

부식산분말 처리에 따른 가축분의 퇴비화 특성 및 시비효과

이태순, 조성현, 정제용, 안지예, 이종진*, 한기필*, 홍주화*, 김영선[†]

효성오앤비(주)
(주)판코리아*

Composting of Livestock Manure Blending Humic Acid Powder and Influences on Growth of Lettuce by Its Application

Tae-Soon Lee, Sung-Hyun Cho, Je-Yong Jeong, Ji-Ye An, Jong-Jin Lee*,
Ki-Pil Han*, Joo-Hwa Hong*, Young-Sun Kim[†]

Hyosung O&B Co. Ltd.
PanKorea Co. Ltd.*

(Received: Mar. 14, 2017 / Revised: Mar. 27, 2017 / Accepted: Mar. 30, 2017)

ABSTRACT: Humic acid was used soil amendment or functional fertilizer in Korean agriculture, and its cation exchangeable capacity was high enough to increase soil buffering from plant toxicant. This study was conducted to evaluate effects of humic acid powder (HA) on composting of livestock manure (LM) and of its application on growth of lettuce. Treatments were designed as follows; livestock manure compost (LM+sawdust+bark+castor meal; Control), control+0.1% HA (0.1% HA), control+0.5% HA (0.5% HA), control+1.0% HA (1.0% HA), control+3.0% HA (3.0% HA), and control+5.0% HA (5.0% HA). The changes of temperature, water content, organic matter content, total nitrogen and ratio of organic matter and nitrogen in HA treatments were similar to those of control. Although pH of 3.0% HA and 5.0% HA blending with HA and LM was lower than those of others, it unaffected by HA blending during composting. Humic acid content of HA treatments was increased by 1.7~4.4 folds than that of control. As compared with odor index, 3.0% HA and 5% HA were decreased than control for composting time. Application of 3.0% HA increased the dry weight of lettuce by about 7% than that of control.

Keywords: Composting livestock manure, growth and productivity, humic acid, odor index

초 록: 농업에서 부식산은 양이온치환능력이 높아 토양의 완충능력이나 보비력을 개선하는 토양개량제나 기능성비료로 이용되어 왔다. 본 연구는 퇴비화에서 부식산의 이용가능성을 평가하기 위하여, 가축분퇴비 원료에 부식산분말을 처리 후 퇴비화 특성변화와 퇴비의 시비에 따른 상추의 생육효과를 조사하였다. 처리구는 대조구, 부식산분말 0.1% 처리구(0.1% HA), 부식산분말 0.5% 처리구(0.5% HA), 부식산분말 1.0% 처리구(1.0% HA), 부식산분말 3.0% 처리구(3.0% HA), 부식산분말 5.0% 처리구(5.0% HA)로 설정하였다. 부식산분말 처리 후 온도, 수분 함량, 유기물 함량, 질소 함량 및 유기물대 질소비는 처리구별 차이를 나타내지 않았다. 퇴비원료 배합 후 3% HA 처리구와 5.0% HA 처리구의 pH는 다른 처리구보다 낮았으나 퇴비화동안에는 차이를 나타내지 않았

[†] Corresponding author(e-mail : zeroline75@empas.com)

다. 부식산분말 처리 퇴비의 부식산 함량은 대조구보다 1.7~4.4배 더 높았고, 약취지수는 3.0% HA 처리구와 5.0% HA 처리구에서 감소하였다. 부식산분말 처리 퇴비 처리구 중 3.0% HA 처리구에서 상추의 건물중은 대조구보다 약 7% 증가하였다.

주제어: 가축분 퇴비화, 생육 및 생산성, 부식산분말, 약취지수

서론

식생활에 대한 요구가 변화하면서 육류를 소비하는 것이 과거 영양학적인 면에서 섭취하였으나 현재는 사회적 측면에서 영양적인 면과 동시에 즐기는 목적으로 변화하였다^{1,2)}. 이렇게 육류 소비가 다양화되고, 증가하면서 가축사육 및 축산업이 발전하였으나 축산농업 활동과정에서 가축분뇨가 다량 발생함으로써 농업환경 및 주변 생태계의 변화를 초래하게 되어 환경부에서는 축산활동지역을 비점 오염원으로 관리하고 있다^{3,4,5)}. 비록 가축분뇨가 환경적 측면에서는 오염원이지만 다양한 영양원을 함유하고 있기 때문에 퇴비화과정을 거쳐 토양개량제⁶⁾나 안정적인 식물영양원으로 사용할 수 있다⁷⁾. 가축분뇨를 처리함에 있어 퇴비화는 가장 보편화되고, 안정적인 처리방법이기 때문에 가축분뇨처리에 가장 많이 이용하고 있다⁷⁾.

일반적으로 부숙유기질비료인 퇴비는 주발효 기간과 후숙 안정화 기간 등 퇴비화과정을 거쳐 생산하고 있으며, 부숙이 완료된 퇴비가 생산되는데 약 90일정도 소요되는 것으로 알려져 있다. 퇴비화 진행 정도는 종자 발아지수와 같은 식물독성지수를 측정하여 부숙정도를 판단할 수 있고, 발아지수가 70 이상을 나타내는 경우 식물에 안전하다고 보고 되어진다⁸⁾. 식물에 안전한 부숙퇴비를 생산하기 위해서는 적절한 공극개선제 및 수분조절제를 선별하고⁹⁾, 공기투입량을 조절하며¹⁰⁾, 미생물을 첨가하는 방법 등을 통해 퇴비화 공정을 개선하고 있다¹¹⁾. 가축분의 퇴비화는 유기성자원을 처리하는 방법 중 가장 안전한 방법이지만 퇴비화 과정에서 심한 약취가 발생하게 된다¹²⁾. 친환경농업 및 유기농업의 발달로 작물과 환경에 안전한 퇴비가 요구되면서 퇴비화 과정 중 약취발생을 저감시키고, 토양 시비

후 작물생육을 촉진하거나 토양개량효과가 우수한 기능성 퇴비의 요구가 점차 증가되고 있어, 이를 효율적으로 처리하기 위한 다양한 퇴비화의 공정개선이 대두되고 있는 실정이다.

기능성 물질인 맥반석을 처리한 퇴비는 배추의 생육과 품질이 개선되었고, 해초를 처리한 퇴비에서는 엽채류 작물의 질산염이 감소하여 기능성 비료의 시비에 의해 작물의 품질과 생산성이 향상되었다^{13,14)}. 또한, 토착미생물들을 이용하여 다기능성 미생물을 함유한 퇴비를 얻을 수 있었고¹⁵⁾, phyllite가 함유된 퇴비의 시용이 토양 중 보수력이 향상되어 작물생육이 증가되었으며¹⁶⁾, 기능성 물질을 통해 퇴비화과정에서 약취발생이 감소하였다¹⁷⁾고 보고되었다.

부식산은 토양개량제로서 양이온치환용량이 높아 토양의 보비력이나 물리성을 개선하는데 이용하고 있다³⁾. 부식산의 처리는 중금속이나 식물독성물질에 대한 저감효과가 우수하고, 토양의 완충능력이 향상되어 토마토의 생장 및 생산을 촉진하고, 과실의 품질이 증가하였다고 알려지고 있으며^{17,18,19,20)}, 부식산과 같이 양이온치환용량이 높은 물질인 제올라이트를 퇴비화에 이용하였을 때, 퇴비 중 암모니아태 질소 함량이 증가하여 부식산분말 처리에 의한 퇴비약취의 주요 물질인 암모니아 저감효과가 있을 것으로 기대되었다^{12,21)}.

따라서, 본 연구는 기능성 자재인 부식산분말의 처리에 따른 가축분의 퇴비화 공정 개선 효과를 평가하기 위해 퇴비화 과정 중 이화학적 특성 변화 및 작물에 대한 시비효과를 조사하였다.

Table 1. The properties of law materials used for composting livestock manure

Materials	W.C. ¹⁾	O.M. ²⁾ (%)	T-N	O.M./N ratio	HA content (g/kg)
Livestock manure ³⁾	57.3	32.9	1.47	22.4	0.42
Sawdust	35.9	53.5	0.18	297.2	0.95
Bark	34.1	56.3	0.29	194.1	1.01
Humic acid powder	16.3	75.4	0.92	82.0	650

¹⁾W.C.: Water content, ²⁾O.M.: Organic matter

³⁾Livestock manure was blended with cow manure (40%), poultry manure (20%), and pig manure (10%).

2. 재료 및 방법

2.1. 부식산분말 처리 가축분의 퇴비화 특성

2.1.1. 공시재료

본 연구는 2016년 1월부터 2월까지 경기도 안성 시에 위치한 H사의 정제식 퇴비화 시설에서 2개월 동안 수행하였다. 발효 시험에 이용된 가축분의 원료인 가축분은 퇴비공장 주변의 축산농가에서 반출 되는 것으로 수분 함량이 57.3%이며, 수분조절제로는 톱밥과 수피를 이용하였고, 부식산분말은 러시아산을 이용하였으며, 각 시험 원료의 이화학적 특성은 [Table 1]과 같다.

2.1.2. 가축분 퇴비화 처리구 설정

가축분의 퇴비화는 가축분, 톱밥, 수피 및 아주까리유박을 각각 70%, 20%, 5%, 5% 씩 혼합하여 퇴비화 원료를 제조하였다. 퇴비화 시험의 처리구는 퇴비화원료에 부식산분말(humic acid powder; HA)의 혼합에 따라 대조구(control), HA 0.1% 처리구(0.1% HA), HA 0.5% 처리구(0.5% HA), HA 1.0% 처리구(1.0% HA), HA 3.0% 처리구(3.0% HA) 및 HA 5.0% 처리구(5.0% HA)로 구분하여 시험을 진행하였다. 배합 후에는 퇴비화에 적합하도록 초기 수분을 60%로 조절하였고²²⁾, 각각의 처리구당 900 kg씩 적재하였다. 시험기간 동안 공기는 주입하지 않았고, 주당 1~2회 뒤집기를 실시하였다.

2.1.3. 조사내용

가축분 퇴비화 기간 중 화학적 변화의 특성 조사를 위해 온도 및 수분 함량 변화와 pH, 전기전도도

(electrical conductivity; EC), 유기물(organic matter; O.M.), 전질소(total nitrogen; T-N), 유기물대 질소비(O.M./N ratio), 발아지수, 부식물질 및 악취지수 등을 조사하였다. 퇴비화 기간 중 시료의 채취는 총 11회로 1월 8일, 1월 11일, 1월 14일, 1월 18일, 1월 21일, 1월 25일, 1월 28일, 2월 4일, 2월 11일, 2월 18일, 2월 26일에 실시하였다. 퇴비의 온도변화는 디지털온도계(A1.T9304C, Daihan, Korea)를 이용하여 측정하였고, 수분 함량은 건조법, pH와 EC는 1:5법, O.M.은 회화법 및 T-N은 켈달중류법으로, 부숙도는 식물종자발아법(발아지수법)으로 농촌진흥청의 비료의 품질검사방법 및 시료채취기준에 준하여 분석하였고²³⁾, 부식물질 분석은 국제휴믹학회(IHSS)의 표준절차서에 따라 산염기 침전법을 사용하여 수행하였다. 악취지수는 악취 유발물질에 노출되지 않은 6명의 연구원들이 후각을 이용하여 악취정도(1~5; 1: 악취 없음, 3: 악취는 있으나 수용가능함, 5: 악취 심함)를 달관조사하였다.

2.2. 부식산분말 처리 가축분퇴비의 작물재배시험

2.2.1. 공시재료

부식산분말 가축분퇴비를 이용한 작물재배 시험은 2016년 3월부터 5월까지 3개월간 대전광역시 소재의 연구용 온실에서 수행하였다. 공시작물은 상추(*Lactuca sativa*)를 이용하였고, 농자재 판매상에서 종자를 구매하여 사용하였다. 퇴비화 과정을 거친 가축분퇴비는 부숙이 완료된 시기인 퇴비화 시작 후 49일 경과된 퇴비시료를 채취하여 이용하였다. 재배시험에 사용된 토양은 사양토였고, pH와

Table 2. Soil chemical properties used in this experiment

pH (1:5)	EC (dS/m)	T-N (g/kg)	O.M. (g/kg)	Avail. -P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cations				CEC
					K	Ca	Mg	Na	
6.9	0.78	0.43	8.72	859	1.2	12.4	6.0	1.3	19.2

전기전도도는 각각 6.9와 0.78 dS/m를 나타내어 상추를 재배하기 적합한 토양이었다[Table 2].

2.2.2. 처리구 설정

원예용 상토를 포설한 트레이에 상추를 2016년 3월 4일에 파종하여 약 4주간 유묘를 관리하였다. 작물 정식 전 가축분퇴비를 1,500 kg/10a수준으로 전층시비하고 15일이 경과한 후 생육상태가 비슷한 유묘를 선별하여 각 처리구에 2016년 4월 6일 정식하였다. 처리구는 대조구(Control; CF), HA 0.1% 처리구(0.1% HA), HA 0.5% 처리구(0.5% HA), HA 1.0% 처리구(1.0% HA), HA 3.0% 처리구(3.0% HA) 및 HA 5.0% 처리구(5.0% HA)로 구분하였고, 작물재배는 4 inch 육묘용 포트를 사용하였으며, 완전임의배치법(3반복)으로 배치하였고, 관수는 매일 1~2회 실시하면서 온실에서 수행하였으며, 시험기간 중 병충해는 발생하지 않았다.

2.2.3. 조사내용

작물의 생육조사는 시험 종료 후 엽록소, 엽수, 엽장, 엽폭, 생물중 및 건물중을 조사하였다. 엽록소는 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였고, SPSS 12.01을 이용하여 던컨다중검정을 통해 처리구간 평균값을 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 부식산분말 처리 가축분의 퇴비화 특성

온도는 가축분의 퇴비화 과정에서 유기물의 분해 과정 여부를 판단하는 중요한 인자로서 퇴비화가 진행됨에 따라 경시적으로 측정하였다[Fig. 1]. 원료배합 후 온도는 39.0±2.1℃를 나타내었고, 퇴비화 시작 7일에 69.7±1.9℃까지 상승한 이후 서서히

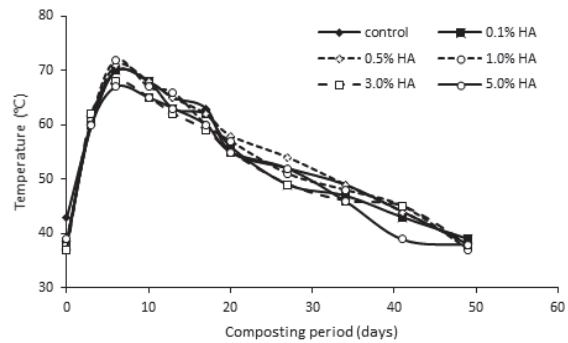


Fig. 1. Variations of temperature during livestock manure composting period. Treatments were as follows. Control: livestock manure compost (70% livestock manure + 20% sawdust + 5% bark + 5% castor meal); 0.1% HA: Control + 0.1% humic acid (HA); 0.5% HA: Control + 0.5% HA; 1.0% HA: Control + 1.0% HA; 3.0% HA: Control + 3.0% HA; 5.0% HA: Control + 5.0% HA.

감소하였으며, 시험 종료 시기인 49일경에는 초기 온도인 38.0±0.6℃를 나타내어 퇴비화가 종료된 것으로 판단되어 시험을 종료하였다^{24,25}. 각 처리구별 온도의 변화 경향은 비슷하여 부식산분말 처리에 따라 퇴비화 온도에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

퇴비화의 수분 함량은 [Fig 2]와 같다. 원료배합 후 수분 함량은 57.5±0.9% 수준으로 퇴비화 초기 수분 조건인 60% 정도를 나타내어 수분은 보충 없이 퇴비화 시험이 진행되었고, 퇴비화 49일 경과 후에는 48.8±0.6%로 감소하였다. 처리구별 차이는 있으나 수분 함량은 퇴비화의 진행에 따라 점차 감소하는 경향을 보여 일반적인 가축분 퇴비화 과정과 유사하였고²³, 부식산분말의 처리에 의한 가축분 퇴비화 과정 중 수분 함량의 변화는 나타나지 않았다. 이는 부식산분말의 수분보유력이 다른 유기성 토양 개량제들 보다 낮기 때문에 퇴비더미 중 수분 함량 변화에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다³.

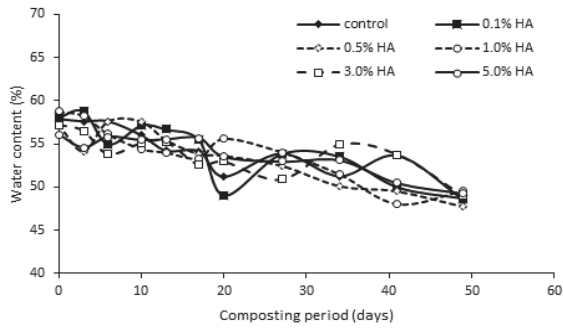


Fig. 2. Variations of water content (W.C.) during livestock manure composting period. Treatments refer to [Fig. 1].

가축분의 퇴비화 과정 중 pH의 변화는 점차 증가하는 경향을 나타내었다[Fig. 3]. 이는 가축분이 퇴비화 과정을 거치면서 미생물의 암모늄화 작용에 의해 단백질이 암모니아로 분해되었기 때문으로 판단된다²⁶⁾. 배합 직후 부식산의 첨가량이 증가할수록 pH는 낮아지는 경향을 보였는데 이는 부식산의 pH가 상대적으로 낮고, 양이온치환용량이 높아 암모니아태 질소와 결합하여 pH가 감소한 것으로 판단된다³⁾. 0.1% HA 처리구는 퇴비화 시작 후 pH가 감소하였다가 증가하여 대조구와 비슷한 경향을 나타내어 가축분 퇴비화 과정에서 초기에 미생물 발효에 의해 유기산이 발생하여 pH가 감소하였다가 상승한다는 Lee et al. (2015)의 결과와 유사하였다⁴⁾. 하지만 0.5% HA, 1.0% HA, 3.0% HA 및 5.0% HA 처리구에서는 퇴비화 초기 pH감소는 나타나지 않았는데, 이는 부식산의 혼합으로 이미 충분히 pH가 낮아졌기 때문으로 판단된다³⁾. 퇴비화 6일 경과 후

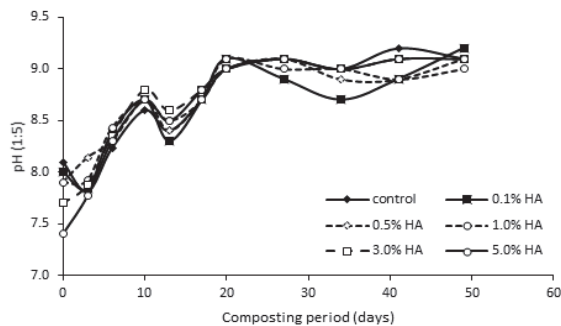
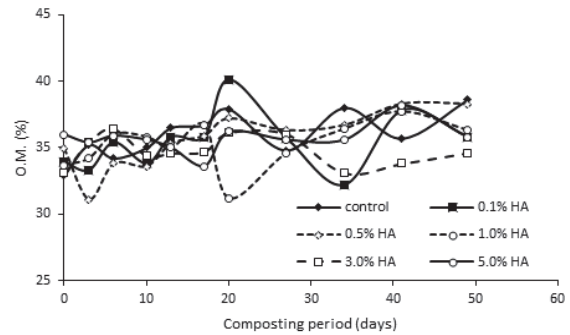
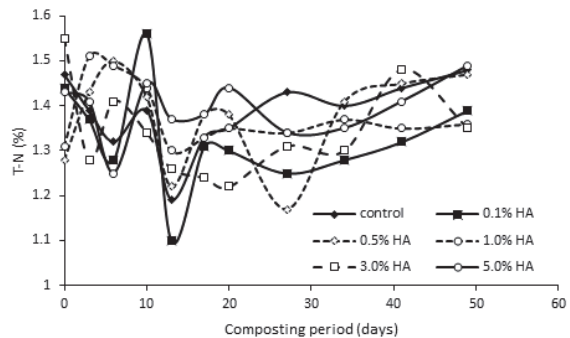


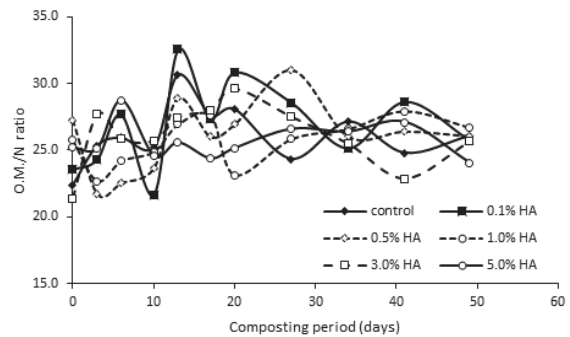
Fig. 3. Variations of pH during poultry manure composting period. Treatments refer to [Fig. 1].



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. Variations of organic matter (a), T-N (b) and O.M./N ratio (c) during livestock manure composting period. Treatments refer to [Fig. 1].

에는 부식산의 처리에 따른 가축분 퇴비터비의 pH 차이는 나타나지 않았다.

가축분 퇴비화 과정 중 유기물 함량, 질소 함량 및 유기물대 질소비의 변화는 처리구별 차이는 있으나 시험 전과 후의 큰 차이를 나타내지 않았다 [Fig. 4]. 시험 종료 후 각 처리구별 유기물 함량 및 질소 함량은 각각 $36.6 \pm 1.6\%$ 와 $1.42 \pm 0.06\%$ 를 나타내어 부식산분말 처리에 의한 처리구별 차이는 나타나지 않았다[Fig. 4a, b]. 시험 종료 후 유기물대 질소비는 24.0~26.7로 퇴비화가 종료된 일반적

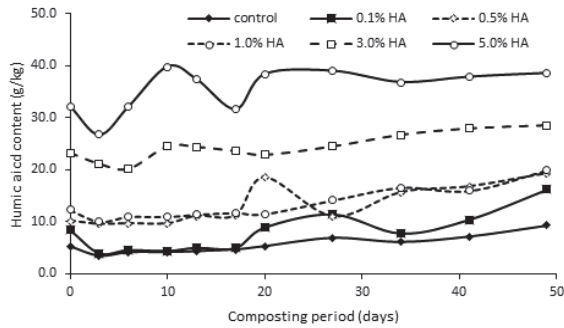


Fig. 5. Variations of humic acid (HA) during livestock manure composting period. Treatments refer to [Fig. 1].

인 퇴비의 특징을 나타내었다⁸⁾.

퇴비화 종료 후 처리구별 부식산 함량은 부식산 분말 처리구에서 1.7~4.4배 증가하여 부식산분말 처리량에 비례하여 증가하였다[Fig. 5]. 퇴비의 부식산 함량은 5.0% HA 처리구>3.0% HA 처리구>1.0% HA 처리구>0.5% HA 처리구>0.1% HA 처리구>대조구 순으로 나타났고, 3.0% HA 처리구와 5.0% HA 처리구에서 각각 20.2~28.5 g/kg와 26.8~39.0 g/kg로 부식산분말 처리에 의한 퇴비 중 부식산 함량의 증가가 뚜렷하였다. 이는 가축분 퇴비화 과정에서 부식산분말 처리량이 높았기 때문에 판단되었고, 퇴비화 과정 중 부식산이 소실되지 않는 것을 확인할 수 있었다. 부식산은 유기물이 오랜 시간동안 토양반응을 통해 생성된 유기물이나 퇴비 과정에 의해 부식산이 일부 생성되지만 원료 물질이나 부속단계에 따라 다르게 나타난다²⁷⁾고 알려져 있다.

부식산분말 처리에 따른 가축분퇴비 중 발생하는 암모니아 가스를 연구원들 후각의 정도로 악취지수를 조사한 결과, 0.1% HA 처리구, 0.5% HA 처리구와 1.0% HA 처리구는 약간의 개선효과는 있으나 대조구와 비슷하여 차이를 확인할 수 없었고, 3.0% HA 처리구와 5.0% HA 처리구에서는 악취 발생이 감소하여 3% 이상의 부식산분말 처리구에서 퇴비화과정 중 악취감소에 효과가 있는 것으로 판단되었다[Fig. 6]. 퇴비화과정에서 발생하는 악취의 주요인은 암모니아가스로 알려져 있어 퇴비공정에서 암모니아의 발생을 줄이는 것은 악취저감 및 공정 개선에 효과가 있을 것으로 판단된다²⁸⁾. 본 연구에

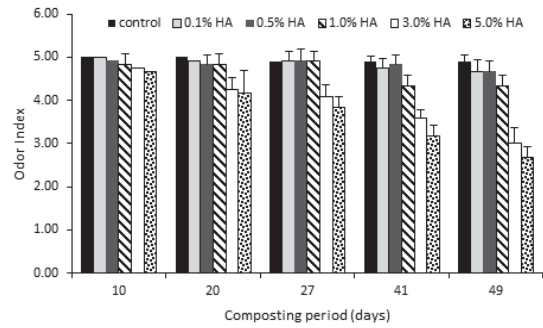


Fig. 6. Variations of odor index during livestock manure composting period. Treatments refer to [Fig. 1].

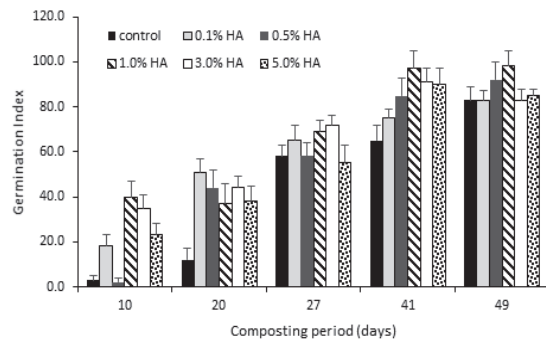


Fig. 7. Variations of germination index during livestock manure composting period. Treatments refer to [Fig. 1].

서 3.0% HA 처리구와 5.0% HA 처리구에서 악취가 감소한 것은 부식산의 양이온치환용량이 높아서 악취성분인 암모니아를 흡착하는 능력과 관련된 것으로 보이며³⁾, 추후 이에 대한 지속적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

퇴비의 부속도를 평가하는 발아지수는 퇴비화 시작 후 10일차, 20일차, 27일차, 41일차 및 49일차 시료를 대상으로 측정하였다[Fig. 7]. 비료공정규격에서는 발아지수가 70 이상을 나타낼 때, 퇴비에 의한 작물의 생육장애가 나타나지 않는다고 정하고 있다. 이를 기준으로 부속도 및 식물안전성을 평가할 때, 부식산분말 처리구는 41일 조사에서 부속완료를 나타내었으나 대조구는 49일 조사에서 부속완료를 나타내어 부식산분말 처리가 퇴비화 과정 중 부속 완료시기를 단축시키는 것으로 나타나 퇴비화 공정을 개선하는 것으로 판단된다. Chang et al. (2008)의 연구에서도 발아지수를 통한 가축분 퇴비의 부속 완료시기가 퇴비화 시작 후 40~60일 경이

Table 3. The physicochemical properties of livestock manure compost

Treatments ¹⁾	W.C.	O.M.	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	O.M./N	G.I.
	(%)						
Control	48.6	38.6	1.48	1.20	1.23	26.1	83
0.1% HA	51.6	35.8	1.39	0.99	1.14	25.8	83
0.5% HA	47.8	38.3	1.47	1.09	1.12	26.1	92
1.0% HA	49.5	36.3	1.36	1.13	1.17	26.7	98
3.0% HA	53.0	34.6	1.35	0.94	1.02	25.6	83
5.0% HA	51.3	35.8	1.49	0.87	1.00	24.0	85
Guideline ²⁾	55 below	30 over	-	-	-	45 below	70 over

¹⁾Treatments refer to [Fig. 1].

²⁾Guideline of compost in Korea.

W.C. and O.M. represent water content and organic matter, respectively.

라고 보고와 일치하였다⁸⁾.

퇴비화 종료 후 처리구별 이화학적 특성은 [Table 3]과 같다. 수분 함량, 유기물, 유기물대 질 소비 및 발아지수는 각각 48.6~53.0%, 34.6~38.6%, 24.0~26.7, 83~98로 가축분퇴비 기준에 적합하였다. 각 처리구별 질소, 인산 및 칼리 함량은 각각 1.35~1.49%, 0.87~1.20%, 1.00~1.23%를 나타내었고, 처리구별 차이를 나타내지 않았으며, 일반적인 가축분퇴비의 특성을 나타내었다²⁹⁾.

3.2. 부식산분말 처리 가축분퇴비의 작물재배시험

부식산분말을 처리한 가축분퇴비의 상추에 대한 재배시험결과는 [Table 4]와 같다. 대조구와 비교할 때, 대부분의 부식산분말 처리구에서는 엽록소, 엽장, 엽폭 및 생물중 등은 비슷하였으나 5.0% HA 처리구에서는 대조구보다 낮았다. 상추의 건물중은 3.0% HA 처리구에서 대조구보다 높았고, 5.0% HA

처리구에서 대조구보다 낮았다. 처리구별 차이는 있으나 가축분퇴비 중 부식산 함량이 1.0% HA 처리구와 3.0% HA 처리구에서는 대조구와 비슷하거나 상추의 생육이 증가하였고, 5.0% HA 처리구에서는 상추의 생육 억제되는 것으로 보인다. 그러나 5.0% HA 처리구에서 상추의 생육이 감소한 것이 부식산에 의한 것인지, 부식산과 가축분의 퇴비화 과정 중 반응에 의한 것인지, 혹은 재배시험에 이용한 작물의 특성에 의한 것인지 알 수 없어 향후 이에 대한 보완시험이 필요하였다. 다만, 본 시험을 통해 얻은 결과로 추론할 때, 가축분의 퇴비화과정에서 악취발생이 감소하고 작물생육이 증가하는 부식산분말의 사용량은 약 3.0% 정도로 판단된다.

4. 결론

기능성 물질로 알려진 부식산분말을 이용하여 가

Table 4. The growth of lettuce by application of livestock manure compost containing humic acid (HA)

Treatments ¹⁾	Chlorophyll	No. of leaves	Leaf length	Leaf width	Fresh weight	Dry weight
	($\mu\text{g}/100\text{cm}^2$)	(ea/plant)	(cm)		(g/plant)	
Control	25.9ab ²⁾	13.8b	17.4a	10.3a	36.7a	5.06bc
0.1% HA	25.8ab	15.5a	17.6a	10.5a	39.0a	5.34b
0.5% HA	24.9b	14.7ab	17.2ab	10.5a	36.6a	4.94c
1.0% HA	24.5b	14.0b	17.4a	10.7a	37.3a	5.18b
3.0% HA	28.7a	14.0b	17.1ab	11.0a	38.2a	5.73a
5.0% HA	23.6b	14.3b	16.4b	10.2a	29.9b	4.33d

¹⁾Treatments refer to [Fig. 1].

²⁾Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p=0.05$ level.

축분퇴비화과정 및 작물생육을 개선하고자 부식산분말과 가축분 및 수분조절제를 혼합하여 부식산분말을 처리하지 않은 대조구(control), 부식산분말 0.1% 처리구(0.1% HA), 부식산분말 0.5% 처리구(0.5% HA), 부식산분말 1.0% 처리구(1.0% HA), 부식산분말 3.0% 처리구(3.0% HA) 및 부식산분말 5.0% 처리구(5.0% HA)를 두어 퇴비화과정 중 이화학적 변화의 특성을 조사하고, 부숙이 완료된 가축분퇴비의 작물에 대한 재배시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 퇴비화 중 퇴비더미의 온도는 배합 후 7일까지 증가한 이후 서서히 감소하였고, 수분은 시간의 경과에 따라 서서히 감소하였으며, 퇴비화과정 중 부식산분말 처리에 따른 온도와 수분 함량의 차이는 보이지 않았다.

2. 부식산분말 처리구의 퇴비더미에서 배합 초기 pH가 감소하였으나 퇴비화 5일 후부터는 대조구와 비슷하여 시험 종료 시에는 처리구별 차이가 나타나지 않았다.

3. 가축분 퇴비화 과정 중 유기물 함량, 질소 함량 및 유기물대 질소비의 변화는 처리구별 차이는 있으나 시험전과 후에서 큰 차이를 나타내지 않았다.

4. 부식산 함량은 3.0% HA 처리구와 5.0% HA 처리구에서 높게 나타났고, 암모니아 발생에 의한 악취는 감소하였다.

5. 부식산분말을 처리한 가축분퇴비는 비료공정 규격에 적합하였고, 상추재배에서 건물중으로 작물의 생산성을 평가할 때, 3.0% HA 처리구에서 대조구보다 증가하였다.

이상의 결과를 종합할 때, 부식산분말을 이용하여 가축분을 퇴비화하는 경우 이화학적 변화 및 작물에 미치는 영향이 적고 부숙완료시기의 단축효과가 있어 가축분퇴비화 공정개선에 효과가 있는 것으로 판단되었고, 본 연구에서 악취개선효과 및 작물생육효과를 나타내는 부식산분말의 최적 사용량은 3% 정도로 사료된다.

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수

산식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었으며(과제번호 116063-2), 지원에 감사드립니다.

References

1. Kang, J.H. and Jeong, H.J., "Assessing the causal relationships among hedonic belief, ambivalence, subjective norm, attitude and meat consumption behavior", *Kor. Assosi. Human Eco*, 17(1), pp. 141-150. (2008).
2. Kenyon, P.M. and Barker, M.E. "Attitudes towards meat-eating in vegetarian and non-vegetarian teenage girls in England: An ethnographic approach", *Appetite*, 30, pp. 185-198. (1998).
3. Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lim, H.J., "Change of soil physicochemical properties by mixed ratio of 4 types of soil amendments used in golf course", *Kor. Turfgrass Sci.*, 24(2), pp. 205-210. (2010).
4. Lee, J.S., Jung, G.B., Yun, S.G., Kim, W.I. and Sin, J.D., "Evaluation of water quality with BOD at Mankyong and Dongjin river basins", *Kor. J. Environ. Agric.*, 23(2), pp. 81-84. (2004).
5. Lee, S.S., Kim, S.C., Yang, J.E. and Ok, Y.S., "Seasonal monitoring of residual antibiotics in soil, water, and sediment to a cottle manure composting facility", *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 43(5), pp. 734-740. (2010).
6. Kim, Y.S., Lee, S.B., Ham, S.K., Lim, H.J. and Choi, Y.C., "Soil physicochemical protperties by applied with mixed ratio soldier fly (*Hermetia illucens*) casts", *Asian J. Turfgrass Sci.*, 25(1), pp. 106-111. (2011).
7. Han, B.K., Yun, H.B., Kwon, S.I., Jung, K.Y. and Koh, M.H., "Estimation on ability of livestock manure digestion for upland crops", *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 34(3), pp. 165-172. (2001).
8. Chang, K.W., Hong, J.H., Lee, J.J., Han, K.P. and Kim, N.C., "Evaluation of compost maturity by physico-chemical properties and germination index

- of livestock manure compost”, *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 41(2), pp. 137–142. (2008).
9. Kim, S.B., Choi, H.G., O, G.J., Yang, C.O. and Lee, S.G., “The study of reuse, putting the bulking agent into food waste and livestock feces”. *J. of KOWREC*, 9(3), pp. 127–135. (2001).
 10. Kwag, J.H., Cho, S.H., Jeong, K.H., Kim, J.H., Choi, D.Y., Jeong, Y.S., Jeong, M.S., Kang, H.S. and Ra, C.S., “Investigation on the characteristics variation according to air supply capacity in layer manure by composting”, *J. Lives, Hous. & Env.*, 16(2), pp. 135–142. (2010).
 11. Choi, M.H., Chung, Y.J. and Park, Y.H., “Effects of seeding on the microbial changes during thermophilic composting of food waste” *J. of KOWREC*, 4(1), pp. 1–11. (1996).
 12. Ko, H.J., Kim, K.Y., Kim, H.T., Ko, M.S., Higuchi, T. and Umeda, M., “Characteristic of odorous compounds emitted from livestock waste treatment facilities combined methane fermentation and composting process”, *J. Anim. Sci. & Technol.*, 50(3), pp. 391–400. (2008).
 13. Sohn, S.M., “Effects of functional compost on production, yield and quality chinese cabbage”, *Kor. J. Org. Agric.*, 10(3), pp.41–55. (2002).
 14. Shon, S.M., “Agronomic effect of high quality compost mixed with brown seaweed for environmentally benign organic farming”, *Kor. J. Org. Agric.*, 10(2), pp. 95–109. (2002).
 15. Han, H.S. and Lee, K.D., “Changes of biological and chemical properties during composting of livestock manure with isolated native microbe”, *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 45(6), pp. 1126–1135. (2012).
 16. Park, Y.H., Chang, K.W. and Hong, J.G., “Changes of soil properties and evaluation of plant utilization according to the application of compost used with phyllite”, *J. of KOWREC*, 10(2), pp. 92–99. (2002).
 17. Han, D.S., Yang, J.E. and Shin, Y.K., “Influence of humic or fulvic acid on phytotoxicity of bentazone”, *Kor. J. Environ. Agric.*, 12(2), pp.162–168. (1993).
 18. Kim, H.G., Seo, D.C., Cheoung, Y.H., Kang, C.S., Sohn, B.K., Lee, D.J., Kang, J.G., Pakr, M.S., Heo, J.S., Kim, B.S. and Cho, J.S., “Effects of different humic acids on growth and fruit quality of tomato plant”, *Kor. J. Environ. Agric.*, 26(4), pp. 313–318. (2007).
 19. Lee, Y.S., “The effect of humic acids on the moderation of high salt toxicity”, *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 9(4), pp. 257–260. (1976).
 20. Lim, S.K., Chung, C.Y., Ok, Y.S. and Kim, J.K., “Competitive adsorption of Cd and Cu on surface of humic acid extracted from peat” *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 35(6), pp. 344–351. (2002).
 21. Choi, D.U., “Effect of zeolite supplement on the composition of compost”, *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 16(3), pp. 223–227. (1983).
 22. Kang, H.W., Park, H.M., Ko, J.Y., Lee, J.S., Kim, M.T., Kang, U.G., Lee, D.C. and Moon, H.P., “Investigation on optimal aeration rate for minimizing odor emission during composting poultry manure with sawdust”, *Korean J. Environ. Agric.*, 20(4), pp. 225–231. (2001).
 23. NIAST, “The methods of analysis and sampling for fertilizer”, RDA, (1998).
 24. Miller, F.C., “Thermodynamic and matric water potential analysis in field and laboratory scale composting ecosystem, PhD dissertation, Rutgers University, University Microfilms, Ann Arbor, MI. (1985).
 25. Min, K.H., Chang, K.W. and Yu, Y.S., “Changes of physico-chemical properties of paper mill sludge amended with pig manure in composting process”, *J. of KOWREC*, 8(4), pp. 86–92. (2000).
 26. Lee, J.J., Chang, K.W., Han, K.P., Hong, J.H., Lee, D.S. and Kim, Y.J., “The efficacy assessment and manufacture of kitchen garden soil using livestock manure for an urban agriculture”, *J. of KORRA*, 23(2), pp. 61–66. (2015).
 27. Yang, J.E., Kim, J.J., Shin, M.K. and Park, Y.H., “Amino acids in humic acids extracted from organic

- by-product fertilizer”, *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 31(2), pp. 128-136. (1998).
28. Lee, S.H., Kim, I.H., Hong, J.W., Kwon, O.S. and Kim J.W., “Effects of functional ingredients supplementation as a bulking agent in composting of swine manure”, *Kor. J. Org. Agric.*, 9(4), pp. 113-121. (2001).
29. Lee, J.T., Nam, Y.G. and Lee, J.I., “Changes of physico-chemical properties and microflora of pig manure due to composting with some bulking agents”, *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 34(2), pp 134~144. (2001).