

## Producción y rentabilidad de calabacita con aplicación de zeolita y fertilizante químico

Patricio Apáez-Barrios<sup>1</sup>  
Ma. Blanca Nieves Lara-Chávez<sup>2</sup>  
Maricela Apáez-Barrios<sup>1</sup>  
Yurixhi Atenea Raya-Montaña<sup>2§</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Prolongación de la calle Mariano Jiménez s/n, Col. El Varillero, Apatzingán, Michoacán, México. CP. 60670. Tel. 4535341675. (patrick280485@gmail.com; mary-230488@hotmail.com). <sup>2</sup>Facultad de Agrobiología 'Presidente Juárez'-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas s/n, esq. Berlín, Colonia Viveros, Uruapan, Michoacán, México. CP. 60190. Tel. 4525236474. (chavez12001@yahoo.com.mx).

§Autora para correspondencia: yurixhiate@hotmail.com.

### Resumen

La calabacita se utiliza principalmente para consumo en fruto fresco; es rica en vitaminas y minerales. Para su producción se aplican cantidad elevadas de fertilizantes químicos (FQ) que aumentan los costos de producción y provocan daños ecológicos. En general, los FQ presentan baja eficiencia que podría aumentarse con el uso de productos como la zeolita. Por lo que, en Apatzingán Michoacán, se sembró en campo calabacita en diciembre de 2017, para determinar el efecto de la aplicación de zeolita (Z) como porcentaje de la dosis de FQ sobre la producción y rentabilidad económica. Se evaluaron los tratamientos: 100FQ, 25Z + 75FQ, 50Z + 50FQ, 75Z + 25FQ, 100Z, 0Z + 0FQ (los valores representan porcentajes). Se encontró que el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas no se modificó por los tratamientos así, la emergencia ocurrió a los nueve días después de la siembra (dds), la floración a los 39 días, el primer corte de frutos a los 48 días y a los 71 días el último corte. El suministro de zeolita en mezclas con FQ no redujo la altura de la planta, diámetro del tallo y el número de hojas en comparación con la dosis completa de FQ. La mezcla que generó el mayor rendimiento de fruto fresco ( $37.8 \text{ t ha}^{-1}$ ) y ganancia por peso invertido (\$3.44) fue 25Z + 75FQ. Por lo que, en calabacita la aplicación de zeolita permite reducir la dosis de FQ con el consecuente incremento en rendimiento y rentabilidad económica.

**Palabras clave:** *Cucurbita pepo*, análisis del suelo, fenología.

Recibido: marzo de 2019

Aceptado: julio de 2019

## Introducción

La familia cucurbitácea es una de las más grandes, con aproximadamente 130 géneros y 800 especies que se cultivan en regiones cálidas alrededor del mundo, incluye cultivos de gran importancia económica como la calabaza (*Cucurbita pepo* L.), la cual presenta beneficios alimenticios y medicinales. Se utiliza principalmente para consumo en fruto fresco (tiernos) y maduros; las semillas comúnmente se emplean con fines alimenticios, mientras que las flores (generalmente las estilizadas o masculinas) y partes tiernas de los tallos, se utilizan en menor escala como verdura (Aliu *et al.*, 2012; Pérez, 2016).

La calabacita presentó un alto contenido en vitaminas (A, B<sub>2</sub>, C y E),  $\beta$ -caroteno, flavonoides, aminoácidos y minerales, principalmente potasio (Aliu *et al.*, 2012; Martínez-Valdivieso *et al.*, 2015). A este cultivo se le atribuyen propiedades antiinflamatorias, antiviral, analgésico, antidiabético y antioxidante (Pérez, 2016).

En México durante el año 2016 se produjeron 502 105 t de fruto fresco con un valor de \$2 527 millones de pesos. Los estados con la mayor producción de calabacita son: Sonora (153 0137 t), Puebla (63 561 t), Michoacán (40 869 t), Zacatecas (29 901 t) y Sinaloa (27 922 t), los cuales producen principalmente la variedad Grey Zucchini (SIAP, 2018).

Para su producción demanda niveles elevados de fertilizantes químicos, los cuales en este cultivo y en general representan aproximadamente 50% de los costos de producción, en donde los fertilizantes nitrogenados son los más adquiridos (Obregón-Portocarreo *et al.*, 2016). Los fertilizantes solubles, como los nitrogenados, al aplicarse en forma excesiva reducen el porcentaje del elemento recuperado por el cultivo, que resulta en la acumulación en el suelo y su consecuente acidificación; también se favorece el desbalance nutrimental. Además, la volatilización como amoníaco, genera baja eficiencia de aprovechamiento principalmente en suelos tropicales.

Así mismo, la alta lixiviación en forma de nitratos representa un riesgo ambiental, ya que contamina el agua subterránea con graves consecuencias a la salud humana como el desarrollo de distintos tipos de cáncer en personas que consumen agua con nitratos (Zebarth *et al.*, 1995; Compton *et al.*, 2011). Los fertilizantes nitrogenados presentan una eficiencia 50%, los fosfatados de 10% y los potásicos de 30% (Sanjuán y Moreno, 2010). La baja eficiencia ha conducido a nuevas alternativas que aumente la eficiencia de la fertilización y reduzcan los costos de producción.

En este sentido, la zeolita (clinoptilonita) presenta estructura porosa que favorece el intercambio de iones (Obregón-Portocarrero *et al.*, 2016). El uso de este mineral disminuye la lixiviación y volatilización de elementos, mejora la estructura coloidal del suelo y aumenta la eficiencia de nutrientes por incremento en la disponibilidad de elementos como el P. Mezclas de zeolita y fertilizantes han mostrado efecto positivo en la producción agrícola, por lo que este mineral podría ser una opción como complemento de la fertilización química (De campos *et al.*, 2013).

El incremento en el rendimiento agrícola por efecto de la aplicación de zeolita se ha demostrado en algunos cultivos, al respecto, en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en suelos con textura media y pH alcalino (González *et al.*, 2012). En trigo (*Triticum aestivum* L.) con la aplicación de urea mezclada con zeolita en un calcisol de textura arenosa (Osuna-Ceja *et al.*, 2012). En la mayoría de los

estudios la zeolita se utiliza para reducir la dosis de fertilización nitrogenada; sin embargo, este mineral puede aumentar la eficiencia del P y otros nutrientes (De campos *et al.*, 2013), por lo que podría reducir la cantidad de macronutrientes aplicados y favorecer la rentabilidad económica.

La respuesta agronómica de las plantas a la aplicación de zeolita depende de la presentación de la zeolita, el tipo de suelo, la dosis aplicada y el cultivo (González *et al.*, 2012; De campos *et al.*, 2013; Manikandan y Subramanian, 2016; Sosa-Núñez y Villarreal-Núñez, 2016). Por lo que, en los diversos estudios realizados, la dosis recomendada varía ampliamente, esto hace necesario profundizar más en el tema para dar recomendaciones más acertadas.

En la actualidad en calabacita bajo condiciones del valle de Apatzingán son limitados los estudios al respecto, por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la mezcla de distintos porcentajes de zeolita con fertilizantes químicos sobre el tiempo a ocurrencia de etapas fenológicas, la producción, calidad de la producción y rentabilidad económica de calabaza Grey Zucchini; así como, en los cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo.

## **Materiales y métodos**

### **Descripción del sitio de estudio**

El presente estudio se desarrolló en el campo experimental en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en apatzingán, michoacán a 19° 05' 00" de latitud norte y 102° 22' 17" de longitud oeste y 314 m de altitud. El clima es BS<sub>1</sub> que corresponde al clima más seco de los BS (García, 2004).

### **Manejo del cultivo**

Previo a la siembra, se realizó un muestreo del suelo de la parcela experimental a la profundidad de 0-30 cm, para determinar las propiedades físicas y químicas. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos del Valle de Apatzingán. Los resultados indican un pH alcalino, nivel medio en N y P, contenido alto en K y elevada CIC según la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. El 19 de diciembre de 2017 se sembró calabacita Grey Zucchini F1, previa preparación de terreno, se depositaron dos semillas por golpe (mata) a una profundidad de 1.5 cm, la distancia entre matas fue de 0.6 m y entre surcos de 0.8 m, que generó una densidad de población 4.2 plantas m<sup>-2</sup>.

Se empleó un sistema de riego por goteo y la frecuencia e intensidad fue de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo. El control de malezas se hizo de forma manual. Durante el crecimiento del cultivo se presentó la mosquita blanca y se controló con aplicaciones de Imidacloprid que se rotó con Flupyradifurone más Spinetoram a la dosis recomendada por el fabricante.

A partir de los 15 días después de la siembra se realizaron aplicaciones de elementos menores mediante aspersiones foliares con una bomba de 15 L de capacidad y boquilla de cono vacío (hueco) se hicieron aspersiones foliares hasta punto de goteo de un fertilizante foliar a la dosis de 2 a 3 L ha<sup>-1</sup>, compuesto de 3% ácido húmico; 6.25% ácido giberélico; 10% N, 5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 5% K<sub>2</sub>O, más 1.5, 0.25, 0.25, 0.6, 0.8, 0.4, 0.4, 0.01 y 0.01 g L<sup>-1</sup> de S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Mo y B, respectivamente, en total se realizaron dos aplicaciones a intervalos de 15 días.

## Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron cinco tratamientos: 100% fertilizante químico (FQ, 120 y 90 kg ha<sup>-1</sup> de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente), 25 % zeolita + 75% FQ, 50% zeolita + 50% FQ, 75% zeolita + 25% FQ, 100% zeolita y un testigo absoluto (0% zeolita + 0% FQ). Cabe destacar, que el porcentaje de zeolita utilizado se determinó con base en el peso de los fertilizantes que completaron la dosis de la fertilización química. Los fertilizantes utilizados fueron: urea (46N) y fosfato diamónico (18N+46P), se aplicó todo el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, la zeolita y la mitad de N a los 15 días después de la siembra (dds) y el resto de N a los 40 dds.

Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, esto generó 24 unidades experimentales, cada unidad experimental, estuvo conformada por tres surcos de 3 m de longitud.

## Variables de respuesta

En el periodo de fructificación (60 dds) en cinco plantas del surco central de cada unidad experimental se registró la altura de la planta, el diámetro de tallo y el número de hojas. En total se realizaron ocho cortes de fruto uno cada tercer día. Los frutos se cosecharon cuando presentaron longitud mayor a 15 cm. En cada uno se determinó el peso total, el número de frutos por planta, la longitud y el diámetro de frutos. Mediante la suma de los cortes se determinó el número de frutos por planta, peso promedio de frutos, longitud y diámetro promedio de frutos. El rendimiento de fruto fresco en t ha<sup>-1</sup> se calculó considerando la densidad de población.

Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura máxima (°C) y mínima (°C) y precipitación pluvial diaria (mm), así como el tiempo a la ocurrencia de las etapas fenológicas: días a emergencia, días a inicio de floración, días a primer corte de fruto y días a último corte de fruto.

## Análisis de suelo al final del cultivo

Después de terminar el estudio y con el propósito de conocer las modificaciones del suelo a causa de los tratamientos evaluados, se procedió a realizar el análisis físico-químicos en el Laboratorio de Análisis de Suelos del Valle de Apatzingán.

## Análisis estadístico

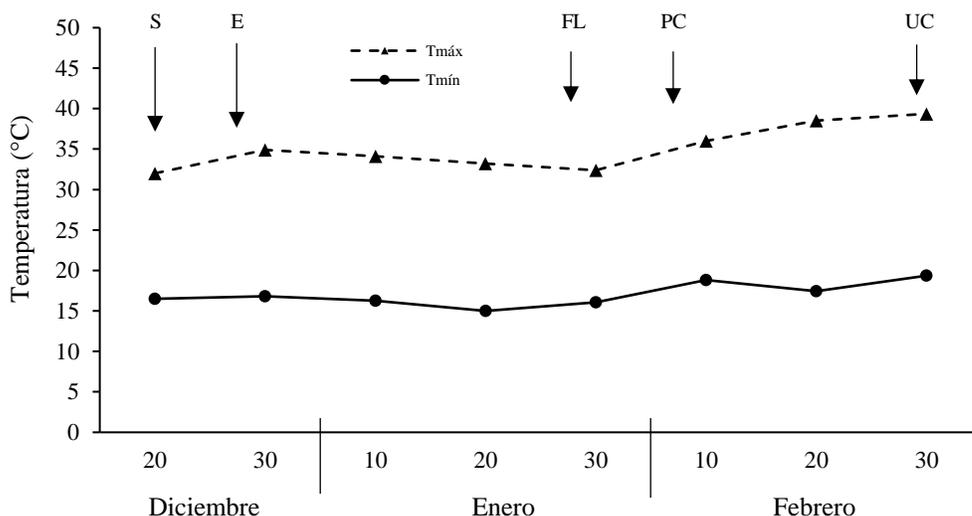
Los datos de las variables se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), ambos con el paquete Statistical Analysis System (SAS, 2002). También se aplicó un análisis económico a cada tratamiento, con la ecuación:  $IN = YPy - (\sum XiPi + CF)$  (Volke, 1982). Donde: IN= ingreso neto; Y= rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>); Py= precio por kg;  $\sum XiPi$ = suma de costos variables (fertilizante, jornales para la cosecha, fletes etc.); y CF= costos fijos (preparación del terreno, semilla y jornales para el manejo del cultivo). El precio de venta considerado por kilogramo fue de \$10.00 pesos.

## Resultados y discusión

### Elementos del clima y fenología

En la Figura 1 que presenta las temperaturas máximas y mínimas (media decenal) se observó que en promedio durante el cultivo la temperatura máxima osciló entre 32 y 39.4 °C y la temperatura mínima entre 15 y 19.3 °C (Figura 1). En general las temperaturas tendieron a incrementarse conforme avanzó el ciclo del cultivo y fueron superiores a las requeridas por este cultivo que de acuerdo con Maroto (2002) deben ser entre 18 y 35 °C, situación que pudo limitar la respuesta productiva de este cultivo.

En cuanto a la precipitación pluvial, únicamente se presentaron dos lluvias, una el 25 de enero y la otra el 26 de enero que sumaron 43 mm. Sin embargo, el requerimiento hídrico restante fue proporcionado mediante riego por goteo. El tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas de la calabacita no se modificó por efecto de los tratamientos, así, la emergencia ocurrió a los nueve días después de la siembra (dds), la floración a los 39 dds, el primer corte de frutos los 48 dds y a los 71 dds el último corte (Figura 1). Mientras que en el cultivo de plátano la aplicación de zeolita redujo el tiempo a cosecha (Soca-Núñez y Villarreal-Núñez, 2016), por lo que la respuesta varía de acuerdo con el cultivo.



**Figura 1.** Distribución de la temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el desarrollo de cultivo de calabacita. S= siembra; E= emergencia; FL= floración; PC= primer corte de frutos; y UC= último corte de frutos.

### Altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas

La altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de hojas de la calabacita presentaron modificaciones altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) a causa de los tratamientos (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Nivel de significancia y prueba de comparación de medias de la altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT) y número de hojas (NH) de plantas de calabacita en función de la combinación de zeolita y fertilizante químico.**

Tratamiento	AP (cm)	DT (cm)	NH (núm. planta <sup>-1</sup> )
100FQ	37.2 a <sup>¶</sup>	1.95 ab	27.33 ab
100Z	32.6 b	1.6 b	27.5 ab
25Z+75FQ	38.1 a	2.1 a	27.5 ab
50Z+50FQ	37.5 a	1.81 ab	27.5 ab
75Z+25FQ	35 ab	1.79 ab	31.92 a
0Z+0FQ	33.9 ab	1.72 b	23.25 b
Media general	35.69	1.83	27.5
Probabilidad F	**	**	**
DMSH <sub>0.05</sub>	4.26	0.37	5.61
Coefficiente de variación (%)	5.2	8.82	8.88

<sup>¶</sup>= medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). \*, \*\*  $p \leq 0.01$  y  $0.05$ , respectivamente; ns= no significativo ( $p \geq 0.05$ ); DMSH<sub>0.05</sub>= diferencia mínima significativa honesta; Z= zeolita; FQ= fertilizante químico.

Las plantas que estadísticamente presentaron la altura mayor fueron con 25% zeolita + 75% fertilizante químico, 50% zeolita + 50% fertilizante químico y con 100% de fertilizante químico.

A las que se les suministró únicamente zeolita presentaron la altura menor. Similar resultado se encontró en diámetro del tallo, donde las plantas de diámetro de tallo menor fueron las del tratamiento con 100% zeolita y el testigo que estadísticamente fueron similares y menores en 18 y 23%, respectivamente en comparación con las plantas con 25% zeolita + 75% fertilizante químico.

Para el número de hojas, destacó la aplicación de 75% zeolita y 25% de fertilizante químico como el tratamiento que generó los valores más elevados, aunque estadísticamente fueron similares a los otros tratamientos con zeolita y con 100% de fertilizante químico. Todos ellos superaron al testigo absoluto sin aplicación (Cuadro 1).

La respuesta positiva de la aplicación de zeolita en combinación con fertilizante químico sobre la altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas puede atribuirse a que la zeolita mejora la absorción de nutrientes como el nitrógeno (Aghaalkhani *et al.*, 2012) por lo que, en este estudio, la reducción en cantidades de fertilizante químico no, disminuyen el tamaño de la planta.

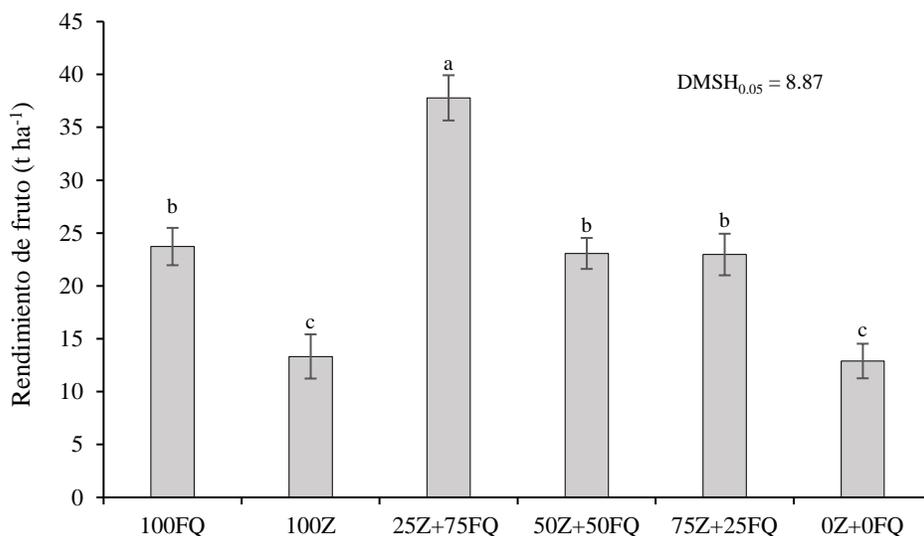
### Rendimiento de fruto fresco y componentes del rendimiento

El rendimiento de fruto fresco, número de frutos y longitud de frutos mostraron cambios altamente significativos ( $p \leq 0.01$ ) a causa de los tratamientos estudiados. El peso promedio de frutos y diámetro de frutos fueron similares entre tratamientos (Cuadro 2 y Figura 2).

**Cuadro 2. Nivel de significancia y prueba de comparación de medias del número de frutos por planta (NF), peso promedio de frutos (PPF), longitud (LF) y diámetro de frutos (DF) en calabacita en función de la combinación de zeolita y fertilizante químico.**

Tratamiento	NF (núm. planta <sup>-1</sup> )	PPF (g)	LF (cm)	DF (cm)
100FQ	5.85 b <sup>¶</sup>	162.21 a	15.4 b	5.34 a
100Z	2.28 c	233.83 a	17.85 a	5.85 a
25Z+75FQ	8.5 a	177.82 a	16.08 ab	5.52 a
50Z+50FQ	4.88 b	189.13 a	16.28 ab	5.68 a
75Z + 25FQ	4.23 b	217.2 a	18.5 a	5.41 a
0Z+0FQ	2.28 c	226.25 a	17.96 a	5.4 a
Media general	4-67	201.07	17.01	5.53
Probabilidad F	**	ns	**	ns
DMSH <sub>0.05</sub>	1.8	88.72	2.51	0.92
Coefficiente de variación (%)	16.82	19.20	6.4	7.23

<sup>¶</sup>= medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). \*, \*\*  $p \leq 0.01$  y  $0.05$ , respectivamente; ns = no significativo ( $p \geq 0.05$ ); DMSH<sub>0.05</sub>= diferencia mínima significativa honesta; Z= zeolita; FQ= fertilizante químico.



**Figura 2. Rendimiento de calabacita en función de la combinación de zeolita y fertilizante químico.**  
DMSH<sub>0.05</sub>= diferencia mínima significativa honesta; Z= zeolita; FQ= fertilizante químico.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la mayor cantidad de frutos cosechados por planta se registró en las plantas con aplicación de 25% zeolita + 75% fertilizante químico, superior en 45% a las plantas fertilizadas con 100% de fertilizante químico. El menor número de frutos se presentó en las plantas con 100% zeolita y con el testigo absoluto, que mostraron valores estadísticamente similares. En cuanto a la longitud de frutos, los más cortos se cosecharon en las plantas con 100% de fertilización química (Cuadro 2).

El aumento en el número de frutos en plantas con 25% de zeolita + 75% favoreció el rendimiento de frutos frescos, ya que también fue con este tratamiento con el que se logró la mayor producción, 58% más de rendimiento que con la dosis completa de fertilización química, y tres veces más que con 100% zeolita y el testigo. En el presente estudio, la aplicación de 25% zeolita + 75% fertilizante químico aumentó el contenido de P, Mg, Fe y B. Asimismo, en la mayoría de los tratamientos con zeolita se incrementó la CIC todo esto pudo favorecer el rendimiento en fresco (Cuadro 3).

Estos resultados son similares a los encontrados por Soca-Núñez y Villarreal-Núñez (2016) quienes en plátano y caña de azúcar cultivados en maceta encontraron que la aplicación de zeolita aumentó la CIC de los suelos utilizados como sustratos.

**Cuadro 3. Características físico-químicas del suelo al término del experimento.**

Características	Unidades	100F Q	100Z	25Z+75FQ	50Z+50Z	75Z+25FQ	0Z+0FQ
pH suelo		6.9	7.73	7.16	7.15	7.77	7.77
Materia orgánica	(%)	3.09	2.82	2.96	3.09	2.82	3.23
NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub>	(mg kg <sup>-1</sup> )	107.5	33.5	83.1	52.8	25.7	21.9
Fósforo	(mg kg <sup>-1</sup> )	68.6	20	73.7	44.3	21.7	18.6
Potasio	(mg kg <sup>-1</sup> )	1 054	1 050	728	1 023	896	976
Calcio	(mg kg <sup>-1</sup> )	5 690	5 692	5 932	5 450	6 252	5 454
Magnesio	(mg kg <sup>-1</sup> )	1 862	1 894	2 048	1 898	1 818	1 854
Hierro	(mg kg <sup>-1</sup> )	7.98	5.29	6.8	6.4	4.44	4.2
Cobre	(mg kg <sup>-1</sup> )	2.17	1.82	1.82	2.1	1.69	1.83
Zinc	(mg kg <sup>-1</sup> )	0.86	0.73	0.8	0.84	0.68	0.67
Manganeso	(mg kg <sup>-1</sup> )	28.9	9.46	15.4	14.3	8.33	9.01
Boro	(mg kg <sup>-1</sup> )	1.24	0.73	1.4	1.09	0.73	0.73
CIC	(Cmol kg <sup>-1</sup> )	46	47	48	45	48	45
Densidad aparente	(t m <sup>-3</sup> )	1.11	1.09	1.11	11.1	1.11	1.12
Sodio	(mg kg <sup>-1</sup> )	120	115	122	120	110	112

Los resultados encontrados en el presente estudio son similares a los reportados en trigo por Osuna-Ceja *et al.* (2012) quienes con la aplicación de urea mezclada con zeolita en un calcisol de textura arenosa incrementaron significativamente el rendimiento de grano y biomasa.

También en el cultivo de maíz cultivado en distintas regiones del estado de Guerrero se encontró incremento en el rendimiento de grano, aunque sólo en suelos con textura media y pH alcalino (González *et al.*, 2012), condiciones similares a las del sitio experimental del presente estudio. El efecto positivo de la aplicación de zeolita sobre el rendimiento puede atribuirse a que mejora la eficiencia en el uso del fertilizante, principalmente el nitrogenado, ya que este mineral reduce la lixiviación del fertilizante como se reporta en canola (*Brassica napus* L.) por Aghaalikhani *et al.* (2012).

Al respecto se menciona que la zeolita se ha utilizado como mejorador del suelo, para restringir las pérdidas de fertilizantes por lixiviación y neutralizar el pH del suelo, presenta alta capacidad de intercambio catiónico y afinidad por iones  $\text{NH}_4^+$ . También a la zeolita se le considera que funciona como fertilizante de lenta liberación al capturar  $\text{NH}_4^+$  en sus canales estructurales con lo que se evita su oxidación a  $\text{NO}_3^-$  (Aghaalikhani *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2013).

El rendimiento de fruto fresco obtenido en el presente estudio es inferior al registrado por Sedano-Castro *et al.* (2011) en calabacita cv Tala (Seminis®), quienes al aplicar  $330 \text{ kg N ha}^{-1}$  lograron cosechar  $68 \text{ t ha}^{-1}$  de calabacita en fresco; cabe destacar que en nuestro estudio solo aplicamos  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Por otra parte, las temperaturas máximas que se presentaron durante el ciclo del cultivo fueron superiores a  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  que son mayores a las requeridas por el cultivo, se menciona que el intervalo térmico para germinar la semilla está comprendido entre  $21$  y  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  y la temperatura de crecimiento puede situarse entre los  $18$  y  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  (Maroto, 2002), lo que pudo reducir la respuesta productiva de este cultivo.

### Análisis de rentabilidad económica

En el Cuadro 4 se observó que los costos variables y totales más elevados se generaron con el tratamiento 25% zeolita +75% fertilizante químico a pesar de que se redujo el costo de la fertilización química, ya que la zeolita es un mineral de bajo costo ( $\$2.00 \text{ kg}^{-1}$ ); sin embargo, el alto rendimiento generado provocó los mayores costos para la cosecha y comercialización.

**Cuadro 4. Costos de producción y rentabilidad del cultivo de calabacita en función de la combinación de zeolita y fertilizante químico.**

Tratamientos	Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	IT (\$ MXN)	CF (\$ MXN)	CV (\$ MXN)	CT (\$ MXN)	IN (\$ MXN)	GPI (\$ MXN)
100Q	23 723	237 230	37 404	45 295	82 699	154 531	1.87
100Z	13 328	133 280	37 404	21 036	58 440	74 840	1.28
25Z+75FQ	37 787	377 870	37 404	47 708	85 112	292 758	3.44
50Z+50FQ	23 074	230 740	37 404	40 962	78 366	152 374	1.94
75Z+25FQ	22 969	229 690	37 404	38 652	76 056	153634	2.02
0Z+0FQ	12 896	128 960	37 404	17 808	55 212	73 748	1.34

Ingreso total (IT)= rendimiento\*precio por kg ( $\$10.00$ ). Costo fijo (CF)= incluye costos de preparación del terreno, instalación del sistema de riego, costo del agua, semilla, jornales para el manejo del cultivo. Costos variables (CV)= incluyen el costo de fertilizante, jornales para aplicación del fertilizante, cosecha y flete. Costo total (CT)= costo fijo + costo variable. Ingreso neto (IN)= ingreso total-costo total. GPI= ganancia por peso invertido.

A pesar de esto, fue el tratamiento que logró el mayor ingreso total, ingreso neto y ganancia por peso invertido. Con 50% zeolita + 50% de fertilizante químico y 75% zeolita + 25% fertilizante químico la ganancia por peso invertido fue superior al valor obtenido con 100% fertilizante químico, 100% zeolita y el testigo. Por lo que la aplicación de zeolita sin fertilizante químico no favorece el rendimiento ni la ganancia económica.

## Conclusiones

La aplicación de zeolita como complemento de la fertilización química no modificó el tiempo a ocurrencia de las etapas fenológicas en el cultivo de calabacita.

El suministro de zeolita en mezclas con fertilizante químico no redujo la altura de la planta, diámetro del tallo y el número de hojas en comparación con la dosis completa de fertilización química.

La mezcla con mayor efectividad sobre el rendimiento de fruto fresco de calabaza fue con 25% de zeolita más 75% de fertilizante químico con el que se incrementó el número de frutos por planta. Con este tratamiento también se logró la mayor ganancia económica.

La aplicación de zeolita incrementó el contenido de P, Mg, Fe y B y aumentó la capacidad de intercambio catiónico del suelo experimental.

En calabacita la aplicación de zeolita permite reducir la dosis de FQ con el consecuente incremento en rendimiento y ganancia económica.

## Literatura citada

- Aghaalikhani, M.; Gholamhoseini, M.; Dolatabadian, A.; Khodaei-Joghan, A. and Sadat, A. K. 2012. Zeolite influences on nitrate leaching, nitrogen-use efficiency, yield and yield components of canola in sandy soil. *Arch. Agron Soil. Sci.* 58(10):1149-1169.
- Aliu, S.; Rusinovci, I.; Fetahu, S. and Zogaj, R. 2012. Nutritive and mineral composition in a collection of Cucurbita pepo L. grown in Kosova. *Food Nutr. Sci.* 3(5):634-638.
- Compton, J. E.; Harrison, J. A.; Dennis, R. L.; Greaver, T. L.; Hill, B. H.; Jordan, S. J.; Walker, H. and Campbell, H. V. 2011. Ecosystem services altered by human changes in the nitrogen cycle: a new perspective for US decision making. *Ecol. Lett.* 14(8):804-815.
- De Campos, B. A. C.; Oliviera, P. P. A.; De Melo, M. M. B. and Souza-Barros, F. 2013. Brazilian sedimentary zeolite use in agriculture. *Micropor. Mesopor. Mat.* 167(1):16-21.
- García, E. 2004. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª (Ed.). Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 90 p.
- González, C. M.; Gómez, M. N. O.; Muñoz, E. J.; Valencia, E. F.; Gutiérrez, G. D. y Figueroa, L. H. O. 2012. Rendimiento del maíz de riego tratado con zeolita más fertilizante en el estado de Guerrero. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 3(6):1129-1144.
- Li, Z.; Zhang, Y. and Li, Y. 2013. Zeolite as slow release fertilizer on spinach yields and quality in a greenhouse test. *J. Plant Nutr.* 36(10):1496-1505.
- Obregón-Portocarrero, N.; Díaz-Ortiz, J. E.; Daza-Torres, M. C. y Aritizabal-Rodríguez, H. F. 2016. Efecto de aplicación de zeolita en la recuperación de nitrógeno y el rendimiento de maíz. *Acta Agron.* 65(1):24-30.
- Osuna-Ceja, E. S.; María-Ramírez, A.; Paredes-Melesio, R.; Padilla, R. J. S. y Báez-González, A. D. 2012. Eficiencia de la zeolita como aditivo de la urea e inoculación micorrizica en el cultivo de trigo. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 3(6):1101-1113.

- Manikandan, A. and Subramanian, K. S. 2016. Evaluation of zeolite-based nitrogen nano-fertilizers on maize growth, yield and quality on inceptisol and alfisols. *Inter. J. Plant Soil Sci.* 9(4):1-9.
- Maroto, B. J. V. 2002. *Horticultura herbácea especial*. Mundi-Prensa. 5ª (Ed.). Madrid, España. 702 p.
- Martínez-Valdivieso, D.; Gómez, P.; Font, R. and Del Río-Celestino, M. 2015. Mineral composition and potential nutritional contribution of 34 genotypes from different summer squash morphotypes. *Eur. Food Res. Technol.* 240(1):71-81.
- Pérez, G. R. M. 2016. Review of *Cucurbita pepo* (Pumpkin) its phytochemistry and pharmacology. *Med. Chem.* 6(1):12-21.
- Sanjuán, P. J. y Moreno, S. N. 2010. Aplicación de insumos biológicos: una oportunidad para la agricultura sostenible y amigable con el medioambiente. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 12(1):4-7.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System Institute. SAS User's Guide version 9.0. Cary N. C. USA.
- Sedano-Castro, G.; González-Hernández, V. A.; Saucedo-Veloz, C.; Soto, H. M. y Carillo, S. J. A. 2011. Rendimiento y calidad de frutos de calabacita con altas dosis de N y K. *Terra Latinoam.* 29(2):133-142.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. Datos preliminares de calabacita. <https://www.gob.mx/siap>.
- Soca-Núñez, M. y Villarreal-Núñez, J. E. 2016. Dosis de zeolita y fracciones granulométricas para cultivos de plátano y caña de azúcar. *Ciencia Agropecuaria.* 25(1):131-146.
- Zebarth, B. J.; Bowen, P. A. and Toivonen, P. M. A. 1995. Influence of nitrogen fertilization on broccoli yield, nitrogen accumulation and apparent fertilizer-nitrogen recovery. *Can. J. Plant. Sci.* 75(3):717-725.