

EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES Y PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO BAJO ACOLCHADO PLÁSTICO Y NIVELES DE RIEGO

Nutrient Extraction and Yield of Jalapeño Pepper under Mulch Plastic and Irrigation Levels

Marco A. Inzunza-Ibarra^{1‡}, Magdalena Villa-Castorena¹, Ernesto A. Catalán-Valencia¹ y
Abel Román-López¹

RESUMEN

Este trabajo se realizó en el campo experimental del CENID RASPA INIFAP en Gómez Palacio, Durango, México. El estudio consistió en evaluar la extracción del nitrógeno total, fósforo y potasio (N, P y K) por el chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) y su influencia en la producción de chile verde. Los 12 tratamientos fueron el resultado de un factorial 2 x 6. Los factores estudiados fueron 2 regímenes de aplicación del riego: 20-60 y 30-70% de la evaporación de un tanque estándar tipo A en 2 etapas del chile y 6 tipos de acolchado plástico: color negro, rojo, azul, blanco, verde y sin acolchar, irrigados con cintilla de goteo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones. Los resultados indicaron que la mayor extracción de N (3.5 g planta⁻¹) se presentó bajo plástico negro y con una lámina de 83 cm de agua. La mayor extracción de P (0.54 g planta⁻¹) resultó con acolchado plástico rojo y con la aplicación de 83 cm de agua, la mayor extracción de K (6 g planta⁻¹) se mostró con la misma cantidad de agua y bajo el acolchado rojo. Las más bajas extracciones nutrimentales se presentaron en el tratamiento sin acolchado y con el nivel bajo de agua de 68.5 cm. Las condiciones favorables creadas por el acolchado plástico, como el incremento de hasta 6 °C de la temperatura del suelo, extrajeron más nutrientes y produjeron más materia seca y rendimiento de fruto verde.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., nitrógeno, fósforo, potasio, eficiencia de uso del agua, riego por goteo.

¹ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA-INIFAP). Km. 6.5 Canal Sacramento, Las Huertas. 35140 Gómez Palacio, Durango, México.
[‡] Autor responsable (inzunza.marco@inifap.gob.mx)

Recibido: agosto de 2008. Aceptado: junio de 2010.
Publicado en Terra Latinoamericana 28: 211-218.

SUMMARY

This work was carried out in the CENID RASPA INIFAP experimental station in Gómez Palacio, Durango, Mexico. It was focused on the nutrient extraction of nitrogen, phosphorus and potassium (N, P, and K) by jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) and its effects on green fruit production, growing under 12 treatments, which resulted from a factorial design 2 x 6. Studied factors were 2 irrigation water regimes: 20 - 60 and 30 - 70% class A pan evaporation applied in two growing stages of jalapeño pepper and six plastic mulch treatments: black, red, white, blue, green and without plastic mulch. All treatments were irrigated with a drip-tape system. A completely randomized experimental design with 3 replications was used. The results indicated that the highest amount of N extracted was 3.5 g plant⁻¹; this occurred under black plastic mulch and 83 cm water. The greatest P extraction (0.54 g plant⁻¹) occurred when using red plastic and 83 cm water. Similarly, the highest extraction of K (6 g plant⁻¹) also took place under red plastic and 83 cm water. The lowest nutrient extraction was displayed by the treatments growing without plastic mulch and 68.5 cm water consumption. The increase in soil temperatures up to 6 °C generated by plastic mulches favored higher nutrient extraction, higher production of dry matter and higher yield of green fruit.

Index words: *Capsicum annuum* L., nitrogen, phosphorus, potassium, water use efficiency, drip irrigation.

INTRODUCCIÓN

En regiones agrícolas con restricción de recursos como la Comarca Lagunera, es importante la explotación de cultivos altamente redituables como el chile jalapeño, que justifique la aplicación de tecnología para optimizar el agua de riego y los nutrientes. La utilización del riego

por goteo en la modalidad de cintilla, con prácticas de manejo como el trasplante y el acolchado plástico, hacen posible lograr tal propósito con beneficios económicos significativos para el productor. De los elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las plantas, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) son los más importantes debido a que la mayoría de los cultivos requieren altas cantidades para obtener rendimientos elevados (Bregliani *et al.*, 2006). Aunque algunos cultivos tienen asociadas bacterias en sus raíces que en forma simbiótica fijan el N atmosférico, la mayoría de ellos lo toman como nitratos y amonio de la solución del suelo (Russo, 2006). Las fuentes principales de N para estos cultivos son la mineralización de la materia orgánica, los fertilizantes inorgánicos y las aplicaciones orgánicas. Los suelos difieren ampliamente en cuanto a su capacidad de disponibilidad del N ya que la mineralización es un proceso microbiano y que a su vez es altamente influenciado por la temperatura y la humedad del suelo (Sogbedji *et al.*, 2000; Tarara, 2000). De ahí la razón del éxito obtenido al utilizar la fertirrigación y el uso de los acolchados plásticos en cultivos redituables como el chile jalapeño. Simonne *et al.* (1998) encontraron que la respuesta del chile y la extracción foliar de los elementos esenciales (N, P, K, calcio, magnesio, boro, cobre, hierro, molibdeno, manganeso y zinc) resultó ser lineal o cuadrática en relación a la cantidad de agua aplicada y que el contenido de nutrientes en la planta se mantuvo dentro de los intervalos recomendados como suficientes para su producción óptima. Igualmente, Alonso *et al.* (2002), en un estudio con chile jalapeño de trasplante bajo riego por cintilla, enfocado a la interacción del agua y dosis nutricionales aplicadas a través del sistema de riego, obtuvieron que el rendimiento máximo de 5.3 Mg h⁻¹ correspondió al tratamiento desarrollado a una tensión de humedad del suelo de 120 KPa, 341.6 kg ha⁻¹ de N y 130 kg ha⁻¹ de K. Por otra parte, Kirnak *et al.* (2003), reportaron que el tratamiento con cobertura plástica bajo estrés hídrico, igualó en sus parámetros de crecimiento del chile, al tratamiento con humedad óptima en el suelo y sin acolchar. Además, dicho tratamiento presentó incremento del rendimiento de fruto del 40%, de materia seca de la planta del 39.4%, del contenido relativo de agua del 10%, incremento en la concentración de N, P y K en las hojas del 57, 40 y 51% respectivamente. Finalmente se reportó incremento del 12% de la eficiencia de uso del agua, estos valores se compararon con el tratamiento sin acolchado plástico y bajo estrés

hídrico. Simonne *et al.* (2006) realizaron estudios en Chile enfocados en la aplicación de niveles de riego utilizando cintilla para goteo y acolchado plástico, combinado con la aplicación de múltiples dosis de N a través del fertirriego. Se concluyó que los más altos rendimientos de fruto de Chile se obtuvieron al aplicar 125% de la dosis de N recomendada (240 kg ha⁻¹) combinado con la aplicación del 125% de la evapotranspiración de referencia.

Para la región de La Laguna, la SAGARPA (2006) reportó una superficie cosechada de Chile de 1379 ha con una producción media de 11.28 Mg ha⁻¹. Sin embargo, es factible mejorar significativamente la producción de Chile al conocer la capacidad de extracción de nutrimentos y así proporcionar éstos en cantidad y oportunidad adecuada y que aunado a buenas prácticas de manejo tales como el uso de acolchado (Kirnak *et al.*, 2003), riego tecnificado y un método de siembra más efectivo lo haría más competitivo con respecto al resto de los cultivos de la región. Con base en lo anterior, se planteó el presente estudio con el objetivo de evaluar la respuesta en extracción total de N, P, K por el cultivo del Chile jalapeño creciendo bajo condiciones de acolchado plástico y dos regímenes de aplicación del riego por goteo-cintilla y su efecto en la producción de fruto y su eficiencia en el uso del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en terrenos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria (CENID) en las Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (RASPA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Gómez Palacio, Durango, durante el ciclo primavera-verano de 2007. El CENID RASPA se localiza a los 25° 35' N, 103° 27' O y a una altitud de 1135 m. El clima de la región es árido, cálido con temperatura media anual de 20.4 °C y temperatura media del mes más frío de 12.7 °C; es extremoso con una oscilación anual en las temperaturas medias mensuales de 13.7 °C. La precipitación media de 215 mm, ocurre principalmente en verano, con un porcentaje de lluvias invernales de 12.4% (Villa-Castorena *et al.*, 2005). El suelo del sitio experimental se clasifica como Xerosol háplico de acuerdo con la FAO/UNESCO modificada por INEGI, pertenece a la serie Coyote, de gran representatividad regional por la superficie que domina y formada por suelos profundos con poca variación de textura (migajón arcilloso) (Mendoza-Moreno *et al.*, 2005).

Se determinaron las principales características químicas del suelo del sitio experimental (Cuadro 1) tales como concentración de nitratos (transnitiación con ácido salicílico), fósforo (Olsen), potasio (espectrofotometría), carbonato total (volumetría), conductividad eléctrica (conductímetro), porcentaje de sodio intercambiable (espectrofotometría), materia orgánica (método de Walkley y Black) y la relación de absorción de sodio (Plenecassagne *et al.*, 1997). El Cuadro 2 presenta las principales características físicas del suelo como son el contenido de, arena limo y arcilla (Bouyoucos), la textura (Bouyoucos), capacidad de campo y punto de marchitez permanente (método de la olla y membrana de presión) y la densidad aparente (método del cilindro) (Plenecassagne *et al.*, 1997).

Los análisis químicos indicaron que la concentración de N total era bajo, moderadamente bajo en P y altos en K (Castellanos-Ramos *et al.*, 2000).

El suelo presentó bajos contenidos de sales solubles, de sodio y de materia orgánica. De acuerdo a la concentración en el suelo de N, P y K se aplicó la dosis de fertilización recomendada y la información de la capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y la densidad aparente (Da) para el diseño y programación de los riegos. El agua de riego utilizada en el estudio se clasifica como C1S1 (Richards, 1977), por ser baja en sales y sodio.

Se ensayaron dos factores en estudio: criterios de riego por goteo con dos niveles de aplicación del agua con base en la evaporación (EV, tanque evaporímetro tipo A) y acolchado plástico con 5 colores de plástico. Los tratamientos de riego se aplicaron en 2 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 consistió en aplicar el 20 y 60% de la EV (R1) en cada etapa del cultivo, el segundo consistió en aplicar el 30 y el 70% de la EV

(R2). Los niveles del tipo de acolchado plástico fueron negro (N), rojo (R), blanco (B), azul (A) y verde (V), y sin acolchar, para un total de 12 tratamientos (NR1, NR2, RR1, RR2, BR1, BR2, AR1, AR2, VR1, VR2, SR1 y SR2). Las unidades experimentales fueron distribuidas aleatoriamente en un diseño experimental completamente al azar y con 3 repeticiones. Para la aplicación del riego se instaló un sistema de 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⁻¹ por metro lineal de cintilla. El sistema de riego se instaló de acuerdo con las especificaciones de un diseño hidráulico con 97% de eficiencia para la cintilla, con el propósito de que el suministro de agua fuera uniforme en todas las parcelas experimentales. Posteriormente se instaló el acolchado plástico y se inició el riego para la formación del bulbo de humedecimiento, 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 por trasplante del chile jalapeño variedad Mitla 60 días después de la siembra en invernadero (Russo, 2006). La unidad experimental consistió de una parcela de 10 m de largo por 4.5 m de ancho, en la cual se instalaron 3 líneas regantes separadas 1.5 m. Se colocaron dos hileras de plantas por línea regante separadas 40 cm y con una distancia entre plantas de 33 cm, para una densidad de 40 mil plantas ha⁻¹. La fertilización del cultivo se hizo con la fórmula recomendada para chile de 120N-60P-0K (Castellanos-Ramos *et al.*, 2000), la cual se dosificó en 10 fracciones iguales a través del ciclo vegetativo del cultivo en forma de solución nutritiva en el agua de riego. Se utilizaron urea (46N) y sulfato de amonio (20.5N) como fuentes de N, así como ácido fosfórico (60P) como fuente de P, iniciándose la fertilización 2 días después del trasplante. El control de mosquita blanca (*Bemisia* spp.), pulgón (*Aphis* spp.) y trips (*Frankliniella* spp.) se realizó con 4 aplicaciones

Cuadro 1. Características químicas del suelo de los terrenos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua-Suelo-Planta- Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID-RASPA-INIFAP), Gómez Palacio, Durango, México.

Profundidad	NO ₃	P	K	CE	CO ₃	PSI	RAS
cm	----- mg kg ⁻¹ -----			dS m ⁻¹	----- % -----		
0-30	5.50	12.0	1648.0	0.67	5.30	1.79	2.09
30-60	31.50	9.0	1848.0	1.20	6.80	1.76	2.07
60-90	11.00	24.0	1131.0	1.84	8.66	2.48	2.58

NO₃ = nitratos, P = fósforo disponible, K = potasio disponible, CO₃ = carbonatos totales, CE = conductividad eléctrica, PSI = porcentaje de sodio intercambiable, RAS = relación de adsorción de sodio.

Cuadro 2. Características físicas del suelo de los terrenos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua-Suelo-Planta- Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID-RASPA-INIFAP), Gómez Palacio, Durango, México.

Profundidad	MO	Arena	Limo	Arcilla	Textura	CC	PMP	Da
cm	----- % -----					----- % -----		g cm ⁻³
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.

de Diazinón 25E (O,O-Dietil-O-(2-isopropil-6-metil-pirimidin-4) fosforotioato. Se aplicó Ridomil MZ-72 (metalaxil 8% + mancozeb 64%) para el control preventivo y curativo de pudrición radical. Para el control de malezas, se realizaron 3 deshierbes durante las primeras etapas de desarrollo vegetativo y otro en la etapa de fructificación, en los tratamientos sin acolchado plástico.

Como variables respuesta se cuantificaron la extracción total de nutrientes en planta completa y fruto de N, P y K (kg planta⁻¹). Para esto, se realizaron muestreos de hojas y de fruto en cada tratamiento (2 plantas por repetición) y posteriormente su análisis químico nutricional respectivo. En cada muestra se determinó N total, P y K, se utilizó el método de Kjeldahl para N total (Plenecassagne *et al.*, 1997), desarrollo de color con el método molibdovanadato para P (Plenecassagne *et al.*, 1997) y el K por flamometría (Plenecassagne *et al.*, 1997). Se midió el rendimiento de chile fresco (Mg ha⁻¹) para evaluar su dependencia con la extracción total de nutrientes por la planta. También se midió la producción de materia seca (g planta⁻¹) a través del ciclo del cultivo, en 4 muestreos realizados a los 28, 49, 75 y 152 días después del trasplante. En cada muestreo se utilizaron dos plantas de cada repetición por tratamiento. Otra variable que se midió a través del ciclo del cultivo fue la temperatura del suelo. Este último parámetro se cuantificó a 15 cm de profundidad, con sensores de temperatura modelo 107 (Campbell Scientific, Logan Utah) en el intervalo de -35 a 50 °C. Los sensores fueron conectados a un almacenador de datos modelo CR10X (Campbell Scientific). El análisis estadístico de los resultados se realizó con el programa SAS (SAS Institute, 1999), utilizando el procedimiento de análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.5$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, se incrementaron los valores de extracción de los nutrientes por la planta y el fruto del chile jalapeño en los tratamientos acolchados en comparación con aquellos sin acolchar y con el nivel de mayor aplicación de agua con respecto al nivel de menor aplicación. La mayor extracción de N se presentó con el plástico negro para el consumo de 82.8 cm con un valor de 3.5 g por planta. Esto contrastó con el testigo sin acolchar y consumo de agua de 68.5 cm que alcanzó sólo una extracción de 1.44 g por planta. La mayor extracción de P de 0.54 g por planta se mostró utilizando el acolchado plástico rojo y la lámina de agua de 82.8 cm. La mayor extracción de K, 6 g por planta, se presentó con acolchado rojo y el consumo de agua de 82.8 cm. La mayor extracción de nutrientes, por la planta completa del chile, produjo mayor rendimiento de fruto en los tratamientos acolchados con respecto a los sin acolchar.

De acuerdo con el análisis de varianza para N, P, K y rendimiento de chile fresco (Cuadro 3), se tuvieron diferencias altamente significativas atribuidas al acolchado y riego, no así para su interacción.

El análisis de comparación de medias para N, P y K con respecto al factor niveles de acolchado (Cuadro 4), indicó que los tratamientos con acolchado negro, rojo y blanco tuvieron los valores más altos de extracción de N total y fueron significativamente diferentes al acolchado azul, al verde y al sin acolchar.

La extracción de P fue estadísticamente igual entre colores de acolchado pero diferente a los sin acolchar (Cuadro 4). Con la prueba Tukey para la extracción de K, se observó que las más altas extracciones de este nutriente se presentaron con los acolchados negro, rojo, blanco y azul siendo significativamente diferentes al color verde y al sin acolchar (Cuadro 4).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza y prueba de F para contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en planta y rendimiento de fruto del chile jalapeño.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Nitrógeno total	Fósforo	Potasio	Rendimiento
		----- g planta ⁻¹ -----			Mg ha ⁻¹
Acolchado (A)	5	7.6327**	0.02749**	4.1635**	280.44**
Nivel de riego (R)	1	1.5097**	0.4342**	3.5645**	389.54**
A X R	5	0.4475	0.0013	0.1983	55.48
Error	24	1.7206	0.0025	0.3289	23.96
Coefficiente de variación (%)		9.85	11.54	11.61	10.70

*, ** = significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

Con base en el análisis de comparación de medias para el factor niveles de riego (Cuadro 5) para N, P y K, la extracción total fue estadísticamente superior para el nivel alto de irrigación (82.8 cm) en comparación con el nivel bajo de riego (68.5 cm). Conforme aumentó la extracción nutrimental aumentó la producción de chile verde. La producción de este cultivo correspondiente a los diferentes colores de acolchado plástico fue estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 4) pero significativamente superiores a los tratamientos sin cobertura plástica.

Por otro lado, la prueba de Tukey para riego reflejó que la producción de chile verde de 48.8 Mg ha⁻¹, obtenida con el intervalo de riego de 30-70% de la evaporación y que correspondió a un consumo de agua de 82.8 cm, fue estadísticamente superior al rendimiento de 42.2 Mg ha⁻¹, logrado con el rango de riego de 20-60% de la evaporación y que fue igual a un consumo de 68.5 cm (Cuadro 5).

Con los resultados mostrados para rendimiento se deduce que existió una relación directa entre esta variable respuesta y la extracción de nutrientes (N, P y K) ya que los mayores rendimientos coinciden

con los de mayor extracción de nutrientes. El efecto favorable del acolchado plástico en el rendimiento, se atribuye a una mayor actividad radical, disponibilidad de nutrientes y humedad en el suelo y por el incremento de la temperatura del suelo. Resultados similares fueron obtenidos por Wang *et al.* (1998) y Fan *et al.* (2005) quienes observaron que el acolchado plástico disminuyó los efectos adversos del déficit hídrico y aumentó la eficiencia de asimilación de los nutrientes del suelo.

Producción de Materia Seca

El acolchado plástico favoreció considerablemente la producción de materia seca con respecto a los tratamientos sin acolchado (Figura 1). Esta condición fue poco notoria en las etapas iniciales del desarrollo del cultivo y se hizo más evidente a los 75 días después del trasplante (ddt) y hasta que el cultivo alcanzó su desarrollo vegetativo máximo. Los plásticos negro y azul generaron la mayor acumulación de materia seca a los 75 ddt en el tratamiento de régimen de humedad bajo. En cambio, en el de alta humedad solamente el plástico negro superó considerablemente a los demás plásticos

Cuadro 4. Extracción total de nitrógeno, fósforo y potasio en planta completa y rendimiento de fruto del chile jalapeño en respuesta a diferentes tipos de acolchado plástico.

Acolchado plástico	Extracción total de nutrientes			Rendimiento de fruto
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	
	----- g planta ⁻¹ -----			Mg ha ⁻¹
Negro	3.23 a [†]	0.47 a	5.77 a	46.7 a
Rojo	3.12 ab	0.48 a	5.42 ab	49.0 a
Blanco	2.90 abc	0.47 a	5.37 ab	49.6 a
Azul	2.72 bc	0.43 a	4.95 ab	50.8 a
Verde	2.49 c	0.41 a	4.70 b	45.0 a
Sin acolchar	1.85 d	0.30 b	3.42 c	32.2 b

[†] Medias con la misma letra en una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, P £ 0.05).

Cuadro 5. Extracción total de nitrógeno, fósforo y potasio en planta completa y rendimiento de fruto del chile jalapeño en respuesta al factor riego.

Riego	Extracción total de nutrientes			Rendimiento
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	
Evaporación (%)	----- g planta ⁻¹ -----			Mg ha ⁻¹
30-70 (82.8 cm)	2.92 a	0.46 a	5.25 a	48.8 a
20-60 (68.5 cm)	2.51 b	0.39 b	4.62 b	42.2 b

Medias con la misma letra en una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

ya al sin acolchar. Este plástico produjo desde 44% hasta tres veces más materia seca. Al final del ciclo, la máxima acumulación de materia seca se observó en los tratamientos acolchados con plástico negro y rojo, mientras que en los tratamientos sin cobertura plástica la materia seca acumulada disminuyó 50%. El mayor incremento en la producción de materia seca en los tratamientos con acolchado plástico coincidió con los tratamientos de mayor extracción de N, P y K y de producción de fruto verde. La diferencia de producción de materia seca 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 que coinciden con estudios anteriores (Tarara, 2000).

El registro de la temperatura del suelo mostró que el acolchado plástico incrementó de 2 a 6 °C la temperatura del suelo en relación al tratamiento sin acolchar, lo cual estuvo en función del color del plástico y de la capacidad de éste para transmitir la radiación solar y la propagación del calor hacia el interior del suelo. Los acolchados azul, rojo y blanco produjeron menor incremento de la temperatura del suelo debido a que poseen mayor

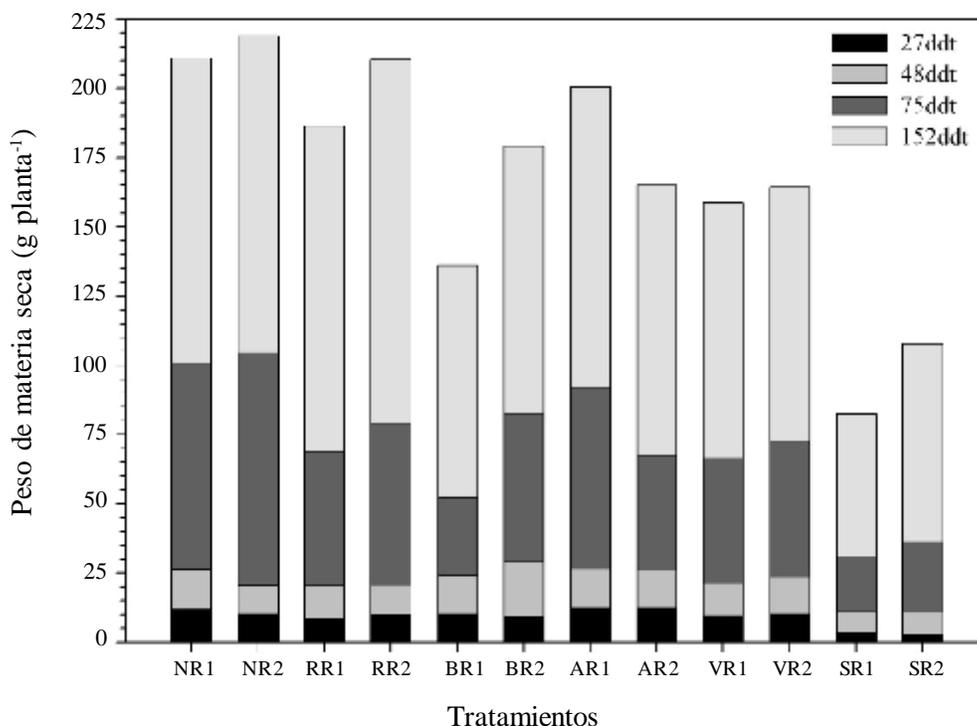


Figura 1. Acumulación de materia seca durante el desarrollo del chile jalapeño. ddt = días después del trasplante; N = acolchado negro; R = acolchado rojo; B = acolchado blanco; A = acolchado azul; V = acolchado verde; S = sin acolchar; R1 = régimen de riego bajo (68.5 cm); y R2 = régimen de riego alto (82.8 cm).

capacidad para reflejar la radiación solar (Tarara, 2000). En cambio los plásticos verde y negro generaron el mayor incremento de la temperatura del suelo.

El aumento de la temperatura del suelo generado por los tratamientos con acolchado plástico explica el adelanto en la cosecha o precocidad de 10 días registrada en estos tratamientos. La mayor disponibilidad de agua y el incremento de la temperatura del suelo debido a las condiciones creadas por las películas plásticas, promovió una mayor producción de materia seca, lo que finalmente se tradujo en mayor extracción de nutrientes y rendimiento de fruto fresco del chile jalapeño. Observaciones similares fueron citadas por Miranda *et al.* (2006) y Chakraborty y Sadhu (1994).

CONCLUSIONES

- El cultivo del chile jalapeño resultó significativamente más eficiente en la extracción total de N y K en los tratamientos acolchados con plásticos de color negro, rojo y blanco. La extracción correspondiente a estos tipos de plásticos superó en 42 y 33% de N y K respectivamente, respecto al acolchado verde y sin acolchar. En cambio, para el caso del P, los valores de extracción en los tratamientos acolchados fueron 51% superiores y estadísticamente diferentes a los sin acolchar. El chile jalapeño presentó una extracción nutrimental significativamente superior con el nivel alto de riego de 82.8 cm con respecto al nivel bajo de 68.5 cm. El orden del incremento fue del 16, 18 y 14% de N, P y K respectivamente.

- Los más altos rendimientos de chile fresco coincidieron con los tratamientos de mayor extracción nutrimental y correspondieron aquellos que fueron desarrollados bajo acolchado plástico con un consumo de agua de 82.8 cm, obteniéndose una producción media de 48.2 Mg ha⁻¹. Lo anterior correspondió a un incremento superior al 50% de rendimiento con respecto a los tratamientos que se desarrollaron sin cobertura plástica.

- Los acolchados plásticos negro y rojo superaron por arriba del 50% en la producción de materia seca a los tratamientos sin acolchar y coincidieron con las combinaciones de mayor extracción de N, P y K y de rendimiento de fruto fresco. El acolchado plástico generó precocidad a la cosecha de 10 días con respecto a los sin cobertura plástica debido a las condiciones favorables de temperatura del suelo.

LITERATURA CITADA

- Alonso-Báez, M., L. Tijerina-Chávez, P. Sánchez-García, L. Aceves-Navarro, A. Escalante-Estrada y A. Martínez-Garza. 2002. Producción de chile jalapeño con fertirriego como función de la tensión de humedad del suelo, nutrición nitrogenada y potásica. *Terra* 20: 209-215.
- Bregliani, M. M., E. J. M. Temminghoff, W. H. Van Riemsdijk, and E. S. Haggi. 2006. Nitrogen fractions in arable soils in relation to nitrogen mineralization and plant uptake mabel. *Commun. Soil Sci. Plan. Anal.* 37: 1571-1586.
- Castellanos-Ramos, J. Z., S. X. Uvalle-Bueno y A. Aguilar-Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Colección INCAPA. San Miguel de Allende, Gto., México.
- Chakraborty, R. C. and M. K. Sadhu. 1994. Effect of mulch type and color on growth any yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Indian J. Agr. Sci.* 64: 608-612.
- Fan, T., B. A. Stewart, W. A. Payne, Y. Wang, S. Song, J. Luo, and C. A. Robinson. 2005. Supplemental irrigation and water-yield relationships for plasticulture crops in the loess plateau of China. *Agron. J.* 97: 177-188.
- Kirnak, K., C. Kaya, D. Higgs, and 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.
- Mendoza-Moreno, S. F., M. A. Inzunza-Ibarra, R. Morán-Martínez, I. Sánchez-Cohen, E. A. Catalán-Valencia y M. Villa-Castorena. 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, and C. A. Costa. 2006. Evapotranspiration and crop coefficients for Tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Agric. Water Manage.* 82: 237-246.
- Plencassagne A., E. Romero-Fierro y C. López-Borrego. 1997. Manual de laboratorio. Análisis de suelos, aguas, plantas. INIFAP-ORSTOM. CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango, México.
- Richards, L. A. 1977. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Editorial Limusa. México, D. F.
- Russo, V. M. 2006. Biological amendment, fertilizer rate, and irrigation frequency for organic bell pepper transplant production. *HortScience* 41: 1402-1407.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2006. Anuario estadístico de la producción agropecuaria y forestal. Delegación en la región lagunera, Unidad de planeación. Cd. Lerdo, Durango, México.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT User's guide, Version 8 edition. Cary, NC, USA.
- Simonne, E. H., D. J. Eakes, and C. E. Harris. 1998. Effects of irrigation and nitrogen rates on foliar mineral composition of bell pepper. *J. Plant Nutr.* 21: 2545-2555.
- Simonne, E. H., M. D. Dukes, R. C. Hochmuth, D. W. Studstill, G. Avezou G., and D. Jarry. 2006. Scheduling drip irrigation for bell pepper grown with plasticulture. *J. Plant Nutr.* 29: 1729-1739.
- Sogbedji, J. M., H. M. Van Es, C. L. Yang, L. D. Geohring, and F. R. Magdoff. 2000. Nitrate leaching and nitrogen budget as affected by maize nitrogen rate and soil type. *J. Environ. Qual.* 29: 1813-1820.

Tarara, J. M. 2000. Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience*. 35: 169-179.

Villa-Castorena, M. M., E. A. Catalán-Valencia y M. A. Inzunza-Ibarra. 2005. Análisis de la información climática para usos agrícolas. *AGROFAZ*. 5: 717-724.

Wang, S. Y., G. J. Galletta, and M. J. Camp. 1998. Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry genotypes. *HortScience* 33: 636-640.