

## SHORT COMMUNICATION

# 갈색거저리 유충 활용이 한우분의 퇴비화에 미치는 영향

정태호\*

중부대학교 반려동물학부

## The Impact of Utilization of *Tenebrio molitor* (Mealworm) on the Composting Process of Hanwoo Manure

Tae-Ho Chung\*

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

### Abstract

This study evaluated the effects of incorporating 4th and 5th instar of *Tenebrio molitor* (TM) larvae into hanwoo manure during the composting process, with aim of broadening its applications in the insect industry and supporting sustainable industrial development. Experimental treatments were established by mixing 0.1 kg of 4th instar TM larvae per 1 kg of hanwoo manure, with the same procedure replicated three times, for both the 4th and 5th instar TM larvae. Both larval stages effectively regulated total carbon and nitrogen levels, reducing the C:N ratio to below 15:1, a key threshold for transforming hanwoo manure into a stable compost. Although pH is a critical factor in composting, the addition of both 4th and 5th instar TM larvae maintained the pH level above 9 throughout the process. Hanwoo manure contained high levels of acid detergent fiber and neutral detergent fiber. However, the larvae demonstrated limited capacity to degrade or assimilate these components. These findings suggest that hanwoo manure treated with TM larvae, in addition to its use as an organic fertilizer, may also serve as a soil amendment agent capable of neutralizing soil conditions.

**Key words:** ADF, C:N ratio, Hanwoo manure, NDF, pH, *Tenebrio molitor* larvae

### 1. 서론

식용 곤충으로 널리 알려진 갈색거저리(*Tenebrio molitor* L.)는 유럽 및 아시아 특히, 중국과 한국에서 식품 원료로 공식 승인을 받았을 뿐만 아니라 곤충 산업 및 사료 산업에서 유망한 종으로 주목받고 있다 (Siddiqui et al., 2023). 여러 선행 연구에 따르면, 갈색거저리 유충은 지방, 아미노산, 불포화지방산, 무기질 등 다양한 영양소를 풍부하게 함유하고 있다 (Makkar et al., 2014). 특히, 단백질 함량이 높아 가축

과 반려동물의 대체 사료로서 활용 가능성이 높다 (Hong et al., 2020). 더욱이 갈색거저리는 다른 동물에 비해 사육이 용이하고 환경에 미치는 부정적인 요소가 작아 지속 가능한 자원으로 높게 평가되고 있다 (Oonincx et al., 2010; Woo et al., 2019; Kim et al., 2025). 그러나 현재까지 갈색거저리를 축산 환경에서 적극적으로 활용한 사례는 제한적이다. 따라서 갈색거저리를 환경 정화 곤충으로 활용하는 가능성을 평가하는 것은 곤충 산업의 발전을 위한 중요한 과제 중 하나이다. 예를 들면, 갈색거저리를 한우 사육 과정에서

Received 27 February, 2026; Revised 24 March, 2026;

Accepted 26 March, 2026

\*Corresponding author : Tae-Ho Chung, Division of Pet & Companion Animal Science, Joongbu University, Geumsan-gun 32713, Korea  
Phone : +82-41-750-6283

E-mail : taehochung@daum.net

© 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.

발생하는 우분에 적용하면 퇴비화 과정을 촉진시킬 수 있으며, 이를 통해 우분이 퇴비 비료로서 갖는 가치를 실증할 수 있다. 더 나아가 비육우와 번식우에서 생성되는 우분은 급여되는 사료 성분의 차이로 인해 성장과 퇴비화 속도에서 차이가 나타날 수 있다. 이때 갈색거저리를 첨가하면 동일한 기간 내에 우분의 화학적 변화 과정을 관찰하고 퇴비화 효능을 평가할 수 있는 기초 자료를 확보할 수 있다. 이러한 연구는 갈색거저리의 새로운 활용 가능성을 탐구하는 계기가 될 뿐만 아니라 기존 연구와의 비교를 통해 교육 자료로도 활용될 수 있다. 이는 곤충 산업의 다양한 응용 분야를 확장하는 데 기여하며 지속 가능한 산업 모델 개발에 도움을 줄 것으로 기대된다. 따라서 본 연구는 갈색거저리 유충을 한우분에 첨가 시 퇴비화에 미치는 영향을 조사하여 축산환경의 경영 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

갈색거저리 4령과 5령 유충은 울주군 언양에 위치한 (주)Modnilove에서 구매하였다. 갈색거저리 유충 사육 실험은 중부대학교 생명관 준비실에서 진행되었다. 실험에 사용된 한우분은 경상북도 영주의 비육을 전문으로 하는 한우 농장에서 제공받았다. 곤충 사육 조건은 온도  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ , 상대습도  $60 \pm 5\%$ , 광주기 12시간 주간과 12시간 야간 비율(12D:12L)로 설정되었으며, 25일 동안 동일한 환경을 유지하며 수행하였다. 사육용기는  $17 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$  크기의 직사각형 투명 플라스틱 상자를 사용하였으며, 뚜껑은 별도로 두지 않았다. 처리구는 갈색거저리 4령 유충 0.1 kg당 한우분 1 kg의 비율로 3반복으로 설정하였고 갈색거저리 5령 유충도 같은 방법으로 첨가하였다. 샘플은 반복구마다 각각 50 g씩 측정하여 5일 간격으로 채취하였다. 채취한 샘플은 Vario Max CN 원소 분석기(Hanau, Germany)를 활용하여 총 탄소(total carbon, TC)와 총 질소(total nitrogen, TN) 함량을 측정하였고, 탄질율(C:N)은 총 탄소 함량을 총 질소 함량으로 나누어 계산하였다. pH 분석은 샘플과 증류수를 1:10 비율로 혼합하여 섞은 뒤 2시간 동안 원심분리한 후 상·하층이 분리된 상태에서 pH meter (Mettler Toledo Co., MP230, Küssnacht, Switzerland)를 사용하여 즉시 측정하였다. Acid detergent fiber (ADF)와 neutral detergent fiber (NDF) 함량은 ANKOM 220 Fiber

Analyzer (New York, USA)를 이용하여 분석하였다. 통계분석은 SAS (version 9.4, USA)를 이용해 PROC GLM procedure에 따라 실시하였다. 모든 데이터는 처리구별 분석된 항목에 따라 0일, 5일, 15일, 25일 기준으로 평균값의 유의성을 Duncan's multiple range post-hoc test를 활용하여 5% 수준에서 검증하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Table 1은 갈색거저리 4령 및 5령 유충의 첨가가 한우분의 총 탄소, 총 질소 및 탄질율에 미치는 영향을 요약하였다. 갈색거저리 4령 및 5령 유충을 한우분에 첨가한 경우 총 탄소와 총 질소 함량, 탄질율에는 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ). 또한, 두 유충 처리군 모두에서 총 탄소, 총 질소 및 탄질율은 유사한 값을 보였다. 일반적으로 퇴비화 과정에서 적절한 탄질율은 총 탄소와 총 질소의 함량에 따라 결정되며, 축분 퇴비화 과정에서의 효율적인 탄질율은 일반적으로 20:1~40:1이다. 특히, 분해를 담당하는 미생물이 활발히 활동할 경우 탄질율은 5:1~10:1 사이로 감소하는 것으로 알려져 있다(Coyne and Thompson, 2006; Lee et al., 2020). 탄질율이 20:1 이하일 경우 암모니아와 같은 악취 물질이 발생할 가능성이 있으며, 반대로 탄질율이 40:1을 초과하면 질소 부족으로 인해 퇴비화 기작이 지연될 수 있다는 보고도 있었다(Coyne and Thompson, 2006; Lee et al., 2020). 기존 연구에서는 퇴비화에 적합한 최적 C/N 비율을 25:1~30:1로, 특정 축분 유형에서는 15:1 이하에서도 원활한 퇴비화가 가능하다고 보고된 바 있다(Garg and Tothill, 2009; Kumar et al., 2010). Rynk et al.(1992)의 연구 결과에 따르면, 우분(cattle manure)의 평균 탄질율은 19:1, 젖소분(dairy manure)의 경우 20:1로 관찰되었다. 이는 축분의 퇴비화 특성이 축종, 사료 배합 방식, 깔짚 사용 유형, 기후 조건 및 저장 시설 등과 같은 여러 요인에 의해 영향을 받을 수 있음을 시사한다. 본 연구 결과를 종합적으로 고려했을 때, 한우분에 갈색거저리 4령 및 5령 유충을 이용하는 것은 총 탄소 및 총 질소 함량의 적절한 조절과 함께 유충의 대사 활동을 통해 결과적으로 유기물 분해를 촉진시켜 탄질율이 15:1 이하로 낮아져 안정적인 퇴비로 전환될 수 있음을 확인할 수 있다.

**Table 1.** Effects of 4th and 5th instar TM larvae on total carbon, total nitrogen, and C:N ratio of hanwoo manure during the experimental period

Item	Group <sup>1</sup>	Day				p-value
		0	5	15	25	
TC <sup>2</sup> (%)	4th instar TM larvae	41.53±1.71	42.70±0.56	44.32±0.68	43.79±0.68	0.4830
	5th instar TM larvae	42.52±0.28	43.37±0.56	44.18±0.30	43.69±0.32	0.1859
TN <sup>3</sup> (%)	4th instar TM larvae	3.09±0.04	3.13±0.01	3.16±0.05	3.13±0.06	0.7771
	5th instar TM larvae	3.17±0.08	3.32±0.13	3.12±0.17	3.18±0.04	0.2570
C:N	4th instar TM larvae	13.43±0.56	13.66±0.21	14.05±0.37	14.01±0.46	0.9057
	5th instar TM larvae	13.44±0.36	13.12±0.53	14.16±0.30	13.73±0.17	0.9075

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

<sup>1</sup>4th instar TM larvae group = 1 kg of hanwoo manure + 0.1 kg of 4th instar TM larvae kg; 5th instar TM larvae group = 1 kg of hanwoo manure + 0.1 kg of 5th instar TM larvae kg

<sup>2</sup>TC: total carbon

<sup>3</sup>TN: total nitrogen

**Table 2.** Effects of 4th and 5th instar TM larvae on pH, ADF, and NDF contents of hanwoo manure during the experimental period

Item	Group <sup>1</sup>	Day				p-value
		0	5	15	25	
pH	4th instar TM larvae	9.28±0.09	9.16±0.10	9.23±0.07	9.30±0.04	0.8251
	5th instar TM larvae	9.26±0.10	9.33±0.07	9.43±0.07	9.42±0.09	0.5690
ADF <sup>2</sup> (%)	4th instar TM larvae	38.83±1.85	37.56±1.12	38.22±0.69	41.38±4.09	0.7729
	5th instar TM larvae	34.75±0.75	36.82±1.19	37.54±0.47	40.18±1.13	0.0758
NDF <sup>3</sup> (%)	4th instar TM larvae	64.80±2.63	63.37±0.69	63.55±0.64	68.50±4.62	0.5679
	5th instar TM larvae	62.81±1.59 <sup>b</sup>	62.32±0.94 <sup>b</sup>	64.49±1.71 <sup>ab</sup>	67.74±2.17 <sup>a</sup>	0.0215

Means accompanied by distinct superscripts within the same column exhibit statistically significant differences at a significance level of  $p < 0.05$

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

<sup>1</sup>4th instar TM larvae group = 1 kg of hanwoo manure + 0.1 kg of 4th instar TM larvae; 5th instar TM larvae group = 1 kg of hanwoo manure + 0.1 kg of 5th instar TM larvae kg

<sup>2</sup>ADF: acid detergent fiber

<sup>3</sup>NDF: neutral detergent fiber

Table 2는 갈색거저리 4령 및 5령 유충을 첨가했을 때 한우분의 pH, ADF 및 NDF 함량 결과를 제시하였다. 통계적 유의성은 5령 유충 처리구의 NDF 함량에서만 관찰되었으며( $p < 0.05$ ), 나머지 항목에서는 큰 영향을 미치지 않았다. Table 1의 결과와 마찬가지로 4령 및 5령 유충 처리구에서 pH, ADF 그리고 NDF 함량 모두 비슷한 경향을 보였다. 특히, 갈색거저리 유충의 퇴비화 과정에서 가장 중요한 요인은 pH이다. Francou et al.(2005)은 퇴비화 초기에 pH가 증가하며 퇴비화가 안정기에 접어들면 7~8 사이의 범위를 유지한다고

보고한 바 있다. 그러나 갈색거저리 유충이 첨가된 한우분 퇴비화에 적합한 pH 범위에 대한 정보는 아직 부족하다. 본 연구 결과에서는 갈색거저리 유충이 한우분을 섭취하더라도 pH 값이 여전히 9이상으로 높은 수준을 유지하며, 이는 한우분이 가진 전형적인 특성을 보여준다. 예를 들어 Lee et al.(2020)은 한우분 퇴비화 초기의 pH가 8.87이며, 퇴비화가 진행됨에 따라 8주 차에는 약 9.5까지 상승했다고 보고한 바 있다. 이는 한우분이 약 알칼리성으로 질소 함량이 낮아 유기질 비료보다는 토양을 중화시키는 토양 개량제로 주로 사용되고 있

음을 의미한다. ADF와 NDF 함량 역시 한우분에서 높은 수치를 보였는데, 이는 반추 동물인 소의 배설물이 소화되지 않은 식물 세포벽 성분을 다량 포함하고 있기 때문이다. 이러한 성분은 다른 축분에 비해 한우분에서 더 높게 나타나는 특징이 있다. 한편, 갈색거저리 유충은 고효율 영양 공급원으로서의 특성을 지니지만, 한우분에 포함된 ADF와 NDF를 효과적으로 분해하거나 흡수하는 능력은 제한되는 것으로 보인다.

#### 4. 결론

본 연구는 갈색거저리 4령 및 5령 유충을 한우분에 첨가함으로써 퇴비화 과정에 미치는 영향을 분석하고, 이를 통해 곤충 산업의 다양한 응용 가능성을 확대하며 지속 가능한 산업 모델 개발에 기여하고자 하는데 있다. 갈색거저리의 4령과 5령 유충을 한우분에 처리시 유충의 대사 활동이 한우분 내 유기물의 분해를 촉진함과 동시에 총 탄소 및 총 질소 함량을 효과적으로 조절하여 최종적으로 탄질비를 15:1 이하로 감소시켜 안정적인 퇴비로의 전환이 가능함을 확인하였다. 퇴비화 과정에서 pH가 핵심적 요인으로 갈색거저리 4령 및 5령 유충 처리 시 pH가 9이상의 높은 수준을 지속적으로 유지하였다. 더불어 한우분의 ADF와 NDF 함량 또한 높은 값을 나타냈으며, 갈색거저리 유충이 이들 성분을 효과적으로 분해하거나 흡수하는 능력에는 제한이 있는 것으로 평가되었다. 이러한 결과는 한우분이 단순한 유기질 비료보다 토양을 중화시키는 토양 개량제로서의 활용 가능성이 높다는 축산환경 경영적 의의를 시사한다.

#### 감사의 글

본 논문은 2025년도 중부대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

#### REFERENCES

- Coyne, M. S., Thompson, J. A., 2006, Math for soil scientists, Thomson/Delmar Learning, New York, 176-190 and 199-208.
- Francou, C., Poitrenaud, M., Houot, S., 2005, Stabilization of organic matter during composting: Influence of process and feedstocks, *Compost Sci. Util.*, 13, 72-83.
- Garg, A., Tothill, I. E., 2009, A Review of soil waste composting process-The UK perspective, Dynamic Soil, Dynamic Plant, Global Science Books.
- Hong, J., Han, T., Kim, Y. Y., 2020, Mealworm (*Tenebrio molitor* larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A Review, *Animals*, 10, 2068.
- Kim, H. S., Song, J. H., Kim, S. Y., Seok, Y. S., Park, K. B., Lee, H. Y., Yoon, J. S., 2025, Recent trends in industrialization strategies of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*), *Korean J. Appl. Entomol.*, 64, 249-264.
- Kumar, M., Ou, Y. L., Lin, J. G., 2010, Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio, *Waste Manag.*, 30, 602-609.
- Lee, S. H., Jeong, G. H., Lee, D. J., Lee, D. H., Kwag, J. H., 2020, Evaluation of parameters affecting composting of hanwoo manure, *J. Korea Soc. Waste Manag.*, 37, 124-132.
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P., 2014, State-of-the-art on use of insects as animal feed, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 197, 1-33.
- Oonincx, D. G. A. B., van Itterbeek, J., Heetkamp, M. J. W., van den Brand, H., van Loon, J. J. A., van Huis, A., 2010, An Exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption, *PLOS One*, 5, e14445.
- Rynk, R., van de Kam, M., Willson, G. B., Singley, M. E., Richard, T. L., Kolega, J. J., Gouin, F. R., Laliberty, L., Kay, D., Murphy, D. W., Hoitink, H. A. J., Brinton, W. F., 1992, On-farm composting handbook, in: Rynk, R. (ed.), Northeast Regional Agricultural Engineering Service, NY, 6-13 and 106-113.
- Siddiqui, S. A., Osei-Owusu, J., Yunusa, B. M., Rahayu, T., Fernando, I., Shah, M. A., Centoducati, G., 2023, Prospects of edible insects as sustainable protein for food and feed - A Review, *J. Insect Food Feed*, 10, 191-217.
- Woo, J. H., Lee, H. J., Choi, J. Y., Moon, K. D., 2019, Quality characteristics of tea of *Tenebrio molitor* larvae according to manufacturing methods, *Korean J. Food Preserv.*, 26, 179-184.

---

• Professor. Tae-Ho Chung  
Division of Pet & Companion Animal Science, Joongbu University  
taehochung@daum.net