EL MISIONERO DEL AGRO

SOLARIZACIÓN EN EL CULTIVO DE LA SANDÍA (*Citrullus lanatus*) PARA EL CONTROL DE *Meloidogyne spp*.

SOLARIZATION IN THE CROP OF WATERMELON (*Citrullus lanatus thunb.*) FOR CONTROL OF *Meloidogyne spp*.

Autores:
Daniel Toro Castro[1]
Jorge Cun Carrión[2]
Luis Alberto Garcès Candell [3]
Wilmer Pilaloa David [3]

Correos:
dtoro@utb.edue.c
jcun@utmachala.edu.ec
agarces@uagraria.edu.ec
wpilaloa@uagraria.edu.ec

Filiación:
Universidad Técnica de Babahoyo[1]
Universidad Técnica de Machala[2]
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Agraria del Ecuador[3]
Programa Regional El Triunfo. Universidad Agraria del Ecuador[3]

GUAYAQUIL - ECUADOR

Fecha de Presentación: 13-10-2017
Fecha de Aceptación: 30-07-18

Resumen

El trabajo se realizó en el Centro Experimental" El Misionero" de la Universidad Agraria del Ecuador en Milagro, Guayas. Debido a la sistemática incidencia de afectaciones en cucurbitáceas por *Meloidogyne spp*., se evaluó el método de solarización en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) para el control de este fitonemátodo. Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar formado por cuatro tratamientos y cinco repeticiones. T1, sin solarización (testigo), T2, T3 y T4 con 30, 45 y 60 días de solarización, respectivamente. Se evaluó la población de *Meloidogyne spp*. antes de la siembra y después de la cosecha, además de su densidad poblacional en raíces y el índice de agallamiento. Los resultados indicaron que el T4 fue donde más el mejor, disminuyó la población de *Meloidogyne spp*. en el suelo, en promedio, fue 170 antes de la siembra y 70 posterior a la cosecha ($P < 0.05$). La densidad poblacional en raíces fue de 110, en contraste con el testigo que fue de 1660 ($P < 0.05$), además el T4 redujo el índice de agallamiento de 2.38 comparado con el testigo, 4.08. Estos resultados indican que el proceso de la solarización redujo considerablemente la presencia de *Meloidogyne spp.*, y se recomienda su aplicación para disminuir poblaciones y daños en las raíces en el cultivo de sandía.

Palabras claves: Solarización, *Meloidogyne spp*., sandía, Citrullus lanatus, mulch.

Abstract

The research was conducted in Experimental Center "El Misionero" ubicated in the Agraria University of Ecuador in Milagro, Guayas Province. Due to the systematic occurrence of damages in cucurbits by *Meloidogyne spp*., The method of solarization in Watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) was evaluated for control of this phytonematode. A complete randomized block design was used, consisting of four treatments and five replications. T1 without solarization (control), T2, T3 and T4 with 30, 45 and 60 days solarization, respectively. The population of Meloidogyne spp. was evaluated before planting and after harvest, in addition to it, population density and root galling index were measured. The results indicated that T4 was the best treatment decreasing *Meloidogyne spp*. populations on the ground, an average of 170 before planting to 70 after harvesting ($P < 0.05$). The population density in roots was 110, in compeared to control which was 1660, Also, T4 reduced root galling index to 2.38 related to 4.08 in control. These results indicate that the process of solarization significantly reduced the presence of *Meloidogyne spp*., and it is recommended to reduce populations and root damage in watermelon crow. Its application is recommended to diminish populations and damages in the roots in the cultivation of watermelon.

Keywords: solarization, *Meloidogyne spp*., watermelon, *Citrullus lanatus*, mulch.

Introducción

La solarización es un método físico que en unos pocos años ha adquirido una popularidad vertiginosa, también ha sido definido como un proceso hidrotérmico, natural de desinfección (Stapleton, 2000), que consiste en el cubrimiento del suelo húmedo con una lamina de polietileno transparente durante períodos de intensa radiación solar y calor, de forma que se capture la energía calorifica del sol, causando cambios físicos, quimicos y biológicos en el mismo. La utilización adecuada del método incrementa las temperaturas del suelo a niveles letales para nemátodos, hongos, bacterias y malezas (Katan J. , Soil Solarization. En Innovative approaches to plant diseases control, 1987).

Los productores de diversos países vienen utilizando la solarización en forma creciente, como una alternativa no tóxica en el control de nematodos. Esta técnica se reportó por primera vez en el control de un fitopatógeno del suelo (Thielaviopsis basicola); se observó que el nylon transparente dio mejor resultado que con polietileno negro, aunque ambos fueron más efectivos que el testigo Adams (1971) citado por Hernandez M (2010); a partir de estos primeros trabajos algunos investigadores han experimentado con esta técnica para el control de organismos fitopatógenos con resultados variables. Por otra parte, el Meloidogyne está considerado como el género de mayor importancia económica por su impacto en los cultivos agrícolas, aun cuando hay cientos de géneros y especies de nemátodos fitoparásitos reportados a nivel mundial (Fernandez, 2007). Tradicionalmente el control de los fitonemátodos ha sido a través del uso de fumigantes químicos del suelo, como el bromuro de metilo. Sin embargo, debido a los riesgos ambientales y sanitarios, muchos de esos productos se han prohibido o restringido, limitando el número de alternativas viables para la desinfección del suelo; de ahí que durante los últimos años la investigación relacionada con los fitopatógenos del suelo ha estado encaminada a la búsqueda de alternativas efectivas, limpias y sostenibles, como es el caso de la solarización (Peregrin, 2013).

Desde el año 2010, en el Centro Experimental "El Misionero", en Milagro, provincia del Guayas, se han observado anualmente síntomas relacionados con fitonemátodos en las cucurbitáceas, los cuales fueron tratados con medios químicos, pero sin resultados alentadores, el análisis del suelo en diferentes momentos y años corroboró la existencia de Meloidogyne spp. (Iniap, 2012 al 2016), lo que conllevó a proponer la solarización como alternativa para el control de dichos patógenos. Los períodos de tratamiento en la solarización, nunca son menores a 30 días, y para el caso de presencia de Meloidogyne, deben extenderse hasta 45 día (Katan J. , 1987), pero no se han probado hasta 60 días. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la solarización del suelo antes del trasplante, con hasta 60 días de exposición de las posturas sobre las poblaciones de Meloidogyne spp. y en los daños que causa.

Materiales y Método

El experimento se realizó en el Centro Experimental ¨El Misionero¨ de la Universidad Agraria del Ecuador, en el Cantón Milagro, Provincia Guayas. Se empleó el hibrido de sandía Royal Charleston, el terreno fue preparado antes de la siembra con tres pases de rastra pesada. Posteriormente, se surcó para levantar las camas, dejando una distancia entre surcos de un metro de ancho. Se utilizó un sistema de riego por goteo y se tuvo en cuenta la evapotranspiración, la heliofanía y la temperatura de la zona, así como la fenología, y los requerimientos nutricionales e hídricos del cultivo para el suministro del nitrógeno (urea), fósforo (ácido fosfórico), potasio (muriato de potasio), magnesio (sulfato de magnesio), calcio (nitrato calcio), zinc y boro quelatados, que fueron aplicados durante las planificaciones de los fertiriegos a lo largo del cultivo. La manguera empleada fue la Super Typhoon 16250, con goteros incorporados a 0,30 m de distancia y un caudal de 2 L/h.

El manejo de plagas se realizó manteniendo un monitoreo diario de observaciones en busca de daños y síntomas, así como haciendo controles culturales o aplicaciones preventivas de productos químicos o biológicos, en dependencia de las características de la plaga.

A partir de los 35 días del trasplante, semanalmente se hizo la alineación de las guías para poder realizar prácticas culturales como fumigaciones, manejo de fruta y cosecha. Teniendo en cuenta el tratamiento de la colocación del plástico de los 30 días (T2), se hizo la siembra de las semillas en ocho bandejas germinadoras de 128 cavidades cada una, las que fueron llenadas de turba y humedecidas para, posteriormente, depositar una semilla en cada cavidad, calculando 15 días antes que se cumpla el periodo de solarización de los 60 días y así realizar el trasplante en todos los tratamientos, con plántulas de una altura promedio de 5 cm y dos hojas verdaderas.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 tratamientos de solarización: tratamiento 1 (T1) sin cobertura, tratamiento 2 (T2) 30 días con el cobertor, tratamiento 3 (T3) 45 días con el cobertor y tratamiento 4 (T4) 60 días cubierto; y 5 repeticiones, en un área total de 2125 m2. La distancia entre plantas en cada parcela experimental fue de 1,50 m y entre hileras de 1,70 m, para un total de 640 plantas en el experimento. El área de cada parcela fue de 50 m2 y el área útil de 40 m2. Se efectuó el ANOVA para índice de agallamiento y población de nemátodos, la prueba de t de Student para número de nemátodos al inicio y final del experimento, la comparación de medias se realizó mediante Tukey, al 5% de confiabilidad ($P<0.05$) y el análisis de regresión para las variables de solarización e índice de agallamiento (Fernandez et al., 2010).

El suelo húmedo de las camas fue cubierto con un plástico transparente, de 40 micras de espesor y 1,20 m de ancho, sin protección UV (ultra violeta) mientras que los filos y cabeceras fueron sellados con tierra para obtener la condición hidrotérmica necesaria según indica (Katan J. , Solar Heating (Solarization) of Soil for Control of Soilborne Pests, 1981). En cada una de las repeticiones se cubrieron primero las camas con el plástico transparente del tratamiento T4 (60 días), 15 días después el T3 (45 días), 15 días después el T2 (30 días). El T1 fue el Testigo (0 días o sin cubrir). Con el propósito de no permitir la proliferación de las malezas en las camas y preservar la calidad del fruto, el plástico que cubrió cada tratamiento, una vez finalizado el proceso de solarización, fue pintado de blanco con cal y blancola (goma blanca), transformándose así en mulch o acolchado (Foto 2). A continuación, a través del fertiriego, se suministró al cultivo las necesidades hídricas y nutricionales, tomando en cuenta las etapas fenológicas del mismo (Katan J. J., 1976); (Chauhan, 1988).

En análisis realizados desde el año 2011, se comprobó la presencia del Meloidogyne spp., en los suelos de El Misionero, para efecto de evidencia de esta investigación, y para determinar el efecto de la solarización en las poblaciones de nematodos, se tomaron muestras de suelo de 0,5 Kg del área útil de cada parcela experimental de 10 submuestras al azar previo a la colocación del plástico, y lo mismo se hizo al final de la cosecha , dichas muestras fueron trasladas al laboratorio de Nematología de la Estación Experimental del Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja” del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), para hacer analizadas y calcular el número de Nemátodos promedio en 100 cm3 de suelo, según el método de incubación (Triviño, 2013). En el Tratamiento 1= 200 unidades, en los Tratamientos 2, 3 y 4 = 160 unidades. Después de la cosecha, 10 plantas del área útil de cada tratamiento fueron

trasladadas al Laboratorio de Nematología de la Estación Experimental del Litoral Sur ¨Dr. Enrique Ampuero Pareja¨ del INIAP, para el análisis nematólogico según el Método de Licuado y Tamizado (Triviño, 2013), y poder determinar el número de juveniles en estadio 2 de Meloidogyne spp. Posterior a la cosecha, para conocer el grado de afectación de las raíces por Meloidogyne spp., las raíces de 10 plantas seleccionadas al azar en el área útil de cada tratamiento fueron extraídas y lavadas individualmente con agua común para eliminar los restos de tierra. Cada una fue evaluada de forma visual según la escala del Índice de Agallas de 0 a 10 grados, de Bridge & Page (1980).

Resultados

En relación con el número de nemátodos medidos después de la cosecha, este fue mayor que al inicio del ensayo en grupo testigo, pero dicho incremento se lo puede considerar como una tendencia (P=0,12) debido a la alta variación que ocurrió en este tratamiento. Los tratamientos con 30 y 45 días de exposición, si hubo incremento, pero no fue significativo (P>0,05). Sin embargo, en el tratamiento de 60 días, hubo una disminución en el número de nemátodos del 57 % (P<0,01), con respecto a los contabilizados al inicio del ensayo.

Cuadro 1. Numero de nematodos, por cada 100 cc de suelo, al inicio y al final del experimento.

	Tratamientos							
	Testigo		30 días		45 días		60 días	
Estadísticos	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Promedio	200	610	160	220	160	230	162	70
Desviación estándar	50	441	42	120	42	220	22	57
Coeficiente de variación	25%	72%	26%	55%	26%	96%	13%	81%
Error estándar	22	197	19	54	19	98	10	25

En todos los casos se tuvo 5 réplicas.

Con respecto de la población de *Meloidogyne spp* en las raíces al final del estudio, se comprobó que hubo diferencias (P< 0,05) entre tratamientos. Cuando no se expuso a solarización el suelo, se obtuvo la población más alta de nematodos y esta fue disminuyendo secuencialmente, conforme se aumentó la exposición solar, dando como resultado final que la exposición solar a 60 días fue la que menor número de juveniles 2 del nematodo presentó.

Cuadro 2. Población de nematodos en 10 g de raíces al final del experimento.

	Tratamientos			
Estadísticos	Testigo	30 días	45 días	60 días
R	5	5	5	5
Promedio	1680	700	440	110
Desviación estándar	737	443	253	82
Coeficiente de variación	44%	63%	58%	75%
Error estándar	330	198	113	37

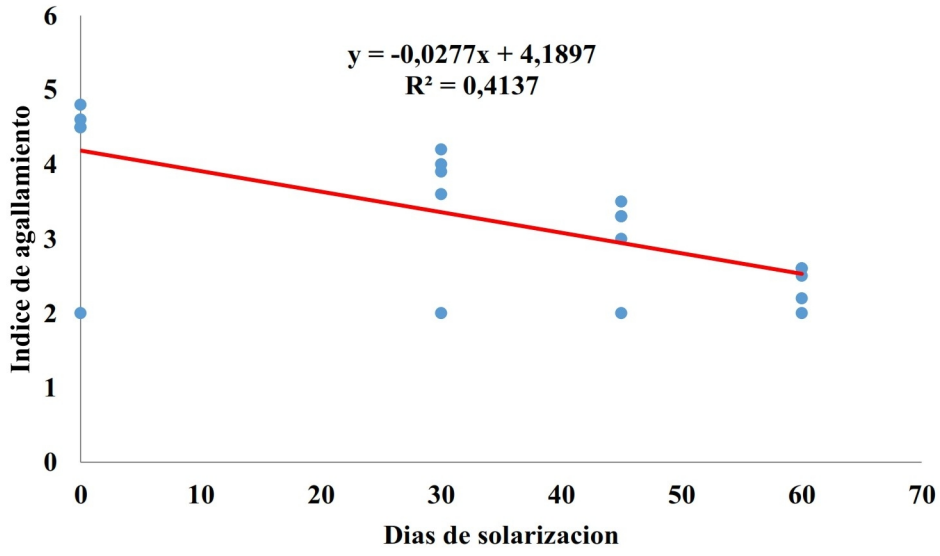
Con relación al Índice de Agallamiento, los datos indican que este difiere ($P < 0,05$) entre tratamientos, se observó que la solarización con exposición a 60 días arrojó el índice más bajo, siendo inferior en 42% con respecto al testigo, según se expone en el cuadro 3.

Cuadro 3. Estadísticos para el índice de agallamiento por tratamiento.

	Tratamientos			
Estadísticos	Testigo	30 días	45 días	60 días
Tratamientos (prob.)	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
R	5	5	5	5
Promedio	4,08c	3,54bc	3,02ab	2,38a
Desviación estándar	1,17	0,89	0,60	0,27
Coeficiente de variación	29%	25%	20%	11%
Error estándar	0,52	0,40	0,27	0,12

Las medias de los tratamientos con letras iguales no difieren según la prueba estadística de Tukey ($P < 0.05$)

Por otra parte, se determinó que el tiempo de exposición solar se asocia con el índice de agallamiento ($r = - 0,643$); tal que, conforme se incrementa la exposición del suelo a la acción solar en 10 días, el índice de agallamiento disminuye en 0,3 unidades ($P < 0,05$) (Gráfico 1).



Gráf. 1. Asociación entre días de exposición e índice de agallamiento.

Discusión

En esta investigación se evidenció que a los 60 días de exposición a la solarización se obtuvo mayor efectividad en el control de la población del nemátodos *Meloidogyne*, lo que coincide con lo reprtado por Katan J. J. (1976), quien indica que los periodos de tratamientos no deben ser menores a 30 días, y para el caso de Meloidogyne, deben extenderse hasta 45 días. De acuerdo con los estudios realizados por Hernández M. (2010.), esto puede atribuirse a la temperatura del suelo, el contenido de humedad del suelo, la intensidad solar y la duración del día.

En este ensayo, la cantidad de nemátodos fue de 0.7 unidades por g de suelo, para el tratamiento cuya exposición a la solarización fue de 60 días, hallazgo que fue inferior al rango de tolerancia reportado por Katan J. (1981), quien sugiere que para el caso de las cucurbitáceas está referido entre 2 a 50 nemátodos por gramo de suelo y similar al mencionado por López (2014), quien también obtuvo 0.7 unidades por g de suelo en cultivos de sandía con solarización. Para el caso de la efectividad de la solarización en la reducción del número de nemátodos en el suelo, en esta investigación se logró un 57% de efectividad en el tratamiento con 60 días de exposición, lo que coincide con Lugo (2010), quien informó una reducción significativa en la población de nemátodos que osciló entre 56.4% y 100% en suelos solarizados.

La cantidad del patógeno en las raíces, posterior al tendido del plástico, en este ensayo, fue de 1680 para el grupo control y de 110 unidades para el tratamiento con solarización de 60 días, lo que permite inferir que la población de nemátodos se redujo significativamente a la 0.07 parte (110/1680) a favor del grupo que recibió solarización.

El beneficio de la solarización en este trabajo, también se reflejó en el índice de agallamiento, el tratamiento con solarización con 60 días mostró mejor calidad de raíces que el grupo control, sugiriendo que este indicador tiene una alta asociación con el tiempo de exposición de los suelos a la solarización. Estos datos concuerdan con Lugo (2010), quien encontró índices de agallamiento de 2,3 en suelos solarizados, en cultivo de melón.

Conclusión

La solarización es una excelente alternativa para el control del Meloidogyne spp en el cultivo de sandía, cuando se expone el suelo durante 60 días previos a la siembra, disminuyendo la población de nemátodos en el suelo, en las raíces y mejorando la calidad del sistema radicular, con la consiguiente mejora en el rendimiento del cultivo.

Literatura citada

Adams, J. (1971). Soil solarization. Plant Dis. (No. 64), 124-128. Recuperado el 19 de Enero de 2016

Bridge & Page. (1980). Estimation of root-knot nematodes infected levels on roots using a rating chart. Tropical Pest Mnagement.

Chauhan, e. (1988). Effects of Soil Solarization on Pigeonpea and Chickpea. En N. Y. Y.S., Andhra Pradesh (págs. 502-324). India: ICRISAT Patancheru.

Fernandez. (2007). Manejo de Fitonematodos en la agricultura cubana. Fitosanidad. En Fernandez. Cuba.

Fernandez, R., Trapero, A., & Domínguez, J. (2010). Experimentación en Agricultura. Sevilla: Junta de Andalucía.

Hernández M., C. A. (30 de Agosto de 2010.). La Solarización del Suelo en el Marco de la Conservación del Medio Ambiente. Lámpsakos(No. 4), 12-15. Recuperado el 19 de Enero de 2016, de http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/798/766

Ingenio Valdéz. (2015). Estación meterológica. Milagro: Ingenio Valdez.

Katan, J. (1981). Solar Heating (Solarization) of Soil for Control of Soilborne Pests. 19: 211-236.

Katan, J. (1987). Soil Solarization. En Innovative approaches to plant diseases control. New York: Wiley: FAO.

Katan, J. J. (1976). Solar Heating by Polyethylene Mulching for the Control of Doseases Caused by Soil-Borne Pathogens. En Katan, Phytopathology (págs. 66: 683-688).

Lopez, e. (2014). Biofumigacion y solarizacion del suelo en la produccion de sandia (Citrullus lanatus (Thunb)Matsum & Nakai. En .. G. J, European Scientific Journal (págs. 10 (3): 121-131). Europa.

Lugo, e. (2010). Efecto de la solarizacion y de Calotropis Procera en el control de Meloidogyne incognita en melon en el estado de Venezuela. En R. C. Z., Nematol. Medit (págs. 38: 121-127). Venezuela.

Peregrin, F. (2013). Uso de agentes de control y proteccion biologica frente a nematodos del genero Meloidogyne en cultivos protejidos bajo plasticos. En F. Peregrin, (Tesis de Doctorado). Granada: Universidad DE Granada, Facultad de Ciencias. Granada.

Stapleton, J. J. (2000). Soil Solarization in Various Agricultural Production Systems. Crop Protection. Crop Protection, 19: 837-841.

Triviño. (2013). Guia para reconocer daño en raices y matodos de muestreo y extraccion de nematodos en raices y suelo. Yaguachi Ecuador: MAGAP.