

Crecimiento y rendimiento del chile dulce criollo (*Capsicum annum* L) en sustrato orgánico con fertilización suplementaria de NPK

Crescimento e produtividade da pimenta criollo (*Capsicum annuum* L.) Em substrato orgânico com fertilização suplementar de NPK

Growth and yield of the criollo sweet chili pepper (*Capsicum annum* L) in organic substrate with supplementary NPK fertilization

DOI: 10.34188/bjaerv9n2-257

Submitted: Mar 20th, 2026

Approved: Apr 2nd, 2026

Vianey González Jiménez

Doctorada en Ciencias Agrícolas en el Trópico por el Colegio de Postgraduados
Profesora de la Universidad Popular de la Chontalpa
Tabasco. México
Correo electrónico: vianey.gonzalez@upch.mx

Víctor Hugo Quej Chi

Doctor en Tecnología Agroalimentaria para una Agricultura sostenible por la Universidad Politécnica de Madrid España
Profesor Investigado del Colegio de Postgraduados Campus Campeche
Campeche. México
Correo electrónico: quej@colpos.mx

Edelia Claudina Villarreal Ibarra

Doctora por Investigación por el Colegio de Postgraduados
Profesora Investigadora Universidad Popular de la Chontalpa
Tabasco. México
Correo electrónico: edelia.villareal@upch.mx

Benigno Rivera Hernández

Doctor en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable por el Tecnológico Nacional de México
Profesor Invetigador de la Universidad Popular de la Chontalpa
Tabasco. México
Correo electrónico: benigno.rivera@upch.mx

Juana Marín Turriza

Doctora en Educación en Ciencias por el Centro de Investigación de Posgrado A.C.
Profesora Investigadora Universidad Popular de la Chontalpa
Tabasco. México
Correo electrónico: juanita.marin@upch.mx

Kassandra Farias Cruz

Estudiante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía
Universidad Popular de la Chontalpa
Tabasco. México
Correo electrónico: kassfarias84@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dosis complementaria de NPK sobre el crecimiento y rendimiento de chile dulce criollo (*Capsicum annuum* L.) cultivado en sustrato orgánico. Se evaluaron tres dosis de fertilizante granular triple 17-17-17 (5, 10 y 15 g planta⁻¹) y un testigo sin fertilización química, bajo un diseño completamente al azar. Cada tratamiento estuvo conformado por 50 plantas y la parcela útil correspondió a 20 plantas centrales. Se determinaron variables de crecimiento: altura de planta, altura a la bifurcación del tallo, diámetro del tallo, contenido relativo de clorofila (unidades SPAD) e índice de área foliar; además, producción de fruto por planta, rendimiento de fruto fresco por hectárea y porcentaje de frutos por categoría de diámetro. No se detectaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos en las variables de crecimiento, producción por planta ni rendimiento por hectárea. En contraste, el porcentaje de frutos de mayor diámetro aumentó significativamente con la dosis de 15 g planta⁻¹, seguido por la dosis de 10 g planta⁻¹. Se concluye que la fertilización complementaria con NPK no modificó el crecimiento ni el rendimiento total bajo las condiciones del estudio, pero favoreció la proporción de frutos de mayor tamaño.

Palabras clave: producción, unidades SPAD, chile dulce criollo, sustrato orgánico

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação suplementar com NPK no crescimento e na produtividade de pimentões doces nativos (*Capsicum annuum* L.) cultivados em substrato orgânico. Três doses do fertilizante granulado triplo 17-17-17 (5, 10 e 15 g planta⁻¹) e um controle sem adubação química foram avaliados em um delineamento inteiramente casualizado. Cada tratamento consistiu em 50 plantas e a parcela experimental, em 20 plantas. As variáveis de crescimento determinadas foram: altura da planta, altura até a bifurcação do caule, diâmetro do caule, teor relativo de clorofila (unidades SPAD) e índice de área foliar; além disso, foram mensurados a produção de frutos por planta, a produtividade de frutos frescos por hectare e a porcentagem de frutos por categoria de diâmetro. Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos nas variáveis de crescimento, produção por planta ou produtividade por hectare. Em contrapartida, a porcentagem de frutos de maior diâmetro aumentou significativamente com a dose de 15 g planta⁻¹, seguida pela dose de 10 g planta⁻¹. Conclui-se que a fertilização suplementar com NPK não modificou o crescimento ou a produção total nas condições do estudo, mas favoreceu a proporção de frutos maiores.

Palavras-chave: produção, unidades SPAD, pimentão doce nativo, substrato orgânico

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of complementary NPK fertilization rates on the growth and yield of creole sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivated in an organic substrate. Three rates of granular triple fertilizer (17-17-17) (5, 10, and 15 g plant⁻¹) and an unfertilized control were evaluated under a completely randomized design. Each treatment consisted of 50 plants, and the experimental unit included the 20 central plants. Growth variables were assessed, including plant height, height to stem bifurcation, stem diameter, relative chlorophyll content (SPAD units), and leaf area index. In addition, fruit production per plant, fresh fruit yield per hectare, and the percentage of fruits by diameter category were determined. No statistically significant differences ($p \leq 0.05$) were detected among treatments for growth variables, production per plant, or yield per hectare. In contrast, the percentage of larger-diameter fruits increased significantly with the 15 g plant⁻¹ rate, followed by the 10 g plant⁻¹ rate. It is concluded that complementary NPK fertilization did not affect growth or total yield under the conditions of this study; however, it favored the proportion of larger-sized fruits.

Keywords: production, SPAD units, creole sweet pepper, organic substrate

1 INTRODUCCIÓN

El cultivo *Capsicum annuum* L, particularmente en sus tipos dulces y criollos, reviste gran importancia económica y social en sistemas hortícolas en el sureste de México. El manejo nutricional constituye uno de los factores más determinantes en el crecimiento vegetativo, la floración y el llenado de frutos. Estudios recientes han demostrado que los esquemas de nutrición orgánica pueden mejorar indicadores agronómicos y económicos en *C. annuum*, resaltando la necesidad de optimizar las fuentes y combinaciones de fuentes de nutrientes para maximizar la productividad (Garrigues & Garrigues, 2025).

La comparación entre fertilización orgánica y química ha sido ampliamente abordada en diferentes tipos de chile. En chile poblano, se ha evidenciado que tanto las fuentes orgánicas como las químicas influyen significativamente en el rendimiento de fruto, aunque su efecto depende de la dosis y del contexto edafoclimático (Tlelo-Cuautle et al., 2020). De manera similar, investigaciones en chile serrano reportan que la integración de fertilización química y orgánica puede potenciar el rendimiento bajo condiciones tropicales, sugiriendo que la complementariedad nutricional favorece una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes (Díaz-José et al., 2023). Estos hallazgos subrayan la relevancia de esquemas combinados para mejorar la productividad en chile dulce criollo.

El uso de enmiendas orgánicas como complemento de la fertilización mineral ha mostrado efectos positivos en la producción de pimiento en diversas regiones. La incorporación de materia orgánica en combinación con fertilización química favorece el crecimiento y aumenta el rendimiento del cultivo, debido a las mejoras en la estructura del suelo y a la disponibilidad gradual de nutrientes (Zhao et al., 2025). En chile dulce criollo, bajo un esquema de fertilización química, se ha reportado una producción de 361.10 g planta⁻¹ y un rendimiento de 10.09 t ha⁻¹ mediante la aplicación de 254 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 102 kg ha⁻¹ de fósforo y 340 kg ha⁻¹ de potasio (Ramírez-Seañez et al., 2023).

Asimismo, se ha demostrado que los desechos agrícolas constituyen recursos sustentables y de fácil acceso para la elaboración de medios de cultivo en papaya (Megchun-García et al., 2024). De igual manera, los estiércoles bovinos representan una fuente importante de nutrientes durante la fase de crecimiento temprano del tomate (Alves et al., 2006). No obstante, es necesario evaluar tanto el método de compostaje como las proporciones empleadas en la producción de cultivos, ya que ambos factores pueden generar variaciones significativas en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

En conjunto, estos antecedentes evidencian la necesidad de evaluar el crecimiento y rendimiento del chile dulce criollo en sustratos orgánicos con fertilización suplementaria de NPK, a fin de determinar combinaciones óptimas que integren sostenibilidad y eficiencia productiva

(Garrigues & Garrigues, 2025; Tlelo-Cuautle et al., 2020).

Por lo anterior el objetivo del estudio fue determinar el efecto de la fertilización complementaria con NPK sobre las variables de crecimiento y el rendimiento del chile dulce criollo (*Capsicum annuum* L.) cultivado en sustrato orgánico. Se planteó la hipótesis de que la combinación de una enmienda orgánica con fertilización suplementaria NPK incrementa significativamente el crecimiento y el rendimiento del cultivo, en comparación con el uso exclusivo del sustrato orgánico, debido a un efecto complementario entre la liberación gradual de nutrientes provenientes de la enmienda y el suministro inmediato de macronutrientes minerales.

2 METODOLOGÍA

El experimento se realizó en el campo experimental del área de Ciencias Agronómicas de la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCh), México. Se utilizaron semillas de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) proporcionadas por el Laboratorio de Biotecnología y Fisiología Vegetal de la UPCh, con tres meses de almacenamiento a 20 °C. La siembra se efectuó en charolas de poliestireno de 200 cavidades, colocando una semilla por celda y empleando turba comercial (peat moss) como sustrato. El riego se aplicó conforme a la demanda hídrica de las plántulas. Posteriormente, el 5 de noviembre de 2024, las plantas se trasplantaron a bolsas de polietileno de 45 × 45 cm, llenadas con una mezcla de cascarilla de cacao, estiércol bovino, compost y suelo tipo Fluvisol en proporción 1:1.5:1:2 (v/v). Las características químicas del sustrato fueron descritas previamente por Hernández et al. (2022). El cultivo se estableció en una estructura metálica cubierta con malla antiáfidos. La distancia de siembra fue de 1.4 m entre hileras y 0.50 m entre plantas. Se evaluaron tres dosis de fertilizante granular triple 17-17-17 (N-P-K): 5, 10 y 15 g por planta. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar. Cada tratamiento estuvo constituido por 50 plantas; la parcela útil correspondió a las 20 plantas centrales.

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), medida desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento; altura a la bifurcación del tallo (cm), determinada desde la base hasta la primera bifurcación; diámetro de tallo (mm), medido a 1 cm por encima del nivel del sustrato con un vernier electrónico (Truper® modelo 14388); contenido relativo de clorofila (unidades SPAD), determinado con un medidor portátil SPAD-502 (Minolta, Osaka, Japón), calibrado antes de cada sesión de medición conforme a las instrucciones del fabricante. Las lecturas SPAD se realizaron en tres hojas jóvenes completamente expandidas por planta, seleccionadas al azar dentro de la parcela útil, con cinco mediciones por hoja. Todas las evaluaciones se efectuaron a las 11:00 h durante la etapa de floración. El índice de área foliar se determinó con un ceptómetro LP-80 (Decagon Devices, Pullman, WA, EE. UU.). La producción de fruto por planta (g planta^{-1}) se calculó mediante la suma

del peso de los frutos cosechados en cuatro cortes realizados durante el ciclo del cultivo, considerando las 20 plantas de la parcela útil por tratamiento; los frutos se cosecharon en estado verde brillante. Se realizó una clasificación por tamaño de diámetro, de acuerdo a la escala propuesta por Santamaría-Basulto et al., (2024), frutos chicos de 6 a 7 cm, frutos medianos de 7.1 a 8 cm, frutos grande mayores de 8.1 cm. Con base en la producción por planta y la densidad de siembra, se estimó el rendimiento de fruto fresco por hectárea ($t\ ha^{-1}$). Los datos se sometieron a pruebas de normalidad mediante Shapiro-Wilk. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0.05. Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa InfoStat versión 2020e.

En la Figura 1 se presenta el crecimiento y desarrollo de las plantas durante el ciclo del cultivo, así como las características morfológicas y de calidad de los frutos evaluados. Asimismo, se ilustra el procedimiento de toma de datos en campo para la medición de las variables agronómicas y productivas consideradas en el estudio. Estas evaluaciones permitieron documentar de manera integral el comportamiento del cultivo, tanto en su desarrollo vegetativo como en los atributos físicos y de calidad del fruto. Figura 1. Imágenes del cultivo de chile dulce criollo (*Capsicum annuum* L.) en sustrato orgánico con fertilización suplementaria NPK.

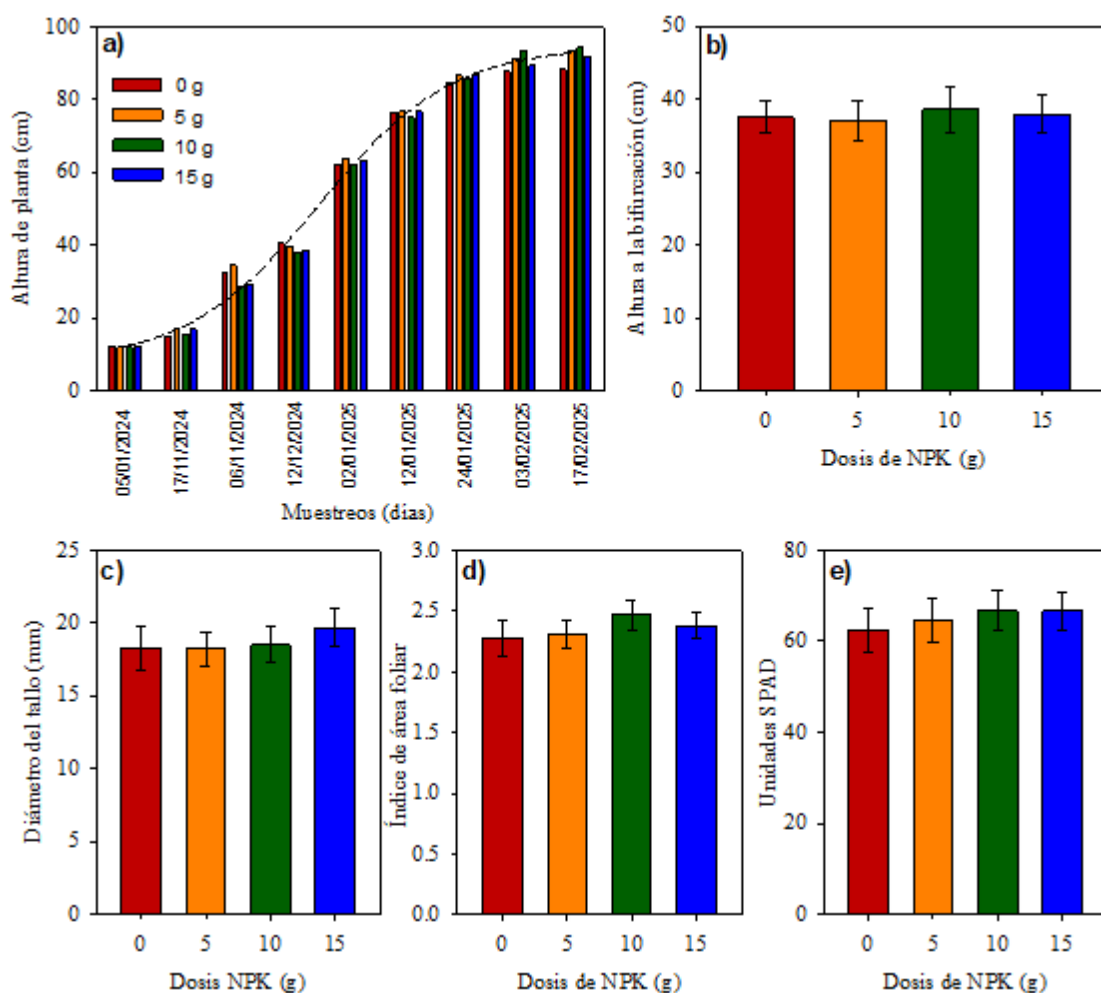


Fuente: elaboración propia (2026).

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

El crecimiento del chile dulce criollo presentó un patrón sigmoïdal típico, sin diferencias significativas entre dosis de NPK en ninguna fecha de evaluación ($p \geq 0.05$) (Figura 2a). La máxima elongación ocurrió entre el 2 y el 24 de enero, seguida de una desaceleración conforme avanzó el desarrollo fenológico. La ausencia de repuesta durante esta fase crítica indica condiciones de suficiencia nutrimental, atribuibles al aporte del sustrato orgánico.

Figura 2. Crecimiento vegetativo del chile dulce criollo: altura de planta (A), altura a la bifurcación (B), diámetro del tallo (C), índice de área foliar (D) y unidades SPAT (E). Las barras representan medias $\pm$ error estándar; letras iguales sobre las barras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$; $n = 20$).



Fuente: Autores (2026)

La mineralización progresiva en sistemas con enmiendas orgánicas puede sincronizar la liberación de nutrientes con la demanda del cultivo, limitando la respuesta a fertilización complementaria (Agegnehu et al., 2016; Diacono & Montemurro, 2010). Esto concuerda con la falta

de diferencias significativas en las variables estructurales: altura de planta (97-110 cm), altura a la bifurcación (45.58-58.52 cm), diámetro de tallo (2.2–3.25 cm), índice de área foliar (1.28-2.58) y unidades SPAD (65-74) ($p \geq 0.05$; Cuadro 1), lo que confirma un suministro nutrimental suficiente.

De acuerdo con el concepto de nivel crítico, incrementos en la concentración interna de nutrientes por encima del umbral óptimo no promueven mayor crecimiento debido a mecanismos de homeostasis (Epstein & Bloom, 2005). Este comportamiento es consistente con sistemas hortícolas protegidos, donde el crecimiento vegetativo se estabiliza bajo condiciones de adecuada nutrición (Sonneveld & Voogt, 2009).

La producción por planta ($1.39\text{-}1.58 \text{ kg planta}^{-1}$) y el rendimiento ($19.59\text{-}22.27 \text{ t ha}^{-1}$) no mostraron diferencias entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$; $n = 20$) (Cuadro 1), lo que sugiere un umbral de saturación productiva. En estas condiciones, la productividad depende más de la eficiencia fisiológica y de la relación fuente sumidero que del suministro adicional de NPK (Fidler et al., 2025).

Cuadro 1. Producción, rendimiento y distribución de calibres de frutos de chile dulce cultivado en sustrato orgánico con fertilización suplementaria de NPK.

Tratamientos NPK	Producción (kg planta^{-1})	Rendimiento (t ha^{-1})	Frutos chicos (%)	Frutos medianos (%)	Frutos grandes (%)
0 g	$1.48 \pm 0.320\text{a}$	$21.14 \pm 1.2\text{a}$	$27.23 \pm 9.5\text{a}$	$32.19 \pm 7.2\text{a}$	$40.58 \pm 6.8\text{c}$
5 g	$1.39 \pm 0.250\text{a}$	$19.85 \pm 1.3\text{a}$	$28.17 \pm 7.4\text{a}$	$32.22 \pm 6.5\text{a}$	$39.61 \pm 7.9\text{c}$
10 g	$1.58 \pm 0.350\text{a}$	$22.57 \pm 1.6\text{a}$	$24.54 \pm 6.9\text{b}$	$29.97 \pm 4.8\text{a}$	$45.49 \pm 5.7\text{b}$
15 g	$1.54 \pm 0.284\text{a}$	$22.00 \pm 1.4\text{a}$	$22.83 \pm 4.9\text{b}$	$25.53 \pm 2.9\text{b}$	$51.64 \pm 4.8\text{a}$

Medias con la misma literal en columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p = 0.05$; $n = 20$)

Sin embargo, la fertilización modificó la estructura del rendimiento: la dosis de 15 g incrementó la proporción de frutos grandes (51.64 %) respecto al testigo (40.58 %) y 5 g (39.61 %), sin alterar el rendimiento total (Cuadro 1). Este desacoplamiento evidencia una redistribución de asimilados, donde frutos dominantes actúan como sumideros preferenciales, aumentando su tamaño sin modificar la biomasa total (Sonneveld & Voogt, 2009).

Estos resultados coinciden con estudios en sistemas orgánicos, donde la fertilización influye más en atributos de calidad que en el rendimiento total (Garrigues & Garrigues, 2025). En conjunto, la evidencia respalda un modelo de saturación nutrimental con ajuste en la partición fuente sumidero, lo que implica que, bajo alta fertilidad inicial, la fertilización debe orientarse a mejorar la calidad comercial más que a incrementar el rendimiento.

4 CONCLUSIÓN

La fertilización suplementaria con NPK no incrementó el crecimiento vegetativo ni el rendimiento total del chile dulce criollo cultivado en sustrato orgánico; sin embargo, favoreció una mayor proporción de frutos grandes. Estos resultados indican que, bajo condiciones de alta fertilidad inicial del sustrato, el principal efecto de la fertilización mineral se relaciona con la calidad comercial del fruto, particularmente con el calibre, más que con la productividad total del cultivo. En este contexto, la aplicación de NPK debe orientarse a estrategias de manejo enfocadas en satisfacer estándares de mercado que privilegian tamaño y calidad del fruto.

La evaluación de un solo ciclo y una única formulación fertilizante (17–17–17) limita la extrapolación de los resultados. Se recomienda realizar estudios multianuales con distintas fuentes y dosis de fertilización mineral para determinar la estabilidad de la respuesta agronómica del cultivo bajo diferentes condiciones de producción.

REFERENCIAS

- Agegehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., and Bird, M. I. 2016. Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Science of the Total Environment*. 543: 295-306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.054>
- Alves, J. do C., Pôrto, M. L. A., Gomes, J. M. S., Silva, J. J. da, Lima, J. H. de A., & Silva, J. C. da. (2026). Níveis de esterco bovino em substratos para produção de mudas de tomate. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 9(2), e86961. <https://doi.org/10.34188/bjaerv9n2-107>
- Diacono, M., and Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*. 30: 401-422. <https://doi.org/10.1051/agro/2009040>
- Díaz-José, J., Meza, P. A., González-Cuevas, B. M., Leyva-Ovalle, O. R., and Cebada-Merino, M. 2023. Fertilización química y orgánica y su efecto sobre el rendimiento de chile serrano (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio Ciencias*, 10, e1472. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1472>
- Epstein, E., and Bloom, A. J. 2005. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives (2nd ed.). Sinauer Associates.
- Fidler, M., Perez-Lugones, D., and Gómez, C. 2025. Effect of nitrogen concentration on compact tomato and pepper plants during production and fruiting phases. *HortTechnology*. 35(1): 52-61. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH05519-24>
- Garrigues, M. M., and Garrigues, R. B. 2025. Sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic nutrient management: A comparative study of agronomic and economic outcomes. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*. 10(7): 1348-1363. <https://doi.org/10.51584/IJRIAS.2025.100700122>
- Pimentel-Pujols, Á. R., García, J. M., Borrás, F., & Fernández-López, J. (2026). Effects of fertigation programs and substrates on growth, fruit quality, and yield of bell pepper (*Capsicum annuum*) in greenhouse conditions. *Foods*. 15(3): Article 505. <https://doi.org/10.3390/foods15030505>
- Ramírez-Seañez, A. R., Alfonso-García, J. M., Hernández-Hernández, H., Palacios-Torres, R. E., Ramírez-Meraz, M., and Borroel-García, V. J. 2023. Fertilización potásica en líneas mejoradas y material criollo de chile soledad (*Capsicum annuum* L.). *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 10(SPE3). <https://doi.org/10.19136/era.a10niii.3884>
- Santamaría-Basulto, F., Basto-Pool, C. I., Díaz-Plaza, R., and Zavala-León, M. J. 2024. Dzonot: Variedad de chile dulce criollo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 15(7). e3445. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i7.3445>
- Sonneveld, C., and Voogt, W. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Springer.
- Tlelo-Cuautle, A. M., Taboada-Gaytán, O. R., Cruz-Hernández, J., López-Sánchez, H., and López, P. A. (2020). Efecto de la fertilización orgánica y química en el rendimiento de fruto de chile poblano. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43(3): 283-289. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.238>

Zhao, Y., Bian, Q., Dong, Z., Rao, X., Wang, Z., Fu, Y., and Chen, B. 2025. The input of organic fertilizer can improve soil physicochemical properties and increase cotton yield in southern Xinjiang. *Frontiers in Plant Science*. 15; 1520272. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1520272>

Megchun-García, J. V., Castañeda-Chávez, M. del R., Lucho-Constantino, G. G., Vázquez-Ramírez, A., & Nataren-Velazquez, J. (2024). Sustratos orgánicos para la propagación de papaya (*Carica papaya* L.) en invernadero. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(2), e68969. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-021>