Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

MANEJO DE CULTIVO Y NUTRICIÓN ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO DE CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.) EN EL BAJÍO

Aurelio Báez-Pérez[1*]; Brian Adolfo Reyes-Cerritos[1]; Eduardo Figueroa Rodríguez[1]; Ana Lizbeth García Campos[1]; Sergio Gómez-Rosales[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío. Km. 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, localidad de Roque, C.P. 38110, Celaya, Guanajuato; [2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Roque, Km. 8 de la Carretera Celaya-Juventino Rosas, localidad de Roque, C.P. 38110, Celaya, Guanajuato. *Autor para correspondencia: baez.aurelio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se evaluó la producción de calabacita (*Cucurbita pepo L.*) por efecto de dos sistemas de cultivo: (1) labranza convencional y (2) prácticas de agricultura de conservación; y ocho dosis de fertilización: (1) testigo sin fertilización, (2) aplicación de 3.6 t ha^{-1} estiércol seco de porcino, (3) aplicación de 7.2 t ha^{-1} de ese mismo estiércol, (4) aplicación de 3.6 t ha^{-1} de composta de porcino, (5) aplicación de 7.2 t ha^{-1} de esa misma composta, (6) aplicación de 3.6 t ha^{-1} de lombricomposta de porcino, (7) aplicación de 7.2 t ha^{-1} de esa misma lombricomposta, (8) testigo con fertilización química con 350 unidades de N ha^{-1}. El diseño estadístico correspondió a un análisis factorial 2 x 8 (16 tratamientos) con arreglo en bloques al azar y tres repeticiones. El ensayo se estableció en el Tecnológico Nacional de México, *Campus* Roque. Se sembró semilla de calabacita variedad “Adelita” de la empresa SEMINIS, filial de Bayer. Se evaluó el número de frutos, rendimiento y contenido de N, P y K en hoja. La agricultura de conservación incrementó la producción de calabacita en 6.1 % respecto al sistema de cultivoconvencional. La fertilización química generó mayor número de frutos y rendimiento, aunque con menor calidad nutricional. En contraste, los abonos orgánicos mejoraron la sostenibilidad del suelo y redujeron la incidencia de plagas y enfermedades, pero produjeron frutos ligeramente más pequeños y ligeros. En conjunto, el estudio evidencia los beneficios y limitaciones de ambos tipos de fertilización, Aportando información clave que permita impulsar prácticas agrícolas sostenibles.

Palabras clave: *hortalizas, agricultura de conservación, fertilización*

ABSTRACT

The production of zucchini (Cucurbita pepo L.) was evaluated under two cultivation systems: (1) conventional tillage and (2) conservation agriculture practices; and eight fertilization doses: (1) control without fertilization, (2) application of 3.6 t ha-1 dry pig manure, (3) application of 7.2 t ha^{-1} of the same manure, (4) application of 3.6 t ha^{-1} of pig compost, (5) application of 7.2 t ha^{-1} of the same compost, (6) application of 3.6 t ha-1 of pig vermicompost, (7) application of 7.2 t ha^{-1} of the same vermicompost, (8) control with chemical fertilization with

350 units of N ha^{-1}. The statistical design was a 2 x 8 factorial analysis (16 treatments) with a randomized complete block design and three replications. The trial was conducted at the National Technological Institute of Mexico, Roque Campus. Zucchini seeds of the “Adelita” variety, from SEMINIS, a Bayer subsidiary, were sown. The number of fruits, yield, and leaf N, P, and K content were evaluated. Conservation agriculture increased zucchini production by 6.1% compared to the conventional farming system. Chemical fertilization resulted in a greater number of fruits and higher yield, although with lower nutritional quality. In contrast, organic fertilizers improved soil sustainability and reduced the incidence of pests and diseases, but produced slightly smaller and lighter fruits. Overall, the study highlights the benefits and limitations of both types of fertilization, providing key information to promote sustainable agricultural practices.

Keywords: *Vegetables, conservation agriculture, fertilization*

INTRODUCCIÓN

La calabacita (*Cucúrbita pepo L.*) en México es un cultivo de importancia económica, amplia distribución geográfica e imprescindible en la alimentación para la población. Los principales estados productores en el país son: Sonora, Puebla y Michoacán (DGSIAP, 2022). Se estima que se exportan anualmente alrededor de 550,410 toneladas. Su manejo tecnificado depende fuertemente de fertilizantes químicos, especialmente nitrogenados, cuya baja eficiencia y efectos contaminantes representan un problema ambiental y económico (Obregón-Portocarreo *et al*., 2016; Sanjuán y Moreno, 2010). Los abonos orgánicos mejoran la fertilidad del suelo, aunque su aporte de nutrientes es limitado y su liberación depende de la mineralización, lo que implica que su disponibilidad para las plantas puede ser más lenta y variable en comparación con los fertilizantes sintéticos (Álvarez-Solís, 2010); Sin embargo, la combinación de fertilización orgánica y química ha mostrado beneficios en rendimiento y calidad de suelo (Díaz-Franco et al., 2016; Martinetti y Paganini, 2006; Rossi et al., 2016). Las practicas de agricultura de conservación también constituyen una alternativa sostenible (Govaers et al., 2009), con evidencia de éxito en la producción de calabacita (Dlamini *et al.,* 2019). El presente estudio se orientó a evaluar la producción de esta especie bajo distintos sistemas de cultivo y dosis de fertilización, con el fin de determinar su efecto sobre el rendimiento, la eficiencia nutricional y la sostenibilidad del sistema de producción agrícola, así como establecer estrategias de manejo adecuadas para el cultivo. El propósito de este trabajo fue en evaluar la respuesta en la producción de calabacita en dos diferentes sistemas de cultivo y dosis de fertilización química y orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en una parcela experimental del Tecnológico Nacional de México, *campus* Roque, Celaya, Guanajuato, el cual se ubica a los 20.58343134772042 LN y -100.82804467089922 LO, a una altitud de 1767 msnm (Figura 1). El clima de la región según García (1984) es semicálido seco BS1hw (W)(e)q. La temperatura media anual es de 20.6 °C, y la precipitación pluvial media anual es de 597 mm. El tipo de suelo de la parcela experimental correspondió, según la clasificación de la USDA, a un *Vertisol*, el cuál es representativo de la región Bajío.

El suelo de la parcela experimental fue del tipo *Vertisol pelico*: obscuro, profundo (> 1 m), de clase textural arcillosa, con mediano contenido de materia orgánica. El pH fue alcalino, con un contenido de alrededor 45% de arcilla, 21% de limo y 34% de arena; alto contenido de P, K, Ca, y una capacidad de intercambio catiónico de 26.1 Cmol(+)kg^{-1} de suelo.

Se estableció un experimento el 30 de agosto de 2024 en una parcela experimental del Tecnológico Nacional de México, Campus Roque, en Celaya, Guanajuato. Se evaluó la producción de calabacita por efecto de dos sistemas de cultivo: (1) labranza convencional y (2) agricultura de conservación; y ocho dosis de fertilización: (1) testigo sin fertilización, aplicación de estiércol seco de porcino en (2) 3.6 y (3) 7.2 t ha^{-1}, aplicación de composta de porcino en (4) 3.6 y (5) 7.2 t ha^{-1}, aplicación de lombricomposta de porcino en (6) 3.6 y (7) 7.2 t ha^{-1}; y testigo con fertilización química (8) 350 unidades de N ha^{-1}. La descripción de tratamientos se presenta en el cuadro 1. El experimento fue un análisis factorial 2 x 8 (16 tratamientos) con tres repeticiones y arreglo en bloques al azar.

Se estableció en diciembre de 2023 trigo variedad Alondra F2014, para producir los residuos de cosecha necesarios para el establecimiento de tratamientos con prácticas de agricultura de conservación en primavera-verano de 2024. Se estableció frijol variedad flor de junio en mayo de 2024, con los tratamientos correspondientes dos sistemas de cultivo: (1) agricultura convencional y (2) con prácticas de agricultura de conservación. Debido a altas temperaturas que prevalecieron y escasez de agua, el cultivo no se desarrolló bien, por lo cual a fines de agosto se rastreó el suelo y éste se preparó para volver a establecer al inicio de septiembre de 2024 el ensayo con calabacita. En el sistema de producción 1, se incorporó al suelo y se efectuaron todas las labores de labranza. En el sistema de cultivo 2, sólo se rastreó y se remarcaron los surcos.

Se sembró la variedad de calabacita “Adelita” de la empresa SEMINIS. La fecha de siembra fue el 2 de septiembre. Se sembró En sucos de 0.75 cm de ancho, a una distancia entre surcos entre plantas de 45 cm (Figura 3). La población se estimó en 30, 000 plantas ha^{-1}. La fuente fertilización orgánica fue composta de porcino y la fuente de fertilización química fue urea. Se aplicaron tres riegos a los dos riegos. Para la nacencia

hubo lluvia, el primer riego se aplicó a los 25 días de la siembra y el segundo 50 días de la siembra. Se efectuaron deshierbes manuales y mecánicos. Para control de trips y mosca blanca se aplicó el insecticida Imidacloprit a razón de 1 L ha^{-1}.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos

Trat.	Sistemas de cultivo	Estiércol	Composta	Lombricompost	Urea
		t ha^{-1}			U ha^{-1}
1	Tradicional	0	0	0	0
2	"	3.6	0	0	175
3	"	7.2	0	0	175
4	"	0	3.6	0	175
5	"	0	7.2	0	175
6	"	0	0	3.6	175
7	"	0	0	7.2	175
8	"	0	0	0	350
9	Conservación	0	0	0	0
10	"	3.6	0	0	175
11	"	7.2	0	0	175
12	"	0	3.6	0	175
13	"	0	7.2	0	175
14	"	0	0	3.6	175
15	"	0	0	7.2	175
16	"	0	0	0	350

U: unidades

Variables evaluadas

Temperatura y precipitación: Se registraron datos diarios de temperaturas máximas y mínimas, así como la precipitación, mediante una estación meteorológica automatizada.

Número de frutos y peso de frutos: Se efectuaron 16 cortes a partir del 10 de octubre, un corte cada tercer día, es decir, a los 38 días después de la siembra. Las unidades de conteo fueron de 1 m^2 que estaba constituido por tres plantas de calabacita. Se contó el número de frutos y se registró su peso en cada corte.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El año 2024 fue seco y extremadamente caluroso. Las temperaturas máximas extremas alcanzaron 40 °C durante mayo, mientras que las temperaturas mínimas extremas descendieron hasta 2.4 °C en diciembre (Figura 1). La precipitación anual fue de 388.2 mm distribuida principalmente de junio a septiembre. Hubo dos lluvias ocasionales los días 16 y 17 de febrero, que sumaron 14.2 mm, y una lluvia extraordinaria de más de 41 mm que cayó el 30 de noviembre. La temperatura media mensual más alta fue en mayo, con 26.6 °C, el mes más caluroso del año (Figura 2). La temperatura media anual fue de 21.4 °C, es decir, 0.8 °C por encima de promedio mensual para la región (García, 1984). Por otra parte, 84.5 % de la precipitación (328.1 mm) cayó

entre junio y septiembre. El volumen de precipitación en 2024 estuvo muy por debajo del promedio mensual de la región, que es de 597 mm (García, 1984).

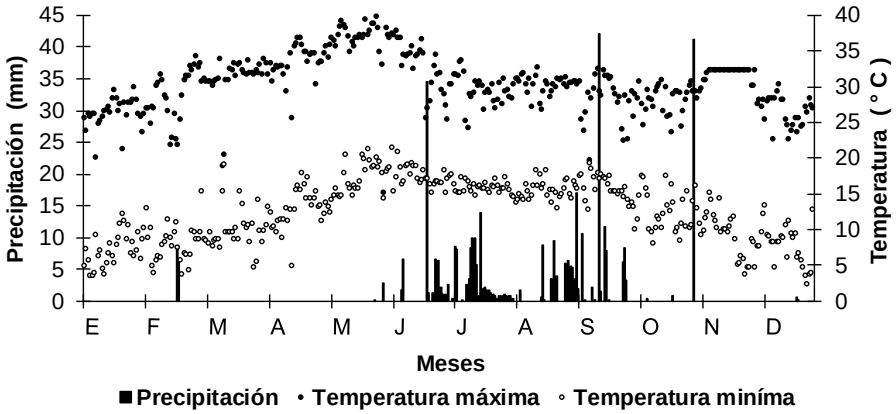

Figura 1. Distribución de temperaturas máximas, mínimas y precipitación durante 2024. Tecnológico Nacional de México, Campus Roque. Celaya, Guanajuato.

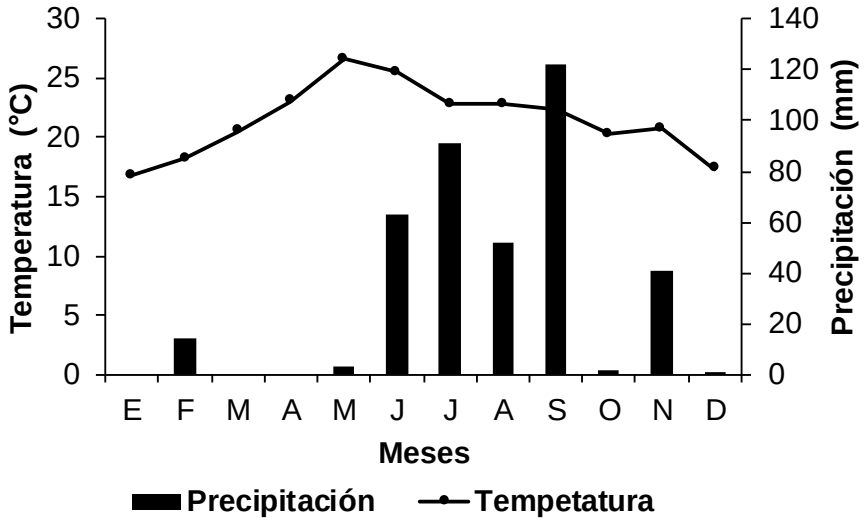

Figura 2. Diagrama ombrotérmico de la zona de estudio.

Número de frutos y producción por tratamientos. Los resultados en la producción de número de frutos y rendimiento en 16 cortes, efectuados a lo largo del ciclo de cultivo, se presentan en las Figuras 3 y 4, respectivamente. El primer corte de calabacita se efectuó el 10 de octubre, mientras que el último se realizó el 9 de noviembre. No hubo diferencias significativas ($p<0.05$) entre tratamientos. Lo anterior muestra una ventaja en el rendimiento de esta hortaliza, tanto por el sistema de cultivo, como por la aplicación de los abonos orgánicos. El número de frutos por corte, de primera y segunda calidad, fluctuó entre 20 y 150 frutos ha^{-1}, mientras que el rendimiento por corte de calabacita de primera y segunda clase, en suma, fue de 20 t ha^{-1}, en su nivel de producción más bajo, y hasta 30 t ha^{-1}, en su nivel de producción más alto. De manera general, el nivel de producción fue alto, comparable a lo que se obtiene en sistemas de producción en malla-sombra, con

condiciones más controladas (Román-Román, et al., 2022), sin considerar además que la polinización en este ensayo ocurrió de manera natural. Este nivel de producción también ha sido reportado por Aguilar-Carpio et al. (2022). Se observó que hubo una alta variación de la respuesta de la planta, en cuanto a producción de número de frutos y rendimiento, lo cual es normal en condiciones de campo.

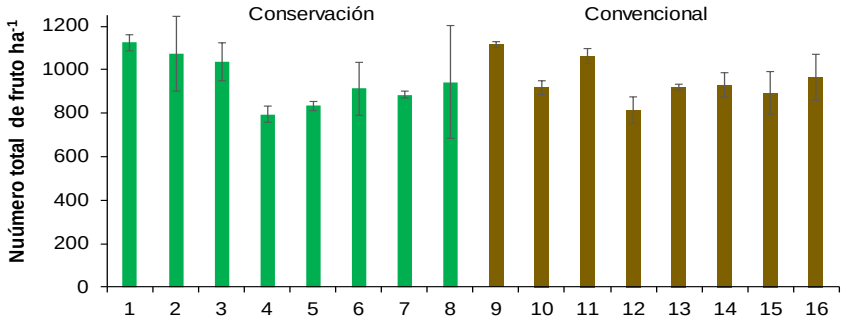

Figura 3. Producción total de frutos de primera y segunda calidad.

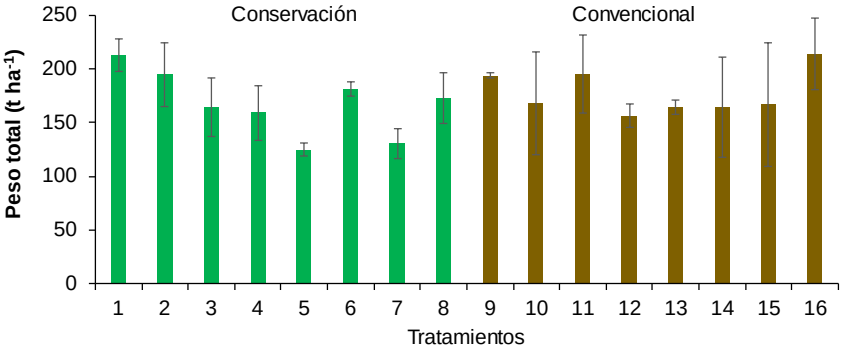

Figura 4. Peso total de calabacita de primera y segunda calidad.

La producción total de frutos fluctuó alrededor de 800 y 1200 unidades ha^{-1}; mientras tanto los rendimientos fluctuaron entre 150 y 200 t ha^{-1}, lo cual puede considerarse alto. Los frutos de primera calidad tuvieron en promedio un diámetro de 3.9 cm y una longitud de 11.8 cm, con un peso aproximado de 88 g. Los frutos de segunda calidad tuvieron en promedio un diámetro de 4.8 cm y una longitud de 14.9 cm, con un peso de 151 g.

Producción por sistema de cultivo. La producción de frutos y rendimiento de calabacita fue semejante estadísticamente ($p<0.05$) a nivel de sistema de cultivo; ambos tuvieron en promedio alrededor de 1000 frutos ha^{-1}, mientras que el peso total de fruta fue de 175 en el sistema de cultivo convencional y 180 t ha^{-1} en sistema de cultivo de conservación, pero estadísticamente fueron semejantes ($p<0.05$) (Figura 5). Se observó una mediana relación entre número de frutos y peso de calabacita ($R2=0.54$); sin embargo, el grado de asociación entre estas variables fue estrecho ($r=0.75$) (Figura 6).

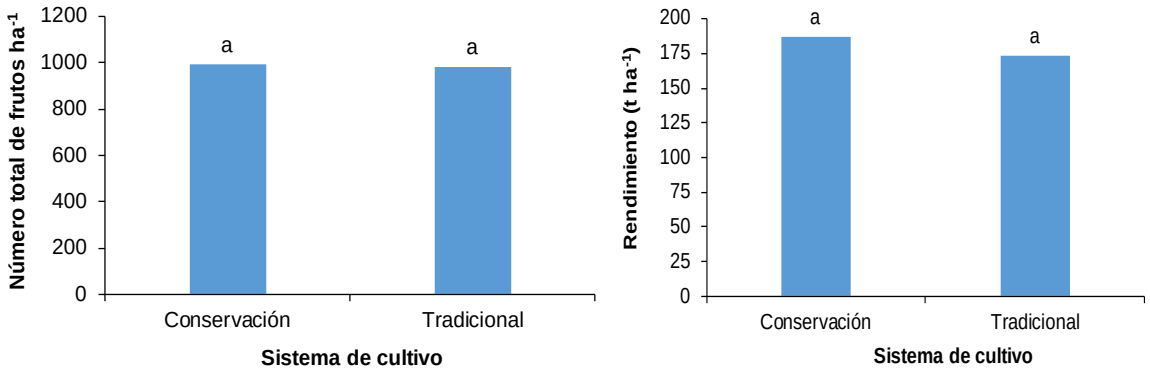

Figura 5. Producción de frutos y peso de calabacita por sistema de cultivo.

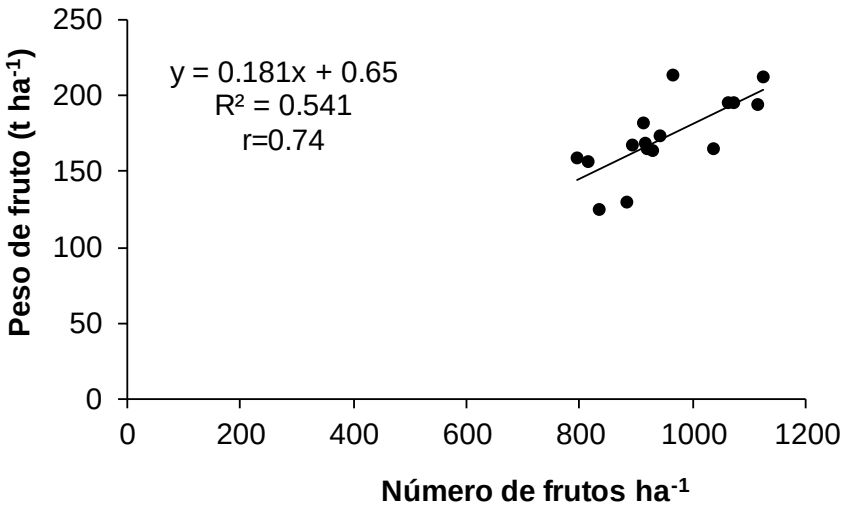

Figura 6. Relación entre número de frutos y peso de calabacita.

CONCLUSIONES

Los tratamientos nos indicaron que existen diferencias significativas en cuanto a sistema de producción y nivel de tratamientos cuyas dosis oscilaron entre 140 a 210 ha^{-1} , Los tratamientos con fertilizante sintético (Urea) registraron los rendimientos mas altos, llegando a un máximo de 200 t ha^{-1}, no obstante, los tratamientos con mezcla de abonos orgánicos y urea presentaron rendimientos significativamente menores, con valores que oscilaron entre 30 y 50 t ha^{-2} , la variabilidad en los rendimientos se atribuyó a la heterogeneidad tanto de las fuentes de fertilización como del contenido nutrimental del suelo. Asimismo, el sistema de agricultura de conservación presento una mayor actividad biológica, condición que se tradujo en incrementos significativos en la productividad.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México *campus* Roque, por las facilidades otorgadas para el establecimiento del experimento. Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias por la dirección y co-financiamiento de esta investigación a través del proyecto: "Contribuciones tecnológicas para incrementar la eficiencia de reciclaje de minerales de la granja a la tierra usando opciones nutricionales y de manejo de estiércol en porcicultura".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez-Solís, J.D., D.A. Gómez-Velasco, N.S. León-Martínez, F.A. Gutiérrez-Miceli. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. Agrociencia 44: 575-586.

Aguilar-Carpio, C., Y.F. Cervantes-Adame, P.J. Sorza-Aguilar y J.A. Salvador Escalante-Estrada. 2022. Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (Cucurbita pepo L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. Terra Latinoamericana 40:1-10.

Díaz Franco, A., M. Alvarado-Carrillo, F. Alejandro-Allende y F.E. Ortiz-Cháirez. 2016. Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. Rev. Int. Contam. Ambie. 32 (4) 445-453.

Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (DGSIAP). 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/.

Dlamini, P.A., M.T. Masarirambi, P.K. Wahome, and M.A. Dzimba. The Effects of Different Tillage Systems and Cultivars on Growth, Yield and Quality of Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) in a Semi-Arid Sub-Tropical Environment. Journal of Plant Studies: 8(2) 49-61.

García, E. 1984. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. pp.16-21.

Govaers, B., K.D. Sayre, B. Goudeseune, and P. De Corte. 2009. Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands. Soil and Tillage Research 103(2):222-230.

Martinetti, L., and F. Paganini. 2016. Effect of organic and mineral fertilization on yield and quality of zucchini. Acta Horticulturae 700(700):125-128.

Obregón-Portocarrero, N., J.E. Díaz-Ortiz, M.C. Daza-Torres, y H.F. Aritizabal-Rodríguez. 2016. Efecto de aplicación de zeolita en la recuperación de nitrógeno y el rendimiento de maíz. Acta Agron. 65(1):24-30.

Román-Román, L., F. Ayala-Tafoya, J.M. Parra-Delgado, T. Díaz-Valdés, C.A. López-Orona y T. de J. Velázquez-Alcaraz. 2022. Producción de calabacita con y sin polinización manual en condiciones de casa malla. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 45 (2):165-172.

Rossi, G., S. Socciarelli, R. Aromolo, A. Ciampa, C. Beni. The effects of mineral and organic fertilizers on zucchini (Cucurbita pepo L.) investigated by multiparameters analyses and magnetic resonance imaging (MRI). Agrochimica 60(4): 275-287.

Sanjuán, P. J. y S.N. Moreno. 2010. Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente. Rev. Colomb. Biotecnol. 12(1):4-7.

Secretaría de Agricultura. 2024. Producción y cultivo de calabacita: Una guía para productores. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/produccion-y-cultivo-de-calabacita-una-guia-para-productores?idiom=es. Fecha de consulta: 02/12/2024.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. https://www.gob.mx/siap. Fecha de consulta:05/12/2024.