Effects of *Protaetia brevitarsis* Larvae Manure Application on Lettuce Growth and Soil Chemical Properties

Kyong-Hee Joung¹, Jong-Won Kim¹, Seul-Bi Lee¹, Da-Hyun Jang¹, Byung-Man Yoo¹, Sung-Mun Bea¹, Young-Ho Chang², Young Han Lee^{3*}, and Dong-Cheol Seo^{4*}

¹Researcher, Edible Insect Research institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52638, Korea

²Senior Researcher, Research and Development Bureau, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Korea

³Senior Researcher, Edible Insect Research Institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52638, Korea

⁴Professor, Department of Applied Life Science (Institute of Agriculture and Life Science), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

*Corresponding author: Dong-Cheol Seo, dcseo@gnu.ac.kr

*Co-corresponding author: Young Han Lee, lyh2011@korea.kr

ABSTRACT

Received: February 3, 2022

Revised: February 17, 2022

Accepted: February 21, 2022

Edited by

Hyo Jung Lee,
Kunsan National University,
Korea

Agricultural land application of *Protaetia brevitarsis* larvae manure (PM) is a common process that improves soil fertility and increases crop production. The objective of this study was to evaluate the effects of PM on the growth of lettuce and soil chemical properties. Lettuce was planted in silt loam soil amended with three rates of PM 0 (CF), 540 (CFP1), and 1,080 (CFP2) kg 10a⁻¹ with chemical fertilizer (20.0 kg 10a⁻¹ N, 5.9 kg 10a⁻¹ P₂O₅, and 12.8 kg 10a⁻¹ K₂O) and animal mixed compost 540 kg 10a⁻¹ with chemical fertilizer (CFC). Increasing rates of PM caused a significant increase in soil organic matter content and yield of lettuce compared to CF ($P < 0.05$). Our findings suggest that *Protaetia brevitarsis* larvae manure can be used as an organic fertilizer to raise crops.

Keywords: Insect manure, Lettuce, Organic fertilizer, *Protaetia brevitarsis*

Effect of *Protaetia brevitarsis* larvae manure application on lettuce growth.

Treatments	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (no. plant ⁻¹)	Fresh weight (g plant ⁻¹)	Yield (kg 10a ⁻¹)
CF [†]	24.1 b [‡]	16.8 b	23.0 b	239 c	3,898 c
CFC	24.3 ab	16.9 b	23.6 a	261 b	4,250 b
CFP1	24.7 a	16.9 b	23.6 a	262 b	4,255 b
CFP2	24.3 ab	18.2 a	23.5 a	287 a	4,676 a

[†] CF, chemical fertilizer; CFC, chemical fertilizer + animal mixed compost 540 kg 10a⁻¹; CFP1, chemical fertilizer + *Protaetia brevitarsis* larvae manure 540 kg 10a⁻¹; CFP2, chemical fertilizer + *Protaetia brevitarsis* larvae manure 1,080 kg 10a⁻¹.

[‡] Means followed by different letters within the same row are significantly different at significance level $\alpha = 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

ORCID

Young Han Lee

<https://orcid.org/0000-0002-0147-4932>

Dong-Cheol Seo

<https://orcid.org/0000-0001-8515-0670>

Introduction

식용곤충은 인간에게 단백질, 지방산, 미량 영양소를 제공하며 (Van Huis et al., 2021) 동물 및 유제품에 비해 암 모니아 등 온실가스 배출량이 적어 탄소중립과 미래 식량부족 문제를 해결하기 위한 대체 단백질원이 될 수 있다 (Macdiarmid and Whybrow, 2019; Kim et al., 2020a). 식용곤충의 하나인 흰점박이꽃무지 유충 (*Protaetia brevitarsis* larvae)은 식용, 약용, 기능성 식품과 화장품 등의 원료로 활용되고 있다 (KREI, 2015; Sung et al., 2016; Ghosh et al., 2017; Lee et al., 2017, 2019, 2021; Kim et al., 2020c; Yoon et al., 2020). 식용곤충이 가축으로 분류되면서, 국내 곤충산업 시장규모는 2018년 2,650억 원에서 2030년 6,300억 원으로 2.4배 증가될 것으로 예상된다 (MAFRA, 2018). 식용곤충의 성장과 더불어 부식토 연간 발생량은 흰점박이꽃무지 1,705 ton, 장수풍뎅이 464 ton, 갈색거저리 130 ton 정도이며 유기물과 양분 함량이 높아 단독 비료로서 활용가능성이 높다 (Kim et al., 2020b). 실제로 흰점박이꽃무지 분은 유기물 함량 50%, 총질소 함량 1.7% 이상으로 비료효과가 우수하고 중금속 함량이 낮으며 냄새가 나지 않아 가정용, 도시농업 등 고급비료로 활용 가능성이 높다. 그러나 흰점박이꽃무지분은 가축분퇴비에 활용할 수 있지만 농가 단위 소량 발생으로 수거가 어렵고 톱밥을 주된 먹이로 사용하여 완전부숙된 형태이기 때문에 돈분, 계분, 우분에 비해 퇴비화 공정에 불리한 단점이 있다 (KREI, 2013). 따라서 농가소득 증대와 농업적 가치제고를 위해 산업곤충 부산물인 부식토를 효율적으로 활용할 수 있는 연구가 필요하다.

본 연구는 흰점박이꽃무지분을 단독 비료 형태로 재활용 할 수 있도록 작물에 대한 적정 사용량을 구명하고 토양 화학성에 미치는 영향을 검토하였다.

Materials and Methods

토양 및 재배 조건 상추 (오향적치마)에 대한 흰점박이꽃무지분의 시비수준을 검토하기 위해 경남농업기술원 유용곤충연구소 노지 시험포장 (35°22'75"N, 128°12'47"E)에서 수행하였다. 시험토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같이 미사가 74.9%, 모래가 19.6%인 미사질양토이며 pH는 5.7, EC는 0.28 dS m⁻¹, 유기물 함량은 11 g kg⁻¹으로 양분이 부족한 밭토양이었다.

Table 1. Selected physicochemical properties of soil.

pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cations (cmol _c kg ⁻¹)				T-N (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
				K	Ca	Mg	Na				
5.7	0.28	11	591	0.49	3.73	0.65	0.05	0.07	5.5	74.9	19.6

시험구는 노지 상추 표준시비량으로 10a 면적에 질소 20.0 kg, 인산 5.9 kg, 칼리 12.8 kg과 석회고토 170 kg을 모든 처리구에 사용하였다 (NIAS, 2017). 비료효과를 검토하기 위해 무처리 (CF), 혼합가축분퇴비 540 kg 10a⁻¹ (CFC), 흰점박이꽃무지분 540 kg 10a⁻¹ (CFP1)과 1,080 kg 10a⁻¹ (CFP2) 등 4수준을 난괴법 3반복으로 시험구당 면적 (21.6 m²)에 해당되는 양을 상추 정식전 18일에 사용하였으며 2021년 4월 19일에 비닐피복 하였다. 상추 재식거리는 20 × 20 cm로 2021년 4월 30일에 정식하고 2021년 6월 8일에 수확하였다. 시험에 사용된 유기물 재료는 Table 2와 같이 흰점박이꽃무지분이 혼합가축분퇴비에 비해 질소 함량이 높고 유해 중금속인 구리, 비소, 크롬, 아연 함량은 낮았다.

Table 2. Ultimate analysis of *Protaetia brevitarsis* larvae manure (pm) and mixed animal compost (mc).

Ferti- lizer	OM (%)	T-N (%)	NaCl (%)	Moisture content (%)	Pb (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	As (mg kg ⁻¹)	Hg (mg kg ⁻¹)	Cr (mg kg ⁻¹)	Cd (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Ni (mg kg ⁻¹)
PM	50	1.71	0.09	45.2	0.10	13.2	0.39	0.01	1.93	0.14	16.9	1.48
MC	34	1.18	0.12	42.8	0.85	56.6	1.38	0.01	5.49	0.15	210.0	3.10

생육조사 및 분석 방법 상추 생육과 수량은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준 (RDA, 2012)에 따라 수확기에 20주를 선정하여 실시하였다. 흰점박이꽃무지분의 사용효과를 검토하기 위해 토양 양분 함량은 국립농업과학원 토양화학분석법 (NIAS, 2010)으로 분석하였다. 그리고 상추의 무기성분 함량은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법으로 분석하였다 (NIAS, 2000).

통계분석 상추 생육과 수량, 그리고 토양 화학성분은 SAS 프로그램 9.4 버전 (SAS, 2021)을 사용하여 Duncan's multiple range test로 통계처리 하였다.

Results and Discussion

수확기 토양 화학성 흰점박이꽃무지분 처리에 따른 수확기 토양 화학성은 Table 3과 같다. 토양 유기물 함량은 흰점박이꽃무지분을 배양으로 사용한 CFP2 처리구가 CFP1 및 화학비료를 사용한 CF 처리구에 비해 유의적으로 많았다 ($P < 0.05$). 이러한 결과는 Kim et al. (2019)이 보고한 바와 같이 흰점박이꽃무지분의 유기물 함량이 높기 때문인 것으로 판단된다. 토양 T-N 함량도 CFP2 처리구가 CF 처리구 보다 유의적으로 많았으나 ($P < 0.05$) CFC와 CFP1 처리구와는 차이가 없었다. 그러나 토양 치환성 Na 함량은 혼합가축분퇴비 처리구에서 0.07 cmol_c kg⁻¹으로 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 이러한 결과는 가축분퇴비를 사용할 경우 토양의 Na 함량이 높아진다는 연구결과와 일치하였다 (Choi et al., 2010; Kang et al., 2011). 그리고 토양 pH, 염류농도, 유효인산, 치환성 K, Ca, Mg 함량은 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었다.

Table 3. Effect of *Protaetia brevitarsis* larvae manure application on soil chemical properties.

Treatments	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cations (cmol _c kg ⁻¹)				T-N (%)
					K	Ca	Mg	Na	
CF [†]	5.5 a [‡]	0.36 a	7 c	655 a	0.46 a	3.91 a	0.67 a	0.05 b	0.05 b
CFC	5.5 a	0.70 a	19 ab	685 a	0.52 a	4.33 a	0.79 a	0.07 a	0.08 ab
CFP1	5.5 a	0.63 a	15 b	695 a	0.51 a	4.13 a	0.75 a	0.05 b	0.07 ab
CFP2	5.5 a	0.61 a	20 a	678 a	0.46 a	4.26 a	0.76 a	0.05 b	0.09 a

[†] CF, chemical fertilizer; CFC, chemical fertilizer + animal mixed compost 540 kg 10a⁻¹; CFP1, chemical fertilizer + *Protaetia brevitarsis* larvae manure 540 kg 10a⁻¹; CFP2, chemical fertilizer + *Protaetia brevitarsis* larvae manure 1,080 kg 10a⁻¹.

[‡] Means followed by different letters within the same row are significantly different at significance level $\alpha = 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

상추 무기성분 함량 수확기 상추 양분 함량은 Table 4와 같다. 상추의 K₂O 함량은 흰점박이꽃무지분을 처리한 CFP2가 2.86%, CFP1이 2.59%로 사용량이 많을수록 무처리구인 CF와 혼합가축분퇴비 처리구인 CFC 보다 유의적으로 증가하였다 ($P < 0.05$). 그리고 CaO 함량은 CFP2 처리구가 CFP1 처리구에 비해 유의적으로 많은 반면 Na₂O 함량은 CFC 처리구가 0.13%로 다른 처리구에 비해 유의적으로 많았다 ($P < 0.05$). 이러한 결과는 Kang et al. (2011)이 혼합가축분퇴비 사용시 상추의 Na₂O 함량이 높아진다고 보고한 결과와 일치하였다. 다량성분인 T-N, P₂O₅, MgO 함량과 미량성분인 Fe, Mn, Zn 함량은 유의적인 차이가 없었다.

Table 4. Effect of *Protaetia brevitarsis* larvae manure application on nutrient concentrations by lettuce shoots.

Treatments	T-N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
CF [†]	3.69 a [‡]	0.87 a	2.27 ab	1.12 ab	0.57 a	0.08 b	455 a	123 a	81 a
CFC	4.14 a	1.07 a	2.19 b	1.09 ab	0.55 a	0.13 a	523 a	115 a	78 a
CFP1	3.78 a	1.08 a	2.59 ab	0.94 b	0.53 a	0.08 b	476 a	102 a	70 a
CFP2	3.84 a	0.98 a	2.86 a	1.21 a	0.54 a	0.09 ab	582 a	95 a	70 a

[†]CF, chemical fertilizer; CFC, chemical fertilizer + animal mixed compost 540 kg 10a⁻¹; CFP1, chemical fertilizer + *Protaetia brevitarsis* larvae manure 540 kg 10a⁻¹; CFP2, chemical fertilizer + *Protaetia brevitarsis* larvae manure 1,080 kg 10a⁻¹.

[‡]Means followed by different letters within the same row are significantly different at significance level $\alpha = 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

상추 수량 및 생육특성 흰점박이꽃무지분 사용에 따른 상추의 수량 및 구성요소는 Table 5와 같다. 엽장은 CFP1 처리구가 24.7 cm, 엽폭은 CFP2 처리구가 18.2 cm로 가장 길었으며 엽수는 유기물을 공급한 CFC, CFP1, CFP2 처리구가 무처리인 CF 보다 많았다 ($P < 0.05$). 상추 수량은 CFP2 처리구가 4,676 kg 10a⁻¹으로 가장 많았고 CFP1 4,255 kg 10a⁻¹, CFC 4,250 kg 10a⁻¹, CF 3,898 kg 10a⁻¹ 순이었다 ($P < 0.05$). 상추 수량 특성을 보면 흰점박이꽃무지분은 혼합가축분퇴비와 유사한 사용효과를 보였으며 배량을 사용할 경우 10% 증수되었다. 이와 같은 연구결과로 흰점박이꽃무지분은 유기물을 분해한 부산물이기 때문에 토양 비옥도를 개선하고 작물 생산성을 높일 수 있을 것으로 판단된다 (Ahrens et al., 2014; Wang et al., 2019).

Table 5. Effect of *Protaetia brevitarsis* larvae manure application on lettuce growth.

Treatments	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf number (no. plant ⁻¹)	Fresh weight (g plant ⁻¹)	Yield (kg 10a ⁻¹)
CF [†]	24.1 b [‡]	16.8 b	23.0 b	239 c	3,898 c
CFC	24.3 ab	16.9 b	23.6 a	261 b	4,250 b
CFP1	24.7 a	16.9 b	23.6 a	262 b	4,255 b
CFP2	24.3 ab	18.2 a	23.5 a	287 a	4,676 a

[†]CF, chemical fertilizer; CFC, chemical fertilizer + animal mixed compost 540 kg 10a⁻¹; CFP1, chemical fertilizer + *Protaetia brevitarsis* larvae manure 540 kg 10a⁻¹; CFP2, chemical fertilizer + *Protaetia brevitarsis* larvae manure 1,080 kg 10a⁻¹.

[‡]Means followed by different letters within the same row are significantly different at significance level $\alpha = 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

Conclusions

흰점박이꽃무지분은 유기물 함량 50%, 총질소 함량 1.71%, 유기물대질소비 29 정도이며 납, 구리, 비소, 아연 등의 유해중금속 함량이 혼합가축분퇴비에 비해 낮아 비료로서 가치가 있다. 본 연구에서는 노지 상추를 대상으로 유기물 공급과 수량에 미치는 흰점박이꽃무지분의 시용효과를 검토하였다. 시험 후 토양 유기물과 총질소 함량은 CFP2, CFC, CFP1, CF 순으로 높은 반면 치환성 Na 함량은 CFC에서 높았다. 상추의 K_2O , CaO 함량이 CFP2에서 높았으나 Na_2O 함량은 CFC에서 높았다. 상추 수량은 CFP2 처리구가 가장 많았고 CFP1, CFC, CF 순이었다. 이러한 결과는 흰점박이꽃무지분이 작물생산성과 토양 개량에 도움을 주는 단독비료로 활용할 수 있다는 것을 나타낸다.

References

- Ahrens, D., J. Schwarzer, and A.P. Vogler. 2014. The evolution of scarab beetles tracks the sequential rise of angiosperms and mammals. *Proc. Biol. Sci.* 281:20141470.
- Choi, M.T., J.I. Lee, Y.U. Yun, J.E. Lee, B.C. Lee, E.S. Yang, and Y.H. Lee. 2010. Relationship between fertilizer application level and soil chemical properties for strawberry cultivation under greenhouse in Chungnam Province. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43:153-159.
- Ghosh, S., S.M. Lee, C. Jung, and V.B. Meyer-Rochow. 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.* 20:686-694.
- Kang, C.S., A.S. Roh, S.K. Kim, and K.Y. Park. 2011. Effects of the application of livestock manure compost on reducing the chemical fertilizer use for the lettuce cultivation in green house. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44:457-464.
- Kim, B.F., R.E. Santo, A.P. Scatterday, J.P. Fry, C.M. Synk, S.R. Cebren, M.M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra, S. de Pee, M.W. Bloem, R.A. Neff, and K.E. Nachman. 2020a. Country-specific dietary shifts to mitigate climate and water crises. *Glob. Environ. Change* 62:101926.
- Kim, J.W., S.B. Lee, S.M. Bae, Y.H. Hwang, S.L. Choi, and G.P. Hong. 2020b. Study on the production of panax ginseng sprout by using industrial insect casts. p. 168-175. In *Research Report of Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services*, Jinju, Korea.
- Kim, J.W., S.B. Lee, S.M. Bae, Y.H. Hwang, S.L. Choi, and H.S. Lee. 2019. Study on technology of using by-products derived from industrial insect. p. 195-196. In *Research Report of Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services*, Jinju, Korea.
- Kim, T.K., H.I. Yong, H.H. Chun, M.A. Lee, Y.B. Kim, and Y.S. Choi. 2020c. Changes of amino acid composition and protein technical functionality of edible insects by extracting steps. *J. Asia-Pac. Entomol.* 23:298-305.
- KREI. 2013. Organic fertilizer distribution and use problems and improvement measures. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea.
- KREI. 2015. A plan to revitalize the insect industry with future agriculture. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea.
- Lee, H.J., M.C. Seo, J.H. Lee, I.W. Kim, S.Y. Kim, J.S. Hwang, and M.A. Kim. 2019. Inhibitory effect of *Protaetia brevitarsis seoulensis* ethanol extract on neuroinflammation in LPS-stimulated BV-2 microglia. *J. Life Sci.* 29:1096-1103.
- Lee, H.S., H.J. Ryu, H.J. Song, and S.O. Lee. 2017. Enzymatic preparation and antioxidant activities of protein hydrolysates from *Protaetia brevitarsis* larvae. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46:1164-1170.
- Lee, S., K. Jo, H.I. Yong, Y.S. Choi, and S. Jung. 2021. Comparison of the *in vitro* protein digestibility of *Protaetia brevitarsis* larvae and beef loin before and after defatting. *Food Chem.* 338:128073.

- Macdiarmid, J.I. and S. Whybrow. 2019. Nutrition from a climate change perspective. *Proc. Nutr. Soc.* 78:380-387.
- MAFRA. 2018. Formation of insect industry cluster and feasibility service. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea.
- NIAS. 2010. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Sciences, Suwon, Korea.
- NIAS. 2017. Fertilizer recommendation for crop production (3rd ed.). National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju, Korea.
- NIAS. 2000. Methods of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- RDA. 2012. Standard of analysis and survey for agricultural experiment. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- SAS. 2021. SAS Version 9.4. SAS Institute, Cary, USA.
- Sung, G.A., M.H. Kim, and S.N. Park. 2016. Anti-inflammatory and whitening effects of *Protaetia brevitarsis* *Seulensis* extracts by oriental conversion methods. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea* 42:421-432.
- Van Huis, A., B. Rumpold, C. Maya, and N. Roos. 2021. Nutritional qualities and enhancement of edible insects. *Annu. Rev. Nutr.* 41:551-576.
- Wang, K., P.P. Li, Y.Y. Gao, C.Q. Liu, Q.L. Wang, J. Yin, J. Zhang, L. Geng, and C.L. Shu. 2019. *De novo* genome assembly of the white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis*). *GigaScience* 8:1-9.
- Yoon, C.H., S.H. Jeon, Y.J. Ha, S.W. Kim, W.Y. Bang, K.H. Bang, S.W. Gal, I.S. Kim, and Y.S. Cho. 2020. Functional chemical components in *Protaetia brevitarsis* larvae: Impact of supplementary feeds. *Food Sci. Anim. Resour.* 40: 461-473.