

가축분퇴비와 유기질비료에서 병원성박테리아의 분포도 분석

정규석^{1,2} · 허성기¹ · 노은정¹ · 이동환¹ · 윤종철¹ · 김계훈^{2*}

¹농촌진흥청 국립농업과학원, ²서울시립대학교 환경원예학과

Prevalence of Pathogenic Bacteria in Livestock Manure Compost and Organic Fertilizer

Kyu-Seok Jung^{1,2}, Sung-Gi Heu¹, Eun-Jung Roh¹, Dong-Hwan Lee¹, Jong-Chul Yun¹, and Kye-Hoon Kim^{2*}

¹National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

²Dept. of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

In recent years, there has been an increasing public concern about fecal contamination of water, air and agricultural produce by pathogens residing in organic fertilizers such as manure, compost and agricultural by-products. Efforts are now being made to control or eliminate the pathogen populations at on-farm level. Development of efficient on-farm strategies to mitigate the potential risk posed by the pathogens requires data about how the pathogens prevail in livestock manure composts and organic fertilizers. Microbiological analysis of livestock manure composts and organic fertilizers obtained from 32 and 28 companies, respectively, were conducted to determine the total aerobic bacteria count, coliforms, *Escherichia coli* count and the prevalence of *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Cronobacter sakazakii*. The total aerobic bacteria counts in the livestock manure composts and organic fertilizers were in the range of 7 to 9 log CFU g⁻¹ and 4 to 6 log CFU g⁻¹, respectively. In the livestock manure composts, coliforms and *E. coli* were detected in samples obtained from 4 and 2 companies, respectively, in the range of 2 to 5 log CFU g⁻¹ and 2 log CFU g⁻¹. In the organic fertilizers, coliforms and *E. coli* were detected in samples obtained from 4 and 1 companies, respectively, in the range of 1 to 3 log CFU g⁻¹ and 2 log CFU g⁻¹. In 3 out 32 compost samples, *B. cereus* was detected, while other pathogens were not detected. In 28 organic fertilizers, no pathogens were detected. The complete composting process can result in the elimination of pathogens in livestock manure compost and organic fertilizer. The results of this study could help to formulate microbiological guidelines for the use of compost in environmental-friendly agriculture. This research provides information regarding microbiological quality of livestock manure compost and organic fertilizer.

Key words: Livestock manure compost, Organic fertilizer, Foodborne pathogens, Microbial analysis

서 언

최근 웰빙문화와 개인건강유지가 사회적 화두로 떠오르면서 소비자들은 특별한 열처리가 필요 없거나 간단한 열처리 등으로 최소 가공된 ready-to-eat 형태의 식품을 선호하는 경향이 증가하고 있다 (Ahn et al., 1999). 대표적인 비가열 농식품으로 곡류, 과채류, 엽채류 등을 들 수 있는데 이들 식품은 가열 가공공정을 거치지 않으므로 여러 가지 생리기능성이 높아지는 반면에 농식품 내에 존재하는 미생물 또한 그대로 유지될 수밖에 없는 문제점을

내포하고 있다. Ueda (1993)는 상추, 깻잎 등의 채소류에서 식중독균인 *Bacillus cereus*가 검출되었다고 보고하였고, Kim et al. (2006)은 야채류, 구근류 등에서 대장균군, 대장균, *B. cereus* 등이 검출되었다고 하였다. 우리나라 식품공전에는 쌈채소를 포함한 신선 편이 식품은 식중독균 중 *Salmonella* spp.와 *Escherichia coli* O157:H7이 검출되어서는 안 된다고 명시되어 있다 (KFDA, 2008). 이와 같이 신선 채소 등의 소비가 증가하면서 이로 인한 식중독 사고의 위험성이 높아질 수 있다. 미국의 경우 1990년부터 2001년 사이, 오염된 신선 야채 등으로 인한 식중독 사고는 총 148건으로 이는 모든 식중독 사고 중 9%에 해당된다고 하였다 (Smith et al., 2002). 농산물과 관련된 대부분의 식중독 사고는 수확하기 전 몇 가지 경로를 통

접수 : 2011. 8. 26 수리 : 2011. 10. 14

*연락처 : Phone: +82222102605

E-mail: johnkim@uos.ac.kr

하여 작물을 오염시킨 병원균 때문에 발생한다 (Burnett et al., 2001). 병원균은 토양, 관개수, 가축분변, 먼지, 미숙 퇴비 등에 존재할 수 있다. 식중독 사고를 일으키는 병원성 미생물은 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *B. cereus* 등이 있다.

축산분뇨에는 각종 다양한 유기물 및 무기물을 포함하고 있어서 퇴비화하여 토양에 환원할 경우 토양을 비옥하게 하고 생산량을 증대시킬 수 있는 좋은 비료 자원이 될 수 있다 (Beadet et al., 1990). 그러나 축산분뇨에는 인간의 건강에 해를 끼칠 수 있는 다양한 병원성 미생물도 포함되어 있다 (Sukhbir et al., 2007). 만약 병원성 미생물이 퇴비 등의 농자재에 존재한다면 농작업 중 관개수나 작물을 오염시킬 수 있게 되고, 이 오염된 작물을 인간이 섭취할 경우 식중독 사고가 발생할 수 있다. 퇴비화 과정 중 발생하는 고온은 가축분뇨에 존재하는 유해 미생물을 사멸시킬 수 있고 (Hess et al., 2004), 분뇨의 무게를 50~80% 줄일 수 있으며 그로 인해 운반비용도 줄일 수 있다 (Changa et al., 2003). Hill and Sonsey (2001)는 퇴비화 과정 중 병원성 미생물의 생존에 영향을 미치는 요인으로 온도, 습도, pH, 처리방법, 호기조건, 미생물간 경쟁, 부숙기간 등이 있다고 하였다.

미국이나 EU에는 퇴비내의 병원성 미생물 검출유무와 양에 대한 기준이 있지만 (Brinton et al., 2009) 우리나라에는 병원성 미생물 기준이 없는 실정이다. 그러므로 우리나라에서 유기농산물 등의 생산에 이용되는 가축분 퇴비, 유기질비료 등 농자재에 존재하는 병원성 미생물의 분포를 알아보는 것은 이들 농자재를 이용하여 재배된 농작물의 안전성을 확인하는데 있어 매우 중요하다고 할 것이다. 본 연구는 국내에서 유통되는 가축분 퇴비와 유기질비료를 대상으로 대장균 등 병원성 미생물의 존재 유무를 확인하고 가축분 퇴비 등의 친환경 유기농자재의 유해 미생물 기준설정에 도움을 주고자 수행하였다.

재료 및 방법

검체 채취 대상 및 방법 국내 지역을 경기도, 강원도, 충청도, 전라도, 경상도로 크게 5그룹으로 구분한 후 국내 축산의 주요 축종인 소, 돼지, 닭의 분뇨를 주원료로 생산, 유통되는 가축분 퇴비와 박(粕) 종류가 주원료인 유기질 비료를 수집하였다. 가축분 퇴비는 약 32지점, 유기질 비료는 약 28지점에서 검체를 채취하였다. 검체는 다음과 같이 채취하였다. 가축분 퇴비와 유기질비료는 완제품으로 생산된 것으로 시중에서 널리 유통되는 것을 검체로 채취하였고 채취된 시료는 냉장상태로 보관하여 실험실로 운반한 후 냉장보관하면서 24시간 이내에 시험을 실시하였다.

대상균주의 분리 및 동정방법 총균수, 대장균군, *E. coli*의 분리는 채취한 시료를 무균적으로 균질화 한 뒤 25 g을 취해서 buffered peptone water (Difco) 225 mL에 접종한 후 stomacher (easyMIX, AES CHEMUNEX, France) 로 2분 동안 균질화 하였다. 이때 각 시료는 증균 과정 없이 직접 petrifilm (3M)에 도말하였다. 모든 petrifilm (3M)은 37°C, 24~48시간 배양하고 *E. coli*는 기포가 있는 푸른색 집락을, 대장균군은 기포가 있는 적색집락을 선택하여 개수하였다. 병원성 미생물은 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *C. sakazakii*, *B. cereus*등을 조사하고 식품공전법 (KFDA, 2008)에 준하여 시험을 실시하였다. 채취한 시료를 무균적으로 균질화 한 뒤 25 g을 취해서 각각의 증균 배양액 225 mL에 접종한 뒤 18~24시간 배양하였다. 선택배양은 증균 배양액 10 µL를 취해서 각 선택배지에 도말하고 18~24시간 배양하였다. 의심집락은 API test (bioMerieux, Marcy l'Étoile, France), Latex test (Oxoid Ltd., Hampshire, UK) 또는 PCR을 수행하여 동정하였다.

Table 1. Selective broth, selective agar, and confirmation protocols for qualitative analysis of foodborne pathogens.

Pathogens	Enrichment broth (Incubation interval)	Selective agar	Confirmation
<i>Salmonella</i> spp.	Lactose broth (37°C, 24 hr) & Rappapot-Vassiliadis medium (42°C, 24 hr)	Xylose lysine desoxycholate agar (XLD)	Latex Coagulation Test & API 20E Test & PCR
<i>Eshcherichia coli</i> O157:H7	mEC media (37°C, 24 hr)	Macconkey sorbitol agar	Latex Coagulation Test & PCR
<i>Staphylococcus aureus</i>	Mannitol salt agar with egg yolk (37°C, 24 hr)	Baird-Parker agar	API 20E Test & PCR
<i>Listeria monocytogenes</i>	UVM-modified <i>Listeria</i> enrichment broth (37°C, 24h) & Fraser <i>Listeria</i> broth (37°C, 24 hr)	Oxford agar base / Oxford supplement	API <i>Listeria</i> Test & PCR
<i>Cronobacter sakazakii</i>	Buffered peptone water (37°C, 24 hr) & <i>Enterobacteriaceae</i> enrichment broth (37°C, 24 hr)	Oxiod Chromogenic <i>Cronbacter sakazakii</i> agar or OK agar	API 20E Test & PCR
<i>Bacillus cereus</i>	-	Mannitol-egg yolk-polymyxin (MYP)	API 50CHB Test & PCR & 16s rRNA

결과 및 고찰

가축분 퇴비, 유기질 비료 중의 총균수와 대장균군 / *E. coli*의 분포 전국에서 유통되는 가축분 퇴비 32종과 유기질 비료 28종을 대상으로 총균수, 대장균군/*E. coli*의 검출현황을 조사한 결과는 Table 2, 3과 같다. 가축분 퇴비 32종과 유기질 비료 28종의 총균수는 각각 5.09~9.68 log CFU g⁻¹, 3.16~7.09 log CFU g⁻¹이었다. 총균수에서는 유기질 비료가 가축분 퇴비보다 더 낮은 미생물

분포를 보였고, 특히 퇴비의 경우에는 총 32종 중 약 88%가 7 log CFU g⁻¹ 이상의 수준을 보였다. Kim (2000)의 보고에 의하면 농산물에서 총균수가 7~8 log CFU g⁻¹의 수준일 경우 균 제거를 위한 전처리 없이 섭취할 경우 식중독을 일으킬 가능성이 있다고 하였다. Krueger et al. (2002)은 축산 분변에서는 8 log CFU g⁻¹ 이상의 총균수가 검출된다고 보고하였고, 또 Salanitro et al. (1997)는 축산분변에 9~10 log CFU g⁻¹ 수준의 총균수가 존재한다고 하였다.

가축분 퇴비와 유기질 비료에서 대장균군은 각각 32종 중 4종 (12.5%)에서, 28종 중 4종 (14.2%)에서 검출되었고,

Table 2. Population of total aerobic bacteria, coliforms, and *E. coli* in livestock manure compost. (Unit: log CFU g⁻¹)

Sample	Total aerobic bacteria	Coliforms	<i>E. coli</i>
1	9.00 ± 0.09	ND [†]	ND
2	8.83 ± 0.39	ND	ND
3	9.06 ± 0.26	ND	ND
4	8.76 ± 0.61	ND	ND
5	9.14 ± 0.29	ND	ND
6	8.68 ± 0.02	ND	ND
7	8.46 ± 0.62	ND	ND
8	9.68 ± 0.70	ND	ND
9	7.97 ± 0.66	ND	ND
10	8.36 ± 0.32	3.45 ± 0.24	2.62 ± 0.15
11	9.01 ± 0.15	ND	ND
12	9.46 ± 0.11	ND	ND
13	9.12 ± 0.59	ND	ND
14	8.60 ± 0.07	ND	ND
15	8.15 ± 0.09	ND	ND
16	8.70 ± 0.35	ND	ND
17	8.98 ± 0.21	ND	ND
18	8.74 ± 1.01	ND	ND
19	9.42 ± 0.56	ND	ND
20	9.38 ± 0.15	2.77 ± 0.50	ND
21	6.53 ± 0.15	2.85 ± 1.20	2.85 ± 1.20
22	9.48 ± 0.05	ND	ND
23	8.86 ± 0.23	ND	ND
24	9.11 ± 0.14	ND	ND
25	6.50 ± 0.29	ND	ND
26	7.66 ± 0.43	ND	ND
27	7.89 ± 0.17	ND	ND
28	9.23 ± 0.36	4.63 ± 0.89	ND
29	5.09 ± 0.19	ND	ND
30	7.25 ± 0.48	ND	ND
31	6.98 ± 0.57	ND	ND
32	7.94 ± 0.26	ND	ND
Average	8.44 ± 0.33	3.42 ± 0.71 (12.5%)	2.73 ± 0.68 (6.3%)

[†]ND, not detected (< 1 log CFU g⁻¹).

Table 3. Population of total aerobic bacteria, coliforms, and *E. coli* in organic fertilizer. (Unit: log CFU g⁻¹)

Sample	Total aerobic bacteria	Coliforms	<i>E. coli</i>
1	5.03 ± 0.54	2.19 ± 0.62	ND [†]
2	4.70 ± 0.21	ND	ND
3	5.12 ± 0.12	ND	ND
4	5.61 ± 0.42	ND	ND
5	5.67 ± 0.11	3.24 ± 0.40	ND
6	4.95 ± 0.17	ND	ND
7	5.69 ± 0.11	1.00 ± 0.00	ND
8	5.58 ± 0.16	ND	ND
9	6.43 ± 0.11	ND	ND
10	4.29 ± 0.25	ND	ND
11	4.18 ± 0.21	ND	ND
12	4.63 ± 0.53	ND	ND
13	4.80 ± 0.18	ND	ND
14	3.62 ± 0.48	ND	ND
15	3.16 ± 0.02	ND	ND
16	6.68 ± 0.35	ND	ND
17	4.65 ± 0.57	ND	ND
18	4.96 ± 0.34	ND	ND
19	4.59 ± 0.31	ND	ND
20	5.24 ± 0.35	ND	ND
21	7.09 ± 0.13	ND	ND
22	5.99 ± 0.21	ND	ND
23	5.68 ± 0.14	ND	ND
24	5.72 ± 0.38	ND	ND
25	5.03 ± 0.52	ND	ND
26	4.98 ± 0.30	ND	ND
27	4.94 ± 0.32	ND	ND
28	6.21 ± 0.40	3.25 ± 0.72	1.85 ± 0.00
Average	5.17 ± 0.29	2.42 ± 0.58 (14.2%)	1.85 ± 0.00 (3.5%)

[†]ND, not detected (< 1 log CFU g⁻¹).

*E. coli*는 각각 32종 중 2종 (6.3%), 28종 중 1종 (3.5%)에서 검출되었다. 대장균군의 경우 가축분 퇴비에서, 그 범위는 2.77~4.63 log CFU g⁻¹, 평균 3.42 log CFU g⁻¹ 수준으로 나타났다. 반면 유기질 비료에서, 그 범위는 1.00~3.25 log CFU g⁻¹, 평균 2.42 log CFU g⁻¹ 수준으로 나타났다. *E. coli*는 가축분 퇴비 32종 중 2종에서 2.62~2.85 log CFU g⁻¹ 수준으로 검출되었으며, 유기질 비료에서 1.85 log CFU g⁻¹ 수준으로 검출되었다. 대장균군/*E. coli*은 유기질 비료보다 가축분 퇴비에서 좀 더 높게 검출되었다. 대장균군/*E. coli*은 충분한 부숙 과정을 거치면 사멸되는데 위와 같은 결과는 대장균군/*E. coli*가 사멸되지 않은 상태에서 부숙과정을 마쳤거나, 부숙과정에서 대장균군/*E. coli*이 사멸되었지만 부숙 후 퇴비를 비위생적으로 관리하여 대장균군/*E. coli*에 오염된 것으로 생각한다. 이러한

결과로 대장균군/*E. coli*가 사멸할 수 있도록 부숙 과정이 충분해야 한다는 것과 부숙 후 퇴비의 위생적인 관리가 필요함을 알 수 있다.

가축분 퇴비, 유기질 비료 중의 병원성 미생물의 분포 가축분 퇴비 32종과 유기질 비료 28종에 오염된 병원성 미생물을 검출하기 위하여 각 시료를 selective enrichment broth와 selective agar에서 배양하고, 배양 후 selective agar에서 의심되는 colony는 PCR, 16s rRNA로 확인한 결과 가축분 퇴비에서 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Cronobacter sakazakii* 등은 검출되지 않았고, *B. cereus*는 3종 (9%)에서 검출되었다. 유기질 비료에서 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *C. sakazakii*, *B. cereus* 등은 전혀 검출되지 않았다. 전

체적으로 비교할 때 유기질 비료가 가축분 퇴비보다 오염도가 낮았고, 일부 가축분 퇴비에서 *B. cereus*만 검출된 결과로 보면 두 가지 모두 극히 오염도가 낮은 수준으로 보인다. 돼지, 닭, 소의 분변에서 병원성 미생물이 검출된다는 점을 고려할 때 (Sukhbir et al., 2007), 총 60종의 가축분 퇴비와 유기질 비료 전체 시료에서 병원성 미생물이 검출되지 않았다는 것은 병원균이 오염되어 있어도 퇴비화 과정에서 고온으로 인해 모든 균이 사멸된 것으로 생각된다. 특히 유기질 비료 생산 과정 중에는 고온스팀 처리과정이 있어서 병원성 미생물에 오염되어 있어도 쉽게 사멸될 수 있을 것으로 생각하는데 실험결과에서도 한 가지의 균도 검출되지 않았다.

가축분 퇴비에서 검출된 *B. cereus*는 구토와 설사를 유발하는 식중독 세균으로 현재 우리나라의 토양, 물, 대기 중에 널리 오염되어 있는 미생물이며 또한, 이 균은 포자를 형성하여 여러 화학물질과 건조 그리고 열에 대하여 저항력을 가지고 있으며, 오염된 *B. cereus*는 enterotoxin을 생산하여 독소형 식중독을 유발한다. Lim et al. (2000)에 의하면 최근에는 다양한 *Bacillus* 종들이 식품에서 발견되고 있으며 그 중에서도 *B. cereus*는 식중독을 일으키는 중요한 미생물로 자리잡고 있다고 하였다. Ueda (1998)에 따르면 *B. cereus*는 곡류, 채소 등에서 많이 검출되며 식품일반에 있어서 보통 $1\sim 3 \log \text{CFU g}^{-1}$ 범위가 검출된다고 하였다. 만약 오염퇴비를 통해서 신선상태의 채소류 등에 전이가 될 경우는 *B. cereus*가 무시할 수 없는 잠재적인 위험인자가 될 수 있을 것으로 보인다.

Murinda et al. (2002)은 소의 분변에서 *Salmonella* spp.가 2.17% (9/415)로 검출이 되었다고 보고하였고, Himathongkham et al. (1999)도 축산분변에서 *Salmonella* spp.와 *E. coli* O157:H7이 각각 $2\sim 7 \log \text{CFU g}^{-1}$, $2\sim 5 \log \text{CFU g}^{-1}$ 수준으로 검출된다고 보고하였다. Pell (1997)은 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 등으로 인한 식중독 사고는 소의 분변과 관련되어 있다고 하였다. Cote et al. (2006)은 퇴비 내에서 *Salmonella* spp.와 *E. coli* O157:H7이 생존할 수 있다고 보고하였다. 완전히 부숙이 되지 않은 퇴비의 경우에는 병원성 미생물이 잔존할 수 있고 또 병원균이 농산물로 전이되어 식중독 사고가 발생할 가능성이 있게 된다. 오염퇴비를 통한 병원성 미생물의 인간 감염문제를 고려할 때 병원균을 감소시키거나 사멸시키는 효과적인 방법을 찾는 것은 중요하다고 생각된다.

일반적으로 퇴비화를 통해서 축산분변에 존재하는 병원균의 수준을 줄이고 농가에서 필요로 하는 퇴비를 생산하게 된다. Heinonen et al. (2006)에 의하면 많은 유기물을 함유하고 있는 분변은 퇴비화 과정 중 호기적 조건을 거치면서 분해된다고 하였다. 만약 퇴비가 충분히 부숙이 된다면 분변에 있는 미생물은 미생물의 대사열에 의한 고온

으로 그 수가 감소될 것이라고 생각한다. 대체로 퇴비화 과정 초기에는 이분해성 물질인 탄수화물, 지방, 단백질 및 아미노산류의 급속한 분해로 온도가 급격히 상승한다. 그러나 분해가 용이한 이들 물질이 고갈되고 상대적으로 난분해성 물질들만 남게 되면 퇴비의 온도는 낮아진다 (Borken et al., 2002). Lung et al. (2001)은 분변에 존재하는 병원성 또는 비병원성 미생물은 퇴비화 과정 동안 열에 의하여 감소된다고 보고하였다. Larney et al. (2003)은 퇴비화 과정을 통해 충분히 부숙한 후에 대장균군이 $7\sim 8 \log \text{CFU g}^{-1}$ 에서 $2\sim 3 \log \text{CFU g}^{-1}$ 로 감소하였고, 병원성 미생물도 검출되지 않았다고 보고하였다. Tiquia (2005)는 퇴비 내에 존재하는 *Salmonella*의 사멸에 주된 영향을 미치는 요인을 온도라고 하였다.

미국이나 EU에서는 퇴비에 대한 병원성 미생물 기준이 있다 (Brinton et al., 2009). 미국은 퇴비에서 *Salmonella* spp.가 검출되어서는 안되는 것으로 되어있고, EU에서는 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 등이 검출되어서는 안 된다고 되어있다. 우리나라에서는 퇴비의 병원성 미생물 기준이 없는 실정인데 농식품의 안전성을 높이고 국민의 건강을 위해서 앞으로 기준을 만들 필요성이 있다고 생각한다.

요 약

최근에 건강식품의 선호에 따라 신선 채소류 등의 소비가 증가하면서 퇴비 등 유기 농자재의 안전성에 대한 관심이 점점 증가하고 있다. 본 연구는 우리나라를 경기도, 강원도, 충청도, 전라도, 경상도로 크게 5그룹으로 구분한 후 각 지역에서 국내 축산의 주요 축종인 소, 돼지, 닭의 분뇨를 주원료로 생산, 유통되는 가축분 퇴비 32종과 박(粕) 종류가 주원료인 유기질 비료 28종을 수집하여 총균수, 대장균군/*E. coli*, *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *C. sakazakii*, *B. cereus* 등 미생물 오염도를 분석하고자 수행되었다.

가축분 퇴비 32종과 유기질 비료 28종의 총균수는 각각 $5.09\sim 9.68 \log \text{CFU g}^{-1}$, $3.16\sim 7.09 \log \text{CFU g}^{-1}$ 이었다. 총균수에서는 유기질 비료가 가축분 퇴비보다 더 낮은 미생물 분포를 보였으며, 특히 가축분 퇴비의 경우에는 총 32종 중 약 88%가 $7 \log \text{CFU g}^{-1}$ 이상의 수준을 보였다. 가축분 퇴비와 유기질 비료에서 대장균군은 각각 32종 중 4종 (12.5%)에서, 28종 중 4종 (14.2%)에서 검출되었고, *E. coli*은 각각 32종 중 2종 (6.3%), 28종 중 1종 (3.5%)에서 검출되었다. 대장균군은 가축분 퇴비에서, 그 범위가 $2.77\sim 4.63 \log \text{CFU g}^{-1}$, 평균 $3.42 \log \text{CFU g}^{-1}$ 수준으로 나타났다. 반면 유기질 비료에서, 그 범위는 $1.00\sim 3.25 \log \text{CFU}$

g^{-1} , 평균 $2.42 \log CFU g^{-1}$ 수준으로 나타났다. *E. coli*은 가축분 퇴비 32종 중 2종에서 $2.62 \sim 2.85 \log CFU g^{-1}$ 수준으로 검출되었으며, 유기질 비료에서 $1.85 \log CFU g^{-1}$ 수준으로 검출되었다.

가축분 퇴비에서 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *C. sakazakii* 등은 검출되지 않았고, *B. cereus*는 3종 (9%)에서 검출되었다. 유기질 비료에 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *C. sakazakii*, *B. cereus* 등은 전혀 검출되지 않았다. 따라서 병원성 미생물을 사멸시키기 위해서는 충분한 부숙 과정이 필요하다고 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 (과제번호: PJ006600)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

- Ahn, Y.S., and D.H. Shin. 1999. Antimicrobial effects of organic acids and ethanol on several foodborne microorganism. Korean J. Food Sci. Technol. 31:1315-1323.
- Beadet, R., C. Gagnon, J.G. Bisailon, and M. Ishaque. 1990. Microbiological aspects of aerobic thermophilic treatment of swine waste. Appl. Environ. Microbiol. 56:971-976.
- Borken, W., A. Muhs, and F. Beese. 2002. Changes in microbial and soil properties following compost treatment of degraded temperate forest soils. Soil Biol. Biochem. 34:403-412.
- Brinton, W.F., P. Storms, and T.C. Blewett. 2009. Occurrence and levels of fecal indicators and pathogenic bacteria in market ready recycled organic matter composts. J. food Prot. 72:332-339.
- Burnett, S.L., and L.R. Beuchat. 2001. Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination. J. Industrial Micro. & Biotech. 27:104-110.
- Changa, C.M., P. Wang, M.E. Watson, H.A.J. Hoitink, and F.C. Michel. 2003. Assessment of the reliability of a commercial maturity test kit for composted manure. Comp. Sci. Util. 11:125-143.
- Cote, C., A. Villeneuve, L. Lessard, and S. Quessy. 2006. Fate of pathogenic and nonpathogenic microorganisms during storage of liquid hog manure in Quebec. Livestock Sci. 102:104-210.
- Heinonen, H., M. Mohaibes, P. Karinen, and Koivunen. 2006. Methods to reduce pathogen microorganisms in manure. Livestock Sci. 102:248-255.
- Hess, T.F., I. Grdzlishvili, H.Q. Sheng, and C.J. Hovde. 2004. Heat inactivation of *E. coli* during manure composting. Comp. Sci. Util. 12:314-322.
- Hill, V.R., and M.D. Sobsey. 2001. Removal of *Salmonella* and microbial indicators in constructed wetlands treating swine wastewater. Water Sci. and Tech. 44:215-222.
- Himathongkham, S., S. Bahari, H. Riemann, and D. Cliver. 1999. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* in cow manure and cow manure slurry. REMS Microbiol. Letters 178:251-257.
- Kim, J.K. 2000. Evaluation of the management of sanitation in foods service establishments in Korea and strategies for future improvement. J. Fd. Hyg. Safety 15:186-198.
- Kim, S.H., J.S. Kim, J.P. Choi, and J.H. Park. 2006. Prevalence and frequency of foodborne pathogens on unprocessed agricultural and marine products. Korean J. Food Sci. Technol. 38:594-598.
- Korea Food and Drug Administration. 2008. Bacteriological Analytical Manual.
- Krueger, M., W. Schroedl, K. Isik, W. Lange, and L. Hageman. 2002. Effect of lactulose on the intestinal microflora of periparturient sows and their piglets. Eur. J. Nut. 41:26-31.
- Larney, F.J., L.J. Yanke, J.J. Miller, T.A. McAllister. 2003. Fate of coliform bacteria in composted beef cattle feedlot manure. J. Environ. Qual. 32:1508-1515.
- Lim, J.H., Y.H. Kim, Y.T. Ahn, and H.U. Kim. 2000. Studies on the contamination and inhibition of *Bacillus cereus* in domestic raw milk and milk products. J. Anim. Sci. Technol. 42:215-222.
- Lung, A.J., C.M. Lin, J.M. Kim, M.R. Marshall, R. Nordstedt, N.P. Thompson, and C.I. Wei. 2001. Destruction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* in cow manure composting. J. Food Prot. 64:1309-1314.
- Murinda, S.E., L.T. Nguyen, S.J. Ivey, B.E. Gillespie, R.A. Almeida, F.A. Draughon, and S.P. Oliver. 2002. Molecular characterization of *Salmonella* spp. isolated from bulk milk and cull dairy cow fecal sample. J. Food Prot. 65:1100-1105.
- Pell, A.N. 1997. Manure and microbes: Public and animal health problem. J. Dairy Sci. 80:2673-2681.
- Salanitro, J.P., I.G. Blake, and P.A. Muirhead. 1997. Isolation and identification of fecal bacteria from adult swine. Appl. Environ. Microbiol. 33:79-84.
- Smith, D.W., C.K. Barlow, L. Alderton, and M.F. Jacobson. 2002. Outbreak alert! Center for Science in the Public Interest. Available at: http://www.cspint.org/reports/outbreak_report.pdf
- Sukbir, G., S. Srinand, and C.M. Frederick. 2007. Persistence of *Listeria* and *Salmonella* during swine manure treatment. Comp. Sci. Util. 15:53-62.
- Tiquia, S.M. 2005. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. J. Appl. Microbiol. 99:816-828.
- Ueda, S. 1998. Occurrence and control of *Bacillus cereus* and other *Bacillus* species. pp. 21-27. In: Foodborne Bacterial Pathogens. Doyle M.P. (ed). Marcel Dekker Inc., New York, NY, USA.