

SHORT COMMUNICATION

퇴비화 과정 동안 동애등에 유충을 활용한 육계분과 한우분의 특성 비교

최인학*

중부대학교 반려동물학부

Comparison of the Properties of Broiler and Hanwoo Manure Treated by Black Soldier Fly Larvae during Composting

In-Hag Choi*

Division of Pet & Companion Animal Science, Joongbu University, Geumsan-gun 32713, Korea

Abstract

This study aimed to compare the characteristics of broiler manure and hanwoo manure by incorporating 4th instar black soldier fly (BSF) larvae into both manure types and analyzing their properties during composting. The experimental design included two treatment groups, each with three replicates: 1) 500 g of broiler manure + 50 g of 4th instar BSF larvae and 2) 500 g of hanwoo manure + 50 g of 4th instar BSF larvae. Analyses conducted at days 0 and 24 revealed no significant change in dry matter (DM) content of broiler litter and cattle manure following the addition of 4th instar BSF larvae ($p>0.05$). However, treatment with BSF larvae resulted in noticeable differences; broiler litter exhibited a lower pH and higher total nitrogen (TN) content than hanwoo manure ($p<0.05$). Furthermore, the addition of BSF larvae resulted in significant changes in acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) content ($p<0.05$), with broiler litter showing relatively lower levels of ADF and NDF than hanwoo manure. These findings demonstrate the potential of broiler litter and hanwoo manure treated with BSF larvae as organic fertilizers and soil amendments.

Key words : Acid detergent fiber, Black soldier fly larvae, Dry matter, Neutral detergent fiber, pH, Total nitrogen

1. 서 론

과거에는 화학비료가 토양에서 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 특성을 활용해 작물의 생산량을 늘리고 성장 속도를 촉진하는 목적으로 주로 쓰였다(Han et al., 2016). 하지만 화학비료의 과도한 사용은 토양 내 여러 화학 성분의 불균형을 초래하고, 산성화를 촉진하는 부작용을 가져왔다(Simpson et al., 2011; Bisht and Chauhan, 2020). 이런 이유로 퇴비화 과정을 거친 축산 분뇨를 이용한 유기질 비료가 점차 주목받게 되었으며, 이는 경제

적으로 효율적일 뿐만 아니라 복잡한 운용 기술이 필요하지 않아 오랜 시간 동안 대부분의 축산 농가에서 널리 활용되어 왔다(Kim et al., 2006). Zucconi and De Bertoldi(1987)에 의하면 퇴비화(composting)는 유기물질이 광물화와 부분적인 부식화 과정을 거치며 진행되는 생물학적 산화 과정으로 정의하였다. 결과적으로 축분은 퇴비화 과정을 거쳐 토양과 농지 이용면에서 보다 안전한 유기질 비료원으로 전환된다. 퇴비화가 잘 되기 위해서는 이 과정 중에 발생하는 메커니즘을 이해하는 것이 중요하며 퇴비의 품질을 좌우하는 핵심 요소

Received 5 March, 2026; Revised 22 March, 2026;

Accepted 25 March, 2026

*Corresponding author : In-Hag Choi, Division of Pet & Companion Animal Science, Joongbu University, Geumsan-gun 32713, Korea
Phone : +82-41-750-6284

E-mail : animalscience@naver.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

는 안정성과 부숙도로 나눌 수 있다. 그러므로 퇴비화 과정을 효과적으로 진행하기 위해서는 먼저 축분의 종류와 특성을 깊이 이해하는 것이 중요하다. 예를 들어, 우분(cow manure)은 질소(N)와 인산(P₂O₅) 함량이 계분(broiler manure), 돈분(pig manure), 양분(sheep manure)에 비해 상대적으로 낮지만, 유기물 공급원으로서의 가치가 높으며 건물 함량이 많아 토양개량제로 활용되는 특성이 있다(Cravotta, 1995). 반면, 계분은 질소 함량이 가장 높아 유기질 비료로서 매우 유용하다. 이러한 점을 고려했을 때, 퇴비화를 보다 효과적으로 진행하기 위한 방법 중 하나로 환경정화곤충의 활용이 주목받고 있다. 특히 동애등에(black soldier fly, BSF) 유충은 계분, 우분, 돈분 처리에서 광범위하게 사용되며, 축분에는 활용되지 않은 다량의 영양소가 포함되어 있다. 이러한 영양소는 동애등에 유충의 섭취와 소화 과정을 통해 체단백질로 변환될 수 있는 독특한 특성을 가진다(Matoss et al., 2021; Wu et al., 2021; Zhang et al., 2021). 현재까지 동애등에 유충을 활용하여 육계분과 한우분의 특성을 비교한 연구는 매우 제한적이어서 기후위기 대응면에서 경축순환의 중요성과 탄소중립을 위한 지속 가능성을 축산 환경경영 측면에서 고려한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 동애등에 유충을 육계분과 한우분에 첨가한 후, 퇴비화 과정을 거치는 실험 기간 동안 두 축분의 특성을 비교·분석함으로써 관련 분야에 기초 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다.

2. 재료 및 방법

동애등에 4령 유충은 경기도 안성시에 위치한 Circular Bio Co에서 구매하여 중부대학교 동물사양학 실험실에서 실험을 진행하였다. 실험에 사용된 육계분은 충청남도 공주의 육계농장에서, 한우분은 경상북도 영주에 위치한 한우농장에서 각각 공급받아 바로 사용하였다. 동애등에 유충의 사육 조건은 24일 동안 일정하게 유지되었으며, 온도는 23±1℃, 상대습도는 60±5%, 광주기는 14시간 주간 및 10시간 야간(14D:10L)으로 설정하였다. 사육용기로는 15 cm × 10 cm × 12 cm 크기의 직사각형 투명 플라스틱 상자가 사용되었다. 이 용기의 뚜껑에는 신선한 공기가 원활히 유입될 수 있도록 지름이 0.5cm인 구멍을 뚫어 주었다. 실험은 동애등에 유충과 육계분 및 한우분의 조합에서

각 처리구별로 설계되었고, 3반복으로 진행되었다. 처리구별 첨가 비율은 다음과 같다.

- 1) 육계분 처리구(broiler manure treatment):
500 g of broiler manure + 50 g of 4th instar BSF larvae
- 2) 한우분 처리구(hanwoo manure treatment):
500 g of hanwoo manure + 50 g of 4th instar BSF larvae

샘플은 실험 시작일과 마지막 날에 각 처리구에서 각각 50 g씩 채취하여 pH, 건물(dry matter, DM), 총 질소(total nitrogen, TN), acid detergent fiber (ADF) 및 neutral detergent fiber (NDF)의 함량을 분석하는데 활용하였다. pH 측정은 샘플과 증류수를 1:10 비율로 혼합하여 2시간 동안 원심분리한 후 상·하층이 분리된 상태에서 pH meter (Mettler Toledo Co., MP230, Küssnacht, Switzerland)를 사용하였다. 건물 함량은 샘플의 수분 함량을 측정된 뒤 100%에서 이를 차감하여 계산하였다. 총 질소 분석은 Vario Max CN 원소 분석기(Hanau, Germany)를 활용하였으며, ADF와 NDF는 ANKOM 220 Fiber Analyzer (New York, USA)를 사용하여 측정하였다. 통계 분석은 SAS (version 9.4, USA) 소프트웨어를 활용하여 PROC GLM 절차에 따라 T-test를 실시하였고, 통계적 유의성은 5% 수준(p<0.05)에서 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

동애등에 4령 유충을 육계분과 한우분에 첨가했을 때 pH, 건물, 총 질소 함량에 대한 비교 결과는 Table 1에 제시하였다. 분석 결과, pH와 총 질소 함량에서는 두 처리구 간의 유의미한 차이가 관찰되었으나(p<0.05), 건물 함량에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 동애등에 유충을 첨가한 경우, 0일과 24일 동안의 육계분과 한우분의 건물 함량에서 뚜렷한 변화를 보이지 않았다는 점에서 확인할 수 있다. 또한 본 연구의 중요한 관점은 동애등에 유충 첨가가 육계분과 한우분의 pH와 총 질소 함량에 명확한 영향을 미쳤다는 것이다(Cravotta, 1995). 이는 육계분(유기질 질소비료의 가치)과 한우분(토양개량제로서 가치)이 지닌 특성 때문에 육계분이 한우분보다 더 낮은 pH와 더 높은 총 질소 함량을 가지는 특징적인 차이를 보여준다. 일반

Table 1. Comparison of pH, DM, and TN levels in broiler and hanwoo manure processed by BSF larvae

	Day	Treatment ¹ item		Significance
		Broiler manure	Hanwoo manure	
pH	0	7.96±0.05	9.27±0.10	*
	24	8.18±0.10	9.34±0.06	*
DM (%) ²	0	76.37±2.43	70.07±0.78	NS ⁴
	24	70.93±0.64	71.23±0.55	NS
TN (%) ³	0	7.50±0.09	2.81±0.09	*
	24	8.18±0.09	2.97±0.06	*

Data are expressed as the mean ± standard error of the mean (SEM)

¹Broiler manure treatment = 500 g of broiler manure + 50 g of 4th instar BSF larvae; Hanwoo manure treatment = 500 g of hanwoo manure + 50 g of 4th instar BSF larvae

²DM: dry matter

³TN: total nitrogen

⁴NS: not significant

*p<0.05

Table 2. Comparison of ADF and NDF levels in broiler and hanwoo manure processed by BSF larvae

Item	Day	Treatment ¹		Significance
		Broiler manure	Hanwoo manure	
ADF (%) ²	0	12.86±0.23	38.83±0.85	*
	24	14.46±0.80	41.38±4.09	*
NDF (%) ³	0	35.33±1.73	63.90±0.83	*
	24	34.75±2.16	67.97±1.37	*

Data are expressed as the mean ± standard error of the mean (SEM)

¹Broiler manure treatment = 500 g of broiler manure + 50 g of 4th instar BSF larvae; Hanwoo manure treatment = 500 g of hanwoo manure + 50 g of 4th instar BSF larvae

²ADF: acid detergent fiber

³NDF: neutral detergent fiber

*p<0.05

적으로 한우분은 돈분이나 계분에 비해 배출량이 많지만, 상대적으로 낮은 질소(N) 함량을 가지고 있어 토양 개량제로 유용하게 사용될 수 있다. 따라서 동애등에 유충을 활용한 다양한 축분의 퇴비화 과정이 토양과 작물 생산에 효과적으로 적용될 경우, 환경 보호 및 친환경 농업 발전에 크게 기여할 수 있다는 가능성을 제시한다.

Table 2는 육계분과 한우분에 동애등에 4령 유충을 처리했을 때 ADF와 NDF 함량에 미치는 영향을 나타낸 결과이다. 동애등에 유충 처리는 ADF와 NDF 함량에 유의미한 차이가 발생했음을 확인할 수 있었다 (p<0.05). 한우분과 비교했을 때 육계분에서는 ADF와 NDF 함량이 상대적으로 낮았다. 이는 한우 사육 시 조 사료나 섬유질이 많은 볏짚 등이 많이 급여되기 때문에 한우분에서 ADF와 NDF 함량이 높게 나타난 것으로,

사료 급여 원료의 차이에 기인한 결과로 판단된다. Pennington et al.(2009)의 연구에 따르면 젖소분 (dairy manure)에서 소화되지 않은 섬유소의 ADF는 약 50.5~52.7%, NDF는 약 77.7~83.5% 수준으로 보고되었으나, 이는 처리 방법이나 사료 원료에 따라 크게 달라질 수 있다고 언급되었다. 심지어 동애등에 성장 단계에 따라 한우분에 처리했을 경우에도 ADF와 NDF 함량이 감소하는 경향이 Kim(2023)의 연구를 통해 보고된 바 있다. 본 연구에서는 육계분과 한우분에 동애등에 유충을 적용하여 비교 평가한 결과, Kim(2023)의 연구와 다소 차이를 보였으나, 유기질 비료 및 토양 개량제로서의 역할 측면에서 육계분과 한우분 간의 ADF와 NDF 함량 차이를 관찰할 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 동애등에 4령 유충을 육계분과 한우분에 첨가한 뒤 퇴비화 과정을 통해 두 축분의 특성을 비교·분석하였다. 실험 초기 0일과 24일 후의 측정 결과, 동애등에 4령 유충을 첨가했음에도 육계분과 한우분의 건물 함량에서는 유의미한 변화가 나타나지 않았다. 그러나 동애등에 4령 유충 처리는 육계분이 한우분에 비해 더 낮은 pH를 보이며, 총 질소 함량이 더 높은 뚜렷한 차이를 나타냈다. 또한 동애등에 4령 유충 첨가는 ADF와 NDF 함량의 유의미한 변화를 관측하였으며, 한우분 대비 육계분에서 ADF와 NDF 함량이 상대적으로 낮게 측정되었다. 이러한 결과는 육계분과 한우분에 동애등에 4령 유충 처리를 통해 유기질 비료 및 토양개량제로서의 활용 가능성을 입증하였다. 그러나 동애등에를 처리한 구와 처리하지 않은 구를 일반 계분과 한우분에 적용하여 유기질 비료 및 토양개량제로서 입증하는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Bisht, N., Chauhan, P. S., 2020, Excessive and disproportionate use of chemicals cause soil contamination and nutritional stress, in: M. L. Larramendy M. L., Soloneski, S. (eds.), Soil Contamination-Threats and Sustainable Solutions, IntechOpen, London, UK, <https://doi.org/10.5772/intechopen.94593>
- Cravotta, C. A., 1995, Use of stable isotopes of carbon, nitrogen, and sulfur to identify sources of nitrogen in surface waters in the lower Susquehanna river basin, Pennsylvania, U.S. Geological Survey water-supply paper 2497, United States Geological Survey, Virginia, 94-510, <https://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2497/pdf/wsp2497.pdf>
- Han, S. H., An, J. Y., Hwang, J., Kim, S. B., Park, B. B., 2016, The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system, For. Sci. Technol., 12, 137-143.
- Kim, J. Y., 2023, Effects of using environmental purification insects on Hanwoo manure, J. Environ. Sci. Int., 32, 671-674.
- Kim, K. Y., Choi, H. L., Ko, H. J., Kim, C. N., 2006, Estimation of ammonia emission during composting livestock manure based on the degree of compost maturity, J. Anim. Sci. Technol., 48, 123-130, <https://doi.org/10.5187/JAST.2006.48.1.123>
- Matos, J. S., de Arjo, L. P., Allaman, I. B., Lo, I. P., de Oliva, S. T., 2021, Evaluation of the reduction of methane emission in swine and bovine manure treated with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.), Environ. Monit. Assess., 193, 480, <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09252-2>
- Pennington, J. A., VanDevender, K., Jennings, J. A., 2009, Nutrient and fertilizer value of dairy manure, Agriculture and natural resources, Cooperative Extension Service, University of Arkansas Division of Agriculture, U.S. Dept. of Agriculture, and county governments cooperating, <https://www.uaex.uada.edu/publications/pdf/FSA-4017.pdf>
- Simpson, R. J., Oberson, A., Culvenor, R. A., Ryan, M. H., Veneklaas, E. J., Lambers, H., 2011, Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems, Plant and Soil, 349, 89-120.
- Wu, N., Wang, X., Yan, Z., Xu, X., Xie, S., Liang, J., 2021, Transformation of pig manure by passage through the gut of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*): Metal speciation, potential pathogens and metal-related functional profiling, Ecotoxicol. Environ. Saf., 211, 111925.
- Zhang, X., Zhang, J., Jiang, L., Yu, X., Zhu, H., Zhang, J., Feng, Z., Zhang, X., Chen, G., Zhang, Z., 2021, Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae significantly change the microbial community in chicken manure, Curr. Microbiol., 78, 303-315.
- Zucconi, F., De Bertoldi, M., 1987, Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste, in: De Bertoldi, M., Ferranti, M. P., L' Hermite, M. P., Zucconi, F. (eds.), Compost: Production, Quality and Use, Elsevier, London, 276-295.

• Professor. In-Hag Choi
Division of Pet & Companion Animal Science
animalscience@naver.com