

SHORT COMMUNICATION

환경정화 곤충 유충을 활용한 돈분 처리시 조회분 함량 및 암모니아 발생에 미치는 영향

장우환 · 최인학^{1)*}

경북대학교 식품자원경제학과, ¹⁾중부대학교 반려동물학부

Effect of Treating Environmental Purification Insect Larvae to Pig Manure on Crude Ash Content and Ammonia Production

Woo-Whan Jang, In-Hag Choi^{1)*}

Department of Food and Resource Economics, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

¹⁾Division of Companion Animal Behavior Welfare, Joongbu University, Geumsangun 32713, Korea

Abstract

This study aimed to investigate the effect of treating environmental purification insect larvae to pig manure on crude ash contents and ammonia production. The experiment set up consisted of two groups: 1 kg of each 3rd instar TM (*Tenebrio molitor*) and 3rd instar PBS (*Protaetia brevitarsis seulensis*) larvae in Experiment 1 or 3rd and 4th instar of HI (*Hermetia illucens* L.) larvae in Experiment 2 were treated with 5 kg of pig manure. In Experiment 1, the crude ash content was higher in TM larvae-treated pig manure at days 0 and 5 ($p > 0.05$), but was similar to that in PBS larvae-treated pig manure over ($p > 0.05$). Ammonia production was observed at day 0 of TM and PBS larvae-treated pig manure ($p < 0.05$), but did not occur thereafter. For Experiment 2, there was significant difference in crude ash content of 3th and 4th instar HI larvae-treated pig manure on day 15. Additionally, ammonia production was found in 3th and 4th instar HI larvae-treated pig manure at days 0 and 5, but did not continue over time. In conclusion, treating TM, PBS and HI to pig manure changed the crude ash contents and reduced ammonia through the ability to decompose pig manure. Thus, environmental impact can be minimized using environmental purification insect larvae.

Key words : Ammonia, Crude ash, Environmental purification insect, Pig manure

1. 서론

과거의 축산업은 가축으로만 사육해서 축산물을 생산하는 산업으로 생성되는 축분은 자정작용을 통해 스스로 해결하였다. 그러나 현재는 대규모 사육으로 인해 자정작용의 한계를 훨씬 넘어선 축분이 생성되고 있다. 따라서 축산업을 주요 환경오염원으로 인

식하고 집중관리 대상으로 분류되었으나 이를 극복하기 위한 축산환경보호와 지속가능한 친환경적 개념은 최근에서야 축산업에 적용되었다. 이러한 점에서 곤충산업의 활성화는 환경적인 측면에서 매우 바람직한 현상이다. Kim et al.(2015)에 의하면, 곤충산업은 농식품분야, 비농식품분야 및 융복합분야 세 가지로 나누어 비교·분석하였다. 특히 융복합분야는 법률적으

Received 15 January, 2024; Revised 25 January, 2024;

Accepted 31 January, 2024

*Corresponding author : In-Hag Choi, Division of Companion Animal Behavior Welfare, Joongbu University, Geumsangun 32713, Korea
Phone : +82-41-750-6284
E-mail : wicw@chol.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.

로 환경정화 영역이 포함되는데(Kim et al., 2015), 이에 속하는 곤충으로 아메리카동애등에(*Hermetia illucens* L.)가 대표적인 환경정화 곤충이다. 아메리카동애등에는 축사 및 음식물쓰레기 등 유기성폐기물이 있는 곳에서 생활사를 이어가며 이들을 분해하는 종으로 알려져 있다(Shepperd et al., 2002). 더 나아가 갈색거저리(*Tenebrio molitor*)는 거저리과에 속하는 곤충이며 사료용(경제동물), 먹이용(반려동물) 및 환경정화용 곤충으로 활용하고 있다(Park et al., 2012). 갈색거저리 유충은 간질환을 치료할 목적으로 약리활성 측면에서 이용하기도 한다(Lee et al., 2015). 또한, 굼벵이라고 불리는 흰점박이꽃무지(*Protaetia brevitarsis seulensis*)는 딱정벌레목 꽃무지과에 속하며, 약용곤충으로서 기능성 원료로 활용하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다(Lee et al., 2017; Myung et al., 2020). 그 중에서도 특히 항염증 효과, 항산화 활성 효과 등이 증명되었다. 그러나, 갈색거저리와 굼벵이를 친환경 축분처리용으로 첨가하여 축분의 분해능력과 그 특성에 대한 연구는 거의 전무하다. 따라서 본 연구에서는 갈색거저리 유충 3령, 굼벵이 유

충 3령 그리고 아메리카동애등에 유충 3령과 4령을 돈분에 첨가하고, 일정기간 돈분의 조화분 함량과 암모니아 발생량에 미치는 영향을 조사하였다. 이에 그 결과로부터 환경정화곤충들을 이용한 지속가능한 축분처리 방안에 기초자료를 제공하는데 목적을 두었다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 곤충의 유충은 갈색거저리 3령, 굼벵이 3령 그리고 아메리카동애등에 3령과 4령이었다. Experiment 1에서는 갈색거저리 3령과 굼벵이 3령을 (주)모드니아(Ulsan, South Korea)로부터 구입하여 돈분 5 kg 기준으로 각 곤충 유충을 1 kg 처리하였다(Choi, 2022). 또한, 갈색거저리 3령과 굼벵이 3령은 1 kg 기준으로 10,000마리와 680마리였다. Experiment 2는 Circular Bio Company(Anseong, South Korea)로부터 아메리카동애등에 3령과 4령을 구매하여 Experiment 1과 같은 방법으로 처리하였다. 또한, 아메리카동애등에 3령과 4령은 1 kg 기준으로 160,000마리와 60,000마리로 나타났다. 각

Table 1. Changes in crude ash contents of TM and PBS larvae-treated pig manure in Experiment 1

Treatment ¹	Day			
	0	5	15	25
TM larvae-treated pig manure	29.06±4.80	30.00±2.47	23.73±0.77	20.14±0.73
PBS larvae-treated pig manure	25.41±5.08	27.94±1.63	24.91±2.92	20.87±1.32
Significance	NS ²	NS	NS	NS

¹TM larvae-treated pig manure: 5 kg of pig manure + 1 kg of 3rd instar of *Tenebrio molitor* larvae, PBS larvae-treated pig manure: 5 kg of pig manure + 1 kg of 3th instar of *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae.

Data are expressed as mean standard error (SEM).

²NS: not significant.

Table 2. Changes in ammonia contents of TM and PBS larvae-treated pig manure in Experiment 1

Treatment ¹	Day			
	0	5	15	25
TM larvae-treated pig manure	3.08±0.30	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
PBS larvae-treated pig manure	4.67±0.44	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Significance	*	NS ²	NS	NS

¹TM larvae-treated pig manure: 5 kg of pig manure + 1 kg of 3rd instar of *Tenebrio molitor* larvae, PBS larvae-treated pig manure: 5 kg of pig manure + 1 kg of 3th instar of *Protaetia brevitarsis seulensis* larvae.

Data are expressed as mean standard error (SEM).

²NS: not significant.

*p<0.05.

Table 3. Changes in crude ash contents of 3rd and 4th instar HI larvae-treated pig manure in Experiment 2

Treatment ¹	Day			
	0	5	15	25
3rd instar HI larvae- treated pig manure	25.47±0.96	26.95±0.89	25.37±0.85	27.39±0.67
4th instar HI larvae- treated pig manure	23.71±0.84	26.69±0.71	27.67±0.33	25.72±1.73
Significance	NS ²	NS	*	NS

¹3rd instar HI larvae-treated pig manure: 5 kg of pig manure + 1 kg of 3th instar of *Hermetia illucens* larvae, 4th instar HI larvae-treated pig manure: 5 kg of pig manure + 1 kg of 4th instar of *Hermetia illucens* larvae.

Data are expressed as mean standard error (SEM).

²NS: not significant.

*p<0.05.

Table 4. Changes in ammonia contents of 3rd and 4th instar HI larvae-treated pig manure in Experiment 2

Treatment ¹	Day			
	0	5	15	25
3rd instar HI larvae-treated pig manure	4.00±0.58	1.17±0.17	0.00±0.00	0.00±0.00
4th instar HI larvae-treated pig manure	4.67±0.88	1.67±0.16	0.00±0.00	0.00±0.00
Significance	NS ²	NS	NS	NS

¹3rd instar HI larvae-treated pig manure: 5 kg of pig manure + 1 kg of 3th instar of *Hermetia illucens* larvae, 4th instar HI larvae-treated pig manure: 5 kg of pig manure + 1 kg of 4th instar of *Hermetia illucens* larvae.

Data are expressed as mean standard error (SEM).

²NS: not significant.

처리구는 3반복으로 하였다. 곤충 실험은 경북 영주에 위치한 단산양돈농장에서 실시하였으며 곤충 유충 사육조건은 온도 25~27°C, 광주기(L:D) 16:8 그리고 상대습도 40±2%로 동일하게 적용하였다. 또한, 곤충 사육용기는 34 x 25 x 25 cm 규격인 플라스틱 상자로 상단에 통기 구멍이 있는 형태로 Experiment 1과 2에 사용하였다. 샘플은 0일, 5일, 15일, 25일에 라텍스 글로버를 이용하여 40 g 정도를 각 처리구로부터 채취하였다. 샘플 분석항목은 조회분(Crude ash)으로 AOAC(2000) 방법에 준하여 분석하였다. 또한, 암모니아는 각 처리구의 플라스틱 상자 상단 통기 구멍에 검지관 kit이 부착된 가스텍(Gastech)을 이용하여 0일, 5일, 15일, 25일에 측정하였다. 그리고 각각의 분석된 결과는 SAS(2002)의 GLM procedure를 이용하여 T-test로 p<0.05 수준에서 통계적 유의성 검정을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 갈색거저리와 굼벵이 유충에 대한 영향

돈분에 갈색거저리와 굼벵이 유충 3령을 처리시 조회분과 암모니아에 대한 결과는 Table 1과 2에 제시하였다. 조회분의 경우, 갈색거저리와 굼벵이 유충 처리에 통계적 유의성은 없었다(p>0.05). 돈분에 함유된 조회분 함량은 0일과 5일에서는 갈색거저리 유충 처리구가 높았지만 시간이 지남에 따라 굼벵이 유충 처리구와 비슷한 경향이였다. 이 점은 유충의 크기를 비교하면 알 수 있다. 실험 관측시 굼벵이 유충의 크기는 갈색거저리 유충보다 크며 0일과 5일에서는 돈분을 분해하는 것이 빨랐다. 15일 이후부터는 갈색거저리의 유충의 크기가 작지만 마리수가 많아 돈분을 빨리 분해하는 것으로 나타났다. 다시 말하면, 조회분 함량에 영향을 줄 수 있는 요인은 돈분 분해 과정에서 두 유충의 분해능력 차이에 의해 설명할 수 있다는 점이다. 특히, 조회분은 회화로에서 575°C에서 가열하며 남는 물질인 무기물로 알려져 있을 뿐만 아니라 영양소 공급원으로 제공하는 것은 곤충에게 장점을 가지고 있다(ASM, 2007). 그러므로 갈색거저리와 굼벵이 유충을 활용하는 관점에서도 이는 매우 유용한 정보를 제공한다(Auvermann, 1999). 암모니아는 0일을 제외하고(p<0.05), 5일, 15일 그리고

25일경에는 발생량이 없었다. 예를 들면, 부속되지 않은 돈분을 퇴비로 사용하게 되면 유기성분이 분해되면서 암모니아 가스를 발생한다. 그러나 두 유충을 처리하면 돈분에서 발생하는 암모니아 저감 능력이 있다는 것을 보여주는 증거이다. 또한, 암모니아 발생량이 감소하는 것은 질소함량이 높다는 것을 의미하므로 Choi(2022)의 퇴비의 가치 향상을 위한 곤충 연구에서도 잘 설명되어 있다.

3.2. 동애등에 유충에 대한 영향

Table 3과 4는 돈분에 동애등에 유충 3령과 4령을 처리시 조회분과 암모니아에 대한 결과를 나타내었다. 0일, 5일 그리고 25일에서의 조회분 함량은 동애등에 유충 3령과 4령에서는 두드러진 차이는 없었다($p > 0.05$). 그러나 15일에서는 동애등에 유충 처리구간에 유의성이 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 동애등에 유충 3령과 4령의 조회분 함량을 비교하면 0일에서는 동애등에 유충 4령 처리구가 낮았고 5일에서는 비슷한 수준이었다. 그러나 15일에서는 동애등에 4령의 처리구에서 조회분 함량이 높았지만, 25일에서는 동애등에 3령의 처리구에서 높아지는 경향이였다. 일반적으로 다른 곤충과는 달리 아메리카동애등에는 환경정화곤충으로서 축분에 생존하면서 이들을 신속하게 분해하기 위하여 발현하는 기작을 보유하고 있어 축분을 처리하는데 활용가치가 높다고 보고하고 있다(Kim et al., 2008; Park et al., 2016). 우리의 결과에서는 동애등에 유충의 3령과 4령의 분해 능력 차이로 볼 수 있다. 한 예로, Table 1의 결과를 비교해 보면 돈분의 분해 능력으로부터 조회분 함량의 변화는 각 곤충의 유충 처리에 따라 다르다는 것을 보여준다. 암모니아에 대한 결과에서 통계적 유의성은 동애등에 유충 3령과 4령 처리구간에 통계적 유의성은 나타나지 않았다($p > 0.05$). 0일에서는 두 처리구간에 5 ppm 이하로 암모니아가 발생하였지만, 5일에서는 암모니아 발생량이 감소되며 그 이후에는 발생되지 않는 것으로 관측되었다. 이 결과는 Table 2의 갈색거저리와 굼벵이 유충과 유사한 패턴이며 동애등에도 돈분으로부터 암모니아를 이용하여 분해하는 능력이 있다는 것을 보여주었다. 또한, Choi (2022)의 곤충을 활용한 연구와 비교할 때도 우리의 결과를 뒷받침한다.

4. 결 론

본 연구는 돈분에 갈색거저리 유충 3령과 굼벵이 유충 3령 처리를 Experiment 1, 아메리카동애등에 유충 3령과 4령을 처리한 것을 Experiment 2로 하여 돈분에 함유된 조회분 함량과 암모니아 발생량에 미치는 영향을 조사하였다. Experiment 1에서는 돈분에 함유된 조회분 함량은 0일과 5일에서는 갈색거저리 유충 처리구가 높았지만 시간이 지남에 따라 굼벵이 유충 처리구와 비슷한 경향이였다. 암모니아 발생은 갈색거저리와 굼벵이 유충 3령 처리구의 0일에서 관측되었지만 그 이후에는 발생되지 않았다. Experiment 2에서는 아메리카동애등에 3령과 4령을 돈분에 처리한 결과로서 조회분 함량에는 두드러진 차이는 없었다. 또한 암모니아 발생은 0일과 5일에서 관측되었지만 시간이 지남에 따라 발생되지 않는 것으로 나타났다. 결과적으로 갈색거저리 유충 3령, 굼벵이 유충 3령, 아메리카동애등에 유충 3령과 4령을 돈분에 처리시 조회분에 함량에 영향을 주지 않았지만, 돈분을 분해하는 능력을 통해 암모니아의 발생을 감소시켰다. 따라서 환경정화곤충들을 이용한 축분처리를 통하여 친환경적 지속가능 방안이 될 수 있다는 사실을 입증하였다.

REFERENCES

- AOAC., 2000, Official methods of analysis, 17th ed, Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C, USA.
- ASTM., 2007 E1755-01: Standard test method for ash in biomass, West Conshohocken, Pa.: ASTM International.
- Auvermann, B. W., 1999, Principles of manure quality, In Feedyard Manure Management Handbook. College Station, Tex, Texas Agricultural Extension Service.
- Choi, I. H., 2022, Decomposition abilities and characteristics of pig manure using three insect larvae, Entomol. Res., 52, 439-444.
- Kim, J. G., Choi, Y. C., Choi, J. Y., Kim, W. T., Jeong, G. S., Park, K. H., Hwan, S. J., 2008, Ecology of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratmyidae) in Korea, Korean J. Appl. Entomol., 47, 337-343.
- Kim, Y. J., Han, H. S., Park, Y. G., 2015, The plan for activation of insect industry, Research Report R758, Korea Rural Economic Institute.
- Lee, H. S., Ryu, H. J., Song, H. J., Lee, S. O., 2017, Enzymatic preparation and antioxidant activities of

- protein hydrolysates from *Protaetia brevitarsis* larvae, J Korean Soc Food Sci Nutr., 46, 1164-1170.
- Lee, J. E., Lee, A. J., Jo, D. Eun., Cho, J. H., Youn, K. J., Yun, E. Y., Hwang, J. S., Jun, M. R., Kang, B. H., 2015, Cytotoxic effects of *Tenebrio molitor* larval extracts against hepatocellular carcinoma, J Korean Soc Food Sci Nutr., 44, 200-207.
- Myung, N. Y., Ahn, E. M., Kim, S. J., 2020, The anti-inflammatory mechanism of *Protaetia brevitarsis* Lewis via suppression the activation of NF- κ B and caspase-1 in LPS-stimulated RAW264.7 cells, Biomed Sci Letters., 26, 267-274.
- Park, Y. K., Choi, Y. C., Lee, Y. B., Lee, S. H., Lee, J. S., Kang, S. H., 2012, Fecundity, life span, developmental periods and pupal weight of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), J. Seric. Entomol Sci., 32, 126-132.
- Park, K. H., Yun, E. Y., Park, S. W., Goo, T. W., 2016, The antimicrobial activity of bacterial-challenged Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, J. Life. Sci., 26, 1409-1414.
- SAS Institute., 2002, SAS/STAT Users Guide: Version 8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., Sumner, S. N., 2002, Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae), J. Med. Entomol., 39, 695-698.
-
- Professor. Woo-Whan Jang
Department of Food and Resource Economics, Kyungpook National University
wwjang@knu.ac.kr
 - Professor. In-Hag Choi
Division of Companion Animal Behavior Welfare, Joongbu University
wicw@chol.com