

Nematodos fitoparásitos y su relación con factores edáficos de papaya en Colima, México*

Plant parasitic nematodes and its relation to soil factors of papaya in Colima, Mexico

José Ángel Martínez Gallardo¹, Tomás Díaz Valdés¹, Leopoldo Partida Ruvalcaba¹, Raúl Allende Molar², José Benigno Valdez Torres² y José Armando Carrillo Fasio^{2§}

¹Facultad de Agronomía- Universidad Autónoma de Sinaloa. Carretera Culiacán-Eldorado, km 17.5. Culiacán, Sinaloa. Tel. 016678461084. C. P. 80000. (jose_angel_13@hotmail.com; tdiaz10@gmail.com; parpolo@yahoo.com). ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carretera Culiacán-Eldorado, km 5.5. Culiacán, Sinaloa. Tel: 016677605536, C. P. 80110. (rallende@ciad.mx; jvaldez@ciad.mx). [§]Autor para correspondencia: acarrillo@ciad.edu.mx.

Resumen

Dentro de este trabajo, en un artículo previo se presentó la identificación y cuantificación de las poblaciones de nematodos fitoparásitos presentes y asociados en cultivos de papaya (*Carica papaya* L.) en Colima, México. El objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre factores edáficos (textura, contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica y pH) y poblaciones de nematodos fitoparásitos presentes en el cultivo de papaya en Colima, México. Se colectaron muestras de raíz y suelo rizosférico en 10 predios de siete ranchos en los municipios de Colima y Tecomán, Colima, México cultivados con papaya 'Maradol', 'Tainung' y 'Sensation'. Del suelo y raíz colectados se detectaron e identificaron las poblaciones de nematodos; asimismo, se determinaron las características edáficas en cada sitio de muestreo. Se realizó una prueba ji-cuadrada de Pearson para probar la asociación entre los géneros de fitonematodos y los distintos tipos de texturas edáficas. Así mismo, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple entre la población de nematodos y factores edáficos. Las texturas de suelo identificadas fueron arenoso franca, franco arenosa, franco arcillo arenosa y arenosa. Existió correlación entre los géneros de fitonematodos y los tipos de textura del suelo, encontrándose a la textura arenosa franca como la más apta para el ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos.

Abstract

Within this article, a previous article presented the identification and quantification of populations of plant parasitic nematodes associated with papaya (*Carica papaya* L.) in Colima, Mexico. The aim of this study was to determine the relationship between soil factors (texture, organic matter content, electrical conductivity and pH) and populations of plant parasitic nematodes in papaya in Colima, Mexico. Root samples and soil from the rhizosphere were taken in 10 pieces of land in seven ranches from the municipalities of Colima and Tecomán, in Colima, Mexico; cultivated with papaya 'Maradol', 'Tainung' and 'Sensation'. From soil and roots collected, were detected and identified nematode populations; also soil characteristics were determined at each sampling site. A chi-square distribution or Pearson test was performed, to test the association between plant nematodes genus and different types of soil textures. Likewise, a multiple linear regression between nematode populations and soil factors was performed. Soil textures were loamy sand, sandy loam, sandy clay loam and sandy clay. There is a correlation between phytonematodes genus and types of soil texture, finding sandy loam texture as most suitable for the life cycle of plant parasitic nematodes.

* Recibido: septiembre de 2014
Aceptado: diciembre de 2014

Palabras clave: *Carica papaya* L., fitonematodos, interacción.

Keywords: *Carica papaya* L., interaction, phytonematodes.

Introducción

México es el principal exportador de papaya a nivel mundial, siendo el estado de Colima el segundo productor nacional con 123 900 t anuales, lo que representa 40% de la exportación nacional, con los materiales 'Maradol', 'Tainung' y 'Sensation' (SIAP-SAGARPA, 2012; Propapaya, 2012). En este cultivo se reportan enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos (Jaraba *et al.*, 2007), estos últimos se reportan causando daños de consideración (Guzmán y Castaño, 2010; Propapaya, 2012; Martínez *et al.*, 2013). Los nematodos fitoparásitos se han reportado en cultivos de papaya en países como Costa Rica (Fernández y Quesada, 2009), Brasil (Chaful y De' Arc, 1994) y Colombia (Espinosa *et al.*, 2007).

En México, solo se ha reportado al nematodo agallador *Meloidogyne incognita* raza 1 en los estados de Michoacán y Morelos, así como a *M. arenaria* en Morelos (Cid del Prado *et al.*, 2001). Martínez *et al.* (2014) reportan los géneros *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorrhynchus*, *Tylenchus* y a la especie *M. incognita*, como causantes de daño en el cultivo de papaya en Colima, México; reportando mayor abundancia de los géneros de nematodos fitoparásitos *Rotylenchulus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y la especie *Meloidogyne incognita*, siendo esta última la de mayor importancia por su patogenicidad.

Aunque aún se conoce muy poco sobre la ecología de los nematodos fitoparásitos, es sabido que la composición, estructura, aireación y grado de humedad del suelo ejercen gran influencia en la vida de los fitonematodos. Yeates (1996) indica que el alimento (materia orgánica), la competencia biológica (nematodos de vida libre), textura, composición química, pH y conductividad eléctrica (CE), son también factores importantes en el ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos.

Debido a que los nematodos fitoparásitos son un factor limitante en la producción de papaya, es necesario un buen entendimiento de su ecología y su interacción con la planta, para implementar posibles programas de manejo y control. El objetivo de esta investigación fue determinar la interacción entre las variables edáficas y los géneros de nematodos asociados al cultivo de papaya en Colima, México.

Introduction

Mexico is the largest exporter of papaya worldwide, being the state of Colima second domestic producer with 123 900 t per year, which represents 40% of national export with 'Maradol', 'Tainung' and 'Sensation' (SIAP-SAGARPA, 2012; Propapaya, 2012). The diseases in this crop are caused by fungi, bacteria, viruses and nematodes (Jaraba *et al.*, 2007), the latter are reported as responsible for considerable damage (Guzmán and Brown, 2010; Propapaya, 2012; Martínez *et al.*, 2013). Plant parasitic nematodes have been reported in papaya crops in countries such as Costa Rica (Fernández and Quesada, 2009), Brazil (Chaful and De' Arc, 1994) and Colombia (Espinosa *et al.*, 2007).

In Mexico, it has only been reported root-knot nematode *Meloidogyne incognita* race 1 in the states of Michoacan and Morelos, and *M. arenaria* in Morelos (Cid del Prado *et al.*, 2001). Martínez *et al.* (2014) reported genders *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorrhynchus*, *Tylenchus* and the species *M. incognita*, as responsible for damage to papaya crop in Colima, Mexico; reporting greater abundance of plant parasitic nematodes genus of *Rotylenchulus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* and species *Meloidogyne incognita*, being the latter the most important for its pathogenicity.

Although little is yet known about the ecology of plant parasitic nematodes, it is known that composition, structure, aeration and soil moisture influences a lot in the life of plant parasitic nematodes. Yeates (1996) indicates that food (organic matter), biological competition (free-living nematodes), texture, chemical composition, pH and electrical conductivity (EC), are also important factors in life cycle of plant parasitic nematodes.

Due to plant parasitic nematodes are a limiting factor in papaya production, is necessary a good understanding of their ecology and interaction with the plant, to implement management and control programs. The objective of this research was to determine the interaction between soil variables and nematode genus associated to papaya cultivation in Colima, Mexico.

La presente investigación se realizó tomando muestras de suelo y raíz de plantas de papaya de 10 huertos, en los municipios de Colima y Tecomán, Colima, México. Como criterio de selección se consideró la ubicación geográfica de los predios y el material de papaya cultivado: 'Maradol', 'Tainung' y 'Sensation'. Cada uno de los huertos seleccionados, se dividió en tres lotes de aproximadamente 4 ha, y en cada uno se colectó suelo en diez puntos distintos, consistiendo de 30 submuestras (suelo y raíz), obtenidas bajo un esquema de muestreo compuesto en forma de V y zigzag. En cada punto de muestreo se referenciaron las coordenadas geográficas mediante un GPS (eTrex H). Las muestras identificadas se trasladaron al laboratorio de Fitopatología del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, A. C. Unidad Culiacán), donde se procesaron para determinar la textura, pH, contenido de materia orgánica y conductividad eléctrica; así como la detección e identificación de las poblaciones de nematodos fitoparásitos.

Determinación de características edafológicas

La textura del suelo se determinó mediante el método de Bouyoucos. El pH del suelo se midió en suspensión de suelo y agua (1:2), mediante un potenciómetro marca Orion modelo EA-940. El contenido de materia orgánica se determinó por el método de carbono orgánico (Walkley, 1947), y la conductividad eléctrica se midió en el extracto de saturación del suelo a una relación (1:2), con la ayuda del puente de conductividad Thermo Scientific, Modelo Orion 3 Star.

Análisis estadístico

Para probar la asociación de los géneros de nematodos fitoparásitos con los distintos tipos de texturas edáficas, se realizó una prueba ji-cuadrada de Pearson (Montgomery and Runger, 2003) con un valor de significancia de 0.05. Además, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple (Montgomery and Runger, 2003) entre las poblaciones agregadas de los cuatro géneros de nematodos fitoparásitos más importantes contra las variables independientes: materiales de papaya, características edáficas del suelo y distribución de nematodos en suelo. El modelo lineal múltiple es:

$$\text{Población de nematodos} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 \text{pH} + \beta_4 \text{CE} + \beta_5 \% \text{MO} + \beta_6 \% \text{ARC} + \beta_7 \% \text{limo} + \beta_8 \% \text{ARE} + \beta_9 Y_1 + \beta_{10} Y_2 + \beta_{11} Y_3 + \beta_{12} Y_4 + e$$

This research was conducted taking samples of soil and roots of papaya plants from 10 orchards, in the municipalities of Colima and Tecomán, in Colima, Mexico. As selection criteria, geographical location of farms and cultivated papaya 'Maradol', 'Tainung' and 'Sensation' were considered. Each of the selected orchards, was divided into three pieces of land of approximately 4 has, and on each, soil was collected in ten different points, consisting of 30 cores (soil and root), obtained through composite sample in V and zigzag. At each sampling point geographical coordinates were referenced using a GPS (eTrex H). Samples were identified and transported to the laboratory of Plant Pathology from the Research Center for Food and Development (CIAD, AC Culiacán unit) and determined texture, pH, organic matter content and electrical conductivity; thus detection and identification of plant parasitic nematode populations.

Determination of soil characteristics

Soil texture was determined by Bouyoucos method. Soil pH was measured in suspension of soil and water (1:2), using a pH meter Orion EA-940. Organic matter content was determined by total organic carbon (Walkley, 1947), and electrical conductivity was measured at the saturation extract of soil at a ratio (1:2), using conductivity meter from Thermo Scientific Orion 3 Star.

Statistical analysis

To assess the association of genus of plant parasitic nematodes with different soil textures types, a chi-square test (Montgomery and Runger, 2003) with a significance value of 0.05 was performed. A multiple linear regression analysis was performed (Montgomery and Runger, 2003) among the four most important populations of nematodes against independent variables: papaya varieties, soil characteristics and nematodes distribution in. The multiple linear model is:

$$\text{Nematode population} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 \text{pH} + \beta_4 \text{CE} + \beta_5 \% \text{MO} + \beta_6 \% \text{CLAY} + \beta_7 \% \text{SILT} + \beta_8 \% \text{Sand} + \beta_9 Y_1 + \beta_{10} Y_2 + \beta_{11} Y_3 + \beta_{12} Y_4 + e$$

Where: X_1 and X_2 = indicator variables; pH = potential hydrogen; CE = electrical conductivity; (%)MO = percentage of organic matter; (%)CLAY = Percent clay; (%)SILT =

Donde: X_1 y X_2 = variables indicadoras; pH= potencial hidrógeno; CE= conductividad eléctrica; (%)MO= porcentaje de materia orgánica; (%)ARC= porcentaje de arcilla; (%)limo= porcentaje de limo; (%)ARE= porcentaje de arena; Y_1 , Y_2 , Y_3 y Y_4 = variables indicadoras representando la distribución poblacional de nematodos en las regiones estudiadas. Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico Minitab 15.

Características edáficas y nematodos fitoparásitos

Textura

Las texturas de suelo identificadas fueron: arenoso franca, franco arenosa, franco arcillo arenosa y arenosa. De acuerdo con Palm y Walter (1991), la amplia variación de los medios bióticos, físicos y químicos, dentro de las categorías de texturas, hace difícil generalizar la repercusión sobre la vida y el movimiento de nematodos en el suelo. Además, el tamaño de las partículas y los microporos hacen que el movimiento del aire y agua sea más restringido. Estas condiciones hacen que los niveles de oxígeno sean más bajos y, en consecuencia, el metabolismo, movimiento e infectividad de los juveniles se afecte, además del efecto negativo sobre el crecimiento y reproducción de las hembras (Muñoz, 2011). Por lo cual los nematodos se adaptan mejor a suelos con textura porosa, como es el caso de las texturas arenosa, arenoso franca y franco arenosa; lo contrario ocurre en suelos con textura limosa, donde su ciclo de vida se ve limitado, como en el suelo con textura franco arcillo arenosa.

pH

En las áreas de estudio se obtuvo un pH que varió de 6.2 a 7.5, y no se observó una relación importante entre la distribución de las poblaciones de nematodos fitoparásitos y esta variable ($p=0.995$). Guzmán *et al.* (2008) mencionan que la variación del pH, de 5 hasta 7.6, no tiene efecto sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos.

Materia orgánica

El contenido de materia orgánica de los suelos osciló de 1.58 a 2.78%, por lo cual se consideran suelos con contenido moderadamente alto. Guzmán *et al.* (2008), reportan que en suelos con buen contenido de materia orgánica, el ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos es afectado debido al desarrollo de organismos antagonicos,

Percentage silt; (%)SAND=percentage sand; Y_1 , Y_2 , Y_3 and Y_4 = indicator variables representing population distribution of nematodes in the regions under study. For statistical analysis Minitab 15 statistical package was used.

Soil characteristics and plant parasitic nematodes

Texture

Soil textures were loamy sand, sandy loam, sandy clay loam and sandy. According to Palm and Walter (1991), the wide variation in biotic, physical, and chemicals factor within the categories of textures, makes difficult to generalize the impact on life and movement of nematodes in soil. Also, particle size and micropores make the movement of air and water more restricted. These conditions make oxygen levels even lower and consequently, metabolism, movement and infectivity of juveniles are not affected; besides, negative effects on growth and reproduction of females (Muñoz, 2011). Therefore nematodes adapt best to soils with porous texture, as in the case of sandy, sandy loam and loamy sand; the opposite occurs in soils with silty texture, where its life is limited, such as on sandy clay loam soils.

pH

pH of study areas ranged from 6.2 to 7.5 and no significant relationship between population distribution of plant parasitic nematodes and this variable ($p=0.995$) was observed. Guzmán *et al.* (2008) mentioned that variation in pH from 5 to 7.6 has no effect on populations of plant parasitic nematodes.

Organic matter

Organic matter content in soil ranged from 1.58 to 2.78%, therefore this soil is considered moderately high. Guzman *et al.* (2008) reported that soils with good organic matter content affect the life cycle of plant parasitic nematodes by development of antagonistic organisms such as bacteria and nematophagus fungi, thus competition for space and food of free-living nematodes.

Electrical conductivity

The electrical conductivity of soil solution ranged from 0.15 to 2.48 dS m^{-1} , and no significant correlation ($p=0.826$) was obtained regarding to populations of plant parasitic nematodes.

como bacterias y hongos nematófagos y quitiniformes, así como a la competencia por espacio y alimento de los nematodos de vida libre.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de la solución del suelo varió de 0.15 a 2.48 dS m⁻¹, y no se obtuvo una correlación significativa ($p=0.826$) con respecto a las poblaciones de nematodos fitoparásitos.

Asociación entre géneros de nematodos fitoparásitos y características edáficas

La asociación entre los géneros de nematodos fitoparásitos y los tipos de textura edáfica resultó significativa ($\chi^2_{\text{calc}}=21.40, p=0.011$). Ciertos géneros de nematodos fitoparásitos mostraron más adaptabilidad a ciertas texturas edáficas.

Los cuatro géneros se observaron en las cuatro texturas de suelo, pero en éstas el que predominó fue *Rotylenchulus*. Los promedios de nematodos de los géneros *Rotylenchulus* y *Helicotylenchus* fueron muy similares en los cuatro tipos de textura; mientras que los géneros *Pratylenchulus* y *Meloidogyne* fueron más abundantes en suelos de textura arenoso franca. Lo anterior indica que los nematodos de los géneros *Rotylenchulus* y *Helicotylenchus* se adaptan a cualquiera de los tipos de suelo que se incluyeron en la investigación.

Análisis de regresión

El modelo de regresión general obtenido es:

$$\text{Nemafitoparásitos} = 350 - 87.6 X_1 - 59.4 X_2 - 4.43 (\%) \text{ARC} - 196 Y_1$$

Las variables independientes incluidas en el modelo resultaron estadísticamente significativas ($p < 0.05$). El ajuste del modelo, de acuerdo con los coeficientes de determinación, es apropiado ($p = 0.000$).

Modelos por materiales a partir del modelo de regresión general estimado:

$$\text{Nemafitoparásitos} = 262.4 - 4.43 (\%) \text{ARC} - 196 Y_1 \quad (X_1=1, X_2=0; \text{'Maradol'})$$

$$\text{Nemafitoparásitos} = 290.6 - 4.43 (\%) \text{ARC} - 196 Y_1 \quad (X_1=0, X_2=1; \text{'Sensation'})$$

$$\text{Nemafitoparásitos} = 350 - 4.43 (\%) \text{ARC} - 196 Y_1 \quad (X_1=0, X_2=0; \text{'Tainung'})$$

Association between genus of plant parasitic nematodes and soil characteristics

The association between genus of plant parasitic nematodes and soil texture types was significant ($\chi^2_{\text{calc}}=21.40, p=0.011$). Certain genus of plant parasitic nematodes showed more adaptability to certain soil textures.

The four genus were observed in the four soil textures, but from this the one prevailing was *Rotylenchulus*. The averages of nematodes of the genus *Rotylenchulus* and *Helicotylenchus* were very similar in the four soil texture types; while genus *Pratylenchulus* and *Meloidogyne* were more abundant in loamy sand. This indicates that nematodes of genus *Rotylenchulus* and *Helicotylenchus* adapt to any soil type from this research.

Regression analysis

The overall regression model is:

$$\text{Plant parasitic nematodes} = 350 - 87.6 X_1 - 59.4 X_2 - 4.43 (\%) \text{CLAY} - 196 Y_1$$

The independent variables included, in the model were statistically significant ($p < 0.05$). Model fitting according to the coefficients of determination, appropriate ($p = 0.000$).

Models for varieties from the estimated overall regression model:

$$\text{Plant parasitic nematodes} = 262.4 - 4.43 (\%) \text{CLAY} - 196 Y_1 \quad (X_1=1, X_2=0; \text{'Maradol'})$$

$$\text{Plant parasitic nematodes} = 290.6 - 4.43 (\%) \text{CLAY} - 196 Y_1 \quad (X_1=0, X_2=1; \text{'Sensation'})$$

$$\text{Plant parasitic nematodes} = 350 - 4.43 (\%) \text{CLAY} - 196 Y_1 \quad (X_1=0, X_2=0; \text{'Tainung'})$$

For populations less than 100 nematodes / 100 g of soil ($Y_1=1$) models, depending on the percentage of clay are:

$$\text{Plant parasitic nematodes} = 66.4 - 4.43 (\%) \text{CLAY} (\text{'Maradol'})$$

$$\text{Plant parasitic nematodes} = 94.6 - 4.43 (\%) \text{CLAY} (\text{'Sensation'})$$

$$\text{Plant parasitic nematodes} = 154 - 4.43 (\%) \text{CLAY} (\text{'Tainung'})$$

For populations larger than 100 nematodes / 100 g of soil ($Y_1=0$), the models, depending on the percentage of clay are:

Para poblaciones menores de 100 nematodos/ 100 g de suelo ($Y_1=1$), los modelos, en función del porcentaje de arcilla son:

Nemafitoparásitos= 66.4 - 4.43 (%) ARC ('Maradol')
 Nemafitoparásitos= 94.6 - 4.43 (%) ARC ('Sensation')
 Nemafitoparásitos= 154 - 4.43 (%) ARC ('Tainung')

Para poblaciones mayores de 100 nematodos/ 100 g de suelo ($Y_1=0$), los modelos, en función del porcentaje de arcilla son:

Nemafitoparásitos= 262.4 - 4.43 (%) ARC ('Maradol')
 Nemafitoparásitos= 290.6 - 4.43 (%) ARC ('Sensation')
 Nemafitoparásitos= 350 - 4.43 (%) ARC ('Tainung')

De acuerdo a los modelos por material de papaya cultivados, la característica edáfica más importante es el porcentaje de arcilla. La población de nematodos fitoparásitos disminuye entre 4 y 5 nematodos por cada uno por ciento de incremento de arcilla en la composición del suelo. Estos resultados son similares a los encontrados por Jaraba *et al.* (2014), quienes indican que el agallamiento y las poblaciones de *M. incognita* se incrementan directamente con el contenido de arena en el cultivo del algodón. Además, se observa que con las condiciones edáficas presentes en el experimento y de acuerdo al modelo estadístico, el material que mayor población de nematodos fitoparásitos asociados presentó es 'Tainung'.

Conclusiones

El pH y la conductividad eléctrica no ocasionaron efecto sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos, pero la materia orgánica y la textura de los suelos si influyeron, de tal manera que conforme aumentó la primera las poblaciones de nematodos disminuyeron, mientras que debido a los tipos de suelo los géneros *Pratylenchus* y *Meloidogyne* prosperaron más en los suelos con textura arenoso franca, en tanto que los géneros *Rotylenchulus* y *Helicotylenchus* prosperaron en forma similar en los cuatro tipos de suelos.

Los nematodos fitoparásitos se desarrollan mejor en suelos con textura porosa, como es el caso de las texturas arenosa, arenoso franca y franco arenosa; sin embargo, en suelos con texturas limosas, su ciclo de vida se ve limitado, como en el suelo con textura franco arcillo arenosa.

Plant parasitic nematodes= 262.4 - 4.43 (%) CLAY ('Maradol')

Plant parasitic nematodes= 290.6 - 4.43 (%) CLAY ('Sensation')

Plant parasitic nematodes= 350 - 4.43 (%) CLAY ('Tainung')

According to models by papaya grown varieties, the most important soil feature is clay percentage. Plant parasitic nematode population decreases between 4 and 5 nematodes per each percent clay increases in soil composition. These results are similar to those found by Jaraba *et al.* (2014) indicate that root-knot and *M. incognita* populations increases directly with sand content in the cultivation of cotton. In addition, it is observed that soil conditions in the experiment and according to the statistical model, the variety associated to larger population of plant parasitic nematode was 'Tainung'.

Conclusions

pH and electrical conductivity had no effect on populations of plant parasitic nematodes, but organic matter and soil texture influenced, in such way that as the first increased, nematodes populations decreased, while, due to soil types, genus *Pratylenchus* and *Meloidogyne* prospered in soils with loamy sand texture, while *Rotylenchulus* and *Helicotylenchus* prospered in a similar way in the four soil types.

Plant parasitic nematodes grow better in soils with porous texture, as in the case of sandy, sandy loam and loamy sandy textures; however, in silty soils, its life cycle is limited, such as on sandy clay loam texture.

The percentage of clay decreases population between 4 and 5 plant parasitic nematodes for each one percent of increase in soil composition.

The papaya variety showing the largest population of plant parasitic nematodes is 'Tainung'.

End of the English version



El porcentaje de arcilla disminuye la población de nematodos fitoparásitos entre 4 y 5 nematodos fitoparásitos por cada uno por ciento de incremento en la composición del suelo. El material de papaya que presentó mayor población de nematodos fitoparásitos asociados es ‘Tainung’.

Agradecimiento

Agradecimiento al fondo SAGARPA proyecto 211-163213: manejo integral del cultivo de papaya en México, un acercamiento innovador.

Literatura citada

- Agrios, G. N. 2005. Plant pathology. 5th Ed. Academic Press, New York. 922 p.
- Baker, K. F.; Townshend, J. L.; Michell, R. E.; Norton, D. C. and Ruehle, J. L. 1978. Determining nematode population responses to control agents. *In: Zehrer, E. I. and Bird, G. (Eds.). Methods for evaluating plant fungicides, nematocides and bactericides.* APS. St. Paul Minnesota. 114-126 pp.
- Carrillo, F. J. A.; García, E. R. S.; Allende, M. R.; Márquez, Z. I. y Cruz, O. J. E. 2000. Identificación y distribución de especies del nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) en hortalizas en Sinaloa, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 18(2):115-119.
- Chaful, S. y De' Arc, R. 1994. Mamo: Doencas causadas por fungos e nematoides en mamoerio. Informe Agropecuario. 134(12):40-43.
- Cid del Prado, V. I.; Hernández, J. A. y Tovar, S. A. 2001. Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 19(1):32-39.
- Eisenback, J. D.; Hirschmann, H.; Sasser, J. N. and Triantaphyllou, A. C. 1981. A guide to four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) with a pictorial key. A cooperative publication of the Department of Plant Pathology and Genetics. North Carolina State University and the United States Agency for International Development. Raleigh, North Carolina. 48 p.
- Eisenback, J. 1985. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *In: Sasser, J. and Carter, C. (Eds.). An Advanced Treatise on Meloidogyne.* North Carolina State University Graphics. USA. 112 p.
- Espinosa, M. R.; Fuentes, K. C.; Jaraba, J. D. y Lozano, Z. E. 2007. Nematodos asociados al cultivo de la papaya (*Carica Papaya* L.) en Córdoba, Colombia *Agronomía Colombiana.* 25(1):124-130.
- Fernández, S. O. M. y Quesada, S. A. S. 2009. Nematodos asociados a los cultivos de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Servicio Fitosanitario del estado, departamento de Laboratorios. 49 p.
- Guzmán, P. R. A.; Hernández, F. B.; Franco, N. F. y Cadena, H. M. 2008. Nematodos agalladores en la Vega de Meztlán, Hidalgo, México: identificación, distribución espacial y relación con factores edáficos. *Nematropica.* 38:47-61.
- Guzmán, P. O. A. y Castaño, Z. J. 2010. Identificación de nematodos fitoparásitos en guayabo (*Psidium guajava* L.), en el municipio de Manizales (Caldas), Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.* 34(130):117-126.
- Jaraba, J. D.; Lozano, Z. y Espinosa, M. 2007. Nematodos agalladores asociados al cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) en el departamento de Córdoba, Colombia. *Colombia. Agronomía colombiana.* 25(1):124-130.
- Jaraba, J. D.; Rothrock, C. S.; Kirkpatrick, T. L. and Brye, K. R. 2014. Soil texture influence on *Meloidogyne incognita* and *Thielaviopsis basicola* and their interaction on cotton. *Plant Dis.* 98(3):336-343.
- Jepson, S. B. 1987. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). First Edition. CAB International. London, England. 265 p.
- Martínez, G. J. A.; Díaz, V. T.; Valdez, T. B.; Allende, M. R. y Carrillo, F. J. A. 2013. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papaya y su relación con factores edáficos, en Colima, México. *In: XV Congreso Nacional y 1^{er} Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A. C.*
- Martínez, G. J. A.; Díaz, V. T.; Allende, M. R.; Ortiz, M. J. A.; García, E. R. S. y Carrillo, F. J. A. 2014. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Colima, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(2):317-323.
- Montgomery, D. C. and Runger, G. C. 2003. Applied statistics and probability for engineers. 3th Ed. John Wiley and Sons. Press, New York. 703 p.
- Muñoz, N. L. A. 2011. Efecto del tipo de suelo, la concentración de materia orgánica y la incorporación de un hidrogel en la infestación de *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949. Tesis doctoral. Universidad Austral de Chile. 60 p.
- Palm, C. E. and Walter, W. D. 1991. Control of plant-parasitic nematodes. Ed. National Academy of Sciences. 4:219 pp.
- Propapaya, 2012. Propapaya sistema producto papaya. <http://propapaya.org>.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. <http://www.siap.gob.mx>.
- Sosa-Moss, C.; Bartker, K.; Carter, C. and Sasser, J. 1985. Report on the status of *Meloidogyne* research in México, Central America and the Caribbean countries. *In: an advanced treatise on Meloidogyne. Methodology.* International *Meloidogyne* Project. North Carolina State University Graphics. Raleigh, North Carolina. 32-346 pp.
- Walkley, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determination of organic carbon in soils - effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63:251-257.
- Yeates, G. W. 1996. Nematode ecology. *Russian J. Nematol.* 4(1):71-76.