



Effect of Mealworm Frass (Yellow Larvae) as a Potential Biofertilizer on Vegetative Growth Indices in Philodendron (*Philodendron pedatum*)

Mojtaba Baranimotlagh*, Mehri Bazi Abdoli and Taleb Nazari

Department of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

* Corresponding author, Email: mbarani@gau.ac.ir

(Received: 20 November 2023; Revised: 24 February 2024; Accepted: 6 March 2024)

Abstract

Due to the fast mineralization and supply of NPK elements, insect frass has a very high potential for complete or partial replacement with mineral fertilizers. This research was conducted to investigate the effect of different levels of organic fertilizer of mealworm (yellow *Tenebrio molitor* larvae) as a growth substrate on the morphological indices and leaf greenness index of the ornamental plant *Philodendron*. To achieve the objectives of this research, an experiment was conducted in the form of a completely randomized design with three replications and 9 treatments (i.e., 27 pots in total). The treatments consisted of different proportions of mealworm fertilizer in combination with a conventional growing medium for *philodendron* plants in greenhouses. The results showed that the highest values of vegetative growth indices and leaf greenness index were obtained from the application of 40% perlite, 30% cocopeat, 10% mealworm, 10% vermiculite and 10% coal soil. However, an increase of more than 10% in mealworm fertilizer could not make a significant change in the investigated traits. In fact, it can be stated that when the replacement amount of mealworm fertilizer with cocopeat in the conventional substrate in greenhouse crops was 10 percent by volume, the highest values of vegetative growth and leaf greenness index were obtained, whereas a reduction in plant growth was observed at 15, 20 and 25 percent by volume and plants were found to be dead at volumes exceeding 30 percent. Due to the high salinity (10.3 dS m⁻¹) and pH (8.55) of this frass, as well as the fact that changing the mealworm substrate might alter the type of produced frass, it is recommended to use substrates that reduce the salinity and pH of the final substrate.

Keywords: Mealworm frass, *Philodendron* Florida ghost, Leaf greenness index, Vegetative growth index.

Background and Objectives: Many insects are capable of processing organic by-products because they are naturally able to use natural products as food, which reduces the amount of these substances in the environment and allows them to be used as fertilizers. Due to rapid mineralization and the provision of plant elements such as N, P and K, insect frass has a very high potential for complete or partial replacement with NPK mineral fertilizers (Poveda et al., 2019; Watson et al, 2021). The aim of this study was to investigate the effects of different levels of mealworm organic fertilizer (yellow *Tenebrio molitor* larvae) as a growth medium on the morphological indices and leaf greenness index of *Philodendron pedatum* as an ornamental plant.

Methods: A suitable volume percentage of wheat bran, pulp from potatoes, and carrots was used as the initial substrate for mealworm. The experiment was carried out in the form of a completely randomized design with three replications and nine treatments. The treatments included different ratios of mealworm fertilizer (%v/v) in combination with the conventional *Philodendron pedatum* growing medium in greenhouses as following: 1) 40% perlite, 40% cocopeat, 10% vermiculite, and 10% coal soil, 2) replacing 5% of mealworm with cocopeat, 3) replacing 10% of mealworm with cocopeat, 4) replacing 15% of mealworm with cocopeat, 5) replacing 20% of mealworm with cocopeat, 6) replacing 25% of mealworm with cocopeat, 7) replacing 30% of mealworm with cocopeat, 8) replacing 35% of mealworm with



cocopeat, and 9) 40% perlite, 40% mealworm, 10% vermiculite, and 10% coal soil. At the end of the growth period (6 months), vegetative growth indices such as plant height, leaf length and width, number of leaves, petiole length, stem diameter and length, as well as leaf greenness index were measured. The data were analyzed using SAS software (v. 9.4) and the means were compared based on the LSD test ($p < 0.05$).

Results: The highest values of vegetative growth indices and leaf greenness index were obtained due to the application of 40% perlite, 30% cocopeat, 10% mealworm, 10% vermiculite, and 10% coal soil. However, an increase of more than 10% in mealworm fertilizer could not make a significant change in the studied traits. In fact, it can be stated that when the replacement amount of mealworm fertilizer with cocopeat in the conventional substrate in greenhouse crops was 10% by volume, the highest values of vegetative growth and leaf greenness index were obtained. Whereas a reduction in the plant growth was observed at 15, 20 and 25 percents by volume of mealworm fertilizer, and the plants were found to be dead at volumes exceeding 30 percent. Examining the chemical characteristics of some insect frass, such as that from mealworms, reveals that it contains significant levels of N, P and K that can rival other animal manures, especially chicken manures, in their potential to enhance plant growth. But unlike mineral fertilizers, insect frass contains a lower concentration of micronutrients (i.e., Cu and Zn). Therefore, mealworms can be used as organic fertilizers due to their nutritional content (Houben et al., 2021).

Conclusions: Although insect frass is increasingly considered a potential fertilizer, the dynamics of nutrient supply by this frass are still poorly understood. Due to the high salinity (10.3 dS m^{-1}) and pH (8.55) of this frass, as well as the fact that the fertilizer produced varies as the bed of mealworm larvae changes, it is recommended to use substrates that reduce the salinity and pH of the final substrate.

References:

1. Houben, D., Daoulas, G., Dulaurent, A.M., 2021. Assessment of the short-term fertilizer potential of mealworm frass using a pot experiment. *Front. Sustain. Food Syst.* 28, 5.714596.
2. Poveda, J., Jiménez-Gómez, A., Saati-Santamaría, Z., Usategui-Martín, R., Rivas García-Fraile, R.P., 2019. Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance inductor in plants. *Appl. Soil Ecol.* 142, 110–122.
3. Watson, C., Preißing, T., Wichern, F., 2021. Plant nitrogen uptake from insect frass is affected by the nitrification rate as revealed by urease and nitrification inhibitors. *Front. Sustain. Food Syst.* 27, 5.721840.

How to Cite: Baranimotlagh, M., Bazi Abdoli, M., Nazari, T., 2024. Effect of mealworm frass (yellow larvae) as a potential biofertilizer on vegetative growth indices in philodendron (*Philodendron pedatum*). *J. Soil Plant Interact.* 15(2), 1–18 (In Persian). <https://doi.org/10.47176/jspi.15.2.21162>



تأثیر فضولات لارو سوسک زرد آرد به عنوان یک کود زیستی بالقوه بر شاخص های رشدی گیاه فیلودندرون (*Philodendron pedatum*)

مجتبی بارانی مطلق*، مهری بزی عبدلی و طالب نظری

گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mbarani@gau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۲۹، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶

چکیده

فضولات حشرات به دلیل معدنی شدن سریع و تأمین عناصر غذایی از پتانسیل بسیار خوبی برای جایگزینی کامل یا جزئی با کودهای معدنی برخوردارند. این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف فضولات (Frass) میل ورم (لارو سوسک زرد آرد) به عنوان بستر رشد بر شاخص های مورفولوژیک و شاخص سبزیگی برگ گیاه زیتنی فیلودندرون روح فلوریدا انجام شد. برای دستیابی به اهداف این پژوهش، آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با ۹ تیمار (در مجموع با ۲۷ گلدان) اجرا شد. تیمارها شامل نسبت های مختلف کود میل ورم (درصد حجمی) در ترکیب با بستر مرسوم کشت گیاه فیلودندرون در گلخانه ها بود. نتایج نشان داد بیش ترین مقادیر شاخص رشد رویشی و شاخص سبزیگی برگ از کاربرد سطوح ۴۰٪ پرلیت، ۳۰٪ کوکوپیت، ۱۰٪ میل ورم، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال به دست آمد. با این حال، افزایش بیش از ۱۰٪ کود میل ورم نتوانست تغییر معنی داری در شاخص های مورد بررسی ایجاد نماید. در واقع می توان این گونه بیان کرد زمانی که مقدار جایگزینی کود میل ورم با کوکوپیت در بستر متعارف در کشت های گلخانه ای ۱۰ درصد حجمی بود بیش ترین مقادیر رشد رویشی و شاخص سبزیگی برگ به دست آمد، این درحالی است که در مقادیر ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد حجمی روند کاهشی داشته و در مقادیر بیش از ۳۰ درصد حجمی گیاهان به طور کامل از بین رفتند. با توجه به شوری زیاد (۱۰/۳ دسی زیمنس بر متر) و pH قلیایی (۸/۵۵) این فضولات و همچنین این نکته که با تغییر بستر لارو میل ورم، نوع کود تولید شده تغییر می کند، پیشنهاد می شود از بسترهای استفاده شود که باعث کاهش شوری و pH بستر نهایی می شوند.

واژه های کلیدی: شاخص های رشد رویشی، شاخص سبزیگی برگ، فیلودندرون روح فلوریدا، میل ورم.



مقدمه

هر ساله تقریباً یک سوم کل مواد غذایی تولیدشده برای مصرف انسان در جهان از بین می‌رود (FAO., 2013). این پسماندهای مواد غذایی ممکن است نشان‌دهنده یک فرصت، نه تنها برای بهبود امنیت غذایی جهانی، بلکه برای کاهش پیامدهای زیست-محیطی و بهبود استفاده از این منابع در زنجیره‌های غذایی باشد. بنابراین، استفاده از محصولات جانبی می‌تواند باعث افزایش کارایی تولید مواد مغذی شود (Menino et al., 2021). در همین راستا گزارش شده است که حشرات زیادی وجود دارند که می‌توان از آنها برای فرآوری محصولات جانبی ارگانیک استفاده کرد. زیرا این حشرات می‌توانند به‌طور طبیعی از محصولات ارگانیک به‌عنوان غذا استفاده کرده، در عین حال میزان این مواد را در محیط کاهش داده و آنها را به کودهای آلی با ارزش (احتمالاً جایگزین کودهای شیمیایی مورد استفاده در حال حاضر) تبدیل کنند (Čičková et al., 2015). در واقع این حشرات نقش بسیار مهمی در بازیافت مواد آلی در طبیعت دارند. حشرات حدود یک میلیون گونه از ۱/۴ میلیون گونه جانوری بر روی زمین را تشکیل می‌دهند. بر خلاف باور عمومی، از یک میلیون گونه حشره، تنها حدود ۵۰۰۰ گونه از آنها برای کشاورزی، دام و انسان مضر هستند (van Lenteren, 2006). حشرات فراوان‌ترین جانداران مرتبط با گیاهان و خاک می‌باشند. رشد و تولیدمثل حشرات به‌سادگی رخ می‌دهد و به دلیل خونسرد بودن، ضریب تبدیل غذایی مناسبی داشته و قادرند پسماند صنایع کشاورزی را به زیست‌توده‌ای با ارزش و پروتئین مناسب تبدیل نمایند (Collavo et al., 2005). آنها همانند سایر جانداران بخشی از غذای هضم‌نشده خود را به‌صورت فضولات دفع می‌کنند. فضولات حشرات از نظر فیزیکی دانه‌ای، بی‌بو، دارای رنگ‌های متنوع (از زرد روشن تا قهوه‌ای تیره) و اندازه-های متغیر می‌باشند (Arbab, 2021). از نظر شیمیایی نیز این فضولات از ترکیبات متنوعی مانند مواد نیتروژن‌دار (NH_2) تا انواع عناصر معدنی مانند کلسیم، فسفر، پتاسیم و منیزیم تشکیل شده‌اند (Kagata and Ohgushi, 2012).

میل‌ورم لارو گونه‌ای سوسک شب‌زی با نام علمی (*Tenebrio molitor*) از خانواده *Tenebrionidae* است که در سراسر جهان یافت شده و چون آفت غلات، آرد و غذای انباری به‌شمار می‌رود به کرم آرد یا میل‌ورم زرد^۱ نیز معروف است (Ramos-Elorduy et al., 2002). تعداد واحدهای پرورش‌دهنده حشرات در ایران در طی ۱۵ سال گذشته به بیش از ۳۰ واحد رسیده است. فضولات حشرات یکی از مهم‌ترین محصولات جانبی این صنعت است. بررسی‌ها نشان می‌دهد لاروهای سوسک زرد آرد به‌ازای تغذیه هر کیلوگرم سبوس گندم، ۶۸۰ گرم فضولات تولید می‌کنند. مقدار تولید سالانه فضولات سوسک زرد آرد که تجاری‌ترین حشره صنعتی ایران است سالانه بیش از ۲۰۰ تن گزارش شده است. با توجه به سیستم پرورش این حشره، هزینه جمع‌آوری و بسته‌بندی هر تن کود میل‌ورم در سال بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ هزار تومان تخمین زده می‌شود (Arbab, 2021). در حال حاضر بیش‌ترین مصرف کود مذکور در تولید محصولات گلخانه‌ای به‌ویژه پرورش کاکتوس ساکولنت‌ها است.

بررسی‌های مختلف درباره استفاده از فضولات حشرات به‌عنوان اصلاح‌کننده و تقویت‌کننده خاک نشان می‌دهد که این زیست‌توده آلی می‌تواند اثر مثبتی بر رشد و نمو گیاهان مختلف و همچنین حاصلخیزی و اصلاح خاک داشته باشد (Zahn and Quilliam, 2017; Beesigamukama et al., 2020). فضولات حشرات دارای مقادیر زیادی نیتروژن (۷-۲ درصد) و کربن (۴۵-۳۰ درصد) است که مقدار آنها بیش‌تر از مقادیر موجود در خاک برگ گزارش شده است (Kagata and Ohgushi, 2012). در همین راستا اثر خاک شنی غنی‌شده با کود سوسک زرد آرد به نسبت ۴۰:۱ بر رشد گیاه ماش بررسی شده است. نتایج نشان داد که گیاهان دریافت‌کننده کود نسبت به گیاهان شاهد ۱۷/۹ درصد وزن بیش‌تری داشتند (Liu et al., 2003). (Poveda et al., 2019). نقش تغذیه‌ای فضولات سوسک زرد آرد (نسبت دو درصد) را بر گیاهچه‌های چغندر مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آنها نشان داد که میزان شاخص سبزیگی برگ، وزن تازه، شاخصاره و

به عنوان بستر رشد^۳ بر شاخص های مورفولوژیک و شاخص سبزینگی گیاه زینتی فیلودندرون روح فلوریدا^۴ انجام شد.

مواد و روش ها

ترکیبات تشکیل دهنده کود میل ورم (فضولات لارو سوسک زرد آرد) در جدول (۱) ارائه شده است. بستر اولیه لارو سوسک زرد، درصد حجمی مناسب از سبوس گندم، تقاله صیفی جات مانند سیب زمینی و هویج به مدت یک ماه در شرایط رطوبتی و گرمایی بهینه بود. رسانایی الکتریکی (EC) و pH در نسبت ۱:۵ آب:کود، درصد رطوبت، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر کل، پتاسیم کل و عناصر کم مصرف با استفاده از روش های مرسوم نمونه برداری تجزیه کودهای آلی اندازه گیری شدند (Davoudi et al., 2014).

برای دستیابی به اهداف این پژوهش، آزمایشی به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با ۹ تیمار و در مجموع با ۲۷ گلدان در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در تاریخ ۱۴۰۱/۰۱/۲۵ شروع شد. تیمارها شامل نسبت های مختلف (درصد حجمی) کود میل ورم در ترکیب با بستر مرسوم کشت گیاه فیلودندرون در گلخانه ها بود که عبارت بودند از: ۱) (۴۰٪ پرلیت، ۴۰٪ کوکوپیت، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال) بستر مرسوم مورد استفاده در گلخانه ها، ۲) (۴۰٪ پرلیت، ۳۵٪ کوکوپیت، ۵٪ میل ورم، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال) ۱۰ درصد حجمی میل ورم جایگزین کوکوپیت، ۳) (۴۰٪ پرلیت، ۳۰٪ کوکوپیت، ۱۰٪ میل ورم، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال) ۱۰ درصد حجمی میل ورم جایگزین کوکوپیت، ۴) (۴۰٪ پرلیت، ۲۵٪ کوکوپیت، ۱۵٪ میل ورم، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال) ۱۵ درصد حجمی میل ورم جایگزین کوکوپیت، ۵) (۴۰٪ پرلیت، ۲۰٪ کوکوپیت، ۲۰٪ میل ورم، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال) ۲۰ درصد حجمی میل ورم جایگزین کوکوپیت، ۶) (۴۰٪ پرلیت، ۱۵٪ کوکوپیت، ۲۵٪ میل ورم، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال) ۲۵ درصد حجمی میل ورم جایگزین کوکوپیت، ۷)

قطر طوقه تمامی گیاهچه های چغندر قند دریافت کننده فضولات سوسک زرد آرد در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش یافت. گزارش شده است که فضولات لارو سوسک زرد آرد تأثیر همسانی با کودهای معدنی بر رشد و نمو جو داشت (Houben et al., 2020). حشرات از پتانسیل بسیار خوبی برای جایگزینی کامل یا جزئی با کودهای معدنی NPK برخوردارند. در واقع فضولات حشرات به دلیل معدنی شدن سریع و تأمین عناصر پرمصرف گیاهان مانند N، P و K شباهت زیادی با کودهای NPK دارند ولی از جنبه تولید زیست توده پایدار، سازگاری با کشاورزی زیستی و نداشتن فلزات سنگین نسبت به آنها برتری دارند. هر چند وجود عوامل بیماری زا، حشرات، نماتدها، بذر علف های هرز، داشتن بوی نامطبوع و امکان انتقال بیماری های مشترک بین انسان و دام از معایب کودهای آلی با منشأ دامی محسوب می شود (Rezaei, 2013). ولی فضولات حشرات هیچ کدام از معایب ذکر شده را ندارند (Arbab, 2021). از طرف دیگر میزان رطوبت فضولات حشرات کم و حدود ۱۰ درصد است که در مقایسه با فضولات بسیاری از جانوران کم تر در معرض آلودگی قارچی قرار می گیرد. در نهایت فضولات حشرات علاوه بر آن که به عنوان یک منبع پایدار برای مدیریت تغذیه گیاهان محسوب می شوند، می توانند جایگزینی امیدوارکننده برای کودهای متعارف به شمار آیند (Arbab, 2021).

با توجه به سیستم پرورش این حشره، هزینه جمع آوری و بسته بندی هر تن کود میل ورم، توانایی رقابت اقتصادی در مقایسه با کودهای آلی و شیمیایی دارد. از طرف دیگر فیلودندرون دومین جنس بزرگ از خانواده تک لپه ای آراسیه^۱ با ۴۸۳ گونه است (Haigh et al., 2011). فیلودندرون، یک گیاه هیبرید همیشه سبز و بالارونده است. بسیاری از گونه ها فیلودندرون در دکوراسیون داخلی و خانگی استفاده می شوند، بنابراین ارزش اقتصادی و باغبانی زیادی دارند (Correia-da-Silva et al., 2014). از این رو، این پژوهش با هدف بررسی اثر کود طبیعی میل ورم^۲ (کود حاصل از لارو سوسک زرد آرد)

3. Growing medium
4. *Philodendron pedatum*

1. Araceae
2. Mealworm

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فضولات میل‌ورم (لارو سوسک زرد آرد) در مقایسه با پژوهش‌های پیشین

Table 1. Some physical and chemical characteristics of mealworm frass as compared with previous studies.

ویژگی‌های شیمیایی Chemical characteristics	Houben (2020)	Poveda et al (2020)	Watson et al (2021)	Zim et al (2022)	میل‌ورم استفاده‌شده در این پژوهش Mealworm used in this study
نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	5	2.67–2.92	4.13	1.16	2.8
فسفر کل (درصد) Total P (%)	1.7	1.02–1.53	1.486	-	2.5
پتاسیم کل (درصد) Total K (%)	2	1.15–1.97	2.966	0.35	2.4
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (mg/kg)	-	129.03–140.68	340	15.77	157
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (mg/kg)	-	-	-	10.34	111.1
مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu (mg/kg)	-	-	-	1.05	27.1
منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn (mg/kg)	-	83.40–171.89	-	1.87	68.6
کربن آلی (درصد) Organic carbon, OC (%)	39.3	38.80–42.44	37.36	4.45	31.13
نسبت کربن به نیتروژن C/N	-	5.48–13.32	9.15	3.84	11.11
واکنش pH	8.5	-	6.61	5.97	8.55
رسانایی الکتریکی Electrical conductivity, EC (dS/m)	-	-	4.3	6.47	10.7

سپس گیاهان ریشه‌دارشده از ظروف نشایی خارج شده و پس از شست‌وشوی ریشه با آب در گلدان‌های ۲ کیلوگرمی حاوی بسترهای کشت مذکور در هر گلدان یک گیاهچه کشت شد. لازم به‌ذکر است که برای یکنواختی گلدان‌ها، گیاهانی با قطر، ارتفاع و حجم سرشاخه یکسان انتخاب شدند. عملیات آبیاری به روش تجربی و دوبار در هفته و وجین علف‌های هرز با دست انجام گرفت. همچنین برای کاهش آثار محیطی گلدان‌ها هر هفته یک‌بار جابه‌جا شدند. سپس تا پایان دوره رشد (۶ ماه) در دو نوبت اول و دوم به‌ترتیب در تاریخ‌های ۱۴۰۱/۰۵/۰۷ و ۱۴۰۱/۰۷/۱۰

(۴۰٪ پرلیت، ۱۰٪ کوکوپیت، ۳۰٪ میل‌ورم، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال) ۳۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین کوکوپیت، ۸) (۴۰٪ پرلیت، ۵٪ کوکوپیت، ۳۵٪ میل‌ورم، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال) ۳۵ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین کوکوپیت، و ۹) (۴۰٪ پرلیت، ۵٪ کوکوپیت، ۴۰٪ میل‌ورم، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال) جایگزینی کامل میل‌ورم با کوکوپیت بود. گیاهان ابتدا در سینی‌هایی کشت حاوی مخلوط ۴۰٪ پرلیت، ۴۰٪ کوکوپیت، ۱۰٪ ورمیکولیت و ۱۰٪ خاک زغال تکثیر شدند.

شاخص‌های رشد رویشی مانند ارتفاع گیاه، طول و عرض برگ، تعداد برگ، طول دمبرگ، قطر و طول ساقه و همچنین شاخص سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (مدل 200 - ccm، ساخت Opti - sciences آمریکا) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD (در سطح احتمال ۵ درصد) استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فضولات لارو سوسک زرد آرد (جدول ۱) نشان می‌دهد که میزان کربن آلی در کود میل‌ورم مورد استفاده برابر ۳۱/۱۳ درصد بوده که می‌تواند نقش مهمی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بستر کشت داشته باشد و به طبع آن باعث رشد بیش‌تر گیاه شود. همچنین غلظت‌های قابل استخراج زیاد عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم با نسبت متعادل ۲/۸-۲/۵-۲/۴ درصد و عناصر کم-مصرف آهن، روی، مس و منگنز با نسبت متعادل ۱۵۷، ۱۱۱/۱، ۲۷/۱ و ۸۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در کود میل‌ورم می‌تواند تأثیر به‌سزایی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک و همچنین رشد گیاهان داشته باشد (جدول ۱). مقادیر pH و EC کود میل‌ورم حاصل از کرم زرد آرد به ترتیب برابر ۸/۵۵ و ۱۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد سطوح مختلف فضولات لارو سوسک زرد آرد (کود میل‌ورم) بر شاخص‌های رشد رویشی و شاخص سبزینگی برگ گیاه فیلودندرون روح فلوریدا در تاریخ نمونه‌برداری اول (۱۴۰۱/۰۵/۰۷) در جدول (۲) ارائه شده است.

تعداد برگ: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سطوح مختلف فضولات لارو سوسک زرد آرد تعداد برگ را به‌طور معنی‌داری (۰/۰۵ < p) افزایش داد (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد برگ با میانگین ۳/۶۶ عدد مربوط به تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم بود هر چند با تیمارهای ۱۵ و ۵ درصد حجمی میل‌ورم و تیمار شاهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین

کم‌ترین تعداد برگ با میانگین ۲ عدد مربوط به تیمار ۴۰ درصد حجمی جایگزینی میل‌ورم با کوکوپیت بود (جدول ۳). **طول برگ:** بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر تیمارها بر طول برگ بالا معنی‌دار شد (۰/۰۱ < p) معنی‌دار نشد این درحالی است که اثر آن‌ها بر طول برگ پایین معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین طول برگ بالا با میانگین ۱۰/۶۶ سانتی‌متر (در اثر کاربرد تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین با کوکوپیت) به‌دست آمد که نسبت به کم‌ترین مقدار آن (با میانگین ۸/۰۶ سانتی‌متر از کاربرد تیمار ۴۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین با کوکوپیت) افزایشی برابر با ۲۴/۳۹ درصد داشت (جدول ۳).

طول دمبرگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر طول دمبرگ بالا و طول دمبرگ پایین معنی‌دار نشدند (جدول ۳). **عرض برگ:** نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سطوح مختلف فضولات لارو سوسک زرد آرد عرض برگ پایین را به‌طور معنی‌داری (۰/۰۵ < p) افزایش داد این درحالی است که اثر بر عرض برگ بالا معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین عرض برگ پایین با میانگین ۴/۳۰ سانتی‌متر مربوط به تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین شده با کوکوپیت بود هر چند با تیمارهای ۵ درصد حجمی میل‌ورم با میانگین ۴/۱۰ سانتی‌متر و تیمار شاهد با میانگین ۳/۹۳ سانتی‌متر از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

ارتفاع گیاه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارها بر ارتفاع گیاه معنی‌دار (۰/۰۱ < p) شد (جدول ۲). بیش‌ترین مقدار ارتفاع گیاه با میانگین ۷/۲۳ سانتی‌متر (در اثر کاربرد تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین شده با کوکوپیت) به‌دست آمد که نسبت به کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۵/۵۰ سانتی‌متر (در اثر کاربرد تیمار ۴۰ درصد حجمی میل‌ورم) افزایشی برابر ۲۳/۹۲ درصد داشت (جدول ۳).

شاخص سبزینگی برگ (SPAD): بر اساس نتایج تجزیه واریانس، کاربرد سطوح مختلف فضولات لارو سوسک زرد آرد شاخص سبزینگی برگ را به‌طور معنی‌داری (۰/۰۱ < p)

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمارهای فضولات میل ورم بر شاخص های رشد رویشی گیاه و شاخص سبزیگی برگ در نوبت اول نمونه برداری

Table 2. Analysis of variance of the effect of mealworm frass treatments on plant vegetative growth indices and leaf greenness index in the first sampling time

شاخص سبزیگی برگ Leaf greenness index	میانگین مربعات Mean Squares										منبع تغییر Source of variation
	ارتفاع گیاه Plant height	عرض برگ پایین Bottom leaf width	عرض برگ بالا Top leaf width	عرض برگ Bottom leaf length	طول دمبرگ برگ Bottom leaf petiole length	طول دمبرگ برگ بالا Top leaf petiole length	طول برگ Bottom leaf length	طول برگ بالا Top leaf length	تعداد برگ Number of leaf	درجه آزادی df	
59.58**	1.93**	0.352*	0.091 ^{ns}	0.491 ^{ns}	0.491 ^{ns}	1.670 ^{ns}	0.491 ^{ns}	1.097**	1.083*	8	تیمار Treatment
9.54	0.247	0.124	0.055	0.716	0.716	0.692	0.716	0.118	0.333	18	خطا Error
5.3	7.7	10.3	6.0	8.9	8.9	14.9	8.9	3.5	20.8		ضریب تغییرات CV (%)

*** و ** به ترتیب نشان دهنده اثر غیر معنی دار و آثار معنی دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد است.

ns, *, and ** stand for non-significant effect, and significant effects at probability levels of 5 and 1 percents, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر تیمارهای فضولات میلورم بر شاخص های رشد رویشی گیاه و شاخص سبزیگی برگ در نوبت اول نمونه برداری

Leaf greenness index	Plant height (cm)	Bottom leaf width (cm)	Top leaf length (cm)	Treatment	
				تعداد برگ	طول برگ بالا
48.86 ^d	6.50 ^{cde}	3.46 ^{abcd}	10.16 ^{abc}	3.00 ^{ab}	(P ₄ C ₄ V ₁ Si) خاک زغال
62.90 ^{ab}	7.23 ^{ab}	3.86 ^{ab}	10.53 ^{ab}	3.66 ^a	(P ₄ C _{3.5} M _{0.5} V ₁ Si) خاک زغال
63.43 ^a	7.96 ^a	3.93 ^a	10.66 ^a	3.66 ^a	(P ₄ C ₃ M ₁ V ₁ Si) خاک زغال
62.06 ^{ab}	7.13 ^{abc}	3.53 ^{abc}	10.16 ^{abc}	3.00 ^{ab}	(P ₄ C _{2.5} M _{1.5} V ₁ Si) خاک زغال
59.63 ^{abc}	6.30 ^{cde}	3.33 ^{abcd}	9.96 ^{bc}	2.33 ^{bc}	(P ₄ C ₂ M ₂ V ₁ Si) خاک زغال
59.63 ^{abc}	6.26 ^{de}	3.36 ^{abcd}	9.83 ^c	2.66 ^{bc}	(P ₄ C _{1.5} M _{2.5} V ₁ Si) خاک زغال
58.16 ^{abc}	5.83 ^{de}	3.30 ^{bed}	9.73 ^c	2.33 ^{bc}	(P ₄ C ₁ M ₃ V ₁ Si) خاک زغال
57.63 ^{bc}	5.76 ^{de}	3.03 ^{cd}	9.10 ^d	2.33 ^{bc}	(P ₄ C _{0.5} M _{3.5} V ₁ Si) خاک زغال
55.93 ^c	5.50 ^e	2.86 ^d	8.06 ^e	2.00 ^c	(P ₄ M ₄ V ₁ Si) خاک زغال

حروف P, C, M, V and S, and subscripts 1, 2, 3 and 4 denote perlite, cocopit, mealworm, vermicolite and coal soil, and 10, 20, 30 and 40%, respectively. In each column, means followed with at least one similar letter are not significantly different at $p < 0.05$ by the LSD test.

به روش آزمون LSD تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

در هر ستون، اعداد دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، حروف P, C, M, V and S, and subscripts 1, 2, 3 and 4 denote perlite, cocopit, mealworm, vermicolite and coal soil, and 10, 20, 30 and 40%, respectively. In each column, means followed with at least one similar letter are not significantly different at $p < 0.05$ by the LSD test.

نسبت در خاک رویین در دامنه ۱۰ تا ۱۲ متغیر است. برای نمونه بررسی‌ها نشان می‌دهد ۳۷ درصد کربن کل فضولات سوسک زرد آرد در مدت هفت روز معدنی می‌شود، سپس سرعت معدنی‌شدن کاهش یافته و پس از ۹۰ روز ۵۶ درصد باقی‌مانده آن معدنی می‌شود. معدنی‌شدن نیتروژن نیز از الگوی مشابهی پیروی می‌کند. ۳۷ درصد آن در مدت ۱۴ روز و ۵۵ درصد آن به آرامی در مدت ۹۰ روز صورت می‌گیرد (Houben et al., 2020). از آنجایی که کود میل‌ورم مورد استفاده در این پژوهش دارای مقدار کربن آلی و مقدار نیتروژن به ترتیب برابر با ۳۱/۱۳ و ۲/۸ درصد و دارای نسبت کربن به نیتروژن ۱۱/۱۱ بود، بلافاصله پس از قرارگرفتن در بستر کشت فرآیند معدنی‌شدن آن آغاز شده و عناصر موجود در آن در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. در پژوهشی به منظور بررسی پتانسیل کودی میل‌ورم (فضولات کرم زرد آرد) در کشت گلدانی ری‌گراس (ryegrass)^۱، مشاهده شد که صرف‌نظر از میزان کاربرد، زیست‌توده گیاه ری‌گراس در حضور میل‌ورم به‌طور قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. افزایش زیست‌توده گیاه به تأمین نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه پس از استفاده از این فضولات نسبت داده شد (Houben et al., 2021). در همین راستا Menino et al. (2021) با بررسی ارزش کشاورزی لارو مگس سرباز سیاه به‌عنوان کود آلی بر روی گیاه ری‌گراس، گزارش کردند که فضولات این حشره غنی از مواد آلی و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بوده و افزودن این مواد به خاک باعث افزایش قابل توجه ماده آلی و عناصر کم‌مصرف و پرمصرف خاک می‌شود. همچنین در یک آزمایش گلدانی، اثر مقادیر مختلف فضولات سوسک زرد آرد بر میزان رشد و نمو و کیفیت کلزا بررسی شد. فضولات به نسبت‌های ۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ درصد با خاک مخلوط شد. نتایج نشان داد که گیاهانی که ۱/۵ درصد فضولات سوسک زرد آرد را دریافت کرده بودند بیش‌ترین عملکرد را داشتند (Luo et al., 2011). که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

افزایش داد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین شاخص سبزی‌گی برگ با میانگین ۶۳/۴۳ از کاربرد تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت به‌دست آمد که نسبت به کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۴۸/۸۶ از کاربرد تیمار شاهد افزایشی معادل با ۲۲/۹۷ درصد داشت (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد سطوح مختلف فضولات لارو سوسک زرد آرد بر شاخص‌های رشد رویشی و شاخص سبزی‌گی برگ (SPAD) گیاه فیلودندرون روح فلوریدا در مرحله دوم (تاریخ نمونه‌برداری ۱۴۰۱/۰۷/۱۰) در جدول (۴) ارائه شده است.

تعداد برگ: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سطوح مختلف فضولات لارو سوسک زرد آرد تعداد برگ را به‌طور معنی‌داری در سطح آماری ($p < 0.01$) افزایش داد (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ با میانگین ۶/۶۶ عدد مربوط به تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت بود هر چند با تیمار ۵ درصد حجمی میل‌ورم و تیمار شاهد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۱ عدد مربوط به تیمار ۲۵ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت بود (جدول ۵). میل‌ورم به دلیل داشتن کربن ناپایدار با مقاومت کم پس از ادغام با خاک به سرعت معدنی شده و عناصر غذایی آن در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (Dulaurent et al., 2020; Houben et al., 2021). مقدار نیتروژن آزادشده توسط کودهای آلی بستگی به ترکیب شیمیایی آن‌ها از جمله محتوای نیتروژن، محتوای کربن، نسبت کربن به نیتروژن، همی-سلولز، سلولز و لیگنین دارد (Mohanty et al., 2011). مقدار عناصر اصلی مورد نیاز گیاهان در فضولات لارو سوسک زرد آرد از بسیاری از کودهای دام‌های مختلف بیش‌تر است. از طرف دیگر نسبت کربن به نیتروژن (C/N) آن نیز از همه کودهای دامی رایج کم‌تر (۹/۸۶) است. یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده ماده آلی خاک، نسبت کربن به نیتروژن است. این

۱. علوفه‌ای است از خانواده گندمیان که به‌عنوان یک گیاه چمنی در طراحی فضاهای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر تیمارهای فضولات میل ورم بر شاخص های رشد رویشی گیاه و شاخص سبزیگی برگ در نوبت دوم نمونه برداری

Table 4. Analysis of variance of the effect of mealworm frass treatments on plant vegetative growth indices and leaf greenness index in the second sampling time

میانگین مربعات									
Mean Squares									
شاخص سبزیگی برگ	ارتفاع گیاه	عرض برگ	عرض برگ بالا	عرض برگ پایین	طول دمبرگ برگ	طول دمبرگ برگ بالا	طول دمبرگ برگ پایین	طول برگ	طول برگ بالا
Leaf greenness index	Plant height	Bottom leaf width	Top leaf width	Bottom leaf width	Bottom leaf petiole length	Top leaf petiole length	Bottom leaf length	Top leaf length	Number of leaf
منبع تغییر	df	df	df	df	df	df	df	df	df
Source of variation	df	df	df	df	df	df	df	df	df
تیمار	8	17.34**	1.23**	1.62**	3.88**	10.50**	8.147**	13.73**	15.82**
خطا	18	0.916	0.036	0.087	0.280	0.416	0.277	0.492	0.611
تغییرات	17.58	4.61	6.18	8.54	11.87	10.19	6.75	7.05	17.58
C.V (%)									

** نشان دهنده اثر معنی دار در سطوح احتمال یک درصد است.

** indicates significant effect at probability level of 1 percent.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر تیمارهای میل ورم بر شاخص های رشد رویشی گیاه و شاخص سبزیگی برگ در نوبت دوم نمونه برداری

Table 5. Means' comparison of the effect of mealworm frass treatments on plant vegetative growth indices and leaf greenness index in the second sampling time									
شاخص	ارتفاع گیاه	عرض برگ	عرض برگ	طول دمبرگ	طول دمبرگ	طول برگ	عرض برگ	طول برگ	تعداد برگ
سبزیگی برگ	Plant height (cm)	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	Number of leaf
Leaf greenness index	Bottom leaf width (cm)	Bottom leaf width (cm)	Bottom leaf width (cm)	Bottom leaf width (cm)	Bottom leaf width (cm)	Bottom leaf width (cm)	Bottom leaf width (cm)	Bottom leaf width (cm)	Top leaf length (cm)
42.96 ^c	8.66 ^b	2.90 ^b	3.33 ^c	5.33 ^a	5.33 ^a	7.33 ^a	8.66 ^b	9.16 ^b	5.66 ^{ab}
45.83 ^{bc}	10.66 ^a	3.40 ^a	3.93 ^{ab}	5.33 ^a	5.33 ^a	7.66 ^a	9.50 ^{ab}	12.33 ^a	6.33 ^a
52.81 ^a	12 ^a	3.40 ^a	4.23 ^a	5.66 ^a	5.66 ^a	8.33 ^a	9.66 ^a	13 ^a	6.66 ^a
46.93 ^b	7.5 ^{bc}	2.16 ^c	3.60 ^{bc}	4.06 ^b	4.06 ^b	5.66 ^b	6.33 ^c	8.53 ^b	4.66 ^b
36.93 ^d	6.33 ^c	2.10 ^c	3.53 ^{bc}	3.16 ^b	3.16 ^b	5.83 ^b	6.33 ^{bc}	8.50 ^b	2.33 ^c
35.13 ^d	6 ^c	2.06 ^c	2.10 ^d	3.16 ^b	3.16 ^b	3.16 ^c	6.33 ^c	8.16 ^{bc}	1 ^c
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LSD حروف A, B, C, D, V, M, S و K و زیرنویس های ۱، ۲، ۳، ۴ به ترتیب بیانگر پرلیت، کوکوپیت، میل ورم، ورمیکولیت و خاک زغال و ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد است. در هر ستون، اعداد دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، به روش آزمون LSD تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Letters P, C, M, V and S, and subscripts 1, 2, 3 and 4 denote perlite, cocopit, mealworm, vermiculite and coal soil, and 10, 20, 30 and 40%, respectively. In each column, means followed with at least one similar letter are not significantly different at $p < 0.05$ by the LSD test.

طول برگ: بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثر تیمارها بر طول برگ‌های بالا و پایین معنی‌دار ($p < 0/01$) شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین طول میانگین ۱۳ سانتی‌متر مربوط به ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت بود هرچند با تیمار ۵ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۸/۱۶ سانتی‌متر در اثر کاربرد تیمار ۲۵ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین طول برگ پایین با میانگین ۹/۶۶ سانتی‌متر مربوط به تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت بود هرچند با تیمار ۵ درصد حجمی میل‌ورم با میانگین ۹/۵۰ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در واقع می‌توان این‌گونه بیان کرد زمانی که مقدار جایگزینی میل‌ورم با کوکوپیت در بستر متعارف در کشت‌های گلخانه‌ای ۵ تا ۱۰ درصد حجمی باشد بیش‌ترین طول برگ به‌دست می‌آید ولی زمانی که این مقدار بیش از ۳۰ درصد حجمی میل‌ورم باشد گیاهان کامل از بین خواهند رفت (جدول ۵). مشابه نتایج پژوهش حاضر، جلوگیری از جوانه‌زنی اسفناج ژاپنی در خاک اصلاح‌شده با مقادیر بیش‌تر از ۱۰ درصد لارو مگس سرباز سیاه (*Hermetia illucens*) به دلیل شوری زیاد گزارش شده است (Kawasaki et al., 2020). همچنین (Watson et al., 2021) نشان دادند که کاربرد ۱/۵ درصد وزنی فضولات سوسک زرد آرد غنی از مواد غذایی باعث افزایش زیست‌توده گیاه چچم نسبت به تیمار شاهد شد. ولی کاربرد ۳ درصد وزنی این فضولات تقریباً به‌طور کامل از جوانه‌زنی گیاه چچم جلوگیری کرد که آن‌ها دلیل این یافته را EC و غلظت سدیم زیاد گزارش کردند. آن‌ها همچنین پیشنهاد کردند بررسی‌های بیش‌تری در مورد پیامد منفی مقادیر زیاد فضولات حشرات بر جوانه‌زنی گیاه انجام شود تا بتوان آثار منفی فضولات به‌عنوان کود بر رشد گیاه را کاهش داد.

طول دمبرگ: براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثر

تیمارها بر طول دمبرگ برگ‌های بالا و پایین معنی‌دار ($p < 0/01$) شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین طول دمبرگ برگ بالا با میانگین ۸/۳۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت بود هرچند با تیمار ۵ درصد حجمی میل‌ورم با میانگین ۷/۶۶ و تیمار شاهد با میانگین ۷/۳۳ تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۳/۱۶ سانتی‌متر از کاربرد تیمار ۲۵ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیش‌ترین طول دمبرگ برگ پایین با میانگین ۵/۶۶ سانتی‌متر مربوط به تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت بود هرچند با تیمارهای ۵ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). فضولات حشرات دارای کربن ناپایدار بیش‌تری نسبت به کمپوست بوده (Lovett et al., 2002) که می‌تواند رشد میکروبی را تحریک کند (Frost et al., 2004) و تنفس خاک، سرعت تجزیه، کانی‌سازی یا تثبیت نیتروژن (N) را افزایش دهد (Frost et al., 2007). (Dulaurent et al., 2020) با بررسی تأثیر کرم‌های خاکی (*Lumbricus terrestris* L.) و فضولات سوسک زرد آرد بر رشد گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) نشان دادند بیش‌ترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم شاخصاره جو از تیمار مخلوط کرم‌های خاکی و فضولات سوسک زرد آرد به‌دست آمد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که در حضور کرم‌های خاکی، معدنی‌شدن عناصر غذایی موجود در فضولات بیش‌تر انجام شده و این عناصر به‌آسانی در دسترس گیاه قرار می‌گیرند (Dulaurent et al., 2020).

عرض برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد سطوح مختلف فضولات سوسک زرد آرد عرض برگ‌های بالا و پایین را به‌طور معنی‌داری ($p < 0/01$) افزایش داد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین عرض برگ بالا با میانگین ۴/۲۳ سانتی‌متر از کاربرد تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت به‌دست آمد هرچند با تیمار

می‌گذارند (Frost and Hunter, 2007). در همین راستا، در بررسی تأثیر فضولات سوسک زرد آرد به‌عنوان یک کود زیستی بالقوه در تحمل به تنش غیرزیستی در گیاه چغندر (*Beta vulgaris var. cicla*) گزارش شده است که فضولات حاصل از کرم زرد آرد با بسترهای مختلف باعث افزایش طول شاخساره و عرض ساقه چغندر شد (Poveda et al, 2019).

ارتفاع: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد سطوح مختلف فضولات لارو سوسک زرد آرد ارتفاع گیاه را به‌طور معنی‌داری ($p < 0/01$) افزایش داد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین ارتفاع گیاه با میانگین ۱۲ سانتی‌متر از کاربرد تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین-شده با کوکوپیت به‌دست آمد هرچند با تیمار ۵ درصد حجمی میل‌ورم با میانگین ۱۰/۶۶ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری نداشت و نسبت به کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۲/۱۰ سانتی‌متر از کاربرد تیمار ۲۵ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت افزایشی برابر ۵۰/۴ درصد داشت (شکل ۱، جدول ۵). در پژوهشی تأثیر چهار اصلاح‌کننده آلی کود دامی، ورمی کمپوست، فضولات کرم زرد آرد و مگس سرباز سیاه بر شاخص‌های رشد گیاه کدو سبز (*Cucurbita pepo L*) بررسی شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع گیاه با میانگین ۱۱۴/۴ سانتی‌متر در اثر کاربرد فضولات کرم زرد آرد به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۱۰۲/۷) افزایشی برابر ۱۰/۲ درصد داشت. این افزایش ارتفاع گیاه به فراهمی عناصر غذایی که به‌آسانی توسط گیاه جذب می‌شود نسبت داده شد (Zim et al., 2022). در همین راستا Przemieniecki et al. (2021) با بررسی تأثیر فضولات کرم زرد آرد (*Tenebrio molitor L.*) بر ارزیابی بیومتریک، شیمیایی و میکروبیولوژیک گیاه گندم (*Triticum aestivum L.*) نشان دادند که فضولات کرم زرد آرد می‌تواند به‌طور قابل توجهی ارتفاع گیاه گندم را نسبت به تیمار شاهد (تقریباً ۱۰ درصد، قابل مقایسه با کود معدنی نیتروژن) افزایش دهد. در پژوهش دیگری به‌منظور بررسی اثر ۵، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار فضولات حشرات (*Hermetia illusions*) بر حاصلخیزی

۵ درصد حجمی میل‌ورم با میانگین ۳/۹۳ سانتی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشت و نسبت به تیمار ۲۵ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت با میانگین ۲/۱۰ سانتی‌متر افزایشی برابر ۵۰/۴ درصد داشت (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین عرض برگ پایین با میانگین ۳/۴۰ سانتی‌متر در اثر کاربرد تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم به‌دست آمد هرچند با تیمار ۵ درصد حجمی میل‌ورم با میانگین ۳/۴۰ سانتی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشت و نسبت به تیمار ۲۵ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین‌شده با کوکوپیت با میانگین ۲/۰۶ سانتی‌متر افزایشی برابر ۳۹/۴ درصد داشت (جدول ۵). فضولات حشرات پس از افزودن به خاک مواد مغذی را به‌آسانی در اختیار ریشه گیاهان قرار می‌دهند. گاهی اوقات، بافت‌های گیاهی که حشرات از آن تغذیه می‌کنند، مقادیر زیادی از مواد مغذی مانند نیتروژن یا فسفر را در اختیار حشرات قرار می‌دهند این بدان مفهوم است که حشرات به روشی بسیار کنترل‌شده دفع این نوع مواد مغذی را تنظیم کرده و باعث افزایش غلظت این عناصر در فضولاتشان می‌شوند (Zhang et al., 2014). فضولات حشرات می‌توانند تأمین‌کننده انرژی و مواد مغذی ریزجانداران خاک و همچنین به‌طور بالقوه منبع مهمی برای تأمین عناصر موجود در خاک باشند (Scott et al., 2013). بررسی ویژگی‌های شیمیایی فضولات برخی حشرات مانند سوسک زرد آرد نشان می‌دهد که آن‌ها از نظر غلظت عناصر پرمصرفی مانند نیتروژن، پتاسیم و فسفر با سایر کودهای دامی به‌ویژه کود مرغی که از پتانسیل زیادی برای تقویت گیاهان برخوردار می‌باشند، قابل رقابت هستند. ولی بر خلاف کودهای معدنی، فضولات حشرات دارای غلظت کم‌تری از عناصر ریزمغذی (مانند مس و روی) می‌باشند (Houben et al., 2020). بنابراین، انتظار می‌رود فضولات حشرات بر فرآیند تجزیه و فراهمی مواد مغذی خاک تأثیر بگذارد. نیتروژن و فسفر آلی در اکثر فضولات حشرات به‌فراوانی یافت می‌شوند (Kagata and Ohgushi, 2012). این فضولات با افزایش ماده آلی، فسفر و نیتروژن در خاک بر رشد گیاهان تأثیر مثبت



شکل ۱. تأثیر کاربرد سطوح مختلف فضولات میلورم بر ارتفاع گیاه فیلودندرون

Fig. 1. The effect of application of different mealworm frass on Philodendron height

یافت که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کود میلورم (جدول ۵)، می‌توان گفت زمانی که مقدار جایگزینی کود میلورم با کوکوپیت در بستر متعارف در کشت‌های گلخانه‌ای ۵ تا ۱۰ درصد حجمی باشد بیش‌ترین ارتفاع گیاه به‌دست می‌آید ولی اگر این مقدار بیش از ۳۰ درصد حجمی کود میلورم باشد گیاهان به‌طور کامل از بین خواهند رفت (جدول ۵). نوع و میزان کاربرد سطوح فضولات به‌طور قابل توجهی با حاصلخیزی خاک در ارتباط است، بدین مفهوم که کاربرد مقادیر زیاد فضولات باعث افزایش شوری خاک می‌شود (Zahn and Quilliam, 2017).

شاخص سبزی‌نگی برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد سطوح مختلف فضولات لارو سوسک زرد آرد شاخص سبزی‌نگی برگ را به‌طور معنی‌داری ($p < 0.01$) افزایش داد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین شاخص سبزی‌نگی برگ با میانگین ۵۲/۸۶ در اثر کاربرد تیمار ۱۰ درصد حجمی میلورم جایگزین‌شده با کوکوپیت به‌دست آمد و نسبت به تیمار ۲۵ درصد حجمی میلورم جایگزین‌شده با کوکوپیت با میانگین ۳۵/۱۳ افزایشی برابر ۳۳/۵ درصد داشت

خاک و رشد پیاز بهاره گزارش شد که ارتفاع بوته پیاز به‌طور مثبت تحت تأثیر بیش‌تر تیمارهای فضولات حشرات نسبت به گیاهان شاهد قرار گرفت به‌گونه‌ای که بیش‌ترین ارتفاع گیاه با میانگین ۱۸۰ میلی‌متر در تیمار ۵ تن در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایشی برابر با ۱۶/۷ درصد داشت. ولی بیش‌ترین میزان مصرف فضولات (۲۰ تن در هکتار) باعث کاهش ارتفاع گیاه شد (Zahn and Quilliam, 2017). در همین راستا Green and Popa (2012) گزارش کردند شیرابه‌های فرآوری‌شده توسط لارو مگس سرباز دارای ۵ تا ۶ برابر آمونیوم بیش‌تر نسبت به نوع فرآوری‌نشده آن‌ها بودند. آن‌ها این‌گونه بیان کردند که سطوح بالای نیتروژن در شیرابه فضولات فرآوری‌شده توسط لارو مگس سرباز باعث تجزیه متوالی اسید اوریک (ترکیب اصلی ذخیره نیتروژن در فضولات) به آلانتوئین، اوره و در نهایت به آمونیوم می‌شود که احتمالاً باعث سمیت آمونیوم شده و رشد گیاه را مختل می‌کنند. این واقعیت که نرخ‌های نسبتاً کم کاربرد اصلاح‌کننده آلی باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود، با پژوهش Ouédraogo (2001) هماهنگ است. وی گزارش کرد که در اثر کاربرد ۵ تن در هکتار اصلاح‌کننده آلی، عملکرد سورگوم تا ۴۵ درصد افزایش

در همین رابطه نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که فضولات حشرات پتاسیل زیادی در فراهم نمودن عناصر غذایی برای رشد گیاهان در بسترهای با باروری کم دارند. این فضولات همچنین به عنوان یک کود آلی در اصلاح زیست‌توده میکروبی خاک مفیدند (Watson et al., 2021). با این وجود، سه جنبه اصلاح خاک‌ها با فضولات حشرات باید پیش از تبدیل شدن به یک هنجار پذیرفته شده به طور سیستماتیک ارزیابی شود: ۱) مقدار و فراهمی عناصر غذایی فضولات حشرات برای گیاهان به شدت به عوامل مختلفی از جمله گونه-های لارو، رژیم غذایی، فراوانی و نگهداری بستگی دارد؛ پیش‌بینی پاسخ گیاه به انواع فضولات با درک کامل این عوامل آسان‌تر خواهد شد، ۲) زمان‌بندی و میزان کاربرد بهینه فضولات در رابطه با تقاضای محصولات مختلف باید بررسی شود، و ۳) تولید پروتئین از حشرات به شکلی سازگارتر با محیط زیست انجام شود. از فضولات حشرات به شکلی بهینه استفاده شود تا از هدررفت مواد مغذی (به‌ویژه کربن و نیتروژن) جلوگیری شود (Watson et al., 2021).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی کاربرد سطوح مختلف فضولات سوسک زرد آرد (کود میل‌ورم) باعث افزایش شاخص‌های رشد رویشی و شاخص سبزی‌نگی برگ در گیاه فیلودندرون روح فلوریدا شد. بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های رشد رویشی و شاخص سبزی‌نگی برگ در اثر کاربرد تیمار ۱۰ درصد حجمی میل‌ورم جایگزین-شده با کوکوپیت به‌دست آمد. با این حال، افزایش بیش از ۱۰٪ کود میل‌ورم نتوانست تغییر معنی‌داری در صفات مورد بررسی ایجاد نماید. در واقع می‌توان این‌گونه بیان کرد که هنگامی که مقدار جایگزینی کود میل‌ورم با کوکوپیت در بستر متعارف در کشت‌های گلخانه‌ای، ۱۰ درصد حجمی باشد بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های رشد رویشی و شاخص سبزی‌نگی برگ به‌دست می‌آید. در مقادیر ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد حجمی این کود، کاهش شاخص‌های رشد رویشی و شاخص سبزی‌نگی گیاه مشاهده شد

(جدول ۵). در واقع می‌توان این‌گونه بیان کرد که هنگامی که مقدار جایگزینی میل‌ورم با کوکوپیت در بسترهای متعارف در کشت‌های گلخانه‌ای ۵ تا ۱۰ درصد حجمی باشد بیش‌ترین شاخص سبزی‌نگی برگ به‌دست می‌آید ولی اگر این مقدار بیش از ۳۰ درصد حجمی کود میل‌ورم باشد گیاهان کامل از بین خواهند رفت (جدول ۵). فضولات حشرات به‌طور معمول از نسبت‌هایی از مواد آلی خام، پروتئین خام، نیتروژن، فسفر و پتاسیم تشکیل شده‌اند. (Przemieniecki et al. (2021 با بررسی تأثیر فضولات کرم زرد آرد (*Tenebrio molitor L.*) بر ارزیابی بیومتریک، شیمیایی و میکروبیولوژیک گیاه گندم (*Triticum aestivum L.*) نشان دادند که فضولات کرم زرد آرد می‌تواند مقدار شاخص سبزی‌نگی برگ را نسبت به تیمار شاهد تقریباً ۶ درصد افزایش دهد. پژوهش‌های انجام‌شده توسط Kováčik et al. (2010) نشان داد که استفاده از فضولات لارو مگس خانگی بر عرض ساقه و شاخص سبزی‌نگی برگ گیاه آفتابگردان (*Helianthus annulus*) تأثیر مثبتی داشت. به‌گونه‌ای که تیمار ۸ تن در هکتار با میانگین ۱۶/۲۴ گرم بر مترمربع بیش‌ترین شاخص سبزی‌نگی برگ را به خود اختصاص داد که نسبت به تیمار شاهد (با میانگین ۱۵/۴۲ گرم بر مترمربع) افزایشی برابر ۵/۱ درصد داشت. (Poveda et al. (2019 با بررسی تأثیر فضولات سوسک زرد آرد به‌عنوان یک کود زیستی بالقوه برای افزایش تحمل به تنش غیرزیستی در گیاه چغندر (*Beta vulgaris var. cicla*) گزارش کردند که این فضولات با بسترهای مختلف باعث افزایش شاخص سبزی‌نگی برگ چغندر شد. در پژوهش دیگری با هدف بررسی آثار منفی و مثبت فضولات حشرات بر فراهمی نیتروژن خاک و رشد گیاه کلم راپا (*Brassica rapa*)، گزارش شد که این فضولات به‌سرعت در خاک تجزیه شده و باعث افزایش غلظت نیتروژن در برگ‌ها می‌شوند. همچنین مشاهده شد که زیست‌توده گیاه راپا با افزودن ۲ گرم فضولات افزایش یافت، اما با افزودن ۵/۰ گرم فضولات تغییری نکرد که نشان می‌دهد این آثار بسته به کیفیت و کمیت فضولات متغیر است (Kagata and Ohgushi, 2012).

تشکر و سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از نتایج طرح پژوهشی سفارشی مشترک فی مابین دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و شرکت زیست فناوری ورجاوند هیرکان است. هزینه های این طرح توسط شرکت زیست فناوری ورجاوند هیرکان تأمین شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می گردد.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ گونه تضاد منافی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

و چنانچه مقدار مورد استفاده کود میل ورم بیش از ۳۰ درصد حجمی باشد گیاهان کامل از بین خواهند رفت. این نتیجه به دلیل شوری زیاد ناشی از کاربرد میل ورم در مقادیر بیش تر از ۳۰ درصد حجمی می تواند باشد. با توجه زیاد بودن شوری ۳۰ درصد حجمی و pH (۸/۵۵) این فضولات و همچنین این نکته که با تغییر بستر لارو میل ورم نوع کود تولید شده تغییر می کند، پیشنهاد می شود از بسترهای استفاده شود که باعث کاهش شوری و pH بستر نهایی می شوند.

References

منابع مورد استفاده

- Arbab, A., 2021. Feasibility of using insect frass to improve soil fertility. Land Manage. J. 9(1), 127–139. doi: 10.22092/lmj.2021.342729.234. (In Persian with English abstract)
- Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N., Musyoka, M.W., Fiaboe, K.K. M., Nakimbugwe, D., Khamis, F.M., Subramanian, S., Dubois, T., Ekesi, S., Tanga, C. M., 2020. Nitrogen fertilizer equivalence of Black Soldier Fly frass fertilizer and synchrony of nitrogen mineralization for maize production. Agronomy 10, 1395.
- Čičková, H., Newton, G.L., Lacy, R.C., Kozánek, M., 2015. The use of fly larvae for organic waste treatment. Waste Manage. 35, 68–80.
- Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R., Paoletti, M.G., 2005. House cricket small-scale farming. In: Paoletti, M.G. (Ed.), Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails, CRC Press, pp., 515–540.
- Correia-da-Silva, M., Vasconcelos, S., Soares, M.D.L.D.C., Mayo, S.J., Benko-Iseppon, A.M., 2014. Chromosomal diversity in *Philodendron* (*Araceae*): taxonomic significance and a critical review. Plant Syst. Evol. 300(5), 1111–1122.
- Davoudi, M.H., Shahbazi, K., Faizullahzadeh Ardabili, M., Rezaei, H., 2014. Decomposition Methods of Organic Fertilizers. Soil and Water Research Institute. P. 154.
- Dulaurent, A.M., Daoulas, G., Faucon, M.P., Houben, D., 2020. Earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) mediate the fertilizing effect of frass. Agronomy 10(6), 783.
- FAO, 2013. Food Wastage Footprint-Impacts on Natural Resources: Summary Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Frost, C.J., Hunter, M.D., 2004. Insect canopy herbivory and frass deposition affect soil nutrient dynamics and export in oak mesocosms. Ecology 85, 3335–3347.
- Frost, C.J., Hunter, M.D., 2007. Recycling of nitrogen in herbivore feces: plant recovery, herbivore assimilation, soil retention, and leaching losses. Oecologia, 151, 42–53.
- Green, T.R., Popa, R., 2012. Enhanced ammonia content in compost leachate processed by black soldier fly larvae. Appl. Biochem. Biotechnol. 166(6), 1381–1387.
- Haigh, A., Clark, B., Reynolds, L., Mayo, S.J., Croat, T.B., Lay, L., Boyce, P.C., Mora, M., Bogner, J., Sellaro, M., Wong, S.Y., 2011. CATE Araceae. CATE Araceae. Retrieved October. 6: 2020. 331172–2.
- Houben, D., Daoulas, G., Dulaurent, A.M., 2021. Assessment of the short-term fertilizer potential of mealworm frass using a pot experiment. Front. Sustain. Food Syst. 5, 714596.
- Houben, D., Daoulas, G., Faucon, M., Dulaurent, A.M., 2020. Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. Sci. Rep. 10, 4659.
- Kagata, H., Ohgushi, T., 2012. Positive and negative impacts of insect frass quality on soil nitrogen availability and plant growth. Popul. Ecol. 54(1), 75–82.
- Kawasaki, K., Kawasaki, T., Hirayasu, H., Matsumoto, Y., Fujitani, Y., 2020. Evaluation of fertilizer value of residues obtained after processing household organic waste with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*).

Sustainability 12, 4920.

17. Kováčik, P., M. Kozánek, P., Takáč, Galliková, M., Varga L., 2010. The effect of pig manure fermented by larvae of house flies on the yield parameters of sunflowers (*Helianthus annuus L.*) In: Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis 58(2), 147–154.
18. Liu, H.R., Yang, Z.F., Tan, D.F., Wu, Z.S., 2003. Study on the fertilizer efficiency of the frass of *Tenebrio molitor* L. J. Quanzhou Normal Univ. 21, 68–70.
19. Lovett, G.M., Christenson, L.M., Groffman, P.M., Jones, C.G., Hart, J.E., Mitchell, M.J., 2002. Insect defoliation and nitrogen cycling in forests: laboratory, plot, and watershed studies indicate that most of the nitrogen released from forest foliage as a result of defoliation by insects is redistributed within the ecosystem, whereas only a small fraction of nitrogen is lost by leaching. BioScience 52(4), 335–341.
20. Luo, H.Y., Wang, H., Wang, Q., 2011. Effects of different application amount of yellow mealworm excrement on growth and quality of rape. Shandong Agric. Sci. 8, 75–77.
21. Menino, R., Felizes, F., Castelo-Branco, M.A., Fareleira, P., Moreira, O., Nunes, R. and Murta, D., 2021. Agricultural value of Black Soldier Fly larvae frass as organic fertilizer on ryegrass. Heliyon 7(1), e05855.
22. Mohanty, M., Reddy, K. S., Probert, M. E., Dalal, R. C., Rao, A. S., Menzies, N.W., 2011. Modelling N mineralization from green manure and farmyard manure from a laboratory incubation study. Ecol. Model. 222, 719–726.
23. Ouédraogo, E., 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. Agric. Ecosys. Environ. 84(3), 259–266.
24. Poveda, J., Jiménez-Gómez, A., Saati-Santamaría, Z., Usategui-Martín, R., Rivas García-Fraile, R.P., 2019. Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance inductor in plants. Appl. Soil Ecol. 142, 110–122.
25. Przemieniecki, S.W., Kosewska, A., Purwin, C., Zapałowska, A., Mastalerz, J., Kotlarz, K., Kolaczek, K., 2021. Biometric, chemical, and microbiological evaluation of common wheat (*Triticum aestivum L.*) seedlings fertilized with mealworm (*Tenebrio molitor L.*) larvae meal. Appl. Soil Ecol. 167, 104037.
26. Ramos-Elorduy, J., Avila Gonzalez, E., Rocha Hernandez, A., Pino, J.M., 2002. Use of *Tenebrio molitor* (*Coleoptera: Tenebrionidae*) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. J. Econ. Entomol. 95, 214–220.
27. Rezaei, H., 2013. A review of research on application of livestock manure in agricultural land of Iran. Land Manage. J. 1(1), 55–68. doi: 10.22092/lmj.2013.100076.
28. Scott, W., Behie, M., Bidochka, J., 2013. Insects as a nitrogen source for plants. Insects 4, 413–424.
29. van Lenteren, J.C., 2006. Ecosystem services to biological control of pests: why are they ignored? Prok. Neth. Entomo. Soc. Meet. 17, 103–111.
30. Watson, C., Preißing, T., Wichern, F., 2021. Plant nitrogen uptake from insect frass is affected by the nitrification rate as revealed by urease and nitrification inhibitors. Front. Sustain. Food Syst. 27, 5.721840.
31. Zahn, N.H., Quilliam, R., 2017. The effects of insect frass created by *Hermetia illucens* on spring onion growth and soil fertility. Univ. Stirling, pp.1–65.
32. Zhang, Z., Elser, J.J., Cease, A.J., Zhang, X., Yu, Q., Han, X., Zhang, G., 2014. Grasshoppers regulate N:P stoichiometric homeostasis by changing phosphorus contents in their frass. PLoS One 9(8), e103697.
33. Zim, J., Aitikkou, A., EL Omari, M.H., EL Malahi, S., Azim, K., Hirich, A., Nilahyane, A., Oumouloud, A., 2022. A new organic amendment based on insect frass for zucchini (*Cucurbita pepo L.*) cultivation. Environ. Sci. Proc., 16(1), 28.