

Utilización de acolchado plástico y aplicación de hierro foliar en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado en malla sombra infectado con virus

The use of plastic mulch and foliar application of iron on habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) growing on shade net infected with virus

Ariana Isabel Torres-Bojorques*, Antonio Morales-Maza**, Fidel Núñez-Ramírez*^o, Lourdes Cervantes-Díaz*

RESUMEN

La infección del cultivo chile habanero por efecto de los virus es uno de los principales limitantes en su sistema de producción. El objetivo de esta investigación fue evaluar la reducción de sintomatología visual viral (clorosis) el crecimiento y el rendimiento, por la aplicación de hierro foliar y acolchado plástico en chile habanero. Se utilizaron dos concentraciones de hierro foliar, dos variedades una infectada y otra no infectada con virus, y cuatro colores de acolchado plástico. Los resultados mostraron que el acolchado plástico modificó significativamente el índice *soil plant analysis development* (SPAD) al inicio y al final del estudio. La aplicación de hierro foliar afectó negativamente la concentración de nitratos. El crecimiento resultó modificado por el acolchado plástico y por la variedad de chile habanero utilizada. El efecto de la variedad con virus no condicionó el rendimiento del cultivo. Se concluyó que utilizar acolchado plástico plateado con la variedad Sun Valley incrementa el rendimiento debido al aumento en número frutos.

ABSTRACT

One of the main constraints in the production of habanero chili pepper is the infection by virus. The objective of this research was to evaluate the reduction of viral visual symptoms (chlorosis), growth and fruit yield, by effect of foliar application of iron and plastic mulch in habanero chili pepper. Two rates of foliar iron, two varieties of habanero chili pepper (infected and not infected with virus) and four colors of plastic mulch were evaluated. Results showed that plastic mulching significantly modifies the SPAD index at the beginning and end of the study. Foliar application of iron adversely affects the concentration of nitrates. Growth was modified by the use of plastic mulch and the variety of habanero chili pepper. The presence of virus on habanero variety no conditioned the crop yield. In conclusion, the use of silver plastic mulch with Sun Valley variety increases the yield due to the set up the fruit number.

Recibido: 21 de abril del 2016
Aceptado: 1 de septiembre del 2017

Palabras clave:

Plasticultura; enfermedad; rendimiento; nitratos; clorofila.

Keywords:

Plasticulture; disease; yield; nitrates; chlorophyll.

Cómo citar:

Torres-Bojorques, A. I., Morales-Maza, A., Núñez-Ramírez, F., & Cervantes-Díaz, L. (2017). Utilización de acolchado plástico y aplicación de hierro foliar en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado en malla sombra infectado con virus. *Acta Universitaria*, 27(5), 3-10. doi: 10.15174/au.2017.1333

INTRODUCCIÓN

La producción y exportación de hortalizas es una de las principales actividades económicas en Baja California, México. Recientemente se han realizado esfuerzos por parte del gobierno del estado para la diversificación de los cultivos producidos, lo que ha derivado en la introducción de distintas especies de hortalizas a las cultivadas tradicionalmente, siendo el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo malla-sombra una alternativa de opción económicamente rentable (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SIAP-Sagarpa], 2014).

*Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California. Laboratorio de Fitopatología. Carretera Blvd. Delta s/n. Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali. C. P. 21705. Mexicali, Baja California. México. Correo electrónico: fidel.nunez@uabc.edu.mx.

** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Mexicali. Carretera a San Felipe Km. 7.5, Col. Colorado II. C.P. 21700. Mexicali, Baja California

^o Autor de correspondencia.

Actualmente, se han detectado enfermedades de tipo viral las cuales infectan los cultivos hortícolas producidos en la península de Baja California (Holguín-Peña, Vázquez-Juárez & Rivera-Bustamante, 2004). Los virus, por su carácter infectivo, representan una de las amenazas de mayor importancia a los cultivos, produciendo pérdidas en los rendimientos de hasta el 100% (Pérez *et al.*, 2004; Valdez *et al.*, 2004). En solanáceas, por ejemplo, los más comunes son los del tipo tospovirus, los cuales engloban a virus bronceado del tomate (TSWV, por sus siglas en inglés), virus de la mancha de cacahuete (GRSV, por sus siglas en inglés), virus de la mancha clorótica del tomate (TCSV, por sus siglas en inglés), el virus de la mancha plateada de la sandía (WSMV, por sus siglas en inglés), entre otros (Roggero, 2002). Más recientemente, con tecnologías como el multi-PCR, se ha identificado nuevos tipos de virus en chiles como el caso del virus del iris (IYSV, por sus siglas en inglés), virus de la mancha necrótica (INSV, por sus siglas en inglés), virus del tallo necrótico (CSNV; Kuwabara, Yokoi, Ohki & Tsuda, 2010).

En la producción de cultivos bajo malla sombra la protección y el control de plagas puede realizarse de manera eficaz, dependiendo del calibre (relación entre el área abierta y el área total) y color de la malla (Ben-Yakir, Antginus, Offir & Shahak, 2012). Algunas de las plagas excluidas con la utilización de mallas son: mosca blanca (*Bemisia tabaci*), trips (*Frankliniella occidentalis*) y pulgones (*Myzus persicae*). Adicionalmente se restringe el ciclo epidemiológico de enfermedades virales debido a la transmisión de los mismos insectos (Bell & Barker, 2000; Hanafi, 2005; Yehezkel, 2000).

Por otra parte, la utilización de acolchados plásticos en la agricultura protegida es un elemento auxiliar en el manejo integrado de plagas, debido a que interfieren con la visibilidad de los insectos y dependiendo del color, atraen o repelen a las plagas. Se ha identificado que los acolchados amarillos, plateados, blancos y transparentes son efectivos para reducir poblaciones de mosca blanca (Csizinszky, Schuster & Kring, 1995; Hilje, Costab & Stansly, 2001; Kummar & Poehling, 2006; Orozco-Santos, Pérez-Zamora & López-Arriaga, 1995). También los acolchados proveen beneficios al desarrollo radicular de la planta al modificar la temperatura y humedad del suelo acelerando el crecimiento, desarrollo y rendimiento, por lo que se consideran una opción para mejorar la producción de cultivos (Gil-Marín, Montaña-Mata & Plaza, 2012; Inzunza *et al.*, 2007). Al modificar el ambiente en la zona radicular de la planta, es posible incrementar la eficiencia del uso del agua y, por lo tanto, la humedad relativa, haciendo posible reducir la aparición de enfermedades fúngicas y de tipo bacterianas (Lamont, 2005). Además,

los acolchados crean el efecto de solarización, lo cual reduce la cantidad de inóculo de enfermedades disponible en el suelo (Pinkerton, Ivors, Miller & Moore, 2000; Stapleton & DeVay, 1986).

Otro beneficio de los acolchados es que al disminuir o repeler las poblaciones de insectos plaga vectores de virus, se reduce la incidencia de dichas enfermedades (Csizinszky *et al.*, 1995; Hilje *et al.*, 2001). Greenough, Black & Bond (1990) encontraron que los acolchados plásticos en cultivos de solanáceas redujeron el número de trips presentes en el cultivo y la incidencia de TSWV en comparación al suelo sin acolchar. Así mismo, se ha documentado que los acolchados plásticos retardan la infección con virus transmitidos por áfidos en calabaza zucchini y que además, mejoran los rendimientos obtenidos que plantas sin acolchar (Summers, Stapleton, Newton, Duncan & Hart, 1995).

Existen estudios que indican que la nutrición de las plantas juega un papel fundamental ante la expresión de síntomas producidos por la infección de virus. Lo anterior se debe a que los virus son parásitos obligados y los excesos o deficiencias de nutrientes reducen el crecimiento vegetativo afectando la concentración viral en los tejidos. Lo anterior podría justificarse debido a que el principal mecanismo asociado a pérdidas del rendimiento de las plantas por los virus, es el ataque a los sistemas fotosintéticos (Balachandran *et al.*, 1997). La infección viral provoca clorosis por la disminución de la síntesis de clorofila o la degradación de la misma, en este sentido, la clorosis representa un indicador de estrés biótico en la planta (Hendry & Price, 1993).

La clorosis presentada por las hojas en los cultivos es ocasionada por diversos factores, entre los que destaca la falta de funcionalidad del hierro en el tejido celular. Este mineral se encuentra confinado en los cloroplastos donde el proceso fotosintético toma lugar (Briat, Duc, Ravet & Gaymard, 2010). También el hierro está ligado directamente al citocromo y algunas proteínas fundamentales para la fotosíntesis (filoquinina y ferredoxina) y toma parte directa en el transporte de electrones en el proceso fotosintético (Manrique-Reol, 2003; Zavala *et al.*, 2011).

Estudios realizados en tomate infectado con virus indicaron que el hierro parece ser un factor limitante para la multiplicación de ciertos virus (Nandi & Raychaudhuri, 1966). Recientemente, Lozada-Cervantes, Tun, Pérez & Cristóbal (2005) encontraron que aplicaciones de hierro en forma foliar lograron disminuir síntomas típicos de clorosis en plantas de chile habanero

infectadas con TSWV. Por lo expuesto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de hierro foliar y la utilización de cuatro colores de acolchados plásticos sobre el comportamiento de chile habanero infectado con virus producido en malla sombra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó bajo condiciones de malla sombra sobre una superficie de 400 m² ubicada en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Mexicali, Baja California, México (32°32'29.71" N, 115°24'51.71" O), durante los meses de marzo a julio de 2014. En este periodo las temperaturas dentro de la malla sombra fluctuaron entre los 26 °C y 46 °C. Se cultivaron dos variedades de chile habanero: Sun Valley y Magnum, ambas de tipo naranja. Las semillas fueron sembradas en charolas en diciembre de 2013 y fueron trasplantadas dentro de la malla sombra el 28 de marzo de 2014. Al contar con seis hojas verdaderas, las plantas fueron sometidas a la prueba inmunológica *Double antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assays* (ELISA-DAS) (Clark & Adams, 1977) para corroborar la infección con virus. Solo la variedad Magnum resultó positiva a la presencia del IYSV y del TSWV. Se instaló un sistema de riego por goteo por cintilla mediante el cual se aplicó la fertilización, utilizando una solución nutritiva propuesta por Morales-Maza, Ávila-Casillas, Hernández-Vázquez, Payan-Ochoa & Alvarado-Padilla (2011).

El experimento consistió en formar cuatro camas de 24 m de largo, dividida en parcelas de 6 m, sub-parcelas de 3 m y sub-sub-parcelas de 1.5 m de largo. La parcela principal consistió en tres colores de acolchado plástico (plata, blanco y negro) y un testigo sin acolchar. La sub-parcela estuvo compuesta por las dos variedades de chile habanero. La sub-sub-parcela consistió en la aplicación de hierro en forma foliar. Las camas estuvieron distanciadas a 1.60 m y con plántulas trasplantadas a doble hilera con separación de 40 cm y un espacio entre hileras de 20 cm.

En los tratamientos con hierro las aspersiones se realizaron a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante (DDT) a dosis de 0 µg L⁻¹ y 5 µg L⁻¹ de hierro. Se cuantificó el contenido relativo de clorofila en hojas maduras recientemente expandidas empleando la herramienta *soil plant analysis development* (SPAD) (Minolta® SPAD 502), la cual identifica la cantidad relativa de clorofila en la medición de la absorbancia de la hoja en dos longitudes de onda (650 nm y 940 nm). Las hojas en las que se cuantificó el índice SPAD, se

cosecharon y se les separó el peciolo de la lámina foliar. Mediante una prensa manual de ajos se le extrajo el líquido celular (ECH) para determinar el contenido de nitratos. La cuantificación se realizó mediante un medidor de iones portátil (Cardy Nitrate Meter-HORIBA, Inc). El índice SPAD y contenido de nitratos se midieron cada quince días justo antes cada aplicación de hierro.

A los 45 y 90 días después del trasplante (DDT), se midió la altura y el diámetro de tallo de las plantas. Al llegar las plantas a cosecha se realizaron dos cortes y se cuantificó el rendimiento en peso fresco expresado en gramos y el número de frutos por m². El diseño experimental empleado fue completamente al azar con un arreglo factorial A×B×C. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el programa estadístico MINITAB 14.0. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

Índice SPAD

El índice SPAD resultó afectado por el tratamiento acolchado plástico solamente a los 30 y 75 días después del trasplante, sin embargo, no se encontró efecto por las aplicaciones de hierro ni por la variedad utilizada, tampoco hubo significancia en la interacción entre los tratamientos (tabla 1).

A los 30 DDT se obtuvo un mayor índice SPAD en plantas cultivadas con el tratamiento de acolchado plástico plata (56.3 unidades SPAD) seguido por el plástico negro y blanco (54.9 y 52.0 unidades SPAD, respectivamente) y el menor índice SPAD se presentó con el testigo sin acolchar, con 51.6 unidades SPAD (tabla 2). A los 75 DDT, el comportamiento fue similar, los mayores índices se encontraron en los tratamientos con acolchados, obteniendo el mayor índice el acolchado plata con 57.1 unidades SPAD, mientras que el menor índice SPAD lo presentó el testigo sin acolchar, con 51.1 unidades SPAD.

Nitratos en ECH

Los tratamientos de acolchado plástico no afectaron el contenido de nitratos en ECH en ninguna de las fechas evaluadas (tabla 1). Tampoco se identificó diferencia significativa en el contenido de nitratos en ECH entre las variedades durante los primeros tres muestreos, solo hasta los 75 DDT. Por su parte, la aplicación de hierro foliar afectó los contenidos de nitratos durante las cuatro fechas evaluadas.

Tabla 1. Índice SPAD y concentración de nitratos en ECH en el cultivo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.

	SPAD				NO3 (mg L ⁻¹)				
	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT	
Acolchado (A)	Sin acolchar	51.60 b	52.80	52.36	51.10 b	3037	2508	2787	2707
	Blanco	52.02 b	51.08	53.52	53.26 ab	2835	2704	2979	2783
	Plateado	56.38 a	55.35	52.65	57.15 a	2731	2658	2808	2825
	Negro	54.95 ab	54.23	53.71	52.99 b	2850	3167	3029	2866
	Significancia	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
Variedad (V)	Magnum	52.65	54.18	52.53	54.15	2739	2809	2743	2654 b
	Sun Valley	54.82	52.55	53.59	53.10	2987	2709	3058	2937 a
	Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
Hierro (H)	Hierro foliar 0 µg L ⁻¹	54.82	53.23	53.92	54.58	3158 a	3246 a	3112 a	3258 a
	Hierro foliar 5 µg L ⁻¹	52.84	53.50	52.20	52.67	2568 b	2272 b	2689 b	2333 b
	Significancia	NS	NS	NS	NS	**	***	*	***
Interacciones	A × V	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	V × H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
	A × V × H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	C.V.	7.08	9.38	9.12	8.25	22.15	22.41	21.86	12.69

Medias con la misma letra dentro de columnas, son iguales. NS: no significativo; *, **, ***. Significancia a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, y $p \leq 0.001$ respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Diámetro del tallo y altura de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.

		Diámetro del tallo (mm)		Altura (cm)	
		45 DDT	90 DDT	45 DDT	90 DDT
Acolchado (A)	Sin acolchar	3.9 ab	11.4 ab	10.7 ab	61.1 a
	Blanco	3.7 b	10.6 b	10.3 b	58.0 c
	Plateado	4.2 a	12.1 a	11.3 a	61.1 a
	Negro	4.0 a	11.5 ab	10.8 ab	59.3 b
	Significancia	**	**	***	**
Variedad (V)	Magnum	3.7 b	11.4	10.4 b	58.6 b
	Sun Valley	4.3 a	11.4	11.2 a	61.1 a
	Significancia	***	NS	***	***
Hierro (H)	Hierro foliar 0 µg L ⁻¹	4.1 a	11.5	10.6	60.0
	Hierro foliar 5 µg L ⁻¹	3.8 b	11.4	11.0	59.8
	Significancia	**	NS	NS	*
Interacciones	A × V	**	NS	NS	*
	A × H	**	NS	NS	NS
	V × H	***	NS	NS	*
	A × V × H	*	NS	NS	NS
	C.V.	7.41	8.12	1.82	5.73

Medias con la misma letra dentro de columnas, son iguales. NS: no significativo; *, **, ***. Significancia a $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$, y $P \leq 0.001$ respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

A los 75 DDT la variedad Magnum presentó una concentración de nitratos en ECH de 2654 mg L⁻¹, mientras que Sun Valley alcanzó los 2937 mg L⁻¹. Por otra parte, las plantas que recibieron la aplicación de hierro foliar mantuvieron menores concentraciones de nitratos en ECH que las plantas que no recibieron dicha aplicación. Los valores obtenidos en plantas sin aplicación estuvieron entre el 70% y 86% por encima de las que recibieron aplicación de 5 µg L⁻¹ hierro foliar. Al evaluar la concentración de nitratos en ECH a los 75 DDT se identificó interacción entre las variables variedad × hierro. Así mismo los coeficientes de variabilidad detectada al realizar el análisis de varianza resultaron moderadamente altos (21.8% – 22.4%).

Diámetro de tallo y altura

Se encontró diferencia significativa entre los diámetros del tallo en referencia al acolchado plástico en ambas fechas de muestreo (45 DDT y 90 DDT). Sin embargo, la variedad y las aplicaciones de hierro foliar afectaron el comportamiento de esta variable únicamente a los 45 días después del trasplante (tabla 2). La altura, por su parte, resultó afectada en ambas

fechas por el acolchado plástico y la variedad. La aplicación de hierro solo la afectó a los 90 DDT.

A los 45 DDT, las plantas con acolchado blanco y sin acolchar obtuvieron el menor diámetro del tallo, mientras que el resto de los tratamientos estuvieron entre los 3.9 mm y 4.2 mm (tabla 2). A los 90 DDT, los tratamientos acolchado blanco, sin acolchar y negro mantuvieron el diámetro de tallo menor y el acolchado plateado fue superior. El efecto varietal, solo se marcó en el diámetro de tallo a los 45 DDT, siendo mayores los valores para Sun Valley con 4.3 mm y Magnum con solo 3.7 mm. Lo mismo sucedió con la variable hierro a los 45 DDT, encontrando los menores diámetros de tallo al realizar la aspersión foliar.

Por otra parte, los tratamiento de acolchado plástico que expresó mayor altura en planta en ambos muestreos fueron el plateado y sin acolchar, tamaño intermedio el color negro y el de menor altura fue el blanco; además la variedad con mayor altura fue Sun Valley en las dos fechas de medición. Por su parte, los tratamientos de hierro solo reflejaron en la altura de planta al final de experimento ya que la mayor expresión de esta variable se dio en los testigos sin aplicación, con 60.0 cm de altura (tabla 2).

Rendimiento de fruto

El acolchado plástico tuvo efecto en el rendimiento y número de los frutos, provocando que existiera diferencia significativa en ambos cortes, así como también en la cosecha total (tabla 3). Sin embargo, el peso individual de cada fruto no se vió afectado por el acolchado. Por su parte, la variedad tuvo efecto sobre el rendimiento y número de fruto únicamente en el segundo corte, reflejándose también en el rendimiento total, no así en el peso individual de fruto. No obstante, los tratamientos asperjados con hierro foliar no mostraron diferencia significativa con respecto a esta variable de producción.

Así pues, durante el primer corte, el acolchado que mostró menor peso y número de frutos fue el color negro mientras que en el segundo corte, la mayor expresión productiva se obtuvo con el acolchado blanco en peso, en tanto el número de fruto resultaron iguales el acolchado blanco y el tratamiento sin acolchar. En el rendimiento el acolchado negro fue el tratamiento que obtuvo el menor peso y menor número de frutos. Por su parte, el testigo sin acolchar y los acolchados blanco y plata tuvieron igual rendimiento y número de frutos (tabla 3).

Tabla 3.

Rendimiento y número de frutos en el cultivo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.

	Cosecha 1		Cosecha 2		Cosecha total			
	Rendimiento (g m ²)	†NF (m ²)	Rendimiento (g m ²)	NF (m ²)	Rendimiento (g m ²)	NF (m ²)	‡PF (g)	
Acolchado (A)	Sin acolchar	327.1 a	51.7 a	251.3 ab	42.6 a	578.4 a	94.3 a	6.1
	Blanco	317.1 a	45.9 ab	259.3 a	43.9 a	576.4 a	89.8 a	6.4
	Plateado	372.4 a	56.9 a	179.0 c	30.4 b	551.4 a	87.2 a	6.3
	Negro	209.4 b	31.0 b	191.9 bc	32.9 ab	401.3 b	64.0 b	6.3
	Significancia	**	**	*	*	**	***	NS
Variedad (V)	Magnum	282.3	44.2	171.2 b	29.1 b	453.5 b	73.4 b	6.2
	Sun Valley	330.7	48.5	269.6 a	45.8 a	600.3 a	94.3 a	6.4
	Significancia	NS	NS	**	**	***	***	NS
Hierro (H)	Hierro foliar 0 µg L ⁻¹	293.8	46.2	210.2	35.3	503.9	81.6	6.2
	Hierro foliar 5 µg L ⁻¹	319.3	46.5	230.6	39.6	549.9	86.1	6.4
	Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interacciones	A × V	**	*	*	*	***	***	NS
	A × H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	V × H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	A × V × H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	C.V.	30.71	31.47	27.06	28.44	21.7	20.48	9.95

Medias con la misma letra dentro de columnas, son iguales. NS: no significativo; *, **, ***. Significancia a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, y $p \leq 0.001$ respectivamente. †NF: Número de frutos. ‡PF: Peso del fruto.

Fuente: Elaboración propia.

La variedad resultó afectada en el rendimiento y número de frutos durante el segundo corte y, finalmente, el rendimiento y número de frutos totales. La variedad sobresaliente en esta variable fue Sun Valley. Para el caso del factor aplicación de hierro foliar no afectó ninguno de los parámetros de rendimiento evaluados.

DISCUSIÓN

Uno de los síntomas visuales presentados por las plantas infectadas por virus es la clorosis foliar. Durante el tiempo que duró este estudio, no se apreció un efecto claro sobre la clorosis de las hojas. Solo el color de acolchado plástico plateado mostró un efecto significativo al incrementar en la intensidad de color verde en hojas al inicio y al final del estudio, lo contrario a la clorosis. Los resultados anteriores son consistentes con los obtenidos por Díaz-Pérez (2010), quien encontró que plantas de chile bell acolchadas con plástico plateado incrementaron el crecimiento y desarrollo de las plantas en relación a plantas acolchadas con plástico blanco o negro. La justificación encontrada por dicho autor fue que la luz reflejada por el acolchado plástico se encuentra asociada con las propiedades ópticas de transmisión, absorción y reflexión de luz de onda corta y onda larga. Lo que de alguna manera modifica la producción de fotosintatos en la planta y por consecuencia la producción.

Por otro lado, en la aplicación de hierro entre las variedades de chile habanero, ambas mantuvieron la misma intensidad de color verde, descartando la posibilidad de expresión temprana en hojas de los virus IYSV y TSWV. Al parecer, la condición para la expresión de síntomas en este tipo de virus generalmente es la luminosidad, humedad y sobre todo el aumento en la temperatura del ambiente (Moury, Gebre, Marchoux, Daubéze & Palloix, 1998). Así mismo también tiene que ver el tipo de plantas, por ejemplo en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) es más notable la aparición de los síntomas de clorosis que en plantas de tomatillo (*Physalis ixocarpa*); Llamas-Llamas *et al.*, 1998).

Por su parte, las concentraciones de nitratos en ECH, no resultaron afectadas por el acolchado plástico utilizado. Sin embargo, al final del estudio, la variedad Sun Valley mostró mayores concentraciones de nitratos. Lo anterior se podría explicar por la capacidad de absorción o acumulación de compuestos en el tejido foliar por la presencia de virus en esta variedad (Torres-Bojórquez, Morales-Maza, Grijalva-Contreras, Cervantes-Díaz & Núñez-Ramírez, 2017), o la diferencia varietal que existe entre las plantas, siendo este último el tercer factor de importancia en la acumulación

de nitratos en plantas después de los factores ambientales y nutrimentales (Umar & Iqbal, 2006). Así mismo, el decremento de nitratos en ECH por la aplicación de hierro pudo haber sido el resultado del papel funcional que tiene este mineral al ser parte de la molécula de ferredoxina, la cual a su vez interviene en la reducción u oxidación de sustancias NADP⁺, compuestos oxigenados o nitrogenados (Srivastava *et al.*, 2013). Resultados similares fueron encontrados por Anchondo, Wall, Gutschick & Smith (2001) al nutrir plantas de chiles picosos con altas concentraciones de hierro en forma de EDDHA. Los altos coeficientes de variabilidad presentados en el tabla 1 por efecto de las interacciones, pudieron deberse a que durante la determinación de nitratos en ECH, los sensores identifican las concentraciones de nitratos en unidades en forma exponencial, esto es 10, 100, 1000. Lo anterior disminuye la relación entre el tamaño de la media y los valores obtenidos de cada repetición (Wong-González, 2010).

El vigor de la planta, expresado como diámetro del tallo y altura, fue resultado principal del acolchado plástico. Las plantas acolchadas con plástico color blanco, frecuentemente presentaron menor vigor que el resto de los tratamientos. Lo anterior no explicó relación alguna con el rendimiento obtenido por el cultivo tal como lo menciona Díaz-Pérez (2010) en su investigación. Estos resultados son contrarios a los encontrados por Ashrafuzzaman, Abdul-Halim, Razi-Ismael, Shahidullah & Alamgir-Hossain (2011), quienes señalan en su estudio que plantas de chile bell cultivadas con acolchado plástico alcanzaron mayor altura, número de ramas, hojas y diámetro del tallo que las plantas no acolchadas.

Es importante señalar que la mayoría de los estudios sobre la respuesta de los cultivos al acolchado plástico, referidos en la literatura, han sido realizados bajo condiciones de cielo abierto. Quedaría abierta la posibilidad de comparar la influencia del acolchado plástico sobre el crecimiento en plantas cultivadas bajo ambos ambientes de crecimiento (Khah, Kakava, Mavromatis, Chachalis & Goulas, 2006).

Al evaluar las variedades por separado, fue evidente que Sun Valley (plantas sin virus) presentó mayor altura que Magnum (plantas con virus), lo que a su vez en esta variedad favoreció el incremento en rendimiento y número de frutos, sobre todo durante la segunda cosecha y la cosecha total. Resultados similares han sido encontrados por Borges-Gómez *et al.* (2012), cuando estudiaron la influencia de la nutrición mineral en plantas de chile habanero, inoculadas y no inoculadas con begamovirus. Al respecto, en la producción de chile

bajo ambientes cálidos como los prevalecientes en la región de este estudio, es importante lograr un desarrollo temprano del cultivo antes de la cosecha de fruta con el fin de minimizar las pérdidas de rendimiento por efecto de aborto de flor o de frutos (Aloni, Peet, Pharr & Karni, 2001). Por otra parte, la interacción encontrada entre la variedad y el acolchado plástico en el rendimiento y número de frutos por corte podría haber sido provocada por el vigor de la variedad Sun Valley al presentar un mayor diámetro del tallo y una mayor altura que la variedad Magnum. Bajo las condiciones que se desarrolló este estudio es recomendable la producción de chile habanero con la variedad libre de virus Sun Valley y utilizando acolchado plástico plateado.

CONCLUSIONES

La aplicación de hierro foliar no mostró respuesta a la disminución de síntomas producidos por los virus debido a que las variedades evaluadas no presentaron la sintomatología típica de clorosis en las hojas.

Se observó que la aplicación de hierro foliar tuvo efecto en la disminución de nitratos en el extracto celular de hoja.

La respuesta en rendimiento fue efecto principal de la utilización del acolchado plástico plateado y de la variedad Sun Valley, esta última posiblemente por estar libre de virus y por presentar un mayor desarrollo en relación a la variedad Magnum.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece infinitamente al grupo de revisores de este documento por las recomendaciones realizada a este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- Anchondo, J. A., Wall, M. M., Gutschick, V. P., & Smith, D. W. (2001). Pigment accumulation and micronutrient concentration of Iron-deficient chili peppers in hydroponics. *Hortscience*, 36(7), 1206-1210.
- Aloni, B., Peet, M., Pharr, M., & Karni, L. (2011). The effect of high temperature and high atmospheric CO₂ on carbohydrate changes in bell pepper (*Capsicum annuum*) pollen in relation to its germination. *Physiologia Plantarum*, 112(4), 505-512. doi: 10.1034/j.1399-3054.2001.1120407.x
- Ashrafuzzaman, M., Abdul-Halim, M., Razi-Ismael, M., Shahidullah, S. M., & Alamgir-Hossain, M. (2011). Effect of plastic mulch on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(2), 321-330.
- Balachandran, S., Hurry, V. M., Kelley, S. E., Osmond, C. B., Robinson, S. A., Rohozinski, J., Seaton, G. G. R., & Sims, D. A. (1997). Concepts of plant biotic stress. Some insights into the stress physiology of virus-infected plants, from the perspective of photosynthesis. *Physiologia Plantarum*, 100(2), 203-213. doi: 10.1111/j.1399-3054.1997.tb04776.x
- Bell, M. L., & Baker, J. R. (2000). Comparison of greenhouse screening materials for excluding whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 93(3), 800-804. doi: 10.1603/0022-0493-93.3.800
- Ben-Yakir, D., Antginus, Y., Offir, Y., & Shahak, Y. (2012). Colored shading nets impede insect invasion and decrease the incidences of insect-transmitted viral diseases in vegetable crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 144(3), 249-257. doi: 10.1111/j.1570-7458.2012.01293.x
- Borges-Gómez, L. C., Chale, C. V., Canul, G. D., Tun, S. J., Reyes, O. V., Ruiz, S. E., & Urrestarazu, G. M. (2012). Influence of mineral nutrition on the tolerance to begomovirus on 'habanero' peppers plants (*Capsicum chinense* Jacq.). *Acta Horticulturae*, 947, 329-335.
- Briat, J. F., Duc, C., Ravet, K., & Gaymard, F. (2010). Ferritins and iron storage in plants. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1800(8), 806-814. doi: 10.1016/j.bbagen.2009.12.003
- Clark, M. F., & Adams, A. N. (1977). Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology*, 34(3), 475-483
- Csizinszky, A. A., Schuster, D. J., & Kring, J. B. (1995). Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120(5), 778-784
- Díaz-Pérez, J. C. (2010). Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) grown on plastic film mulches: effects on crop microenvironment, physiological attributes, and fruit yield. *Hortscience*, 45(8), 1196-1204.
- Gil-Marín, J. A., Montaña-Mata, N. J., & Plaza, R. (2012). Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la productividad de dos cultivares de ají dulce. *Bioagro*, 24(12), 143-148.
- Greenough, D. R., Black, L. L., & Bond, W. P. (1990). Aluminum-surfaced mulch: an approach to control of tomato spotted wilt virus in solanaceous crops. *Plant Disease Journal*, 74(10), 805-808
- Hanafi, A. (2005). Invasive pests and diseases: a challenge to IPM in greenhouse crops. *Phytoparasitica*, 33(5), 423-426. doi: 10.1007/BF02981390
- Hendry, G. A. F., & Price, A. H. (1993). Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. En: Hendry G. A. F., & Grime, J. P. (Eds.). *Methods in Comparative Plant Ecology*, pp.148-152. London: Chapman & Hall.
- Hilje, L., Costab, H. S., & Stansly, P. H. (2001). Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. *Crop Protection*, 20(9), 801-812. doi: 10.1016/S0261-2194(01)00112-0
- Holguín-Peña, R. J., Vázquez-Juárez, R., & Rivera-Bustamante, R. F. (2004). Pepper golden mosaic virus affecting tomatoes crops in the Baja California Peninsula, México. *Plant Disease Journal*, 88(2), 221. doi: 10.1094/PDIS.2004.88.2.221A
- Inzunza, M., Mendoza, S., Catalán, E., Villa, M., Sánchez, I., & López, A. (2007). Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Fitotecnia Mexicana*, 30(4), 429-436.

- Khah, E. M., Kakava, E., Mavromatis, A., Chachalis, D., & Goulas, C. (2006). Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. *Journal of Applied Horticulture*, 8(1), 3-7.
- Kumar, P., & Poehling, M. (2006). UV-blocking plastic films and nets influence vectors and virus transmission on greenhouse tomatoes in the humid tropics. *Environmental Entomology*, 35(4), 1069-1082. doi: 10.1603/0046-225X-35.4.1069
- Kuwabara, K., Yokoi, N., Ohki, T., & Tsuda, S. (2010). Improved multiplex reverse transcription-polymerase chain reaction to detect and identify five tospovirus species simultaneously. *Journal of general plant pathology*, 76(4), 273-277.
- Lamont, W. L. (2005). Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *HortTechnology*, 15(3), 477-481.
- Llamas-Llamas, M. E., Zavaleta-Mejía, E., González-Hernández, V. A., Cervantes-Díaz, L., Santizo-Rincon, J. A., & Ochoa-Martínez, D. L. (1998). Effect of temperature on symptom expression and accumulation of tomato spotted wilt virus in different host species. *Plant Pathology*, 47(3), 341-347. doi: j.1365-3059.1998.00249.x
- Lozada-Cervantes, D. M., Tun, J. M. S., Pérez, A. G., & Cristóbal, J. A. (mayo, 2005). Acolchado negro y niveles de hierro para reducir la severidad de Geminivirus en chile habanero. En: *Memorias de I Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico*. Boca del Río, Veracruz, México.
- Manrique-Reol, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Ecosistemas*, 12(1), 1-11.
- Morales-Maza, A., Ávila-Casillas, A., Hernández-Vázquez, B., Payan-Ochoa, P., & Alvarado-Padilla, J. I. (2011). *Producción intensiva de tomate en camas de arena en el Valle de Mexicali B.C.* Sagarpa-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigaciones de la Región Norte, Campo Experimental Valle de Mexicali. Mexicali, México. Desplegable para productores No. 35.
- Moury, B., Gebre, K. S., Marchoux, G., Daubéze, A., & Palloix, A. (1998). High temperature effects on hypersensitive resistance to Tomato Spotted Wilt Tospovirus (TSWV) in pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *European Journal of Plant Pathology*, 104(5), 489-498. doi: 10.1023/A:1008618022144
- Nandi, P., & Raychaudhuri, S. P. (1966). Effect of iron on the concentration of potato virus X in tomato. *American Potato Journal*, 43(1), 6-9. doi: 10.1007/BF02860962
- Orozco-Santos, M., Pérez-Zamora, O., & López-Arriaga, O. (1995). Floating row cover and transparent mulch to reduce insect populations, virus diseases and increase yield in cantaloupe. *Florida Entomologist*, 78(3), 493-501.
- Pérez, M. L., Rico J. E., Ramírez, J. R. M., Sánchez, P. J. L., Asencio, I. J. T., Díaz, R. P., & Rivera, B. R. F. (2004). Identificación de virus fitopatógenos en cultivos de importancia económica en el estado de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(2), 187-197.
- Pinkerton, J. N., Ivors, K. L., Miller, M. L., & Moore, L. W. (2000). Effect of soil solarization and cover crops on populations of selected soilborne plant pathogens in Western Oregon. *Plant Disease Journal*, 84(9), 952-960. doi: 10.1094/PDIS.2000.84.9.952
- Roggero, P. (2002). Infection of tospoviruses in pepper and control by resistant plants. *Biológico, São Paulo*, 64(2), 179-181.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP-Sagarpa). (2014). *Delegación en el Estado*. Subdelegación de planeación. Recuperado el 15 de febrero de 2014 de <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Srivastava, A. P., Hirasawa, M., Bhalla, M., Chung, J. S., Allen, J. P., Johnson, M. K., Rubio, L. M., Vaccaro, B., Subramanian, S., Flores, E., Zabet-Moghaddam, M., Stille, K., & Knaff, D. B. (2013). Roles of four conserved basic amino acids in a ferredoxin-dependent cyanobacterial nitrate reductase. *Biochemistry*, 52(25), 4343-4353. doi: 10.1021/bi400354n
- Stapleton, J. J., & DeVay, J. E. (1986). Soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop protection*, 5(3), 190-198.
- Summers, C. G., Stapleton, J. J., Newton, A. S., Duncan, R. A., & Hart, D. (1995). Comparison of sprayable and film mulches in delaying the onset of aphid-transmitted virus diseases in zucchini squash. *Plant Disease Journal*, 79(11), 1126-1131 doi: 10.1094/PD-79-1126
- Torres-Bojórquez, A. I., Morales-Maza, A., Grijalva-Contreras, R. L., Cervantes-Díaz, L., & Núñez-Ramírez, F. (2017). "Hierro foliar y acolchado plástico en *Capsicum chinense* Jacq. infectado con tospovirus". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2) Aceptado y en prensa.
- Umar, A. S., & Iqbal, M. (2006). Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(1), 45-57. doi: 10.1051/agro:2006021
- Valdez, B. G., Torres, P. I., Lugo, D. M., Guevara, G. R., Gonzáles, C. M. M., Guzmán, M. H., Guevara, O. L., & Paredes, U. R. (junio, 2004). La cantidad de virus y la etapa fenológica; influencia en algunas variables de respuesta en la interacción TEV-chile. *Primera Convención Mundial del Chile*. Guanajuato, León.
- Wong-González, E. (2010). ¿Después de un análisis de varianza... qué? Ejemplos en ciencia de alimentos. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2), 349-356.
- Yehezkel, A. (2000). Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. *Virus Research*, 71(1-2), 213-220. doi: 10.1016/S0168-1702(00)00199-4
- Zavala, E. F., Maldonado, T. R., Sandoval, M., Álvarez, S. M. E., Colinas, L. M. T., & Ramírez, V. P. (2011). Cambios morfológicos y fisiológicos en hojas de frijol tolerante y susceptible a deficiencia de hierro. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 267-276.