

Respuesta de la sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) a las técnicas de biofumigación y solarización del suelo

Jesús López-Elías¹

Francisco José Rivas Santoyo

José Cosme Guerrero Ruiz

Marco Antonio Huez López

José Jesús Ruiz Mendoza

RESUMEN

El sector agrícola en México aumentó considerablemente su superficie debido al incremento en la demanda de alimentos por los Estados Unidos de Norteamérica; de ahí la importancia de validar diferentes técnicas de manejo de cultivos, buscando incrementar la producción hortícola. La implementación de técnicas como la biofumigación y la solarización del suelo, constituyen una alternativa en la explotación hortícola. El presente trabajo se realizó en el campo experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora de julio a diciembre de 2006. Se evaluó el efecto de la solarización del suelo y la biofumigación (incorporación de brócoli como materia orgánica) más solarización, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai). En cuanto al rendimiento total del cultivo y el peso del fruto, se observó un incremento con el uso de la combinación de ambas técnicas (biofumigación más solarización). En cuanto a la concentración de

sólidos solubles y la firmeza del fruto, ambas técnicas no influyeron en la calidad del fruto. En lo referente al muestreo de fitopatógenos del suelo, el uso de la solarización, al igual que su interacción con la biofumigación, redujo considerablemente la presencia de *Fusarium*. En cuanto a la evaluación de las malezas, la implementación de la solarización del suelo controló eficazmente la presencia de las mismas.

Palabras clave: Biofumigación, solarización, *Fusarium*, maleza, sandía.

ABSTRACT

The agricultural sector in México increased significantly its surface cultivated due to the increment in the demand of food by the United States of North America; from there the importance to validate different techniques of crop management, looking for increase the vegetable production. The implementation of techniques such as biofumigation and soil solarization, constitute an alternative

¹ Profesor-Investigador de Tiempo Completo, Titular C, del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Doctorado en Agricultura Intensiva en Zonas Semiáridas por la Universidad de Almería, España. Departamento de Producción Vegetal. lopez_eliasj@guayacan.uson.mx

for vegetable production. This study was carried out in the experimental field of the Sonora University from July to December 2006. Soil solarization and biofumigation (incorporation of broccoli as organic matter) plus solarization effects on watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) was evaluated. The combination of biofumigation and solarization increased the total yield and fruit weight of watermelon production. However, the total solid soluble and the fruit firmness were not affected by this combination, not influencing the fruit quality. About the soil pathogens, soil solarization as well as its interaction with biofumigation significantly reduced the *Fusarium* population. The weed presence was efficiently controlled by soil solarization.

Key words: Biofumigation, solarization, *Fusarium*, weed, watermelon.

INTRODUCCIÓN

En México se siembran alrededor de 44,260 ha de sandía con rendimientos de 22.5 ton ha⁻¹ como media de producción. En el estado de Sonora se programa una superficie de siembra de alrededor de 5,500 ha pero por alguna u otra razón no se siembran todas. En el ciclo 2006 solo se sembraron 4,280 ha con rendimientos como media de 40 ton ha⁻¹. Con respecto a la Costa de Hermosillo, en el ciclo 2006 y 2007 se sembraron un promedio de 950 ha en siembra de verano (SIACON, 2007). Los problemas fitopatológicos en el cultivo de sandía se consideran como un factor decisivo en la producción de sandía. De ahí la necesidad de establecer programas de fungicidas tanto preventivos como curativos, puesto que un problema grave reduce la calidad y la producción a niveles que

pueden alcanzar el 100%, lo que se traduce en fuertes pérdidas económicas. El control de las enfermedades en cucurbitáceas como en cualquier otro cultivo debe de ser preferentemente preventivo (León, 1998). Asimismo, las malezas tienen un rol muy importante, lo cual determina diferentes opciones de control. Estas pueden causar reducción en el rendimiento y la calidad, particularmente cuando los cultivos no son sembrados en la fecha óptima. Además, las malezas son un sitio ideal como hospederas de plagas y enfermedades fitopatogénicas (Ramírez, 1999).

La búsqueda de técnicas que controlen a nemátodos y hongos del suelo, sin hacer uso de principios activos nocivos para el ser humano y el medio ambiente, es el centro de atención de los investigadores en todo el mundo. Al respecto, una de estas técnicas lo constituye la solarización del suelo (Mitidieri y col., 2004).

La solarización consiste en cubrir el suelo húmedo con plástico transparente delgado durante el verano. La radiación solar pasa a través del plástico y se acumula en el suelo, induciendo cambios físicos, químicos y biológicos en el mismo. El tratamiento dura más de cuatro semanas, tiempo necesario para ejercer un control en las capas profundas del suelo. Un manejo satisfactorio depende de la duración del tratamiento, la intensidad de la radiación solar y de la conductividad térmica del suelo (Adams, 1997).

Además de la solarización del suelo, otra de las técnicas evaluadas para el control de fitopatógenos del suelo, sin la intervención de productos nocivos al ser humano y el medio ambiente, lo constituye la biofumigación (Mitidieri y col., 2004).

La biofumigación se define como la corrección del suelo con materia orgánica, la cual libera gases que eliminan y controlan plagas presentes en el suelo. Es una técnica que estimula la actividad microbiana en el suelo incrementando las poblaciones de nemátodos que se alimentan de bacterias o virus, al igual que nemátodos predadores. Puede ser usada en combinación con cubiertas plásticas u otras coberturas del suelo que retengan el calor de la energía solar y aumenten la temperatura del suelo; además de retener los gases generados durante el proceso (Bello y col., 1999).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las técnicas de biofumigación y solarización del suelo en la producción de sandía, buscando mejorar la respuesta de la planta y como consecuencia obtener un mayor rendimiento a cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Campo Agrícola Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, en el ciclo Verano-Otoño de 2006.

Se utilizó la variedad de sandía RWM 8169 (diploide). El transplante se realizó con plántulas

de 7 cm de altura y 3 hojas verdaderas el 15 de agosto de 2006. La densidad de población fue de 5000 plantas ha⁻¹, colocando las plantas a un metro de separación y distancia entre hileras de dos metros. El suelo del sitio experimental es de textura franco arenosa.

Las variables a evaluar fueron rendimiento (kilogramos y número de frutos por corte), peso del fruto y la calidad del fruto. Como parámetros de calidad se cuantificó la concentración de sólidos solubles, utilizando para ello un refractómetro marca Atago, modelo N1; al igual que la firmeza del fruto en kg cm⁻², utilizando un penetrómetro marca Effegi, modelo FT 327.

El manejo del cultivo fue de acuerdo a las prácticas habituales del productor de la región, llevándose a cabo aplicaciones preventivas y de control químico de insectos y enfermedades.

Los tratamientos evaluados fueron: Suelo desnudo como testigo (T1), Suelo solarizado (T2) y Suelo con biofumigación más solarización (T3).

El material usado para la solarización fue un plástico transparente, con espesor de 100 galgas (25 micras) y un ancho de 1.20 m. Después de formadas las camas, sobre el terreno bien mullido se colocó la película plástica el 1 de julio de 2006 cubriendo las camas de los tratamientos de solarización donde posteriormente se establecería el cultivo.

La colocación del plástico se realizó en forma manual, permaneciendo la película plástica en el terreno durante un período de 45 días.

En el caso de la biofumigación, previo a la solarización del terreno se incorporó rastrojo de brócoli

(*Brassica oleracea* var. *italica*) como materia orgánica, 10 kg m⁻², producto de una siembra previa en el mismo terreno, utilizando para ello dos pasos de rastra cruzados. Posteriormente se colocó el plástico transparente para la solarización del suelo.

El diseño estadístico fue completamente al azar, con tres tratamientos y seis repeticiones, con 12 plantas cada una. El área experimental fue de 1,200 m², dentro del cual se establecieron 18 unidades experimentales de 20 m² (10 m de largo por 2 m de ancho).

Las variables a evaluar fueron rendimiento (kilogramos y número de frutos por corte), peso del fruto y la calidad del fruto. Como parámetros de calidad se cuantificó la concentración de sólidos solubles, utilizando para ello un refractómetro marca Atago, modelo N1; al igual que la firmeza del fruto en kg cm⁻², utilizando un penetrómetro marca Effegi, modelo FT 327. Asimismo, se evaluó la presencia de *Fusarium* (propágulos de *F. solani* y *F. oxysporum* por gramo de suelo) y malezas presentes. Esta última evaluada sobre una superficie de un metro cuadrado por unidad experimental.

Para el análisis de los datos obtenidos en el experimento se utilizó el paquete estadístico SAS 6.12 (SAS Institute Inc., 1996). Se realizó el análisis de varianza de los datos, obteniéndose también la prueba de rango múltiple de Duncan con nivel de probabilidad del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la tabla I, el rendimiento del cultivo varió según el tratamiento, presentando la

técnica de biofumigación más solarización del suelo un incremento en rendimiento de 16.2 t ha⁻¹ con respecto al tratamiento de solarización, quedando por abajo el testigo con una diferencia de 25.8 t ha⁻¹ con respecto al tratamiento de biofumigación más solarización y de 9.6 t ha⁻¹ con respecto a la solarización. Resultados similares fueron los obtenidos por Guerrero y col. (2003), al igual que Mitidieri y col. (2004), quienes evaluando la técnica de biofumigación y solarización encontraron que en cucurbitáceas, al igual que en otras especies, existe una influencia notable en el rendimiento por hectárea.

Tabla I. Rendimiento estimado (t ha⁻¹) y peso del fruto (kg) en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) bajo la técnica de solarización y biofumigación más solarización. (T1: Testigo; T2: Solarización y T3: Biofumigación más solarización).

Tratamiento	Rendimiento	Peso del fruto
T1	54.3 c	8.4 c
T2	63.9 b	9.9 b
T3	80.1 a	12.4 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

En la tabla I se muestran también los resultados obtenidos con respecto al peso del fruto, en donde se observa que el tratamiento de biofumigación más solarización del suelo tuvo un incremento promedio en el peso de fruto de 2.5 kg con respecto al tratamiento de solarización y de 4.0 kg con respecto al testigo. Resultados los cuales coinciden con aquellos obtenidos por Tierney (1998),

quien menciona que este método resulta efectivo en el cultivo de sandía, obteniéndose frutos de buen tamaño y calidad.

Para la concentración de sólidos solubles, como se observa en la tabla II, en los tratamientos de solarización y biofumigación más solarización, la diferencia fue mínima comparada con el testigo. En la técnica de biofumigación más solarización se obtuvo una concentración promedio de sólidos solubles de 9.97%, seguido por el tratamiento de solarización con un 9.95% y por último el testigo con 9.84%; no observándose diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados obtenidos coinciden con Miranda (2000), quien hace mención que la incorporación de brásicas y una nutrición adecuada favorecen un incremento en la concentración de azúcares en melón y sandía.

Tabla II. Concentración de sólidos solubles (%) y firmeza del fruto (kg cm^{-2}) en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) bajo la técnica de solarización y biofumigación más solarización. (T1: Testigo; T2: Solarización y T3: Biofumigación más solarización).

Tratamiento	CSS	Firmeza
T1	9.84 a	2.2 a
T2	9.95 a	2.3 a
T3	9.97 a	2.7 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

Para la variable firmeza del fruto (tabla II) esta resultó mayor en el tratamiento de biofumigación más solarización del suelo con un valor de 2.7 kg

cm^{-2} , seguido por el tratamiento de solarización con un valor promedio de 2.3 kg cm^{-2} y por último el testigo con 2.2 kg cm^{-2} ; sin embargo, el análisis estadístico no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Al respecto, Dickson (2000) menciona que la primera impresión al evaluar un fruto es el que tenga buen peso, excelente firmeza y buen sabor; lo cual se logra con un adecuado manejo integrado del cultivo. Tal es el caso del uso de la biofumigación y la solarización, complementado con una nutrición adecuada.

En lo referente al análisis de *Fusarium* (tabla III), evaluando el efecto de la biofumigación más solarización y la solarización del suelo sobre la población de *F. solani* y *F. oxysporum*, se observó una mayor respuesta en los tratamientos de biofumigación más solarización y solarización. En el tratamiento de solarización se obtuvo un total de 0.45 propágulos, seguido por el tratamiento de biofumigación más solarización con 0.65 propágulos y por último el testigo que presentó la mayor cantidad de propágulos con 2.17. En el análisis estadístico realizado no se observaron diferencias significativas entre la biofumigación más solarización y la solarización; aunque sí con respecto al testigo. La disminución observada en la presencia de *Fusarium* coincide con Arora y Pandey (1989), quienes mencionan que la solarización reduce significativamente la presencia de dicho patógeno en el suelo.

La técnica de solarización resultó eficaz para el control de malezas (tabla III). Al analizar la presencia de malezas se obtuvo un total de 45.5 plantas de malezas en el testigo; mientras que en el tratamiento de biofumigación más solarización se

obtuvieron 7.7 malezas, seguido por el tratamiento de solarización con 2.2 malezas. En cuanto a la densidad de malezas (tabla III), el mejor tratamiento fue el de solarización del suelo con un 11.5%, seguido por la biofumigación más solarización con 28.1%, mientras que el testigo con un 81.8% fue el que presentó la mayor densidad de malezas. El análisis estadístico mostró que no existen diferencias significativas entre la biofumigación más solarización y la solarización; aunque sí con respecto al testigo. Los resultados obtenidos coinciden con los estudios realizados por diversos autores (Ashley, 1990; Tello, 1998; Baptista y col., 2006), quienes mencionan que la solarización del suelo reduce considerablemente la presencia de malezas.

Tabla III. Propágulos de *Fusarium* por gramo de suelo, número de malezas presentes por metro cuadrado y densidad de malezas (%) en sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) bajo la técnica de solarización y biofumigación más solarización. (T1: Testigo; T2: Solarización y T3: Biofumigación más solarización).

Tratamiento	<i>Fusarium</i>	Malezas	
		Número	Densidad
T1	2.17 a	45.50 a	81.8 a
T2	0.45 b	2.25 b	11.5 b
T3	0.65 b	7.75 b	28.1 b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P=0.05$).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir que el peso del

fruto, al igual que el rendimiento del cultivo de sandía, incrementan con la solarización del suelo, cuya respuesta mejora con la biofumigación mediante la incorporación de brócoli como materia orgánica.

En lo referente a la calidad de la producción, la solarización del suelo, al igual que su interacción con la biofumigación mediante la incorporación de brócoli, no influye sobre dicho parámetro.

El uso de la solarización, al igual que su interacción con la biofumigación mediante la incorporación de brócoli, reduce considerablemente la presencia de *Fusarium*.

La implementación de la técnica de solarización del suelo, al igual que su interacción con la biofumigación, permite un control eficiente sobre la presencia de malezas en el terreno.

REFERENCIAS

- Adams, S. 1997. Seeing red: colored mulch starves nematodes. Agricultural Research. October. Florida Pradesh.
- Arora, D.K. y Pandey, A.K. 1989. Effects of solarization of *Fusarium* wilt of chickpea. Journal of Phytopathology 124:13-22.
- Ashley, R.A. 1990. Solarization as weed control alternative for Connecticut. Proc. Northeastern weed Science Society pp. 23.
- Baptista, M.J., Souza, R.B., Pereira, W., Lopes, C.A. y Carrijo, O.A. 2006. Efeito da solarização e biofumigação na incidência da murcha bacteriana em tomateiro no campo. Horticultura Brasileira 24:161-165.

- Bello, A., Escuer, M. y Arias, M. 1999. Nematological problem, production system and Mediterranean environments. Madrid, España.
- Dickson, R. 2000. Biofumigation and Solarization using brassica species to control pest and disease in horticulture and agriculture research assembly on brassicas Florida Pradesh. pp.87-92.
- Guerrero, M.M., Lacasa, A., Ros, C., Martínez, M.A., Guirao, P., Barceló, N., Martínez, M.C., Bello, A., Fernández, P. y Quinto, V. 2003. Eficacia de la biofumigación con solarización reiterada en los suelos de invernaderos para cultivo ecológico de pimiento. *Actas de Horticultura* 39:33-35.
- León, G. 1998. Enfermedades de los cultivos en el estado de Sinaloa. 2da edición. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Culiacán, Sinaloa, México.
- Martínez, J. 2004. Los colonos de la costa de Hermosillo, desarrollo y perspectiva. UACH. México.
- Miranda, L. 2000. Nutrición e incorporación de brásicas. Area de Influencia del Campo Experimental del Valle del Yaqui. CEMAY, CIRNO. México. pp.16-18.
- Mitidieri, M.S., Brambilla, M.V., Polack, A.L., Del Pardo, K.C., Constantino, A., Chaves, E., Curá, A.J., Ribaudó, C.M., Sarti, G.C., Maldonado, L. y Amma, A.T. 2004. Aumentos en el rendimiento como consecuencia de la aplicación de solarización y biofumigación en cultivo de tomate bajo cubierta. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.
- Ramírez, A. 1999. Virus en cucurbitáceas cultivadas en el Valle del Mayo. Folleto técnico número 4. INIFAP, CEMAY. México.
- SAS Institute Inc. 1996. The SAS System for Windows Release 6.12. Cary, N. C. USA.
- SIACON, 2007. Anuario estadístico de la producción agrícola. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SAGARPA, México.
- Tello, A. 1998. Biofumigation and Solarization and organic amendrient, regional workshop on methyl bromide alternative for north Africa and southern European countries. United Nations Environment Program (UNEP). France 28(9):397-399.
- Tierney, R. 1998. Biofumigation potential of brassicas. Variation in glucosinolate profiles of diverse field grown brassicas. *Plant Soil Florida* 18:71-89.