

Short Communication

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2023.56.2.184>  
pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

## Effects of *Tenebrio molitor* (Mealworm) Frass 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>2\*</sup>, and Dong-Cheol Seo<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>Associate Professor, Division of Applied Life Science (BK21 Four) & Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

\*Corresponding author: Dong-Cheol Seo, [dcseo@gnu.ac.kr](mailto:dcseo@gnu.ac.kr)

\*Co-corresponding author: Young Han Lee, [lyh2011@korea.kr](mailto:lyh2011@korea.kr)

### ABSTRACT

**Received:** May 9, 2023

**Revised:** May 18, 2023

**Accepted:** May 22, 2023

### Edited by

Woo-Jung Choi,  
Chonnam National University,  
Korea

### ORCID

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

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

The forecasted growth of edible insect production will generate high quantities of manure. Agricultural application of *Tenebrio molitor* frass (TMF) may improve soil fertility and increases crop production. This study was conducted to determine an optimum application rate of TMF for ginseng sprout growth in commercial potting soil. Ginseng was seeded in commercial potting soil (control), TMF 3% + perlite 30% + cocopeat 67% (TMF 3%), TMF 5% + perlite 30% + cocopeat 65% (TMF 5%), and TMF 10% + perlite 30% + cocopeat 60% (TMF 10%). The results showed that the germination rate of ginseng in the TMF 3% treatment was significantly higher than those in the other treatments. In addition, plant height, leaf length, leaf width, root length, and root weight of ginseng sprout showed significantly higher in TMF 3% treatment, leading to a lower SPAD value due to nitrogen dilution compared to those of control and TMF 5%. Our findings suggest that application of TMF at 3% is suitable for production of ginseng sprout in commercial potting soil.

**Keywords:** Byproduct fertilizer, Ginseng sprout, Insect frass, *Tenebrio molitor*



Control

TMF 3%

TMF 5%

TMF 10%

Intermediate growth of ginseng sprout by *Tenebrio molitor* frass (TMF). Control, commercial potting soil; TMF 3%, TMF 3% + perlite 30% + cocopeat 67%; TMF 5%, TMF 5% + perlite 30% + cocopeat 65%; and TMF 10%, TMF 10% + perlite 30% + cocopeat 60%.



## Introduction

국내에서 식품원료로 등록된 곤충은 백강잠, 식용누에, 메뚜기, 갈색거저리 유충, 흰점박이꽃무지 유충, 장수풍뎅이 유충, 쌍별귀뚜라미, 아메리카왕거저리 유충, 수벌 번데기, 풀무치 등 10종이며 (MFDS, 2021), 국내 곤충산업은 2020년 414억 원에서 2021년에는 446억 원으로 7.7% 증가하는 추세이다 (MAFRA, 2022). 식용곤충의 하나인 갈색거저리 유충 (*Tenebrio molitor* larvae)은 식용, 사료용, 기능성 소재 등의 원료로 활용되고 있다 (Jo et al., 2021; Jang et al., 2022; Kim et al., 2022a, 2022b; Fan et al., 2023). 인구가 급속하게 증가하면서 2050년이 되면 육류 단백질 요구량은 현재보다 75% 이상 증가하여 식용곤충을 이용한 대체 단백질 생산이 많아지고 곤충 배설물도 대량으로 생성될 것으로 예상된다 (Berggren et al., 2019; Houben et al., 2020). 이러한 영향으로 곤충 배설물이 작물 양분관리를 위한 유망한 자원으로 고려되고 있다 (Houben et al., 2020; Chavez and Uchanski, 2021; Joung et al., 2022a, 2022b). 갈색거저리분 (*Tenebrio molitor* frass, TMF)은 연간 130 ton 정도 발생되고 있으며 (Kim et al., 2020a), 유기물과 질소, 인산, 칼리 등의 양분 함계량이 7% 이상으로 높아 작물에 유익한 미생물의 증식 (Poveda et al., 2019), 바이오가스 (Bulak et al., 2020) 및 비료로서 활용가능성이 높다 (Kim et al., 2020a; Houben et al., 2021). 실제 갈색거저리분을 사용하면 콩 수량은 18% 증가되고 (Liu et al., 2003), 갈색거저리분 추출물을 처리한 결과 밀 종자 출아율이 4% 증가되었다 (Li et al., 2013). 이러한 결과는 갈색거저리분의 비료성분의 효과와 더불어 배설물에 존재하는 미생물이 작물 성장촉진에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (García-Fraile et al., 2015; Menendez and Garcia-Fraile, 2017). 그러나 갈색거저리분은 발생량이 적어 대량으로 공급되는 부산물비료 등의 주재료로 활용하기 보다는 상토 등의 양분공급을 위한 부재료로 활용하는 것이 필요하다. 새싹인삼은 뿌리, 줄기, 잎까지 전체를 이용하는 힐링 채소로 유망한 고소득 작물이지만 (Joo, 2021), 아직까지 양분관리를 위해 상토 원료에 갈색거저리분 처리수준을 연구한 결과는 부족하다.

따라서 본 연구는 새싹인삼 재배를 위한 코코피트와 펄라이트 혼합상토에 부재료인 갈색거저리분을 3%, 5%, 10% 수준으로 첨가하였고, 상토의 용적밀도와 통기성, 양분 함량, 새싹인삼 생육특성 등을 분석하여 새싹인삼 대량생산을 위한 최적 조건을 검토하였다.

## Materials and Methods

**상토 혼합비율** 갈색거저리분의 상토 혼합효과를 검토하기 위해 시판중인 인삼 전용상토를 대조구 (control)로 사용하였다. 시험구는 갈색거저리분의 높은 EC 값을 고려하여 갈색거저리분 3% + 펄라이트 30% + 코코피트 67% (TMF 3%), 갈색거저리분 5% + 펄라이트 30% + 코코피트 65% (TMF 5%), 갈색거저리분 10% + 펄라이트 30% + 코코피트 60% (TMF 10%) 수준으로 처리하였다.

**상토 분석방법** 양분 함량과 물리성은 농촌진흥청 비료의 품질검사방법 및 시료채취기준 (RDA, 2022a)으로 분석하였다. pH와 EC는 용량으로 시료와 증류수를 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 분석하여 보정계수 없이 표기하였다. 용적밀도와 공극률은 100 cm<sup>3</sup> 샘플링 코어를 이용하여 상토를 1/3씩 채울 때 마다 평평한 테이블에서 4회 정도 두드리면서 충전하고, 토양화학분석법 (NAAS, 2010)을 기준으로 분석하였다. 시험에 사용한

갈색거저리분은 Table 1과 같이 질소 2.88%, 인산 3.64%, 칼리 2.71%로 합계량이 9.23%로 혼합유기질비료의 보증 성분량 보다 높은 수준이었다 (RDA, 2022b).

**Table 1.** Selected chemical properties of *Tenebrio molitor* frass.

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 (%)	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )
6.2	13.09	2.88	3.64	2.71	0.14	1.44	0.02	225	223	92

**새싹인삼 재배 및 생육조사** 새싹인삼에 대한 갈색거저리분의 상토 혼합비율을 검토하기 위해 경남농업기술원 유용곤충연구소 실내 사육실 (35°22'64" N, 128°12'37" E)에서 수행하였다. 상토는 삼목상자 (52 × 36.5 × 9 cm)에 20 L씩 채우고 진압한 후 충분히 관수하였다. 묘삼은 1년생을 구입하여 재식거리 5 × 9 cm 간격으로 36주를 이식하였고, 온도는 20 ± 2°C, 습도는 60 ± 5%로 관리하였다. 실내 사육실 인공 광원으로 백색 형광등 (PL-L 36W, Philips, Nederland)을 사용하여 광도는 200 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>로 주간 9시간, 야간 15시간으로 유지하였다. 모든 처리구는 완전임의 배치법 5반복으로 수행하였으며 출아 후 20일에 수확하였다.

**생육조사 및 통계분석** 새싹인삼의 출아율과 생육 특성은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준 (RDA, 2012)에 따라 수확기에 20주를 선정하여 실시하였다. 출아율은 백분율로 보정하였고, 지상부는 초장, 엽장, 엽폭, 경장과 SPAD 값 (SPAD-502, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)을 측정하였으며 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

**상토의 이화학적 변화** 갈색거저리분 처리에 따른 상토의 이화학적 특성은 Table 2와 같다. 시판상토와 갈색거저리분을 첨가한 TMF 상토들의 용적밀도는 0.10에서 0.12 Mg m<sup>-3</sup>으로 묘삼 생장에 적합한 용적밀도 0.12 Mg m<sup>-3</sup>와 유사하였고 (Park et al., 2020), 공극률은 95.3%에서 96.2%로 유의적인 차이가 없었다. 새싹인삼 고품배지는 통기

**Table 2.** Physicochemical properties of potting soil for raising seedling of ginseng.

Treatment	pH (1:5, v/v)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	Porosity (%)
Control <sup>†</sup>	5.6 b <sup>‡</sup>	0.14 d	0.12 a	95.6 a
TMF 3%	6.2 a	0.41 c	0.10 a	96.2 a
TMF 5%	6.2 a	0.67 b	0.12 a	95.3 a
TMF 10%	6.2 a	1.23 a	0.12 a	95.4 a

<sup>†</sup>Control, commercial potting soil; TMF 3%, *Tenebrio molitor* frass (TMF) 3% + perlite 30% + cocopeat 67%; TMF 5%, TMF 5% + perlite 30% + cocopeat 65%; and TMF 10%, TMF 10% + perlite 30% + cocopeat 60%.

<sup>‡</sup>Means followed by different letters within the same column are significantly different at significance level  $\alpha = 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

성이 우수하고 수분 보유력이 좋아야 하며, 비중이 가벼워 다루기 쉽고 pH는 5.0에서 7.0 수준이 좋다 (Joo, 2021). 보편적으로 원예용 상토는 공극률 85% 이상, 수분 보유력은 60%에서 80% 정도가 식물 생육에 적합하다고 알려져 있다 (Abad et al., 2001, 2005). 본 연구에서는 TMF 10% 처리구에서도 공극률이 95.4%로 국내 원예용 상토의 83% 수준보다 높게 나타나 물리적인 조건은 양호하였다 (Kim et al., 2020c). 그러나 상토의 pH는 TMF 처리구가 6.2로 시판상토 5.6에 비해 높았다 ( $P < 0.05$ ). 상토의 EC 값은 시판상토  $0.14 \text{ dS m}^{-1}$ 에 비해 TMF 3% 처리구는  $0.41 \text{ dS m}^{-1}$ , TMF 5% 처리구는  $0.67 \text{ dS m}^{-1}$ , TMF 10% 처리구는  $1.23 \text{ dS m}^{-1}$ 였으며, 갈색거저리분 첨가량이 많을수록 높아지는 경향이 있었다 ( $P < 0.05$ ).

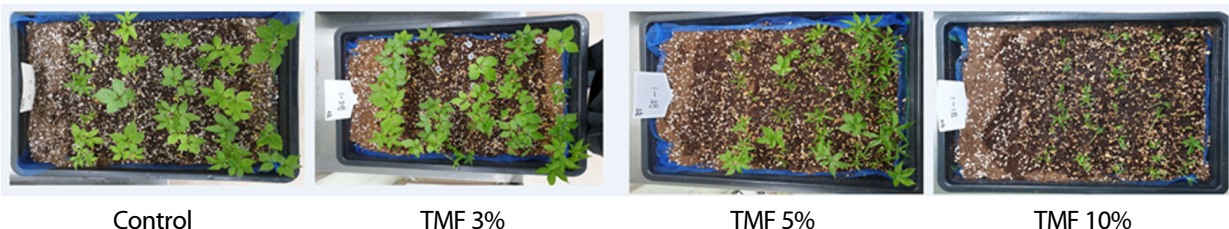
**새싹인삼 생육특성** 갈색거저리분을 첨가한 상토의 새싹인삼 출아율은 Table 3과 같다. TMF 3% 처리구의 출아율은 100%로 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았으며 ( $P < 0.05$ ), 이러한 결과는 Li et al. (2013)이 갈색거저리분 추출물을 밀 종자에 처리한 결과 출아율이 4% 증가되었다는 보고와 일치하였다. 시판 인삼전용상토의 출아율은 87%로 TMF 5%와 TMF 10%와 차이가 없었다. 갈색거저리분 첨가량이 많아질수록 새싹인삼 출아율은 낮아졌는데, 이러한 결과는 Table 2와 같이 상토의 EC 값의 증가에 따른 영향으로 판단된다. 실제 Yu et al. (2018)은 인삼 재배에 적합한 EC 값은  $0.5 \text{ dS m}^{-1}$ 이며, 초과할 경우 생육에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 Fig. 1과 같이 중간 생육에서도 뚜렷하게 나타났다.

**Table 3.** Effect of *Tenebrio molitor* frass on the growth of ginseng sprout.

Treatment	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 <sup>†</sup>	87 b <sup>‡</sup>	12.1 b	3.9 b	1.8 b	6.4 a	28.9 a	10.2 a	0.62 a
TMF 3%	100 a	14.0 a	4.7 a	2.1 a	7.3 a	22.8 b	11.1 a	0.67 a
TMF 5%	83 b	8.9 c	3.1 c	1.4 c	4.4 b	28.6 a	7.7 b	0.50 b
TMF 10%	82 b	-	-	-	-	-	-	-

<sup>†</sup>Control, commercial potting soil; TMF 3%, *Tenebrio molitor* frass (TMF) 3% + perlite 30% + cocopeat 67%; TMF 5%, TMF 5% + perlite 30% + cocopeat 65%; and TMF 10%, TMF 10% + perlite 30% + cocopeat 60%.

<sup>‡</sup>Means followed by different letters within the same column are significantly different at significance level  $\alpha = 0.05$  according to Duncan's multiple range test.



**Fig. 1.** Intermediate growth of ginseng sprout by *Tenebrio molitor* frass (TMF). Control, commercial potting soil; TMF 3%, TMF 3% + perlite 30% + cocopeat 67%; TMF 5%, TMF 5% + perlite 30% + cocopeat 65%; and TMF 10%, TMF 10% + perlite 30% + cocopeat 60%.

출아 20일 이후 새싹인삼 생육특성은 Table 3과 같다. TMF 3% 처리구는 인삼 전용상토 처리구 보다 지상부인 초장, 엽장, 엽폭의 생육이 좋았으나 SPAD 값은 낮은 수치를 보였다 ( $P < 0.05$ ). 이러한 결과는 새싹인삼의 성장 및 발달로 인하여 SPAD 값이 감소한 것으로 판단되었다 (Kim et al., 2020b; Milagres et al., 2021). 반면에 지하부인 근장, 근중은 TMF 3% 처리구와 인삼 전용상토 처리구에서 차이가 없었다. TMF 5% 처리구는 TMF 3% 처리구와 인삼 전용상토 처리구에 비해 지상부와 지하부의 생육이 유의적으로 낮았으며, TMF 10% 처리구는 높은 EC 값으로 인해 고사하였다 (Yu et al., 2018).

Kawakatsu and Fukuda (2023)는 파종 187일 이후의 새싹인삼 뿌리 생체중은 배지의 EC 값이  $0.2 \text{ dS m}^{-1}$ 에 비해  $0.4 \text{ dS m}^{-1}$ 에서 3.6배,  $0.6 \text{ dS m}^{-1}$ 에서 4.2배 무겁다고 하였으나 본 시험에서는 출아 20일 이후 EC 값이  $0.67 \text{ dS m}^{-1}$ 로 높아질 경우 가벼운 것으로 나타났다 ( $P < 0.05$ ). 그리고 Fig. 2와 같이 EC 값에 따른 초장, 경장, 근중의 생육 회귀곡선을 분석한 결과 적정 EC 값은  $0.28$ 에서  $0.40 \text{ dS m}^{-1}$ 였으며, 최적의 EC 값은  $0.34 \text{ dS m}^{-1}$ 로 나타났다.

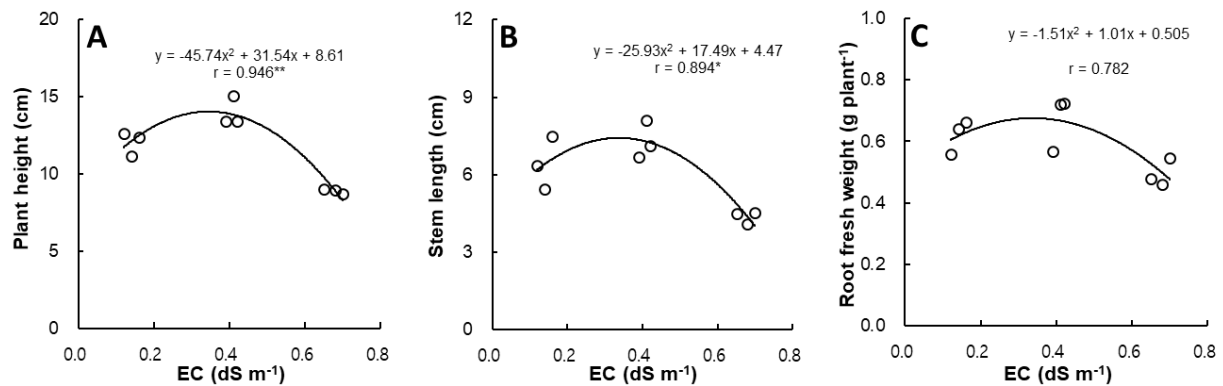


Fig. 2. Relationships between plant height (A), stem length (B), and root dry weight (C) and EC values of potting soil.

이와 같은 연구결과로 인삼 전용상토에 갈색거저리분을 3% 수준으로 첨가하면 새싹인삼 생산성을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 갈색거저리분은 밀기울을 주된 먹이로 사용하여 부숙이 안된 형태이기 때문에 대량으로 사용할 경우 퇴비화 등의 처리를 통해 효율을 높이고 작물별 적정 사용량을 구명하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## Conclusions

갈색거저리분은 질소, 인산, 칼리 합계량이 9.23%로 양분함량이 높아 부산물비료로 활용하기 위해 새싹인삼 재배 상토에 3%, 5%, 10%를 첨가하였다. 상토의 용적밀도와 공극률은 모든 처리구에서 시판 인삼전용 상토와 유사하였으나 첨가량이 많아질수록 EC 값은 시판상토  $0.14 \text{ dS m}^{-1}$ 에 비해 TMF 3% 처리구는  $0.41 \text{ dS m}^{-1}$ , TMF 5% 처리구는  $0.67 \text{ dS m}^{-1}$ , TMF 10% 처리구는  $1.23 \text{ dS m}^{-1}$ 로 높아지는 경향이였다. TMF 3% 처리구의 새싹인삼 생육은 시판 인삼 전용 상토에 비해 유의적으로 증가하였으나 TMF 5%와 10% 처리구는 EC 값의 증가로 인해 새싹인삼의 출아율, 초장, 엽장, 엽폭, 경장, 근장, 근중 등의 생육이 불량하였다. 따라서 본 연구 결과로서 새싹인삼 재배를 위한 상토에 갈색거저리분의 첨가량은 3% 수준임을 알 수 있었다.



## References

- Abad, M., C. Carrión, V. Noguera, P. Noguera, A. Maquieira, and R. Puchades. 2005. Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. *HortScience* 40:2138-2144.
- Abad, M., P. Noguera, and S. Burés. 2001. National inventory of organic wastes for use in growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain. *Bioresour. Technol.* 77:197-200.
- Berggren, Å., A. Jansson, and M. Low. 2019. Approaching ecological sustainability in the emerging insects-as-food industry. *Trends Ecol. Evol.* 34:132-138.
- Bulak, P., K. Proc, M. Pawłowska, A. Kasprzycka, W. Berus, and A. Bieganowski. 2020. Biogas generation from insects breeding post production wastes. *J. Clean. Prod.* 244:11877.
- Chavez, M. and M. Uchanski. 2021. Insect left-over substrate as plant fertiliser. *J. Insects Food Feed* 7(5):683-694.
- Fan, M., N.E. Wedamulla, Y.J. Choi, Q. Zhang, S.M. Bae, and E.K. Kim. 2023. *Tenebrio molitor* larva trypsin hydrolysate ameliorates atopic dermatitis in C57BL/6 mice by targeting the TLR-mediated MyD88-dependent MAPK signaling pathway. *Nutrients* 15(1):93.
- García-Fraile, P., E. Menéndez, and R. Rivas. 2015. Role of bacterial biofertilizers in agriculture and forestry. *AIMS Bioeng.* 2:183-205.
- Houben, D., G. Daoulas, and A.M. Dulaurent. 2021. Assessment of the short-term fertilizer potential of mealworm frass using a pot experiment. *Front. Sustainable Food Syst.* 5:714596.
- Houben, D., G. Daoulas, M.P. Faucon, and A.M. Dulaurent. 2020. Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. *Sci. Rep.* 10:4659.
- Jang, H.B., J. Baek, Y.S. Choi, and H.W. Jang. 2022. Quality characteristics and antioxidant activities of rice cookies prepared with *Tenebrio molitor*, *Protaetia brevitarsis*, and *Gryllus bimaculatus* powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 54(2):171-178.
- Jo, H.S., M.E. Park, and S.M. Hong. 2021. Effect of dietary supplementation of fermented mealworm on the growth of juvenile stone flounder (*Kareius bicoloratus*). *J. Korea Acad.-Ind. Coop. Soc.* 22(4):312-320.
- 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(9):1254-1262.
- Joung, K.H., B.M. Yoo, J.W. Kim, S.M. Bea, S.B. Lee, D.H. Jang, Y.H. Lee, and D.C. Seo. 2022a. *Protaetia brevitarsis* larvae manure as an organic amendment for cultivation of lettuce and red pepper. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 55: 246-250.
- Joung, K.H., J.W. Kim, S.B. Lee, D.H. Jang, B.M. Yoo, S.M. Bea, Y.H. Chang, Y.H. Lee, and D.C. Seo. 2022b. Effects of *Protaetia brevitarsis* larvae manure application on lettuce growth and soil chemical properties. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 55:80-85.
- Kawakatsu, T. and N. Fukuda. 2023. Dense planting and environmental control (temperature, light intensity, and concentration of nutrient solution) can increase the yield of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) seedlings in indoor cultivation with artificial light. *Hortic. Environ. Biotechnol.* Online First Article. <https://doi.org/10.1007/s13580-022-00506-7>.
- Kim, B.S., H.Y. Kim, Y.O. Park, G.J. Ha, J.H. Choi, and J.H. Kim. 2022a. Examination of production conditions and quality properties of rice yogurt fortified with mealworm powder by using *Levilactobacillus brevis* B737 as a starter. *Korean J. Food Sci. Technol.* 54(5):524-530.
- Kim, B.S., R.Y. Choi, E.J. Ban, J.H. Lee, I.W. Kim, and M.C. Seo. 2022b. Antioxidative effects of *Tenebrio molitor* larvae extract against oxidative stress in ARPE-19 cells. *J. Life Sci.* 32(11):865-871.
- Kim, J.W., S.B. Lee, S.M. Bae, Y.H. Hwang, S.L. Choi, and G.P. Hong. 2020a. Study on the production of panax ginseng sprout by using industrial insect casts. p. 168-175. Research Report. Gyeongnam Agricultural Research

- and Extension Services, Jinju, Korea.
- Kim, Y.J., T.K.L. Nguyen, and M.M. Oh. 2020b. Growth and ginsenosides content of ginseng sprouts according to LED-based light quality changes. *Agronomy* 10:1979.
- Kim, Y.S., I.S. Park, M.S. Park, and J.M. Cho. 2020c. Physical properties of organic and inorganic substrates distributed in domestic market for hydroponic cultivation of strawberry. *Hortic. Sci. Technol.* 38(4):499-511.
- Li, L., Z. Zhao, and H. Liu. 2013. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronaut.* 92:103-109.
- Liu, H., Z. Yang, D. Tan, and Z. Wu. 2003. Study on the fertilizer efficiency of the frass of *Tenebrio molitor* L. *J. Quanzhou Norm. Univ.* 21(4):68-71.
- MAFRA. 2022. The results of the survey on the status of the insect industry of 2021. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea.
- Menendez, E. and P. Garcia-Fraile. 2017. Plant probiotic bacteria: Solutions to feed the world. *AIMS Microbiol.* 3: 502-524.
- MFDS. 2021. Ministry of Food and Drug Safety. [https://www.mfds.go.kr/brd/m\\_99/view.do?seq=45749](https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=45749).
- Milagres, C.C., P.C.R. Fontes, J.A.A. Abreu, J.M. Silva, and M.N. Figueiredo. 2021. Plant growth stage and leaf part to diagnose sweet corn nitrogen status using chlorophyll sensor and scanner image analysis. *J. Plant Nutr.* 44(18): 2783-2792.
- NAAS. 2010. Methods of soil chemical analysis. National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.
- Park, H.B., S.Y. Park, I.S. Park, I.B. Jang, D.Y. Hyun, and J.M. Choi. 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(4):487-498.
- Poveda, J., A. Jiménez-Gómez, Z. Saati-Santamaría, R. Usategui-Martín, R. Rivas, and P. García-Fraile. 2019. Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. *Appl. Soil Ecol.* 142:110-122.
- RDA. 2012. Standard of analysis and survey for agricultural experiment. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2022a. Methods of testing and sampling for fertilizer. Rural Development Administration, Wanju, Korea.
- RDA. 2022b. Official standard of commercial fertilizer. Rural Development Administration, Wanju, Korea.
- SAS. 2022. SAS Version 9.4. SAS Institute, Cary, NC.
- Yu, J., S.J. Suh, I.B. Jang, I.B. Jang, J.W. Moon, K.B. Kwon, and S.W. Lee. 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(3):240-247.