 제거할 수 있음을 확인함.

4. 생균이 배지에서 성장하였기 때문에 CFU 측정 시험법을 통해 생균의 수를 확인함

4*. 생균이 검출되지 않았기 때문에 초고온 미생물이 병원체를 사멸할 수 있음을 확인함.

5. 초고온 미생물과 반응시키기 전 생균에 비해서 감소한 생균수를 비교함.

2.2 세균, 곰팡이

① 초고온 미생물과 반응시킨 병원체가 포함된 샘플과 PBS를 1: 10으로 풀어준다. 300ul를 취하여 Lysozyme을 0.5mg/mL를 첨가 한 후, 37℃에서 30분 반응시킨다.

② Patho Gene-spin DNA/RNA Extraction Kit (Intron)의 lysis buffer 600ul 첨가 후 상온에서 5분 반응시킨 후 3000rpm에 15분 원심분리를 진행한다.

③ 상층액만 취하여 binding buffer 300ul 첨가하고 섞은 후 column으로 옮겨 13,000rpm에 1분간 원심분리를 진행한다.

④ 분리된 용액을 버린 후 washing buffer A 500ul을 넣어 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행한다.

⑤ 분리된 용액을 버린 후 washing buffer B 500ul을 넣어 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행한다.

⑥ 분리된 용액을 버린 후 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행한다.

⑦ column을 새로운 튜브로 옮긴 후 RNase Free Water (RFW)을 50ul을 넣어 RNA을 추출한다.

⑧ 준비된 유전체와 특정 병원체에 적합한 primer를 이용하여 PCR을 진행한다.

⑨ 유전체가 검출되었으면 초고온 미생물과 반응시킨 병원체 시료를 감별 및 선택배지에 배양시킨다.

⑩ 선택배지 및 감별배지에서 배양이 확인되면 CFU test를 진행하여 생균의 수를 측정한다.

⑪ 초고온 미생물 반응시킨 병원체 시료의 CFU test 결과와 초고온 미생물 반응을 하지 않은 원액의 CFU test 결과와 비교하여 생균의 감소 정도를 확인한다.

2.3 바이러스 모식도

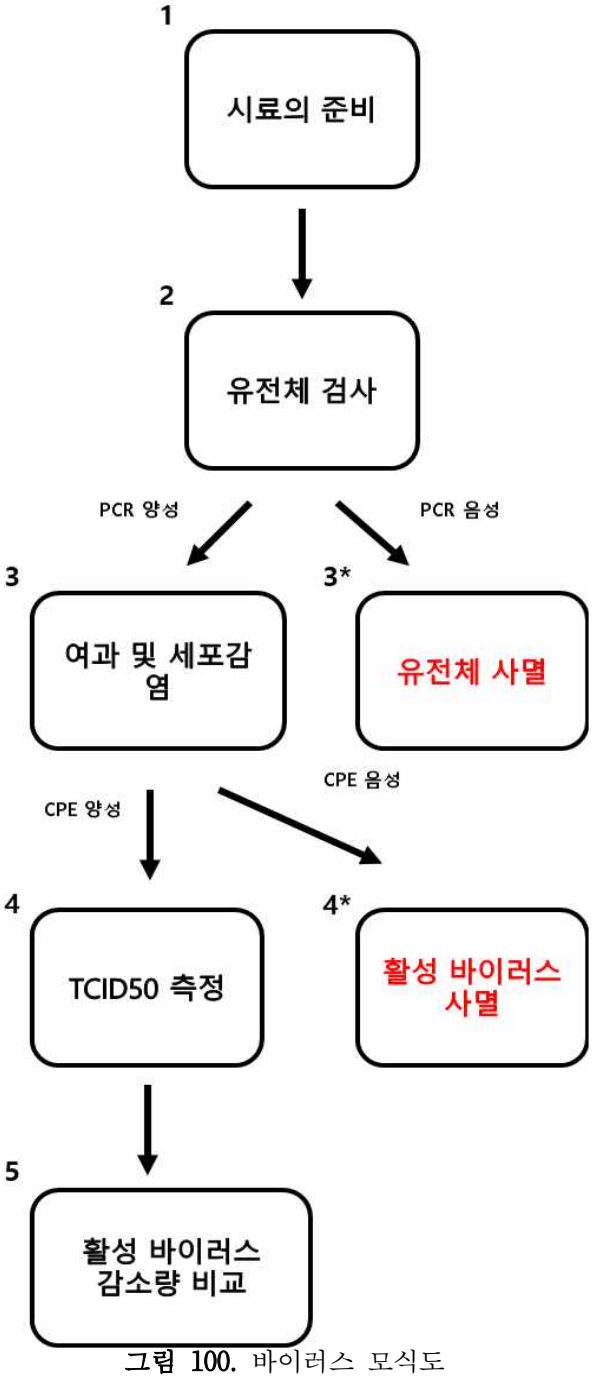


그림 100. 바이러스 모식도

1. 초고온 미생물과 반응시킨 병원체가 포함된 샘플을 준비함.

2. 1번의 시료를 본 시험법의 유전체 검출 방법에 따라 처리함. 유전체를 준비한 후 중합 효소 연쇄 반응법(PCR)을 이용하여 유전체의 존재 유무 확인.

3. 유전체가 검출되었으면 병원체가 활성이 있는지 확인하기 위하여 1번의 시료를 0.2㎕로 필터 후 세포주에 감염시킴.

3*. 유전체가 검출되지 않았기 때문에 초고온 미생물을 이용하여 병원체를 제거할 수 있음을 확인함.

4. 활성이 있는 바이러스가 세포주를 감염시켰기 때문에 TCID50 측정 시험법을 통해 활성이 있는 바이러스의 수를 확인함.

4*. 활성이 있는 바이러스가 검출되지 않았기 때문에 초고온 미생물이 병원체를 사멸할 수 있음을 확인함.

5. 초고온 미생물과 반응시키기 전 활성이 있는 바이러스에 비해서 감소한 활성이 있는 바이러스 수를 비교함.

2.4 바이러스

① 초고온 미생물과 반응시킨 병원체가 포함된 샘플과 PBS를 1:10으로 풀어준다. 3000rpm에 20분간 원심분리를 진행하여 상층액 150ul를 취한다.

② Patho Gene-spin DNA/RNA Extraction Kit (Intron)의 lysis buffer 300ul 첨가 후 상온에서 10분간 반응을 시킨다.

③ binding buffer 300ul 첨가하고 섞은 후 column으로 옮겨 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행한다.

④ 분리된 용액을 버린 후 washing buffer A 500ul을 넣어 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행한다.

⑤ 분리된 용액을 버린 후 washing buffer B 500ul을 넣어 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행한다.

⑥ 분리된 용액을 버린 후 다시 13,000rpm에 1분간 원심분리 진행한다.

⑦ column을 새로운 튜브로 옮긴 후 RNase Free Water (RFW)을 50ul을 넣어 RNA을 추출함.

⑧ 준비된 유전체와 특정 병원체에 적합한 primer를 이용하여 PCR을 진행한다.

⑨ 유전체가 검출되었으면 초고온 미생물과 반응시킨 병원체 시료를 serial dilution을 진행하여 TCID 50을 진행하여 활성이 있는 바이러스의 양을 측정한다.

⑩ 초고온 미생물 반응시킨 병원체 시료의 TCID 50 결과와 초고온 미생물 반응을 하지 않은 원액의 TCID 50 결과와 비교하여 활성이 있는 바이러스의 감소 정도를 확인한다.

3. 현장처리(매몰식) + 거점처리(퇴비화) 통합시스템

3.1 운영방법

① 평상시 : 축산분뇨, 음식물쓰레기, 농축산폐기물, 하수슬러지 등 일반 유기성 폐기물처리시설로 운영

② 구제역 발생 시 : 돼지 액상분뇨 거점처리시설로 전환 운영

3.2 공법개요

① 본 공법은 하나의 시설과 하나의 공정으로 가축분뇨와 퇴비화가 동시에 이루어지는 통섭적 공정임. 한편, 가축분뇨+음식물쓰레기+가축사체+하수슬러지 모두를 통합 및 융합처리 할 수 있는 장점이 있음.

② 초고온 발효의 혁신적인 본 연구결과를 현장에서 조속히 구체화할 수 있도록 과거 구제역 발생이 잦은 지역에 (현장)처리설비 및 (거점)처리시설을 설치함.

③ 구제역 발병 시 신속하고 실효적 대처로 축산농가 및 농촌환경에 피해를 막고 돼지액상분뇨처리 뿐만 아니라 동시에 수년전 매몰시킨 매몰지의 환경친화적 사후관리로 대한민국의 국가현안을 해결할 수 있도록 현장 실증 테스트배드 실험을 위한 후속과제로서 연구가 조속히 이루어져야 함.

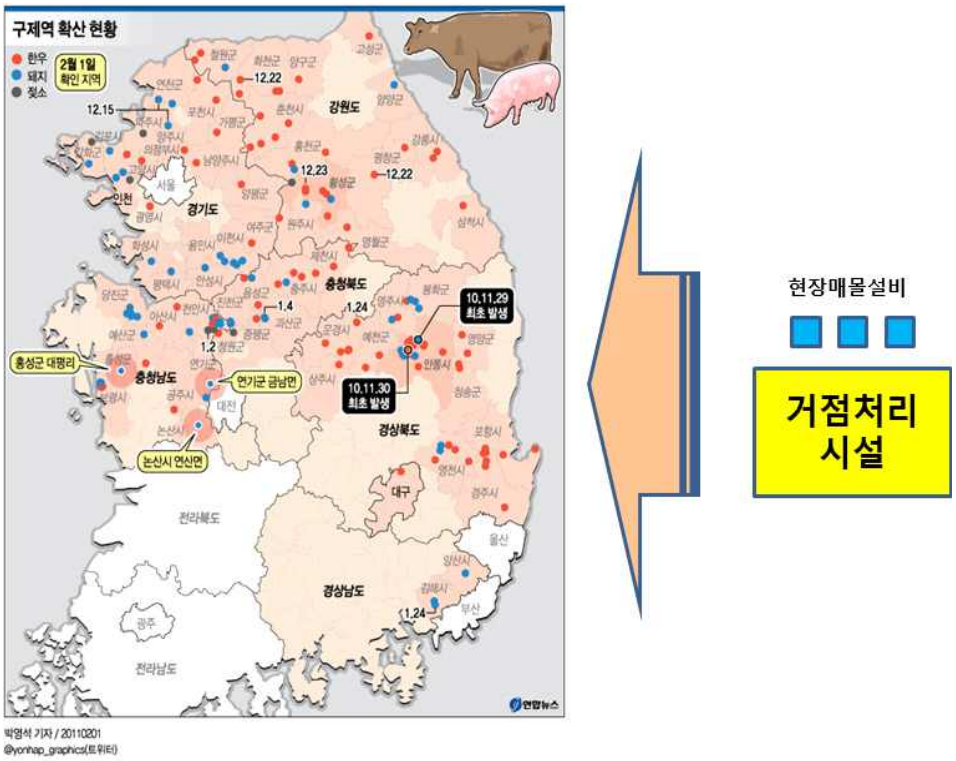


그림 101. 현장 매몰처리 및 거점 퇴비화처리 통합시스템

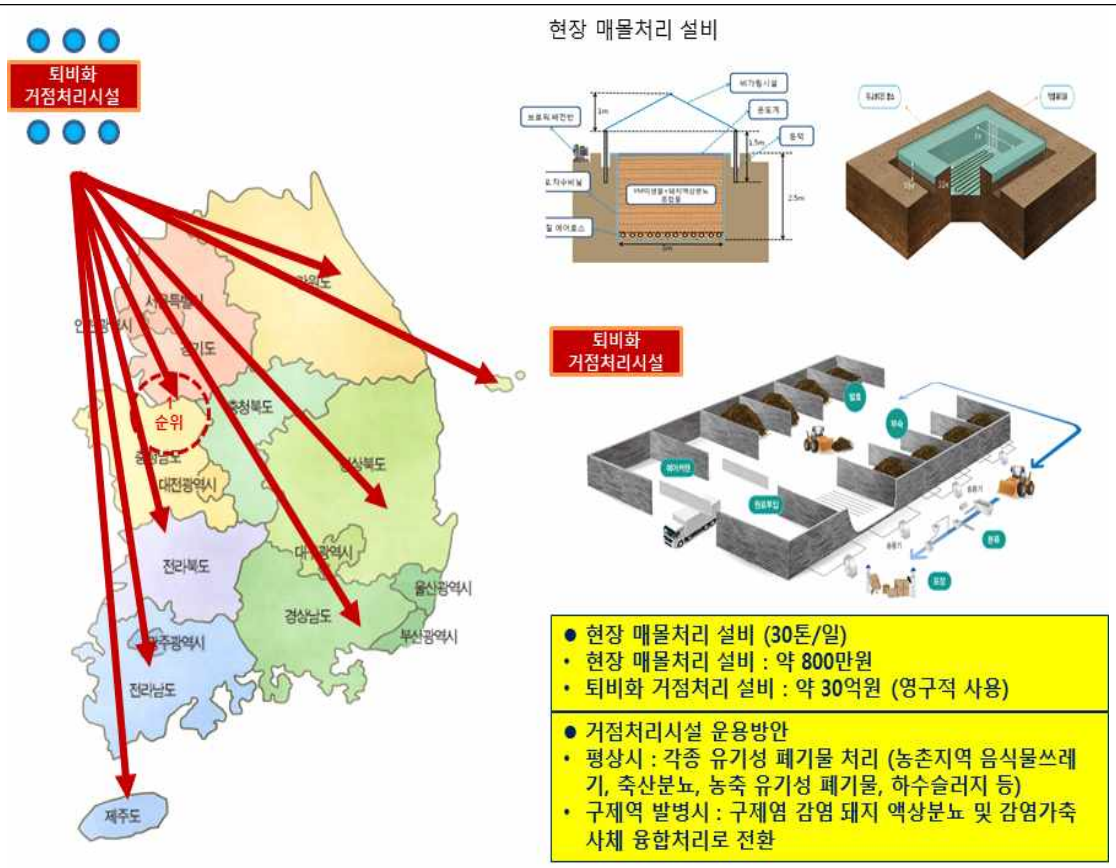


그림 102. 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 사업화 도식도

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 초고온 발효(85~105℃내외) 시스템을 적용한 돼지 액상분뇨 처리기술 확립 (100%)
- 초고온 미생물제제와 돼지 액상분뇨의 최적 혼합비율 및 융합처리 확립
- 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출
- 초고온 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리시스템 특허출원 및 특허등록 완료
(연구성과 특허출원까지 이지만 특허등록 완료됨 : 등록번호 제 10-2269337 호)

2. 초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상분뇨처리 병원체 사멸 평가 (100%)
- 기준 병원체(제1, 2, 3, 4군 감염병) 선별 완료
- 돼지 액상분뇨 내부에서의 병원체 사멸 평가
- 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 병원균사멸평가 매뉴얼화

3. 돼지 액상분뇨처리 최종 발효물의 기능성 및 안전성 분석 (100%)
- 돼지 액상분뇨처리 퇴비화 품질특성 분석 평가 완료
- 배추뿌리혹병 방제효과의 고품질 기능성 퇴비의 가능성 확인
- 돼지 액상분뇨처리 최종발효물 비료피해(고추, 당근, 들깨, 오이, 시금치) 평가 완료
- 돼지 액상분뇨처리 최종발효물 비료효능 작물재배(상추, 배추) 평가 완료

4. 초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상분뇨처리 악취영향 분석 평가 (100%)
- 초고온 호기성 미생물 발효고정에서 복합악취 및 지정악취(22개 항목) 분석 평가 완료

5. 초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상분뇨처리 기술의 매뉴얼화 (100%)
- 현장 매몰식 돼지 액상분뇨처리 매뉴얼 작성 완료
- 현장 비매몰식 이동식 발효기 돼지 액상분뇨처리 매뉴얼 작성 완료
- 거점처리(퇴비화) 돼지 액상분뇨처리 매뉴얼 작성 완료
- 돼지 액상분뇨처리 발효물의 병원체 사멸 확인 및 매뉴얼 작성 완료

6. 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 사업화 (100%)
- 돼지 액상분뇨처리 사업화를 위한 개괄적 경제성 분석
- 돼지 액상분뇨처리 법규분석을 통한 부산물 활용분야 및 규제영향 법제화 추진
- 기반 사업 확장을 통한 고용 창출 및 사업화 진행
- 구제역 발생빈도가 높은 지역 현장매몰처리 및 거점처리 시스템 사업화 추진
- 향후 중앙부처 및 지자체와의 정책제안과 정책 연계를 통한 현 지침의 개정을 통해 현장 적용을 위한 토대가 구축되도록 노력하겠음

제5장. 연구결과의 활용 계획

○ 사회적 측면

- 전염성 가축질병은 밀집형 축산업에 막대한 경제적 피해를 끼치는 것은 물론이며, 병원성미생물 등으로 오염된 가축분뇨로 인한 토양과 주변수역 등 2차 오염에 대한 위험성을 잠재하고 있음.
- 구제역 등과 같은 긴급한 상황에서의 가축분뇨 처리는 고농도의 오염물질을 단기간에 저감시킬 수 있어야 하며, 수의방역적 측면을 철저히 고려한 처리기술 개발이 시급한 실정임.
- 구제역 발병지역의 돼지 액상분뇨처리 중단(standstill)으로 축산 농가내 처리 및 보관시설의 과부하로 인한 농가들의 불편과 주변 농민들의 악취문제를 실효적으로 해결 가능하며 축산농가에 도움을 줄 것임.
- 구제역 발병으로 각 지자체가 안고 있는 구제역 돼지 액상분뇨처리 문제를 초고온 호기성 미생물 발효시스템으로 방역 시스템을 선진화하여 사회적 문제 해결이 가능할 것임.

○ 기술적 측면

- 초고온 미생물(고세균)은 일반적으로 85~110℃의 최적 생장온도를 갖는 것으로 정의되며 물의 비등점 혹은 그 이상의 온도에서 서식하고 고온 · 고압 · 고염의 조건에서도 잘 성장함.
- 현재 국내 구제역으로 오염된 가축분뇨처리는 구제역 긴급행동 지침 (SOP)상 분뇨에 알카리제를 사용하여 pH 10 이상 되도록 소독 처리하여 23일간 격리시킨 후, 산성제를 이용하여 pH 6~8로 중화하여 가축분뇨 처리요령에 따라 처리해야 하는데 이렇게 처리한 경우 2차 환경오염문제를 유발함.
- 초고온 미생물은 50~70℃의 최적 생장 온도를 갖는 고온 미생물과는 완전히 구별되며, 가축사체의 경우에는 가금류사체 1주일 이내, 가축사체는 1달 이내 완전분해함.
- 구제역 발병지역의 돼지 액상분뇨처리를 발병현장에서 2주일이내 구제역 병원체를 완전 사멸시켜 거점 퇴비화 처리시설에서 효율적으로 처리하는 기술로 환경보전 및 보건학적 측면에서 혁신적이고 선진화된 방역 체계를 구축하는데 도움이 될 것으로 사료됨.
- 본 기술을 매뉴얼화 하여 구제역 이동제한 지역 내에서의 돼지 액상분뇨처리 문제점을 해결하며, 동시에 돼지 액상분뇨로 인한 구제역 추가 확산 억제와 최종 발효물의 퇴비화 실용화가 가능해져 방역기술이 개선될 것이며, 축산농가의 어려움을 해결해주는 환경친화적이고 지속가능한 최적의 기술임.

○ 경제 · 산업적 측면

- 그동안의 정책적인 가축분뇨 처리방향을 보면 가축분뇨를 폐기물 개념에서 비료자원 개념으로 전환시켜 화학비료를 대체할 수 있는 퇴·액비로 만들어 친환경 농산물을 생산할 수 있는 원자재로 활용함으로 가축분뇨처리 문제를 해결함은 물론 자연순환농업을 활성화시키는데 초점이 맞추어져 왔으나 실효성에 다소 문제가 제기됨.
- 본 기술로 돼지 액상분뇨처리 후 최종 발효물의 공정에 100% 리사이클 및 일부 퇴비화로 진정한 자원순환 시스템이 확립되며 이로 인해 국내외 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 시스템의 수요 및 고용 창출로 인해 경제적 상승효과를 기대할 수 있을것임.
- 구제역으로 오염된 기존의 가축분뇨처리는 구제역 긴급행동지침 (SOP)상 분뇨의 화학적 처리로 임야, 하천, 지하수 등의 오염으로 발생하는 문제에 대해 재처리 비용을 줄여 돼지 액상분뇨처리로 인한 사회경제적 비용을 크게 절감할 것으로 사료됨.
- 초고온 호기성 미생물은 일반 호기성 미생물이 분해할 수 없는 난분해성 유기물을 획기적으로 분해할 뿐만 아니라, 초고온으로 인한 병원균 사멸효과도 탁월하며, 특히 악취제거가 탁월하며 돼지 액상분뇨를 85%이상 감량화함과 동시에 최종산물은 100% 리싸이클 혹은 퇴비화하는 영구적 자원순환시스템임.
- 향후 구제역 가축분뇨처리후 최종발효물의 퇴비화를 위한 비료관리법, 비료 공정규격 설정 및 지정을 개정하여 법제화하며, 동시에 구제역 긴급행동지침(SOP)상 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리의 초고온 호기성 발효처리공법을 지침에 개정토록 제안할 것임.
- 특히 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨를 현장에서 1~2주일이내 병원균을 완전사멸하고 2차 부산물이 전혀 없는 획기적인 처리공법으로 산업화할 경우 경제산업적 측면에서 수요는 상당할 것임.

제6장. 사업화 전략 및 비즈니스 모델 정립

○ 비즈니스 모델 개념

표 21. BM(비지니스 모델) Canvas 개념도

<table>
<tr>
<td rowspan="2">핵심 파트너
(Key Partnerships)
• 공급자 그룹
• 공급자원 : (주)산유(일본)
• 가축분뇨처리 관련 사업자</td>
<td>핵심 활동
(Key Activities)
• 발효 기술의 제공
• 시설의 설계 및 시공
• 시설의 운용
• 마케팅 전략
핵심 자원
(Key Resources)
• 외부 열원없이 미생물 자체로 100° C 내외 발효 온도 (YM균 활용)
• 100% Recycle을 통한 영구적 재생배지로 재활용
• 시설의 설계 및 건설 능력</td>
<td rowspan="2">가치 제안
(Value Propositions)
• 호기성 초고온 발효 기술 (혁신 기술의 확산)
• 가축분뇨 및 가축사체 그리고 음식물류 폐기물 처리의 단일시설과 단일공정 (별도 음폐수 처리시설 불필요)
• 2차 오염(악취 등) 최소화
• 기능성 퇴비 생산</td>
<td>고객관계
(Customer Relationships)
• 단순히 시설 설치 후 양도
• SOC 개념의 장기 운용
• 단순한 발효기술의 제공
유통채널
(Channels)
• 정부 지원사업 참여
• 개별 지자체 사업 참여
• 농협/축협 등</td>
<td rowspan="2">고객군
(Customer Segments)
• 정부
• 지방자치단체
• 위탁받은 민간 사업자
• 농협/축협 등
• 순수 민간 의뢰자</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">비용 구조
(Cost Structure)
• 시공에 따른 건설비용
• 장기 운용에 따른 관리비용
• YM균 수입 비용 (중·장기적으로 국내 생산)</td>
<td colspan="2">수익원
(Revenue Streams)
• 단순 시공에 따른 건설 수익
• 장기 운용에 따른 기술료(운용 수입)
• 민간의 위탁에 의한 처리비용</td>
</tr>
</table>

표 22. 고객군(Customer Segments)

사업부문		주요고객	마케팅경로
	음식물류 폐기물 처리사업	• 지방자치단체 • 기존 처리사업자	• 지자체 시설 설치 → 신화건설이 운영 • SOC 방식의 시설 건설 및 운영 • 기존 처리사업자에 발효기술 제공 (기술료 징수)
	동물사체 처리사업 (중장기 사업 영역)	• 농림축산식품부 • 환경부 • 지자체	• 지자체 시설 설치 → 신화건설이 운영 • SOC 방식의 시설 건설 및 운영
	하수 슬러지 처리사업 (중장기 사업 영역)	• 지자체	• 지자체 시설 설치 → 신화건설이 운영 • SOC 방식의 시설 건설 및 운영
	축산분뇨 처리사업 (중장기 사업 영역)	• 축산 농가 • 지자체의 지원	• 지자체 지원으로 설치 → 운영기술 전수 • 지자체의 지원금
	친환경 퇴비 판매사업 (중장기 사업 영역)	• 농협 등 • 퇴비 유통사업자 • 농협 등 지원기관	• 처리 후 잔재물은 퇴비화 → 유통조직에 판매 • 지자체와 퇴비 판매수익 공유

표 23. 가치 제안(Value Propositions)

가치	적용방식	경제적·사회적 효과
초고온 호기성 발효 기술	• 85℃~110℃의 발효온도 • 별도의 열원없이 미생물 자체만으로 발효	• 폐기물 친환경 처리 기술의 확산
단일시설, 단일공정	• 고효율 가축사체처리의 실효성 증대	• 환경파과 및 예산 낭비를 방지
악취의 제거	• 초고온 → 분해 활발 →병원균과 잡초의 종자 사멸	• 민원 발생을 사전적으로 예방
친환경 퇴비의 생산	• 처리 후 잔재물을 친환경 퇴비화	• 사업자의 수익 증대 • 농가의 소득 증대

○ 핵심활동(Key Activities)

<핵심활동의 요약>
- YM균을 활용한 초고온 호기성 발효 기술
- 가축사체처리 현장매몰처리 킷트와 거점처리 시설의 설계 및 건설
- 가축사체 처리 시설에 관한 운용 능력

<정량적 성과지표>

가) 특허출원 나) 농림축산신기술인증
다) 전시회 참가 라) 홍보마케팅전략수립
마) 실증세미나개최 바) 현장기술로드쇼
사) 운전매뉴얼 제작 아) 팜플렛 제작
자) 환경전문지 광고 차) 시제품 제작(개선)
카) 가축사체처리 최적 공정관리 및 운전조건 도출
타) 악취분석 평가 파) 최종 발효물 퇴비화규격 적합여부
하) 시제품 공정개선 효과

○ 핵심자원(Key Resources)

- YM균의 안정적 확보 역량
- 폐기물의 100% Recycle을 통하여 영구적인 재생배지로 재활용
- 처리 시설을 설계하고 건설하는 역량

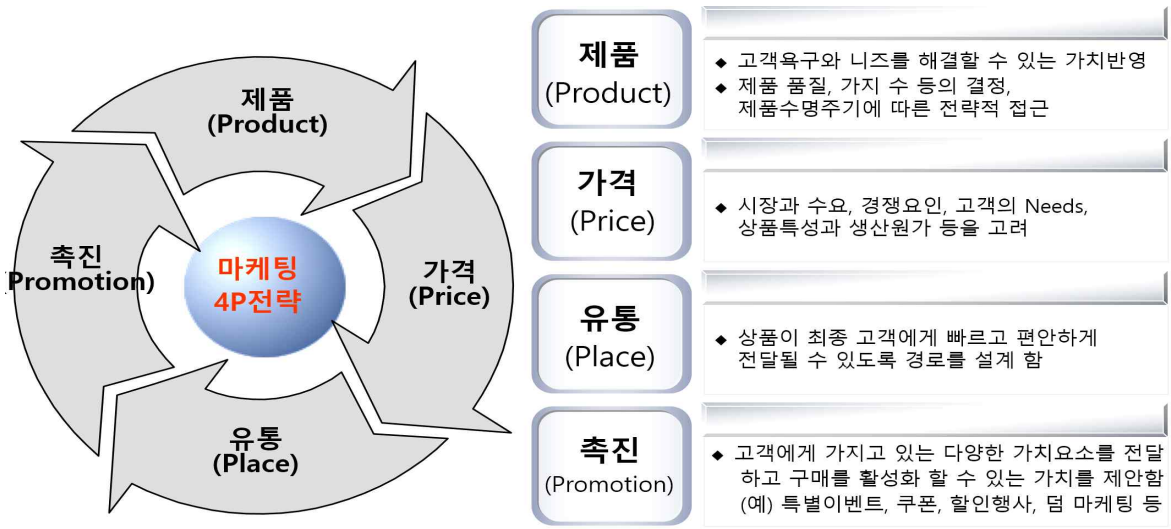


그림 103. 핵심 파트너(Key Partnerships)

표 24. 고객 관계(Customer Relationships)

고객관계	프로세스	비고
단순 건설 방식	건설 의뢰 → 설계 및 시공 → 양도	초고온 발효기술 적용 가능 설계
SOC 방식	건설 의뢰 → 설계 및 시공 → 일정기간 운영 → 양도	협의에 따라 SOC 방식은 다양한 형태 존재
시설의 위탁 운영	운영 의뢰 → 설계 정보 제공 → 지자체 제공 시설(증설) → 운영	시설의 증설 부분
발효기술 제공 방식	기존의 시설 → 변경 설계 및 시공 → 기술 제공	

○ 유통채널(Channels)

- 가축분뇨처리 관련 사업자
- 중앙정부 및 지자체가 가장 중요한 수요자
- 부산물인 친환경 퇴비를 유통・사용하는 퇴비 판매사업자 및 농가임.

표 25. 수익원(Revenue Streams)

고객관계	수익원	수익의 내용	비고
단순 건설 방식	지자체 등	건설 공사 수익	
SOC 방식	지자체 등	운영 수수료 수익 부산물 판매수익 민간 의뢰 처리비용 (*)	계약조건에 따라 변동 가능
시설의 위탁 운영 방식	지자체 등	운영 수수료 수익 부산물 판매수익 민간 의뢰 처리비용 (*)	계약조건에 따라 변동 가능
발효기술 제공 방식	지자체 등	YM균 판매 수익 기술료	

(*) 지자체의 의뢰에 포함하지 않고 순수 민간에서 처리를 의뢰하는 경우에는 의뢰자로부터 받는 처리비용도 수익의 원천이 될 수 있으나, 많은 부분을 차지하지는 않을 것으로 추정함.

표 26. 비용 구조(Cost Structure)

고객관계	비용의 내용	비고
단순 건설 방식	• 건설 공사원가	
SOC 방식	• 건설공사 원가 • 운영 관리비용 • 자금조달 Cost • YM균 조달비용	
시설의 위탁 운영 방식	• 운영 관리비용 • YM균 조달비용	
발효기술 제공 방식	• YM균 조달비용	

○ 4대 프로모션 방법(참고자료)

표 27. 4대 프로모션 방법

광고	판매촉진	홍보	인적 판매
인쇄 및 방송광고 포장 -외장 포장 내 삽입 물 우송광고 catalogue 영화 사보 brochure 와 소책자 포스터와 leaflets 안내서 광고의 복사물 간판 진열간판 구매시점 광고 시청각용 광고 상징과 로고(logos)	경진대회, 경연대회 추첨(sweepstakes) 복권, 경품, 할증 견본 배포 견본제시 박람회 전시회, 오락, 실연 쿠폰(coupon) 환불제도 중고품 교환공제 (trade-in) 거래 스탬프 함께 끼워 팔기 give away, pay back	신문게시용(press kits) 설명회 기술정보 세미나 연차보고서 자선적 기부 주관, 주최(sponsor) 간행물 발간 공동체 관계구성 로비 홍보 Film 소비자자문단 운영	자료 판매제시 판매회의 전화 마케팅 (telemarketing) 유인계획 (Incentive Programs) 판매원용 견본 박람회와 전시회 첨가 다단계 판매 방판조직 통신판매

□ Promotion 전략 수립 및 시행 시 참고가 되는 4대 프로모션 방법 별 자료입니다.

□ 촉진(Promotion) 방법은 위와 같이 목적 별, 상황 별 전략 별 다양한 기법 등을 활용될 수 있으므로 자사의 상황에 맞도록 추진 계획을 수립하여 적극 실행하도록 함

○ 경쟁 강도 분석 (5 Forces)

표 28. 경쟁 강도 분석 요소

구 분	분석 요소 (결정 요인)	검토 사항	현재위협	미래위협
신규진입자의 위협	o 규모의 경제	규모의 경제가 작용하는 경우 진입장벽	중	중
	o 독점적기술제품 차별성	원천기술의 확보와 지식재산권 여부	중	강
	o 고객개척 가능성	과점시장 내 기존거래처의 개척 가능성	중	중
	o 투자 규모	사업화에 필요한 투자 규모 정도	중	중
	경쟁 강도 종합		**중**	**중**

표 29. 경쟁 강도 분석 요소 및 검토 사항

구 분	분석 요소 (결정 요인)	검토 사항	현재위협	미래위협
기존 경쟁자간 경쟁강도	o 산업성장률	시장성장 전망 및 시장규모	중	강
	o 브랜드 이미지	업력 및 회사와 브랜드 이미지	중	중
	o 제품 신뢰성	고객으로부터의 제품의 품질 신뢰도	강	강
	o 납품가 우위 확보	원가절감을 통한 가격경쟁력확보 가능성	강	강
	경쟁 강도 종합		**중**	**강**
공급자 협상력	o 공급 물품의 차별성	기술, 품질, 가격 차별화 가능성	중	중
	o 공급물량	적기, 적소, 적가의 물량의 공급 가능성	중	중
	o 원가절감	환율 Risk 관리 및 제품원가의 절감가능성	중	강
	o 신속한 납기	신속한 납품 관리 가능성	중	중
	경쟁 강도 종합		**중**	**중**
구매자 협상력	o 구매물량	구매물량 확대로 buying power 유지 가능	중	중
	o 가격 민감도	우대가격 적용 및 할인, 반품 가능성	중	중
	o 거래 기간	장기거래 유지 및 결제 신뢰도 유지 여부	중	중
	경쟁 강도 종합		**중**	**중**
대체재의 위협	o 대체재의 상대적 가격	대체기술(재)의 출현 가능성, 상대적 가격	중	중
	o 교체비용	시스템 및 설계적용의 소요기간과 비용	중	중
	o 공급자 분포	대체재 공급자의 분포와 탐색 용이성	중	중
	경쟁 강도 종합		**중**	**중**

○ 4P MIX 전략

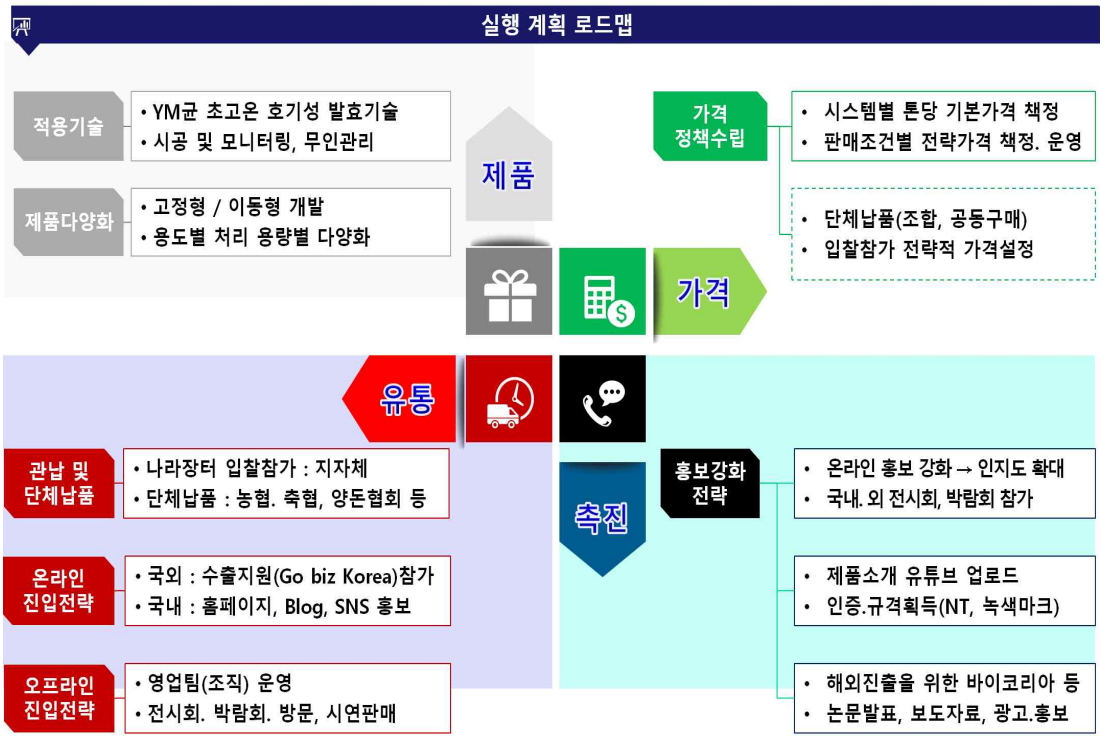


그림 104. 4P MIX 실행 로드맵

홍보용 팜플렛 제작 활용

세계최초

AI·구제역·ASF 감염가축 고효율 사체처리 및 퇴비화 융합 시스템

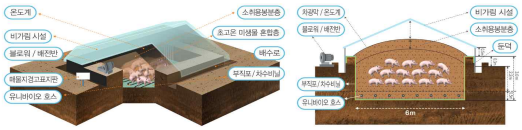
WORLD'S FIRST HIGH EFFICIENCY CARCASS PROCESSING AND COMPOSTING CONVERGENCE SYSTEM FOR AI · FMD · ASF INFECTED LIVESTOCK CARCASS

01 가축사체처리 시스템

AI(조류독감) · 구제역 · 아프리카돼지열병 감염가축 사체를 현장에서 초고온 호기성 미생물로(발효온도:85~105℃) 초고온에서 신속한 매몰처리를 통하여 가축사체 완전분해 및 바이러스를 사멸시킨 후 거점 처리시설로 이송하여 퇴비화하는 세계최초의 혁신적 공법임.

[구제역 발병지역 돼지액상분뇨 처리도 동일한 방법으로 처리 가능함]

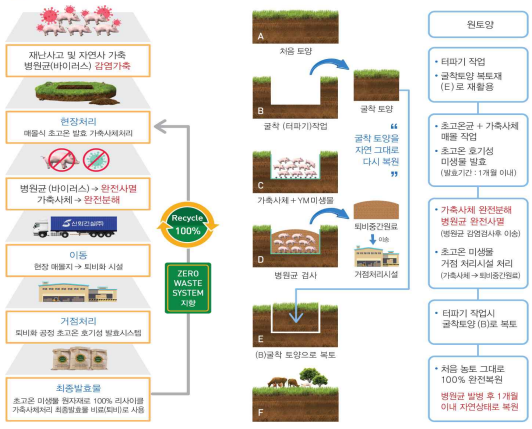
02 가축사체 현장 매몰처리



〈초고온 호기호열성 가축사체처리 표준매몰지 부분 단면도 1〉 〈초고온 호기호열성 가축사체처리 표준매몰지 부분 단면도 2〉

03 가축사체 거점 퇴비화처리

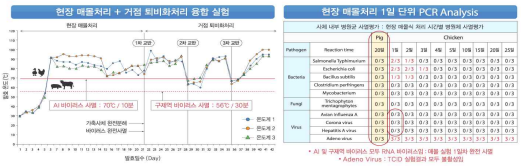
04 가축사체처리 구조도



05 감염가축 고효율 사체처리 및 퇴비화 융합 시스템의 장점

① 초고온 호기성 미생물 가축사체처리연구로서 세계최초의 융용기술임.
② 가축사체처리 및 퇴비화 공정을 통합하는 통섭적 융합시스템으로 유일한 공정임.
③ 초고온 발효로 인한 가축사체의 신속한 완전분해 및 AI · 구제역 바이러스 사멸효과가 탁월함.
④ 가축사체 매몰처리로 인한 침출수 문제 없는 혁신적 기술로서 기존 공법과 비교해 경제성이 뛰어난 시스템임.
⑤ 가축사체처리후 2차 부산물이 없는 지속가능하고 자연친화적인 완전한 자원순환 기술로서 ZERO WASTE SOCIETY를 지향함.

06 매몰처리+퇴비화처리 융합실험 및 가축사체 병원체 PCR 분석



07 특허 I 신기술 I 이노비즈 I 우수논문상 수상 실적

신화건설㈜ 강원도 강릉시 남부로 62 | TEL : 033-660-7167 | FAX : 033-645-6215 | http://www.shin-hwa.com (주)산유 기술제휴

홍보용 신문광고(강원일보, 강원도민일보, 환경공업신문)

강원일보 제21962호 종합 2021년 3월 29일 월요일 3

강원평화특별자치도 지정 범도민운동 추진

평화특례시 법적근거 마련·기금 재원 대폭 확대

평화특별자치도법 초안 공개

보궐선거 여파? … 도의회 여야 날선 대립

"깜깜이 선거 더는 안돼 – 선거구 획정 서둘러야"

지역 초월해 상생협력 나선 민주당 지역위

강원도민일보 종합 3

최 지사 대선 등판 임박, "재보선 후 당내 변화 있을 것"

재보선 사전투표율 사상 최고…여·야 지원사격 총력

국민의힘 도당, 송기헌·이광재 부동산 문제 사퇴 촉구

12 VOL.1055 EVENT

한국환경산업기술원 2021년 탄소중립 추진계획 발표

2021 환경창업대전

ABB 지속가능경영 보고서 2020 발행

국내학술대회 홍보전시 : (사)한국폐기물자원순환학회

<2020년 한국폐기물자원순환학회 추계학술대회 전시 홍보>

<(사)한국폐기물자원순환학회 회장님과 함께..>

붙임. 참고문헌

1. 홍지형 외, 1999, 축산폐기물자원화, 동화기술.
2. 조무환 외, 1999, 인터넷을 이용한 퇴비화 기술, 신광문화사.
3. 조용균 역, 2001, 유기성 폐기물 퇴비화, 대학서림.
4. 이용두 외, 1998, 슬러지처리공학, 동화기술.
5. 조류인플루엔자 긴급행동지침(SOP), 2018, 농림축산식품부.
6. 구제역매몰지 환경관리지침, 2010, 환경부.
7. 구제역 긴급행동지침(SOP), 2019, 농림축산식품부.
8. 超能力微生物, 2017, 小泉武夫, 文春新書.
9. 生き物はどのように土にかえるのか, 2018, Osono takashi.
10. 구제역·AI로 살처분된 가축 사체도 재활용 처리 가능 -『가축 사체를 재활용 할 수 있는 가축전염병』고시 개정, 2015, 농림축산식품부.
11. 가축분뇨처리시설 종류별 평가를 통한 경제성분석과 설치·운영개선방안 등에 관한 연구 최종보고서, 2011, 환경부
12. 국정과제 중장기 가축분뇨 자원화 대책, 2013, 농림축산식품부.
13. 축산분뇨 처리요령 가축질병 위기대응 실무메뉴얼(농식품부, ‘08. 10) 농촌진흥청 국립축산과학원 방역상황실.
14. 친환경 통합 가축 분뇨 처리기술, 2014, 농림식품기술기획평가원.
15. 유연규, 1998, 극한환경 미생물에 대한 연구방향 초고온 미생물 중심으로, Bioche-mistry News.
16. 경기도 가축분뇨 관리 및 이용 기본계획 수립, 2017, 지방행정전략연구원.
17. 일본의 가축분뇨처리 기술동향 세계농업 제203호 2017.
18. 가축분뇨 자원화시설 표준설계도(해설서) 2009, 환경부 농림축산식품부 농협중앙회
19. 국내외 가축분뇨 처리·이용 및 악취저감 실천기술 적용과제 연구용역 2018, 충북연구원.
20. 가축분뇨 처리시설 및 관련기술 평가, 2018, 농림축산식품부, 축산환경관리원. 「국정과제(농림축산업의 신성장 동력화) 추진을 위한」중장기 가축분뇨 자원화 대책- 퇴액비・에너지화시설 확충, 품질향상 → 친환경 축산 구현 2013, 농림축산식품부.

21. 가축분뇨관리 선진화 종합대책, 2012. 환경부.
22. 일본의 가축분뇨처리 기술 동향 2017, 이샛별 (일본 국립정책연구대학원 석사).
23. 구제역 긴급행동지침(SOP)상의 화학처리방법으로 처리된 양돈분뇨의 고온호기산화공정 적용 연구, 김하제외 8인, 축산시설환경 : 19(2) 81~88, 2013
24. Zhu, J., 2000. A review of microbiology in swine manure odor control. Agriculture, Ecosystems & Environment. 78, 93-106.
25. 임정규, 2012, 구제역 가축매몰지의 가치손실액 추정 연구, 강남대학교 대학원.
26. 超能力微生物, 2017, 小泉武夫, 文春新書.
27. 生き物はどのように土にかえるのか, 2018, Osono takashi.
28. McLaughlin, M.R., Brooks, J.P., Adeli, A., 2009. Characterization of selected nutrients and bacteria from anaerobic swine manure lagoons on sow, nursery, and finisher farms in the Mid-South USA. Journal of Environmental Quality. 38(6), 2422-2430.
29. Girard, M., Nikiema, J., Brzezinski, R., Buelna, G., Heitz, M., 2009. A review of the environmental pollution originating from the piggery industry and of the available mitigation technologies: towards the simultaneous biofiltration of swine slurry and methane. Canadian Journal of Civil Engineering. 36(22), 1946-1957.
30. Kang, M.A., Kim, M.S., Choi, B.W., Sohn, H.Y., 2012. Organic Matter Analysis and Physicochemical Properties of Leachate from a Foot-and-Mouth Disease Landfill Site. Korean J. Microbiol. Biotechnol. 40 (2), 128-134.
31. Kim, B.H., Choi, S.H., 2001. Epizootiological Properties of Foot-and-Mouth disease with Special Reference to Prevention and Control of the Outbreaks. Korean Society for Agricultural Medicine and Community Health. 26(1), 185-198.
32. Office International des Epizooties: OIE (www.oie.int).
33. Bachrach, H.L., Breese, S.S., Callis, J.J., Hess, W.R., Patty, R.E., 1957. Inactivation of Foot-and-Mouth Disease Virus by pH and Temperature Changes and by Formaldehyde. Exp Biol Med. 95(1), 147- 152.
34. 가축분뇨처리시설 종류별 평가를 통한 경제성분석과 설치·운영개선방안 등에 관한 연구 최종보고서, 2011, 환경부.

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

<table>
<tr><td>과 제 명</td><td colspan="5">(국문) 구제역 이동제한 지역 내에서의 돼지 액상분뇨 초고온 발효기술 및 현장 적용 시스템 개발
(영문)
Development of Hyperthermophile fermentation Technology and applying technology for elimination of FMDV in porcine stool in standstill area</td></tr>
<tr><td>주관연구기관</td><td colspan="2">신화건설(주)</td><td rowspan="2">주 관 연 구
책 임 자</td><td colspan="2">(소속) 기술연구소</td></tr>
<tr><td>참 여 기 업</td><td colspan="2">신화건설(주)</td><td colspan="2">(성명) 권 영 준</td></tr>
<tr><td rowspan="4">총연구개발비

(455,000 천원)</td><td>계</td><td>386,667</td><td>총 연 구 기 간</td><td colspan="2">2019. 08. 30 - 2021. 03. 31
(20개월)</td></tr>
<tr><td>정부출연
연구개발비</td><td>290,000</td><td rowspan="3">총 참 여
연 구 원 수</td><td>총 인 원</td><td>14 명</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>96,667</td><td>내부인원</td><td>7 명</td></tr>
<tr><td>연구기관부담금</td><td></td><td>외부인원</td><td>7 명</td></tr>
</table>

○ 연구개발 목표 및 성과
- 초고온 발효(85~105℃ 내외) 시스템을 적용한 친환경 처리기술 확립
- 초고온 발효를 이용한 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리기술 확립
- 돼지 액상분뇨를 통한 구제역 확산 예방방안 및 기술력 확립
- 구제역 발병지역 이동제한 기간 내의 신속·합리적인 분뇨처리 방안 확립
- 현장적용이 가능한 돼지 액상분뇨처리기술 개발 및 매뉴얼 확립
- 개발된 기술력을 기반으로 돼지 액상분뇨 처리기술 사업화 실현

○ 연구내용 및 결과
1. 초고온 미생물 제제와 돼지 액상분뇨의 최적 혼합비율 및 융합처리 연구
2. 이동식 발효기의 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출
3. 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출
4. 초고온 호기성 발효시스템을 이용한 돼지 액상 분뇨처리에서의 병원체 사멸 평가
5. 기존 돼지 액상분뇨처리 공법과의 비교 분석 평가
6. 초고온 호기성 미생물 발효공정에서 복합악취 및 지정악취 분석 평가
7. 액상 분뇨처리 발효물의 퇴비화 품질특성 분석 평가
8. 돼지 액상분뇨처리 관련 법규분석을 통한 부산물 활용분야 및 규제영향 법제화 추진
9. 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 자원화 융합기술 개발
10. 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 최적화 및 사업화 방안 마련

○ 연구성과 활용실적 및 계획
- 초고온 호기성 미생물을 이용한 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리기술 개발로 기존 액상분뇨처

리의 문제점 개선이 가능해져 구제역 발생에 대한 방역기술이 개선되어질 것임.

- 본 연구를 통해 특허출원 및 특허공고 된 '구제역 발병지역 가축분변 초고온 발효처리 시스템'의 실효적 적용과 초고온발효 매몰 기법을 이용하여 검출농도 이하로 존재할 수 있는 병원체를 효과적으로 사멸하여 병원체의 확산을 효과적으로 방지하는 기술을 확보할 수 있음.
- 구제역 발병지역내 매몰된 돼지 액상분뇨의 부패 및 침출수로 인한 임야 및 하천, 지하수 등의 오염을 방지하여 자연환경을 지속가능하게 하며, 또한 기존 돼지 액상분뇨처리 부작용과 재처리 비용을 줄여 구제역 발병으로 인해 발생하는 사회적 비용을 크게 절감할 수 있을 것이라 사료됨.
- 본 연구의 초고온 미생물을 이용한 구제역 발병지역 내에서의 돼지 액상분뇨처리(현장 매몰식/비매몰식 처리+거점 처리 융합시스템)의 혁신성에 비추어 각 지자체별 구제역 감염 돼지액상분뇨처리 장소를 특정할 수 있어 중앙검역 당국의 안전기준을 마련하고, 이를 충족할 수 있는 돼지 액상분뇨처리시설을 확립할 수 있음.
- 초고온 미생물을 이용한 구제역 발병지역 내에서의 돼지 액상분뇨처리 표준 매뉴얼을 제작하여 방역 시스템을 선진화하여 사회적 문제 해결 가능.

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		319095-02	
사업구분	가축질병대응기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사 업 명	가축질병대응기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과 제 명	구제역 이동제한 지역 내에서의 돼지 액상분뇨 초고온 발효기술 및 현장 적용 시스템 개발			과제유형	(기초, 응용, 개발)
연구기관	신화건설(주)			연구책임자	권 영 준
연구기간 연 구 비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2019. 08. 30 - 2020. 02. 29 (07개월)	120,000	40,000	160,000
	2차년도	2020. 03. 01 - 2021. 03. 31 (13개월)	170,000	56,667	226,667
	계	2019. 08. 30 - 2021. 03. 31 (20개월)	290,000	96,667	386,667
참여기업	신화건설(주)				
상 대 국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021.05.25

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
신화건설(주)	연구소장	권 영 준

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	

Ⅰ. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주 우수)

- 본 과제를 통해서 국내에서 최초로 초고온 미생물을 이용하여 돼지 액상분뇨처리 능력이 있음을 확인하였음.
- 기존의 돼지 액상분뇨처리 방법에 있어 문제가 되었던 화학적 처리로 인한 환경문제, 처리기간, 침출수 오염, 전염병원인체 전파 등의 문제를 해결하고자 하였음.
- 초고온 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨 매몰처리시 처리시간의 신속성(약 2주일)과 처리온도의 특성상 침출수가 발생하지 않아 지하수 및 주변 하천 오염문제를 해결하였음.
- 본 연구결과 구제역 이동제한 지역내에서의 돼지 액상분뇨 및 각종 구제역 감염 유기성 축산폐기물을 실효적으로 처리하여 전염병의 전파 문제를 효과적으로 해결할 수 있을 것으로 예상됨.
- 초고온 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 기법을 완성하였고, 이를 토대로 기본적인 매뉴얼을 작성하였음.
- 또한 초고온 환경에서 법정전염병 10종에 대응하는 surrogate 병원체를 이용하여 전염병 원인체 사멸평가 시험법을 확립하였음.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주 우수)

- 구제역 발병지역에서 초고온 미생물 돼지 액상분뇨처리 프로세스 운영을 통하여 전염병 발생시 구제역 감염 돼지 액상분뇨를 대량으로 처리 가능함
- 구제역 발병지역내 돼지 액상분뇨 이동 금지로 장기간의 사체 매몰기간으로 인하여 사용하지 못하는 농지를 빠르게 회복시켜 사용이 가능할 뿐 아니라 배지의 지속적인 재활용을 통하여 친환경 사체처리 공법으로 활용가능함
- 구제역 발병으로 인한 돼지 액상분뇨처리로 인한 문제를 실효적으로 해결하여 대한민국 현안해결로 사회적 비용을 줄일 수 있음.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주 우수)

- 구제역 발병지역의 돼지 액상분뇨처리 중단(standstill)으로 축산 농가들의 불편과 주변 농민들의 악취 문제를 실효적으로 해결 가능하며 축산농가에 도움을 줄것임.
- 구제역 발병으로 각 지자체가 안고 있는 구제역 돼지 액상분뇨처리 문제를 초고온 호기성 미생물 발효시스템으로 방역 시스템을 선진화하여 사회적 문제 해결이 가능할 것임.
- 구제역 발병지역의 돼지 액상분뇨처리를 발병현장에서 2주일이내 구제역 병원체를 완전사멸시켜 환경보전 및 보건학적 측면에서 혁신적이고 선진화된 방역 체계를 구축할 것임.
- 초고온 발효시스템으로 돼지 액상분뇨처리 후 최종 발효물의 공정에 100% 리사이클 및 일부 퇴비화로 진정한 자원순환 시스템이 확립되며 이로 인해 국내외 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 시스템의 수요 및 고용창출로 인해 경제적 상승효과를 기대할 수 있을것임.
- 가축사체 처리와 자원화를 통해 시장개척에 기여할 것으로 기대함.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주 우수)

● 본 연구진은 연구계획서 기반으로 계획한 목표를 달성하기 위해 성실히 노력하였음.
- 구제역 이동제한 지역 내 실효적 신속한 돼지 액상분뇨 처리기술의 확립하였음
- 초고온 미생물 제제와 돼지 액상분뇨의 최적 혼합비율 및 융합처리 운전조건 도출하였음
- 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지액상분뇨처리 기술을 매뉴얼화하여 환경영향 최소화 방안 확립하였음
- 돼지 액상분뇨처리 발효물의 기능성(작물 방제효과. 비해 및 작물재배) 및 안전성(환경 생태독성)에 대한 분석 평가함
- 돼지 액상분뇨처리의 병원체 사멸평가 매뉴얼을 확립하였음
- 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 비즈니스 모델을 확립하였음

5. 공개 발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주 우수)

- 본 연구를 수행하는 기간 내 그 연구성과를 활용하여 논문 6편을 투고하였고 대한민국 폐기물처리의 대표적 양대 학술대회에서 이를 발표하였음.

① 초고온 발효기술을 이용한 공동주택단지 음식물쓰레기 현장처리 시스템에 대한 기초연구, 2019년도 (사)유기성자원학회 추계학술대회 : 우수논문상 수상 (2019년 11월 22일)
② 극한환경에서 서식하는 초호열균을 이용한 유기성 폐기물처리에 대한 연구, 2020년도 (사)한국폐기물자원순환학회 춘계학술대회 : 우수논문상 수상 (2020년 11월 12일)
③ 초고온 미생물 발효 배지의 총균수 시험 및 16s rRNA sequencing 기법을 이용한 Metagenome analysis 분석, 2020년도 (사)한국폐기물자원순환학회 추계학술대회
: 우수논문상 수상 (2021년 05월 27일)

- 가축 사체처리 기술을 이용한 특허출원하였으며, 기술이전 부분은 이전 연구(가축사체처리)에서 건국대학교 연구진이 개발한 시험법을 기술이전 하였으며 동일한 시험법이어서 이번(돼지 액상분뇨처리)은 기술이전 하지 않음.

① 국내 특허출원 : 구제역 발생지역 가축 분변 초고온 발효처리 시스템 (2020년)
특허출원번호 : 10-2020-0189060
② 국내 특허공고 : 2021년 6월중 공고 예정임
③ <참조> 기술이전 : “초고온 미생물을 이용한 전염병 발생 지역의 사체처리 공법에 의한 병원체 사멸 평가 시험법”에 관한 노하우 이전 (20.02.11), 기술이전 계약 : 건국대학교 산학협력단 → 신화건설(주), 연구개발자 : 건국대학교 수의과대학 수의학과 최인수 교수

Ⅱ. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
초고온 호기성 발효 시스템에서 돼지 액상분뇨 처리기술의 확립	20	20	- 초고온 미생물제제와 돼지 액상분뇨의 최적 혼합비율 및 융합처리 확립 - 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출
초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨기술의 환경영향 최소화 방안 확립	20	20	- 초고온 호기성 미생물 발효에서 복합악취 및 지정악취 분석 평가 완료 - 기존 가축분뇨처리 비교 국내 적용가능성 및 기술적 타당성, 경제성, 환경영향 분석 평가 완료 - 본 기술을 통해 구제역 발병지역 내에서의 돼지 액상분뇨를 2주일 만에 혁신적으로 처리하는 기술적 지향점을 함유하고 있음.
친환경적이고 지속가능한 돼지 액상분뇨처리기술 개발	20	20	- 돼지 액상분뇨처리 발효물의 퇴비화 품질특성 분석 평가 완료 - 구제역 발병지역의 돼지 액상분뇨처리 중단(standstill)으로 축산 농가 내 처리 및 보관시설의 과부하로 인한 농가들의 불편과 주변 농민들의 악취문제를 실효적으로 해결 가능하며 축산농가에 도움을 줄 것임. - 초고온 호기성 미생물 발효시스템으로 방역 시스템을 선진화하여 사회적 문제 해결이 가능할 것임.
초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리기술의 매뉴얼화	20	20	- 초고온 호기성 발효 시스템을 이용한 현장 매몰식/비매몰식/거점처리식 돼지 액상분뇨처리 매뉴얼 작성 완료 - 초고온 호기성 발효 시스템을 이용한 구제역 감염 돼지 액상분뇨처리 부산물의 병원체 사멸 확인 및 매뉴얼 작성 완료
초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 사업화	20	20	- 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨처리 관련 법규분석을 통한 부산물 활용분야 및 규제영향 법제화 추진 - 구제역 발생빈도가 높은 지역 현장매몰처리 및 거점처리 시스템 사업화 추진
합계	100점	100	

Ⅲ. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 구제역 발병지역에서 초고온 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨 기술을 개발하여 전염성 병원체의 사멸을 확인하였을 뿐만 아니라 이를 통해 돼지 액상분뇨처리기술을 매뉴얼화 하였음.
- 또한 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리기술의 환경영향 최소화 방안을 확보함.
- 이를 통해 구제역 발병지역 새로운 돼지 액상분뇨처리 방역 시스템을 구축하는데 초석이 될 것으로 사료됨.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 본 연구계획에서 병원체 사멸평가 시험법에 대한 기술이전을 하려고 하였으나 이미 선행연구에서 동일 시험법의 기술이전 하였으므로 중첩을 고려해 본 연구에서는 기술이전 하지 않았음을 참조 바람

<참조>

"초고온 미생물을 이용한 전염병 발생 지역의 사체처리 공법에 의한 병원체 사멸 평가 시험법"에 관한 노하우 이전 (20.02.11), 기술이전 계약 : 건국대학교 산학협력단 → 신화건설(주), 연구개발자 : 건국대학교 수의과대학 수의학과 최인수 교수

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 구제역 발병지역의 돼지 액상분뇨처리 중단(standstill)으로 축상 농가내 처리 및 보관시설의 과부하로 인한 농가들의 불편과 주변 농민들의 악취문제를 실효적으로 해결 가능하며 축산농가에 도움을 줄 것임.

- 구제역 발병으로 각 지자체가 안고 있는 구제역 돼지 액상분뇨처리 문제를 초고온 호기성 미생물 발효시스템으로 방역 시스템을 선진화하여 사회적 문제 해결이 가능할 것임.

- 현재 국내 구제역으로 오염된 가축분뇨처리는 구제역 긴급행동 지침 (SOP)상 분뇨에 알카리제를 사용하여 pH 10 이상 되도록 소독 처리하여 23일간 격리시킨 후, 산성제를 이용하여 pH 6~8로 중화하여 가축분뇨 처리요령에 따라 처리해야 하는데 이렇게 처리한 경우 2차 환경오염문제를 유발함.

- 구제역 발병지역의 돼지 액상분뇨처리를 발병현장에서 2주일이내 구제역 병원체를 완전사멸시켜 거점 퇴비화 처리시설에서 효율적으로 처리하는 기술로 환경보전 및 보건학적 측면에서 혁신적이고 선진화된 방역 체계를 구축하는데 도움이 될 것으로 사료됨.

- 기존 구제역으로 오염된 가축분뇨처리는 구제역 긴급행동 지침 (SOP)상 분뇨의 화학적 처리로 임야, 하천, 지하수 등의 오염으로 발생하는 문제에 대해 재처리 비용을 줄여 돼지 액상분뇨처리로 인한 사회경제적 비용을 크게 절감할 것으로 사료됨.

- 초고온 호기성 미생물은 일반 호기성 미생물이 분해할 수 없는 난분해성 유기물을 획기적으로 분해할 뿐만 아니라, 초고온으로 인한 병원균 사멸효과도 탁월하며, 특히 악취제거가 탁월하며 돼지 액상분뇨를 85%이상 감량화함과 동시에 최종산물은 100% 리싸이클 혹은 퇴비화하는 영구적 자원순환시스템임.

- 특히 구제역 발병지역 돼지 액상분뇨를 현장에서 2주일이내 병원균을 완전사멸하고 2차 부산물이 전혀 없는 획기적인 처리공법으로 산업화할 경우 경제산업적 측면에서 수요는 상당할 것임.

Ⅳ. 보안성 검토

-

※ *보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.*

1. 연구책임자의 의견

-

2. 연구기관 자체의 검토결과

-

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	□자유응모과제 ■지정공모과제		분 야	
연구과제명	구제역 이동제한 지역 내에서의 돼지 액상분뇨 초고온 발효기술 및 현장 적용 시스템 개발			
주관연구기관	신화건설(주)		주관연구책임자	권 영 준
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	290,000 천원	96,667 천원	-	386,667 천원
연구개발기간	2019. 08. 30 - 2021. 03. 31 (20개월)			
주요활용유형	■산업체이전 □교육 및 지도 □정책자료 □기타( ) □미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 초고온 호기성 발효 시스템에서 돼지 액상분뇨 처리기술의 확립	- 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨처리 공정의 최적 운전조건 도출
② 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨 기술의 환경영향 최소화 방안 확립	- 초고온 호기성 미생물 발효에서 복합악취 및 지정악취 분석 평가 완료 - 기존 가축분뇨처리 비교 국내 적용가능성 및 기술적 타당성, 경제성, 환경영향 분석 평가 완료
③ 친환경적이고 지속가능한 돼지 액상분뇨처리기술 개발	- 돼지 액상분뇨처리 발효물의 퇴비화 품질특성 분석 평가 완료 - 구제역 발병지역의 돼지 액상분뇨처리 중단(standstill)으로 축산 농가내 처리 및 보관시설의 과부하로 인한 농가들의 불편과 주변 농민들의 악취 문제를 실효적으로 해결 가능하며 축산농가에 도움을 줄 것임. - 초고온 호기성 미생물 발효시스템으로 방역 시스템을 선진화하여 사회적 문제 해결이 가능할 것임.
④ 초고온 호기성 미생물을 이용한 돼지 액상분뇨 처리기술의 매뉴얼화	- 초고온 호기성 발효 시스템을 이용한 현장 매몰식/비매몰식/거점처리식 돼지 액상분뇨처리 매뉴얼 작성 완료 - 초고온 호기성 발효 시스템을 이용한 구제역 감염 돼지 액상분뇨처리 부산물의 병원체 사멸 확인 및 매뉴얼 작성 완료
⑤ 초고온 호기성 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리 사업화	- 구제역 발생빈도가 높은 지역 현장매몰처리 및 거점처리 시스템 사업화 추진

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과목표	사업화지표											연구기반지표									
	지식재산권			기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용등)
												논문								
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시	
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명	건	건	
가중치																				
최종목표	1			1					2						1					
연구기간내 달성실적	1			0					2		1				3					
달성율(%)	100			0					100		100				300					

4. 핵심기술

구분	핵 심 기 술 명
①	구제역 발병지역 매몰식 초고온 호기성 발효 시스템에 의한 돼지 액상분뇨처리시스템
②	구제역 발병지역 비매몰식 초고온 호기성 발효 시스템에 의한 돼지 액상분뇨처리시스템
③	거점처리(퇴비화)시설 초고온 미생물에 의한 돼지 액상분뇨처리시스템
④	초고온 호기성 발효 시스템에 의한 병원체 사멸 평가 시험법

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계최초	국내최초	외국기술복제	외국기술소화·흡수	외국기술개선·개량	특허출원	산업체이전(상품화)	현장애로해결	정책자료	기타
①의 기술	v	v			v	v	v	v	v	
②의 기술	v	v			v	v	v	v	v	
③의 기술					v	v	v	v	v	
④의 기술						v	v			

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	본 기술을 통해 구제역 이동제한 지역 내에서의 돼지 액상분뇨처리 문제점을 해결하며, 동시에 돼지 액상분뇨로 인한 구제역 추가 확산 억제와 최종 발효물의 퇴비화 실용화가 가능해져 방역기술이 개선될 것이며, 축산농가의 어려움을 해결해주는 환경친화적이고 지속가능한 최적의 기술로 활용될 것으로 기대됨
②의 기술	〃
③의 기술	〃
④의 기술	〃

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식재산권			기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책활용·홍보		기타(타연구활용등)
												논문		논문평균IF	학술발표					
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI					정책활용	홍보전시	
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		건		명			
가중치																				
최종목표	1			1					2						1					
연구기간내 달성실적	1			0					2		1				3					
연구종료후 성과창출 계획	0	1		0		2	3000				1				1					

8. 연구결과의 기술이전조건(선행연구시 기술이전을 실시함)

핵심기술명[1]	"초고온 미생물을 이용한 전염병 발생 지역의 사체처리 공법에 의한 병원체 사멸 평가 시험법"에 관한 노하우 이전		
이전형태	□무상 ■유상	기술료 예정액	2,000천원
이전방식[2]	□소유권이전 □전용실시권 □통상실시권 □협의결정 ■기타(노하우 이전)		
이전소요기간	2020.02.10.~2020.04.10.	실용화예상시기[3]	2020.10.30
기술이전시 선행조건[4]	병원체에 대한 근본적 이해 및 PCR, CFU, 16s rRNA 분석을 위한 분석실무 수행을 위한 OJT차원의 기술지도가 필요함		

1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성

2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리

통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리

3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등

4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.