

# Korean Journal of Soil Science and Fertilizer

Short communication

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2024.57.1.055>  
pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

## Effect of *Protaetia brevitarsis* larval frass fertilizer on the growth of ginseng sprout (*Panax ginseng*) in commercial potting soil

Jong-Won Kim<sup>1</sup>, Sung-Mun Bea<sup>1</sup>, Ji-Hye Park<sup>1</sup>, Da-Hyun Jang<sup>1</sup>, Yeon-Hyeon Hwang<sup>2</sup>, Young-Gwang Kim<sup>2</sup>, Young Han Lee<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Edible Insect Research Institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Korea

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

<sup>3</sup>Senior Researcher, Edible Insect Research Institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Korea

\*Corresponding author: Lee YH (Email: lyh2011@korea.kr)

### A B S T R A C T

Received: January 16, 2024

Revised: February 8, 2024

Accepted: February 19, 2024

### Edited by

Dong-Cheol Seo,  
Gyeongsang National University,  
Korea

### ORCID

Kim JW  
<https://orcid.org/0009-0005-5685-8721>

Bea SM  
<https://orcid.org/0000-0003-3428-5262>

Park JH  
<https://orcid.org/0009-0000-7400-5080>

Jang DH  
<https://orcid.org/0009-0004-3386-3272>

Hwang YH  
<https://orcid.org/0000-0002-6040-0431>

Kim YG  
<https://orcid.org/0000-0002-9474-1680>

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

The insect frass fertilizers are considered eco-friendly fertilizer due to their low heavy metals content and adequate contents of macronutrients, secondary nutrients, and micronutrients. *Protaetia brevitarsis* larval frass (PBF) can provide nutrients that contribute to increased crop productivity. This paper presents the determination of an optimum application rate of PBF for ginseng sprout growth in commercial potting soil. Ginseng was seeded in four different media including commercial potting soil (control), a mixture of 10% PBF, 30% perlite, and 60% cocopeat (PBF 10%), a mixture of 20% PBF, 30% perlite, and 50% cocopeat (PBF 20%), and a mixture of 30% PBF, 30% perlite, and 40% cocopeat (PBF 30%). The results showed that germination rates for all PBF treatments were significantly higher than the control. Additionally, plant height and leaf length of ginseng sprouts were significantly higher in the PBF 20% and PBF 10% treatments compared to the control and PBF 30% treatments. Electrical conductivity of the potting soil with PBF was significantly correlated with plant height, stem length, and root dry weight ( $P < 0.001$ ). These findings suggest that applying PBF at a rate of 20% is ideal for promoting ginseng sprout growth in commercial potting soil. This study on PBF shows promising potential for ginseng sprout production and its use in high-value, eco-friendly processes.

**Keywords:** Byproduct fertilizer, Ginseng sprout, Insect frass, *Protaetia brevitarsis*



Control                    PBF 10%                    PBF 20%                    PBF 30%

Growth of ginseng sprout by *P. brevitarsis* larval frass (PBF) fertilizer. Control; commercial potting soil, fixing 30% perlite and adjusting cocopeat quantity in 10%, 20%, and 30% PBF.



© The Korean Society of Soil Science and Fertilizer. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Introduction

세계 인구는 2050년에 100억 명에 이를 것으로 예상되며 식량문제를 해결하기 위해서는 자원 및 에너지 효율성을 높이고 지속 가능한 바이오 기반 순환 경제 전략이 필요하다 (FAO, 2018; Chen et al., 2020). 육류 단백질 요구량은 2050년이 되면 현재보다 75% 이상 증가하여 대체 단백질 생산을 위한 식용곤충 산업이 활성화 될 것으로 예상된다 (Berggren et al., 2019; Houben et al., 2020; Nikkhah et al., 2021).

흰점박이꽃무지 (*Protaetia brevitarsis*)는 한반도를 포함한 중국 및 주변 국가 전역에 서식하는 딱정벌레목 꽃무지 아과 곤충이며, 토양 부식질, 썩은 식물 잔재, 동물 분뇨 등 다양한 유기성 부산물을 먹이로 한다 (Kang et al., 2005; Tian et al., 2017; Wang et al., 2019). 흰점박이꽃무지 유충은 단백질 함량이 풍부하고 항염증, 간 질환, 유방암 치료 와 같은 효능을 지닌 생약질 성분을 함유하여 전통 의약 재료로도 활용된다 (Kang et al., 2005; Yoo et al., 2007; Lee et al., 2016; Wang et al., 2019; Ham et al., 2021; Zhang et al., 2021). 포식성이 강하지 않고 섭식량이 많아 배설물의 연간 발생량은 1,705 ton 정도이며 (Kim et al., 2020a), 양분과 유기물 함량은 높고 (Li et al., 2019; Wang et al., 2019; Wei et al., 2020; Joung et al., 2022b) 중금속 함량이 낮아 시용에 따른 피해가 없다 (Joung et al., 2022a). 그리고 장내 미생물이 유기성 부산물을 분해하므로 추가적인 퇴비화 과정없이 바로 유기질비료로 활용할 수 있다 (Zhao et al., 2021; Xuan et al., 2022).

새싹인삼은 인삼의 주요 성분인 사포닌, 진세노사이드, 폴리페놀 등을 함유하고 있으며, 항산화, 항염증, 항암, 항노화, 항당뇨 등의 효능이 있다 (Chae et al., 2022; Mun et al., 2023). 새싹인삼은 온도, 습도, 광량, 영양분 등의 환경 요인과 병충해 방제 기술이 연구되고 있지만 (Choi et al., 2022; Song et al., 2022, 2023), 안정적인 생산을 위해서는 최적의 상토 개발이 필요하다.

본 연구는 새싹인삼의 안정적인 생산을 위해 코코피트와 펄라이트 혼합상토에 부재료인 흰점박이꽃무지분을 10%, 20%, 30% 수준으로 첨가하여 상토의 용적밀도와 통기성, 양분 함량, 새싹인삼 생육특성 등을 검토하였다.

## Materials and Methods

**상토 조제방법** 새싹인삼 재배를 위해 시판중인 인삼 전용상토를 대조구 (control)로 사용하였고, 상토의 적정 EC 값을 고려하여 (Kim et al., 2023) 흰점박이꽃무지분 10% + 펄라이트 30% + 코코피트 60% (PBF 10%), 흰점박이꽃무지분 20% + 펄라이트 30% + 코코피트 50% (PBF 20%), 흰점박이꽃무지분 30% + 펄라이트 30% + 코코피트 40% (PBF 30%) 수준으로 처리하였다. 인삼 전용상토는 펄라이트 30%와 코코피트 70%로 구성되어 있으며, 산소공급과 배수개선 목적으로 펄라이트 투입량은 30%로 고정하고 (Ilahi and Ahmad, 2017) 영양분 공급을 위해 흰점박이꽃무지분을 10%, 20%, 30%의 비율로 첨가하였다.

**분석방법** 흰점박이꽃무지분의 비료성분과 중금속 함량은 농촌진흥청 비료의 품질검사방법 및 시료채취기준 (RDA, 2022)에 준하여 분석하였다. 시험에 사용한 흰점박이꽃무지분은 Table 1과 같이 질소 1.81%, 인산 0.59%, 칼리 1.31%로 합계량이 3.71%로 혼합유기질비료의 보증 성분량 보다 낮았으며 (RDA, 2023), 갈색거저리분 합계량의 40% 수준이었다 (Kim et al., 2023). 흰점박이꽃무지분의 중금속 함량은 Table 2와 같이 가축분퇴비나 동애등에 분의 중금속 함량에 비해 매우 낮았다 (RDA, 2023). 시험에 사용된 상토는 농촌진흥청 토양화학분석법 (NAAS, 2010)을

적용하여 분석하였다. 상토의 pH와 EC는 용량으로 시료와 중류수를 1:5로 1시간 진탕 후 pH meter (Orion 520A pH meter, Orion Research Inc., Boston, USA)와 EC meter (Orion 3STAR EC meter, Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정한 값을 보정계수 없이 표기하였다. 용적밀도와 공극률은 100 cm<sup>3</sup> 샘플링 코어를 이용하여 상토를 1/3 씩 채울 때마다 평평한 테이블에서 4회 정도 가볍게 두드리면서 충진하였고, 중량법으로 분석하였다.

**Table 1.** Selected chemical properties of *Protaetia brevitarsis* larval frass fertilizer.

pH (1:5, v/v)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	Moisture content (%)
6.0	1.66	1.81	0.59	1.31	1.18	1.12	0.08	48

**Table 2.** Selected heavy metal properties of *Protaetia brevitarsis* larval frass fertilizer.

Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	As (mg kg <sup>-1</sup> )	Hg (mg kg <sup>-1</sup> )	Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	Ni (mg kg <sup>-1</sup> )
259	195	41	0.02	21.5	1.93	0.002	11.7	0.09	4.0

**재배방법** 흰점박이꽃무지분을 혼합한 상토의 효과를 검토하기 위해 식물공장 형태로 환경제어가 가능한 경남 농업기술원 유용곤충연구소 실내 사육실 (35°22'64"N, 128°12'37"E)에서 새싹인삼을 재배하였다. 삽목상자 (52 × 36.5 × 9 cm)에 상토를 20 L씩 채우고 1년생 묘상을 구입하여 5 × 9 cm 간격으로 36주를 이식하였고, 재배기간 동안 온도는 20 ± 2°C, 습도는 60 ± 5%로 관리하였다. 백색 형광등 (PL-L 36W, Philips, Nederland)을 사용하여 실내 사육실 광도는 200 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>로 주간 9시간, 야간 15시간으로 유지하였다. 시험구는 완전임의배치법 5반복으로 수행하였으며, 이식 후 20일에 수확하였다.

**생육조사 및 통계분석** 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준 (RDA, 2012)에 따라 새싹인삼은 수확기에 20주를 선정하여 출아율과 생육특성을 조사하였다. 지상부는 초장, 엽장, 엽폭, 경장과 SPAD 값 (SPAD-502, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)을 측정하였고, 지하부는 근장과 생체 근중을 조사하였다. 새싹인삼의 생육은 SAS 프로그램 9.4 버전 (SAS, 2022)으로 분산분석하여 처리 효과를 검증하였고, Duncan's multiple range test로 사후 분석하였다.

## Results and Discussion

흰점박이꽃무지분 혼합비율에 따른 상토의 이화학적 특성은 Table 3과 같다. 흰점박이꽃무지분 혼합비율이 증가 할수록 상토의 pH와 EC 값은 증가하는 경향이었다. 특히 PBF 30% 처리구는 pH 5.8, EC 0.60 dS m<sup>-1</sup>로 대조구 pH 5.6, EC 0.14 dS m<sup>-1</sup>에 비해 유의적으로 높게 나타났다 ( $P < 0.05$ ). 모든 처리구의 pH는 5.6에서 5.8 범위로 새싹인삼 상토의 적정수준인 5.0에서 7.0 이내였으며 (Joo, 2021), EC 값도 새싹인삼에 적합한 0.14 dS m<sup>-1</sup>에서 0.60 dS m<sup>-1</sup>의 값을 나타냈다 (Kim et al., 2023). 새싹인삼 재배를 위해 필라이트와 코코피트에 흰점박이꽃무지분을 혼합한 연구결과가 없어서 식용곤충인 갈색거저리분을 영양원으로 상토에 혼합한 Kim et al. (2023)의 결과와 비교해보면 흰점박

이꽃무지분 혼합상토는 갈색거저리분 혼합상토에 비해 pH는 0.4정도 낮고 EC는 4에서 6배 정도 낮았다. 대조구와 흰점박이꽃무지분을 첨가한 상토의 용적밀도는  $0.12 \text{ Mg m}^{-3}$ 에서  $0.15 \text{ Mg m}^{-3}$ 으로 갈색거저리분을 첨가한 상토의  $0.10 \text{ Mg m}^{-3}$ 에서  $0.12 \text{ Mg m}^{-3}$  보다 약간 높은 수준이었으나 (Kim et al., 2023), 새싹인삼 생장에 적합한 용적밀도  $0.12 \text{ Mg m}^{-3}$ 와 유사하였다 (Park et al., 2020). 새싹인삼 재배를 위한 상토는 통기성이 좋고 수분 보유력이 뛰어나며 비중이 가벼워야 하는데 (Joo, 2021), 공극률은 85% 이상, 수분 보유력은 60%에서 80% 정도가 식물 생육에 적합하다 (Abad et al., 2005). 본 연구에서는 시험상토의 공극률이 95.3%에서 95.6%로 유의적인 차이가 없었으며, 국내 원예용 상토의 83% 수준보다 높게 나타나 물리적인 조건은 양호하였다 (Kim et al., 2020b). 그리고 PBF 30% 처리구는 대조구에 비해 기상율이 유의적으로 높아 ( $P < 0.05$ ) 새싹인삼 뿌리에 산소공급과 배수공급에 유리할 것으로 판단되었다 (Ilahi and Ahmad, 2017). 본 시험에서 흰점박이꽃무지분은 혼합비율이 높아질수록 상토의 기상율이 높아지는 것을 볼 때, 코코피트로 인한 과습상태를 개선하는데 효과적인 것으로 나타났다.

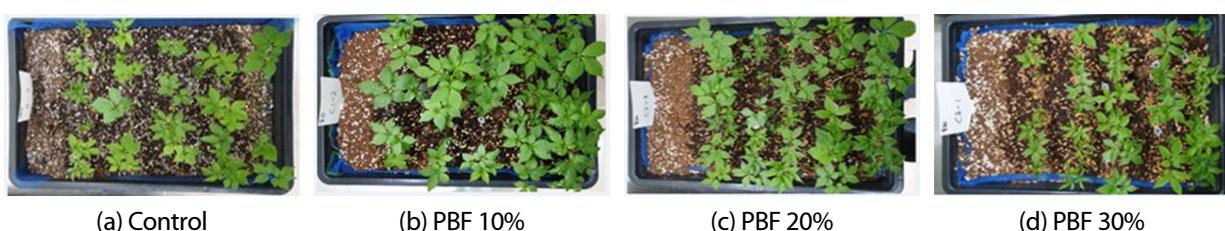
**Table 3.** Physicochemical properties of commercial potting soil for raising seedling of ginseng.

Treatment <sup>1</sup>	pH (1:5, v/v)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	Porosity (%)	Gas phase (%)
Control	5.6 b <sup>2</sup>	0.14 d	0.12 a	95.6 a	55.5 b
PBF 10%	5.7 ab	0.29 c	0.15 a	94.3 a	54.4 ab
PBF 20%	5.7 ab	0.44 b	0.14 a	94.5 a	59.6 ab
PBF 30%	5.8 a	0.60 a	0.15 a	94.4 a	63.4 a

<sup>1</sup>Control; commercial potting soil, PBF 10%; a mixture of 10% PBF, 30% perlite, and 60% cocopeat, PBF 20%; a mixture of 20% PBF, 30% perlite, and 50% cocopeat, and PBF 30%; a mixture of 30% PBF, 30% perlite, and 40% cocopeat.

<sup>2</sup>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.

흰점박이꽃무지분을 혼합한 상토에서 새싹인삼 생육특성은 Fig. 1 및 Table 4와 같다. 흰점박이꽃무지분을 혼합한 모든 처리구의 출아율은 98%에서 100%로 대조구 87%에 비해 유의적으로 높았으며 ( $P < 0.05$ ), 이러한 결과는 Kim et al. (2023)이 갈색거저리분을 혼합할 경우 EC  $0.41 \text{ dS m}^{-1}$  내외에서 출아율이 가장 높고 EC  $0.67 \text{ dS m}^{-1}$  이상일 경우 출아율이 낮아진다는 결과와 유사하였다.



**Fig. 1.** Growth of ginseng sprout by *Protaetia brevitarsis* larval frass (PBF) fertilizer. (a) Control; commercial potting soil, (b) PBF 10%; a mixture of 10% PBF, 30% perlite, and 60% cocopeat, (c) PBF 20%; a mixture of 20% PBF, 30% perlite, and 50% cocopeat, and (d) PBF 30%; a mixture of 30% PBF, 30% perlite, and 40% cocopeat.

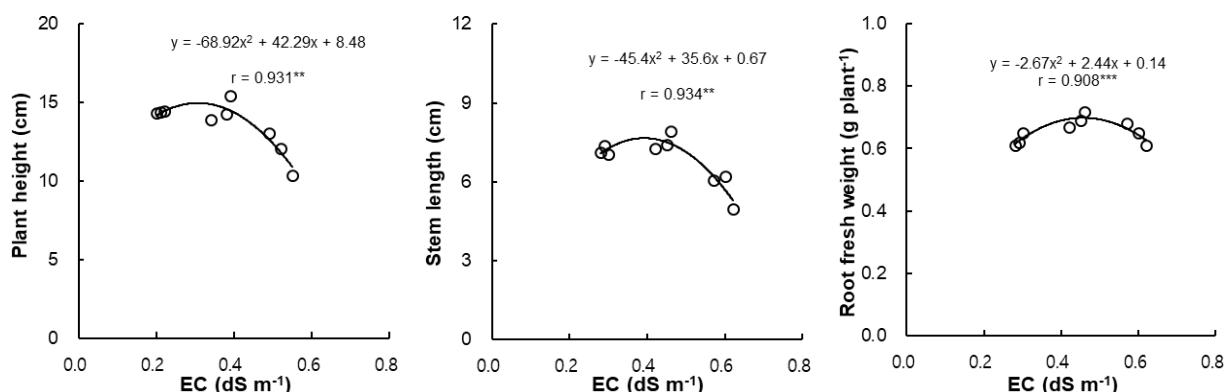
**Table 4.** Effect of *Protaetia brevitarsis* larval frass fertilizer on the growth of ginseng sprout.

Treatment <sup>1</sup>	Germination (%)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem length (cm)	SPAD value	Root length (cm)	Root fresh weight (g plant <sup>-1</sup> )
Control	87 b <sup>2</sup>	12.1 b	3.9 b	1.8 ab	6.4 ab	28.9 a	10.2 b	0.62 a
PBF 10%	100 a	14.4 a	4.8 a	2.2 a	7.2 a	28.2 a	10.5 ab	0.63 a
PBF 20%	98 a	14.6 a	5.0 a	2.2 a	7.5 a	29.1 a	12.4 a	0.69 a
PBF 30%	98 a	11.8 b	4.0 b	1.7 b	5.7 b	28.1 a	11.1 ab	0.65 a

<sup>1</sup>Control; commercial potting soil, PBF 10%; a mixture of 10% PBF, 30% perlite, and 60% cocopeat, PBF 20%; a mixture of 20% PBF, 30% perlite, and 50% cocopeat, and PBF 30%; a mixture of 30% PBF, 30% perlite, and 40% cocopeat.

<sup>2</sup>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.

출아 20일 후 수확기 새싹인삼은 PBF 20% 처리구가 초장 14.6 cm, 엽장 5.0 cm로 가장 길었고, PBF 10% 처리구는 초장 14.4 cm, 엽장 4.8 cm로 다음 순이었으며, 대조구와 PBF 30% 처리구는 유의적으로 짧았다 ( $P < 0.05$ ). PBF 20%와 PBF 10% 처리구의 엽폭은 2.2 cm, 경장은 7.5에서 7.2 cm로 PBF 30%의 1.7 cm와 5.7 cm에 비해 유의적으로 길었다 ( $P < 0.05$ ). 근장은 PBF 20% 처리구가 12.4 cm로 대조구 10.2 cm 보다 유의적으로 길었으며 ( $P < 0.05$ ), 엽의 SPAD 값과 근중은 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었다. 이러한 결과는 Yu et al. (2018)이 인삼 재배에 적합한 EC 값은 0.5 dS m<sup>-1</sup>이며, 초과할 경우 생육에 부정적인 영향을 미친다는 결과와 Kim et al. (2023)이 갈색거저리분을 상토에 혼합하였을 때 EC 값이 0.41 dS m<sup>-1</sup> 내외에서 가장 생육이 양호하다고 보고한 결과와 일치하였다. 흰점박이꽃무지분을 처리한 상토의 EC 값에 따른 새싹인삼의 초장, 경장, 근중의 생육 회귀곡선은 Fig. 2와 같다. 새싹인삼의 최적 생육특성과 관련된 EC 값은 초장은 0.31 dS m<sup>-1</sup>, 경장은 0.39 dS m<sup>-1</sup>, 근중은 0.46 dS m<sup>-1</sup>으로 나타났다.

**Fig. 2.** Relationships between plant height, stem length, and root fresh weight and EC values of commercial potting soil with *Protaetia brevitarsis* larval frass fertilizer.

이와 같은 연구결과로 새싹인삼의 생산성을 높이기 위해 상토에 흰점박이꽃무지분을 20% 수준으로 혼합하여 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

## Conclusions

흰점박이꽃무지분은 비료의 다량요소와 미량요소를 함유하고 있으며, 중금속 함량이 낮아 친환경 비료로 활용할 수 있다. 본 논문은 새싹인삼을 재배하기 위한 시판상토를 대조구로 두고, 흰점박이꽃무지분 10% + 펄라이트 30% + 코코피트 60% (PBF 10%), 흰점박이꽃무지분 20% + 펄라이트 30% + 코코피트 50% (PBF 20%), 흰점박이꽃무지분 30% + 펄라이트 30% + 코코피트 40% (PBF 30%) 등 4수준으로 처리하였다. 새싹인삼의 출아율은 모든 PBF 처리 구에서 대조구 보다 높았고, 초장과 엽장은 PBF 20% 및 PBF 10% 처리구에서 대조구와 PBF 30% 처리구에 비해 길었다. 모든 PBF 처리구 상토의 EC 값은 초장, 경장, 균중과 고도로 유의한 상관관계가 있었고, BPF 20% 처리구가 가장 이상적인 혼합비율로 나타났다. 이러한 결과로 흰점박이꽃무지분은 새싹인삼을 친환경적으로 생산하는데 활용 가능한 유기자원으로 판단된다. 향후 흰점박이꽃무지분에 포함된 유용미생물이 작물 생육에 미치는 영향과 작물 생육단계에서 상토의 양분함량 변화를 분석하는 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## Conflict of Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## Author Contribution

**Kim JW:** Data curation, Writing-original draft, **Bea SM:** Data curation, Writing-review & editing, **Park JH:** Data curation, **Jang DH:** Data curation, **Hwang YH:** Supervision, Conceptualization, **Kim YG:** Supervision, Conceptualization, **Lee YH:** Supervision, Conceptualization, Writing-review & editing.

## Data Availability

Data will be provided on reasonable request.

## References

- Abad M, Carrión C, Noguera V, Noguera P, Maquieira A, Puchades R. 2005. Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. HortScience 40:2138-2144. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.7.2138>
- Berggren Å, Jansson A, Low M. 2019. Approaching ecological sustainability in the emerging insects-as-food industry. Trends Ecol. Evol. 34:132-138. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.11.005>
- Chae MO, Kim SH, Park YS, Dhungana SK, Kim ID, Shin DH. 2022. Effect of extraction methods on the antioxidant properties of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) seeds and sprouts. Korean J. Food Sci. Technol. 54:600-605. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2022.54.6.600>
- Chen F, Xiong S, Sundelin J, Martin C, Hultberg M. 2020. Potential for combined production of food and biofuel: Cultivation of *Pleurotus pulmonarius* on soft- and hardwood sawdusts. J. Cleaner Prod. 266:122011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122011>

- org/10.1016/j.jclepro.2020.122011
- Choi JW, Kim JW, Yoon HI, Son JE. 2022. Effect of far-red and UV-B light on the growth and ginsenoside content of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) sprouts aeroponically grown in plant factories. Hortic., Environ. Biotechnol. 63:77-87. <https://doi.org/10.1007/s13580-021-00380-9>
- FAO. 2018. The future of food and agriculture - Alternative pathways to 2050. Summary Version. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/CA1553EN/ca1553en.pdf>.
- Ham YK, Kim SW, Song DH, Kim HW, Kim IS. 2021. Nutritional composition of white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis*) larvae produced from commercial insect farms in Korea. Food Sci. Anim. Resour. 41: 416-427. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e7>
- Houben D, Daoulas G, Faucon MP, Dulaurent AM. 2020. Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. Sci. Rep. 10:4659. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61765-x>
- Ilahi WFF, Ahmad D. 2017. A study on the physical and hydraulic characteristics of cocopeat perlite mixture as a growing media in containerized plant production. Sains Malays. 46:975-980. <http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2017-4606-17>
- Joo N. 2021. Development of solid culture medium, bed and growing environment management system for ginseng sprout based on IoT. J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng. 25:1254-1262. <https://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.9.1254>
- Joung KH, Kim JW, Lee SB, Jang DH, Yoo BM, Bea SM, Chang YH, Lee YH, Seo DC. 2022a. Effects of *Protaetia brevitarsis* larvae manure application on lettuce growth and soil chemical properties. Korean J. Soil Sci. Fert. 55:80-85. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2022.55.1.080>
- Joung KH, Yoo BM, Kim JW, Bea SM, Lee SB, Jang DH, Lee YH, Seo DC. 2022b. *Protaetia brevitarsis* larvae manure as an organic amendment for cultivation of lettuce and red pepper. Korean J. Soil Sci. Fert. 55:246-250. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2022.55.3.246>
- Kang S, Park C, Han S, Yi Y, Kim Y. 2005. A grub (*Protaetia brevitarsis seulensis*) rearing technique using cellulose-digesting bacteria and natural recycling of rearing byproduct to an organic fertilizer. Korean J. Appl. Entomol. 44:189-197.
- Kim JW, Bae SM, Park JH, Jang DH, Hwang YH, Kim YG, Lee YH, Seo DC. 2023. Effects of *Tenebrio molitor* (mealworm) frass on the growth of ginseng sprout (*Panax ginseng*) in commercial potting soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 56:184-190. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2023.56.2.184>
- Kim JW, Lee SB, Bae SM, Hwang YH, Choi SL, Hong GP. 2020a. Study on the production of ginseng sprout by using industrial insect casts. pp. 168-175. Research Report. Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju, Korea.
- Kim YS, Park IS, Park MS, Cho JM. 2020b. Physical properties of organic and inorganic substrates distributed in domestic market for hydroponic cultivation of strawberry. Hortic. Sci. Technol. 38:499-511. <https://doi.org/10.7235/HORT.20200047>
- Lee J, Hwang S, Cho S. 2016. cDNA cloning and molecular characterization of a defensin-like antimicrobial peptide from larvae of *Protaetia brevitarsis seulensis* (Kolbe). Mol. Biol. Rep. 43:371-379. <https://doi.org/10.1007/s11033-016-3967-1>
- Li Y, Fu T, Geng L, Shi Y, Chu H, Liu F, Liu C, Song F, Zhang J, Shu C. 2019. *Protaetia brevitarsis* larvae can efficiently convert herbaceous and ligneous plant residues to humic acids. Waste Manage. 80:79-82. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.010>
- Mun JS, Kim HJ, Moon HJ, Baek SW, Park SJ, Yu OK, Park HA, Kim SG, Kim JH, Oh SH. 2023. Anti-oxidative and anti-aging activity of extracts of sprouts of *Panax ginseng* fermented with a lactic acid bacteria mix of *Lactobacillus* spp. and *Weissella* spp. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 52:1133-1144. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2023.52.11.1133>

- NAAS (National Academy of Agricultural Science). 2010. Methods of soil analysis. RDA, Suwon, Korea.
- Nikkhah A, Van Haute S, Jovanovic V, Jung H, Dewulf J, Cirkovic Velickovic T, Ghnimi S. 2021. Life cycle assessment of edible insects (*Protaetia brevitarsis seulensis* larvae) as a future protein and fat source. *Sci. Rep.* 11:14030. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93284-8>
- Park HB, Park SY, Park IS, Jang IB, Hyun DY, Choi JM. 2020. Altered physical properties of root media by successive hydroponic cultivation and effects of elevated air-filled porosity on ginseng seedling growth. *Hortic. Sci. Technol.* 38:487-498. <https://doi.org/10.7235/HORT.20200046>
- RDA. 2012. Standard of analysis and survey for agricultural experiment. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2022. Methods of testing and sampling for fertilizer. Rural Development Administration, Wanju, Korea.
- RDA. 2023. Official standard of commercial fertilizer. Rural Development Administration, Wanju, Korea.
- SAS. 2022. SAS version 9.4. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Song J, Yang J, Jeong BR. 2023. Growth and photosynthetic responses to increased LED light intensity in Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) sprouts. *Agronomy* 13:2375. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092375>
- Song JS, Ahn GR, Jung SK. 2022. Efficacy of hydrogen peroxide on root rot disease of ginseng sprouts. *Res. Plant Dis.* 28:204-208. <https://doi.org/10.5423/RPD.2022.28.4.204>
- Tian X, Zhang J, Liu R, Zhang X, Duan J, Shu C. 2017. Diversity of gut bacteria in larval *Protaetia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae) fed on corn stalk. *Acta Entomol. Sin.* 60:632-641. <https://doi.org/10.16380/j.kcxb.2017.06.003>
- Wang K, Li P, Gao Y, Liu C, Wang Q, Yin J, Zhang J, Geng L, Shu C. 2019. De novo genome assembly of the white-spotted flower chafer (*Protaetia brevitarsis*). *GigaScience*. 8:giz019. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giz019>
- Wei P, Li Y, Lai D, Geng L, Liu C, Zhang J, Shu C, Liu R. 2020. *Protaetia brevitarsis* larvae can feed on and convert spent mushroom substrate from *Auricularia auricula* and *Lentinula edodes* cultivation. *Waste Manage.* 114:234-239. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.009>
- Xuan H, Gao P, Du B, Geng L, Wang K, Huang K, Zhang J, Huang T, Shu C. 2022. Characterization of microorganisms from *Protaetia brevitarsis* larva frass. *Microorganisms* 10:311. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020311>
- Yoo YC, Shin BH, Hong JH, Lee J, Chee HY, Song KS, Lee KB. 2007. Isolation of fatty acids with anticancer activity from *Protaetia brevitarsis* Larva. *Arch. Pharm. Res.* 30:361-365. <https://doi.org/10.1007/BF02977619>
- Yu J, Suh SJ, Jang IB, Jang IB, Moon JW, Kwon KB, Lee SW. 2018. Influence of sodium concentrations on growth, physiological disorder symptoms, and bed soil chemical properties of 2-year-old ginseng. *Korean J. Med. Crop Sci.* 26:240-247. <http://dx.doi.org/10.7783/KJMCS.2018.26.3.240>
- Zhang X, Wang L, Liu C, Liu Y, Mei X, Wang Z, Zhang T. 2021. Identification and field verification of an aggregation pheromone from the white-spotted flower chafer, *Protaetia brevitarsis* Lewis (Coleoptera: Scarabaeidae). *Sci. Rep.* 11:22362. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01887-y>
- Zhao X, Shen JP, Shu CL, Jin SS, Di HJ, Zhang LM, He JZ. 2021. Attenuation of antibiotic resistance genes in livestock manure through vermicomposting via *Protaetia brevitarsis* and its fate in a soil-vegetable system. *Sci. Total Environ.* 807:150781. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150781>