

TAMAÑO DE PARTÍCULA Y TIEMPO DE APLICACIÓN PRE-SIEMBRA DE HARINA DE PESCADO (*Plecostomus* spp.) EN PRODUCCIÓN DE CALABACITA

Particle Size and Application Time of Fishmeal (*Plecostomus* spp.) in Production of Zucchini

Isidro Monares-Gallardo^{1‡}, Luis Fernando Ceja-Torres¹, Carlos Escalera-Gallardo¹, Gilberto Vázquez-Gálvez¹ y Salvador Ochoa-Estrada¹

RESUMEN

El pez diablo (*Plecostomus* spp.) es considerado una especie invasiva en la presa El Infiernillo. Para disminuir su población se buscan alternativas de aprovechamiento, y una es su uso como harina para la obtención de abono orgánico. Se evaluó la interacción entre el tamaño de partícula y su aplicación en pre-siembra para la producción de calabacita en invernadero, de marzo a julio de 2008 en Jiquilpan, Michoacán. Se utilizó un diseño factorial con arreglo combinatorio y una distribución completamente al azar, con quince tratamientos, conformados por la interacción de ambos factores y un testigo fertilizado con 100% de nitrógeno a base de urea. Las variables de respuesta analizadas fueron: porcentaje de germinación, número de hojas, peso fresco de la planta, producción, longitud y diámetro del fruto. No hubo diferencias significativas en el porcentaje de germinación de la semilla, entre el testigo y la aplicación de abono orgánico con diferente tamaño de partícula, aunque la aplicación de la harina de pescado 56 días antes de la siembra, fue estadísticamente superior 23.5% ($P \leq 0.05$), comparado con la aplicación a los 28 y cero días. El número de hojas en el testigo, fue estadísticamente igual que en la mayoría de los tratamientos con harina de pescado, y mayor que en los tamaños de partícula entre 0.84-1.19 y 0.5-0.84 mm. No se observó diferencia estadística significativa en peso fresco ($P = 0.167$), entre el testigo (395 g) y las plantas abonadas con diferente tamaño de partícula (359 g) y en las que se aplicó la harina de pescado al momento de la siembra (426.9 g), pero en estas últimas si hubo diferencias estadísticas

con las abonadas 28 días antes de sembrar (322 g). Las plantas abonadas orgánicamente con diferentes tamaños de partícula y tiempos de aplicación, comparado con la fertilización química, registraron un mayor rendimiento de fruto en los primeros 18 días de cosecha; sin embargo, los rendimientos fueron estadísticamente iguales al final del ciclo de cultivo.

Palabras clave: abono orgánico, interacción tamaño-tiempo, especie invasiva.

SUMMARY

The pez diablo (*Plecostomus* spp.) is considered as invasive specie in El Infiernillo reservoir. To control fish population alternatives have been studied; one of these options is the use of the fish meal as organic fertilizer. The interaction between the size of particle and anticipated application before sowing for greenhouse zucchini production was evaluated during the months of March to July, 2008, in Jiquilpan, Michoacan. A factorial design was used with random distribution of fifteen treatments according to the interaction of these two factors, and the control treatment fertilized with 100% nitrogen using urea base. The analyzed response variables were percent germination, number of leaves, plant fresh weight, yield and fruit diameter and length. There was no difference in seed germination between the control and the organic fertilizer treatment using different particle sizes, but with application of fish meal 56 days before seedtime, germination was statistically higher 23.5% ($P \leq 0.05$) than application 28 and zero days before sowing. Leaf number in the check treatment was statistically equal to that in most of the fish meal treatments and higher in the treatments with particle sizes between 0.84-1.19 and 0.5-0.84 mm. There was no statistical difference in fresh weight ($P = 0.167$) between the control (395 g) and the plants fertilized fish meal of different particle sizes (359 g) when fish meal was

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán, IPN. Justo Sierra N° 28. 59510 Jiquilpan, Michoacán, México.

[‡] Autor responsable (monaresgallardo@gmail.com)

applied at seedtime (426.9 g). Among the fish meal fertilizer treatments plants fertilized 28 days before seeding (322 g) statistical differences were found. The plants fertilized with the organic fertilizer using different particle sizes and time of application, compared with chemical fertilization, registered high fruit yield in the first 18 days, but the yields were similar at the end of the crop cycle.

Index words: *organic installment, interaction size-time, invasive species.*

INTRODUCCIÓN

El pez diablo pertenece al género *Plecostomus*, forma parte del orden Siluriformes y la familia Loricariidae, a la cual pertenecen los peces gato acorazados de Sudamérica (Reis *et al.*, 1990). Se localizan principalmente en cuerpos de agua lóticos, hacia las zonas más profundas, escondidos entre las rocas, troncos, ramas y raíces, esto para alimentarse y evitar ser depredados (Sakurai *et al.*, 1992).

El pez diablo es considerado una especie invasiva en la presa El Infiernillo, por modificar su rango de distribución natural como consecuencia de las actividades antropogénicas. Este pez ha provocado la baja captura de tilapia (*Oreochromis aureus*), especie de interés comercial, al incrementar su población, estimándose una relación de 19:1, y consecuentemente que la actividad de pesca pase a ser de segunda importancia como alternativa económica (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2009). Las alternativas propuestas para disminuir la población de *Plecostomus* en la presa El Infiernillo son principalmente su consumo en fresco, su transformación en harina para utilizarla en la formulación y elaboración de dietas de animales, y como abono orgánico para la producción de hortalizas por su alto contenido de nitrógeno (Roinila, 1998). Estas acciones podrían coadyuvar a reducir el impacto ecológico y sanitario, propiciado por el manejo inadecuado de esta especie, y socio-económico, ya que le daría un valor agregado a este recurso natural actualmente desaprovechado en la región.

Por otra parte, la calabacita (*Cucurbita pepo* L.) es uno de los cultivos más importantes en México por su alta rentabilidad, fácil manejo y gran demanda de mano de obra (Schwentenius y Gómez, 1994). El intervalo térmico para germinar la semilla está

comprendido entre 21 y 35 °C, y la temperatura de crecimiento puede situarse entre los 18 y 35 °C. Los requerimientos óptimos para su desarrollo son suelos de textura media, ricos en materia orgánica y provistos de nutrimentos, es una hortaliza medianamente resistente a la salinidad, puede resistir la acidez hasta un pH cercano a 5.5 (Maroto, 1989). Para un buen desarrollo vegetativo y producción de fruto, Conabio (2006) señala una dosis de fertilización de 200-225 kg de nitrógeno, 100-125 kg de fósforo y 250-300 kg de potasio por hectárea, en tanto que la Secretaría de Desarrollo Rural de Puebla (2009) recomienda la dosis 215-115-275 (N-P-K respectivamente).

El nitrógeno es considerado como el motor principal de la producción vegetal, ya que influye considerablemente sobre la calidad del fruto y especialmente en el contenido y valor de las proteínas del mismo (Finck, 1988). La adición de materia orgánica al suelo agrícola es una práctica importante para mejorar sus propiedades fisicoquímicas y consecuentemente incrementar su productividad (Usman *et al.*, 2004). Sin embargo, Vanlauwe *et al.* (2001) señalan que tanto los fertilizantes químicos como los abonos orgánicos son necesarios para incrementar la producción vegetal, ya que los fertilizantes orgánicos mantienen las propiedades físicas y químicas del suelo, mientras que los fertilizantes minerales proveen cantidades suficientes de nutrimentos durante el período de su máxima absorción. Los abonos orgánicos son ampliamente recomendados para los terrenos dedicados al cultivo de hortalizas, ya que contienen los elementos requeridos para una buena nutrición de las plantas; algunos abonos orgánicos utilizados son estiércol, gallinaza, compost, sangre seca, cuernos y huesos, entre otros (Turchi, 1990). La harina de pescado es una buena alternativa como abono orgánico, ya que sus características químicas indican valores altos de nitrógeno (7.74%) y de cenizas (34.7%), por lo que puede ser utilizada en la nutrición vegetal, como complemento parcial del fertilizante inorgánico nitrogenado (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2009).

La disponibilidad del nitrógeno a la planta depende del tamaño de partícula, de tal manera que cuanto más pequeña sea ésta, más fácilmente es liberado del suelo y absorbido por la planta (Paterson, 1970), así mismo se recomienda incorporar los residuos orgánicos con anticipación a la siembra, para que se produzca una descomposición previa a la germinación de la semilla y la emergencia de las plantas y haya una mayor disponibilidad de nutrimentos (PPI, 1988).

Por lo anteriormente señalado, el objetivo de la investigación fue evaluar la interacción del tamaño de partícula y el tiempo de aplicación pre-siembra de la harina de pescado como complemento del fertilizante inorgánico sobre el desarrollo y producción del cultivo de calabacita.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un invernadero tipo de dos aguas en el CIIDIR-IPN-MICH, ubicado en la ciudad de Jiquilpan, al noroeste del estado de Michoacán y delimitado por los paralelos 19° 52' 54" y 20° 03' 02" N y los meridianos 102° 39' 33" y 102° 56' 16" O. El clima predominante según la clasificación Köppen modificada por García (1973) es semicálido subhúmedo con lluvias en verano (A) C (wo) (w), con una precipitación media anual de 600 a 800 mm y temperatura que oscila entre 10.4 y 25.4 °C, para un promedio anual de 19 °C (Villaseñor, 2005). Dentro del invernadero y durante la fase experimental, la temperatura máxima osciló entre 25 y 35 °C y la mínima entre 15 y 17 °C. Los suelos son de tipo vertisol en su mayoría (SPP, 1981), caracterizados por su color oscuro, alto contenido de arcillas expandibles (mayor de 30%) y en alguna época del año presenta grietas de más de 1 cm de diámetro, con 1 a 6% de materia orgánica; generalmente se ubican en regiones con periodos secos por varios meses (Brady y Weil, 1999).

El experimento se desarrolló con plantas de calabacita variedad Grey Zucchini, de alta adaptabilidad

a diversas regiones. La siembra se hizo en bolsas de plástico de 20 L de capacidad con suelo tipo arcilloso, el cual presentó características físicas y químicas que se describen en el Cuadro 1. Se utilizó un diseño experimental factorial con arreglo combinatorio y una distribución completamente al azar con tres repeticiones, cada unidad experimental constó de cinco plantas por tratamiento. Los cinco tamaños de partícula de la harina de pescado (2.38-5 mm, 1.19-2.38, 0.84-1.19, 0.5-0.84 y < 0.5 mm) se aplicaron en tres fechas diferentes (56, 28 y cero días en presiembra) y de la combinación de estos factores resultaron 15 tratamientos y un testigo fertilizado con 100% de N mineral a base de urea (Cuadro 2). En todos los tratamientos se aplicó la fórmula de fertilización 200-200-200 (N-P-K respectivamente) (Kolota y Slociak, 2006), proveyendo el nitrógeno con 50% de harina de pescado y 50% de urea (Juroszek *et al.*, 2008). El nitrógeno en forma de urea se aplicó en dos fechas, la mitad al momento de la siembra y el resto 30 días después de la misma, de acuerdo a lo señalado por Paris (1996). Las plantas se regaron con un sistema de riego por goteo.

La harina de pescado se proveyó en una sola aplicación en las fechas establecidas según los tratamientos. Como fuente de fósforo se utilizó superfosfato de calcio triple (46% de P₂O₅) y para el potasio se seleccionó el cloruro de potasio (60% de K₂O), ambos aplicados en su totalidad al momento de la siembra.

La temperatura ambiental se midió diariamente con un termómetro de mínimas y máximas marca Brannan

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo utilizado para el desarrollo del cultivo de la calabacita durante la presente investigación.

| Determinación | Resultado | Método |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| pH | 8.8 | Potenciométrico |
| Conductividad eléctrica | 606 S m ⁻¹ | Potenciométrico |
| Textura | | |
| Arena | 13.10% | Bouyoucos |
| Limo | 32.40% | Bouyoucos |
| Arcilla | 54.50% | Bouyoucos |
| Materia orgánica | 1.48% | Walkley y Black |
| Nitrógeno total | 0.06% | Kjeldahl |
| Fósforo | 11.5 mg kg ⁻¹ | Olsen |
| Calcio | 26.7 meq 100g ⁻¹ | Acetato de amonio / absorción atómica |
| Magnesio | 17.1 meq 100g ⁻¹ | Acetato de amonio / absorción atómica |
| Sodio | 2.4 meq 100g ⁻¹ | Emisión atómica |
| Potasio | 4.4 meq 100g ⁻¹ | Emisión atómica |

Cuadro 2. Tratamientos de la combinación de los tamaños de partícula y los tiempos de aplicación de la harina de pescado.

| Tratamiento | Tamaño de partícula | Tiempo de aplicación en pre-siembra |
|-------------|---------------------|-------------------------------------|
| | mm | Días |
| AX | 2.38 a 5 (A) | 56 (X) |
| AY | | 28 (Y) |
| AZ | | 0 (Z) |
| BX | 1.19 a 2.38 (B) | 56 (X) |
| BY | | 28 (Y) |
| BZ | | 0 (Z) |
| CX | 0.84 a 1.19 (C) | 56 (X) |
| CY | | 28 (Y) |
| CZ | | 0 (Z) |
| DX | 0.5 a 0.84 (D) | 56 (X) |
| DY | | 28 (Y) |
| DZ | | 0 (Z) |
| EX | < 0.5 (E) | 56 (X) |
| EY | | 28 (Y) |
| EZ | | 0 (Z) |
| Testigo | | |

ubicado en el interior del invernadero, la temperatura del suelo se registró en este mismo período con termómetros manuales marca VWR Easy Read en los diferentes tratamientos.

Para valorar la eficacia de los tratamientos se consideraron las siguientes variables: porcentaje de germinación, número de hojas, peso fresco de la planta, producción, longitud y diámetro del fruto (Dasgan y Bozkoylu, 2007). El número de hojas se midió quincenalmente durante el ciclo de cultivo, mientras que la producción, longitud y diámetro del fruto se realizó diariamente durante 36 días. Cabe señalar que los frutos se cortaron cuatro días después de la apertura de la flor femenina (Menezes *et al.*, 2005).

Durante el ciclo vegetativo y productivo del cultivo, se tomaron las medidas fitosanitarias pertinentes para controlar plagas y enfermedades con la aplicación de productos orgánicos tales como hongos entomopatógenos y concentrados de ajo y canela para sustituir la aplicación de agroquímicos (Velasco y Nieto, 2005).

El análisis de varianza y la comparación de promedios se realizaron mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05, utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza para el diseño experimental utilizado, indicaron que no hubo interacción significativa entre el tamaño de partícula y el tiempo de aplicación ($P > 0.05$), aunque sí fue significativo ($P = 0.0002$) el tiempo de aplicación de las variables estudiadas. Sin embargo, al considerar en el análisis estadístico el efecto del testigo dentro de cada factor, sí hubo diferencias significativas entre tratamientos.

La aplicación de la harina de pescado 56 y 28 días en pre-siembra, promovió la emergencia de la planta de calabacita 4 días antes con respecto a la aplicación al momento de la siembra. El rango de germinación de esta hortaliza concordó con lo señalado por Swiader *et al.* (1994) que es de 8 a 12 días. La temperatura del suelo cultivado con calabacita estuvo influida por la adición de la harina de pescado, al aplicar los riegos se observó un ligero ascenso de entre 2.5 y 3 °C en el suelo donde se aplicó el abono orgánico en sus diferentes tamaños, lo cual puede ser indicativo de la actividad microbiana en el suelo (Follett *et al.*, 1981) y la causa de la promoción temprana de la emergencia. Cabe señalar que la temperatura del suelo donde no se aplicó harina de pescado, sólo se incrementó 1.5 °C.

No hubo diferencias significativas en el porcentaje de germinación de las semillas del tratamiento testigo (77.78%), comparado con los tratamientos con base en los diferentes tamaños del producto orgánico (68.89%), incluso este último valor estuvo por debajo del estándar mínimo de germinación de 75% sugerido por Nepi y Pacini (1993).

En relación al factor tiempo de aplicación, el porcentaje de germinación de la semilla, fue estadísticamente mayor con la aplicación de harina de pescado 56 días antes de la siembra (DAS) con los cinco tamaños de partícula (84.86%), comparado con los tratamientos de 28 y cero días de anticipación (61.33%) (Figura 1). Este efecto pudo deberse a la inhibición de la germinación de la semilla durante la fase termofílica, como indican Lasaridi y Stentiford (1998).

Las plantas que recibieron el abono orgánico en sus diferentes tamaños de partícula presentaron desarrollo vegetativo estadísticamente similar a las plantas testigo a los 28 y 42 días después de la siembra (DDS), lo cual coincide con lo encontrado por Aiyelaagbe y Abiola (2008); sin embargo, al final del ciclo de desarrollo, 56 DDS, si se observaron diferencias estadísticas

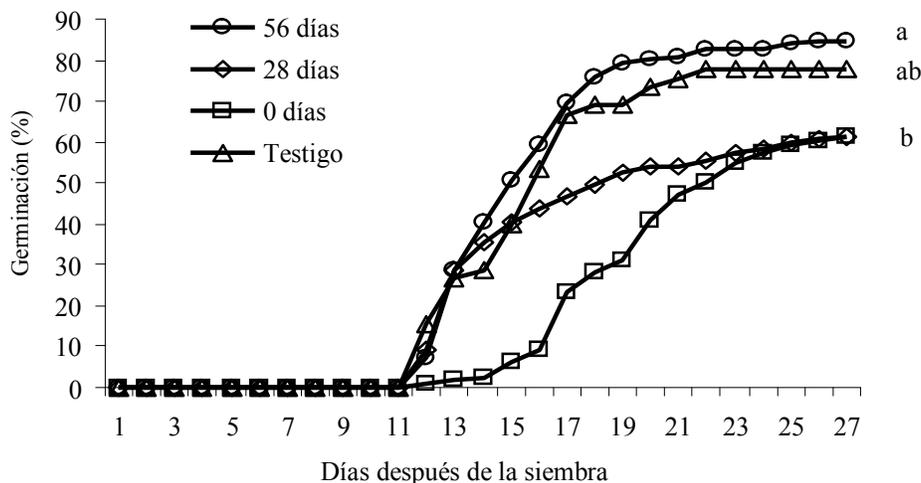


Figura 1. Porcentaje de germinación de la semilla de calabacita en función del tiempo de aplicación pre-siembra de la harina de pescado. Letras iguales entre líneas, no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

($P \leq 0.05$), porque las plantas a las que se aplicó la harina de pescado con un tamaño de partícula de 0.84 - 1.19 mm y 0.5 - 0.84 mm presentaron menor número de hojas (Cuadro 3).

Las plantas que se desarrollaron al aplicar el abono orgánico 56 y 28 DAS, presentaron un desarrollo vegetativo estadísticamente superior a los 28 DDS, comparado con las plantas abonadas al momento de sembrar (cero días), lo cual se reflejó en el número de hojas (Cuadro 4); esto puede ser atribuido a la menor disponibilidad de nutrientes para las plantas a las que se les aplicó el abono orgánico al momento de la siembra (Xu *et al.*, 2003). Cabe señalar que no se observaron diferencias estadísticas entre las plantas abonadas orgánicamente en diferentes tiempos y las que recibieron el fertilizante químico, a partir de los 42 y hasta

los 56 DDS (Cuadro 4), lo cual coincide con lo encontrado por Prasad *et al.* (2004).

En la Figura 2, se aprecia que no hubo diferencia estadística significativa en la variable peso fresco, entre las plantas abonadas orgánicamente con diferente tamaño de partícula y las plantas testigo ($P = 0.167$).

Las plantas abonadas orgánicamente al momento de la siembra, presentaron mayor peso fresco (426.91g) y fueron las únicas que mostraron diferencia estadística significativa respecto a las abonadas 28 días antes de sembrar (322.05 g) (Figura 3). Resultados similares fueron reportados por Abdel-Ghani y Bakry (2005) en el cultivo de sorgo, quienes encontraron que el peso fresco de las plantas fue mayor con la adición de estiércol de pollo al momento de la siembra.

Cuadro 3. Número de hojas por planta en función del tamaño de partícula de la harina de pescado en diferentes días después de la siembra.

| Tamaño de partícula | Número de hojas | | |
|---------------------|----------------------|---------|----------|
| | 28 [†] | 42 | 56 |
| mm | | | |
| 2.38 - 5 | 12.58 a [‡] | 19.15 a | 23.64 ab |
| 1.19 - 2.38 | 13.27 a | 19.3 a | 23.61 ab |
| 0.84 - 1.19 | 13.05 a | 19.02 a | 22.22 b |
| 0.5 - 0.84 | 12.67 a | 19.24 a | 22.22 b |
| < 0.5 | 12.82 a | 20.39 a | 23.68 ab |
| Testigo | 12.97 a | 17.96 a | 24.38 a |

[†] Días después de la siembra. [‡] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro 4. Número de hojas por planta en función del tiempo de aplicación de la harina de pescado en diferentes días después de la siembra.

| Aplicación de harina de pescado | Número de hojas | | |
|---------------------------------|-----------------------|---------|---------|
| | 28 [†] | 42 | 56 |
| Días antes de la siembra | | | |
| 56 | 13.89 ab [‡] | 19.82 a | 23.38 a |
| 28 | 14.19 a | 20.3 a | 23.11 a |
| 0 | 10.58 c | 18.49 a | 22.74 a |
| Testigo | 12.97 b | 17.96 a | 24.38 a |

[†] Días después de la siembra. [‡] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

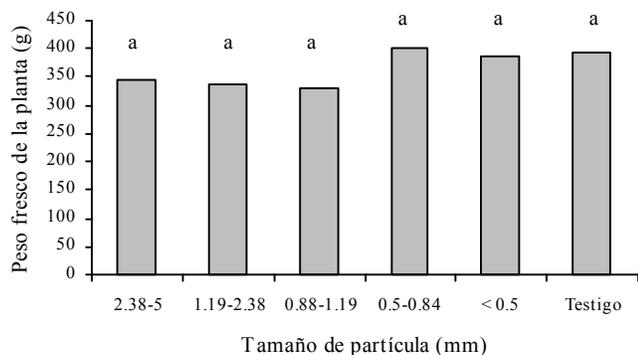


Figura 2. Peso fresco de la planta de calabacita en función del tamaño de partícula de la harina de pescado utilizada como abono. Letras iguales entre barras, no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

La producción de fruto inició a los 33 DDS, 15 días antes de lo que reportan Sedano *et al.* (2005). Como se observa en el Cuadro 5, las plantas abonadas con harina de pescado presentaron producción de calabacita estadísticamente ($P \leq 0.05$) superior al testigo durante los primeros 18 días del ciclo productivo, lo que indica que la harina de pescado promueve la producción temprana de frutos (Schultz, 1989). La producción promedio final fue estadísticamente igual entre las plantas tratadas con el fertilizante mineral (testigo) y las plantas abonadas con harina de pescado, excepto con el tamaño de partícula de 0.84-1.19 mm, en donde se observó diferencia estadística significativa. Al respecto Xu *et al.* (2003), indican que uno de los problemas de la producción orgánica es la disminución del rendimiento, aunque en este trabajo no es aplicable para todos los tratamientos. También se observó que las plantas testigo presentaron estadísticamente frutos de mayor longitud y diámetro, en relación a los tratamientos donde se aplicó harina de pescado con diferente tamaño de partícula (Cuadro 5),

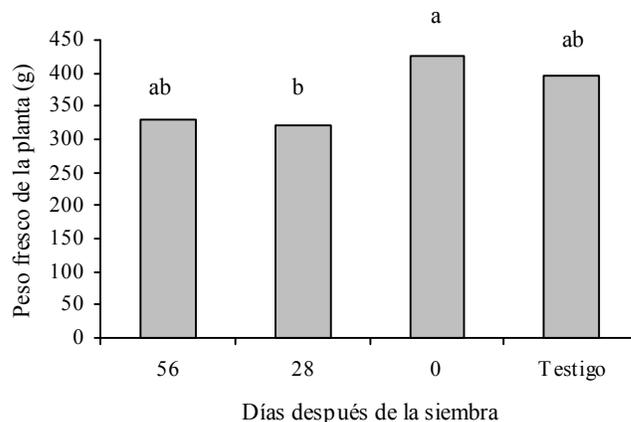


Figura 3. Peso fresco de planta de calabacita en función del tiempo de aplicación pre-siembra de la harina de pescado utilizada como abono. Letras iguales entre barras, no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

lo cual coincide con lo encontrado por Dasgan y Bozkoylu (2007).

La producción promedio total fue estadísticamente igual en los tratamientos de harina de pescado aplicado a los 56, 28 y 0 DAS, incluso en el tratamiento testigo, aún cuando hubo diferencias significativas en la producción obtenida entre los 33 y 51 DDS. Las plantas testigo y las que recibieron el abono orgánico al momento de la siembra presentaron estadísticamente frutos de mayor longitud y diámetro en comparación con las plantas que se abonaron orgánicamente a los 28 y 56 DAS (Cuadro 6).

Los cambios que ocurrieron en las propiedades edáficas después de la aplicación de la harina de pescado, fueron los siguientes: el pH disminuyó alrededor de una unidad con respecto a la condición del suelo original. Estos resultados coinciden con Labrador (1996) y Fassbender (1986), quienes establecieron que la adición

Cuadro 5. Producción, longitud y diámetro de calabacita abonada con diferente tamaño de partícula de harina de pescado.

| Tamaño de partícula de la harina de pescado | Producción | | Longitud del fruto | Diámetro del fruto |
|---|--------------------------|-----------|--------------------|--------------------|
| | 33 – 51 dds [†] | Total | | |
| mm | g | | cm | |
| 2.38 - 5 | 281.73 ab [‡] | 426.26 ab | 10.34 b | 3.49 b |
| 1.19 - 2.38 | 285.20 ab | 433.18 ab | 10.49 b | 3.57 b |
| 0.84 - 1.19 | 293.13 a | 411.94 b | 10.67 b | 3.64 b |
| 0.5 - 0.84 | 281.69 ab | 469.19 ab | 10.66 b | 3.63 b |
| <0.5 | 302.73 a | 468.69 ab | 10.65 b | 3.56 b |
| Testigo | 237.20 b | 505.8 a | 11.44 a | 3.84 a |

[†] Días después de la siembra. [‡] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro 6. Producción de calabacita y tamaño del fruto en función del tiempo de aplicación pre-siembra de la harina de pescado.

| Aplicación de harina de pescado | Producción | | Longitud del fruto | Diámetro del fruto |
|---------------------------------|--------------------------|----------|--------------------|--------------------|
| | 33 – 51 dds [†] | Total | | |
| Días antes de la siembra | ----- g ----- | | ----- cm ----- | |
| 56 | 305.00 a [‡] | 420.11 a | 10.35 b | 3.42 b |
| 28 | 305.92 a | 436.43 a | 10.32 b | 3.39 b |
| 0 | 255.77 ab | 469.02 a | 11.02 a | 3.93 a |
| Testigo | 237.20 b | 505.8 a | 11.44 a | 3.84 a |

[†] Días después de la siembra. [‡] Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

de materia orgánica acidifica el medio, independientemente de los diferentes tamaños y fechas de aplicación (Cuadro 7).

La conductividad eléctrica se incrementó al doble con respecto al inicio del experimento, y los mayores valores se manifestaron donde se aplicó la harina de pescado al momento de la siembra. Es común que la conductividad eléctrica se eleve, debido a que la mineralización de la materia orgánica produce un aumento en la concentración de nutrimentos (Bueno *et al.*, 2007).

Por otra parte, la nula diferencia significativa entre la aplicación de la harina de pescado y el testigo, se atribuye a que probablemente la harina aportó una cantidad significativa de nitrógeno que complementó la fertilización de este elemento. Como se observa en el Cuadro 7, las cantidades de nitrógeno en el suelo de

los tratamientos en los que se aplicó abono orgánico y fertilizante inorgánico son comparables a las del suelo utilizado inicialmente, posiblemente se debe a que al final del ciclo del cultivo, las plantas ya habían absorbido el nitrógeno aportado por estas fuentes; lo cual concuerda con lo reportado por Deenik *et al.* (2005) quienes indican que la harina de pescado contiene un 9.4% de N, 2.7% de P, y 0.8% de K. Así como, una relación C:N de 4.8, situación que permite que al incorporarse al suelo húmedo, esta pueda mineralizarse en cuatro semanas. En cuanto a la materia orgánica, los valores registrados son comparables a los del suelo utilizado, porque ésta tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico (Zucconi y Bertoldi, 1987). Para el caso de P, K, Ca, Mg y Na, tienden a incrementarse al término del

Cuadro 7. Características físicas y químicas del suelo al final del cultivo de calabacita.

| Tratamiento | pH | CE [†] | MO [‡] | Nitrógeno | Calcio | Magnesio | Potasio | Sodio | Fósforo |
|-----------------|------|--------------------|-----------------|------------------------------------|--------|----------|---------|-------|---------------------|
| | | dS m ⁻¹ | ----- % ----- | ----- meq 100g ⁻¹ ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | mg kg ⁻¹ |
| Testigo | 8.17 | 0.94 | 1.41 | 0.06 | 21.7 | 19.2 | 5.9 | 3.9 | 38.7 |
| AZ [§] | 8.10 | 1.13 | 1.54 | 0.06 | 22.5 | 19.2 | 5.8 | 3.7 | 33.2 |
| BZ | 7.92 | 1.65 | 1.41 | 0.06 | 22.5 | 19.2 | 5.9 | 4.0 | 29.0 |
| CZ | 8.17 | 0.88 | 1.34 | 0.05 | 23.7 | 19.2 | 5.6 | 3.9 | 29.2 |
| DZ | 7.63 | 1.47 | 1.07 | 0.04 | 20.2 | 19.2 | 5.7 | 3.8 | 24.1 |
| EZ | 7.47 | 1.44 | 1.34 | 0.05 | 21.2 | 19.2 | 5.6 | 4.0 | 46.4 |
| AY | 7.85 | 1.31 | 1.27 | 0.05 | 20.5 | 15.1 | 5.2 | 3.8 | 23.6 |
| BY | 7.84 | 1.01 | 1.27 | 0.05 | 21.7 | 20.1 | 6.0 | 3.5 | 22.9 |
| CY | 7.71 | 1.28 | 1.46 | 0.06 | 25.7 | 19.2 | 5.9 | 4.0 | 33.2 |
| DY | 7.47 | 1.05 | 1.39 | 0.06 | 22.2 | 17.8 | 5.8 | 4.0 | 21.3 |
| EY | 7.80 | 1.12 | 1.26 | 0.05 | 19.7 | 19.2 | 5.6 | 3.9 | 36.1 |
| AX | 7.85 | 0.98 | 1.39 | 0.06 | 23.0 | 19.2 | 6.0 | 4.0 | 21.8 |
| BX | 7.87 | 1.24 | 1.33 | 0.05 | 21.0 | 19.2 | 6.0 | 3.9 | 33.3 |
| CX | 7.98 | 0.97 | 1.39 | 0.06 | 25.0 | 19.2 | 5.8 | 4.2 | 57.2 |
| DX | 7.88 | 0.84 | 1.53 | 0.06 | 23.0 | 20.6 | 6.1 | 4.0 | 16.1 |
| EX | 7.92 | 0.80 | 1.46 | 0.06 | 23.7 | 20.6 | 5.9 | 4.1 | 15.9 |

[†] Conductividad eléctrica; [‡] Materia orgánica; [§] Tamaño de partícula: A = 2.38 - 5 mm; B = 1.19 - 2.38 mm; C = 0.84 - 1.19 mm; D = 0.5 - 0.84 mm y E = < 0.5 mm. Tiempo de aplicación de la harina de pescado: X = 56 días pre-siembra, Y = 28 días pre-siembra, Z = 0 días.

cultivo debido a que estos elementos no se pierden como es el caso del nitrógeno, sino que se van concentrando (Inbar *et al.*, 1993; Wiart, 1994).

CONCLUSIONES

- El porcentaje de germinación en los tratamientos con harina de pescado y el testigo, no fue afectado con la aplicación de los diferentes tamaños de partícula, aunque su incorporación a los 56 días en pre-siembra indujo un mayor porcentaje de germinación con respecto a la aplicación de 28 y cero días.
- Las plantas abonadas con harina de pescado en comparación con el testigo, registraron mayor número de hojas en la etapa inicial del cultivo cuando se aplicó en diferentes fechas, aunque se observó una tendencia de esta variable de no cambiar con los diferentes tamaños de partícula, ni con la fertilización química.
- Las plantas abonadas orgánicamente con diferente tamaño y tiempo de aplicación, presentaron un peso fresco similar que el tratamiento con fertilizante químico.
- Las plantas abonadas orgánicamente con diferentes tamaños y tiempos de aplicación, en comparación con la fertilización química, registraron un mayor rendimiento de fruto en los primeros 18 días de cosecha; sin embargo, al final del ciclo los rendimientos fueron similares.
- Por ello, se sugiere que el cultivo de la calabacita puede ser fertilizado utilizando 200 unidades de nitrógeno con un 50% de fertilización química y un 50% de harina de pescado.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Michoacán, A. C. y al Instituto Politécnico Nacional por el financiamiento otorgado para realizar el presente proyecto de investigación.

LITERATURA CITADA

- Abdel-Ghani, M. M. and M. A. Bakry. 2005. Impact of different N-sources and rates on wheat plants grown on sandy soils under sprinkler irrigation system. *Minufiya J. Agric. Res.* 30: 1039-1650.
- Aiyelaagbe, I. O. O. and I. O. Abiola. 2008. Growth and yield response of yellow passion fruit to organic and inorganic fertilizers in south western Nigeria. *Acta Hort.* 767: 441-446.
- Brady, N. C. and R. R. Weil. 1999. *The nature and properties of soils.* Prentice-Hall. Saddle River, NJ, USA.
- Bueno, M. P., M. J. Diaz B. y F. Cabrera C. 2007. Factores que afectan el compostaje. pp. 93-109. *In: C. J. Moreno y R. Moral H. (eds.). Compostaje.* Mundiprensa. Madrid, España.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. *Sistema de información de organismos vivos modificados (SIOVM).* Proyecto GEF-Cibiogem de Bioseguridad. México, D. F.
- Dasgan, H. Y. and A. Bozkoylu. 2007. Comparison of organic and synthetic-inorganic nutrition of soilless grown summer squash. *Acta Hort.* 747: 523-528.
- Deenik, J., J. Uchida, and J. A. Silva. 2005. Nitrogen dynamics in a flooded taro soil Amended with fish/blood meal. *West. Nut. Manage. Conf.* 6: 100-107.
- Fassbender, H. W. 1986. *Química de suelos.* Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. O. E. A. Turrialba, Costa Rica.
- Finck, A. 1988. *Fertilizantes y fertilización.* Reverté. Barcelona, España.
- Follett, R. H., L. S. Murphy, and R. L. Donahue. 1981. *Fertilizers and soil amendments.* Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Inbar, Y., Y. Hadar, and Y. Chen. 1993. Recycling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. *J. Environ. Qual.* 22: 857-863.
- Juroszek, P., T. A. Lumpkin, and M. C. Palada. 2008. Sustainable vegetable production systems. *Acta Hort.* 767: 133-150.
- Kolota, E. and A. Slociak. 2006. Nitrogen fertilization of zucchini harvested at different stages of fruit development. *Acta Hort.* 700: 121-124.
- Labrador, M. J. 1996. *La materia orgánica en los agrosistemas.* Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Lasaridi, K. E. and E. I. Stentiford. 1998. Biological parameters for compost stability assessment and process evaluation. *Acta Hort.* 469: 119-128.
- Maroto B., J. V. 1989. *Horticultura herbácea especial.* Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Mendoza-Alfaro, R., C. Escalera-Gallardo, S. Contreras-Balderas, P. Koleff-Osorio, C. Ramírez-Martínez, P. Álvarez-Torres, M. Arroyo-Damián y A. Orbe-Mendoza. 2009. Invasión de plecos en la presa El Infiernillo, México: análisis de efectos socioeconómicos (relato de dos invasores). Capítulo 5. pp. 51-59. *In: R. E. Mendoza Alfaro et. al. (eds.). Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras.* Comisión para la Cooperación Ambiental. ISBN 978-2-923358-62-8. Montreal, Canadá.
- Menezes, C. B., W. R. Maluf, S. M. de Azevedo, M. V. Faria, I. R. Nascimento, D. W. Nogueira, L. A. A. Gomes, and E. Bearzoti. 2005. Inheritance of parthenocarpy in summer squash (*Cucurbita pepo* L.) *Genet. Mol. Res.* 4: 39-46.
- Nepi, M. and E. Pacini. 1993. Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Ann. Bot.* 72: 527-536.
- Paris, H. S. 1996. Summer squash: history, diversity, and distribution. *HortTechnology* 6: 6-13.
- Paterson, J. B. E. 1970. *Suelos y abonado en horticultura.* Acribia. Zaragoza, España.

- PPI (Potash Phosphate Institute). 1988. Manual de fertilidad de los suelos. México, D. F.
- Prasad, M., P. Simmons, and M. J. Maher. 2004. Release characteristics of organic fertilizers. *Acta Hort.* 644: 163-170.
- Reis, R. E., C. Weber, and L. R. Malabarba. 1990. Review of the genus *Hypostomus lacépède*, 1803 from southern Brazil, with descriptions of three new species (*Pises*, *Siluriformes*, *Loricariidae*). *Rev. Suisse Zoo.* 97: 729-766.
- Roinila, P. 1998. Composting of fish and the use of fish compost as a fertilizer. *Acta Hort.* 469: 359-374.
- Sakurai, A., Y. Sakamoto, and F. Mori. 1992. Aquarium fish of the world. The comprehensive guide to 650 species. Chronicle Books. San Francisco, CA, USA.
- SAS Institute. 1988. SAS-STAT user's guide. Release 6.03. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Schultz, W. 1989. The chemical-free lawn organic landscaping book. Rodale Press. Emmaus, PA, USA.
- Schwentesius, R. y M. A. Gómez C. 1994. Banco Nacional de Comercio Exterior. Vol. 44:4. México, D. F.
- SDR (Secretaría de Desarrollo Rural de Puebla). 2009. <http://www.puebla.gob.mx/docs/gobiernocampo/191043.pdf>. (Consulta: mayo 13, 2009).
- Sedano C., G., V. A. González, E. M. Engleman y C. Villanueva. 2005. Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. Universidad Autónoma Chapingo. *Rev. Chapingo Serie Hort.* 11: 291-297.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1981. Carta edafológica 1:50 000. Iquiquilpan E13B17. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México, D. F.
- Swiader, J. M., S. K. Sipp, and R. E. Brown. 1994. Pumpkin growth, flowering and fruiting response to nitrogen and potassium sprinkler fertigation in sandy soil. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 119: 414-419.
- Turchi, A. 1990. Guía práctica de horticultura. CEAC. Barcelona, España.
- Usman, A. R., A. Y. Kuzyakov, and K. Stahr. 2004. Dynamics of organic C mineralization the mobile fraction of heavy metals in a calcareous soil incubated with organic wastes. *Water Air Soil Pollut.* 158: 401-418.
- Vanlauwe, B., K. Aihou, S. Aman, E. N. O. Iwuafor, B. K. Tossah, J. Diels, N. Sanginga, R. Merckx, S. Deckers. 2001. Maize yield as affected by organic inputs and urea in West African, moist savanna. *Agron. J.* 93: 1191-1199.
- Velasco, H. E. y A. R. Nieto. 2005. Cultivo de jitomate en hidroponía e invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Publicación especial núm. 62. México, D. F.
- Villaseñor, L. E. 2005. La biodiversidad en Michoacán: Estudio de estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México, D. F.
- Wiat, J. 1994. Qualité et commercialisation des composts dedéchets verts. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Angers Cedex, France.
- Xu, H. L., R. Wang, R. Y. Xu, M. A. U. Mridha, and S. Goyal. 2003. Yield and quality of leafy vegetables grown with organic fertilizations. *Acta Hort.* 627: 25-33.
- Zucconi, F. y M. Bertoldi. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. pp. 30-50 *In*: M. de Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L'Hermite, and F. Zucconi (eds.). *Compost: production quality and use*. Elsevier Applied Science. New York, NY, USA.