



EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE *CAPSICUM CHINENSE* (JACQ.) EN CHIAPAS MEDIANTE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA

YIELD EVALUATION OF *CAPSICUM CHINENSE* (JACQ.) IN CHIAPAS, THROUGH DIFFERENT INORGANIC FERTILIZATION STRATEGIES

¹ROBERTO RAMÍREZ RAMÍREZ¹, ²MARIA YESENIA RUÍZ AGUILAR², ³HENRY LÓPEZ LÓPEZ^{2*},
⁴ADELA NAZARETH GARCÍA SÁNCHEZ², ⁵GILBERTH FRESH LÓPEZ LÓPEZ³

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Frontera Comalapa. Carretera Frontera Comalapa-Huixnaya Km. 1.5, Ejido Frontera Comalapa, CP. 30146, Frontera Comalapa, Chiapas, México.

²Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro Numero 1923, CP. 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

³Departamento de Maquinaria Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro Numero 1923, CP. 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

*E-mail: henry.lopez.l@hotmail.com

Palabras claves:	Resumen
estrategias ambientales fertilización enterrada en bandas macronutrientes nutrición vegetal	El objetivo fue evaluar la influencia de diferentes técnicas y niveles de fertilización inorgánica sobre la tasa de crecimiento y rendimiento de <i>Capsicum chinense</i> cultivado en campo. Los tratamientos incluyeron un testigo absoluto (TA), fertilización al voleo al 100% (FV100), fertilización enterrada en bandas al 50% (FEB50) y fertilización enterrada en bandas al 100% (FEB100). La FEB100 aumentó la longitud de la raíz en un 11,4%, el grosor del tallo un 14,3% y la altura hasta un 17,1%. Para las variables de calidad, la FEB100 incrementó los diámetros ecuatoriales (20%) y polar de frutos (20,1%), el número de frutos (199,4%) y el rendimiento (250%). Las variables correlacionadas con el rendimiento fueron la longitud de la raíz y el número de frutos. La fertilización enterrada en bandas promovió el crecimiento y rendimiento de <i>C. chinense</i> debido a la disposición de los fertilizantes cerca de la raíz.
Key words:	Abstract
buried banded fertilization environmental strategies macronutrients plant nutrition	The objective was to evaluate the impact of different techniques and levels of inorganic fertilization on the growth rate and yield of <i>Capsicum chinense</i> in the field. The treatments comprised absolute control (AC), 100% broadcast fertilization (BF100), 50% banded in-ground fertilization (BBF50), and 100% banded burial fertilization (BBF100). The findings indicated that BBF100 resulted in an increase of 11.4% in root length, 14.3% in stem thickness, and a maximum of 17.1% in height. For the quality variables, BBF100 increased the diameter of equatorial (20%) and polar fruit diameters (20.1%), fruit number (199.4%), and yield (250%). The variables that positively correlated with performance were root length and fruit number. The utilization of fertilizers in a buried band facilitated the growth and yield of <i>C. chinense</i> , owing to their proximity to the root.

Recibido: 08 de febrero de 2024

Aceptado: 06 de marzo de 2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización:** Henry López López, Gilbert Fresh López López, Maria Yesenia Ruiz Aguilar.

Conservación de datos: Roberto Ramírez Ramírez, Maria Yesenia Ruiz Aguilar, Henry López López. **Análisis formal:** Henry

López López, Adela Nazareth García Sánchez, Maria Yesenia Ruiz Aguilar. **Investigación:** Roberto Ramírez Ramírez, Maria

Yesenia Ruiz Aguilar, Henry López López. **Metodología:** Roberto Ramírez Ramírez, Henry López López, Gilbert Fresh López

López. **Supervisión:** Maria Yesenia Ruiz Aguilar, Gilbert Fresh López López, Adela Nazareth García Sánchez. **Validación:** Henry

López López, Adela Nazareth García Sánchez. **Redacción - revisión y edición:** Roberto Ramírez Ramírez, Henry López López,

Adela Nazareth García Sánchez. **Visualización:** Roberto Ramírez Ramírez, Gilbert Fresh López López, Adela Nazareth García

Sánchez, Henry López López.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Introducción

Una de las Solanáceas más cultivadas en México es *Capsicum chinense* (Jacq.), también conocida como chile habanero (Fabela-Morón et al. 2020). El cual es una variedad del género *Capsicum* y familia *Solanaceae* (Romero-Viacava & Tenorio-Bautista, 2023). Se trata de un cultivo emblemático y tradicional del sureste de México (Borges-Gómez et al., 2014). Los chiles cultivados de *C. chinense* en la Península de Yucatán son reconocidos por su excelente calidad organoléptica, destacando por su alto contenido de capsaicinoides, sabor, aroma y color, así como por su prolongada vida de anaquel (Palma-Orozco et al., 2021).

La relevancia económica de este fruto radica en su amplia demanda a nivel nacional como internacional, tanto como producto en fresco como ingrediente activo de diversos productos en la industria alimentaria, farmacéutica (Menezes et al., 2022) y cosmética (Barik et al., 2022). El fruto maduro presenta tonalidades que oscilan desde el verde oscuro, amarillo, café, naranja y rojo; siendo el naranja el más común para su consumo (Javier-López et al., 2022). Contiene alcaloides denominados capsaicinoides que le otorgan un índice de pungencia picante entre 100 000 a 300 000 unidades Scoville, además de vitamina C, carbohidratos y proteínas (Menezes et al., 2022). Dichas propiedades han contribuido a aumentar la superficie cultivada, pero su producción puede verse obstaculizada por factores, como la selección de cultivares, las prácticas de manejo, las plagas, enfermedades (Moctezuma-Bautista et al., 2021) y el control inadecuado de la nutrición (López Gómez et al., 2017).

Los sistemas agrícolas que emplean fertilizantes inorgánicos (FI) aumentan sus rendimientos en un 40% y se les denominan macronutrientes esenciales para la nutrición completa de los cultivos; siendo el nitrógeno (N) el nutriente principal para el desarrollo y rendimiento de las plantas, seguido del fósforo (P) y el potasio (K) (Lemaire et al., 2021). Sin embargo, el costo de estos FI se ha incrementado hasta un 25%, lo que genera costos elevados de producción y bajos rendimientos en el cultivo de *C. chinense* (Tucuch-Haas et al., 2021). Por otro lado, el mal uso de estos fertilizantes y la aplicación empírica está ocasionando pérdidas económicas (Meneses-Lazo et al., 2020).

Para maximizar la eficacia de los fertilizantes como nutrientes para las plantas y asegurar óptimos rendimientos de frutos, es importante prevenir pérdidas por lixiviación, escorrentía superficial o volatilización por nitrificación; de esta forma, el uso de fertilizantes como iniciadores garantizará una mejora en el vigor del cultivo en etapas tempranas de crecimiento (Blandino et al., 2022). Al aplicar fertilizantes, además del tipo y dosis, debe considerarse el

sistema radicular de la planta y el momento en el que se aplica (Morales et al., 2019). Una estrategia eficiente en el uso de fertilizantes requiere la aplicación por debajo de la superficie del suelo, que sincroniza el suministro de nutrientes, promueve la absorción por las raíces y reduce la perturbación del suelo asociada con la labranza (Janke et al., 2020). Por esta razón, el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de diversas técnicas y niveles de fertilización inorgánica sobre la tasa de crecimiento y rendimiento de *Capsicum chinense* cultivado en campo abierto.

Materiales y Métodos

El estudio se efectuó en el Tecnológico Nacional de México, Campus Frontera Comalapa, ubicado en Chiapas, México (15° 38' 16.1" N, 92° 07' 48" O y 670 msnm). En el periodo de agosto a diciembre de 2020. La fisiografía de la región se caracteriza por mesetas intercaladas con cañadas, con un clima cálido subhúmedo. La precipitación anual media puede alcanzar los 2,000 mm, con lluvias en verano, y las temperaturas medias oscilan entre 26 y 35 °C. Las semillas del *C. chinense* híbrido "Orange" fueron adquiridas de la empresa Trébol Semillas®. Se sembraron en charolas de poliestireno y se utilizó peat moss como sustrato. El trasplante se realizó después de 30 días de la germinación.

Se ajustaron los FI para cada tratamiento según la descripción de Castellanos et al. (2019), con modificaciones en función del análisis de suelo realizado en el laboratorio Fertilab®. Los resultados del análisis revelaron un suelo de textura franca, una conductividad hidráulica de 4,50 cm h⁻¹, un pH de 7,52 y una conductividad eléctrica de 0,12 Ds m⁻¹. Asimismo, se hallaron niveles de materia orgánica de 13,4 g kg⁻¹, nitrógeno de 2,06 mg kg⁻¹, fósforo de 1,39 mg kg⁻¹ y potasio de 28,1 mg kg⁻¹.

Para alcanzar un rendimiento de 15 t ha⁻¹, se emplearon 770 kg de sulfato de amonio como fuente de N, 350 kg de cloruro de potasio como fuente de P y 350 kg de fosfato diamónico como fuente de K. Los FI se aplicaron tanto al voleo cerca de las plantas como enterrados a una profundidad de cinco centímetros cerca de sus tallos, siguiendo el método de aplicación descrito por (Albarran et al., 2018). Los tratamientos evaluados fueron: Testigo Absoluto (TA), Fertilización al Voleo al 100% (FV100), y dos modalidades de Fertilización Enterrada en Bandas al 50% y 100% (FEB50 y FEB100). Los FI fueron pesados en una balanza analítica (310GR Discovery), mezclados y aplicados de acuerdo con el tratamiento. La primera aplicación se realizó justo después del trasplante, la segunda a los 30 días después del trasplante (DDT) y la tercera a los 50 DDT.

El trasplante se realizó en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos. Se prepararon camas de 2x3 m

para cada tratamiento (54 plantas en cada tratamiento), en un área de 30 m² (30 cm de distancia entre plantas y surcos). El control de las malezas se realizó mediante labores culturales y el uso de herbicidas pre y post emergencia, como la sal dimetilamina del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético, glifosato al 41% y diurón. El manejo de plagas y enfermedades se efectuó con cipermetrina, spinetoram y benomilo. Además, se aplicó riego rodado diariamente.

Se registraron las variables agronómicas cada 20 DDT utilizando 25 plantas por tratamiento. Se empleó un flexómetro para obtener la altura de la planta, el diámetro del tallo con un vernier digital, y se realizó un muestreo destructivo de tres plantas para la longitud de las raíces (López-López et al., 2023). Los frutos se cosecharon, de acuerdo con su madurez fisiológica, a los 90, 100 y 110 DDT. Se evaluó la calidad de los frutos mediante el diámetro ecuatorial y polar obtenidos con un vernier digital. Se obtuvo el rendimiento del peso total de cada tratamiento mediante una balanza analítica (310GR Discovery) y se calculó el peso promedio dividiendo el peso total entre el número de frutos (López-Gómez et al., 2017).

Se llevo a cabo un diseño completamente al azar para todas las variables, se sometieron a un análisis de varianza y a una diferencia de medias por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Además, se efectuó una correlación de Pearson entre los resultados obtenidos. Todos los datos se analizaron con el software estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0.

Resultados Y Discusión

En la figura 1a se aprecia que la FEB100 experimentó un incremento del 11,4% en el crecimiento de las raíces a los 100 DDT en comparación con la FV100. El desarrollo del diámetro del tallo de las plantas evidenció una mejoría en la

FEB100 en comparación con FV100 a los 80 y 100 DDT, con un incremento del 43,9 y 14,3%, respectivamente (figura 1b). El tratamiento FEB100 también promovió un aumento en la altura de la planta desde los 40 hasta los 100 DDT, abarcando un rango de 7,1, 19,9, 19,1 y 17,1%, respectivamente (figura 1c).

La aplicación indiscriminada de FI ha provocado daños a la fertilidad del suelo, la contaminación del agua y las emisiones de gases de efecto invernadero. Para minimizar estos problemas ambientales, es necesario realizar aplicaciones fraccionadas y prevenir la aplicación directa en el suelo (Ashitha et al., 2021). A fin de optimizar la absorción de los FI, se requiere un enfoque predictivo basado en el diagnóstico nutricional integrado; la aplicación de fertilizantes debe realizarse a una profundidad que maximice su eficacia y genere una liberación lenta que enriquezca la zona de aplicación (Janke et al., 2020; Lemaire et al., 2021; Su et al., 2015).

La fertilización en bandas a una profundidad de 10 cm se ha evidenciado como un factor promotor del crecimiento aéreo y el número de raíces laterales en *Brassica napus*, lo que mejoró la absorción de nutrientes y aumentó el rendimiento del cultivo (Su et al., 2015). La FEB y los microorganismos del suelo aumentan el contenido de materia orgánica en los cultivos de *Zea mays* y *Triticum* sp., extendiéndose hasta los 20 cm de profundidad (Albarrán et al., 2018). En estudios de FI en invernadero, el híbrido “King Pakal” de *C. chinense* mostró un crecimiento comparable al de la fertilización orgánica con *Pseudomonas putida* al final del ensayo (125 DDT), en cuanto a la longitud de la raíz, diámetro del tallo y altura de la planta (Chiquito-Contreras et al., 2017). Los resultados de Valdovinos-Nava et al. (2020) en el invernadero, donde se analizaron la nutrición inorgánica y una mezcla de microorganismos (*Azotobacter* spp., *Bacillus thuringiensis*, *B. subtilis*, *B. popilliae*, *Pseudomonas fluorescens*,

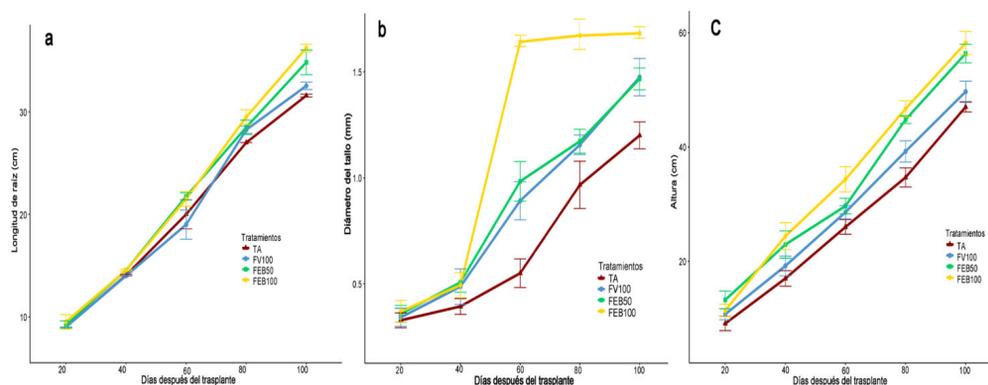


Figura 1. Variables agronómicas de las plantas de *C. chinense* híbrido Orange en función de las diferentes técnicas y niveles de fertilización a campo abierto. a) longitud de la raíz, b) diámetro del tallo y c) altura de la planta

Figure 1. Agronomic variables of *C. chinense* hybrid Orange plants as a function of different techniques and fertilization levels in the open field. a) root length, b) stem diameter, and c) plant height

Rhizoglossum intraradices y *Purpureocillium lilacinum*) en *C. chinense* var. “Chichén Itzá”, evidenciaron similitudes en el diámetro de tallo cuando se aplicó un 100% de fertilizante.

Los resultados de la calidad de los frutos cosechados de *C. chinense* híbrido Orange mostraron un incremento del 20% en el diámetro ecuatorial del fruto con la FEB100 en comparación con FV100, aunque no fue estadísticamente significativo (tabla 1). No obstante, se observó una diferencia del 12,7% en el diámetro ecuatorial con la FEB50 y del 20,1% en la FEB100 en comparación con la FV100. La tasa de fructificación más alta se presentó en la FEB50 (93,9%) y la FEB100 (199,4%). El rendimiento más elevado se obtuvo con la FEB100, equivalente a 2,5 veces más que la FV100, con un rendimiento estimado de 12,4 t ha⁻¹, cercano a las metas establecidas en este estudio.

En *C. chinense* var. “Trinidad Scorpion”, los rendimientos se incrementaron con la fertilización orgánica hasta un peso promedio de frutos de 2,56 g, mientras que con la FI se alcanzó 4,76 g, lo que representó un incremento del 46,2% (Pampuro et al., 2017). Además, el rendimiento de *C. chinense* depende de la coordinación entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, especialmente en la presencia de una dosis elevada de N (51,5 mg dm⁻³), lo cual implica un incremento en la biomasa de los frutos, el cuajado y el índice de cosecha (De Ávila-Silva et al., 2019). Se ha observado que un alto contenido de N favorece la floración y fructificación en *C. chinense*, dado que la planta aumenta su contenido de clorofila para preservar los carbohidratos como fuente de energía y favorece niveles altos de capsaicina, con una relación de K-N de 0:5 (Medina-Lara et al., 2008). Esto sugiere que se requiere más fertilizante nitrogenado que potásico para optimizar el rendimiento y la calidad de los frutos de *C. chinense*, coincidiendo con lo establecido en este experimento (750 kg ha⁻¹ de N y 350 kg ha⁻¹ de K).

Los resultados de la correlación de Pearson revelaron una relación positiva y alta entre el rendimiento de la planta y la longitud de la raíz ($r=0,9979$, $p < 0,002$), el número de frutos ($r=0,9953$, $p < 0,004$) y la altura de la planta ($r=0,9896$, $p < 0,01$), como se muestra en la figura 2. Se observó una correlación baja entre el rendimiento y el diámetro del tallo ($r=0,9181$, $p < 0,0819$).

Tabla 1. Calidad y rendimiento de frutos de *C. chinense* híbrido Orange en función de las diferentes técnicas y niveles de fertilización a campo abierto.

Table 1. Fruit quality and yield of *C. chinense* hybrid Orange as a function of different techniques and fertilization levels in the open field

Tratamiento	Diámetro Ecuatorial (cm)	Diámetro Polar (cm)	Numero Frutos	Rendimiento (kg)
TA	2,68 ± 0,13 b	3,7 ± 0,05 c	2,73 ± 0,70 d	0,083 d
FV100	2,8 ± 0,46 ab	4,73 ± 0,36 b	10,51 ± 0,45 c	1,05 c
FEB50	3,33 ± 0,08 ab	5,33 ± 0,21 ab	20,38 ± 0,38 b	2,63 b
FEB100	3,36 ± 0,13 a	5,68 ± 0,25 a	31,47 ± 2,73 a	3,72 a
p valor	0,018	0,0001	0,0001	0,0001

En cada columna letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0,05$).

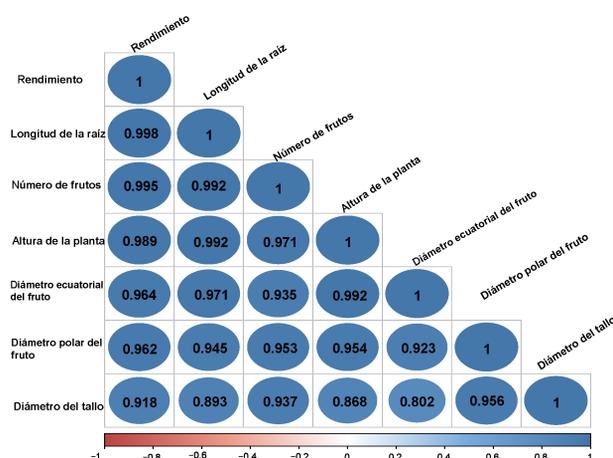


Figura 2. Correlación de Pearson entre los parámetros evaluados en el cultivo de *C. chinense* híbrido Orange en función de las diferentes técnicas y niveles de fertilización a campo abierto

Figure 2. The Pearson correlation between the parameters analyzed in the *C. chinense* hybrid Orange, as a result of the various techniques and fertilization levels utilized in the open field, is a significant factor

Se ha demostrado que un desarrollo radicular adecuado no solo mejora la absorción de nutrientes, sino que también facilita la colonización por rizobacterias que fomentan el crecimiento vegetal (Gouda et al., 2018). Esto contribuye a mejorar la eficiencia de los recursos, reforzando la sanidad vegetal mediante la fijación de N (nitrificación o fijación de N₂ atmosférico en el suelo), solubilización de fosfatos y/o potasio (por ácidos orgánicos), producción de sideróforos, fitohormonas (como ácido indol-3-acético, giberelinas, brasinoesteroides y auxinas), y enzimas como la 1-amino-ciclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminasa y cianato de hidrógeno (Gouda et al., 2018; Reid et al., 2021). Esto podría explicar la respuesta en el incremento de la longitud de la raíz en los tratamientos con fertilización enterrada en bandas (Figura 1a), lo que reflejo un aumento en el rendimiento (Tabla 1) y una correlación positiva elevada entre estas dos variables (figura 2).

Conclusiones

La técnica de fertilización y la dosis de aplicación tienen influencia en el desarrollo y rendimiento de las plantas de *Capsicum chinense* var. "Orange" en condiciones de campo abierto. La fertilización enterrada en bandas de los tres macronutrientes (N, P y K) al 50 y 100% promueve un mayor crecimiento de la raíz, la altura de la planta, así como el diámetro polar y ecuatorial de los frutos de *C. chinense* var. "Orange". Además del aumento en el número y el peso de los frutos con el tratamiento FEB100 en comparación con los frutos fertilizados convencionalmente. El uso racional de fertilizantes inorgánicos en bandas podría ser una estrategia eficaz para la producción de *C. chinense* en campo abierto, lo que representa una alternativa potencial en la agricultura en Chiapas, México o áreas con condiciones similares.

Bibliografía

- Albarran, C. B. A., Gonzalez, T. B., & Solis, M. E. (2018). Mayor ganancia con Agricultura de Conservación en Irapuato, Guanajuato. *EnLACe, la revista de la Agricultura de conservación*, 45, 16-19. <https://hdl.handle.net/10883/20166>
- Ashitha, A., Rakhimol, K. R., & Mathew, J. (2021). Fate of the conventional fertilizers in environment. En F. B. Lewu, T. Volova, S. Tomas, & K. R. Rakhimol (Eds.), *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture* (pp. 25-39). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819555-0.00002-9>
- Barik, S., Ponnampalnam, N., C. Reddy, A., Lakshmana, L. R., Saha, K., Acharya, G. C., & Madhavi Reddy, K. (2022). Breeding peppers for industrial uses: Progress and prospects. *Industrial Crops and Products*, 178, 114626. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2022.114626>
- Blandino, M., Battisti, M., Vanara, F., & Reyneri, A. (2022). The synergistic effect of nitrogen and phosphorus starter fertilization sub-surface banded at sowing on the early vigor, grain yield and quality of maize. *European Journal of Agronomy*, 137, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126509>
- Borges-Gómez, L., Moo-Kauil, C., Ruíz-Novelo, J., Osalde-Balam, M., González-Valencia, C., Yam-Chimal, C., & Can-Puc, F. (2014). Suelos destinados a la producción de chile habanero en Yucatán: Características físicas y químicas predominantes. *Agrociencia*, 48(4), 347-359.
- Castellanos, J. Z., Etchevers-Barra, J. D., Peña-Datoli, M., Huerta-García, S., Ortiz-Monasterio, I., Arango-González, A., Macías-Cervantes, J., & Venegas-Villaroel, C. (2019). *¿Como crece y se nutre una planta de maíz?* (1a ed.). Fertilab. ISBN: 09786079851705
- Chiquito-Contreras, R. G., Murillo-Amador, B., Chiquito-Contreras, C. J., Márquez-Martínez, J. C., Córdoba-Matson, M. v., & Hernández-Montiel, L. G. (2017). Effect of *Pseudomonas putida* and inorganic fertilizer on growth and productivity of habanero pepper (*Capsicum Chinense* Jacq.) in greenhouse. *Journal of Plant Nutrition*, 40(18), 2595-2601. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1381119>
- de Ávila-Silva, L., Condori-Apfata, J. A., Marques-Marcelino, M., Azevedo-Tavares, A. C., Raimundi, S. C. J., Martino, P. B., Araujo, W. L., Zsögön, A., Sulpice, R., & Nunes-Nesi, A. (2019). Nitrogen differentially modulates photosynthesis, carbon allocation and yield related traits in two contrasting *Capsicum chinense* cultivars. *Plant Science*, 283, 224-237. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.02.014>
- Fabela-Morón, M. F., Cuevas-Bernardino, J. C., Ayora-Talavera, T., & Pacheco, N. (2020). Trends in capsaicinoids extraction from habanero chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq.): Recent advanced techniques. *Food Reviews International*, 36(2), 105-134. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1630635>
- Gouda, S., Kerry, R. G., Das, G., Paramithiotis, S., Shin, H. S., & Patra, J. K. (2018). Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiological Research*, 206, 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016>
- Janke, C. K., Moody, P., & Bell, M. J. (2020). Three-dimensional dynamics of nitrogen from banded enhanced efficiency fertilizers. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 118(3), 227-247. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10095-5>
- Javier-López, L., Palacios-Torres, R. E., Ramírez-Seañez, A. R., Hernández-Hernández, H., Antonio-Luis, M. del C., Yam-Tzec, J. A., & Chaires-Grijalva, M. P. (2022). Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en lombricomposta con fertilización orgánica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3), 1-10. <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3348>
- Lemaire, G., Tang, L., Bélanger, G., Zhu, Y., & Jeuffroy, M. H. (2021). Forward new paradigms for crop mineral nutrition and fertilization towards sustainable agriculture. *European Journal of Agronomy*, 125, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126248>
- López-Gómez, J. D., Villegas-Torres, O. G., Sotelo, N. H., Andrade, R. M., Juárez, L. P., & Martínez, F. E. (2017). Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutricional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1747-1758. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.699>
- López-López, H., Ruiz-Lau, N., Meza-Gordillo, R., Ruiz-Valdiviezo, V. M., Robledo-Luchetti, J. G., Lecona-Guzmán, C. A., Villalobos-Maldonado, J. J., Dendooven,

- L., & Montes-Molina, J. A. (2023). Antifungal potential of *Beauveria bassiana* on *Solanum lycopersicum* L. infected with *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 92(4), 1235-1255. <https://doi.org/10.32604/phyton.2023.025716>
- Medina-Lara, F., Echevarría-Machado, I., Pacheco-Arjona, R., Ruiz-Lau, N., Guzmán n-Antonio, A., & Martínez-Estevez, M. (2008). Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Hortscience*, 43(5), 1549-1554. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1549>
- Meneses-Lazo, R., Garruña, R., Echevarría-Machado, I., Alvarado-López, C., Villanueva-Couoh, E., García-Maldonado, J. Q., & Cristóbal-Alejo, J. (2020). Growth, chlorophyll fluorescence and gas exchange of pepper (*Capsicum chinense* jacq.) plants in response to uptake and partitioning of nutrients. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80(4), 585-597. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392020000400585>
- Menezes, R. de P., Bessa, M. A. de S., Siqueira, C. de P., Teixeira, S. C., Ferro, E. A. V., Martins, M. M., Cunha, L. C. S., & Martins, C. H. G. (2022). Antimicrobial, antivirulence, and antiparasitic potential of *Capsicum chinense* Jacq. xtracts and their isolated compound capsaicin. *Antibiotics*, 11(9), 1-22. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11091154>
- Moctezuma-Bautista, K., Ortiz-García, C. F., Palma-López, D. J., Cerón-Hernández, L. A., Fernández-Pavía, S. P., Rodríguez-Alvarado, G., & Landero-Valenzuela, N. (2021). Etiology of habanero pepper (*Capsicum chinense*) wilt in Tabasco, México. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 39(3), 503-514. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2103-5>
- Morales, P., Córdón, L., Girón, J., & Morales, S. (2019). La Fertilización al Suelo y Foliar. *Cedicafé*. <https://www.anacafe.org/uploads/file/bb1e602c37b148df897c61a5f1ba9682/Boletin-CEDICAFE-Mayo-2019-.pdf>
- Moreno-Salazar, R., Sánchez-García, I., Chan-Cupul, W., Ruiz-Sánchez, E., Hernández-Ortega, H. A., Pineda-Lucatero, J., & Figueroa-Chávez, D. (2020). Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of *Capsicum chinense* biofertilized with *Purpureocillium lilacinum* under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, 261, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108950>
- Oboh, G., Puntel, R. L., & Rocha, J. B. T. (2007). Hot pepper (*Capsicum annum*, Tepin and *Capsicum chinese*, Habanero) prevents Fe²⁺-induced lipid peroxidation in brain-*in vitro*. *Food Chemistry*, 102(1), 178-185. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2006.05.048>
- Palma-Orozco, G., Orozco-Álvarez, C., Chávez-Villeda, A. A., Mixtega-Martínez, A., & Castro-Muñoz, R. (2021). Capsaicin content in red habanero chilli (*Capsicum chinense* Jacq.) and its preservation after drying process. *Future Foods*, 4, 100070. <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2021.100070>
- Pampuro, N., Tebaldo, V., Fabbri, D., Calza, P., Faga, M. G., & Cavallo, E. (2017). Effect of organic fertilization on capsaicin content in Trinidad Scorpion (*Capsicum Chinese*) peppers: Preliminary results. *Chemical Engineering Transactions*, 58, 253-258. <https://doi.org/10.3303/CET1758043>
- Reid, T. E., Kavamura, V. N., Abadie, M., Torres-Ballesteros, A., Pawlett, M., Clark, I. M., Harris, J., & Mauchline, T. H. (2021). Inorganic chemical fertilizer application to wheat reduces the abundance of putative plant growth-promoting rhizobacteria. *Frontiers in Microbiology*, 12, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.642587>
- Romero-Viacava, M., & Tenorio-Bautista, S. M. (2023). Evaluation of different substrates in the cultivation of two varieties of *Capsicum chinense* Jacq. "chile habanero" Mexican chili, in a controlled environment. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(1), 33-46. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110100030>
- Seleiman, M. F., Almutairi, K. F., Alotaibi, M., Shami, A., Alhammad, B. A., & Battaglia, M. L. (2021). Nano-fertilization as an emerging fertilization technique: ¿Why can modern agriculture benefit from its use? *Plants*, 10(1), 1-27. <https://doi.org/10.3390/plants10010002>
- Su, W., Liu, B., Liu, X., Li, X., Ren, T., Cong, R., & Lu, J. (2015). Effect of depth of fertilizer banded-placement on growth, nutrient uptake and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *European Journal of Agronomy*, 62, 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.09.002>
- Tucuch-Haas, C. J., Angulo-Castro, A., & Tucuch-Haas, J. I. (2021). Production and quality of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) with chemical and organic fertilization. *Agro Productividad*, 14(1), 63-68. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i14.1777>
- Valdovinos-Nava, W., Chan-Cupul, W., Hernández-Ortega, H. A., & Ruíz-Sánchez, E. (2020). Effects of biological and mineral fertilization on the growth, nutrition, and yield of *Capsicum chinense* under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 43(15), 2286-2298. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1771586>
- Zamljen, T., Zupanc, V., & Slatnar, A. (2020). Influence of irrigation on yield and primary and secondary metabolites in two chilies species, *Capsicum annum* L. and *Capsicum chinense* Jacq. *Agricultural Water Management*, 234, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106104>
- Zhang, J., Lv, J., Dawuda, M. M., Xie, J., Yu, J., Li, J., Zhang, X., Tang, C., Wang, C., & Gan, Y. (2019). Appropriate ammonium-nitrate ratio improves nutrient accumulation and fruit quality in pepper (*Capsicum annum* L.). *Agronomy*, 9(11), 1-21. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110683>