

Hierro foliar y acolchado plástico en *Capsicum chinense* Jacq. infectado con tospovirus*

Foliar iron and plastic mulch in *Capsicum chinense* Jacq. infected with tospoviruses

Ariana Isabel Torres Bojórquez¹, Antonio Morales Maza², Raúl Leonel Grijalva Contreras³, Lourdes Cervantes Díaz¹ y Fidel Núñez-Ramírez^{1§}

¹Instituto de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC). Carretera a Delta, s/n. Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. CP. 21705. (torres.ariana@uabc.edu.mx, lourdescervantes@uabc.edu.mx). ²Campo Experimental Valle de Mexicali-INIFAP. Carretera a San Felipe, km 7.5. Colorado Dos, Mexicali, Baja California, México. (morales.antonio@inifap.gob.mx). ³Sitio Experimental Caborca-INIFAP. Avenida S, No. 8 norte. H. Caborca, Sonora, México. CP. 83600. (grijalva.raul@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: fidel.nunez@uabc.edu.mx

Resumen

De las enfermedades que afectan mayormente al chile habanero se encuentran las provocadas por tospovirus, los cuales pueden reducir completamente su rendimiento. Durante el año 2013, se realizó un experimento con dos variedades de chile habanero (una infectada y otra no infectada con tospovirus), con el objetivo de evaluar la aplicación de hierro en forma foliar y el acolchado plástico sobre el rendimiento, índice SPAD y NO_3^- en el extracto celular del peciolo (ECP). Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño factorial $2 \times 2 \times 4$ (dos variedades, una infectada con tospovirus y otra sana; con o sin aplicación de hierro foliar, y cuatro colores de acolchado plástico). Los resultados obtenidos mostraron que la infección de la variedad y la aplicación de hierro foliar no afectaron el rendimiento ($p > 0.05$); sin embargo, el color de acolchado plástico sí lo modificó significativamente ($p < 0.05$), incrementándose al utilizar el acolchado transparente y plateado. El índice SPAD en las hojas fue afectado significativamente ($p < 0.05$) al inicio del experimento por los tratamientos variedades y aplicación de hierro foliar, mientras que a los 90 días después del trasplante fue afectado por el acolchado, las

Abstract

Of the diseases that affect mainly the habanero pepper are those caused by tospoviruses, which can completely reduce its yield. During the year 2013, an experiment was carried out with two varieties of habanero pepper (one infected and one not infected with tospoviruses), with the objective of evaluating the application of iron in foliar form and the plastic padding on the performance, index SPAD and NO_3^- in the petiole cell extract (ECP). The treatments were distributed under a factorial design $2 \times 2 \times 4$ (two varieties, one infected with tospoviruses and another healthy, with or without application of foliar iron, and four colors of plastic mulch). The results showed that the infection of the variety and the application of foliar iron did not affect yield ($p > 0.05$); however, the color of plastic mulch is significantly modified ($p < 0.05$), increasing when using transparent and silver mulch. The SPAD index in the leaves was significantly affected ($p < 0.05$) at the beginning of the experiment by treatments varieties and application of foliar iron, whereas at 90 days after the transplant was affected by the quilting, varieties and application of iron ($p < 0.005$), as well as the interaction between padding and iron application ($p <$

* Recibido: febrero de 2017
Aceptado: marzo de 2017

variedades y la aplicación de hierro ($p < 0.005$), igual que la interacción entre el acolchado y la aplicación de hierro ($p < 0.02$). Por otro lado, las concentraciones de NO_3^- en el ECP resultaron afectadas durante la mayor parte del tiempo en el experimento. Las mayores concentraciones de NO_3^- se presentaron en las plantas desarrolladas en acolchado plástico y en las que no recibieron aplicación de hierro foliar.

Palabras clave: clorofila, chile habanero, enfermedades, nitratos.

Introducción

La superficie de producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en México es de alrededor de 965 hectáreas, con rendimientos promedios de 5.4 t ha^{-1} (SIAP, 2013). Yucatán es el estado líder en superficie de producción con alrededor de 708 ha y rendimientos de 75 t ha^{-1} . Los estados que le siguen en producción son Tabasco, Campeche y Quintana Roo con 143, 51 y 36 ha respectivamente. El rendimiento promedio obtenido está entre las 10 y 40 t ha^{-1} , (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013). La producción de chile habanero es atractiva debido que el fruto puede ser cosechado maduro en color verde o naranja, y es consumido como producto en fresco o procesado como salsa, además de que puede alcanzar precios de hasta \$30.00 pesos ó 2.00 US dólares por kilogramo, tanto en el mercado nacional como en el internacional respectivamente (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013).

De las numerosas enfermedades asociadas al cultivo del chile habanero se encuentran las de origen viral principalmente el virus del iris (IYSV) y el virus del bronceado del tomate (TSWV) pertenecientes al género tospovirus (Margaria *et al.*, 2014; Fanigliulo *et al.*, 2014; Baq *et al.*, 2015), cuyo carácter infectivo representa una de las amenazas de mayor importancia para este cultivo debido a que alcanza pérdidas de hasta 100% (Pennazio *et al.*, 1996; Roggero *et al.*, 2003; Pérez *et al.*, 2004). Dicha reducción en el rendimiento está generalmente relacionada a la presencia temprana y a la severidad de síntomas en el follaje (Moriones *et al.*, 1998), particularmente la pérdida de clorofila en las hojas (Cabrera *et al.*, 2009). Dicha pérdida de clorofila se presenta como un indicador de estrés biótico en la planta (Carter y Knapp, 2001; Gill y Tuteja, 2010).

0.02). On the other hand, NO_3^- concentrations in ECP were affected most of the time in the experiment. The highest concentrations of NO_3^- were present in plants developed in plastic mulch and in those that did not receive application of foliar iron.

Keywords: chlorophyll, diseases, habanero, nitrates.

Introduction

The production area of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) in Mexico is around 965 hectares, with average yields of 5.4 t ha^{-1} (SIAP, 2013). Yucatan is the leading state in production surface with about 708 ha and yields of 75 t ha^{-1} . The following states in production are Tabasco, Campeche and Quintana Roo with 143, 51 and 36 ha respectively. The average yield obtained is between 10 and 40 t ha^{-1} , (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013). The production of habanero pepper is attractive because the fruit can be harvested ripe in green or orange color and it is consumed as fresh product or processed as a sauce, in addition that can reach prices of up to \$30.00 pesos or 2.00 US dollars per kilogram, both in the national market and in the international market respectively (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013).

Of the numerous diseases associated with the cultivation of the habanero pepper are those of viral origin, mainly the virus of the iris (IYSV) and the tanning virus of the tomato (TSWV) belonging to the tospoviruses genus (Margaria *et al.*, 2014; Fanigliulo *et al.*, 2014; Baq *et al.*, 2015), whose infective nature represents one of the threats of major importance for this crop because it reaches losses of up to 100% (Pennazio *et al.*, 1996; Roggero *et al.*, 2003; Pérez *et al.*, 2004). This reduction in yield is generally related to the early presence and severity of foliage symptoms (Moriones *et al.*, 1998), particularly the loss of chlorophyll in the leaves (Cabrera *et al.*, 2009). This loss of chlorophyll appears as an indicator of biotic stress in the plant (Carter and Knapp, 2001; Gill and Tuteja, 2010).

The type of nutrition of plants infected by viruses has been shown to have a marked effect on the expression of symptoms produced by these pathogens (Amtmann *et al.*, 2008; Dordas, 2008; Huber and Jones, 2013). In the specific case of the TSWV, a certain relationship has been found between the content of microelements and the tolerance

El tipo de nutrición de las plantas infectadas por los virus ha demostrado tener un efecto marcado en la expresión de síntomas producidos por estos patógenos (Amtmann *et al.*, 2008; Dordas, 2008; Huber y Jones, 2013). En el caso particular del TSWV se ha encontrado cierta relación entre el contenido de microelementos y la tolerancia a la enfermedad por la planta, destacando principalmente el contenido de hierro (González, 1996; Quintero, 2002; Liu *et al.*, 2007). Además, se tiene evidencia de que la aplicación foliar de hierro logra enmascarar algunos síntomas típicos de clorosis en enfermedades virales en habanero (Lozada-Cervantes *et al.*, 2005), aunque dichos síntomas pudieran estar asociados a la nutrición y absorción de nitratos por la planta (Kosegarten *et al.*, 1998; Dordas, 2008).

Por otro lado, los componentes del ambiente proporcionado por el manejo agronómico y el que suministra la planta a su huésped, son especialmente críticos para el desarrollo de los parásitos obligados como los virus (Melugin *et al.*, 1999). La temperatura, humedad, excesos o deficiencias de nutrimentos reducen el crecimiento vegetativo y pueden modificar la concentración viral en los tejidos (Fu *et al.*, 2006). La suma de factores que interactúan entre el patógeno, hospedante, el ambiente y el tiempo, determina como es afectada una planta enferma (Velasco *et al.*, 2001). Diversos estudios han revelado que los sistemas de acolchado plástico en cultivos como tomate, han ofrecido una alternativa al manejo de enfermedades como TSW, debido a que modifican la temperatura en el suelo, permiten un mayor desarrollo y crecimiento de las plantas y retrasan el tiempo a la aparición de síntomas de la enfermedad, a la vez que incrementan los rendimientos (Díaz-Pérez *et al.*, 2003; Díaz-Pérez *et al.*, 2007). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de hierro foliar y la utilización del acolchado plástico en el crecimiento, rendimiento, clorofila y nitratos en el ECP en el cultivo de chile habanero infectado por tospovirus.

Materiales y métodos

El experimento se realizó del 21 de marzo al 20 de junio del año 2013, y se estableció en un invernadero con cubierta plástica y sin control de temperatura del Campo Agrícola Experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas ubicado en el Ejido Nuevo León, B. C., coordenadas 32° 40' latitud norte y 114° 45' longitud oeste. En ésta región prevalece un clima desértico cálido, extremoso y régimen de lluvias

to the disease by the plant, mainly highlighting the iron content (González, 1996; Quintero, 2002; Liu *et al.*, 2007). In addition, there is evidence that leaf iron application masks typical symptoms of chlorosis in viral diseases in habanero (Lozada-Cervantes *et al.*, 2005), although such symptoms may be associated with nutrition and absorption of nitrates by the plant (Kosegarten *et al.*, 1998; Dordas, 2008).

On the other hand, the components of the environment provided by agronomic management and that supplied by the plant to its host are especially critical for the development of obligate parasites such as viruses (Melugin *et al.*, 1999). The temperature, moisture, excess or nutrient deficiencies reduce vegetative growth and may modify viral concentration in tissues (Fu *et al.*, 2006). The sum of factors that interact between the pathogen, host, environment and time, determines how a diseased plant is affected (Velasco *et al.*, 2001). Several studies have revealed that plastic mulch systems in tomato crops have offered an alternative to the management of diseases such as TSW, because they modify the temperature in the soil, allow a greater development and growth of the plants and delay the time to the occurrence of symptoms of the disease, while increasing yields (Díaz-Pérez *et al.*, 2003; Díaz-Pérez *et al.*, 2007). Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of leaf iron application and the use of plastic mulch on growth, yield, chlorophyll and nitrates in ECP in the cultivation of habanero pepper infected by tospoviruses.

Materials and methods

The experiment was carried out from March 21 To June 20, 2013, and was established in a greenhouse with plastic cover and without temperature control of the Experimental Agricultural Field of the Institute of Agricultural Sciences located in common Nuevo León, BC, coordinates 32° 40' north latitude and 114° 45' west longitude. In this region a warm, extreme desert climate prevails and rainfall in winter BW [h'] hs [x'] [e']), with temperatures of 50 °C during the summer and in winter up to -7 °C, with an average annual temperature of 22.3 °C and an average annual rainfall of 58 mm. The altitude varies from -2 up to 43 meters with a generally flat topography (Ruiz-Corral *et al.*, 2006).

The habanero pepper seedlings were used, which came from seeds planted on polystyrene trays on December 11, 2012 using peat moss substrate (Berger Peat Moss; St. Modestede,

en invierno (BW [h'] hs [x'] [e']), con temperaturas de 50 °C durante el verano y en invierno hasta de -7 °C, con una temperatura media anual de 22.3 °C y una precipitación media anual de 58 mm. La altitud varía de -2 hasta los 43 msnm con una topografía por lo general plana (Ruiz-Corral *et al.*, 2006).

Se utilizaron plántulas de chile habanero, las cuales provenían de semillas sembradas el 11 de diciembre de 2012 en charolas de poliestireno utilizando como sustrato Peat-moss (Berger Peat Moss; St. Modestede, Quebec, Canada). El trasplante se realizó el 21 de marzo del 2013 en suelo sobre camas de siembra acondicionadas con gallinaza y arena (1:50 v/v), separadas a 1.5 m entre hileras y una separación entre plántulas de 0.3 m de distancia, para lograr una densidad de plantación de 3.2 plantas m⁻². El cultivo se irrigó a través de sistema de riego por goteo. Se aplicaron riegos tomando como referencia las lecturas de tensiómetros colocados en la línea regante. Los riegos de reposición se efectuaron cada que el tensiómetro mostraba una lectura de 25-30 kPa. La dosis de fertilización empleada fue de 120-80-135-100-35 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio respectivamente, y fue aplicada en forma fraccionada de acuerdo a la curva de absorción de nutrientes propuesta por Scholberg *et al.* (2009).

El diseño experimental utilizado fue factorial (4*2*2) con tres repeticiones distribuidas completamente al azar. La parcela principal fue el acolchado plástico, la sub-parcela fue la variedad y la sub-sub-parcela las dosis de hierro foliar. Los colores de acolchado plástico fueron blanco, plateado, transparente y un testigo sin acolchar. Las variedades utilizadas fueron Magnum (Origene Seeds, Gowan, México) y Sun Valley (Sun Valley Seeds, Ca. USA). La primera infectada con IYSV y TSWV (previamente identificadas a través de la técnica de inmunoabsorción enzimática-ELISA; Clark y Adams, 1977) y la segunda, sin infección viral (negativa al someterse a la prueba ELISA); los tratamientos de hierro aplicados en forma foliar fueron 0 y 5 g L⁻¹. Las aspersiones de hierro se realizaron a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante (DDT) utilizando una solución con hierro quelatado (Poliquel Fe®; Arista Lifescience, Coahuila, México).

Cada semana se realizaron mediciones del crecimiento de la planta utilizando el criterio de Altland *et al.* (2003), las cuales incluyeron la altura (A), ancho de cobertura foliar (A_{cf}) y un índice de crecimiento formado por las variables

Quebec, Canada). The transplant was performed on march 21, 2013 in soil on sowing beds conditioned with chicken coop and sand (1:50 v/v), separated at 1.5 m between rows and a separation between plantlets of 0.3 m distance, to achieve a plantation density of 3.2 plants m⁻². The crop was irrigated through a drip irrigation system. Irrigations were applied taking as reference the tensiometer readings placed in the irrigating line. The replacement risks were made each time the tensiometer showed a reading of 25-30 kPa. The fertilization rate used was 120-80-135-100-35 kg ha⁻¹ of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium, respectively, and it was applied in fractional form according to the nutrient absorption curve proposed by Scholberg *et al.* (2009).

The experimental design used was factorial (4*2*2) with three replications distributed completely randomly. The main plot was the plastic mulching, the sub-plot was the sub-plot and the sub-plot foliar iron doses. The colors of plastic mulch were white, silver, transparent and a witness without quilting. The varieties used were Magnum (Origene Seeds, Gowan, Mexico) and Sun Valley (Sun Valley Seeds, Ca. USA). The first one was infected with IYSV and TSWV (previously identified using the enzyme-linked immunosorbent assay-ELISA, Clark and Adams, 1977) and the second, without viral infection (negative on ELISA); the treatments of iron applied in foliar form were 0 and 5 g L⁻¹. The iron sprays were performed at 15, 30, 45, 60 and 75 days after transplantation (DDT) using a solution with chelated iron (Poliquel Fe®; Arista Lifescience, Coahuila, Mexico).

Weekly measurements of plant growth were conducted using the criterion Altland *et al.* (2003), which included height (A), leaf cover width (A_{cf}) and a growth index formed by the previous variables [(A + A_{cf} + A_{cf})/3]. In addition, at 30, 45, 60, 75 and 90 ddt, chlorophyll was recorded on freshly mature leaves using the SPAD-502 meter (Soil Plant Analysis Development; Spectrum Technologies, Plainfield, Ill. USA). The results were shown as SPAD index. Additionally was identified the concentration of NO₃⁻ in the petiole cell extract of the leaves in which the SPAD index was determined. The leaves were sampled and peeled off the leaf, the petiole was extracted with garlic press and the NO₃⁻ concentration was determined with the Ion-Cardy portable ion meter (Horiba Corporation, Japan), following the recommendations of Hochmuth (1994).

anteriores $[(A + A_{cf} + A_{cf})/3]$. Además, a los 30, 45, 60, 75 y 90 ddt, se registró la clorofila en hojas recientemente maduras utilizando el medidor de SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development; Spectrum Technologies, Plainfield, Ill. USA). Los resultados se mostraron como índice SPAD. Adicionalmente, se identificó la concentración de NO_3^- en el extracto celular de peciolo de las hojas en las cuales se determinó el índice SPAD. Las hojas se muestrearon y se les desprendió de la lámina foliar, al peciolo se le extrajo el extracto celular con prensa de ajo y la concentración de NO_3^- se determinó con el medidor de iones portátil Ion-Cardy (Horiba Corporation, Japón), siguiendo las recomendaciones de Hochmuth (1994).

Al final del estudio se realizaron dos cosechas de fruta color verde a madurez fisiológica. A cada variable se le realizó análisis de varianza con el programa estadístico MINITAB 14®. Cuando se detectó diferencia entre los tratamientos o interacciones, se realizó prueba de comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$). Asimismo, se correlacionaron las variables de crecimiento con el rendimiento del cultivo.

Resultados y discusión

Crecimiento

Debido a que no se presentaron diferencias estadísticas en crecimiento entre los tratamientos de variedades y aspersión de hierro (dato no mostrado), solo en el tratamiento acolchado plástico, se presentan los datos referentes a ésta última variable. Durante los primeros 21 DDT, las plantas de chile habanero mostraron la misma tendencia en crecimiento entre los tratamientos de acolchado plástico en la variable altura, A_{cf} y el índice de crecimiento (Figura 1).

Las diferencias entre ellos empezaron a los 28 DDT ($p \leq 0.05$), sobresaliendo el tratamiento acolchado plástico plateado, seguido por el acolchado transparente, el blanco y finalmente el tratamiento sin acolchar. Al final del estudio, la plantas con acolchado plateado alcanzaron una altura de 68.1 cm comparado con el testigo el cual alcanzó solo los 38.8 cm. Valores similares entre tratamientos fueron identificados para la variable A_{cf} , en la cual el acolchado plástico plateado alcanzó los 73.9 cm versus el testigo sin acolchar con valor de 40.6 cm. Por su parte el índice de crecimiento presentó valores afines entre tratamientos: 71.9 y 40 cm para el acolchado plateado y testigo sin acolchar, respectivamente.

At the end of the study two harvests of green fruit were carried out at physiological maturity. Each variable was analyzed by means of the statistical program MINITAB 14®. When a difference between treatments or interactions was detected, a comparison test of means was performed (Tukey, $p \leq 0.05$). Likewise, growth variables were correlated with crop yield.

Results and discussion

Increase

Because there were no statistical differences in growth between treatments of varieties and spray of iron (data not shown), only in the plastic pad treatment, the data concerning the latter variable are presented. During the first 21 DDT, the habanero pepper plants showed the same trend in growth between the treatments of plastic cushion in the variable height, A_{cf} and the growth index (Figure 1).

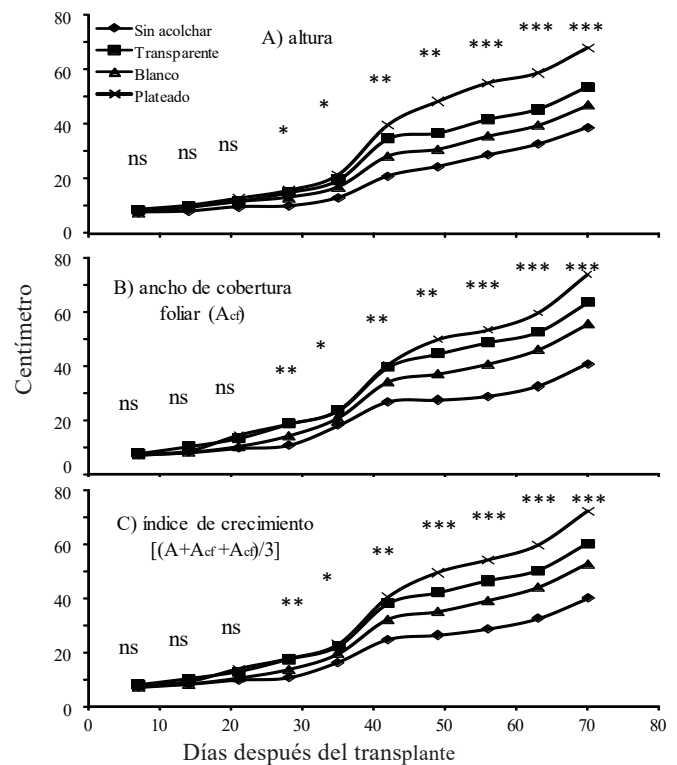


Figura 1. Crecimiento de chile habanero en acolchado plástico. ns= no significancia; *= significancia $p \leq 0.05$; **= significancia $p \leq 0.01$; ***= significancia a $p \leq 0.001$.

Figure 1. Growth of habanero pepper in plastic mulch. ns= no significance; *= significance at $p \leq 0.05$; **= significance at $p \leq 0.01$; ***: significance at $p \leq 0.001$.

El Cuadro 1, muestra la relación entre el crecimiento semanal de plantas con acolchado plástico y el rendimiento de cada cosecha y el rendimiento final. Debido a que los datos de A_{cf} , índice de crecimiento y altura mostraron valores numéricos muy similares entre sí, solo se presentan los resultados para la altura. Durante las diez mediciones realizadas se encontró relación entre la altura y el rendimiento de la primera cosecha y la cosecha total ($R^2 \geq 0.49$; $p \leq 0.05$). Por el contrario, para el caso de la segunda cosecha, no se encontró algún grado de asociación entre la variable de crecimiento altura ($R^2 \leq 0.44$; $p > 0.05$). El tipo de asociación entre la primera cosecha y la altura, fue de forma lineal solo hasta los 42 DDT, y posteriormente la tendencia fue en forma cuadrática. Mientras que para el rendimiento de la cosecha total la tendencia lineal solo fue durante los primeros 14 DDT y después se modificó a tendencia cuadrática.

Rendimiento

La respuesta en rendimiento del cultivo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, la variedad y la aplicación de hierro foliar son mostrados en el Cuadro 2. La variable acolchado tuvo efecto significativo ($p \leq 0.05$) en las cosechas realizadas. Sin embargo la variedad, la aplicación de hierro foliar, así como sus interacciones no afectaron de forma alguna los rendimientos del cultivo de chile habanero.

The differences between them started at 28 DDT ($p \leq 0.05$), standing out the silver plated plastic treatment, followed by the transparent padding, the white and finally the treatment without quilting. At the end of the study, the plants with silver padding reached a height of 68.1 cm compared to the control which reached only 38.8 cm. Similar values between treatments were identified for the A_{cf} variable, in which the silver plastic cushion reached 73.9 cm versus the non-quilted control with a value of 40.6 cm. On the other hand, the growth index presented similar values between treatments: 71.9 and 40 cm for the silver padding and the control without quilting, respectively.

In the Table 1 shows the relationship between the weekly growth of plants with plastic mulch and the yield of each crop and the final yield. Because the A_{cf} data, growth index and height showed numerical values very similar to each other, only the results for the height are presented. During the ten measurements was found, the relationship between height and yield of the first harvest and the total harvest ($R^2 \geq 0.49$; $p \leq 0.05$). In contrast, for the case of the second crop, no degree of association was found between the growth height variable ($R^2 \leq 0.44$; $p > 0.05$). The type of association between the first crop and the height was linear only up to 42 DDT, and later the trend was in quadratic form. While for the yield of the total crop the linear trend was only during the first 14 DDT and later it was modified to quadratic tendency.

Cuadro 1. Relación entre el crecimiento expresado como altura y el rendimiento del cultivo de chile habanero.
Table 1. Relationship between growth expressed as height and yield of the habanero pepper crop.

Días	Actividad	Ecuación	R ²	Probabilidad
7 DDT	1 ^{er} corte	$y = -1911 + 328x$	0.5	0.047
	2 ^{do} corte	$y = -9.41 - 0.929x$	0.44	0.072
	Cosecha total	$y = -705 + 171x$	0.24	0.121
14 DDT	1 ^{er} corte	$y = -1639 + 253x$	0.75	0.005
	2 ^{do} corte	$y = 5.23 - 0.347x$	0.15	0.337
	Cosecha total	$y = -982 + 177x$ $y = -9124 + 1973x - 97.98x^2$	0.65 0.78	0.015 0.021
21 DDT	1 ^{er} corte	$y = -1259 + 174x$	0.79	0.003
	2 ^{do} corte	$y = 3.77 - 0.156x$	0.06	0.528
	Cosecha total	$y = -605 + 111x$ $y = -7305 + 1310x - 52.73x^2$	0.58 0.76	0.027 0.026

DDT= días después del trasplante.

Cuadro 1. Relación entre el crecimiento expresado como altura y el rendimiento del cultivo de chile habanero. (Continuación).**Table 1. Relationship between growth expressed as height and yield of the habanero pepper crop. (Continuation).**

Días	Actividad	Ecuación	R ²	Probabilidad
28 DDT	1 ^{er} corte	$y = -743 + 109x$	0.82	0.002
	2 ^{do} corte	$y = 3.55 - 0.116x$	0.1	0.442
	Cosecha total	$y = -397 + 79.3x$	0.77	0.004
		$y = -2167 + 365.9x - 11.2x^2$	0.84	0.009
35 DDT	1 ^{er} corte	$y = -482 + 67.3x$	0.75	0.005
	2 ^{do} corte	$y = 3.05 - 0.0591x$	0.06	0.548
	Cosecha total	$y = -164 + 46.5x$	0.64	0.016
		$y = -2623 + 337x - 8.215x^2$	0.84	0.01
42 DDT	1 ^{er} corte	$y = -259 + 31.2x$	0.7	0.009
	Cosecha total	$y = -1368 + 107.3x - 1.227x^2$	0.73	0.035
		$y = 3.18 - 0.0381x$	0.11	0.414
	2 ^{do} corte	$y = -72 + 23.6x$	0.72	0.008
49 DDT	Cosecha total	$y = -2164 + 167.2x - 2.315x^2$	0.92	0.002
		$y = -50 + 21.5x$	0.51	0.045
	1 ^{er} corte	$y = -3615 + 229.2x - 2.821x^2$	0.82	0.012
	2 ^{do} corte	$y = 3.11 - 0.0317x$	0.12	0.4
56 DDT	Cosecha total	$y = 19 + 18.2x$	0.65	0.015
		$y = -1799 + 124.1x - 1.438x^2$	0.8	0.018
	1 ^{er} corte	$y = -51 + 18.8x$	0.49	0.05
	2 ^{do} corte	$y = -4188 + 226.6x - 2.44x^2$	0.86	0.007
63 DDT	Cosecha total	$y = 3.02 - 0.0253x$	0.09	0.45
		$y = 21 + 15.8x$	0.62	0.019
	1 ^{er} corte	$y = -2081 + 121.4x - 1.24x^2$	0.79	0.018
	2 ^{do} corte	$y = -4678 + 225.8x - 2.23x^2$	0.82	0.014
70 DDT	Cosecha total	$y = 3.13 - 0.0255x$	0.09	0.459
		$y = -65 + 16.4x$	0.64	0.017
	1 ^{er} corte	$y = -2320 + 118.7x - 1.101x^2$	0.8	0.018
	2 ^{do} corte	$y = -4296 + 177.4x - 1.488x^2$	0.73	0.037
70 DDT	Cosecha total	$y = 3.21 - 0.0232x$	0.09	0.454
		$y = -119 + 15x$	0.65	0.014
	1 ^{er} corte	$y = -2086 + 91.19x - 0.7042x^2$	0.77	0.024

DDT= días después del trasplante.

Cuadro 2. Análisis de varianza del rendimiento del cultivo de chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.

Table 2. Analysis of variance of the yield of the habanero pepper cultivation due to plastic mulching, variety and foliar iron application.

Fuente de variación	1 ^{er} corte	2 ^{do} corte	Cosecha total
Acolchado (A)	0.003	0.049	0.003
Variedad (V)	0.284	0.394	0.253
Hierro foliar (H)	0.879	0.902	0.879
A*V	0.148	0.684	0.142
A*H	0.918	0.993	0.913
V*H	0.918	0.768	0.969
A*V*H	0.757	0.892	0.742
CV (%)	35.19	66.14	32.14

Los mayores rendimientos se obtuvieron en la primera cosecha, alcanzando alrededor de un 97% del rendimiento total (Cuadro 3). Se encontró que utilizar acolchado plástico color transparente incrementa significativamente el rendimiento comparado con los acolchados de color plateado y blanco. Asimismo, el tratamiento sin acolchar produjo solo un tercio (337.1 g m⁻²) del rendimiento obtenido por los acolchados transparente y color plateado (984.8 y 808.4 g m⁻², respectivamente) y alrededor de la mitad de lo producido con el acolchado color blanco (692.4 g m⁻²).

Cuadro 3. Comparación de medias de tratamientos para variables de rendimiento en primera, segunda y cosecha total de chile habanero.

Table 3. Comparison of treatments averages for yield variables in first, second and total harvest of habanero pepper.

Variables	1 ^{er} corte (g m ⁻²)	2 ^{do} corte (g m ⁻²)	Cosecha total (g m ⁻²)
Acolchado			
Sin acolchar	337.1 a [‡]	16.3 ab	353.4 a
Transparente	984.8 c	12.1 a	996.9 c
Blanco	692.4 b	32.7 b	725.2 ab
Plateado	808.4 bc	16.3 ab	824.7 bc
Significancia	**	**	***
Variedad			
Magnum	642.5	16.5	659.5
Sun Valley	768.9	19.1	790.6
Significancia	ns	ns	ns
Hierro			
Dosis 0 g L ⁻¹	714.6	19	733.7
Dosis 0.5 g L ⁻¹	696.7	19.7	716.4
Significancia	ns	ns	ns

[‡]= valores con la misma letra dentro de las columnas son iguales estadísticamente; ns= no significante; **, ***= significancia $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$ respectivamente.

Yield

The response in yield of the habanero pepper crop due to plastic mulching, variety and application of foliar iron are shown in Table 2. The mulch variable had a significant effect ($p \leq 0.05$) on harvests. However, the variety, application of foliar iron and its interactions did not affect in any way the yields of the culture of habanero pepper.

The highest yields were obtained in the first harvest, reaching about 97% of the total yield (Table 3). It was found that using transparent plastic mulch significantly increases performance compared to silver and white mulch. Also, the non-quilting treatment produced only one third (337.1 g m⁻²) of the yield obtained by transparent and silver-colored quilts (984.8 y 808.4 g m⁻², respectively) and about half of what was produced with the quilting white color (692.4 g m⁻²).

This difference between treatment plastic non-mulch and mulch could be because the latter provide a suitable environment that allows advance the flowering period and mooring fruit in greater numbers than plants without mulch (Aiyelaagbe and Fawusi, 1986; Wien *et al.*, 1993). Among the types of plastic mulch evaluated, the highest yields were obtained by silver-plated and transparent treatments, in this sense Reza *et al.* (2012) conducting studies of soil temperature in tomato with plastic mulch determined that the soil covered with transparent and silver padding increased the temperature by about 3 °C in relation to white quilts and plastic non-mulch floors.

Esta diferencia entre el tratamiento sin acolchar y acolchados pudo deberse a que estos últimos proporcionan un ambiente adecuado que permite adelantar el periodo de floración y amarre de fruta en mayor cantidad que las plantas sin acolchado (Aiyelaagbe y Fawusi, 1986; Wien *et al.*, 1993). Los acolchados plástico evaluados, los mayores rendimientos lo obtuvo el tratamiento acolchado de color plateado y trasparente, en este sentido Reza *et al.* (2012) realizó estudios de temperatura del suelo en tomate con acolchado plástico y determinó que el suelo cubierto con acolchado trasparente y plateado, incrementaban alrededor de 3 °C la temperatura en relación a los acolchados de color blanco y suelos sin acolchar.

Para la segunda cosecha de fruta, el tratamiento acolchado que menos rendimiento obtuvo fue el trasparente con 12.1 g m⁻², seguido por el tratamiento de color plateado y sin acolchar (16.3 g m⁻²) y finalmente por el de color blanco (32.7 g m⁻²). Sin embargo, al contabilizar ambas cosechas, se identificó que el tratamiento acolchado plástico trasparente obtuvo los mayores rendimientos con un total de 996.9 g m⁻², seguido por el acolchado plateado, el blanco y finalmente el tratamiento sin acolchar con rendimientos de 824.7, 725.2 y 353.4 g m⁻².

Lo anterior indica que las plantas cultivadas con estos colores de acolchado tuvieron una menor velocidad de floración y amarre de fruto que el acolchado trasparente y el tratamiento sin acolchar; sin embargo, sostuvieron por mayor tiempo la aparición de flor y el amarre de fruto, lo que en consecuencia permitió igualar los rendimientos totales entre tratamientos. Resultados similares han sido reportados por Decoteau *et al.* (1989) al evaluar colores de acolchado plástico en tomate. Estos investigadores encontraron que los rendimientos tempranos de las plantas con acolchado plástico de color negro, tuvieron mayor número de flores que las plantas crecidas con acolchado color blanco; sin embargo, mencionan también que al obtener el rendimiento total del cultivo, las cantidades de fruta resultaron iguales.

Los acolchados de color plateado y trasparente, comparados con el acolchado color blanco, incrementan más la temperatura del suelo e impulsan en mayor medida el crecimiento del cultivo al inicio de la estación de crecimiento (Díaz-Pérez y Batal, 2002; Moreno y Moreno, 2008). Lo anterior pudo haber sucedido por la forma que las plantas crecidas con acolchado color plateado y trasparente superaron en rendimiento a aquellas que crecieron con acolchado blanco.

For the second fruit harvest, the pad yielded the lowest yield was the transparent with 12.1 g m⁻², followed by the treatment of silver and non-mulch (16.3 g m⁻²) and finally by the white treatment (32.7 g m⁻²). However, in accounting for both harvests, it was identified that the transparent plastic quilting treatment obtained the highest yields with a total of 996.9 g m⁻², followed by the silver padding, the white and finally the non-quilting treatment with yields of 824.7, 725.2 and 353.4 g m⁻².

The above indicates that the plants cultivated with these colors of quilting had a lower speed of flowering and tie of fruit than the transparent cushioning and the treatment without quilting, nevertheless, they maintained for a longer time the appearance of flower and the tie of fruit, it which allowed the total yields to be equalized between treatments. Similar results have been reported by Decoteau *et al.* (1989) when evaluating plastic quilting colors in tomato. These researchers found that the early yields of plants with black plastic mulch, had more flowers than plants with white mulch; however, they also mention that when the total yield of the crop was obtained, the quantities of fruit were the same.

The silver-colored and translucent cushions, compared to the white cushioning, increase the soil temperature further and drive the growth of the crop to a greater extent at the beginning of the growing season (Díaz-Pérez and Batal, 2002; Moreno and Moreno, 2008). The above could have happened in the present study, in such a way that the plants grown with silver and transparent color padding outperformed those that grew with white quilting.

On the other hand, it was demonstrated that the effect of infection by tospoviruses and the application of foliar iron had no influence on the fruit yield obtained in any of the cuts made (Table 3). The yields fluctuated between 642.5 and 768.9 g m⁻², for the Magnum and Sun Valley varieties, while for plants applied with 0 and 0.5 g L⁻¹ foliar iron were between 714.6 and 696.7 g m⁻² respectively. The results found when measuring the application of iron on yield, do not agree with those presented by Lozada-Cervantes *et al.* (2005). These researchers reported a decrease in virus symptoms as well as an increase in yield and dry matter production in habanero pepper plants subject to the application of 0.5% foliar iron and the use of black plastic mulch.

Por otra parte, se demostró que el efecto infección por tospovirus y la aplicación de hierro foliar tuvieron nula influencia en el rendimiento de fruta obtenido en ninguno de los cortes realizados (Cuadro 3). Los rendimientos fluctuaron entre los 642.5 y 768.9 g m⁻², para las variedades Magnum y Sun Valley, mientras que para el caso de las plantas aplicadas con 0 y 0.5 g L⁻¹ de hierro foliar estuvieron entre los 714.6 y 696.7 g m⁻² respectivamente. Los resultados encontrados al medir la aplicación de hierro sobre el rendimiento, no concuerdan con aquellos presentados por Lozada-Cervantes *et al.* (2005). Estos investigadores reportaron una disminución de los síntomas por virus además de un incremento en el rendimiento y producción de materia seca en plantas de chile habanero sujetas a la aplicación de hierro foliar al 0.5% y utilización de acolchado plástico color negro.

Índice SPAD

El Cuadro 4 muestra el análisis de varianza realizado para la variable índice SPAD sobre la aplicación de los tratamientos acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar. La concentración de clorofila en hojas del cultivo de chile habanero resultó afectada significativamente solo al inicio del experimento por la variedad y la aplicación de hierro así como su interacción ($p < 0.05$; 30 DDT). De la misma forma resultó afectada significativamente al final del estudio por el acolchado plástico, la variedad y el hierro foliar ($p < 0.05$; 90 DDT).

Conclusiones

Las plantas acolchadas con plásticos expresaron mayor altura, ancho de cobertura foliar e índice de crecimiento en relación al testigo sin acolchar, sobresaliendo en todas las variables el acolchado plateado.

La utilización de acolchado plástico color plateado y transparente incrementaron el rendimiento en chile habanero independientemente de la utilización de plantas infectadas por tospovirus y de la aplicación de hierro foliar.

Al inicio del experimento el valor de índice SPAD fue afectado por la aplicación de hierro foliar y por el efecto “tospovirus”, sin embargo al final del experimento, los acolchados plásticos influenciaron mayormente esta variable.

SPAD Index

In the Table 4 shows the analysis of variance performed for the variable SPAD index on the application of plastic mulch treatments, variety and foliar iron application. The concentration of chlorophyll in leaves of the habanero pepper crop was significantly affected only at the beginning of the experiment by the variety and the application of iron as well as its interaction ($p < 0.05$; 30 DDT). In the same way it was significantly affected at the end of the study by plastic mulch, variety and foliar iron ($p < 0.05$; 90 DDT).

Cuadro 4. Análisis de varianza del índice SPAD en chile habanero por efecto del acolchado plástico, variedad y aplicación de hierro foliar.

Table 4. Analysis of variance of the SPAD index in habanero pepper by effect of plastic mulching, variety and foliar iron application.

Fuente de variación	Índice SPAD				
	30 DDT	45 DDT	60 DDT	75 DDT	90 DDT
Acolchado (A)	0.273	0.342	0.619	0.397	0.001
Variedad (V)	0.044	0.181	0.442	0.135	0.005
Hierro foliar (H)	0.001	0.866	0.46	0.257	0.005
A*V	0.681	0.995	0.551	0.981	0.251
A*H	0.037	0.578	0.535	0.239	0.027
V*H	0.724	0.884	0.802	0.785	0.749
A*V*H	0.572	0.639	0.307	0.35	0.449
CV (%)	29.33	22.14	24.18	31.1	23.78

DDT= días después del trasplante.

Conclusions

The plants mulch with plastics expressed higher height, foliar cover width and growth index in relation to the non-quilted control, with all the silver-plated quilts standing out.

The use of silver plated and transparent plastic cushions increased the yield in habanero pepper independently of the use of plants infected with tospoviruses and the application of foliar iron.

At the beginning of the experiment, the SPAD index value was affected by the application of foliar iron and by the “tospovirus” effect, however at the end of the experiment, the plastic quilts influenced this variable.

El tratamiento de acolchado plástico color blanco seguido por el acolchado color plateado mostraron influencia en la concentración de NO_3^- en el ECP; los valores más bajos de NO_3^- se encontraron siempre en las plantas cultivadas sin acolchado plástico.

The treatment of white plastic padding followed by silver-colored padding showed an influence on NO_3^- concentration in ECP; the lowest values of NO_3^- were always found in cultivated plants without plastic mulch.

End of the English version



Literatura citada

- MAiyelaagbe, I. O. O. and Fawusi, M. O. A. 1986. Growth and yield response of pepper to mulching. *Biotronics*. 15:25-29.
- Amtmann, A.; Troufflard, S. and Armengaud, P. 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiologia Plantarum*. 133:682-691.
- Anjana, S. U. and Iqbal, M. 2006. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 27:45-57.
- Atland, J. E.; Gilliam, C. H.; Keever, G. J.; Edwards, J. H.; Sibley, J. L. and Fare, D. C. 2003. Rapid determination of nitrogen status in pansy. *Hortscience*. 38(4):537-541.
- Baq, S.; Schwartz, H. F.; Cramer, C. S.; Havey, M. J. and Pappu, H. R. 2015. Iris yellow spot virus (Tospovirus: Bunyaviridae): from obscurity to research priority. *Mol. Plant Pathol.* 16(3):224-37.
- Cabrera, D.; Sosa, R.; Portal, O.; Alburquerque, Y.; González, J. E. and Hernández, R. 2009. Alterations induced by papaya ringspot potyvirus on chlorophyll content in papaya (*Carica papaya* L.) leaves. *Fitosanidad*. 13(2):125-126.
- Carter, G. A. and Knapp, A. K. 2001. Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *Am. J. Bot.* 88(4):677-684.
- Clark, M. F. and Adams, A. N. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J. General Virol.* 34(3):475-483.
- Decoteau, D. R.; Kasperbauer, M. J. and Hunt, P. G. 1989. Mulch surface color affects yield of freshmarket tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(2):216-219.
- Díaz-Pérez, J. C. and Batal, K. D. 2002. Colored plastic mulch affects tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 127(1):127-136.
- Díaz-Pérez, J. C.; Batal, K. D.; Granberry, D.; Bertrand, D. and Giddings, D. 2003. Growth and yield of tomato on plastic film mulches as affected by tomato spotted wilt virus. *HortScience*. 38(3):395-399.
- Díaz-Pérez, J. C.; Gitaitis, R. and Mandal, B. 2007. Effects of plastic mulches on root zone temperature and on the manifestation of tomato spotted wilt symptoms and yield of tomato. *Scientia Hortic.* 114(2):90-95.
- Dordas, C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 28(1):33-46.
- Fanigliulo, A.; Viggiano, A.; Gualco, A. and Crescenzi, A. 2014. Control of viral diseases transmitted in a persistent manner by thrips in pepper (tomato spotted wilt virus). *Commun Agric Appl Biol Sci.* 79(3):433-7.
- Fu, D. Q.; Zhu, B. Z.; Zhu, H. L.; Zhang, H. X.; Xie, Y. H. and Jiang, W. B. 2006. Enhancement of virus-induced gene silencing in tomato by low temperature and low humidity. *Mol. Cells.* 21(1):153-160.
- Gill, S. S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*. 48(12):909-930.
- González, R. M. 1996. Efecto de niveles nutrimentales de las infecciones de los virus marchitez manchada del tomate y jaspeado del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 pp.
- Hochmuth, G. 1994. Plant petiole sap-testing for vegetable. Fla. Coop. Ext. Serv. Special Series CV00400.
- Huber, D. M. and Jones, J. B. 2013. The role of magnesium in plant disease. *Plant and Soil*. 368(1):73-85.
- Kosegarten, H.; Wilson, G. H. and Esch, A. 1998. The effect of nitrate nutrition on iron chlorosis and leaf growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur. J. Agron.* 8(3-4):283-292.
- Liu, G.; Greenshields, D. L.; Sammynaiken, R.; Hirji, R. N.; Selvaraj, G. and Wei, Y. 2007. Targeted alterations in iron homeostasis underlie plant defense responses. *J. Cell Sci.* 120(4):596-605.
- Lozada, C. D. M.; Tun, S. J. M.; Cristóbal, A. J. y Pérez, G. A. 2005. Acolchado negro y niveles de fierro para reducir la severidad de geminivirus en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). In: Memorias de I Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico. Boca del Río, Veracruz, México. 65-67 pp.
- Macías, R. H.; Muñoz, V. J. A.; Velásquez, V. M. A.; Potisek, T. M. D. C. y Villa-Castorena, M. M. 2013. Chile habanero: descripción de su cultivo en la península de Yucatán. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 12(2):37-43.
- Margaría, P.; Bosco, L.; Vallino, M.; Ciuffo, M.; Mautino, G. C.; Tavella, L. and Turina, M. 2014. The NSs protein of tomato spotted wilt virus is required for persistent infection and transmission by *Frankliniella occidentalis*. *J. Virol.* 88(10):5788-802.
- Melugin, C. S.; Scherm, H. and Chakraborty, S. 1999. Climate change and plant disease management. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37:399-426.
- Moreno, M. M. and Moreno, A. 2008. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Sci. Hortic.* 116:256-263.
- Pérez, M. L.; Rico, E. J.; Ramírez, J. R. M.; Sánchez, J. L. P.; Asencio, J. T. I.; Díaz, R. P. y Rivera R. F. B. 2004. Identificación de virus fitopatógenos en cultivos de importancia económica en el estado de Guanajuato, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 22(2):187-197.
- Pennazio, S.; Roggero, P. and Conti, M. 1996. Yield losses in virus-infected plants. *Arch. Phytopathol. Plant Protec.* 30(4): 283-296.
- Quintero, B. J. A. 2002. Resistencia de *Lycopersicon esculentum* Mill. al virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV). Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 119 p.

- Reza, H.R.; Hassankhan, F. and Rafezi, R. 2012. Effect of colored plastic mulches on yield of tomato and weed biomass. *Inter. J. Environ. Sci. Develop.* 3(6):590-593.
- Roggero, P.; Tavares de Melo, A. M.; Moreira, S. R. and Colariccio, A. 2003. The search of resistance to tospoviruses in the genus *Capsicum* sp. *Hortic. Bras.* 2(21):335-337.
- Ruiz, C. J. A.; Diaz, P. G.; Guzmán, R. S. D.; Medina, G. G. y Silva, S. M. M. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Baja California (período 1961-2003). Libro técnico Núm. 1. Centro de Investigación Regional del Noroeste, Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA. 167 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Información estadística de la producción agrícola mexicana. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Scholberg, J. M.; Zotarellid, L.; Tubbsc, R. S.; Dukesb, M. D. and Muñoz, C. R. 2009. Nitrogen uptake efficiency and growth of bell pepper in relation to time of exposure to fertilizer solution. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 40(13-14):2111-2131.
- Velasco, V. V. A.; Alcántar, G. G.; Sánchez, P. G.; Estañol, E. B.; Zavaleta, E. M.; Cárdenas, E. S.; Rodríguez, R. M. y Martínez, M. G. 2001. Efecto de N, P y K en plantas de chile jalapeño infectadas con el virus jaspeado del tabaco. *Terra Latinoam.* 2:117-125.