

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Evaluación de FertiHermetia, deyecciones de *Hermetia illucens* (L.),
como fertilizante líquido en cóleo (*Plectranthus scutellarioides* L.
Benth), (Lamiales: Lamiaceae)**

Estudiante

Wendy Nayeli Muenala Lema

Asesores

Jesus Orozco, Ph. D.

Cinthyia Martínez, MAE.

Katerin Aguilar, Lic.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de cuadros	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos.....	12
Ubicación del Experimento.....	13
Material Vegetal.....	13
Trasplante	14
Tratamientos.....	15
Forma de Aplicación.....	17
Manejo de Riego	17
Variables Evaluadas	17
Altura de la Planta.....	18
Diámetro del Tallo.....	18
Volumen (cm ³) y Diámetro Radicular (mm).....	18
Materia Seca	18
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	18
Resultados y Discusión.....	19
Resultados y Discusión al Día 21 DDA.....	19
Resultados y Discusión al Día 42 DDA.....	21

Conclusiones	24
Recomendaciones	25
Referencias.....	26
Anexos.....	29

Índice de cuadros

Cuadro 1 Composición de deyecciones de <i>Hermetia illucens</i>	15
Cuadro 2 Composición del fertilizante Triple 20 marca comercial “Solucat”	15
Cuadro 3 Dosis de los fertilizantes g/L de agua para la fertilización de cóleo a diferentes concentraciones.....	17
Cuadro 4 Resultados de la altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), diámetro radicular (mm), volumen radicular (cm ³) y materia seca (%) a los 21 DDA de la planta de coleo.....	21
Cuadro 5 Resultados de la altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), diámetro radicular (mm), volumen radicular (cm ³) y materia seca (%) a los 42 DDA de la planta de cóleo	23

Índice de Figuras

Figura 1 Selección, recolección y siembra de cóleo en el invernadero de vidrio.	14
--	----

Índice de Anexos

Anexo A Peso fresco (gr) de las hojas y tallos de coleo a los 21 y 42 días después de la aplicación....29

Anexo B Peso seco (gr) de las hojas y tallos de coleo a los 21 y 42 días después de las aplicaciones..30

Resumen

Hermetia illucens (L.), es utilizada para el manejo y aprovechamiento de diferentes tipos de residuos, en este proceso se generan las altas cantidades de deyecciones del insecto como producto secundario que no es aprovechado. Las deyecciones de insectos representan un aporte de nutrientes para las plantas, que pueden ser aprovechados en los sistemas productivos. Los objetivos de este proyecto fueron evaluar el efecto de diferentes cantidades de FertiHermetia deyecciones de *H. illucens*, como fertilizante en cíleo *Plectranthus scutellarioides* (L.) y compararlo con el fertilizante convencional Triple 20. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con cinco tratamientos: testigo; FertiHermetia 3.28 g/L; FertiHermetia 4.92 g/L; FertiHermetia 6.56 g/L y Triple 20 1g/L, con tres repeticiones cada uno. Los datos fueron analizados con un Análisis de Varianza (ANDEVA), una separación de medias Duncan y un nivel de significancia de $P \leq 0.05$ en Infostat. Las variables evaluadas fueron altura de la planta, diámetro del tallo, materia seca, volumen y diámetro de la raíz. Al día 21 se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en la variable altura, siendo esta mayor para el tratamiento FertiHermetia 6.56 g/L. En relación con la variable materia seca, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos testigo y Triple 20. Al día 42 se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en la variable altura, siendo de mayor altura para las plantas aplicadas con FertiHermetia 3.28 g/L. Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, siendo esta con un mayor diámetro las plantas aplicadas con FertiHermetia 6.56 g/L. Se encontró diferencias significativas, para materia seca (%) siendo mayor para el tratamiento testigo. Al incrementar la cantidad de FertiHermetia se obtuvo un mayor crecimiento en altura y diámetro del tallo, debido al mayor contenido de nitrógeno en su composición al día 21. FertiHermetia es una alternativa de fertilización ya que obtuvo resultados similares al fertilizante convencional Triple 20.

Palabras clave: Coleo, deyecciones, FertiHermetia, líquido.

Abstract

Hermetia illucens (L.) is used for the management and utilization of different types of waste, in this process large quantities of insect frass are generated as a secondary product which is not utilized. Insect frass are a source of nutrients for plants, which can be used in production systems. The objectives of this project were to evaluate the effect of different amounts of FertiHermetia from *H. illucens* frass as a fertilizer on *Plectranthus scutellarioides* (L.) coleus and to compare it with the conventional fertilizer Triple 20. An experimental design of Randomized Complete Blocks (RCB) was used, with five treatments: control; FertiHermetia 3.28 g/L; FertiHermetia 4.92 g/L; FertiHermetia 6.56 g/L and Triple 20 1g/L, with three replicates each. The data were analyzed with an Analysis of Variance (ANOVA), a Duncan mean separation and a significance level of $P \leq 0.05$ in Infostat. The variables evaluated were plant height, stem diameter, dry matter, volume, and root diameter. On day 21, significant differences were found between the treatments in the height variable, being greater for the FertiHermetia 6.56 g/L treatment. In relation to the dry matter variable, no significant differences were found between the control and Triple 20 treatments. At day 42, significant differences were found between the treatments in the height variable, with greater height for the plants applied with FertiHermetia 3.28 g/L. Significant differences were found between the treatments, with the plants applied with FertiHermetia 6.56 g/L having a greater diameter. Significant differences were found for dry matter (%), being higher for the control treatment. By increasing the amount of FertiHermetia, a greater growth in height and stem diameter was obtained, due to the higher nitrogen content in its composition at day 21. FertiHermetia is an alternative fertilizer as it obtained similar results to the conventional fertilizer Triple 20.

Key words: Coleo, frass, FertiHermetia, liquid.

Introducción

La implementación de fertilizantes orgánicos ayuda a incrementar las ganancias de los productores, además contribuye a la fertilidad del suelo, aumentando la productividad de los cultivos y a la obtención de un mejor proceso de reciclaje de desechos orgánicos que ayudan a reducir la producción de gases de efecto invernadero (Hurtado 2019). La efectividad de los fertilizantes orgánicos se ven influenciados en gran medida de la fuente, el contenido de nutrientes, la etapa de mineralización y el almacenamiento (Rufino et al. 2007). El uso de fertilizantes orgánicos, biofertilizantes y biopesticidas debería ser capaz de mejorar la calidad del suelo (Farooq et al. 2019), además, la implementación de estos es económicamente viable y uno de los enfoques ambientales racionales a largo plazo para la agricultura sostenible (Wang et al. 2018).

Las deyecciones de insectos representan un gran aporte de nutrientes para las plantas ya que poseen un buen balance nutricional y un alto contenido de materia orgánica, los cuales son recomendados para uso de abono en la agricultura (Poveda Arias 2018). Las deyecciones de la mosca *H. illucens* (L.) también pueden mejorar el crecimiento de las plantas sin la transmisión de enfermedades patógenas (Choi y Hassanzadeh 2019). En la actualidad existen diferentes fertilizantes orgánicos a base de deyecciones de insectos, por ejemplo, *Tenebrio molitor* L. que representa una buena fuente de abono orgánico procedente de las deposiciones intestinales del insecto. Análisis químicos con diversas muestras, han mostrado que este abono tiene un balance de NPK de 3,4 -1-1,4 (Houben et al. 2020). Además, se ha encontrado que la implementación de extractos acuosos a partir de deyecciones de *T. molitor* ha aumentado el porcentaje de germinación en semillas de trigo a un 4% (Li et al. 2013).

Hermetia illucens es una especie de díptero de la familia Stratiomyidae, endémica de las zonas tropicales, subtropicales y templadas de América (James 1935). Esta mosca presenta un ciclo de vida de dos meses y tras el apareamiento, las hembras pueden depositar entre 600 huevos cerca de las grietas de materia orgánica en descomposición (Sheppard 1983). En su estado larval la mosca puede

alimentarse de una amplia variedad de materia orgánica, debido a que son eficientes para reducir la cantidad de desechos orgánicos mientras lo convierten en biomasa rica en proteína (Cabrera y López 2021). Debido a su alta capacidad de descomposición de materia orgánica, las larvas presentan un elevado potencial para ser utilizadas como tratamiento biotecnológico, para el manejo y aprovechamiento de los residuos generados por el sector agrícola (Gobbi 2012).

Las larvas de *H. illucens*, se aprovechan para procesar los residuos orgánicos y también para ser incorporados en la alimentación de animales, tales como aves de corral, cerdos y peces (Newton et al. 1977), ya que poseen un alto contenido de proteína cruda y aceite que lo convierte en una fuente ideal de proteína y grasa para la alimentación de animales (Cullere et al. 2019). Las deyecciones de *H. illucens* poseen bacterias nitrificantes y bacterias fijadoras de nitrógeno, que optimizan el ciclo de este elemento y contribuyen en la absorción del nitrógeno en las plantas (Behie y Bidochka 2013). Los fertilizantes orgánicos contienen compuestos más seguros para la exposición humana, mientras que los fertilizantes sintéticos están compuestos por sustancias nocivas, tales como el cadmio, uranio y arsénico, los cuales pueden desarrollar enfermedades cancerígenas (Sharma y Singhvi 2017).

La producción de plantas ornamentales se ha vuelto un aspecto de gran importancia comercial en todo el mundo (Zulfiqar et al. 2019). *Plectranthus scutellarioides* (L.) Benth, comúnmente conocida como cóleo es una especie de la familia Lamiaceae, es una planta herbácea perenne, arbustiva y leñosa nativa del sureste de Asia continental hacia el sur de Malasia y el norte de Australia (Wagner y Lorence 2014). Esta hierba puede llegar a medir hasta 1.5 m de altura y cuenta con tallos erectos o ascendentes. Sus ramas son finamente pubescentes a glabras con hojas pecioladas y su lámina es muy variable en tamaño, forma y coloración. Esta especie es resistente a la sombra, por lo tanto, puede desarrollarse en una amplia gama de hábitats (Wagner et al. 1999).

La propagación de cóleo es por semilla, pero también es capaz de regenerarse a partir de esquejes vegetativos (Missouri Botanical Garden 2014). Los miembros de este género son de gran importancia económica debido a sus propiedades medicinales, pero principalmente se cultivan como

ornamentales (Torrez 2010). Los coleos, como es conocida la planta son apreciados por su colorido follaje estas se presentan con tonalidades verdes, amarillas, rosadas, rojas y granates.

Algunas de las limitantes del uso de fertilizantes convencionales en la actualidad es el costo que este requiere, los fertilizantes a base de nitrógeno utilizan gas natural o carbón como insumo clave para su producción y debido al encarecimiento de la energía en el 2021, elevó los costos de los fertilizantes hasta un 70% (FAO 2022). El elevado precio de estos insumos ha creado que los agricultores busquen otras alternativas de fertilización.

La producción de fertilizantes orgánicos propone una baja dependencia de compra de insumos externos, ya que estos pueden ser generados dentro de la propia finca y además promueven el cuidado del medio ambiente conservando los agroecosistemas y la biodiversidad (Arce Quesada 2020). En este estudio se evaluó el efecto de diferentes cantidades de FertiHermetia como fertilizante en cóleo; y se comparó el efecto de FertiHermetia y el fertilizante convencional Triple 20.

Materiales y Métodos

Ubicación del Experimento

El estudio se realizó en los meses de febrero a abril de 2022, en la Unidad de Ornamentales y Propagación de Plantas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguaire, kilómetro 30 al este de Tegucigalpa, departamento de Francisco Morazán, Honduras. El sitio posee una elevación de 785 msnm, con una precipitación durante los meses de estudio de 152.9 mm (febrero-abril) y una temperatura promedio de 28 °C.

Material Vegetal

Para llevar a cabo el experimento, se utilizaron plantas madre de cóleo (Figura 1), las mismas que fueron podadas con dos meses de anticipación para estimular la producción de brotes. Se utilizaron 120 esquejes apicales con cinco yemas. Una vez seleccionados fueron llevados al invernadero de enraizamiento, donde se colocaron en bancales de arena. El invernadero de enraizamiento tiene cubierta de vidrio cuenta con un sistema automático de riego por nebulización que funciona a frecuencia de seis minutos y duración de treinta segundos, equivalente a 1.14 L/minuto/aspersor. La estructura de vidrio alcanza una temperatura promedio de 28 °C y brinda un 40% de sombra.

Figura 1

Selección, recolección y siembra de cóleo en el invernadero de vidrio.



Nota. A: Selección de plantas madre de cóleo, B: recolección de esquejes apicales con 5 yemas, C: bancales elevados de madera, D: siembra de los esquejes en arena como medio de enraizamiento.

Trasplante

Después de 18 días en el invernadero, los esquejes fueron trasplantados a macetas de 15 cm de ancho y 11 cm de alto. Se utilizó sustrato compuesto por turbas rubias y negras de sphagnum y arcillas de la marca comercial “Pindstrup”, normalmente utilizado en la unidad de propagación de plantas ornamentales. Una vez trasplantados los esquejes en las macetas, estas fueron llevadas al Invernadero 1 de la unidad para continuar con su proceso de aclimatación y crecimiento. El invernadero cuenta con una estructura de aluminio tipo semitúnel techo cubierto con malla sarán con un 60% de sombra. Las macetas se colocaron en estructuras de madera con una separación de 30 cm por planta y 30 cm entre hilera para un mejor crecimiento de la planta y por último, fueron rotuladas con banderines por cada tratamiento.

Tratamientos

Se establecieron cinco tratamientos con diferentes cantidades de deyecciones de *H. illucens*, uno con fertilizante comercial Triple 20 y el control. Las deyecciones de *H. illucens* fueron obtenidas del Laboratorio de Entomología. Para la alimentación de las larvas se utilizaron desechos orgánicos del Comedor Doris Stone. Se realizó un análisis de abonos orgánicos que permitió establecer la composición de las deyecciones de *H. illucens* (Cuadro 1)

Cuadro 1

Composición de deyecciones de *Hermetia illucens*

pH	ppm/100 g (%)										ppm/Kg				
	Hu	MO	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Rel C/N
5.6	33.7	87.2	609	46	140	ND	0.04	0.3	3.054	4	29	23	26	ND	8.3

Nota. ND, No Detectado; Hu, Humedad; MO, Materia Orgánica; N, nitrógeno; P, fósforo; K, potasio; Ca, calcio; Mg, magnesio; S, azufre; Na, sodio; Cu, cobre; Fe, hierro; Mn, manganeso; Zn, zinc; B, boro y Rel C/N, relación carbono/nitrógeno. Fuente: Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Cuadro 2

Composición del fertilizante Triple 20 marca comercial "Solucat"

Elemento	Proporción %
Nitrógeno (N) total	20.00
Pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅)	20.00
Óxido de potasio (K ₂ O)	20.00
Hierro (Fe) EDTA	0.02
Manganeso (Mn) EDTA	0.01
Boro (B) soluble en agua	0.01
Cobre (Cu) EDTA	0.002
Zinc (Zn) EDTA	0.002

Nota. EDTA: Sustancia química ácido etilendiaminotetraacético; Fuente: Casa Comercial Atlántica Agrícola S.A

Los tratamientos fueron distribuidos de la siguiente manera: testigo; FertiHermetia 3.28 g/L; FertiHermetia 4.92 g/L; FertiHermetia 6.56 g/L y Triple 20 1 g/L. La aplicación de los tratamientos

empezó 15 días después del trasplante (DDT), el mismo día se realizó una poda apical para el crecimiento de nuevos brotes.

Los requerimientos de nitrógeno en cóleo según Ball Floraplant (2022), son de 175 a 225 ppm de nitrógeno. En este estudio se utilizó 200 ppm de nitrógeno, tomando como referencia la cantidad utilizada en la unidad de propagación de plantas.

Determinación de la dosis de fertilizante utilizada.

Para estimar el requerimiento de FertiHermetia de la planta (g/L) se procedió a utilizar la Ecuación 1.

$$RFP = \left(\text{Requerimiento de N planta} \frac{g}{m^3} \right) \left(\frac{1m^3}{1000L} \right) / (\text{Aporte FertiHermetia}) [1]$$

Donde;

RFP= Requerimiento de FertiHermetia de la planta g/L.

Para estimar el requerimiento de Triple 20 de la planta (g/planta) se procedió a utilizar la Ecuación 2 y 3.

$$\text{Aporten N ppm} = (\text{Aporte de N del Triple 20}) \left(\frac{1000mg}{g} \right) \left(\frac{1000gr}{kg} \right) [2]$$

$$RT20 = (1000 \text{ gr de Triple 20} * \text{requerimiento N en ppm}) / \text{Aporte N ppm} [3]$$

Donde;

RT20= Requerimiento de Triple 20 g

Cuadro 3

Dosis de los fertilizantes g/L de agua para la fertilización de cóleo a diferentes concentraciones

Tratamiento	mg/L	Dosis g/L
Testigo	-	-
FertiHermetia	3.280	3.28
FertiHermetia	4.920	4.92
FertiHermetia	6.560	6.56
Triple 20	1.000	1

Forma de Aplicación

Durante todo el experimento se realizaron seis aplicaciones dirigidas a las macetas mediante la técnica conocida como “drench”. Las dosis correspondientes fueron diluidas en agua aplicando 200 ml a cada planta, la cual se determinó mediante un aforo utilizando una probeta con 1000 mL de agua, se suministró a una maceta con sustrato y la cantidad utilizada fue restada con el sobrante de la probeta. Para estimar el volumen se procedió a utilizar la Ecuación 4.

$$Volumen\ a\ aplicar = Volumen\ inicial - Volumen\ final [4]$$

Manejo de Riego

Los tres primeros días después del trasplante (DDT) se suministraron cuatro riegos diarios utilizando una boquilla para simular un riego por nebulización para mantener la turgencia de la planta y disminuir el estrés. Los siguientes días y hasta terminar el experimento se realizaron cuatro riegos a la semana, los cuales fueron hechos de manera manual con el uso de una manguera con boquilla para romper la presión del agua y no lastimar las plantas.

Variables Evaluadas

Se realizaron dos toma de datos: la primera a los 21 días después de la aplicación (DDA) y la segunda a los 42 DDA. Se tomaron seis plantas diferentes, se realizó una técnica destructiva para algunas variables, limitando el uso de la misma planta para su evaluación.

Altura de la Planta

Tomada desde la base del tallo hasta el último brote apical de la planta, utilizando una cinta métrica graduada en centímetros.

Diámetro del Tallo

Para medir el diámetro del tallo se utilizó un pie de rey, se midió 3 cm arriba de la base de la planta.

Volumen (cm³) y Diámetro Radicular (mm)

Las raíces fueron lavadas con agua para remover el sustrato y las impurezas. Después en un scanner Epson V700 se escaneó cada una de las raíces. Con las imágenes obtenidas en el scanner se realizó la medición de las variables utilizando el programa WinRHIZO®.

Materia Seca

Se separaron las hojas y los tallos, se cortaron en trozos pequeños con una tijera y se pesaron individualmente cada planta en una balanza analítica Ohaus Pionner (g). Posteriormente, se colocaron en bolsas de papel y se rotularon por tratamiento. Luego, en la primera toma de datos las muestras se secaron en un horno a 61°C por dos días y para la segunda toma de datos se secaron por cuatro días por su mayor contenido de hojas, por último, se volvieron a pesar con la misma balanza analítica. Para el cálculo del porcentaje de materia seca se utilizó la siguiente ecuación 5:

$$\% \text{ de Materia Seca} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100 \text{ [5]}$$

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El experimento se utilizó con un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). Los datos fueron analizados mediante el software estadístico Infostat con un Análisis de Varianza (ANDEVA), una separación de medias Duncan y un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Resultados y Discusión al Día 21 DDA

Se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con relación a la variable altura, las plantas aplicadas con FertiHermetia 6.56 g/L presentaron la mayor altura (Cuadro 4). Esto se debe a que este tratamiento posee un mayor contenido de nitrógeno. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Monsalve et al. (2009) quienes señalan que a medida que aumenta la concentración de nitrógeno, también aumenta el crecimiento en altura. La adición de excremento de *H. illucens* proporciona al suelo algunos beneficios, tales como una mayor germinación, producción de brotes, crecimiento y un mayor contenido nutricional de las plantas, además activa varios mecanismos de defensa contra patógenos y plagas (Borkent y Hodge 2021). De acuerdo, a los resultados obtenidos por Agustiyani et al. (2021) señalan que el crecimiento de las plantas con el uso de excremento de *H. illucens* aumenta la altura de la planta a las tres semanas después de la siembra a comparación con el tratamiento control y NPK.

En cuanto a la variable diámetro del tallo, no se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos Triple 20, FertiHermetia 3.28g/L y FertiHermetia 6.56 g/L (Cuadro 4). En el caso de Triple 20, en su composición posee los macroelementos indispensables para el crecimiento de la planta, en especial potasio (K) que ayuda al fortalecimiento de los tallos. Estos resultados concuerdan con Ramírez (2016) quien evaluó el efecto de la fertilización orgánica y mineral en el cultivo de moringa (*Moringa oleífera* Lam.), obteniendo como resultados que no existen diferencias significativas en cuanto al grosor de tallo aplicando NPK o una combinación de abonos orgánico.

Se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con relación a la variable diámetro y volumen radicular, siendo esta mayor para las plantas con Triple 20 con un diámetro y volumen de 0.51 mm y 4.48 cm³ respectivamente (Cuadro 4). Esto se debe a que este fertilizante convencional posee una fertilización equilibrada de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) disponibles desde el inicio de la aplicación y por ende es altamente eficiente (FAO 1992). Según

Castellanos et al. (2000) los fertilizantes con fósforo favorece el crecimiento de raíces, por lo cual se ha reportado que el contenido de este elemento en etapas tempranas del desarrollo de las plantas ayuda a promover el crecimiento de las raíces y generar un mayor volumen.

No se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos testigo y Triple 20 con relación a la variable materia seca (Cuadro 4). Los resultados en las plantas testigo al día 21 se debe a presentaron un menor peso húmedo (menor desarrollo en el follaje) y este valor es inversamente proporcional al valor del porcentaje de materia seca (Anexo A). Esto indica menor turgencia o retención de agua por parte de la planta. En cuanto a las plantas aplicadas con Triple 20, se obtuvo un alto valor menor de materia seca debido a que, a pesar de presentar un alto valor de peso húmedo en comparación con otros tratamientos, presentó una mayor proporción de peso seco con relación a peso húmedo (Anexo A y B). Estos resultados difieren con el estudio realizado por Menino et al. (2021) donde muestran que la variable materia seca en planta de raigrás (*Lolium multiflorum* Lam.) fue significativamente menor en el tratamiento testigo a comparación con los tratamientos que contenían deyecciones de *H. illucens*. Esto podría deberse al diferente requerimiento nutricional de la planta lo cual dio un crecimiento y un contenido de humedad diferente a la planta utilizada en este estudio.

Cuadro 4

Resultados de la altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), diámetro radicular (mm), volumen radicular (cm³) y materia seca (%) a los 21 DDA de la planta de coleo

Tratamientos	Día 21				
	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Diámetro radicular (mm)	Volumen radicular (cm ³)	Materia Seca (%)
FertiHermetia 6.56 g/L	13.23a	4.01ab	0.43bc	3.10b	3.57c
FertiHermetia 4.92 g/L	11.92b	3.56b	0.43bc	3.48b	3.93c
FertiHermetia 3.28 g/L	8.57c	3.73ab	0.45b	2.57c	4.91b
Triple 20 1 g/L	8.38c	4.09a	0.51a	4.48a	6.29a
Testigo	8.42c	2.62c	0.42c	3.28b	6.24a
CV%	4.15	11.03	3.85	10.12	6.98
R ²	0.97	0.68	0.82	0.80	0.93
Probabilidad	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota. ^{a-d} Letras diferentes dentro de la misma columna indican que hay diferencia entre tratamientos (P < 0.05). CV: Coeficiente de

Variación.

Resultados y Discusión al Día 42 DDA

Se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con relación a la variable altura, siendo esta mayor altura para las plantas aplicadas con FertiHermetia 3.28 g/L (Cuadro 5). Esto se debe a una mejor asimilación de nutrientes, mostrándose en el crecimiento de los tallos. Estos resultados concuerdan con Borkent y Hodge (2021), quienes señalan que el uso de excremento de larva de *H. illucens*, induce un crecimiento constante aumentando un 24.2 % la altura en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y facelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth). Por otro lado, Chiam et al. (2021) mencionan que al tener altas concentraciones de excremento de *H. illucens* da como resultado un crecimiento deficiente de las plantas, excepto el nivel de excremento que era con base al requerimiento de la planta. Esto puede deberse a que niveles altos de excremento generen una baja relación C/N del fertilizante, induciendo una rápida mineralización de los nutrientes.

Se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con relación a la variable diámetro de tallo, siendo esta con un mayor diámetro para las plantas aplicadas con

FertiHermetia 6.56 g/L (Cuadro 5). Esto se debe a un mayor contenido de nutrientes y demás elementos en su composición. Así lo menciona Monsalve et al. (2009) quienes señalan que a medida que aumenta la concentración de fertilizante orgánicos, también aumenta el crecimiento del tallo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Hernández-Ruíz et al. (2018), quien señala que el uso de abonos orgánicos en el crecimiento del tallo presenta un mayor engrosamiento en plantas de geranio (*Geranium* L.) y milagro (*Synsepalum dulcificum* A.DC).

En cuanto a la variable diámetro y volumen radicular, no se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos Triple 20 y FertiHermetia 3.28 g/L (Cuadro 5). Esto se debe a que los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular (Infoagro 2017). En el caso de las plantas con Triple 20 al contener fósforo (P) y Potasio (K) en su composición ayuda a la elongación celular y favorece al crecimiento de las raíces (Intagri 2017).

Se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con relación a la variable materia seca, siendo esta mayor para el tratamiento testigo (Cuadro 5). Esto se debe a una menor retención de agua en la planta sin fertilizante, la falta de fertilización no solo exhibe un crecimiento lento, también presenta un bajo vigor y es susceptible al ataque de plagas y enfermedades (Peery 2020).

Cuadro 5

Resultados de la altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), diámetro radicular (mm), volumen radicular (cm³) y materia seca (%) a los 42 DDA de la planta de cóleo

Tratamientos	Día 42				
	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Diámetro radicular (mm)	Volumen radicular (cm ³)	Materia Seca (%)
FertiHermetia 6.56 g/L	35.92b	6.75a	0.47cd	4.51b	8.55c
FertiHermetia 4.92 g/L	34.83c	6.35b	0.49bc	4.41b	8.49b
FertiHermetia 3.28 g/L	39.83a	5.89cd	0.5ab	5.45a	9.95c
Triple 20 1 g/L	31.42d	6.05c	0.53a	5.67a	7.53d
Testigo	31.75d	5.7d	0.45d	4.63b	11.75a
CV%	2.54	3.88	5.34	3.92	6.45
R ²	0.94	0.74	0.61	0.9	0.88
Probabilidad	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota. ^{a-d} Letras diferentes dentro de la misma columna indican que hay diferencia entre tratamientos (P < 0.05). CV: Coeficiente de Variación.

Conclusiones

Al incrementar la cantidad de FertiHermetia se obtuvo un mayor crecimiento en altura y diámetro del tallo, debido al mayor contenido de nitrógeno en su composición al día 21.

FertiHermetia es una alternativa de fertilización ya que obtuvo resultados similares al fertilizante convencional Triple 20, en las cuales presentaron una mayor altura en la planta y diámetro del tallo al día 21, de manera similar al día 42 presentó plantas con una mayor altura, diámetro del tallo y un mayor diámetro y volumen radicular.

Recomendaciones

Realizar un análisis foliar al inicio del establecimiento de la planta y otra al final de la aplicación de FertiHermetia y Triple 20 para determinar la cantidad de nutrientes que fueron asimilados por la planta.

Realizar experimentos con la implementación de diferentes sustratos para la alimentación de la larva de *Hermetia illucens*.

Replicar el estudio implementando un nuevo tratamiento que constituya una combinación del fertilizante convencional Triple 20 y FertiHermetia.

Repetir el experimento utilizando otra especie ornamental para evaluar el desarrollo de esta especie, utilizando la misma metodología de este estudio.

Realizar un análisis microbiológico para determinar el tipo de microorganismos presentes en el excremento.

Medir el impacto del uso de FertiHermetia en el sustrato y observar cómo reaccionó la química del suelo con el uso de este fertilizante.

Utilizar un sustrato diferente para el establecimiento de la planta.

Referencias

- Agustiyan D, Agandi R, Nugroho A, Antonius S. 2021. The effect of application of compost and frass from Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) on growth of Pakchoi (*Brassica rapa* L.). Earth and Environmental Science. 762(1). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/762/1/012036/meta>.
- Arce Quesada SE. 2020. Análisis comparativo de precios y costos de producción de hortalizas cultivadas de manera orgánica y convencional. Agronomía Costarricense. 44(2):81–108. doi:10.15517/rac.v44i2.43091.
- Ball Floraplant. 2022. Catalog Available 2023: Coleus Coleosaurus Improved. Estados Unidos: [sin editorial]; [consultado el 3 de jun. de 2022]. <https://www.ballfloraplant.com/>.
- Behie SW, Bidochka MJ. 2013. Insects as a Nitrogen Source for Plants. Insects. 4(3):413–424. eng. doi:10.3390/insects4030413.
- Borkent S, Hodge S. 2021. Glasshouse Evaluation of the Black Soldier Fly Waste Product HexaFrass™ as an Organic Fertilizer. Insects. 12(11). eng. <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/11/977>. doi:10.3390/insects12110977.
- Cabrera D, López AL. 2021. Evaluación de la larva de mosca soldado negra (*Hermetia Illucens*) como alternativa para la degradación de residuos sólidos urbanos. [sin lugar]: Fundación Universidad de América. es. <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8329>.
- Castellanos J, Uvalle B, y Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª ed. San Miguel de Allende: [sin editorial].
- Chiam Z, Lee JTE, Tan JKN, Song S, Arora S, Tong YW, Tan HTW. 2021. Evaluating the potential of okara-derived black soldier fly larval frass as a soil amendment. J Environ Manage. 286:112163. eng. doi:10.1016/j.jenvman.2021.112163.
- Choi S, Hassanzadeh N. 2019. BSFL Frass: A Novel Biofertilizer for Improving Plant Health While Minimizing Environmental Impact. The Canadian Science Fair Journal. 2(2):41–46. <https://csfjournal.com/s/Sarah-and-Neelah-mjep.pdf>.
- Cullere M, Schiavone A, Dabbou S, Gasco L, Dalle Zotte A. 2019. Meat Quality and Sensory Traits of Finisher Broiler Chickens Fed with Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens* L.) Larvae Fat as Alternative Fat Source. Animals (Basel). 9(4). eng. doi:10.3390/ani9040140.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1992. Los fertilizantes y su uso. Paris: [sin editorial]. 632 vol. <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2022. El mercado mundial de fertilizantes: balance de la situación de un mercado en dificultades. Roma: [sin editorial]. <https://www.fao.org/3/ni280es/ni280es.pdf>.
- Farooq M, Rehman A, Pisante M. 2019. Sustainable Agriculture and Food Security. En: Innovations in Sustainable Agriculture. [sin lugar]: Springer, Cham. p. 3–24. en. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-23169-9_1.
- Gobbi F. 2012. Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de *Hermetia illucens* (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae). Bases para su producción masiva en Europa

- [Tesis doctoral]. España: Universidad de Alicante; [consultado el 28 de jun. de 2022]. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/28345>.
- Hernández-Ruíz J, Espinosa-Trujillo E, Míreles Arriaga AI, Ruiz Nieto JE. 2018. Índice tecnológico de las unidades de producción de tomate en invernadero en Tlahuitoltepec, Oaxaca. *Acta Agrícola y Pecuaria*. 4(2). doi:10.30973/aap/2018.4.2/3.
- Houben D, Daoulas G, Faucon M-P, Dulaurent A-M. 2020. Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. *Scientific Reports*. 10(1):4659. eng. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-61765-x>. doi:10.1038/s41598-020-61765-x.
- Hurtado A. 2019. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la biomasa de residuos orgánicos agropecuarios Chulucanas–Piura. Chulucanas - Piura: [sin editorial]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/unp/2025>.
- Infoagro. 2017. Importancia de los abonos orgánicos. México: [sin editorial]. <https://cutt.ly/oKfzPVP>.
- Intagri. 2017. Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. *Técnicos de Intagri*. (4). <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>.
- James M. 1935. The genus *Hermetia* in the United States (Diptera: Stratiomyidae). [sin lugar]: Brooklyn Entomol. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/177699>.
- Li L, Zhao Z, Liu H. 2013. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica*; [consultado el 28 de jun. de 2022]. 92(1):103–109. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576512000847>.
- Menino R, Felizes F, Castelo-Branco MA, Fareleira P, Moreira O, Nunes R, Murta D. 2021. Agricultural value of Black Soldier Fly larvae frass as organic fertilizer on ryegrass. *Heliyon*. 7(1):e05855. eng. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e05855.
- Missouri Botanical Garden. 2014. Base de datos de Tropicos. St. Louis, Missouri, EE. UU. Estados Unidos: Jardín Botánico de Missouri. <http://www.tropicos.org/>.
- Monsalve J, Escobar R, Acevedo M, Sánchez M, Coopman R. 2009. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. *Bosque*. 30(2). doi:10.4067/S0717-92002009000200004.
- Newton GL, Booram CV, Barker RW, Hale OM. 1977. Dried *Hermetia Illucens* Larvae Meal as a Supplement for Swine. *Journal of Animal Science*. 44(3):395–400. doi:10.2527/jas1977.443395x.
- Peery J. 2020. Cantidades de fertilizante e impacto en las enfermedades de las raíces. Estados Unidos: Promix. <https://www.pthorticulture.com/media/3457/cantidades-de-fertilizante-e-impacto-en-las-enfermedades-de-las-raices.pdf>.
- Poveda Arias J. 2018. Nuevos abonos a partir de excrementos de insecto: el caso del gusano de la harina (*Tenebrio molitor*). *Ingeniería y Región*. 19:1–10. doi:10.25054/22161325.1840.
- Ramírez FL. 2016. Efecto de la fertilización orgánica y mineral en el cultivo de la Moringa (*Moringa oleifera* Lam) [Tesis]. Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Agronomía. es. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/12685>.

- Rufino MC, Tiftonell P, van Wijk MT, Castellanos-Navarrete A, Delve RJ, Ridder N de, Giller KE. 2007. Manure as a key resource within smallholder farming systems: Analysing farm-scale nutrient cycling efficiencies with the NUANCES framework. *Livestock Science*. 112(3):273–287. doi:10.1016/j.livsci.2007.09.011.
- Sharma N, Singhvi R. 2017. Effect of Chemical Fertilizers and Pesticides on Human Health and Environment. *Indian Journal*. 10:675–680. <https://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijaeb&volume=10&issue=6&article=006>.
- Sheppard C. 1983. House Fly and Lesser Fly Control Utilizing the Black Soldier Fly in Manure Management Systems for Caged Laying Hens. *Environ Entomol*. 12(5):1439–1442. doi:10.1093/ee/12.5.1439.
- Torrez H. 2010. Efecto de la longitud de estaca herbacea en el enraizamiento de tres variedades de coleo (*Coleus blumei*), bajo ambiente atemperado: Efecto de la longitud de estaca herbacea en el enraizamiento de tres variedades de coleo (*Coleus blumei*), bajo ambiente atemperado [Tesis de grado]. Bolivia: Universidad Mayor de San Andres. es. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/9832>.
- Wagner L, Lorence D. 2014. Flora of the Marquesas Island. Washington DC: Nacional Museum of Natural History. <http://botany.si.edu/pacificislandbiodiversity/marquesasflora/index.htm>.
- Wagner WL, Herbst DR, Sohmer SH. 1999. Manual of the flowering plants of Hawai'i. Rev. ed. Honolulu, Hawaii: Bishop Museum Press. VI Seiten, Seite 989-1919 (Bishop Museum special publication; vol. 97,2). ISBN: 0824821661.
- Wang Y, Zhu Y, Zhang S, Wang Y. 2018. What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers? *Journal of Cleaner Production*. 199:882–890. doi:10.1016/j.jclepro.2018.07.222.
- Zulfiqar F, Younis A, Asif M, Abideen Zainul, Allaire, Suzanne y Shao, Qing. 2019. Evaluation of container substrates containing compost and biochar for ornamental plant *Dracaena deremensis*. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 56(3):613–621. doi://%2010.21162/PAKJAS/19.7515.

Anexos**Anexo A**

Peso fresco (gr) de las hojas y tallos de coleo a los 21 y 42 días después de la aplicación

Tratamientos	Día 21	Día 42
FertiHermetia 6.56 g/L	25.63	98.53
FertiHermetia 4.92 g/L	21.64	93.84
FertiHermetia 3.28 g/L	17.37	75.74
Triple 20 1 g/L	28.35	102.49
Testigo	13.57	47.79

Anexo B

Peso seco (gr) de las hojas y tallos de coleo a los 21 y 42 días después de las aplicaciones

Tratamientos	Día 21	Día 42
FertiHermetia 6.56 g/L	0.91	8.42
FertiHermetia 4.92 g/L	0.85	7.97
FertiHermetia 3.28 g/L	0.85	7.53
Triple 20 1 g/L	1.78	7.72
Testigo	0.85	5.61