

EN

Evaluation of different doses of chemical fertilization on growth and yield of creole pepper 'xkat iik' (*Capsicum annuum* L.)

ES

Evaluación de diferentes dosis de fertilización química sobre el crecimiento y rendimiento de chile criollo "xkat iik" (*Capsicum annuum* L.)

Efraín Castillo López^{1*}; Germani Adrián Muñoz Osorio²; Ezequías Castillo López³; Gorgonio López Tolentino¹; Emily Elizabeth Marín Colli¹

¹Universidad Tecnológica del Mayab. Carretera Federal Peto-Santa Rosa km 5, C.P. 97930, Peto, Yucatán, México.

²Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Yucatán (SEGEY). calle 34 núm. 101-A X 25, col. García Ginerés. C.P. 97070. Mérida, Yucatán. México.

³Universidad Nacional Autónoma de México, carretera Cuautitlán-Teoloyucan km 2.5, San Sebastián Xhala, C. P. 54714. Cuautitlán Izcalli. Estado de México. México.

Abstract

*Corresponding author:
elopez@utdelmayab.edu.mx

ORCID: 0000-0001-8788-8636

Received: June 9, 2023

Accepted: March 19, 2024

DOI:

10.5154/r.rchsat.2023.04.03

In 2022, Mexico produced 4 578.68 t of hungarian creole xkat iik green pepper in an area of 208.20 ha with a production value of more than 73 801 921.00 pesos; while, in Yucatan, 59.20 ha were harvested, with a total production of 727.85 t, which contributes 15.89% of the national production. The objective of this study was to evaluate the effect of different doses of chemical fertilization on growth and yield of xkat iik pepper under micro tunnel production system in the southern region of the state of Yucatan. A completely randomized experimental block design with four treatments and four replications per treatment was used. To determine the effect of the treatments on variables studied, fruit length, fruit equatorial diameter, number of fruits per plant, and fruit weight per plant, an ANOVA was applied, and for the comparison of means, the Tukey test was used ($P < 0.05$). There was no significant statistical difference between the variables fruit length, fruit equatorial diameter and number of fruits per plant, while for the variable fruit weight per plant there was a significant statistical difference. Specifically T1 (1 L·ha⁻¹ of multi-chelated iron complex, 5 kg·ha⁻¹ of 13-40-13, 2 kg·ha⁻¹ of 19-19-19 and 0.4 L·ha⁻¹ fulvic substances) had the best result with a value of 673.33 g, which corresponds to a value of 16.83 t·ha⁻¹, exceeding the control (10 kg·ha⁻¹ of 11-00-00- 16 MgO and 10 kg·ha⁻¹ of 11-52-00) by almost 35 %. Foliar fertilization at doses of 1-2 L·ha⁻¹ Poliquel multi (multi-chelated iron complex), 5-10 kg·ha⁻¹ of violet (13-40-13), 2-4.5 kg·ha⁻¹ polyfeed (19-19-19) and 0.4-0.5 L·ha⁻¹ of k-thionic (fulvic substances) improved the yield of xkat iik pepper.

Keywords: Fresh fruit, production, micro tunnels.

Resumen

En 2022, México produjo 4 578.68 t de chile verde húngaro criollo xkat iik en una superficie de 208.20 ha con un valor de producción superior a los 73 801 921.00 pesos; mientras que, en Yucatán, se cosecharon 59.20 ha, obteniendo una producción total de 727.85 t, lo que contribuye en un 15.89 % de la producción nacional. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización química en el crecimiento y rendimiento de chile xkat iik bajo el sistema de producción de microtúneles en la región sur del estado de



Please cite this article as follows (APA 7): Castillo López, E., Muñoz Osorio, G. A., Castillo López, E., López Tolentino, G., & Marín Colli, E. E. (2024). Evaluation of different doses of chemical fertilization on growth and yield of creole pepper "Xkat iik" (*Capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 4(1). doi: 10.5154/r.rchsat.2023.04.03

Yucatán, por lo que se estableció un experimento en un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas, longitud de frutos, diámetro ecuatorial del fruto, número de frutos por planta y peso de frutos por planta, se aplicó un ANAVA y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$). No hubo diferencia estadística significativa entre las variables longitud de frutos, diámetro ecuatorial del fruto y número de frutos por planta, mientras que para la variable peso de frutos por planta si hubo diferencia estadística significativa, ya que el T1 (1 L-ha⁻¹ de complejo multiquelutado de hierro, 5 kg-ha⁻¹ de 13-40-13, 2 kg-ha⁻¹ de 19-19-19 y 0.4 L-ha⁻¹ sustancias fúlvicas) expresó el mejor resultado con un valor de 673.33 g, lo cual corresponde a un valor de 16.83 t-ha⁻¹, superando al testigo (10 kg-ha⁻¹ de 11-00-00- 16 MgO y 10 kg-ha⁻¹ de 11-52-00) en casi el 35 %. La fertilización foliar a dosis de 1-2 L-ha⁻¹ de Poliquel multi (complejo multiquelutado de hierro), 5-10 kg-ha⁻¹ de violeta (13-40-13), 2-4.5 kg-ha⁻¹ polyfeed (19-19-19) y 0.4-0.5 L-ha⁻¹ de k-tionic (sustancias fúlvicas) mejora el rendimiento en el cultivo de chile xkat iik.

Palabras clave: Fruto fresco, producción, microtúneles.

Introduction

After China, Mexico ranks second in world production of peppers and bell peppers with a harvested area of 189 326 hectares and average yield of 14 891 t-ha⁻¹ reaching a production of 2 879 151 t (FAO, 2020). Among the main varieties of peppers (*Capsicum* spp.) produced in Mexico are jalapeño, serrano, poblano, bell pepper, piquín, habanero, manzano, chile de árbol, chilaca, mirasol and güero or Hungarian-Caribbean (Aguirre and Muñoz, 2015). Mexico produces 4 578.68 t of Hungarian Creole xkat iik green pepper in an area of 208.20 ha with a production value of over 73 801 921.00 pesos, while, in Yucatan, 59.20 ha were harvested, with a production of 727.85 t, which contributed 15.89 % of the national production (SIACON, 2022).

Table 1 shows that according to the Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP), in 2021, a total of 31 hectares of crops under protected agriculture (including greenhouse, macro tunnel and shade net) were harvested in the state of Yucatan.

Protected agriculture is defined as a series of production techniques or systems used to modify the natural environment in which crops develop, with the purpose of achieving optimal vegetative growth and, consequently, high yields or to harvest crops on dates when traditionally cultivated crops cannot be obtained without high risk. In Mexico, despite the climatological and labor advantages, these technologies have not been widely developed mainly due to the lack of knowledge about the properties of plastics and their effects when used as covers for tunnels, mulches, or greenhouses, the lack of experience in managing these systems in general, how to use them according to the crop and climatological and socio-economic conditions of each region for the production of high-value crops. The main disadvantage is the increased implementation and operation costs associated with the use of new

Introducción

Después de China, México ocupa el segundo lugar en la producción mundial de chiles y pimientos con un área cosechada de 189 326 hectáreas y rendimiento promedio de 14.891 t-ha⁻¹ alcanzando una producción de 2 879 151 t (FAO, 2020). Entre las principales variedades de Chile (*Capsicum* spp.) que se producen en México están el jalapeño, serrano, poblano, pimiento morrón, piquín, habanero, manzano, chile de árbol, chilaca, mirasol y güero o húngaro caribe (Aguirre & Muñoz, 2015). México produce 4 578.68 t de chile verde húngaro criollo xkat iik en una superficie de 208.20 ha con un valor de producción superior a los 73 801 921.00 pesos, mientras que, en Yucatán, se cosecharon 59.20 ha, obteniendo una producción de 727.85 t, lo que contribuyó con el 15.89 % de la producción nacional (SIACON, 2022).

En el Cuadro 1, se observa que de acuerdo con el Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP), durante el 2021 se cosecharon en el estado de Yucatán un total de 31 hectáreas de cultivos bajo agricultura protegida (considerando invernadero, macrotúnel y malla sombra).

La agricultura protegida se define como una serie de técnicas o sistemas de producción que permiten modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de alcanzar un crecimiento vegetal óptimo y, con ello, un alto rendimiento o bien, obtener cosechas en fechas en las que con los cultivos conducidos tradicionalmente no pueden obtenerse si no es con un alto riesgo. En México, a pesar de las ventajas climatológicas y de mano de obra, estas tecnologías no se han desarrollado ampliamente debido principalmente al desconocimiento de las propiedades de los plásticos y sus efectos al colocarse como cubiertas de túneles, acolchados o invernaderos, a la inexperiencia en el manejo de estos sistemas en general, el cómo usarlos en función del cultivo y las

Table 1. Types of agriculture production systems in Yucatan.
Cuadro 1. Tipos de sistemas de producción agrícola utilizados en Yucatán.

Type of structure / Tipo de estructura	Sown area (ha) / Superficie sembrada (ha)	Harvested area (ha) / Superficie cosechada (ha)	Production value (mdp) / Valor de la producción (mdp)
Open field / Cielo abierto	152 387	144 658	2 914
Greenhouse / Invernadero	18	18	9
Macro tunnel / Macrotúnel	0	0	0
Shade net / Malla sombra	13	13	6
Total	152 418	144 689	2 929

Source / Fuente: Database SIAP, 2020

technologies. There are less expensive and sophisticated technologies such as mulching combined with tunnels, which also allow a certain degree of control over the climate and soil conditions in which crops develop. Therefore, when used appropriately, they allow for significant economic benefits without a heavy capital outlay (Rubio et al., 2014).

Foliar fertilization is a widely used and increasingly important crop nutrition strategy worldwide. When used properly, foliar fertilizers can be more environmentally friendly and effective for soil fertilization, although sometimes plant response to these treatments can be variable and many of the factors involved in foliar fertilization efficacy are still unknown. Situations in which the use of foliar fertilizers is advisable include but are not limited to 1) When soil conditions limit the availability of soil-applied nutrients; 2) When conditions that lead to high losses of nutrients applied to the soil occur; 3) When crop growth stages, internal plant demand and environmental conditions interact to limit nutrient delivery to critical plant organs. Under each of these conditions, the decision to apply foliar fertilizers is determined by the magnitude of financial risk associated with failure to correct the nutrient deficiency and the perceived likelihood of foliar fertilization efficacy. The processes whereby a nutrient solution applied to the foliage of a crop is assimilated by plants include leaf contact and leaf surface adsorption, cuticular/stomatal penetration/through other epidermal structures, cellular absorption and penetration into metabolically active cellular compartments in the leaf, and finally, where appropriate, translocation and utilization of the absorbed nutrients by the plant (Moreno et al., 2014).

Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of chemical fertilization on yield of xkat iik pepper under the micro tunnel production system in the southern region of the state of Yucatán.

condiciones climatológicas y socioeconómicas de cada región para la producción de cultivos de alto valor. Y la desventaja principal que son los incrementos en los costos de implementación y operación que conlleva el uso de nuevas tecnologías. Existen tecnologías menos costosas y sofisticadas como los acolchados combinados con túneles, que permiten también un cierto grado de control de las condiciones climáticas y edáficas en que se desarrollan los cultivos, por lo que, utilizadas adecuadamente y con conocimiento de causa, permiten obtener beneficios económicos importantes sin una erogación muy fuerte de capital (Rubio et al., 2014).

La fertilización foliar es una estrategia de nutrición de cultivos ampliamente utilizada y de creciente importancia a nivel mundial. Utilizándolos de manera adecuada, los fertilizantes foliares pueden ser más amigables con el ambiente y eficaces para la fertilización al suelo, aunque a veces la respuesta de las plantas a estos tratamientos puede ser variable y muchos de los factores implicados en la eficacia de fertilización foliar aún se desconocen. Las situaciones en las cuales es recomendable el uso de fertilizantes foliares incluyen, entre otras: 1) Cuando las condiciones del suelo limitan la disponibilidad de nutrientes aplicados al suelo; 2) Cuando pueden ocurrir condiciones que conduzcan a altas pérdidas de nutrientes aplicados al suelo; 3) Cuando interactúan las etapas de crecimiento del cultivo, la demanda interna de la planta y las condiciones ambientales para limitar la entrega de nutrientes a órganos críticos de la planta. En cada una de estas condiciones, la decisión de aplicar fertilizantes foliares se determina por la magnitud del riesgo financiero asociado con el fracaso de corregir la deficiencia del nutriente y la probabilidad percibida de eficacia de la fertilización foliar. Los procesos mediante los cuales una solución de nutrientes que se aplica al follaje de un cultivo es asimilada por las plantas, incluyen: contacto con la hoja y adsorción a la superficie de la misma, penetración cuticular/estomática/a través de otras estructuras epidérmicas, absorción

Materials and methods

Study Area

This study was conducted from September to December 2021 at the experimental field of the educational program in Sustainable and Protected Agriculture of the Universidad Tecnológica del Mayab. According to the Atlas de Riesgos de Peto, Yucatán, 2013, the municipality is located at 19° 47' and 20° 19' north latitude and 88° 35' and 88° 59' west longitude, with predominant vegetation of semi-deciduous forest, and rainfed agriculture. Peto, Yucatán borders Yaxcabá – Tahdziú to the north, the state of Quintana Roo to the south, Chikindzonot to the east, and Tzucacab to the west. The terrain is flat, classified as a barrier plain with rocky or cemented ground. There are no surface water currents; however, underground deposits commonly known as cenotes are formed in the subsurface.

Regarding the climate, the region is classified as warm sub-humid, with summer rains and average annual rainfall of 82.9 mm. The predominant winds come from the southeast to northeast. It is made up of tertiary-age soils. These are permeable and high in consolidated materials, sub-exploited. The soil composition corresponds to the luvisol type that develops mainly on a great variety of unconsolidated materials such as glacial, eolian, alluvial and colluvial deposits. The average temperature is 27.3 °C and precipitation of 1034.2 mm (CONAGUA, 2019).

Plant material

The xkat iik pepper seedlings were purchased from a local nursery located in the municipality of Akil, Yucatan. Seeding was done on September 1, 2021 using 8 cm diameter x 26 cm long small transparent biodegradable plastic bags. The crop grows in a tropical climate with three-month duration at the first cutting, generally established in the autumn-winter cycle.

Land, soil and irrigation water preparation

This activity began with the delimitation of an area of 10 x 20 m (200 m²). Furrowing was done manually with a hoe. Water was extracted from a deep well. The irrigation system was installed manually by placing high density polyethylene tape per furrow, 6 mil caliber, 15 cm between drippers, which was connected to a 3-inch low-density polyethylene pipe type PE LD. Irrigation was carried out during the entire crop cycle with an approximate duration of two hours per day in the mornings. The quality parameters of the irrigation water used during the research project are shown in

celular y penetración en los compartimentos celulares metabólicamente activos en la hoja, y finalmente, en su caso, la translocación y la utilización de los nutrientes absorbidos por la planta (Moreno et al., 2014).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización química en el rendimiento de chile xkat iik bajo el sistema de producción de microtúneles en la región sur del estado de Yucatán.

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo de septiembre a diciembre de 2021 en el campo experimental del programa educativo en Agricultura Sustentable y Protegida de la Universidad Tecnológica del Mayab. De acuerdo con el Atlas de Riesgos de Peto, Yucatán, 2013, el municipio está localizado a 19° 47' y 20° 19' de latitud norte y 88° 35' y 88° 59' de longitud oeste con vegetación predominante de selva mediana subcaducifolia y agricultura de temporal. Peto, Yucatán limita al norte con Yaxcabá – Tahdziú; al sur con el estado de Quintana Roo; al este con Chikindzonot y al oeste con Tzucacab. La superficie es plana, clasificada como llanura de barrera con piso rocoso o cementado, complejo. No existen corrientes superficiales de agua. Sin embargo, en el subsuelo se forman depósitos comúnmente conocidos como cenotes.

Respecto al clima, la región está clasificada como cálida sub-húmeda, con lluvias en verano y su precipitación pluvial media anual de 82.9 mm. Los vientos dominantes provienen en dirección sureste a noreste. Está constituido por terrenos de la era terciaria. Estos son permeables y altos en materiales consolidados, sub-explotados. La composición del suelo corresponde al tipo luvisol que se desarrollan principalmente sobre una gran variedad de materiales no consolidados como depósitos glaciares, eólicos, aluviales y coluviales. La temperatura media es de 27.3 °C y precipitación de 1034.2 mm (CONAGUA, 2019).

Material vegetal

Las plántulas de chile xkat iik fueron adquiridas en un vivero de la región situado en el municipio de Akil, Yucatán. La siembra se realizó el día 1 de septiembre de 2021 en bolsas pequeñas de plástico transparente biodegradable de 8 cm de diámetro x 26 cm de largo. El cultivo es de clima tropical con duración al primer corte de tres meses, generalmente, establecidas en el ciclo otoño- invierno.

Table 2, while the soil analysis of the experimental field where the experiment was carried out is shown in Table 3.

Micro tunnel installation

Prior to transplanting, micro tunnels were installed with an approximate height of 0.85 m, covered with reusable permeable agribon® type mesh. and For the structure, we used mostly plant stems commonly found in the semi-deciduous forest such as elemuy (*Guatteria gaumeri*) and sutub (*Helicteres baruensis*) of 1.80 m and bent in the form of an arch with a separation of two meters each and nailed to the ground with wooden spikes inserted into the ground that join both sides of the stems; fastened with agricultural raffia along the length and at the ends of the furrow (Figure 1).

Transplantation

Prior to this stage, the plants were submerged in a preventive fungicide solution "Previcur®" at a dose of 33 mL·L⁻¹ of water, and a rooting agent "Proroot®" at a

Preparación del terreno, suelo y agua de riego

Esta actividad inició con la delimitación de una superficie de 10 x 20 m (200 m²). El surcado se efectuó de forma manual con azadón. El agua fue extraída de un pozo profundo. La instalación del sistema de riego se efectuó de forma manual colocando cintilla de polietileno de alta densidad por surco, calibre 6 mil, de 15 cm entre goteros, la cual fue conectada a un tubo de polietileno de baja densidad tipo PE LD de 3 pulgadas. El riego se efectuó durante todo el ciclo del cultivo con duración aproximada de dos horas por día por las mañanas. Los parámetros de calidad del agua de riego usado durante el proyecto de investigación se presentan en el Cuadro 2, mientras que el análisis de suelo del campo experimental donde se desarrolló el experimento se presenta en el Cuadro 3.

Instalación de microtúneles

Previo al trasplante, se instalaron microtúneles con altura aproximada de 0.85 m, cubierto con malla reutilizada tipo agribón® permeable y para la estructura en su mayoría de arbustos característico de la selva

Table 2. Irrigation water quality parameters used during the research project.

Cuadro 2. Parámetros de calidad del agua de riego usado durante el proyecto de investigación.

Parameter / Parámetro	Unit of measurement / Unidad de medida	Method / Método	Result / Resultado
pH	pH units / Unidades de pH	Potentiometer / Potenciómetro	7.2
C.E.	Microsimens	Conductometry / Conductímetro	1743
Ca	mg·L ⁻¹	Atomic absorption / Absorción atómica	57.58
Mg	mg·L ⁻¹	Atomic absorption / Absorción atómica	44.86
Na	mg·L ⁻¹	Atomic absorption / Absorción atómica	156.86
Carbonates / Carbonatos	mg·L ⁻¹	Volumetric titration / Titulación volumétrica	N.D.
Bicarbonates / Bicarbonatos	mg·L ⁻¹	Volumetric titration / Titulación volumétrica	516.50
Sulfates / Sulfatos	mg·L ⁻¹	Turbidimetry / Turbidimétrico	110.74
Clorides / Cloruros	mg·L ⁻¹	Argentometry / Argentométrico	174.19
RAS		Calculation / Cálculo	3.75

Source: Soil-Water-Plant Laboratory of IT Conkal, 2013

Fuente: Laboratorio de suelo-agua-planta de IT Conkal, 2013

Table 3. Soil quality parameters used during the research project.
Cuadro 3. Parámetros de calidad del suelo usado durante el proyecto de investigación.

Parameter / Parámetro	Unit of measurement / Unidad de medida	Method / Método	Result / Resultado
pH	pH units / Unidades de pH	Potentiometer / Potenciómetro	6.98
C.E. (1:5)	Microsimens	Conductometry / Conductímetro	108.7
Extractable P / P extraíble	mg·kg ⁻¹	Olsen	<5
Exchangeable K / K intercambiable	mg·kg ⁻¹	Ammonium acetate and atomic absorption / Acetato de amonio y absorción atómica	392.89
Exchangeable Ca / Ca intercambiable	mg·kg ⁻¹	Sodium acetate and atomic absorption / Acetato de sodio y absorción atómica	3 179.24
Exchangeable Mg / Mg intercambiable	mg·kg ⁻¹	Sodium acetate and atomic absorption / Acetato de sodio y absorción atómica.	221.18
Organic matter / Materia orgánica	%	Walkley-Black	9.60
Bulk density / Densidad aparente	mg·cm ³	Defined volume / Volumen definido	0.82
Particle density / Densidad real	mg·cm ³	Pycnometer / Picnómetro	2.29
Bicarbonates / Bicarbonatos	mg·L ⁻¹	Volumetric titration / Titulación volumétrica	322.80
Chlorides / Cloruros	mg·L ⁻¹	Argentometry / Argentométrico	100.04
Sulfates / Sulfatos	mg·L ⁻¹	Turbidimetry / Turbidimétrico	46.99
Texture / Textura		Bouyoucos / Bouyoucos	Loamy sand / Franco-limosa

Source: Soil-Water-Plant Laboratory of IT Conkal, 2013

Fuente: Laboratorio de suelo-agua-planta de IT Conkal, 2013

dose of 1g·L⁻¹ of water, and deep watering was applied to the soil for 2 hours. Transplantation was carried out 25 days after seeding at a distance of 0.40 m between plants and 1.20 m between rows, with a population density of 20 833 plantas·ha⁻¹. For this process, the bag was removed, and the root ball was buried in the soil to a depth of approximately 12 cm (Figure 2).

Pruning

This activity began 28 days after transplantation and was carried out weekly, removing lateral shoots and diseased leaves to allow aeration, minimizing optimal

mediana subcaducifolia tales como elemuy (*Guatteria gaumeri*) y sutub (*Helicteres baruensis*) de 1.80 m y dobladas en forma de arco con separación de dos metros cada uno y clavadas en el suelo con puntas de madera insertadas al suelo que se unen en ambas partes del arbusto; sujetadas con rafia agrícola a lo largo y en los extremos del surco (Figura 1).

Trasplante

Previo a esta labor, las plantas fueron sumergidas en una solución de fungicida preventivo "Previcur®" a dosis de 3 mL·L⁻¹ de agua, más un enraizador "Pro-

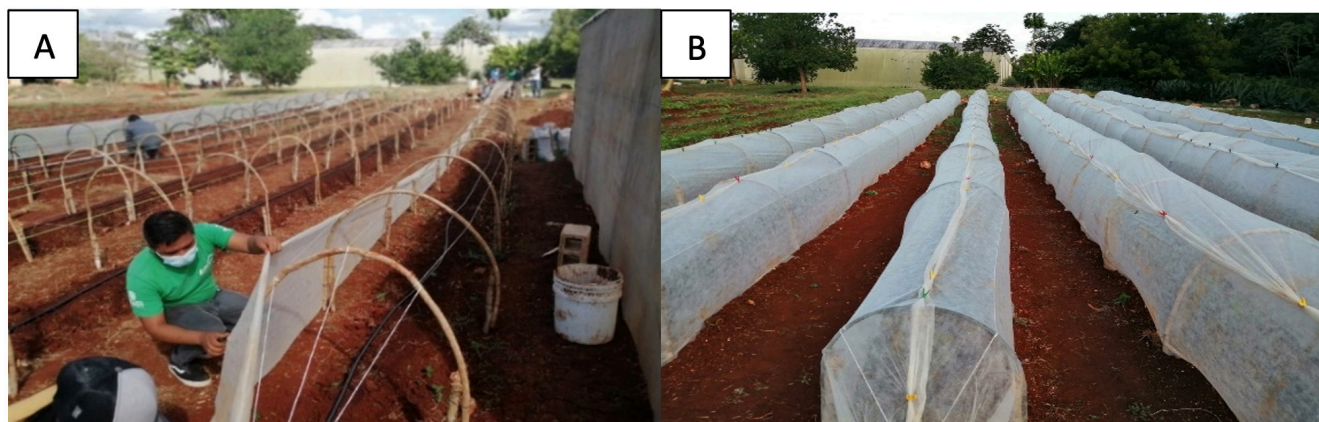


Figure 1. Installation of micro tunnels at the experimental field of the educational program in Sustainable and Protected Agriculture of the Universidad Tecnológica de Mayab in Peto, Yucatán. A. Arches made of vines and B. Reused mesh type “agribón®” installed in micro tunnels.

Figura 1. Instalación de microtúneles en el campo experimental del programa educativo en Agricultura Sustentable y Protegida de la UT del Mayab en Peto, Yucatán. A. Arcos de bejuco y B. Malla reutilizada tipo “agribón®” instalados en microtúneles.



Figure 2. Transplanting xkat iik (*Capsicum annum L.*) pepper.

Figura 2. Trasplante de chile xkat iik (*Capsicum annum L.*)

conditions for the development of any disease using Truper pruning shears.

Pest and weed control

The main pests present in the crop were: whitefly (*Bemisia tabaci*), black aphid (*Melanocallis caryaefoliae*), mealybug (*Dysmicoccus brevipes*), white mite (*Polyphagotarsonemus latus*) and leaf miner (*Liriomyza* spp.). During the crop cycle, three types of natural insecticides (biopreparations), bell pepper, garlic and onion macerate, neem leaf infusion and potassium soap were applied alternately on a weekly basis. The dose applied to the crop in the case of potassium

root®” a dosis de 1g·L⁻¹ de agua, además se aplicó un riego profundo al suelo con duración de 2 horas. El trasplante se llevó a cabo 25 días después de la siembra distanciados a 0.40 m entre plantas y 1.20 m entre surcos obteniendo una densidad de población de 20 833 plantas·ha⁻¹. Para este proceso, se eliminó la bolsa y se cubrió el cepellón en el suelo a una profundidad aproximada de 12 cm (Figura 2).

Poda

Esta actividad se inició 28 días después del trasplante y se efectuó de manera semanal eliminando brotes laterales y hojas enfermas para permitir aireación, minimizando

soap was 10 g·L⁻¹ of water, while for the macerate it was 60 mL·L⁻¹ of water, and for the infusion it was 3 L·ha⁻¹.

Procedure for the preparation of 10 liters of pepper, garlic and onion macerate solution for the control of: Aphid (*Myzus persicae*), red spider mite (*Tetranychus urticae*), whitefly (*Bemisia tabaci*), leafminer (*Lyriomiza* sp.) and thrips (*Frankliniela* sp.).

Materials: 1 mortar, 50 g of garlic, 50 g of habanero pepper, 50 g of onion, 10 g of neutral soap, 1 liter of 90° ethyl alcohol, 10 liters of water. 50 g of garlic, 50 g of onion and 50 g of habanero pepper were crushed in a blender and placed in a container with 10 liters of water. 1 liter of 90° alcohol was added and incubated for 48 hours at room temperature. Then, this was strained with a piece of fabric without touching the liquid, and it was packed in a non-metallic container. This material can be stored for up to 6 months in an airtight container. The product can be applied every week at a dose of 60 mL of solution per liter of water.

Procedure for the preparation of five liters of neem (*Azadirachta indica*) infusion solution. For the control of aphid (*Myzus persicae*), red spider mite (*Tetranychus urticae*), whitefly (*Bemisia tabaci*), leafminer (*Lyriomiza* sp.) and thrips (*Frankliniela* sp.) mealybug (*Passionvine mealybug*), weevil (*Sitophilus zeamais*), leafhopper (*Sphenarium purpurascens*) and the following diseases: powdery mildew, rust (*Puccinia triticina*) and ashy mildew (*Sphaerotheca fuliginea*). 500 g of neem leaves, 10 g of zote or neutral soap, five one-liter containers and a blender are used. 500 g of crushed neem leaves are boiled in 5 liters of water and incubated for 24 hours at room temperature. Zote soap or neutral soap was added and was diluted. This product can be applied every week during the whole crop cycle at a dose of 3 L·ha⁻¹.

The preparation of the biopreparations was carried out according to Millán (2008) with the modification of the application dose, which he recommends for the maceration of pepper, garlic and onion, 30 milliliters of solution per 16 liters of water. Weed control was carried out weekly by hand

Harvesting

A total of four cuttings were made (90, 95, 100 and 105 days after transplanting). Subsequently, the fruits were measured and weighed according to the variables evaluated (Figure 3).

las condiciones óptimas para el desarrollo de alguna enfermedad utilizando tijera podadora marca Truper.

Control de plagas y malezas

Las principales plagas que se presentaron en el cultivo fueron: mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), pulgón negro (*Melanocallis caryaefoliae*), cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*), ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*) y minador de la hoja (*Liriomyza* spp.). Durante el ciclo de cultivo, se aplicó de manera semanal de forma alternada tres tipos de insecticidas naturales (biopreparados) macerado de chile, ajo, cebolla; infusión de hojas de neem y jabón potásico. La dosis aplicada en el cultivo para el caso de jabón potásico es de 10 g·L⁻¹ de agua, mientras que para el macerado es de 60 mL·L⁻¹ de agua, y para la infusión fue de 3 L·ha⁻¹.

Procedimiento de elaboración de 10 litros de solución de macerado de chile, ajo y cebolla para el control de: Pulgón (*Myzus persicae*), araña roja (*Tetranychus urticae*), mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), minador (*Lyriomiza* sp.) y trips (*Frankliniela* sp.).

Material: 1 mortero, 50 g de ajo, 50 g de chile habanero, 50 gramos de cebolla, 10 g de jabón neutro, 1 litro de alcohol etílico de 90°, 10 litros de agua. Se machacan los 50 g de ajo, 50 g de cebolla y 50 g de chile habanero en una licuadora y se colocan en un recipiente con 10 litros de agua. Se agrega 1 L de alcohol de 90° y se deja reposar 48 horas. Se cuela con una tela cuidando de no tocar el líquido y se envasa en un recipiente no metálico. Se puede almacenar hasta por 6 meses en un recipiente hermético. Aplicar cada semana a dosis de 60 mL de solución por cada litro de agua.

Procedimiento de elaboración de cinco litros de solución de infusión de neem (*Azadirachta indica*). Para el control de pulgón (*Myzus persicae*), araña roja (*Tetranychus urticae*), mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), minador (*Lyriomiza* sp.) y trips (*Frankliniela* sp.) cochinilla (*Passionvine mealybug*), gorgojo (*Sitophilus zeamais*), saltamontes (*Sphenarium purpurascens*) y de las siguientes enfermedades: Mildiu (*Mildiu polvoso*), Roya (*Puccinia triticina*), Cenicilla (*Sphaerotheca fuliginea*). Se utilizan 500 g de hojas de neem. 10 g de jabón zote o neutro, cinco recipientes de un litro y una licuadora. Hervir 500 g de hojas de neem trituradas en 5 litros de agua y dejar reposar 24 horas. Añadir jabón zote o jabón neutro y diluir. Licuar y envasar o aplicar en el cultivo. Aplicar cada semana durante todo el ciclo del cultivo a dosis de 3 L·ha⁻¹



Figure 3. Fruit harvest and data collection. A and B collection of xkat iik pepper fruits; C fruit weight per plant.

Figura 3. Cosecha de frutos y toma de datos. A y B colecta de frutos de chile xkat iik; C peso de frutos por planta.

Study factors

The effect of foliar fertilization on xkat iik pepper yield under the micro tunnel production system was evaluated. The solutions were prepared by measuring the optimum dose corresponding to each treatment using well water as a vehicle with pH 7.2. For each solution, the specified fertilizer sources per treatment were mixed and sprayed on the foliage of xkat iik pepper at four times (30, 40, 50 and 60 days after transplanting) using a 20 L capacity manual backpack sprayer.

Treatments, experimental design and statistical analysis

A Randomized Complete Block Experimental Design was used with four treatments and four replications per treatment, having a total of 16 experimental units.

Each experimental unit consisted of a 10-meter furrow. The useful plot consisted of 5 plants obtained at random from each experimental unit, which were in the central part of the furrow.

The effect of the treatments on the variables was evaluated by means of an ANOVA and a T-test $P = 0.05$. The statistical software InfoStat version 2017.1.2 was used for data analysis. The treatments used are described in Table 4.

Response variables

The following variables were considered: fruit length (cm), fruit equatorial diameter (cm), number of fruits per plant and fruit weight per plant (kg). Measurements were made after harvesting using a ruler, a united

La preparación de los biopreparados se efectuó con base a lo señalado por Millán (2008) con la modificación de la dosis de aplicación, lo que recomienda para el macerado de chile, ajo y cebolla de 30 mililitros de solución por cada 16 litros de agua. El control de malezas se realizó cada semana de manera manual

Cosecha

Se efectuaron cuatro cortes (90, 95, 100 y 105 días después del trasplante). Posterior a ello, se midieron y pesaron los frutos acordes a las variables evaluadas (Figura 3).

Factores de estudio

Se evaluó el efecto de la fertilización foliar en el rendimiento de chile xkat iik bajo el sistema de producción de microtúneles. Las soluciones se prepararon midiendo la dosis óptima correspondiente a cada tratamiento utilizando agua de pozo como vehículo con pH de 7.2. Para cada solución se mezclaron las fuentes de fertilizantes especificadas por tratamiento y se asperjaron al follaje del chile xkat iik en cuatro momentos (30, 40, 50 y 60 días después del trasplante) utilizando una mochila aspersora manual de 20 L de capacidad.

Tratamientos, diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, teniendo en total 16 unidades experimentales.

Cada unidad experimental consistió en un surco de 10 metros. La parcela útil fue de 5 plantas obtenidas al

Table 4. Description of treatments applied in this research.**Cuadro 4. Descripción de tratamientos aplicados en el trabajo de investigación.**

Treatment / Tratamiento	Source / Fuente	Formula or chemical composition / Fórmula o composición química	L·ha ⁻¹ ·kg·ha ⁻¹ dose / Dosis L·ha ⁻¹ ·kg·ha ⁻¹
T1	Poliquel multi L	Multi-chelated iron complex / Complejo multiquelutado de hierro	1
	Violet kg / Violeta kg	13-40-13	5
	Polyfeed kg	19-19-19	2
	K-thionic L	Fulvic substances / Sustancias fúlvicas	0.4
T2	Poliquel multi L	Iron multi-chelate complex / Complejo multiquelutado de hierro	2
	Violeta kg / Violeta kg	13-40-13	10
	Polyfeed kg	19-19-19	4.5
	K-thionic	Fulvic substances / Sustancias fúlvicas	0.5
T3	Poliquel multi L	Iron multi-chelate complex / Complejo multiquelutado de hierro	3
	Violeta kg / Violeta kg	13-40-13	15
	Polyfeed kg	19-19-19	6
	K-thionic L	Fulvic substances / Sustancias fúlvicas	1
T4 (control) / T4 (testigo)	Magnesium nitrate / Nitrato de magnesio	11-00-00-16 MgO	10
	Monoammonium phosphate (MAP) / Fosfato monoamónico (MAP)	11-52-00	10

scientific VCB001 stainless steel vernier and MIN 120 g and MAX 120 kg G-30 Nuevo León scales.

Results and Discussion

The results of the comparison of means between the variables evaluated (Table 5) show that for the fruit length variable there was no statistical significance ($P = 0.05$); while, for fruit equatorial diameter and number of fruits per plant, T2 presented the best results, 3.11 cm and 34 fruits, respectively. For the variable fruit weight per plant, T1 showed the best result with a value of 673.33 g, which from the statistical point of view showed significant differences compared to the control.

Fruit length

There were no significant statistical differences between treatments. The largest size fruits were recorded in T1 with 14.72 cm, this value was higher by 39 % than reported by Moreno, et al (2014) in their study of Hungarian pepper behavior in vermicompost-sand mixtures under protected conditions and according

azar de cada unidad experimental, la cual se ubicó en la parte central del surco.

El efecto de los tratamientos sobre las variables se evaluó a través de un análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tukey $P = 0.05$. Para el análisis de datos se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2017.1.2. Los tratamientos empleados se describen en el Cuadro 4.

Variabes respuesta

Se consideraron las siguientes variables: longitud de fruto (cm), diámetro ecuatorial de fruto (cm), número de frutos por planta y peso de frutos por planta (kg). Las mediciones se efectuaron posterior a la cosecha utilizando regla, vernier de acero inoxidable marca united scientific VCB001 y báscula MIN 120 g y MAX 120 kg G-30 Nuevo León.

Resultados y discusión

Los resultados de la comparación de medias entre las variables evaluadas (Cuadro 5) muestran que para

Table 5. Mean comparisons of four yield variables in xkat iik (*Capsicum annum L.*) pepper under micro tunnels in Peto, Yucatan, Mexico.**Cuadro 5. Comparaciones de medias de cuatro variables de rendimiento en chile xkat iik (*Capsicum annum L.*) bajo microtúneles en Peto, Yucatán, México.**

Treatment / Tratamiento	Variables / Variables			
	Fruit length (cm) / Longitud del fruto (cm)	Fruit equatorial diameter (cm) / Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	Number of fruits per plant / Número de frutos por planta	Fruit weight per plant (g) / Peso de frutos por planta (g)
T1	14.72a	2.53b	30.11ab	673.33a
T2	14.50a	3.11a	34.44a	665.56a
T3	11.17a	2.32b	26.00ab	518.56ab
T4(Control) / T4(Testigo)	11.37a	2.51b	23.44b	438.89b

Means with the same letter in each column are statistically equal. (Tukey, $P = 0.05$)

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P = 0.05$)

to NMX-FF-025-SCFI-2007 (2014), the values obtained in all treatments (12.17, 14.50, 11.17 and 11.37 cm) correspond to the extra-large size of jalapeño peppers, whose value is greater than 9 cm in length.

Fruit equatorial diameter

There were no significant statistical differences between treatments. The values of fruit equatorial diameter ranging from 2.32 to 3.11 cm in T3 and T2, respectively, were slightly higher by at least 9.5 %, with that reported by Moreno et al. (2014), but lower by 29.6 % recorded by Hernández-Pérez et al. (2011).

Number of fruits per plant

There were no significant statistical differences between treatments; however, T2 had the greatest potential in number of fruits per plant, with 34 fruits, exceeding the control by 32 %. Possibly, to improve the number of fruits a combination of organic and chemical fertilization is required, as indicated by Tlelo et al. 2023, the combination of sheep manure at a dose of 15 t·ha⁻¹ and chemical fertilizer with the formula 80N-40P-80K generated higher yields (35.5 t·ha⁻¹ of green fruit), plant height (74 cm), number of fruits per plant (22 fruits) and fresh fruit weight (86.52 g), while the commercial organic fertilizer Solep® at 5 t·ha⁻¹ and the formula 80N-40P-80K had the lowest yield (14 t·ha⁻¹ fresh fruit), plant height (50 cm), number of fruits per plant (nine fruits) and lowest fruit weight (65.13 g).

Fruit weight per plant

Although T2 showed the best results in fruit equatorial diameter and number of fruits per plant, T1 showed

the variable length of fruit no tuvo significancia estadística ($P = 0.05$); mientras que, para diámetro ecuatorial del fruto, número de frutos por planta, el T2 presentó los mejores resultados, 3.11 cm y 34 frutos, respectivamente. En la variable peso de frutos por planta, el T1 expresó el mejor resultado con un valor de 673.33 g, por lo que desde el punto de vista estadístico mostró diferencias significativas con el testigo.

Longitud del fruto

No existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Los frutos de mayor tamaño se registraron en el T1 con 14.72 cm, este valor fue superior en un 39 % a lo reportado por Moreno, et al (2014) en su estudio de comportamiento de chile húngaro en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones protegidas y de acuerdo con la norma NMX-FF-025-SCFI-2007 (2014), los valores obtenidos en todos los tratamientos (12.17, 14.50, 11.17 y 11.37 cm) corresponden al tamaño extra-grande de los chiles jalapeños, cuyo valor es mayor a 9 cm de longitud.

Diámetro ecuatorial del fruto

No existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Los valores de diámetro ecuatorial del fruto que oscilaron de 2.32 a 3.11 cm en el T3 y T2, respectivamente, fue ligeramente superior en al menos 9.5 %, con lo reportado por Moreno et al. (2014), pero inferior en un 29.6 % registrado por Hernández-Pérez et al. (2011).

Número de frutos por planta

No existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sin embargo, el T2 expresó el mayor

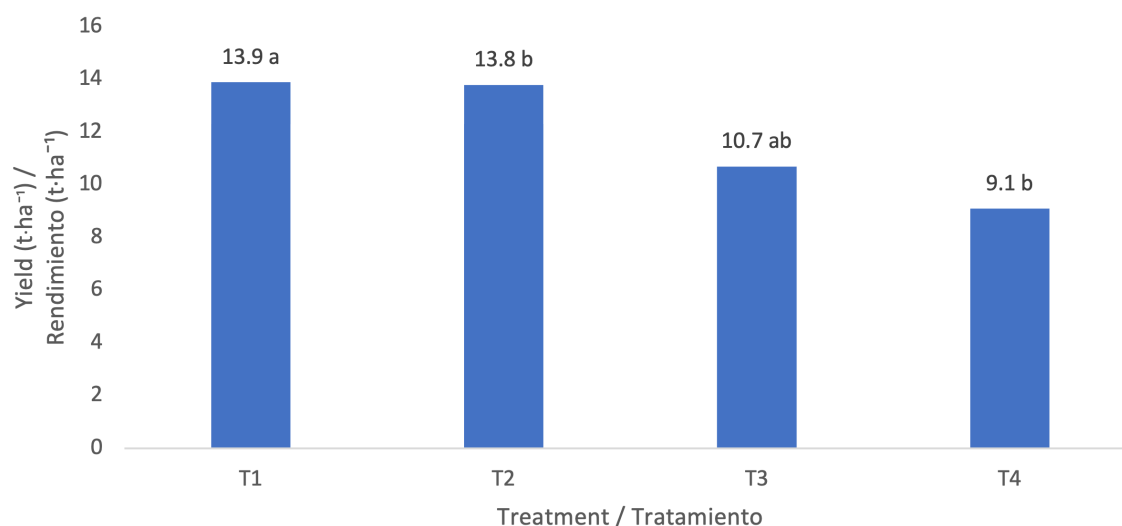


Figure 4. Average yield of xkat iik (*Capsicum annuum* L.) pepper under micro tunnels in Peto, Yucatan, Mexico.
Figura 4. Rendimiento promedio de chile xkat iik (*Capsicum annuum* L.) bajo microtúneles en Peto, Yucatán, México.

significant differences compared to the control. T1 showed significant differences compared to the control, since it achieved the highest result in fruit weight per plant, 673 g with an average weight per fruit of 22.3 g, surpassing it by 34.8%. This result corresponds to the medium size of fresh jalapeño peppers according to NMX-FF-025-SCFI-2007 (2014) of 15.1-24.9 g, possibly derived from the fact that the greater the number of fruits, the lower the weight, given the competition in nutrients that is generated between both variables.

Yield

Figure 4 shows that T1 had the best yield with 13.9 t·ha⁻¹, exceeding the control by about 35 %, a value lower than 19.10 t·ha⁻¹ reported by Moreno, et al. (2014), and at least 12 % less than that obtained by Ramos-Gourcy et al. (2007) whose values range between 15.83 and 18.69 t·ha⁻¹ when fertilizing with vermicompost and bovine manure, respectively the ancho pepper crop grown in open field.

Conclusions

Foliar fertilization at doses of 1-2 L·ha⁻¹ of Poliquel multi (multi-chelated iron complex), 5-10 kg·ha⁻¹ of violet (13-40-13), 2-4.5 kg·ha⁻¹ polyfeed (19-19-19) and 0.4-0.5 L·ha⁻¹ and of k-thionic (fulvic substances) improves yield in xkat iik pepper.

Acknowledgments

A special acknowledgement is made to the group of 25 students of 9A of the September-December 2022 se-

potencial en número de frutos por planta, siendo de 34 frutos, superando al testigo en un 32 %. Posiblemente, para mejorar el número de frutos se requiera una combinación de fertilización orgánica y química como lo señala Tlelo et al. 2023, la combinación de estiércol ovino a una dosis de 15 t·ha⁻¹ más fertilizante químico con la fórmula 80N-40P-80K generó mayor rendimiento (35.5 t·ha⁻¹ de fruto verde), altura de planta (74 cm), número de frutos por planta (22 frutos) y peso de fruto fresco (86.52 g), mientras que el fertilizante orgánico comercial Solep® a 5 t·ha⁻¹ más la fórmula 80N-40P-80K presentó el menor rendimiento (14 t·ha⁻¹ de fruto fresco), altura de planta (50 cm), número de frutos por planta (nueve frutos) y menor peso de fruto (65.13 g).

Peso de frutos por planta

A pesar de que el T2, expresó los mejores resultados en las variables diámetro ecuatorial del fruto y número de frutos por planta. El T1 mostró diferencias significativas con el testigo, dado que logró el mayor resultado en peso de frutos por planta siendo de 673 g con un peso promedio por fruto de 22.3 g superando a éste en un 34.8 %. Este resultado corresponde al tamaño mediano de los chiles frescos jalapeños de acuerdo con la norma NMX-FF-025-SCFI-2007 (2014) siendo de 15.1-24.9 g, posiblemente se derive a que, a mayor número de frutos, menor fue el peso, dado a la competencia en nutrientes que se genera entre ambas variables.

Rendimiento

En la Figura 4, se observa que el T1 expresó el mejor rendimiento con 13.9 t·ha⁻¹, superando al testigo en

mester of the educational program in Sustainable and Protected Agriculture of the Universidad Tecnológica del Mayab who collaborated in the establishment and conduction of this experiment.

End of English version

References / Referencias

- Aguirre Hernández, E., y Muñoz Ocotero, V. (2015). El chile como alimento. *Ciencia*. 66 (3), 16-23. Disponible en <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-66-numero-3/603-el-chile-como-alimento> [Acceso: 11 de julio de 2022]
- Comisión Nacional del Agua - CONAGUA (2019). Reporte del clima en México. Recuperado: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2019.pdf> (2 de mayo 2023)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), (2020). FAOSTAT-Producción agrícola. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> [Acceso: 24 de junio de 2022]
- Hernández-Pérez, M., López-Benítez, A., Rodríguez-Herrera, S. A., Borrego-Escalante, F., Ramírez-Meraz, M., & López-Benítez, S. R. (2011). Análisis conglomerado de 15 cruces de chile para variables fenológicas y de rendimiento. *Agronomía mesoamericana*. 22(1):45-50. Recuperado en <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v22n1/a06v22n1.pdf> [Acceso: 21 de febrero de 2024]
- Millán C. (2008). Las plantas: una opción saludable para el control de plagas.
- Moreno R. A., Rodríguez D. N., Reyes C. J. L., Márquez Q. C., & Reyes G. J. (2014). Comportamiento del chile húngaro (*Capsicum annum*) en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones protegidas. *Rev. FCA UNCUYO* 46(2): 97-111. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837658012> [Acceso: 19 de agosto de 2022]
- Ramos Gourcy, Fernando; Aguilar Rubalcava, Juan Antonio; López Gutiérrez, Mario Alejandro; Ochoa Fuentes, Yisa María; & Vázquez Martínez, Otilio. 2011. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annum* L.), y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental. *Investigación y Ciencia*. 19 (51): 3-9. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/674/67418397001.pdf>
- Rubio, S. A., Alfonso, A. M., Grijalba, C. M., & Pérez, M. M. (2014). Determinación de los costos de producción de la fresa cultivada a campo abierto y bajo macrotúnel, *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), pp. 67-79. doi: 10.17584/rcch.2014v8i1.2801.
- cerca del 35 %, valor inferior a 19:10 t·ha⁻¹ reportado por Moreno, et al. (2014), y mínimo 12 % menos a lo obtenido por Ramos-Gourcy et al. (2007) cuyos valores oscilan en 15.83 y 18.69 t·ha⁻¹ al fertilizar con vermicomposta y estiércol de bovino, respectivamente el cultivo de chile ancho a campo abierto.

Conclusiones

La fertilización foliar a dosis de 1-2 L·ha⁻¹ de Poliquel multi (complejo multiquelutado de fierro), 5-10 kg·ha⁻¹ de violeta (13-40-13), 2-4.5 kg·ha⁻¹ polyfeed (19-19-19) y 0.4-0.5 L·ha⁻¹ y de k-tionic (sustancias fúlvicas) mejora el rendimiento en el cultivo de chile xkat iik.

Agradecimiento

Se hace un especial reconocimiento al grupo de 25 estudiantes del 9A del cuatrimestre septiembre-diciembre de 2022 del programa educativo en Agricultura Sustentable y Protegida de la Universidad Tecnológica del Mayab que colaboraron en el establecimiento y conducción del experimento.

Fin de la versión en español

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2022). Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta (SIACON). Bases de Datos 1980 – 2022. México: SIAP.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2020). Panorama agroalimentario 2020. México: SIAP. Disponible en <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> [Acceso: 24 de junio de 2022]
- Secretaría de Economía. NMX-FF-025-SCFI-2014. (2014). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - chile fresco (*Capsicum* spp.) – especificaciones (cancela a la NMX-FF-025-SCFI-2007) Disponible en <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-ff-025-scfi-2014.pdf>
- Tlelo-Cuautle Ana M., Taboada-Gaytán Oswaldo R., Cruz-Hernández Javier, López-Sánchez Higinio & A. López Pedro. 2020. Efecto de la fertilización orgánica y química en el rendimiento de fruto de chile poblano. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43 (3): 283 – 289. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v43n3/0187-7380-rfm-43-03-283.pdf>