

< Original Article >

매몰된 가축 사체의 부패 촉진 및 토양 비옥화를 위한 *Corynebacterium glutamicum*과 *Bacillus licheniformis* 처리 효과

신유정^{1#} · 허건영^{1#} · 김주형¹ · 김빛나² · 민지호² · 조호성^{3*}

대전 반석고등학교¹, 전북대학교 공과대학 화학공학부², 전북대학교 수의과대학 수의학과 및 전북대학교 생체안전성연구소³

Effect of *Corynebacterium glutamicum* and *Bacillus licheniformis* on livestock material burial treatment

You-Jeong Shin^{1#}, Geon-Young Heo^{1#}, Ju-Hyung Kim¹, Bit-Na Kim², Jiho Min², Ho-Seong Cho^{3*}

¹Daejeon Banseok High School, Daejeon 34076, Korea

²Division of Chemical Engineering, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

³College of Veterinary Medicine and Bio-Safety Research Institute, Chonbuk National University, Iksan 54596, Korea

(Received 24 March 2017; revised 28 March 2017; accepted 29 March 2017)

Abstract

Foot and mouth disease (FMD) is highly infectious disease of cloven-hoofed animals, particularly problematic in cattle, sheep, pigs and goats for economic reasons. Last FMD outbreak in February, 2017 caused tremendous social and economical impacts. The Korean FMD policy aims to vaccinate intact animals and euthanize and bury infected animals to prevent the disease spread. However, there was a problem that the buried livestock did not decompose after several years. Therefore, the study was purposed to investigate the effect of *Corynebacterium glutamicum* and *Bacillus licheniformis* on the degradation of buried cow carcasses and on the soil condition; such as temperature, decomposition course of carcasses, composition of amino acids in the soil around carcasses, and plant root elongation to measure soil conditions. As a result, the composition of amino acids in the soil treated with *C. glutamicum* and *B. licheniformis* was generally higher than those in the untreated soil. Plant roots in soil treated with *C. glutamicum* and *B. licheniformis* grew longer than in non-treated soil. The results suggested that the toxic effect on a grave land buried with FMD infected livestock is reduced when treated with *C. glutamicum* and *B. licheniformis* in regard of odor reduction, promoted decaying process, and soil fertilization.

Key words : *Bacillus licheniformis*, *Corynebacterium glutamicum*, Foot and mouth disease, FMD, Modeled carcass burial site

서 론

최근 국내는 물론이고 전 세계적으로 기후 변화와 국제 교역 및 여행의 증가를 통해 다양한 가축 전염병이 발생하고 있다. 특히 구제역은 2017년 2월 5일 충북 보은군의 젓소 농장에서 최초 발생한 이후 2월

6일 전북 정읍시 한우농장, 8일 경기 연천군 젓소 농장, 9~11일 보은군 한우농장에서 구제역이 추가 발생하여 총 9건이 발생하였고 이로 인해 21개 농가 1,424마리 소 살처분 매몰되었다. 이번 구제역은 2016년 3월 29일 충남 홍성군에서 발생한 이후 11개월 만의 발생이었다.

국내 구제역은 1917년 처음 발생한 이래 1934년까지는 전국적으로 발생하였다. 이후 2000년 3월에 경

*Corresponding author: Ho-Seong Cho, Tel. +82-63-850-0960,
Fax. +82-63-850-0910, E-mail. hscho@jbnu.ac.kr

#These authors contributed equally to this work.

기도, 충북 및 충남지역의 소에서 다시 발생하여 182 농가에서 2,216두를 살처분하였고, 25,914농가 1,522,470두의 우제류 동물에 대하여 이동통제 및 예방 접종을 하였고 그 후 2002년 5월 경기도와 충북지역의 돼지에서 발생하여, 162농가 160,155두를 살처분, 매몰하여 근절하였다(지 등, 2017). 2010년 1월 경기도 포천의 소에서 8년 만에 6농가 29두에서 발생하여, 55농가 5,956두의 우제류에 대하여 살처분을 하였고 4월과 5월에 인천광역시 강화군, 경기도 김포시, 충청북도 충주시 및 충청남도 청양군 지역에서 11농가에서 총 26두가 발생하여, 49,784두의 우제류 동물을 살처분하였다(환경부, 2011). 현재 법정 관리 기간인 3년이 도래되지 않아 관리되고 있는 매몰지는 2014년 돼지 농장 3곳(2009두 매몰), 2015년 185건(소5, 돼지 180건) 발생으로 인한 살처분 196농가 172,798두, 2016년 25개 돼지 농가 33,073두가 매몰된 곳이 있다.

구제역 긴급 행동지침(SOP)에 살처분된 가축을 처리하는데 있어 가장 중요한 원칙은 가축 전염병이 확산되지 않도록 하는데 있다. 기존의 매몰방식의 경우 매몰지를 조성하는데 있어 외부로 유출되지 않게 매몰지 밑면과 옆면에 비닐을 깔고 사체 주변을 생석회로 덮어 사체 내의 병원체가 외부로 유출되는 것을 철저히 막는데 주력하였다. 그러나 이 방식은 사체를 썩게 만드는데는 치명적인 문제가 있으며 3년간의 매몰기간이 지난 후에도 사체가 남아있는 문제가 나타나 환경문제를 야기하는 상황에 이르고 있다(농림축산식품부, 2015; 조와 김, 2012).

현재 매몰하는 방식은 FRP통을 이용하거나 사체를 고온, 고압으로 처리하는 렌더링 방식, 소각, 미생물 처리 방식으로 분류할 수 있다. 친환경적이라 평가받는 호기·호열성 미생물 이용 방식은 땅을 파고 방수 비닐을 깔 뒤 가축사체와 함께 미생물이 자랄 수 있도록 해주는 왕겨·볏짚을 넣고 매몰하는 것을 말하는데 이 방식은 사용되는 미생물에 대한 사체 부패 효율에 대한 과학적 자료가 충분하지 않으며 오히려 매몰지내에 공기를 불어넣어야 하기 때문에 공기를 통한 바이러스 확산 우려가 있는 구제역의 경우는 매몰지 밖으로 공기가 유출되지 않도록 주의를 기울여야 하는 등의 문제가 있을 수 있다. 또한 열이 발생하여 매몰지내 수분이 줄어들 수 있지만 사체가 잘 썩을 수 있도록 공기와 물을 계속 넣어 주어야 하기 때문에 침출수가 획기적으로 줄지 않는 문제도 있다(지 등, 2017).

*Corynebacterium glutamicum*은 아미노산 및 핵산의

공업적 생산을 위해 사용되는 세균으로 G+C 함량이 높은 그람 양성균의 비병원성이고, 운동성이 없으며 포자를 형성하지 않는 통성혐기성이다(Ikeda, 2003). 식품의 풍미제인 글루탐산 나트륨(MSG)의 제조에 사용되는 L-glutamic acid는 연간 150만 톤이 생산되며, 가축 사료 첨가제로 사용되는 L-lysine의 경우 연간 80만 톤이 생산되고 있다. 또한 ethanol, lactic acid, succinate, panthothenate와 같은 범용 및 정밀 화학물질이나 재조합 단백질의 생산을 위한 host로서의 사용 가능성 및 최근에는 오염된 토양의 정화에도 사용될 수 있는 가능성도 제시되고 있다(Kim 등, 2016; Okino 등). 한편 *Bacillus licheniformis*는 *Bacillus*속의 한 균주로 장류의 발효, 단백질 분해효소의 생산 및 가축의 성장 촉진, 사료 이용률 증진 등의 목적으로 사용되고 있다(Larsen 등, 2014; Park 등, 2015; Sanders 등, 2003).

따라서 본 논문에서는 간이 실험 장치를 이용하여 소 사체의 부패과정과 토양 환경의 비옥화를 촉진함과 동시에 악취 저감 효과를 위한 방안으로 *Corynebacterium glutamicum*과 *Bacillus licheniformis* 처리의 효능을 확인하는 것을 통해 기존 가축 매몰지 조성에 대한 개선 방안을 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

공시 세균 및 배양 조건

Corynebacterium glutamicum ATCC 13032 (America Type Culture Collection, USA)를 SA배지(glucose 10 g/L, urea 1 g/L, polypeptone 10 g/L, yeast extract 5 g/L, beef extract 5 g/L, NaCl 2.5 g/L, Agar 22 g/L)에 접종한 후 37°C에서 24시간 배양하였다(Sambrook과 Russell, 2001). 배양된 세균은 15,000 rpm에서 20분 원심분리 후 침전물을 1% yeast 추출액에 재부유 하였다(Chang 등, 1997). 균체 농도 측정은 610 nm 파장에서 흡광도(optical density) 측정하여 세균이 10^7 CFU/mL이 되도록 하였다.

Bacillus licheniformis (ATCC 14580)은 Tryptic Soy Broth (TSB, BD, USA) 배지 10 mL에서 37°C 24시간 배양한 후 배양된 균을 8,000 rpm, 40분 원심 분리 후 각 실험군당 10^7 CFU/mL이 처리 되도록 분주하여 실험에 이용하였다.

실험 디자인

실험군은 우육만 넣고 아무것도 처리하지 않은 음성대조군(NC), 우육에 *C. glutamicum*을 처리한 군, 우육에 *B. licheniformis*를 처리한 군 및 우육에 *C. glutamicum*과 *B. licheniformis*를 동시에 처리한 군으로 총 4개 군을 설정하였다. 간이 매몰장치는 멸균한 병에 흙을 넣고 중심에 우육 20 g을 놓은 다음 흙을 채워 시험 매몰 장치를 제작하였다. 제작된 매몰장치는 25°C에서 총 12일 동안 진행하였다.

토양 부패과정 관찰, 무게 측정 및 토양 회수

실험이 진행되는 12일 동안 4개 그룹의 토양에 대한 부패과정을 관찰하고 평가하였다. 토양의 부패과정은 매일 색, 냄새, 모양을 관찰하였으며 평가 기준을 정하기 위하여 토양의 원래색이 적색(0점)에서 검정색(5점)으로 변해가는 과정을 평가하였다. 냄새의 경우는 냄새가 없는 경우를 0점으로 하고 매우 심한 냄새(달걀썩는 정도)를 5점으로 평가하였다. 사체의 변화는 형태가 정상적으로 유지되는 경우를 0점으로 하고 그 형체가 완전히 사라지는 것을 5점으로 평가하였다.

실험 12일째에 각각의 그룹의 우육 상태를 관찰하고 무게를 측정하였으며 주변부 토양을 회수하였다. 이후 실험에 사용하기 전까지 4°C에 보관하였다.

토양내 아미노산 분석

토양내 유용 아미노산 분석을 위해 각 그룹의 중심부 토양 10 g을 이용하였으며 Nova-Pak™ C14 column과 Waters 747 scanning fluorescence detector (Waters Co., USA)를 장착한 High-performance liquid chromatography (HPLC; Waters Alliance 2690 Analytical HPLC system)를 사용하였다.

뿌리 성장 실험(Root Elongation Test)

뿌리 성장 실험은 United States Environmental Protection Agency protocols에 따라 일부를 변형하여 수행하였다(Chang 등, 1997). 실험은 배양된 흙을 페트리디쉬에 넣고 3반복 진행하였다. 배양된 흙 시료는 0%, 50%, 100%로 희석한 후 sea sand (20 meshes)에 섞어 사용하였다. 귀리(oats, *Avena sativa*)는 국립식량

과학원에서 분양 받아 사용할 때까지 실온에 보관하였다. 각각의 페트리디쉬에 10개의 귀리를 흙 위에 놓고 실온에서 5일간, 20°C에서 25°C 사이의 조건에서 배양하였으며 뿌리의 길이를 버니어 캘리퍼스 측정하였다.

통계 분석

데이터의 통계적 분석을 위해 SPSS (V12.0, USA)를 이용하였다. 모든 결과는 평균±표준편차(SD)로 표시하였고, $P < 0.05$ 유의성 검정을 위해 이원분산분석(Two-way ANOVA test)와 Duncan method를 사용하였다.

결 과

부패 과정 및 무게 변화

실험기간 동안 매일 매몰지의 색, 냄새, 모양을 관찰하여 Table 1과 같이 정리하였다. 무처리 군의 경우 실험 5일째부터 색, 냄새, 모양의 변화가 있었음에 반해 *C. glutamicum* 처리군과 *B. licheniformis* 처리군에서는 3일째에 색, 냄새, 모양의 변화가 나타났으며 *C. glutamicum*과 *B. licheniformis* 동시 처리군에서는 2일째부터 색, 냄새, 모양의 변화가 나타났음을 확인하였다. 냄새의 경우 *B. licheniformis* 단독 처리군에서 실험 개시 9일 후부터 냄새가 줄어들기 시작한 후 실험 종료시점인 12일에는 실험 1일째와 유사한 정도의 냄새를 확인할 수 있는 것이 다른 그룹과의 차이점이었다.

실험 12일째 실험 종료 후 시료의 무게는 처음 20 g이었던 것과 비교할 때 무처리 대조군의 경우 11.69 ± 1.12 g이었고 *C. glutamicum* 처리군은 8.64 ± 0.92 g, *B. licheniformis* 처리군은 12.28 ± 0.81 g, *C. glutamicum*과 *B. licheniformis* 동시 처리군에서는 15.94 ± 1.23 g으로 확인되어 우육 시료의 무게는 *C. glutamicum* 처리군에 가장 많이 줄어들어 확실한 부패가 진행되었음을 확인할 수 있었다.

아미노산 분석 결과

각각의 그룹에서 얻은 토양의 아미노산 분석 결과는 Table 2와 같으며 *C. glutamicum* 처리 토양속 귀리가 가장 잘 자란 이유가 아미노산 함량이 증가하였기

Table 1. Changes of color, odor and shape of beef treated with *Corynebacterium glutamicum* and *Bacillus licheniformis* in the soil

	Untreated (Normal soil)			<i>C. glutamicum</i> treated			<i>B. licheniformis</i> treated			<i>C. glutamicum</i> + <i>B. licheniformis</i> treated		
	Color	Odor	Shape	Color	Odor	Shape	Color	Odor	Shape	Color	Odor	Shape
Day 1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Day 2	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
Day 3	1.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7
Day 4	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7
Day 5	1.5	1.5	2.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.7	2.5	2.5
Day 6	2.0	1.7	2.5	3.5	2.7	3.0	2.0	2.2	2.2	3.0	2.5	3.0
Day 7	2.5	1.9	2.9	3.7	3.0	3.5	2.5	2.5	2.5	3.3	3.0	3.5
Day 8	2.5	2.2	2.9	4.0	3.0	4.0	2.6	2.6	2.5	3.3	3.0	3.5
Day 9	3.0	3.0	3.5	4.5	2.5	4.5	3.0	2.7	3.0	3.5	3.5	4.0
Day 10	3.5	3.5	3.5	5.0	2.0	4.5	3.5	2.7	3.5	3.5	3.5	4.0
Day 11	4.0	4.0	3.5	5.0	1.5	4.5	4.0	2.8	3.5	4.0	3.5	4.5
Day 12	4.0	4.5	3.5	5.0	1.0	4.5	4.0	2.8	4.0	4.5	3.5	4.6

*Color: 0 (red)~5 (black), Odor: 0 (none)~5 (severe), Shape: 0 (maintained)~5 (no shape).

Table 2. Analysis of the composition of amino acids in the soils untreated and treated with *Corynebacterium glutamicum*, *Bacillus licheniformis* and *Corynebacterium glutamicum*+*Bacillus licheniformis*

Amino acid	Production (mM)			
	Untreated ^{a)}	<i>C. glutamicum</i> treated	<i>B. licheniformis</i> treated	<i>C. glutamicum</i> + <i>B. licheniformis</i> treated
Asparate	0.09±0.03	0.14±0.02	0.10.04	0.13±0.03
Glutamate	0.61±0.12	0.82±0.07	0.62±0.03	0.80±0.07
Serine	0.00±0.00	0.09±0.02	0.03±0.01	0.10±0.02
Glycine	0.05±0.01	0.09±0.01	0.06±0.01	0.07±0.01
Threonine	0.04±0.01	0.11±0.02	0.04±0.01	0.10±0.02
Arginine	0.02±0.01	0.07±0.01	0.03±0.01	0.06±0.01
Alanine	0.13±0.02	0.23±0.01	0.18±0.03	0.24±0.03
Proline	0.15±0.03	0.23±0.02	0.20±0.04	0.20±0.02
Valine	0.08±0.02	0.14±0.01	0.10±0.01	0.14±0.01
Isoleucine	0.05±0.02	0.08±0.01	0.05±0.01	0.07±0.01
Leucine	0.00±0.00	0.10±0.02	0.80±0.02	0.10±0.02
Lysine	0.06±0.03	0.06±0.03	0.06±0.02	0.06±0.03
Phenylalanine	0.06±0.01	0.08±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02

^{a)}Soil sample untreated with *Corynebacterium glutamicum* and *Bacillus licheniformis*.

때문임을 확인하였음.

뿌리 성장 실험 결과

각 그룹별 토양에서의 귀리 뿌리 성장 실험 결과는 Fig. 1과 같다. 또한 각 그룹별 귀리 뿌리의 길이 결과는 Table 3과 같으며 무처리 대조군에서 13.52±0.92 cm인 것에 비해 *C. glutamicum* 처리 토양에서 31.65±3.60 cm의 가장 좋은 효과가 있음을 확인하였다. 이 결과는 *B. licheniformis*를 처리한 군의 18.24±1.83 cm 보다

길었으나 *C. glutamicum*과 *B. licheniformis*를 동시에 처리한 29.73±7.45 cm과는 통계적 유의성이 나타나지 않았다.

고 찰

국내에서는 가축전염병 발생시 최단시간에 감염가축을 포함한 감염 농장 가축의 안락사를 포함한 살처분 정책을 취하고 있다(농림축산식품부, 2015). 가축

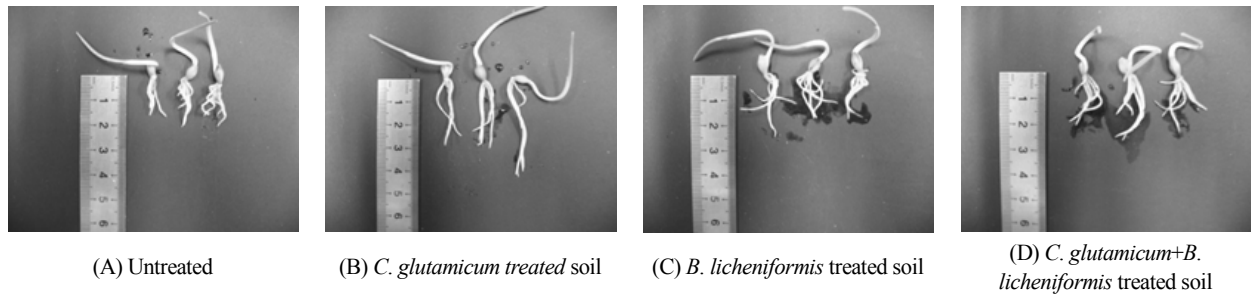


Fig. 1. *Avena sativa* (oat) root length in soils untreated (A) and treated with *Corynebacterium glutamicum* (B), *Bacillus licheniformis* (C) and *Corynebacterium glutamicum*+*Bacillus licheniformis* (D), 5 days after planting.

Table 3. Results of root elongation test for burial soil samples treated with *Corynebacterium glutamicum* and *Bacillus licheniformis*^{a)}

Species	Root length (mm) ^{b)}			
	Untreated ^{c)}	Treated ^{d)}		
		<i>C. glutamicum</i>	<i>B. licheniformis</i>	<i>C. glutamicum</i> + <i>B. licheniformis</i>
<i>Avena sativa</i> (oat)	13.52±0.92 ^{e)}	31.65±3.60	18.24±1.83	29.73±7.45***

^{a)}Seeds were plated in the burial soil samples after 5 days of incubation at room temperature. All the results represent the data from at least three independent experiments.

^{b)}Root length was measured 5 days after planting.

^{c)}Seeds were planted in the soil untreated with *Corynebacterium glutamicum* and *Bacillus licheniformis*.

^{d)}Seeds were planted in the soil treated with *Corynebacterium glutamicum* and *Bacillus licheniformis*.

^{e)}Data are expressed as the mean±SD (***) $P < 0.001$ compared to other untreated and treated group).

전염병 예방법상 가축 매몰지를 조성하는 목표는 가축 전염병의 확산을 막는 것이며 이를 위해 사체 주변의 생석회 처리, 조성된 매몰지의 발굴 금지 등의 조치를 병행하고 있다. 그러나 최근 가축전염병의 창궐로 인한 다수의 매몰지 생성과 원인 병원체 확산의 우려가 없는 법정 관리 기간이 종료된 매몰지를 원래의 목적으로 되돌리는 과정에서 사체의 부패가 충분히 일어나지 않아 문제가 되고 이에 대한 원인 분석과 대책 마련에 많은 노력을 기울이고 있다. 이와 같은 문제에는 몇 가지 점에서 생각해야 할 점이 있다. 먼저 가축 사체를 일반 폐기물에 준하여 접근하는 방식에 있어서 문제가 있었다. 가축 전염병의 특성상 이동이 금지되고 차단방역을 고려한 매몰지 조성은 일반 폐기물 처리 방식을 거의 적용하지 못하는 상황을 만들었다. 따라서 제시해야 할 목표는 가축 매몰지가 병원체가 누출되지 않으면서 냄새 없이 부패가 빨리 일어나 비옥한 토양으로 활용되어야 한다는 것이다.

올해 발생한 구제역으로 인한 가축 매몰지 조성 방식은 충북 보은의 젃소농장 5곳 377두와 전북 정읍의 한우농장 6곳 339두는 호기·호열 미생물 방식을 적

용하였고 경기도 연천의 젃소 목장 1곳 100두는 FRP 통을 이용한 방식을 활용하였다. 이 두 방식 모두 기존의 매몰방식에서 사체의 부패를 촉진하는 방향으로 개선을 한 방법이다. 그러나 이 두 방식에 대한 점검과 개선이 여전히 필요한 상황이다. FRP 통을 이용한 매몰방식은 대량의 소를 매몰하는데 한계가 있고 친환경적이라 평가받는 호기·호열성 미생물 이용 방식으로 땅을 파고 방수 비닐을 깔 뒤 가축사체와 함께 미생물이 자랄 수 있도록 해주는 왕겨·볏짚을 넣고 매몰하는 것이지만 이 방식은 오히려 공기를 불어넣어야 하기 때문에 공기 확산우려가 있는 구제역의 경우는 매몰지 밖으로 공기가 유출되지 않도록 세심한 주의를 기울여야 하는 등의 문제가 있다. 또한 열이 발생하기 때문에 매몰지내 수분이 줄어들게 되고 이를 막기 위해 물을 계속 추가해야 하기 때문에 침출수가 늘어날 가능성이 많기 때문이다. 가축 사체에 처리되는 생석회도 여전히 이 상황을 어렵게 만드는 요인 중 하나다. 매몰 원인 병원체 차단을 위해 처리되는 생석회가 오히려 부패균의 생존을 어렵게 하기 때문에 부패를 방해하는 요인이 된다. 따라서 이에 대한 다양한 적용 방법에 대한 논의도 필요하다.

본 연구의 결과에서와 같이 매몰지의 미생물 처리에 있어서는 *C. glutamicum*와 *B. licheniformis*를 동시 처리하는 것이 효율적이라는 결론을 얻었다. *C. glutamicum*과 *B. licheniformis* 동시 처리군에서는 다른 군보다 빠른 실험 2일째부터 색, 냄새, 모양의 변화가 나타남을 확인하였고 시료의 무게에 있어서도 *C. glutamicum*과 *B. licheniformis* 동시 처리군에서는 15.94 ± 1.23 g으로 비록 *C. glutamicum* 처리군에서 8.64 ± 0.92 g에 비하면 높기는 하지만 부패과정이 활발하게 일어났음을 확인할 수 있었다. 실험 이후의 토양을 이용한 뿌리 성장 실험 결과에 있어서도 무처리 대조군에서 13.52 ± 0.92 cm인 것에 비해 *C. glutamicum* 처리 토양에서 31.65 ± 3.60 cm의 가장 좋은 효과가 있음을 확인하였으나 *C. glutamicum*과 *B. licheniformis*를 동시에 처리한 29.73 ± 7.45 cm과는 통계적 유의성이 나타나지 않은 동일한 결과를 확인할 수 있었다.

가축 사체의 부패 정도를 평가하기 위한 실험에 있어 반응 온도의 결정은 중요한 요인이다. 매몰 사체의 부패 정도를 실험한 이전 연구들에서는 28.2°C 조건에서 매몰 사체의 부패실험을 진행하여 *C. glutamicum*의 사체 분해 효과를 검증(김 등, 2016; Cho, 2012)하였으나 본 연구에서는 25°C 로 설정하여 진행하였다. 이에 대한 근거로는 우리나라 지역별 깊이에 따른 토양온도는 지표에서 5미터내 온도는 가장 더운 서귀포 지역에서도 여름철에 $25.4 \sim 27.6^\circ\text{C}$ 를 유지하는 것으로 확인되어 반응조건은 최고 온도를 기준으로 할 때 25°C 를 넘지 않는 것이 타당하다고 판단하였다(현 등, 2013).

현재와 같은 상황에서는 구제역과 고병원성 AI가 재발할 가능성이 여전히 높다. 이로 인한 가축 매몰지도 늘어날 수 밖에 없다. 또한 가축 매몰지가 생겨나는 이유가 이 두 병원체 외에도 더 있다는 것이 문제이다. 국내 2014년부터 2016년 까지 3년 동안의 가축전염병발생통계를 살펴보면 소 브루셀라병은 현재 매몰지 발굴의 법정 기간이 지나지 않은 곳이 2014년 129건(727마리), 2015년 78건(385마리), 2016년 59건(351마리)로 총 266건(1,463마리)이며 소 결핵병은 2014년 854건(4,109마리), 2015년 653건(2,885마리), 2016년 512건(2,460마리)으로 총 2,019건(9,464마리)이 매몰되어 있다(국가동물방역통합시스템, 2016). 다시 말해 최근 3년 동안 이 두 질병으로 인해 새로 생성된 매몰지가 전국적으로 총 2,285개이며 이곳에 10,877마리의 소가 매몰되어 있다. 더욱 중요한 점은 이 두 질병이 구제역과는 달리 사람에게 감염 위험이 있는

인수공통전염병이라는데 문제가 있다. 따라서 가축 매몰지를 조성하는데 차단방역과 부패촉진 2가지 모두를 염두에 둔 방식을 적용하는데 다양한 노력을 기울여야 하며 본 연구에서 제시한 2종의 미생물 처리가 호기·호열성 미생물 처리 방식을 개선하는데 도움을 줄 수 있을 것이며 추후 이에 대한 실증 연구를 포함한 체계적인 연구도 필요하다고 판단된다.

결론

이번 연구에서는 가축 매몰지 내에서의 사체 부패 과정에 대한 촉진 효과 확인을 위해 간이 가축 매몰 시험장치를 제작하고 *Corynebacterium glutamicum*과 *Bacillus licheniformis*를 처리하는 것으로 악취 저감, 부패 촉진 및 토양 비옥화 효과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 사체의 부패 과정 관찰 결과 *C. glutamicum*과 *B. licheniformis* 동시 처리군에서 다른 군보다 빠른 실험 2일째부터 색, 냄새, 모양의 변화가 나타남을 확인하였고 시료의 무게도 무처리 대조군에 비해 유의적으로 감소함을 확인하였다.

2. 실험 이후의 토양을 이용한 뿌리 성장 실험 결과 무처리 대조군에 비해 *C. glutamicum*과 *B. licheniformis*를 동시에 처리한 군에서 통계적 유의성이 나타나 매우 효과적임을 확인하였다.

이를 통해 가축 매몰지의 미생물 처리에 있어서는 악취발생, 부패과정 촉진 및 토양 비옥화 등의 모든 면을 고려할 때 *C. glutamicum*와 *B. licheniformis*를 동시 처리하는 것이 효율적이라는 결론을 얻었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 가축질병대응기술개발 생명산업기술개발사업(관리번호: 315046-2)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- 국가동물방역통합시스템 (KAHIS). 2016. 법정가축전염병 발생현황. <http://www.kahis.go.kr/home/lkntscinfo/selectLkntsOccrmcList.do>.
- 농림축산식품부 2015. 구제역 긴급 행동 지침[SOP]. pp. 1-277.

- 조호성, 김건하. 2012. 가축매몰지 환경관리에 있어 차단방역의 필요 및 절차. 수질보전 한국물환경학회지, 28: 305-312.
- 지인배, 허 덕, 김현중, 김원태, 한봉희, 김진년, 정세미. 2017. 구제역 발생 현황과 방역 체계 개선 방안. 한국농촌경제연구원 현안분석, 제 27호, pp. 1-14.
- 현병근, 손연규, 박찬원, 송관철, 전현정, 조현준, 문용희, 노대철, 이승빈, 이덕배. 2013. 우리나라 토양 온도상의 변화 분석. 한국토양비료학회 춘계학술대회 발표회 논문 초록집, pp. 135-136.
- 환경부. 2011. 가축매몰지 환경관리지침, pp. 1-29.
- Chang LW, Meier JR, Smith MK. 1997. Application of plant and earthworm bioassays to evaluate remediation of a lead contaminated soil. Arch Environ Contam Toxicol 32: 166-171.
- Cho HS. 2012. Detection of foot-and-mouth disease virus and coxsackievirus in the soil and leachate of modeled carcass burial site. Korean J Vet Serv 35: 255-261.
- Ikeda M. 2003. Amino acid production processes. Adv Biochem Eng Biotechnol 79: 2-35.
- Kim BN, Cho HS, Cha Y, Park JK, Kim G, Kim YH, Min J. 2016. Effect of *Corynebacterium glutamicum* on Livestock Material Burial Treatment. J Microbiol Biotechnol 26: 1404-1408.
- Larsen N, Thorsen L, Kpikpi EN, Lauridsen BS, Cantor MD, Nielsen B, Brockmann E, Derkx PMF, Jespersen L. 2014. Characterization of *Bacillus* spp. strains for use as probiotic additives in pig feed. Appl Microbiol Biotechnol 98: 1105-1118.
- Okino S, Noburyu R, Suda M, Jojima T, Inui M, Yukawa H. 2008. An efficient succinic acid production process in a metabolically engineered *Corynebacterium glutamicum* strain. J Appl Microbiol Biotechnol 81: 459-464.
- Park HS, Jo SW, Yim EJ, Kim YS, Moon SH, Cho HS, Kim HY, Cho YS, Cho SH. 2015. Isolation and characterization of a *Bacillus* spp. for manufacturing the feed additives in livestock. Korean J Microbiol 51: 419-426.
- Sambrook J, Russell DW. 2001. Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 3rd Ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York.
- Sanders ME, Morelli L, Tompkins A. 2003. Sporeformers as human probiotics: *Bacillus*, *Sporolactobacillus*, and *Brevibacillus*. Comp Rev Food Sci Food Safety 2: 101-110.