

INOCULACIÓN DE *Trichoderma* spp. PARA PROMOVER EL CRECIMIENTO DE PEPINO

INOCULACIÓN DE *Trichoderma* spp. PARA PROMOVER EL CRECIMIENTO DE PEPINO

Apáez-Barrios, M.*; Ayvar-Serna, S.; Díaz-Nájera, J.F.; Mena-Bahena, A.;
Damaso-Cantor, A.L.

Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Guerrero 81. Primer piso. Col.
Centro. CP. 40000, Iguala de la Independencia, Guerrero.

* E-mail: maricela.apaez@csaegro.edu.mx

Fecha de envío: 30, mayo, 2025

Fecha de publicación: 08, julio, 2025

Resumen:

El uso de microorganismos benéficos como *Trichoderma* spp. se ha consolidado como una alternativa biológica para promover el crecimiento vegetal y mejorar la sanidad en cultivos hortícolas. En este estudio, se evaluó la efectividad de tres cepas de *Trichoderma* spp. como promotoras del crecimiento en plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad Poinsett 76, cultivadas bajo condiciones de invernadero. Se utilizaron dos cepas nativas, aisladas de suelos agrícolas de Tierra Colorada y Cocula, Guerrero, y una cepa comercial foránea, *Trichoderma harzianum* (Trichor D®). El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Cada unidad experimental consistió en una planta cultivada en maceta con 3 kg de sustrato (composta Bocashi y tierra lama, 1:1 v/v). La inoculación de las cepas se realizó en el cuello de la planta, a los 13, 28 y 43 días después del trasplante, utilizando suspensiones de conidios con concentraciones de 5.7, 5.8 y 5.0 × 10¹⁰ conidios mL⁻¹, a los 13, 28 y 43 días postrasplante. El experimento culminó a los 60 días. Se midieron altura de planta, diámetro de cuello, número de hojas y peso de materia vegetal fresca y seca (en follaje y raíz), también la longitud de la raíz principal. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey (p ≤ 0.05). Los resultados indicaron que ninguna de las cepas de *Trichoderma* spp. evaluadas tuvo efecto significativo sobre los parámetros de crecimiento y biomasa vegetal. Sin embargo, se observó una correlación positiva y significativa entre la altura de planta, número de hojas y peso fresco de follaje, lo que implica que esas variables están correlacionadas de manera natural en la planta, independientemente del efecto del tratamiento.

Palabras clave: biofertilizante, *Trichoderma harzianum*, promotor de crecimiento, cepas nativas, microorganismos rizosféricos.

Abstract:

The use of beneficial microorganisms such as *Trichoderma* spp. has been established as a biological alternative to promote plant growth and improve health in horticultural crops. In this study, the effectiveness of three strains of *Trichoderma* spp. as growth promoters in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants, variety Poinsett 76, grown under greenhouse conditions, was evaluated. Two native strains isolated from agricultural soils of Tierra Colorada and Cocula, Guerrero, and one foreign commercial strain, *Trichoderma harzianum* (Trichor D®), were used. The experiment was established under a completely randomized design with five replications. Each experimental unit consisted of one plant cultivated in a pot containing 3 kg of substrate (Bocashi compost and lama soil, 1:1 v/v). The inoculation of the strains was carried out at the plant collar at 13, 28, and 43 days after transplanting, using conidial suspensions with concentrations of 5.7, 5.8, and 5.0 × 10¹⁰ conidia mL⁻¹, at 13, 28, and 43 days post-transplant. The experiment concluded at 60 days. Plant height, collar diameter, number of leaves, and fresh and dry weight of plant material (in foliage and root), as well as the length of the main root, were measured. Data were analyzed by ANOVA and Tukey's test ($p \leq 0.05$). The results indicated that none of the *Trichoderma* spp. strains evaluated had a significant effect on growth parameters and plant biomass. However, a positive and significant correlation was observed between plant height, number of leaves, and fresh foliage weight, which implies that these variables are naturally correlated in the plant, independently of the treatment effect.

Keywords: biofertilizer, *Trichoderma harzianum*, growth promoter, native strains, rhizospheric microorganisms.

INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza ampliamente cultivada para consumo en fresco y procesamiento en encurtidos. Su alto contenido de agua le otorga un sabor refrescante en ensaladas, además de ser fuente de vitaminas A y C, ácido fólico y minerales como calcio, potasio y magnesio. También se le atribuyen propiedades medicinales para tratar afecciones como ictericia y estreñimiento (Kaur y Sharma, 2021; Rebollar-Rebollar *et al.*, 2022). Su versatilidad lo hace útil en la elaboración de cosméticos y jabones. Asia lidera la producción mundial con aproximadamente 70 %, destacando China, Turquía, Irán y Rusia. En India, se cultivan 104,000 ha con una producción de 1,603,000 t (NHB, 2019). En México, el pepino tiene alta demanda en el mercado nacional, alcanzando en 2022 una producción total de 826,000 t, principalmente en Sinaloa, Sonora, Michoacán, Morelos y Guanajuato (SIAP, 2023). Aunque México ocupa el onceavo lugar en producción global, es uno de los principales exportadores, seguido de España y Holanda (FAOSTAT, 2022).

El cultivo de pepino se puede realizar todo el año en campo e invernadero, concentrándose su producción entre febrero y abril. Su manejo es predominantemente manual, requiriendo aproximadamente 150 jornales ha⁻¹ (Barrera-Torres, 2011). El uso de fertilizantes minerales ha sido clave para optimizar los rendimientos agrícolas (Amanullah et al., 2016; Wang et al., 2020; Liu et al., 2021; Stewart, 2022). No obstante, el uso desbalanceado de fertilizantes químicos afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, comprometiendo su capacidad productiva y contribuyendo a problemas ambientales como acidificación, alteración del pH y emisión de gases de efecto invernadero (Ozlu y Kumar, 2018; Pahalvi et al., 2021).

Ante la necesidad de mejorar la sostenibilidad agrícola, se han desarrollado estrategias para reducir la dependencia de agroquímicos, destacando el uso de rizobacterias y hongos rizosféricos. *Trichoderma* spp. es uno de los microorganismos más estudiados y empleados como biopesticida, biofertilizante y bioestimulante en cultivos agrícolas, promoviendo el crecimiento y la sanidad vegetal (Olowe et al., 2022). Algunas especies de *Trichoderma*, como *T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. virens*, *T. longibrachiatum* y *T. viride*, han demostrado ser eficaces en formulaciones para mejorar la salud de las plantas y reducir el uso de pesticidas y fertilizantes químicos (Guzmán-Guzmán et al., 2023). El uso excesivo de agroquímicos ha generado desequilibrios en los agroecosistemas, afectando la biodiversidad microbiana del suelo y contaminando cuerpos de agua con nitratos y nitrosaminas (Smyk et al., 1987, 1989; Geisseler y Scow, 2014; Barabasz et al., 2002). Para mitigar estos efectos, se ha promovido la investigación sobre el aprovechamiento de *Trichoderma* spp. en el manejo de cultivos hortícolas como el pepino. Este hongo benéfico coloniza las raíces, produce reguladores de crecimiento y modifica las condiciones de la rizósfera, en beneficio del desarrollo y la sanidad del cultivo hospedante (Nannipieri et al., 2003).

A pesar de los estudios sobre *Trichoderma* spp., se debe continuar explorando la actividad de *Trichoderma* como promotora del desarrollo vegetal. Por ello, el propósito de esta investigación fue evaluar la efectividad de cepas nativas y foránea de *Trichoderma* spp. en la promoción del crecimiento de pepino en condiciones de invernadero con clima cálido subhúmedo y aportar información para fortalecer el manejo integrado y sostenible de este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2023 en las instalaciones del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Campus Cocula, ubicado a 17°59'00" latitud norte y 99°38'00" longitud oeste. El clima predominante en la región es cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 22.5 °C y precipitación media anual de 797 mm (García, 2005).

Se utilizó la variedad de pepino *Poinsett 76*, evaluándose cuatro tratamientos: T1 = testigo sin inoculación, T2 = *Trichoderma sp.* (cepa nativa de Tierra Colorada, Gro.), T3 = *Trichoderma asperellum* (cepa nativa de Cocula, Gro.) y T4 = *Trichoderma harzianum* (cepa comercial Trichor® D, Biologa, Agriculture for Health®). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. La unidad experimental consistió en una maceta de polietileno con 3 kg de sustrato compuesto por una mezcla de bocashi y tierra lama (1:1 v/v), previamente desinfectado. Las plantas se cultivaron en almácigo y se trasplantaron a los 20 días. Las cepas de *Trichoderma* se obtuvieron del cepario micológico del laboratorio de Fitopatología, preservadas en medio papa-dextrosa-agar (PDA) a 5 °C. Para su activación, se transfirieron a cajas Petri con PDA, incubadas a temperatura ambiente (≈ 28 °C), bajo fotoperíodo natural (12 h luz) y 40 % de humedad relativa durante tres días. La multiplicación masiva de las cepas se realizó en olote de maíz esterilizado en bolsas de polipapel (50 g de sustrato por bolsa). En cada bolsa se inocularon de 10 a 15 fragmentos de PDA con micelio y conidios de la cepa correspondiente. Tras 15 días de incubación, se obtuvieron suspensiones de inóculo por cepa, determinándose la concentración de esporas mediante una cámara de Neubauer, ajustando la densidad a: - T2 = 5.7×10^{10} , T3 = 5.8×10^{10} y T4 = 5×10^{10} conidios mL⁻¹. Se aplicaron 100 mL del inóculo correspondiente en el cuello de la planta a los 13, 28 y 43 días después del trasplante. Para mantener la humedad del sustrato, se suministró riego, complementado con aplicaciones de Ultrasol (3 g L⁻¹) y urea (1 g por maceta) a los 7 días postrasplante. Durante el experimento, las plantas fueron manejadas bajo condiciones fitosanitarias controladas para evitar la incidencia de plagas y enfermedades.

A los 60 días después del trasplante (ddt.), se registraron parámetros de crecimiento vegetativo como altura, diámetro del tallo y número de hojas, además de la acumulación de biomasa fresca y seca del follaje y la raíz, junto con la medición de

la longitud de la raíz principal. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y correlación, así como a la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La inoculación de *Trichoderma* spp. no mostró efectos significativos en la mayoría de las variables evaluadas, salvo en el peso del follaje seco (Cuadro 1). La altura de las plantas tendió a incrementarse en las del tratamiento testigo, con una diferencia de 10.03 % respecto a las tratadas con *Trichoderma* sp. (T2), lo que contrasta con estudios previos que reportaron que, la inoculación de este hongo puede incrementar la altura y la producción de frutos de pepino (Hao *et al.*, 2022). Asimismo, el diámetro del cuello de la planta mostró un ligero incremento en *T. asperellum* con respecto a las demás cepas; no obstante, el promedio registrado en este tratamiento (T3) fue 4.65 % menor que en el Testigo (T1), lo que difiere de lo reportado por Mei *et al.* (2019), quienes observaron incrementos significativos en el diámetro del cuello del tallo de plantas de pepino inoculadas con *Trichoderma* spp.

Cuadro 1. Comparación de los valores promedio en las variables de crecimiento y peso de plantas pepino Poinset cultivado en invernadero.

Table 2. Comparison of average values for growth variables and plant weight of Poinsett cucumber grown in a greenhouse.

N°	Tratamiento	Variables medidas a los 60 d.d.t.							
		AP	DCP	NHP	PPF	PFS	PRF	PRS	LRP
		cm	cm		g	g	g	G	cm
T1	Testigo	129.7 ^a	0.86 ^a	19.0 ^a	118.3 ^a	23.3 ^a	5.6 ^a	2.8 ^a	16.0 ^a
T2	<i>Trichoderma</i> sp.	116.7 ^a	0.75 ^a	17.3 ^a	105.0 ^a	21.0 ^a	2.3 ^a	1.0 ^a	18.5 ^a
T3	<i>T. asperellum</i>	117.8 ^a	0.82 ^a	16.8 ^a	95.0 ^a	17.4 ^a	3.7 ^a	2.1 ^a	23.5 ^a
T4	<i>T. harzianum</i>	124.3 ^a	0.78 ^a	14.8 ^a	95.0 ^a	16.9 ^a	7.1 ^a	2.7 ^a	26.3 ^a
	Media general	120.2	0.79	10.7	95.0	17.78	4.18	2.08	37.7
	Pr > Fc	0.74 ^{NS}	0.44 ^{NS}	0.13 ^{NS}	0.11 ^{NS}	0.004 ^{**}	0.11 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.08 ^{NS}
	DMS	39.0	0.19	5.2	35.2	4.3	7.4	2.4	12.7

^{DE}Días a la emergencia, ^{%E}Porcentaje de emergencia, ^{AP}Altura de la planta, ^{DCP}Diámetro del cuello de la planta, ^{NHP}Número de hojas por planta, ^{%CF}Porcentaje de cobertura foliar, ^{PPF}Peso de la planta fresca, ^{PPS}Peso de la planta seca, ^{VRF}Volumen de la raíz fresca.

£Valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ **= Altamente significativo ($\alpha \leq 0.01$). DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Aunque el número de hojas tampoco fue afectado significativamente, se notó que, el tratamiento con *Trichoderma* sp. (T2) presentó promedio 14.88 % superior al de *T. harzianum* (T4), pero fue superado en 8.79 % por el testigo (Cuadro 1), resultados en concordancia con los obtenidos por Andrzejak et al. (2021) quienes reportaron que, la inoculación de *Trichoderma* spp. no tuvo efectos estadísticamente significativos en las variables estudiadas en plantas ornamentales; sin embargo, encontraron que este agente benéfico estimuló el desarrollo de las hojas y la producción de clorofila. En cuanto al peso de follaje fresco, se notó una tendencia similar a la variable anterior, debido a que las plantas del testigo (T1) obtuvieron el mayor valor que fue 19.72 % mayor que los tratamientos con *T. asperellum* (T3) y *T. harzianum* (T4) que presentaron promedios iguales (Cuadro 1); al respecto, en algunas investigaciones se ha reportado que, la acumulación de biomasa vegetal puede ser similar en tratamientos con diferentes cepas de *Trichoderma*. Tal es el caso de lo señalado por Mei et al. (2019), quienes determinaron que, la inoculación de *T. asperellum* 525, *T. harzianum* 610 y *T. pseudokoningii* 886 contra *F. oxysporum*, tuvo efecto significativo en el peso de las plantas frescas de pepino inoculadas con estos hongos biocontroladores, en comparación con aquellas del tratamiento testigo. El efecto de los tratamientos presentado en el peso de la materia fresca, es coincidente para el peso del follaje seco, pero en este caso se presentaron diferencias significativas, debido a que el promedio en *Trichoderma* sp. (T2) alcanzó 20.95 g, estadísticamente similar al testigo (23.33 g), y superior en 25.5 % y 27.6 % a tratamientos con *T. asperellum* (T3) y *T. harzianum* (T4), respectivamente (Cuadro 1). Estos hallazgos difieren de los de Yedidia et al. (2001), quienes documentaron incrementos significativos de hasta 80 % en esta variable tras inoculación con *Trichoderma* sp.

El peso de la raíz fresca mostró un comportamiento completamente diferente a las dos variables medidas en el follaje de las plantas, pues, los promedios demostraron que la aplicación de *T. harzianum* (T4) provocó el mayor efecto, pero sin diferencias estadísticas con los demás tratamientos (Cuadro 1); aunque estudios previos se ha reportado el efecto positivo de la inoculación de *Trichoderma* spp. se ha reportado en otros cultivos; como se mencionó en el informe de Andrzejak et al. (2021), quienes observaron que, la aplicación de *Trichoderma* spp., estimuló el desarrollo de brotes y la cantidad y el tamaño de flores en las plantas ornamentales.

El peso seco de la raíz fue menor en los tratamientos con *Trichoderma spp.* (T2, T3, T4) en comparación con el testigo (T1), siendo T1 un 64.66 % superior a T2, lo cual contrasta con los hallazgos de Mahmoodian et al. (2022), quienes reportaron aumentos del 70 % en frijol con cepas mejoradas. Aunque la longitud de raíz no mostró diferencias significativas, *T. harzianum* (T4) presentó el mayor promedio, superando en 64.6 % al testigo, en línea con Tančić-Živanov et al. (2020). Sin embargo, Wang et al. (2023) reportaron incrementos significativos en la longitud de raíz en pepino tratado con *T. asperellum* FJ035 frente a plantas no inoculadas.

Se encontraron correlaciones positivas entre altura, número de hojas y biomasa, lo que evidencia una relación favorable entre estos parámetros, asociación coincidente con lo reportado por Wu et al. (2022) y Mahmoodian et al. (2022), quienes destacan el potencial de *Trichoderma spp.* para mejorar el crecimiento vegetal, por lo que, la utilización del hongo como inoculante resultaría en una correlación significativa y positiva entre los parámetros asociados al crecimiento de la planta.

CONCLUSIÓN

La inoculación de diferentes cepas de *Trichoderma spp.* no favoreció de manera consistente el crecimiento vegetativo de plantas de pepino bajo condiciones de invernadero en clima subhúmedo. Aunque se observó una ligera respuesta positiva en variables como peso del follaje seco y longitud de raíz en plantas tratadas con *T. harzianum*, la mayoría de los tratamientos inoculados no superaron al testigo en altura de planta, diámetro del cuello, número de hojas ni peso de raíz fresca y seca. Estos resultados contrastan con reportes previos en otros cultivos y condiciones, donde *Trichoderma* ha mostrado efectos bioestimulantes. El análisis de correlación confirmó asociaciones positivas entre altura de planta, número de hojas y biomasa, indicando que el desarrollo vegetativo del cultivo mantiene una relación directa entre estas variables. Se concluye que, bajo las condiciones de este estudio, la aplicación de *Trichoderma spp.* no generó beneficios relevantes en el cultivo de pepino.



Agradecimientos

Se expresa nuestro agradecimiento al laboratorio de Fitopatología del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero por las facilidades otorgadas y proporcionar, equipo, materiales y los recursos económicos requeridos para la realización de la investigación. Asimismo, a la Técnica Laboratorista C. Duvelsa Camacho Rodríguez por el apoyo durante la realización del experimento.

LITERATURA CITADA

- Amanullah, A., Iqbal, A., Ali, S., Fahad, S., & Parmar, B. (2016). Nitrogen source and rate management improve maize productivity of smallholders under semiarid climates. *Front. Plant Sci.*, 7, 1773. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01727>
- Andrzejak, R., Janowska, B., Reńska, B., & Kosiada, T. (2021). Effect of *Trichoderma* spp. and Fertilization on the Flowering of *Begonia × tuberhybrida* Voss. 'Picotee Sunburst'. *Agronomy*, 11, 1278. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071278>
- Barabasz, W., Albińska, D., Jaśkowska, M., & Lipiec, J. (2002). Biological effects of mineral nitrogen fertilization on soil microorganisms *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(3), 193-198.
- Barrera-Torres, C. (2011). Pepino persa, negocio para pequeños productores. <https://www.economista.com.mx/opinion/Pepino-persa-negociopara-pequenosproductores-20111108-0003.html>.
- Chang, Y. C., Baker, R., Kleifeld, O., & Chet, I. (1986). Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis.*, 70, 145. <https://doi.org/10.1094/PD-70-145>
- Contreras-Cornejo, H. A., Macias-Rodriguez, L., Cortes-Penagos, C., & Lopez-Bucio, J. (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.*, 149, 1579–1592. <https://doi.org/10.1104/pp.108.130369>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). (2022). Pepino. Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cosecha de Año Agrícola 2021 Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI/> fecha de consulta: 08/11/2023.
- García, E. (2005). *Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen*. Cuarta edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México D.F. 59 pp.

- Geisseler, D., & Scow, K. M. (2014). Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 75, 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.03.023>
- Guzmán-Guzmán, P., Kumar, A., de los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Orozco-Mosqueda, M.d.C., Fadji, A. E., Hyder, S., Babalola, O. O., & Santoyo, G. (2023). *Trichoderma* Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases—A Review. *Plants*, 12, 432. <https://doi.org/10.3390/plants12030432>
- Hao, D., Lang, B., Wang, Y., Wang, X., Liu, T., & Chen, J. (2022). Designing synthetic consortia of *Trichoderma* strains that improve antagonistic activities against pathogens and cucumber seedling growth. *Microbial Cell Factories*, 21, 234. <https://doi.org/10.1186/s12934-022-01959-2>
- Kaur, M., & Sharma, P. (2021). Recent advances in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/14620316.2021.1945956>
- Krasilnikov, P., Taboada, M. A., & Amanullah. (2022). Fertilizer use, soil health and agricultural sustainability. *Agriculture*, 12, 462. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040462>
- Liu, Q., Xu, H., & Yi, H. (2021). Impact of fertilizer on crop yield and C:N:P stoichiometry in arid and semi-arid soil. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 4341. <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/8/4341#>
- Mahmoodian, S., Kowsari, M., Motallebi, M., Zamani, M., & Moghaddasi Jahromi, Z. (2022). Effect of improved *Trichoderma harzianum* on growth and resistance promotion in bean plant. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65, e22210671. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210671>
- Mei, L., Guang-shu, M., Hua, L., Xiao-lin, S., Ying, T., Wen-kun, H., Jie, M., & Xiliang, J. (2019). The effects of *Trichoderma* on preventing cucumber fusarium wilt and regulating cucumber physiology. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(3), 607–617.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M. T., Landi, L., Pietramellara, G., & Renella, G. (2003). Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, 54(4), 655–670. <https://doi.org/10.1046/j.1351-0754.2003.0556.x>
- Olowe, O. M., Nicola, L., Asemoloye, M. D., Akanmu, A. O., & Babalola, O. O. (2022). *Trichoderma*: Potential bio-resource for the management of tomato root rot diseases in africa. *Microbiol. Res.*, 257, 126978. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.126978>
- Ousley, M. A., Lynch, J. M., & Whipps, J. M. (1994). Potential of *Trichoderma* spp. as consistent plant growth stimulators. *Biol. Fertil. Soils*, 17, 85–90. <https://doi.org/10.1007/BF00337738>
- Ozlu, E., & Kumar, S. (2018). Response of soil organic carbon, ph, electrical conductivity, and water stable aggregates to long-term annual manure and inorganic fertilizer. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 82, 1243. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.02.0082>

- Pahalvi, H. N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B., & Kamili, A.N. (2021). Chemical fertilizers and their impact on soil health. In; G.H., Dar, R.A., Bhat, M.A., Mehmood, and K.R., Hakeem, (Eds.) *Microbiota and Biofertilizers*. Volume 2, (pp. 1–20). Springer. Cham, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4_1
- Rebollar-Rebollar, S., Ramirez-Abarca, O. y Hernández-Martínez, J. (2022). Competitividad y valor agregado de pepino Persa (*Cucumis sativus* L.) en agricultura por contrato: estudio de caso. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-10. e952. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.952>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Pepino. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Avance de siembras y cosechas. Año agrícola 2022 riego+temporal. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola2022/>.
- Smyk, B., Rozycki, E. & Barabasz, W. (1987). Wplyw stosowanie mineralnych nawozow azotowych na wystepowanie nitrozoamin i mikotoksyn w Srodowiskach glebowych gorskich ekosystemow trawiastych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol*, 337, 193.
- Smyk B., Rozycki E., & Barabasz W. (1989). Wplyw stosowania mineralnych nawozow azotowych (N i NPK) na wystepowanie nitroizoamin i mikotoksyn w glebach gorskich ekosystemow trawiastych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln*. 380:151
- Statistical Analysis System (SAS). (2015). *SAS user's guide: Statistics Release*. 6.03 Ed. SAS Institute incorporation, Cary, N.C. USA. 1028 pp.
- Stewart, R. E. (2022). *Fertilizer*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/fertilizer>
- Tančić-Živanov, S., Medić-Pap, S., Danojević, D., & Prvulović, D. (2020). Effect of *Trichoderma* spp. on growth promotion and antioxidative activity of pepper seedlings. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 63, e20180659. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2020180659>
- Thambugala, K. M., Daranagama, D. A., Phillips, A. J. L., Kannangara, S. D., & Promputtha, I. (2020). Fungi vs. fungi in biocontrol: an overview of fungal antagonists applied against fungal plant pathogens. *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, 10, 604923. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.604923>
- Vinale, F., Flematti, G., Sivasithamparam, K., Lorito, M., Marra, R., Skelton, B. W., & Ghisalberti, E. L. (2009). Harzianic acid, an antifungal and plant growth promoting metabolite from *Trichoderma harzianum*. *J. Nat. Prod.* 72, 2032–2035. <https://doi.org/10.1021/np900548p>
- Wang, Z., Hassan, M. U., Nadeem, F., Wu, L., Zhang, F., & Li, X. (2020). Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: a meta-analysis. *Front. Plant Sci.*, 10, 1727. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01727>
- Wang, R., Yu, X., Yin, Y., Norvienyky, J., Khan, R. A. A., Zhang, M., Ren, S., Chen, J. & Liu, T. (2023). Biocontrol of cucumber *Fusarium wilt* by *Trichoderma asperellum* FJ035 dependent on antagonism and spatiotemporal

competition with *Fusarium oxysporum*. *Biological Control*,186. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105334>

Wu, J., Zhu, J., Zhang, D., Cheng, H., Hao, B., & Cao, A. (2022). Beneficial effect on the soil microenvironment of *Trichoderma* applied after fumigation for cucumber production. *Plos One*, 17(8), e0266347. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266347>.

Yedidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y., & Chet, I. (2001). Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant Soil*. 235: 235–242.

