

## PRODUCTIVIDAD DEL CHILE JALAPEÑO EN CONDICIONES DE RIEGO POR GOTEO Y ACOLCHADO PLÁSTICO

### PRODUCTIVITY OF JALAPENO PEPPER UNDER DRIP IRRIGATION AND PLASTIC MULCH CONDITIONS

Marco Antonio Inzunza Ibarra\*, Segundo Felipe Mendoza Moreno, Ernesto Alonso Catalán Valencia, Ma. Magdalena Villa Castorena, Ignacio Sánchez Cohen y Abel Román López

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Canal Sacramento Km. 6.5, margen derecha. 35140, Gómez Palacio, Dgo., México. Tel. y Fax 01 (871) 719-1076 y 77. Fax: 01 (871) 719-1076 Ext. 106.

\* Autor para correspondencia (inzunza.marco@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

Los métodos modernos de irrigación como el riego por goteo, son herramientas importantes para incrementar la eficiencia del uso del agua, especialmente en regiones áridas donde es un recurso escaso y limitante para la producción agrícola. El uso de tales métodos de riego y del acolchado plástico, reduce aún más la evaporación directa del suelo y mejora el microambiente alrededor de las raíces del cultivo, lo que promueve un mejor desarrollo de la planta y aumenta los niveles de eficiencia y productividad del agua. En este estudio se evaluó la respuesta del chile Jalapeño (*Capsicum annum* L.) en fruto verde, a tratamientos de riego por goteo y acolchado plástico: dos niveles de aplicación de agua (20-60 y 30-70 % de la evaporación) y seis colores de acolchado plástico de 150 µm de espesor (negro, rojo, blanco, azul y verde) más un tratamiento sin acolchar. El rendimiento obtenido con riego alto (48.8 t ha<sup>-1</sup>) superó al del nivel de riego bajo (42.2 t ha<sup>-1</sup>). Aunque no se observaron diferencias entre los colores de acolchado, los tratamientos acolchados superaron en casi 50 % al rendimiento y eficiencia del uso de agua obtenidos con el tratamiento sin acolchar. Los tratamientos acolchados también produjeron mayor cantidad de materia seca y área foliar que los tratamientos sin acolchar. El rendimiento promedio de chile en verde obtenido con los tratamientos acolchados fue cuatro veces mayor que el rendimiento promedio (11.3 t ha<sup>-1</sup>) obtenido en la Región Lagunera durante los tres años previos.

**Palabras clave:** *Capsicum annum*, eficiencia de uso del agua, productividad del agua, precocidad.

#### SUMMARY

Modern irrigation methods such as tape drip irrigation are important tools for increasing water use efficiency and crop productivity, particularly in arid regions where water is scarce and represents a limiting resource for agricultural production. The use of such irrigation methods together with plastic mulching reduces direct soil evaporation and improves the microenvironment around the roots, promoting a better crop development and higher levels of water use efficiency and productivity.

In this study we evaluated the response of Jalapeno pepper plants (*Capsicum annum* L.) on fresh fruit, to different drip irrigation and plastic mulch treatments: two water application levels (20-60 and 30-70 % of evaporation) and six plastic mulch colors of 150 µm thicknesses (black, red, white, blue, green), plus a treatment without mulching. The yield of the high irrigation level (48.8 t ha<sup>-1</sup>) was higher than that of the low irrigation level (42.2 t ha<sup>-1</sup>). Although there were no differences among plastic color treatments, the mulching treatments were almost 50 % higher in yield and water productivity than the treatment without mulching. Mulching treatments also produced higher amounts of dry matter and leaf area than those of treatments without mulching. The average yield of mulching treatments was four times higher than the average yield (11.3 t ha<sup>-1</sup>) obtained at the Laguna Region during the three previous years.

**Index words:** *Capsicum annum*, water use efficiency, water productivity, precocity.

#### INTRODUCCIÓN

La agricultura de riego juega un papel preponderante en la producción del país. La superficie total irrigada en México representa sólo 29 % de la superficie agrícola total, pero genera 50 % de la producción nacional. Un problema actual y alarmante que afecta a las zonas de riego del país, principalmente a las del norte, es la disminución progresiva del volumen de agua disponible para uso agrícola. En el Distrito de Riego 17 de la Comarca Lagunera, el volumen de agua extraída del sistema de presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco varía en cada ciclo agrícola en función del almacenamiento logrado. De 1988 a 1998, un ciclo normal de riego cubría una superficie promedio de 91577 ha, con un volumen de 1337 millones de metros cúbicos de agua. Sin embargo, en los últimos cuatro ciclos agrícolas el volumen extraído y la superficie irrigada en

promedio se redujeron en 58.8 y 70.9 % (SAGARPA, 2006).

Además de la menor disponibilidad de agua para uso agrícola, también se tiene el problema de la sobreexplotación de este recurso. A nivel nacional, la eficiencia global del riego parcelario es de alrededor de 45 %, que indica que más de la mitad del agua disponible se pierde durante su distribución y conducción hacia las parcelas. En la Comarca Lagunera la sobreexplotación del agua subterránea durante el periodo de 1992-2002 causó un abatimiento del nivel estático del acuífero subterráneo de 1.5 m por año.

El método de riego por superficie sigue siendo el más utilizado en México ya que se aplica en 94 % del área irrigada. Por tanto, existe la necesidad de incrementar la eficiencia del riego mediante el cambio al sistema de riego presurizado en combinación con otras técnicas, como fertirrigación y acolchado plástico, especialmente en cultivos de alto valor comercial como las hortalizas.

El acolchado plástico hace más competitiva la producción de hortalizas porque genera mayores rendimientos y oportunidad en el mercado (precocidad), e incrementa la calidad de los frutos y la eficiencia en el control de malezas y en la aplicación de agroquímicos. También reduce la evaporación del suelo, las pérdidas por percolación de fertilizantes y la compactación del suelo (Lamont, 1993; Kasperbauer, 2000). Otros efectos benéficos del acolchado plástico son la reflexión de radiación que permite generar más fotoasimilados, y aplicación de técnicas como trasplante y fertirrigación para mejorar el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Tarara, 2000; Andino y Motsendbocker, 2004).

Según Decoteau *et al.* (1990), el acolchado plástico mejoró la producción de chile (*Capsicum annuum* L.) debido a la radiación reflejada por los diferentes colores de los plásticos y al incremento de las temperaturas del suelo en la zona radical (a 33 °C con plásticos oscuros, y a 28 °C con los claros). En chile Jalapeño Kirnak *et al.* (2003) encontraron que el acolchado plástico incrementó la disponibilidad de nitrógeno en condiciones de estrés hídrico, porque el acolchado plástico redujo el efecto negativo del estrés al permitir obtener un rendimiento cercano al normal sin restricción de humedad; así, al combinar el acolchado negro con la aplicación de -65 kPa de estrés hídrico, se incrementó la producción de fruto en 47 % y la eficiencia de uso del agua en 34 % con respecto al mismo tratamiento pero sin acolchar. En la misma especie, Sezen *et al.* (2006) encontraron que el mayor rendimiento de fruto fresco (33.1 t ha<sup>-1</sup>) se obtuvo cuando el riego se aplicó al alcanzar un consumo de 18-22 mm de evaporación de un

tanque estándar tipo "A", con un coeficiente de desarrollo del cultivo igual a uno.

De manera similar, al evaluar el comportamiento del chile con diversas frecuencias de riego (hasta 10 por día), Assouline *et al.* (2006) detectaron que los mayores valores de rendimiento (5 kg m<sup>-2</sup>), de eficiencia de uso del agua (10.7 kg m<sup>-3</sup>) y de tamaño del fruto se logró con un riego diario por goteo, ya que las frecuencias de riego más altas generaron daño al cultivo por la acumulación excesiva de sales en la rizosfera. Por su parte, Báez *et al.* (2002) al estudiar la respuesta del chile a niveles de humedad del suelo, de nitrógeno y de potasio, encontraron el mayor crecimiento con una tensión de humedad del suelo de 90 kPa combinada con 390 kg ha<sup>-1</sup> de N y 90 kg ha<sup>-1</sup> de K; el máximo rendimiento (5290 kg ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con 120 kPa, 341.6 kg ha<sup>-1</sup> de N y 130 kg ha<sup>-1</sup> de K y la mayor calidad de fruto se obtuvo con 114.3 kPa, 435 kg ha<sup>-1</sup> de N y 10 kg ha<sup>-1</sup> de K.

En el periodo del 2000 al 2005, el chile Jalapeño ocupó en México una superficie promedio de 12 970 ha, con un rendimiento medio de 14.8 t ha<sup>-1</sup> (SIACON, 2006); a nivel regional el chile en verde ocupó una extensión de 1334 ha en promedio de los últimos 10 años y tuvo un rendimiento medio de 10.5 t ha<sup>-1</sup>, al ser regado con una lámina de riego de 130 cm mediante riego por gravedad (SAGARPA, 2006).

Para elevar la eficiencia en el uso del agua y mejorar la productividad de las hortalizas de riego en las zonas áridas del norte de México, es necesario evaluar la respuesta del chile Jalapeño en fruto verde, a distintos tipos de acolchado plástico en combinación con diferentes niveles de aplicación de agua con riego por goteo tipo cintilla, lo que se hizo en esta investigación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se hizo en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en las Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Agropecuarias (CENID RASPA INIFAP), ubicado en Gómez Palacio, Durango, durante la primavera-verano del 2003. El sitio se localiza a 25° 35' LN, 103° 27' LO y una altitud de 1135 m. El clima de la región se clasifica como BW(h')h w(e) que corresponde a muy árido, cálido con temperatura media anual de 22 °C y temperatura media del mes más frío de 18 °C; es extremo con oscilación anual en las temperaturas medias mensuales de 7 a 14 °C. Las lluvias ocurren principalmente en verano, con lluvias invernales de apenas 5 a 10 % (García, 1970). El suelo del sitio experimental es parte de la serie

**Cuadro 1. Características químicas del suelo del sitio experimental.**

Prof. (cm)	NO <sub>3</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )	CO <sub>3</sub> (%)	Ce (dS m <sup>-1</sup> )	PSI (%)	RAS (%)
0-30	5.50	12.0	1648.0	5.30	0.67	1.79	2.09
30-60	31.50	9.0	1848.0	6.80	1.20	1.76	2.07
60-90	11.00	24.0	1131.0	8.66	1.84	2.48	2.58

NO<sub>3</sub> = Nitratos; P = Fósforo disponible; K = Potasio disponible; CO<sub>3</sub> = Carbonatos totales; Ce = Conductividad eléctrica; PSI = Porcentaje de sodio intercambiable; RAS = Relación de adsorción de sodio.

**Cuadro 2. Características físicas del suelo del sitio experimental.**

Prof. (cm)	MO (%)	Arena (%)	Limo (%)	arcilla (%)	Textura	CC (%)	PMP (%)	Da (g cm <sup>-3</sup> )
0-30	1.08	38.0	38.0	24.0	Franco arcilloso	30.6	15.9	1.3
30-60	0.67	38.0	38.0	24.0	Franco arcilloso	30.0	14.7	1.2
60-90	0.33	41.4	35.4	23.2	Franco	29.3	14.4	1.3

MO = Materia orgánica; CC = Capacidad de campo; PMP = Punto de marchitez permanente; Da = Densidad aparente.

Coyote, predominante en la región, formada por suelos profundos con textura migajón arcillosa (Mendoza *et al.*, 2005).

Las principales características químicas del suelo del sitio experimental (Cuadro 1), como contenido de nitratos (método de Kjeldahl), fósforo (método de Duval), potasio (espectrofotometría), carbonato total (volumetría), conductividad eléctrica (conductimetría), porcentaje de sodio intercambiable y la relación de absorción de sodio (RAS), se determinaron de un promedio de seis sitios de muestreo o repeticiones, en tres profundidades del sitio experimental (0-30, 30-60 y 60-90 cm), con 1 kg de tamaño de muestra por profundidad, que se muestran en los Cuadros 1 y 2. Las características físicas del suelo que se midieron fueron: contenido de materia orgánica (método de Walkley y Black); arena, limo y arcilla en la textura (método de la pipeta de Robinson); capacidad de campo y punto de marchitez permanente (método de la olla y membrana de presión); y densidad aparente (método del cilindro) (Castellanos *et al.*, 2000; Richards, 1977).

Según estos análisis, el suelo contenía bajos contenidos de nitrógeno total, moderadamente bajo de fósforo y altos contenidos de potasio, bajos contenidos de sales solubles, de sodio y de materia orgánica, de acuerdo con rangos reportados por Castellanos *et al.* (2000). Con estos datos se calculó la dosis de fertilización recomendada y se hizo el diseño y programación de los riegos.

Los factores experimentales evaluados fueron dos niveles de riego por goteo, con base en la evaporación (EV) ocurrida en un tanque evaporímetro tipo A (De Tar, 2004), y cinco colores de acolchado plástico. Los tratamientos de riego se dieron en dos etapas del cultivo: de trasplante a inicio de fructificación (Etapa 1) y de inicio de fructificación hasta el final del ciclo (Etapa 2). El primer nivel de riego (R1) consistió en aplicar 20 y 60 % de EV en cada etapa del

cultivo; y el segundo (R2) en aplicar 30 y 70 % de la EV. Los colores del acolchado plástico fueron : negro (N), blanco (B), rojo (R), azul (A) y verde (V). Se agregó un tratamiento sin acolchar (SA), para un total de 12 tratamientos.

El arreglo de tratamientos fue un bifactorial completo con los dos niveles de riego mencionados y los seis niveles de acolchado correspondientes al color del plástico (NR1, NR2, RR1, RR2, BR1, BR2, AR1, AR2, VR1, VR2, SAR1, SAR2). Debido a la homogeneidad del lote experimental, las unidades experimentales fueron distribuidas aleatoriamente en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones.

Se instaló un sistema de riego por goteo en la modalidad de cintilla tipo "T-Tape" con un espesor de pared de 0.381 mm y un caudal o gasto de 2.5 L h<sup>-1</sup> por metro lineal de cintilla. Posteriormente se instaló el acolchado plástico y se inició el riego con el fin de producir franjas de suelo húmedas de 40 a 45 cm de ancho por línea regante, donde posteriormente se estableció el cultivo.

El establecimiento del cultivo fue por trasplante (Russo, 2006) de plántulas de chile Jalapeño variedad 'Mitla', y se hizo a los 60 d después del trasplante (ddt). La unidad experimental consistió de una parcela de 10 m de largo por 4.5 m de ancho, en la cual se instalaron tres líneas regantes separadas a 1.5 m. Se colocaron dos hileras de plantas por línea regante separadas a 40 cm entre ellas y con una distancia entre plantas de 33 cm, para una densidad de 40 mil plantas/ha; el trasplante se hizo el 28 de marzo. La fertilización del cultivo se hizo con la fórmula recomendada para chile de 120N- 60P-0K (Castellanos *et al.*, 2000), la cual se dosificó en 10 fracciones iguales durante el ciclo del cultivo, en forma de solución nutritiva disuelta en el agua de riego. Para preparar la solución nutritiva se usó urea (46N) y sulfato de amonio (20.5N) como fuentes de

N, y ácido fosfórico (60P) como fuente de P. La fertilización se inició 2 d después del trasplante. El control de mosquita blanca (*Bemisia* spp.), pulgón (*Aphis* spp.) y trips (*Frankliniella* spp.) se realizó con cuatro aplicaciones de Diazinón 25E® (O,O-Dietil,O-(2-isopropil-4-metil-6-pirimidinil, de Química Lucava, S. A.). Se aplicó Ridomil MZ-72® (matalaxil 8 % + mancozeb 64 %, de Syngenta) para el control preventivo y curativo de pudrición radicular (*Phytophthora capsici*). Para el control de maleza se realizaron tres deshierbes durante el desarrollo vegetativo y otro en el de fructificación, en los tratamientos sin acolchado plástico.

Como variable respuesta se registró el rendimiento de fruto en verde ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) cada 14 d para un total de seis cortes; la eficiencia de uso de agua ( $\text{kg}$  de fruto verde por  $\text{m}^3$  de agua utilizada,  $\text{kg m}^{-3}$ ) y precocidad del cultivo (en días a la cosecha), y se midió cuando los frutos del chile alcanzaron la madurez óptima para su consumo en verde (Andino y Motsenbocker, 2004). También se midió la producción de biomasa ( $\text{g/planta}$ ) y el área foliar a través del ciclo del cultivo, en cuatro muestreos realizados a los 28, 49, 75 y 152 ddt. En cada muestreo se utilizaron dos plantas por repetición de cada tratamiento.

Otras variables medidas a través del ciclo del cultivo fueron: velocidad del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ), radiación solar ( $\text{W m}^{-2}$ ), y temperatura del aire y del suelo ( $^{\circ}\text{C}$ ). La temperatura del suelo se midió a 15 cm de profundidad, con sensores

de temperatura del modelo 107 (Campbell Scientific, Logan, UTA, EE.UU.) que trabajan en el rango de  $-35$  a  $50^{\circ}\text{C}$ . Los sensores fueron conectados a un adquirente de datos modelo CR10X (Campbell Scientific).

El análisis estadístico de los resultados se hizo con el paquete SAS (SAS Institute, 1999), mediante análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Temperatura del suelo

La serie completa de datos de temperatura del suelo se registró únicamente en el tratamiento sin acolchado, mientras que en el resto de tratamientos se registraron series discontinuas. Con los respectivos resultados se pudo apreciar que el acolchado plástico incrementó de 2 a  $6^{\circ}\text{C}$  la temperatura del suelo en relación con el tratamiento sin acolchar (Figura 1). Tal variación dependió del color del plástico y de la capacidad de éste para transmitir la radiación solar y el calor producido hacia el interior del suelo. Los acolchados azul, rojo y blanco elevaron menos la temperatura del suelo porque reflejan más la radiación solar que los otros dos tipos de acolchado; el color verde transmite más la radiación mientras que el negro la absorbe más y la conduce posteriormente al suelo, razones por las cuales estos dos últimos tipos de acolchado generaron el mayor calentamiento del suelo.

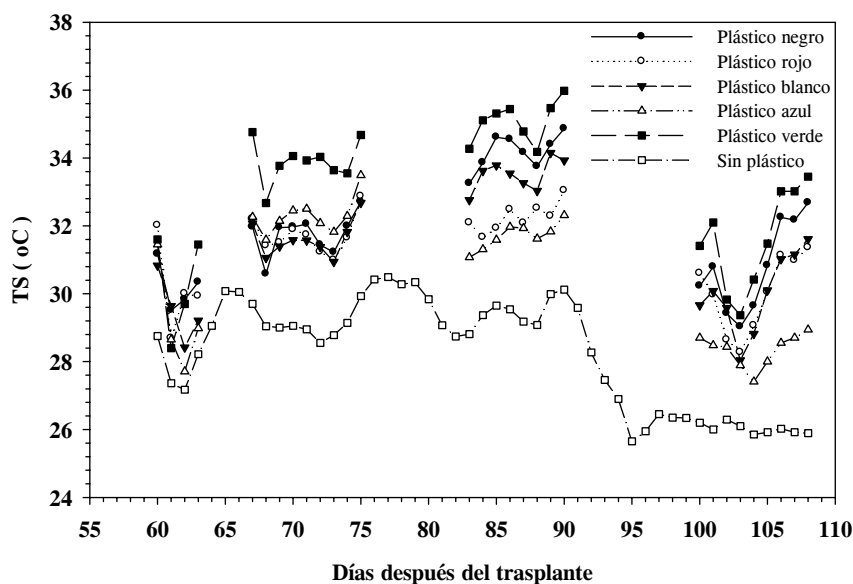


Figura 1. Variación de la temperatura promedio diaria del suelo (TS) en los tratamientos con y sin acolchado plástico aplicados a chile Jalapeño.

El calentamiento del suelo generado por el acolchado plástico explica en gran medida el adelanto de 10 d a la cosecha obtenido en estos tratamientos. Además, al reducir al mínimo la evaporación del suelo aumentó la disponibilidad de agua y, en consecuencia, se logró aumentar significativamente la producción de biomasa, de IAF, de rendimiento de fruto en verde y la eficiencia de uso del agua, en el chile Jalapeño. Resultados similares fueron reportados por Miranda *et al.* (2006) y Chakraborty y Sadhu (1994).

### Rendimiento de chile en verde y eficiencia en el uso del agua

El primer corte de fruto se hizo en los tratamientos acolchados el 22 de junio, y fue hasta el segundo corte (2 de julio) cuando se inició la cosecha del tratamiento sin acolchar, lo que indica una ganancia en precocidad de 10 d por el acolchado. Los rendimientos más altos ( $P < 0.05$ ) se lograron en los tratamientos con acolchados azul, rojo y verde, regados con una lámina de 82.8 cm, cuya producción media fue de 53.9 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3). Los rendimientos más bajos ocurrieron en el tratamiento sin acolchado regado con una lámina de 68.5 cm, con un rendimiento medio de 32.3 t ha<sup>-1</sup>. También Smittle *et al.* (1994), Wang *et al.* (1998) y Fan *et al.* (2005) observaron que el acolchado plástico disminuye los efectos adversos del déficit hídrico y aumenta la eficiencia de asimilación de los nutrientes del suelo.

**Cuadro 3. Promedios de rendimiento de fruto en verde y eficiencia de uso del agua (kg de fruto en verde por m<sup>3</sup> de agua consumida), para chile Jalapeño.**

Tratamiento	Rendimiento medio de fruta verde (t ha <sup>-1</sup> )	Eficiencia media de uso del agua (kg m <sup>-3</sup> )	Lámina de agua (cm)
NR1	46.8 abc	6.8 a	68.5
NR2	46.5 abc	5.6 abc	82.8
RR1	44.2 abc	6.5 a	68.5
RR2	53.7 a	6.5 a	82.8
BR1	50.2 ab	7.3 a	68.5
BR2	49.0 abc	5.9 abc	82.8
AR1	45.1 abc	6.6 a	68.5
AR2	56.4 a	6.8 a	82.8
VR1	38.3 bcd	5.6 abc	68.5
VR2	51.7 ab	6.2 ab	82.8
SAR1	28.9 d	4.2 c	68.5
SAR2	35.6 cd	4.3 bc	82.8

N = Acolchado negro; R = Acolchado rojo; B = Acolchado blanco; A = Acolchado azul; V = Acolchado verde; SA = Sin acolchar; R1 = Régimen de riego bajo; R2 = Régimen de riego alto.

Letras iguales en una columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para los factores tipos de acolchado plástico y niveles de riego, pero no para la interacción entre dichos factores (Cuadro 4). Los rendimientos de chile en verde y las eficiencias en el

uso del agua obtenidos con los diferentes colores de acolchado plástico fueron iguales entre sí y todos ellos superiores ( $P \leq 0.05$ ) a los de los tratamientos sin cobertura plástica (Cuadro 5).

**Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza y prueba de F para rendimiento de chile en verde (R) y eficiencia de uso del agua (EUA) en chile Jalapeño.**

Fuente de variación	gl	R (t ha <sup>-1</sup> )	EUA (kg m <sup>-3</sup> )
Color del acolchado	5	280.4**	5.02**
Nivel de riego	1	389.5**	0.65 ns
Tipos de acolchado x Nivel de riego	5	55.4 ns	1.05 ns
Error	24	23.9	0.44
C V (%)		10.7	11.00

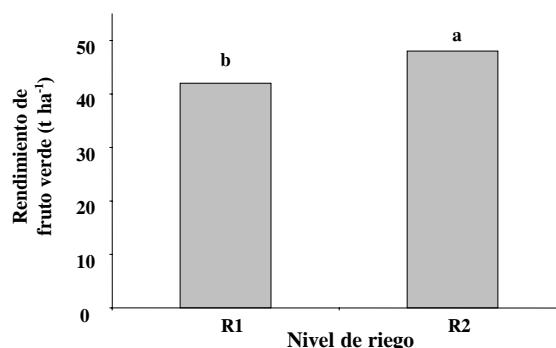
\*\* Sgnificativo a un nivel de probabilidad de 0.01; gl = Grados de libertad; CV = Coeficiente de variación.

**Cuadro 5. Promedios de rendimiento de chile verde (R) y de eficiencia de uso de agua (EUA) para los diferentes tipos de acolchado aplicados al chile Jalapeño.**

Tipo acolchado	R (t ha <sup>-1</sup> )	EUA (kg m <sup>-3</sup> )
Negro	46.7 a	6.2 a
Rojo	49.0 a	6.5 a
Blanco	49.6 a	6.6 a
Azul	50.8 a	6.7 a
Verde	45.0 a	5.9 a
Sin acolchado	32.2 b	4.3 b

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Estos resultados evidencian que el acolchado plástico, al limitar la evaporación directa del agua, crea condiciones de mayor disponibilidad y menor variabilidad de la humedad del suelo en el área circundante a las raíces, lo que propicia un mayor rendimiento; deducciones similares fueron citadas por Tarara (2000). Al comparar las medias del factor niveles de riego, se encontró que la producción de chile en verde de 48.8 t ha<sup>-1</sup> obtenida con el nivel de 30-70 % de la evaporación del tanque estándar "A" y que correspondió a un consumo de agua de 82.5 cm, fue superior ( $P < 0.05$ ) al rendimiento de 42.2 t ha<sup>-1</sup> logrado con el nivel de 20-60 % de la evaporación y que fue igual a un consumo de 68.5 cm (Figura 2).



**Figura 2. Rendimiento de fruto en verde (t ha<sup>-1</sup>) de chile Jalapeño, para los niveles de riego estudiados. R1 = Régimen de riego bajo (68.5 cm), y R2 = Régimen de riego alto (82.8 cm).**

En cuanto la eficiencia de uso del agua (EUA) del chile Jalapeño, los valores más altos ( $P = 0.05$ ) se lograron en los tratamientos con acolchado, y fueron los tratamientos sin acolchado los que mostraron los valores más bajos de EUA (Cuadro 3). El respectivo análisis de varianza evidenció diferencias significativas ( $P = 0.01$ ) entre colores del acolchado plástico, pero no entre niveles de riego ni para la interacción entre estos factores (Cuadro 4). La comparación de medias (Tukey, 0.05) de eficiencia de uso del agua para tipos de acolchado indicó que los tratamientos desarrollados con acolchado plástico fueron más eficientes que los sin acolchar. Sin embargo, entre colores de acolchados no hubo diferencias en la EUA del chile Jalapeño (Cuadro 5). Los efectos favorables producidos por el acolchado plástico en el incremento de la temperatura del suelo y de los rendimientos, también fueron citados por Sezen *et al.* (2006).

### Producción de biomasa y área foliar

El acolchado plástico favoreció ( $P = 0.05$ ) la producción de biomasa (Figura 3) y el índice de área foliar (Figura 4), con respecto a los tratamientos sin acolchado. Esta

superioridad fue poco notoria en las etapas iniciales del desarrollo del cultivo, pero se hizo evidente después de los 75 ddt y hasta que el cultivo alcanzó su crecimiento vegetativo máximo.

Los plásticos negro y azul generaron la mayor acumulación de biomasa a los 75 ddt en el tratamiento de régimen de humedad bajo, mientras que en el de alta humedad solamente el plástico negro superó a los demás colores y al sin acolchar, ya que el plástico negro produjo desde 44 % hasta 300 % más de biomasa. Al final del ciclo, la máxima acumulación de biomasa se observó en los tratamientos acolchados con plástico negro y rojo, que duplicaron al valor obtenido en el sin acolchar. Es importante destacar que el mayor incremento en biomasa ocurrido en los tratamientos con acolchado plástico coincidió con los tratamientos de mayor rendimiento de fruto en verde. La diferencia de producción de biomasa entre los tratamientos acolchados y los no acolchados se debió a una mayor disponibilidad de agua y al incremento de la temperatura del suelo, lo que provocó una alta eficiencia en el aprovechamiento de agua y nutrientes, resultados concuerdan con Tarara (2000).

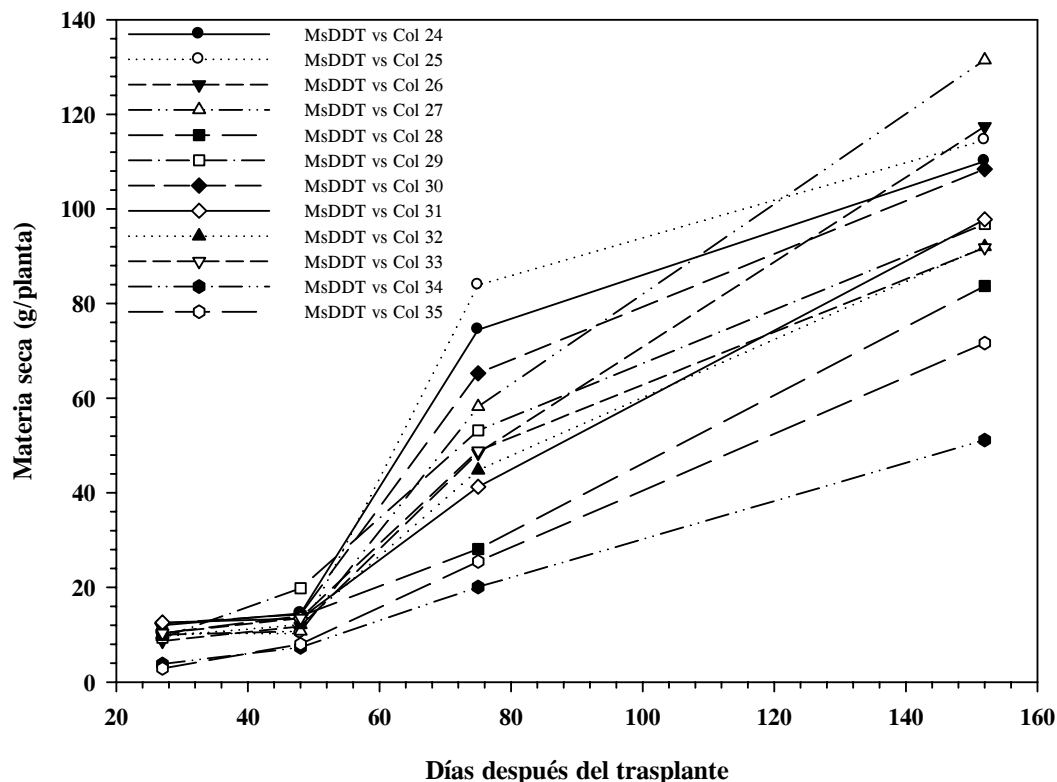


Figura 3. Acumulación de biomasa durante el desarrollo del chile Jalapeño. N=Acolchado negro; R=Acolchado rojo; B=Acolchado blanco; A=Acolchado azul; V=Acolchado verde; S= Sin acolchar; R1= Régimen de riego bajo (68.5 cm); R2= Régimen de riego alto (82.8 cm).

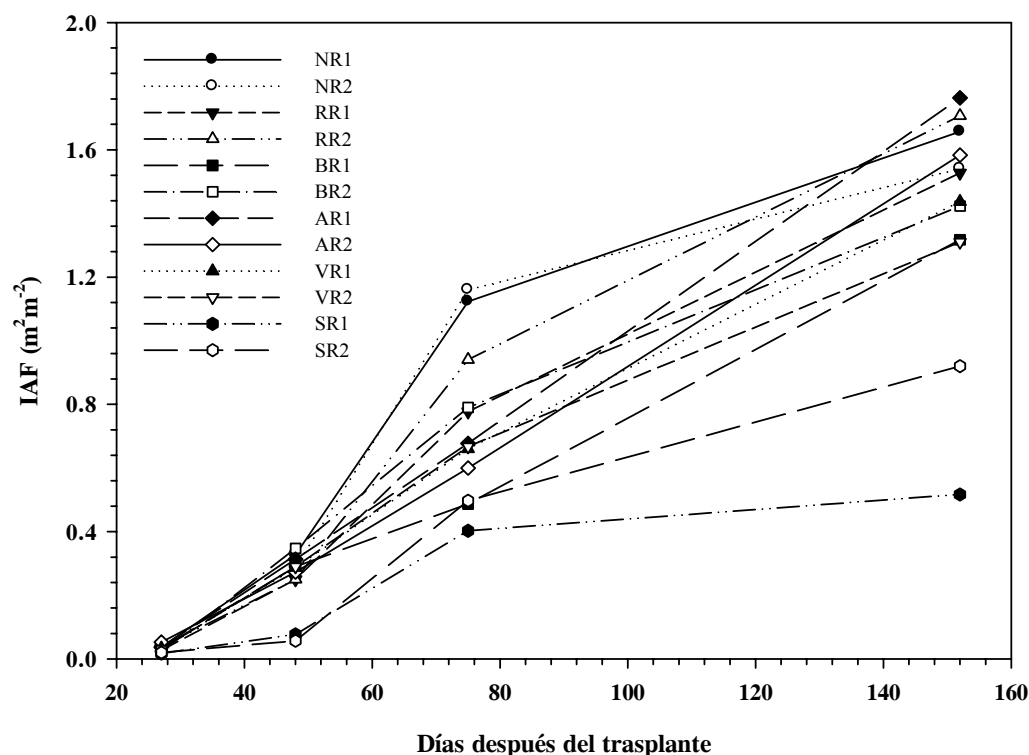


Figura 4. Evolución del índice de área foliar (IAF) durante el desarrollo del chile Jalapeño. N=Acolchado negro; R=Acolchado rojo; B=Acolchado blanco; A=Acolchado azul; V=Acolchado verde; S= Sin acolchar; R1= Régimen de riego bajo (68.5 cm); R2= Régimen de riego alto (82.8 cm).

Los efectos del plástico sobre el índice de área foliar (IAF) fueron significativos ( $P < 0.05$ ) durante todo el desarrollo del chile. Al inicio del ciclo, el plástico azul produjo el IAF más alto y el sin acolchar el más bajo, con 40 % de diferencia entre ellos. A los 48 ddt los tratamientos sin acolchar exhibieron un claro atraso en crecimiento foliar ya que apenas produjeron 22 % del IAF de los tratamientos acolchados. A los 75 ddt el plástico negro mostró el mayor IAF, aunque sin presentar diferencias con el plástico rojo; los demás colores produjeron la mitad del IAF obtenido con el plástico negro, y el tratamiento sin acolchar apenas tuvo 39 %. Al final del ciclo todos los tratamientos acolchados presentaron un IAF similar, pero más del doble que los sin acolchar. Los más altos valores del IAF producidos bajo cobertura plástica coincidieron con los valores más altos de rendimiento de chile en verde y de eficiencia de uso del agua.

## CONCLUSIONES

El acolchado plástico incrementó en 50 % el rendimiento de fruto y en 48 % a la eficiencia de uso del agua del chile Jalapeño, en comparación con el tratamiento sin acolchar. La máxima producción de chile verde (48.8 t ha<sup>-1</sup>)

<sup>1</sup>) se logró con el tratamiento de riego equivalente a 30-70 % de la evaporación del tanque tipo "A", que correspondió a una lámina de 82.5 cm. Este rendimiento fue cuatro veces superior al rendimiento promedio de la Región Lagunera logrado durante los tres años previos al presente estudio. Este nivel de riego produjo un ahorro de agua de 37 % con respecto al sistema de riego por gravedad o inundación. El color del acolchado no produjo diferencias significativas en rendimiento de chile en verde ni en la eficiencia de uso del agua.

El aumento de la temperatura del suelo producido por el acolchado plástico contribuyó a que se lograra un adelanto de la fecha de cosecha de 10 d. El calentamiento del suelo producido por el acolchado también promovió mayores valores en producción de biomasa e índice de área foliar.

## AGRADECIMIENTOS

Se hace un reconocimiento al Sistema de Investigación Regional del CONACYT, Francisco Villa (Sivilla) por financiar este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andino J R, C E Motsenbocker (2004)** Colored plastic mulches influence cucumber beetle populations, vine growth, and yield of watermelon. *HortScience* 39:1246-1249.
- Assouline S, M Möller, S Cohen, M Ben-Hur, A Grava, K Narkis, A Silber (2006)** Soil-plant system response to pulsed drip irrigation and salinity: bell pepper case study. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 70:1556-1568.
- Báez M A, L Tijerina Ch, P Sánchez G, L A Aceves N, A J Escalante E, A Martínez G (2002)** Producción de chile jalapeño con fertirriego como función de la tensión de humedad del suelo, nutrición nitrogenada y potásica. *Terra* 20:209-215.
- Castellanos J Z, S X Uvalle B, A Aguilar S (2000)** Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. 2a ed. Colección INCA-PA. San Miguel de Allende, Gto. 226 p.
- Chakraborty R C, M K Sadhu (1994)** Effect of mulch type and color on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Indian J. Agric. Sci.* 64:608-612.
- Decoteau D, M Kasperbauer, P Hunt (1990)** Bell pepper plant development over mulches of diverse colors. *HortScience* 25:460-462.
- DeTar W R (2004)** Using a subsurface drip irrigation system to measure crop water use. *Irrig. Sci.* 23:11-123.
- Fan T, B A Stewart, W A Payne, Y Wang, S Song, J Luo, C A Robinson (2005)** Supplemental irrigation and water-yield relationships for plasticulture crops in the loess plateau of China. *Agron. J.* 97:177-188.
- García E (1970)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía de la UNAM, para la Comisión de Estudios del Territorio Nacional. 235 p.
- Kasperbauer M J (2000)** Strawberry yield over red versus black plastic mulch. *Crop Sci.* 40:171-174.
- Kirnak K, C Kaya, D Higgs, I Tas (2003)** Responses of drip irrigated bell pepper to water stress and different nitrogen levels with or without mulch cover. *J. Plant Nutr.* 26: 263-277.
- Lamont W J (1993)** Plastic mulch for production of vegetable crops. *Hort. Technol.* 3: 35-39.
- Mendoza M S F, M A Inzunza I, R Morán M, I Sánchez C, E A Catalán V, M M Villa C (2005)** Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:351-357.
- Miranda F R, R S Gondim, C A Costa (2006)** Evapotranspiration and crop coefficients for Tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Agric. Water Manage.* 82:237-246.
- Richards L A (1977)** Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Ed. Limusa México. 172 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2006)** Delegación de la Región Lagunera Coahuila Durango. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria. Cd. Lerdo, Dgo. 165 p.
- SAS Institute (1999)** SAS/STAT User's guide, Version 8 Volume 2. 136-170 Cary, NY, USA.
- SIACON (Sistema de información agropecuaria de consulta) (2006)** Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F.
- Sezen S, M A Yazar, S Eker (2006)** Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. *Agric. Water Manage.* 81:115-131.
- Smittle D A, W L Dickens, J R Stansell (1994)** Irrigation regimes effect yield and water use by bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:936-939.
- Russo M V (2006)** Biological amendment, fertilizer rate, and irrigation frequency for organic bell pepper transplant production. *HortScience* 41:1402-1407.
- Tarara J M (2000)** Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience* 35:169-179.
- Wang SY, G J Galletta, M J Camp (1998)** Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry genotypes. *HortScience* 33:636-640.